Culegerea textului, corectura, prelucrarea materialului ilustrativ,
precum şi tehnoredactarea acestui volum
au fost realizate prin colaborarea unor studenţi
din cadrul Universităţii de Medicină şi Farmacie „Carol Davila" Bucureşti.

Procesare computerizată: Cătălin Nicola

Coordonare: Dr. Bogdan Voiculescu

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României**
**Anatomia şi fiziologia omului: compendiu /** Cezar Th. Niculescu,
Radu Cârmaciu, Bogdan Voiculescu,... – Bucureşti: Corint 2009
Bibliogr.
ISBN 978-973-135-429-3
I. Niculescu, Cezar Th.
II. Cârmaciu, Radu
III. Voiculescu, Bogdan

611(075.35)
612(075.35)
371.27:378

Pentru comenzi şi informaţii adresaţi-vă la:
**Editura CORINT**
**Difuzare şi Clubul Cărţii:**
Calea Plevnei, nr. 145, sector 6, Bucureşti, cod poştal 060012
Tel.: 021.319.88.22, 021.319.88.33, 021.319.88.77; Fax: 021.319.88.66
E-mail: vanzari@edituracorint.ro
Magazinul virtual: www.grupulcorint.ro

Redactor:
G. Moldoveanu

Coperta:
Walter Riess

Toate drepturile asupra acestei ediţii sunt rezervate Editurii CORINT,
parte componentă a GRUPULUI EDITORIAL CORINT.

ISBN: 978-973-135-429-3

Cezar Th. NICULESCU
Radu CÂRMACIU
Bogdan VOICULESCU
Carmen SĂLĂVĂSTRU
Cristina NIŢĂ
Cătălina CIORNEI

# ANATOMIA ŞI FIZIOLOGIA OMULUI

## compendiu

pentru:

- elevii liceelor cu profil teoretic şi ai şcolilor sanitare postliceale
- candidaţii la examenele de admitere la facultăţile de medicină
- studenţii facultăţilor de profil
- asistenţii medicali şi medicii stagiari

Ediţia a doua

CORINT

## Prezentarea autorilor


Prof. univ. dr. **Cezar Th. Niculescu**
A fost şeful Catedrei de anatomie şi embriologie
UMF „Carol Davila" Bucureşti

Prof. univ. dr. **Radu Cârmaciu**
Membru al Academiei de Ştiinţe Medicale
A fost şeful Catedrei de fiziologie „N.C. Paulescu"
UMF „Carol Davila" Bucureşti

Dr. **Bogdan Voiculescu**
Conf. univ., Catedra de anatomie şi embriologie
UMF „Carol Davila" Bucureşti

Dr. **Carmen Sălăvăstru**
Asistent univ., Catedra dermatologie II
Spitalul Clinic Colentina

Dr. **Cătălina Ciornei**
Asistent univ., Catedra de fiziologie „N.C. Paulescu"
UMF „Carol Davila" Bucureşti

Dr. **Cristian Niţă**
A fost şef lucrări, Catedra de anatomie şi embriologie
UMF „Carol Davila" Bucureşti


# CUVÂNT-ÎNAINTE

Acest *Compendiu de anatomia şi fiziologia omului* reprezintă o ediţie nouă, revăzută şi adăugită, a unei lucrări ce s-a dorit a fi, pentru elevii din ultimele două clase de liceu, un „îndrumător" menit să-i ajute să se informeze şi să se documenteze într-unul dintre domeniile complexe şi de mare interes ale biologiei.

Realizată, în forma actuală, atât în ceea ce priveşte conţinutul, cât şi ilustrarea şi prezentarea grafică, de un colectiv de autori alcătuit din cadre didactice care predau anatomia şi fiziologia în cadrul Universităţii de Medicină şi Farmacie „Carol Davila" Bucureşti, lucrarea este concepută ca o prezentare sintetică a cunoştinţelor pe care trebuie să le acumuleze cel ce doreşte să se pregătească cu seriozitate şi să se perfecţioneze în această direcţie, aducând, totodată, date noi apărute pe plan mondial, ca rezultat al cercetării ştiinţifice, şi dobândind prin aceasta o mai largă adresabilitate.

*Compendiul* poate fi consultat de elevii liceelor cu profil teoretic, interesaţi de studiul anatomiei şi fiziologiei omului, de cei ai şcolilor sanitare postliceale, cât şi de candidaţii care se pregătesc pentru examenul de admitere la facultăţile de medicină.

De asemenea, le poate fi de un real folos studenţilor străini înscrişi în anul pregătitor la facultăţile de medicină, care, în marea lor majoritate, nu deţin cunoştinţe suficiente în domeniu, cât şi studenţilor medicinişti care parcurg anii I şi II de studiu şi pentru care acest *Compendiu* poate reprezenta un instrument de lucru util în aprofundarea cunoştinţelor şi datelor acumulate anterior.

În acelaşi timp, lucrarea poate veni în ajutorul absolvenţilor şcolilor sanitare şi celor ai facultăţilor de medicină aflaţi încă în stagiatură sau care au de susţinut diverse examene şi concursuri, dându-le posibilitatea de a rememora şi sistematiza datele esenţiale privind structura diferitelor viscere, precum şi funcţionarea acestora.

Sperăm că, valorificând experienţa ştiinţifică şi didactică acumulată de-a lungul anilor de cei care au colaborat la elaborarea şi la pregătirea sa pentru tipar, acest *Compendiu* va reuşi să răspundă interesului manifestat faţă de domeniul anatomiei şi fiziologiei omului de cei cărora li se adresează, oferindu-le un punct de sprijin atât de necesar pentru desăvârşirea pregătirii lor profesionale.

*Autorii*

# CELULA

## GENERALITĂȚI

Celula este unitatea de bază morfofuncțională și genetică a organizării materiei vii. Poate exista singură sau în grup, constituind diferite țesuturi.

**Forma celulelor** este legată de funcția lor. Inițial, toate au formă globuloasă, dar ulterior pot deveni fusiforme, stelate, cubice, cilindrice etc.; unele, cum sunt celulele sangvine, ovulul sau celulele cartilaginoase, își păstrează forma globuloasă.

**Dimensiunile celulelor** variază în funcție de specializarea lor, de starea fiziologică a organismului, de condițiile mediului extern, vârstă etc. Exemple: hematia - 7,5 μ, ovulul- 150-200 μ, fibra musculară striată - 5-15 cm; media se consideră 20-30 μ.

## STRUCTURA CELULEI

În alcătuirea celulei (fig. 1) distingem trei părți componente principale: 1. membrana celulară (plasmalema); 2. citoplasma; 3. nucleul.

### MEMBRANA CELULARĂ

Celulele sunt delimitate de o membrană celulară care este de natură lipoproteică. Ultrastructura membranei celulare, stabilită prin microscopie electronică, arată o structură trilaminată, cu un strat extern, unul mijociu și unul intern, fiecare în grosime de 25 Å. Din punct de vedere biochimic, stratul mijlociu este bimolecular lipidic (fosfolipide și colesterol), iar straturile extern și intern sunt de natură proteică. La nivelul membranei s-a constatat existența unor sisteme enzimatice cu rol activ în transportul substanțelor, cât și existența unei încărcări electrice (potențial de membrană).

La unele celule, citoplasma prezintă diferite prelungiri acoperite de plasmalemă. Unele pot fi temporare și neordonate, de tipul pseudopodelor (leucocite), altele permanente: microvilii (epiteliul mucoasei intestinului, epiteliul tubilor renali), cilii (epiteliul mucoasei traheei) sau desmozomii, care solidarizează celulele epiteliale.

### CITOPLASMA

Are o structură complexă, la nivelul ei desfășurându-se principalele funcții vitale. Este un sistem coloidal complex, în care mediul de dispersie este apa, iar faza dispersată este ansamblul de micele coloidale în continuă mișcare browniană.

Citoplasma este alcătuită din structuri de aspect corpuscular, filamentos sau membranos, înglobate într-o matrice sau substanță fundamentală, numită hialoplasmă (parte nestructurată). După natura lor, structurile citoplasmatice pot fi:

A. Structuri ce reprezintă diferențieri ale citoplasmei, cu anumite funcții, numite **organite celulare,** și care sunt de două categorii:

a. **organite generale** (comune tuturor celulelor, care îndeplinesc funcții generale);

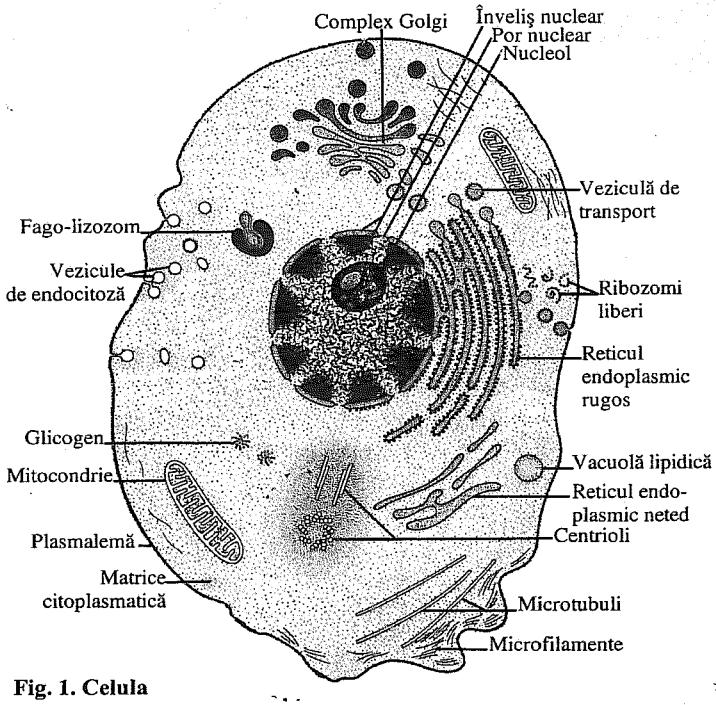



**Fig. 1. Celula**

b. **organite specifice** (la anumite celule, adaptate unor funcţii specifice).

B. Structuri care sunt produsul unor procese celulare, numite **incluziuni citoplasmatice** (materiale de depozit, ca: lipide, glicogen, pigmenţi, unele săruri minerale etc.).

***Organite generale***

| Organite | Structură | Funcţii |
|---|---|---|
| **1. Reticulul endoplasmatic (RE)** | Sistem canalicular dinamic, care leagă plasmalema de stratul extern al membranei nucleare. Se poate retracta sau fragmenta, formând cisterne şi vezicule. | Sistem circulator intracitoplasmatic. |
| RE neted | Reţea de citomembrane (500 Å – 1000 Å), de aspect diferit, în funcţie de activitatea celulară. Mai abundent în fibrele musculare striate, celulele corticosuprarenalei, foliculul ovarian etc. | Rol important în metabolismul glicogenului. |
| RE rugos | Formă diferenţiată a RE. Pe suprafaţa externă a peretelui membranos prezintă mici particule de ribonucleoproteine - ribozomi. Abundent în limfocite, celulele pancreatice, în general în celulele ce produc proteine de secreţie. | Rol în sinteza de proteine. |
| **2. Ribozomii (corpusculii lui Palade)** | Organite bogate în ribonucleoproteine, de forma unor granule ovale sau rotunde (150 - 250 Å). Există ribozomi liberi în matricea citoplasmatică şi asociaţi citomembranelor, formând ergastoplasma. Abundenţi în celulele cu sinteză de proteine şi în faza de creştere a celulelor. | Sediul sintezei proteice. |



***Organite generale*** - *continuare*

| Organite | Structură | Funcţii |
|---|---|---|
| **3. Complexul Golgi** | Sistem membranar format din micro şi macrovezicule şi din cisterne alungite, situat în apropierea nucleului, în zona cea mai activă a citoplasmei. | Transportul, modificarea posttraducere şi împachetarea proteinelor de secreţie primite de la RE. |
| **4. Mitocondriile** | Formă ovală, rotundă, cu un perete având structură trilaminară (lipoproteică). Prezintă un înveliş extern (membrana externă), urmat de un interspaţiu, şi spre interior membrana internă, plicaturată, formând creste mitocondriale. În interior se găseşte matricea mitocondrială în care se află sistemele enzimatice care intervin în ciclul Krebbs. Energia chimică produsă este stocată în legăturile macroergice ale ATP sintetizat în mitocondrii. | Sediul energogenetic al organismului, respiraţie celulară. |
| **5. Lizozomii** | Corpusculi sferici (0,2 - 1μ), răspândiţi în întreaga hialoplasmă. Conţin enzime hidrolitice, cu rol important în celulele care fagocitează (leucocite, macrofage). | Digerarea substanţelor şi particulelor care pătrund în celulă, precum şi a fragmentelor de celulă sau ţesut (autoliză celulară). |
| **6. Centrozomul** | În interchineză apare de forma unui corpuscul sferic în apropierea nucleului. Este format din 2 centrioli cilindrici, orientaţi perpendicular unul pe celălalt şi înconjuraţi de o zonă de citoplasmă hialină, vâscoasă (centrosferă). În timpul diviziunii celulare dă naştere asterului şi fusului de diviziune. | Rol în diviziunea celulară (lipseşte în neuron, care nu se divide). |

***Organite specifice***

- **Miofibrilele** sunt elemente contractile din sarcoplasma fibrelor musculare.
- **Neurofibrilele** sunt formaţiuni diferenţiate ale neuroplasmei celulei nervoase.
- **Corpusculii Nissl** sunt echivalenţi ai ergastoplasmei pentru celula nervoasă.
- **Cilii, flagelii** etc.

NUCLEUL

Este o parte constitutivă principală, cu rolul de a coordona procesele biologice celulare fundamentale (conţine materialul genetic, controlează metabolismul celular, transmite informaţia genetică). Poziţia lui în celulă poate fi centrală sau excentrică (celule adipoase, mucoase). Are, de obicei, forma celulei.

**Numărul nucleilor**. Majoritatea celulelor sunt monocariocite (un nucleu), dar pot fi şi excepţii: celule binucleate (hepatocitele), polinucleate (fibra musculară striată), anuclate (hematia adultă).

**Dimensiunile nucleului** pot fi între 3 -20 μ, corespunzând ciclului funcţional al celulei, fiind în raport cu citoplasma de 1/3 - 1/4. Pot fi însă şi celule mici cu nucleu mare (limfocite) sau celule mari cu nucleu mic (ovulul).

**Structura nucleului** cuprinde membrana nucleară, carioplasma şi unul sau mai mulţi nucleoli. **Membrana nucleară**, poroasă, este dublă, cu structură trilaminată, constituită din două foiţe, una externă, spre matricea citoplasmatică, ce prezintă ribozomi şi se continuă cu citomembranele reticulului endoplasmic, alta internă, aderentă miezului nuclear. Între cele două membrane există un spaţiu, numit spaţiu perinuclear, ce conţine un material amorf.

Sub membrană se află **carioplasma**, cu aspect omogen; este o soluţie coloidală, cu o fază de sol (cariolimfa) şi alta de gel (cromatina nucleară). În interfază, cromatina se prezintă sub forma unor filamente răsucite, fixate de membrana nucleară sau de nucleoli - numite cromoneme (structura elementară microscopică a cromatinei şi a cromozomilor). La începutul diviziunii celulare, cromonemele se scurtează, se îngroaşă, luând aspectul de cromozomi, formaţi din două filamente alăturate, numite cromatide, legate într-un singur punct - centromer. Biochimic, cromatina este formată din nucleoproteine (ADN legat de histone), fiind sediul informaţiei genetice.

În carioplasmă se găsesc unul sau mai mulţi **nucleoli**, cu rol important în sinteza de ARN. Au forma unor corpusculi denşi, rotunzi sau ovalari, delimitaţi de o condensare a cromatinei nucleare.

## CELULELE SEXUALE

### OVULUL

Se formează din foliculii ovarieni din epiteliul germinativ al corticalei ovarului. Are 150 - 200 μ, formă sferică şi o garnitură haploidă (conţine jumătate din numărul de cromozomi: 22+X). Structural, este format din membrană vitelină (fig. 2A), citoplasmă,

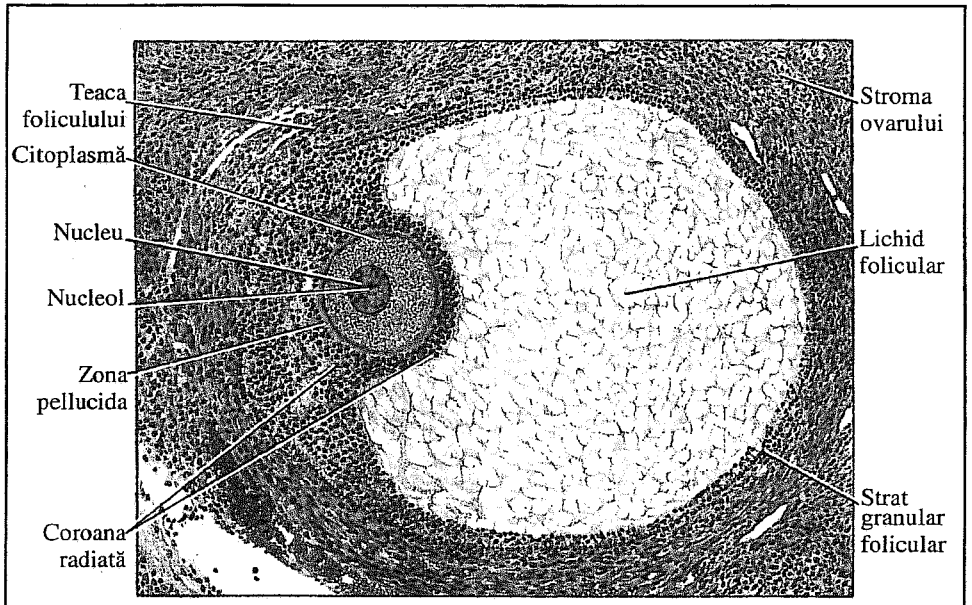



**Fig. 2A. Ovulul**



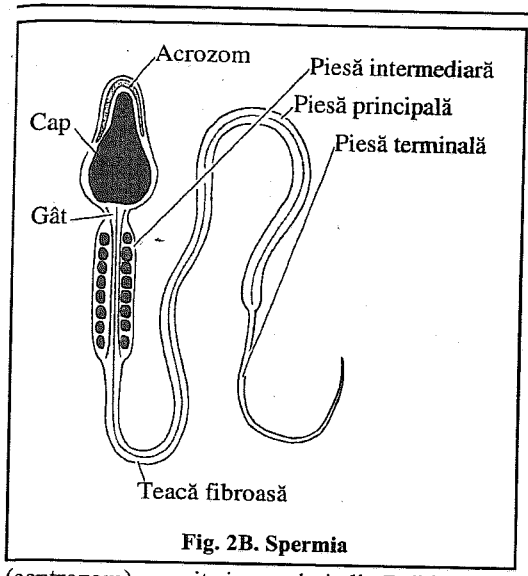



**Fig. 2B. Spermia**

nucleu, membrană pellucida, iar la exterior din coroana radiată, care nu aparţine ovulului propriu-zis. La exteriorul citoplasmei se găseşte membrana vitelină, acoperită de membrana sau zona pellucida, mai groasă, transparentă şi străbătută de canalicule fine (produs de excreţie al celulelor foliculare). În jurul zonei pellucida se găseşte un înveliş celular, format din celule foliculare, pe unul sau mai multe straturi, cu dispoziţie radiară, formând coroana radiată.

**Citoplasma** are o porţiune periferică mai fluidă, transparentă, şi o zonă mai densă în jurul nucleului, cu mai puţine substanţe hrănitoare. Conţine organite celulare comune, iar alături de nucleu se află centrul celular al ovulului (centrozom), numit şi corpul vitelin Balbiani. Nucleul, situat central, este mic, are un nucleol şi prezintă mişcări ameboide.

### SPERMIA

Se formează, prin procesul de spermatogeneză, în tubii seminiferi ai testicululi, începând cu pubertatea; este celulă mobilă, flagelată, cu o lungime de 50 - 70 μ şi garnitură cromozomială haploidă (22 + X sau 22 + Y). Spermia este alcătuită din cap, gât, piesă intermediară (corp) şi coadă (fig. 2B).

**Capul** (4 - 5 μ), de formă ovală, are un nucleu mare, învelit periferic de un strat subţire de citoplasmă. Anterior prezintă un corpuscul ascuţit, numit acrozom (perforator), cu care spermia lizează ovulul în timpul fecundaţiei. Chimic, capul conţine nucleoproteine, lecitine, glicogen.

**Gâtul** este o regiune scurtă şi îngustă (0,4 μ), cuprinsă între centriolul proximal şi butonul terminal pe care se inseră flagelul.

**Corpul** este cuprins între cele două jumătăţi ale centriolului distal, cu o lungime de 5 - 9 μ. Central, se găseşte filamentul axial, cu structura tipică a unui cil mult alungit, înconjurat la rândul său de "teaca mitocondrială" (mitocondrii dispuse spiralat). Periferic se găseşte un strat subţire de citoplasmă înconjurată de plasmalemă. La nivelul piesei intermediare (corp) se găseşte centrul cinetic al spermiei, unde sunt generate mişcările acesteia.

**Coada** (45 - 55 μ), ultrastructural, este formată din două segmente: piesa principală, porţiunea cea mai lungă (40 - 45 μ) şi piesa terminală (5-10 μ). Structural, piesa principală este formată din filamentul axial, înconjurat de învelişul citoplasmei. Piesa terminală, segmentul terminal al cozii, are în interior filamentul axial, fără teacă citoplasmatică la exterior. Spermiile sunt celule foarte mobile, care execută mişcări helicoidale, deplasându-se cu viteza de 1 - 3 mm/min. Vitalitatea şi mişcările spermiilor depind de pH (soluţiile slab alcaline îi activează, cele acide sau alcoolul îi distrug) şi variază în funcţie de temperatură etc.

SPERMATOGENEZA

Este procesul de multiplicare şi maturare a gametului masculin. Începe la pubertate şi se continuă, fără întrerupere, până la vârste înaintate. Ritmul spermatogenezei este intens la tineri şi adulţi, scade la bătrâni, dar calitatea spermatozoizilor rămâne neschimbată. Spermatogeneza reprezintă funcţia exocrină a testiculului. Procesul se petrece la nivelul tubilor seminiferi contorţi. Celulele cap de serie se numesc spermatogonii sau celule germinative masculine primordiale.

Spermatogeneza se desfăşoară în două etape succesive: 1. spermatocitogeneza; 2. spermiogeneza. Un ciclu complet durează 72 de ore.

Spermatogoniile, având în nucleu garnitură diploidă de cromozomi (22 de perechi cromozomi somatici şi o pereche XY), se divid de două ori mitotic, rezultând spermatocitele de ordinul I (46 de cromozomi). Acestea sunt celule voluminoase, ce se divid meiotic şi dau naştere la spermatocitele de ordinul II, celule mai mici, cu garnitură haploidă de cromozomi (22 + X sau 22 + Y).

Începând de la spermatocitul de ordinul II, spermatogeneza va forma gameţi masculini în două variante: 50% posesori de heterocromozomi X şi 50% Y. Spermatocitele de ordinul II se divid o singură dată, din nou prin mitoză. Din această ultimă diviziune rezultă două spermatide, care se alipesc de celulele Sertoli şi se transformă, fără diviziune, în spermatozoizi (spermii).

Pe măsură ce se maturează, spermiile se desprind de celulele Sertoli şi se deplasează în lungul căilor spermatice până la veziculele seminale (organe de depozit), de unde se elimină la exterior prin uretră (reflexul de ejaculare). Ca şi spermatocitele de ordinul II, spermiile sunt de două tipuri: X sau Y. Dacă ovulul este fecundat de un spermatozoid purtător de cromozom X, produsul de concepţie este programat să devină fată, iar dacă fecundarea se produce cu un spermatozoid purtător de cromozom Y, produsul de concepţie este programat să devină băiat.

OVOGENEZA

Reprezintă funcţia exocrină a ovarului, prin care se realizează maturarea şi expulzarea ovulului. Procesul se petrece în mai multe etape, similare cu ale spermatogenezei, dar după un calendar foarte diferit. Celulele sexuale primordiale feminine sunt ovogoniile ce conţin în nucleul lor un set diploid de cromozomi (44 + XX). Ovogeneza începe încă în perioada fetală, prin diviziuni mitotice ale ovogoniilor, care devin ovocite de ordinul I. Din acest moment, cronologia ovogenezei suferă o mare abatere de la regulile diviziunii celulare. Ovocitele de ordinul I, având 2n cromozomi (44 + XX), încep o diviziune reducţională (meioză), dar după prima fază a acestei diviziuni procesul se blochează şi nu se reia decât la pubertate. Această blocare se numeşte dictioten. Ca urmare, copilul de sex feminin se va naşte cu 700 000 - 1 200 000 foliculi primordiali, conţinând fiecare câte un ovocit I la început de meioză.

La pubertate, ovogeneza se reia. Lunar, câte un ovocit I în momentul ovulaţiei foliculului matur se transformă în două celule: o celulă mare cu multă citoplasmă, ovocit de ordinul II, şi o celulă mică, primul globul polar. Ambele au garnitură haploidă de cromozomi, dar numai ovocitul II este fecundabil. Ovocitul de ordinul II este expulzat din ovar, captat de franjurile trompei uterine şi în acest timp se mai divide o ultimă dată mitotic, rezultând un preovul (22 + X) şi al doilea globul polar (22 + X). Preovulul se transformă fără diviziune în ovul, care îşi continuă drumul prin trompă spre uter. Ovulul este gametul feminin. Rezultă că ovogeneza, cu excepţia primelor două etape, nu duce la multiplicarea ovulelor.



**Ovulaţia** este procesul de rupere a foliculului matur şi de expulzare a ovulului (în realitate a ovocitului II). Are loc lunar, în ziua a 14-a a ciclului menstrual.

**Ciclul menstrual.** Funcţia gonadei feminine este ciclică, spre deosebire de cea a gonadei masculine care este continuă. Ciclul menstrual reprezintă o serie de modificări ciclice, care se petrec la nivelul ovarului şi al aparatului genital feminin şi se datorează unor variaţii ciclice în secreţia de hormoni gonadotropi hipofizar, controlate de la nivel hipotalamic. Evenimentul ciclic cel mai evident este pierderea lunară de sânge (35 - 60 ml) (vezi funcţia endocrină a ovarului).

**Fecundaţia** este procesul de contopire a materialului genetic masculin cu cel feminin. Se realizează prin pătrunderea capului spermiei în ovul. Are loc în primele zile după ovulaţie, în timp ce ovulul străbate trompa uterină. Prin fecundare, ovulul devine ou, cu set complet de cromozomi, şi începe să se dividă. Între timp, oul, ajuns în cavitatea uterină, se va fixa în profunzimea mucoasei, proces numit nidaţie. Aici se va forma un organ special, numit placentă, cu rol nutritiv pentru produsul de concepţie şi cu rol endocrin. Produsul de concepţie se dezvoltă în cavitatea uterină până în luna a 9-a, când este expulzat prin actul naşterii. Placenta, ca glandă endocrină, secretă hormoni gonadotropi, care întreţin activitatea corpului galben, şi hormoni estrogeni şi progesteron necesari evoluţiei normale a sarcinii.

## PROPRIETĂŢILE CELULEI

Celulele au o serie de proprietăţi generale şi speciale care le asigură îndeplinirea rolului specific în ansamblul organismului.

Proprietăţile celulare generale se întâlnesc la orice sistem viu. Acestea sunt: metabolismul, înmulţirea, mişcarea şi iritabilitatea.

Proprietăţile celulare speciale se întâlnesc numai la anumite categorii de celule, adaptate pentru îndeplinirea unor funcţii particulare.

Aceste proprietăţi sunt: excitabilitatea, contractilitatea, activitatea secretorie şi fagocitoza. Majoritatea acestor proprietăţi vor fi tratate la capitolele corespunzătoare (metabolismul, glandele cu secreţie internă, sângele, ţesutul muscular etc.).

EXCITABILITATEA

Unele celule din organism (celule nervoase, musculare şi glandulare) prezintă proprietatea de a răspunde la un stimul din afară printr-o serie de manifestări caracteristice. Această proprietate a primit denumirea de excitabilitate, pentru a o deosebi de iritabilitate, care este o proprietate generală a tuturor structurilor vii de a suferi modificări sub acţiunea unor factori externi. Exemplu de iritabilitate este bronzarea pielii sub acţiunea radiaţiilor ultraviolete. În cazul excitabilităţii, relaţia stimul - răspuns are o serie de caracteristici:

- răspunsul este prompt şi uşor observabil;
- răspunsul este acelaşi, indiferent de natura fizică a stimulului;
- peste o anumită valoare a agentului excitant, mărimea răspunsului nu mai depinde de mărimea stimulului.

Stimulul sau excitantul poate fi orice variaţie energetică din mediul înconjurător (mecanică, electrică, termică, fotonică, chimică etc.).

**Biofizica excitaţiei**

La baza excitabilităţii celulare se află proprietăţile speciale ale membranei acesteia (polarizarea electrică, permeabilitatea selectivă, pompele ionice etc.).

**Potenţialul de repaus.** Cercetările cu microelectrozi implantaţi în interiorul celulei au arătat că, în repaus, interiorul celulelor excitabile este negativ în raport cu mediul pericelular. Diferenţa de potenţial dintre cele două feţe ale membranei a fost măsurată cu osciloscopul catodic; ea are valoarea de -90 mV (cu variaţii în funcţie de tipul celulei) şi se numeşte potenţial de repaus (PR). Orice creştere a negativităţii interioare sau pozitivităţii exterioare măreşte PR, adică hiperpolarizează membrana, iar modificarea inversă duce la scăderea PR, adică la depolarizare. Prin hiperpolarizare, celulele devin mai puţin excitabile, iar prin depolarizare parţială devin mai excitabile.

La baza polarizării de repaus se află structura şi funcţiile membranei celulare, care generează şi menţin o diferenţă de compoziţie electrolitică între lichidul celular şi cel extracelular. Principalii electroliţi implicaţi în excitabilitate sunt: $K^+$, $Na^+$, $Ca^{2+}$, $Cl^-$. Repartiţia lor în cele două sectoare (celular şi extracelular) este asimetrică. $Na^+$ este de 100 de ori mai concentrat în afara celulei, iar $K^+$ este de 30 de ori mai concentrat în interiorul ei. Diferenţa de concentraţie a unui elecrolit în cele două medii apoase reprezintă gradientul chimic al acelui element. Conform legilor difuziunii, fiecare substanţă se deplasează pasiv, în gradient chimic, din sectorul cu concentraţie mare spre cel cu concentraţie mai mică. $K^+$ va părăsi celula, iar $Na^+$ o va invada, până la anularea gradientelor, ducând la moartea celulei. Fluxul de ioni prin membrană este reglat însă de proprietăţile acesteia (permeabilitate selectivă, conductanţă electrică şi pompe ionice).

Prin conductanţă (g) se înţelege atitudinea unei membrane încărcate electric faţă de fluxul transmembranar. Fiecare ion se mişcă prin membrană conform conductanţei sale. În repaus, membrana are o conductanţă foarte scăzută pentru $Na^+$ şi crescută pentru $K^+$. Ca urmare, se produce o ieşire a potasiului din celulă, al cărei interior devine negativ. Când valoarea potenţialului negativ intracelular devine suficient de mare (-90 mv), aceasta frânează ieşirea în continuare a ionilor de $K^+$. Se stabileşte astfel un echilibru de difuziune pasivă a $K^+$ prin membrană, la o diferenţă de potenţial de -90 mV şi o diferenţă de concentraţie a $K^+$ extracelular - $K^+$ intracelular de 1/30. Se spune că potenţialul de repaus este un potenţial de $K^+$, el fiind generat de distribuţia pasivă a $K^+$ în gradientul său electrochimic (gradientul electric + gradientul de concentraţie chimică). La menţinerea gradientului chimic participă şi mecanisme active cu sediul în membrană, denumite pompe ionice. Astfel, există pompa cuplată de $Na^+/K^+$, a cărei activitate constă în eliminarea continuă a ionilor de $Na^+$ ce pătrund lent în celulă şi recaptarea ionilor de $K^+$ ce părăsesc celula.

Pompele de Na/K reprezintă transport activ, ce necesită consum de energie din partea celulei şi activitate enzimatică cu sediul în membrană. Potenţialul de repaus poate fi modificat pasiv sau activ. Pasiv, prin aducerea de sarcini negative pe faţa externă a membranei se anulează o parte din sarcinile pozitive şi PR scade, având loc depolarizarea. Dacă sarcinile negative sunt aduse pe faţa internă a membranei, PR creşte şi are loc hiperpolarizarea. Aceleaşi modificări pasive, dar de sens opus pot fi obţinute prin adaus de sarcini pozitive.

Activ, potenţialul de membrană poate fi modificat prin schimbarea conductanţelor membranei faţă de diferiţi ioni. Prin creşterea $gK^+$ se permite o ieşire suplimentară a $K^+$, iar membrana se hiperpolarizează. Scăderea $gK^+$ are consecinţe opuse. Creşterea $gNa^+$ depolarizează



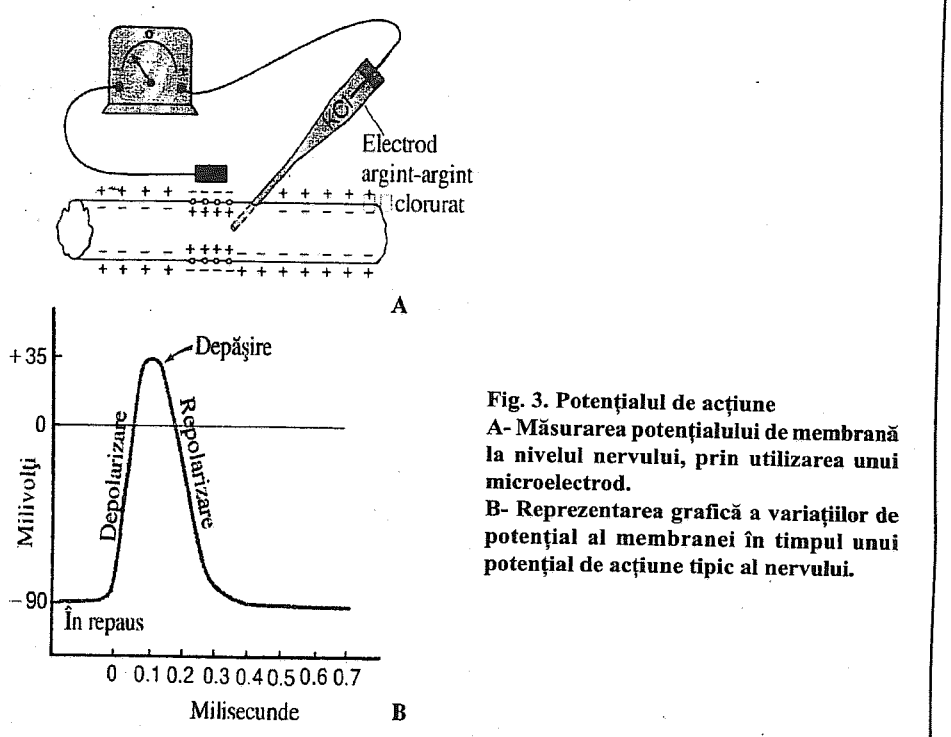



**Fig. 3. Potenţialul de acţiune**
**A- Măsurarea potenţialului de membrană la nivelul nervului, prin utilizarea unui microelectrod.**
**B- Reprezentarea grafică a variaţiilor de potenţial al membranei în timpul unui potenţial de acţiune tipic al nervului.**

membrana ş.a.m.d. Concentraţia $Ca^{2+}$ este de mii de ori mai mare în lichidul extracelular. Acest ion intervine în special în cuplajul excitaţie - contracţie şi cuplajul excitaţie - secreţie.

**Potenţialul de acţiune (PA).** Constă în variaţii rapide ale potenţialului de membrană. Fiecare potenţial de acţiune începe cu o trecere bruscă de la un potenţial de membrană negativ la un potenţial de membrană pozitiv şi se termină cu revenirea aproape tot aşa de bruscă la potenţialul negativ. În figura 3A sunt prezentate perturbările survenite la nivelul membranei în timpul PA, care începe cu transferul de sarcini pozitive spre interiorul membranei şi sfârşeşte cu revenirea sarcinilor pozitive la exteriorul membranei. În figura 3B sunt redate grafic variaţiile succesive ale potenţialului de membrană pe parcursul câtorva zecimi de milisecunde, ilustrând caracterul exploziv al începutului potenţialului de acţiune, precum şi revenirea aproape tot aşa de rapidă la valoarea potenţialului de repaus. Fazele succesive ale PA sunt următoarele:

***Faza de repaus.*** Aceasta reprezintă potenţialul membranar de repaus, fiind premergătoare potenţialului de acţiune. Se spune că în această fază membrana este "polarizată", din cauza mărimii potenţialului său negativ.

***Faza de depolarizare.*** În această fază, membrana devine foarte permeabilă pentru ionii de sodiu, acceptând pătrunderea în celulă a unui număr enorm din aceşti ioni. Starea "polarizată" normală de -90 mV se pierde, potenţialul crescând rapid spre valori mai puţin negative. Aceasta reprezintă depolarizarea.

***Faza de repolarizare***. La câteva zecimi de milisecundă de la momentul creşterii permeabilităţii membranei pentru ionii de sodiu, canalele de sodiu încep să se închidă, în timp ce canalele de potasiu se deschid mai mult decât în mod normal. Se produce o difuziune rapidă la exterior a ionilor de potasiu, care va restabili potenţialul membranar negativ normal de repaus. Acesta reprezintă procesul de repolarizare a membranei.

Pentru a explica mai complet factorii cauzali ai proceselor de depolarizare şi repolarizare este necesar să se ţină cont de caracteristicile speciale ale canalelor de transport prin membrana celulară: canalele de sodiu şi de potasiu voltaj-dependente.

Este necesar de arătat că, pentru apariţia PA, intensitatea stimulului aplicat trebuie să aibă o anumită valoare, numită "prag", care să determine modificarea PR până la o valoare critică, fapt ce permite apariţia ulterioară a PA.

Excitanţii subliminari (cu intensitate sub valoarea "prag") nu reuşesc o depolarizare până la acel prag critic. Amplitudinea totală PA este de 120 mV ( (-90) - (+30) ). Ea nu creşte chiar dacă folosim stimuli şi mai puternici decât cel folosit anterior. Aceasta este legea "**tot sau nimic**". Totodată se constată că excitanţii subliminari nu rămân total fără efect. Ei produc depolarizări tranzitorii, locale, nepropagate, cu valoare proporţională cu intensitatea stimulului, deci contra legii "tot sau nimic". Aceste depolarizări locale se pot suma prin stimulare cu frecvenţă mare şi intensitate sub prag, putând duce la declanşarea unui potenţial de acţiune "tot sau nimic", propagat. PA reprezintă o caracteristică esenţială a răspunsului celulei la acţiunea unui excitant. De aceea, excitabilitatea poate fi definită ca proprietatea acelor celule care răspund la un stimul printr-un PA. PA se datorează variaţiilor ce survin în conductanţele ionice ale membranei. În momentul când excitantul a produs depolarizarea pasivă până la pragul critic are loc o creştere bruscă a $Na^+$. Se produce un influx rapid de $Na^+$, care anulează potenţialul negativ interior, încărcând celula cu sarcini pozitive. În acest moment s-a atins vârful potenţialului de acţiune. Ionii de $Na^+$ încetează să mai pătrundă în celulă atât din cauza respingerii lor de către potenţialul pozitiv endocelu-lar, cât mai ales din cauza revenirii $gNa^+$ la valori scăzute. Imediat are loc o creştere a $gK^+$ peste valoarea de repaus, determinând un eflux important de $K^+$, responsabil de panta descendentă a PA. Intrarea $Na^+$ în celulă produce depolarizarea, iar ieşirea $K^+$ repolarizarea. După încetarea acestor fluxuri ionice membrana redobândeşte configuraţia electrică de repaus, dar celula are o compoziţie chimică diferită. A primit un supliment de $Na^+$ şi a pierdut o cantitate echivalentă de $K^+$. Restabilirea compoziţiei chimice de repaus are loc în următoarele 100 milisecunde, graţie intensificării activităţii pompei cuplate de Na/K. Pe durata PA, membrana este inexcitabilă (refractară), dar poate fi excitată după fiecare repolarizare, cu sute de stimuli pe secundă. Stimularea pe durate de zeci de minute cu asemenea frecvenţe nu lasă timp suficient de acţiune pompelor ionice, fapt ce determină instalarea oboselii membranei. La excitabilitate participă şi ioni de calciu şi clor, mai ales în celulele musculare cardiace.

**Parametrii excitabilităţii**

Excitabilitatea poate fi apreciată cantitativ prin determinarea unor mărimi fizice ale excitantului; acestea sunt: 1. pragul de excitabilitate; 2. timpul util; 3. cronaxia; 4. bruscheţea.

**Pragul de excitabilitate**. Intensitatea minimă necesară unui excitant pentru a produce un răspuns se numeşte curent "prag" sau reobază. Curenţii cu intensităţi mai mici ca reobaza (excitanţi subliminari) nu excită, iar curenţii cu valoare mai mare ca reobaza (excitanţi



supraliminari) produc un răspuns identic cu cel al curenţilor prag. Se spune că celulele excitabile respectă legea "tot sau nimic". Reobaza caracterizează bine excitabilitatea unui ţesut. Cu cât este mai excitabil, cu atât reobaza este mai mică, deci pragul este mai coborât.

**Sumaţia**. Stimularea unei celule cu curenţi subliminari, dar cu frecvenţă crescută, poate produce excitaţia. Aceasta ar contrazice legea "tot sau nimic". Explicaţia fenomenului este următoarea: fiecare stimul sub prag produce la nivelul membranelor excitabile o serie de modificări locale. Aceste modificări dispar la scurt timp după încetarea acţiunii stimulului. Dacă un nou stimul apare înainte de a se şterge modificarea locală anterioară, celula însumează modificările produse de stimulii succesivi până se realizează un răspuns vizibil.

**Timpul util**. Pentru a excita celula, stimulul prag trebuie să acţioneze asupra membranei un interval de timp suficient de mare, variabil în funcţie de tipul celular. Timpul minim necesar unui stimul de valoarea reobazei pentru a excita se numeşte timp util. Valoarea sa este foarte diferită şi nu poate fi utilizat drept criteriu de judecată în aprecierea normalului sau patologicului.

**Cronaxia**. Cercetându-se corelaţia dintre intensitatea şi durata curentului excitant s-a constatat că, la intensităţi de valoarea dublului reobazei, timpul minim necesar diferă foarte puţin de la o celulă la alta, în condiţii normale. S-a denumit cronaxie timpul minim necesar unui curent cu valoarea dublului reobazei pentru a excita. Cronaxia este de ordinul fracţiunilor de milisecundă (0,5 - 1 ms) şi este cu atât mai mică cu cât ţesutul este mai excitabil. Nervii motori şi muşchii pe care-i comandă au cronaxii apropiate, iar cronaxia nervilor senzitivi nu diferă mult de a nervilor motori. Muşchii au, în general, cronaxii şi reobaze ceva mai mari ca nervii motori corespunzători. În condiţii de surmenaj şi oboseală, raportul valorilor reobazei şi cronaxiei nervilor şi muşchilor se poate inversa. Cronaxia este de zeci de ori mai scăzută ca timpul util.

**Bruscheţea**. Dacă facem să crească progresiv intensitatea unui stimul spre valoarea de prag, acesta nu mai excită, chiar dacă depăşeşte pragul, şi durează mai mult decât timpul util. De aici rezultă că, pentru a excita, curentul de intensitatea reobazei trebuie să se instaleze suficient de brusc. În cazul curenţilor lent-crescători, pragul de excitabilitate al celulei creşte paralel cu creşterea intensităţii excitantului şi celula nu răspunde. Membrana celulară s-a acomodat la stimul. Acomodarea este una din explicaţiile fenomenului de adaptare a receptorilor ce va fi descris în capitolul consacrat analizatorilor.

CONTRACTILITATEA

Unele celule (musculare) au proprietatea de a transforma energia chimică a unor compuşi în energie mecanică. Detalii despre mecanismul contracţiei vor fi prezentate în capitolul "Fiziologia muşchilor".

ACTIVITATEA SECRETORIE

Fiecare celulă sintetizează substanţele proteice şi lipidice proprii necesare pentru repararea uzurilor, pentru creştere şi înmulţire. Unele celule s-au specializat în producţia de substanţe pe care le "exportă" în mediul intern (secreţie endocrină) sau extern (secreţie exocrină).

# ŢESUTURILE

Ţesuturile sunt sisteme organizate de materie vie cu funcţii biologice definite, formate din celule similare, care îndeplinesc în organisme aceeaşi funcţie sau acelaşi grup de funcţii.

Celulele sunt unite între ele printr-o substanţă intercelulară care, atunci când este în cantitate mică, se numeşte "substanţă de ciment", iar atunci când este în cantitate mare "substanţă fundamentală".

## CLASIFICAREA ŢESUTURILOR

I. **Ţesuturi epiteliale**
- 1. de acoperire
  - simple (un strat de celule)
    - pavimentoase (inclusiv endoteliu şi mezoteliu)
    - cubice
    - cilindrice ciliate şi neciliate
  - pseudostratificate
    - cilindrice ciliate şi neciliate
  - stratificate (două sau mai multe straturi)
    - pavimentoase (cheratinizate şi necheratinizate)
    - cubice
    - cilindrice
    - de tranziţie (uroteliu)
- 2. glandulare
  - tip endocrin
    - tipul în cordoane celulare (adenohipofiza, glandele paratiroide)
    - tipul folicular (tiroida)
  - tip exocrin (pluricelulare)
    - simplu
      - tubular
      - alveolar (acinos)
    - compus
      - tubulo-glomerular
      - tubulo-alveolar
      - tubulo-acinos
  - tip mixt
    - pancreasul
    - testicului
    - ovarul
- 3. senzoriale (neuroepiteliile) care intră în structura organelor de simţ



II. **Ţesuturi conjunctive**
- 1. După consistenţă
  - moi
    - lax
    - reticulat
    - adipos
    - fibros
    - elastic
  - semidure (cartilaginoase)
    - hialin
    - elastic
    - fibros
  - dure (osoase)
    - compact
    - spongios
- 2. După funcţie
  - rol trofic
    - ţesutul conjunctiv lax
    - adipos
    - sangvin
  - rol mecanic
    - fibros
    - cartilaginos
    - osos
  - rol de depozit
    - adipos
    - osos
  - rol de apărare
    - reticulat
    - conjunctiv lax

III. **Ţesuturi musculare**
- neted
- striat
- striat de tip cardiac

IV. **Ţesutul nervos**
- neuronul
- nevroglia

V. **Sângele**

## ŢESUTUL EPITELIAL

Ţesuturile epiteliale acoperă suprafaţa organismului formând epidermul, căptuşesc cavităţile şi conductele diferitelor organe, constituie parenchimul glandelor exocrine şi endocrine, iar unele s-au specializat în recepţia diverşilor stimuli (epiteliale senzoriale). Sunt alcătuite din celule care, iniţial, au formă rotundă, însă, în raport cu specializarea funcţională şi localizarea

lor, pot fi: turtite (pavimentoase), poliedrice, cubice sau cilindrice (fig. 4). Epiteliul acoperă ţesutul conjunctiv, de care este separat prin membrana bazală; aceasta serveşte ca suport şi permite trecerea plasmei sangvine, epiteliul fiind avascular. De la ţesutul conjunctiv primeşte terminaţii nervoase bogate, care-i asigură sensibilitatea.

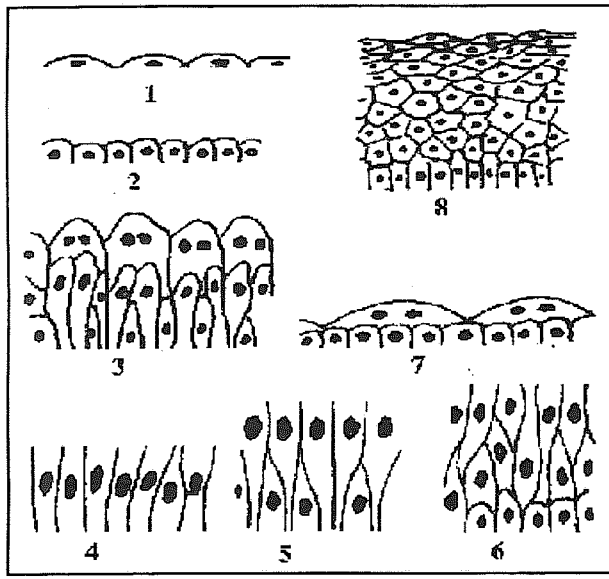



**Fig. 4. Principalele tipuri morfologice de epitelii: 1- simplu pavimentos; 2- cubic; 3- epiteliu mixt; 4- prismatic simplu; 5- prismatic pseudostratificat; 6- prismatic stratificat; 7- epiteliu mixt; 8- stratificat pavimentos**

## EPITELII DE ACOPERIRE

### *Epitelii de acoperire*

| Tip de epiteliu | Clasificare după forma celulelor | Caracteristici | Localizare |
|---|---|---|---|
| **1. Epiteliul simplu** (unistratificat şi pseudostratificat) | Celulele sunt situate pe membrana bazală, unite prin substanţa ciment şi desmozomi | Epiteliu simplu pavimentos (celule plate)<br><br>Epiteliu cubic (celule de forma cuboidă) | Endoteliile, mezoteliile (peritoneu, pericard, foiţele pleurale).<br>Mucoasa bronhiilor mici (bronhiolele terminale din lobulul pulmonar), canalele excretoare mici ale glandelor salivare. |
| | Celulele cilindrice pot avea cili (epiteliul trompei uterine) sau microvili acoperiţi de o membrană celulară formând platoul striat (epiteliul vilozităţilor intestinale) | | |



***Epitelii de acoperire*** *- continuare*

| Tip de epiteliu | Clasificare după forma celulelor | Caracteristici | Localizare |
|---|---|---|---|
| **1. Epiteliu simplu** - continuare | Celule de înălţimi diferite; numai unele ajung la suprafaţă, dând aspect fals de stratificare; toate celulele se sprijină pe membrana bazală. | Epiteliu pseudostratificat (celule cilindrice cu cili, printre care se găsesc şi celule cu mucus). | Mucoasa traheei şi a bronhiilor principale. |
| **2. Epiteliu stratificat** | Numărul straturilor variază, ca şi forma celulelor din ultimul strat. Stratul profund este situat pe o membrană bazală. | Epiteliu stratificat pavimentos (celulele superficiale sunt pavimentoase, iar cele profunde au rol generator - (strat generator). | Structura pielii (cheratinizat). În mucoasa bucală, mucoasa bucofaringelui, a laringofaringelui, esofagiană (necheratinizat). |
| | | Epiteliu stratificat cubic. Se găseşte mai ales în viaţa embrionară; la adult este format din două rânduri de celule, cele superficiale fiind cubice, iar cele bazale mai înalte. | Structura canalelor mici ale glandelor salivare. |
| | | Epiteliu stratificat cilindric (prismatic); mai multe straturi celulare, cel superficial cilindric. Poate fi ciliat şi neciliat. | Mucoasa faringiană, laringiană. |
| | | Epiteliu de tranziţie (uroteliu). Forma celulelor şi numărul straturilor sunt variabile în funcţie de golirea şi distensia organelor. Uroteliul este impermeabil pentru constituenţii urinei, fiind lipsit de membrană bazală. | Căile urinare (mucoasa vezicii urinare, a ureterelor). |

## EPITELII GLANDULARE

Ţesutul epitelial glandular este format din celule diferenţiate, care au proprietatea de a elabora produşi specifici. Celulele sunt dispuse în diferite moduri şi, în asociaţie cu ţesutul conjunctiv, cu vasele sangvine şi terminaţiile nervoase, formează glande. Produşii secretaţi pot fi excretaţi la exteriorul organismului, în lumenul unor organe, sau trec direct în sânge. După felul produşilor de secreţie şi după locul de excreţie, distingem trei tipuri de glande: exocrine, produsul de secreţie este eliminat printr-un canal la exterior (glande sebacee, sudoripare etc.) sau în diferite cavităţi (glande salivare, gastrice etc.); endocrine (glande cu secreţie internă),

ai căror produşi (hormonii) se elimină direct în sânge; glande mixte, care au o dublă secreţie, endocrină şi exocrină (pancreas, testicul, ovar).

Celulele epiteliilor glandulare au forme variate: piramidale, cuboide, înalte, poliedrice. În citoplasma lor au numeroase mitocondrii şi un aparat Golgi bine dezvoltat, ca şi o ergastoplasmă bogată, structuri legate de elaborarea produşilor de secreţie.

**Glandele exocrine** se deosebesc între ele prin morfologia şi structura lor. Clasificarea se face după numărul de celule, aşezarea celulelor glandulare în parenchimul secretor şi după ramificarea conductelor de excreţie.

**Glandele endocrine** se caracterizează prin: lipsa canalelor de excreţie, produsul de secreţie (hormonii) se varsă direct în sânge; celulele secretoare sunt dispuse sub formă de cordoane, mase epiteliale sau mici vezicule (tiroida); reţeaua capilară (sinusoide) intră în structura fiecărei glande.

***Epitelii glandulare***

| După numărul de celule | Tipul glandei | Caracteristici | Localizare |
|---|---|---|---|
| **Glande unicelulare** | | Celula secretorie este situată printre alte celule epiteliale de tip prismatic monostratificat. Au formă de caliciu (celule caliciforme) şi secretă mucus. | Epiteliul intestinal, căile biliare extrahepatice, epiteliile ciliate ale arborelui respirator etc. |
| **Glande pluricelulare** (epiteliu de secreţie, situat pe un ţesut conjunctiv inervat şi vascularizat) | **SIMPLE:** Glande tubuloase | Aspect de tub, celulele glandulare se află pe o membrană bazală; se deschid direct în lumenul organului. | Glandele Lieberkühn din intestinul subţire. |
| | Glande acinoase | Porţiunea secretorie dilatată, căptuşită cu celule epiteliale de formă piramidală ce delimitează un lumen. | Glandele lacrimale. |
| | Glande alveolare | Asemănătoare celor acinoase, dar porţiunea secretorie este mai dilatată (saci glandulari). | Glandele sebacee. |
| | **COMPUSE:** Glande tubuloase compuse (ramificate) | Mai mulţi tubi care fuzionează la nivelul suprafeţei de evacure a secreţiei. | Glandele Brünner din duoden. |
| | Glande tubulo-alveolare | Formate din tubi glandulari şi saci glandulari. | Prostata. |
| | Glande tubuloglomerulare | Porţiunea secretorie tubulară înfăşurată în ghem. | Glandele sudoripare. |
| | Glande tubuloacinoase (acinoase compuse) | Glande tubulare care au la capăt câte un acin. Acinii formează parenchimul secretor (acini seroşi, micşti, mucoşi). | Glande salivare, parenchimul exocrin al pancreasului. |



EPITELII SENZORIALE (SENZITIVE)

Acest tip de epiteliu este format din celule specializate pentru recepţionarea diferiţilor stimuli externi sau interni şi face parte integrantă din organele de simţ, unde vor fi, de altfel, prezentate.

Sunt două tipuri celulare: unele senzitive, caracterizate prin două prelungiri, şi altele pseudosenzitive, numai cu o prelungire apicală. La polul bazal, aceste elemente sunt înconjurate şi au contact cu dendritele unor neuroni senzitivi.

## ŢESUTUL CONJUNCTIV

Ţesutul conjunctiv este foarte variat ca aspect morfologic şi funcţional. Este alcătuit din trei componente principale: celulele conjunctive, fibrele conjunctive (colagene, elastice, reticulare) şi o substanţă nestructurată, amorfă, numită substanţă fundamentală.

**Celulele conjunctive** sunt foarte variate; ele provin din celulele mezenchimale embrionare. Acestea pot fi împărţite în două grupe: celule autohtone şi celule migratorii (leucocitele, limfocitele, monocitele).

Din grupa celulelor autohtone fac parte:

- fibrocitele, cu formă alungită sau stelată, care pot fi fixe sau mobile; îndeplinesc funcţii metabolice fundamentale (de edificare a fibrelor şi a substanţei fundamentale);
- histocitele, mobile, de formă variabilă, cu prelungiri citoplasmatice; sunt elemente reactive;
- plasmocitele (ovale, rotunde), celulele adipoase şi celulele pigmentare, cu funcţii speciale, respectiv în sinteza de proteine, lipide şi pigmenţi;
- mastocitele (rotunde, ovale sau neregulate), îndeplinesc rolul de coordonator al tuturor proceselor metabolice din ţesutul conjunctiv;
- celulele de origine embrionară (mezenchimală şi reticulată) cu capacitatea de reînnoire continuă a celulelor din ţesutul conjunctiv.

**Fibrele conjunctive** se grupează, la rândul lor, în trei categorii:

- colagene sau conjunctive: în toate tipurile de ţesut conjunctiv, sunt omogene şi dispuse în fascicule (prin fierbere, dau gelatina);
- elastice: subţiri, ramificate, dispuse în reţea. Sunt formate din elastină, care le conferă elasticitate;
- fibrele de reticulină formează o reţea în ochiurile căreia se află substanţa fundamentală (se găsesc, în special, în organele limfopoietice, în ţesutul lax şi în membranele bazale).

**Substanţa fundamentală** este o componentă amorfă, ce ocupă spaţiul dintre fibre şi celulele conjunctive.

Intervine în metabolismul apei şi al sărurilor minerale. În ţesutul cartilaginos este rezistentă şi elastică, încărcată cu condrină, în ţesutul osos este solidă, dură şi rezistentă, încărcată cu săruri minerale. Substanţa fundamentală este produsă de celulele ţesutului conjunctiv.

Ţesuturile conjunctive, după consistenţa lor, pot fi clasificate în: ţesuturi moi (conjunctiv lax - fig. 5, reticulat, adipos, fibros, elastic), semidure - cartilaginos, şi dure - ţesutul osos.

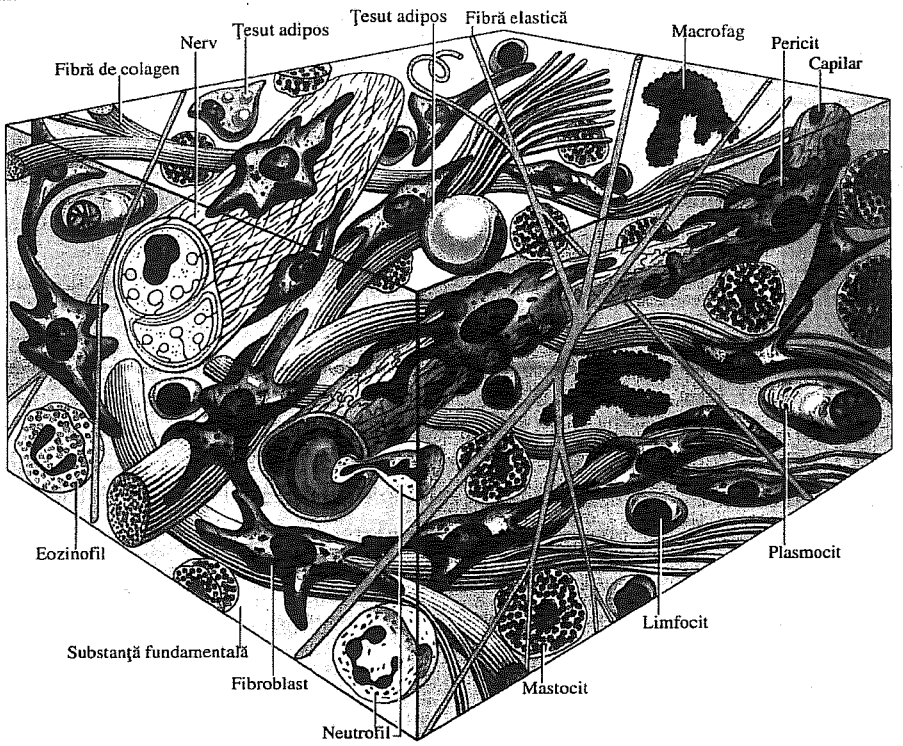



**Fig. 5. Ţesut conjunctiv lax**

ŢESUTURI CONJUNCTIVE MOI

***Ţesuturi conjunctive moi***

| Tipuri de ţesuturi | Caracteristici | Localizare |
|---|---|---|
| **Ţesutul conjunctiv lax** | Este forma cea mai răspândită; conţine în proporţie egală celule, fibre, substanţă fundamentală.<br>Celulele sunt de două feluri:<br>- fixe - fibrocite, celule adipoase, histiocite, macrofage, celule pigmentare, plasmocite şi mastocite;<br>- mobile - limfocite şi leucocite.<br>Substanţa fundamentală este abundentă, iar fibrele sunt numeroase (colagene, elastice, reticulină). | În organe formează stroma conjunctivă de susţinere şi are rol trofic. Umple spaţiile libere dintre organe, formează hipodermul, leagă fibrele musculare şi grupele de muşchi; se întinde de-a lungul nervilor şi vaselor şi formează, cu epiteliile, unităţi funcţionale. |
| **Ţesutul reticulat** | Este format din celule reticulare, cu multe prelungiri, şi din fibre de reticulină. Celulele se pot transforma în histiocite macrofage, având rol în procesele de apărare (fagocitoză). | În ganglioni limfatici, splină, măduva osoasă, ficat, mucoasele respiratorii şi digestive. |



***Ţesuturi conjunctive moi*** - *continuare*

| Tipuri de ţesuturi | Caracteristici | Localizare |
|---|---|---|
| **Ţesutul adipos** | În structura sa predomină celulele adipoase care se grupează (200-400) în jurul capilarelor şi arteriolelor, formând lobuli adipoşi între care se găseşte ţesut conjunctiv lax. Are rol trofic, mecanic şi de izolare termică pentru unele organe. | În jurul unor organe (rinichi, suprarenală, ochi, tiroidă), în mezenter, în mediastin, în regiunile axilare şi inghinale, hipoderm. |
| **Ţesutul fibros** | Predomină fibrele de colagen şi elastice, puţină substanţă fundamentală şi celule. Are vascularizaţie şi plasticitate reduse. Este rezistent, având rol de protecţie. | În fasciile ce acoperă muşchii, în structura tendoanelor şi a aponevrozelor, a capsulelor unor organe (ficat, rinichi, splină, ganglioni limfatici), derm, cornee, fir de păr. |
| **Ţesutul elastic** | Conţine numeroase fibre elastice printre care se găseşte substanţa fundamentală. Celulele sunt puţine. | În tunica medie a arterelor mari, corzile vocale, ligamentele galbene dintre vertebre. |

ŢESUTUL CONJUNCTIV SEMIDUR (CARTILAGINOS)

Ţesutul cartilaginos face parte din grupa ţesuturilor cu funcţie mecanică, fiind caracterizat prin compoziţie chimică şi proprietăţi fizice deosebite: rezistenţă elastică la presiune şi mare rezistenţă mecanică la frecare. Este învelit, la exterior, de o membrană fibroasă, puţin vascularizată, numită pericondru. Ţesutul cartilaginos este format din celule, substanţă fundamentală şi fibre. Componenta cea mai abundentă este dată de ansamblul format din substanţa fundamentală şi fibre, care se numeşte substanţă cartilaginoasă sau matricea cartilajului. În ea sunt săpate cămăruţe, condroplaste, care adăpostesc celulele cartilaginoase, condroblaste - când sunt tinere - şi condrocite - când sunt mature.

Condrocitele sunt celule mari, ovale, globuloase, cu un diametru de 40 μ, cu citoplasmă abundentă; se află în grupuri de 2 – 4 celule sau izolate.

Substanţa fundamentală este impregnată cu condrină.

Substanţele anorganice sunt reprezentate de apă 70% şi de sărurile minerale în care predomină NaCl.

În structura cartilajului intră şi fibre colagene şi elastice care se condensează concentric în jurul condroplastelor. Cartilajul nu este vascularizat, nutriţia realizându-se prin difuziune de la nivelul capilarelor din pericondru.

După cantitatea şi varietatea de fibre se deosebesc trei tipuri principale de ţesut cartilaginos: hialin, elastic şi fibros.

**Cartilajul hialin** are substanţă fundamentală abundentă, rezistentă şi omogenă, impregnată cu condrină. Se găsesc puţine fibre colagene, foarte fine, cu orientări diferite. Celulele sunt izolate sau dispuse în grupuri. Din cartilaj hialin este format scheletul embrionului, cartilajele de creştere diafizo-epifizare, cartilajele articulare, scheletul cartilaginos al traheei şi bronhiilor, cartilajele nazale şi ale coastelor.

**Cartilajul elastic** conţine în substanţa fundamentală o bogată reţea de fibre elastice; celulele sunt aşezate în grupuri mici alăturate. El formează scheletul organelor care trebuie să îşi menţină forma, dar au un grad mare de elasticitate: pavilionul urechii, epiglota, aripile nasului etc.

**Cartilajul fibros** este format din fascicule de fibre colagene, cu orientarea longitudinală. Celulele sunt puţin numeroase, aşezate de-a lungul fasciculelor de fibre, în grupe de 2 - 3, iar substanţa fundamentală este redusă. Se mai numeşte ţesut fibrocartilaginos şi formează: discurile intervertebrale, cartilajele simfizelor, meniscurile articulare şi unele ligamente (ligamentul capului femural).

## ŢESUTUL OSOS

Ţesutul osos este adaptat pentru funcţia de suport şi protecţie, fiind cel mai rezistent şi dur ţesut mecanic, datorită impregnării substanţei fundamentale cu săruri minerale, de calciu şi fosfor. Este format din celule osoase, fibre şi substanţă fundamentală, fiind puternic vascularizat, acoperit la periferie, cu excepţia capetelor articulare, de o membrană vasculo-conjunctivă, numită periost.

**Celula osoasă**, numită osteoblast în stadiul tînăr şi osteocit în stadiul adult, are rol osteogen. Osteocitele sunt de formă ovalară, turtite, cu multe prelungiri, situate în nişte cavităţi stelate sau fuziforme (20 – 30 μ diametru), numite osteoplaste, săpate în substanţa fundamentală. De pe pereţii osteoplastelor pornesc numeroase canalicule subţiri, flexuoase, care se anastomozează cu canaliculele osteoplastelor învecinate şi în care pătrund prelungirile osteocitelor. Osteoblastele prezintă o bogată activitate secretorie, participând la fabricarea oseinei, la procesele de dezvoltare a oaselor, de reparaţie şi regenerare. După terminarea procesului de osificare, osteoblastele se maturizează, transformându-se în osteocite. Osteoclastele sunt celule mari, cu forme neregulate, polinucleate. Au o puternică activitate enzimatică şi fagocitară, cu rol în formarea canalului medular şi în diferite remodelări ale substanţei osoase.

**Substanţa fundamentală** a osului are două componente: organică şi minerală.

- ***Componenta organică***, în proporţie de 34%, este formată din oseină, în constituţia căreia se deosebesc o substanţă glicoproteică, în care se depun sărurile minerale, şi substanţa colagenă, reprezentată de sistemele de fibre conjunctive ale ţesutului osos.
- ***Componenta minerală***, în proporţie de 66%, este formată din microcristale de fosfat tricalcic, carbonat de calciu, fluorură de calciu, carbonat de sodiu, carbonat de magneziu, hidroxid de calciu.

Substanţa fundamentală se dispune sub formă de lamele osoase şi, după dispoziţia lor, distingem două **varietăţi de ţesut osos**: compact şi spongios.

***Ţesutul osos compact*** formează diafiza oaselor lungi, stratul de la suprafaţa epifizelor şi al oaselor scurte, cât şi lama internă şi externă a oaselor late. Este format din numeroase canale Hawers (conţin ţesut conjunctiv şi vase de sânge), dispuse în lungimea osului, paralele între ele şi legate în numeroase puncte prin anastomoze transversale sau oblice. În jurul canalului Hawers substanţa osoasă este dispusă sub forma unor lamele osoase concentrice, în număr variabil de 5 - 30, iar între lamele sau în grosimea lor se găsesc osteoplastele cu osteocite. Un canal Hawers, împreună cu lamelele din jur formează osteonul sau sistemul hawersian (unitatea morfologică şi funcţională a osului). Între sistemele hawersiene se găsesc arcuri de lamele osoase, resturi de osteoane rezultate din procesele de remaniere osoasă, numite sisteme interhawersiene. Fibrele colagene din interiorul unei lamele sunt paralele între ele şi au o direcţie spiralată. Direcţia fibrelor dintr-o lamelă se încrucişează cu direcţia fibrelor din lamelele alăturate, formând o armătură ce contribuie la realizarea rezistenţei osului.



În osul compact mai există o serie de canale neînconjurate de lamele osoase, care perforează osul dinspre periost spre profunzime, numite canale Volkmann, prin care trec vase şi nervi de la periost în interiorul osului.

***Ţesutul osos spongios*** se găseşte în epifizele oaselor lungi şi în interiorul oaselor late şi scurte. Este format din lamele osoase (trabecule) care, la rândul lor, sunt alcătuite din mai multe lamele, delimitându-se nişte cavităţi de aspect şi mărimi diferite, numite areole (dau aspectul spongios, buretos). Areolele comunică între ele şi conţin măduvă hematogenă. Areolele şi lamelele osoase sunt sisteme hawersiene incomplete. Dispoziţia trabeculelor osului spongios prezintă o anumită arhitectonică, determinată de acţiunea factorilor funcţionali, mecanici şi biologici asupra osului.

# ŢESUTUL MUSCULAR

Ţesuturile musculare sunt adaptate funcţiei de contracţie. Celula sau fibra musculară prezintă unul sau mai mulţi nuclei, după tipul de ţesut muscular, o membrană celulară, numită sarcolemă, şi citoplasmă, denumită sarcoplasmă, în interiorul căreia se găsesc organitele celulare comune şi organitele specifice (contractile), miofibrile, apărute în urma diferenţierii şi adaptării celulei la funcţia de contracţie.

După particularităţile miofibrilelor, ţesuturile musculare se împart în trei tipuri: ţesut muscular neted, în care miofibrilele sunt omogene şi se contractă involuntar; ţesut muscular striat, cu miofibrile heterogene, de aspect striat, care se contractă voluntar; ţesut muscular cardiac, în care miofibrilele sunt striate, dar ţesutul se contractă involuntar.

## ŢESUTUL MUSCULAR NETED

Fibra musculară este unitatea morfofuncţională a ţesutului muscular neted. Ea intră în constituţia păturii musculare a tubului digestiv, a conductelor aparatului respirator, urogenital, glandelor excretorii, în tunica musculară a vaselor, în anexele unor organe de simţ (piele, ochi), în capsulele unor organe (splină, suprarenală). Fibrele sunt aşezate în straturi, benzi sau răspândite izolat în ţesutul conjunctiv. Fibrele sunt paralele între ele, iar porţiunea îngroşată a unei fibre vine în raport cu extremităţile efilate ale fibrelor învecinate.

Fibra musculară netedă, de aspect fusiform, are o lungime cuprinsă între 10-100 μ şi diametrul de 2 - 4 μ. Este formată din sarcolemă, sarcoplasmă şi un nucleu central, de formă alungită.

**Sarcolema** (plasmalema), groasă de 100 μ, prezintă numeroase invaginări din care se formează vezicule de pinocitoză, prin intermediul cărora sunt transportate în celulă substanţe trofice şi activatori ai procesului contractil.

**Sarcoplasma** este omogenă sau fin granulată, mai abundentă în centrul fibrei. Conţine organite comune, incluziuni celulare şi organite specifice – miofibrilele.

Miofibrilele, organite specializate pentru contracţie, ocupă cea mai mare parte din sarcoplasmă. Au o formă alungită şi se întind de la un capăt la altul al fibrei, mai groase la periferia fibrei (1 micron) şi extrem de subţiri spre centrul fibrei (0,2 μ). Miofibrilele au o structură complexă, fiind alcătuite din miofilamente de 10 - 150 μ, sunt omogene (fără striaţii transversale), iar din punct de vedere biochimic sunt formate din proteine contractile (actină, miozină) şi reglatoare (tropomiozină şi troponină).

Inervaţia este asigurată de sistemul nervos vegetativ simpatic şi parasimpatic.

Fibrele musculare conţin substanţe organice, reprezentate prin glucide, lipide, proteine, precum şi enzime legate de funcţia contractilă, cum sunt: adenozintrifosfataza (ATP-aza), fosforilaza, enzimele ciclului Krebbs.

## ŢESUTUL MUSCULAR STRIAT

Ţesutul muscular striat este alcătuit din fibre care intră în constituţia muşchilor scheletici (40% din greutatea corpului), iar la nivelul viscerelor le întâlnim în musculatura limbii, faringelui, a porţiunii superioare a esofagului şi în cea a unor sfincter (anal extern şi cel extern al uretrei), cât şi în muşchii extrinseci ai globului ocular. Fibra musculară striată are o formă cilindrică sau prismatică, cu extremităţile rotunjite sau ramificate (muşchii feţei şi ai limbii). Sunt elemente multinucleate, plasmoidale, cu zeci sau sute de nuclei de formă ovoidă, situaţi periferic, imediat sub sarcolemă. Lungimea fibrei este cuprinsă între 3 - 12 cm, iar grosimea este de 20–100 μ.

Fibra striată este alcătuită din membrană = sarcolemă, citoplasmă = sarcoplasmă şi numeroşi nuclei (fig. 6).

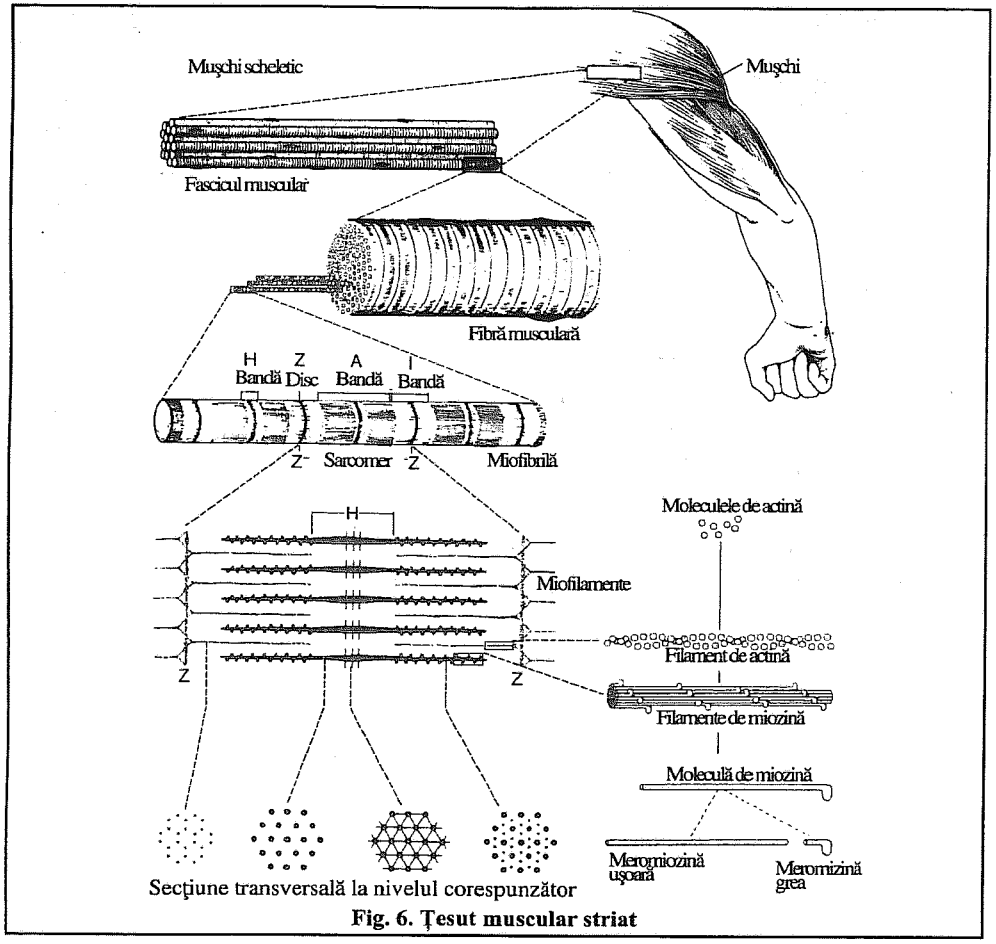



**Fig. 6. Ţesut muscular striat**



**Sarcolema**, examinată la microscopul electronic, prezintă două porţiuni distincte: sarcolema propriu-zisă şi membrana bazală. Sarcolema propriu-zisă are rol de a propaga excitaţia de-a lungul fibrei musculare (are structura generală a plasmalemei). Membrana bazală, formată din proteine colagenice, are rolul de a menţine forma fibrei musculare în limite normale.

**Sarcoplasma** este acidofilă, cu aspect de fluid în centrul fibrei, mai densă şi mai abundentă la periferia fibrei musculare. Conţine organite comune, diferite incuziuni şi numeroase miofibrile. Mitocondriile (sarcozomii) sunt situate în sarcoplasma perinucleară şi interfibrilară. Conţin o mare cantitate de mioglobină (pigment asemănător hemoglobinei), cu rol de transportor şi rezervor de oxigen, şi un bogat echipament enzimatic. Reticulul sarcoplasmatic este foarte dezvoltat şi este reprezentat printr-o reţea de tubuli ce înconjoară fiecare miofibrilă (direcţie longitudinală în fibră). Această reţea se numeşte sistem sarcoplasmatic longitudinal sau sistemul L. În fibra striată există şi un al doilea sistem de tubuli, numit sistemul transvers sau sistemul T (tubuli aşezaţi perpendicular pe sistemul longitudinal, reprezentând învaginări ale sarcolemei în dreptul membranei Z). În dreptul fiecărei miofibrile, sistemul T întâlneşte şi vine în contact cu sacii terminali ai reticulului sarcoplasmatic longitudinal, alcătuind împreună o "triadă" (doi saci terminali ai sistemului L şi un tub al sistemului T). Reticulul sarcoplasmatic, în totalitate, dar mai ales sistemul L, are rol important în contracţie (datorită prezenţei unei mari cantităţi de ioni de Ca se realizează cuplarea excitaţiei cu contracţia).

Elementele cele mai importante cuprinse în sarcoplasmă sunt miofibrilele (elementele contractile). Au un diametru de 0,2 - 2 m, sunt paralele cu lungimea fibrei musculare, grupate în fascicule ce cuprind 30 - 50 miofibrile – colonetele Leydig, înconjurate de sarcoplasmă. Miofibrilele au un aspect heterogen, de-a lungul lor observându-se (microscopic) o alternanţă de benzi clare şi întunecate care, fiind situate la acelaşi nivel în toate miofibrilele, dau aspectul de striaţiune transversală, specifică fibrei musculare striate. Benzile (discurile) clare, denumite benzi I, sunt izotrope (monorefringente – nu polarizează lumina); ele sunt străbătute de o membrană subţire, numită membrana Z sau stria Amici. Discurile (benzile) întunecate, denumite discuri sau benzi A, sunt anizotrope (birefringente – polarizează parţial lumina); ele sunt străbătute de o zonă clară – stria Hensen (zona H), prin care trece o membrană fină numită membrana M. Segmentul cuprins între două membrane Z se numeşte sarcomer (căsuţă musculară Krause), cu o lungime de 2,5 - 3 μ. Sarcomerul reprezintă unitatea morfofuncţională a fibrei striate şi este alcătuit din: 1/2 disc clar, un disc întunecat cu zona H şi membrana M, 1/2 disc clar.

Prin microscopia electronică s-a stabilit că miofibrilele sunt constituite din numeroase fibrile elementare, numite miofilamente, (50 - 150 μ), ce constituie unitatea ultrastructurală şi funcţională a miofibrilei. Miofilamentele sunt de două tipuri: miofilamente groase de 100 μ şi lungi de 1,5 m, cuprinse în discul întunecat, formate din miozină; miofilamente subţiri de 50 μ, formate din actină, tropomiozină şi troponină, ce se întind de la membrana Z în toată banda luminoasă, trec şi se intercalează şi printre miofilamentele groase din banda întunecată, oprindu-se la stria Hensen. În banda A, cele două tipuri de miofilamente au o aşezare precisă, într-un aranjament hexagonal cu un miofilament gros în centru, înconjurat de şase miofilamente subţiri (situate în unghiurile hexagonului).

Fibrele musculare striate se grupează în fascicule de 20 - 30 fibre, denumite fascicule primare, înconjurate de o teacă conjunctivă denumită endomisium. Fasciculele primare (4-5) se grupează în fascicule secundare, delimitate de ţesut conjunctiv cu fibre elastice, denumit perimisium. Acestea se grupează în fascicule terţiare, cuaternare, ce formează, de fapt, muşchiul, iar acesta este învelit în epimisium.

Vascularizaţia este foarte bogată, asigurând procesele metabolice intense din timpul contracţiei.

Muşchii striaţi au o inervaţie motorie (placa motorie) şi senzitivă (fibre aferente care pornesc de la proprioceptori musculari).

ŢESUTUL MUSCULAR STRIAT DE TIP CARDIAC (MIOCARDUL)

Miocardul este constituit din fibre musculare cu structură asemănătoare fibrelor musculare striate (miofibrilele prezintă alternanţă de benzi clare şi întunecoase) şi fibrelor musculare netede, prin poziţia centrală a nucleului. Celulele musculare individualizate, alungite şi ramificate vin în contact unele cu altele la nivelul unor benzi numite discuri intercalare (striile scalariforme), ce reprezintă joncţiuni intercelulare specializate.

Fibrele musculare cardiace sunt acoperite de o teacă conjunctivă cu fibre de reticulină şi sunt dispuse în reţea, în ochiurile căreia se află ţesutul conjunctiv lax, vase şi fibre nervoase vegetative (formează împreună cu sarcolema joncţiunea neuromusculară, sinapsa).

Fibra cardiacă are un diametru şi o lungime mai mică decât fibra striată, iar capetele sunt de obicei ramificate. Sarcoplasma este mai abundentă la periferie şi în jurul nucleului şi mai săracă între miofibrile. Mitocondriile sunt mai numeroase decât în fibrele striate şi netede, fiind aşezate între miofibrile sub forma unor coloane (datorită activităţii contractile permanente). Miofibrilele prezintă aceleaşi caractere morfologice şi structurale ca la fibra striată de tip scheletic, fiind însă mai groase.

Pe lângă miocardul de tip contractil există şi ţesutul nodal (miocardul specific), care determină contracţia ritmică şi automată a inimii, stabilind o legătură anatomică şi funcţională între atrii şi ventricule (nodul sinoatrial, atrioventricular, fasciculul Hiss şi reţeaua Purkinje).

Ţesutul nodal este format din fibre musculare cardiace, cu caracter embrionar, de forme variate, dispuse în noduli, reţele şi cordoane. Celulele sunt bogate în sarcoplasmă ce conţine mult glicogen, 1-2 nuclei, mitocondriile sunt rare, iar reticulul endoplasmatic redus. Miofibrilele, în număr redus, sunt mai subţiri, dispuse longitudinal sau transversal, trec de la o celulă la alta, formând o reţea prin care excitaţia se transmite în toate direcţiile la fibrele miocardului contractil, cu care se continuă.

## ŢESUTUL NERVOS

Ţesutul nervos este constituit din celule nervoase (neuroni), cu prelungirile lor, şi din celule nevroglice. Embriologic, derivă din ectoderm. Neuronii sunt elemente înalt diferenţiate morfologic. Nevrogliile, structuri cu rol de susţinere şi de protecţie, realizează elementele sistemului de susţinere.

NEURONUL

Este format din corpul celular (pericarionul) şi una sau mai multe prelungiri, care sunt de două tipuri: dendritele, prelungiri celulipete (majoritatea neuronilor au mai multe dendrite), şi axonul, care, funcţional, este celulifug, prelungire unică a neuronului.

Ca formă şi dimensiuni, neuronii sunt foarte diferiţi, de la neuroni mici, de 4 - 6 μ (stratul granular din cerebel), până la neuroni giganţi, 130 μ (celulele piramidale Betz din cortexul cerebral). Forma neuronilor este variabilă: stelată (coarnele anterioare ale măduvei), sferică sau



ovală (în ganglionii spinali), piramidală (zonele motorii ale scoarţei cerebrale) şi fusiformă (în stratul profund al scoarţei cerebrale).

În funcţie de numărul prelungirilor, neuronii pot fi:

- unipolari (celulele cu conuri şi bastonaşe din retină) - au aspect globulos, cu o singură prelungire;
- pseudounipolari - se află în ganglionul spinal, au o prelungire care se divide în "T"; dendrita se distribuie la periferie, iar axonul pătrunde în SNC;
- bipolari - de formă rotundă, ovală sau fusiformă, cu cele două prelungiri pornind din polii opuşi ai celulei (neuronii din ganglionul spiral Corti, ganglionul vestibular Scarpa, retină, mucoasa olfactivă);
- multipolari - au o formă stelată, piramidală sau piriformă şi prezintă numeroase prelungiri dendritice şi un axon (scoarţa cerebrală, cerebeloasă, cornul anterior din măduva spinării).

După funcţie, neuronii pot fi: receptori, prin dendritele lor recepţionează excitanţii din mediul exterior sau din interiorul organismului (pot fi somatosenzitivi şi viscerosenzitivi); motori, ai căror axoni sunt în legătură cu organele efectoare (somatomotori şi viscero-motori); intercalari (de asociaţie), care fac legătura între neuronii senzitivi şi motori.

**Organizarea structurală a neuronului**

Corpul neuronului este format din neurilemă (membrana plasmatică), neuroplasmă (citoplasmă) şi nucleu.

**Neurilema celulei nervoase** este subţire, delimitează neuronul şi are o structură lipoproteică.

**Neuroplasma** are constituţia coloidală a unui gel, ceva mai densă decât a celulelor organismului, datorită unor organite celulare specifice, neurofibrilele. Neuroplasma conţine organitele celulare generale (mitocondrii, ribozomi, lizozomi, reticul endoplasmatic) şi incluziuni pigmentare. Nu are centru celular deoarece neuronul nu se divide. Organitele specifice sunt: substanţa tigroidă (corpii Nissl) şi neurofibrilele. La microscopul electronic, corpii Nissl apar sub forma unor agregate de sisteme membranoase de tip rugos, sub formă de vezicule şi cisterne şi numeroşi ribozomi, fiind omologaţi cu reticulul endoplasmatic rugos. Se găsesc în corpul neuronului şi în dendrite, niciodată în axon, având rol în metabolismul neuronului. Neurofibrilele sunt formaţiuni ce se găsesc în neuroplasmă (corp) şi prelungiri (dendrite şi axon). Ele formează pachete cu dispunere periferică ectoplasmatică sau perinucleară, mai strânse în axon şi mai laxe în dendrite. Apar la microscopul electronic constituite din fascicule elementare fine de 60 - 100 μ (neurofilamente). Au rol mecanic, de susţinere şi în conducerea influxului nervos.

**Nucleul.** Celulele nervoase motorii, senzitive şi de asociaţie au un nucleu unic, cu 1 - 2 nucleoli. Celulele vegetative centrale sau periferice prezintă deseori un nucleu excentric. Aceste celule pot avea nuclei dubli sau multipli.

Prelungirile corpului celular sunt dendritele şi axonul.

**Dendritele**, în porţiunea lor iniţială, sunt mai groase, apoi se subţiază. În ele se găsesc neurofibrile şi corpii Nissl. Ele recepţionează influxul nervos şi îl conduc spre corpul neuronului, celulipet (centripet).

**Axonul** este o prelungire unică, lungă (uneori de 1 m) şi mai groasă. Este format dintr-o citoplasmă specializată, numită axoplasmă, în care se găsesc: mitocondrii, vezicule ale reticulului endoplasmatic şi neurofibrile. Membrana ce acoperă axoplasma se numeşte axolemă, cu rol important în propagarea influxului nervos. De-a lungul traseului său, axonul emite colaterale

perpendiculare pe direcţia sa, iar în porţiunea terminală se ramifică; ultimele ramificaţii sunt butonate (butoni terminali) şi conţin mici vezicule pline cu mediator chimic ce înlesneşte transmiterea influxului nervos la nivelul sinapselor. Butonul mai conţine neurofibrile şi mitocondrii. Axonul conduce influxul nervos celulifug (centrifug).

Peste axolemă se găsesc, la majoritatea neuronilor, trei teci:

- Teaca de mielină, formată din lipide şi proteine, învelește ca un manşon fasciculul de neurofibrile. Ea este întreruptă la intervale de 80 - 600 μ, aceste întreruperi numindu-se nodurile sau strangulaţiile lui Ranvier, care individualizează o serie de segmente – segmente internodale, de lungimi egale pe fibre de acelaşi diametru. Teaca de mielină conferă culoarea albă a maselor de fibre nervoase concentrate în sistemul nervos central (encefal, măduva spinării). Axonii neuronilor postganglionari din sistemul nervos vegetativ nu au teacă de mielină, fibrele numindu-se amielinice (fibre Remack). De asemenea, nu au teacă de mielină nici fibrele din sistemul somatic care sunt subţiri (diametru sub 1 μ) şi au viteze mici de conducere.
- Teaca Schwann se dispune în jurul tecii de mielină, fiind formată din celule gliale (nevroglii). Fiecărui segment nodal de mielină dintre două strangulaţii Ranvier îi corespunde o singură celulă Schwann. Nucleul acestor celule este situat la mijlocul segmentului; citoplasma, în cantitate redusă, conţine mitocondrii, un aparat Golgi şi granule de ribozomi. Celulele Schwann au rol în formarea tecii de mielină. Mielina este constituită din straturi concentrice, generate de membranele celulelor Schwann în timpul dezvoltării ţesutului nervos. Are rol de protecţie şi trofic.
- Teaca Henle (teaca endoneurală) separă membrana plasmatică a celulei Schwann de ţesutul conjunctiv din jurul fibrei nervoase. Este o teacă continuă, care, ca şi teaca Schwann, însoţeşte axonul până aproape de ultimele sale ramificaţii. Este formată din substanţă fundamentală şi fibre conjunctive elastice, dispuse în reţea. Are rol în permeabilitate şi rezistenţă.

NEVROGLIA

Celulele nevroglice (gliale) formează cel de-al doilea tip celular al ţesutului nervos. La mamiferele superioare, numărul lor depăşeşte de 10 ori numărul neuronilor. Sunt de origine ectodermică (microglia este singura de origine mezodermică). Forma şi dimensiunile corpului celular pot fi diferite, iar prelungirile variabile ca număr. Au centru celular, deci se divid.

Se descriu mai multe tipuri de nevroglii:

- Astrocitul este caracteristic substanţei cenuşii şi este situat în jurul corpului neuronului şi în dendrite. Corpul astrocitului emite prelungiri sinuoase scurte, dintre care unele cu extremitate liberă, lăţită (picioruş vascular). Acestea iau contact cu capilarele sangvine, cărora le formează o membrană limitantă perivasculară ce separă neuronul de vase. Alte prelungiri ale astrocitului ajung la suprafaţa creierului.
- Oligodendroglia are prelungiri mai puţine, mai scurte şi cu îngroşări punctiforme. Se găseşte în substanţa albă şi cea cenuşie a sistemului nervos. Are rol de sintetizare a tecii mielinice a fibrelor din sistemul nervos central.
- Microglia are dimensiuni mici, iar prelungirile sunt bogat ramificate. Se găseşte în substanţa cenuşie, în jurul neuronilor din SNC. Celula se poate mobiliza. Funcţia ei principală este de fagocitoză.



Celulele tecii Schwann reprezintă nevroglia sistemului nervos periferic. Au rol important în formarea tecii de mielină, fiind implicate în acest proces atât din punct de vedere mecanic, cât şi biochimic. În concluzie, nevrogliile sunt celule care se divid intens (sunt singurele celule ale ţesutului nervos care dau naştere tumorilor din SNC), nu conţin neurofibrile şi nici corpi Nissl. Nevrogliile au rol de suport pentru neuroni, de protecţie, trofic (piciorușul vascular al astrocitului care intervine în trecerea substanţelor de la capilar la neuron), în fenomenele de cicatrizare ale ţesutului nervos (în caz de lezare sau degenerare a unei regiuni din SNC formează o reţea ce înlocuieşte ţesutul nervos), rol fagocitar (microglia), în sinteza tecii de mielină şi în sinteza de ARN şi alte substanţe pe care le cedează neuronului. Nevroglia are şi activitate sinaptică prin conţinutul bogat în colinesterază nespecifică, influenţând spaţiul extracelular din vecinătatea sinapselor şi transmiterea influxului nervos.

## SÂNGELE

Sângele este un fluid care circulă în interiorul sistemului cardiovascular. Împreună cu limfa şi lichidul intercelular, sângele constituie mediul intern al organismului. Între mediul intern şi celule există un schimb permanent de substanţe şi energie; substanţele necesare menţinerii activităţii celulare ($O_2$, glucide, acizi graşi, aminoacizi, vitamine etc.) trec din sânge în celulă, iar produşii nefolositori sau toxici, rezultaţi din procesele catabolice ($CO_2$, acizi nevolatili, uree, acid uric, amoniac etc.), sunt eliminaţi în lichidul extracelular. Conţinutul mediului intern este menţinut constant datorită circulaţiei permanente a sângelui. Acesta aduce substanţele folositoare până la nivelul celulelor, refăcând mereu rezervele metabolice, iar de aici îndepărtează produşii de catabolism pe care-i transportă spre organele de eliminare.

**Volumul sangvin (volemia).** Cantitatea totală de sânge din organism reprezintă 7% din greutatea corpului. Aceasta înseamnă circa 5 litri de sânge pentru un individ de 70 kg. Volemia variază, în condiţii fiziologice, în funcţie de sex (este mai mare la bărbaţi), vârstă (scade cu înaintarea în vârstă), mediul geografic (este mai mare la locuitorii podişurilor înalte). În repaus, o parte din masa sangvină a corpului stagnează în teritorii venoase şi capilarele din ficat, splină şi ţesutul subcutanat. Acesta este **volumul sangvin stagnant** sau de rezervă, în cantitate de 2 litri. Restul de 3 litri îl reprezintă **volumul circulant**. Raportul dintre volumul circulant şi volumul stagnant nu este fix, ci variază în funcţie de condiţiile de existenţă. În cursul efortului fizic sau termoreglator are loc mobilizarea sângelui de rezervă, crescând volumul circulant. Mobilizarea depozitelor de sânge se realizează sub acţiunea SNV simpatic, care determină contracţia musculaturii netede din pereţii vaselor. Astfel, se asigură aprovizionarea optimă cu oxigen şi energie a organelor active.

PROPRIETĂŢILE SÂNGELUI

**Culoarea.** Sângele are culoare roşie. Aceasta se datorează hemoglobinei din eritrocite. Culoarea sângelui poate varia în condiţii fiziologice sau patologie. Sângele recoltat din artere (sânge arterial) este de culoare roşu-deschis (datorită oxihemoglobinei), iar sângele recoltat din vene (sânge venos) are culoare roşu-închis (datorită hemoglobinei reduse). Când cantitatea de hemoglobină din sânge scade, culoarea devine roşu-palid.

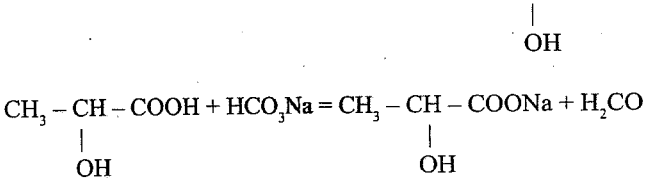
**Densitatea.** Sângele este mai greu decât apa. Densitatea sângelui are valoarea 1055 g/l. Plasma sangvină are o densitate de 1025 g/l. Această proprietate a sângelui depinde de componentele sale şi în special de hematii şi proteine.

**Vâscozitatea.** Valoarea relativă a vâscozității sângelui este 4,5 față de vâscozitatea apei, considerată egală cu 1. Vâscozitatea determină curgerea laminară (în straturi) a sângelui prin vase. Creşterea vâscozității peste anumite valori este un factor de îngreunare a circulației.

**Presiunea osmotică** (P. osm.). În orice soluție, apare o presiune statică suplimentară ce poate fi pusă în evidență separând, printr-o membrană semipermeabilă, solventul de soluția respectivă. Membrana semipermeabilă permite trecerea solventului şi împiedică deplasarea substanței dizolvate de o parte şi de cealaltă a ei. În aceste condiții apare fenomenul de osmoză, ce constă în deplasarea moleculelor solventului prin membrană spre compartimentul ocupat de soluția respectivă. Valoarea p. osm a lichidelor corpului (mediu intern şi lichidul intracelular) este de aproximativ 300 miliosmoli/l. Exprimată în unități barice, aceasta corespunde unei presiuni de aproximativ 72 atmosfere, deci de 5500 mm Hg. Presiunea osmotică are rol important în schimburile de substanțe dintre capilare şi țesuturi. Presiunea osmotică a substanțelor coloidale (proteinele) se numeşte presiune coloidosmotică şi are valoarea de 28 mm Hg. Proteinele plasmei au rol foarte mare în schimburile capilar-țesut, deoarece presiunea osmotică a sângelui este egală cu cea a lichidului interstițial (intercelular), singura forță care atrage apa din țesuturi spre capilare fiind presiunea coloid-osmotică a proteinelor plasmatice. Un alt rol al presiunii coloid-osmotice se manifestă în procesul de ultrafiltrare glomerulară ce duce la formarea urinei. Soluțiile cu presiuni osmotice egale cu ale mediului intern se numesc izotone, cele cu presiuni osmotice mai mici sunt hipotone, iar cele cu presiuni osmotice mai mari sunt hipertone. O soluție de clorură de sodiu în concentrație de 9 g la 1 l apă distilată are o presiune osmotică de aproximativ 300 mosm ‰, este deci izotonă şi poartă denumirea de ser fiziologic.

**Reacția sângelui** este slab alcalină. Ea se exprimă în unități pH. pH-ul sangvin are valoarea cuprinsă între 7,38 - 7,42, fiind menținut prin mecanisme fizico-chimice (sistemele tampon) şi biologice (plămân, rinichi, hematie etc.). Sistemele tampon intervin prompt în neutralizarea acizilor sau bazelor apărute în exces în mediul intern. Ele se consumă în timpul neutralizării. Mecanismele biologice intervin mai tardiv şi duc atât la îndepărtarea acizilor sau bazelor, cât şi la refacerea sistemelor tampon.

Un sistem tampon antiacid este un cuplu de două substanțe format dintr-un acid slab şi sarea acestuia cu o bază puternică (ex. cuplul $H_2CO_3 + HCO_3Na$). Dacă în mediul intern apar acizi în exces, spre exemplu acid lactic ($CH_3$–CH–COOH), are loc reacția:



Lactatul de sodiu este o sare neutră, deci nu acidifică mediul; acidul lactic a dispărut şi în locul lui se formează un acid slab, acidul carbonic, care se descompune în $CO_2$ şi $H_2O$, iar $CO_2$ se elimină prin plămâni. În acest mod, prin cooperarea dintre mecanismele fizico-chimice şi cele biologice se menține stabil pH-ul sangvin. În organism există numeroase sisteme tampon, repartizate unele în plasmă, altele în hematii şi alte celule ale corpului.

**Temperatura.** La om şi la animalele cu sânge cald (homeoterme), temperatura sângelui variază între 35°C (în sângele din vasele pielii) şi 39°C (în sângele din organele abdominale). Deplasarea continuă a sângelui prin organism contribuie la uniformizarea temperaturii corpului



şi ajută la transportul căldurii din viscere spre tegumente, unde are loc eliminarea acesteia prin iradiere. Sângele astfel "răcit" se reîntoarce la organele profunde, unde se încarcă cu căldură şi aşa mai departe.

## COMPONENTELE SÂNGELUI

Sângele tratat cu oxalat de sodiu 1% nu mai coagulează.

Prin centrifugarea unei eprubete cu sânge incoagulabil timp de 15', la 3000 t/minut, se produce separarea sângelui în două componente:

- Elementele figurate ale sângelui, situate la fundul eprubetei, se prezintă ca un lichid foarte vâscos, de culoare roşie-închisă;
- Plasma sangvină, situată deasupra, este un lichid mai puțin vâscos, transparent, de culoare galben-citrin.

### Elementele figurate ale sângelui

Reprezintă 45% din volumul sangvin. Această valoare poartă numele de hematocrit sau volum globular procentual. Hematocritul variază cu sexul (mai mic la femei), cu vârsta (scade cu vârsta) sau în funcție de factorii de mediu ambiant (căldura provocând transpirație duce la scăderea apei din sânge şi creşterea valorilor hematocritului) etc.

Prin examenul microscopic al sângelui se observă trei tipuri de elemente figurate:

- globulele roşii (hematii sau eritrocite);
- globulele albe (leucocitele);
- plachetele sangvine (trombocitele).

Pentru a studia elementele figurate se face un frotiu de sânge proaspăt. Se dezinfectează cu alcool pulpa degetului arătător şi se înțeapă cu un ac sterilizat. În momentul când apare o picătură de sânge, aceasta se aplică pe o lamă şi se întinde în strat subțire cu o lamelă de sticlă. După uscare, frotiul se examinează la microscop. Frotiul poate fi conservat prin fixare în amestec de alcool-eter, în părți egale.

***Hematopoieza*** este procesul de reînnoire continuă a elementelor figurate ale sângelui. Există câte o cale separată pentru fiecare din cele trei tipuri celulare principale (eritropoieza pentru eritrocite, leucopoieza pentru leucocite şi trombocitopoieza pentru trombocite), iar la leucocite se descriu căi separate pentru granulocite (granulocitopoieza) şi pentru limfocite (limfopoieza).

Toate celulele sangvine au o origine comună: celula stem pluripotentă din măduva osoasă (celulă hematoformatoare primitivă) (fig. 7).

**ERITROCITELE** (hematiile). Sunt celule fără nucleu, bogate în hemoglobină, o proteină de culoare roşie, cu un rol în transportul $O_2$ şi $CO_2$. Numărul lor este considerabil: un $mm^3$ de sânge conține 4 500 000 hematii la femeie şi 5 000 000 la bărbat. La copilul mic, numărul eritrocitelor este mai mare (5 500 000–6 000 000/$mm^3$), iar la locuitorii podişurilor înalte se înregistrează cifre de 8 000 000 globule roşii la 1 $mm^3$. Numărul hematiilor poate creşte temporar prin golirea rezervelor de sânge (mai bogate în hematii decât sângele circulant). Creşteri de lungă durată sunt poliglobulia de altitudine şi poliglobulia unor bolnavi de plămâni sau cu defecte congenitale ale inimii. Scăderea numărului este consecința unei distrugeri exagerate sau a unei eritropoieze deficitare.

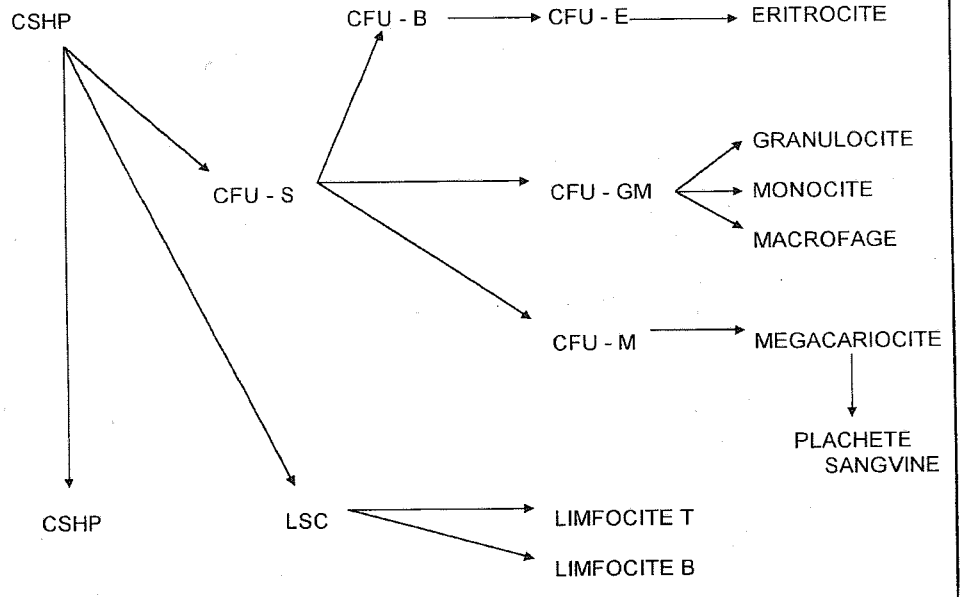



**Fig. 7. Hematopoieza**

Forma şi structura hematiilor reprezintă adaptări morfologice la funcţia de transport a gazelor. Privite din faţă, hematiile apar ca discuri rotunde sau uşor ovalare cu centrul de culoare mai deschisă şi periferia mai intens colorată galben-auriu. Acest aspect se datoreşte variaţiei grosimii hematiei, care la centru măsoară 1,5, iar la periferie 2,5 μ. Din această cauză, privită din profil, hematia se prezintă ca o halteră, imagine ce sugerează forma de disc biconcav a eritrocitului.

Lipsa nucleului permite o mai mare încărcare cu hemoglobină. Suprafaţa totală a hematiilor este de 4000 $m^2$ (de 2000 ori mai mare ca suprafaţa corpului). Datorită formei lor, pot fi deformate cu uşurinţă.

Diametrul mediu al unei hematii este de 7,5 μ. Pot fi întâlnite şi hematii cu diametre mai mici de 7 μ (microcite) sau mai mari de 8 μ (macrocite).



În structura hematiei se distinge o membrană lipoproteică, cu încărcătură electrică negativă la exterior şi permeabilitate selectivă (foarte permeabilă pentru apă şi anionii $Cl^-$ şi $HCO_3^-$, slab permeabilă faţă de cationii $Na^+$, $K^+$ etc.). În compoziţia chimică a membranei se găsesc enzime ce favorizează transportul activ al substanţelor. În interiorul hematiei se află o cantitate mare de hemoglobină (Hb). Hematia nu conţine organite celulare, nu este capabilă de sinteză proteică, iar metabolismul său este foarte redus şi, ca atare, hematia consumă foarte puţin oxigen.

Dacă suspendăm hematiile într-un mediu apos hipoton (cu o presiune osmotică mai mică decât a plasmei) se produce o "umflare" a lor, urmată de ieşirea Hb în soluţie, fenomen denumit hemoliză osmotică. Hemoglobina este principalul component al hematiei. Este o cromoproteină, alcătuită din două componente: o proteină, numită globină, şi o grupare neproteică, numită hem. Globina este constituită prin asocierea a patru lanţuri polipeptidice. De fiecare lanţ polipeptidic se leagă câte o moleculă de hem. Datorită prezenţei Fe în molecula sa, hemul poate lega labil oxigenul. Reacţia de fixare a $O_2$ la Hb nu este o oxidare propriu-zisă (deoarece ea nu duce la creşterea valenţei Fe), ci o reacţie de oxigenare, de legare reversibilă a unei molecule de oxigen la fierul bivalent. În urma acestei reacţii rezultă oxihemoglobina ($HbO_2$), care reprezintă forma principală de transport a $O_2$ prin sânge. Atunci când este saturată (oxigenată) complet, o moleculă de Hb poate transporta 4 molecule de $O_2$. Un gram de hemoglobină poate transporta 1, 34 ml $O_2$, iar în 100 ml sânge există aproximativ 15 g Hb; astfel, fiecare sută ml de sânge arterial transportă 20 ml $O_2$. În lipsa Hb, capacitatea de transport a sângelui pentru oxigen scade mult; 100 ml plasmă transportă doar 0,2 ml $O_2$.

În afară de forma oxigenată şi de cea redusă, Hb poate da cu oxidul de carbon carboxihemoglobina (CO Hb); aceasta este o combinaţie reversibilă cu CO, dar afinitatea Hb pentru CO este de 200 de ori mai mare decât pentru $O_2$. Sub acţiunea oxidanţilor apare derivatul de Hb cu Fe trivalent, denumit methemoglobină. Aceştia sunt derivaţi patologici ai Hb; ei nu mai îndeplinesc funcţia de transport şi în cazul creşterii concentraţiei lor în sânge peste anumite limite se produce insuficienta oxigenare a ţesutului (asfixie).

Hemoglobina se poate combina şi cu dioxidul de carbon (Hb $CO_2$), compus numit carbohemoglobină sau carbamatul de hemoglobină. Acesta este un compus fiziologic, ce nu afectează funcţia de transport a $O_2$. $HbCO_2$ reprezintă şi una din formele de transport ale $CO_2$ de la ţesuturi la plămâni.

***Eritropoieza***. Hematiile circulante reprezintă doar o etapă din viaţa acestor elemente. Din momentul pătrunderii în circulaţie şi până la dispariţia lor trec aproximativ 120 zile (durata medie de viaţă a eritrocitelor). Deşi trăiesc relativ puţină vreme, numărul lor rămâne constant. Există un echilibru între procesul de distrugere şi cel de formare de noi hematii. Sediul eritropoiezei este în măduva roşie a oaselor, iar sediul distrugerii este sistemul monocito-macrofagic (sistem ubiquitar în organism cu rol în fagocitoză).

Un organism adult are cam 1,5 kg măduvă roşie. Cantitatea variază în funcţie de nevoia de oxigen a organismului. Când aceste nevoi sunt reduse, o parte din măduva roşie intră în repaus, celulele se încarcă cu lipide şi măduva roşie se transformă în măduvă galbenă. Spre bătrâneţe, măduva galbenă suferă un proces de transformare fibroasă şi devine măduvă cenuşie.

Dacă apar condiţii care solicită eritropoieza (efort repetat, viaţă la altitudine) are loc un proces invers, de transformare a măduvei galbene în măduvă roşie şi o sporire corespunzătoare a eritropoiezei. Între măduva roşie şi cea galbenă există tot timpul vieţii un echilibru dinamic, controlat de sistemul reglator neuroendocrin. Măduva cenuşie nu mai poate fi recuperată pentru hematopoieză.

**Reglarea eritropoiezei**. Eritropoieza se reglează prin mecanisme neuroendocrine. Centrii eritropoiezei sunt situaţi în diencefal, iar excitantul principal este scăderea aprovizionării cu oxigen a acestor centri (hipoxia).

Hipoxia acţionează şi la nivelul rinichiului care secretă, în aceste condiţii, un factor eritropoietic. Acesta determină formarea în organism a unui hormon eritropoietic numit eritropoietină, ce acţionează asupra celulei stem unipotente, eritroformatoare, determinând creşterea numărului de hematii. Desfăşurarea normală a eritropoiezei necesită asigurarea cu substanţe nutritive, vitamine (C, $B_6$, $B_2$, acid folic) şi Fe. În cazul unor deficienţe de aprovizionare apare anemia, cu toate că sistemul de reglare a eritropoiezei funcţionează normal.

**Rolul eritrocitelor**. Hematiile joacă două roluri esenţiale pentru organism:

- în transportul $O_2$ şi $CO_2$;
- în menţinerea echilibrului acido-bazic.

**Hemoliza**. Hematiile bătrâne şi uzate sunt distruse prin hemoliză în sistemul monocito-macrofagic din splină ("cimitirul hematiilor"), ficat, ganglioni limfatici şi măduva oaselor.

**LEUCOCITELE.** Globulele albe sunt elemente figurate ale sângelui ce posedă nucleu. Numărul lor este în medie de 5000/mm³. Această valoare poate varia în condiţii fiziologice sau patologice. Creşterea numărului se numeşte leucocitoză, iar scăderea leucopenie. Numărul leucocitelor poate varia în condiţii normale cu 1 - 3 mii de elemente pe mm³. Astfel, la un copil, se întâlnesc 8 - 9 mii leucocite/mm³, iar la bătrâni 3 - 5000. În efortul fizic avem leucocitoză, iar după un repaus prelungit leucopenie. Variaţiile patologice sunt mult mai mari. În bolile infecţioase microbiene, numărul leucocitelor poate creşte până la 15000 - 30000/mm³, iar în unele forme de cancer (leucemii), numărul poate depăşi câteva sute de mii la un milimetru cub, încât sângele capătă o culoare albicioasă (sânge alb).

Forma leucocitelor nu este aceeaşi. Ele nu reprezintă o populaţie celulară omogenă. Există mai multe tipuri, care diferă între ele atât ca origine şi morfologie, cât şi în privinţa rolului în organism. Exprimarea lor procentuală se numeşte formulă leucocitară. În cadrul acestei formule, deosebim leucocite cu nucleu unic - mononucleare - şi leucocite cu nucleu fragmentat, polilobat - polinucleare.

Mononuclearele reprezintă 32%, iar polinuclearele 68% din leucocite. Grupa mononuclearelor cuprinde: limfocitele, care reprezintă 25%, şi monocitele, 7%.

Polinuclearele cuprind trei subgrupe celulare. Aceste celule se mai numesc şi granulocite, după granulaţiile ce se observă în citoplasma lor. În funcţie de afinitatea diferită a granulaţiilor faţă de coloranţi, polinuclearele se împart în:

- polinucleare neutrofile, întâlnite în proporţie de 65%. Granulaţiile acestora se colorează bine cu coloranţi neutri; se mai numesc polimorfonucleare neutrofile (PMN);
- polinuclearele eozinofile, în proporţie de 2,5%, au granulaţii ce se colorează cu coloranţi acizi;
- polinuclearele bazofile, în proporţie de 0,5 %, au granulaţii cu afinitate pentru coloranţii bazici.

Dimensiunile leucocitelor variază între 6 - 8 μ, pentru limfocitul mic, şi 20 μ în diametru, pentru monocite şi neutrofile.

Leucocitele prezintă o structură celulară completă. Au o membrană cu plasticitate remarcabilă. Datorită ei, leucocitele întind prelungiri citoplasmatice (pseudopode), cu ajutorul cărora devin mobile, se pot deplasa în afara vaselor capilare (diapedeză) şi pot îngloba



microbi (microfagocitoză) sau resturi celulare (macrofagocitoză). Granulaţiile polinuclearelor sunt mici saci şi vezicule (lizozomi) pline cu enzime hidrolitice care participă la digestia corpului fagocitat.

Tot în familia leucocitelor se includ şi plasmocitele, celule provenite din limfocite, specializate în producţia de anticorpi.

**Leucopoieza**. Durata vieţii leucocitelor variază foarte mult, de la 1–2 zile pentru polinuclearele neutrofile, până la câţiva ani pentru limfocitele dependente de timus (limfocite T). Sediul leucopoiezei este diferit, în raport cu sistemul celular de care aparţine leucocitul. Astfel, granulocitele şi monocitele sunt produse la nivelul măduvei roşii a oaselor, în timp ce limfopoieza are loc în splină, timus, ganglionii limfatici, plăcile Payer din jejun-ileon.

***Granulocitopoieza*** porneşte tot de la celula stem pluripotentă care se află şi la originea hematiilor. Din aceasta se diferenţiază celula stem unipotentă. Prin procese de diferenţiere şi multiplicare se formează granulocitele şi monocitele mature.

***Limfopoieza***. Limfocitele derivă din celula stem limfoformatoare, cu sediul în măduva roşie hematogenă. Organismul produce două tipuri de limfocite: limfocitele "T", sau timodependente, şi limfocitele "B", sau bursodependente. Primele se dezvoltă sub influenţa timusului, iar ultimele sub influenţa unor structuri echivalente cu bursa lui Fabricius de la păsări (măduva osoasă). La adult, măduva roşie produce limfocite B, iar ganglionii limfatici şi splina produc ambele tipuri.

**Reglarea leucopoiezei** se face prin mecanisme neuroumorale complexe. Centrii leucopoiezei sunt situaţi în hipotalamus. Activitatea acestor centri se intensifică atunci când în sânge creşte concentraţia acizilor nucleici rezultaţi din distrugerea leucocitelor bătrâne. În cazul pătrunderii în organism a unor agenţi patogeni are loc, de asemenea, o stimulare prin antigene a leucopoiezei, urmată de creşterea peste normal a leucocitelor, fenomen numit leucocitoză.

Leucopoieza medulară se poate intensifica atât sub influenţa stimulilor nervoşi plecaţi de la centrii de reglare, cât şi a unor substanţe chimice numite leucopoietine. Creşterea numărului de leucocite circulante poate avea loc şi fără o creştere prealabilă a leucopoiezei, numai prin mobilizarea rezervorului medular de leucocite. Acest mecanism asigură un răspuns precoce al organismului faţă de invazia agenţilor străini.

**Rolul leucocitelor** este complex şi diferit, după tipul lor. Principala funcţie a leucocitelor constă în participarea acestora la reacţia de apărare a organismului.

Polinuclearele neutrofile au rol în fagocitoza agenţilor patogeni. Datorită vitezei de diapedeză şi deplasării rapide prin pseudopode, polinuclearele nu stau în sânge mai mult de câteva ore. Ele ajung primele la locul infecţiei, unde fagocitează microbii, distrugându-i. Datorită acestei acţiuni, polinuclearele se mai numesc şi microfage. Numărul lor creşte mult în infecţii acute.

Ieşirea leucocitelor din vas este favorizată de încetinirea curgerii la nivelul focarului inflamator (datorită vasodilataţiei), precum şi alipirii acestora de endoteliul capilar, fenomen denumit marginaţie. Marginaţia, diapedeza şi deplasarea prin pseudopode a leucocitelor spre focarul inflamator sunt favorizate de atracţia leucocitelor de către unele substanţe locale, fenomen cunoscut sub denumirea de chimiotactism pozitiv. Ajunse în apropierea microbilor, neutrofilele emit pseudopode şi cu ajutorul lor îi înglobează, formând vacuole citoplasmatice, numite fagozomi. Ulterior, lizozomii neutrofilelor se contopesc cu fagozomul.

În interiorul fagolizozomului, microbul este digerat sub acţiunea enzimelor lizozomale. Când leucocitele fagocitează un număr prea mare de microbi, ele suferă efectele toxice ale unor substanţe eliberate de aceştia şi mor. Amestecul de microbi, leucocite moarte şi lichid exudat din vase formează puroiul.

Eozinofilele au rol în reacţiile alergice. Granulaţiile lor conţin histamină. Numărul lor creşte în bolile parazitare şi alergice.

Bazofilele au rol în coagularea sângelui, prin intermediul unei substanţe anticoagulante, numită heparină, conţinută în granulaţii. Tot datorită heparinei, leucocitele bazofile au rol în metabolismul lipidelor, heparina favorizând dizolvarea chilomicronilor şi dispersia lor în particule fine, ce pot fi mai uşor utilizate de către ţesuturi.

Monocitele sunt leucocite capabile de fagocitoză, atât direct, cât şi în urma transformării lor în macrofage, proces ce are loc după ieşirea monocitelor din vase în ţesuturi. Monocitele şi macrofagele formează un singur sistem celular care fagocitează atât microbii, cât şi, mai ales, resturile celulare (leucocite, hematii etc.) şi prin aceasta contribuie la curăţirea şi vindecarea focarului inflamator.

Limfocitele au rol considerabil în reacţia de apărare specifică.

**Clasele de limfocite**. Deşi asemănătoare ca morfologie, limfocitele reprezintă o populaţie celulară cu funcţii individuale foarte diferenţiate. Se descriu două clase principale de limfocite, în raport cu modul în care acestea participă la procesul de imunitate.

- Limfocitele "B", care participă la imunitatea umorală, mediată prin anticorpi.
- Limfocitele "T", care participă la imunitatea prin mecanism celular.

Morfologic, limfocitele "T" şi "B" apar identice atât la microscopul optic, cât şi la cel electronic. Apelativul de "T" sau "B" provine de la iniţialele organelor limfoide centrale în care se petrece "instructajul" diferenţiat al limfocitelor. Există două asemenea organe limfoide centrale: timusul şi bursa limfatică. Instructajul timic sau bursal al limfocitelor are loc în perioada fetală.

Toate limfocitele se dezvoltă dintr-o celulă cap de serie mică, celula stem unipotentă limfopoietică. După formare, o parte din limfocite se fixează în timus, altele în măduva hematogenă (organ omolog cu bursa limfatică, prezentă numai la embrionul de păsări şi absentă la fătul de mamifere). Aici are loc un proces de diferenţiere şi specializare a limfocitelor. În timus se vor forma limfocitele "T" (timodependente), capabile să lupte direct cu antigenele, iar în măduva osoasă se vor forma limfocitele "B" (bursodependente), capabile să lupte indirect cu antigenele prin secreţia de anticorpi specifici. După naştere, limfocitele T şi B migrează din organele limfoide centrale în ganglionii limfatici, unde vor genera limfocitele necesare apărării specifice a organismului.

***Subclasele de limfocite T***. Există mai multe tipuri de limfocite T, cele mai importante fiind:

- limfocite T helper (ajutătoare);
- limfocite T supresoare (inhibitoare);
- limfocite T citotoxice (killer).

**Clonele limfocitare**. În cursul limfopoiezei se diferenţiază zeci de milioane de familii limfocitare, numite clone; fiecare clonă este specializată pentru recunoaşterea unui singur antigen. Corespunzător, s-au specializat tot atâtea tipuri de limfocite T sau B, astfel că la un anumit antigen reacţionează şi se multiplică numai grupul limfocitelor care recunosc antigenul şi îl atacă



direct (limfocitele T) sau fabrică împotriva lui anticorpi specifici (limfocitele B). Un astfel de limfocit ultraspecializat formează, împreună cu descendenţii săi, o clonă celulară imună.

**Markerii limfocitari**. Diferenţa dintre un limfocit T sau B, precum şi dintre clonele limfocitare se află la nivelul membranei acestora. Celula T posedă markeri de suprafaţă ce funcţionează ca receptori şi permit diferenţierea subclaselor de limfocite T şi receptori: celulele T au receptor antigen specific ce funcţionează ca situs pentru recunoaşterea antigenului. Celula B posedă ca markeri de suprafaţă un tip special de imunoglobulină (IgM monomerică) ce funcţionează ca situs pentru recunoaşterea antigenului. Datorită acestor caracteristici, limfocitele reacţionează numai cu antigenele corespunzătoare.

**TROMBOCITELE** sau **plachetele sangvine**. Sunt elemente figurate necelulare ale sângelui. Numărul lor variază între 150 000 - 300 000/mm$^3$. Creşterea numărului trombocitelor peste 500 000/mm$^3$ se numeşte trombocitemie, iar scăderea sub 100 000 trombocitopenie (trombopenie).

Forma trombocitelor este variabilă: triunghiulară, rotundă, eliptică. Mărimea lor este de 3 μ diametru.

În structura trombocitului nu întâlnim decât puţine organite şi incluziuni; trombocitele sunt fragmente citoplasmatice şi nu celule propriu-zise.

**Trombocitopoieza** este procesul de reînnoire a trombocitelor sangvine, care asigură stabilitatea numărului acestora. Sediul acestui proces este măduva hematogenă a oaselor. Celula de origine a plachetelor sangvine este megacariocitul, o celulă cu nucleul mare, polilobat. Durata vieţii trombocitelor este 10 zile.

**Reglarea trombocitopoiezei** se face prin intermediul unor substanţe (trombocitopoietine) care se eliberează atunci când numărul trombocitelor circulante scade. Splina are rol în echilibrul dintre formarea şi distrugerea plachetelor, atât prin secreţia unor substanţe stimulante, cât şi a unor inhibitori ai megacariopoiezei şi trombopoiezei.

**Rolul trombocitelor**: intervin în cursul tuturor timpilor hemostazei, favorizând mecanismele de oprire a sângerării. Funcţiile hemostatice ale trombocitelor sunt îndeplinite datorită proprietăţilor funcţionale specifice acestor elemente, ca:

- adezivitatea – proprietatea trombocitelor de a adera de suprafeţele lezate;
- agregarea – proprietatea trombocitelor de a forma între ele conglomerate;
- metamorfoza vâscoasă – proprietatea trombocitelor de a se autoliza;
- funcţia de eliberare a factorilor trombocitari şi a unor substanţe active (histamină, fosfolipide, trombostenină, serotonină, ADP) transportate de trombocite.

Datorită acestor proprietăţi, trombocitele intervin în timpul vasculo-plachetar al hemostazei (hemostaza primară), aderând la suprafaţa lezată a endoteliului şi formând cheagul alb trombocitar. În timpul 2 al hemostazei (coagularea sângelui), trombocitele participă prin mai mulţi factori, dintre care cel mai important este factorul 3 fosfolipidic plachetar; în timpul 3 al hemostazei (timpul trombodinamic), trombocitele intervin în retracţia cheagului prin proteina enzimă contractilă pe care o eliberează, trombostenina. În cazul unor deficite trombocitare cantitative (trombocitopenii) sau calitative (trombastenii) se produc tulburări ale hemostazei, numite purpure trombocitare.

**Plasma sangvină**

După îndepărtarea elementelor figurate ale sângelui, rămâne un lichid vâscos, gălbui, numit plasmă. Plasma reprezintă 55% din volumul sângelui. Proprietăţile plasmei sunt similare cu ale sângelui, diferă doar valorile şi culoarea (plasma este incoloră). Compoziţia plasmei sangvine este foarte heterogenă.

Proteinelor plasmatice le revin următoarele roluri:

- Albuminele au rol de transport al unor substanţe minerale (Cu, Ca, Fe), hormoni, pigmenţi biliari, precum şi rol în presiunea coloid-osmotică a sângelui. Scăderea albuminelor compromite schimburile de la nivelul capilarelor.
- Globulinele au rol în transportul substanţelor prin sânge, în coagularea acestuia şi contribuie, alături de albumine, la presiunea oncotică. O anumită clasă a gamaglobulinelor, numită clasa imunoglobulineor, reprezintă suportul chimic al anticorpilor.
- Fibrinogenul are rol în coagularea sângelui, prin trecerea sa din starea solubilă într-o reţea insolubilă, numită cheag de fibrină.
- Alte roluri ale proteinelor plasmatice: determinarea vâscozităţii şi densităţii plasmei; reglarea echilibrului acido-bazic (proteinele sunt substanţe amfotere, adică au proprietatea de a se comporta atât ca baze, cât şi ca acizi, în funcţie de pH-ul mediului, jucând rol de sistem tampon).
- Plasma conţine proteine cu roluri specifice în reglarea funcţiilor (hematopoieza, reglarea tensiunii arteriale, apărarea antiinfecţioasă etc.).

Substanţele anorganice din plasmă sunt reprezentate de săruri minerale. Ele se întâlnesc în două forme principale: legate de proteinele plasmei (deci, nedifuzibile) şi libere în plasmă (difuzibile). Activităţile chimice ale anionilor şi cationilor plasmei sunt egale între ele şi reprezintă, în medie, câte 155 mEq/l. Dintre cationi, cei mai importanţi sunt $Na^+$, $K^+$, $Ca^+$, şi $Mg^{++}$, iar dintre anioni $Cl^-$, $CO_3H^-$, $SO_4^-$, $PO_4^-$.

HEMOSTAZA

Hemostaza reprezintă totalitatea mecanismelor care intervin în oprirea sângerării. Ea se desfăşoară în trei timpi: 1. Timpul vasculo-plachetar (hemostaza primară sau temporară). 2. Timpul plasmatic (hemostaza secundară sau coagularea sângelui). 3. Timpul trombodinamic (retracţia cheagului şi fibrinoliza).

**Timpul vasculo-plachetar (hemostaza primară)**

Începe o dată cu lezarea vasului. Prima reacţie constă în vasoconstricţia peretelui acestuia, produsă atât reflex, cât şi sub acţiunea serotoninei. Urmează aderarea trombocitelor la nivelul plăgii, agregarea şi metamorfoza vâscoasă a acestora cu vasul, ducând la oprirea sângerării în 2 - 4 minute. Acest timp se prelungeşte în afecţiuni vasculare sau trombocitare.

**Timpul plasmatic – coagularea sângelui**

Coagularea sângelui este un proces fizico-chimic complex de transformare a sângelui din stare lichidă în stare de gel, prin trecerea fibrinogenului din forma solubilă într-o reţea insolubilă de fibrină. Încă din prima fază a hemostazei are loc eliberarea din trombocite a unor factori de coagulare. Tot în timpul hemostazei primare se produce activarea factorilor plasmatici.



**Factorii coagulării**. La coagulare participă numeroase substanţe. Ele se grupează în următoarele categorii de factori:

- factori plasmatici;
- factori plachetari;
- factori tisulari.

***Factorii plasmatici ai coagulării*** sunt în număr de 13. Ei se notează cu cifre romane. Majoritatea sunt formaţi în ficat.

*Factorul I (F.I.) = fibrinogenul*, proteină care, în procesul coagulării, se transformă în fibrină insolubilă;

*F.II = protrombina*, globulină plasmatică fabricată de ficat în prezenţa vitaminei K. În procesul coagulării se transformă în trombină;

*F.III = tromboplastina* este un complex enzimatic lipoproteic, ce apare în procesul coagulării. Există două tromboplastine: tromboplastina plasmatică sau intrinsecă şi tromboplastina tisulară sau extrinsecă.

*F.IV = ionii de calciu ($Ca^{2+}$)* sunt indispensabili coagulării. Ei intervin în aproape toate fazele coagulării. Blocarea $Ca^{2+}$ cu ajutorul citratului sau oxalatului de sodiu împiedică coagularea.

*Factorii V, VI, VII* accelerează formarea tromboplastinelor.

*F.VIII = factorul antihemofilic A* este o globulină plasmatică, ce intră în componenţa F.III intrinsec. În lipsa acestui factor se produce o boală gravă, numită hemofilia A.

*F.IX = factorul antihemofilic B* are acelaşi rol cu al F.VIII. Lipsa lui provoacă hemofilia B.

*F.X = factorul Stuart-Prower* este principalul component al ambelor tromboplastine.

*F.XI = factorul antihemofilic C* este alt precursor al troboplastinei intrinseci.

*F.XII = factorul de contact (factorul Hageman)* este o proteină plasmatică ce se găseşte sub formă inactivă şi se activează la contactul cu suprafeţele lezate şi cu fibrele de colagen. Acest factor iniţiază coagularea sângelui.

*F.XIII = factorul stabilizator al fibrinei (F.S.F.)* este o proteină care intervine în stabilizarea reţelei de fibrină, făcând-o insolubilă.

***Factorii trombocitari ai coagulării*** se notează cu cifre arabe. Mai importanţi sunt:

*F.3. – factor tromboplastic*, component al tromboplastinei intrinseci;

*F.4. – antiheparina plachetară*, care se opune acţiunii anticoagulante a heparinei;

*F.7. – trombostenina*, proteină cu proprietăţi enzimatice şi contractile, cu rol în retracţia cheagului.

Toţi aceşti factori sunt eliberaţi de trombocite, la începutul hemostazei. În acelaşi timp, trombocitele mai transportă serotonina (*F.5.*).

***Factorul tisular al coagulării*** este reprezentat de o substanţă lipoproteică. În procesul coagulării ea activează factorul VII şi, în prezenţa lui VII activat şi a calciului, determină activarea F.X. În procesul coagulării ea se activează sub influenţa F.VII şi a $Ca^{2+}$ (fig. 8).

**Dinamica procesului de coagulare**. Coagularea sângelui se desfăşoară în trei faze:

- faza I – formarea tromboplastinei are loc pe două căi, extrinsecă şi intrinsecă. Aceasta este faza cea mai laborioasă şi durează cel mai mult, 4 - 8 minute.
- faza a II-a – formarea trombinei durează 10 s; tromboplastina transformă protrombina în trombină.

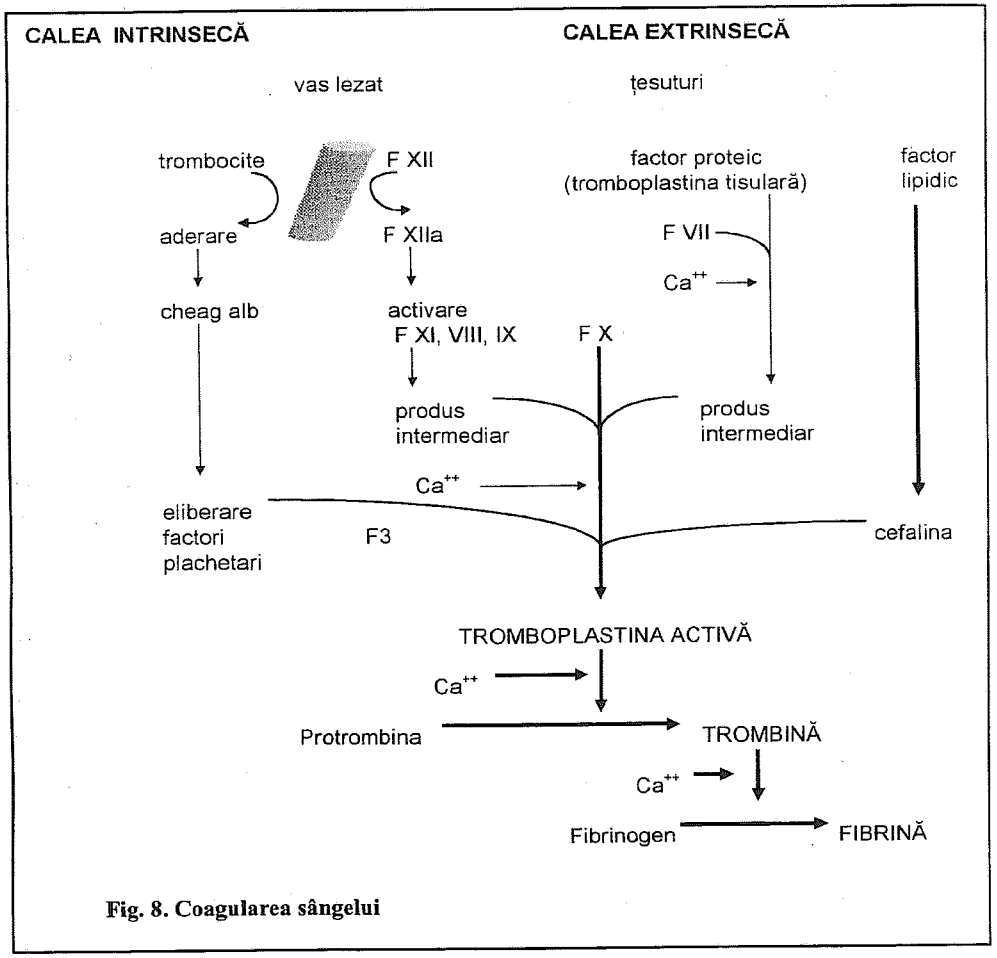



**Fig. 8. Coagularea sângelui**

- faza a III-a – formarea fibrinei durează 1–2 s. Trombina desface, din fibrinogen, nişte monomeri de fibrină, care polimerizează spontan, alcătuind reţeaua de fibrină, ce devine insolubilă sub acţiunea F.XIII. În ochiurile reţelei de fibrină se fixează elementele figurate şi sângerarea se opreşte.

**Timpul trombodinamic al hemostazei**

După coagulare are loc, sub acţiunea trombosteninei plachetare, un proces de retracţie a cheagului. Din cheag este expulzat un lichid gălbui, numit ser. Serul este plasma fără fibrinogen şi protrombină ce s-au consumat în procesul de coagulare. Retracţia cheagului durează 2 - 24 ore. După retracţie, cheagul suferă treptat un proces de dizolvare, numit fibrinoliză. Aceasta se datoreşte unei enzime proteolitice, plasmina (fibrinolizina), activată şi ea în timpul coagulării. Fibrinoliza are drept efect îndepărtarea cheagului şi dezobturarea vasului prin care se poate relua circulaţia. În felul acesta au fost îndepărtate toate consecinţele lezării vasului.



Tulburările hemostazei pot apărea în oricare din cei trei timpi. Aceste tulburări constituie sindromul hemoragipar. Activarea fibrinolizei se produce simultan cu activarea coagulării, prin factori comuni. Astfel, factorii XII şi XI, activaţi, stimulează şi activatorii fibrinolizei. Procesul de coagulare evaluează mai rapid, iar cel de fibrinoliză mai lent. Activatorii fibrinolizei pot fi şi de provenienţă exogenă. Unele veninuri de şarpe sau toxine microbiene produc fibrinoliză.

FUNCŢIA DE APĂRARE A SÂNGELUI

Organismul uman vine permanent în contact cu agenţi patogeni (purtători de antigene) sau cu antigene libere. Antigenul este o substanţă macromoleculară proteică sau polizaharidică străină şi care, pătrunsă în mediul intern, declanşează producţia de către organism a unor substanţe specifice, numite anticorpi, care neutralizează sau distrug antigenul. Anticorpii sunt proteine plasmatice din clasa gamaglobulinelor. Există două tipuri fundamentale de apărare:

1. apărarea nespecifică;
2. apărarea specifică.

**Funcţia de apărare nespecifică** (înnăscută) este o calitate a speciei. Se realizează prin mecanisme celulare (fagocitoza) şi umorale (complementul, interferonii). Apărarea nespecifică este o apărare primitivă, cu eficacitate medie, dar este foarte promptă. La ea participă celule şi substanţe preformate.

**Apărarea specifică** (dobândită) se dezvoltă în urma expunerii la agenţi capabili să inducă un răspuns imun (imunogene). Este de două feluri: **dobândită natural**: a. pasiv, prin transfer transplacentar de anticorpi; b. activ, în urma unei boli; **dobândită artificial**: a. pasiv, prin administrare de antitoxine şi gamaglobuline; b. activ, vaccinare.

Răspunsul imun specific are două componente - răspunsul imun primar şi răspunsul imun secundar (anamnestic) - şi trei caracteristici:

- recunoaşterea structurilor proprii;
- specificitate (capacitatea anticorpilor şi a limfocitelor de a reacţiona numai cu imunogenele omogene);
- memorie imunologică (permite anticorpilor şi limfocitelor sensibilizate să reţină imunogenul omolog şi să reacţioneze cu el mai târziu).

Răspunsurile imune specifice sunt mediate prin două mecanisme interdependente: imunitatea umorală, care implică limfocitele B, şi imunitatea mediată celular (celulară), care implică primar limfocitele T.

La contactul cu antigenul specific, recunoscut de către limfocite datorită receptorilor de pe membrane, are loc activarea şi transformarea lor în limfoblaşti, celule limfocitare tinere care încep să se dividă intens. Se activează numai limfocitele clonei specifice antigenului respectiv. Prin diviziuni succesive, limfoblaştii B se diferenţiază în două populaţii celulare: a. plasmocitele, celule capabile să fabrice intens anticorpi specifici; b. limfocite B, cu memorie, celule ce vor reacţiona mai prompt la un nou contact cu antigenul.

Celulele cu memorie trăiesc ani de zile, asigurând o protecţie îndelungată faţă de boala respectivă. Limfocitele T helper stimulează procesul de activare a limfocitelor B, iar limfocitele T supresoare îl reduc, prevenind răspunsuri imune exagerate. La contactul limfocitelor T cu antigenele de pe suprafaţa celulelor unor organe străine grefate sau al unor celule proprii denaturate sau canceroase are loc, de asemenea, activarea şi transformarea blastică a acestora. Similar cu celulele B, clona limfocitelor T activate se multiplică intens şi se separă în celulele

T de atac sau citotoxice şi celule T "cu memorie". Limfocitele T citotoxice se dispun în jurul celulei sau organului străin şi-l distrug.

Unele limfocite T activate de antigen dobândesc şi proprietăţi secretorii. Ele fabrică şi eliberează în ţesuturi o serie de substanţe active, numite limfokine. Aceste substanţe au rol de stimulare a multiplicării clonei de limfocite T activate (autostimulare) sau de stimulare a granulocito- şi monocitozei, de atragere a polinuclearelor spre focarul de infecţie etc.

La procesul de activare prin antigen a limfocitelor participă şi macrofagele, care fagocitează antigenul, îl prelucrează şi îl prezintă limfocitului într-o formă mai accesibilă. Prin toate aceste mecanisme se asigură neutralizarea sau distrugerea antigenului şi vindecarea organismului, care devine apoi imun faţă de agentul cauzal al bolii respective. Vaccinarea declanşează, în principiu, aceleaşi mecanisme imunitare, cu deosebirea că reacţiile produse în organism sunt mai puţin zgomotoase. Efectul final este identic: dobândirea imunităţii.

## ALTE FUNCŢII ALE SÂNGELUI

Funcţiile sângelui sunt reprezentate de funcţiile componentelor sale, deja descrise. În afară de acestea, sângele îndeplineşte rolul de sistem de integrare şi coordonare umorală a funcţiilor prin hormonii, mediatorii chimici şi cataboliţii pe care-i vehiculează.

De asemenea, sângele are rol de îndepărtare şi transport spre locurile de excreţie a substanţelor toxice şi neutilizabile. Datorită conţinutului său bogat în apă, sângele are rol de termoreglare.

## GRUPELE SANGVINE – TRANSFUZIA

Membrana hematiilor are în structura sa numeroase tipuri de macromolecule polizaharidice şi glicoproteice, cu rol de antigene, numite aglutinogene. În plasmă se găsesc o serie de gamaglobuline cu rol de anticorpi numite aglutinine. Cele mai importante aglutinogene întâlnite la om sunt aglutinogenul zero (0), A, B, iar cele mai frecvent întâlnite aglutinine sunt: a - omoloaga aglutinogenului A; b - omoloaga aglutinogenului B.

Prin excludere reciprocă a aglutininelor şi aglutinogenelor omoloage, în decursul evoluţiei umane s-au constituit mai multe sisteme imunologice sangvine. Cele mai importante în practica medicală curentă sunt:

1. Sistemul OAB
2. Sistemul Rh

### Sistemul OAB

Potrivit regulii excluderii aglutininelor cu aglutinogenul omolog (a cu A şi b cu B) nu pot exista indivizi posesori de aglutinogen şi aglutinină omoloagă. Întâlnirea aglutinogenului cu aglutinina omoloagă duce la conflict imun, antigen-anticorp şi la distrugerea hematiilor. Combinaţiile şi coexistenţele posibile, tolerate imunologic, sunt în număr de patru şi reprezintă cele patru grupe sangvine în care se poate repartiza populaţia globului pe baza sistemului OAB:

- grupa 0 (zero) sau I;
- grupa A sau a II-a;
- grupa B sau a III-a;
- grupa AB sau a IV-a.

**Grupa zero.** Cuprinde toţi indivizii care au pe membrana eritrocitelor (şi a altor celule) aglutinogenul zero. În mod natural, acestui aglutinogen nu-i corespunde o aglutinină antizero. În plasma indivizilor zero pot coexista ambele aglutinine, a şi b.



**Grupa A.** Cuprinde indivizii ce au pe membrana hematiilor aglutinogenul A, iar în plasmă aglutinina b.

**Grupa B.** Cuprinde indivizii cu aglutinogen B pe hematii şi aglutinină a în plasmă.

**Grupa AB.** Cuprinde indivizii care au ambele aglutinogene pe hematii şi nici o aglutinină în plasmă.

Cunoaşterea apartenenţei la una din grupele sangvine are mare importanţă în cazul transfuziilor de sânge. Regula transfuziei cere ca aglutinogenul din sângele donatorului să nu se întâlnească cu aglutininele din plasma primitorului. Potrivit acestei reguli, transfuzia de sânge între grupe diferite se poate face astfel:

Grupa zero poate dona la toate grupele (donator universal), dar nu poate primi decât sânge izogrup (de la grupa zero).

Grupa AB poate primi de la toate grupele (primitor universal). Această regulă este valabilă numai în transfuzii unice şi de cantităţi relativ mici de sânge, până la 500 ml.

În cazul transfuziilor mari şi repetate se recomandă transfuzia izogrup, deoarece există pericolul ca aglutininele donatorului să distrugă hematiile primitorului sau ca indivizii de grup A, B sau AB, în cazul transfuziilor repetate cu hematii zero, să fabrice aglutinine antizero şi la o nouă transfuzie să nu mai tolereze sângele donat.

### Sistemul Rh

S-a constatat că 85% din populaţia globului mai posedă pe eritrocite, în afară de antigenele sistemului OAB, şi un antigen denumit Rh, a cărui sinteză este codificată de perechea de gene alele Dd. Denumirea Rh provine de la maimuţele Rhesus, la care toţi indivizii au acest aglutinogen. Toţi indivizii posesori de antigen Rh sunt consideraţi Rh pozitiv, iar cei 15% care nu posedă antigenul Rh sunt Rh negativ. În mod natural nu există aglutinine omoloage anti-Rh, dar se pot genera fie prin transfuzii repetate de sânge $Rh^+$ la persoane $Rh^-$, fie prin sarcină cu făt $Rh^+$ şi mama $Rh^-$. În ambele situaţii, aparatul imunitar al gazdei reacţionează faţă de aglutinogenul Rh, ca faţă de un antigen oarecare, prin activarea limfocitelor urmată de producerea de anticorpi anti Rh. Aceşti anticorpi vor reacţiona cu aglutinogenele Rh de pe suprafaţa hematiilor şi vor produce hemoliza.

În cazul mamelor Rh negative al căror soţ este Rh pozitiv, datorită caracterului dominant al genei care codifică sinteza aglutinogenului Rh, copiii rezultaţi vor moşteni caracterul Rh pozitiv. Prima sarcină poate evolua normal, deorece, în mod obişnuit, hematiile $Rh^+$ ale fătului nu pot traversa placenta şi deci nu ajung în circulaţia maternă.

La naştere însă, prin rupturile de vase sangvine ce au loc în momentul dezlipirii placentei de uter, o parte din sângele fetal trece la mamă şi stimulează producţia de aglutinine anti Rh. La o nouă sarcină, aceste aglutinine (care pot traversa capilarele placentare) pătrund în circulaţia fetală şi pot distruge hematiile fătului, uneori ducând chiar la moartea acestuia, atunci când aglutininele sunt în concentraţie mare.

# APARATUL LOCOMOTOR

Aparatul locomotor este alcătuit din sistemele care participă, pe de o parte, la susţinerea corpului, iar pe de altă parte la locomoţie sau la deplasarea diferitelor segmente ale acestuia.

În alcătuirea aparatului locomotor intră oasele şi articulaţiile care formează sistemul osteoarticular, cu rol pasiv în mişcare, şi sistemul muscular, format din muşchi reprezentând organe active ale mişcării.

## ANATOMIA SISTEMULUI OSOS

Cuprinde oase, organe dure şi rezistente datorită compoziţiei chimice, cât şi arhitecturii sistemului osos.

După forma lor, oasele se clasifică în:

| Forma oaselor | Exemple |
|---|---|
| 1. **Oase lungi** - predomină lungimea. | Femur, tibie, fibulă, humerus, radius, ulnă. |
| 2. **Oase late** - predomină lăţimea şi înălţimea. | Coxal, omoplat, parietal, frontal, occipital, stern. |
| 3. **Oase scurte** - cele trei dimensiuni sunt aproximativ egale. | Carpiene, tarsiene. |
| 4. **Oase neregulate**. | Vertebre, sfenoid, etmoid, mandibulă. |
| 5. **Oase pneumatice** - conţin cavităţi cu aer. | Frontal, maxilar, etmoid, sfenoid. |

Există şi oase, cum ar fi rotula, care se găsesc în grosimea unui tendon (tendonul cvadricepsului femural). Aceste oase se numesc sesamoide. Există, de asemenea, şi oase alungite, cum ar fi coastele şi clavicula, la care predomină lungimea, dar care nu prezintă diafiză şi epifize, aşa cum au oasele lungi.

Oasele prezintă suprafeţe articulare cu cele vecine, acoperite de un cartilaj articular hialin; de asemenea, prezintă apofize şi tuberozităţi pe care se prind muşchii, cauzate de tracţiunea acestora asupra oaselor, şanţuri şi fosete determinate de presiuni exercitate asupra osului.

### STRUCTURA OSULUI

Prin arhitectura sa, osul este adaptat funcţiei de a rezista la presiune şi tracţiune, supunându-se principiului "cu material puţin, maximum de rezistenţă".

La nivelul corpului oaselor lungi (diafiză) se remarcă, în centru, canalul central, care adăposteşte măduva osoasă, roşie la făt (formează hematii), galbenă la adult (depozit de grăsimi), cenuşie la bătrâni (fără funcţie). În jurul canalului central se află o zonă de ţesut osos compact,



care are în structura sa sisteme hawersiene (osteoane), unităţi morfofuncţionale ale ţesutului osos. În centrul osteonului se află canalul Hawers (vizibil la microscop), care conţine ţesut conjunctiv şi vase de sânge. În jurul canalului Hawers sunt dispuse 5 - 30 lamele osoase concentrice, între care se află cavităţi numite osteoplaste, în interiorul cărora sunt adăpostite osteocitele. În afara ţesutului osos compact se dispune periostul, o membrană conjunctivo-vasculară cu rol în creşterea osului în grosime şi în refacerea ţesutului osos la nivelul fracturilor. Periostul este alcătuit din fibre conjunctive şi este bogat vascularizat şi inervat. La exterior prezintă o pătură fibroasă, iar la interior o pătură osteogenică, cu rol în formarea ţesutului osos. La locul de unire a diafizei cu epifiza, oasele tinere prezintă cartilajul de creştere, responsabil de creşterea în lungime a oaselor, care încetează în jurul vârstei de 20 de ani.

Epifizele au în structura lor ţesut spongios în interior şi ţesut compact la periferie. Ţesutul spongios este format din lamele osoase care se întretaie şi delimitează spaţii numite areole, pline cu măduvă roşie. Areolele sunt echivalentul canalului central din diafiza oaselor lungi. Oasele scurte au la interior ţesut spongios, cu areole, iar la exterior ţesut compact. Oasele late au în interior ţesut spongios, numit diploe, iar la exterior o pătură de ţesut compact. După cum am văzut, în canalul central al diafizei oaselor lungi, ca şi în areolele osului spongios din interiorul oaselor scurte şi late, se află măduvă osoasă. Ea prezintă trei varietăţi: roşie, galbenă şi cenuşie. Măduva roşie are rol hematopoietic; la adult, se află în ţesutul spongios din interiorul oaselor scurte şi late, cât şi în interiorul epifizelor oaselor lungi. Măduva galbenă se găseşte în canalul central din diafizele oaselor lungi ale adultului şi este bogată în ţesut adipos (rol de rezervă). În oasele persoanelor în vârstă există măduvă cenuşie, fără rol funcţional.

### DEZVOLTAREA ŞI CREŞTEREA OASELOR

Dezvoltarea oaselor are loc prin procesul de osteogeneză, care constă în transformarea ţesutului cartilaginos sau conjunctivo-fibros al embrionului şi apoi al fătului în scheletul osos al adultului.

Procesul are loc în două faze:

- faza de osificare primară, în care predomină procesele constructive în urma cărora se realizează osul brut, nefuncţional;
- faza de osificare secundară (de remaniere), în care procesele constructive se realizează concomitent cu cele de distrugere şi care duce la formarea osului funcţional, cu lamelele osoase dispuse pe direcţiile liniilor de forţă. După originea lor (ţesut conjunctiv sau cartilaginos), oasele se pot împărţi în oase de membrană, dezvoltate prin osificare desmală, şi oase de cartilagiu, dezvoltate prin osificare encondrală.

**Osificarea desmală** (de membrană) dă naştere oaselor bolţii cutiei craniene, parţial claviculelor (corpul) şi mandibulei. Această osificare realizează şi creşterea în grosime a oaselor lungi pe seama păturii interne (osteogene) a periostului. În membrana conjunctivă, în nişte zone numite centre de osificare, fibrele colagene se înmulţesc şi se adună în fascicule. Oseina (substanţa preosoasă) secretată de osteoblaste înglobează fibrele colagene. Prin mineralizarea oseinei (impregnarea ei cu săruri fosfo-calcice) sub acţiunea unor enzime, se formează lamelele osoase. Osificarea iradiază de la centru la periferie, repetându-se şi în alte centre de osificare. Prin fuzionarea tuturor centrelor de osificare se formează osul definitiv.

**Osificarea encondrală** dă naştere oaselor membrelor, oaselor scurte şi oaselor bazei craniului; de asemenea, prin acest tip de osificare se realizează creşterea în lungime a osului la nivelul cartilajului de creştere (cartilajul diafizo-epifizar). În modelul cartilaginos al unui os lung apar puncte de osificare, mai întâi în diafiză, ulterior şi în epifize. Aceste puncte se numesc puncte de osificare primitivă. Într-o primă etapă, celulele cartilaginoase se multiplică, se hipertrofiază, după care încep să degenereze, lăsând în locul lor nişte cavităţi. În jurul acestora, în substanţa fundamentală a cartilajului se depun săruri de calciu care formează o serie de linii (travee) directoare.

În etapa următoare, din pericondru, membrana care acoperă modelul cartilaginos, pleacă muguri conjunctivo-vasculari, care pătrund în cavităţi, distrug pereţii acestora şi le transformă în canale pline cu ţesut conjunctivo-vascular, care înaintează progresiv în piesa cartilaginoasă. În ţesutul conjunctiv din canale începe procesul de osteogeneză. Celulele mezenchimale se aşază pe pereţii traveelor, devenind osteoblaşti, care încep să secrete oseina (substanţa preosoasă). Aceasta se impregnează ulterior cu săruri fosfo-calcice, formându-se astfel ţesutul osos primar. La oasele lungi, osteoclastele aduse de mugurii conjunctivo-vasculari distrug osul primar şi formează în partea centrală a diafizei canalul medular. Măduva din interiorul canalului medular se formează tot pe seama acestor muguri conjunctivo-vasculari. În urma remanierii osoase se vor forma sistemele Hawers în diafiză şi ţesutul spongios, în epifize şi în oasele scurte.

Osificarea epifizelor începe mai târziu, după ce ele au ajuns aproape de dimensiunile definitive.

Rămân cartilaginoase, până în jurul vârstei de 20 de ani, doar cartilajele de conjugare (diafizoepifizare sau de creştere). Celulele acestor cartilaje proliferează numai spre diafiză, realizând astfel procesul de creştere a osului (creşterea în grosime este realizată de zona internă, osteogenă, a periostului).

După ce procesul de creştere a încetat, epifizele rămân acoperite cu un strat subţire de cartilaj hialin, numit cartilaj articular. În jurul vârstei de 20 - 25 de ani, când creşterea în lungime a încetat, cartilajele de creştere sunt înlocuite de ţesut osos, iar epifizele se sudează la diafize. Punctele de osificare secundară apar mai târziu în diferite regiuni ale osului, determinând formarea de apofize, tuberozităţi, feţe articulare, creste osoase.

Osteogeneza este un proces general al organismului. Ea se face sub influenţa unor enzime cu rol în calcificare (fosfataze), a unor vitamine (D, C, A), a unor hormoni (hipofizari, tiroidieni, paratiroidieni, sexuali) şi a altor factori metabolici.

## SCHELETUL CAPULUI

Este alcătuit din neurocraniu, care adăposteşte encefalul, şi din viscerocraniu, unde se află segmentele periferice ale organelor de simţ, cât şi primele segmente ale aparatelor respirator şi digestiv (fig. 9).

**Neurocraniul** are forma unui ovoid, cu partea mai voluminoasă situată posterior, prezentând o bază şi o boltă. Oasele bolţii sunt legate între ele prin suturi. Sutura sagitală uneşte cele două oase parietale, sutura coronară uneşte scuama frontalului de oasele parietale, iar sutura lambdoidă uneşte parietalele de scuama occipitalului. Toate aceste suturi sunt dinţate (prezintă



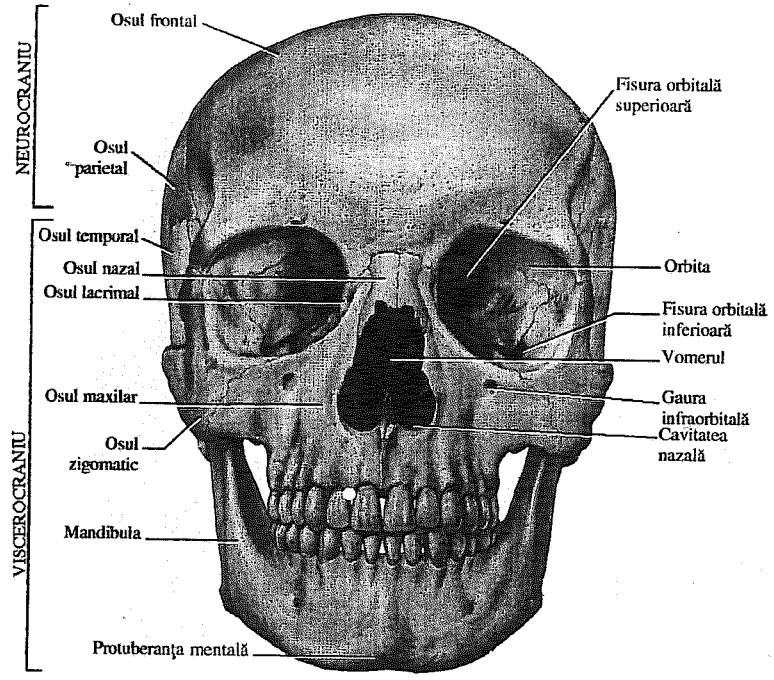



**Fig. 9. Scheletul craniului**

dinţi care se întrepătrund). Parietalele sunt unite la scuama temporalului printr-o sutură solzoasă (marginile oaselor care se articulează se subţiază şi se aplică una peste alta ca solzii de peşte). Baza neurocraniului este formată din porţiunea orbitară a osului frontal, de osul etmoid, de sfenoid, de stânca oaselor temporale şi de osul occipital (fig. 10 şi 11). Baza craniului este prevăzută cu orificii prin care ies nervii cranieni, precum şi vena jugulară internă şi intră o serie de artere (carotida internă, vertebrală, arterele meningee). Unul dintre orificii este mai mare şi se numeşte gaura occipitală. La nivelul acestuia, măduva se continuă cu bulbul, iar meningele spinale cu meningele cerebrale. Tot pe aici intră şi artera vertebrală.

Menţionăm şi alte orificii mari, cum ar fi gaura jugulară prin care ies din craniu nervii glosofaringian, vag şi accesor, cât şi vena jugulară internă, gaura rotundă, prin care iese nervul maxilar, gaura ovală prin care iese nervul mandibular (nervul maxilar şi nervul mandibular sunt ramuri din nervul trigemen), fisura orbitală superioară, prin care intră în orbită nervii oculomotor, trohlear, abducens şi ramura oftalmică a nervului trigemen, precum şi gaura optică, prin care iese din orbită nervul optic şi intră artera oftalmică.

Neurocraniul este alcătuit din patru oase neperechi - frontal, etmoid, sfenoid şi occipital - şi din două oase perechi - temporale şi parietale.

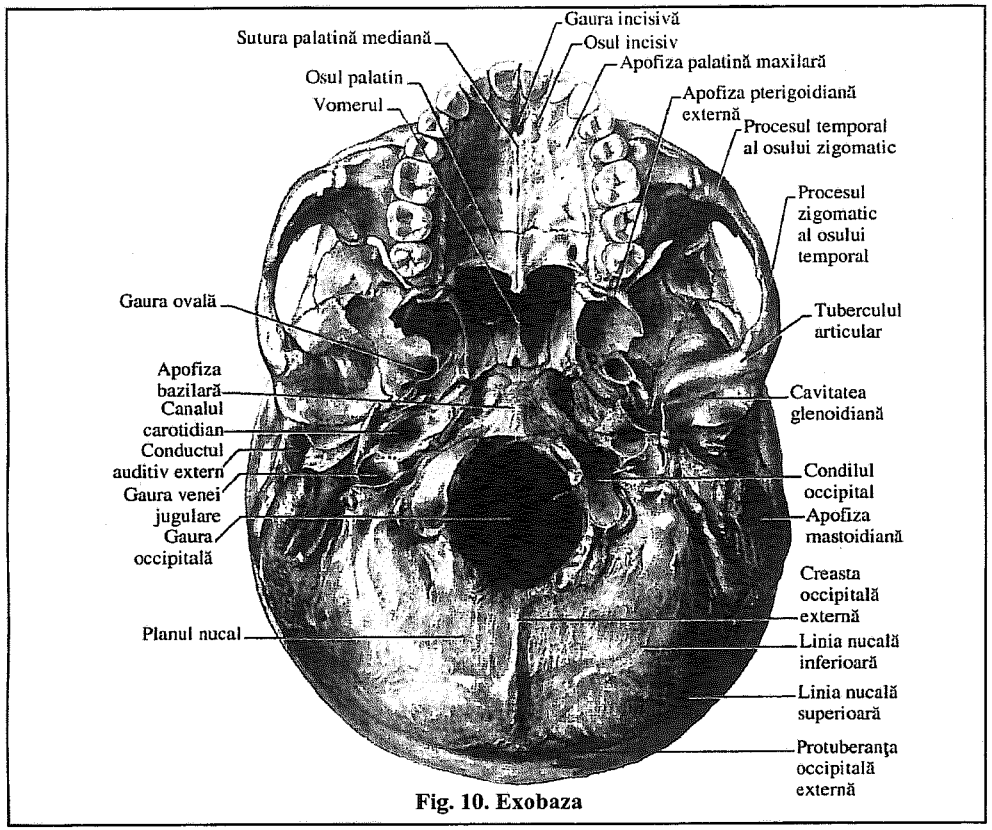



**Fig. 10. Exobaza**

*Neurocraniul*

| Numele osului | Situaţie | Elementele anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **1. Osul frontal** | În partea anterioară a neurocraniului, participând la formarea bolţii şi bazei craniului. | Porţiunea verticală (scuama frontalului) formează fruntea. Prezintă o faţă exocranială şi o faţă endocranială. Porţiunea orizontală formează peretele superior al orbitei. | Pe faţa exocranială, în partea inferioară se află glabela, iar lateral arcurile sprâncenoase, sub care se află marginea supraorbitară a frontalului, prevăzută cu gaura supraorbitară, prin care ies artera şi nervul omonim. Deasupra arcurilor sprâncenoase se văd tuberozităţile frontale.<br>Arcurile sprâncenoase se termină prin procesul zigomatic al frontalului. Pe faţa endocranială, medial, se observă creasta frontală internă, care se continuă în sus cu şanţul sinusului sagital. La întâlnirea porţiunii verticale a frontalului cu porţiunea orizontală se află sinusul frontal. |



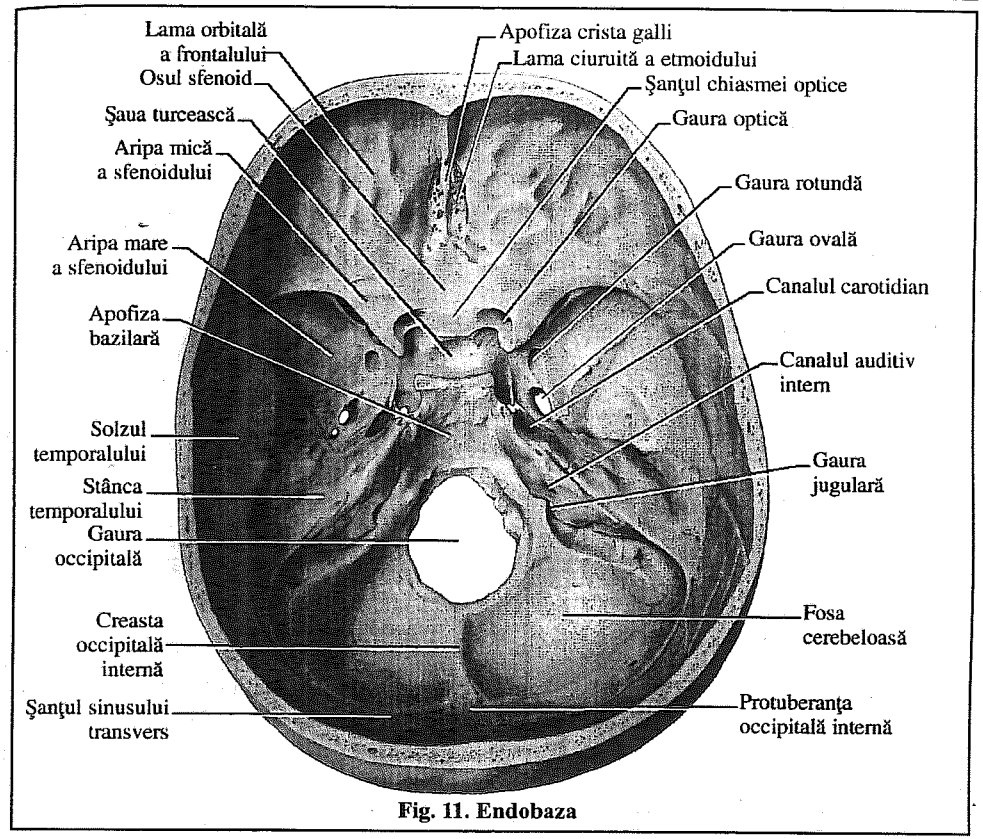



**Fig. 11. Endobaza**

*Neurocraniul - continuare*

| Numele osului | Situaţie | Elementele anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **2. Osul etmoid** (fig. 12) | Înapoia osului frontal. Aparţine bazei craniului şi participă la formarea orbitelor şi a foselor nazale. | Partea orizontală (lama ciuruită). Porţiunea verticală, cu două segmente: superior şi inferior. | Prezintă o serie de orificii prin care trec nervii olfactivi. Segmentul superior este numit crista galli şi oferă inserţia coasei creierului. Segmentul inferior este reprezentat de lama perpendiculară a etmoidului, care se articulează inferior cu vomerul, formând porţiunea osoasă a septului nazal. |
| | | Masele laterale ale etmoidului. | Conţin celule etmoidale şi participă la formarea pereţilor laterali ai foselor nazale şi a pereţilor mediali ai orbitelor. Pe faţa internă se află cornetul nazal superior şi mijlociu, care delimitează meatul superior şi, respectiv, mijlociu. |

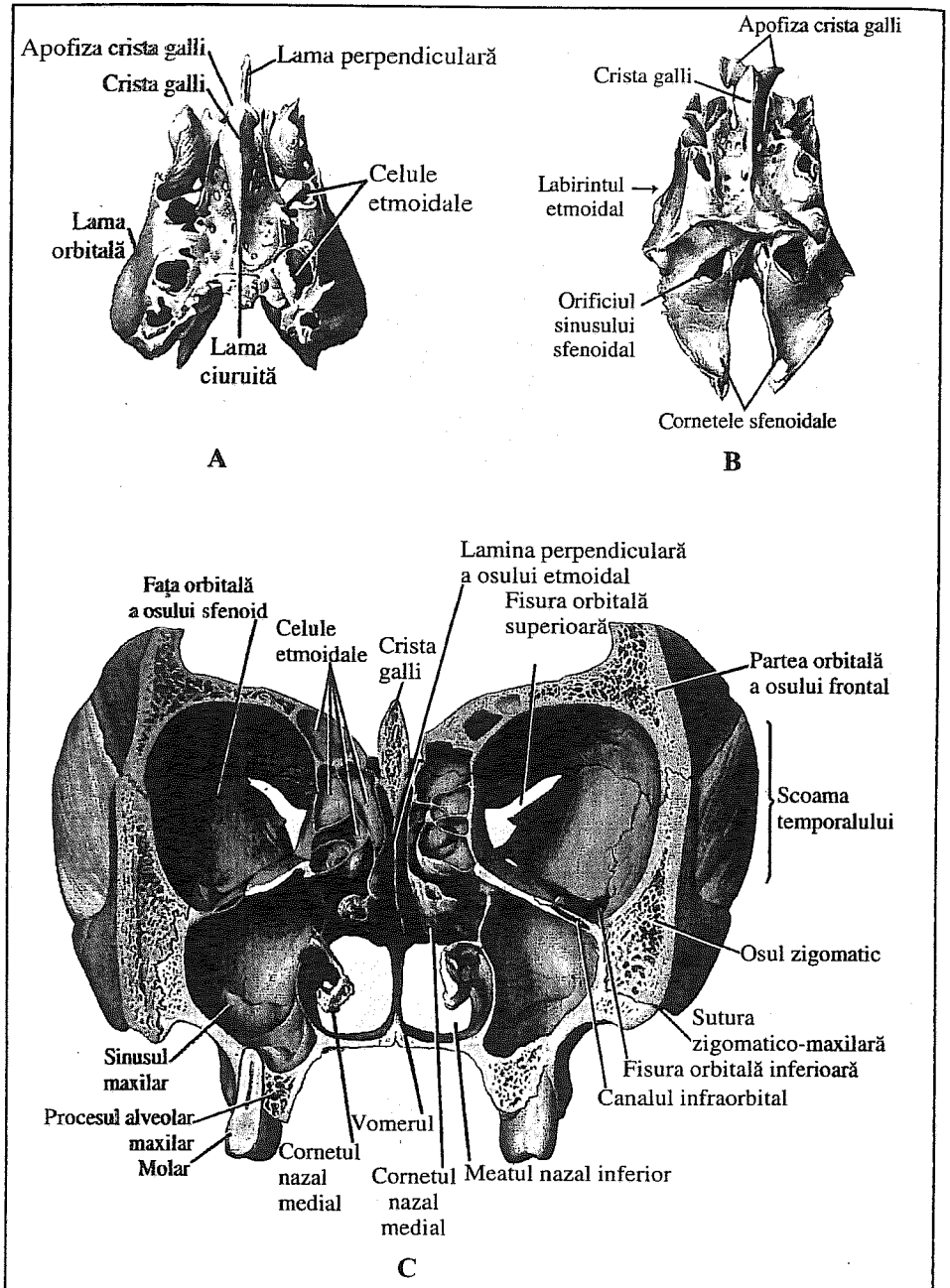



**Fig. 12. Etmoidul. A- lamele orbitale; B- labirintul etmoidal, C- masele laterale etmoidale**



***Neurocraniul*** *- continuare*

| Numele osului | Situație | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **3. Osul sfenoid** (fig. 13) | Înapoia etmoidului și anterior de porțiunea bazilară a occipitalului. Are formă de fluture, cu aripile întinse. | Corpul, situat central, are formă cubică. | Pe fața superioară a corpului se află șaua turcească, iar pe părțile laterale șanțul arterei carotide interne. În corpul sfenoidului se află sinusurile sfenoidale. |
| | | Aripile mici. | Sunt situate lateral de corp și anterior. |
| | | Aripile mari. | Sunt situate înapoia aripilor mici și prezintă, în partea medială, gaura rotundă și ovală. Între aripile mari și mici se află fisura orbitară superioară, iar medial, gaura optică. Între cele două găuri optice se află șanțul optic, care adăpostește chiasma optică. |
| | | Procesul pterigoid. | Se detașează de pe fața inferioară a corpului sfenoidului. Oferă inserție mușchilor pterigoidieni (mediali și laterali). |
| **4. Osul occipital** | Participă la formarea bazei craniului și a bolții craniene. | Apofiza bazilară situată în partea anterioară. | Pe fața endocranială prezintă o adâncitură, numită clivus, în care se află puntea și artera bazilară. Pe fața exocranială prezintă tuberculul faringian. |
| | | Scuama occipitalului. | Pe fața exocranială prezintă creasta occipitală externă, care se termină la protuberanța occipitală externă. Lateral de protuberanța occipitală externă se află linia nucală superioară și inferioară și paralel cu ea, linia nucală inferioară. Pe fața endocranială se observă un șanț longitudinal și unul transvers. |
| | | Masele laterale. | Pe fața exocranială se observă condilii occipitali. Înaintea lor se află canalul nervului hipoglos, prin care părăsește craniul nervul hipoglos, iar înapoi canalul condilian, prin care intră o venă mică ce unește sistemul venos exocranial cu cel endocranial. |
| **5. Oasele temporale** (fig. 14) | | Scuama temporalului. | Pe fața exocranială se prinde mușchiul temporal. De pe fața exocranială pleacă procesul zigomatic, care formează arcada zigomatică cu procesul temporal al osului zigomatic. Sub procesul zigomatic se află fosa mandibulară, care se articulează cu condilul mandibulei, formând articulația temporo-mandibulară. Fața endocranială a scuamei vine în raport cu lobul temporal. |
| | | Stânca temporalului. | Conține urechea medie și internă, canalul carotic și canalul nervului facial. |

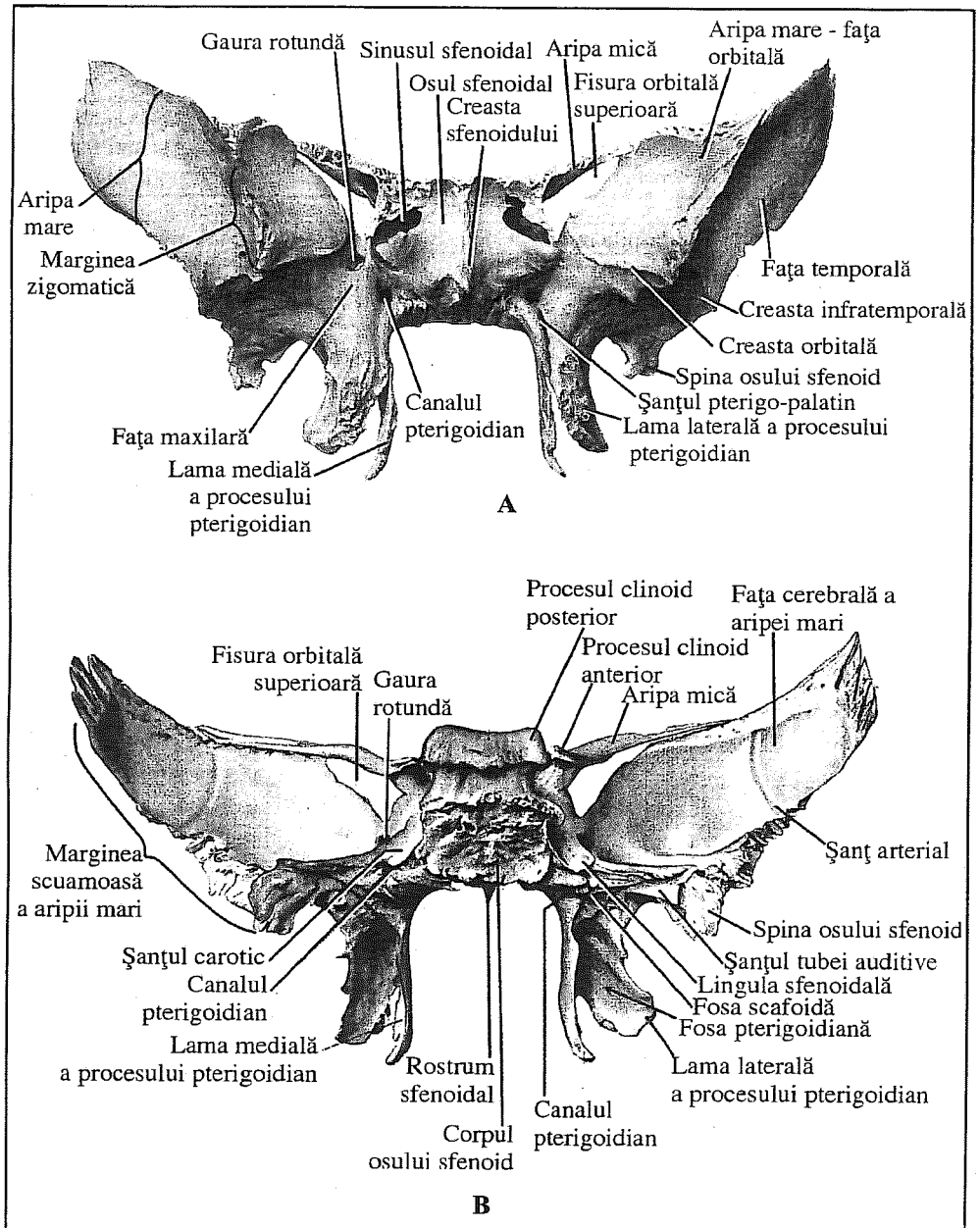



**Fig. 13. Sfenoidul. A- faţa externă, B- faţa orbitală**



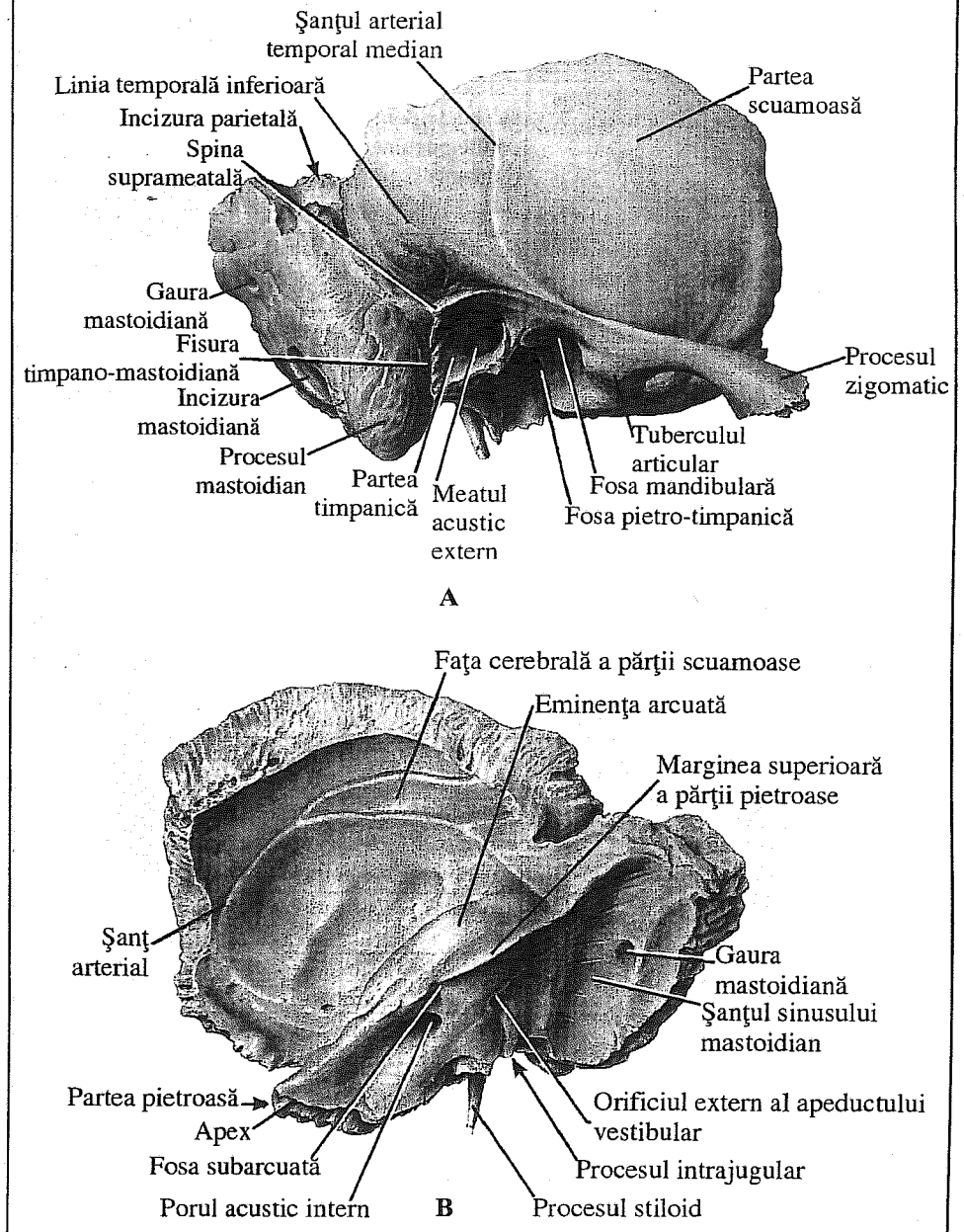



**Fig. 14. Temporalul. A- faţa laterală; B- faţa medială**

*Neurocraniul - continuare*

| Numele osului | Situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **5. Oasele temporale** - continuare (fig. 14) | | Apofiza mastoidă. | Este o proeminenţă pe care se inseră muşchiul sternocleidomastoidian. În interiorul său se află celule pneumatice, dintre care una este mai mare (antrum) şi comunică cu casa timpanului printr-un canal osos, numit aditus ad antrum. |
| | | Procesul stiloid. | Se detaşează de pe faţa inferioară a stâncii. Pe el se prind o serie de muşchi (muşchii stilieni). |
| | | Osul timpanal. | Se dispune în jurul conductului auditiv extern, având forma de "U" majuscul. |
| **6. Oasele parietale** | | | În sus se articulează între ele (sutura sagitală); în jos se articulează cu scuama temporalelor (sutura scuamoasă), anterior cu scuama frontalului (sutura coronară), iar posterior cu scuama occipitalului (sutura lambdoidă). Sunt situate pe părţile laterale ale bolţii craniene şi au o formă patrulateră. |

**Viscerocraniul** este format din 6 oase perechi (maxilare, palatine, nazale, lacrimale, zigomatice şi cornetele nazale inferioare) şi două oase neperechi (vomerul şi mandibula).

***Viscerocraniul***

| Numele osului | Situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **1. Oasele maxilare** | Prin sudare formează maxila; ocupă centrul viscerocraniului. | Corpul osului maxilar este situat în centrul osului. | În interior se află sinusul maxilar. Partea superioară participă la formarea podişului orbitei. |
| | | Apofiza frontală. | Este îndreptată în sus şi se articulează cu osul frontal. |
| | | Apofiza zigomatică. | Este îndreptată în afară, spre osul zigomatic. |
| | | Apofiza alveolară. | Prezintă 16 alveole dentare pentru dinţii superiori. |
| | | Apofiza palatină. | Se uneşte cu lamele orizontale ale osului palatin, formând palatul dur. |
| **2. Oasele palatine** | Situate posterior de oasele maxilare. | Lama verticală. | Participă la formarea peretelui lateral al foselor nazale. |
| | | Lama orizontală. | Se articulează cu apofiza palatină a osului maxilar, formând palatul dur. |
| **3. Oasele nazale** | Sunt situate înaintea apofizei frontale a osului maxilar. | Au formă patrulateră. | Participă la formarea scheletului piramidei nazale. |



*Viscerocraniul - continuare*

| Numele osului | Situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **4. Oasele lacrimale** | Sunt situate înapoia apofizei frontale a osului maxilar. | Au formă patrulateră. | Participă la delimitarea peretelui intern al orbitei. |
| **5. Oasele zigomatice** | Proemină sub pielea obrajilor, formând pometii obrajilor. | Corpul situat central. | Prezintă o faţă anterioară - convexă şi una posterioară - concavă. De la nivelul corpului se detaşează trei procese: frontal, temporal şi maxilar, fiecare spre osul corespunzător. |
| **6. Cornetele nazale inferioare** | Pe peretele lateral al foselor nazale. | Au formă de semilună, cu extremitatea mai voluminoasă situată posterior. | Delimitează meatul inferior în care se deschide canalul lacrimo–nazal. |
| **7. Vomerul** | Os unic, situat sub lama perpendiculară a osului etmoid. | | Participă la formarea porţiunii osoase a septului nazal. |
| **8. Mandibula** | Este singurul os mobil, datorită articulaţiei cu osul temporal (articulaţia temporo-mandibulară). | Corpul are formă de potcoavă. | Pe marginea superioară se află cele 16 alveole ale dinţilor inferiori. Pe linia mediană se află simfiza mentonieră, iar lateral de ea linia oblică a mandibulei, sub care se găseşte gaura mandibulei prin care intră nervul şi artera alveolară inferioară. |
| | | Ramurile mandibulei. | Pe faţa externă se prinde muşchiul maseter, iar pe faţa internă muşchiul pterigoidian medial. Superior, marginea mandibulei prezintă dinainte înapoi procesul coronoid pe care se prinde muşchiul temporal, incizura mandibulei şi condilul mandibulei, care se articulează cu fosa mandibulară a osului temporal. |

**Osul hioid**. Os nepereche, situat în partea antero-superioară a gâtului, deasupra laringelui, face parte din scheletul osteofibros al limbii. Central prezintă un corp, iar lateral se află coarnele mari şi mici. Pe osul hioid se prind muşchii supra- şi infrahioidieni.

## SCHELETUL TRUNCHIULUI

Este format din coloană vertebrală, stern, coaste şi bazin. Bazinul este alcătuit din osul sacru şi cele două oase coxale.

COLOANA VERTEBRALĂ

Reprezintă scheletul axial, fiind situată în partea mediană şi posterioară a corpului. Îndeplineşte un triplu rol, fiind axul de susţinere al corpului, protejând măduva spinării şi participând la executarea diferitelor mişcări ale trunchiului şi capului. Înainte de a analiza caracterele pe regiuni ale diferitelor vertebre, trebuie studiată vertebra tip (vertebra toracală).

Vertebra tip prezintă, în partea sa anterioară, corpul vertebral, iar posterior arcul vertebral, care este legat de corpul vertebral prin doi pediculi vertebrali. Aceştia din urmă, prin suprapunere, delimitează orificiile intervertebrale (de conjugare) prin care ies nervii spinali. Corpul prezintă o circumferinţă, o faţă superioară şi una inferioară, care se articulează cu vertebrele supra- şi subiacente, prin intermediul discului intervertebral, o formaţiune fibrocartilaginoasă având în centru nucleul pulpos. Arcul vertebral prezintă, de asemenea, şi o serie de apofize, dintre care unele sunt musculare, iar altele articulare. Cele musculare se disting în apofiza spinoasă, unică, situată pe linia mediană, şi în apofizele transversale, stângă şi dreaptă. Cele articulare sunt în număr de patru, două superioare şi două inferioare. Ele servesc pentru articulaţii cu apofizele articulare ale vertebrelor supraiacente şi subiacente. Între corpul vertebral, pediculii vertebrali şi arcul vertebral se află orificiul vertebral, care, prin suprapunere, formează canalul vertebral ce adăposteşte măduva.

***Caracterele regionale ale vertebrelor***

| Regiunea | Corpul | Procesele transversale | Procesul spinos | Orificiul vertebral | Vertebre cu aspect particular |
|---|---|---|---|---|---|
| **1. Cervicală (7 vertebre)** (fig. 15) | Diametrul transversal dublu faţă de cel antero-posterior. | Au doi tuberculi: anterior, posterior. Prezintă un orificiu prin care trec artere şi nervul vertebral. | Scurt şi bifurcat. | Triunghiular, cu baza spre înainte (spre corpul vertebrei). | $C_1$ = **atlas**; nu are corp vertebral; prezintă două mase laterale unite printr-un arc anterior şi unul posterior, mai mare. $C_2$ = **axis**; prezintă pe faţa superioară a corpului, o proeminenţă numită dintele axisului. $C_7$ = **vertebră proeminentă**; are un proces spinos lung. |

| Regiunea | Corpul | Procesele transversale | Procesul spinos | Orificiul vertebral | Vertebre cu aspect particular |
|---|---|---|---|---|---|
| **2. Toracală (12 vertebre)** (fig. 16 A, B) | Cilindric, având diametrul transvers egal cu cel anteroposterior. Pe părţile laterale ale vertebrelor $T_2$-$T_9$ se află câte două hemifaţete articulare pentru capul coastelor 2-9. | Prezintă o suprafaţă de articulare cu tuberculul coastei. | Lung şi înclinat în jos pentru a limita extensia. | Rotund. | $T_1$ - prezintă pe corp o faţetă pentru coasta I şi o hemifaţetă pentru coasta a II-a. Vertebra $T_{10}$ are o hemifaţetă pentru coasta X. Vertebrele $T_{11}$ şi $T_{12}$ au faţetele pentru coastele a XI-a şi a XII-a. |



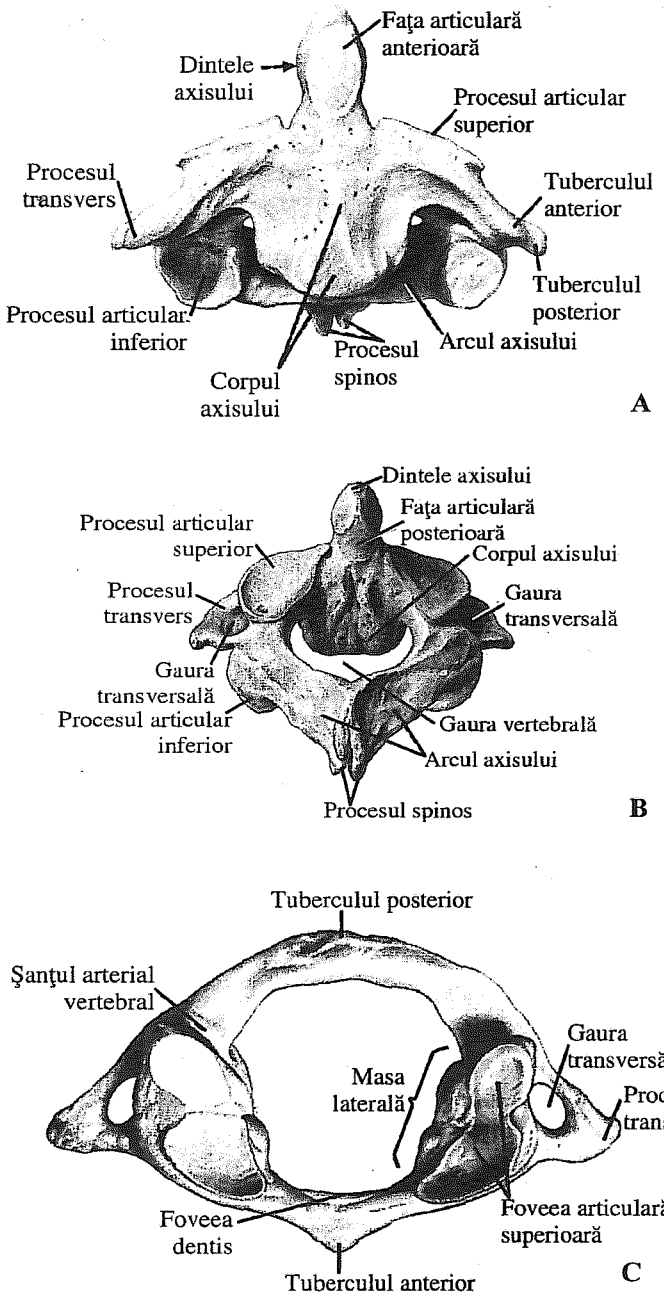



**Fig. 15. Vertebrele cervicale. A şi B- axisul (C2); C- atlasul (C1)**

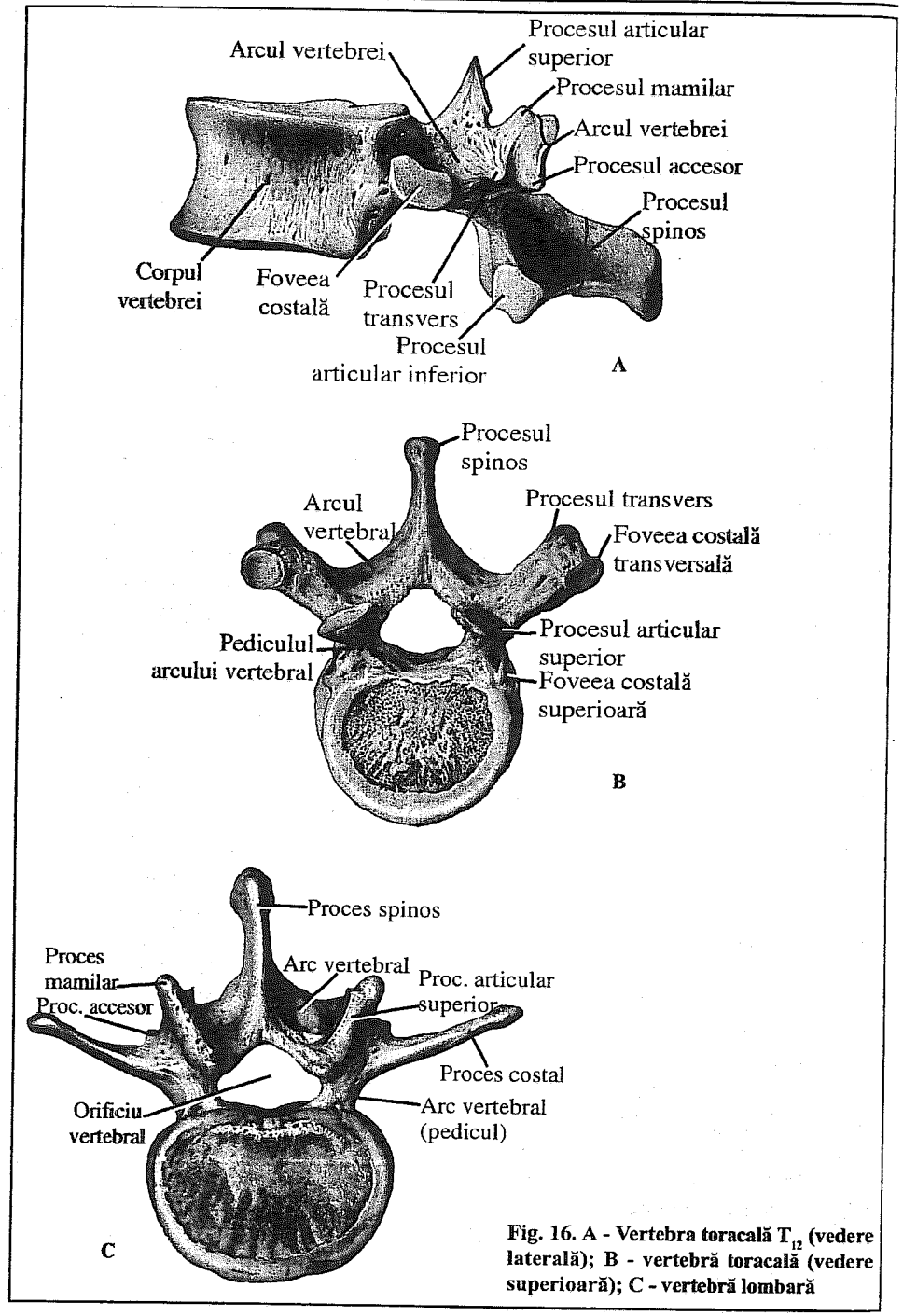



**Fig. 16. A - Vertebra toracală $T_{12}$ (vedere laterală); B - vertebră toracală (vedere superioară); C - vertebră lombară**



*Caracterele regionale ale vertebrelor - continuare*

| Regiunea | Corpul | Procesele transversale | Procesul spinos | Orificiul vertebral | Vertebre cu aspect particular |
|---|---|---|---|---|---|
| **3. Lombară (5 vertebre)** (fig.16 C) | Cel mai voluminos, cu diametrul transvers dublu faţă de cel antero-posterior. | Lipsesc, locul lor fiind luat de procesele costiforme. | Dreptunghiular, bine dezvoltat. | Triunghiular, cu baza spre corp. | Vertebra $L_1$ seamănă cu vertebrele toracale. Vertebra $L_5$ se poate suda de sacru. |

**Osul sacru.** Provine din sudarea celor cinci vertebre sacrale. Osul sacru este un os median, nepereche, de formă triunghiulară, cu baza în sus. Faţa sa anterioară este uşor concavă şi prezintă patru linii transverse, care corespund locului de unire al celor cinci vertebre sacrale (fig. 17 A, B). La extremităţile celor patru linii transverse se află orificiile sacrale anterioare (câte patru), de fiecare parte prin care ies ramurile anterioare ale nervilor sacrali. Pe faţa posterioară convexă se observă o serie de creste, şi anume:

- creasta sacrală mediană, rezultată din unirea proceselor spinoase ale vertebrelor sacrale. Sub această creastă se află orificiul inferior al canalului sacral, numit hiatus sacral, delimitat de coarnele sacrului;
- creasta sacrală intermediară, care rezultă din unirea apofizelor articulare;
- creasta sacrală laterală, care corespunde proceselor transversale. Între creasta sacrală intermediară şi cea laterală se află orificiile sacrale posterioare (câte patru de fiecare parte), prin care ies ramurile posterioare ale nervilor sacrali.

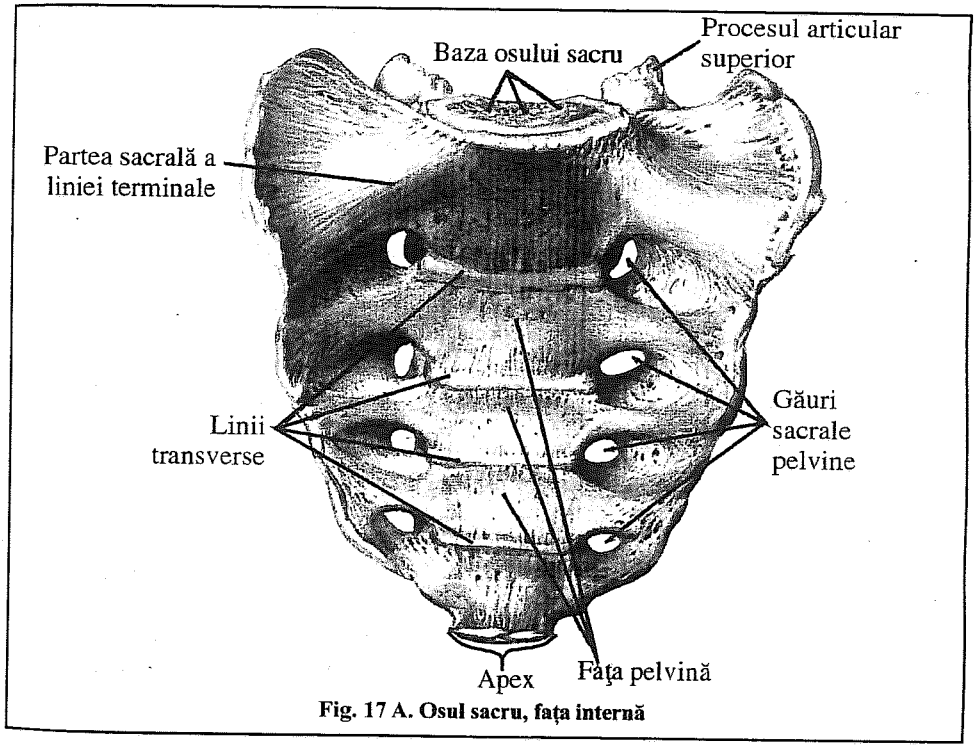



**Fig. 17 A. Osul sacru, faţa internă**

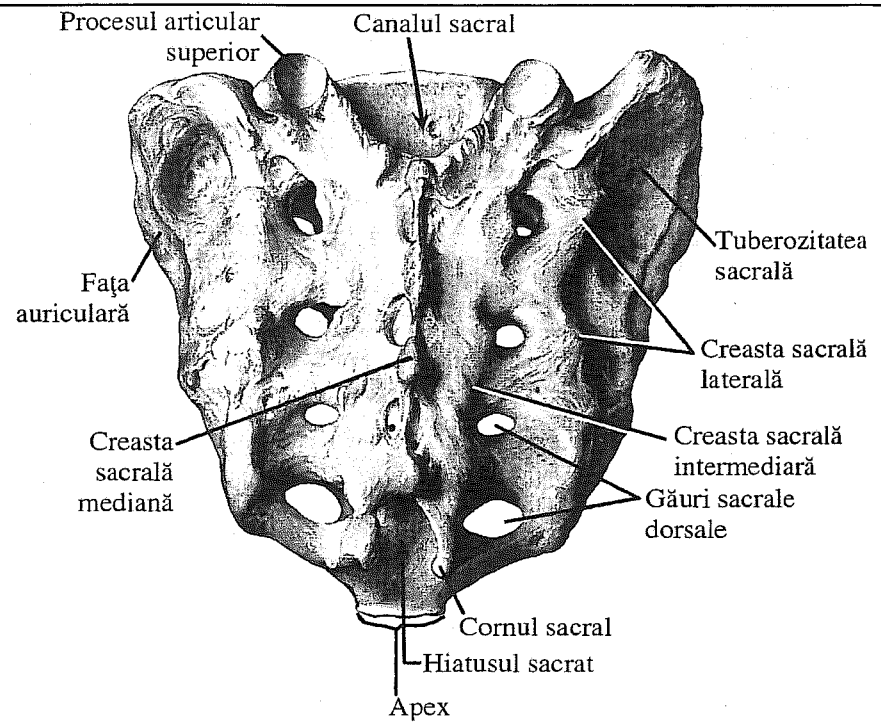



**Fig. 17 B. Osul sacru, faţa externă**

Feţele laterale ale sacrului prezintă, în partea lor superioară, o suprafaţă de articulare pentru osul coxal.

Baza sacrului, orientată superior, prezintă în centru corpul vertebrei $S_1$ care, împreună cu corpul vertebrei $L_5$, formează un unghi numit promontoriu. Lateral, baza sacrului prezintă aripile sacrului. Înapoia corpului vertebrei $S_1$ se află orificiul de intrare în canalul sacral. Vârful sacrului, îndreptat în jos, se uneşte cu baza coccisului.

**Coccigele**. Rezultă din fuzionarea celor 4 - 5 vertebre coccigene şi reprezintă un vestigiu al cozii de la mamifere. Coccigele are formă triunghiulară, cu baza îndreptată în sus spre vârful sacrului, cu care de altfel se şi articulează. La nivelul bazei coccisului se remarcă prezenţa celor două coarne coccigiene, care se articulează cu coarnele sacrale.

Coloana vertebrală nu este rectilinie, ci prezintă curburi atât în plan sagital, cât şi în plan frontal. Curburile din plan sagital sunt numite lordoze, când au concavitatea posterior (regiunea toracală şi sacrală). Lordoza cervicală apare la 3 luni, când copilul începe să ridice capul, cifoza toracală apare la şase luni, când copilul începe să stea în şezut, iar lordoza lombară apare la douăsprezece luni, când copilul începe să meargă. Curburile în plan frontal se numesc scolioze şi pot fi cu convexitatea la stânga (sinistroconvexe) sau la dreapta (dextroconvexe).

În interiorul coloanei vertebrale se află canalul vertebral, format prin suprapunerea găurilor vertebrale.



## SCHELETUL TORACELUI

Toracele osos este format anterior de către stern, posterior de către coloana vertebrală, iar lateral de coaste.

**Sternul** este os lat, situat anterior, pe linia mediană a toracelui. Este format din manubriu, corp şi apendicele xifoid, care rămâne cartilaginos până în jurul vârstei de 40 de ani.

La locul de unire a manubriului cu corpul sternului se află unghiul sternal, în dreptul căruia se află cartilajul coastei II (reper folosit pentru numărarea coastelor prin palpare). Pe marginea superioară a manubriului se află incizura pentru cartilajul coastei I. La unghiul sternal se află incizura cartilajului coastei a II-a. Pe marginile corpului sternal se află incizurile cartilajelor coastelor III - VII.

**Coastele** sunt arcuri osteocartilaginoase, situate în partea laterală a toracelui, întinse de la coloana vertebrală toracală până la stern. Sunt în număr de 12 perechi, fiind formate posterior dintr-un arc osos, iar anterior din cartilajul costal.

Acesta lipseşte la coastele XI şi XII. Arcul osos prezintă o extremitate anterioară. La extremitatea posterioară se descrie capul coastei, care se articulează cu feţele laterale ale vertebrelor toracale (capul coastelor II - IX se articulează cu câte două vertebre, în timp ce capul coastelor I, XI şi XII numai cu o singură vertebră, vertebra corespunzătoare), colul coastei şi tuberculul coastei, care se articulează cu procesul transvers al vertebrelor toracale.

Extremitatea anterioară a arcului osos prezintă o scobitură în care pătrunde cartilajul costal. Corpul coastei prezintă o faţă laterală convexă, o faţă medială concavă, o margine superioară şi una inferioară, în vecinătatea căreia se află şanţul coastei prin care trec vena, artera şi nervul intercostal.

Puncţia în torace se face întotdeauna introducând acul aproape de marginea superioară a coastelor şi niciodată de marginea inferioară a acestora, deoarece putem atinge mănunchiul vasculo-nervos intercostal.

Primele 7 perechi de coaste sunt coaste adevărate, cartilajul lor articulându-se cu sternul. Coastele VIII, IX, X sunt coaste false, deoarece se articulează cu sternul prin intermediul cartilajului coastei VII. Ultimele două coaste nu au cartilaj şi nu ajung la stern. Se numesc coaste flotante (libere).

Posterior, scheletul toracelui este format de către cele 12 vertebre toracale.

Toracele osos are forma unui trunchi de con, cu baza în jos, la acest nivel aflându-se diafragma.

Dimensiunile şi forma variază în funcţie de vârstă, sex (la femei este mai scurt şi are diametrul transvers mai mic), constituţia individuală şi de anumite stări patologice.

Cifoza şi scolioza modifică forma toracelui. În scolioză, cele două jumătăţi ale toracelui nu sunt simetrice. În cifoză este mărit în sens sagital.

## SCHELETUL MEMBRELOR

**Scheletul membrelor superioare** este format din scheletul centurii scapulare şi scheletul membrului superior liber (scheletul braţului, antebraţului şi mâinii). Centura scapulară leagă membrul superior de torace şi este formată din claviculă şi scapulă (omoplat).

**Scheletul membrelor inferioare** cuprinde centura pelviană şi scheletul membrului inferior liber.

*Scheletul centurii scapulare*

| Numele | Formă şi situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **1. Clavicula** (fig. 18) | Os lung, pereche, de forma literei "S", în partea antero-superioară a toracelui. | Extremitatea internă. | Voluminoasă. Se articulează cu incizia claviculară de pe manubriu. |
| | | Extremitatea externă. | Turtită. Se articulează cu acromionul. |
| | | Faţa superioară. | Situată sub piele. Se poate palpa. |
| | | Faţa inferioară. | Priveşte spre prima coastă şi prezintă un şanţ în care se inseră muşchiul subclavicular. |
| | | Marginea anterioară. | Convexă medial, concavă lateral. |
| | | Marginea posterioară. | Convexă lateral, concavă medial. |
| **2. Scapula** (fig. 19 A şi B) | Os lat de formă triunghiulară, cu baza în sus, situat în partea posterioară a toracelui. | Faţa anterioară. | Priveşte spre coaste şi prezintă o adâncitură, numită fosa subscapulară, în care îşi are originea muşchiul subscapular. |
| | | Faţa posterioară. | Prezintă în treimea superioară spina scapulei, care se termină printr-o porţiune lăţită, numită acromion. Deasupra spinei se află fosa supraspinoasă, iar sub spină se găseşte fosa infraspinoasă. |
| | | Marginea superioară a scapulei. | Prezinta o mică scobitură, numită incizura scapulei. Lateral de incizia capsulei se găseşte procesul coracoid pe care se inseră muşchi şi ligamente. |
| | | Marginea laterală. | Este îndreptată spre axilă. |
| | | Marginea medială. | Este îndreptată spre coloana vertebrală. |
| | | Unghiul lateral. | Prezintă cavitatea glenoidă care se articulează cu capul humerusului, formând articulaţia scapulo-humerală. |
| | | Unghiul superomedial. | Oferă inserţie muşchiului ridicător al scapulei. |
| | | Unghiul inferior. | Oferă inserţie câtorva fascicule din marele dorsal. |



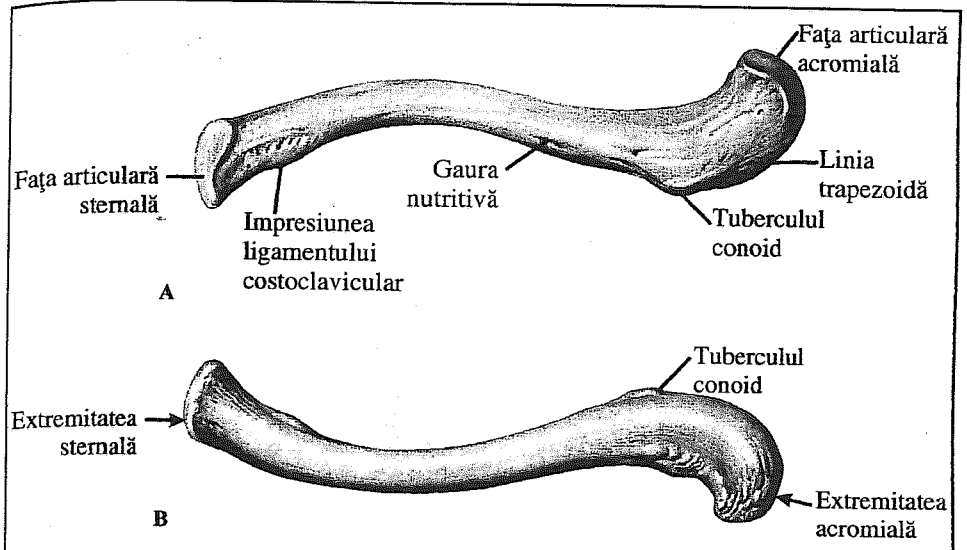



**Fig. 18. Clavicula. A - vedere inferioară; B - vedere superioară**

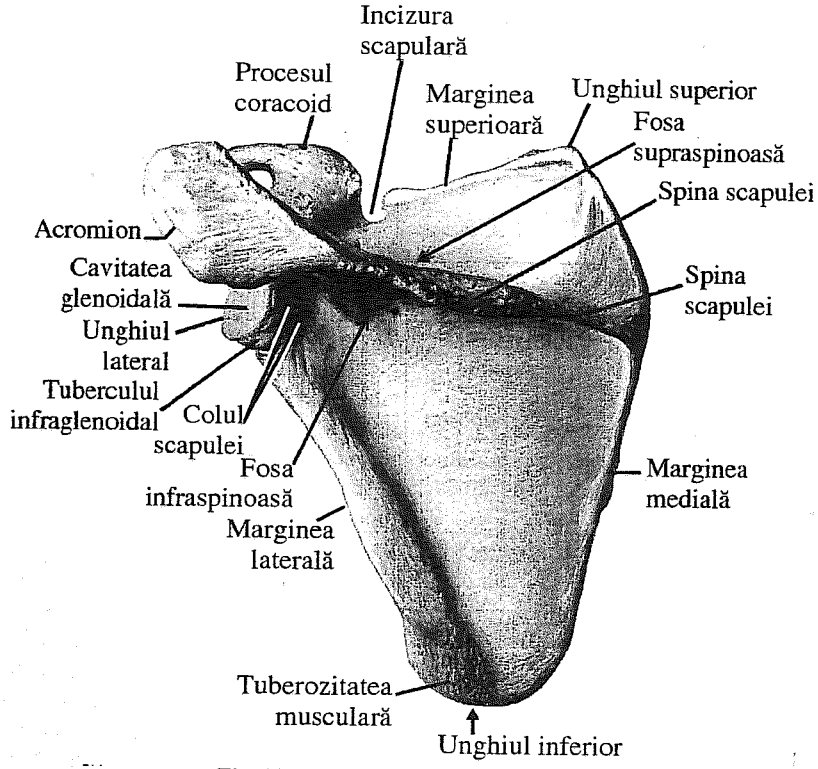



**Fig. 19 A. Scapula, vedere dorsală**

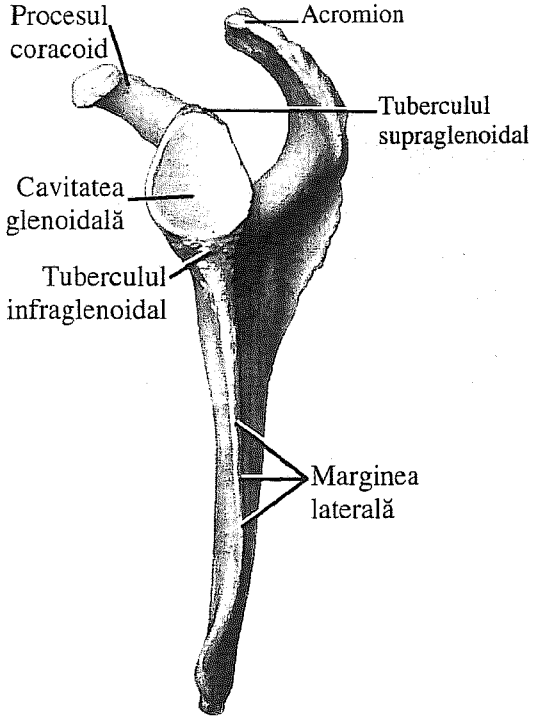



**Fig. 19 B. Scapula, vedere laterală**

***Scheletul membrului superior liber***

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **1. Humerusul** (fig. 20) | Os lung, formează osul braţului. | Epifiza proximală. | Capul humerusului se articulează cu cavitatea glenoidă a scapulei. Marea şi mica tuberozitate oferă inserţii musculare şi se prelungesc în jos cu creasta marei tuberozităţi şi, respectiv, a micii tuberozităţi. Colul anatomic desparte capul humerusului de cele două tuberozităţi. |
| | | Diafiza. | Este cilindrică în partea superioară şi triunghiulară în partea inferioară. Pe faţa posterioară se află şanţul de torsiune al humerusului. |
| | | Epifiza distală. | Prezintă două suprafeţe articulare: una în formă de mosoraş, trohleea humerusului, care se articulează cu ulna, alta sferică, condilul humerusului, care se articulează cu radiusul. Deasupra trohleei se află foseta coronoidă, iar deasupra condilului foseta radială. |



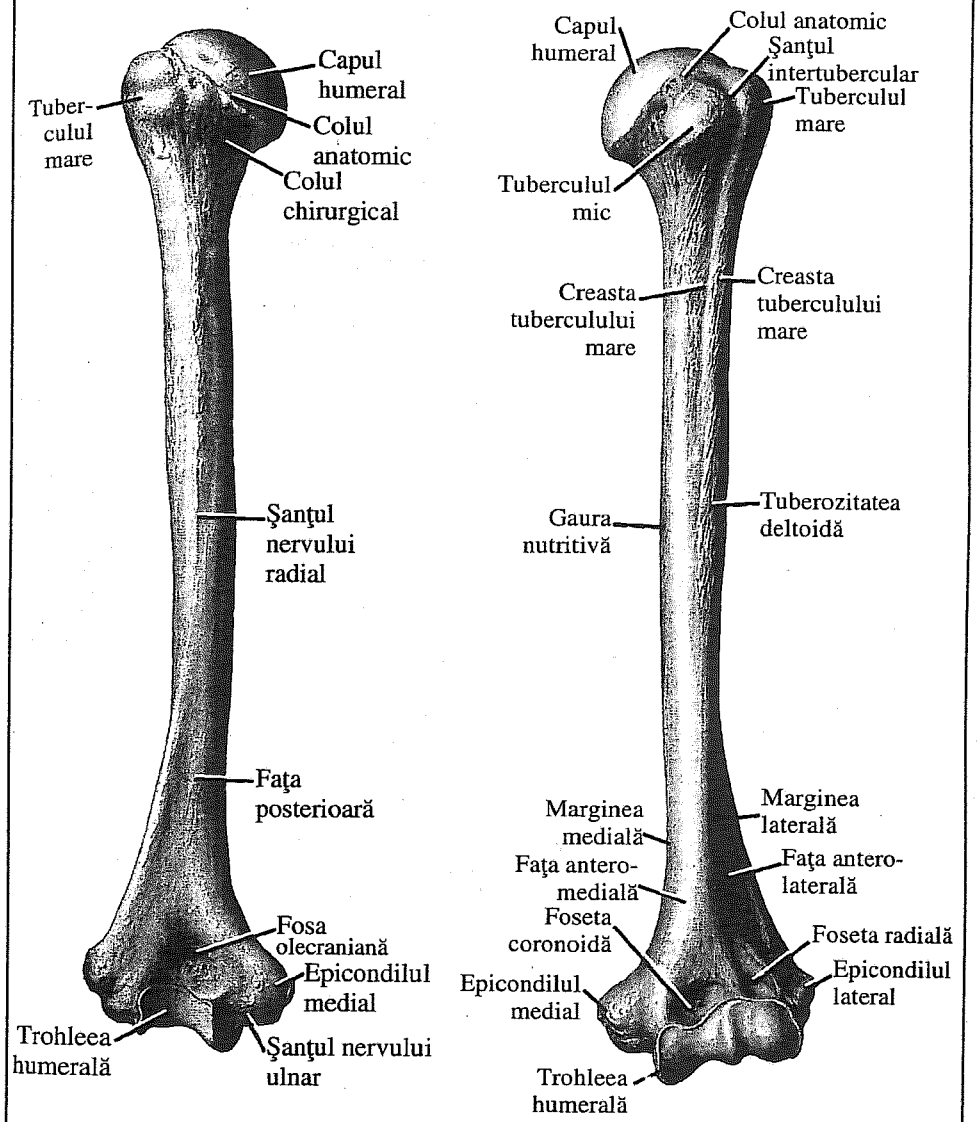



**Fig. 20. Humerus**
**Stânga - vedere anterioară, dreapta - vedere posterioară**

***Scheletul membrului superior liber** - continuare*

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **2. Ulna** (fig. 21) | Este osul fix şi intern al scheletului antebraţului. | Epifiza proximală. | Prezintă o incizură, numită incizura ulnei, care se articulează cu trohleea humerusului. Posterior şi superior de incizura ulnei se află olecranul, iar anterior şi inferior procesul coronoid al ulnei. Pe faţa laterală a epifizei proximale este incizura radială a ulnei, care se articulează cu circumferinţa radiusului. |
| | | Diafiza. | Triunghiulară, prezentând o faţă internă, una anterioară şi una posterioară. |
| | | Epifiza distală | Prezintă capul ulnei, care se articulează cu extremitatea distală a radiusului şi procesul stiloid. |
| **3. Radiusul** (fig. 21) | Este osul mobil şi lateral al antebraţului. | Epifiza proximală. | Prezintă capul, colul şi tuberozitatea radiusului. Capul prezintă superior foseta capului radiusului, care se articulează cu condilul humeral. Sub capul radiusului se remarcă colul, iar inferior tuberozitatea radiusului. |
| | | Diafiza. | Este triunghiulară, prezentând o faţă anterioară, una posterioară şi a treia laterală. |
| | | Epifiza inferioară. | Are aspect de piramidă trunchiată. Medial prezintă incizură ulnară, care articulează cu capul ulnei. Lateral are procesul stiloid. Inferior se articulează cu osul scafoid şi semilunar. |
| **4. Oasele carpiene** (fig. 22) | 8 oase scurte, pe două rânduri. | | În rândul proximal, dinafară spre înăuntru, se află oasele: scafoid, semilunar, piramidal şi pisiform (situat deasupra osului piramidal). În rândul distilat, dinafară spre înăuntru, sunt oasele: trapez, trapezoid, osul mare şi osul cu cârlig. |
| **5. Oasele metacarpiene** (fig. 22) | Sunt în număr de 5, numerotate de la I la V, dinspre lateral spre medial. | Baza. | Se articulează cu oasele din rândul distal. |
| | | Corpul. | Aspect triunghiular. Prezintă o faţă dorsală, una laterală şi a treia medială. |
| | | Capul. | Rotunjit. Se articulează cu baza falangei I (proximală). |
| **6. Oasele degetelor (falangele)** (fig. 22) | Degetele II – V au câte 3 falange: 1 - proximală; 2- medie; 3 - distală. Degetul I are numai două falange. Falanga distală corespunde unghiilor. | Baza. | Concavă. |
| | | Corpul. | Turtit. |
| | | Capul. | Convex. |



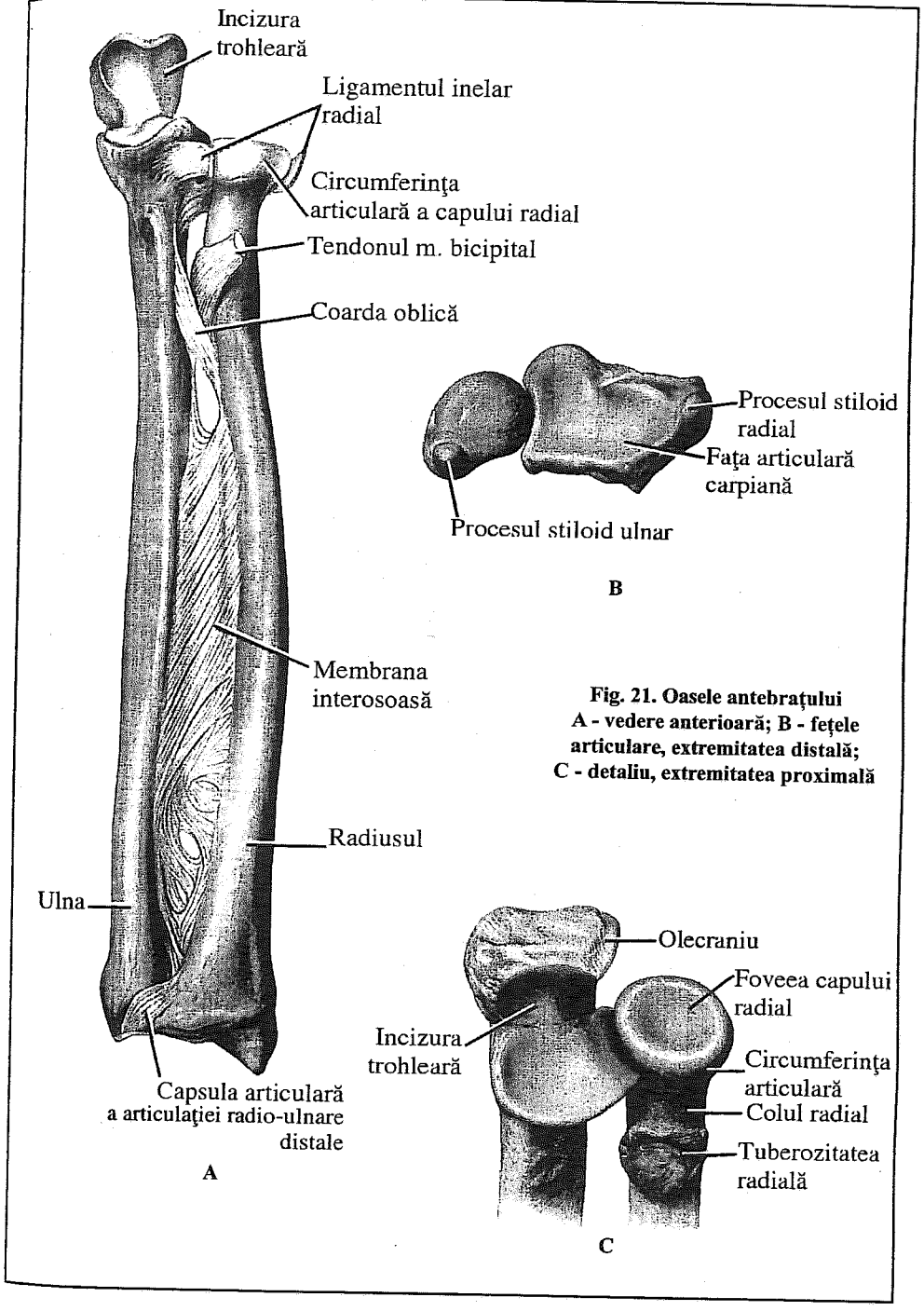



**Fig. 21. Oasele antebraţului**
**A - vedere anterioară; B - feţele articulare, extremitatea distală; C - detaliu, extremitatea proximală**

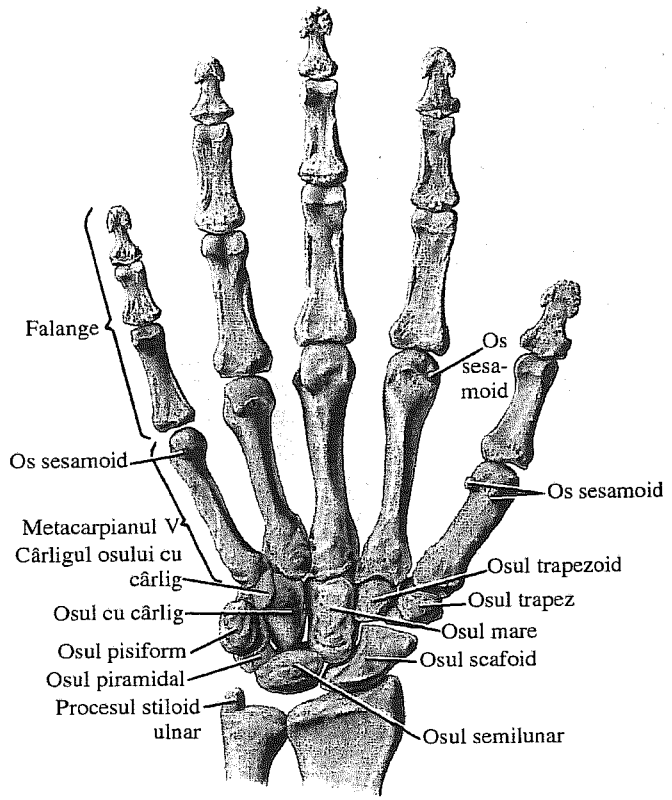



**Fig. 22. Oasele mâinii, vedere externă**

***Scheletul centurii pelviene***

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **Osul coxal**. Format din trei oase: **ileonul**, în partea superioară, **pubele**, anterior, şi **ischionul**, posterior. Se sudează între ele la pubertate. Cele 2 coxale se articulează anterior, formând simfiza pubiană, iar posterior sacrul, formând articulaţia sacroiliacă (fig. 23). | Pe părţile laterale ale bazinului osos. | Faţa laterală. | În centru se află cavitatea acetabulară. Superior de cavitatea acetabulară se află faţa externă a ileonului pe care se află linia fesieră posterioară şi cea anterioară. Între aceste linii îşi au originea cei trei muşchi fesieri. Sub cavitatea acetabulară se află gaura obturată. |
| | | Faţa medială. | Prezintă linia arcuată, îndreptată oblic de sus în jos şi dinapoi înainte. Deasupra liniei arcuate se află fosa iliacă. Sub linia iliacă se află tuberozitatea iliacă, suprafaţa auriculară a osului coxal şi o suprafaţă plană care corespunde cavităţii acetabulare. |



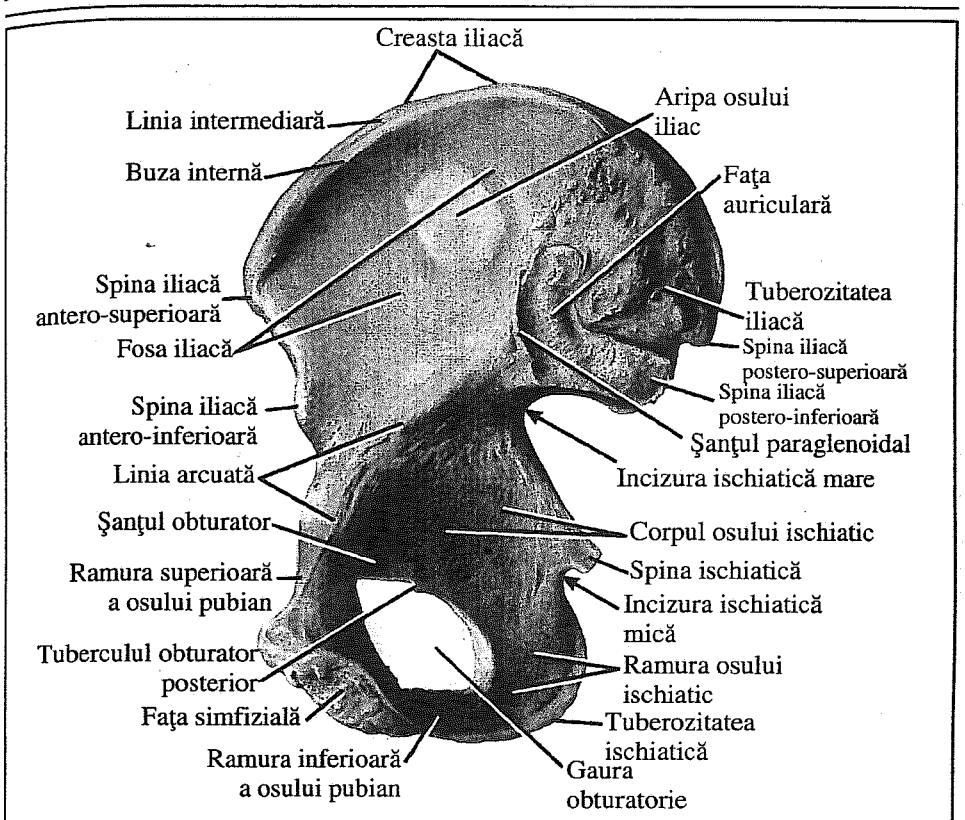



**Fig. 23. Osul coxal, vedere externă**

***Scheletul centurii pelviene*** *- continuare*

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **Osul coxal** - continuare (fig. 24) | | Marginea superioară. | Este reprezentată de creasta iliacă, ce are forma de "S" culcat. |
| | | Marginea inferioară. | Prezintă un segment anterior, care se articulează cu coxalul opus, formând simfiza pubiană, şi un segment posterior, reprezentat de ramura ischio-pubiană. |
| | | Marginea anterioară. | Prezintă de sus în jos: splina iliacă antero-superioară, splina iliacă antero-inferioară, eminenţa ileopubiană, creasta pectineală şi tuberculul public. |
| | | Marginea posterioară. | Prezintă de sus în jos: spina iliacă postero-superioară, spina iliacă postero-inferioară, marea scobitură ischiadică, spina ischiadică, mica scobitură ischiadică şi tuberozitatea ischiadică. |

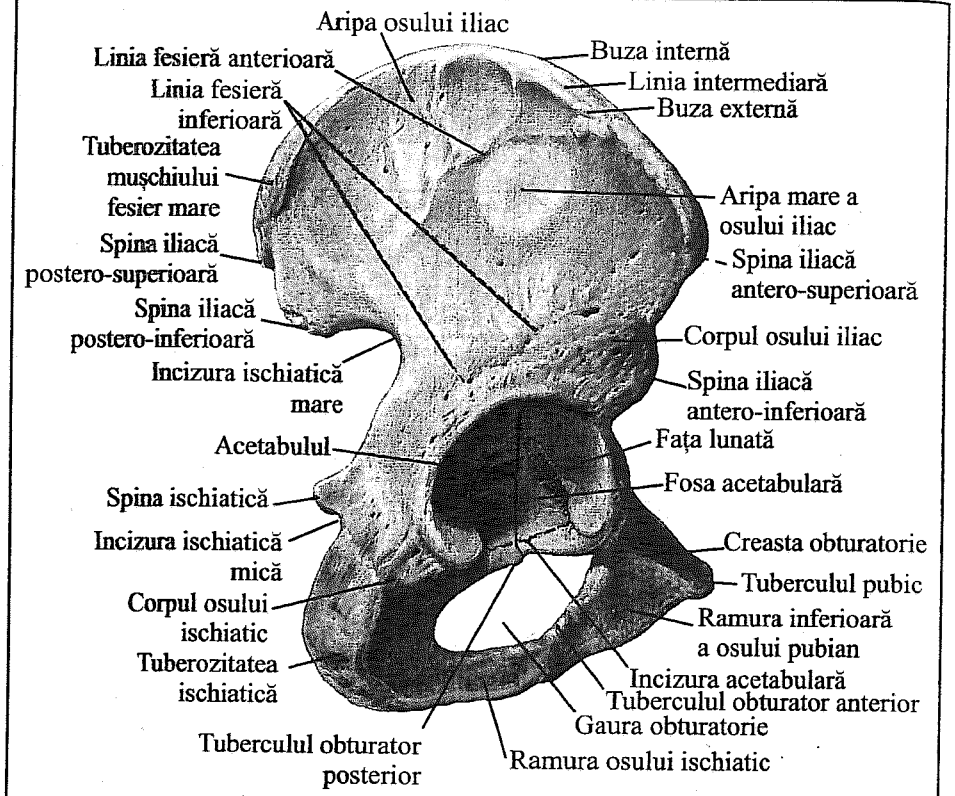



**Fig. 24. Osul coxal, vedere internă**

***Scheletul membrului inferior liber***

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **1. Femurul** (fig. 25) | Os lung, care formează scheletul coapsei. | Epifiza proximală. | Prezintă capul femurului, colul şi două tuberozităţi (marele şi micul trohanter). Capul are forma a 2/3 de sferă şi se articulează cu cavitatea acetabulară a coxalului. Marele şi micul trohanter sunt uniţi anterior prin linia intertrohanterică, iar posterior prin creasta intertrohanterică. |
| | | Diafiza. | Este prismatic, prezentând o faţă anterioară, una medială şi una laterală. Se observă linia aspră care în sus se trifurcă, iar în jos se bifurcă. |
| | | Epifiza distală. | Prezintă două suprafeţe articulare, numite condili femurali. Anterior, între cei doi condili se află suprafaţa patelară, care corespunde patelei, iar posterior fosa intercondiliană. Deasupra condilului medial se află epicodilul medial, iar deasupra condilului lateral se află epicondilul lateral. |



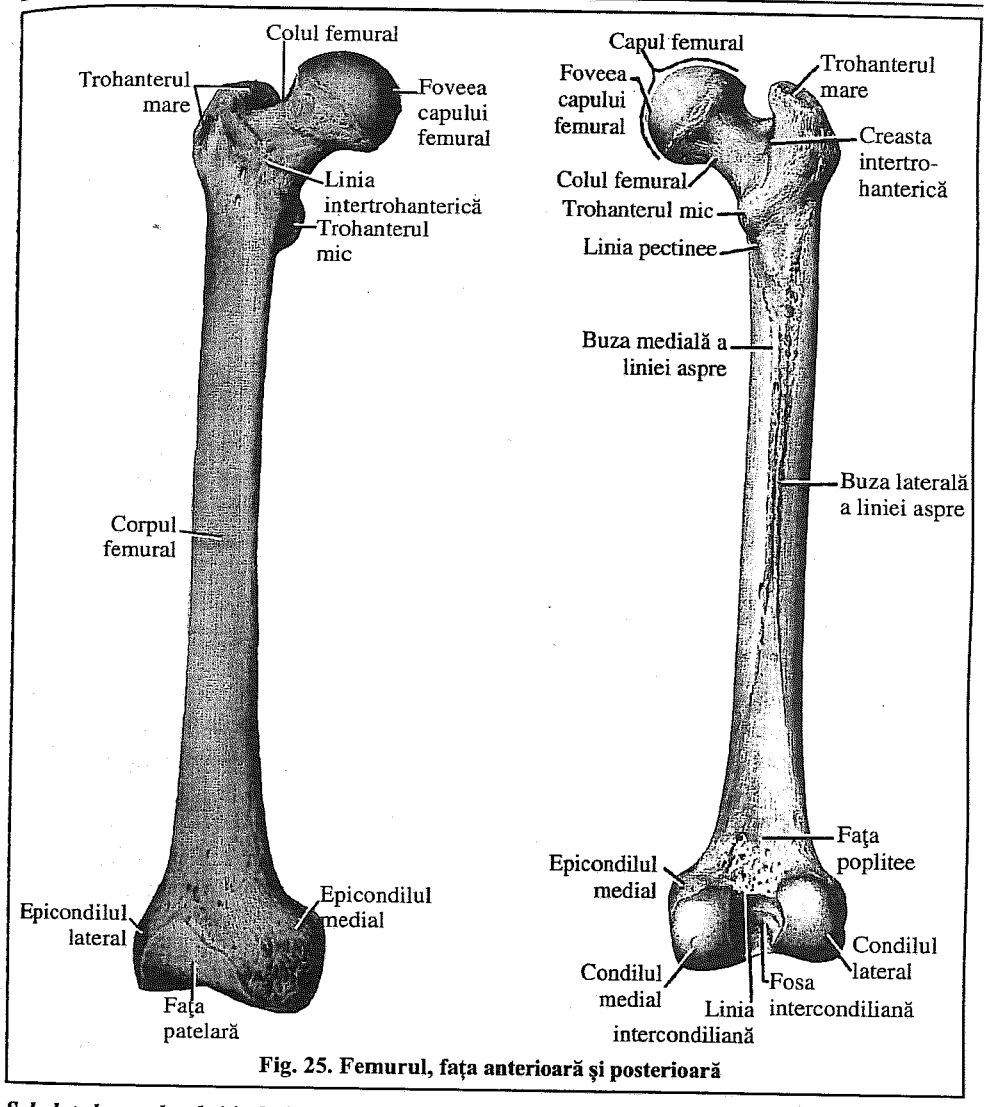



**Fig. 25. Femurul, faţa anterioară şi posterioară**

***Scheletul membrului inferior liber*** - *continuare*

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **2. Patela (rotula)** | Este un os scurt, turtit, aflat în tendonul muşchiului cvadriceps. | Faţa anterioară. | Este convexă. |
| | | Faţa posterioară. | Se articulează cu suprafaţa patelară a femurului. |
| | | Marginea medială Marginea laterală. | Ambele convexe. |
| | | Baza rotulei. | Priveşte în sus. |
| | | Vârful rotulei. | Orientat în jos. |

***Scheletul membrului inferior liber*** - *continuare*

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **3. Tibia** (fig. 26) | Participă la formarea scheletului gambei, fiind plasată medial. | Epifiza proximală. | Este voluminoasă şi prezintă 2 condili. Fiecare condil are o faţă superioară, care corespunde condililor femurali, şi o circumferinţă. Pe circumferinţa condilului lateral se află o suprafaţă articulară pentru capul fibulei. În partea anterioară a epifizei proximale se află tuberozitatea tibială. |
| | | Diafiza. | Are o formă triunghiulară prezentând o faţă medială, una laterală şi alta posterioară. Faţa posterioară prezintă o creastă oblică, numită linia solearului. Marginea anterioară este ascuţită (creasta tibiei). |
| | | Epifiza distală. | Prezintă o suprafaţă articulară pentru talus, plasată inferior. Medial, se prelungeşte cu maleola tibiei, iar lateral prezintă o suprafaţă de articulaţie pentru fibulă. |
| **4. Fibula** | Participă la formarea scheletului gambei, fiind situată lateral. | Epifiza proximală. | Este reprezentată de capul fibulei, care prezintă o suprafaţă de articulare pentru tibie. Capul se prelungeşte în sus cu vârful capului fibular. |
| | | Diafiza. | Este triunghiulară, prezentând o faţă laterală, una medială şi alta posterioară. |
| | | Epifiza distală. | Este formată de maleola fibulară care prezintă o suprafaţă de articulare pentru tibie şi alta pentru talus. În partea posterioară se află fosa maleolei fibulare. |
| **5. Oasele tarsiene** (fig. 27) | Sunt 7 oase dispuse în două rânduri. Rândul posterior, format din două oase (talusul, în sus, şi calcaneul, în jos); rândul anterior, 5 oase: cuboidul, naviculară şi 3 cuneiforme. | Talusul. | Se articulează în sus cu tibia şi fibula, în jos cu calcaneul, iar anterior cu naviculara-rul. |
| | | Calcaneul. | Se articulează în sus cu talusul, iar anterior cu cuboidul. |
| | | Naviculară. | Se articulează înapoi cu talusul, iar anterior cu cele trei cuneiforme. |
| | | Cuboidul. | Se articulează înapoi cu calcaneul, iar anterior cu baza metatarsienelor IV şi V. |
| | | Cele trei cuneiforme | Se articulează înapoi cu naviculară, iar anterior cu baza metatarsienelor I, II şi III. |



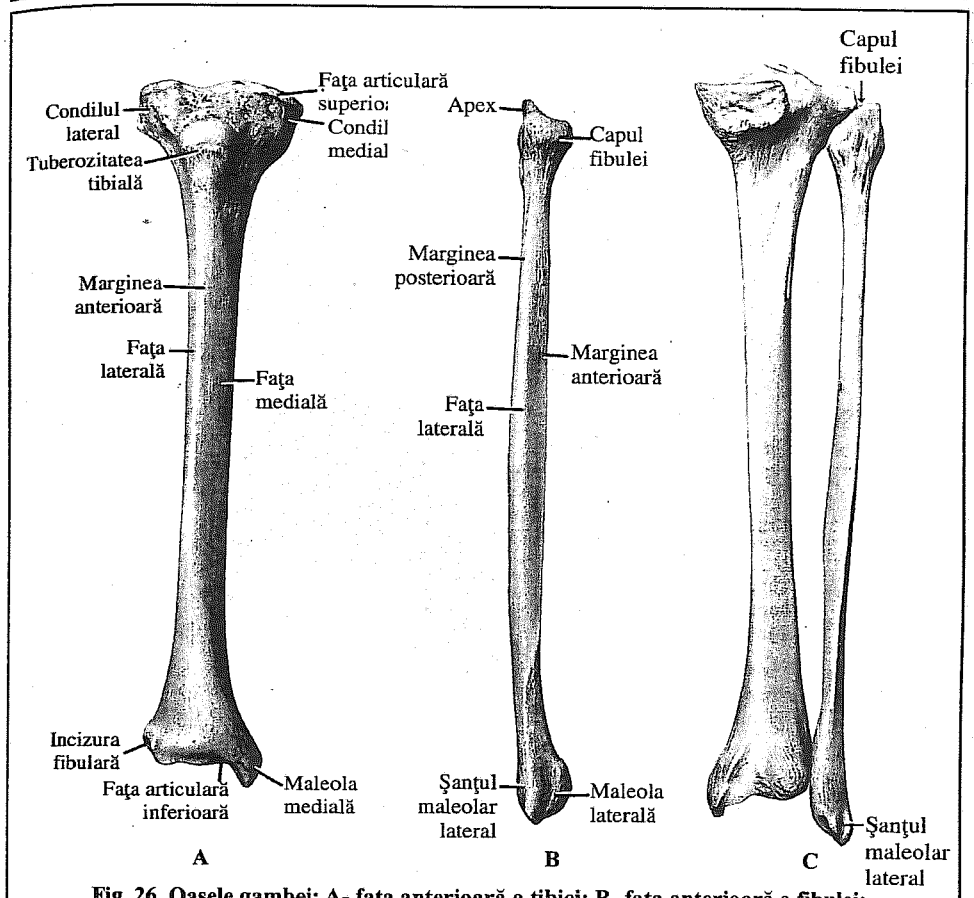



**Fig. 26. Oasele gambei: A- faţa anterioară a tibiei; B- faţa anterioară a fibulei; C- feţele posterioare ale tibiei şi fibulei**

***Scheletul membrului inferior liber*** - *continuare*

| Osul | Formă, situaţie | Elemente anatomice | Detalii |
|---|---|---|---|
| **6. Oasele metatarsiene** | Sunt numerotate de la I la V, mergând dinspre medial spre lateral. Fiecare metatarsian prezintă o bază, un corp şi un cap. | Baza. | Se articulează cu oasele tarsiene. |
| | | Corpul. | Este triunghiular, având o faţă dorsală, alta laterală, iar cea de-a treia medială. |
| | | Capul. | Se articulează cu falanga proximală. |
| **7. Oasele degetelor** (fig. 28) | Degetele sunt numerotate de la I la V, dinspre partea medială spre partea laterală: primul deget, haluce; degetele II-V au câte trei falange, iar halucelele numai două. | Baza. | Concavă. |
| | | Corpul. | Turtit. |
| | | Capul. | Convex. |

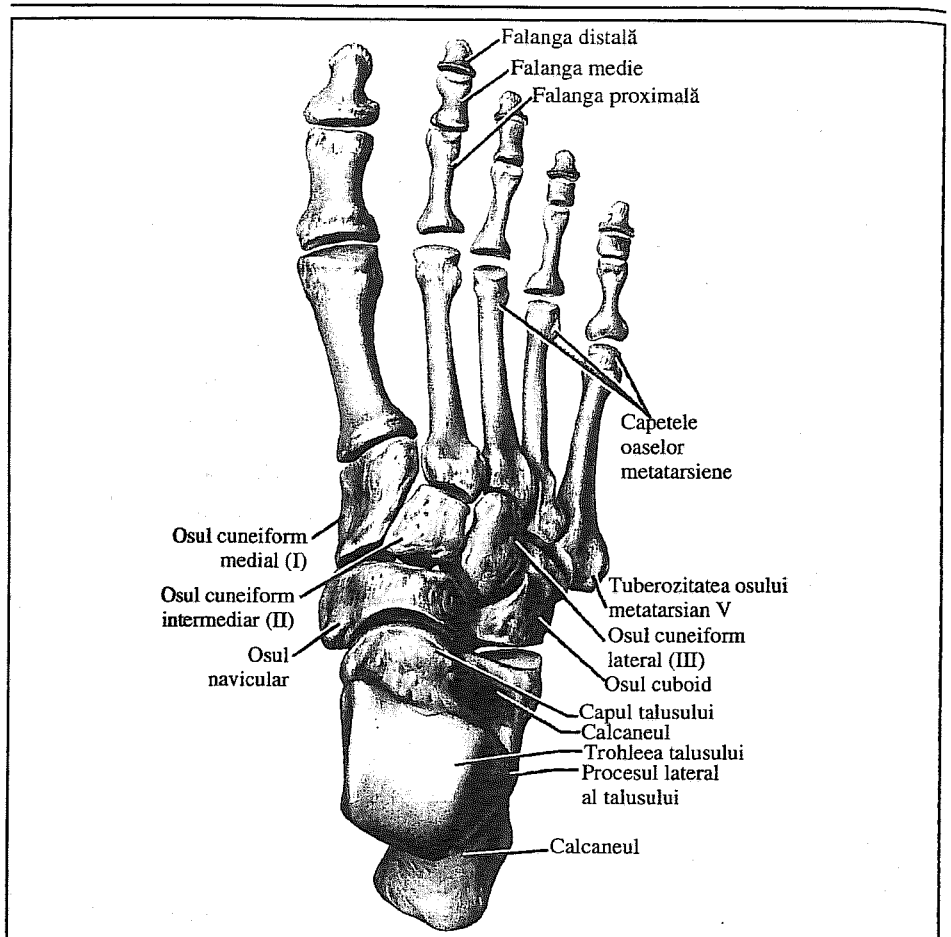



**Fig. 27. Planta, faţa superioară (dorsală)**

## ARTICULAŢIILE

Articulaţiile sunt organe de legătură între oase, fiind sediul mişcărilor. După gradul de mobilitate, articulaţiile se împart în sinartroze şi diartroze.

### SINARTROZELE

Sunt articulaţii fixe, imobile şi nu posedă cavitate articulară. În acest tip de articulaţii se execută mişcări foarte reduse. După tipul ţesutului care se interpune între cele două oase care se articulează, distingem sindesmoze, sincondroze şi sinostoze.

**Sindesmozele**

Sunt articulaţii în care între cele două oase se interpune ţesutul fibros; menţionăm în acest sens articulaţia dintre oasele coxale şi sacru, unite prin ligamente interosoase puternice. Tot



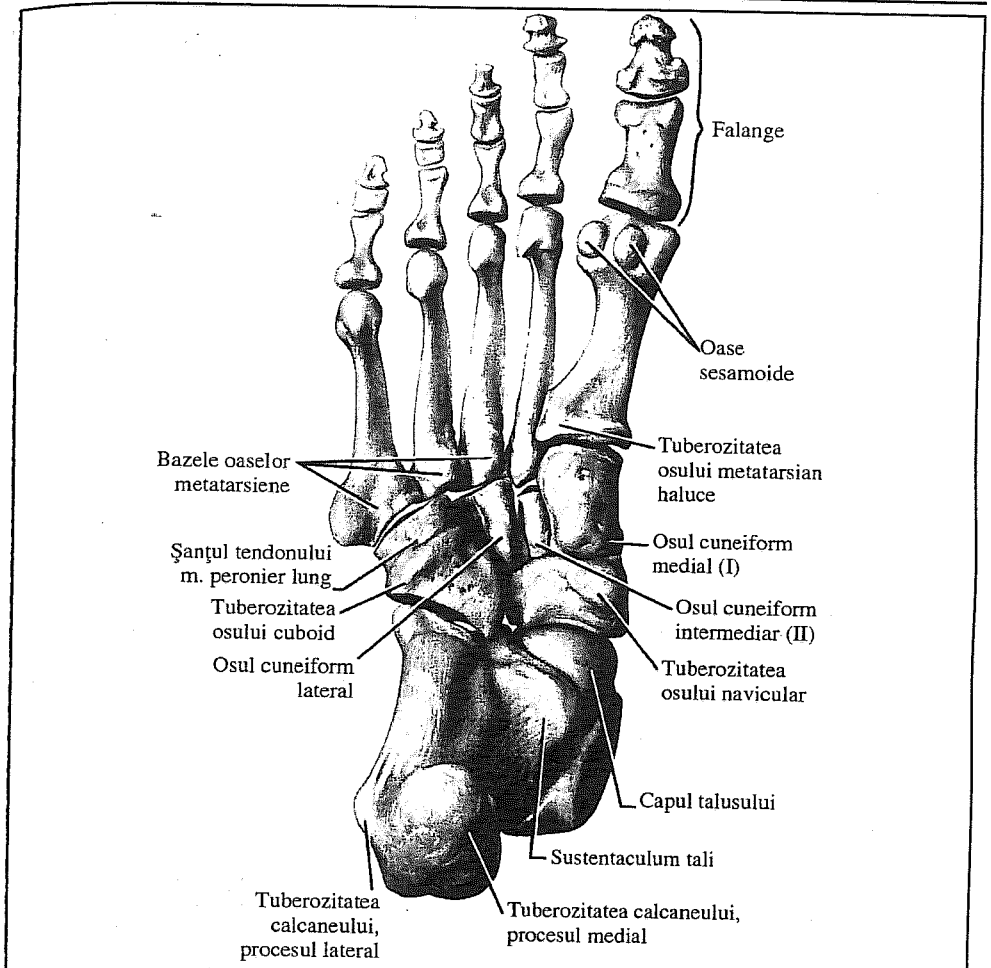



**Fig. 28. Planta, faţa inferioară (plantară)**

în cadrul sindesmozelor menţionăm suturile - care sunt articulaţii - pe care le întâlnim la craniu. Oasele sunt articulate între ele, dar sunt despărţite printr-un strat subţire de ţesut fibros.

Se descriu trei tipuri de suturi: 1. sutura dinţată, în care suprafeţele osoase prezintă dinţi de fierăstrău ce se întrepătrund (sutura fronto-parientală, între scuama osului occipital şi oasele parietale); 2. sutura solzoasă (scuamoasă), în care cele două oase care se articulează sunt tăiate oblic (sutura parieto-temporală dintre oasele parietale şi scuama temporalului); 3. sutura plană, în care oasele se articulează prin margini regulate (sutura dintre cele două oase nazale).

**Sincondrozele**

Sunt articulaţii în care, între cele două oase care se articulează se interpune o lamă de ţesut cartilaginos (articulaţia dintre porţiunea bazilară a occipitalului şi corpul osului sfenoid sau sincondroza pieselor osoase ce alcătuiesc osul coxal). Tot în categoria sincondrozelor menţionăm

şi simfizele, unde între cele două oase se interpune ţesut fibrocartilaginos (simfiza pubiană dintre oasele pubiene).

**Sinostozele**

Rezultă din osificarea sincondrozelor şi a sindesmozelor la oamenii în vârstă.

DIARTROZELE

Sunt articulaţii care posedă un grad variabil de mobilitate şi se împart în amfiartroze (articulaţii semimobile) şi artrodii (articulaţii mobile).

**Amfiartrozele**

Sunt articulaţii cu suprafeţe articulare plane sau uşor concave (articulaţiile dintre corpurile vertebrale care se fac prin interpunerea discurilor intervertebrale). Aceste articulaţii sunt semimobile.

***Elementele unei artrodii***

| | |
|---|---|
| **Suprafeţe articulare** | Pot fi sferice (capul humerusului, condilul radiusului, capul femurului), concave (cavitatea glenoidă a scapulei, cavitatea acetabulară, cupuşoara radiusului), în formă de mosoraş (trohleea humerusului), plane (platoul tibial). Suprafeţele articulare sunt acoperite de cartilaj articular, format din ţesut cartilaginos hialin, fără nervi şi vase de sânge. Cartilajul are rol de tampon, amortizând presiunea exercitată de greutatea corpului, şi rol de protecţie, uşurând alunecarea oaselor în timpul mişcărilor. Distrugerea cartilajului articular duce la dispariţia mişcărilor dintr-o articulaţie (anchiloză). |
| **Capsula articulară** | Prezintă un strat extern fibros şi unul intern reprezentat de membrana sinovială. Capsula are forma unui manşon care se inseră pe ambele extremităţi osoase. Capsula este mai redusă şi mai puţin rezistentă în articulaţiile cu mobilitate mare şi de grosime apreciabilă în articulaţiile cu mobilitate redusă. Există şi articulaţii mobile, care au o capsulă groasă (articulaţia şoldului). Rolul capsulei este de a proteja articulaţiile de procesele patologice periarticulare şi de a împiedica răspândirea lichidului sinovial în ţesuturile vecine. |
| **Membrana sinovială** | Reprezintă stratul profund al capsulei articulare şi se prezintă ca o foiţă foarte subţire, lucioasă, care aderă de suprafaţa capsulei articulare. Secretă sinovia, lichid gălbui, vâscos, unsuros, cu rol în mişcările articulare. Membrana sinovială acoperă şi formaţiuni intercapsulare (tendoane, ligamente, discuri intraarticulare). |
| **Cavitatea articulară** | Este un spaţiu virtual, cuprins între capetele osoase care se articulează şi capsula articulară. Conţine o cantitate mică de lichid sinovial. Prezenţa unei presiuni negative în cavitatea articulară, cât şi presiunea atmosferică participă la menţinerea în contact a suprafeţelor articulare. |
| **Ligamente articulare** | Sunt formaţiuni fibroase care se inseră pe cele două oase ale unei articulaţii, contribuind la menţinerea în contact a suprafeţelor articulare. Când între suprafeţe care se articulează există nepotriviri, apar diferite formaţiuni fibro-cartilaginoase, realizând potrivirea suprafeţelor articulate (meniscul articular din articulaţia genunchiului sau discul articular din articulaţia temporo-mandibulară. |



**Artrodiile**

Artrodiile sunt articulaţii sinoviale, cu o mare mobilitate. Elementele unei artrodii sunt redate în tabelul din pagina anterioară. La nivelul unei articulaţii mobile, mişcările depind de forma suprafeţelor articulare. Ele se pot realiza în jurul unui ax, a două axe sau a trei axe.

***Tipurile de mişcări în articulaţii***

| | |
|---|---|
| **Flexie – Extensie** | Mişcări de apropiere sau de îndepărtare a două segmente alăturate. Se fac în jurul unui ax transversal. |
| **Abducţie – Adducţie** | Se fac în jurul unui ax transversal. Prin adducţie se realizează apropierea faţă de axul median al corpului, iar prin abducţie îndepărtarea faţă de axul median. |
| **Rotaţie** | Mişcare realizată în jurul axului care trece prin lungul segmentului ce se deplasează; poate fi externă sau internă, după cum segmentul se roteşte spre corp sau în afară. |
| **Circumducţie** | Este mişcarea complexă care totalizează flexia, extensia, abducţia, adducţia şi le asociază cu rotaţia. |
| **Pronaţie – Supinaţie** | Pronaţia este mişcarea de rotaţie a mâinii, prin care policele se roteşte medial, palma privind în jos, iar supinaţia este mişcarea inversă. La picior, când planta priveşte spre lateral şi marginea externă a piciorului se ridică, se realizează pronaţia, iar supinaţia se realizează invers. |

# FIZIOLOGIA SISTEMULUI OSOS

Oasele sunt piese rigide, componente ale scheletului. Ele îndeplinesc mai multe roluri funcţionale:

1. **Rol de pârghii ale aparatului locomotor**. Asupra lor acţionează muşchii, asigurând susţinerea şi locomoţia corpului.

2. **Rol de protecţie a unor organe vitale**:

- cutia craniană pentru creier;
- canalul rahidian pentru măduva spinării;
- cutia toracică pentru inimă şi plămâni;
- bazinul osos pentru organele pelvine.

3. **Rol antitoxic**. Oasele reţin numeroase substanţe toxice ( Hg, Pb, F ) pătrunse accidental în organism şi le eliberează treptat, fiind eliminate renal. În felul acesta concentraţia sangvină a toxicului nu creşte prea mult şi sunt prevenite efectele nocive asupra altor organe.

4. **Rol de sediu principal al organelor hematopoietice**. La copii toate oasele, iar la adult oasele late conţin măduvă roşie, hematogenă.

5. **Rol în metabolismul calciului, fosforului şi electroliţilor**. Oasele reprezintă principalul rezervor de substanţe minerale al organismului.

## COMPOZIŢIA CHIMICĂ A OASELOR

Osul este alcătuit dintr-o matrice organică solidă, care este foarte mult întărită de depozitele de săruri de calciu. Osul compact obişnuit conţine aproximativ 30% din greutate matrice şi 70% săruri. Totuşi, osul nou format poate avea un procent mult mai mare de matrice decât de săruri.

**Matricea organică a osului**. Este alcătuită 90 - 95% din fibre de colagen, iar restul este un mediu omogen denumit substanţă fundamentală (împreună constituind oseina). Fibrele de colagen se extind în primul rând de-a lungul liniilor de forţă de tensiune şi dau osului marea sa rezistenţă la tensiune. Substanţa fundamentală este alcătuită din lichid extracelular şi proteoglicani, mai ales acid hialuronic şi condroitin sulfat. Funcţia exactă a acestora nu este cunoscută, deşi ei ajută probabil la controlul depunerii sărurilor de calciu.

**Sărurile minerale**. Sunt reprezentate în special de calciu şi fosfaţi, iar cea mai importantă substanţă cristalină este hidroxiapatita; fiecare cristal are forma unei plăci lungi şi plate. Raportul relativ între calciu şi fosfor poate varia foarte mult în diverse condiţii nutriţionale, acest raport, în unităţi de greutate, situându-se între 1,3 şi 2,0.

Printre mineralele osului se numără şi ionii de magneziu, sodiu, potasiu şi bicarbonat, deşi nu s-a putut demonstra existenţa unor cristale bine individualizate formate de aceştia. Se presupune că ionii sunt mai degrabă adsorbiţi pe suprafaţa cristalelor de hidroxiapatită decât organizaţi în cristale distincte proprii. Această capacitate a multor tipuri diferite de ioni de a se adsorbi pe suprafaţa cristalelor osoase se extinde şi la mulţi alţi ioni străini osului în mod obişnuit, cum ar fi stronţiul, uraniul, plutoniul şi alte elemente transuranice, plumbul, aurul şi alte metale grele, precum şi cel puţin 9 din cele 14 produse radioactive majore eliberate de explozia bombei de hidrogen. Depunerea substanţelor radioactive în os poate produce o iradiere prelungită a ţesuturilor osoase şi, dacă se depune o cantitate suficientă, se poate dezvolta uneori un cancer osteogen.

**Rezistenţa la presiune şi la compresiune a osului**. Fiecare fibră de colagen a osului este alcătuită din segmente periodice, repetitive la fiecare 64 nm (nanometri) ai lungimii sale; cristalele de hidroxiapatită se află adiacent fiecărui segment de fibră şi se leagă strâns de acesta, împiedicând alunecarea lor. Acest lucru este esenţial pentru a asigura rezistenţa osului. În plus, segmentele fibrelor de colagen învecinate se suprapun, făcând ca şi cristalele de hidroxiapatită să fie suprapuse. Fibrele de colagen ale osului, ca şi cele din tendoane, au o mare rezistenţă la tensiune, în timp ce sărurile de calciu au mare rezistenţă la compresiune. Aceste proprietăţi combinate, la care se adaugă gradul de legare între fibrele de colagen şi cristale, creează o structură osoasă care are o mare rezistenţă atât la întindere, cât şi la compresiune.

## METABOLISMUL OSULUI

La nivelul oaselor au loc procese metabolice similare celorlalte organe. O particularitate metabolică o constituie marea afinitate a substanţei fundamentale faţă de sărurile minerale.

**Mecanismul calcificării osoase**. Primul stadiu al formării osului este secreţia de colagen şi substanţă fundamentală de către osteoblaste. Ritmul sintezei substanţelor organice este influenţat de glandele endocrine. Hipofiza, prin STH, gonadele şi tiroida, prin hormonii lor, măresc ritmul sintezelor proteice din os. Glucocorticoizii, însă, stimulează activitatea osteoclastelor care



distrug structura proteică a osului. Efecte asemănătoare are şi parathormonul. Ritmul sintezei substanţelor organice din os scade cu vârsta. După sinteză, aceste proteine sunt eliminate în spaţiul pericelular, unde colagenul polimerizează rapid pentru a forma fibre de colagen; ţesutul care rezultă devine osteoid, un material similar cartilajului, dar diferit de acesta prin faptul că în el precipită sărurile de calciu. Pe măsură ce se formează osteoidul, unii osteoblaşti rămân încastraţi în el şi sunt denumiţi osteocite.

În câteva zile după formarea osteoidului, sărurile de calciu încep să precipite pe suprafaţa fibrelor de colagen. Precipitatele apar la intervale periodice de-a lungul fibrei de colagen, formând nuclee minuscule care treptat, în timp de zile şi săptămâni, cresc până la produsul finit, cristale de hidroxiapatită. Sărurile de calciu care se depun iniţial nu sunt cristale de hidroxiapatită, ci compuşi amorfi (necristalini). Apoi, printr-un proces de adiţie şi substituţie de atomi, aceste săruri sunt remodelate în cristale de hidroxiapatită. Procesul de mineralizare este guvernat de legi fizico-chimice. Rolul cel mai important în acest proces îl joacă afinitatea substanţei fundamentale a osului pentru sărurile fosfo-calcice şi concentraţia calciului şi a fosforului din sânge. Procesul de mineralizare se află în echilibru permanent cu un proces de sens contrar, numit demineralizare. Prevalenţa unuia sau a altuia depinde de echilibrul fosfo-calcic din sânge. Normal, valoarea calcemiei este de 10 mg/100 ml sânge, iar a fosfatemiei de 3,5 mg/100 ml sânge. Concentraţiile acestor două minerale la nivelul sângelui sunt menţinute în limite strânse de variaţie datorită intervenţiei unui mecanism neuroendocrin de reglare a metabolismului fosfo-calcic. Acest mecanism asigură valoarea constantă a concentraţiei calciului şi fosforului în mediul intern, influenţând absorbţia intestinală, eliminarea renală, depunerea şi mobilizarea lor din oase. Rolul cel mai important îl au parathormonul, calcitonina şi vitamina D. Există şi alţi hormoni ce influenţează într-un sens sau altul mineralizarea osului. Acţiune mineralizantă au hormonii sexuali, somatotropul, hormonii timici şi epifizari, iar acţiune demineralizantă ACTH-ul şi glucocorticoizii.

**Rolul vitaminei D**. Acţiunile ei determină creşterea concentraţiei plasmatice a calciului. Acţionează direct pe os, intestinul subţire şi rinichi.

***Acţiuni la nivel osos***: 1. creşte mobilizarea calciului şi fosfatului din os; 2. activează proteina de legare a calciului din os; 3. efect antirahitic (indirect); 4. acţionează sinergic cu parathormonul pentru a determina demineralizare osoasă prin proliferarea osteoclastelor. Creşterea activităţii osteoclastelor de către parathormon necesită prezenţa vitaminei $D_3$.

***Acţiuni la nivelul intestinului subţire***: 1. creşte absorbţia intestinală a calciului; 2. determină mărirea absorbţiei intestinale a fosfatului, dar într-o măsură mai mică.

***Acţiunile la nivel renal***: 1. stimulează reabsorbţia calciului în tubii distali ai nefronului; 2. stimulează reabsorbţia fosfatului în tubii proximali.

Concentraţia ionilor de calciu şi fosfor din lichidele extracelulare este cu mult peste limita critică de cristalizare. Faptul că aceştia nu precipită masiv cu formare de cristale de hidroxiapatită în toate ţesuturile se datorează prezenţei în lichidele extracelulare a unor inhibitori care asigură stabilitatea soluţiei fosfo-calcice. Unul dintre aceştia este molecula de pirofosfat, prezentă în toate ţesuturile, cu excepţia celui osos. Aici osteoblastele secretă o substanţă care neutralizează pirofosfatul. Odată inhibitorul neutralizat, afinitatea naturală a fibrelor de colagen pentru sărurile de calciu determină precipitarea.

**Calciul de schimb**. Osul, ca şi alte ţesuturi ale organismului, conţine un tip de calciu de schimb care este întotdeauna în echilibru cu ionii de calciu din lichidul extracelular. Calciul de schimb de la nivelul osului reprezintă până la 1% din calciul osos total,

fiind reprezentat de săruri uşor mobilizabile. Acest tip de calciu realizează un mecanism rapid de tampon, care împiedică concentraţia calciului din lichidul extracelular să varieze foarte mult.

## OSTEOGENEZA ŞI OSTEOLIZA – REMODELAREA OSULUI

Osul este în permanenţă format de către osteoblaste şi este continuu lizat acolo unde sunt active osteoclastele. Osteoblastele se găsesc pe suprafeţele exterioare ale oaselor şi în cavităţile osoase. În toate oasele vii se desfăşoară o oarecare activitate osteoblastică.

**Osteoliza** are loc în imediata vecinătate a osteoclastelor. Acestea emit către os prelungiri similare vilozităţilor şi secretă din aceste vilozităţi două tipuri de substanţe: 1. enzime proteolitice; 2. câţiva acizi, incluzând acidul citric şi acidul lactic. Enzimele digeră sau dezorganizează matricea organică a osului, iar acizii solubilizează sărurile minerale.

**Echilibrul între osteogeneză şi osteoliză**. În mod normal, exceptând oasele de creştere, rata osteogenezei şi cea a osteolizei sunt egale, astfel încât masa totală a osului rămâne constantă. De obicei, osteoclastele există sub forma unor mici populaţii şi, o dată ce o populaţie de osteoclaste începe să se dezvolte, ea consumă din os vreme de aproximativ 3 săptămâni, săpând un tunel ce poate avea 1 mm diametru şi o lungime de mai mulţi milimetri. La sfârşitul acestei perioade, osteoclastele dispar şi tunelul este invadat de osteoblaste. Urmează apoi osteogeneza, vreme de câteva luni, osul nou fiind depus în straturi succesive pe suprafaţa internă a cavităţii, până ce tunelul este umplut. Osteogeneza încetează când osul începe să stânjenească vasele ce irigă zona. Canalul prin care trec aceste vase, numit canal hawersian, este, deci, tot ce rămâne în cavitatea iniţială. Fiecare teritoriu osos nou format în acest mod se numeşte osteon.

Formarea şi liza osoasă continuă au câteva funcţii fiziologice importante. 1. Osul îşi ajustează rezistenţa, de obicei proporţional cu gradul de solicitare a lui. Prin urmare, oasele se îngroaşă când sunt supuse la încărcări mari. 2. Forma osului poate fi remodelată pentru a susţine adecvat forţele mecanice, prin osteoliză şi osteogeneză, conform modelului sarcinilor la care este supus. 3. Pe măsură ce matricea organică bătrână degenerează, este nevoie de matrice organică nouă. Pe această cale se menţine consistenţa normală a osului.

Osul este format în raport cu solicitarea compresivă pe care trebuie să o suporte. Solicitarea fizică continuă stimulează depunerea osteoblastică a osului. S-a presupus că osteogeneza în punctele de solicitare compresivă este determinată de un efect piezoelectric, astfel: compresiunea osului produce un potenţial negativ la locul compresiei şi un potenţial pozitiv în altă parte în os. S-a demonstrat că minime cantităţi de curent ce trec prin os determină activitate osteoblastică la polul negativ al fluxului de curent, ceea ce ar putea explica osteogeneza crescută la locurile de compresiune.

**Osteogeneza**. Fractura unui os activează intr-un anume mod, maximal, toate osteoblastele periostale şi intraosoase implicate în ruptură. Aproape imediat sunt formate extrem de multe osteoblaste noi din celule osteoprogenitoare (celulele stem ale osului). În scurt timp se dezvoltă între cele două capete rupte ale osului o mare aglomerare de ţesut osteoblastic şi o matrice organică nouă, urmată de depunerea sărurilor de calciu. Aceasta poartă numele de calus. Apoi, el este remodelat într-o structură osoasă corespunzătoare.



# ANATOMIA SISTEMULUI MUSCULAR

Sistemul muscular este format din muşchi, care sunt organe active ale mişcării. Acest rol este realizat de către musculatura scheletică (somatică), ce are în structura sa ţesut muscular striat. Muşchii au forme variate. Se descriu muşchi fusiformi (biceps, triceps), muşchi triunghiulari (piramidal al abdomenului), muşchi de formă patrulateră (mare drept abdominal şi marele dorsal), în formă de cupolă (diafragma), în formă de trapez (muşchiul trapez), muşchi circulari (orbicularul buzelor şi cel al pleoapelor). Tot formă circulară au şi sfincterele (sfincterul extern al anusului şi cel al uretrei).

După dimensiunea care predomină, distingem muşchi laţi (marele drept abdominal, muşchii oblici extern şi intern, muşchiul transvers al abdomenului), care au tendoane lăţite, numite aponevroze, muşchi lungi (muşchii de la braţ, antebraţ, coapsă şi gambă) şi muşchi scurţi (muşchii din palmă şi plantă).

După numărul capetelor care se prind pe os, pot fi cu un singur capăt pe os (muşchii pieloşi), celălalt capăt inserându-se pe piele, cu două (muşchiul biceps), cu trei capete (muşchiul triceps), cu patru capete (muşchiul cvadriceps).

## STRUCTURA MUŞCHIULUI

Muşchii scheletici prezintă o porţiune centrală musculară, mai voluminoasă, numită corpul muşchiului (pântecele) şi două extremităţi de culoare alb-sidefie, numite tendoane, care au în structura lor ţesut fibros. Unul dintre tendoane, cel care se inseră pe osul fix, se numeşte de origine, iar celălalt, care se prinde de osul mobil, se numeşte de inserţie. În general, originea este unică, dar se cunosc şi muşchi cu mai multe origini (biceps, triceps, cvadriceps). Corpul muşchiului este format din fibre musculare striate, care la unii muşchi pot atinge o lungime de 10 - 15 cm. La exteriorul corpului muscular se află o membrană conjunctivă, numită fascia muşchiului, care învelește atât corpul muşchiului, cât şi tendoanele. Sub aceasta se află o lamă de ţesut conjuctiv, perimisium extern, care, de asemenea, învelește corpul muşchiului şi din care pornesc, în interior, septuri conjunctive, numite perimisium intern, din care se detaşează o teacă de ţesut conjunctiv, numită endomisium, care învelește fibrele musculare striate.

Muşchiul are o bogată vascularizaţie, asigurată de ramurile musculare ale diferitelor artere care însoţesc muşchiul. Dintre aceste ramuri musculare se desprind arteriole care pătrund prin septurile conjunctive şi duc, spre miofibrile, sânge încărcat cu $O_2$ şi substanţe nutritive. Sângele cu $CO_2$ şi cu produsele de dezasimilaţie rezultate în urma metabolismului muscular este colectat de vene satelite şi omonime arterelor.

Inervaţia muşchiului este dublă, somatică şi vegetativă. Inervaţia vegetativă simpatică determină, pe căi aferente, reacţii vasomotorii.

Inervaţia somatică senzitivă este asigurată de dendritele neuronilor somatosenzitivi din ganglionii spinali, care ajung la porţiunea ecuatorială (centrală) a fibrelor musculare din structura fusului neuromuscular, la corpusculii Vater din muşchi sau la corpusculii tendinoşi Golgi.

Inervaţia somatică motorie este asigurată de axonii neuronilor somatomotori α (alfa), situaţi în cornul anterior al măduvei, care ajung la fibra musculară striată, formând placa motorie, sau de către axonii neuronilor somatomotori γ (gama), cu aceeaşi localizare, care ajung la porţiunea periferică a fibrelor musculare din structura fusului neuromuscular. Placa motorie este considerată o sinapsă specială (sinapsă neuroefectorie) şi are în structura sa două componente, una nervoasă, componenta presinaptică, şi alta musculară, componenta postsinaptică. Între ele se află spaţiul (fanta) sinaptic.

Componenta presinaptică este reprezentată de butonii terminali ai fibrei nervoase (axonul neuronilor α din cornul interior al măduvei) care pătrund în nişte adâncituri ale sarcoplasmei fibrei musculare striate. Butonii terminali conţin vezicule cu acetilcolină.

Componenta postsinaptică este reprezentată de sarcoplasmă, lipsită la acest nivel de miofibrile, dar care conţine mulţi nuclei şi numeroase mitocondrii. La om, fiecare fibră musculară are, în general, câte o placă motorie.

## PRINCIPALELE GRUPE DE MUŞCHI SOMATICI

Muşchii somatici sunt grupaţi în muşchii capului, gâtului, trunchiului şi membrelor.

### MUŞCHII CAPULUI

La cap se descriu două categorii de muşchi, muşchii mimicii, care, prin contracţia lor, determină diferite expresii ale feţei, şi muşchii masticatori, care intervin în realizarea actului masticaţiei (fig. 29).

**Muşchii mimicii.** Se mai numesc şi muşchi cutaţi, deoarece unul din capetele lor se prinde de piele. Sunt inervaţi de nervul facial şi sunt grupaţi in jurul orificiilor orbitale, nazale şi bucal.

***Muşchii mimicii***

| Numele muşchiului | Localizare | Acţiune |
|---|---|---|
| **1. Frontal** | La nivelul frunţii. | Încreţeşte pielea frunţii. |
| **2. Sprâncenos** | Între sprâncene. | Determină cute între sprâncene. |
| **3. Auriculari (anterior, superior, posterior)** | În jurul pavilionului urechii. | Atrofiaţi la om. |
| **4. Occipital** | În regiunea occipitală. | Încreţeşte pielea regiunii occipitale. |
| **5. Zigomatic (mare şi mic)** | În dreptul pometilor obrazului. | Ridică buza superioară. |
| **6. Pătratul şi triunghiularul buzelor** | La nivelul bărbiei. | Coboară buza inferioară. |
| **7. Mental** | La nivelul bărbiei. | Determină gropiţa din bărbie. |
| **8. Orbicularul ochiului** | În jurul orbitei. | Închide pleoapele. |
| **9. Orbicularul buzelor** | În jurul orificiului bucal. | Închide orificiul bucal, apropiind buzele între ele. |
| **10. Buccinator** | La nivelul obrazului. | Intervine în fluierat şi este dezvoltat la suflătorii la trompetă. |



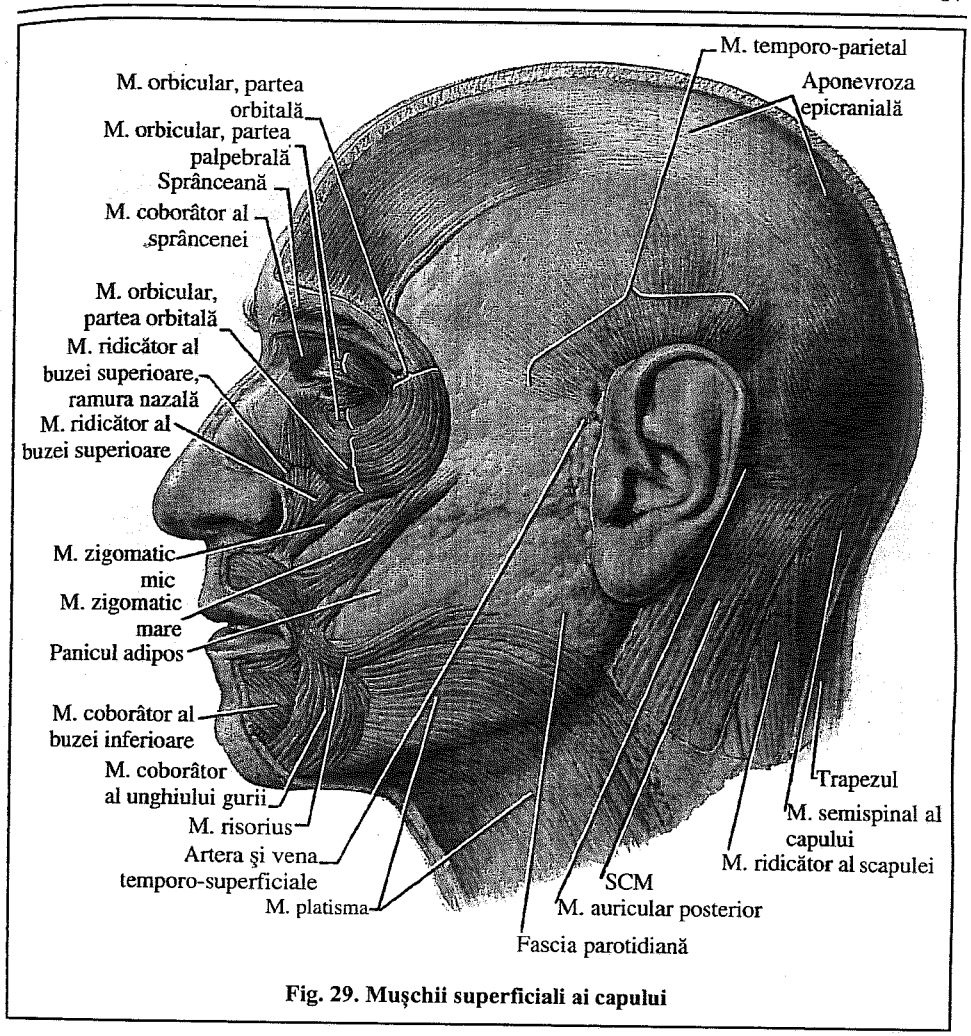



**Fig. 29. Muşchii superficiali ai capului**

**Muşchii masticatori**. Se inseră cu un capăt pe oasele bazei craniului şi cu celălalt pe mandibulă. Sunt inervaţi de nervul trigemen.

Mişcarea de coborâre a mandibulei este efectuată de muşchii suprahioidieni (digastric şi milohioidian).

***Muşchii masticatori***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune |
|---|---|---|---|
| **1. Maseter** | Arcada zigomatică. | Ramura mandibulei (faţa externă). | Ridică mandibula; intervine în mişcările de lateralitate şi anteropulsie. |
| **2. Temporal** | Scuama osului temporal. | Procesul coronoid al mandibulei. | Ridică mandibula şi intervine în retropulsie. |

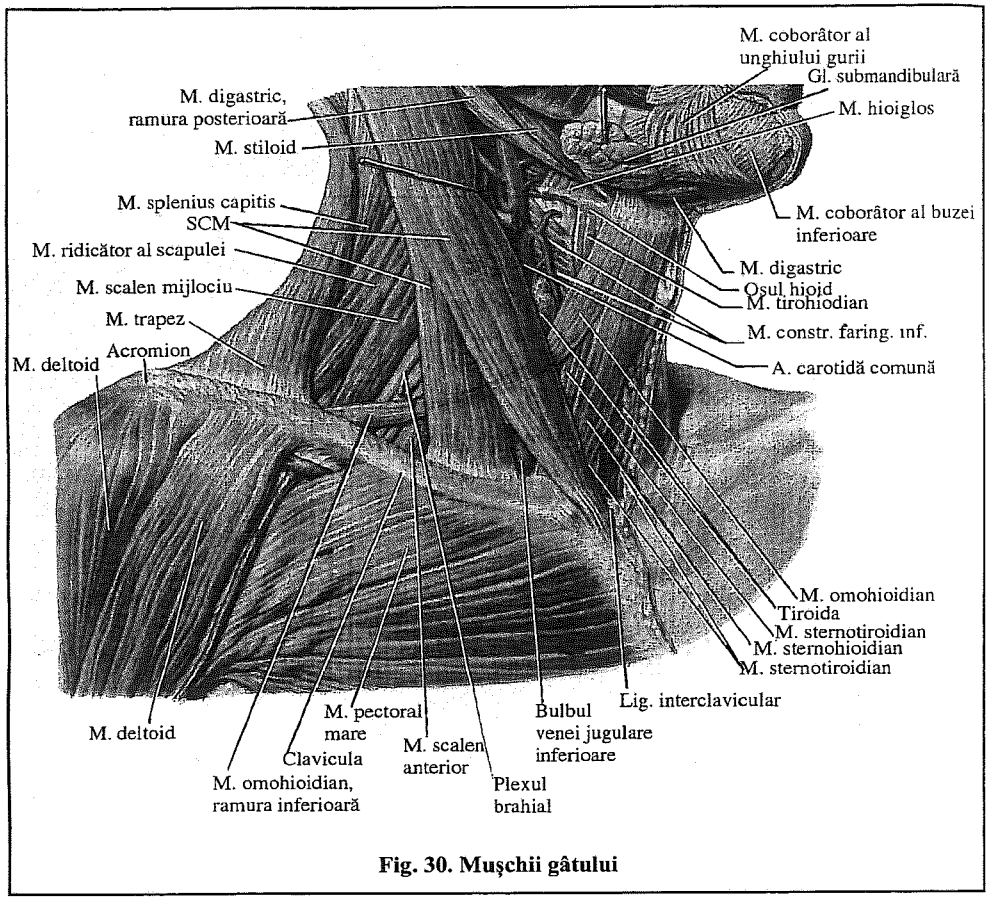



**Fig. 30. Muşchii gâtului**

***Muşchii masticatori*** *- continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune |
|---|---|---|---|
| **3. Pterigoidian intern** | Procesul pterigoid al sfenoidului. | Ramura mandibulei (faţa internă). | Ridică mandibula, intervine în anteropulsie şi în mişcările de lateralitate. |
| **4. Pterigoidian extern** | Procesul pterigoid al sfenoidului. | Colul mandibulei. | Intervine în mişcările de lateralitate şi determină antepulsia mandibulei; intervine şi în coborârea mandibulei. |

MUŞCHII GÂTULUI

În regiunea anterolaterală a gâtului se află o serie de muşchi (fig. 30), pe mai multe planuri care, dinspre suprafaţă spre profunzime, sunt prezentaţi în tabelul ce urmează:



***Muşchii gâtului***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Platisma,** situat imediat sub piele | Pe pielea din regiunea supraclaviculară. | Pe pielea obrazului şi pe comisura bucală. | Coboară buzele (dispreţ, frică) şi ridică pielea gâtului. | N. facial. |
| **2. Sternocleidomastoidian** | Pe stern şi claviculă. | Pe procesul mastoid. | Când se contractă unilateral înclină capul de aceeaşi parte şi îl roteşte spre partea opusă; în contracţia bilaterală este flexor al capului. | N. accesor. |
| **3. Suprahioidieni:** **- digastric,** cu două pântece unite printr-un tendon intermediar | Pântecele posterior îşi are originea pe mastoidă. | Pântecele anterior se prinde pe mandibulă. | Coboară mandibula. | Nervul trigemen pt. pântecele anterior şi nervul facial pt. pântecele posterior. |
| **- stilohioidian** | Pe procesul stiloid. | Osul hioid. | Ridică hioidul în deglutiţie. | N. facial. |
| **- milohioidian** | Pe corpul mandibulei (pe linia milohioidiană). | Osul hioid. | Coboară mandibula. | N. trigemen. |
| **- geniohioidian** | Pe spina mentală a mandibulei. | Osul hioid. | Coboară mandibula şi ridică osul hioid. | N. hipoglos. |
| **4. Infrahioidieni:** **- sternotiroidian** | Pe faţa posterioară a sternului şi claviculă. | Pe osul hioid. | Coboară osul hioid. | Ansa cervicală formată din nervul hipoglos şi plexul cervical. |
| **- tirohioidian** | | | | |
| **- sternohioidian** | Pe cartilagiu tiroid. | Pe osul hioid. | Coboară hioidul şi ridică laringele. | |
| **- omohioidian** (are două pântece: superior şi inferior) | Pe manubriul sternal. | Pe cartilajul tiroid. | Coboară laringele. | |
| | Pântecele inferior, pe marginea superioară a scapulei. | Pântecele superior se prinde de hioid. | Coboară hioidul. | |
| **5. Scaleni** (anterior, mijlociu, posterior) | Pe procesele transverse ale vertebrelor $C_3$-$C_7$. | Pe coasta I şi II. | Înclină coloana verticală de aceeaşi parte şi ridică toracele (m. inspiratori accesori). | Plexul cervical. |

*Muşchii gâtului - continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **6. Muşchii prevertebrali:** | | | | |
| **- lung al capului** | Pe apofizele transverse ale vertebrelor $C_3$-$C_6$. | Pe apofiza bazilară a occipitalului. | Flexori ai capului. | Plexul cervical. |
| **- lung al gâtului** | Pe corpurile primelor vertebre şi ale ultimelor vertebre cervicale. | Pe tuberculul anterior al atlasului. | | |
| **- drept anterior al capului** | Masa laterală a atlasului. | Pe apofiza bazilară a osului occipital. | | |

MUŞCHII TRUNCHIULUI

Muşchii trunchiului se grupează în muşchii spatelui şi ai cefei, muşchii anterolaterali ai toracelui şi muşchii anterolaterali ai abdomenului (fig. 31 şi 32). Musculatura profundă a coloanei vertebrale este inervată de ramurile posterioare ale nervilor spinali.

***Muşchii spatelui şi ai cefei***

| Muşchiul | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Trapez** (are la bază coloana vertebrală şi vârful la humerus) | Pe apofizele spinoase ale vertebrelor cervicale şi toracice. | Pe claviculă, acromion şi spina scapulei. | Când ia punct fix pe coloană ridică umărul, când ia punct fix pe centura scapulară fibrele superioare înclină capul pe partea respectivă, iar cele inferioare contribuie la cătărare. | Nervul accesor. |
| **2. Marele dorsal** (latissimus dorsi, cel mai lat muşchi al corpului) | Pe procesele spinoase ale ultimelor 6 vertebre toracale, ale vertebrelor lombare şi creasta sacrală mediană. | Pe humerus (şanţul intertubercular). | Când ia punct fix pe coloană coboară braţul şi îl roteşte înăuntru. Când ia punct fix pe inserţie ridică toracele (cătărare). | Plexul brahial. |
| **3. Ridicător al scapulei** | Pe procesele transverse ale vertebrelor cervicale. | Pe unghiul superior al scapulei. | Ridică scapula când ia punct fix pe coloană, iar când ia punct fix pe scapulă înclină coloana de aceeaşi parte. | Plexul cervical şi brahial. |
| **4. Romboid** | Pe procesele spinoase ale ultimelor vertebre cervicale şi ale primelor toracice. | Pe marginea medială a scapulei. | Apropie scapula de coloană. | Plexul brahial. |
| **5. Dinţat posterior şi superior** | Pe procesele spinoase $C_7$, $T_1$, $T_2$, $T_3$. | Pe coastele 2-5. | Ridică coastele, fiind inspirator. | Nervii intercostali. |



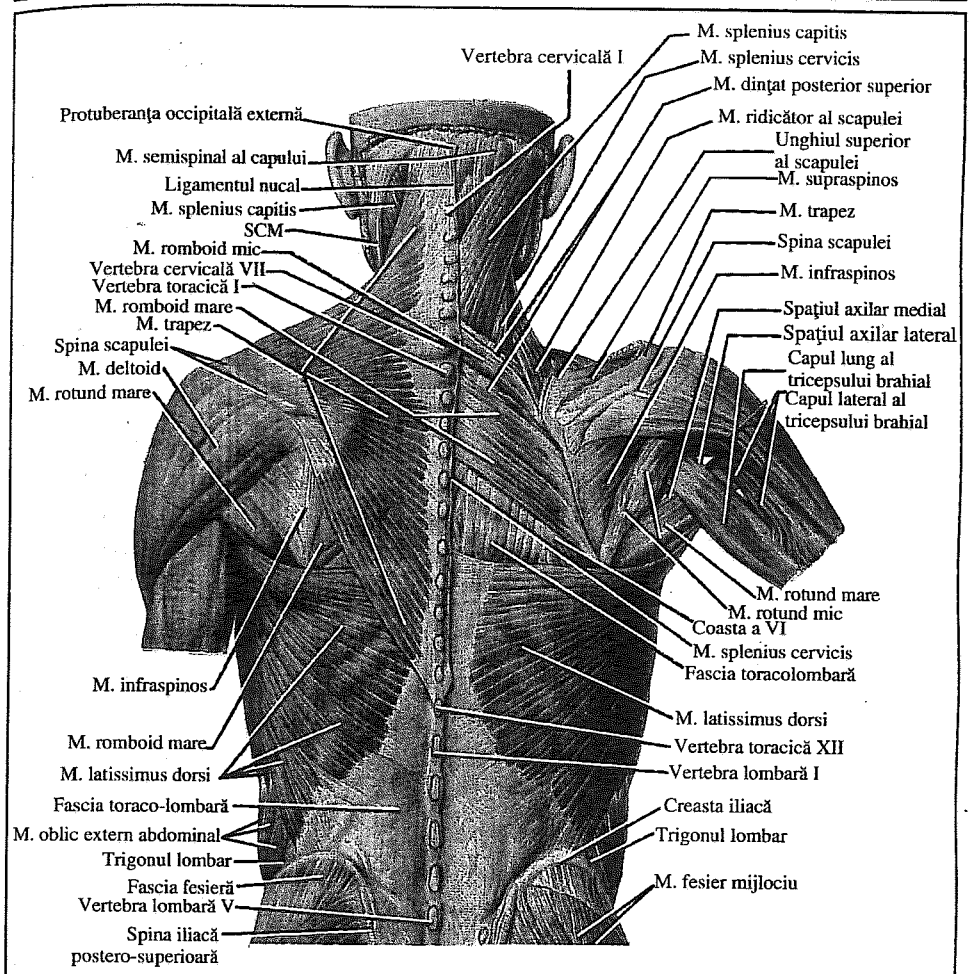



**Fig. 31. Muşchii posteriori ai trunchiului**

***Muşchii spatelui şi ai cefei - continuare***

| Muşchiul | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **6. Dinţat posterior şi inferior** | Pe procesele spinoase $T_{11}$, $T_{12}$ şi $L_1$, $L_2$. | Pe ultimele 4 coaste. | Coboară coastele, fiind expirator. | Nervii intercostali. |
| **7. Splenius (al capului şi al gâtului)** | Pe procesele spinoase $C_7$, $T_1 - T_5$. | Spleniusul capului, pe occipital şi pe mastoidă; spleniusul gâtului, pe procesele transverse ale atlasului şi axisului. | În contracţie bilaterală sunt extensori ai capului. În contracţie unilaterală înclină capul de aceeaşi parte. | Plexul cervical. |

**Mușchii anterolaterali ai toracelui**. În partea anterioară a toracelui se găsesc cei doi mușchi pectorali (marele și micul pectoral). Mai profund se află mușchiul subclavicular și dințatul mare.

În spațiile intercostale se găsesc mușchii intercostali externi și interni.

La baza cutiei toracice se află diafragma, un mușchi lat care separă cutia toracică de cavitatea abdominală, având o față boltită spre torace și o față concavă spre abdomen.

Structural, diafragma are două porțiuni: centrală (aponevrotică) și periferică (musculară). Componenta aponevrotică se numește centrul tendinos al diafragmei și are formă de trifoi.

***Mușchii anterolaterali ai toracelui***

| Mușchiul | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **1. Marele pectoral** | Are 3 fascicule de origine: clavicular, pe claviculă; sternocostal, pe fața anterioară a coastelor și pe primele 6 cartilaje costale; abdominal, pe teaca marelui drept abdominal. | Pe humerus (creasta marelui tubercul). | Când ia punct fix pe torace apropie brațul de torace. Când ia punct fix pe humerus intervine în cățărare, ridicând toracele. | Plexul brahial. |
| **2. Micul pectoral** | Pe procesul coracoid al scapulei. | Pe coastele II, IV și V. | Ridică coastele și intervine în inspirație. | Plexul brahial. |
| **3. Subclavicular** | Pe fața inferioară a claviculei. | Pe coasta I. | Coboară clavicula și intervine în inspirație. | Plexul brahial. |

***Mușchii anterolaterali ai toracelui*** - *continuare*

| Mușchiul | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **4. Marele dințat (dințat anterior)** | Pe primele 10 coaste. | Pe marginea internă a scapulei. | Când ia punct fix pe torace duce scapula înainte și lateral. Când ia punct fix pe scapulă ridică coastele (deci inspirație). | Plexul brahial. |
| **5. Intercostali externi** | Pe buza externă a marginilor superioare ale coastelor subiacente. | Pe buza externă a marginilor superioare ale coastelor subiacente. | Sunt ridicători ai coastelor, deci inspiratori. Ocupă partea posterioară a spațiului intercostal; au fibre oblice, de sus în jos și dinapoi înainte. | Nervii intercostali. |
| **6. Intercostali interni** | Pe buza internă a marginilor superioare ale coastelor subiacente. | Pe buza externă a șanțului subcostal de pe marginea inferioară a coastei supraiacente. | Sunt coborâtori ai coastelor, deci expiratori. Ocupă partea anterioară a spațiului intercostal). Au direcție inversă cu precedenții. | Nervii intercostali. |



Diafragma are o componentă centrală fibroasă - centru tendinos - și o componentă musculară. Componenta musculară formează partea periferică a diafragmei și prezintă trei porțiuni:

- porțiunea lombară, cu originea pe primele trei vertebre lombare, prin doi stâlpi: drept, care este mai puternic, și stâng;
- porțiunea costală își are originea pe ultimele șase coaste;
- porțiunea sternală, cu originea pe procesul xifoid.

Diafragma este străbătută de o serie de formațiuni. Dinspre torace spre abdomen trec: esofagul, cu doi nervi vagi, aorta, nervii splahnici (mare și mic) și lanțurile simpatice, iar dinspre abdomen spre torace trec vena cavă inferioară și canalul toracic.

Diafragma este inervată de nervii frenici care provin din plexul cervical ($C_3$ - $C_5$).

**Mușchii anterolaterali ai abdomenului.** Sunt mușchi lați. De o parte și de alta a liniei mediane se află mușchii drepți abdominali. Anterior de fiecare mușchi drept abdominal se află mușchiul piramidal.

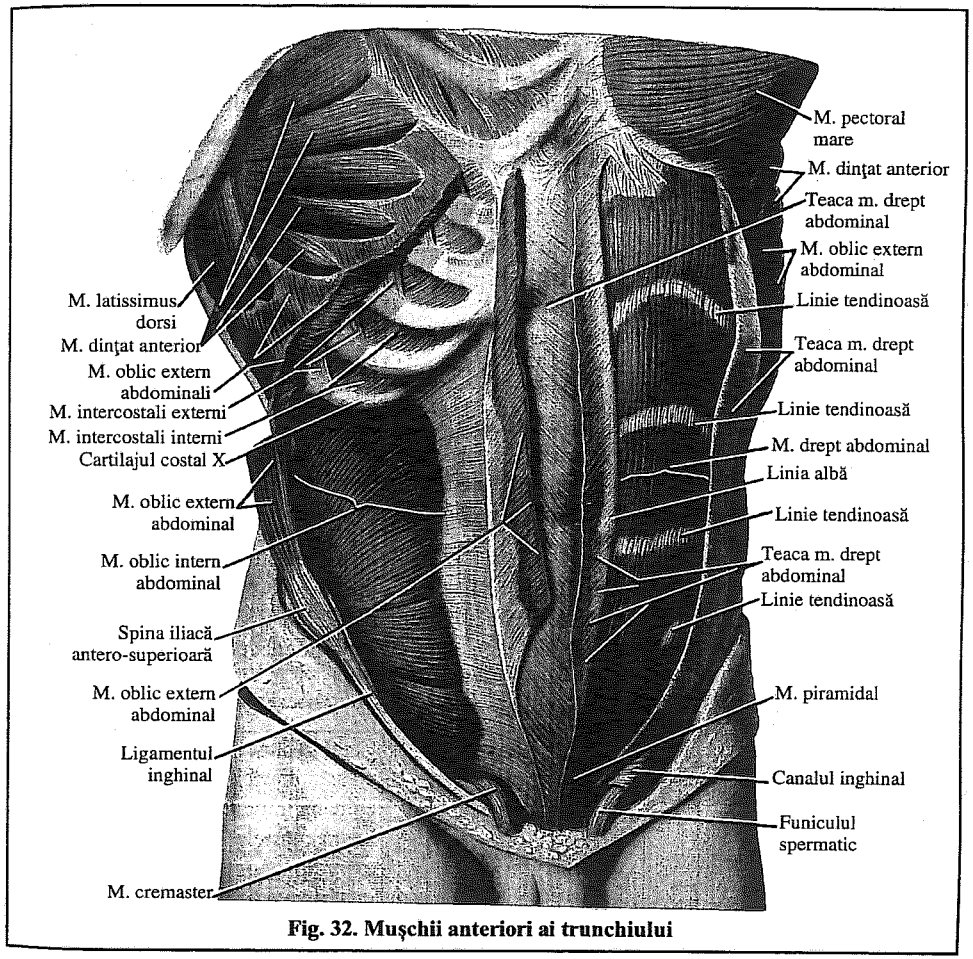



**Fig. 32. Mușchii anteriori ai trunchiului**

*Mușchii anterolaterali ai abdomenului*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **1. Marele drept abdominal** | Pe marginea superioară a simfizei pubiene. | Pe cartilajele coastelor V, VI, VII și pe apendicele xifoid al sternului. | Când ia punct fix pe pube flexează toracele, când ia punct fix pe torace flectează bazinul pe torace. | Nervii intercostali și plexul lombar. |
| **2. Piramidal** | Prin baza lui are originea pe pube. | Prin vârful lui se inseră pe linia albă. | Întinde linia albă (o pune în tensiune). | Plexul lombar. |
| **3. Oblic extern** | Pe fața externă a ultimelor coaste. | Aponevroza oblicului extern are mai multe tipuri de fibre:<br>- cele mai multe participă la formarea tecii marelui abdominal;<br>- unele ajung la creasta iliacă;<br>- altele formează pilierii care se inseră pe pube. | În contracție unilaterală rotește trunchiul în partea opusă. Intervine și în expirație, coborând coastele (m. expirator accesor). Când ia punct fix pe coastă flexează bazinul pe torace. | Nervii intercostali și plexul lombar. |
| **4. Oblic intern** | Pe creasta iliacă. | Fasciculele posterioare se inseră pe marginea superioară a ultimelor coaste.<br>Fasciculele mijlocii formează teaca marelui drept abdominal.<br>Fasciculele anterioare formează cu fasciculele venite din mușchiul transvers tendonul conjunct. | În contracție unilaterală rotește toracele de aceeași parte. Când ia punct fix pe torace face flexia bazinului pe torace; când ia punct fix pe creasta iliacă face flexia toracelui pe bazin. Coboară coastele (mușchi expirator). | Nervii intercostali și plexul lombar. |
| **5. Transvers abdominal** | Pe ultimele 6 cartilaje costale și pe creasta iliacă. | Fibrele superioare ale aponevrozei participă la formarea tecii marelui drept abdominal. Fibrele inferioare contribuie la formarea tendonului conjunct, împreună cu fibre din mușchiul oblic intern. | Trage coastele spre linia mediană, strângând toracele ca un brâu. Coboară coastele (mușchi expirator accesor). | Nervii intercostali și plexul lombar. |
| **6. Pătrat lombar** | Pe creasta iliacă. | Pe coasta XII. | Când ia punct fix pe creasta iliacă înclină coloana lombară. Coboară coastele, fiind expirator. Contribuie la menținerea trunchiului în rectitudine. | Plexul lombar. |



*Mușchii anterolaterali ai abdomenului* - *continuare*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **7. Psoas** | Pe corpurile vertebrelor toracale. Se unește cu mușchiul iliac și formează mușchiul psoas-iliac. | Pe trohanterul mic. | Flexia coapsei pe bazin. | Plexul lombar. |

Lateral de mușchii drepți abdominali se află mușchii oblic extern, oblic intern și transvers al abdomenului. Toți acești 3 mușchi laterali sunt cărnoși în partea posterioară, iar anterior se continuă cu aponevroze care formează teaca dreptului abdominal, ce acoperă mușchiul omonim și mușchiul piramidal. Prin întretăierea fibrelor aponevrozelor mușchilor laterali se formează pe linia mediană, între cei 2 drepți abdominali - linia albă (rafeu tendinos). În partea posterioară a abdomenului se află mușchiul psoas și pătrat lombar.

**Acțiunea mușchilor abdominali.** În totalitate, mușchii abdomenului au o acțiune asupra coloanei vertebrale și o acțiune de presă abdominală.

***Acțiunea asupra coloanei***: mușchii abdominali, în special mușchii drepți, contribuie împreună cu mușchii jgeaburilor vertebrale și cu mușchii pătrați ai lombelor la menținerea în rectitudine a coloanei vertebrale.

***Acțiunea de presă abdominală***: mușchii abdomenului formează o centură contractilă, rolul principal revenind mușchiului transvers. Prin tonicitatea lor, contribuie la fixarea organelor abdominale. Când se contractă activ, comprimă aceste organe și determină "o presă abdominală" ce intervine în acte fiziologice precum: expirația, micțiunea, defecația, expulzia fătului. Presiunea abdominală intervine și în vomă.

## MUȘCHII MEMBRELOR

### Mușchii membrului superior

Sunt grupați în mușchi ai: umărului, brațului, antebrațului și mâinii (fig. 33-37).

***Mușchii umărului***

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **1. Deltoid** (cel mai voluminos dintre mușchii umărului) | Pe claviculă (fascicul anterior), pe acromion (fascicul mijlociu) și pe spina scapulei (fasciculul posterior). | Pe tuberozitatea deltoidiană de pe corpul humerusului. | Fasciculele anterioare proiectează brațul înainte, fasciculele posterioare proiectează brațul înapoi. Contracția sinergică a celor trei fascicule duce brațul până la orizontală (abducție). | Plexul brahial. |
| **2. Supraspinos** | În fosa supraspinoasă de pe fața posterioară a scapulei. | Pe tuberculul mare al humerusului. | Este abductor al brațului, ajutând m. deltoid în acțiunea sa de abducție. | Plexul brahial. |
| **3. Infraspinos** | În fosa infraspinoasă de pe fața posterioară a scapulei. | Pe tuberculul mare al humerusului. | Face rotația în afară a humerusului. | Plexul brahial. |

*Muşchii umărului - continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **4. Rotund mic** | Pe marginea laterală a scapulei. | Pe tuberculul mare al humerusului. | Face rotaţia în afară a humerusului. | Plexul brahial. |
| **5. Rotund mare** | Pe marginea laterală a scapulei, sub precedentul. | Pe tuberculul mic al humerusului şi creasta lui. | Face rotaţia înăuntru a braţului şi apropie braţul de corp (adductor). | Plexul brahial. |
| **6. Subscapular** | În fosa subscapulară de pe faţa anterioară a scapulei. | Pe tuberculul mic al humerusului. | Face rotaţia înăuntru a braţului şi adducţia lui. | Plexul brahial. |

***Muşchii regiunii anterioare a braţului***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Biceps brahial** | Are două origini: pe procesul coracoid al scapulei şi pe un tubercul situat deasupra cavităţii glenoidale a scapulei. | Pe tuberozitatea radiusului. | Flexează antebraţul pe braţ, face mişcarea de supinaţie. Asupra braţului este adductor. | Plexul brahial. |
| **2. Coracobrahial** | Pe procesul coracoid al scapulei. | Pe corpul humerusului (faţa lui medială). | Proiectează înainte braţul şi îl apropie de trunchi (adductor). | Plexul brahial. |
| **3. Brahial** | Pe corpul humerusului, sub tuberozitatea deltoidiană. | Pe procesul coronoid al ulnei. | Flexor puternic al antebraţului pe braţ. | Plexul brahial. |

***Muşchii regiunii posterioare a braţului***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **Triceps brahial** | Are trei capete de origine: unul se prinde pe un tubercul situat sub cavitatea glenoidă a scapulei, celelalte două pe faţa posterioară a humerusului, de o parte şi de alta a şanţului de torsiune. | Pe olecran. | Extensor al braţului. | Plexul brahial. |

***Muşchii regiunii anterioare a antebraţului***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **Rotund pronator** | Prin capătul humeral pe epicondilul medial al humerusului, iar prin capătul ulnar pe procesul coronoid al ulnei. | Pe faţa laterală a radiusului. | Face mişcarea de pronaţie a mâinii. Este un flexor al antebraţului pe braţ. | Plexul brahial. |



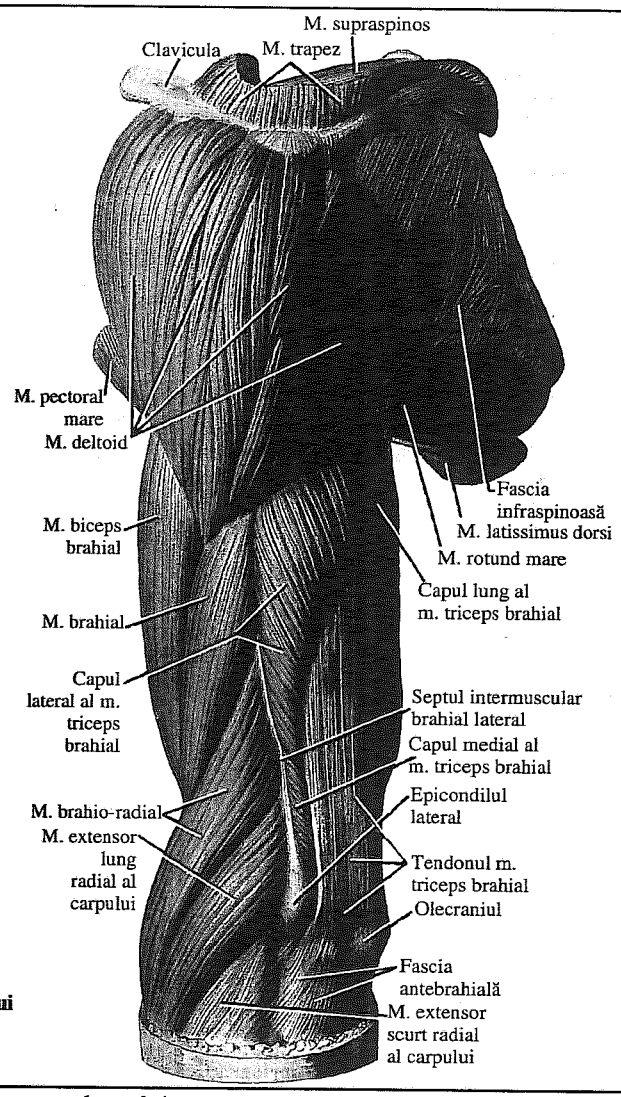



**Fig. 33. Muşchii umărului şi ai braţului**

***Muşchii regiunii anterioare a antebraţului - continuare***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **2. Flexor radial al carpului** | Pe epicondilul medial al humerusului. | Pe baza metacarpianului II. | Slab flexor al antebraţului pe braţ şi al mâinii pe antebraţ. Slab abductor al mâinii (o duce în afară). | Plexul brahial. |
| **3. Palmar lung** | Pe epicondilul medial al humerusului. | Pe aponevroza palmară. | Slab flexor al mâinii şi antebraţului. | Plexul brahial. |

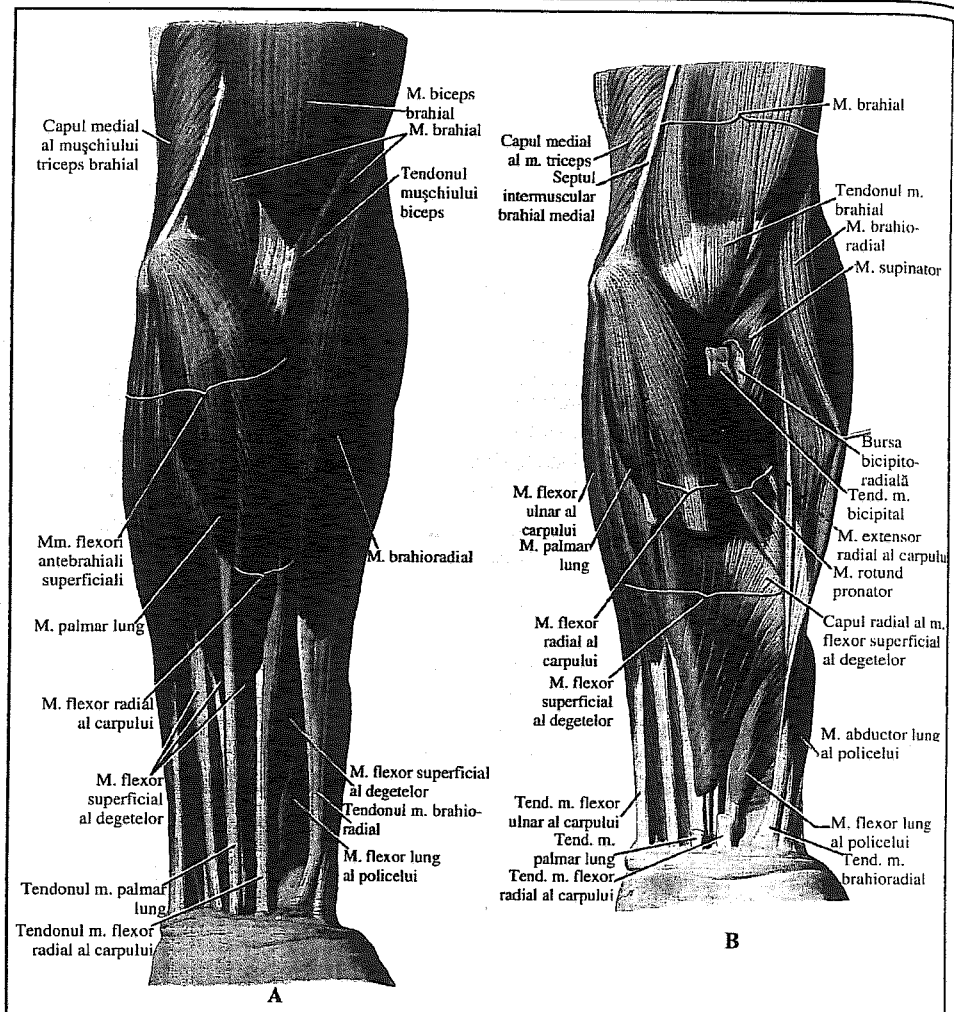



**Fig. 34. Antebraţ, faţa anterioară: A - plan superficial; B - plan profund**

***Muşchii regiunii anterioare a antebraţului*** *- continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **4. Flexor ulnar al carpului** | Prin capătul ulnar se inseră pe epicondilul medial al humerusului, iar prin capătul ulnar pe olecran. | Pe osul pisiform. | Flexor al mâinii. Face şi abducţia mâinii (o duce înăuntru). | Plexul brahial. |



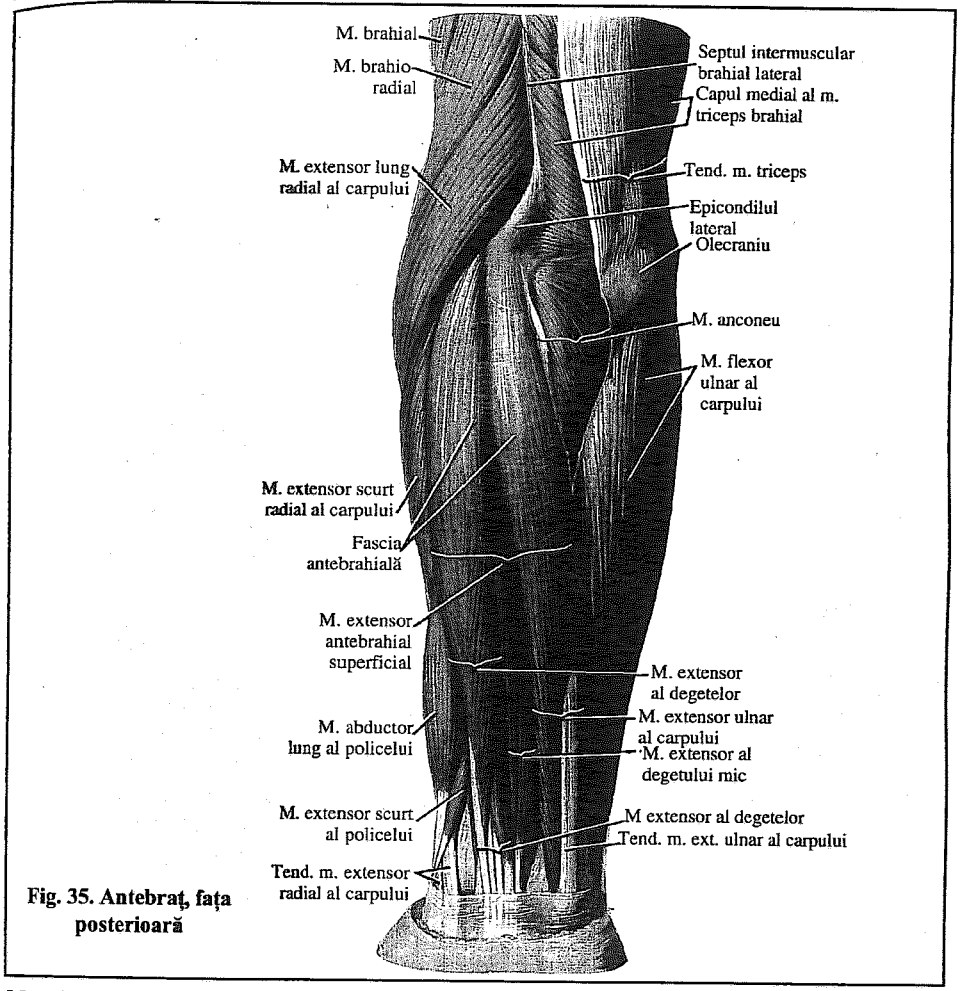



**Fig. 35. Antebraţ, faţa posterioară**

***Muşchii regiunii anterioare a antebraţului*** *- continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **5. Flexor superficial al degetelor** | Capătul humeroulnar are originea pe epicondilul medial al humerusului şi pe procesul coronoid al ulnei. Corpul muscular se continuă cu patru tendoane, destinate degetelor II – V. | Pe falanga medie a degetelor II, III, IV, V. Fiecare tendon al flexorului superficial al degetelor se împarte în câte două fascicule care se prind de falanga medie a degetelor II, III, IV şi V. Printre cele două fascicule trec tendoanele flexorului profund al degetelor. | Flexează falanga medie pe cea proximală, degetele pe mână, mâna pe antebraţ şi antebraţul pe braţ. Este şi adductor al mâinii. | Plexul brahial. |

*Mușchii regiunii anterioare a antebrațului* - *continuare*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **6. Flexor profund al degetelor** | Pe fața anterioară a ulnei și pe membrana interosoasă a antebrațului. Corpul muscular se continuă cu patru tendoane pentru degetele II – V. | Fiecare tendon al degetelor II- V trece printre tendoanele flexorului superficial al degetelor și se inseră pe falanga distală. | Flectează falanga distală pe cea medie, media pe proximală, degetele pe mână și mâna pe antebraț. Este și adductor al mâinii. | Plexul brahial. |
| **7. Flexorul lung al policelui** | Pe fața anterioară a radiusului și pe membrana interosoasă. | Pe falanga distală a policelui. | Flectează falanga distală pe cea proximală, policele pe antebraț. Este ușor abductor. | Plexul brahial. |
| **8. Pătratul pronator** | Pe fața anterioară a ulnei, în porțiunea sa distală. | Pe fața anterioară a radiusului, în porțiunea sa distală. | Determină poziția mâinii. | Plexul brahial. |

*Mușchii regiunii posterioare a antebrațului*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **1. Extensor al degetelor** | Pe epicondilul lateral al humerusului. Corpul muscular se împarte în patru tendoane pentru degetele II - V. Fiecare tendon are trei ramuri aponevrotice. | Ramura aponevrotică mediană se prinde pe falanga medie a degetelor II - V, iar ramurile aponevrotice laterale pe falanga distală de la aceleași degete. | Extensor al falangei distale pe cea medie, al falangei medii pe falanga proximală, al degetelor pe metacarp și al mâinii pe antebraț. Este și adductor al mâinii. | Plexul brahial. |
| **2. Extensor al degetului mic** | Pe epicondilul lateral al humerusului. | Pe ultimele două falange ale degetului mic. | Este extensor al degetului mic și al mâinii. | Plexul brahial. |
| **3. Extensor ulnar al degetului mic** | Capătul humeral se inseră pe condilul lateral al humerusului, iar capătul ulnar pe marginea posterioară a ulnei. | Pe baza metacarpianului V. | Face extensia mâinii și abducția ei. | Plexul brahial. |
| **4. Anconeu** | Pe condilul lateral al humerusului. | Pe fața posterioară a extremității superioare a ulnei. | Extensor al antebrațului. | Plexul brahial. |



*Mușchii regiunii posterioare a antebrațului* - *continuare*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **5. Abductor lung al policelui** | Pe fața posterioară a ulnei, a radiusului și a membranei interosoase. | Pe falanga proximală a policelui. | Abductor al policelui și al mâinii. | Plexul brahial. |
| **6. Extensor scurt al policelui** | Pe fața posterioară a ulnei, a radiusului și a membranei interosoase. | Pe falanga distală a policelui. | Extensor și abductor al policelui. | Plexul brahial. |
| **7. Extensor lung al policelui** | Pe membrana interosoasă și pe fața posterioară a ulnei. | Pe falanga distală a policelui. | Extensor și abductor al policelui. | Plexul brahial. |
| **8. Extensorul degetului II (index)** | Pe membrana interosoasă a humerusului, în porțiunea ei distală, deasupra epicondilului lateral. | Se alătură tendonului extensorului comun al degetelor destinat indexului. | Extensor al indexului. Participă și la extensia mâinii. | Plexul brahial. |

*Mușchii regiunii laterale a antebrațului*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **1. Brahioradial** | Pe marginea laterală a humerusului, în porțiunea ei distală, deasupra epicondilului lateral. | Pe procesul stiloid al radiusului. | Flexor al antebrațului pe braț. Este supinator numai când antebrațul este în pronație și pronator când antebrațul este în supinație. | Plexul brahial. |
| **2. Lung extensor radial al carpului** | Pe marginea laterală a humerusului, în porțiunea ei distală, deasupra epicondilului lateral. | Pe cel de al II-lea metacarpian. | Extensor și abductor al mâinii. Este flexor al antebrațului pe braț. | Plexul brahial. |
| **3. Scurt extensor radial al carpului** | Pe epicondilul lateral al humerusului. | Pe cel de al II-lea metacarpian. | Extensor și abductor al mâinii. Este și flexor al antebrațului pe braț. | Plexul brahial. |
| **4. Supinator** | Pe extremitatea proximală a ulnei, sub incizura radială. | Pe fața laterală a radiusului. | Cel mai puternic supinator al antebrațului și mâinii. | Plexul brahial. |

Mâna posedă un aparat muscular complex și are mușchi numai pe fața sa palmară și în spațiile interosoase. Mușchii mâinii sunt grupați în trei regiuni: 1. Regiunea laterală cuprinde mușchi care deservesc degetul mare (policele) și anume: m. abductor al policelui, m. opozant al policelui, m. scurt al policelui și m. adductor al policelui. Acțiunea acestor mușchi este indicată de denumirea lor. 2. Regiunea medială conține m. flexor scurt al degetului mic (inelar), m. abductor al degetului mic și m. opozant degetului mic. 3. Regiunea mijlocie cuprinde mușchii lombricali și interosoși.

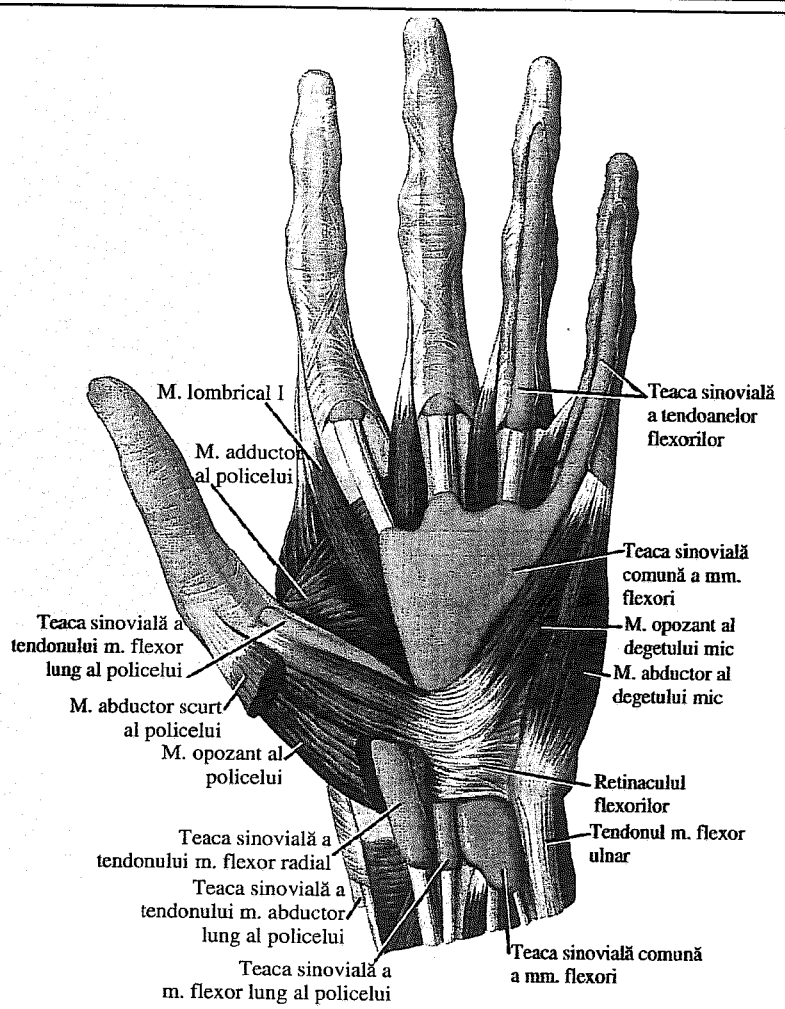



**Fig. 36. Mâna, faţa anterioară, plan superficial**

Muşchii lombricali sunt anexaţi tendoanelor muşchiului flexor profund al degetelor şi se notează dinspre police spre degetul mic cu cifrele I – V. Ei flexează prima falangă (proximală) şi extind pe celelalte două (medie şi distală). Muşchii interosoşi ocupă spaţiile dintre metacarpiene şi sunt unii palmari, alţii dorsali (fig. 36, 37).

Muşchii interosoşi flectează toţi falanga proximală şi extind falanga medie şi distală; în plus, interosoşii palmari apropie degetele de axul mâinii, iar cei dorsali îndepărtează degetele de axul mâinii.

### Muşchii membrului inferior

La membrul inferior vom descrie muşchii bazinului, muşchii coapsei, muşchii gambei şi muşchii piciorului (fig. 38-40).



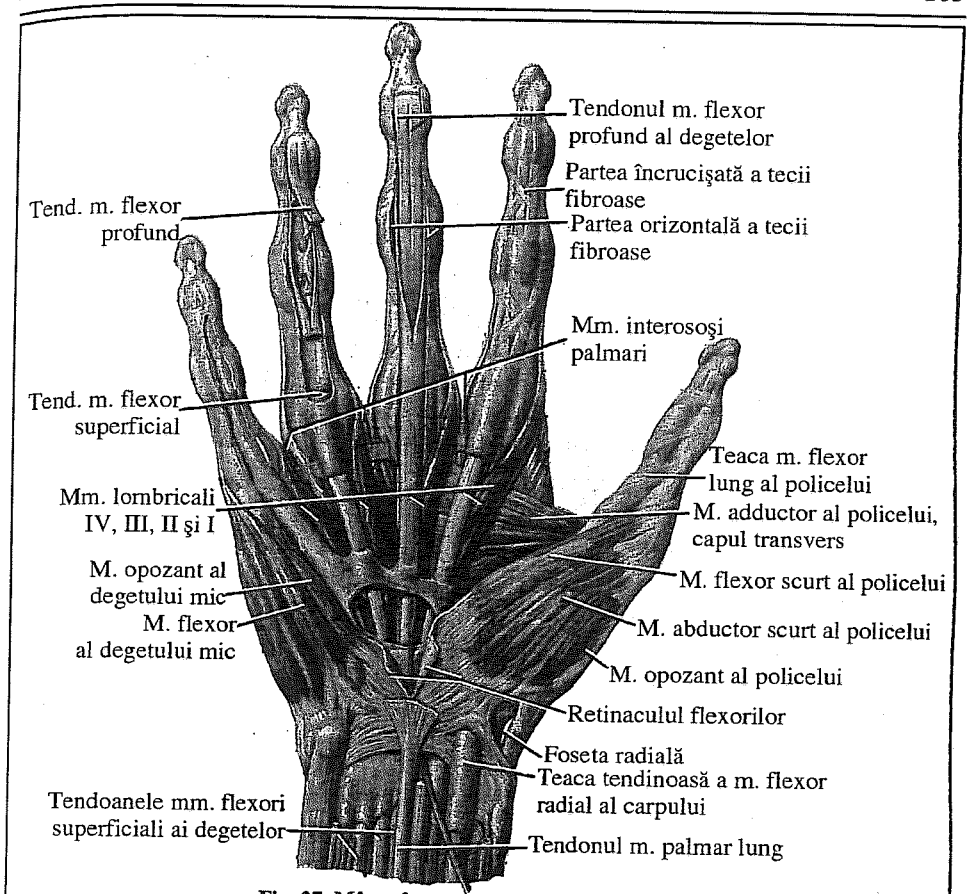



**Fig. 37. Mâna, faţa anterioară, plan profund**

***Muşchii anteriori ai bazinului***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **Ileopsoas,** format din **muşchiul psoas** şi **muşchiul iliac** | În fosa iliacă. | Pe trohanterul mic. | Flexor al coapsei pe bazin când îşi ia punct fix pe origine şi flexor al bazinului pe coapsă când îşi ia punct fix pe inserţie. În contracţie unilaterală înclină trunchiul de aceeaşi parte. | Plexul lombar. |

***Muşchii posteriori ai bazinului***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Muşchii fesieri**<br>**- fesier mare** (cel mai superficial şi cel mai voluminos) | Pe aripa iliacă, înapoia liniei fesiere posterioare. | Pe faţa posterioară a trohanterului mare. | Extensor al coapsei; împreună cu ceilalţi muşchi fesieri, intervine în menţinerea poziţiei de verticalitate a corpului. | Plexul sacral. |

***Mușchii posteriori ai bazinului*** - *continuare*

| Numele mușchiului | Origine | Inserție | Acțiune | Inervație |
|---|---|---|---|---|
| **- fesier mijlociu** | Pe aripa iliacă, între linia fesieră posterioară și anterioară. | Pe fața laterală a trohanterului mare. | Au acțiune comună. Fibrele posterioare ale celor doi mușchi au acțiune de extensie și rotație în afară a coapsei, în timp ce fibrele anterioare au acțiune de flexie și rotație înăuntru a coapsei. | Plexul sacral. |
| **- fesier mic** | Pe aripa iliacă, înaintea liniei fesiere anterioare. | Fața anterioară a trohanterului mare. | | Plexul sacral. |
| **2. Obturator extern** | Pe cadrul extern al găurii obturate și pe membrana obturatorie. | În fosa trohanterică. | Rotator în afară al coapsei. | Plexul lombar. |
| **3. Obturator intern** | Pe cadrul intern al găurii obturate și pe membrana obturatorie. | Pe fața medială a trohanterului mare. | Rotator în afară al coapsei. | Plexul lombar. |
| **4. Piriform** (formă triunghiulară cu baza la osul sacru și vârful pe trohanterul mare). | Fața anterioară a sacrului, în vecinătatea găurilor sacrale. | Pe vârful trohanterului mare. | Rotator în afară și abductor al coapsei. | Plexul sacral. |
| **5. Mușchii gemeni** **- gemen superior** **- gemen inferior** | Pe spina ischiatică. / Pe tuberozitatea ischiatică. | Împreună cu obturatorul intern, pe fața medială a trohanterului mare. | Aceeași acțiune ca mușchiul obturator intern. | Plexul sacral. |
| **6. Tensor al fasciei lata** | Pe spina iliacă antero-superioară (creasta iliacă). | Pe tractul iliotibial, formațiune fibroasă a fasciei coapsei, care, în sus, se inseră pe coxal, iar în jos pe condilul lateral al tibiei și pe capul fibulei. | Flexor și abductor al coapsei. | Plexul sacral. |
| **7. Pătrat femural** | Pe tuberozitatea ischiatică. | Pe creasta intertrohanterică. | Rotator în afară al coapsei. | Plexul lombar. |



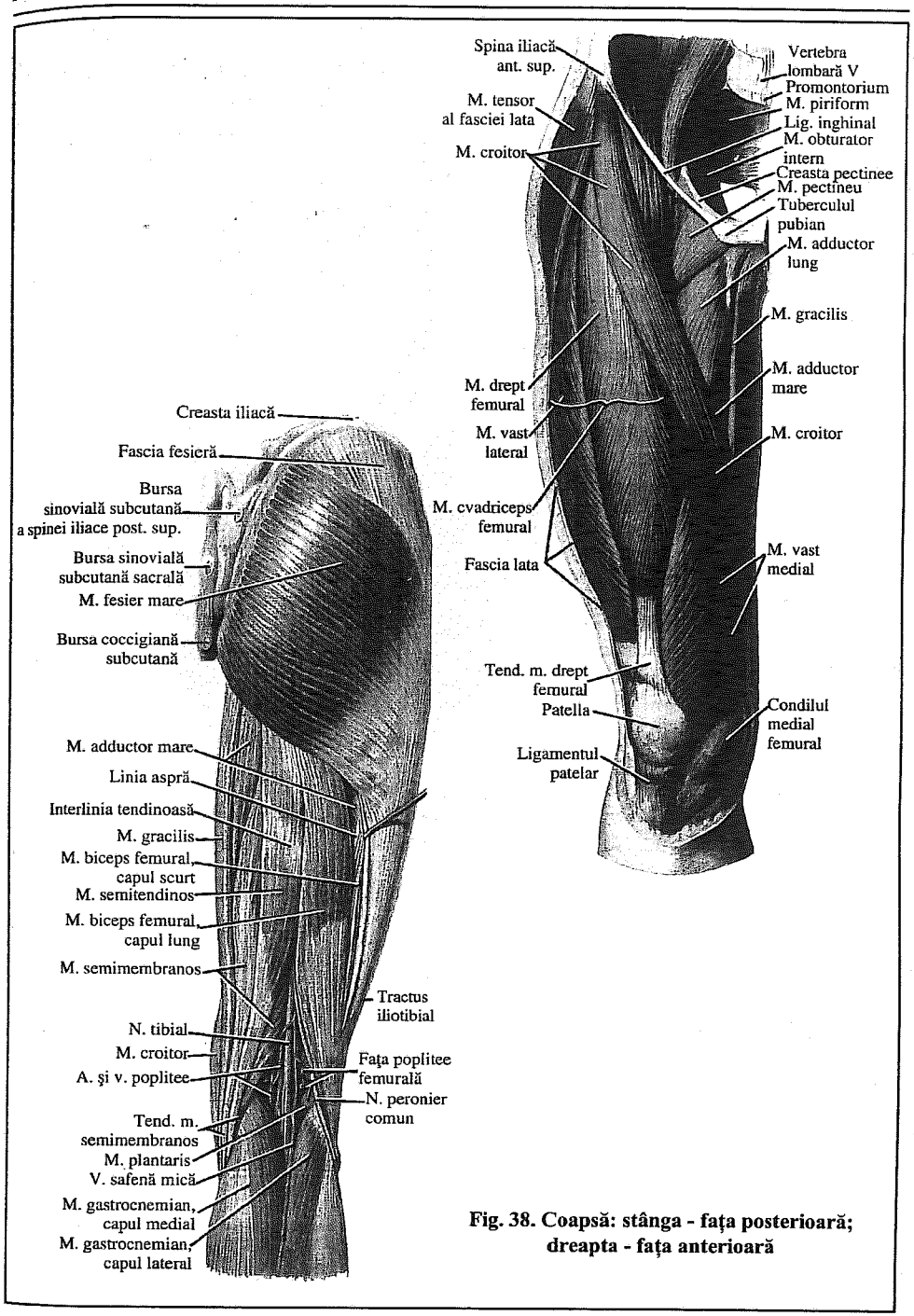



**Fig. 38. Coapsă: stânga - fața posterioară; dreapta - fața anterioară**

*Muşchii coapsei, regiunea anterioară*

| Muşchiul | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Croitor** (cel mai lung muşchi al corpului) | Spina iliacă anterosuperioară. | Pe faţa medială a tibiei, sub condilul medial. | Flexor al coapsei pe bazin şi al gambei pe coapsă. | Plexul lombar. |
| **2. Cvadriceps** (are patru capete de origine) | a. **Vastul lateral**, pe faţa laterală a femurului şi buza externă a liniei aspre.<br>b. **Vastul medial**, pe faţa medială a femurului şi pe buza internă a liniei aspre.<br>c. **Vastul intermediar**, pe faţa anterioară a femurului.<br>d. **Dreptul femural**, pe bazin. | Pe baza şi marginile rotulei. | Extensor al gambei pe coapsă. | Plexul lombar. |

*Muşchii coapsei, regiunea posterioară*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Biceps femural** | Capătul lung pe tuberozitatea ischiatică; capătul scurt, pe linia aspră. | Pe capul fibulei. | Extensor al coapsei, flexor al genunchiului şi rotator în afară al gambei. | Plexul sacral. |
| **2. Semimembranos** | Pe tuberozitatea ischiatică. | Tendonul direct, pe faţa posterioară a condilului medial al tibiei, tendonul recurent merge în sus şi lateral, tendonul reflectat ocoleşte condilul medial al tibiei. | Extensor al coapsei şi flexor al genunchilor. Rotator înăuntru al gambei. | Plexul sacral. |
| **3. Semitendinos** (situat superficial de precedentul) | Pe tuberozitatea ischiatică. | Pe faţa medială a tibiei, sub condilul medial. | Extensor al coapsei şi flexor al genunchiului. Rotator înăuntru al gambei. | Plexul sacral. |

*Muşchii coapsei, regiunea medială*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Pectineu** | Pe creasta pectineală de pe osul pubis. | Pe linia de trifurcare mijlocie a liniei aspre. | Flexor al coapsei şi uşor adductor al coapsei. | Plexul lombar. |



*Muşchii coapsei, regiunea medială - continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **2. Adductor lung** | Pe osul pubis, sub tuberculul pubic. | Pe interstiţiul liniei aspre. | Flexor al coapsei, adductor al coapsei şi rotator în afară. | Plexul lombar. |
| **3. Adductor scurt** | Pe ramura ischiopubiană. | Pe interstiţiul liniei aspre. | Este adductor al coapsei, flexor al coapsei şi rotator în afară. | Plexul lombar. |
| **4. Adductor mare** | Pe ramura ischiopubiană şi tuberozitatea ischiatică. | Pe interstiţiul liniei aspre şi pe condilul medial al femurului. | Este cel mai puternic adductor al coapsei. Datorită inserţiei pe tuberozitatea ischiatică, este extensor al coapsei. Este şi rotator în afară al coapsei. | Plexul lombar. |
| **5. Gracilis** | Pe ramura ischiopubiană. | Pe faţa medială a tibiei, sub condilul medial. | Adductor al coapsei, flexor al gambei şi rotator medial al gambei. | Plexul sacral. |

*Muşchii gambei, regiunea anterioară*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Tibialul anterior** | Pe condilul lateral al tibiei, faţa laterală a tibiei şi membrana interosoasă. | I cuneiform şi I metatarsian. | Flexor dorsal al piciorului şi supinator al piciorului. | Plexul sacral. |
| **2. Extensor lung al halucelui** | Faţa medială a fibulei şi pe membrana interosoasă. | A doua falangă a halucelui. | Extensor al halucelui şi flexor dorsal al piciorului. | Plexul sacral. |
| **3. Extensor lung al degetelor** | Faţa medială a fibulei şi membrana interosoasă; se împarte în patru tendoane, pentru degetele II – V. Fiecare tendon se împarte într-un fascicul mijlociu şi două marginale. | Fasciculul mijlociu se inseră pe a II-a falangă, iar cele două marginale pe a treia falangă. | Extensor al degetelor II – V şi flexor dorsal al piciorului. Este şi pronator al piciorului. | Plexul sacral. |

*Muşchii gambei, regiunea laterală*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Peronier lung** | Pe capul fibulei, pe faţa laterală a fibulei. | Străbate planta şi se inseră pe I metatarsian şi pe I cuneiform. | Pronator al piciorului şi extensor al piciorului. Susţine bolta piciorului. | Plexul sacral. |
| **2. Peronier scurt** | Pe faţa laterală a fibulei. | Metatarsianul V. | Pronator şi flexor plantar al piciorului (extensor). | Plexul sacral. |

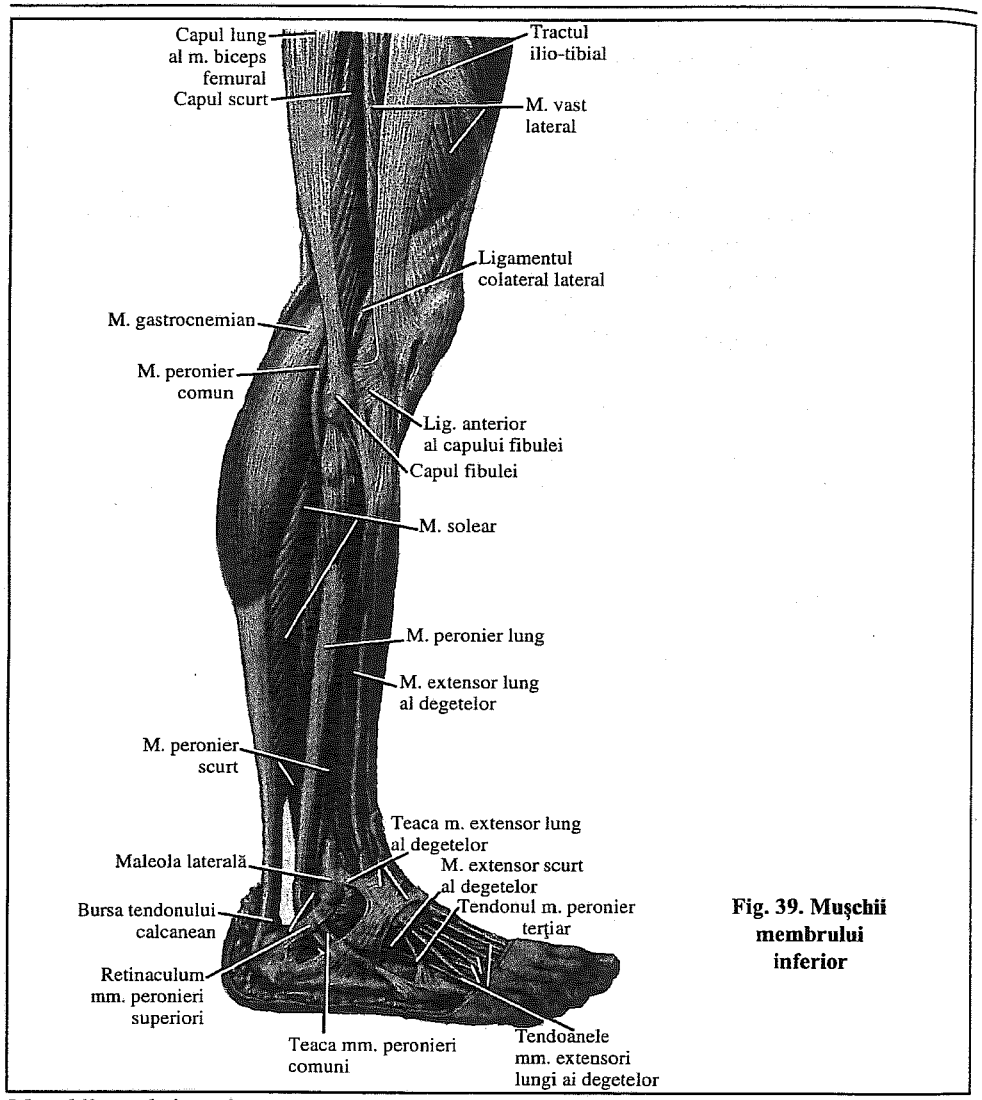



**Fig. 39. Muşchii membrului inferior**

***Muşchii gambei, regiunea posterioară***

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **1. Gastrocnemian** | Capătul lateral pe condilul lateral femural, capătul medial pe condilul femural medial. | Aceşti muşchi formează împreună cu solearul tricepsul sural, care se continuă cu tendonul lui Ahile, ce se inseră pe tuberozitatea calcaneului. | Tricepsul sural este extensor, supinator şi adductor al piciorului. | Plexul sacral. |
| **2. Solear** | Pe linia solearului de pe tibie, pe capul şi faţa posterioară a fibulei. | | | |



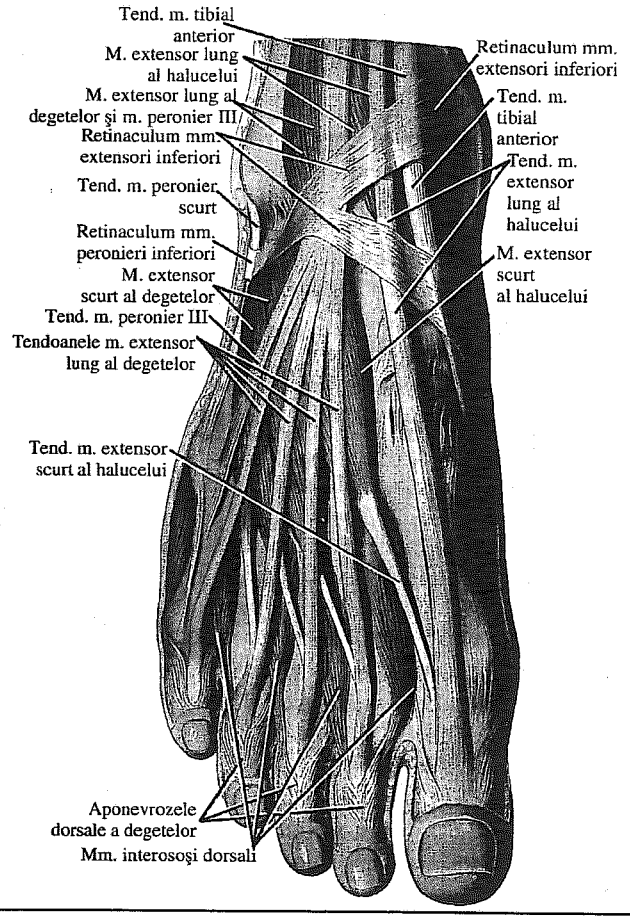



**Fig. 40. Planta**

***Muşchii gambei, regiunea posterioară*** - *continuare*

| Numele muşchiului | Origine | Inserţie | Acţiune | Inervaţie |
|---|---|---|---|---|
| **3. Popliteu** | Pe condilul lateral al femurului. | Deasupra liniei solearului | Flexia gambei pe coapsă şi roteşte înăuntru gamba. | Plexul sacral. |
| **4. Flexor lung al degetelor** | Pe faţa posterioară a tibiei. | Pe falanga a III–a a degetelor II – V. | Flexor al degetelor, extensor şi supinator al piciorului. | |
| **5. Tibial posterior** | Pe faţa posterioară a tibiei şi fibulei, cât şi pe membrana interosoasă. | Pe tuberozitatea osului navicular. | Extensor, adductor şi supinator al piciorului. | |
| **6. Flexor lung al halucelui** | Faţa posterioară a fibulei şi membrana interosoasă. | A II–a falangă a halucelui. | Flexor al halucelui, extensor, adductor şi supinator al piciorului. | |

Muşchii piciorului, spre deosebire de cei ai mâinii, unde toţi sunt exclusiv palmari, sunt aşezaţi atât pe faţa dorsală, cât şi pe faţa plantară. Pe faţa dorsală se află doi muşchi scurţi: muşchiul extensor scurt al degetelor, care se termină prin patru tendoane pentru degetele II - V, şi muşchiul extensor scurt al halucelui. Ei fac extensia degetelor.

Muşchii plantari sunt aşezaţi în trei grupe: grupul medial, grupul mijlociu şi grupul lateral. Grupul medial cuprinde muşchi destinaţi halucelui, şi anume: muşchiul abductor al halucelui, muşchiul flexor scurt al halucelui şi muşchiul adductor al halucelui, a căror acţiune este indicată de însuşi numele muşchiului. Grupul lateral este format din doi muşchi destinaţi degetului mic: muşchiul abductor al degetului mic şi muşchiul scurt flexor al degetului mic. Muşchii grupului mijlociu sunt mai numeroşi şi sunt aşezaţi pe mai multe planuri. În planul superficial se află muşchiul scurt flexor al degetelor. În planul mijlociu se află muşchiul pătrat plantar şi muşchii lombricali care se inseră pe cele patru tendoane ale muşchiului flexor lung al degetelor situate şi ele în planul mijlociu. În stratul profund se află muşchii interosoşi, plantari şi dorsali. Muşchii interosoşi fac flexia primei falange. Acţiunea de extensie a ultimelor două falange este redusă.

# FIZIOLOGIA SISTEMULUI MUSCULAR

Muşchii reprezintă efectori importanţi ai organismului. În funcţie de aspectul lor la microscopul optic, fibrele musculare sunt de două tipuri: 1. striate (includ fibrele scheletice şi miocardice, caracterizându-se prin prezenţa unei alternanţe de benzi luminoase cu întunecate); 2. netede (fără caracteristici de prezentare).

Muşchii scheletici asigură tonusul, postura, echilibrul, mimica şi mişcările voluntare. Muşchiul cardiac asigură activitatea de pompă ritmică a inimii. Muşchii netezi asigură buna funcţionare a circulaţiei, motilitatea digestivă şi excretorie, acomodarea vederii, naşterea, alăptarea etc. Componenta efectorie a reflexelor somatice de tonus, postură, echilibru şi redresare, precum şi a activităţii motorii voluntare, a expresiei stărilor afectiv emoţionale şi limbajului o reprezintă muşchiul striat somatic. Componenta efectorie a reflexelor vegetative motorii o reprezintă musculatura netedă. Indiferent de particularităţile morfologice şi de rolul lor specific, toţi muşchii se caracterizează prin proprietatea de a transforma energia chimică în energie mecanică. Această transformare are loc la nivelul sarcomerului, cu un randament de 30 - 40%. Muşchii scheletici reprezintă aproximativ 40% din masa organismului, iar muşchii netezi şi miocardul încă 10%.

## COMPOZIŢIA BIOCHIMICĂ A MUŞCHIULUI

Muşchii conţin 80% apă şi 20% substanţe solide, organice şi anorganice.

**Substanţele organice.** Cele mai importante sunt proteinele şi substanţele energetice. Proteinele sunt localizate în miofibrile şi sarcoplasmă. Proteinele de la nivelul miofibrilelor formează sarcomere. Unele sunt proteine contractile (actina, miozina), altele au rol reglator



(troponina, tropomiozina). Proteinele citoplasmatice sunt reprezentate de enzime, mioglobină (cu structură şi roluri asemănătoare cu ale hemoglobinei din eritrocite) şi calmodulină.

Substanţele energetice ale muşchiului sunt glucidele, lipidele şi substanţele macroergice. Glucidele se află sub formă de polimer al glucozei, glicogenul, depozitat ca incluziuni în sarcoplasmă. Prin glicogenoliză, din glicogen se eliberează molecule de glucoză ce sunt metabolizate pe loc, furnizând energia necesară refacerii moleculelor macroergice. Lipidele musculare se află sub formă de incluziuni citoplasmatice de trigliceride, fiind şi ele sursă de energie. Moleculele macroergice sunt adenozintrifosfatul (ATP) şi creatinfosfatul (CP). ATP furnizează direct energia necesară contracţiei, iar CP asigură refacerea moleculelor de ATP.

**Substanţele anorganice**. Sunt, ca şi în cazul altor celule, sărurile minerale: cloruri, bicarbonaţi, sulfaţi, fosfaţi de sodiu, potasiu, calciu, magneziu.

## PROPRIETĂŢILE MUŞCHILOR

**Contractilitatea** este proprietatea specifică muşchiului şi reprezintă capacitatea de a dezvolta tensiune între capetele sale sau de a se scurta. Când muşchiul se contractă fără sarcină, el se scurtează cu viteză maximă fără tensiune. Când se contractă cu o sarcină mai mare decât forţa sa, atunci el dezvoltă o tensiune maximă, fără scurtare. Baza anatomică a contractilităţii este sarcomerul, iar baza moleculară o constituie proteinele contractile.

**Excitabilitatea** se datorează proprietăţilor membranei celulare (permeabilitate selectivă, conductanţă ionică, polarizare electrică, pompe ionice). Muşchii răspund la un stimul printr-un potenţial de acţiune propagat, urmat de contracţia caracteristică. Între manifestarea electrică de la nivelul membranei fibrei musculare şi fenomenele mecanice de la nivelul sarcomerului se produce un lanţ de reacţii fizico-chimice, numit cuplaj excitaţie-contracţie.

**Extensibilitatea** este proprietatea muşchiului de a se alungi pasiv sub acţiunea unei forţe exterioare. Substratul anatomic al extensibilităţii îl reprezintă fibrele conjunctive şi elastice din muşchi.

**Elasticitatea** este proprietatea specifică muşchilor de a se deforma sub acţiunea unei forţe şi de a reveni pasiv la forma de repaus când forţa a încetat să acţioneze. Baza anatomică a acestei proprietăţi o reprezintă fibrele elastice din structura perimisiumului. Elasticitatea joacă un rol foarte mare la muşchii ce prestează lucru mecanic, mai ales atunci când trebuie învinsă inerţia. Interpunerea unei structuri elastice între forţă (muşchiul) şi rezistenţă (obiectul ce trebuie deplasat) amortizează creşterile prea mari de tensiune în muşchi şi asigură deplasarea continuă, uniformă, a obiectului.

**Tonusul muscular** este o stare de tensiune permanentă, caracteristică muşchilor ce au inervaţie motorie somatică şi senzitivă intacte. După denervare, tonusul muşchilor scheletici dispare. Tonusul muscular este de natură reflexă.

Reflexele tonice au ca receptor fusul neuromuscular. Calea aferentă este reprezentată de dendritele protoneuronilor proprioceptivi din ganglionii spinali. Terminaţiile acestora, dispuse spiralat sau în buchet, iau contact cu porţiunea centrală, necontractilă, a fusului neuromuscular.

Axonul protoneuronilor pătrunde în măduvă pe calea rădăcinilor posterioare şi face sinapsă direct cu corpul motoneuronilor $\alpha$ din coarnele anterioare (reflex monosinaptic). Centrul spinal al reflexului tonic este chiar sinapsa dintre aceşti doi neuroni. Calea eferentă porneşte

de la motoneuronul α, prin axonul acestuia, şi se termină prin plăci motorii la nivelul fibrelor musculare striate scheletice, care reprezintă efectorul. Acesta este arcul reflex elementar. Este identic cu arcul reflexelor spinale monosinaptice, miotatice. Mecanismul elementar al tonusului muscular se află sub influenţa centrilor nervoşi superiori, situaţi la diferite etaje ale nevraxului, până la scoarţa cerebrală.

Principala localizare a centrilor superiori ai tonusului muscular este în formaţiunea reticulată a trunchiului cerebral. De aici pornesc căi descendente facilitatorii hipertonizante şi căi descendente inhibitorii hipotonizante.

Din sistemul descendent facilitator face parte fasciculul spinal, iar din cel inhibitor fasciculul rubrospinal. Căile reticulospinale transmit şi comenzi facilitatorii şi inhibitorii. Toate aceste căi descendente se termină în special pe motoneuronii gamma radiculari, producând stimularea sau inhibarea acestora. La rândul său, motoneuronul γ va transmite impulsuri mai numeroase sau mai puţine către porţiunile contractile ale fusului neuromuscular, care se vor contracta sau relaxa în funcţie de frecvenţa impulsurilor γ. În acest mod variază starea de tensiune a fibrelor intrafusale, fenomen ce excită variabil terminaţiile senzitive proprioceptive. În consecinţă, de la fusurile neuromusculare vor fi conduse aferent descărcări de potenţiale de acţiune cu frecvenţă mare, când fusul este tensionat, sau cu frecvenţă mică, atunci când fusul este relaxat. Aceste impulsuri aferente ajung la motoneuronul α, a cărui activitate va fi intensificată sau redusă, în funcţie de frecvenţa descărcărilor din fusul neuromuscular. Creşterea activităţi motoneuronilor α determină o contracţie a unităţilor motorii ale fibrelor extrafusale, deci creşterea tonusului muscular, iar reducerea activităţii motoneuronilor α va fi urmată de hipotonie. Se poate constata că tonusul muscular este controlat de centrii superiori prin intermediul motoneuronilor γ, reglând starea de tensiune a fusului neuromuscular, care, la rândul ei, prin intermediul motoneuronilor α, modifică permanent starea contractilă a muşchilor.

Aceste procese se produc permanent, atât în repausul muscular, cât şi în timpul diferitelor activităţi motorii voluntare sau automate. Intensitatea lor scade sau creşte în funcţie de circumstanţe. Tonusul muscular este influenţat şi de scoarţa cerebrală, diferite stări afectiv-emoţionale având efect stimulator sau inhibitor.

## CONTRACŢIA FIBREI MUSCULARE STRIATE

Este de trei feluri: izometrică, izotonică şi auxotonică.

**Contracţie izometrică** - lungimea muşchiului rămâne neschimbată, dar creşte tensiunea. În timpul acestui tip de contracţie, muşchiul nu prestează lucru mecanic extern, toată energia chimică se pierde sub formă de căldură plus lucru mecanic intern. Exemplu de contracţie izometrică este cea de susţinere a posturii corpului.

**Contracţie izotonică** - lungimea muşchiului variază, iar tensiunea rămâne constantă. Muşchii realizează lucru mecanic. Aceste contracţii sunt caracteristice majorităţii muşchilor sheletici.

**Contracţie auxotonică** - variază atât lungimea, cât şi tensiunea muşchiului.

În timpul unei activităţi obişnuite, fiecare muşchi trece prin faze izometrice, izotonice şi auxotonice. Începutul oricărei contracţii musculare, în special când trebuie să deplasăm greutăţi, este izometric. Aparatul contractil muscular începe să genereze forţa necesară pentru a deplasa sarcina impusă. Tensiunea din muşchi creşte de la valoarea zero la o valoare egală cu sarcina. În acest moment, muşchiul începe să se scurteze, deplasând greutatea pe o distanţă anumită. Deci



are loc a doua fază a contracţiei, faza izotonică. Pe parcursul scurtării, tensiunea din muşchi poate rămâne constantă (când greutatea este deplasată pe verticală sau pe orizontală) sau poate varia (când traiectoria punctului de rezistenţă unde se află sarcina descrie un arc de cerc). În acest caz, contracţia este auxotonică sau contracţie cu scurtare sub tensiune pasivă variabilă (tensiunea din muşchi este totdeauna activă; pasivă este rezistenţa opusă de sarcina deplasată de muşchi, sarcină care are o valoare egală cu tensiunea generată activ).

### MECANISMUL CONTRACŢIEI ŞI RELAXĂRII MUŞCHIULUI

**Mecanismul contracţiei musculare**. Substratul morfologic al contracţiei este miofibrila cu sarcomerele ei, iar substratul biochimic este reprezentat de filamentele de actină şi miozină.

***Filamentul de miozină*** este alcătuit din peste 200 de molecule de miozină. O moleculă de miozină este alcătuită din şase lanţuri polipeptidice (două grele şi patru uşoare). Se descriu unei molecule de miozină două zone: cap şi coadă. Cozile moleculelor de miozină se unesc şi formează corpul filamentului, în timp ce capetele moleculelor se găsesc de o parte şi de alta a filamentului, şi împreună cu o mică porţiune din zona spiralată a moleculei, numită braţ, formează punţile transversale filamentului, flexibile în două zone, numite zone-balama.

***Filamentul de actină***. Prezintă trei proteine componenete: actina (de tip F şi G), troponina şi tropomiozina. Piesa principală a filamentului de actină este o moleculă de actină de tip F, dublu spiralată. Fiecare spirală a acestui dublu helix este alcătuită din molecule polimerizate de actină de tip G. Ataşată de fiecare moleculă de actină G este o moleculă de ATP (considerate situsurile active ale miozinei). În repaus, moleculele de tropomiozină se găsesc deasupra situsurilor active ale actinei, pentru a împiedica interacţiunea actină - miozină.

Troponina este alcătuită din trei subunităţi proteice : I - cu afinitate pentru actină, T - cu afinitate pentru tropomiozină, C - cu afinitate pentru ionii de calciu. Se pare că acest complex ataşează tropomiozina de actină. Afinitatea mare a ionilor de calciu pentru troponină se pare că este cea care declanşează procesul contractil.

Muşchiul se poate afla în două stări fundamentale, diametral opuse: 1. starea de repaus, starea pasivă, în care nu există interacţiuni actină-miozină; 2. starea de contracţie, starea activă, în care au loc interacţiuni actină-miozină. (fig. 41). Trecerea de la starea de repaus la starea activă se face prin mecanismul de cuplaj excitaţie-contracţie, iar trecerea de la starea activă la cea pasivă se face prin mecanismul relaxării.

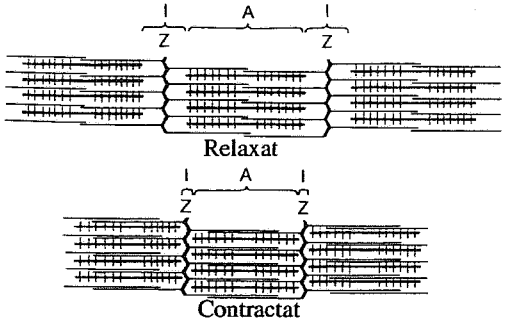



**Fig. 41. Stările de contracţie şi relaxare ale miofibrilei**

***Cuplajul excitaţie - contracţie.*** Stimulul natural care declanşează activitatea musculară este potenţialul de acţiune ce se răspândeşte pe suprafaţa sarcolemei, pătrunzând (prin sistemul tubilor T) adânc în fibra musculară, unde determină eliberarea din reticulul sarcoplasmatic a unor mari cantităţi de ioni de calciu, stocate la acest nivel. Se produce o creştere bruscă a concentraţiei calciului citosolic. Acesta se fixează pe proteine reglatoare, reprezentate de troponine (în cazul fibrelor musculare striate) şi

calmoduline (în fibrele netede), cărora le produce modificări stereochimice. Troponinele astfel modificate nu mai pot împiedica interacţiunea actină-miozină şi se declanşează starea activă.

Starea activă a muşchiului este declanşată de creşterea concentraţiei calciului în citosol. Contracţia muşchiului este rezultatul cuplării miozinei cu actina, cu formarea complexelor acto-miozinice. Interacţiunea actină-miozină se petrece între subunităţi polipeptidice ale miozinei, numite punţi transversale şi anumite subunităţi polipeptidice ale actinei, numite puncte active. Punţile transversale se desprind din miofilamentele de miozină ca nişte ramificaţii laterale şi se extind până în vecinătatea punctelor active ale actinei, prin nişte formaţiuni globulare, numite cap.

Capul are proprietăţi ATP-azice; el fixează o moleculă de ATP şi o desface în ADP şi fosfat anorganic, încărcându-se cu energia rezultată din hidroliză. Interacţiunea miozină-actină încă nu poate avea loc, dar este iminentă şi se va produce în momentul dezvelirii punctelor active ale actinei sub efectul proteinelor reglatoare şi al calciului (fig. 42, 43).

Interacţiunea constă din cuplarea capului punţii transversale a miozinei cu punctul activ actinic şi bascularea sa bruscă spre centrul sarcomerului. Actina ancorată astfel de miozină va fi tracţionată şi mişcată spre centrul sarcomerului, glisând printre miofilamentele de miozină. Un singur miofilament de miozină are câteva sute de punţi transversale ale căror capete se cuplează repetitiv cu actina (teoria mersului "pas cu pas" a contracţiei musculare).

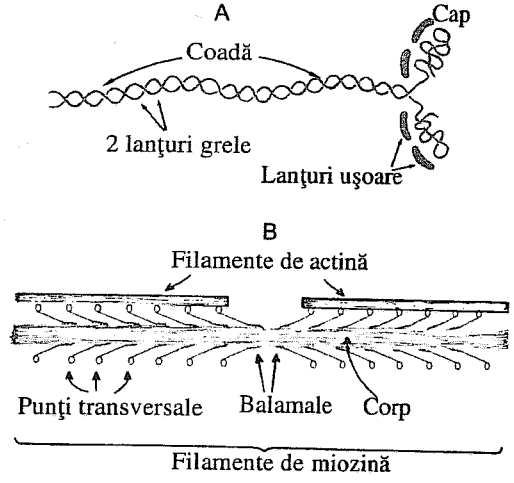



**Fig. 42. A - Molecula de miozină. B - Filamentul de miozină**

În acest context este necesar să se amintească efectul lungimii sarcomerului şi al suprapunerii filamentelor de actină cu cele de miozină asupra tensiunii active dezvoltate de fibra musculară în contracţie. Pe măsură ce sarcomerul se scurtează şi filamentele de actină încep să se suprapună cu cele de miozină,

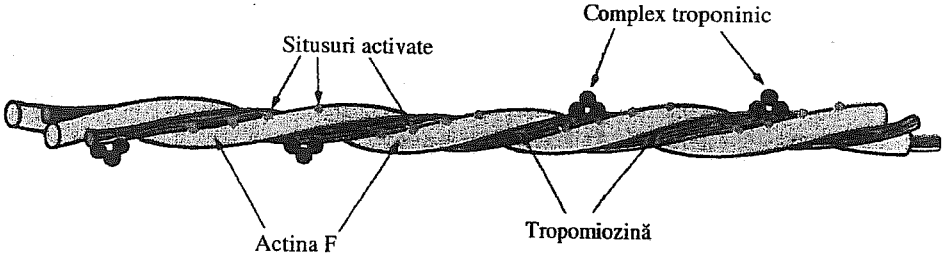



**Fig. 43. Filamentul de actină**



tensiunea creşte progresiv, până ce lungimea sarcomerului scade la 2,2 μ. Este momentul în care filamentul de actină s-a suprapus peste toate punţile transversale miozinice, dar nu a ajuns încă în mijlocul filamentului de miozină. Continuarea scurtării determină menţinerea tensiunii, până la o lungime a sarcomerului de 2 μ. În acest moment, cele două capete ale filamentului de actină încep să se suprapună unul cu celălalt, concomitent cu suprapunerea peste filamentul de miozină. La scăderea lungimii sarcomerului sub 2 μ, la aproximativ 1,65 μ, forţa de contracţie începe să scadă. În acest moment, cele două discuri Z ale sarcomerului, ating capetele filamentului de miozină. Dacă se continuă scurtarea sarcomerului dincolo de acest punct, puterea contracţiei scade dramatic. Acest fapt demonstrează că forţa maximă de contracţie apare atunci când se constituie suprapunerea maximă între filamentele de actină şi punţile transversale ale miozinei şi sprijină ideea că forţa de contracţie este cu atât mai mare cu cât numărul de legături acto-miozinice este mai mare.

***Efectul lungimii muşchiului asupra forţei de contracţie.*** Când muşchiul se află la lungimea sa normală, de repaus, care este la o lungime a sarcomerului de aproximativ 2 μ, el se va contracta cu forţă maximă. Dacă muşchiul este întins la o lungime mai mare înainte de contracţie, la nivelul său se va dezvolta o tensiune de repaus, chiar înainte ca procesul de contracţie să aibă loc. Această tensiune se datorează forţelor elastice ale ţesutului conjunctiv, sarcolemei, vaselor sangvine, nervilor. Dacă însă, întinderea muşchiului se face mult peste lungimea sa de repaus, adică peste aproximativ 2,2 μ, tensiunea sa activă, dezvoltată în timpul contracţiei va scădea.

***Relaţia dintre viteza de contracţie şi încărcarea muşchiului.*** Este de inversă proporţionalitate, viteza de contracţie scăzând cu creşterea sarcinii pe care muşchiul o are de depăşit.

Triada cuplare, tracţiune, decuplare reprezintă momentul esenţial al transformării energiei chimice în energie mecanică.

***Relaxarea fibrei musculare.*** Interacţiunea actină-miozină se produce atât timp cât calciul este fixat pe troponină. Pentru a se produce relaxarea este necesară pomparea activă a calciului din citosol spre depozitele intracelulare (reticul sarcoplasmatic) sau în afara celulei. Are loc scăderea concentraţiei calciului citosolic. În această condiţie, calciul se desprinde de pe troponină şi difuzează în citosol, iar troponina şi celelalte proteine reglatoare acoperă punctele active ale troponinei şi muşchiul se relaxează. Încărcarea cu calciu a celulei musculare sau epuizarea rezervelor de ATP duce la contractură musculară (o astfel de contractură se produce la câteva ore după moarte şi poartă numele de rigiditate cadaverică).

Contracţia fibrelor miocardice se desfăşoară similar cu a celor scheletice.

Contracţia muşchiului neted prezintă numeroase deosebiri datorită diferenţelor structurale (nu există sarcomere) şi biochimice (în locul troponinelor există o altă proteină reglatoare, numită calmodulină).

## MANIFESTĂRILE CONTRACŢIEI MUSCULARE

Activitatea musculară se însoţeşte de o serie de manifestări electrice, mecanice, biochimice, calorice (termice) şi acustice.

**Manifestările electrice** sunt reprezentate de potenţialul de acţiune al fibrei musculare. În repaus, sarcolema, similar neurilemei, este polarizată cu sarcini pozitive la exterior şi negative la interior, având o diferenţă de potenţial de 90 mV. Cauzele acestei polarizări sunt aceleaşi ca şi la neuron. Excitarea fibrelor musculare pe cale naturală (de la placa motorie) sau artificială

(cu curent electric) provoacă apariţia unui potenţial de acţiune propagat în lungul fibrei cu o viteză de 30 m/s. Potenţialele de acţiune ale unei unităţi motorii se sumează, dând potenţialele de placă motorie. Activitatea electrică a întregului muşchi sau a unităţilor motorii componente poate fi înregistrată, obţinându-se electromiograma.

**Manifestările biochimice** sunt iniţiate prin mecanismul de cuplare excitaţie - contracţie. Procesele chimice din muşchi asigură energia necesară proceselor mecanice.

Prima etapă constă în desfacerea ATP în ADP, acid fosforic şi energie, sub acţiunea ATP-azică a capului miozinei. În faza imediat următoare, moleculele de ATP se refac din ADP şi creatinfosfat (CP), care oferă energia necesară conform reacţiei: ADP+CP= ATP+creatină. În felul acesta sunt puse la dispoziţia muşchiului noi molecule de ATP, care asigură în continuare energia necesară. Rezervele de CP se refac pe seama energiei rezultate din glicoliză. Pentru fiecare moleculă de glucoză hidrolizată până la $CO_2$ şi $H_2O$ se sintetizează 38 molecule de ATP. O parte din aceasta este utilizată direct de către muşchi, iar o parte asigură refacerea CP, conform reacţiei: ATP+creatină=ADP+CP.

În timpul fazei anaerobe a glicolizei, în muşchi se formează acid lactic în cantităţi variabile, ce depind de gradul de aprovizionare cu oxigen şi de intensitatea efortului muscular. Când oxigenarea muşchiului este deficitară, predomină glicoliza anaerobă şi acidul lactic se formează în cantitate mare. El este transportat de sânge la ficat, unde 1/5 este transformat până la $CO_2$ şi $H_2O$, iar energia eliberată este folosită la resinteza glucozei din celelalte 4/5. La începutul contracţiei musculare se utilizează rezervele energetice direct utilizabile (ATP, CP). Acestea se refac în timpul şi după terminarea contracţiei, pe seama glicolizei. Din această cauză, consumul de oxigen al muşchiului se menţine la valori crescute şi 20 - 30 minute după relaxare. Acest consum suplimentar de oxigen, în comparaţie cu perioada de repaus de dinaintea contracţiei, se numeşte datoria de oxigen a muşchiului.

Muşchiul foloseşte ca material energetic glucoza şi acizii graşi. Aportul suplimentar de oxigen şi substanţe nutritive se face prin creşterea debitului circulaţiei sangvine de peste 30 de ori faţă de nivelul de repaus, prin arteriolo- şi capilarodilataţie. Contracţiile de scurtă durată folosesc mai ales energie rezultată din reacţiile anaerobe. Atunci când se prestează un efort fizic de lungă durată, ponderea reacţiilor aerobe creşte, aprovizionarea cu oxigen a muşchiului echilibrează consumul şi în felul acesta este posibilă activitatea musculară îndelungată. Când acest echilibru nu se stabileşte şi consumul de oxigen al muşchiului depăşeşte aprovizionarea, are loc acumularea de acid lactic şi scăderea cantităţii de ATP şi CP din muşchi, fapt ce reprezintă cauzele locale ale oboselii musculare.

**Manifestările mecanice** se studiază cu ajutorul miografului, care permite înregistrarea contracţiei musculare. Aplicarea unui stimul unic, cu valoare prag, determină o contracţie musculară unică, numită secusă musculară, care are următoarele componente (fig. 44):

- Faza de latenţă, care durează în medie 0,01 s, din momentul aplicării excitantului şi până la apariţia contracţiei. În timpul acestei faze, a cărei durată depinde de tipul de muşchi, are loc manifestarea electrică a contracţiei.
- Faza de contracţie, care durează în medie 0,04 s.
- Faza de relaxare, care durează 0,05s.

Secusa poate fi izometrică sau izotonică. Durata totală a secusei este de 0,1s, iar amplitudinea ei variază proporţional cu intensitatea stimulului aplicat, până la o valoare maximă.



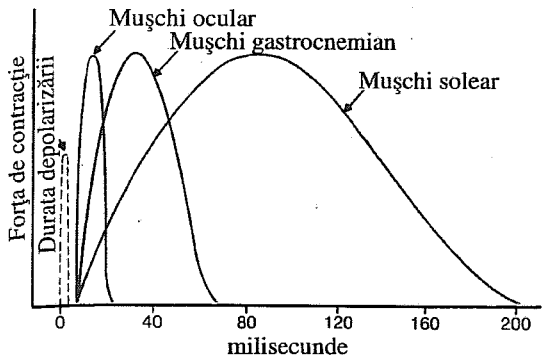



**Fig. 44. Durata contracţiilor izometrice ale unor tipuri diferite de muşchi**

Acest fapt se explică prin antrenarea în contracţie a unui număr tot mai mare de fibre musculare, pe măsură ce intensitatea stimulului creşte, până la momentul în care toate fibrele se contractă simultan. În acest moment, intensitatea stimulului este maximală. Stimularea în continuare cu stimuli supramaximali nu este urmată de creşterea amplitudinii secusei. Dacă în loc de stimulare unică se folosesc stimuli repetitivi, la intervale mici şi regulate, curba rezultată nu mai este o secusă, ci o sumaţie de secuse, numite tetanos. În funcţie de frecvenţa de stimulare, sumaţia secuselor este mai mult sau mai puţin totală. Există două feluri de tetanos:

- incomplet, al cărui grafic prezintă un platou dinţat, exprimând sumarea incompletă a secuselor la stimulare repetitivă cu frecvenţă joasă de 10 - 20 stimuli/secundă;
- complet, al cărui grafic prezintă un platou regulat, exprimând sumaţia totală a secuselor, obţinută prin aplicarea stimulilor cu o frecvenţă mult mai mare: 50-100 stimuli/secundă (fig. 45).

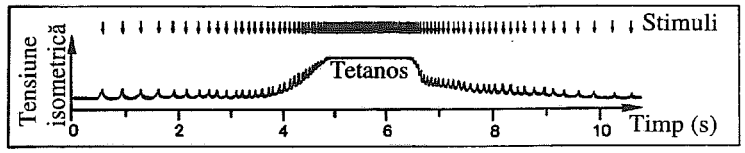



**Fig. 45. Sumarea de frecvenţă şi tetanizarea**

Toate contracţiile voluntare ale muşchilor din organism sunt tetanosuri şi nu secuse, deoarece comanda voluntară se transmite la muşchi prin impulsuri cu frecvenţă mare. Există însă în organism şi situaţii în care contracţia este o secusă: frisonul, sistola cardiacă, contracţia obţinută în urma reflexului miotatic.

Forţa dezvoltată de muşchi în timpul tetanosului este de 4 ori mai mare decât cea dezvoltată în timpul secusei. În timpul scurtării, muşchiul execută un lucru mecanic a cărui valoare depinde de forţa musculară şi de distanţa parcursă. Sistemul de pârghii pe care acţionează aparatul locomotor în organism asigură grade variabile ale eficienţei musculare. Forţa musculară absolută a unui muşchi este definită ca greutatea minimă pe care muşchiul nu o mai poate deplasa prin contracţie şi este proporţională cu suprafaţa de secţiune a muşchiului. Muşchii lungi dezvoltă o forţă mai mare decât cei scurţi.

**Manifestările termice** ale contracţiei se datorează fenomenelor biochimice din fibra musculară. Nu toată energia chimică eliberată în timpul contracţiei este convertită în lucru mecanic, ci o parte se pierde sub formă de căldură. Randamentul contracţiei masei musculare este de 30%, ceea ce înseamnă că 70% din energia chimică se transformă în energie calorică.

Există căldură musculară de repaus, degajată tot timpul de mușchi, și o căldură de activitate, care se eliberează suplimentar din mușchiul aflat în contracție și care se subîmparte în căldură inițială (apare la începutul și în timpul contracției) și căldură de refacere (se manifestă după încetarea contracției), fiind o componentă importantă a termogenezei bazale a organismului. Mușchii sunt principalii generatori de căldură pentru organism.

**Manifestările acustice** se datorează vibrațiilor fasciculelor musculare care se contractă asincron.

## OBOSEALA MUSCULARĂ

Constă în reducerea temporară a capacității de contracție a mușchilor și este practic proporțională cu rata depleției glicogenului muscular. Se consideră că cea mai mare parte a oboselii rezultă din incapacitatea proceselor contractile și metabolice ale fibrei musculare de a presta în continuare același lucru mecanic. În plus, după o activitate musculară prelungită are loc uneori o diminuare a transmiterii semnalelor nervoase la nivelul joncțiunii neuromusculare, având ca efect, în continuare, diminuarea contracției musculare.

Uneori, mușchiul obosit intră în contractură dureroasă (crampe musculare). Practicarea unui efort fizic intens după o perioadă mai îndelungată de inactivitate este urmată la 24 - 48 de ore de apariția unor dureri persistente, uneori foarte puternice, la nivelul grupelor musculare solicitate, fenomen numit febră musculară. Aceasta se atenuează sau chiar dispare la reluarea aceluiași tip de efort. Cauza ei este, cel mai probabil, de natură lezională: în mușchiul neantrenat, supus unor solicitări mecanice intense, se produc microtraumatisme ale structurilor nervoase și conjunctive. Aceste leziuni nu dor imediat, datorită intoxicației acide a terminațiilor senzitive nervoase și a întreruperii conducerii semnalului dureros prin mici rupturi ale terminațiilor dendritice. Aceste căi se refac în 1- 2 zile și durerea apare. Încetarea durerii prin reluarea activității musculare poate fi explicată atât prin acțiunea analgetică a unor factori locali, cât și prin fenomenul de blocare a conducerii senzației dureroase la nivelul talamusului de către colaterale ale căilor proprioceptive, stimulate intens în efort.

## REMODELAREA MORFOFUNCȚIONALĂ A MUȘCHIULUI

Toți mușchii corpului suferă un proces de remodelare continuă, spre a corespunde cât mai bine regimului mecanic de funcționare. Se produc modificări ale diametrului, ale lungimii și forței, ale rețelei vasculare a mușchiului și, într-o mai mică măsură, chiar a tipului de fibre care alcătuiesc mușchiul. Acest proces de remodelare este adeseori destul de rapid, de câteva săptămâni.

## HIPERTROFIA ȘI ATROFIA MUSCULARĂ

Creșterea masei totale a unui mușchi se numește hipertrofie musculară, iar scăderea acesteia se numește atrofie musculară. Hipertrofia mușchiului se datorează creșterii numărului de miofibrile. În paralel cu înmulțirea numărului de miofibrile are loc și dezvoltarea tuturor sistemelor enzimatice care participă la furnizarea energiei.

## UNITATEA MOTORIE

Fiecare fibră nervoasă motorie ce părăsește măduva spinării inervează de obicei mai multe fibre musculare; numărul lor diferă în funcție de tipul de mușchi. Toate fibrele musculare inervate de o singură fibră nervoasă motorie constituie o unitate motorie. În general, mușchii mici, cu reacție rapidă, supuși unui control exact, conțin puține fibre musculare pe unitatea motorie



și posedă în schimb un număr mare de fibre nervoase care inervează fiecare mușchi. Mușchii care nu necesită un grad fin de control pot avea sute de fibre musculare pentru o unitate motorie. O cifră medie, pentru întreaga musculatură scheletică a corpului, este de 150 fibre musculare pentru o unitate motorie.

## JONCȚIUNEA NEUROMUSCULARĂ

Joncțiunea dintre terminațiunea motoneuronului α și fibra musculară scheletică reprezintă joncțiunea neuromusculară (fig. 46).

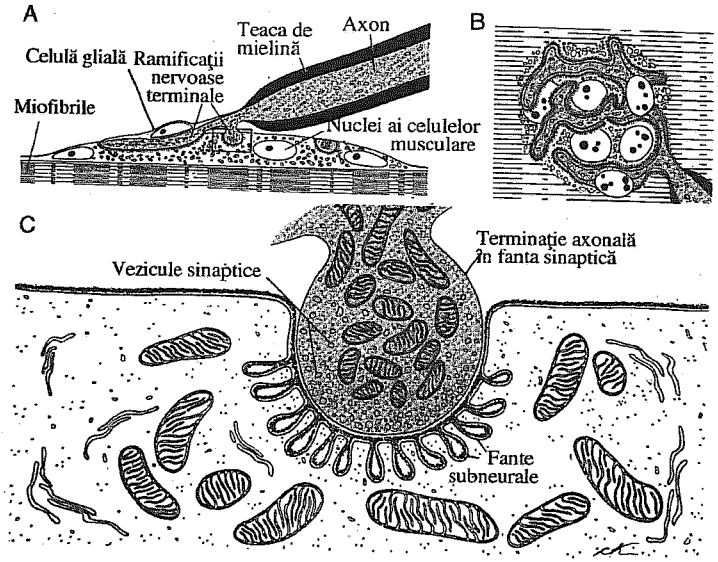



**Fig. 46. Joncțiunea neuromusculară. A- secțiune longitudinală; B- vedere de suprafață; C- aspect la microscopului electronic al punctului de contact dintre o terminație axonală și membrana fibrei musculare**

La microscopul optic se observă că, pe măsură ce se apropie de mușchi, motoneuronul α se ramifică, trimițând terminațiuni axonale mai multor fibre musculare scheletice. Fiecare fibră musculară scheletică primește o singură terminațiune axonală. Terminațiunea se găsește în fanta sinaptică, formată printr-o invaginare a membranei fibrei musculare.

La microscopul electronic se observă detaliile membranelor pre- și postsinaptice. La nivelul terminațiunii presinaptice se găsesc veziculele sinaptice, ce conțin neurotransmițătorul acetilcolina și care se găsesc concentrate la nivelul unor structuri specializate ale membranei presinaptice, numite zone active. Fanta sinaptică, îngustă de 60 nm, conține o rețea amorfă de țesut conjunctiv, numită lamina bazală, în care se află acetilcolinesteraza (enzimă ce degradează acetilcolina). Membrana postsinaptică conține numeroase pliuri joncționale, care sunt invaginări ale membranei, situate vizavi de zonele active. Receptorii pentru acetilcolină, de pe membrana postsinaptică, se găsesc în apropierea acestor pliuri joncționale.

**Transmiterea sinaptică**. Eliberarea neurotransmițătorului este declanșată prin depolarizarea membranei presinaptice. Când acetilcolina (sintetizată în terminațiunile presinaptice și stocată în veziculele presinaptice) se leagă de receptorul postsinaptic, ea determină deschiderea

canalului permeabil pentru sodiu şi a celui pentru potasiu din structura receptorului, şi astfel sodiul va intra în celulă, iar potasiul va ieşi din celulă, în conformitate cu gradientele lor electrochimice; se obţine astfel depolarizarea membranei postsinaptice, numită potenţial terminal de placă. Acesta va iniţia un potenţial de acţiune în fibra musculară. Ulterior, acetilcolina se va desprinde de pe receptor şi va fi degradată enzimatic, în fanta sinaptică, de către acetilcolinesterază.

## CONTRACŢIA MUŞCHIULUI NETED

Muşchiul neted al fiecărui organ se deosebeşte de majoritatea muşchilor netezi ai celorlalte organe. Totuşi, ei pot fi clasificaţi în două tipuri majore: 1. muşchiul neted multiunitar; 2. muşchiul neted visceral.

**Muşchiul neted multiunitar** este alcătuit din fibre musculare netede separate. Fiecare fibră acţionează complet independent de celelalte şi adesea este inervată de o singură terminaţiune nervoasă. Cea mai importantă particularitate a acestui tip de muşchi este aceea că el este controlat mai ales prin semnale nervoase. Prin aceasta el contrastează evident cu muşchiul neted visceral, care este controlat mai ales prin stimuli non-nervoşi. Exemple: fibrele musculare netede ale muşchiului ciliar al ochiului, ale irisului şi ale muşchiului piloerector al firului de păr.

**Muşchiul neted visceral**. Fibrele acestui muşchi se contractă împreună, ca o singură unitate, şi sunt grupate în straturi sau bandelete. Membranele lor celulare aderă între ele în multiple puncte, astfel încât forţa generată într-o fibră poate fi transmisă celei vecine. În plus, membranele celulare sunt unite prin joncţiuni strânse prin care ionii pot trece liber de la o celulă la alta; astfel, potenţialele de acţiune pot trece liber de la o celulă la alta, antrenând toate fibrele să se contracte împreună. Acest tip de muşchi neted este cunoscut şi sub denumirea de muşchi neted sinciţial, din cauza interconexiunilor dintre fibre. Deoarece acest tip de muşchi se află în pereţii a numeroase viscere, el mai este denumit şi muşchi neted visceral.

Muşchiul neted conţine atât filamente de actină, cât şi de miozină, având caracteristici chimice similare, dar nu identice cu ale filamentelor de actină şi miozină din fibrele musculare scheletice; acestea interacţionează între ele aproape în acelaşi mod ca omoloagele lor din fibra scheletică; procesul contractil este activat tot de către ionii de calciu, iar ATP-ul este degradat la ADP spre a furniza energia necesară contracţiei. Pe de altă parte, există diferenţe majore între fibra netedă şi cea striată scheletică, în privinţa organizării structurale, a modului de cuplare a excitaţiei cu contracţia, a controlului procesului contractil de către ionii de calciu, a duratei contracţiei, precum şi a cantităţii de energie necesară procesului contractil.

**Cuplarea excitaţiei cu contracţia** este fundamental diferită de cea din fibra striată. În fibra netedă, formarea punţilor acto-miozinice este reglată prin fosforilarea calciu-indusă a miozinei, fiind catalizată de enzima MLCK (myosin light-chain kinase). Aceasta este activată de calmodulină, care, la rândul ei, este activată de ionii de calciu.

În timp ce la majoritatea muşchilor scheletici contracţia este rapidă, majoritatea muşchilor netezi prezintă o contracţie tonică, prelungită, având adesea durată de ore sau chiar de zile. În consecinţă, există diferenţe ale caracteristicilor chimice şi fizice ale celor două categorii de muşchi. Rapiditatea activităţii ciclice a punţilor transversale (ataşarea



lor de actină, apoi desprinderea de pe actină şi reataşarea în vederea unui nou ciclu) este mult mai redusă la muşchiul neted comparativ cu cel scheletic, cu un raport al frecvenţei de 1/40 până la 1/300 faţă de muşchiul scheletic. Se consideră astfel că fracţiunea de timp în care punţile transversale sunt ataşate de filamentele de actină - moment care reprezintă factorul major ce determină forţa de contracţie - este foarte prelungită în muşchiul neted. O posibilă explicaţie pentru această lentoare ar fi că activitatea ATP-azică a capului punţilor transversale este foarte redusă la muşchiul neted faţă de cel scheletic. În consecinţă, degradarea ATP, care asigură energia mişcării capetelor, este redusă în mare măsură şi, consecutiv, ritmul activităţii ciclice se răreşte.

Pentru a susţine o tensiune de contracţie egală cu a muşchiului scheletic, muşchiul neted necesită numai 1/10 până la 1/300 din energia consumată de cel dintâi. Se presupune că şi acest comportament se datorează ritmului lent al ciclului de ataşare-desprindere al punţilor transversale, precum şi faptului că, pentru fiecare ciclu, se consumă numai câte o singură moleculă de ATP, indiferent de durata acestui ciclu. Un muşchi neted tipic începe să se contracte la 50 - 100 ms după ce a fost stimulat, atinge maximum de contracţie o jumătate de secundă mai târziu, după care, în una până la două secunde, începe declinul forţei de contracţie. Timpul total de contracţie este de 1 - 3 secunde, de 30 de ori mai lung decât durata medie a contracţiei unice a muşchiului scheletic. Forţa maximă de contracţie a muşchiului neted este mai mare ca a muşchiului scheletic, rezultând din durata mare a rămânerii miozinei fixate de actină.

Muşchiul neted se poate scurta, faţă de lungimea sa de repaus, cu un procentaj mult mai mare ca muşchiul scheletic, păstrând, în acelaşi timp, aproape întreaga sa forţă de contracţie. Aceasta conferă muşchiului neted proprietatea de a îndeplini roluri specifice, permiţând diferitelor organe cavitare, cum ar fi intestinele, vezica urinară, vasele de sânge sau alte organe interne, să-şi varieze diametrul lumenului de la dimensiuni foarte mari până aproape de zero. O dată ce muşchiul neted a atins maximul de contracţie, gradul lui de stimulare poate fi redus la valori cu mult sub nivelul iniţial, fără ca muşchiul să-şi reducă din forţa sa de contracţie. Acesta reprezintă mecanismul de piedică sau blocare şi cu ajutorul lui se poate menţine o contracţie tonică prelungită a muşchiului neted cu un consum energetic foarte mic şi cu foarte puţine comenzi excitatorii din partea nervilor sau a sistemului nervos endocrin. Cauza acestui fenomen este timpul prelungit de ataşare a punţilor miozinice de filamentele de actină.

Muşchiul neted, mai ales cel visceral, are capacitatea de a-şi recăpăta forţa de contracţie originală în câteva secunde sau minute după ce a fost elongat sau scurtat. Acest fenomen se numeşte stress-relaxarea (plasticitatea) muşchiului neted şi el permite oricărui organ cavitar să menţină aceeaşi presiune în interiorul lumenului său, independent de lungimea fibrelor sale.

### CONTROLUL NERVOS ŞI HORMONAL AL CONTRACŢIEI MUŞCHIULUI NETED

În timp ce muşchiul scheletic este activat exclusiv de către sistemul nervos, muşchiul neted poate fi stimulat de multiple categorii de semnale: nervoase, hormonale şi altele. Principala cauză a acestei diferenţe este aceea că membrana muşchiului neted conţine mai multe tipuri de proteine-receptor, capabile să iniţieze procesul contractil. O altă diferenţă faţă de muşchiul scheletic este prezenţa în membranele muşchiului neted, alături de receptorii stimulatori, şi a unor proteine-receptor cu rol de inhibiţie a contracţiei.

**Joncţiunea neuromusculară a muşchiului neted**. La nivelul muşchiului neted nu se întâlneşte o joncţiune neuromusculară de tipul celei descrise la nivelul muşchiului scheletic. Fibrele nervoase autonome (vegetative) se ramifică difuz deasupra unor straturi de fibre netede şi nu vin în contact direct cu acestea, ci formează joncţiuni difuze, care secretă propriul lor transmiţător, direct în lichidul interstiţial, de unde neurotransmiţătorul difuzează spre celule.

În cazuri mai rare, mai ales în cazul muşchiului neted multiunitar, pot exista joncţiuni de contact, care funcţionează aproape la fel ca şi placa motorie. Se cunosc două tipuri de transmiţători secretaţi de fibrele nervoase autonome ce inervează muşchii netezi: acetilcolina şi noradrenalina. Ambele substanţe pot inhiba sau stimula muşchiul neted, legându-se mai întâi de o proteină - receptor de la suprafaţa membranei; acest receptor controlează deschiderea sau închiderea canalelor ionice, precum şi alte mecanisme excitatorii sau inhibitorii ale fibrei musculare netede. De asemenea, unii receptori pot fi inhibitori, iar alţii excitatori, astfel că tipul de receptor hotărăşte dacă muşchiul neted va fi stimulat sau inhibat şi va determina care dintre cei doi neurotransmiţători va acţiona ca inhibitor sau stimulator.

O mare parte din activitatea contractilă a muşchiului neted este iniţiată fără potenţiale de acţiune, sub influenţa unor factori stimulatori, ce acţionează direct asupra maşinăriei contractile a muşchiului. Există două categorii de astfel de factori stimulatori, care nu acţionează pe calea nervilor şi nu provoacă potenţiale de acţiune la nivelul fibrelor musculare netede: 1. factori tisulari locali; 2. diferiţi hormoni.

**Factori tisulari locali**: lipsa oxigenului într-un teritoriu tisular determină relaxarea muşchiului neted vascular şi vasodilataţie; excesul de $CO_2$ determină vasodilataţie; scăderea pH-ului determină vasodilataţie; alţi factori ce determină vasodilataţie locală sunt adenozina, acidul lactic, creşterea concentraţiei ionior de potasiu, scăderea concentraţiei ionilor de calciu, creşterea temperaturii corpului.

**Hormoni**. Majoritatea hormonilor circulanţi în organism influenţează în diferite grade contracţia muşchiului neted, unii producând chiar efecte foarte importante. Printre cei mai însemnaţi se numără: noradrenalina, adrenalina, vasopresina, oxitocina, sau factori umorali precum: acetilcolina, angiotensina, serotonina, histamina. Un hormon determină contracţia muşchiului neted numai dacă membrana celulei musculare posedă receptori stimulatori pentru acel hormon. Dacă membrana posedă receptori inhibitori, atunci efectul acelui hormon va fi inhibitor.

# SISTEMUL NERVOS

## NOŢIUNI GENERALE

Sistemul nervos, împreună cu sistemul endocrin, reglează majoritatea funcţiilor organismului. Sistemul nervos (SN) are rol în special în reglarea activităţii musculaturii şi glandelor secretorii (atât exocrine, cât şi endocrine), în timp ce sistemul endocrin reglează în principal funcţiile metabolice. Reglarea activităţii musculaturii scheletice este realizată de SN somatic, iar reglarea activităţii musculaturii viscerale şi a glandelor (exo- şi endocrine) este realizată de SN vegetativ. Între SN şi sistemul endocrin există o strânsă interdependenţă.

### MECANISME GENERALE DE REGLARE

Organismul uman este un sistem cibernetic. Noţiunea de sistem este foarte cuprinzătoare: un sistem este orice ansamblu de elemente aflate în interacţiune neîntâmplătoare. Potrivit acestei definiţii, orice organism viu este un sistem, la fel cum orice aparat sau maşină este un sistem, societatea este şi ea un sistem, atomul de asemenea etc. Graniţa dintre sisteme nu este absolută. Fiecare sistem, la rândul său, este component al unor sisteme mai complexe şi, în acelaşi timp, conţine mai multe subsisteme. Unele sisteme evoluează conform principiului al II-lea al termodinamicii spre dezordine (cu creşterea entropiei sistemului); altele se opun acestei creşteri sau chiar o reduc. Acestea sunt sisteme autoreglate sau sisteme cibernetice.

Orice sistem cibernetic are cel puţin două componente majore: centrul de comandă şi control (C) şi dispozitivul de execuţie (E) (fig. 47). Pentru a elabora comenzi adecvate, centrul trebuie să primească informaţii asupra variaţiilor parametrului reglat şi asupra modului în care sunt executate comenzile. Calea de întoarcere a informaţiei de la efector la centru se numeşte circuit de feedback, informaţie recurentă sau conexiune inversă. Toate mecanismele de autoreglare funcţionează pe bază de feedback. Pentru ca informaţia recurentă să fie cât mai exactă, mecanismul de reglare prin feedback dispune de un sistem de traductori (T) (sau receptori) care sesizează atât perturbaţia iniţială survenită (P), cât şi precizia corecţiei realizate de efector asupra elementului reglat (ER). Prin feedback, parametrul reglat influenţează centrul de reglare. Astfel, mecanismul de feedback funcţionează în conformitate cu efectele

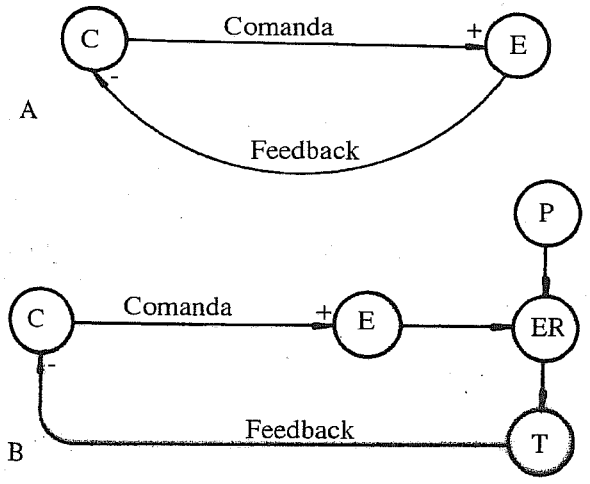



**Fig. 47. Cele mai simple mecanisme cibernetice**

sale. Comanda elaborată de centru depinde atât de informaţiile privitoare la perturbaţia apărută, cât şi de cele privitoare la modul în care aceasta este corectată.

Transmiterea informaţiei recurente către centrii de comandă se poate face prin contact direct sau prin numeroase verigi intermediare. Schema reglării prin feedback poate fi simplă sau complexă, principiul de funcţiune fiind universal. În afară de conceptul de conexiune inversă (feedback), care este un mecanism de corectare a erorilor, în sistemele biologice există şi mecanisme de prevenire a erorilor, adică feedbefore. Corectarea erorilor asigură numai stabilitatea proprietăţilor sistemelor vii, menţinerea constantă a entropiei, în timp ce prevenirea erorilor permite realizarea unei ordini mai dezvoltate, deci o reducere a entropiei. În sistemele vii există două mecanisme de feedback: feedback negativ şi feedback pozitiv.

**Mecanismul de feedback negativ** asigură corecţia permanentă a abaterilor de la normal. Un exemplu este mecanismul de menţinere constantă a glicemiei (concentraţia glucozei sangvine) la valori de 100 mg/100 ml plasmă. Creşterea glicemiei (hiperglicemia) stimulează secreţia de insulină de către pancreas. Aceasta favorizează pătrunderea glucozei în celule, polimerizarea ei sub formă de glicogen, precum şi creşterea consumului de glucoză, efecte ce duc la scăderea la normal a glicemiei. Astfel, la o creştere a glicemiei, sistemele de reglaj au reacţionat prin scăderea concentraţiei de glucoză, adică printr-o negare a sensului deviaţiei iniţiale.

Invers, dacă se produce o scădere a glicemiei (hipoglicemie), are loc o reducere a secreţiei de insulină şi o creştere a secreţiei de glucagon şi adrenalină, hormoni ce determină depolimerizarea glicogenului hepatic şi trecerea glucozei în sânge, restabilind astfel valoarea normală a glicemiei. Şi în această situaţie mecanismele de reglare au reacţionat printr-o negare a sensului deviaţiei iniţiale.

Această ripostă a organismului, ce se opune sensului deviaţiei iniţiale, reprezintă esenţa mecanismului de feedback negativ. Toate mecanismele de menţinere constantă a compoziţiei şi proprietăţilor mediului intern funcţionează pe bază de feedback negativ.

**Mecanismul de feedback pozitiv.** Când reacţia organismului duce la amplificarea abaterii iniţiale, avem de-a face cu un mecanism de feedback pozitiv. De exemplu, la trecerea corpului din poziţia culcat (clinostatism) la poziţia în picioare (ortostatism) are loc o diminuare a întoarcerii sângelui venos spre atriul drept, prin efect gravitaţional. Ca urmare, debitul ventriculului drept spre cei doi plămâni scade, ceea ce duce la o reducere a umplerii cu sânge a atriului şi a ventriculului stâng. În consecinţă, scade debitul ventriculului stâng spre marea circulaţie. Acest lucru va antrena o reducere suplimentară a volumului întoarcerii venoase la inima dreaptă, urmată de o nouă scădere a debitului cardiac etc. Dacă nu intervin mecanisme care să corecteze aceste perturbaţii autoamplificate "în cerc vicios", după câteva zeci de secunde întreaga circulaţie sangvină se prăbuşeşte, tensiunea arterială scade la zero şi individul îşi pierde cunoştinţa (leşin). Se constată că mecanismul de feedback pozitiv duce la agravarea unei perturbaţii iniţiale şi poate pune viaţa în pericol. De aceea, acest tip de mecanism se întâlneşte, de regulă, în condiţii patologice.

**Mecanisme concrete de reglare în sistemele vii.** Principiul de autoreglare prin feedback este comun omului, animalelor şi plantelor, microorganismelor şi sistemelor cibernetice, însă conţinutul concret al proceselor de reglare este specific fiecărui sistem. La animalele superioare şi la om autoreglările prin feedback şi feedbefore se realizează prin două mecanisme: mecanismul nervos şi mecanismul umoral. Aceste mecanisme nu intervin separat şi independent, ci



în colaborare; orice reglare este de fapt neuro-umorală. Centrii de comandă şi control sunt situaţi în sistemul nervos central şi în sistemul endocrin, pentru reglarea nervoasă, respectiv umorală. În acelaşi timp, întreaga activitate endocrină este coordonată de către sistemul nervos central, prin intermediul hipotalamusului. La nivelul acestuia are loc integrarea reglării nervoase cu cea umorală. Un al doilea punct de fuziune între mecanismul nervos şi cel umoral se întâlneşte la nivelul efectorilor periferici, a căror funcţie este influenţată prin mesageri chimici; aceşti mesageri chimici pot fi hormoni (în cazul reglării umorale) sau mediatori chimici eliberaţi de terminaţiile nervoase (în cazul reglării nervoase).

**Mediul intern. Homeostazia.** Organismele unicelulare întreţin relaţii de schimb direct cu mediul extern (înconjurător) şi sunt supuse unor mari perturbaţii cauzate de condiţiile externe.

La organismele superior organizate, celulele fac schimb de substanţe şi energie cu lichidul extracelular (LEC). O parte din acest lichid circulă prin vasele de sânge şi limfatice. Totalitatea acestor lichide (respectiv sângele, limfa şi apa intercelulară sau interstiţială) reprezintă mediul intern al organismului, noţiune introdusă de fiziologul francez Claude Bernard (1850). De atunci, au fost aduse numeroase dovezi privind stabilitatea compoziţiei şi proprietăţilor mediului intern. La începutul secolului al XX-lea, fiziologul american W.B. Cannon a introdus noţiunea de homeostazie, prin care se defineşte constanţa tuturor parametrilor biofizici, biochimici şi funcţionali ai organismului. Realizarea unui mediu intern cu compoziţie constantă este pentru sistemele vii esenţială în lupta pentru menţinerea şi dezvoltarea propriei identităţi. Din punct de vedere termodinamic este mult mai eficient să cheltuieşti energie pentru prevenirea şi combaterea perturbaţiilor mediului intern decât pentru a proteja fiecare celulă în parte de acţiunea directă a factorilor externi. Homeostazia se menţine prin mecanisme de autoreglare.

**Nivele de reglaj.** Orice organism îşi conservă homeostazia structurală şi funcţională prin mecanisme automate de reglare. Aceste mecanisme se întâlnesc la toate nivelele de organizare ale sistemelor vii: nivel submolecular şi molecular, nivel celular, nivel de organ, nivel de sistem, nivelul organismului în ansamblu.

Toate acestea reprezintă subsisteme ale sistemului complex care este organismul.

## COMPARTIMENTELE FUNCŢIONALE ALE SISTEMULUI NERVOS

Reglarea nervoasă a funcţiilor corpului se bazează pe activitatea centrilor nervoşi care prelucrează informaţiile primite şi apoi elaborează comenzi ce sunt transmise efectorilor. Din acest punct de vedere, fiecare centru nervos poate fi separat în două compartimente funcţionale:

- compartimentul senzitiv, unde sosesc informaţiile culese la nivelul receptorilor
- compartimentul motor, care transmite comenzile la efectori.

Deci, fiecare organ nervos are două funcţii fundamentale: funcţia senzitivă şi funcţia motorie.

La nivelul emisferelor cerebrale mai apare şi funcţia psihică. Separarea funcţiilor sistemului nervos în funcţii senzitive, motorii şi psihice este artificială şi schematică. În realitate nu există activitate senzitivă fără manifestări motorii şi viceversa, iar stările psihice rezultă din integrarea primelor două. Toată activitatea sistemului nervos se desfăşoară într-o unitate, în diversitatea ei extraordinară.

REFLEXUL

Mecanismul fundamental de funcţionare a sistemului nervos este actul reflex (sau simplu, reflexul). Reflexul reprezintă reacţia de răspuns a centrilor nervoşi la stimularea unei zone receptoare. Termenul de reflex a fost introdus în urmă cu 300 de ani de către matematicianul şi filozoful francez Réne Descartes. Răspunsul reflex poate fi excitator sau inhibitor.

Baza anatomică a actului reflex este **arcul reflex**, alcătuit din cinci componente anatomice: receptorul, calea aferentă, centrii nervoşi, calea eferentă şi efectorul.

**Receptorul** este o structură excitabilă care răspunde la stimuli prin variaţii de potenţial gradate proporţional cu intensitatea agentului excitant. Majoritatea receptorilor sunt celule epiteliale diferenţiate şi specializate în celule senzoriale (gustative, auditive, vizuale, vestibulare). Alţi receptori din organism sunt corpusculi senzitivi, care sunt mici organe pluricelulare alcătuite din celule, fibre conjunctive şi terminaţii nervoase dendritice (receptorii tegumentari, proprioceptorii). Uneori, rolul de receptori îl îndeplinesc chiar terminaţiile butonate ale dendritelor (receptorul olfactiv, receptorii dureroşi).

La nivelul receptorului are loc transformarea energiei excitantului în influx nervos. În funcţie de tipul excitantului, se deosebesc cinci tipuri principale de receptori, şi anume:

- mecanoreceptori, care detectează deformările mecanice ale receptorului sau ale celulelor vecine acestuia;
- termoreceptori, care sesizează schimbările de temperatură, unii receptori fiind specializaţi pentru senzaţia de cald şi alţii pentru senzaţia de rece;
- nociceptori (sau receptori ai durerii), care detectează injurii tisulare, indiferent dacă acestea sunt de natură fizică sau chimică;
- receptori electromagnetici, care detectează lumina la nivelul retinei;
- chemoreceptori, care detectează gustul (situaţi în cavitatea bucală), mirosul (situaţi în cavitatea nazală), nivelul oxigenului în sângele arterial, osmolaritatea lichidelor din organism, concentraţia dioxidului de carbon şi, probabil, a altor substanţe importante în biochimia organismului.

În acelaşi timp, fiecare receptor poate fi stimulat de orice formă de energie, dar de intensităţi mult mai mari decât energia specifică. Astfel, celulele vizuale, sensibile la energii luminoase extrem de slabe (câteva cuante de lumină), pot fi excitate şi de energii mecanice mari (o lovitură cu pumnul în ochi provoacă senzaţii vizuale). La nivelul receptorului are loc traducerea informaţiei purtate de excitant în informaţie nervoasă specifică (influx nervos). Se spune că receptorul codifică sau modulează variaţia energiei excitantului în variaţii ale amplitudinii potenţialului receptor. Modularea în amplitudine permite receptorului să transmită spre centri informaţii corecte privind intensităţile diferiţilor stimuli externi. Informaţia senzitivă poate produce o reacţie imediată sau poate fi stocată ca memorie în creier timp de minute, săptămâni sau ani şi să ajute astfel în elaborarea unei reacţii adecvate a organismului la un moment dat.

**Clasificarea receptorilor.** Există mai multe criterii de clasificare a receptorilor:

***După localizare:***

- exteroceptori - la nivelul tegumentelor;
- proprioceptori - la nivelul aparatului locomotor;
- interoceptori - la nivelul viscerelor şi al vaselor de sânge.

***După natura agentului excitant:***

- excitant mecanic - mecanoreceptori;
- excitant baric - baroreceptori;
- excitant volumic - voloreceptori;
- excitant termic - termoreceptori;
- excitant dureros - algoreceptori;
- excitant fotonic - fotoreceptori;
- excitant chimic - chemoreceptori;
- excitant osmotic - osmoreceptori.

***După structura receptorului:***

- terminaţii dendritice libere;
- celule senzoriale;
- corpusculi senzitivi;
- organe receptoare cu structură complexă (retină, organ Corti etc.).



**Calea aferentă.** Receptorii vin în contact sinaptic cu terminaţiile dendritice ale neuronilor senzitivi din ganglionii spinali sau de pe traiectul unor nervi cranieni. Variaţiile de potenţial receptor (respectiv variaţiile potenţialului de membrană al receptorului sub acţiunea agentului excitant) produc depolarizări pasive în terminaţia dendritică; o dată ce acestea ating pragul critic, descarcă potenţiale de acţiune de tipul "tot sau nimic" ce se propagă celulipet. Informarea corectă a centrilor privind variaţiile energiei excitantului se face la nivelul căilor de conducere prin modulare de frecvenţă (modularea prin amplitudine nu este posibilă din cauza legii "tot sau nimic"). Astfel, un potenţial receptor de amplitudine joasă determină câteva potenţiale de acţiune (PA) pe secundă, potenţiale receptor mai ample induc zeci de PA pe secundă, iar potenţialele receptor cele mai ample descarcă la nivelul dendritei mai multe sute de PA pe secundă. Cea mai simplă cale aferentă este reprezentată de neuronul senzitiv spinal şi prelungirile sale.

Distribuţia căii aferente în centrii nervoşi se face în două moduri. Convergenţa este un mod de distribuţie în care un singur neuron central primeşte contacte sinaptice de la mai multe fibre aferente, iar divergenţa constă în ramificarea unei singure fibre aferente la mai mulţi neuroni centrali.

**Centrii.** Potenţialele de acţiune dendritice ajunse la neuronul senzitiv se propagă mai departe celulifug de-a lungul axonului acestuia, până la prima sinapsă. În cazul unui reflex elementar, format din doi neuroni, unul senzitiv şi unul motor, centrul nervos al reflexului este reprezentat chiar de sinapsa dintre axonul neuronului senzitiv şi corpul celular al neuronului motor. În cazul unor activităţi reflexe mai complexe, calea aferentă este formată dintr-un lanţ de trei sau mai mulţi neuroni senzitivi, iar centrii reflecşi sunt reprezentaţi de totalitatea sinapselor ce se realizează în ariile corticale sau în nucleii subcorticali ce primesc şi prelucrează informaţia primită din periferie şi elaborează răspunsul efector.

Prin centrii unui reflex se înţelege totalitatea structurilor din sistemul nervos central care participă la actul reflex respectiv. De exemplu, centrii reflexelor respiratorii se află în bulb, dar şi în puntea lui Varolio, precum şi în hipotalamus şi în scoarţa cerebrală. Complexitatea şi întinderea unui centru depind de complexitatea actului reflex pe care îl efectuează. În termeni cibernetici, prin centru se înţelege organul care primeşte informaţia, o prelucrează, o compară cu datele din memorie, elaborează decizii şi controlează permanent modul de execuţie, efectuând corectările necesare (fig. 48). La nivelul sinapselor din centrii reflecşi transmiterea informaţiei se face din nou prin modulare în amplitudine (potenţialele postsinaptice nu mai respectă legea "tot sau nimic").

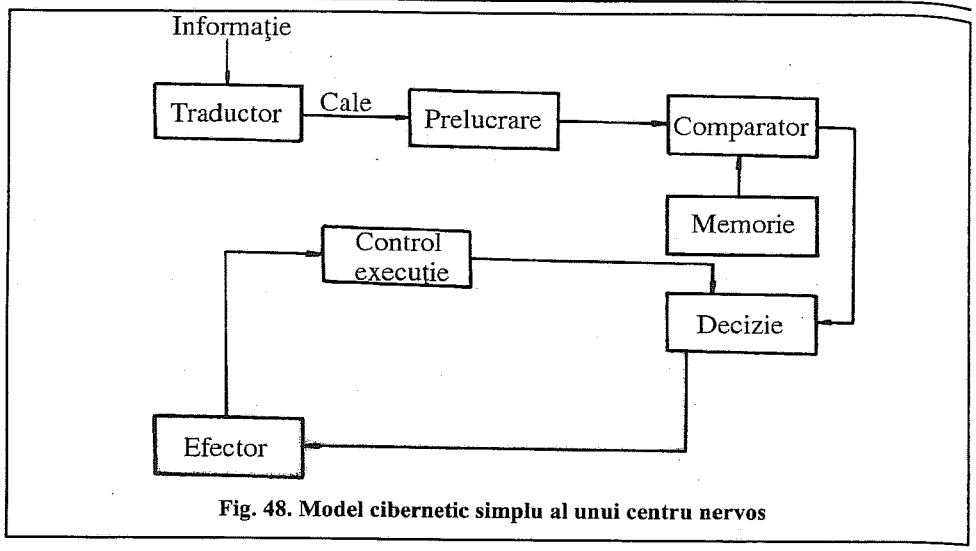



**Fig. 48. Model cibernetic simplu al unui centru nervos**

Sistemul nervos central are trei nivele majore cu atribute funcţionale specifice: nivelul măduvei spinării, nivelul subcortical şi nivelul cortical.

***Nivelul medular.*** Deseori, când ne gândim la măduva spinării, o considerăm doar o cale de conducere a semnalelor de la periferie către creier sau invers, de la creier către restul organismului. Totuşi, chiar şi după secţionarea măduvei la nivel cervical superior, multe din funcţiile medulare se menţin. De exemplu, circuitele neuronale medulare pot produce mişcările mersului automat, reflexe de retragere a segmentelor corpului faţă de diferite obiecte, reflexe care determină spijinirea antigravitaţională a corpului pe membrele inferioare şi reflexe care controlează vasele sangvine locale, mişcările gastrointestinale şi aşa mai departe, pe lângă multe alte funcţii.

De fapt, de cele mai multe ori nivelele nervoase superioare trimit semnale nu direct în periferie, ci centrilor medulari de control, "comandând" doar ca aceştia din urmă să-şi desfăşoare funcţiile.

***Nivelul subcortical.*** Majoritatea activităţilor subconştiente sunt controlate de ariile subcorticale: trunchiul cerebral, hipotalamusul, talamusul, cerebelul şi ganglionii bazali. Astfel, controlul presiunii arteriale şi al respiraţiei se realizează în principal în bulb şi în punte. Controlul echilibrului este o funcţie a structurilor cerebeloase mai vechi filogenetic şi a substanţei reticulate din bulb, punte şi mezencefal. Reflexele alimentare (cum sunt salivaţia, ca răspuns la gustul alimentelor, şi lingerea buzelor) sunt controlate de arii din trunchiul cerebral, amigdală şi hipotalamus; multe din reacţiile emoţionale (cum sunt furia, emoţiile, activităţile sexuale, reacţiile la durere sau reacţiile de plăcere) se pot produce la animale fără cortex.

***Nivelul cortical.*** Cortexul cerebral este un imens spaţiu de depozitare a memoriei. Cortexul nu funcţionează niciodată singur, ci numai împreună cu centrii nervoşi inferiori. În absenţa cortexului, funcţiile centrilor subcorticali sunt adesea imprecise. Numeroasele informaţii depozitate în memorie la nivel cortical fac ca activitatea centrilor subcorticali să fie foarte bine determinată şi precisă.



De asemenea, cortexul cerebral este esenţial pentru cele mai multe din procesele de gândire, chiar dacă nu poate opera de unul singur în acest sens. De fapt, centrii subcorticali produc starea de alertă la nivelul centrilor corticali, deschizând astfel "banca" de date memorate în scopul proceselor de gândire.

În acest fel, fiecare parte a sistemului nervos îndeplineşte funcţii specifice. Multe din funcţiile integrative sunt bine dezvoltate la nivelul măduvei spinării şi multe din funcţiile subconştiente au originea şi sunt executate exclusiv de către centrii subcorticali. Însă cortexul este cel care realizează deschiderea către lume a minţii umane.

**Calea eferentă** reprezintă axonii neuronilor motori somatici şi vegetativi prin care se transmite comanda către organul efector. Cea mai simplă cale eferentă o întâlnim în cazul reflexelor monosinaptice (bineuronale); ea este formată din axonul motoneuronului alfa din coarnele anterioare ale măduvei spinării. În cazul sistemului nervos vegetativ, calea eferentă este formată dintr-un lanţ de doi neuroni motori; un neuron preganglionar situat în coarnele laterale ale măduvei spinării sau într-un nucleu vegetativ din trunchiul cerebral şi un neuron postganglionar situat în ganglionii vegetativi periferici (extranevra-xiali). De-a lungul căilor eferente, informaţia circulă spre efectori din nou prin modulaţie în frecvenţă.

**Efectorii.** Principalii efectori sunt muşchii striaţi, muşchii netezi şi glandele exocrine. Transmiterea informaţiei de pe axonul căii eferente spre efector prezintă toate caracteristicile transmiterii sinaptice. Exemplul cel mai tipic este transmiterea la nivelul plăcii motorii. Aici, în funcţie de frecvenţa potenţialelor de acţiune sosite pe axon, se va sparge un număr corespunzător de vezicule de acetilcolină; aceasta va determina la nivelul membranei fibrei musculare striate potenţiale postsinaptice de amplitudini diferite, în funcţie de numărul de molecule de acetilcolină eliberate. Ca urmare, pe membrana fibrei striate apar zeci sau sute de potenţiale de acţiune pe secundă, producând contracţii de amplitudine şi forţă corespunzătoare comenzii centrale.

***Controlul îndeplinirii comenzii.*** Mecanismul reflex şi arcul reflex cu cele cinci componente ale sale reprezintă un model incomplet al desfăşurării activităţii reflexe. În ultimele decenii s-au evidenţiat noi componente anatomice şi mecanisme funcţionale care participă la controlul modului în care se execută comanda. S-a descoperit existenţa unor circuite nervoase eferente care leagă centrii de organele receptoare. Prin intermediul acestora, centrii nervoşi pot regla pragul de excitabilitate al receptorilor şi, implicit, intensitatea stimulilor aferenţi. Un asemenea control se exercită asupra efectorilor musculari de către centrii motori extrapiramidali şi cerebel.

În acelaşi timp, de la nivelul efectorilor porneşte spre centri un circuit recurent care îi informează asupra modului îndeplinirii comenzii (feedback).

**Legătura dintre mecanismul reflex şi mecanismul de feedback.** Mecanismul de feedback are caracter universal; el se întâlneşte în toate sistemele autoreglate, indiferent de substanţa din care sunt alcătuite. Mecanismul reflex reprezintă o varietate concretă de mecanism de feedback întâlnită în sistemele de reglare nervoasă.

Comanda şi controlul exercitate de centrii nervoşi sunt de natură reflexă. În acest sens, centrii nervoşi nu sunt numai senzitivi sau numai motori, ci reprezintă centri de integrare senzitivo-motorie. Răspunsul reflex poate surveni imediat după acţiunea stimulului sau poate întârzia minute, zile sau ani.

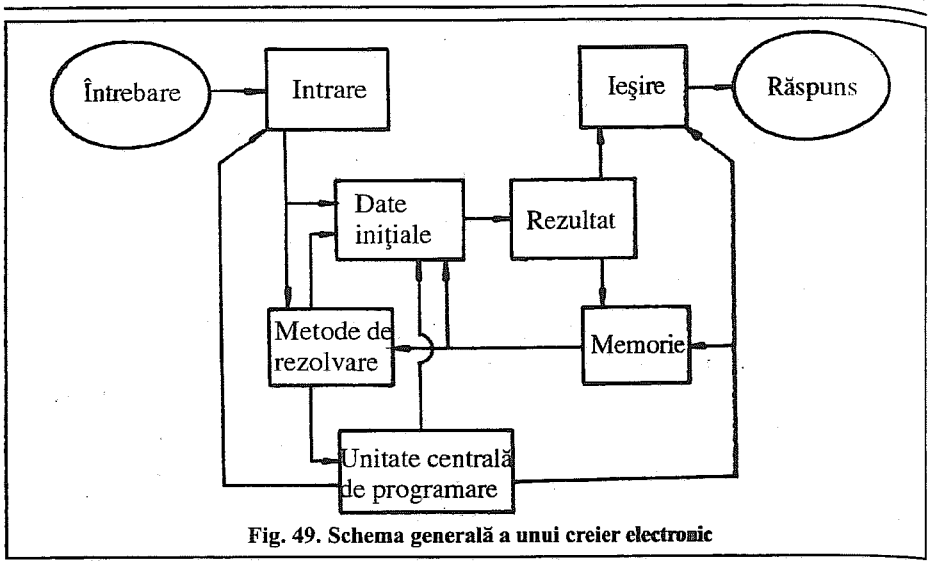



**Fig. 49. Schema generală a unui creier electronic**

CREIERUL CA UN CALCULATOR ELECTRONIC

Frapaţi de similitudinea dintre procesele nervoase şi cele ce au loc într-un calculator electronic, neurofiziologii au comparat sistemul nervos (şi în special creierul uman) cu un computer extrem de perfecţionat. Într-adevăr, schema generală de lucru a unui calculator electronic se regăseşte şi la nivelul unui organ nervos complex (fig. 49). Ca şi computerul, sistemul nervos prezintă intrări (componenta receptorie) şi ieşiri (componenta motorie). Când ieşirile depind numai de intrări, avem de-a face cu reflexele spinale simple. În cazul răspunsurilor mai complexe, între intrări şi ieşiri se interpun dispozitive de memorie, soluţionare şi programare a activităţilor. Acestea influenţează atât intrările, cât şi ieşirile, ordonând diferitele procese nervoase după tipare prestabilite sau după voinţa individului. Se constată că activitatea organelor nervoase ale sistemului nervos, exteriorizată la nivelul diverşilor efectori, depinde de cantitatea informaţiei intrate şi de modul în care ea este prelucrată. Aceleaşi impulsuri aferente pot produce răspunsuri diferite, după cum ele sunt prelucrate numai de măduva spinării, de măduva spinării şi trunchiul cerebral sau de întreg sistemul nervos. Spre exemplu, dacă un câine este călcat pe coadă rezultatul va fi retragerea reflexă a cozii în cazul unui câine cu măduva separată de encefal şi atacarea celui ce l-a călcat în cazul unui câine cu sistem nervos intact.

# FIZIOLOGIA NEURONULUI ŞI A SINAPSEI

## FIZIOLOGIA NEURONULUI

Neuronul are două proprietăţi fundamentale: excitabilitatea şi conductibilitatea.

**Excitabilitatea** reprezintă proprietatea neuronului de a răspunde la un stimul



printr-un potenţial de acţiune. Nu toate componentele neuronului se comportă la fel faţă de agenţii excitanţi. Astfel, terminaţiile dendritice cu rol de receptor şi membranele postsinaptice răspund prin potenţiale locale, gradate în funcţie de intensitatea excitantului. Axonul şi dendritele lungi răspund prin potenţiale "tot sau nimic", propagate. Parametrii excitabilităţii şi biofizica excitaţiei neuronale au fost studiate cu microelectrozi implantaţi în axoni giganţi de cefalopode.

**Conductibilitatea** este proprietatea neuronului de a propaga excitaţia în lungul prelungirilor sale. Din studiul excitabilităţii se ştie că, în momentul producerii potenţialului de acţiune, suprafaţa exterioară a membranei devine negativă. Această stare fizică echivalează cu efectele unui catod puternic ce induce în jurul său depolarizări critice ale membranei, urmate de noi potenţiale de acţiune în zonele limitrofe etc. Conducerea influxului nervos nu este altceva decât propagarea potenţialului de acţiune din punct în punct pe toată suprafaţa neurilemei. Această conducere este bidirecţională, atât pe dendrită, cât şi pe axon. Conducerea unidirecţională a impulsului nervos, observată în organism, se datoreşte sinapselor şi receptorilor, care conduc impulsul într-un singur sens. Fiziologic, excitaţia se produce în receptor, de unde se propagă la dendrită, parcurge lungimea dendritei în sens celulipet, excită corpul neuronului, de unde porneşte celulifug pe axon spre alţi neuroni şi, în final, spre efector. La nivelul sinapselor, conducerea se face întotdeauna de la membrana presinaptică la cea postsinaptică.

Potenţialul de acţiune se propagă punctiform numai în fibrele amielinice. În fibrele nervoase mielinizate conducerea se face saltator, de la un nod Ranvier la altul, impulsul putând sări chiar 4-5 noduri. Conducerea saltatorie, datorată existenţei tecii de mielină, determină creşterea vitezei de propagare a impulsului, precum şi scăderea consumului energetic, deoarece pompele ionice acţionează doar la nivelul strangulaţiilor Ranvier.

Viteza de conducere a impulsului pe fibrele nervoase depinde de specia animală (mai mică pe treptele joase ale scării zoologice), iar la om de diametrul fibrei (fibrele groase conduc mai rapid) şi de prezenţa tecii de mielină. Teaca de mielină este izolantă din punct de vedere electric şi deci membrana nu se poate depolariza decât la nivelul nodurilor Ranvier, realizându-se astfel conducerea saltatorie cu viteză mult mai mare decât conducerea punctiformă. Cele mai mari viteze de conducere se realizează pe fibrele mielinice groase, cu diametrul de până la 20 μ ale căilor proprioceptive (120 m/s), iar vitezele cele mai mici se întâlnesc pe fibrele subţiri (cu diametrul de 1 μ) amielinice vegetative (0,5 m/s). Conducerea nervoasă poate fi încetinită sau suprimată temporar sau definitiv prin acţiunea unor agenţi fizici (frigul) sau chimici (anestezicele) sau prin distrugerea integrităţii anatomice. Din punct de vedere anatomic, un nerv este alcătuit din mai multe fibre nervoase separate între ele prin fascicule de ţesut conjunctiv. În interiorul unui nerv, conducerea de-a lungul unei fibre nervoase este izolată, potenţialul de acţiune al unei fibre nu "sare" pe fibrele vecine. Dacă există leziuni ale tecilor axonului sau ale dendritei poate avea loc o conducere spre fibrele vecine (conducere prin contact sau efaptică). Deşi conducerea efaptică nu are loc în mod fiziologic, totuşi fibrele vecine suferă depolarizări sub valoarea prag la trecerea unui potenţial de acţiune printr-o fibră nervoasă.

## FIZIOLOGIA SINAPSEI

Se ştie că informaţia este transmisă la nivelul sistemului nervos în principal sub forma impulsurilor nervoase, printr-o succesiune de neuroni, unul după altul. Cu toate acestea, nu este evident de la prima vedere că fiecare impuls poate fi blocat la trecerea de la un neuron la altul, poate fi transformat dintr-un impuls unic în impulsuri repetate sau poate fi integrat cu impulsuri

venite de la alţi neuroni, producând astfel impulsuri complexe la nivelul neuronilor următori. Toate aceste funcţii pot fi numite funcţiile sinaptice ale neuronilor. Sinapsa este un organ întâlnit la nivelul contactului dintre doi neuroni sau dintre neuron şi celula receptoare sau efectoare. În lumea animală există două tipuri principale de sinapse: sinapse chimice şi sinapse electrice.

**Sinapsele chimice** predomină ca modalitate de transmitere a semnalelor în sistemul nervos central. În acestea, primul neuron, numit neuron presinaptic, secretă în fanta sinaptică o substanţă chimică numită neurotransmiţător (sau mediator chimic). Acesta acţionează asupra proteinelor receptoare din membrana neuronului următor, numit neuron postsinaptic, pe care îl excită, îl inhibă sau îi modifică excitabilitatea într-un alt fel. Până în prezent se cunosc peste 40 de neurotransmiţători, din care cei mai cunoscuţi sunt acetilcolina, noradrenalina, histamina, acidul gamma-aminobutiric (GABA) şi glutamatul.

**Sinapsele electrice** sunt caracterizate de canale care conduc direct impulsul electric de la o celulă la alta. Cele mai multe dintre acestea sunt mici structuri tubulare proteice, numite joncţiuni gap, care permit mişcarea liberă a ionilor din interiorul unei celule către următoarea. În sistemul nervos central au fost identificate foarte puţine joncţiuni gap a căror semnificaţie nu este încă cunoscută.

Sinapsele chimice au o însuşire extrem de importantă, care le face indispensabile pentru transmiterea semnalelor în cadrul sistemului nervos central: ele conduc întotdeauna impulsul nervos într-un singur sens, şi anume de la neuronul presinaptic, care secretă neurotransmiţătorul, la neuronul postsinaptic. Acesta este principiul conducerii unidirecţionale prin sinapsele chimice, spre deosebire de sinapsele electrice, care conduc semnalele în orice direcţie. Mecanismul conducerii unidirecţionale este de importanţă majoră în funcţionarea sistemului nervos central, deoarece permite direcţionarea extrem de exactă a semnalului spre ariile nervoase specifice fiecăreia dintre miile de funcţii ale SNC: recepţia şi integrarea senzitivo-senzorială, controlul motor, memoria şi multe altele.

Studiile electronomicroscopice ale sinapsei au arătat că aceasta este alcătuită din aşa-numitele terminaţii presinaptice butonate, care sunt mici umflături rotunde sau ovalare ale axonilor presinaptici. Acestea sunt separate de membrana neuronului postsinaptic prin intermediul fantei sinaptice, care are de obicei 200 până la 300 angstromi (Å). Terminaţiile butonate au două structuri interne importante pentru realizarea funcţiilor excitatorii sau inhibitorii ale sinapsei: veziculele sinaptice şi mitocondriile. Veziculele sinaptice conţin neurotransmiţătorul care, eliberat în fanta sinaptică, va excita sau va inhiba neuronul postsinaptic, după cum membrana acestuia din urmă conţine receptori excitatori sau, respectiv, receptori inhibitori. Mitocondriile asigură necesarul de ATP (adenozin trifosfat) pentru sinteza unor noi molecule de neurotransmiţător.

Ajuns la nivelul membranei presinaptice, potenţialul de acţiune determină o creştere a conductanţei pentru calciu, care, pătrunzând în butorul terminal, activează un sistem enzimatic şi kinetic endocelular. Acesta determină succesiv alipirea şi fuzionarea veziculelor cu mediator de membrana presinaptică, urmată de ruperea unei porţiuni din membrana presinaptică şi eliberarea mediatorului chimic în fanta sinaptică. Există o relaţie de proporţionalitate directă între frecvenţa potenţialelor de acţiune şi numărul de vezicule fuzionate şi golite în fanta sinaptică. Veziculele sinaptice conţin un număr relativ fix de molecule de mediator, ceea ce imprimă un caracter de eliberare discontinuă, în "cuante", a acestuia. După eliberare, cea mai mare parte a mediatorului ajunge prin difuziune la nivelul membranei postsinaptice, unde interacţionează stereospecific cu macromoleculele receptorilor de membrană. Aceştia recunosc molecula de mediator, o fixează şi declanşează o serie de modificări enzimatice la nivelul membranei postsinaptice care duc, în final, la formarea unei substanţe (adenozin monofosfatul ciclic - AMPc) care transmite



mesajul spre interiorul celulei. În urma acestor procese, la nivelul membranei postsinaptice are loc o creştere a conductanţei ionice, în special pentru $Na^+$ (dar şi pentru $K^+$ şi $Cl^-$), urmată de un influx al acestui ion şi o depolarizare proporţională cu cantitatea de mediator eliberată la nivelul sinapsei. Se generează astfel un potenţial postsinaptic excitator care, în momentul atingerii unui prag critic, excită membrana celulară din afara sinapsei, declanşând apariţia unui potenţial de acţiune "tot sau nimic", propagat în toate direcţiile pe suprafaţa corpului celular şi celulifug la nivelul axonului până la următoarea sinapsă, unde se reia mecanismul transmiterii sinaptice. Dacă în urma acţiunii neurotransmiţătorului creşte conductanţa pentru sodiu, se produce deci depolarizarea şi apoi excitarea membranei postsinaptice, neurotransmiţătorul fiind numit excitator. Dacă însă creşte conductanţa pentru potasiu sau clor, membrana postsinaptică se hiperpolarizează şi deci este inhibată, neurotransmiţătorul fiind numit în acest caz inhibitor. Nu tot mediatorul eliberat în sinapsă interacţionează cu receptorii postsinaptici. O parte din moleculele de mediator sunt inactivate enzimatic, o altă parte difuzează în afara sinapsei, iar altă parte reacţionează cu receptorii presinaptici, frânând prin feedback negativ eliberarea de noi cantităţi de mediator. De remarcat este faptul că asupra celulei postsinaptice acţionează două tipuri de mesageri chimici. Mesagerul de ordinul I este însuşi mediatorul chimic, iar mesagerul de ordinul II (sau mesagerul secund) este AMPc.

Potenţialul postsinaptic poate fi excitator (PPSE) (când neurotransmiţătorul produce o depolarizare parţială a membranei postsinaptice) sau inhibitor (PPSI) (când are loc o hiperpolarizare a membranei postsinaptice). Astfel, există două tipuri de sinapse: excitatorii, în care se eliberează neurotransmiţători excitatori (acetilcolina, noradrenalina) şi inhibitorii, în care se eliberează neurotransmiţători inhibitori (acidul gamma aminobutiric etc.). Din miile de sinapse ale unui neuron, jumătate sunt excitatorii şi jumătate sunt inhibitorii. Astfel, fiecare neuron integrează în permanenţă miile de impulsuri excitatorii şi inhibitorii cu care este "bombardat". Dacă predomină potenţialele postsinaptice excitatorii, are loc o depolarizare a neuronului până la pragul critic, este generat un potenţial de acţiune de tip "tot sau nimic" care se propagă până la primul nod Ranvier şi de aici mai departe de-a lungul axonului. Deci, pentru a descărca un neuron, este necesară fie activarea cu mare frecvenţă a unei sinapse excitatorii, fie activarea simultană a mai multor sute de asemenea sinapse. Impulsuri excitatorii izolate nu pot activa neuronul. Dacă asupra neuronului se exercită la un moment dat efectele sinapselor inhibitorii, neuronul se hiperpolarizează şi transmiterea mai departe a impulsurilor excitatorii încetează. La nivelul corpului neuronal are loc, aşadar, o sumaţie spaţială şi temporală a tuturor potenţialelor postsinaptice, iar rezultatul final depinde de echilibrul dintre efectele excitatorii şi inhibitorii. Transmiterea sinaptică poate fi influenţată de prezenţa unor substanţe, de metabolismul propriu, etc. Sinapsele au un rol extrem de important în procesele de memorie. La nivelul membranelor postsinaptice se sintetizează proteine ale memoriei, ce permit reactivarea unor circuite sinaptice identice cu cele care au activat în timpul învăţării noţiunilor respective. Numărul contactelor sinaptice ale neuronilor din scoarţa cerebrală creşte cu vârsta. După ce a acţionat la nivelul membranei postsinaptice, mediatorul chimic este inactivat de enzime specifice. Datorită mecanismului chimic al transmiterii sinaptice, impulsul nervos suferă la nivelul fiecărei sinapse o întârziere de aproximativ 0,5 ms, numită latenţă sinaptică.

# ANATOMIA MĂDUVEI SPINĂRII

## CONFIGURAŢIA EXTERNĂ

### AŞEZARE, RAPORTURI

Măduva spinării are formă de cordon cilindric uşor turtit în sens antero-posterior (sagital), astfel că diametrul transversal depăşeşte cu puţin diametrul antero-posterior. Se găseşte situată în canalul vertebral, format din suprapunerea orificiilor vertebrale, pe care însă nu-l ocupă în întregime. Lungimea măduvei este de 43 - 45 cm cu variaţii individuale. Limita superioară a măduvei corespunde găurii occipitale prin care canalul vertebral comunică în sus cu cavitatea craniană sau emergenţei primului nerv spinal ($C_1$), iar limita inferioară se află în dreptul vertebrei $L_2$. Faptul că măduva îşi are limita inferioară în dreptul vertebrei $L_2$ se explică prin ritmul de creştere al coloanei vertebrale mai rapid decât cel al măduvei. Tot din această cauză, rădăcinile nervilor spinali, lombari şi sacrali au o direcţie oblică în jos. Măduva spinării nu ocupă toată grosimea canalului vertebral. Între peretele osos al vertebrelor şi măduvă se află cele trei membrane ale meningelor vertebrale care asigură protecţia şi nutriţia măduvei.

Sub vertebra $L_2$, măduva se prelungeşte cu conul medular, iar acesta cu filum terminale, care ajunge la coccis pe faţa posterioară a celei de-a doua vertebre coccigiene. De o parte şi de alta a conului medular şi a filumului terminale, nervii lombari şi sacral, cu direcţie aproape verticală, formează "coada de cal".

### ASPECTUL EXTERIOR AL MĂDUVEI

În dreptul regiunilor cervicală şi lombară, măduva prezintă două regiuni mai voluminoase, intumescenţa cervicală şi, respectiv, lombară, ce corespund membrelor (prima, plexului brahial, secunda, plexului lombar şi sacral). Intumescenţa cervicală se află în dreptul vertebrelor $C_4$ - $T_2$, iar cea lombară în dreptul vertebrelor $T_9$ - $L_2$.

La suprafaţa măduvei se observă o serie de şanţuri: anterior şi pe linia mediană, un şanţ mai adânc, numit fisura mediană; posterior, pe linia mediană, se observă şanţul medial dorsal, mai puţin adânc decât fisura mediană şi continuat în măduvă de septul median posterior, format din celule gliale; lateral de fisura mediană se observă şanţurile ventro-laterale, prin care ies rădăcinile anterioare ale nervilor spinali; lateral de şanţul median dorsal se află şanţurile dorso-laterale, prin care intră rădăcinile posterioare ale nervilor spinali (fig. 50). În măduva toracală superioară şi cervicală, între şanţurile medio-dorsal şi dorso-lateral apar şanţurile intermediare, de la care pleacă profund, în cordoanele posterioare, septul intermediar, care separă fasciculul gracilis de fasciculul cuneat.

### MENINGELE SPINALE

Este alcătuit din trei membrane de protecţie care învelesc măduva. La nivelul găurii occipitale, meningele spinale se continuă cu meningele cerebrale. Membrana exterioară se numeşte dura mater. Are o structură lamelară fibroasă, rezistentă şi este separată de pereţii



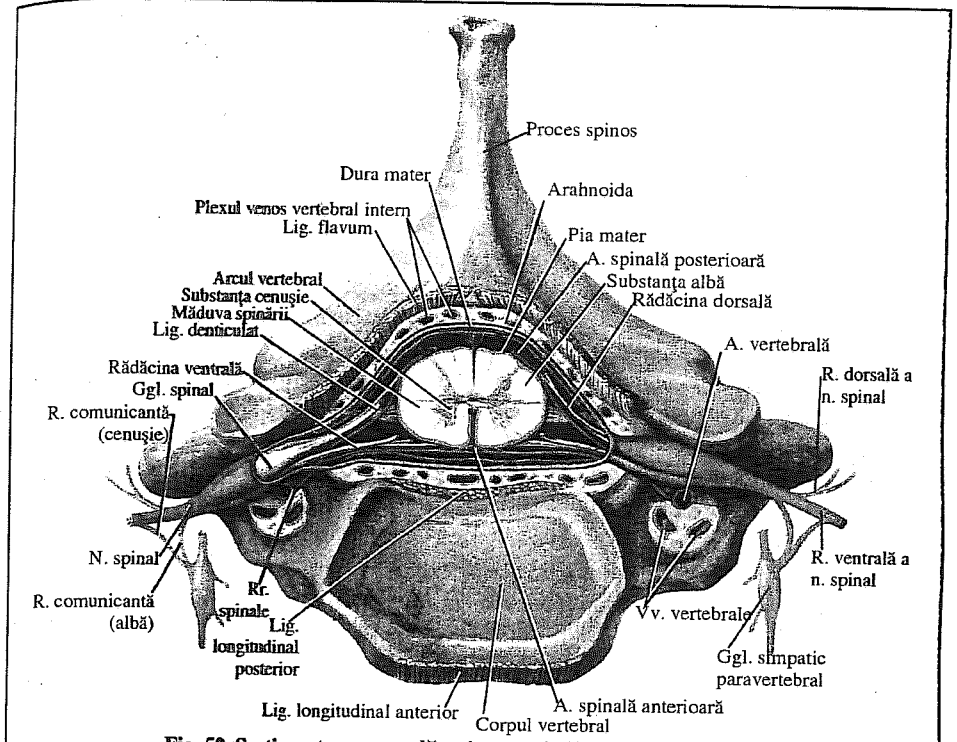



**Fig. 50. Secţiune transversală prin vertebră şi canalul rahidian**

canalului vertebral prin spaţiul epidural în care se află ţesut conjunctiv şi gras, cât şi vene multiplu anastomozate. Superior, la nivelul găurii occipitale, se continuă cu duramater craniană. Inferior se termină în fund de sac, în care sunt adăpostite filum terminale şi coada de cal. Sub vertebra $S_2$, filum terminale, împreună cu învelişul dural cu care vine în contact, formează ligamentul coccigian.

Arahnoida are o structură conjunctivă şi este separată de dura mater prin spaţiul subdural şi de pia mater prin spaţiul subarahnoidian, care conţine lichidul cefalorahidian (LCR). Pia mater sau meningele vascular este o membrană conjunctivo-vasculară, cu rol nutritiv, care învelește măduva de care aderă intim, pătrunzând în şanţuri şi fisuri. În grosimea ei se găsesc numeroase vase arteriale şi nervi, în special simpatici. Prelungirile piale pătrund, împreună cu ramurile arteriale, în substanţa nervoasă, participând la constituirea barierei hematoencefalice.

### STRUCTURA MĂDUVEI SPINĂRII

Măduva este formată din substanţă cenuşie dispusă în centru, având aspectul literei "H", şi substanţă albă, la periferie, sub formă de cordoane (funicule).

**Substanţa cenuşie**

Este constituită din corpul neuronilor. Bara transversală a "H"-ului formează comisura cenuşie a măduvei, iar porţiunile laterale ale "H"-ului sunt subdivizate în coarne: anterioare, laterale şi posterioare.

**Comisura cenuşie** prezintă în centru canalul ependimar care conţine LCR şi care, în sus, la nivelul trunchiului cerebral, se dilată formând ventriculul IV. De asemenea, el se dilată şi în porţiunea terminală a măduvei, formând, la nivelul filumului terminale, ventriculul V, numit şi ventriculul terminal.

**Coarnele anterioare** (ventrale) conţin dispozitivul somatomotor care este mai bine dezvoltat în regiunea intumescenţelor (cervicală şi lombară). Coarnele anterioare sunt mai late şi mai scurte decât cele posterioare şi conţin 2 tipuri de neuroni somatomotori: neuroni α (alfa) şi neuroni γ (gama), ai căror axoni formează rădăcina ventrală a nervilor spinali. Axonul neuronului α ajunge la muşchiul striat cu care formează o sinapsă specială neuroefectorie, numită placă motorie, în timp ce axonul neuronului γ ajunge la porţiunea periferică (contractilă) a fibrelor musculare din structura fusului neuromuscular. Neuronii α, cât şi neuronii γ sunt de tip multipolar, corpul lor având diametre de 70-150 μ.

**Coarnele posterioare** (dorsale) conţin neuroni senzitivi care au semnificaţia de deutoneuron (al II-lea neuron), protoneuronul (I neuron) fiind situat în ganglionii spinali. La nivelul deutoneuronilor se termină o parte din axonii neuronilor pseudounipolari (I neuron din ganglionul spinal). Neuronii senzitivi din coarnele posterioare sunt mici, dispuşi sub formă de grupe relativ structuralizate, numite nuclei (nucleul capului cornului posterior, nucleul toracic etc.).

Coarnele anterioare şi posterioare apar pe secţiunea longitudinală sub formă de coloane.

**Coarnele laterale** sunt vizibile în regiunea cervicală inferioară ($C_8$), în regiunea toracală ($T_1 - T_{12}$) şi lombară superioară ($L_1 - L_2$). Conţin neuroni vegetativi simpatici preganglionari ai căror axoni părăsesc măduva pe calea rădăcinii ventrale a nervului spinal şi formează fibrele preganglionare ale sistemului simpatic.

Între coarnele laterale şi posterioare, în substanţa albă a măduvei se află substanţa reticulată a măduvei mai bine individualizată în regiunea cervicală şi formată din neuroni dispuşi în reţea.

**Substanţa albă**

Se află la periferia măduvei şi este dispusă sub formă de cordoane (funicule) în care găsim fascicule ascendente situate, în general, periferic, descendente, situate profund faţă de precedentele, şi fascicule de asociaţie, situate cel mai profund, în imediata vecinătate a substanţei cenuşii. Între fisura mediană şi coarnele anterioare se află cordoanele anterioare; între septul median posterior, care prelungeşte şanţul median dorsal, şi coarnele anterioare se află cordoanele posterioare, iar între coarnele anterioare şi posterioare se află cordoanele laterale. În aceste cordoane se află fibre nervoase grupate în fascicule ascendente ale sensibilităţii, descendente ale motricităţii şi fascicule de asociaţie.

În **cordoanele posterioare** se află fasciculul gracilis (Goll) şi, lateral de acesta, fasciculul cuneat (Burdach), acesta din urmă existând numai în măduva toracală superioară şi cervicală. Fasciculul cuneat este despărţit de gracilis printr-un sept intermediar. Ambele fascicule sunt formate din axoni lungi ai I neuron (protoneuronul) cu sediul în ganglionul spinal. În cordoanele posterioare întâlnim, de asemenea, şi fascicule de asociaţie, care leagă între ele diferite segmente ale măduvei.

În **cordoanele anterioare** se află cele trei feluri de fascicule mai sus amintite:

**I. Fascicule de asociaţie** - fasciculul fundamental; îşi au originea în neuroni din substanţa cenuşie a măduvei. Prelungirile neuronilor din substanţa cenuşie a măduvei părăsesc substanţa



cenuşie şi, ajunse în substanţa albă, se divid într-o ramură ascendentă şi una descendentă. Aceste ramuri, care formează fasciculul fundamental, după un traiect mai mult sau mai puţin lung reintră în substanţa cenuşie.

**II. Fascicule ascendente** - reprezentate de fasciculul spinotalamic anterior, cu originea în deutoneuronul de la nivelul cornului posterior al măduvei (protoneuronul se află în ganglionul spinal). Axonul deutoneuronului, după ce se încrucişează cu opusul, ajunge în cordonul anterior de partea opusă.

**III. Fascicule descendente** - acestea sunt de două categorii:

a. ***Fascicule piramidale***, care controlează motilitatea voluntară şi care au origine în scoarţă - fasciculul piramidal direct sau cortico-spinal anterior, situat în jurul fisurii mediane.

b. ***Fascicule extrapiramidale***, care controlează motilitatea involuntară automată şi semiautomată, având origine subcorticală, cum ar fi:

- fasciculul tectospinal, cu originea în tectum (lama cvadrigemina);
- fasciculul vestibulospinal medial, cu originea în nucleii vestibulari medial şi inferior din bulb.

În **cordoanele laterale** se află toate cele trei tipuri de fascicule.

**I. Fascicule de asociaţie** (fasciculul fundamental), care, după cum am văzut, se găsesc şi în cordonul anterior al măduvei.

**II. Fascicule ascendente**, reprezentate de fasciculul spinotalamic lateral şi cele două fascicule spinocerebeloase ventral (încrucişat, Gowers) şi dorsal (direct, Flechsig).

Fasciculul spinotalamic lateral îşi are originea în deutoneuronul de la nivelul cornului posterior al măduvei (protoneuronul se află în ganglionul spinal). Axonul deutoneuronului din cornul posterior al măduvei, după ce se încrucişează cu opusul, ajunge în cordonul lateral opus, unde formează fasciculul spinotalamic lateral, situat medial de fasciculul spinocerebelos ventral (încrucişat).

Fasciculele spinocerebeloase îşi au originea în deutoneuronii de la nivelul cornului posterior. În cazul fasciculului spinocerebelos dorsal (direct Flechsig), axonul deutoneuronului din cornul posterior trece în cordonul lateral de aceeaşi parte, în timp ce în cazul fasciculului spinocerebelos ventral (încrucişat Gowers), axonul deutoneuronului se încrucişează şi trece în cordonul lateral de partea opusă. Ambele fascicule spinocerebeloase ocupă partea periferică a cordoanelor laterale.

**III. Fascicule descendente**. Ca şi în cordonul anterior, în cordonul lateral există două categorii de fascicule descendente:

a. ***Fascicule piramidale***, care controlează motilitatea voluntară şi au originea în scoarţă – fasciculul piramidal încrucişat (corticospinal lateral), situat în cordonul lateral şi medial de fasciculul spinocerebelos dorsal şi posterior de fasciculul spinotalamic lateral.

b. ***Fascicule extrapiramidale***, care controlează motilitatea involuntară automată şi semiautomată, având originea subcorticală:

- fasciculul rubrospinal, cu originea în nucleul roşu din mezencefal, situat înaintea fasciculului piramidal încrucişat;
- fasciculul olivospinal, cu originea în oliva bulbară şi situat în cordonul lateral, anterior de fasciculul spinocerebelos ventral;
- fasciculul reticulospinal, cu originea în formaţia reticulată a trunchiului cerebral;
- fasciculul nigrospinal, cu originea în substanţa neagră;
- fasciculul vestibulospinal lateral, cu originea în nucleul vestibular lateral.

# CĂILE ASCENDENTE (ALE SENSIBILITĂŢII)

## CĂILE SENSIBILITĂŢII EXTEROCEPTIVE

**Calea sensibilităţii termice şi dureroase**

**Receptorii** sunt în piele. Pentru sensibilitatea dureroasă, ca şi pentru cea termică, receptorii sunt terminaţiile nervoase libere.

**Protoneuronul** (I neuron) se află în ganglionul spinal şi este un neuron pseudo-unipolar, a cărei dendrită, lungă, ajunge la receptori, iar axonul pătrunde pe calea rădăcinii posterioare în măduvă.

**Deutoneuronul** (II neuron) se află în neuronii senzitivi din cornul superior al măduvei. Axonul lui trece în cordonul lateral opus, unde formează fasciculul spinotalamic lateral, care, în traiectul său ascendent, străbate măduva şi trunchiul cerebral, îndreptându-se spre talamus.

**Al treilea neuron** se află în talamus. Axonul celui de al treilea neuron se proiectează pe scoarţa cerebrală, în aria somestezică I din lobul parietal, gir postcentral, câmpurile 3, 1, 2.

**Calea sensibilităţii tactile grosiere**

**Receptorii**, în piele, sunt reprezentaţi de corpusculii Meissner şi discurile tactile Merkel.

**Protoneuronul** (I neuron)se află în ganglionul spinal. Dendrita acestui neuron, lungă, ajunge la nivelul receptorilor, iar axonul pătrunde pe calea rădăcinii posterioare în măduvă.

**Deutoneuronul** (II neuron) se află în neuronii senzitivi din cornul posterior.

Axonul acestor neuroni trece în cordonul anterior opus, alcătuind fasciculul spinotalamic anterior care, în traiectul său ascendent, străbate măduva, trunchiul cerebral şi ajunge la talamus.

**Al treilea neuron** se află în talamus. Axonul lui se proiectează în scoarţa cerebrală, în aria somestezică I (fig. 51).

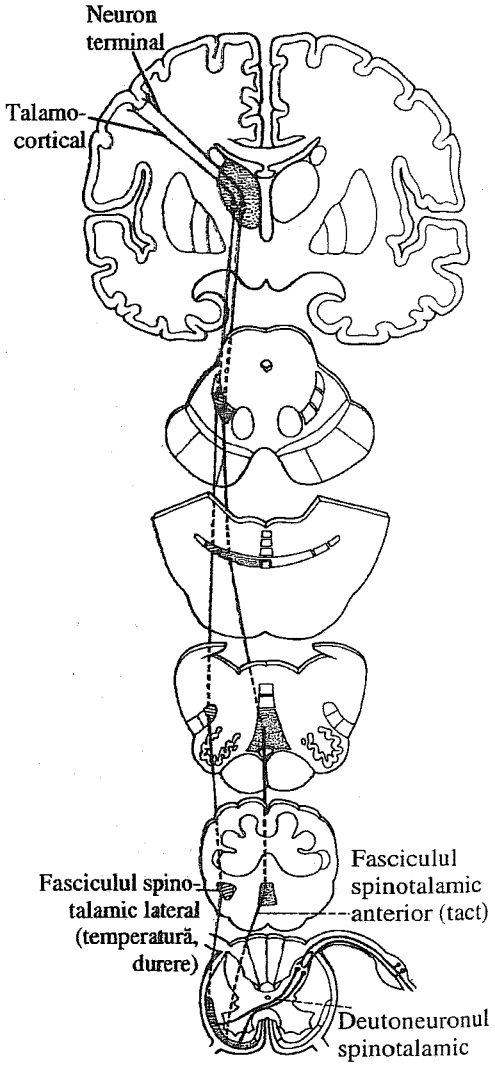



**Fig. 51. Conducerea prin fasciculul spinotalamic**



**Calea sensibilităţii tactile epicritice (fină)**

Utilizează calea cordoanelor posterioare împreună cu calea proprioceptivă kinestezică o dată cu care va fi descrisă.

## CĂILE SENSIBILITĂŢII PROPRIOCEPTIVE

**Calea sensibilităţii kinestezice**

Sensibilitatea kinestezică (simţul poziţiei şi al mişcării în spaţiu) utilizează calea cordoanelor posterioare, împreună cu sensibilitatea tactilă epicritică.

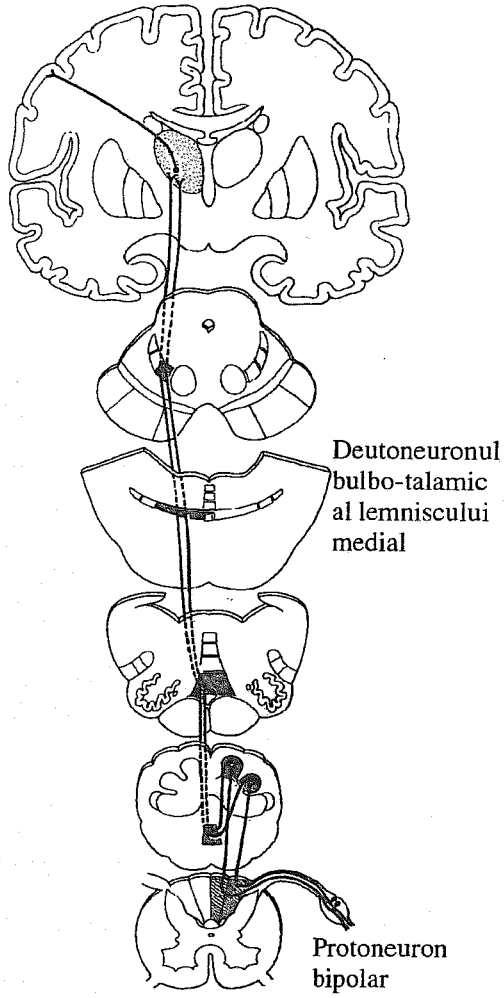



**Fig. 52. Sensibilitatea proprioceptivă conştientă**

**Receptorii**:

- pentru sensibilitatea tactilă epicritică sunt aceiaşi ca şi pentru sensibilitatea tactilă protopatică, însă cu câmp receptor mai mic;
- pentru sensibilitatea kinestezică receptorii sunt corpusculii neurotendinoşi ai lui Golgi, corpusculii Ruffini, terminaţii nervoase libere, corpusculii Paccini.

**Protoneuronul** (I neuron) se află în ganglionul spinal, a cărei dendrită, lungă, ajunge la receptori. Axonul, de asemenea lung, pătrunde în cordonul posterior, formând la acest nivel fasciculul gracilis şi fasciculul cuneat. Menţionăm că fasciculul cuneat apare numai în măduva toracală superioară şi în măduva cervicală. Aceste două fascicule, numite şi fascicule spinobulbare, urcă spre bulb.

**Deutoneuronul** (II neuron) se află în nucleii Goll (gracilis) şi Burdach (cuneat) din bulb. Axonii celui de al doilea neuron se încrucişează în bulb şi formează decusaţia senzitivă (lemniscală), după care devin ascendenţi şi formează lemniscul medial care se îndreaptă spre talamus.

**Al III–lea neuron** se află în talamus. Axonul celui de al treilea neuron se proiectează în aria somestezică I (fig. 52).

**Calea sensibilităţii proprioceptive de control al mişcării**

Această cale este constituită din două tracturi:

- tractul spinocerebelos dorsal (direct, Flechsig);
- tractul spinocerebelos ventral (încrucişat, Gowers).

**Receptorii** acestei căi sunt fusurile neuro-musculare.

**Protoneuronul** (I neuron) este localizat în ganglionul spinal; dendrita ajunge la receptori, iar axonul, pe calea rădăcinii posterioare, intră în măduvă, în substanţa cenuşie.

**Deutoneuronul** (al II-lea neuron) se află în neuronii senzitivi din cornul posterior al măduvei. Axonul celui de al doilea neuron se poate comporta în două moduri:

- fie se duce în cordonul lateral de aceeaşi parte, formând fasciculul spinocerebelos dorsal (direct, Flechsig);
- fie ajunge în cordonul lateral de partea opusă, deci se încrucişează şi formează fasciculul spino-cerebelos ventral (încrucişat, Gowers).

Ambele fascicule au un traiect ascendent, străbat măduva şi ajung în trunchiul cerebral, unde se comportă în mod diferit:

- fasciculul spinocerebelos dorsal străbate numai bulbul şi apoi, pe calea pedunculului cerebelos inferior, ajunge la cerebel;
- fasciculul spinocerebelos ventral străbate bulbul, puntea şi mezencefalul şi apoi, pe calea vălului medular superior, cuprins între cei doi pedunculi cerebeloşi superiori, ajunge la cerebel.

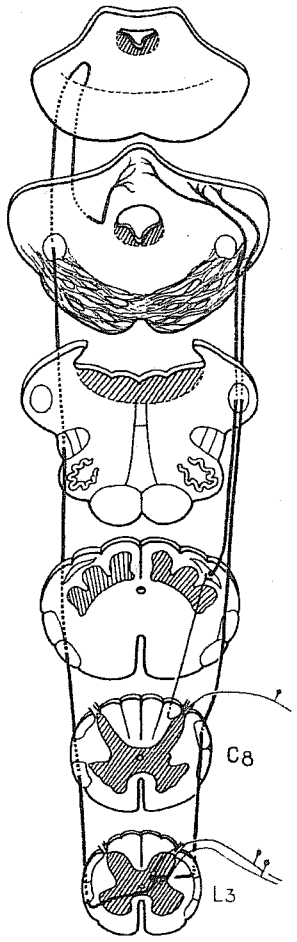



**Fig. 53. Sensibilitatea proprioceptivă inconştientă**

CĂILE SENSIBILITĂŢII INTEROCEPTIVE

În condiţii normale, viscerele nu reacţionează la stimuli mecanici, termici, chimici, iar influxurile nervoase interoceptive nu devin conştiente. Numai în condiţii anormale viscerele pot fi punctul de plecare al senzaţiei dureroase (fig. 53).

**Receptorii** se găsesc în pereţii vaselor şi ai organelor, sub formă de terminaţii libere sau corpusculi lamelaţi.

**Protoneuronul** (I neuron) se găseşte în ganglionul spinal; dendrita lui ajunge la receptori, iar axonul pătrunde în măduvă.

**Deutoneuronul** (al II-lea neuron), se află în măduvă; axonii acestuia intră în alcătuirea fasciculului spino-reticulo-talamic şi, din aproape în aproape (deci multe sinapse şi conducere lentă) ajung la talamus.

**Al III-lea neuron** se află în talamus. Zona de proiecţie corticală este difuză.



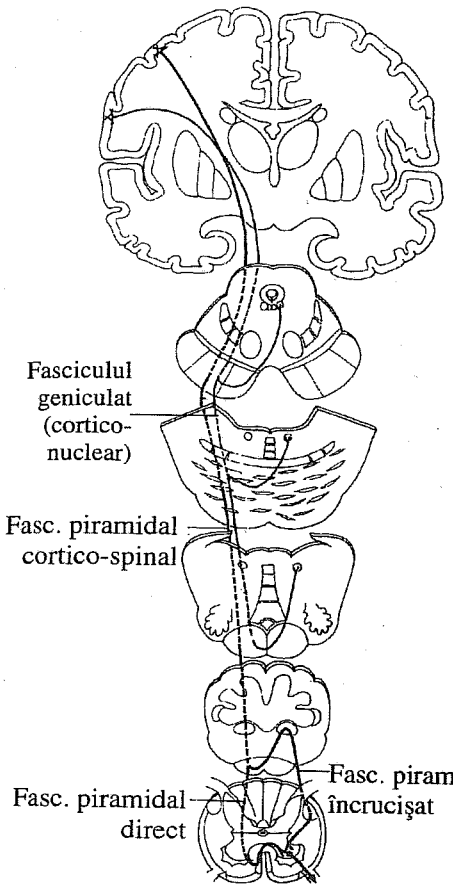



**Fig. 54. Calea (sistemul) piramidală**

## CĂILE DESCENDENTE (ALE MOTRICITĂŢII)

CALEA SISTEMULUI PIRAMIDAL

Îşi are originea în cortexul cerebral şi controlează motilitatea voluntară (fig. 54).

**Fasciculul piramidal** (corticospinal) are origini corticale diferite: aria motorie (câmpul 4), aria premotorie (câmpul 6), aria somestezică (câmpurile 3, 1, 2), aria motorie suplimentară situată pe faţa medială a lobului frontal, cât şi în aria motorie secundară, care se suprapune peste aria senzitivă secundară. Dintre cele 1 000 000 de fibre ale fasciculului piramidal, 700 000 sunt mielinizate. Fibrele fasciculului piramidal străbat, în direcţia lor descendentă, toate cele trei etaje ale trunchiului cerebral şi, ajunse la nivelul bulbului, se comportă diferit:

- 75 - 90% din fibre se încrucişează la nivelul bulbului (decusaţia piramidală), formând fasciculul piramidal încrucişat sau cortico-spinal lateral, care, aşa cum îi arată şi numele, ajunge în cordonul lateral al măduvei;
- 10 - 25% din fibrele fasciculului piramidal nu se încrucişează şi formează fasciculul piramidal direct (corticospinal anterior), care ajunge în cordonul anterior de aceeaşi parte, fiind situat lângă fisura mediană. În dreptul fiecărui segment, o parte din fibre părăsesc acest fascicul, se încrucişează şi trec în cordonul anterior opus. Au fost descrise şi rare fibre piramidale care nu se încrucişează nici la nivel bulbar, nici la nivel medular (fibre piramidale ipsilaterale situate în cordonul medular lateral).

În traiectul lui prin trunchiul cerebral, din fibrele fasciculului piramidal se desprind fibre corticonucleare care ajung la nucleii motori ai nervilor cranieni (similari cornului anterior al măduvei).

În concluzie, calea sistemului piramidal are doi neuroni:

- un neuron cortical, central, de comandă. Lezarea lui duce la paralizie spastică, cu exagerarea reflexelor osteotendinoase;
- un neuron inferior, periferic sau de execuţie care poate fi situat în nucleii motori ai nervilor cranieni. El este denumit şi calea finală comună deoarece asupra lui converg toate căile descendente. Lezarea lui duce la paralizie flască şi atrofie musculară.

CALEA SISTEMULUI EXTRAPIRAMIDAL

Îşi are originea în etajele corticale şi subcorticale şi controlează motilitatea involuntară automată şi semiautomată. Căile extrapiramidale corticale ajung la nucleii bazali. De la nucleii bazali, prin eferenţele acestora (fibre strionigrice, striorubice şi strioreticulate), ajung la nucleii din mezencefal (nucleul roşu, substanţa neagră şi formaţia reticulată), continuându-se spre măduvă prin fasciculele nigrospinale, rubrospinale şi reticulospinale.

Menţionăm în cadrul sistemului extrapiramidal următoarele fascicule:

- fasciculul tectospinal, cu originea în tectum (lama quadrigemina), situat pe faţa posterioară a mezencefalului; ajunge în cordonul anterior;
- fasciculul vestibulospinal medial, cu originea în nucleii vestibulari medial şi inferior din bulb; ajunge în cordonul anterior;
- fasciculul rubrospinal, cu originea în nucleul roşu din mezencefal; ajunge în cordonul lateral;
- fasciculul vestibulospinal lateral, cu originea în nucleul vestibular lateral;
- fasciculul reticulospinal, cu originea în formaţia reticulată a trunchiului cerebral; ajunge în cordonul lateral;
- fasciculul olivospinal, cu originea în oliva bulbară; ajunge în cordonul lateral;
- fasciculul nigrospinal, cu originea în substanţa neagră din mezencefal; ajunge în cordonul lateral.

Toate aceste fascicule extrapiramidale ajung, în final, la neuronii motori din cornul anterior al măduvei.

Prin căile descendente, centrii encefalici exercită controlul motor voluntar (calea piramidală) şi automat (căile extrapiramidale) asupra musculaturii scheletice. În acest mod este reglat tonusul muscular, activitatea motorie şi sunt menţinute postura şi echilibrul corpului.

## NERVII SPINALI

Nervii spinali conectează măduva cu receptorii şi efectorii (somatici şi vegetativi). Sunt în număr de 31 de perechi şi au o dispoziţie metamerică. În regiunea cervicală există 8 nervi cervicali (primul iese între osul occipital şi prima vertebră cervicală), în regiunea toracală sunt 12 nervi, 5 în regiunea lombară şi sacrală şi unul în regiunea coccigiană (fig. 55).

Nervii spinali sunt formaţi din două rădăcini:

- anterioară (ventrală), motorie;
- posterioară (dorsală), senzitivă, care prezintă pe traiectul ei ganglionul spinal.

**Rădăcina anterioară** conţine axonii neuronilor somatomotori din cornul anterior al măduvei şi axonii neuronilor visceromotori din cornul lateral. Ea conţine circa 110 000 fibre nervoase.

Neuronii somatomotori se disting în neuroni α, al căror axon ajunge pe calea rădăcinii anterioare a nervului spinal la muşchiul striat cu care formează o sinapsă neuroefectorie specială, numită placă motorie (contracţie musculară), şi neuroni γ, ai căror axoni ajung la porţiunea periferică - prevăzută cu miofibrile - a fibrelor fusului neuromuscular (tonus muscular).

La neuronii somatomotori din cornul anterior al măduvei sosesc impulsuri de la scoarţa cerebrală, pe calea fasciculelor piramidale şi extrapiramidale corticale şi subcorticale, şi de la ganglionul spinal, prin axonul neuronului somatosenzitiv, care se pune în legătură cu neuronii



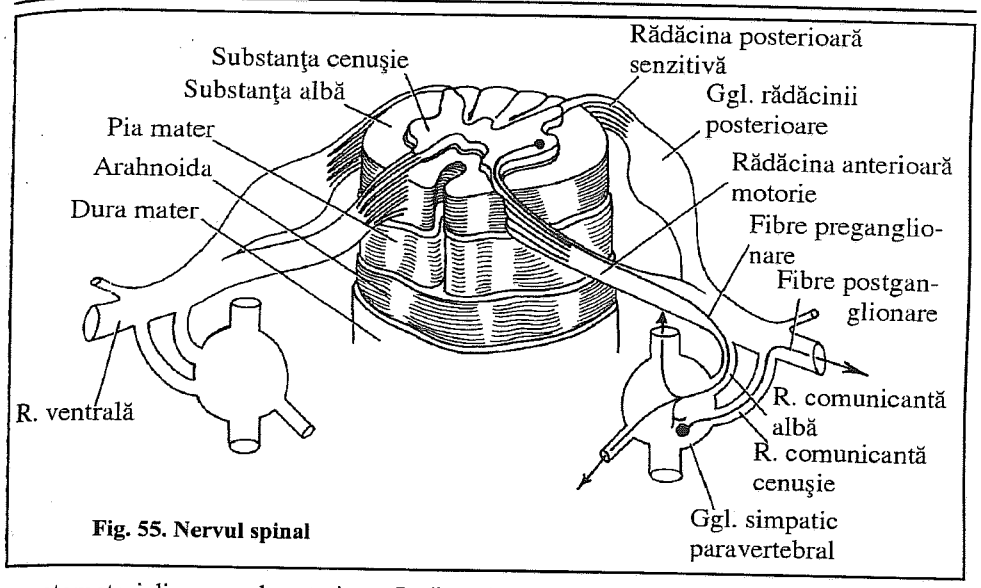



**Fig. 55. Nervul spinal**

somatomotori din coarnele anterioare fie direct (reflex monosinaptic), fie prin intermediul neuronilor de asociaţie (reflex polisinaptic).

În rădăcina anterioară a nervului spinal mai pătrund şi axonii neuronilor viscero-motori preganglionari (simpatici) din coarnele laterale ale măduvei (din zona viscero-motorie), cât şi neuronii preganglionari ai parasimpaticului sacrat.

Axonul mielinic al neuronului preganglionar simpatic pătrunde în rădăcina anterioară a nervului spinal, pe care apoi o părăseşte prin ramura comunicantă albă, ajungând pe calea acesteia la un ganglion vegetativ simpatic laterovertebral (paravertebral).

La acest nivel se face sinapsa cu un al doilea neuron al cărui axon, fără teacă de mielină, constituie fibra postganglionară. Aceasta fie ajunge de-a lungul unui vas la organul efector (muşchi neted sau glandă), fie reintră prin ramura comunicantă cenuşie în nervul spinal şi, pe calea acestuia, ajunge la organul efector, muşchiul firului de păr, glandele sebacee şi sudoripare sau la musculatura netedă a vaselor de sânge din piele şi muşchi.

Axonul preganglionar al neuronului parasimpaticului sacrat pătrunde în rădăcina anterioară pe care nu o părăseşte şi pe această cale ajunge la un ganglion previsceral sau intramural.

**Rădăcina posterioară** (dorsală) conţine 500 000 - 550 000 de fibre nervoase. Pe traiectul rădăcinii dorsale se află ganglionul spinal, la nivelul căruia sunt localizaţi atât neuronii somatosenzitivi, cât şi neuronii viscerosenzitivi.

Neuronii somatosenzitivi au o dendrită lungă care ajunge la receptorii din piele (exteroceptori) sau la receptorii profunzi somatici din aparatul locomotor (proprioceptori). Axonul neuronilor somatosenzitivi pătrunde pe calea rădăcinii posterioare în măduvă, unde se comportă în mai multe moduri:

1. Se pune direct în legătură cu un neuron somatomotor din cornul anterior, formând un arc reflex monosinaptic (bineuronal).

2. Intră în legătură cu unul sau mai mulţi neuroni de asociaţie şi, prin intermediul acestora, cu neuronul somatomotor din cornul anterior al măduvei, realizând astfel un arc reflex polisinaptic (multineuronal).

3. Pătrunde în substanţa cenuşie a măduvei (cornul posterior), punându-se în legătură cu al doilea neuron al cărui axon formează fasciculele spinocerebeloase (direct şi încrucişat) şi spinotalamice.

4. Pătrunde în substanţa albă a măduvei (cornul posterior) în cordonul posterior, unde formează fasciculele spinobulbare Goll şi Burdach, care urcă prin cordonul posterior al măduvei spre bulb, pentru a întâlni la acest nivel al II-lea neuron, care-şi are sediul în nucleii Goll şi Burdach din bulb.

Neuronii viscerosenzitivi au şi ei o dendrită lungă, care ajunge la receptorii din viscere (visceroreceptori). Axonii lor pătrund pe calea rădăcinii posterioare în măduvă şi ajung în cordonul lateral al măduvei (zona viscerosenzitivă).

Rădăcinile anterioară şi posterioară ale nervului spinal se unesc şi formează trunchiul nervului spinal care este mixt, având în structura sa fibre somatomotorii, visceromotorii, somatosenzitive, viscerosenzitive.

Trunchiul nervului spinal iese la exteriorul canalului vertebral prin gaura intervertebrală (orificiul de conjugare). După un scurt traiect de la ieşirea sa din canalul vertebral, nervul spinal se desface în ramurile sale: ventrală, dorsală, meningeală şi comunicanta albă.

Ramurile ventrale ale nervului spinal au în structura lor fibre motorii şi senzitive care se distribuie la muşchii şi pielea membrelor şi peretelui antero-lateral al trunchiului. Ramurile ventrale sunt mai groase decât cele dorsale şi, cu excepţia celor din regiunea toracică, se anastomozează şi formează plexuri. Plexul cervical este format din ramurile ventrale ale nervilor $C_1$ - $C_4$.

Ramurile plexului cervical se distribuie gâtului. Una din ramurile lui, nervul frenic, cu originea în $C_3$ - $C_4$, inervează diafragma.

Plexul brahial este format din ramurile ventrale ale nervilor $C_5$ - $C_8$ şi primul nerv toracal şi inervează centura scapulară şi membrul superior.

Ramurile ventrale ale nervilor toracici se numesc nervi intercostali şi sunt în număr de 12. Aceştia inervează musculatura şi pielea din pereţii toracelui şi abdomenului. Plexul lombar este alcătuit din ramurile ventrale ale primilor 4 nervi lombari. Ramurile lui se distribuie la peretele abdominal, la organele genitale externe şi la membrele inferioare. Plexul sacrat este constituit din ramurile ventrale ale $L_5$, $S_1$, $S_2$, $S_3$ şi este destinat centurii pelviene şi membrului inferior. Plexul ruşinos conţine fibre din ramura ventrală a nervului $S_4$. El se distribuie la viscerele pelviene, organele genitale externe şi la perineu.

Plexul sacro-coccigian este format din ramurile ventrale ale nervilor $S_4$ - $S_5$ şi ale nervului coccigian. Se distribuie la muşchii perineului.

Ramura dorsală a nervului spinal conţine, ca şi ramura ventrală, atât fibre motorii, cât şi fibre senzitive; se distribuie la pielea spatelui şi la muşchii jgheaburilor vertebrale.

Ramura meningeală a nervului spinal conţine fibre senzitive şi vasomotorii pentru meninge.

Ramura comunicantă: prin cea albă trece fibra preganglionară mielinică, cu originea în neuronul visceromotor din cornul lateral al măduvei, iar prin cea cenuşie fibra postganglionară amielinică, fiind axonul neuronului din ganglionul vegetativ simpatic latero-vertebral.



# FIZIOLOGIA MĂDUVEI SPINĂRII

Măduva spinării are două funcţii: funcţia reflexă şi funcţia de conducere. La nivelul măduvei spinării se închid numeroase arcuri reflexe. De asemenea, măduva spinării este străbătută în sens ascendent şi descendent de căi nervoase ce leagă bidirecţional centrii encefalici de restul organismului.

Funcţia de conducere a măduvei spinării a fost descrisă pe larg la capitolul de anatomie, aşa că în capitolul de faţă ne vom ocupa numai de activitatea reflexă medulară. Reflexele spinale sunt de două feluri: somatice şi vegetative.

Un reflex somatic este acela al cărui răspuns se execută de către efectori somatici, respectiv musculatura striată controlată în mod voluntar.

Un reflex vegetativ însă este cel la care exteriorizarea răspunsului apare la nivelul unui efector din organele interne sau al vaselor de sânge, aflate sub control involuntar (muşchiul striat cardiac, muşchii netezi, glandele secretorii). Atât reflexele somatice, cât şi cele vegetative pot fi declanşate de stimularea oricărei suprafeţe receptoare: intero-, extero- sau proprioceptive. Unele reflexe spinale sunt extrem de simple, având arcul reflex alcătuit din doi neuroni (reflexe monosinaptice) sau din trei neuroni (reflexe bisinaptice). Alte reflexe sunt mai complexe, la realizarea lor participând sute sau chiar mii de neuroni (reflexele polisinaptice). Reflexele simple şi unele reflexe polisinaptice se închid (au centrul) în acelaşi segment medular cu al căii aferente care-l iniţiază (reflexe segmentare). Majori-tatea reflexelor polisinaptice însă sunt reflexe intersegmentare, deoarece antrenează în reacţia de răspuns neuroni situaţi şi în alte segmente medulare (neuroni etajaţi).

## PROPRIETĂŢILE REFLEXELOR SPINALE

Studiul experimental al reflexelor spinale evidenţiază o serie de particularităţi.

**Facilitarea** (fig. 56). Dacă separăm o rădăcină posterioară în două fascicule A şi B şi

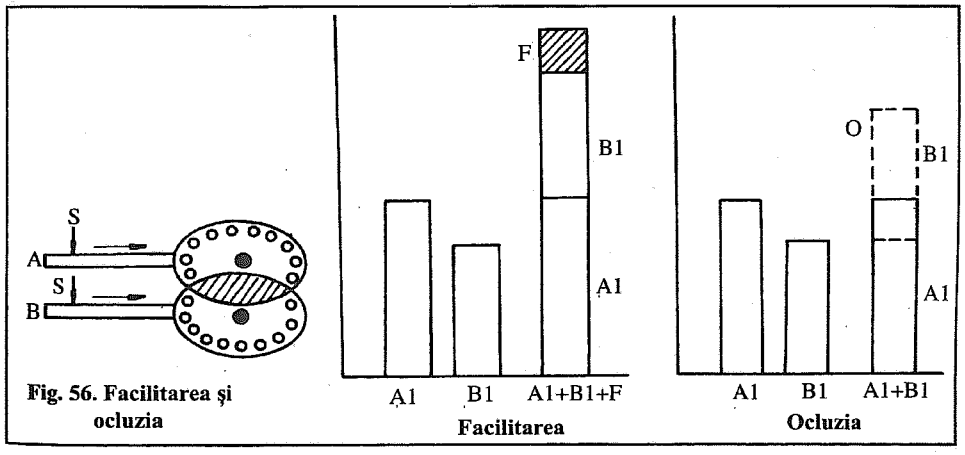



**Fig. 56. Facilitarea şi ocluzia**

le excităm separat cu stimuli electrici liminari, obţinem două răspunsuri motorii, A1 şi B1, de amplitudine diferită. Excitând concomitent ambele căi aferente, constatăm că amplitudinea răspunsului motor este mai mare decât suma A1+B1. Surplusul se explică prin antrenarea în reacţia de răspuns a unui număr suplimentar de neuroni.

La excitarea separată a căilor A1 sau B1 sunt declanşaţi numai neuronii din centrul ariilor de distribuţie a celor două căi (zonele în negru), în timp ce neuronii mai periferici sunt excitaţi subliminar. La excitarea concomitentă se produce o sumare de stimuli subliminari la nivelul neuronilor ce primesc aferenţe, de la ambele căi (zona haşurată).

**Ocluzia.** Este un fenomen opus facilitării. Dacă repetăm experimentul anterior, dar folosim ca excitant un curent electric maximal, se constată că suma răspunsurilor individuale este mai mare decât răspunsul obţinut prin excitarea concomitentă a căilor A şi B (fig. 56). În acest caz, la stimulările individuale sunt antrenaţi în răspuns toţi neuronii ce primesc aferenţe de la fiecare din cele două căi. La stimularea concomitentă, neuronii zonei haşurate nu mai participă de două ori la răspunsul motor.

**Postdescărcarea.** La stimularea singulară a unei căi aferente se obţine un răspuns motor multiplu. Fenomenul se explică prin existenţa unor circuite neuronale reverberante care permit reintrarea excitaţiei pe canalul principal spre neuronii efectori (fig. 57).

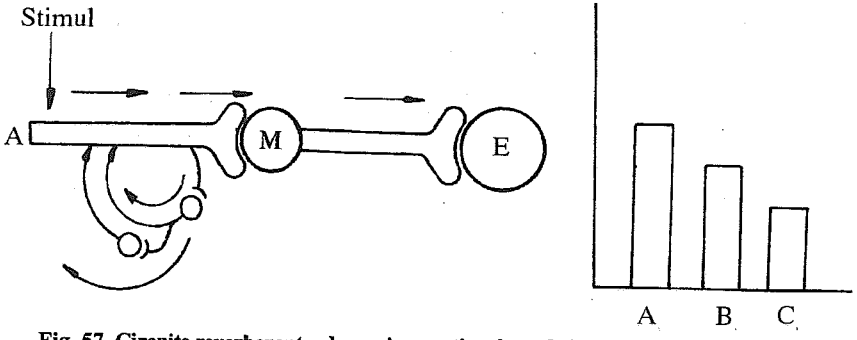



**Fig. 57. Circuite reverberante - la un singur stimul se obţin 3 răspunsuri A, B, C.**

**Iradierea.** Un alt fenomen observat la reflexele spinale este creşterea amplitudinii răspunsului motor proporţional cu creşterea intensităţii excitantului. Iradierea se constată la reflexele exteroceptive. Legile iradierii reflexelor polisinaptice medulare au fost descoperite de Pflüger şi pot fi demonstrate astfel: se foloseşte o broască spinală (are centrii spinali intacţi, separaţi de centrii encefalici prin decapitare) care se suspendă de un cârlig, astfel ca membrele posterioare să atârne liber; după decapitare se aşteaptă 10 minute pentru ieşirea animalului din starea de "şoc spinal", apoi se excită pielea membrului posterior prin aplicarea unor fâşii de hârtie de filtru înmuiate în soluţii de $H_2SO_4$ de concentraţii diferite. Ca stimul se poate folosi şi curent electric de intensităţi diferite. Se constată următoarele răspunsuri reflexe:

1. ***Legea localizării.*** Soluţiile acide slabe provoacă un răspuns motor slab, respectiv contracţia unei singure grupe musculare care realizează îndepărtarea degetului de excitant.

2. ***Legea unilateralităţii.*** La creşterea uşoară a concentraţiei acidului are loc retracţia reflexă a gambei, cu flexia acesteia pe coapsă.

3. ***Legea simetriei.*** Crescând, în continuare, intensitatea excitantului are loc o retracţie reflexă şi a gambei contralaterale, al cărui tegument nu a fost excitat.



4. ***Legea iradierii.*** Excitanţi şi mai puternici provoacă un răspuns motor al tuturor celor 4 membre.

5. ***Legea generalizării.*** Excitarea foarte puternică a tegumentului piciorului produce convulsii generalizate ale musculaturii membrelor şi trunchiului. Corelaţia dintre intensitatea agentului excitant şi mărimea răspunsului reflex se explică prin iradierea excitaţiei la nivelul centrilor medulari, cu antrenarea în răspuns până la generalizare a unor etaje medulare suplimentare.

## REFLEXELE SPINALE SOMATICE

Se clasifică în: reflexe simple (segmentare) şi reflexe complexe (intersegmentare).

**Reflexele somatice simple** se împart în două grupe:

- reflexe iniţiate prin stimularea proprioceptorilor, având ca reprezentant reflexul miotatic;
- reflexe provocate prin excitarea exteroceptorilor, având ca reprezentant reflexul nociceptiv.

***Reflexul miotatic*** constă din contracţia bruscă a unui muşchi, ca răspuns la întinderea tendonului său. Se demonstrează percutând cu un ciocănel de reflexe (din cauciuc) tendonul muşchiului cvadriceps (reflexul rotulian) sau tendonul lui Achile (reflex achilian) sau al altor muşchi.

Acesta este cel mai simplu reflex din organism, fiind un reflex monosinaptic, alcătuit din doi neuroni. Receptorii excitaţi la întinderea tendonului sunt fusurile neuromusculare (proprioceptori). Calea aferentă este asigurată de primul neuron senzitiv proprioceptiv din ganglionul spinal şi prelungirile sale. Centrul reflex este chiar sinapsa dintre axonul neuronului senzitiv şi corpul motoneuronului $\alpha$ din coarnele anterioare, ale cărui axoni formează calea aferentă motorie, ce se termină pe fibrele striate scheletice (efectorul) ale muşchiului întins.

Reflexul miotatic este un reflex proprioceptiv ce participă la menţinerea tonusului muscular, a posturii generale a corpului împotriva gravitaţiei. Pragul de sensibilitate al fusului neuro-muscular poate fi coborât sau crescut prin creşterea sau, respectiv, scăderea tensiunii contractile din fibrele intrafuzale. Aceste variaţii sunt comandate de sistemul nervos extrapiramidal şi formaţia reticulată a trunchiului cerebral, prin intermediul motoneuronilor spinali $\gamma$.

Axonii acestora se termină prin plăci motorii în porţiunea contractilă a fusului neuromuscular, unde exercită un control motor permanent. Reflexele miotatice nu prezintă facilitare, ocluzie, iradiere sau postdescărcare, iar fusurile neuromusculare nu prezintă fenomenul de adaptare.

***Reflexul nociceptiv*** (reflex de flexie, de retragere) este un reflex de apărare al organismului şi constă din retragerea bruscă a unui membru din faţa unui agent nociv (corp fierbinte, înţepătură, curent electric etc.).

Acesta este un reflex polisinaptic. Se demonstrează pe animale sau la om, prin excitarea dureroasă a tegumentelor unei extremităţi şi urmărirea reacţiei motorii de flexie a membrului respectiv. Receptorii sunt terminaţii nervoase libere (algoreceptori) a căror stimulare este transmisă prin prelungirile primului neuron senzitiv spre centrii spinali. Aici, calea aferentă se ramifică: o parte din fibre fac sinapsa cu al doilea neuron senzitiv din coarnele posterioare, de unde, prin căile ascendente ale sensibilităţii exteroceptive dureroase, se proiectează pe scoarţa cerebrală, generând senzaţia de durere.

O altă categorie de fibre se conectează cu neuronii intercalari şi cu neuronii motori ipsilaterali şi contralaterali ai segmentului medular respectiv, iar o a treia grupă de fibre aferente se conectează cu neuronii de asociaţie şi cu motoneuronii din alte segmente medulare. Acest proces de divergenţă largă a căilor aferente ale acestor reflexe stă la baza fenomenului de iradiere a reflexelor medulare exteroceptive.

**Reflexele spinale complexe**. La nivelul măduvei se pot realiza şi acte reflexe mai complicate, ca reflexele de postură şi locomoţie, reflexul de scărpinat etc. Aceste reflexe pot fi puse în evidenţă pe animalul spinal.

Ele nu au o valoare funcţională deosebită, deoarece la animalul normal funcţiile de coordonare a mişcărilor şi cele de postură au fost preluate de centrii motori din trunchiul cerebral şi din encefal.

## REFLEXELE SPINALE VEGETATIVE

La nivelul măduvei spinării se închid şi importante reflexe vegetative, ce coordonează activitatea organelor interne, vasele de sânge şi glandele. Centrii vegetativi spinali şi localizările lor au fost prezentate la capitolul de anatomie, astfel încât în tabelul ce urmează enumerăm numai unii din ei.

***Reflexele spinale vegetative***

| Reflexul | Efectorul | Componenta vegetativă eferentă | Localizarea centrilor |
|---|---|---|---|
| **1. R. pupilo-dilatator** | Muşchii radiari ai irisului. | Simpatic. | Măduva dorsală. |
| **2. R. cardioaccelerator** | Miocardul adult şi embrionar. | Simpatic. | Măduva dorsală. |
| **3. R. vasomotor** | Musculatura netedă vasculară. | Simpatic. | Măduva dorso-lombară. |
| **4. R. pilomotor** | Muşchiul neted al firului de păr. | Simpatic. | Măduva dorso-lombară. |
| **5. R. sudoral** | Glandele sudoripare. | Simpatic. | Măduva dorso-lombară. |
| **6. R. adrenalino-secretor** | Medulosuprarenala. | Simpatic. | Măduva dorso-lombară. |
| **7. R. de micţiune** | a. Muşchiul neted vezical<br>b. Sfincterul vezical intern<br>c. Sfincterul vezical extern<br>d. Musculatura abdominală. | Simpatic<br>Parasimpatic<br>Simpatic<br>Parasimpatic<br>Somatic<br>Somatic. | Măduva lombară.<br>Măduva sacrată.<br>Măduva dorsală.<br>Măduva sacrată.<br>Măduva sacrată.<br>Măduva lombo-sacrată. |



***Reflexele spinale vegetative*** - *continuare*

| Reflexul | Efectorul | Componenta vegetativă eferentă | Localizarea centrilor |
|---|---|---|---|
| **8. R. de defecaţie** | a. Muşchii rectului<br>b. Sfincterul anal intern<br>c. Sfincterul anal extern<br>d. Musculatura abdominală şi diafragmul. | Simpatic<br>Parasimpatic<br>Simpatic<br>Parasimpatic<br>Somatic. | Măduva lombară.<br>Măduva sacrată.<br>Măduva lombară.<br>Măduva sacrată.<br>Măduva toraco-lombară. |
| **9. R. de erecţie** | Musculatura vaselor din penis. | Parasimpatic. | Măduva sacrată. |
| **10. R. de ejaculaţie** | Musculatura netedă din pereţii veziculelor seminale. | Simpatic. | Măduva lombară. |

Activitatea reflexă vegetativă spinală este controlată de hipotalamus şi de ariile vegetative corticale.

Toate reflexele medulare (simple, complexe şi vegetative) se află sub controlul etajelor superioare ale sistemului nervos central (fig. 58).

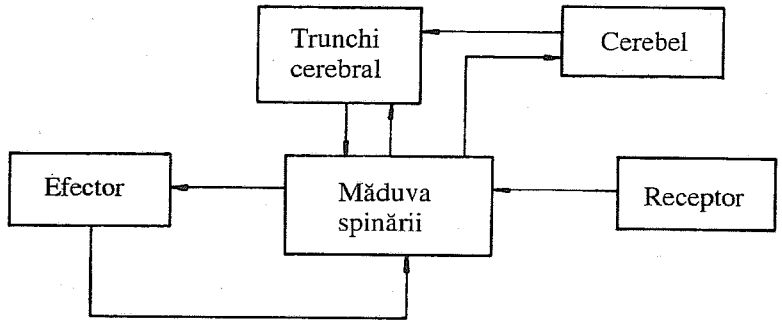



**Fig. 58. Controlul superior al reflexelor spinale**

# ENCEFALUL

Encefalul este situat în cutia craniană şi în alcătuirea lui intră trunchiul cerebral, cerebelul, diencefalul şi cele două emisfere cerebrale, foarte dezvoltate la om, unde acoperă aproape în întregime celelalte părţi constitutive ale encefalului.

## MENINGELE CEREBRALE

Ca şi măduva, encefalul este acoperit de meningele cerebrale. Dura mater encefalică, spre deosebire de dura mater spinală, aderă intim de oasele cutiei craniene. În interiorul craniului trimite prelungiri orizontale şi sagitale. Dintre prelungirile orizontale menţionăm cortul cerebelului, care separă cerebelul de lobul occipital al emisferelor cerebrale, şi diafragma şeii turceşti în care este adăpostită hipofiza. Diafragma şeii turceşti este perforată de un orificiu prin care trece tija hipofizară. Dintre prelungirile sagitale reţinem coasa creierului, care desparte cele două emisfere cerebrale între ele şi coasa cerebelului, care separă incomplet cele două emisfere cerebeloase. În grosimea acestor septuri se găsesc sinusurile venoase (vene de tip special) care adună sângele venos de la creier şi-l duc în vena jugulară internă (vezi originea venei jugulare interne). Arahnoida este o membrană subţire, avasculară, care trece peste şanţurile cerebrale ca o punte fără a pătrunde între giri şi lobi.

Între ea şi dura mater există un spaţiu virtual. Arahnoida este separată de piamater printr-un spaţiu numit subarahnoidian, plin cu lichid cerebrospinal (lichid cefalorahidian, LCR). Arahnoida trimite o serie de prelungiri care străbat dura mater şi pătrund în sinusurile venoase sub formă de vilozităţi arahnoidiene.

La nivelul bazei creierului, începând de la limita cu măduva, arahnoida se îndepărtează de pia mater şi formează spaţii mai dilatate, numite cisterne subarahnoidiene.

Dintre cisternele mai importante, menţionăm:

- cisterna mare (cerebelo-medulară), situată între ventriculul IV şi faţa inferioară a cerebelului;
- cisterna bulbo-pontină, la nivelul şanţului bulbo-pontin;
- cisterna interpedunculară, între picioarele pedunculilor cerebrali;
- cisterna laterală, în profunzimea scizurii laterale Sylvius;
- cisterna chiasmatică, la nivelul chiasmei optice. Ea se prelungeşte şi pe faţa superioară a corpului calos;
- cisterna mare a venei cerebrale, între spleniusul corpului calos şi trigonul (fornix) cerebral; conţine vena cu acelaşi nume şi epifiza.

Alte cisterne mai mici se găsesc la nivelul şanţurilor separatoare dintre giri în care pătrunde pia mater. Pia mater este un înveliş subţire care îmbracă toată suprafaţa creierului, pătrunzând în şanţuri şi în scizuri. Este o membrană vasculară. Vasele cerebrale sunt plasate pe faţa externă a piei mater, deci în plin spaţiu subarahnoidian, spre deosebire de pia măduvei, unde vasele sunt conţinute în grosimea acesteia.



## BARIERA HEMATOENCEFALICĂ

Între vasele cerebrale şi pia mater se găseşte un şanţ subpial, format din picioruşele vasculare ale astrocitelor, care se continuă şi după dispariţia piei mater la nivelul capilarului, acoperind 85% din suprafaţa capilarelor. Celulele endoteliale ale capilarelor sunt articulate între ele prin interdigitaţiuni, iar capilarul este complet înconjurat de membrana bazală şi de un strat glial.

Acesta constituie bariera hematoencefalică ce trebuie traversată de orice substanţă pentru a ajunge la neuroni. Această traversare este condiţionată de mai mulţi factori: mărimea moleculei substanţei respective, gradul de disociere al substanţei, solubilitatea în lipide a substanţei, activitatea metabolică a neuronilor, prezenţa în endoteliul capilar a enzimelor.

În general, există trei tipuri de substanţe, în raport cu permeabilitatea lor, şi anume:

- substanţe complet străine neuronului (coloranţi organici cu moleculă mare, fără specificitate în metabolismul SNC); nu pătrund în encefal;
- substanţe a căror pătrundere depinde de caracterele lor fizice şi biochimice, cum ar fi gradul de disociere şi legătura lor cu proteinele plasmatice; alcoolul şi hormonii steroizi pătrund foarte uşor;
- substanţe pentru care există un sistem transportor specific, cum sunt aminoacizii şi ARN. Gradul lor de permeabilitate poate fi influenţat de enzime specifice, care degradează aceste substanţe la intrarea sau la ieşirea lor din bariera hemato-encefalică. Aceste substanţe se acumulează în special în neuron, neacumulându-se în nevroglia vecină.

În regiuni precum pereţii mediali ai ventriculilor laterali (din interiorul emisferelor cerebrale), tavanul ventriculului III (situat în centrul diencefalului) sau porţiunea inferioară a tavanului ventriculului IV (situat între trunchiul cerebral şi cerebel), pia mater fuzionează cu stratul ependimar formând pânzele coroidiene care se ataşează plexurilor coroidiene ventriculare care secretă LCR.

## CIRCULAŢIA LICHIDULUI CEFALORAHIDIAN (LCR)

Din ventriculii laterali, LCR trece prin orificiile Monro în ventriculul III, de aici, prin apeductul Sylvius, ajunge în ventriculul IV, de unde fie trece în canalul ependimar de la nivelul măduvei, fie prin orificii de la nivelul părţii inferioare a plafonului ventriculului IV(orificiul median Magendie) trece în spaţiul subarhnoidian, iar de aici excesul este resorbit prin vilozităţile arahnoidiene în sinusurile venoase.

Lichidul cefalorahidian este un lichid clar, acelular (3 - 5 leucocite/mm$^3$), cu urme de proteine şi glucoză, alcalin (7,5) şi cu o densitate de 1 007 g/cm$^3$. Sărurile anorganice sunt aceleaşi ca şi în plasma sangvină. Conţine Na, Cl, Mg şi mai puţin Ca şi K.

Cantitatea de LCR este de 140 - 300 cm$^3$. Zilnic se secretă 600 - 700 cm$^3$, din care cea mai mare parte se resoarbe.

La fiecare 3- 4 ore îşi schimbă compoziţia (se reînnoieşte). Din cei 140 - 300 cm$^3$, numai 25 - 30 cm$^3$ se găsesc în ventriculii cerebrali, restul se află în spaţiul subarahnoidian. Are rol protector, menţine o presiune constantă în cutia craniană, permite schimburile dintre vase şi substanţa nervoasă.

## ANATOMIA TRUNCHIULUI CEREBRAL

Trunchiul cerebral este format din trei etaje: **bulb** (măduva prelungită), **puntea lui Varolio** şi **pedunculii cerebrali** (mezencefal). Bulbul şi puntea au o porţiune ventrală (bazilară), în care predomină substanţa albă, şi o porţiune dorsală (tegmentală), în care predomină substanţa cenuşie.

Spre deosebire de aceste prime două etaje, mezencefalul prezintă trei porţiuni: una anterioară, reprezentată de picioarele pedunculilor, prin care trec fibrele fasciculului piramidal, una mijlocie, calota mezencefalului, unde se află nucleul roşu, şi cea de-a treia, lama cvadrigemina (tectum), formată din patru coliculi cvadrigemeni: doi superiori şi doi inferiori.

Între nucleul roşu şi picioarele pedunculilor se află substanţa neagră. Nucleul roşu are o formă ovalară şi culoare roşietică. Substanţa neagră are o formă semilunară, cu concavitatea spre nucleul roşu, şi este formată din neuroni care conţin pigment negru de melanină.

Trunchiul cerebral prezintă o faţă ventrală şi una dorsală (fig. 59).

**Faţa ventrală** prezintă trei etaje care, de jos în sus, sunt: bulbar, pontin şi peduncular.

***Etajul bulbar*** are ca limită inferioară decusaţia piramidală, iar ca limită superioară şanţul bulbo-pontin, unde îşi au originea aparentă nervii cranieni VI, VII şi VIII. Bulbul prezintă toate elementele descrise la măduvă. Pe linia mediană remarcăm fisura mediană anterioară, care se află în continuarea fisurei mediane a măduvei şi se termină la nivelul şanţului bulbo-pontin printr-o mică dilatare, numită foramen caecum.

Cordoanele anterioare ale măduvei, la nivelul bulbului, devin piramidele bulbare, în profunzimea cărora se află fibrele fasciculului piramidal.

Lateral de acestea remarcăm şanţurile antero-laterale, iar în afara acestora cordoanele laterale, care le continuă pe cele din măduvă şi în partea lor superioară prezintă o proeminenţă ovoidă, numită oliva bulbară, care are o înălţime de 15 mm şi o lăţime de 4 - 5 mm. În şanţul dinapoia olivei (şanţ retroolivar) se văd originile aparente ale nervilor IX, X şi XI, iar în şanţul situat anterior de olivă (şanţ preolivar) originea aparentă a nervului XII.

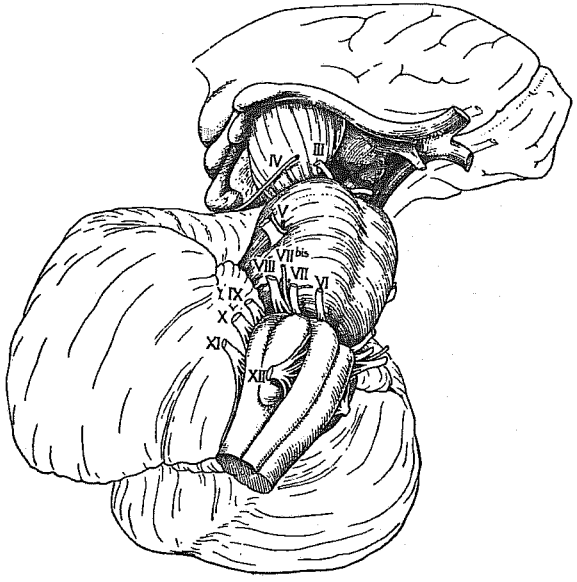



**Fig. 59. Trunchiul cerebral**

***Etajul pontin*** este limitat inferior de şanţul bulbopontin, iar superior de şanţul ponto-mezencefalic. Se prezintă sub forma unei benzi de substanţă albă, formată din fascicule de fibre transversale pe extremitatea superioară a bulbului.

Pe linia mediană remarcăm şanţul arterei bazilare (artera care contribuie la vascularizaţia encefalului,



alături de artera carotidă internă). De o parte şi de alta se văd piramidele pontine, în profunzimea cărora trec fibrele fasciculului piramidal.

Lateral de piramidele pontine se află originea aparentă a nervului V; în afara acestuia sunt pedunculii cerebeloşi mijlocii care fac legătura între punte şi cerebel.

***Etajul peduncular*** este limitat inferior de şanţul ponto-mezencefalic, iar superior de chiasma optică, ce se continuă lateral cu tracturile optice. Remarcăm la acest nivel picioarele pedunculilor cerebrali, care sunt două cordoane de substanţă albă divergentă cranial. În profunzimea lor trec fibrele fasciculului piramidal. În spaţiul dintre picioarele pedunculilor se găseşte glanda hipofiză (neurohipofiza), suspendată de tuber cinereum prin intermediul înfundibulului. Sub aceste formaţiuni se află cei doi corpi mamilari sub care se remarcă originea aparentă a nervilor III.

**Faţa dorsală** se poate vedea numai după îndepărtarea cerebelului. Limitele dintre bulb, punte şi mezencefal sunt mai puţin evidente (fig. 60).

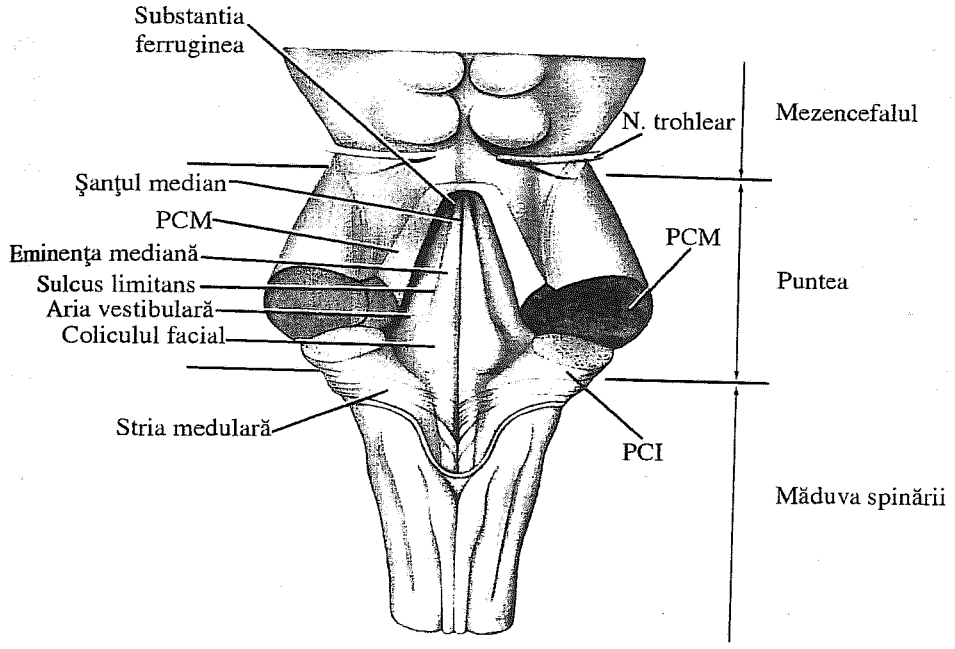



**Fig. 60. Planşeul ventriculului IV**

La acest nivel, de jos în sus, distingem: etajul bulbar, etajul fosei romboide şi etajul peduncular, cu cei patru coliculi (doi superiori şi doi inferiori) care formează lama cvadrigemina.

***Etajul bulbar***. În partea sa inferioară este asemănător măduvei, iar în partea superioară se află trigonul bulbar al fosei romboide. În partea inferioară, etajul bulbar prezintă, pe linia mediană, şanţul median dorsal care continuă şanţul omonim de la nivelul măduvei. Lateral de acest şanţ remarcăm fasciculul gracilis, iar în afara lui fasciculul cuneat.

***Etajul fosei romboide***. Fosa romboidă, aşa cum arată şi numele, are forma unui romb şi reprezintă podişul ventriculului IV. Un şanţ transvers care constituie axul mic al rombului

împarte fosa romboidă în trigon bulbar (inferior de acest şanţ şi cu vârful în jos) şi în trigon pontin (deasupra şanţului transvers şi cu vârful în sus). În vârful trigonului bulbar se află o lamă de substanţă cenuşie (obex), în timp ce la vârful trigonului pontin se află apeductul lui Sylvius, un canal prin care ventriculul IV comunică cu ventriculul III. În unghiurile laterale ale fosei romboide se află tuberculul acustic, în profunzimea căruia se găsesc nucleii acustici (cohleari).

***Etajul peduncular.*** La acest nivel remarcăm prezenţa celor patru coliculi care formează lama cvadrigemina (tectum). Între cei doi coliculi superiori se află glanda epifiză. Coliculii superiori sunt legaţi de corpii geniculaţi externi la care soseşte calea optică, în timp ce coliculii inferiori sunt legaţi de corpii geniculaţi interni la care soseşte calea acustică. Aceste legături se realizează prin braţul coliculului superior şi, respectiv, inferior.

Notăm în plus că, la nivelul tectumului, îşi are originea aparentă nervul IV. Acesta apare sub coliculii inferiori.

## STRUCTURA TRUNCHIULUI CEREBRAL

La exteriorul trunchiului cerebral se află substanţa albă (exceptând numai faţa dorsală a mezencefalului, unde se află substanţa cenuşie formată din cei patru coliculi cvadrigemeni). Substanţa cenuşie este localizată central. Datorită încrucişării fibrelor descendente (motorii) şi a celor ascendente (senzitive) care fragmentează coloanele longitudinale de substanţă cenuşie, aceasta apare ca fiind formată din nuclei. Substanţa cenuşie a trunchiului cerebral este formată din nuclei proprii şi din nuclei echivalenţi coarnelor din măduvă.

Trunchiul cerebral este străbătut de căi ascendente ale sensibilităţii şi căi descendente ale motricităţii.

**Căile ascendente** sunt următoarele:

- fasciculul spinotalamic lateral, care urcă spre talamus;
- fasciculul spinotalamic anterior, care urcă spre talamus;
- fasciculul spinocerebelos ventral (încrucişat), care străbate toate etajele trunchiului cerebral;
- fasciculul spinocerebelos dorsal (direct), care străbate bulbul;
- lemniscul medial, care pleacă de la nucleii Goll şi Burdach din bulb şi ajunge la talamus;
- lemniscul lateral, care pleacă de la nucleii cohleari şi ajunge la corpii geniculaţi interni (metatalamus);
- lemniscul trigeminal, care se formează din nucleul tractului spinal al trigemenului şi nucleul pontin al trigemenului; lemniscul trigeminal ajunge la talamus, de unde se proiectează în aria somestezică (3, 1, 2);
- fasciculul gustativ ascendent, care începe la nivelul nucleului solitar şi urcă spre talamus.

**Căile descendente** sunt piramidale şi extrapiramidale. ***Căile piramidale***, ajunse în partea inferioară a bulbului, se comportă diferit: 75–90% se încrucişează la nivelul bulbului (fasciculul piramidal încrucişat), restul se încrucişează la nivel medular. În traiectul lui prin trunchiul cerebral, din fibrele fasciculului piramidal se desprind fibre corticonucleare care ajung la nucleii motori ai nervilor cranieni. ***Căile extrapiramidale***, în funcţie de originea lor, străbat toate etajele trunchiului cerebral (fasciculul rubrospinal, nigrospinal, reticulospinal, tectospinal) sau numai bulbul (fasciculele olivospinal şi vestibulospinal).



În afara căilor ascendente şi descendente, în trunchiul cerebral există şi fascicule de asociaţie, care leagă între ei nuclei ai trunchiului cerebral sau leagă nucleii de formaţiuni supra- sau subiacente.

**Fasciculele de asociaţie** sunt: fasciculul longitudinal medial, având în constituţia lui mai multe tipuri de fibre, dintre care menţionăm fibrele vestibulo-nucleare ce fac legătura între nucleii vestibulari din bulb şi nucleii nervilor III, IV, VI; fasciculul central al calotei, care aduce la oliva bulbară fibre de la talamus, nucleul roşu şi de la corpii striaţi (talamo-olivare, rubro-olivare, strio-olivare şi palido-olivare); fasciculul longitudinal dorsal, care face legătura între hipotalamus şi nucleii vegetativi din trunchiul cerebral.

***Nucleii din bulb***

| | |
|---|---|
| I. Nc. echivalenţi cornului anterior al măduvei (nc. motori sau de origine) | 1. Nc. ambiguu, de la care pleacă fibrele motorii ale n. IX (glosofaringian), X (vag), XI (accesor);<br>2. Nc. motor al hipoglosului, de la care pleacă fibrele motorii ale hipoglosului. |
| II. Nc. echivalenţi ai cornului posterior al măduvei (nc. senzitivi sau terminali). La nivelul lor se află cel de-al doilea neuron (deutoneuronul) | 1. Nc. tractului spinal al trigemenului (V), în care se termină o parte din fibrele senzitive ale trigemenului;<br>2. Nc. vestibulari (superior, inferior, lateral şi medial), în care se termină ramura vestibulară a perechii a VIII-a (n. statoacustic);<br>3. Nc. tract. solitar, în care se termină fibrele gustative ale nervilor VII, IX, X. |
| III. Nc. vegetativi parasimpatici, echivalenţi cornului lateral al măduvei | 1. Nucleul salivator inferior;<br>2. Nucleul dorsal al vagului (cardiopneumoenteric). |
| IV. Nc. proprii | 1. Oliva bulbară;<br>2. Nc. formaţiei reticulate;<br>3. Nc. Goll şi Burdach. |

***Nucleii din punte***

| | |
|---|---|
| I. Nc. echivalenţi cornului anterior al măduvei (nc. motori sau de origine) | 1. Nc. motor al trigemenului (V), în care îşi au originea fibrele motorii ale n. trigemen;<br>2. Nc. motor al abducensului (VI), în care îşi au originea fibrele motorii ale nervului VI;<br>3. Nc. motor al facialului (VII), în care îşi au originea fibrele motorii ale facialului. |
| II. Nc. echivalenţi ai cornului posterior al măduvei (nc. senzitivi sau terminali). La nivelul lor se află cel de al doilea neuron | 1. Nc. pontin al trigemenului, în care se termină cealaltă parte din fibrele senzitive ale trigemenului (V);<br>2. Nc. cohleari (ventral şi dorsal), în care se termină ramura cohleară a perechii a VIII-a (n. statoacustic). |
| III. Nc. vegetativi parasimpatici, echivalenţi cornului lateral al măduvei | 1. Nc. salivator superior;<br>2. Nc. lacrimal. |
| IV. Nc. proprii | 1. Nc. pontini, în care se termină fibrele cortico-pontine şi de la care pleacă fibrele pontocerebeloase;<br>2. Nc. formaţiei reticulate. |

*Nucleii din mezencefal*

| | |
|---|---|
| I. Nc. echivalenţi cornului anterior (nc. motori sau de origine) | 1. Nc. motor al nervului oculomotor (III), în care îşi au originea fibrele motorii ale nervului III;<br>2. Nc. motor al nervului IV. |
| II. Nc. echivalenţi ai cornului posterior (nc. senzitivi sau terminali). La nivelul lor se află cel de-al doilea neuron (deutoneuronul) | 1. Nc. mezencefalic al n. trigemen, în care se termină fibrele proprioceptive ale n. trigemen. |
| III. Nc. vegetativi parasimpatici, echivalenţi cornului lateral al măduvei | 1. Nc. autonom al nervului oculomotor (III). |
| IV. Nc. proprii | 1. Nc. roşu, care se află în calota mezencefalului;<br>2. Substanţa neagră aflată la limita dintre calotă şi picioarele pedunculilor cerebrali;<br>3. Nc. formaţiei reticulate. |

NERVII CRANIENI

Fac parte din sistemul nervos periferic şi sunt în număr de 12 perechi (fig. 61). Se deosebesc de nervii spinali prin aceea că nu au o dispoziţie metamerică şi nu au două rădăcini (dorsală şi ventrală), cum au nervii spinali. În general, nervii cranieni se distribuie extremităţii cefalice şi regiunii cervicale, excepţie făcând nervul vag, care străbate gâtul, toracele, diafragma şi sfârşeşte în abdomen.

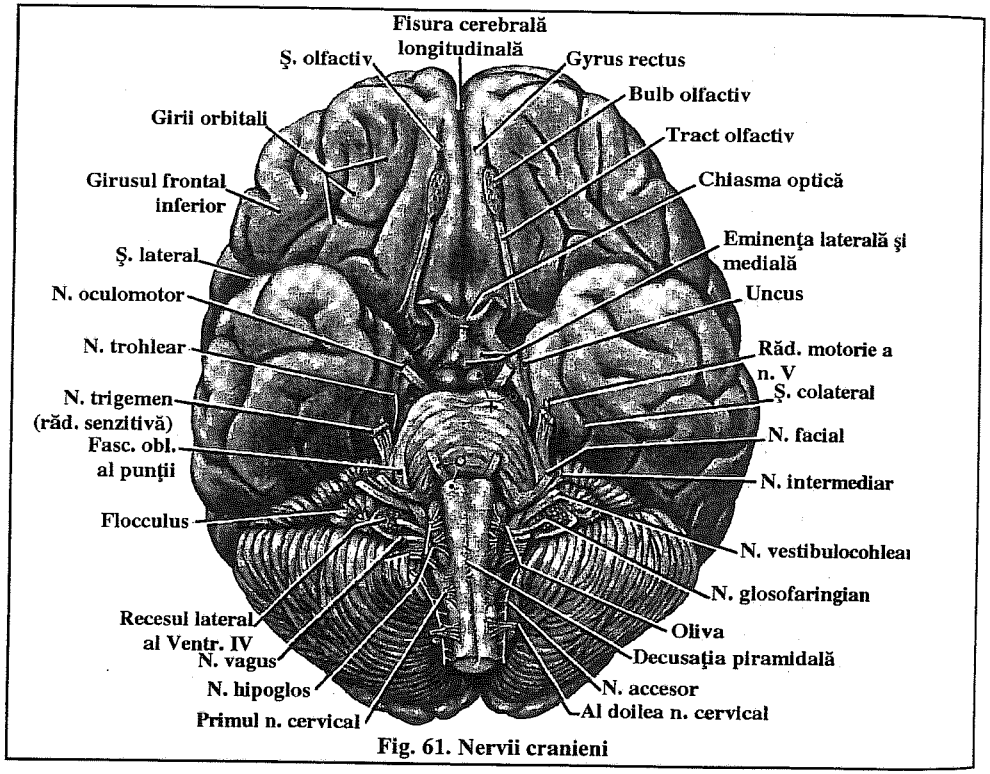



**Fig. 61. Nervii cranieni**



**Clasificarea nervilor cranieni**

Nervii I, II şi VIII sunt senzoriali, conducând excitaţii olfactive (I), optice (II) şi statoacustice (VIII).

Nervii III, IV, VI, XI, XII sunt pur motori.

Nervii V, VII, IX, X sunt nervi micşti.

Notăm, în plus, că nervii III, VII, IX, X au în structura lor şi fibre parasimpatice preganglionare, cu originea în nucleii vegetativi (parasimpatici) ai trunchiului cerebral.

*Nervii cranieni*

| Numele | Funcţia | Originea reală | Traiect |
|---|---|---|---|
| **I. Nervii olfactivi (10-20)** | Sunt nervi senzoriali, cu funcţia de a transporta excitaţii olfactive. | Sunt formaţi din înmănunchierea mai multor axoni ai celulelor bipolare din segmentul posterior al mucoasei olfactive. | Străbat orificiile lamei ciuruite a etmoidului şi fac sinapse cu dendritele celulelor mitrale din bulbul olfactiv. |
| **II. Nervul optic** | Este un nerv senzorial. | Este format din axonii celulelor multipolare din stratul 8 al retinei care converg spre papila optică, unde traversează coroida şi sclerotica pentru a forma nervul optic. | Nervul optic părăseşte orbita prin gaura optică şi pătrunde în craniu, îndreptându-se spre corpii geniculaţi laterali. |

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **III. Nervul oculomotor** | Nerv motor, are în constituţia lui şi fibre parasimpatice. | Fibrele motorii îşi au originea în nucleul motor al nervului oculomotor, situat în mezencefal. Fibrele parasimpatice preganglionare îşi au originea în nucleul autonom al nervului III din mezencefal. | În spaţiul interpeduncular delimitat între picioarele pedunculilor cerebrali. | De la originea sa aparentă se îndreaptă spre înainte pătrunzând în orbită prin fisura orbitară superioară. | Fibrele motorii se distribuie la muşchii: drept inferior, drept intern, drept superior şi oblic inferior. Fibrele parasimpatice preganglionare plecate din nucleul autonom al nervului III străbat nervul oculomotor pe care apoi îl părăsesc îndreptându-se spre un ganglion vegetativ (ganglionul ciliar) unde fac sinapsă cu fibrele postganglionare, care ajung la muşchiul sfincter al pupilei (mioză) şi la muşchiul ciliar. |

*Nervii cranieni - continuare*

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **IV. Nervul trohlear** | Este un nerv motor. | Se află în nucleul motor al nervului trohlear, situat în mezencefal, imediat sub nucleul nervului oculomotor. | Are originea aparentă pe faţa posterioară a trunchiului cerebral; este singurul nerv care se încrucişează la originea sa aparentă. | De la originea sa aparentă, pe faţa posterioară a trunchiului cerebral, ocoleşte picioarele pedunculilor cerebrali urcând lateral de ele şi apoi se îndreaptă spre orbită, în care pătrunde prin fisura orbitală superioară. | Inervează muşchiul oblic superior. |

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **V. Nervul trigemen** | Este un nerv mixt, având fibre motorii şi senzitive. | Fibrele senzitive îşi au originea în ganglionul trigeminal (Gasser), situat pe traiectul nervului. La acest nivel se află primul neuron (protoneuronul). Axonii neuronilor din ganglionul trigeminal se termină în nucleii senzitivi ai trigemenului din trunchiul cerebral unde se află deutoneuronul; Fibrele motorii îşi au originea în nucleul motor al nervului V din punte. | Pe faţa anterioară a punţii, lateral de piramidele pontine. | De la originea sa aparentă, nervul se îndreaptă înainte, iar anterior de ganglionul trigeminal se împarte în trei ramuri:<br>- nervul oftalmic, care pătrunde în orbită prin fisura orbitară superioară;<br>- nervul maxilar, care iese din craniu prin gaura rotundă;<br>- nervul mandibular, care iese din craniu prin gaura ovală. | Fibrele senzitive inervează pielea frunţii, feţei, conjunctiva oculară, mucoasa nazală, bucală, dinţii şi limba. Fibrele motorii inervează muşchii masticatori. |

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **VI. Nerul abducens** | Este un nerv motor. | În nucleul motor al nervului abducens din punte. | În şanţul bulbopontin. | De la originea sa aparentă se îndreaptă spre înainte, pătrunzând în orbită prin fisura orbitară superioară. | Inervează muşchiul drept extern. |



*Nervii cranieni - continuare*

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **VII. Nervul facial** | Este un nerv mixt, care are în structura sa şi fibre parasimpatice. | Fibrele motorii îşi au originea reală în nucleul motor din punte. Fibrele senzitive (senzoriale) gustative îşi au originea în ganglionul geniculat de pe traiectul nervului facial, unde se află protoneuronul. Cel de-al doilea neuron se află în nucleul solitar din bulb. Fibrele parasimpatice preganglionare îşi au originea în nucleul lacrimal şi nucleul salivator superior, ambii situaţi în punte. Fibrele provenite din nucleul lacrimal fac sinapsă cu fibrele postganglionare în ganglionul pterigopalatin, iar cele din nucleul salivator superior în ganglionul submandibular. | În şanţul bulbopontin. | De la originea sa aparentă, nervul se îndreaptă spre stânca temporalului, străbătând canalul nervului facial, situat în stâncă. Părăseşte canalul facialului şi sfârşeşte, prin ramurile sale terminale, în glanda parotidă. | Fibrele motorii inervează muşchii mimicii. Fibrele senzoriale culeg excitaţiile gustative de la nivelul corpului limbii (2/3 anterioare). Fibrele parasimpatice se distribuie la glanda lacrimală şi la glandele submandibulare şi sublinguală. Fibrele senzitive inervează împreună cu o ramură din n. IX şi n. X o parte a pielei conductului auditiv extern (zona Ramsay-Hunt). |

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|
| **VIII. Nervul statoacustic (vestibulocohlear)** | Este un nerv senzorial. | Are originea reală în ganglionul spiral Corti, pentru ramura cohleară, şi în ganglionul vestibular Scarpa, pentru ramura vestibulară. Cele două ramuri se alătură, formând nervul respectiv. | Nervul stato-acustic pătrunde în trunchiul cerebral la nivelul şanţului bulbopontin. | Ramura cohleară se îndreaptă spre nucleii cohleari din punte (anterior şi posterior), iar ramura vestibulară spre nucleii vestibulului din bulb (superior, inferior, medial şi lateral). |

*Nervii cranieni - continuare*

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **IX. Nervul glosofaringian** | Este un nerv mixt, care are în structura sa şi fibre parasimpatice. | Fibrele motorii îşi au originea în nucleul ambiguu din bulb. Fibrele senzitive (senzoriale) îşi au originea în ganglionul superior şi inferior de pe traiectul nervului unde se află protoneuronul; deutoneuronul se află în nucleul solitar din bulb. Fibrele parasimpatice îşi au originea în nucleul salivator inferior din bulb. | Se află la nivelul şanţului retroolivar. | De la originea sa aparentă, nervul se îndreaptă spre gaura jugulară ieşind din craniu, după care se termină în limbă şi faringe. | Fibrele motorii inervează muşchii faringelui, cu excepţia constrictorului inferior, cât şi muşchii extrinseci ai limbii. Fibrele senzitive (senzoriale) inervează mucoasa lingvală de la rădăcina limbii (de unde culege şi excitaţiile gustative) şi mucoasa faringelui. Fibrele parasimpatice se distribuie la glanda parotidă. |
| **X. Nervul vag (pneumogastric)** | Este un nerv mixt, care are şi fibre parasimpatice. | Fibrele motorii îşi au originea în nucleul ambiguu. Fibrele senzitive (senzoriale) îşi au originea în ganglionul superior şi inferior de pe traiectul nervului unde se află protoneuronul; deutoneuronul se află în nucleul solitar din bulb. Fibrele parasimpatice provin din nucleul dorsal al vagului. | Se află la nivelul şanţului retroolivar. | De la originea sa aparentă, nervul se îndreaptă spre gaura jugulară, părăsind craniul, străbate gâtul, toracele, diafragma şi sfârşeşte în abdomen. | Fibrele motorii inervează musculatura laringelui şi muşchiul constrictor inferior al faringelui. Fibrele senzitive (senzoriale) inervează mucoasa valeculelor şi a laringelui; Fibrele parasimpatice se distribuie la organele din torace şi abdomen. În torace se distribuie cordului, traheei, bronhiilor, plămânului şi esofagului. În abdomen se distribuie stomacului, intestinului subţire, cecului, colonului ascendent şi transvers. Colonul descendent, sigmoid, rectul, vezica urinară şi organele genitale primesc fibre parasimpatice din măduva sacrată. |



*Nervii cranieni - continuare*

| Numele | Funcţia | Originea reală | Originea aparentă | Traiect | Distribuţie |
|---|---|---|---|---|---|
| **XI. Nervul accesor** | Este un nerv motor. | Rădăcina bulbară îşi are originea reală în nervul ambiguu. Rădăcina spinală îşi are originea reală în cornul anterior al măduvei cervicale. | Rădăcina bulbară îşi are originea aparentă în şanţul retroolivar. | Nervul accesor părăseşte craniul prin gaura jugulară şi se împarte în două ramuri: - ramura externă; - ramura internă. | Ramura internă conţine fibre provenite din rădăcina bulbară. Pătrunde în nervul vag, participând la inervaţia muşchilor laringelui. Ramura externă conţine fibrele rădăcinii spinale ale nervului accesor şi se distribuie la muşchii sternocleidomastoidian şi trapez. |
| **XII. Nervul hipoglos** | Este un nerv motor. | Fibrele motorii provin din nucleul motor al nervului XII. | În şanţul preolivar. | Părăseşte craniul prin canalul nervului hipoglos şi se îndreaptă spre limbă. | Inervează muşchii limbii (cei intrinseci). |

## FIZIOLOGIA TRUNCHIULUI CEREBRAL

Trunchiul cerebral este primul component al encefalului. Funcţiile sale sunt numeroase şi de importanţă vitală:

1. Prin trunchiul cerebral trec toate căile ce leagă măduva spinării de etajele superioare ale SNC, precum şi căi proprii trunchiului cerebral ce conectează diferitele sale etaje.

2. La nivelul trunchiului se află nucleii de releu ai căilor ascendente şi descendente, precum şi nucleii de releu cu cerebelul.

3. În trunchiul cerebral se închid o serie de reflexe, deoarece conţine nuclei senzitivi şi motori care au aceleaşi funcţii senzitive şi motorii pentru regiunile feţei şi capului, la fel ca şi funcţiile substanţei cenuşii medulare pentru regiunile corpului de la gât în jos.

4. La nivelul trunchiului cerebral se află formaţiunea reticulată, cu rol în reglarea tonusului muscular, al celui cortical şi în controlul reflexelor spinale, al echilibrului şi al posturii.

5. Trunchiul cerebral conţine centrii de reglare ai unor funcţii vitale, cum sunt activitatea cardiovasculară, respiratorie şi digestivă.

### REFLEXELE TRUNCHIULUI CEREBRAL

La fiecare din cele trei etaje ale trunchiului cerebral se află centrii unor reflexe somatice, vegetative şi mixte. În bulb se închide reflexul de deglutiţie, reflex mixt la care participă nucleii senzitivi şi motori ai nervilor cranieni IX, X şi XII. Tot aici se află centrii reflexelor salivare excitosecretorii pentru glanda parotidă (nucleul salivator inferior), centrii gastro-secretori,

pancreato-secretori şi bilio-secretori (nucleul dorsal al vagului). Nucleul dorsal al vagului este responsabil şi de stimularea deglutiţiei, a activităţii motorii a stomacului, intestinului subţire şi a primei jumătăţi a intestinului gros, precum şi a căilor biliare extrahepatice, care asigură excreţia biliară. În bulb se găsesc şi centrii reflexelor cardioinhibitorii (calea eferentă fiind asigurată de nervul vag) şi ai unor reflexe vasomotorii (constrictorii şi dilatatorii).

Principalele reflexe respiratorii (tuse, strănut, Hering - Breuer) se închid la nivelul bulbului. Aici se află centrii respiratori primari. Simpla înţepătură practicată la acest nivel poate produce moartea subită prin oprirea bruscă a activităţii cardiace şi respiratorii. În bulb se găsesc nucleii vestibulari şi ia parte astfel, împreună cu alte etaje ale trunchiului cerebral, la reflexele de redresare, postură şi echilibru.

Puntea lui Varolio este, ca şi bulbul, sediul unor activităţi reflexe esenţiale. Astfel, aici se închid reflexul lacrimal (în nucleul lacrimal), reflexele secretorii ale glandelor submandibulară şi sublinguală (în nucleul salivator superior), reflexele respiratorii (centrul apneustic inhibă respiraţia, iar centrul pneumotaxic o stimulează). De asemenea, puntea realizează unele reflexe somatice, cum sunt reflexul de clipit şi de masticaţie.

În mezencefal se închid reflexe vegetative coordonate de nucleul vegetativ al oculomotorului: reflexul pupilar fotomotor, care constă în micşorarea pupilei (mioză), ca urmare a stimulării luminoase a retinei, reflexele de acomodare la vederea de aproape şi la distanţă. La nivelul coliculilor cvadrigemeni inferiori se închid reflexe somatice complexe de întoarcere a capului şi ochilor spre sursa sonoră (reflexe auditivo-oculo-cefalogire), iar în coliculii superiori se află centrii reflexului somato-vegetativ pupilar de acomodare la distanţă.

Prin intermediul centrilor motori extrapiramidali (nucleul roşu, substanţa neagră) şi al formaţiunii reticulate, trunchiul cerebral îndeplineşte funcţii motorii foarte importante.

## FUNCŢIILE MOTORII ALE TRUNCHIULUI CEREBRAL

Activitatea motorie a trunchiului cerebral este reflexă. Nucleii motori ai trunchiului cerebral au două funcţii importante: menţinerea posturii şi a echilibrului şi coordonarea mişcărilor voluntare. De asemenea, trunchiul cerebral conţine şi unii nuclei specifici, cu rol în controlul mişcărilor stereotipe, subconştiente.

**Menţinerea posturii** caracteristice fiecărei specii animale se face în mod automat, prin două categorii de reflexe somatice: reflexele tonice şi reflexele de redresare.

***Reflexele tonice***. Nucleii motori ai trunchiului cerebral asigură repartiţia diferită a impulsurilor nervoase către diferitele grupe musculare, astfel încât tonusul muscular al acestora să fie în concordanţă cu poziţia capului, a corpului sau cu mişcările efectuate. De exemplu, la o pisică ce priveşte în sus, creşte tonusul muşchilor extensori ai membrelor anterioare şi scade tonusul extensorilor membrelor posterioare. Când pisica priveşte în jos, se produc reacţii inverse. Centrii trunchiului cerebral primesc în aceste cazuri aferenţe vestibulare, proprioceptive şi mai puţin tactile şi vizuale. Eferenţele sunt asigurate de căile extrapiramidale spre motoneuronii γ şi α din coarnele anterioare medulare. Stimularea acestor motoneuroni creşte tonusul muscular, iar inhibiţia lor îl scade.

***Reflexele de redresare***. Dacă un animal decerebrat (cu axul cerebrospinal secţionat între coliculii cvadrigemeni superiori şi inferiori) este aşezat într-o poziţie nefirească, el va executa o serie de mişcări coordonate care conduc la reluarea posturii naturale.

Aceste reflexe de postură au loc în condiţii statice. În mişcare (condiţii kinetice) au loc reflexe motorii ce asigură păstrarea posturii. Cel mai elocvent exemplu este reflexul de aterizare, observat bine la pisici, care, din orice poziţie, cad în picioare.



Menţinerea posturii este asigurată de nucleii reticulari şi nucleii vestibulari.

Nucleii reticulari sunt împărţiţi în două grupe principale:

- nucleii reticulari pontini, localizaţi în principal în punte (dar se extind şi în mezencefal), situaţi mai lateral în trunchiul cerebral;
- nucleii reticulari bulbari, care se întind de-a lungul întregului bulb, situaţi ventral şi median.

Aceste două perechi de nuclei acţionează antagonic unii faţă de ceilalţi; nucleii pontini stimulează musculatura antigravitaţională (care asigură ortostatismul), iar cei bulbari o inhibă. Nucleii reticulari pontini transmit impulsuri nervoase descendente pe calea tractului reticulo-spinal medial până la motoneuronii mediali din coarnele anterioare medulare care stimulează musculatura antigravitaţională, respectiv muşchii paravertebrali şi muşchii extensori ai membrelor inferioare. Nucleii reticulari au o excitabilitate naturală foarte ridicată. În plus, ei primesc impulsuri stimulatoare de la circuitele interne ale trunchiului cerebral, de la nucleii vestibulari şi de la nucleii cerebeloşi profunzi. Astfel, nucleii pontini excitatori nu sunt inhibaţi de nucleii bulbari, ceea ce face ca poziţia antigravitaţională să fie menţinută chiar şi în absenţa unor impulsuri de la etajele nervoase superioare.

Nucleii reticulari bulbari, pe de altă parte, transmit impulsuri inhibitorii descendente către musculatura antigravitaţională pe calea tractului reticulo-spinal lateral. Nucleii bulbari primesc colaterale de la tractul cortico-spinal, tractul rubro-spinal şi de la alte căi motorii. Rolul lor este evidenţiat mai ales în situaţiile în care este necesară relaxarea unor grupe muculare pentru ca anumite porţiuni ale corpului să poată efectua alte activităţi motorii (de exemplu, mersul). Astfel, nucleii reticulari excitatori şi inhibitori constituie un sistem controlat atât de stimuli corticali, cât şi cu altă origine, care asigură contracţiile musculare necesare ortostatismului, precum şi relaxarea anumitor grupe musculare, astfel încât să se poată desfăşura diferitele activităţi motorii.

Nucleii vestibulari, împreună cu nucleii reticulari pontini, stimulează musculatura antigravitaţională. Nucleii vestibulari laterali trimit stimuli descendenţi extrem de puternici pe calea tracturilor vestibulo-spinale medial şi lateral către motoneuronii din coarnele anterioare. De fapt, în absenţa impulsurilor de la nucleii vestibulari, sistemul reticulat pontin pierde foarte mult din forţa sa. Rolul specific al nucleilor vestibulari este de a controla, în mod selectiv, impulsurile excitatorii către diferitele grupe musculare antigravitaţionale, în scopul menţinerii echilibrului ca răspuns la aferenţele de la aparatul vestibular. Acest aspect va fi discutat pe larg la capitolul "Analizatorul acustico-vestibular".

**Menţinerea echilibrului** corpului se datorează acţiunii aceloraşi centri motori din trunchiul cerebral responsabili de reglarea tonusului şi a posturii. Mecanismele de menţinere a echilibrului se declanşează ori de câte ori centrul de greutate al organismului tinde să se proiecteze în afara poligonului de susţinere. Schimbarea poziţiei capului, a corpului sau a membrelor stimulează fie receptorii labirintici, fie receptorii kinestezici din capsulele articulare, informând centrii posturii asupra noilor raporturi spaţiale ale diferitelor segmente ale corpului. Pe baza acestor informaţii se elaborează comenzi motorii ce determină grade variate de contracţie şi relaxare a muşchilor extensori şi flexori în diferitele părţi ale corpului. De exemplu, dacă există tendinţa de a cădea într-o parte, spre faţă sau pe spate, are loc o creştere reflexă a tonusului musculaturii extensorilor de acea parte şi o reducere corespunzătoare a tonusului extensorilor de partea opusă. Postura se menţine în acest caz în special pe baza aferenţelor de la proprioceptorii musculari, iar echilibrul pe baza celor labirintice. Centrii de integrare şi efectorii sunt aceiaşi.

Centrii echilibrului sunt grupaţi în două teritorii ale SNC: centrii subcorticali şi centrii corticali (fig. 62).

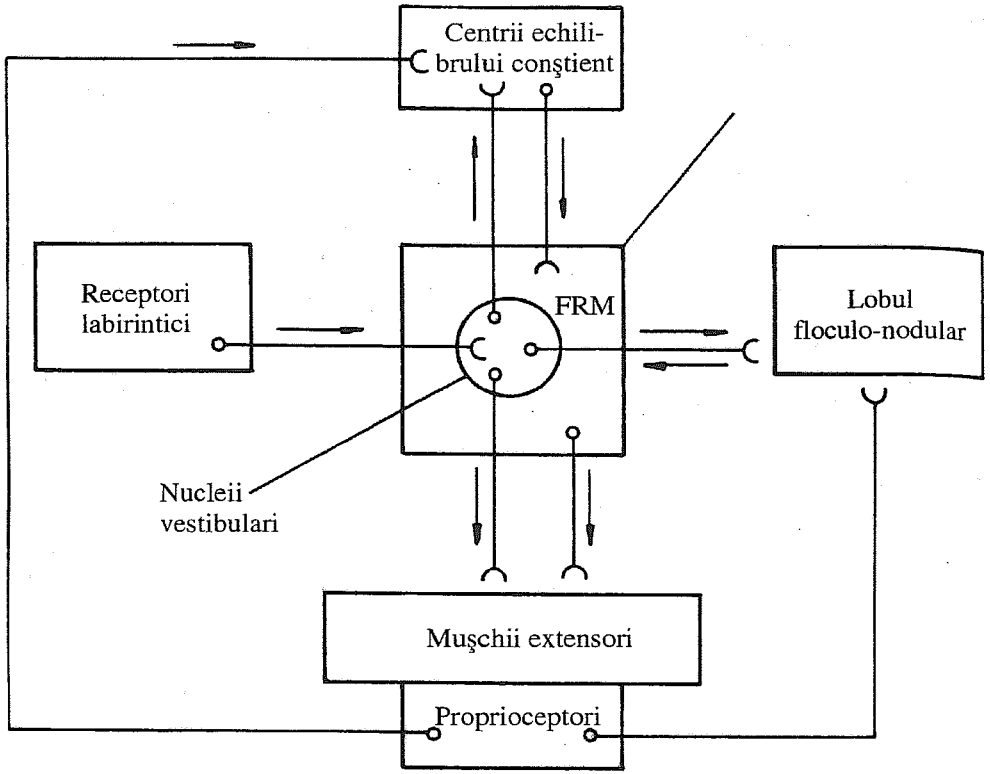



**Fig. 62. Reglarea echilibrului şi a posturii**

***Centrii subcorticali.*** Sunt reprezentaţi de nucleii vestibulari şi de nucleii formaţiei reticulate mezencefalice. Ei integrează impulsurile senzitive primite direct de la receptori şi indirect prin cerebel (de la lobul floculonodular). Aceşti centri menţin echilibrul şi postura prin reacţii motorii inconştiente.

***Centrii corticali.*** Sunt localizaţi în lobul parietal, în profunzimea şanţului lui Sylvius. La nivelul acestui lob se elaborează senzaţia conştientă de echilibru şi postură.

Trunchiul cerebral participă şi la **coordonarea mişcărilor voluntare**. Orice mişcare voluntară necesită o anumită postură şi o anumită repartiţie a tonusului la diferitele grupe musculare.

Trunchiul cerebral realizează aceste două condiţii pe baza conexiunilor aferente şi eferente ale nucleilor săi extrapiramidali cu cerebelul, talamusul şi corpii striaţi.

S-a demonstrat, la copiii anencefalici, că trunchiul cerebral este responsabil de efectuarea unor mişcări subconştiente, cum ar fi cele legate de alimentaţie (suptul, eliminarea din gură a alimentelor cu gust neplăcut, deplasarea mâinilor spre gură pentru a-şi suge degetele), căscatul, întinderea, plânsul, precum şi urmărirea obiectelor cu privirea prin mişcarea ochilor şi a capului.



De asemenea, este intact reflexul de adoptare a posturii antigravitaţionale. În acelaşi timp, se poate spune că majoritatea mişcărilor trunchiului şi ale capului pot fi împărţite în câteva mişcări simple, cum sunt flexia, extensia, rotaţia şi mişcarea de răsucire a întregului corp. Aceste mişcări sunt controlate de nuclei specifici, situaţi în mezencefal şi în regiunile diencefalice inferioare. Astfel, rotaţia capului şi a ochilor este controlată de nucleul interstiţial din mezencefal. Mişcările de ridicare a capului şi corpului sunt controlate de nucleul prestiţial, localizat la joncţiunea dintre mezencefal şi diencefal. Flexia capului şi a corpului este controlată de nucleul precomisural, situat la nivelul comisurii posterioare, iar mişcările de răsucire a întregului corp, mult mai complicate, implică intervenţia nucleilor reticulari pontini şi mezencefalici.

## FORMAŢIA RETICULARĂ

Formaţia reticulară (sau reticulată) reprezintă din punct de vedere structural o imensă reţea de prelungiri neuronale, în ochiurile căreia se găsesc zeci de mii de aglomerări de corpuri celulare, alcătuind micronuclei cenuşii. Formaţia reticulară (FR) se întinde de la măduva sacrată, prin trunchiul cerebral, până la nucleii nespecifici talamici. În substanţa reticulară a trunchiului cerebral se află toţi nucleii cenuşii ai acestuia, iar căile ascendente şi descendente ce leagă encefalul de măduva spinării străbat FR. Formaţia reticulară are două funcţii fundamentale: specifice şi nespecifice. Funcţiile specifice ale FR sunt reprezen-tate de faptul că aici este sediul central al reflexelor trunchiului cerebral. Funcţiile nespecifice ale FR sunt de coordonare generală, de activare sau de inhibare a activităţii SNC.

### Funcţiile specifice

În substanţa reticulară se află centrii tuturor reflexelor trunchiului cerebral. Centrul unui reflex nu este o arie net delimitată, ca nucleul motor sau secretor de unde porneşte comanda eferentă spre organul efector. De exemplu, centrul reflexului lacrimal este alcătuit nu numai din nucleul lacrimal (situat în punte), ci şi dintr-o serie de deutoneuroni ai căii trigeminale, precum şi micronuclei ai formaţiei reticulare pontine. Acelaşi lucru se poate afirma despre centrii cardio-vasculari, care au însă o întindere mult mai mare, centrii respiratori, ai echilibrului etc. Deci, FR este sediul a numeroşi centri de reflexe somatice şi vegetative.

### Funcţiile nespecifice

Stimularea funcţiilor nespecifice ale FR se face prin colaterale ale căilor ascendente specifice şi ale căilor descendente motorii. S-au pus în evidenţă patru sisteme reticulare nespecifice, două ascendente şi două descendente.

1. **Sistemul reticular ascendent activator** (SRAA) primeşte colaterale de la toate căile de conducere ale analizatorilor şi trimite eferenţe care se proiectează bilateral, simetric, pe toate ariile corticale. Rolul său este de a produce o excitaţie difuză a scoarţei cerebrale, stimulând astfel nespecific toate funcţiile neocortexului şi paleocortexului. Din acest motiv se mai numeşte şi sistem reticulat cu proiecţie difuză. Stimularea SRAA este urmată de o stare de "trezire" corticală, de creştere a vigilenţei, cu sporirea aptitudinilor intelectuale, creşterea percepţiei, deci o îmbunătăţire a performanţelor cerebrale cu rol în procesul de învăţare. Stimularea exagerată a SRAA are însă efecte negative: iritabilitate, convulsii. Între scoarţa cerebrală şi SRAA se stabilesc legături bidirecţionale ce formează un circuit funcţional cortico-reticulo-cortical. Prin aceste conexiuni scoarţa cerebrală poate controla nivelul funcţional al FR şi, implicit, propriul său nivel funcţional. Cei mai importanţi stimuli ai SRAA sunt cei vizuali şi cei kinestezici. Dacă

se întrerupe sistemul reticulat ascendent activator apare somn prelungit. Deci, FR are, printre alte funcţii, un rol important în reglarea ritmului somn-veghe.

2. **Sistemul reticulat ascendent inhibitor** (SRAI) este mai puţin studiat şi deci funcţiile sale se cunosc mai puţin. Se ştie că are o acţiune de reducere a activităţii corticale.

3. **Sistemul reticulat descendent facilitator** (activator, SRDF) este reprezentat de acea parte a FR care trimite eferenţe spre măduva spinării, în special către motoneuronii γ şi α. Aferenţele sale sunt reprezentate de fibre de la neocortexul motor, nucleii cenuşii extrapiramidali, cerebel şi aparatul vestibular, precum şi colaterale ale căilor ascendente ale analizatorilor, directe sau prin intermediul SRAA. Acţiunea principală a SRDF se observă la nivelul reflexelor medulare şi de trunchi cerebral, pe care le exagerează. Astfel, stimularea SRDF produce hipertonie musculară şi creşte viteza reacţiilor motorii. Cei mai importanţi stimuli ai SRDF sunt cei de la proprioceptori.

4. **Sistemul reticulat descendent inhibitor** (SRDI) are conexiuni aferente similare cu SRDF, dar predomină cele de la neocortexul motor, corpii striaţi, neocerebel şi nucleul roşu. Eferenţele sale sunt de asemenea către motoneuronii trunchiului cerebral şi motoneuronii γ şi α medulari, pe care însă îi inhibă, având astfel efect de diminuare a reflexelor ce se închid la aceste etaje. Stimularea SRDI produce hipotonie musculară, scăderea vitezei de reacţie motorie, tulburări de echilibru şi de mers.

După cum am arătat anterior, formaţia reticulară este o reţea enormă de neuroni între care există un număr imens de conexiuni sinaptice. Cele patru sisteme prezentate mai sus nu pot fi net delimitate între ele, după cum nu pot fi delimitate nici de structurile învecinate. Datorită numărului mare de sinapse, FR este foarte sensibilă la acţiunea diverselor substanţe toxice (alcool) sau medicamentoase (anestezice). Între FR a trunchiului cerebral şi nucleii nespecifici talamici există o unitate funcţională.

Cei mai importanţi nuclei ai FR din trunchiul cerebral şi conexiunile lor sunt:

1. **Nucleul bulbar reticulat lateral** se află în bulb, posterior de oliva bulbară. Aferenţele sale vin de la măduvă (fibre directe) şi de la scoarţa cerebrală (fibre încrucişate), iar eferenţele sale merg prin pedunculul cerebelos inferior către cerebelul ipsilateral.

2. **Nucleul bulbar reticulat paramedian** se află în vecinătatea nucleului hipoglosului. Aferenţele sale vin de la cerebel (nucleul fastigial), de la măduvă şi de la scoarţa cerebrală, iar eferenţele sunt directe către cerebelul ipsilateral (prin pedunculul cerebelos inferior) şi atât directe, cât şi încrucişate către nucleul fastigial de ambele părţi.

3. **Nucleul gigantocelular** este situat dorsal de oliva bulbară. Aferenţele sale vin, în special, de la măduva spinării (fibre predominant ipsilaterale) şi din ariile senzitivo-motorii ale scoarţei cerebrale, dar şi de la cerebel (nucleul fastigial). Eferenţele sale sunt ascendente către talamus (nucleii nespecifici) şi hipotalamus, iar către măduvă descendente.

4. **Nucleul tegmental pontin**, numit şi nucleul central pontin, se găseşte în tegmentul pontin. Primeşte aferenţe de la cerebel (nucleul dinţat), măduvă şi scoarţa cerebrală, trimiţând eferenţe către cerebel.

5. **Nucleul reticulat pontin caudal** este prelungirea cranială a nucleului giganto-celular din bulb. Aferenţele acestui nucleu provin de la măduva spinării (fibre predominant ipsilaterale), de la ariile senzitivo-motorii ale scoarţei cerebrale şi de la lamina cvadrigemina (tectum), iar eferenţele sale sunt, ca şi ale nucleului gigantocelular, ascendente către nucleii nespecifici talamici şi hipotalamus, iar către măduvă descendente.



6. **Nucleul reticulat pontin oral** prelungeşte în sus nucleul pontin caudal. Are conexiuni în ambele sensuri cu măduva spinării. Alte aferenţe provin de la scoarţa cerebrală şi de la lamina cvadrigemina.

7. **Nucleul rafeului** cuprinde grupe celulare ce se găsesc de o parte şi de alta a liniei mediane, pe o mare întindere a trunchiului cerebral, începând de la nucleul hipoglosului până în partea superioară a protuberanţei. Aferenţele sale provin de la scoarţa cerebrală, rinencefal şi măduva spinării, iar eferenţele sunt ascendente către mezencefal şi descendente spre măduva spinării. Se crede că nucleul rafeului are rolul de a solidariza funcţional jumătăţile dreaptă şi stângă ale FR a trunchiului cerebral şi că face parte din SRAA.

8. **Formaţiunea reticulată mezencefalică** are conexiuni cu cerebelul, lamina cvadrigemina, hipotalamusul, neocortexul şi rinencefalul.

9. **Substanţa cenuşie periapeductală** este situată în jurul apeductului Sylvius şi are legături în ambele sensuri cu nucleii nespecifici ai talamusului şi cu formaţia reticulară mezencefalică.

Eferenţele formaţiei reticulare bulbare către măduva spinării sunt predominent ipsilaterale, în timp ce eferenţele formaţiei reticulate pontine sunt exclusiv ipsilaterale, ambele terminându-se în cordonul lateral de aceeaşi parte.

**Alte conexiuni ale formaţiei reticulare a trunchiului cerebral**

Formaţia reticulară a trunchiului cerebral realizează următoarele conexiuni:

**Conexiuni tecto-reticulare**, ce se realizează între tuberculul cvadrigemen superior şi FR ponto-mezencefalică, prin fibre directe şi încrucişate.

**Conexiuni nucleo-reticulare**, ce se realizează între nucleii tractului spinal ai nervului trigemen şi nucleul solitar, pe de o parte, şi formaţia reticulată, pe de cealaltă.

**Conexiuni vestibulo-reticulare**, ce cuprind un contingent de fibre care merg de la nucleii vestibulari direct spre formaţia reticulată.

**Conexiuni rubro-reticulare** şi **palido-reticulare**, ce leagă nucleul roşu, respectiv globus pallidus de formaţia reticulară a trunchiului cerebral.

**Conexiuni nigro-reticulare**, ce leagă substanţa neagră de FR.

**Conexiuni ponto-reticulare**, ce leagă nucleii proprii pontini de FR.

Formaţia reticulară a trunchiului cerebral are conexiuni în dublu sens cu rinencefalul, conexiuni demonstrate anatomic şi electrografic. Proiecţia sistemului limbic pe formaţia reticulară este mijlocită prin trei sisteme: sistemul habenular, corpii mamilari şi fasciculul median al creierului anterior

**Sistemul habenular**. Nucleul habenular primeşte fibre de la aria olfactivă şi din fimbria hipocampului prin stria medulară a talamusului şi prin stria terminală. De asemenea, primeşte fibre de la nucleul amigdalian. La rândul său, nucleul habenular este conectat cu formaţia reticulară mezencefalică prin fibre habenulo-reticulate.

**Corpii mamilari**, intim conectaţi cu sistemul limbic, trimit fibre spre formaţia reticulară mezencefalică prin tractul mamilo-tegmental şi prin pedunculul corpului mamilar. Tractul mamilo-tegmental ia naştere în corpul mamilar şi trimite eferenţe spre formaţia reticulară mezencefalică. Pedunculul corpului mamilar are originea tot în corpul mamilar şi se termină în FR mezencefalică.

**Fasciculul median al creierului anterior** îşi are originea în girul subcalosal şi se distribuie FR mezencefalice.

## ANATOMIA CEREBELULUI

Cerebelul ocupă fosa posterioară a craniului, fiind separat de emisferele cerebrale prin cortul cerebelului, o dependenţă a durei mater cerebrale. Este situat înapoia bulbului şi a punţii cu care delimitează cavitatea ventriculului IV. Are forma unui fluture, prezentând o porţiune mediană (vermisul) şi două porţiuni laterale, voluminoase, numite emisfere cerebeloase.

Emisferele prezintă o faţă superioară acoperită de cortul cerebelului şi o faţă inferioară în centrul căreia se află o depresiune numită valecula, care conţine partea inferioară a vermisului.

Cerebelul este situat în derivaţie pe toate căile senzitive şi motorii şi este, în consecinţă, informat asupra tuturor stimulilor proveniţi din mediul extern sau intern.

Prin procesele de integrare a informaţiilor primite, el poate exercita o acţiune coordonatoare asupra activităţii musculare iniţiate de cortexul cerebral motor. Aşa se explică de ce leziunile cerebeloase dau tulburări de coordonare.

Cerebelul este legat de bulb, punte şi mezencefal prin pedunculii cerebeloşi inferiori, mijlocii şi superiori. Aceşti pedunculi conţin fibre aferente şi eferente (de proiecţie).

Suprafaţa cerebelului este brăzdată de sanţuri paralele, cu diferite adâncimi. Unele sunt numeroase şi superficiale, delimitând lamelele (foliile) cerebeloase, altele, mai adânci, dar mai rare, delimitează lobulii cerebelului şi, în fine, altele, cele mai adânci, cum ar fi fisura primară şi fisura posterolaterală, delimitează lobii cerebelului (fig. 63).

Din punct de vedere ontogenetic şi al localizărilor funcţionale, cerebelul poate fi divizat în trei lobi: lobul floculonodular, lobul anterior şi lobul posterior.

**Lobul floculonodular** cuprinde nodulus, ambii floculi şi pedunculii floculilor. El este separat de restul cerebelului prin fisura posterolaterală, prima care apare onto şi filogenetic.

Lobul floculonodular, împreună cu lingula, constituie partea cea mai veche a cerebelului (arhicerebelul) şi reprezintă centrul echilibrului vestibular, centrul de orientare şi centrul de menţinere a poziţiei capului (factor esenţial pentru menţinerea echilibrului). Deoarece are conexiuni cu analizatorul vestibular este denumit şi **vestibulocerebel**.

**Lobul anterior**, situat anterior de fisura primară, este alcătuit din culmen şi lobulul central de pe vermis, lobulul patrulater şi aripa lobulului central de pe emisfere. Reprezintă a doua parte a cerebelului care apare în filogeneză (**paleocerebel**) alături de piramidă şi uvulă de pe faţa inferioară a vermisului.

Deoarece paleocerebelul are legături cu măduva spinării, este denumit şi spinocerebel şi constituie centrul de control al tonusului de postură al muşchilor extensori antigravitaţionali, cu rol de compensare şi de opoziţie a forţelor de gravitaţie.

**Lobul posterior** reprezintă partea cerebelului dintre fisura primară şi fisura posterolaterală. Reprezintă partea cea mai nouă filogenetic (**neocerebel**), excluzând piramida şi uvula legate funcţional de paleocerebel. Neocerebelul constituie centrul de control automat al motilităţii voluntare şi semivoluntare.

Datorită faptului că majoritatea aferenţelor vin de la nucleii pontini este numit şi pontocerebel.

Neocerebelul este alcătuit din lobulii declive, folium şi tuber de pe vermis; lobulul simplex, semilunar superior, semilunar inferior, biventer şi tonsila de pe emisfera cerebeloasă.



### STRUCTURA CEREBELULUI

La exterior se află un strat de substanţă cenuşie care formează scoarţa cerebelului. Scoarţa cerebeloasă înconjoară substanţa albă centrală, care trimite prelungiri în folii, dând, în ansamblu, aspectul unei coroane de arbore, de unde şi numele de arborele vieţii. În interiorul masei de substanţă albă se găsesc mase de substanţă cenuşie care formează nucleii profunzi ai cerebelului. În vermis se află nucleii fastigiali (stâng şi drept), iar în emisferele cerebeloase, în sens mediolateral, se află nucleul globos, nucleul emboliform şi nucleul dinţat.

Nucleii fastigiali sunt cei mai vechi filogenetic (aparţin arhicerebelului), în timp ce nucleii dinţaţi sunt cei mai noi filogenetic (aparţin neocerebelului).

Scoarţa cerebeloasă este formată din trei straturi de celule care, de la suprafaţă spre profunzime, sunt: stratul molecular, al celulelor Purkinje şi cel granular (fig. 64).

**Stratul superficial (molecular)**. Este situat sub meninge, fiind sărac în celule şi bogat în fibre. Neuronii sunt reprezentaţi prin celulele stelate, ai căror axoni formează în jurul corpurilor

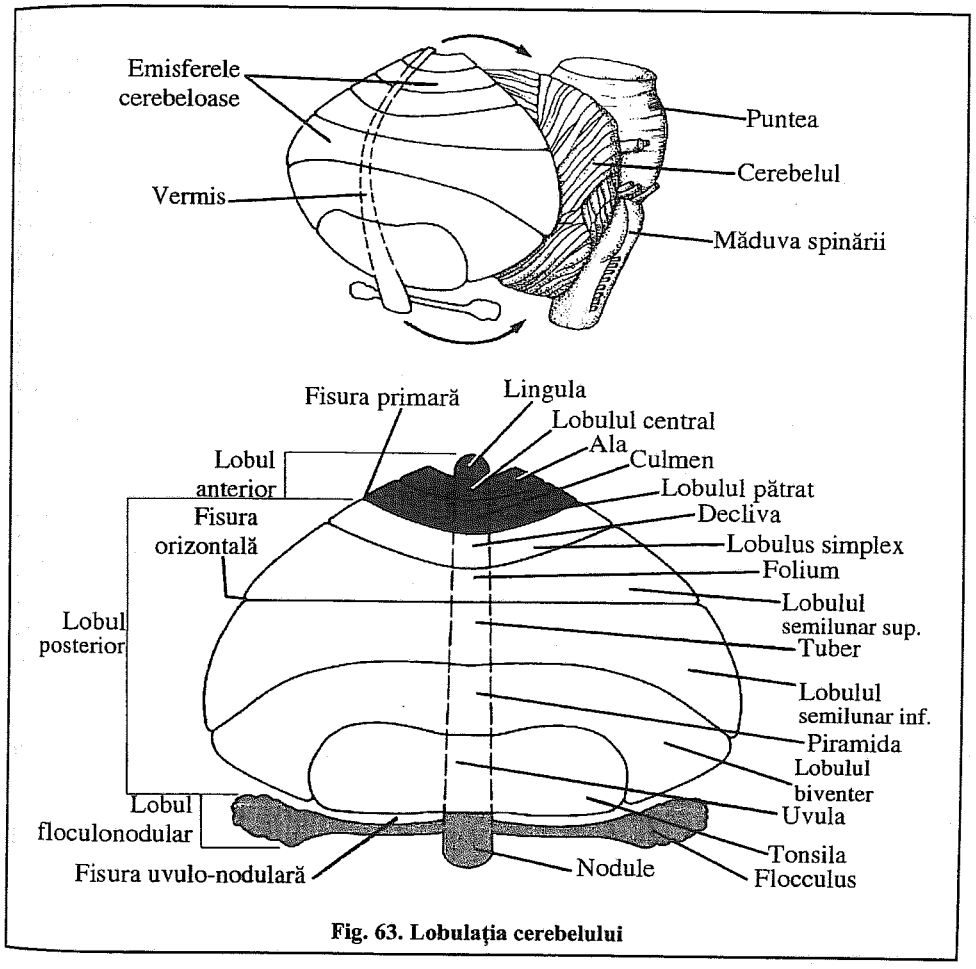



**Fig. 63. Lobulaţia cerebelului**

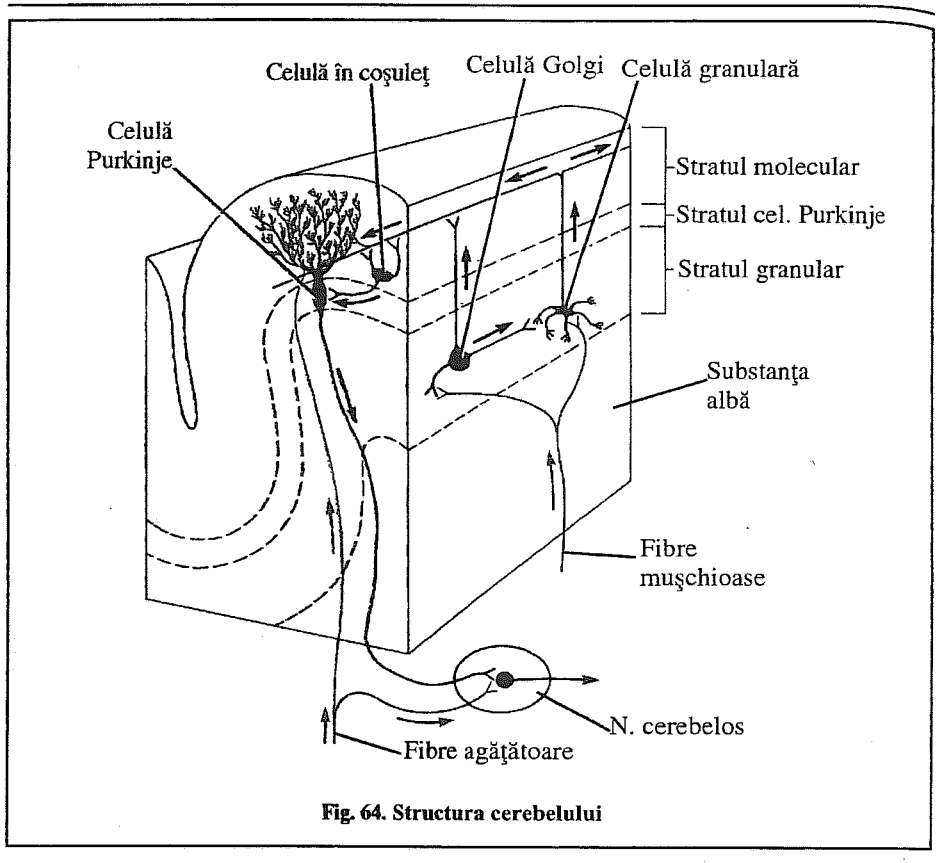



**Fig. 64. Structura cerebelului**

celulelor Purkinje o reţea cu aspect de coşuleţ. Prin dendritele lor, celulele în coşuleţ şi celulele stelate stabilesc contacte sinaptice cu axonul celulelor granulare.

**Stratul intermediar.** Conţine corpurile celulelor Purkinje, cu aspect piriform, dispuse pe un singur rând. Prelungirile lor dendritice, abundent ramificate, pătrund în stratul molecular, unde vor stabili sinapse cu axonii celulelor granulare. Axonii celulelor Purkinje părăsesc scoarţa cerebelului, străbat substanţa albă şi intră în contact cu nucleii cerebelului.

**Stratul profund (granular).** Este format din neuroni granulari de talie mică (4 - 8 μ), dar foarte numeroşi. Dendritele lor, scurte, rămân în stratul granular, iar axonul, lung, ajunge în stratul superficial, unde se împarte în T, fiecare ramură a T-ului punându-se în legătură cu dendritele celulelor Purkinje şi ale celulelor stelate. În stratul granular se găsesc şi celulele Golgi II, ale căror dendrite ajung în stratul molecular.

Axonul lor este scurt şi rămâne în stratul granular, participând la formarea glomerulului cerebelos.

La nivelul scoarţei cerebrale se găsesc două tipuri de fibre:

- fibre musciforme, care se termină la nivelul dendritelor celulare granulare, constituind glomerulii cerebeloşi (neuropilul). În structura neuropilului intră şi axonul scurt al celulelor Golgi II;
- fibre agăţătoare, care se termină pe dendritele celulelor Purkinje.



Cerebelul stabileşte legături cu celelalte etaje ale sistemului nervos central prin aferenţe şi eferenţe (fig. 65), care trec prin cele trei perechi de pedunculi cerebeloşi.

AFERENŢELE CEREBELULUI

Prin **pedunculul cerebelos inferior**, care leagă cerebelul de bulb, sosesc:

- fibrele fasciculului spino-cerebelos dorsal direct şi o parte din fibrele fasciculului spinocerebelos ventral (încrucişat). Cealaltă parte din fibrele fasciculului spinocerebelos ventral ajung la cerebel prin vălul medular superior, situat între cei doi pedunculi cerebeloşi superiori;
- fibrele vestibulo-cerebeloase, de la nucleii vestibulari de aceeaşi parte;
- fibrele olivo-cerebeloase, de la nivelul olivei bulbare contralaterale.

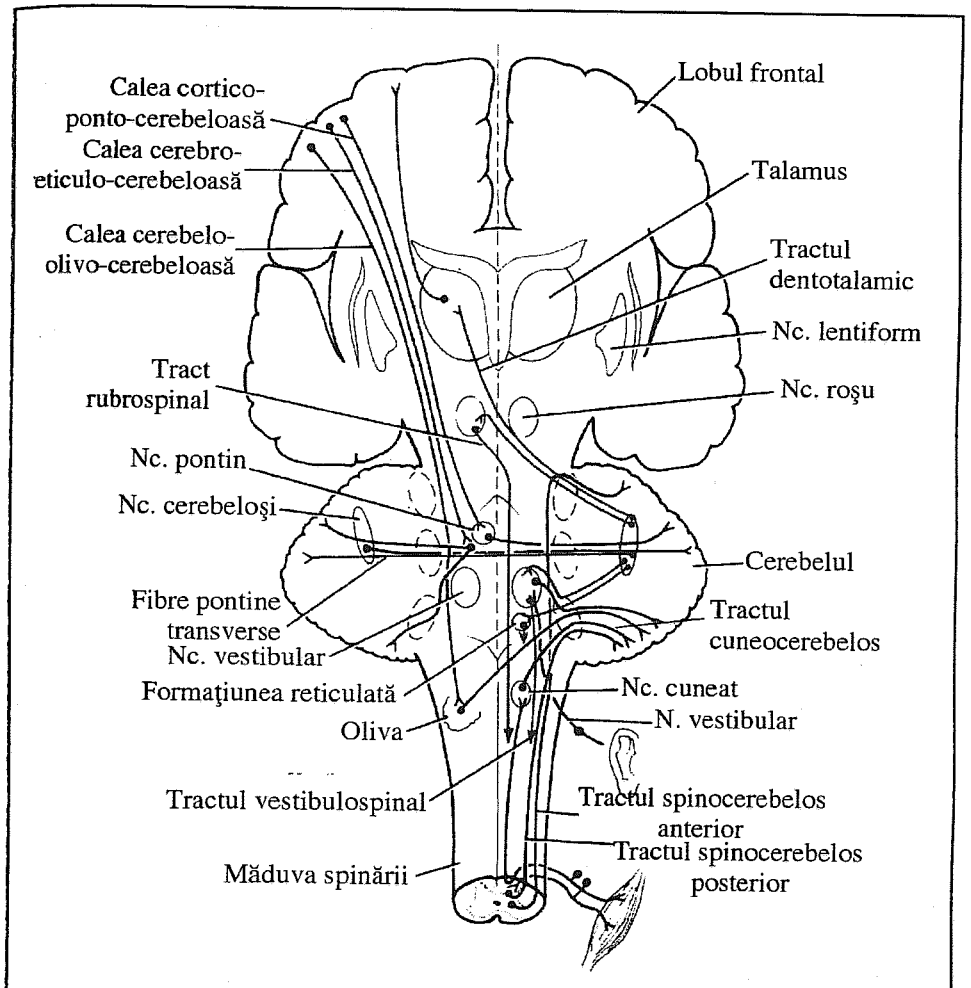



**Fig. 65. Aferenţele şi eferenţele cerebelului**

Prin **pedunculul cerebelos mijlociu**, care leagă cerebelul de punte, sosesc fibrele cortico-ponto-cerebeloase, care provin de la scoarţa cerebrală, fac sinapsă în nucleii pontini şi ajung apoi la cerebel.

Prin **pedunculii cerebeloşi superiori**, care fac legătura între cerebel şi mezencefal, sosesc la cerebel fibre tecto-cerebeloase, provenite de la lama cvadrigemina, şi fibre trigemino-cerebeloase, cu originea în nucleul mezencefalic al nervului trigemen.

EFERENŢELE CEREBELULUI

De la **nucleul dinţat** pleacă două fascicule, ambele părăsind cerebelul prin pedunculul cerebelos superior:

- fasciculul dento-talamic, care ajunge la talamus, de unde se continuă spre scoarţă prin fasciculul talamo-cortical;
- fasciculul dento-rubric, care ajunge la nucleul roşu, de unde se continuă spre măduvă prin fasciculul rubrospinal.

Ambele fascicule sunt încrucişate, ajungând la talamus şi la nucleul roşu contralateral.

De la **nucleul fastigial** pleacă, de asemenea, două eferenţe mai importante, ambele părăsind cerebelul prin pedunculul cerebelos inferior:

- fibre fastigio-vestibulare spre nucleii vestibulari din bulb, de la care pleacă spre măduvă fasciculul vestibulo-spinal;
- fibre fastigio-reticulate spre formaţia reticulată a trunchiului cerebral, de la care pleacă, spre măduvă, fasciculul reticulo-spinal.

Aceste fascicule au fibre neîncrucişate, ajungând la nucleii vestibulari şi formaţia reticulată ipsilaterală.

## FIZIOLOGIA CEREBELULUI

Deşi cerebelul nu are conexiuni directe cu efectorii motori, prezenţa sa este indispensabilă pentru activitatea normală a acestora. Excitarea cerebelului nu provoacă nici senzaţii subiective, nici mişcare. Totuşi, după îndepărtarea sa, apar grave tulburări ale funcţiilor motorii somatice. Se perturbă mai ales mişcările voluntare rapide, cum sunt alergatul, cântatul la pian, scrisul şi vorbirea.

Funcţia cerebelului este stâns legată de structura sa şi de conexiunile aferente şi eferente pe care le realizează. Pe aceste baze anatomice, el îndeplineşte rolul de suprave-ghetor al activităţii motorii, comparând comanda centrală cu modul în care ea este executată.

În lumina concepţiei cibernetice, cerebelul apare - aşa cum este reprezentat în fig. 66 - ca un servomecanism dispus în paralel pe căile ce leagă bidirecţional centri motori superiori de efectorii şi

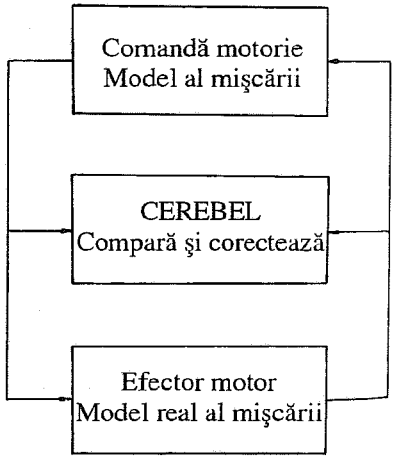



**Fig. 66. Funcţiile cerebelului**



receptorii periferici. Orice comandă motorie trimisă la periferie este expediată, "în copie", şi spre cerebel, care ajunge astfel în posesia modelului teoretic al mişcării. La rândul lor, receptorii periferici (proprioceptori, exteroceptori, receptori vestibulari) informează cerebelul asupra mişcării reale efectuate şi a eventualelor schimbări survenite în postura organismului. Pe baza informaţiilor primite, cerebelul calculează eroarea dintre mişcarea dorită şi cea realizată şi trimite impulsuri corectoare spre centrii motori.

Cerebelul participă atât la activitatea motorie automată (menţinerea tonusului, echilibrului, posturii şi redresarea corpului), cât şi la cea intenţională, voluntară (mers, scris, vorbit). Se asigură şi coordonarea acestor două categorii de activităţi motorii somatice.

Funcţiile motorii automate sunt reglate pe baza conexiunilor vermisului şi lobului floculonodular (arhicerebel) cu nucleii vestibulari şi cu nucleii extrapiramidali şi ai formaţiei reticulate din trunchiul cerebral (vezi funcţiile motorii ale trunchiului cerebral).

Funcţiile motorii intenţionale, emanate din scoarţa motorie şi ariile asociative corticale, sunt coordonate pe baza conexiunilor emisferelor cerebeloase (neocerebel) cu talamusul şi cortexul motor.

Cooperarea dintre mişcările voluntare şi cele automate asigură echilibru, tonusul şi postura adecvată realizării cât mai perfecte a mişcărilor intenţionale; ea se realizează pe baza conexiunilor pe care le are paleocerebelul (scoarţa cerebeloasă din vecinătatea vermisului) cu talamusul şi cu cortexul motor, pe de o parte, şi cu nuclei motori extrapiramidali mezencefalici şi bazali, pe de altă parte.

Leziunile cerebelului produc o serie de tulburări clinice caracteristice.

**Astazia** este o tulburare a posturii şi echilibrului static al corpului, care nu se poate menţine în picioare fără lărgirea poligonului de susţinere.

**Astenia** se caracterizează prin instalarea unei senzaţii de oboseală musculară, la cele mai uşoare mişcări.

**Atonia** reprezintă scăderea tonusului muscular.

**Tremurătura intenţională** reprezintă imposibilitatea executării de mişcări voluntare, acestea efectuându-se sacadat.

**Mersul de om beat** şi **tulburări în vorbirea articulată**, precum şi alte anomalii ale motilităţii somatice, însoţesc, de asemenea, leziunile cerebeloase. După câteva luni de la îndepărtarea cerebelului, gravitatea acestor tulburări se reduce prin intervenţia unor mecanisme compensatorii.

## ANATOMIA DIENCEFALULUI

Diencefalul, numit creierul intermediar, este aşezat deasupra mezencefalului, pe care îl depăşeşte în sens anterior, şi sub emisferele cerebrale, care îl acoperă. Prezintă o faţă dorsală, două feţe laterale şi o faţă bazală care corespunde spaţiului interpenducular (optopeduncular).

Faţa bazală a diecefalului este singura faţă vizibilă prin simpla răsturnare a encefalului. Ea este limitată anterior de chiasma optică, lateral de tracturile optice şi posterior de picioarele pedunculilor cerebrali. Dinainte spre înapoi întâlnim în acest spaţiu o serie de formaţiuni. Imediat înapoia chiasmei optice se vede tuber cinereum de care, prin intermediul infundibulului, atârnă neurohipofiza.

Posterior de aceste formaţiuni se află cei doi corpi mamilari sub care se remarcă originea aparentă a nervului oculomotor (III).

Feţele laterale ale diencefalului sunt acoperite de emisferele cerebrale şi vin în raport cu nucleii bazali.

Faţa dorsală a diencefalului este acoperită de corpul calos şi de fornix. După înlăturarea lor remarcăm, în centru, o despicătură - ventriculul al III-lea, iar de o parte şi de alta faţa dorsală a talamusului.

## TALAMUSUL

Este format din 2 mase de substanţă cenuşie, de formă ovoidală, situate de o parte şi de alta a ventriculului III. Partea sa posterioară, mai lată, se numeşte pulvinar, iar partea anterioară, mai ascuţită se numeşte rostru sau tuberculul anterior al talamusului. Feţele mediale al talamusului delimitează ventriculul III şi prezintă stria medială a talamusului, formând posterior, prin unirea lor, comisura habenulară de care atârnă glanda epifiză.

Faţa laterală este separată de nucleii bazali printr-o lamă de substanţă albă, numită capsula albă internă. Faţa inferioară vine în raport anterior cu hipotalamusul şi posterior cu subtalamusul.

Faţa dorsală a talamusului prezintă tenia coroidă a talamusului pe care se prinde pânza coroidiană a ventriculului III. În interiorul talamusului se află lama medulară internă în formă de Y, care subîmparte talamusul în trei grupe nucleare: grupul nuclear anterior, grupul nuclear medial şi grupul nuclear lateral. Înaintea polului caudal, lama medulară internă se bifurcă în plan frontal, limitând nucleii intralaminari, şi se termină pe faţa medială, lăsând lateral şi dorsal nucleii posteriori. Pe faţa laterală, în afara lamei medulare externe se găsesc nucleii reticulaţi. Clasificarea topografică are valoare orientativă, anatomică şi chirurgicală. Funcţional, indiferent de poziţie, nucleii talamici primesc aferenţe de la majoritatea sistemelor funcţionale şi sunt interconectaţi cu scoarţa cerebrală prin proiecţiile talamo-corticale. Ei reprezintă relee prin care informaţiile senzitivo-senzoriale ajung la scoarţă, cu excepţia căii olfactive şi a sistemelor corticale modulatorii extratalamice. În afara nucleilor intralaminari, restul subgrupelor nu stabilesc conexiuni directe internucleare.

Talamusul este un centru senzitiv care, din punct de vedere filogenetic, cuprinde: paleotalamusul, arhitalamusul şi neotalamusul.

**Paleotalamusul** este porţiunea cea mai veche, primind aferenţe de la trunchiul cerebral. El este în legătură cu nucleii anterior şi medial.

**Arhitalamusul** are în componenţa sa nucleii de asociaţie (nespecifici). Aceşti nuclei au rolul de a pregăti tonusul cortical în vederea recepţionării cât mai eficace a impul-surilor aduse pe căile specifice în nucleii talamici specifici (fig. 67). Nucleii nespecifici ai talamusului sunt în legătură cu formaţia reticulară a trunchiului cerebral. În timpul stării de vigilenţă, sistemul reticular activator ascendent (SRAA) inhibă activitatea nucleilor nespecifici, iar în somn formaţia reticulară îşi micşorează activitatea, lăsând cortexul sub acţiunea nucleilor nespecifici ai talamusului. Astfel, starea de vigilenţă depinde de echilibrul dintre activitatea formaţiei reticulare şi a nucleilor talamici nespecifici.

**Neotalamusul**, care are în componenţa sa grupul nuclear lateral, este de origine mai recentă. El primeşte aferenţe şi trimite eferenţe de la/spre scoarţa cerebrală.

Leziunile talamusului stâng se răsfrâng asupra funcţionalităţii emisferului stâng şi determină afazia talamică; aceasta se caracterizează prin deficienţe ale vorbirii articulate, de interpretare şi recunoaştere a cuvintelor. Leziunile talamusului drept afectează



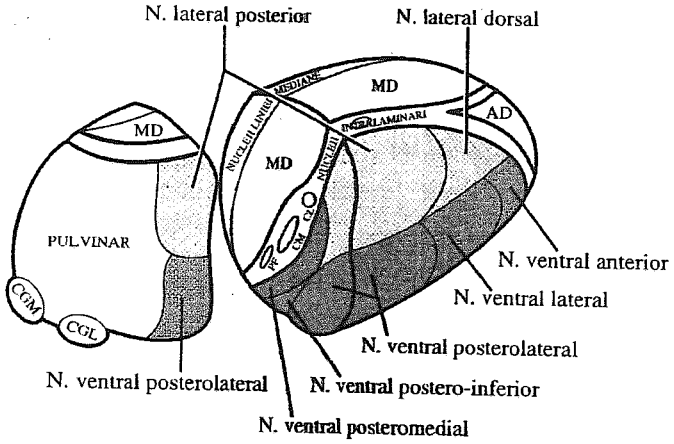



**Fig. 67. Nucleii ventrali şi laterali ai talamusului. CGM - corpul geniculat medial, CGL - corpul geniculat lateral, MD - nucleul medio-dorsal, AD - nucleul anterior dorsal, PF - nucleul parafascicular, CM - nucleul centromedian, CL - nucleul centrolateral**

funcţionalitatea emisferului drept şi se caracterizează prin dificultăţi în percepţia relaţiilor spaţiale şi dezorientare spaţială în ceea ce priveşte stimulii din jumătatea controlaterală a corpului. Lezarea nucleului ventro-posterior este urmată de pierderea sensibilităţii generale controlaterale, în timp ce lezarea complexului nuclear centromedian-parafascicular determină apariţia tremorului de repaus şi a mişcărilor coreo-atetozice. Leziunile talamice bilaterale implică alterarea funcţiilor psihice superioare, cu labilitate emoţională, amnezie, alterarea personalităţii, mutism akinetic (în leziunile grave), mergând până la demenţă.

## METATALAMUSUL

Este format din cei doi corpi geniculaţi, mediali şi laterali, care sunt situaţi înapoia talamusului.

**Corpul geniculat medial** reprezintă releul talamic al căii auditive şi este alcătuit din trei nuclei: ventral, dorsal şi medial. Eferenţele nucleului ventral formează radiaţiile acustice (fibrele geniculotemporale) care se termină în aria auditivă primară 41. Nucleul medial primeşte aferenţe de la colicului cvadrigemen inferior, tegmentul lateral şi măduva spinării. **Corpul geniculat lateral** reprezintă releul talamic al căii vizuale, fiind situat rostral şi lateral faţă de corpul geniculat medial. Este alcătuit din doi nuclei: dorsal şi ventral. Nucleul dorsal este format din şase straturi neuronale (laminele 1 - 6) (fig. 68). Aferenţele nucleului dorsal sunt reprezentate de tractul optic, fibrele retiniene nazale controlaterale terminându-se în laminele 1, 4 şi 6, iar cele temporale homolaterale în laminele 2, 3 şi 5. Eferenţele nucleului dorsal sunt reprezentate de tractul geniculocalcarin, care ajunge la aria vizuală primară (17). Nucleul ventral primeşte aferenţe din tractul optic şi colicului cvadrigemen superior.

## EPITALAMUSUL

Este situat posterior de ventriculul al III-lea şi în structura sa intră comisura habenulară, epifiza, trigonul habenular şi nucleul habenular.

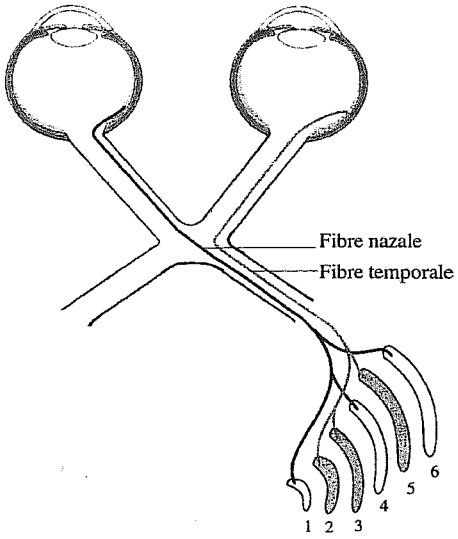



**Fig. 68. Aferenţele retiniene ale corpului geniculat lateral**

Comisura habenulară, împreună cu pulvinarul talamusului şi cu colicul cvadrigemen superior, delimitează trigonul habenular, care conţine în interior nucleul habenular.

## HIPOTALAMUSUL

Este partea din diencefal conectată la reglarea activităţii viscerale, la activitatea sistemului nervos vegetativ şi la funcţii endocrine.

Hipotalamusul este situat sub talamus şi formează podişul ventriculului III, la nivelul căruia se observă elementele feţei bazale a diencefalului: tuber cinereum, infundibul, neurohipofiza şi cei doi corpi mamilari. În structura hipotalamusului, substanţa cenuşie este dispusă în patru regiuni: regiunea supraoptică, tuberală, mamilară şi laterală (fig. 69).

Regiunea supraoptică conţine nucleii supraoptici şi paraventriculari formaţi din neuroni mari cu proprietăţi neurosecretorii. Ei secretă vasopresina (hormonul antidiuretic) şi oxitocina, care, prin tractul hipotalamo-hipofizar (tract format din axonii neuronilor supraoptic şi paraventricular), ajung la neurohipofiză, unde sunt depozitaţi şi eliminaţi apoi în sânge, la nevoie.

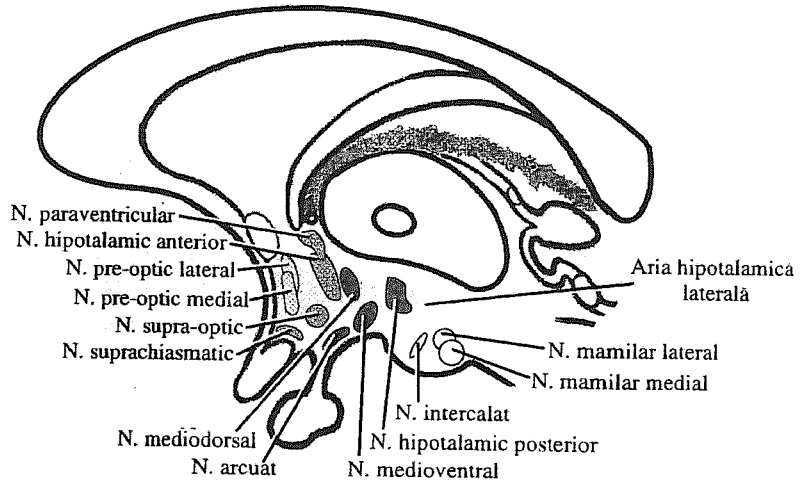



**Fig. 69. Nucleii hipotalamusului**



Regiunea tuberală este formată din nucleii ventro-medial, dorso-medial, arcuat şi hipotalamic posterior.

Regiunea mamilară cuprinde cei doi corpi mamilari.

Regiunea laterală conţine nucleul hipotalamic lateral. Hipotalamusul are conexiuni cu sistemul limbic, cu scoarţa cerebrală, talamusul, trunchiul cerebral, retina şi cu hipofiza.

Cele mai importante aferenţe ale hipotalamusului provin de la:

- corpul amigdalian şi aria septală, prin seria terminală;
- talamus, prin fibre talamo-hipotalamice;
- retină, prin fibre retino-talamice care ajung la hipotalamus prin nervul optic şi tractul optic.

Eferenţele hipotalamusului se duc, de asemenea, în mai multe direcţii:

- spre nucleii vegetativi din truchiul cerebral, prin intermediul fasciculului longitudinal dorsal;
- spre talamus şi de aici spre aria entorimală, hipocamp şi nucleii septali;
- spre epifiză.

Cu hipofiza, hipotalamusul are legături vasculare şi nervoase. Legăturile nervoase se realizează prin tractul hipotalamo-hipofizar, care leagă regiunea supraoptică a hipotalamusului (nucleii supraoptic şi paraventricular) de lobul posterior al hipofizei (neurohipofiză).

Tractul hipotalamo-hipofizar este format din axonii celor doi nuclei menţionaţi anterior şi transportă hormonii secretaţi de cei doi nuclei din regiunea supraoptică, ADH (vasopresina) şi oxitocina.

Legăturile vasculare sunt reprezentate de sistemul porthipofizar, descris de Gr. Popa şi Fielding, care face legătura între regiunea tuberală a hipotalamusului şi adeno-hipofiză (lobul anterior al hipofizei). Acest sistem porthipofizar are o dublă capilarizare, atât la nivelul hipotalamusului, cât şi în lobul anterior al hipofizei. El transportă factori stimulatori (de eliberare) sau inhibitori secretaţi de regiunea tuberală a hipotalamusului spre adenohipofiză.

## SUBTALAMUSUL

Este situat în continuarea pedunculului cerebral şi înapoia hipotalamusului. În constituţia sa intră zona incerta, nucleul subtalamic (fig. 70) şi următoarele fascicule:

- fasciculul talamic, situat între talamus şi zona incerta;
- fasciculul lenticular, între zona incerta şi nucleul subtalamic;
- ansa lenticulară ce cuprinde fibre pallidofugale;
- fasciculul subtalamic, care este alcătuit din fibrele reciproce pallidosubtalamice.

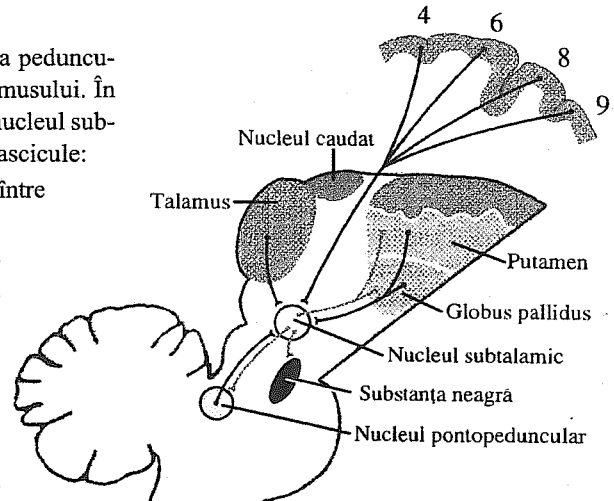



**Fig. 70. Conexiunile nucleului subtalamic**

# FIZIOLOGIA DIENCEFALULUI

## TALAMUSUL

Talamusul îndeplineşte patru funcţii:

- funcţia de releu;
- funcţia de asociaţie;
- funcţia motorie;
- funcţia de talamus nespecific.

**Funcţia de releu** este îndeplinită de nucleii talamici specifici, în care se află cel de al treilea neuron al căilor de conducere al tuturor analizatorilor, cu excepţia celui olfactiv. La acest nivel există şi numeroase sinapse inhibitorii care pot regla intensitatea stimulilor ce se propagă spre ariile corticale. Unele sinapse inhibitorii se găsesc la terminaţia unor axoni cortico-talamici, prin care se poate controla, voluntar, intensitatea senzaţiilor dureroase.

**Funcţia de asociaţie** se realizează prin conexiunile unor nuclei talamici cu ariile asociative corticale din lobii parietal, temporal şi occipital. Pe baza acestor conexiuni, talamusul ia parte, alături de scoarţa cerebrală, la elaborarea unor comenzi voluntare.

**Funcţia motorie** a talamusului se realizează prin intermediul ganglionilor bazali cu care este conectat bidirecţional, al neocerebelului şi al substanţei negre, de la care primeşte aferenţe.

Comenzile motorii elaborate pe baza acestor aferenţe sunt apoi trimise eferent spre cortexul motor, de unde porneşte comanda pentru motoneuronii somatici, cum se poate constata şi din schema prezentată în fig. 71.

Prin poziţia sa pe traiectul căilor senzitive şi motorii, talamusul participă la integrarea senzitivo-motorie. La unele specii (păsări), talamusul reprezintă cel mai înalt nivel de integrare. La mamifere, multe din funcţiile integrative motorii au fost preluate de telencefal.

**Funcţia nespecifică** este realizată de nucleii talamici nespecifici, care fac parte din formaţia reticulată.

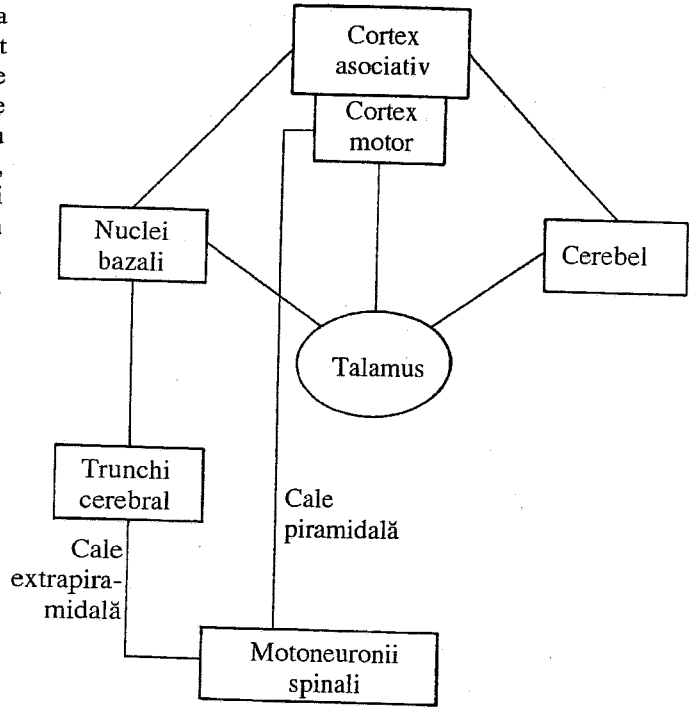



**Fig. 71. Rolul nucleilor bazali, al talamusului şi cerebelului în comanda motorie**



Prin aceştia, talamusul participă la reglarea ritmului somn-veghe şi la elaborarea unor procese afectiv-emoţionale.

## HIPOTALAMUSUL

Numit şi creierul vegetativ al organismului, hipotalamusul este organul nervos cu cele mai multe funcţii pe unitate de volum.

Hipotalamusul are conexiuni cu toate etajele sistemului limbic. De asemenea, hipotalamusul şi structurile sale învecinate trimit eferenţe în trei direcţii: descendent, către trunchiul cerebral, în special către formaţia reticulată, ascendent - către etajele superioare ale diencefalului şi ale scoarţei cerebrale, în special către talamusul anterior şi cortexul limbic, şi spre infundibul - pentru a controla cea mai mare parte a funcţiilor secretorii ale hipofizei anterioare şi posterioare. Astfel, hipotalamusul, care reprezintă mai puţin de 1% din masa cerebrală, este unul dintre cele mai importante căi eferente motorii ale sistemului limbic, controlează cea mai mare parte a funcţiilor endocrine şi vegetative ale organismului, ca şi multe aspecte ale comportamentului emoţional.

Hipotalamusul integrează toate reglările vegetative din organism. Porţiunea sa anterioară coordonează activitatea parasimpaticului, iar cea posterioară pe cea a simpaticului. Astfel, stimularea porţiunii anterioare a hipotalamusului determină scăderea presiunii sangvine şi a frecvenţei cardiace, în timp ce stimularea porţiunii posterioare are efecte inverse. De asemenea, hipotalamusul are rolul de a integra activitatea cardiovasculară cu cea respiratorie, digestivă, excretorie etc. De exemplu, în timpul digestiei, la nivelul vaselor sangvine ale tubului digestiv este necesar un volum mare de sânge, pentru a furniza suplimentul de energie necesar activităţii secretorii crescute, motilităţii crescute şi pentru a prelua substanţele absorbite la nivelul intestinului subţire. Deoarece volumul de sânge este constant, este necesară o redistribuire a acestuia către teritoriile tubului digestiv, cu scăderea irigării altor ţesuturi aflate în repaus în acel moment (piele, muşchi). Această redistribuţie a debitului circulator este realizată de hipotalamus.

Hipotalamusul intervine în reglarea metabolismelor intermediare lipidic, glucidic, portidic şi a metabolismului energetic. Hipotalamusul anterior favorizează procesele anabolice, iar cel posterior pe cele catabolice, generatoare de energie. Lezarea hipotalamusului produce obezitate sau slăbirea exagerată, în funcţie de sediul leziunii.

Hipotalamusul reglează activitatea secretorie a glandei hipofize. Neuronii hipotalamusului anterior au proprietăţi secretorii endocrine. Toţi hormonii secretaţi de hipotalamus se numesc produşi de neurosecreţie. Neuronii din nucleii supraoptic şi paraventricular secretă vasopresina şi ocitocina (sau oxitocina), hormoni transportaţi de-a lungul axonilor acestor neuroni până în hipofiza posterioară, unde sunt depozitaţi şi de unde sunt eliberaţi la nevoie. Alţi neuroni secretă hormoni care sunt eliberaţi în sistemul sangvin port hipofizar, ajungând la nivelul hipofizei anterioare; aceşti hormoni sunt inhibitori sau stimulatori şi reglează secreţia adenohipofizei. Prin intermediul hipofizei anterioare, hipotalamusul coordonează de fapt activitatea întregului sistem endocrin al organismului.

Hipotalamusul reglează şi temperatura corpului. Organismul uman, la fel ca cel al mamiferelor şi al păsărilor, este homeoterm, adică are temperatura constantă (de 37°C) şi independentă de variaţiile temperaturii mediului ambiant. Menţinerea constantă a temperaturii este realizată prin intervenţia hipotalamusului, prin mecanism de feedback. În acest circuit de feedback, elementul reglat este temperatura medie a suprafeţei corpului sau temperatura sângelui care irigă hipotalamusul. Traductorii sunt termoreceptorii cutanaţi şi neuronii termosensibili, iar efectorii sunt aparatul cardiovascular, pielea, muşchii scheletici şi tiroida.

Creşterea temperaturii sângelui care irigă centrii hipotalamici ai termoreglării intensifică activitatea neuronilor termosensibili, în timp ce scăderea temperaturii diminuează activitatea acestora.

Prin secţionarea axului cerebrospinal sub nivelul hipotalamusului, animalele homeoterme devin poikiloterme.

Hipotalamusul reglează echilibrul hidric al organismului prin două mecanisme diferite: produce senzaţia de sete şi controlează excreţia renală a apei.

Centrul setei este o regiune a hipotalamusului lateral, ai cărui neuroni sunt stimulaţi de creşterea presiunii osmotice sangvine (sau de reducerea volumului sangvin), care determină o creştere a concentraţiei electroliţilor din interiorul acestor neuroni. Senzaţia conştientă de sete va determina apariţia unui comportament de ingestie de lichide într-un volum corespunzător, astfel încât presiunea osmotică revine la normal. Nucleul supraoptic hipotalamic (sediul secreţiei de vasopresină) este responsabil de controlul excreţiei renale de apă, fiind stimulat, de asemenea, de creşterea presiunii osmotice sangvine. Axonii acestor neuroni se termină în hipofiza posterioară, de unde secretă vasopresina (numită şi hormon antidiuretic). Acest hormon acţionează la nivelul tubilor uriniferi contorţi distali şi colectori, unde induc reabsorbţia masivă a apei, reducând astfel eliminările de apă prin urină (fig. 72).

Hipotalamusul reglează aportul alimentar, deoarece în hipotalamus se găsesc centrii foamei şi ai saţietăţii. S-a descris centrul foamei în aria hipotalamică laterală, a cărui stimulare

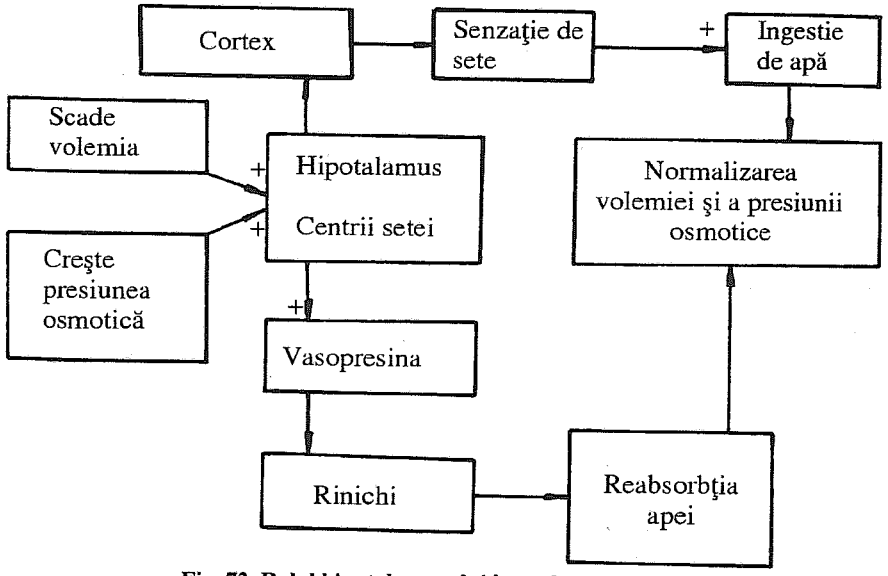



**Fig. 72. Rolul hipotalamusului în reglarea volemiei**

produce o senzaţie intensă de foame, apetit exagerat şi impulsionează animalul şi omul să procure alimente şi să le ingere. Centrul foamei este stimulat de scăderea rezervelor metabolice ale organismului. Distrugerea acestui centru este urmată de absenţa senzaţiei de foame,



pierderea apetitului şi înfometarea animalului care poate fi letală. Dimpotrivă, dacă acest centru este hiperactiv, se produce obezitate extremă.

Pe de altă parte, centrul saţietăţii, situat în nucleul ventromedial, este stimulat de creşterea rezervelor metabolice ale organismului şi determină oprirea ingestiei de alimente. Distrugerea acestui centru este urmată de supraalimentaţie şi obezitate.

Hipotalamusul reglează activitatea de reproducere a organismului, atât prin participarea la geneza impulsului sexual, cât şi prin reglarea secreţiei de hormoni gonadotropi hipofizari. De asemenea, nucleul paraventricular hipotalamic secretă oxitocină, hormon care determină creşterea contractilităţii uterine şi contracţia celulelor mioepiteliale din canalele galactofore, producând ejecţia laptelui. Cantităţi crescute de oxitocină sunt secretate în timpul graviditătii, având un rol important în expulzia fătului. De asemenea, în timpul alăptării, prin stimularea mamelonului, se produce excreţia reflexă a oxitocinei, care ajută la ejecţia laptelui şi la hrănirea copilului.

Hipotalamusul este un centru important al vieţii afective, alături de sistemul limbic. La acest nivel se elaborează emoţiile, sentimentele şi pasiunile, precum şi expresia vegetativă a acestora: variaţiile frecvenţei cardiace, ale tensiunii arteriale etc. Stimularea diferitelor arii hipotalamice determină apariţia reacţiilor de frică sau de pedeapsă, senzaţii de linişte, de plăcere sau de furie. Recompensa şi pedeapsa sunt extrem de importante în mecanismul memoriei şi învăţării. Orice stimul senzorial nou stimulează scoarţa cerebrală; dacă acest stimul nu determină apariţia unei senzaţii de recompensă sau de pedeapsă, prin repetarea lui se va produce obişnuirea animalului cu acel stimul pe care apoi îl va ignora. Dacă, dimpotrivă, stimulul produce o senzaţie de recompensă sau de pedeapsă, răspunsul cortical va fi din ce în ce mai intens la repetarea stimulului. Astfel, animalul dezvoltă o memorie foarte puternică în legătură cu stimulii care produc recompensă sau pedeapsă şi obişnuinţă faţă de stimulii senzoriali indiferenţi. Este evident, astfel, că centrii pedepsei şi ai recompensei din sistemul limbic au un rol important în selectarea informaţiilor pe care le memorăm. Chiar şi în procesul de învăţare abstractă, memorăm mult mai uşor informaţii ale disciplinelor de învăţământ care ne interesează mai mult.

Hipotalamusul reglează ritmul somn - veghe. Împreună cu formaţia reticulată a trunchiului cerebral şi cu talamusul nespecific, participă la reacţia de trezire, la creşterea stării de vigilenţă corticală. Leziuni ale hipotalamusului pot produce boala somnului.

Hipotalamusul îndeplineşte încă o mulţime de roluri: reglează hematopoieza, creşte capacitatea de luptă antiinfecţioasă a organismului etc. Activitatea sa este influenţată de scoarţa cerebrală, atât de ariile vegetative, cât şi de cele de asociaţie.

## ANATOMIA EMISFERELOR CEREBRALE

Emisferele cerebrale prezintă partea cea mai voluminoasă a sistemului nervos central. Sunt legate între ele prin comisurile creierului şi în interior conţin ventriculii laterali, I şi II. Activitatea mai mare a membrului superior, precum şi localizarea centrului vorbirii (aria 44 Broca) în emisfera stângă determină asimetria de volum, emisfera stângă fiind mai dezvoltată la dreptaci.

Între cele două emisfere se află fisura longitudinală a creierului, în care se găseşte coasa creierului, o dependenţă a durei mater ce separă cele două emisfere.

FEŢELE EMISFERELOR CEREBRALE

Emisferele cerebrale prezintă trei feţe: supero-laterală, medială şi inferioară (bazală).

**Faţa supero-laterală**

Este convexă şi pe ea observăm mai multe şanţuri: fisura laterală a lui Sylvius (parcurge faţa laterală în sens antero-posterior; începe pe faţa bazală a emisferelor cerebrale); şanţul central Rolando începe pe muchia cranianã a emisferelor cerebrale şi coboară către fisura laterală Sylvius; şanţul occipital transvers; incizura peoccipitală (fig. 73). Aceste şanţuri delimitează cei patru lobi: **lobul frontal**, situat înaintea şanţului central; **lobul parietal**, deasupra scizurii laterale, înapoia şanţului central şi înaintea şanţului occipital transvers şi a incizurii preoccipitale; **lobul temporal**, sub fisura laterală, şi **lobul occipital**, situat înapoia şanţului occipital transvers şi a inciziunii preoccipitale.

**Lobul frontal**, a cărui extremitate anterioară se numeşte pol frontal, prezintă două şanţuri frontale (superior şi inferior) între care se delimitează girii frontali superior, mijlociu şi inferior. Cele două şanţuri frontale formează, prin bifurcarea lor posterioară, şanţul precentral, care, împreună cu şanţul central, delimitează girul precentral (aria motorie, câmpul 4).

**Lobul parietal** prezintă un şanţ interparietal care, anterior, se bifurcă, formând şanţul postcentral. Între şanţul central şi postcentral se află girul postcentral (aria somestezică, câmp 3,

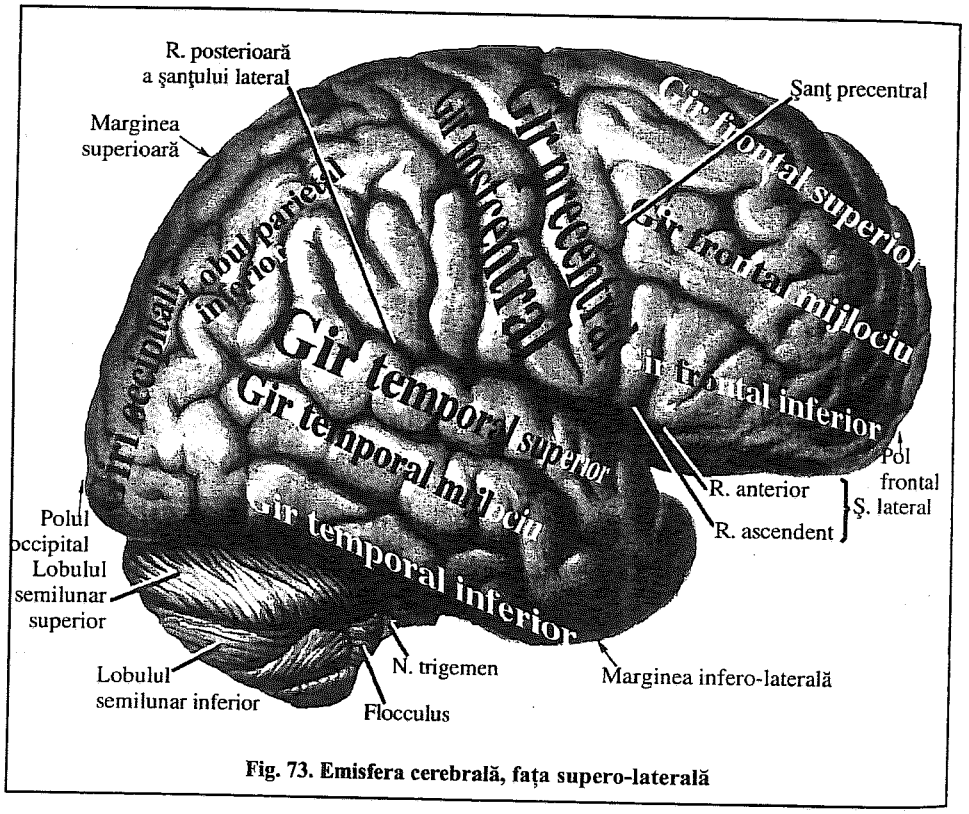



**Fig. 73. Emisfera cerebrală, faţa supero-laterală**



1, 2). Deasupra şanţului interparietal transvers se află lobul parietal superior, iar sub şanţ lobul parietal inferior.

**Lobul occipital**, a cărui extremitate posterioară se numeşte pol occipital, este străbătut de un şanţ vertical, şanţul lunat şi mai multe şanţuri orizontale scurte. Între aceste şanţuri se află girii occipitali.

**Lobul temporal** (extremitatea lui anterioară se numeşte pol temporal) este parcurs de două şanţuri temporale (superior şi inferior), între care se delimitează cei trei giri temporali: superior, mijlociu şi inferior. Pe faţa superioară a girului temporal superior se văd girii transverşi Heschll. În profunzimea fisurii laterale a lui Sylvius se află lobul insulei, care este înconjurat de şanţul circular (Reil).

**Faţa medială**

Deasupra corpului calos, pe faţa medială, se observă şanţul corpului calos, superior acestuia aflându-se şanţul cinguli, paralel cu şanţul corpului calos (fig. 74). Între aceste două şanţuri se află girul cingular. Deasupra şanţului cinguli se află girul frontal medial. În partea posterioară a feţei mediale se văd două şanţuri: unul oblic - şanţul parieto-occipital- şi altul orizontal - scizura calcarină. Între aceste două şanţuri se delimitează cuneusul, anterior de şanţul parietooccipital se află precuneusul, iar sub scizura calcarină girul lingual.

**Faţa bazală**

Pe faţa bazală începe fisura laterală a lui Sylvius, care împarte această faţă în lob orbitar, situat anterior de fisura laterală, şi lob temporo-occipital, situat posterior de fisura laterală (fig. 75). La nivelul lobului orbitar se remarcă un şanţ cu direcţie antero-posterioară, şantul olfactiv, care adăposteşte bulbul olfactiv. În partea sa posterioară, tractul olfactic prezintă o zonă

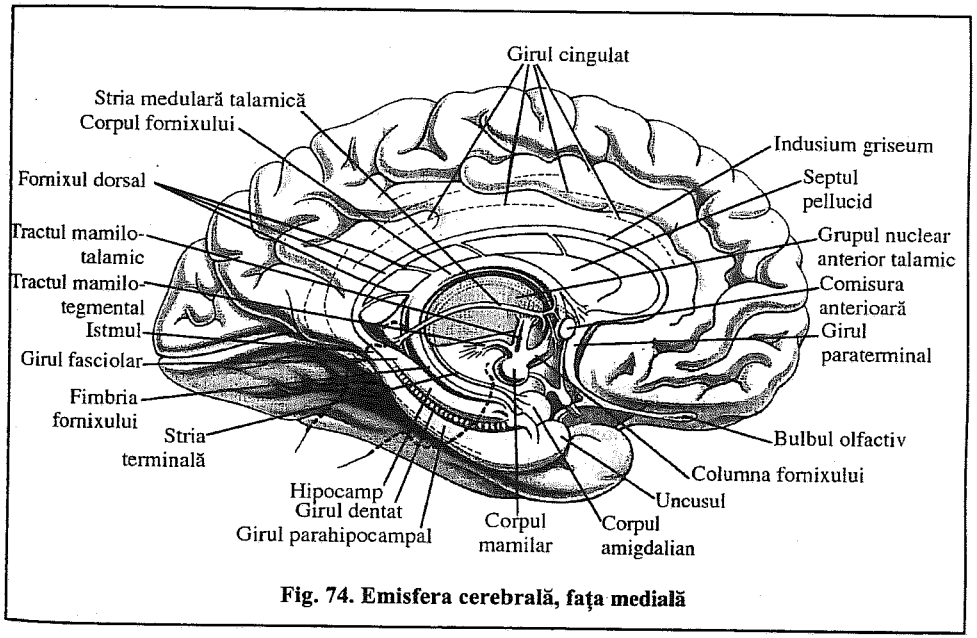



**Fig. 74. Emisfera cerebrală, faţa medială**

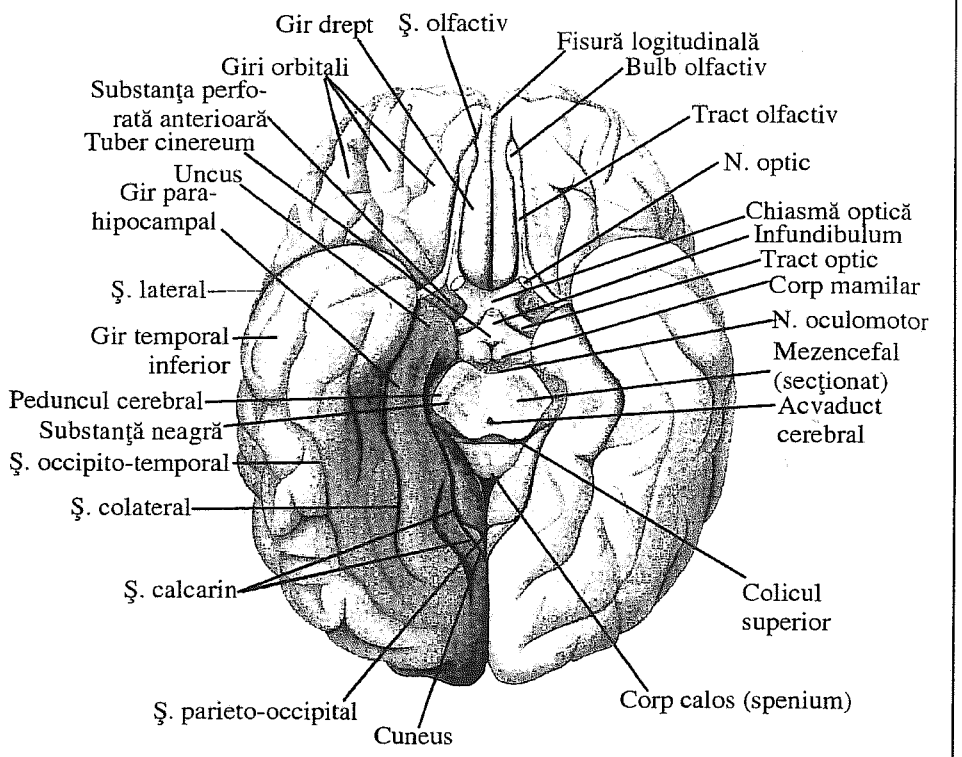



**Fig. 75. Emisferele cerebrale, faţa bazală**

mai îngroşată, numită trigon olfactiv. De la trigon pleacă striile olfactive, medială şi laterală. Lateral de şanţul olfactiv se află şanţurile orbitare, dispuse sub forma literei "H", între care se delimitează girii orbitari.

Lobul temporo-occipital prezintă trei şanţuri cu direcţie antero-posterioară care, dinspre medial spre lateral, sunt: şanţul hipocampului, şanţul colateral şi şanţul occipito-temporal. Între aceste şanţuri se delimitează trei giri care, în direcţie medio-laterală, sunt: girul hipocampic, girul occipito-temporal medial şi girul occipito-temporal lateral. Girul hipocampic se termină cu o formaţiune ca un cârlig, numită uncusul hipocampic.

## STRUCTURA EMISFERELOR CEREBRALE

Ca şi la cerebel, scoarţa cenuşie este dispusă la suprafaţă, formând scoarţa cerebrală, şi în profunzime, formând corpii striaţi (nucleii bazali). Substanţa albă formează o masă compactă ce înconjoară ventriculii cerebrali.

### Corpii striaţi

Reprezintă un nucleu important al sistemului extrapiramidal şi sunt situaţi între talamus şi scoarţa lobului insulei. Corpii striaţi sunt reprezentaţi de nucleul caudat şi de nucleul



lentiform. Nucleul caudat are formă de virgulă, înconjoară talamusul şi prezintă un cap voluminos, care depăşeşte anterior talamusul, un corp şi o coadă care ajunge în lobul temporal. Nucleul lentiform, situat lateral de nucleul caudat, are formă triunghiulară pe secţiune şi prezintă o parte laterală, mai închisă la culoare, numită putamen, şi o parte medială, mai deschisă, numită globus pallidus.

Putamentul, împreună cu nucleul caudat formează neostriatul, în timp ce globus pallidus formează paleostriatul. Lateral de nucleul lentiform se află claustru, o lamă de substanţă cenuşie a cărei funcţie nu este precizată. Între talamus şi nucleul caudat, de o parte, şi nucleul lentiform, pe de altă parte, se află capsula albă internă. Între nucleul lentiform şi claustru se află capsula albă externă, iar între claustru şi lobul insulei se află capsula albă extremă.

Neostriatul primeşte fibre de la scoarţă, de la talamus şi de la substanţa neagră, trimiţând fibre spre talamus, scoarţă, substanţa neagră şi spre globus pallidus. Paleostriatul primeşte fibre de la scoarţă, de la neostriat, de la talamus, subtalamus şi substanţa neagră, trimiţând fibre spre talamus, nucleul subtalamic, nucleul roşu, substanţa neagră, formaţia reticulată a trunchiului cerebral şi spre oliva bulbară.

### Scoarţa cerebrală

Reprezintă etajul superior de integrare a activităţii sistemului nervos (fig. 76). Suprafaţa

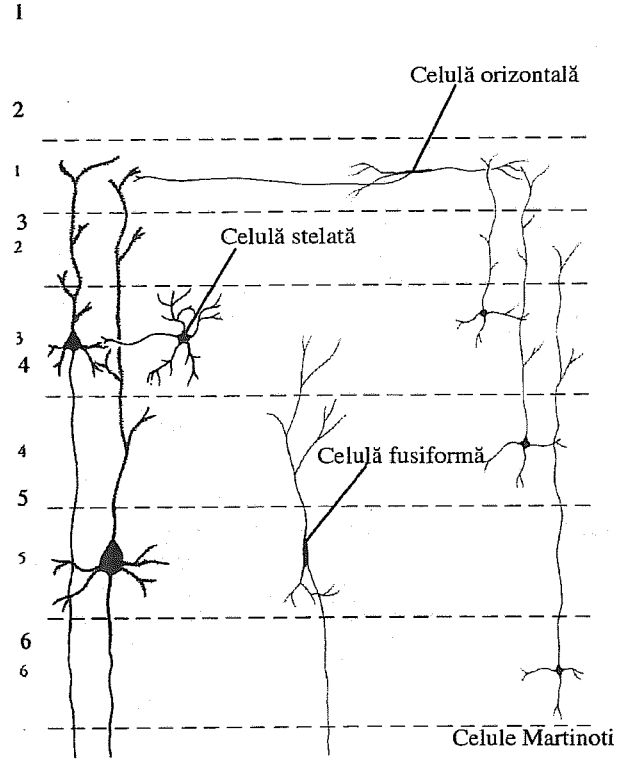



**Fig. 76. Structura scoarţei cerebrale**

scoarţei cerebrale variază între 1400 - 2800 $cm^2$, din care mai puţin de jumătate este vizibilă la suprafaţă, restul fiind ascunsă în şanţuri şi fisuri. Volumul scoarţei este de 300 - 400 $cm^3$, grosimea ei variind între 1,5 - 4,5 mm. Conţine circa 14 miliarde de neuroni.

În scoarţa cerebrală se găsesc mai multe tipuri de neuroni.

**Neuroni piramidali**. Au formă piramidală, cu vârful orientat spre straturile superficiale. De la vârful lor pleacă o dendrită bogat ramificată, care ajunge în straturile superficiale. De la unghiurile laterale pleacă dendrite orizontale, care se termină prin spini. Axonul celulelor piramidale pleacă de la baza lor şi se termină în straturile profunde sau părăsesc scoarţa formând fibre de asociaţie, comisurale sau de proiecţie. Există neuroni piramidali mici (10 - 12 μ), medii (20 - 30 μ) şi mari (45 - 50 μ). În stratul al 5-lea din aria motorie 4 există şi neuroni piramidali gigantici (Betz) (120 - 150 μ), care sunt în număr de aproximativ 30000.

**Neuroni granulari**. Au formă poligonală şi dimensiuni ce variază între 4 - 8 μ. Neuronii granulari au numeroase dendrite care se îndreaptă în toate direcţiile. Axonul lor este scurt şi se ramifică în vecinătatea corpului neuronal. Neuronii granulari se găsesc în toate straturile scoarţei, dar sunt mai numeroşi în straturile 2 şi 4.

**Neuroni fusiformi**. Se găsesc în straturile profunde ale scoarţei. De la ambii poli ai neuronilor fusiformi pleacă câte o dendrită (una ascendentă, cealaltă descendentă). Dendrita ascendentă urcă spre straturile superficiale, iar cea descendentă coboară spre straturile profunde. De la polul profund al neuronilor fusiformi plecă axonul care poate părăsi scoarţa, formând fibre de asociaţie şi comisurale.

**Celule orizontale Cajal**. Se găsesc numai în stratul superficial al scoarţei. Axonul lor este orizontal şi se pune în legătură cu dendritele celulelor piramidale.

**Celule Martinoti**. Se găsesc în straturile 3, 5, 6 ale scoarţei. Au un axon ascendent care ajunge în stratul superficial al scoarţei.

În scoarţa cerebrală se mai găsesc şi fibre, dintre care unele orizontale, altele verticale.

Studiul citoarhitectonic (al neuronilor) şi mieloarhitectonic (al fibrelor din scoarţă) au permis împărţirea scoarţei cerebrale în:

**Allocortex** (arhipallium), format din 2 - 3 straturi. Acesta este la rândul său împărţit în: arhicortex, caracterizat prin trei straturi relativ bine individualizate (formaţiunea hipo-campică), şi palleocortex, în care straturile sunt difuz delimitate (lobul piliform).

**Izocortex** (neopallium), caracterizat prin 6 straturi. Acesta poate fi împărţit în:

- izocortex homotipic, specific ariilor de asociaţie, în care cele 6 straturi sunt relativ proporţional dezvoltate
- izocortex heterotipic, specific ariilor de protecţie. Acest tip de scoarţă este de două feluri: agranular, în care predomină celulele piramidale, până la dispariţia celulelor granulare (apare în ariile motorii), şi granular (coniocortex), în care predomină celulele granulare (apare în ariile senzitive).

Cele 6 straturi ale izocortexului, de la suprafaţa spre profunzime, sunt:

***Stratul zonal*** (molecular), numit şi lama marginală, este cel mai subţire. Conţine un strat plexiform de fibre care este tangenţial cu suprafaţa scoarţei. Conţine, de asemenea, dendritele ramificate ale celulelor piramidale, dendritele ascendente ale neuronilor fusiformi, axonii ascendenţi ai celulelor Martinoti şi axonii orizontali ai celulelor orizontale Cajal.

***Stratul corpuscular*** (lama corpusculară) conţine celule granulare numeroase şi neuroni piramidali mici şi medii ai căror axoni se opresc în straturile profunde sau participă la formarea fibrelor de asociaţie şi comisurale.



***Stratul piramidal*** (lama piramidală) conţine numeroase celule piramidale, mici, medii şi mari. Dendritele lor urcă spre stratul superficial, iar axonii fie ajung în straturile profunde ale scoarţei, fie părăsesc scoarţa, intrând în alcătuirea fibrelor de asociaţie, comisurale şi a fibrelor de protecţie. În stratul principal se mai găsesc celule granulare, neuroni fusiformi şi celule Martinoti cu axon ascendent.

***Stratul granular*** (lama granulară) conţine numeroase celule granulare şi este cel mai subţire strat după stratul zonal. În acest strat mai găsim neuroni piramidali mici şi medii care-şi trimit dendritele către stratul superficial, iar axonul se opreşte în straturile profunde sau părăseşte scoarţa, formând fibre de asociaţie sau comisurale.

***Stratul ganglionar*** (lama ganglionară) conţine neuroni piramidali mari ale căror dendrite urcă spre stratul superficial, iar axonii participă la formarea fibrelor de protecţie. Mai conţine neuroni fusiformi şi celule Martinoti cu axon ascendent.

***Stratul multiform*** (lama multiformă) conţine celule fusiforme, unele mici, altele mari. Dendritele acestor celule se îndreaptă spre straturile superficiale, iar axonul lor formează fibre de asociaţie şi comisurale. Conţine şi celule Martinoti cu ax ascendent.

**Mezocortex**. Este un cortex mixt, în care insule de allocortex sunt înconjurate de izocortex. Este localizat în girul cingular.

Densitatea neuronilor poate varia: când predomină celulele piramidale cu rol motor, cortexul se numeşte heterotipic agranular şi este caracteristic pentru ariile motoare; când predomină straturile granulare şi sunt reduse sau lipsesc straturile cu celule piramidale, cortexul se numeste heterotipic granular (coniocortex) şi este caracteristic ariilor senzitive şi senzoriale.

Există regiuni ale scoarţei în care găsim mai puţin de şase straturi. Vorbim, în acest caz, de arhipallium (allocortex), care este mai vechi. Arhipalliumul îl găsim în sistemul limbic.

Studiul dispoziţiei neuronilor - citoarhitectonia - şi al orientărilor fibrelor nervoase - mieloarhitectonia - au dus la delimitarea porţiunilor de cortex cu aceeaşi structură, cunoscute sub numele de ariile lui Brodman (peste 45 de arii).

**Substanţa albă a emisferelor cerebrale**

Este formată din trei feluri de fibre: de protecţie, comisurale şi de asociaţie.

Fibrele de proiecţie sunt fibre corticopetale şi corticofugale, unind în ambele sensuri scoarţa cu centrii subiacenţi. Aceste fibre converg în jurul corpului striat şi talamusului, formând coroana radiată. Fibrele comisurale unesc cele două emisfere, formând corpul calos, fornixul şi comisura albă anterioară.

**Corpul calos** are forma unui arc de cerc turtit cranio-caudal, prezentând un corp a cărui extremitate anterioară, curbată, numită genunchi, se termină cu o porţiune ascuţită, numită rostru, care se prelungeşte cu lama terminală. Extremitatea posterioară, mai voluminoasă, poartă numele de splenium. Faţa superioară a corpului calos este învelită de o lamă de substanţă cenuşie - indusium griseum sau girul supracalosal. Faţa superioară a corpului calos vine în raport cu coasa creierului şi cu sinusul venos sagital inferior.

Fibrele corpului calos radiază în substanţa albă a emisferelor cerebrale, formând radiaţia corpului calos. Fibrele care radiază la nivelul genunchiului formează forceps minor care uneşte feţele mediale ale lobilor frontali. Fibrele de la nivelul spleniului alcătuiesc, în lobul occipital, forceps major.

**Fornixul** (trigonul cerebral) se află sub corpul calos. În partea centrală prezintă corpul fornixului. Anterior, corpul se împarte în cele două columne care se îndreaptă spre cei doi corpi mamilari, iar posterior corpul se îndreaptă spre hipocamp, formaţiune aparţinând sistemului limbic.

Între columnele fornixului şi genunchiul corpului calos se află septul pelucid format din două lame, între care se află cavitatea septului pelucid.

**Comisura albă anterioară** trece anterior de columnele fornixului şi se răsfiră în regiunea anterioară a lobului temporal.

Fibrele de asociaţie leagă regiuni din aceeaşi emisferă cerebrală. Ele pot fi scurte şi se numesc arcuate; leagă giri din acelaşi lob sau giri vecini, din lobi diferiţi (girul precental din lobul frontal cu girul postcentral din lobul parietal). Fibrele lungi formează fascicule bine individualizate:

- fasciculul longitudinal superior, care uneşte lobul frontal cu lobul occipital;
- fasciculul longitudinal inferior, care uneşte lobul occipital cu lobul temporal;
- fasciculul uncinat, care uneşte lobul frontal cu lobul temporal;
- fasciculul fronto-occipital, situat profund de fasciculul longitudinal superior, care uneşte polul frontal cu polii occipital şi temporal;
- fasciculul perpendicular, care se găseşte în lobul occipital şi uneşte lobul parietal de temporal.

## LOCALIZĂRI CORTICALE

Ariile corticale, după funcţia lor, pot fi clasificate în: arii de proiecţie aferente, receptoare sau senzoriale, arii de protecţie eferente, efectoare sau motorii şi arii de asociaţie. În realitate, toate ariile de proiecţie senzoriale sau motorii primesc aferenţe şi trimit eferenţe, de aceea denumirea corectă ar fi de arii senzorio-motorii, în particular pentru ariile pre şi postcentrală.

**Ariile de proiecţie aferente** sunt: somestezice, vizuală, auditivă, gustativă, olfactivă şi vestibulară (fig. 77).

**Aria primară a sensibilităţii generale** (aria somestezică primară) este localizată în girul postcentral, câmpurile 3, 1, 2. În aria primară, centrii sunt localizaţi de sus în jos, după silueta răsturnată a corpului. Organismul se prezintă sub forma unei caricaturi monstruoase, la care ies în evidenţă buzele, limba şi mâna cu degetele, în special policele. Această proiecţie răsturnată a corpului a primit numele de **homunculus senzitiv** (fig. 78).

Mâna şi degetele ocupă o suprafaţă mare, aproape egală cu cea a trunchiului şi membrelor la un loc; aceasta se explică prin importanţa funcţională a mâinii şi densitatea receptorilor cutanaţi existenţi în segmentul respectiv. În această arie se proiectează fibrele care alcătuiesc calea sensibilităţii exteroceptive (tactile, termice, dureroase şi de presiune) din piele, precum şi fibrele sensibilităţii proprioceptive (excitaţii culese de la tendoane, articulaţii, muşchi, periost, ligamente).

Senzaţiile de la acest nivel sunt senzaţii elementare, nu dau informaţii asupra calităţii, intensităţii şi originii stimulului. Posterior de girul postcentral, în lobul parietal se află ariile 5 şi 7 somatopsihice, care au rolul de a recunoaşte asemănări şi deosebiri ale senzaţiilor produse de un obiect. Recunoaşterea obiectelor se realizează în lobul parietal inferior (ariile 39 şi 40) în aria tactognostică.



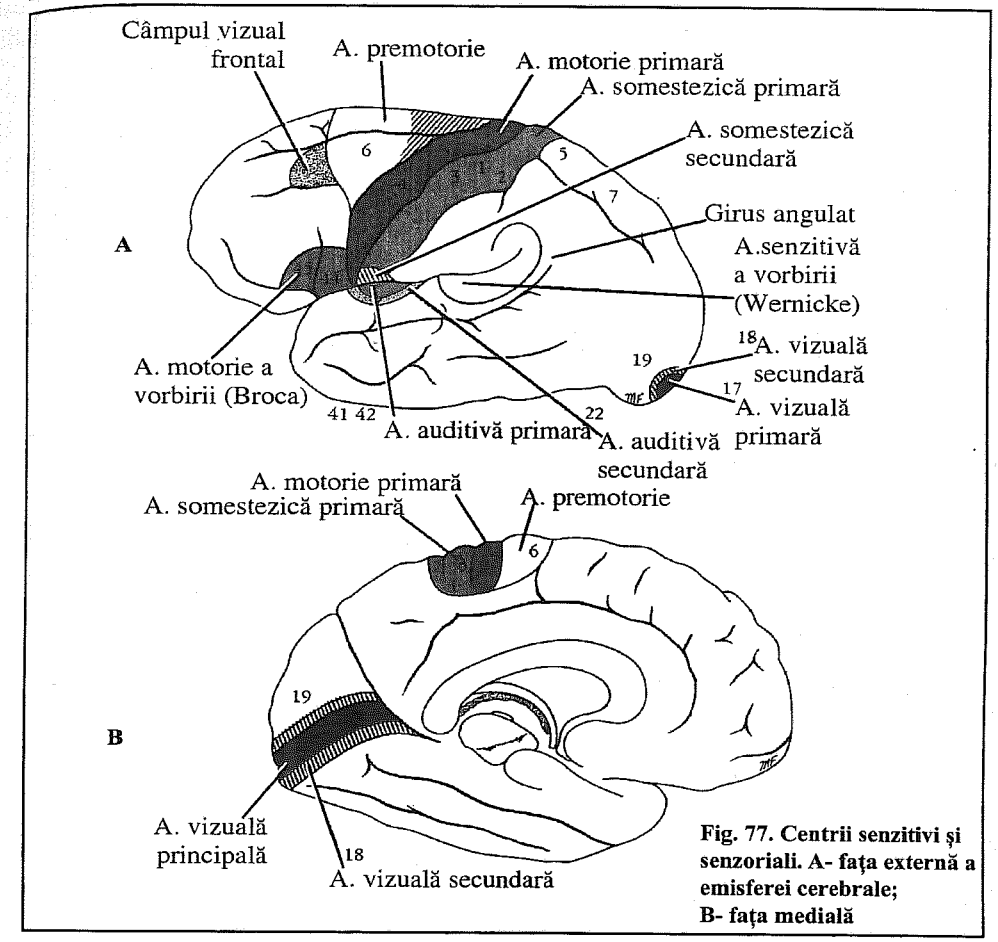



**Fig. 77. Centrii senzitivi şi senzoriali. A- faţa externă a emisferei cerebrale; B- faţa medială**

**Aria secundară somestezică** este situată de-a lungul buzei superioare a şanţului lateral. Este mai redusă decât cea primară. Această arie răspunde mai puţin la sensibilitatea tactilă, dar cu predominanţă la cea dureroasă şi termică. Membrul superior se proiectează în partea antero-laterală, iar cel inferior în partea postero-medială a ariei somestezice secundare.

**Ariile vizuale** sunt localizate în lobul occipital, pe buzele şi în profunzimea şanţului calcarin şi în părţile vecine din cuneus şi girul lingual. Aria vizuală primară este reprezentată de câmpul 17 sau aria striată, pe care retina se proiectează punct cu punct. Aria striată a fiecărei emisfere primeşte informaţii de la câmpul vizual temporal ipsilateral şi de la câmpul vizual nazal al retinei contralaterale. În stratul IV al scoarţei din aria striată există stria lui Genari, vizibilă cu ochiul liber. Aria vizuală secundară, câmpul 18 (aria parastriată), este principala arie de asociaţie. Câmpul 18 este centrul memoriei vizuale. O a treia arie vizuală este reprezentată de câmpul 19, aria peristriată. Câmpul 19 are rol în orientarea spaţială şi corectitudinea imaginii. Anterior de aria peristriată (19), în girul angular, se află centrul cititului. Lezarea lui duce la o cecitate verbală, în care caz bolnavul nu poate citi, deşi uneori poate diferenţia literele şi chiar să le reproducă, dar nu poate sesiza semnificaţia convenţională a cuvântului scris.

**Ariile auditive**. Aria auditivă primară este localizată pe faţa superioară a girului temporal superior, în girii transverşi Heschll, câmpurile 41 şi parţial 42, care primesc aferenţe geniculo-temporale de la corpul geniculat medial. Aria auditivă secundară este constituită din câmpul 42 (parţial) şi câmpul 22. Excitarea câmpurilor 42 şi 22 produce senzaţia de fluierat, de dangăt de clopot sau ţârâit de greier. Lezarea câmpului 22 provoacă afazia senzorială (bolnavul aude, dar nu poate interpreta sunetul, în special cuvintele).

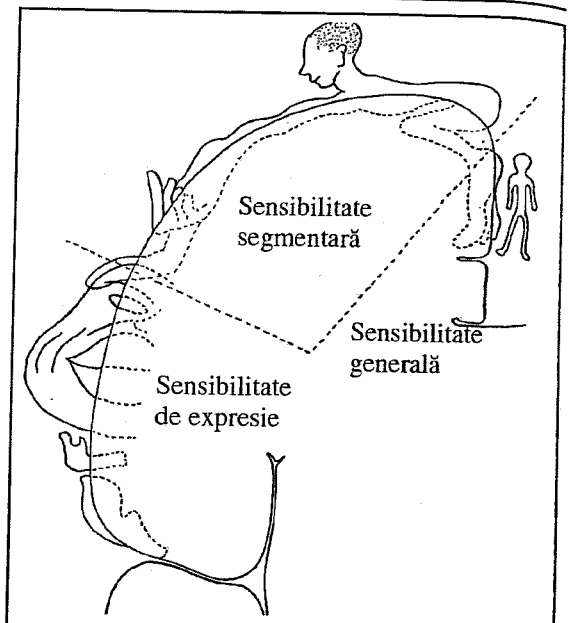


**Fig. 78. Homunculus senzitiv**

**Aria gustativă** este situată imediat superior de şanţul lateral Sylvius, în regiunea inferioară a girului postcentral, câmpul 43.

**Aria vestibulară** nu are o localizare precisă; după unii autori ar fi situată în girul temporal superior, înapoia arterei auditive, după alţii ar fi situată în lobul parietal.

**Aria olfactivă** este localizată în cortexul piriform, aria entorinală, câmpul 28.

Distrugerea, în mod experimental la animale şi accidental la om, a acestor arii de proiecţie aferente duce la pierderea sensibilităţii, în cazul ariei senzitive, sau la pierderea funcţiei, în cazul ariilor senzoriale (orbire, surditate, anosmie de tip central, deşi organele receptoare respective sunt intacte).

**Ariile de proiecţie eferente** sunt originea căilor cortico-fugale. Au rol în iniţierea mişcărilor voluntare, în integrarea funcţiilor motorii şi modificarea tonusului muscular.

**Aria somatomotorie primară** corespunde câmpului 4 din girul precentral. În aria 4, centrii sunt localizaţi de sus în jos după silueta răsturnată a corpului. La acest nivel se formează o caricatură monstruoasă, la care ies în evidenţă mâna (în special degetul mare), pentru coordonarea activităţii manuale, şi capul, pentru coordonarea activităţii fonatorii şi mimicii. Această proiecţie deformată a organismului a primit numele de **homunculus motor** (fig. 79). Aria 4 conţine în stratul 5 neuroni piramidali gigantici Betz (120 - 150 μ). Există aproximativ 30000 neuroni Betz în fiecare emisferă.

**Aria premotorie** (6) se află anterior de aria 4.

Anterior de aria 6 se află **câmpul frontal al ochiului** (aria 8), care controlează mişcările voluntare ale ochilor, ca şi mişcările conjugate ale globilor oculari.

**Aria motorie secundară** corespunde ariei somestezice secundare (câmpurile 40 şi 43) peste care se suprapune. Are rol în comanda motorie ipsilaterală a feţei.

**Aria motorie suplimentară** este localizată pe faţa medială a girului frontal superior, anterior de aria primară. Stimularea ei are ca rezultat trei tipuri de mişcări: adaptarea de postură, mişcări complexe stereotipice şi mişcări rapide necoordonate.



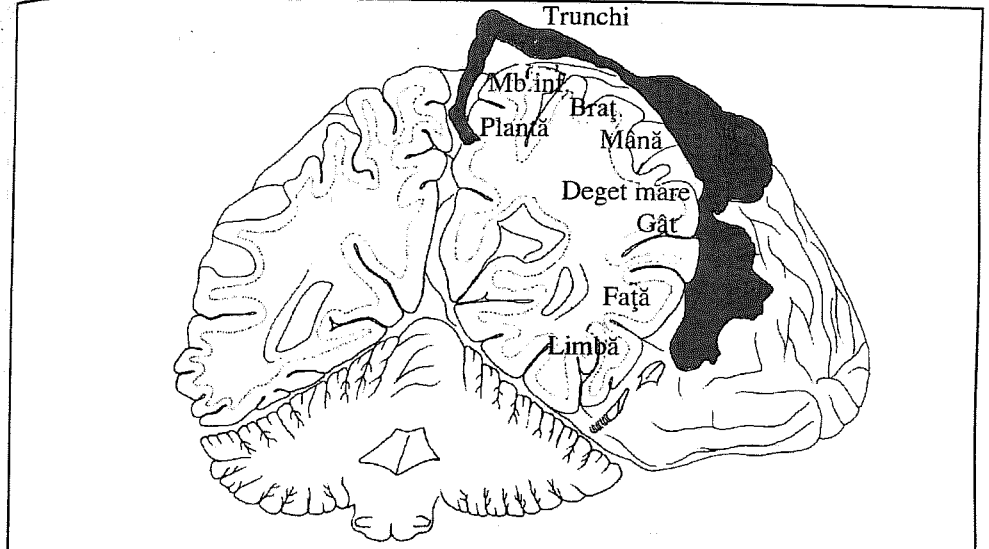


**Fig. 79. Homunculus motor**

**Ariile extrapiramidale** ocupă aproape în întregime regiunea cortexului, dar în special aria premotorie 6, aria motorie suplimentară (faţa medială a girului frontal superior) şi aria motorie secundară. Suprafaţa ocupată de ariile extrapiramidale reprezintă 85% din totalitatea cortexului motor. Aceste arii cuprind ariile subpresive, originea fibrelor parapiramidale şi ariile extrapiramidale propriu-zise.

**Ariile subpresive**, a căror stimulare inhibă funcţionarea ariei motorii primare, sunt : $4_s$, $6_s$ precentrală, $2_s$ postcentrală, $19_s$ occipitală şi 24 cingulară. Influxul subpresor al acestor arii ajunge la nucleul caudat, care îl transmite la globus pallidus. Acesta îl transmite, prin intermediul talamusului, spre scoarţa precentrală din câmpurile 4 şi 6. În acest circuit cortico-strio-palido-talamo-cortical, talamusul are rol centralizator, controlând amplitudinea şi modul în care a fost executată mişcarea.

**Ariile extrapiramidale** propriu-zise sunt repartizate cortexului fronto-parieto-temporal şi mai puţin occipital. Caracterul principal al acestor arii este excitabilitatea redusă faţă de cea a câmpului 4, care se manifestă controlateral. De la aceste arii extrapiramidale pleacă fibre corticopontine care ajung la nucleii din punte şi de aici, prin fibre pontocerebeloase, la scoarţa cerebelului (neocerebelui). De la scoarţa cerebelului ajung la nucleul dinţat, apoi la talamus şi de aici înapoi la scoarţa cerebrală, încheind circuitul cortico-ponto-cerebelo-talamo-cortical. Rolul acestui circuit este de a aduce influxul nervos de reglaj cerebelos în execuţia mişcărilor voluntare.

**Ariile vegetative** se găsesc în girul cingular, în girii orbitari ai lobului frontal, la nivelul hipocampului şi în lobul insulei. Acest ansamblu formează creierul visceral. El este conectat în ambele sensuri cu talamusul, hipotalamusul şi sistemul limbic.

**Centrii limbajului**. Emisfera stângă la dreptaci şi cea dreaptă la stângaci intervin în limbajul articulat. Existenţa unei emisfere dominante este necesară, deoarece lipsa dominanţei duce la bâlbâială. Centrii limbajului se află în girul frontal inferior, în câmpurile 44, 45 (aria

vorbirii Broca), situate anterior de aria motorie principală (aria 4). Lezarea acestor arii duce la afazie motorie (anartrie), în care bolnavul nu-şi poate exprima oral ideile.

**Centrii scrisului** se află în girul frontal mijlociu, anterior de aria motorie principală. Lezarea lui determină agrafie, care constă în imposibilitatea de a scrie, cu toate că muşchii mâinii pot mobiliza degetele cu dibăcie în alte scopuri.

**Zonele de asociaţie** determină activităţi psihomotorii şi psihosenzitive prin integrarea funcţională a ariilor motorii cu cele senzoriale. Ele s-au dezvoltat mai recent pe scară filogenetică şi ocupă o mare extindere în scoarţa cerebrală.

## SISTEMUL LIMBIC

Structurile care alcătuiesc sistemul limbic sunt interpuse între diencefal, în jurul căruia formează un arc de cerc, şi neocortex.

Are conexiuni întinse cu sistemul olfactiv, hipotalamus, talamus, epitalamus şi mai puţin cu neocortexul.

Componentele sistemului limbic sunt cele prezentate în continuare.

### Calea olfactivă

Este formată din nervii olfactivi, bulbul olfactiv, trigonul olfactiv, striile olfactive (mediale şi laterale) şi lobul piriform (conţine aria entorinală), situat în girul hipocampic.

### Substanţa perforată anterioară

Se găseşte între trigonul olfactiv şi striile olfactive, situate anterior, chiasma optică şi tractul optic, situate medial, şi uncusul hipocampic, situat caudal. Lateral se continuă cu corpul amigdalian.

### Corpul amigdalian

Se află în profunzimea lobului temporal.

### Stria terminală

Are originea, în cea mai mare parte, în corpul amigdalian şi în dreptul comisurii albe anterioare, majoritatea fibrelor sale terminându-se în nucleii striei terminale, restul fibrelor mergând spre aria septală şi spre hipotalamus.

### Aria septală

Se găseşte în vecinătatea septului pellucid. Ea primeşte aferenţe de la corpul amigdalian prin stria terminală, de la substanţa perforată anterioară, de la hipocamp, prin intermediul fornixului, de la hipotalamus şi de la formaţia reticulată a mezencefalului. Aria septală trimite eferenţe spre corpul amigdalian ipsi- şi controlateral, spre hipotalamus, formaţia reticulată mezencefalică şi spre hipocamp prin intermediul fornixului.

### Hipocampul (cornul lui Ammon)

Se află în vecinătatea girului hipocampic, de care este separat prin şanţul hipocampic. Aferenţele hipocampului provin de la lobul piriform. Eferenţele iau calea fornixului şi ajung la nucleii septali şi la hipotalamus. Zonele de asociaţie determină activităţi psihomotorii şi psihosenzitive prin integrarea funcţională a ariilor motorii cu cele senzoriale. Ele s-au dezvoltat mai recent pe scară filogenetică şi ocupă o mare extindere în scoarţa cerebrală. Localizările



vegetative se găsesc în partea frontală laterală şi pe faţa orbitară a lobului frontal, cuprinzând ariile 10, 11, 12, 13, 14 (aria prefrontală). Prin excitarea acestor arii se intensifică reacţiile vegetative respiratorii, circulatorii, gastro-intestinale şi excretorii.

# FIZIOLOGIA EMISFERELOR CEREBRALE

## GENERALITĂŢI

Rolul specific al creierului este de a prelucra informaţia. Sediul principal al acestui proces este scoarţa cerebrală care funcţionează în strânsă colaborare cu numeroase structuri subcorticale. Pentru a prelucra informaţia, scoarţa cerebrală trebuie mai întâi să o primească.

Informaţia pătrunde în sistemul nervos prin intermediul receptorilor, de unde este trimisă pe căi specifice la scoarţă, în ariile senzitive specifice. Aceste informaţii sunt apoi comparate, la nivelul ariilor asociative, cu informaţiile culese de ceilalţi analizatori, precum şi cu datele din memorie. Pe baza sintezei complexe a tuturor informaţiilor este elaborată starea de conştienţă şi sunt luate deciziile automate şi cele voluţionale (fig. 80).

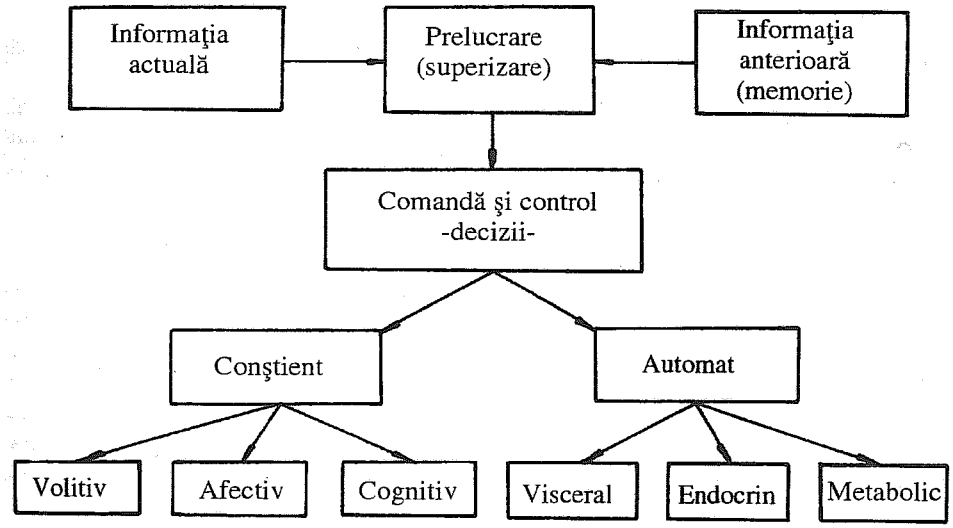



**Fig. 80. Schema generală de funcţionare a creierului**

## FUNCŢIILE NEOCORTEXULUI

Scoarţa cerebrală, cea mai nouă structură nervoasă din punct de vedere filogenetic, are trei categorii de funcţii: funcţii senzitive, funcţii asociative, funcţii motorii. Pe baza acestor funcţii se realizează procesele psihice caracteristice fiinţei umane: procese cognitive, procese afective, procese volitive.

### Funcţiile senzitive

La nivelul scoarţei cerebrale s-au evidenţiat numeroase arii senzitive, specializate în prelucrarea unui anumit tip de informaţie. Acestea sunt segmentele corticale ale analizatorilor

şi sunt denumite arii senzitive primare. La nivelul lor se termină axonii neuronilor talamici (cel de-al treilea neuron al căilor specifice de conducere ascendentă). În urma stimulării specifice a acestor arii este elaborată senzaţia elementară specifică (auditivă, vizuală, tactilă etc.). Rolul senzitiv al acestor arii nu este exclusiv, iar funcţia de prelucrare a diferitelor semnale trimise de la receptori nu se desfăşoară izolat. Există numeroase structuri subcorticale (talamusul, mezencefalul) şi spinale, cu rol asemănător, dar cu o prelucrare elementară a semnalelor senzitive. Unele senzaţii vagi de lumină, sunet, durere sunt elaborate încă la nivel mezencefalo-diencefalic. Pe de altă parte, în procesul complicat de reconstituire conştientă a informaţiei conţinute în lumea ce ne înconjoară, ariile senzitive specifice colaborează atât între ele, cât şi cu alte arii corticale (ariile asociative). Ariile asociative sunt arii senzitive secundare. Căile talamo-corticale se proiectează mai întâi în ariile primare, apoi în ariile secundare. Pentru a înţelege mai bine funcţia ariilor senzitive primare, să exemplificăm ce se întâmplă după distrugerea ariei somestezice I:

- persoana respectivă pierde capacitatea de a localiza exact diferitele senzaţii din diferitele părţi ale corpului, deşi poate preciza, de exemplu, la nivelul cărei mâini este senzaţia respectivă (funcţie îndeplinită de talamus);
- nu poate aprecia diferitele grade ale presiunii exercitate la nivelul corpului;
- nu poate aprecia corect greutatea obiectelor;
- nu poate preciza forma sau mărimea obiectelor (situaţie numită astereognozie);
- nu poate identifica textura materialelor, deoarece această funcţie corticală depinde de senzaţiile extrem de fine produse de deplasarea pielii pe suprafaţa obiectelor.

De asemenea, se poate altera şi aprecierea durerii şi a temperaturii, fie a intensităţii, fie a calităţii acestor două simţuri. Dar ce e mai important, se pierde capacitatea de a localiza aceste două senzaţii, deoarece această localizare depinde, în pricipal, de stimularea simultană a receptorilor tactili, care se proiectează în aria somestezică I.

**Funcţiile asociative**

În ariile senzitive primare iau naştere senzaţiile elementare (lumină, culoare, sunet etc). Percepţia complexă a lumii exterioare şi a semnificaţiilor diferitelor senzaţii se realizează în ariile asociative, spre care sosesc impulsuri de la mai multe arii primare şi chiar şi de la structuri subcorticale. Ariile asociative sunt teritorii corticale care nu pot fi încadrate în categoria ariilor primare sau secundare, senzitive sau motorii. În ariile asociative se petrece procesul cel mai înalt de prelucrare a informaţiilor senzitive. Aici are loc elaborarea modelului conştient al lumii, apare conştienţa propriei existenţe, iau naştere voinţa şi deciziile (fig. 81). Deşi primesc informaţii de la mai multe structuri, ariile asociative au propriile specializări, după cum vom vedea în continuare. Topografic, ariile asociative se găsesc în zona parieto-occipito-temporală, zona prefrontală şi aria asociativă limbică.

**Aria asociativă parieto-occipito-temporală** ocupă spaţiul cortical dintre cortexul somato-senzitiv (anterior), cortexul vizual (posterior) şi cortexul auditiv (lateral). Ea asigură un nivel ridicat de interpretare a semnificaţiei semnalelor de la toate ariile senzitive învecinate. Această arie asociativă are propriile sale subarii funcţionale:

- O zonă situată în cortexul parietal posterior, cu extindere către cortexul occipital superior, asigură analiza continuă a coordonatelor spaţiale ale tuturor părţilor corpului, ca şi ale obiectelor înconjurătoare. Astfel, individul poate să controleze mişcările corpului, ale unui segment faţă de celelalte, precum şi ale corpului faţă de obiectele din jur. În absenţa acestei arii, un individ nu-şi poate planifica mişcările celor două jumătăţi ale corpului,



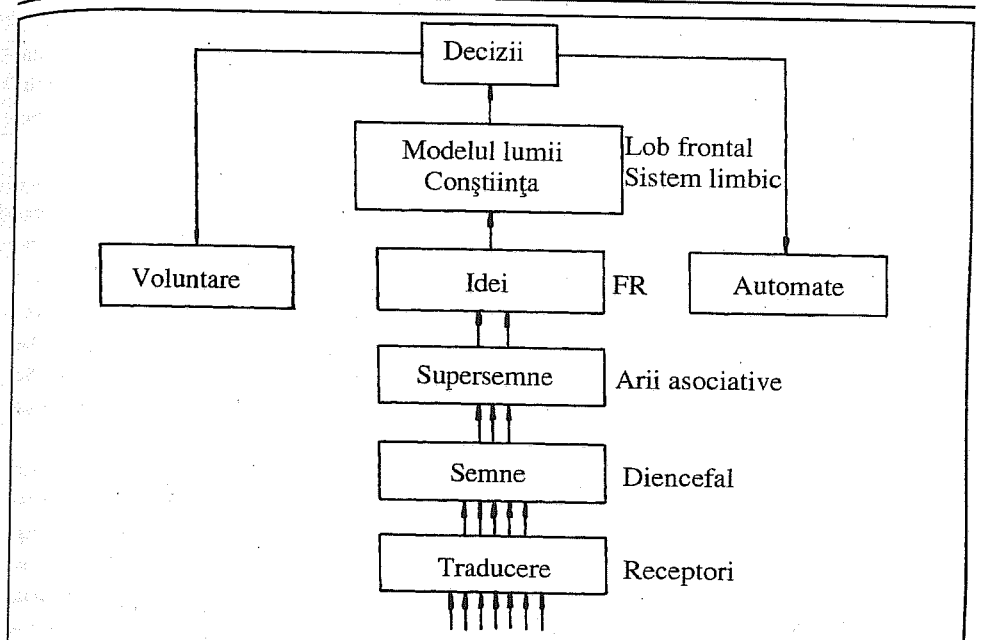



**Fig. 81. Prelucrarea superioară a informaţiei**

el "uită" de existenţa părţii opuse celei care efectuează mişcarea, atât din punctul de vedere senzitiv, cât şi din cel al planificării mişcărilor voluntare (asomatognozie).

- O zonă situată în partea posterioară a lobului temporal, în spatele cortexului auditiv primar, numită aria Wernicke, este, din punctul de vedere al funcţiilor intelectuale, cea mai importantă regiune a creierului, deoarece cea mai mare parte a acestora au la bază limbajul. Din acest motiv, este numită şi arie interpretativă generală (sau arie a înţelegerii limbajului). Această arie este dezvoltată în mod deosebit în emisfera cerebrală dominantă (emisfera stângă la dreptaci şi cea dreaptă la stângaci) şi joacă cel mai important rol al cortexului cerebral, în ceea ce numim inteligenţă. Din acest motiv, această arie a mai fost numită şi aria gnostică, aria cunoaşterii, aria asociativă terţiară etc.

După distrugerea ariei Wernicke, un individ aude cuvintele şi poate chiar să recunoască semnificaţia unora dintre ele, dar nu poate să aranjeze aceste cuvinte într-o idee coerentă (afazie auditivă sau surditate psihică). De asemenea, poate citi cuvinte scrise, dar nu poate recunoaşte sensul acestora. Aria Wernicke este importantă pentru interpretarea semnificaţiilor complexe ale diferitelor experienţe senzitive. În funcţia ariei Wernicke un rol esenţial îl are limbajul. O mare parte a experienţei noastre senzitive este convertită într-un echivalent al limbajului, înainte de a fi stocată în memorie şi înainte de a fi prelucrată în scopuri intelectuale. De exemplu, atunci când citim o carte, nu memorăm imaginile cuvintelor tipărite, ci cuvintele însele sub forma limbajului. De asemenea, informaţia cuprinsă în cuvinte este de obicei transformată întâi în limbaj şi abia apoi este descifrat înţelesul ei. Aria Wernicke este aria senzitivă pentru interpretarea limbajului, din emisfera dominantă. Ea are conexiuni

strânse atât cu aria auditivă primară, cât şi cu ariile auditive secundare din lobul temporal. Această relaţie extrem de strânsă este probabil rezultatul faptului că primul contact cu limbajul este auditiv. Mai târziu, când se dezvoltă percepţia vizuală a limbajului (prin citit), informaţia vizuală este probabil direcţionată către regiunile pentru limbaj deja dezvoltate în lobul temporal dominant.

Posterior de aria Wernicke, situată în regiunea girusului angular din lobul occipital, este o arie de prelucrare vizuală secundară, care trimite informaţiile despre cuvintele citite către aria Wernicke. În absenţa acesteia, un individ poate înţelege limbajul vorbit, dar nu şi pe cel scris (cecitate psihică sau afazie vizuală).

În porţiunile cele mai laterale ale lobului occipital anterior şi ale lobului temporal posterior se află o arie pentru denumirea obiectelor. Individul ia cunoştinţă de numele obiectelor pe cale auditivă, în timp ce natura obiectelor este percepută pe cale vizuală. La rândul lor, numele obiectelor sunt esenţiale pentru înţelegerea limbajului şi pentru funcţiile intelectuale, funcţii îndeplinite de aria Wernicke.

**Teritoriul prefrontal** este sediul controlului cortical al funcţiilor vegetative. Este conectat bidirecţional cu talamusul şi cu hipotalamusul. Asigură integrarea funcţiilor vegetative în acte complexe de comportament uman. Tot aici se află şi sediul personalităţii noastre. Aria asociativă prefrontală are conexiuni funcţionale foarte strânse cu cortexul motor, planificând modelul complex şi secvenţialitatea fiecărei activităţi motorii. În acest scop, primeşte un fascicul voluminos de fibre subcorticale ce leagă teritoriul prefrontal de aria asociativă parieto-occipito-temporală. Prin aceste conexiuni, cortexul prefrontal primeşte multiple informaţii senzitive prelucrate, în special informaţii despre coordonatele spaţiale ale diferitelor segmente ale corpului, absolut necesare pentru planificarea corectă a mişcărilor. În acelaşi mod, cortexul prefrontal este esenţial în desfăşurarea proceselor intelectuale, de ideaţie. Acesta este capabil să combine informaţiile nonmotorii primite de la diferitele arii corticale şi să elaboreze diferite tipuri de activităţi voliţionale nonmotorii, la fel ca şi pe cele motorii. Din acest motiv, aria prefrontală este considerată sediul gândirii.

O regiune deosebită a cortexului prefrontal este aşa-numita arie Broca, situată parţial în regiunea lateral-posterioară a cortexului prefrontal şi parţial în aria premotorie. Aici este locul unde se iniţiază şi se execută modelul motor al exprimării fiecărui cuvânt în parte. Această arie funcţionează în strânsă legătură cu aria Wernicke. În urma distrugerii acestei zone, bolnavul ştie ce vrea să spună, poate emite sunete, dar nu este capabil să articuleze cuvintele (afazie motorie).

Aria prefrontală are un rol foarte important, deşi nedefinit, în procesele intelectuale. Acesta poate fi mai bine evidenţiat prin distrugerea lobilor prefrontali (aşa-numita lobotomie, practicată în urmă cu câteva decenii pentru tratarea anumitor boli în psihiatrie, înainte de descoperirea medicamentelor moderne):

- pacientul pierde capacitatea de a rezolva probleme complexe;
- el nu poate realiza în mod secvenţial mai multe sarcini pentru a atinge un anumit ţel şi, în general, îşi pierde ambiţia;
- devine incapabil să înveţe să efectueze mai multe activităţi în acelaşi timp, în paralel;
- scade, uneori marcat, agresivitatea individului;
- comportamentul social devine inadecvat fată de situaţia de moment (vesel la înmormântare, trist la nuntă), are bizarerii de comportament, inclusiv pierderea valorilor morale şi lipsă de reţinere faţă de sex şi excremente;



- pacienţii pot vorbi şi înţeleg limbajul, dar nu pot să dezvolte o idee, iar starea lor de spirit se modifică extrem de repede, de la blândeţe la furie, la exaltare şi la tristeţe;
- pacientul poate să realizeze aproape toate mişcările pe care le-a executat de-a lungul vieţii, dar fără un scop anume.

**Aria asociativă limbică** este situată la polul anterior al lobului temporal, în porţiunile ventrale ale lobului temporal şi în girusul cingulat. Această arie este responsabilă de comportament, emoţii şi motivaţie (impuls).

La 90% din oameni, aria asociativă generală (aria Wernicke) este mai dezvoltată în emisfera cerebrală stângă decât în cea dreaptă. Concomitent, şi centrii motori ai scrisului şi ai vorbitului din lobul frontal stâng, precum şi girusul angular sunt mult mai dezvoltaţi. Activitatea emisferei stângi domină activitatea întregului creier pentru funcţiile cognitive şi motorii la majoritatea oamenilor. Aceştia sunt "dreptacii". Într-un procent mai mic (cam 10%), emisfera dreaptă este dominantă pentru activităţile sus-menţionate ("stângacii"), şi într-un număr şi mai redus ambele emisfere sunt dominante ("ambidextrii").

Emisfera dominantă sau codominantă cooperează foarte strâns cu cealaltă prin intermediul căilor comisurale, în special a corpului calos, pentru a asigura unitatea de vederi şi de acţiune.

**Funcţiile motorii**

Emisferele cerebrale coordonează întreaga activitate motorie somatică, voluntară şi involuntară. Principalele structuri implicate în acest control nervos sunt cortexul motor şi nucleii bazali.

**Fiziologia cortexului motor**. Cercetările experimentale de stimulare sau de extirpare, precum şi observaţii anatomice şi clinice efectuate la bolnavii cu leziuni ale ariei motorii principale au evidenţiat rolul cortexului motor şi al căii piramidale în transmiterea comenzii voluntare spre muşchii somatici. Stimularea ariei 4 determină contracţii izolate sau grupate ale muşchilor din jumătatea contralaterală, iar extirparea acesteia abolește mişcările voluntare în jumătatea opusă a corpului. S-a constatat că mişcările voluntare sunt însoţite sau chiar precedate de activităţi motorii involutare, automate. Acestea constau în modificări ale tonusului muşchilor activi şi modificări în postura individului, acte motorii ce susţin corpul, favorizând realizarea mişcării, conform intenţiei.

Aşadar, mişcarea voluntară se realizează şi cu participarea structurilor motorii extrapiramidale. Sediul exact unde are loc elaborarea ideii de mişcare este greu de precizat. La acest act neurofiziologic şi psihologic complex participă creierul emoţional (hipotalamusul şi sistemul limbic), ariile corticale motorii, premotorii, senzitive şi asociative, nucleii bazali, cerebelul şi talamusul.

Impulsul (motivaţia) pentru efectuarea unei anumite mişcări voluntare ia naştere în creierul emoţional şi asociativ, care elaborează planul general al mişcării. Prin circuite cortico-striate şi cortico-ponto-cerebeloase, planul mişcării este remis simultan nucleilor bazali şi cerebelului, care, la rândul lor, trimit impulsuri spre cortexul motor prin releu talamic (fig. 82). Astfel, iau naştere două circuite de feedback motor:

- circuitul cortico-strio-talamo-cortical;
- circuitul cortico-cerebelo-talamo-cortical.

Prin conlucrarea tuturor acestor structuri este elaborat programul mişcării voluntare, ce va fi adus la îndeplinire de cortexul motor. Acesta coordonează, în special, mişcările rapide ale

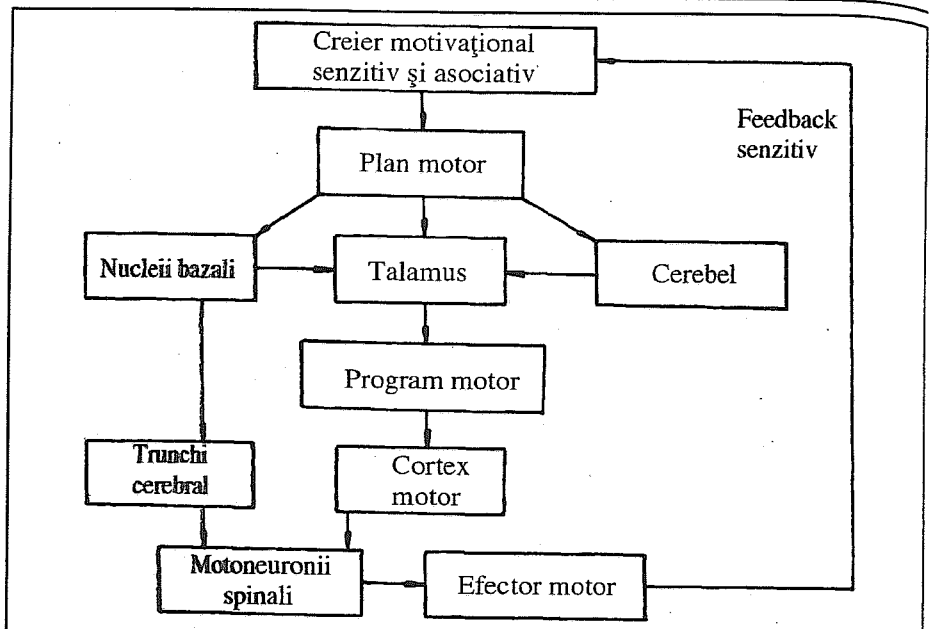



**Fig. 82. Dinamica elaborării comenzii voluntare**

extremităţilor, activitatea motorie fină, calificată (scrisul, bătutul la maşină, cântatul la instrumente muzicale etc.). Cortexul motor nu elaborează decizii, ci le pune în aplicare.

**Fiziologia nucleilor bazali.** Nucleii bazali (corpii striaţi) reprezintă etajul cel mai înalt de integrare al mişcărilor involuntare, automate (fig. 83). La nivelul lor se elaborează şi unele

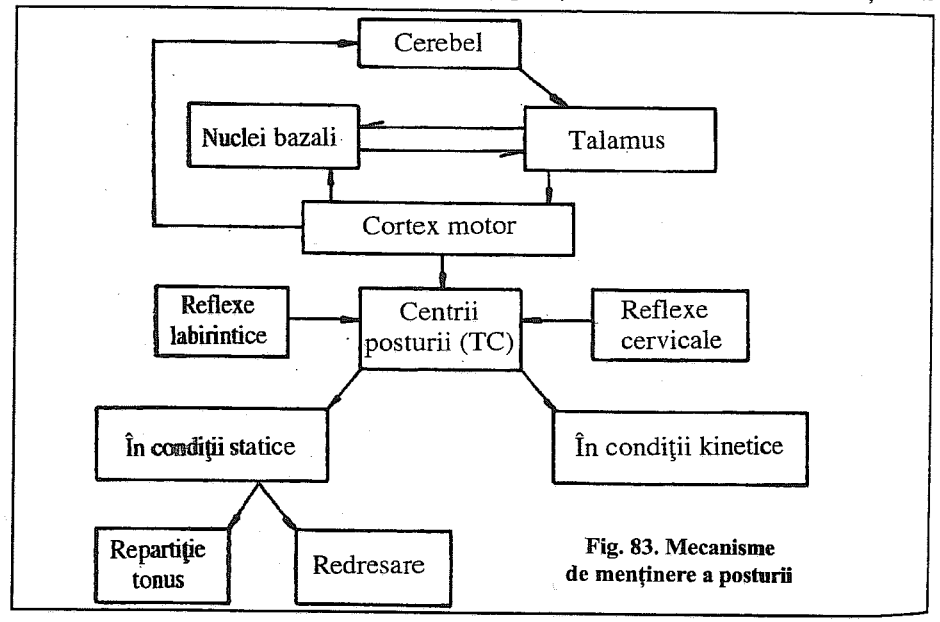



**Fig. 83. Mecanisme de menţinere a posturii**



comenzi voluntare pentru mişcări de ansamblu ca: înclinarea corpului în faţă-spate, înclinarea laterală, mişcări de răsucire ale trunchiului, rotaţia corpului, precum şi mişcări globale în articulaţiile umărului şi şoldului. Rolul lor preponderent este în reglarea mişcărilor involuntare (tonus, postură, echilibru) şi a celor automate (mişcări iniţiate voluntar de scoarţă, dar continuate apoi automat, fără preocuparea specială a individului, cum ar fi, de exemplu, mersul).

Nucleii bazali, prin intermediul structurilor motorii extrapiramidale din trunchiul cerebral (nucleul roşu, substanţa neagră, formaţia reticulată), determină repartiţia adecvată a tonusului la nivelul musculaturii active şi adoptarea unei posturi corespunzătoare, în vederea efectuării mişcărilor voluntare în condiţii optime. În acelaşi timp, prin circuitul de feedback strio-talamo-cortical, nucleii bazali influenţează comanda voluntară corticală. Corpii striaţi exercită, în general, o acţiune inhibitoare asupra tonusului muscular. Din acest motiv, în cazul lezării lor, se produce spasticitatea, ca urmare a predominanţei efectelor excitatorii ale căilor piramidale şi ale nucleilor extrapiramidali. În plus, apare şi akinezia, adică tendinţa la imobilitate, dificultate în efectuarea mişcărilor voluntare, semn explicat prin dispariţia rolului corpilor striaţi în elaborarea comenzii voluntare.

## FUNCŢIILE PALEOCORTEXULUI

Paleocortexul îndeplineşte trei categorii de funcţii:

- rol de centru cortical al analizatorului olfactiv;
- rol în reglarea actelor de comportament instinctual;
- rol în procesele psihice afective.

### Funcţia olfactivă

Prezintă o însemnătate foarte mare la animale şi mai mică la om. Pe baza mirosului, animalele recunosc de la mare distanţă atât partenerul sexual, cât şi adversarul, prada sau duşmanul. La om, simţul olfactiv are şi o componentă emoţională, cu efect stimulator sau inhibitor.

### Actele de comportament instinctiv

Reprezintă un ansamblu de activităţi psihice, somatice şi vegetative desfăşurate în vederea satisfacerii unor necesităţi primare ale organismului (alimentarea, adăparea, funcţia sexuală, stăpânirea unui teritoriu, obţinerea libertăţii). La baza actelor de comportament se află un proces nervos complex, numit motivaţie sau impuls. Impulsul (motivaţia) este o stare psihică ce determină pe om sau animal să îndeplinească anumite activităţi menite să satisfacă una din necesităţile primare. Motivaţia dispare în momentul satisfacerii şi reapare o dată cu necesitatea repetării actului de comportament respectiv. De exemplu, scăderea volumului lichidelor extracelulare provoacă setea, care este o motivaţie ce se va stinge prin ingestia de apă.

Nu există activitate umană care să nu aibă la bază un proces motivaţional, chiar dacă legătura nu este întotdeauna evidentă la o analiză superficială. Motivaţia dă suport şi tărie actelor noastre psihice (afective sau intelectuale), ca şi celor fizice motorii (performanţa sportivă, măiestria meşteşugarului etc). Însuşi procesele de învăţare şi de memorizare au la bază motivaţia. Cercetări experimentale efectuate pe animale purtătoare de electrozi implantaţi în sistemul limbic sau diencefal au evidenţiat prezenţa, la nivelul creierului, a două categorii de centri: centrii pedepsei şi centrii recompensei. **Centrii pedepsei,** a căror stimulare este produsă prin apăsarea întâmplătoare, de către animal, a unei pedale aflate în cuşcă, induc un comportament de evitare a pedalei. Stimularea acestor centri de către experimentator produce tulburări

nervoase şi îmbolnăvirea animalului. Centrii pedepsei se află în hipotalamusul lateral şi posterior, în partea dorsală a mezencefalului şi în cortexul limbic. **Centrii recompensei** produc, prin excitare întâmplătoare, stări plăcute, astfel că animalul se reîntoarce la pedală, pe care o apasă de mii de ori, fără întrerupere, până la epuizare. Aceşti centri sunt localizaţi în hipotalamusul medial, în profunzimea şanţului Sylvius şi în mezencefalul anterior. Cercetări similare făcute la om au evidenţiat existenţa unor zone a căror excitare produce sedare şi relaxare, iar excitarea altora produce stări de frică şi anxietate.

**Stările afective, emoţiile, sentimentele, pasiunile**

Iau naştere în sistemul limbic. Procesele fiziologice complexe care generează aceste stări au la bază o serie de circuite funcţionale pe care sistemul limbic le realizează cu hipotalamusul, talamusul nespecific şi formaţia reticulată a trunchiului cerebral, ca şi cu toate ariile corticale asociative. Pe baza acestor conexiuni, sistemul limbic poate elabora unele reflexe condiţionate simple (de evitare a unor agenţi dăunători). El provoacă (prin intermediul hipotalamusului) o serie de modificări vegetative ale emoţiilor (paloare, roşeaţă, variaţii ale frecvenţei cardiace sau ale tensiunii arteriale etc.). Pe baza circuitelor limbo-neocorticale şi limbo-mezencefalice este asigurat procesul de învăţare şi este elaborată trăirea subiectivă a emoţiei (frică, anxietate, bucurie etc.).

BAZELE FIZIOLOGICE ALE ACTIVITĂŢII NERVOASE SUPERIOARE

Cele mai înalte funcţii ale creierului nu au o localizare anume. Nu există centri ai gândirii sau ai voinţei, nu există un centru al memoriei sau al învăţării, nu există un sediu anatomic precis al conştienţei. Procesele nervoase de nivel superior, care au trecut graniţa fiziologiei spre psihologie, nu pot fi înţelese şi studiate cu metodele curente ale fiziologiei experimentale.

Din analiza vieţii psihice umane se disting trei compartimente psiho-fiziologice:

- compartimentul cognitiv (al cunoaşterii);
- compartimentul volitiv (decizional);
- compartimentul afectiv (emoţional).

Unele compartimente, împreună cu o parte din manifestările lor concrete, se întâlnesc în formă rudimentară şi la animale. De altfel, Secenov şi, mai târziu, Pavlov au început descifrarea unor mecanisme elementare care stau la baza activităţii creierului pornind de la observaţii şi experienţe pe animale. Pavlov a instituit, pentru studiul funcţiilor creierului, metoda reflexelor condiţionate.

**Reflexele condiţionate**

Reflexul condiţionat este un răspuns "învăţat" pe care centrii nervoşi îl dau unui excitant iniţial indiferent. Fiecare specie de vieţuitoare a împărţit excitanţii din mediu, conform experienţei filogenetice proprii, în excitanţi indiferenţi (fără importanţă biologică) şi absoluţi (cu mare însemnătate biologică, în sensul că sunt ori folositori, ori dăunători speciei).

În general, sunetul şi lumina fac parte din prima categorie, iar hrana, mirosurile, agenţii nocivi din cea de-a doua. La apariţia unui semnal absolut, animalul răspunde printr-un reflex necondiţionat, înnăscut, caracteristic speciei. La un semnal indiferent, animalul nu dă nici un răspuns sau are o reacţie de orientare (întoarce privirea spre sursa excitantului şi îşi continuă indiferent activitatea). Pavlov a descoperit posibilitatea încărcării excitanţilor



indiferenţi cu semnificaţii noi pentru animal, transformarea lor în excitanţi condiţionali. Această transformare se petrece în timpul elaborării reflexului condiţionat (RC). Regulile elaborării RC sunt următoarele:

**Asocierea**. La administrarea unui excitant absolut (hrană) să se asocieze un excitant indiferent (sunet sau lumină).

**Precesiunea**. Excitantul indiferent să preceadă excitantul absolut.

**Dominanţa**. Animalul să fie flămând, încât instinctul alimentar să fie dominant în momentul asocierii excitanţilor.

**Repetarea**. Pentru formarea unui reflex condiţionat sunt necesare 10 până la 30 de şedinţe de elaborare.

În urma acestor experienţe, Pavlov a obţinut la câini reflexe condiţionate, salivatorii şi gastrosecretorii, folosind excitanţi acustici sau luminoşi. Pavlov a explicat mecanismul elaborării RC pe baza apariţiei unor conexiuni între centrii corticali ai analizatorilor vizual sau auditiv şi ariile corticale vegetative responsabile de secreţia salivară sau gastrică. Când se administrează excitantul indiferent, acesta creează o zonă de excitaţie în aria senzitivă primară. Excitantul absolut determină o stare de excitaţie mai puternică (dominantă) în aria corticală vegetativă. Focarul dominant atrage excitaţia din focarul mai slab. Prin repetare, apar "căi bătătorite" între cele două focare corticale, încât este suficientă numai administrarea excitantului indiferent (devenit condiţional) pentru obţinerea răspunsului vegetativ caracteristic.

Cu această metodă s-au putut fixa numeroase reflexe condiţionale, cu răspuns somatic (retragerea labei), vegetativ (digestiv, circulator, respirator) sau metabolic. În prezent, s-a demonstrat că reflexul condiţionat stă la baza învăţării. La elaborarea sa participă nu numai centrii corticali, ci şi o serie de circuite subcorticale şi cortico-subcorticale (circuite limbo-mezencefalice, reticulo-talamo-corticale etc.).

Reflexele condiţionate, spre deosebire de cele înnăscute, se închid la nivel cortical. Ele se sting dacă stimulul condiţional nu este întărit din timp în timp prin cel absolut. Stingerea unui reflex condiţionat a fost numită de Pavlov inhibiţie corticală.

**Procesele nervoase fundamentale**

Pavlov a arătat că la baza tuturor activităţilor nervoase stau două procese: excitaţia şi inhibiţia.

**Excitaţia** este procesul nervos activ ce se manifestă prin iniţierea unei activităţi sau amplificarea uneia preexistente. Stimulii care se transmit prin sinapse excitatorii provoacă stare de excitaţie a centrilor.

**Inhibiţia** este tot un proces activ ce se manifestă prin diminuarea sau sistarea unei activităţi anterioare. Inhibiţia se transmite prin sinapse inhibitorii. Excitaţia şi inhibiţia pot apărea în orice structură nervoasă. Ele au un caracter tot mai complex la nivelul centrilor encefalici şi al scoarţei cerebrale.

Excitaţia corticală este rezultatul intrării în activitate a sistemului reticulat activator ascendent (SRAA). Stimulii care ajung în SRAA provoacă reacţia de trezire corticală (vezi şi formaţia reticulată).

Inhibiţia corticală este mai diversă. Există o inhibiţie externă şi o inhibiţie internă.

***Inhibiţia externă*** este cauzată de stimuli din afara focarului cortical activ. De exemplu, în timpul unui reflex salivar, la sunet condiţional se provoacă un zgomot nou, necunoscut de

animal. Acesta reacţionează printr-un reflex de orientare, iar salivaţia încetează pentru câteva minute. Inhibiţia externă a fost numită de Pavlov inhibiţie necondiţionată, pasivă.

***Inhibiţia internă*** apare chiar în interiorul focarului cortical activ (inhibiţie condiţionată, activă). Această inhibiţie este specifică scoarţei cerebrale. Inhibiţia internă, la rândul ei, este de mai multe tipuri:

- Inhibiţia de stingere este un exemplu de inhibiţie corticală. Reprezintă procesul de stingere a reflexului condiţionat (vezi mai sus).

- Inhibiţia de întârziere apare la stabilirea unor reflexe condiţionate cu interpunerea unor pauze între excitantul indiferent şi cel absolut. Reacţia vegetativă caracteristică se va obţine nu la administrarea excitantului condiţionat, ci după trecerea pauzei respective.

- Inhibiţia de diferenţiere este o altă formă de inhibiţie. Se folosesc doi stimuli indiferenţi de aceeaşi natură fizică (de exemplu, sunet de 800 Hz şi de 820 Hz). Unul din stimuli va fi însoţit de hrană, celălalt nu. La început, animalul răspunde condiţionat la ambele sunete, dar mai târziu nu va mai saliva la sunetul neîntărit prin excitantul absolut.

- Inhibiţia condiţionată se obţine prin asocierea intermitentă la un excitant condiţional eficace a unui alt excitant indiferent. Asocierea celor doi excitanţi nu este întărită prin hrană, în timp ce stimulul condiţional da. După un timp, răspunsul reflex la stimulul condiţional scade.

- Inhibiţia supraliminară sau de protecţie este o altă variantă a inhibiţiei corticale interne. Dacă un focar cortical aflat în stare de excitaţie este solicitat mult timp, el se epuizează şi trece în stare de inhibiţie. Pavlov a considerat somnul ca o expresie a inhibiţiei de protecţie generalizată la nivel cortical.

Pavlov a arătat că excitaţia şi inhibiţia prezintă o mobilitate deosebită. Fiecare din acestea poate să iradieaze pe o suprafaţă corticală mai mare sau să se concentreze într-o zonă limitată. Ele se pot succeda alternativ, în acelaşi teritoriu sau în teritorii vecine. Astfel, în locul unui focar de excitaţie poate surveni un focar inhibitor, iar in jurul focarelor inhibitorii sau excitatorii se nasc zone cu activitate opusă focarului. Acestea sunt fenomene de inducţie reciprocă succesivă şi concomitentă.

**Veghea şi somnul**

Activitatea emisferelor cerebrale trece periodic prin două stări funcţionale distincte: starea de veghe şi starea de somn.

**Veghea** reprezintă starea funcţională cerebrală caracterizată prin creşterea tonusului SRAA, concomitent cu orientarea conştienţei spre o anumită activitate. Veghea începe o dată cu stabilirea contactului conştient cu lumea înconjurătoare sau cu gândurile proprii şi se termină când acesta încetează. Alternativa stării de veghe este somnul. Comutarea de la starea de somn la starea de veghe şi invers se realizează prin stimularea sau, dimpotrivă, inhibiţia SRAA.

**Somnul** reprezintă o stare de activitate cerebrală caracterizată prin întreruperea temporară a contactului conştient cu interiorul şi exteriorul nostru. Somnul are caracter reversibil. Trecerea de la veghe la somn şi invers se face cu mare uşurinţă, în câteva secunde. Ritmul somn - veghe se suprapune (parţial) peste ciclul noapte - zi; de aceea se mai numeşte ritm circadian sau nictemeral. Bioritmul circadian s-a format în istoria filogenetică a speciilor. El are mecanisme endogene de producere, dar este puternic influenţat de stimuli exogeni. În funcţie de adaptarea la mediu, coincidenţa somn - noapte, respectiv veghe - zi, este inversată la unele specii (gândaci, unele păsări şi mamifere). Un rol important în reglarea acestui bioritm îl au diencefalul şi formaţia



reticulată. Leziuni la nivelul hipotalamusului sau întreruperea căilor reticulo-corticale determină somn continuu (boala somnului). Durata somnului variază în funcţie de vârstă, fiind de 20 ore la sugar, 10 ore la tineri şi 7 ore la vârstnici. În timpul somnului se produce, de regulă, o diminuare a funcţiilor vegetative (respiraţie, circulaţie, digestie) şi metabolice (scad energogeneza şi consumul de oxigen). Astfel, scade frecvenţa respiraţiilor şi debitul ventilator. De asemenea, se produce bradicardie şi scad debitul cardiac şi tensiunea arterială. Funcţia aparatului urinar se reduce. Activitatea secretorie şi motorie a tubului digestiv diminuă şi chiar încetează. În somn se produc şi modificări somatice: diminuă tonusul muscular, iar activitatea aparatului locomotor încetează.

Mecanismele producerii somnului sunt pasive şi active. Somnul pasiv poate fi indus prin crearea unor condiţii speciale de ambianţă (linişte, întuneric, stimuli monotoni), concomitent cu adoptarea unor posturi ale corpului care să permită reducerea la maximum a aferenţelor somestezice şi vizuale (poziţie culcată, ochii închişi). Somnul activ se datorează, aşa cum a bănuit Pavlov, unor procese de inhibiţie generalizată la nivel cortical. El se produce atât ca urmare a diminuării influenţei SRAA, cât şi prin acţiunea unor sisteme subcorticale inhibitorii (nucleii rafeului din bulb şi punte, nucleul tractului solitar, unele regiuni din hipotalamus şi talamus), şi prin secreţia unor mediatori chimici care induc somnul (serotonina în principal, dar şi alte substanţe identificate în sânge şi în ţesutul neuronal al trunchiului cerebral).

Somnul poate fi indus artificial prin administrarea unor droguri (somnifere, anestezice generale). Acest tip de somn nu este la fel de uşor reversibil ca cel fiziologic.

Starea de somn nu este omogenă. Există mai multe stadii ale somnului, de la somn foarte superficial până la somn extrem de profund, şi majoritatea cercetătorilor descriu două tipuri de somn, având caracteristici diferite: somnul cu unde lente şi somnul REM (rapid eye movements). În timpul somnului de noapte, fiecare individ trece prin cele două tipuri de somn, care se succed alternativ de mai multe ori.

***Somnul cu unde lente*** este denumit astfel deoarece activitatea electrică a creierului (înregistrată pe electroencefalogramă) se caracterizează prin prezenţa undelor cerebrale foarte lente. Cea mai mare parte a somnului de noapte este de acest tip, care este în acelaşi timp adânc, odihnitor. În timpul somnului cu unde lente funcţiile vegetative diminuă foarte mult (după cum am arătat anterior); deşi individul visează, la trezire nu ţine minte visele din această perioadă. Aceasta se întâmplă deoarece în timpul somnului cu unde lente nu are loc consolidarea în memorie a viselor, motiv pentru care este denumit şi somn fără vise.

***Somnul REM*** este denumit şi somn paradoxal, sau somn desincronizat. Este somnul în care apar visele pe care individul le ţine minte la trezire. Somnul REM durează între 5 şi 30 de minute, se succede la intervale de aproximativ 90 de minute de somn cu unde lente şi reprezintă cam 25% din totalul somnului fiziologic. Dacă individul este extrem de obosit, durata episoadelor de somn REM este foarte scurtă, sau acestea pot chiar lipsi. Pe măsură ce individul este mai odihnit, perioadele de somn REM sunt din ce în ce mai lungi. Există câteva caracteristici foarte importante ale acestui tip de somn:

- se asociază de obicei cu visele;
- individul este mai greu de trezit prin stimuli externi în timpul somnului REM decât în timpul somnului cu unde lente, deşi dimineaţa trezirea spontană se face în timpul perioadei de somn REM;

- tonusul muscular în întregul organism este extrem de deprimat, ceea ce indică o inhibiţie puternică a proiecţiilor medulare din ariile excitatorii din trunchiul cerebral;
- frecvenţa cardiacă şi respiraţia devin neregulate, caracteristice visului;
- deşi există o inhibiţie puternică a musculaturii periferice, apar mişcări involuntare neregulate, în special ale ochilor (de unde şi denumirea de somn REM - mişcări oculare rapide);
- în timpul somnului REM activitatea electrică a creierului este crescută, evidenţiată pe elecroencefalogramă, apărând unde similare cu cele din starea de veghe şi alertă corticală (de exemplu, calcul aritmetic mintal). Din acest motiv, somnul REM este denumit şi somn paradoxal, deoarece este un paradox faptul că individul doarme, deşi activitatea creierului este intensă.

Somnul este necesar pentru refacerea unor structuri nervoase care întreţin starea de veghe. Privarea îndelungată de somn produce la om şi la animalele de experienţă tulburări de comportament şi chiar modificări metabolice. Inversarea ritmului noapte - zi sau schimbarea fusului orar solicită organismul în mod suplimentar, acesta având nevoie de 2 - 3 săptămâni pentru adaptarea la noul bioritm.

## ACTIVITĂŢI CEREBRALE COGNITIVE

Din această categorie fac parte manifestările psihice intelectuale: învăţarea, memoria, gândirea, limbajul etc.

### Învăţarea

Constă din acumularea de informaţie sub formă de cunoştinţe şi experienţe de viaţă, având ca rezultat final o schimbare de comportament. Alături de memorie, învăţarea este una din funcţiile fundamentale ale creierului, a cărei materie primă este informaţia. Neuronul are proprietatea de a-şi însuşi temporar numeroase informaţii noi, pe care însă nu le poate transmite urmaşilor săi. Acumulările de cunoştinţe nu sunt ereditare, ele se câştigă în timpul vieţii prin interacţiunea permanentă cu factorii de mediu, dar se pierd odată cu încetarea din viaţă.

Există două categorii de activităţi cerebrale. Din prima categorie fac parte reflexele necondiţionate şi actele de comportament instinctiv. Acestea au caracter ereditar, sunt imuabile şi sunt caracteristice întregii specii. Din cea de-a doua categorie fac parte reflexele condiţionate, activităţile şi comportamentele însuşite de fiecare individ în parte. Prin învăţare nu se acumulează pur şi simplu noi cunoştinţe, ci creşte capacitatea de adaptare la mediu a individului. Învăţarea este legată de starea de veghe şi necesită deci o anumită activitate a sistemului reticulat ascendent activator, a diencefalului, a sistemului limbic şi a neocortexului.

Toţi factorii care stimulează aceste structuri favorizează învăţarea. Astfel, excitaţii ale exteroceptorilor şi ale proprioceptorilor prin exerciţii fizice, stimulări vizuale (plimbări în natură) şi auditive (muzică), potenţarea motivaţională (stimularea curiozităţii, recompensele morale şi materiale) sunt metode de creştere a interesului pentru însuşirea de cunoştinţe şi de uşurare a învăţării.

Învăţarea este strâns legată de memorie. Scoarţa cerebrală nu se rezumă doar la prelucrarea datelor furnizate de receptori, ci fixează aceste date sub formă de memorie, pe care le foloseşte apoi în cadrul procesului de învăţare. Învăţarea poate porni direct de la informaţia din



jur sau de la informaţia depozitată în memoria noastră. Comparând permanent datele noi cu cele deja existente în memorie, scoarţa cerebrală stabileşte noi raporturi logice între noţiuni, le asimilează şi le memorează.

Mecanismul învăţării este strâns legat de cel al formării memoriei. Formarea de reflexe condiţionate reprezintă un mecanism elementar al învăţării. Recent, ca urmare a progreselor din domeniul neurofiziologiei, dar şi din tehnica computerelor electronice, s-a evidenţiat mecanismul de condiţionare operaţională a învăţării.

Acest mecanism are la bază asocierea cunoştinţelor şi deprinderilor, ce urmează a fi însuşite, cu stimularea unor centri speciali din sistemul limbic şi diencefal. Stimularea centrului recompensei, atunci când animalul execută corect actul învăţat, şi a centrului pedepsei, când animalul greşeşte sau refuză să înveţe, grăbesc procesul de însuşire de noi cunoştinţe. Posibilitatea de a evita o pedeapsă prin învăţarea corectă a temei reprezintă, de asemenea, un stimul al învăţării.

Un rol deosebit îl joacă experienţa proprie a individului, ca şi fondul de noţiuni anterior acumulate. Creierul se remodelează în procesul de învăţare, devenind calitativ şi structural tot mai complex şi mai eficace. Un creier instruit nu se deosebeşte de cel neinstruit numai prin diferenţa în cantitatea de noţiuni conţinută. Creierul instruit are şi o structură funcţională superioară.

Structurile morfologice implicate în procesul de învăţare sunt numeroase şi incomplet precizate. Substratul elementar este reprezentat de conexiunile sinaptice al căror număr creşte cu vârsta şi cu acumularea de noţiuni noi. Prin experienţe de stimulare vizuală repetată la pisică s-au produs modificări morfologice în cortexul vizual, creşterea şi umflarea dendritelor, alungirea butonilor terminali ai axonilor, creşterea diametrelor axonilor etc. Un rol se atribuie şi nevrogliilor care ar media contacte între neuroni, ca nişte punţi de transmisie a informaţiei de la un neuron la altul. Aceste modificări elementare asigură crearea de noi circuite funcţionale prin care informaţia se deplasează în vederea prelucrării şi depozitării. S-a descris un circuit funcţional cortico-diencefalo-mezencefalo-cortical, care include sistemul limbic, hipotalamusul, talamusul şi formaţia reticulată a trunchiului cerebral. Integritatea acestui circuit este indispensabilă procesului de învăţare.

### Memoria

Reprezintă capacitatea creierului de a depozita informaţia şi de a o aduce la nevoie în lumina conştienţei. Prin memorie, creierul reţine, recunoaşte şi evocă experienţa de viaţă a individului. Memoria reprezintă o reflectare activă şi selectivă a informaţiei din afară, pătrunsă în creier în etape anterioare. Memoria se află la baza procesului de învăţare, dar nu se confundă cu acesta. Există mai multe tipuri de memorie, care, în raport cu durata păstrării informaţiei, se clasifică în: memorie senzitivă, memorie de scurtă durată şi de lungă durată.

**Memoria senzitivă** sau imediată (de reţinere momentană) durează câteva secunde sau minute, exact timpul necesar circulaţiei informaţiei noi prin centrii nervoşi. De exemplu, memorăm şapte până la zece cifre ale unui număr nou de telefon atât timp cât ne este necesar pentru a-l foma. De asemenea, atunci când citim, reţinem literele unui cuvânt doar cât este necesar pentru a înţelege şi reţine apoi cuvântul, după care cuvintele unei fraze sunt uitate de îndată ce este reţinută ideea acesteia.

Mecanismul memoriei imediate nu este cert, dar există trei teorii care explică acest tip de memorie. O teorie afirmă că memoria imediată este determimată de o activitate neuronală

continuă rezultată din circulaţia fără oprire a impulsului nervos de-a lungul unui traseu alcătuit dintr-un circuit reverberant. O altă posibilă explicaţie este inhibiţia sau facilitarea presinaptică. Aceasta se produce la nivelul sinapselor de la terminaţiile presinaptice. Neurotransmiţătorii secretaţi în aceste terminaţii produc inhibiţie sau facilitare prelungită (în funcţie de tipul neurotransmiţătorului secretat), timp de câteva secunde sau chiar minute, explicând astfel memoria imediată. O a treia teorie este potenţarea sinaptică, ce poate amplifica conducerea sinaptică. Aceasta se produce ca urmare a acumulării calciului ionic în cantităţi mari în terminaţiile presinaptice. Când cantitatea de calciu acumulată depăşeşte capacitatea mitocondriilor şi a reticulului endoplasmic de a-l depozita, excesul de calciu determină o eliminare prelungită a neurotransmiţătorului în fanta sinaptică, fapt ce explică, de asemenea, memoria imediată.

**Memoria de scurtă durată** acţionează de la câteva minute până la câteva săptămâni. În cele din urmă, informaţiile memorate astfel fie se pierd, fie devin permanente, sub formă de memorie de lungă durată. Mecanismele acestui tip de memorie au la bază modificări temporare fizice şi/sau chimice ale membranei presinaptice sau postsinaptice, modificări ce persistă până la câteva săptămâni. Esenţiale în acest tip de memorie sunt eliberarea de serotonină şi modificarea conductanţei membranelor neuronale pentru calciu şi potasiu, care scurtează sau, dimpotrivă, prelungesc durata potenţialului de acţiune la nivelul sinapsei, astfel inhibând sau facilitând transmiterea sinaptică.

**Memoria de lungă durată** nu este net deosebită de memoria de scurtă durată. Se consideră însă că memoria de lungă durată are la bază modificări structurale ale sinapselor care amplifică sau deprimă conducerea impulsului nervos.

Prin studii de microscopie electronică s-a constatat că la nivelul sinapselor solicitate în mod frecvent creşte suprafaţa totală a situsurilor de eliberare a mediatorului chimic de pe membrana presinaptică. În plus, creşterea acestor situsuri depinde de activarea unor mecanisme de control genetic al sintezei proteice (deci, în mecanismul memoriei intervin şi acizii nucleici).

În afară de creşterea suprafeţei de eliberare a neurotransmiţătorilor în fanta sinaptică, dezvoltarea memoriei este legată şi de creşterea numărului de vezicule cu neurotransmiţător în terminaţiile presinaptice. Uneori creşte chiar şi numărul terminaţiilor presinaptice. Astfel, pe măsură ce un copil creşte şi învaţă, creşte numărul sinapselor din creierul său. În plus faţă de modificările conducerii sinaptice ca bază a procesului învăţării, există posibilitatea creşterii numărului de neuroni ai unui circuit folosit în mod repetat.

Ca şi alte funcţii cerebrale superioare, memoria nu are un sediu precis. Experienţele vizuale şi auditive se depozitează în special în ariile asociative temporo-occipitale, iar cele somestezice în cele parieto-temporale. Lobul prefrontal, sistemul limbic şi unele structuri diencefalo-mezencefalice depozitează, de asemenea, memorie.

## ACTIVITĂŢI CEREBRALE VOLITIVE

Activitatea de reglare nervoasă a funcţiilor se poate desfăşura în două moduri:

- cu participarea conştientă a individului;
- fără participarea conştientă a individului.

În general, reglarea funcţiilor vegetative nu ajunge în lumina conştienţei, iar reglarea activităţilor somatice este conştientă.



**Voinţa** reprezintă forma cea mai înaltă de activitate nervoasă conştientă. Datorită voinţei, individul poate lua decizii privind activitatea efectorilor somatici (uneori şi a celor vegetativi), precum şi a relaţiilor sale cu societatea. Deşi voinţa se manifestă ca o stare psihică primară, aparent lipsită de cauzalitate, în realitate toate actele decizionale au un mecanism cauzal de producere. La originea oricărui act voluntar se află un impuls, o motivaţie mai mult sau mai puţin evidentă, mai veche sau mai recentă.

Elaborarea unei comenzi voluntare nu este opera unei anumite structuri cerebrale, ci a întregului creier. Un rol deosebit în activitatea voluntară îl joacă lobul prefrontal, ca sediu de integrare superioară a personalităţii şi comportamentului social al individului. Voinţa înseamnă, în acelaşi timp, puterea de a lua decizii, dar şi perseverenţa în a le duce la îndeplinire. Un exemplu al modului complex de elaborare a unui act voliţional îl reprezintă mecanismul de iniţiere a comenzii voluntare motorii.

**Elaborarea comenzii voluntare motorii.** Întreaga activitate motorie visceralã, ca şi motilitatea somatică automată (tonusul muscular, postura, echilibrul şi redresarea) au loc prin mecanisme reflexe a căror cauză este uşor de precizat. Motilitatea voluntară însă este mult mai complexă. Execut o anumită mişcare pentru că "eu vreau"? Dar unde este sediul acelui "eu" şi din ce cauză "vreau"? Date experimentale şi cercetări clinice arată că scoarţa motorie precentrală (aria 4) nu este sediul elaborării comenzii voluntare, ci reprezintă structura motorie care pune în aplicare comanda.

Excitarea unor puncte din cortexul motor determină contracţii musculare izolate sau mişcări la nivelul unei articulaţii şi nu activităţi motorii organizate, potrivit unui scop anume. Elaborarea planului unei anumite activităţi motorii, având un anumit scop, implică colaborarea a numeroase structuri nervoase corticale şi subcorticale. Comanda voluntară motorie ia naştere în centrii corticali şi subcorticali implicaţi în motivaţie. Aceştia operează atât în baza unor reflexe înnăscute (instincte), cât şi a informaţiilor recente (sosite de la receptori) sau mai vechi (aflate în memoria individului). Aici se naşte impulsul pentru o anumită activitate motorie.

Astfel, când auzim un cântec, apare dorinţa de a dansa. Aceste intenţii motorii primare sunt transmise ariilor corticale de asociaţie care elaborează planul general al mişcării (deplasarea pentru invitarea partenerului, alegerea pasului de dans etc.).

Planul mişcării este apoi transmis, simultan, către cerebel şi nucleii bazali. Cerebelul, conform rolului său, compară planul teoretic al mişcării cu informaţiile pe care le primeşte de la proprioceptori despre mişcările reale executate şi efectuează corecţiile necesare.

Deciziile cerebelului sunt transmise cortexului motor prin intermediul talamusului. Nucleii bazali, cunoscând, de asemenea, planul mişcării, trimit impulsuri în două direcţii:

- spre structurile motorii din trunchiul cerebral, determinând activităţi tonice şi posturale adecvate executării mişcării voluntare;
- spre cortexul motor, tot prin releu talamic, contribuind la elaborarea programului concret al mişcării (repartiţia exactă a sarcinilor motorii ale fiecărui muşchi, precizarea ordinii de intrare în activitate, gradarea forţei de contracţie, inhibarea muşchilor antagonişti etc.).

Cortexul motor, pe baza aferenţelor primite de la nucleii bazali, cerebel şi talamus, pune în aplicare programul concret al mişcării, trimiţând pe căile piramidale impulsuri către motoneuronii din coarnele anterioare ale măduvei spinării.

Toate aceste operaţiuni de elaborare a comenzii motorii voluntare durează câteva zecimi de secundă.

ACTIVITĂŢI CEREBRALE AFECTIVE

Sistemele cibernetice de reglaj nervos sunt întărite cu ajutorul proceselor afectiv-emoţionale. Deşi nu se poate vorbi despre un sediu exact al proceselor afective, structurile cele mai importante care participă la geneza lor sunt sistemul limbic şi hipotalamusul.

Se consideră că emisfera cerebrală dominantă este predominant cognitivă, în timp ce cealaltă este afectivă. Asimetria de funcţii ale emisferelor cerebrale a fost demonstrată. Totuşi, nu se pot separa schematic funcţii nervoase atât de importante şi de complexe. La activitatea nervosă superioară participă creierul în totalitatea lui, iar rezultatele acestei activităţi, bune sau rele, sunt rezultatul cooperării dintre scoarţa cerebrală şi structurile subcorticale.

La baza proceselor afective se află impulsurile fundamentale (instinctele) care generează motivaţia. De altfel, motivaţia poate fi considerată sinonimă cu impulsul instinctiv. Impulsul instinctiv şi motivaţia reprezintă o cauzalitate primordială care marchează puternic celelalte activităţi cerebrale. Iubirea, ura, foamea sunt exemple de motivaţii.

# ANATOMIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV

## CENTRII NERVOŞI VEGETATIVI ŞI LEGĂTURA LOR CU EFECTORII

Centrii nervoşi situaţi intranevraxial şi extranevraxial, aflaţi în relaţie cu organele vegetative a căror activitate o controlează, formează sistemul nervos vegetativ. În cadrul sistemului nervos vegetativ deosebim, structural şi funcţional, un sistem nervos simpatic şi unul parasimpatic. Cele mai multe organe primesc o inervaţie vegetativă dublă şi antagonică. În alte organe, simpaticul şi parasimpaticul exercită efecte de acelaşi tip, dar aceste efecte sunt diferite, cantitativ şi calitativ. Există, de asemenea, organe asupra cărora numai unul din sisteme are efect.

La baza activităţii sistemului nervos vegetativ stă reflexul, care se desfăşoară pe baza arcului reflex vegetativ. Calea aferentă a arcului nervos vegetativ este asemănătoare cu cea de la arcul reflex somatic. Neuronul viscero-aferent îşi are originea în ganglionii spinali sau în ganglionii cerebrali extranevraxiali. Dendrita lor ajunge la receptorii din organe sau vase (baroreceptori, presoreceptori, chemoreceptori), iar axonul pătrunde în nevrax, intrând în legătură cu centrul vegetativ (simpatic sau parasimpatic). Calea eferentă a reflexului vegetativ se deosebeşte fundamental de cea de la reflexul somatic datorită existenţei unui ganglion vegetativ (latero-vertebral în cazul sistemului simpatic sau juxtavisceral şi intramural în cazul sistemului parasimpatic), unde are loc sinapsa între axonul neuronului vegetativ preganglionar, prevăzut cu teacă de mielină, şi neuronul vegetativ postganglionar, al cărui axon nu are teacă de mielină. Axonul neuronului postganglionar formează fibra postganglionară, care ajunge la organul efector vegetativ (muşchi neted sau glandă). Sistemul nervos vegetativ formează, la nivelul diferitelor viscere, plexuri vegetative mixte, simpatico-parasimpatice. Aceste plexuri sunt situate la cap şi la gât (plex ciliar, plex faringian, plex laringian, tiroidian, paratiroidian), în torace (plex cardiac, bronhopulmonar, esofagian), în abdomen (plex celiac, plex lombo-aortic) şi în pelvis (plex hipogastric).



CENTRII SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV

Centrii sistemului simpatic se află în coarnele laterale ale măduvei $C_8$, $T_1$ - $T_{12}$ şi $L_1$ - $L_2$, deci în măduva cervicală inferioară, toracală şi lombară superioară. Centrii sistemului parasimpatic sunt situaţi în nucleii parasimpatici din trunchiul cerebral, cât şi în măduva sacrală $S_2$ - $S_4$, unde se descrie nucleul parasimpatic pelvin. Nucleii parasimpatici din trunchiul cerebral sunt:

- **Nucleul autonom al nervului III** (oculomotor), situat în mezencefal. Fibrele parasimpatice preganglionare din acest nucleu intră în nervul III (oculomotor) şi apoi îl părăsesc îndreptându-se spre ganglionul ciliar, unde fac sinapsa cu fibrele postganglionare care ajung la muşchiul sfincter al pupilei şi la muşchiul ciliar.
- **Nucleul lacrimal din punte** îşi transmite fibrele parasimpatice preganglionare în nervul VII, pe care apoi îl părăsesc, îndreptându-se spre ganglionul pterigopalatin, unde fac sinapsa cu fibrele postganglionare care ajung la glanda lacrimală, glandele mucoasei nazale şi palatine.
- **Nucleul salivator superior** se găseşte în punte, imediat sub precedentul. Fibrele preganglionare pătrund, de asemenea, în nervul VII, pe care apoi îl părăsesc pentru a face sinapsa cu fibrele postganglionare, în ganglionul submandibular. Fibrele postganglionare asigură inervaţia secretorie a glandelor submandibulară şi sublinguală.
- **Nucleul salivator inferior** se află în bulb. Fibrele preganglionare pătrund în nervul IX, după care îl părăsesc, îndreptându-se spre ganglionul otic, făcând sinapsă cu fibrele postganglionare care se distribuie la glanda parotidă.
- **Nucleul dorsal al vagului** (cardio-pneumo-enteric) este situat în bulb, sub nucleul salivator inferior. Fibrele preganglionare pătrund în nervul vag, apoi îl părăsesc, făcând sinapsă în diferiţi ganglioni (ganglionii plexului cardiac, ganglionii din plexul pulmonar şi cei din plexul celiac) cu fibre postganglionare care se distribuie la aparatele cardiovascular şi respirator, la esofag, stomac, intestin subţire, cec, colon ascendent şi colon transvers. Sinapsa dintre fibrele pre- şi postganglionare se face în plexul cardiac pentru aparatul cardiovascular, în plexul bronhopulmonar pentru aparatul respirator şi în plexurile submucos şi mienteric pentru tubul digestiv.
- **Parasimpaticul pelvin** îşi are originea în măduva sacrală ($S_2$ - $S_4$), de unde pleacă fibrele preganglionare care intră în nervii pelvici. Aceste fibre fac sinapsa cu fibrele postganglionare care se distribuie la colonul descendent, sigmoid, rect, la aparatul excretor şi la organele genitale interne.

CĂILE SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV

Simpaticul îşi are căile lui proprii, reprezentate de lanţurile simpatice paravertebrale (lateroverteb rale). Parasimpaticul cranian împrumută calea unor nervi cranieni, III, VII, IX, X, iar parasimpaticul sacral pe cea a nervilor pelvici.

Lanţurile simpatice paravertebrale (lateroverteb rale) sunt două lanţuri de ganglioni situaţi de-o parte şi de alta a coloanei vertebrale şi legaţi între ei prin ramuri internodale, care merg de la un ganglion la altul. Ganglionii laterovertebrali sunt legaţi şi cu nervii spinali prin

ramuri comunicante. Prin ramura comunicantă albă trece fibra preganglionară, iar prin ramura comunicantă cenuşie fibra postganglionară.

La nivelul ganglionilor paravertebrali (laterovertebrali) are loc sinapsa între fibra simpatică preganglionară şi cea postganglionară care ajunge la nivelul diferitelor organe.

În regiunea cervicală, lanţul simpatic prezintă trei ganglioni: superior, mijlociu şi inferior. Cel mai adesea ganglionul inferior este unit cu primul ganglion toracal, rezultând ganglionul stelat. Fibrele postganglionare de la nivelul acestor trei ganglioni merg la viscerele de la cap şi gât (corpul ciliar, glandele salivare, laringe, faringe, tiroidă, paratiroidă) şi în torace, la inimă (cei trei nervi cardiaci, câte unul din cei trei ganglioni cervicali: superior, mijlociu şi inferior).

În regiunea toracală sunt 12 ganglioni laterovertebrali. Fibrele postganglionare de la primii patru ganglioni toracali ($T_1$ - $T_4$) se distribuie la trahee, bronhii, plămâni, esofag, aortă. De la ganglionii $T_5$ - $T_8$ pleacă nervul marele splanhnic, iar de la $T_{10}$ - $T_{12}$ pleacă micul splanhnic. Ambii nervi conţin însă fibrele preganglionare şi, după ce străbat diafragma, sfârşesc în plexul celiac din abdomen. Fibrele simpatice aduse prin cei doi splanhnici se distribuie la organele din abdomen (tubul digestiv, glandele anexe şi rinichi). În regiunea lombară şi sacrală sunt câte patru ganglioni. Fibrele postganglionare ajung la organele din pelvis.

### LOCUL SINAPSEI ÎNTRE FIBRA PREGANGLIONARĂ ŞI FIBRA POSTGANGLIONARĂ

În cazul sistemului simpatic, sinapsa între fibra pre- şi postganglionară are loc în ganglionii laterovertebrali, aparţinând lanţurilor paravertebrale. Deoarece aceşti ganglioni sunt foarte aproape de măduvă, fibra preganglionară este scurtă, în timp ce fibra postganglionară este lungă.

În cazul sistemului parasimpatic, sinapsa între fibra preganglionară şi cea postganglionară se face în ganglionii juxtaviscerali (aproape de viscer) sau intramurali (aflaţi chiar în peretele organului), cum sunt plexurile submucos şi mienteric din pereţii tubului digestiv. În cazul parasimpaticului, fibra preganglionară este lungă, în timp ce fibra postganglionară este scurtă, fiind foarte aproape de organul respectiv.

### MEDIATORII CHIMICI

La ambele sisteme, între fibra preganglionară şi cea postganglionară se eliberează acelaşi mediator chimic: acetilcolina. La sistemul simpatic, la capătul periferic al fibrei postganglionare, acolo unde aceasta ia contact cu organul efector, se eliberează noradrenalina, iar în cazul parasimpaticului, la capătul periferic al fibrei postganglionare, unde aceasta ia contact cu organul efector, se eliberează acetilcolină.

## PLEXURILE VEGETATIVE

Plexurile vegetative reprezintă locuri de întâlnire între fibrele simpatice venite din lanţul ganglionar laterovertebral (paravertebral) cu fibrele parasimpatice ce-şi au originea în centrii parasimpaticului cranian şi sacral. Plexurile vegetative sunt traversate de fibre simpatice postganglionare amielinice, care sunt cele mai numeroase, cât şi de fibre parasimpatice preganglionare mielinice, care fac sinapsă cu fibrele postganglionare parasimpatice la nivelul plexurilor



vegetative. Cele mai importante plexuri vegetative se află la nivelul extremităţii cefalice, în torace şi în cavitatea abdominală.

### PLEXURI VEGETATIVE LA NIVELUL EXTREMITĂŢII CEFALICE

**Plexul previsceral al globului ocular** este format din fibre parasimpatice din nc. accesor (autonom) al nervului oculomotor care au rol iridoconstrictor şi fac sinapsa în plex cu fibrele postganglionare, cât şi din fibre simpatice cu originea în cornul lateral al măduvei $C_8$ - $T_2$. Aceste fibre au efect iridodilatator şi trec prin plexul previsceral al globului ocular.

**Plexul lacrimal** este format din fibre parasimpatice provenite din nucleul lacrimal şi aduse în plex prin nervul facial. Aceste fibre fac sinapsa cu fibrele postganglionare care se distribuie apoi la glanda lacrimală, la glandele mucoasei bucale şi nazale. Fibrele simpatice provin din plexul carotic (plex simpatic situat în jurul arterei carotide) şi nu fac sinapsa în plex.

**Plexul parotidian** este format din fibre parasimpatice, provenite din nucleul salivator inferior prin nervul glosofaringian, care fac sinapse în plex cu fibrele postganglionare. Acestea se distribuie glandei parotide. Fibrele simpatice sunt fibre de tranzit, nu fac sinapsa şi provin din plexul carotic.

**Plexul submandibular şi sublingual**. Fibrele parasimpatice provin din nucleul salivator superior şi pătrund în nervul facial. Aceste fibre parasimpatice preganglionare fac sinapsa în plex cu fibrele postganglionare care ajung la glanda submandibulară şi sublinguală. Prin plex trec fibre simpatice, de tranzit, care nu fac sinapsa şi provin din plexul carotic.

**Plexul carotic** este un plex format numai din fibre simpatice care sunt fibre postganglionare. Acestea fac sinapsa cu fibrele preganglionare în ganglionul simpatic cervical superior.

**Plexul faringian** este format din fibre parasimpatice provenite din nervul glosofaringian şi vag, cât şi din fibre simpatice venite din ganglionul simpatic cervical superior. Plexul faringian se află pe pereţii laterali ai faringelui.

**Plexul laringian** este format din fibre parasimpatice provenite din n. vag şi din fibre simpatice provenite din ganglionul simpatic cervical superior.

**Plexul tiroidian** este format din fibre simpatice provenite din ganglionul simpatic cervical mijlociu şi din ganglionul simpatic cervical superior.

**Plexul timic** este format din fibre simpatice provenite din ganglionul simpatic inferior. De remarcat că în plexul tiroidian şi în cel timic nu există fibre parasimpatice.

### PLEXURI VEGETATIVE ÎN TORACE

**Plexul cardiac** este localizat sub crosa aortei şi este format din ramuri provenite din simpaticul cervical (din cei trei ganglioni cervicali: superior, mijlociu şi inferior), cât şi din ramuri provenite din simpaticul toracal superior ($T_1$ - $T_4$), la care se adaugă ramuri parasimpatice provenite din nervul vag.

Plexul cardiac conţine un ganglion vegetativ, ganglionul descris de Wriesberg. Ramurile plexului cardiac se distribuie miocardului. Fibrele simpatice exercită efecte stimulatoare asupra miocardului şi vasodilatatoare coronariene. Fibrele parasimpatice inervează predominant nodulii sinoatrial şi atrioventricular şi au ca efect diminuarea activităţii cordului şi determină coronaroconstricţie.

**Plexul bronhopulmonar** se află inclus în pedicului pulmonar şi este format din ramuri ale lanţului simpatic toracal superior ($T_1$ - $T_4$) la care se adaugă ramuri cu originea în nervul

vag. În structura plexului bronhopulmonar există şi ganglioni vegetativi. Ramurile plexului bronhopulmonar se distribuie arborelui bronşic şi vaselor pulmonare. Fibrele simpatice au efect bronhodilatator şi vasoconstrictor, iar cele parasimpatice au efect bronhoconstrictor şi vasodilatator.

PLEXURI VEGETATIVE DIN CAVITATEA ABDOMINO-PELVINĂ

**Plexul celiac** (plexul solar). Este situat anterior de aorta abdominală, în vecinătatea originii trunchiului celiac şi arterei mezenterice superioare, între mica curbură a stomacului şi faţa inferioară a ficatului. Rezultă din unirea nervilor splanhnici care provin din lanţul simpatic toracal ($T_5$ - $T_{12}$) şi din ramurile terminale ale nervului vag stâng (posterior). În structura plexului celiac se găsesc o serie de ganglioni: ganglionii semilunari (stâng şi drept), ganglionii mezenterici şi aorticorenali. Ramurile desprinse din plexul celiac inervează viscerele abdominale prin intermediul unor plexuri care merg de-a lungul ramurilor viscerale ale aortei abdominale (plex hepatic, plex gastric, plex splenic, plex duodeno-pancreatic, plex mezenteric superior şi inferior, plex renal, testicular şi, respectiv, ovarian).

**Plexul hipogastric**. Este situat în bazin şi provine din nervii hipogastrici (ramuri ale lanţului simpatic lombo-sacral) şi nervii pelvici, ramuri ale parasimpaticului sacral ($S_2$ - $S_4$). Ramurile desprinse din plexul hipogastric se distribuie viscerelor din pelvis (rect, vezică urinară, uretră, uter, vagin, prostată, canal deferent, vezicule seminale, canal ejaculator), cât şi ţesutului erectil din organele genitale externe (corpii cavernoşi şi spongioşi ai penisului, bulbii vestibulari şi corpii cavernoşi ai clitorisului).

# FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV

Sistemul nervos vegetativ (SNV) reprezintă acea parte a sistemului nervos care reglează funcţiile organelor interne, despre a căror activitate nu suntem conştienţi în mod obişnuit. Centrii vegetativi pot fi localizaţi atât în sistemul nervos central, cât şi în periferie. Centrii vegetativi situaţi în nevrax exercită un control global al funcţiilor organelor, iar cei situaţi la periferie un control local. Centrii nervoşi vegetativi se clasifică în centri simpatici (denumiţi iniţial ortosimpatici) şi parasimpatici.

Mecanismul fundamental de activitate a SNV este reflexul, care are însă unele particularităţi. Reflexul vegetativ este iniţiat, în principal, prin excitarea interoceptorilor, este polisinaptic, iar calea eferentă este formată din doi neuroni: un neuron numit preganglionar, situat în SNC, şi un neuron numit postganglionar, situat în periferie, într-un ganglion vegetativ.

Cele două componente ale SNV se deosebesc prin sediul acestui ganglion vegetativ: în cazul SNV simpatic, ganglionul este situat la distanţă de organul inervat (de cele mai multe ori în imediata apropiere a măduvei spinării), în timp ce ganglionul vegetativ parasimpatic se găseşte chiar în organul inervat. Fiecare organ are dublă inervaţie vegetativă, simpatică şi parasimpatică, cu efecte în general antagonice asupra funcţiei sale.



Dacă simpaticul stimulează o anumită funcţie a unui organ, parasimpaticul o inhibă, şi invers. Acţiunile specifice ale nervilor vegetativi sunt mediate de substanţe eliberate la nivelul terminaţiilor din organe.

Astfel, din terminaţiile nervoase ale SNV simpatic se eliberează noradrenalina şi în mai mică măsură adrenalina, iar din cele ale SNV parasimpatic se eliberează acetilcolina. Este important de reţinut faptul că mediatorii chimici (ajunşi la nivelul organelor pe cale sangvină) produc aceleaşi efecte cu ale stimulării SNV corespunzător.

**Efectele stimulării simpaticului** se manifestă după cum urmează:

***Asupra globului ocular***:
- dilată pupila (midriază) prin contracţia muşchilor netezi radiari ai irisului;
- relaxează muşchii circulari ai irisului;
- produce uşoară relaxare a muşchilor ciliari ai irisului, pentru vederea la distanţă, fără acomodare.

***Asupra glandelor exocrine*** (lacrimale, nazale, parotide, submandibulare, gastrice, pancreas):
- produce vasoconstricţie, urmată de scăderea secreţiei acestora;
- determină secreţie salivară vâscoasă.

***Asupra glandelor sudoripare***:
- secreţie abundentă, cu precizarea că, în acest caz, mediatorul chimic al simpaticului este acetilcolina.

***Asupra inimii***:
- creşte frecvenţa cardiacă şi forţa de contracţie a miocardului, având ca efect creşterea debitului cardiac.

***Asupra vaselor sangvine*** (în principal arteriole):
- produce vasoconstricţie la nivelul arteriolelor din tegument, din viscerele abdominale şi parţial din muşchii striaţi; efectele sunt mobilizarea sângelui de rezervă şi hipertensiune arterială;
- produce vasodilataţie la nivel cerebral, la nivelul coronarelor şi în cea mai mare parte a muşchilor striaţi.

***Asupra plămânilor***:
- produce bronhodilataţie;
- produce uşoară constricţie a vaselor sangvine.

***Asupra tubului digestiv***:
- reduce peristaltismul intestinal şi tonusul musculaturii netede intestinale;
- creşte tonusul sfincterelor;
- produce glicogenoliză hepatică;
- relaxează musculatura vezicii biliare şi a căilor biliare.

***Asupra tractului urinar***:
- reduce debitul urinar şi secreţia de renină;
- produce uşoară relaxare a detrusorului;
- realizează contracţia muşchiului din trigonul vezical (sfincterul vezical intern).

Alte efecte ale stimulării SNV simpatic sunt: produce ejacularea, stimulează coagularea sângelui, stimulează procesele catabolice (glicogenoliză hepatică şi musculară cu creşterea glicemiei, lipoliză cu creşterea lipemiei), creşte rata metabolismului bazal cu până la 100%,

având astfel un rol important în termogeneză (la care participă şi centrii simpatici superiori din diencefal, care reglează şi secreţia glandei medulosuprarenale), determină contracţia muşchilor erectori ai firului de păr, creşte activitatea mentală.

**Efectele stimulării parasimpaticului** se manifestă astfel:

***Asupra globului ocular***:

- mioză (micşorarea pupilei), prin contracţia muşchilor circulari ai irisului;
- contractă muşchii ciliari, favorizând acomodarea cristalinului pentru vederea de aproape.

***Asupra glandelor exocrine*** (nazale, lacrimale, parotide, submandibulare, gastrice, pancreas):

- produce vasodilataţie, urmată de secreţie glandulară abundentă, bogată în enzime (acolo unde e cazul).

***Asupra glandelor sudoripare***:

- produce secreţie la nivelul palmelor.

***Asupra inimii***:

- scade frecvenţa cardiacă şi forţa de contracţie a miocardului;
- produce vasodilataţie coronară.

***Asupra plămânilor***:

- produce bronhoconstricţie;
- se pare că produce dilataţia vaselor sangvine.

***Asupra tubului digestiv***:

- creşte peristaltismul intestinal şi tonusul musculaturii netede intestinale;
- relaxează sfincterele (de cele mai multe ori);
- produce uşoară glicogeneză;
- contractă musculatura netedă a vezicii biliare şi a căilor biliare.

***Asupra tractului urinar***:

- contractă detrusorul;
- relaxează sfincterul vezical intern (neted).

Alte efecte ale stimulării SNV parasimpatic duc la intensificarea proceselor anabolice, cu reducerea consumului energetic. De menţionat că stimularea parasimpaticului nu are nici un efect asupra debitului urinar, asupra arteriolelor din viscerele abdominale, musculare şi din tegument şi nici asupra coagulării sângelui, asupra metabolismului bazal sau a muşchilor piloerectori. Hipotalamusul coordonează cele două inervaţii vegetative ale organismului. Excitarea hipotalamusului anterior duce la creşterea tonusului parasimpatic, iar a celui posterior la creşterea tonusului simpatic. Între reacţiile vegetative şi activitatea psihosomatică a individului există o coordonare strânsă, realizată la nivelul scoarţei cerebrale. Impresiile interoceptive de la nivelul viscerelor pot modifica tonusul funcţional cortical, iar actele psihice emoţionale sau activitatea motorie voluntară sunt însoţite de modificări corespunzătoare în activitatea aparatului cardiovascular, digestiv etc., reprezentând expresia vegetativă a emoţiilor.

## NEUROTRANSMIŢĂTORII

Cercetările privind transferul chimic de informaţie la nivelul sinapselor s-au extins treptat şi în sistemul nervos central, punându-se bazele neurochimiei creierului, care a reuşit



să determine structura moleculară a substanţelor neurotransmiţătoare şi neuromodulatoare şi a stabilit etapele biochimice ale transmiterii sinaptice. Aceste etape sunt:

1. Sinteza în pericarion a neurotransmiţătorului.
2. Transportul şi depozitarea acestuia în veziculele sinaptice din terminaţiile axonale.
3. Eliberarea neurotransmiţătorului în fanta sinaptică prin exocitoză sub influenţa impulsului nervos.
4. Cuplarea neurotransmiţătorului cu receptorii de pe membrana postsinaptică.
5. Inactivarea neurotransmiţătorului prin procese enzimatice sau de recaptare.

Substanţele neurotransmiţătoare şi neuromodulatoare au fost evidenţiate printr-o serie de metode ca: microscopia de fluorescenţă, autohistiografia prin marcare cu radioizotopi, microscopia electronică, tehnici de imunocitochimie bazate pe specificitatea anticorpilor faţă de enzime ce mediază transmiterea sinaptică.

Datorită acestor metode s-au descoperit până astăzi peste 60 de substanţe neurotransmiţătoare şi neuromodulatoare care au fost clasificate în patru grupuri mari: neuropeptide, monoamine biogene, aminoacizi, mediatori non-peptidergici.

### NEUROPEPTIDE

Neuropeptidele sunt abundente atât în sistemul nervos central cât şi periferic. Multe sunt de asemenea prezente în ţesuturi nonneurale, în mod particular în axul gastro-entero-pancreatic şi în alte sisteme endocrine.

Neuropeptidele alcătuiesc mai multe familii, fiecare familie prezentând gene precursoare comune şi similarităţi structurale şi funcţionale. Spre deosebire de alte substanţe neurochimice, neuropeptidele nu sunt sintetizate în terminaţiile nervoase, ci în corpii celulari neuronali din ARN-mesager.

Atât sistemele de proiecţie difuză, cât şi cele localizate folosesc ca mediatori neuropeptide. Neuropeptidele frecvent coexistă cu alţi neurotransmiţători, inclusiv cu alte neuropeptide (în neuronii hipotalamici), cu monoamine (acetilcolina, în sistemul difuz al trunchiului cerebral), sau cu aminoacizi (GABA, în neuronii striaţi sau corticali).

### MONOAMINE BIOGENE

Aceste substanţe, numite frecvent amine biogene datorită importanţei lor în fiziologia sistemului nervos central, sunt reprezentate de: catecolamine (noradrenalina, adrenalina şi dopamina), indolamine, serotonina (5-hydroxytryptamine) şi histamina.

### AMINOACIZI

Aminoacizii sunt cei mai abundenţi neurotransmiţători din sistemul nervos central şi sunt reprezentaţi de:glutamat, aspartat, glicină, GABA (acid g-aminobutiric), taurina.

Din punct de vedere funcţional, aminoacizii pot fi împărţiţi în două categorii: excitatori şi inhibitori.

**Aminoacizii excitatori**

L-glutamatul şi L-aspatatul sunt neurotransmiţătorii utilizaţi de cei mai mulţi neuroni excitatori din sistemul nervos central.

**Aminoacizii inhibitori**

GABA, răspândit peste tot în sistemul nervos central, şi glicina, întâlnită în special în

măduva spinării şi trunchiul cerebral, sunt mediatorii sinapselor inhibitorii în sistemul nervos central.

MEDIATORI NON-PEPTIDERGICI

Mediatorii non-peptidergici sunt reprezentaţi de acetilcolină.

**Acetilcolina**

Acetilcolina este un neurotransmiţător important atât în sistemul nervos central, cât şi în cel periferic.Cel mai obişnuit efect al acetilcolinei în creier este excitaţia, realizată în mare măsură prin intermediul receptorilor muscarinici.

Acetilcolina este, de asemenea, neurotransmiţătorul căilor parasimpatice postganglionare care inervează cordul, ţesutul glandular şi muşchii netezi viscerali, medierea efectelor realizându-se prin receptori muscarinici.

# ANATOMIA ANALIZATORILOR

Analizatorii sunt sisteme morfofuncţionale prin intermediul cărora, la nivel cortical, se realizează analiza cantitativă şi calitativă a excitaţiilor din mediul extern şi intern, care acţionează asupra receptorilor.

Excitaţiile propagate pe căile senzitive determină, în ariile corticale senzoriale, formarea de senzaţii.

Fiecare analizator este alcătuit din trei segmente - periferic, intermediar, central.

**Segmentul periferic** (receptorul) este o formaţiune specializată în lungul proces de evoluţie filogenetică. Receptorii pot percepe o anumită formă de energie din mediul extern sau intern, sub formă de excitaţii.

Există trei categorii de receptori, după locul de unde preiau excitaţiile:

- exteroceptori, în raport cu mediul extern;
- proprioceptori sau receptori profunzi ai aparatului locomotor;
- interoceptori, situaţi în vase şi organe interne.

După natura excitanţilor se descriu: mecanoreceptori, termoreceptori, fotoreceptori, fonoreceptori, chemoreceptori, osmoreceptori.

După distanţa de la care acţionează excitanţii se disting:

- receptori de contact (de exemplu, receptorii tactili);
- receptori de la distanţă, telereceptori (de exemplu, receptorul auditiv).

**Segmentul intermediar** (de conducere) este format din căile nervoase prin care influxul nervos ce conduce excitaţiile este transmis la scoarţa cerebrală. Căile acendente sunt directe şi indirecte.

Pe calea directă, cu sinapse puţine, impulsurile sunt conduse rapid şi proiectate într-o arie corticală specifică fiecărui analizator, iar pe calea indirectă (sistemul reticular ascendent activator) impulsurile sunt conduse lent şi proiectate cortical, în mod difuz şi nespecific.

**Segmentul central** este reprezentat de aria din scoarţa cerebrală la care ajunge calea de conducere şi la nivelul căreia excitaţiile sunt transformate în senzaţii specifice.



## ANALIZATORUL CUTANAT

PIELEA

Pielea este un imens câmp receptor datorită numeroaselor şi variatelor terminaţii ale analizatorului cutanat care informează centrii nervoşi superiori asupra proprietăţilor şi fenomenelor cu care organismul vine în contact.

În piele se găsesc receptorii tactili, termici, dureroşi, de presiune şi vibratori.

Pielea sau tegumentul constituie acoperământul protector şi sensibil al organismului şi se continuă la nivelul orificiilor naturale ale organismului cu mucoasele. Este alcătuită, de la suprafaţă spre profunzime, din trei straturi: epidermul aflat în contact direct cu mediul extern, dermul şi hipodermul sau ţesutul subcutanat.

**Epidermul**

Este un epiteliu pluristratificat keratinizat. Profund, prezintă pătura germinativă, iar superficial pătura cornoasă.

**Pătura germinativă** are în structura sa două straturi:

- stratul bazal, situat pe o membrană bazală care-l desparte de derm, format dintr-un singur rând de celule cilindrice;
- stratul spinos, format din 6-20 rânduri de celule poliedrice, care trimit unele spre celelalte prelungiri în formă de spini.

Procesul de keratinizare sau transformare cornoasă începe chiar în regiunile superficiale ale acestui strat. Pătura germinativă se caracterizează prin faptul că celulele ei se divid activ, asigurând reînnoirea straturilor superficiale, justificând astfel denumirea. În plus, cele două straturi ale păturii germinative conţin pigment melanic, care este produs de celule speciale numite melanocite, localizate în derm.

**Pătura cornoasă** este alcătuită din trei straturi (cu structură pluristratificată):

- stratul granular este format din celule turtite care conţin granulaţii de keratină; nucleii se fragmentează; la nivelul acestui strat, celulele epidermului încep să moară;
- stratul lucid este format din celule turtite, clare, cu nucleu degenerat, cu multe granulaţii de keratină în citoplasmă;
- stratul cornos conţine celule foarte turtite, citoplasma lor este încărcată cu keratină, nucleii dispăruţi. Metabolismul acestor celule a încetat. Legăturile dintre celule slăbesc şi ele se desprind de la suprafaţa pielii. Celulele cornoase superficiale constituie stratul descumativ şi sunt continuu înlocuite de celule provenite din straturile profunde ale epidermului.

În epiderm nu pătrund vase, el fiind hrănit prin osmoză din lichidul intercelular. Epidermul conţine, însă, terminaţii nervoase libere.

**Dermul**

Este o pătură conjunctivă densă, în care se găsesc vase de sânge şi limfatice, terminaţii nervoase şi anexe cutanate. Este format dintr-un strat spre epiderm, numit stratul papilar, şi un strat spre hipoderm, numit stratul reticular.

În stratul papilar se află papilele dermice, care sunt nişte ridicături tronconice. Pe suprafaţa degetelor, în palmă şi talpa piciorului, papilele sunt mai evidente şi formează nişte proeminenţe numite creste papilare, a căror întipărire dă amprentele, cu importanţă în medicina legală.

Stratul reticular este format din ţesut conjunctiv dens, fibre şi fascicule groase. Elementele celulare sunt relativ rare.

**Hipodermul**

Este considerat de unii autori drept strat profund al dermului. Hipodermul este alcătuit din ţesut conjunctiv lax, cu un număr variabil de celule adipoase. Când celulele adipoase sunt abundente, constituie paniculi adipoşi. În hipoderm găsim bulbii foliculari piloşi, glomerulii glandelor sudoripare şi corpusculii Vater-Paccini. Anexele pielii sunt anexe cornoase şi glandulare. Anexele cornoase sunt reprezentate de firele de păr şi unghii. Anexele glandulare sunt: glandele sudoripare, sebacee şi glandele mamare.

**Firul de păr**

Firul de păr prezintă o parte înfiptă oblic în piele, rădăcina, şi o parte liberă, vizibilă, tulpina. La rădăcina firului de păr se află câte o glandă sebacee care unge firul de păr şi un muşchi erector al firului de păr, format din ţesut muscular neted, cu inervaţie vegetativă (sistemul simpatic determină contracţia muşchiului erector al firului de păr). La baza rădăcinii firului de păr se găseşte o porţiune mai îngroşată, numită bulbul firului de păr, în care pătrund ţesut conjunctiv, vase de sânge şi nervi, care alcătuiesc laolaltă papila firului de păr. Celulele din care este format firul de păr, dispuse în straturi concentrice, sunt cheratinizate, alcătuind tecile firului de păr. În citoplasma lor se află pigment melanic, care este responsabil de culoarea firului de păr. Bulbul, papila şi tecile firului de păr formează foliculul pilos.

UNGHIILE

Sunt lame cornoase alcătuite din celule cheratinizate. Sunt situate pe feţele dorsale ale degetelor, în dreptul ultimei falange. Înconjurate de şanţul unghiei, ele prezintă o parte vizibilă de culoare roză, numită corpul unghiei, şi o porţiune ascunsă sub piele, numită rădăcina unghiei. Între corpul unghiei şi rădăcină se află o zonă semilunară, albicioasă, numită lunula (nu există la cei din rasa neagră). Părţile moi pe care sunt aşezate unghiile alcătuiesc patul unghiei.

GLANDELE SUDORIPARE

Sunt glande de tip tubular, foarte numeroase (2-3 milioane), cu rol în a elabora sudoarea, lichid cu o compoziţie asemănătoare cu a urinei, în ceea ce priveşte substanţele minerale şi organice. Glandele sudoripare sunt, în general, numeroase pe frunte, buze, axilă, palmă şi plantă. Extremitatea profundă a glandei, numită glomerul, este încolăcită şi situată în hipoderm. Glomerulul glandei sudoripare este înconjurat de capilare, din care glomerulul extrage apa şi substanţele nefolositoare pentru a forma sudoarea. Glomerulul este continuat de canalul excretor al glandei care străbate dermul şi apoi epidermul, unde capătă traiect spiralat, deschizându-se în final la suprafaţa pielii prin porul excretor.

GLANDELE SEBACEE

Sunt glande de tip acinos, anexate rădăcinii firului de păr. Ele au rolul de a secreta o substanţă grasă, numită sebum, care unge pielea şi firul de păr. Dacă secreţia acestor glande este în cantitate mare, pielea şi firul de păr sunt grase (seboree), iar dacă este în cantitate mică sunt uscate (ihtioză).



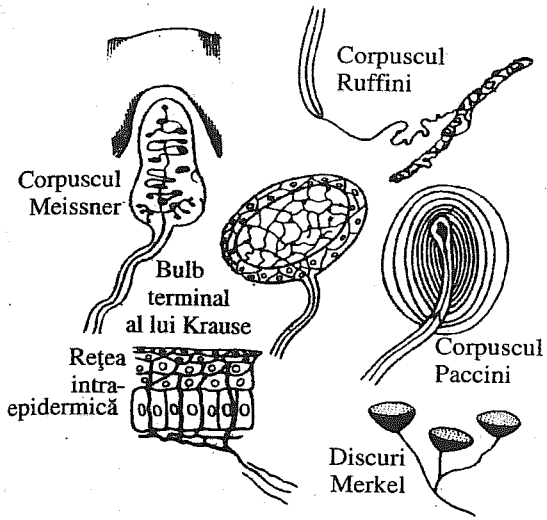



**Fig. 84. Receptorii cutanaţi**

GLANDELE MAMARE

Sunt glande sebacee modificate şi evoluţia lor este legată de cea a organelor genitale feminine (vezi aparatul genital).

RECEPTORII CUTANAŢI

În piele există terminaţii libere şi încapsulate (fig. 84).

Terminaţiile libere sunt arborizaţii dendritice ale neuronilor senzitivi din ganglionii spinali, distribuite printre celulele epidermului.

La om au fost descrise două varietăţi morfologice de terminaţii nervoase intraepidermice: reţeaua intraepidermică şi expansiunile iederiforme.

**Reţeaua intraepidermică** este formată din fibre amielinice, situate în profunzimea epidermului, din care se desprind expansiuni nervoase ce se termină la suprafaţa celulelor sub forma unor butoni. Expansiunile iederiforme (discurile tactile Merkel) sunt reprezentate prin fibre mielinice provenite din plexul nervos din derm, care se termină sub forma unui coşuleţ în jurul unor celule epiteliale, clare. Reţeaua intraepidermică recepţionează excitaţiile dureroase, iar discurile tactile Merkel recepţionează stimulii tactili.

**Terminaţiile încapsulate.** Expansiunile nervoase încapsulate, denumite corpusculi senzitivi, sunt localizate în derm şi hipoderm şi cuprind în structura lor o capsulă şi o porţiune axială. Capsula, de natură conjunctivă, este formată din mai multe lame concentrice. Porţiunea axială este reprezentată de una sau mai multe fibre nervoase amielinice. După structura lor se deosebesc corpusculi lamelari şi nelamelari în formă de bulb sau helicoidală. În hipoderm se găsesc corpusculi lamelari, unii pentru sensibilitatea tactilă, corpusculii Vater - Paccini şi corpusculii Golgi - Mazzoni.

În derm se găsesc corpusculi nelamelari, adaptaţi pentru sensibilitatea tactilă, corpusculii Meissner. Corpusculii Meissner sunt localizaţi în derm şi au formă ovoidală. Sunt formaţi dintr-o capsulă ce înveleşte o parte centrală. Centrul corpusculului cuprinde celule şi fibre nervoase. Fibrele nervoase sunt mielinice şi amielinice şi provin din plexul dermal. După intrarea în corpuscul toate devin amielinice, se ramifică printre celulele axului central, formând reţele ce se termină în buchet sau butoni pe celulele cu care fac sinapsa.

Corpusculii Krause sunt localizaţi, de asemenea, în derm. Au formă sferoidală. La exterior prezintă o capsulă sub care se află substanţa centrală care conţine o fibră nervoasă ramificată terminată în reţea. Această fibră nervoasă e înconjurată de 1-2 straturi de celule turtite.

Corpusculii Vater - Paccini sunt corpusculi lamelari, foarte voluminoşi (pot fi văzuţi cu ochiul liber), localizaţi în special în hipodermul palmelor şi plantelor, precum şi în jurul cavităţilor articulare, la nivelul tendoanelor şi periostului. Capsula periferică este constituită din

numeroase lamele (20-60) dispuse concentric. Fibra nervoasă, după intrarea în corpuscul, pierde teaca de mielină, străbate porţiunea centrală a corpusculului şi se termină printr-o umflătură în contact cu celulele lamelare centrale.

Corpusculii Golgi - Mazzoni sunt o varietate a corpusculilor Vater - Pacini, având dimensiuni mai mici, fiind localizaţi în special în hipodermul pulpei degetelor.

Corpusculii Ruffini sunt localizaţi, de asemenea, în hipoderm, dar şi în dermul profund. Capsula lor este alcătuită din 4 - 5 lame concentrice, constituite din celule turtite. Fibra nervoasă se găseşte în centrul ţesutului conjunctiv şi se divide, formând numeroase prelungiri terminate în butoni.

## ANALIZATORUL KINESTEZIC

Desfăşurarea normală a activităţii motorii, analiza fină şi coordonarea precisă a mişcărilor necesită informarea permanentă a sistemului nervos central asupra poziţiei spaţiale a corpului, a diferitelor sale segmente şi, mai ales, asupra gradului de contracţie a fiecărui muşchi. Aceste informaţii sunt furnizate de receptorii aparatului vestibular, receptorii vizuali şi cutanaţi, dar şi de anumiţi receptori specifici care se află în aparatul locomotor (proprioceptori). Receptorii analizorului kinestezic, numiţi proprioceptori, sunt situaţi în muşchi, tendoane, articulaţii, periost, ligamente. Receptorii kinestezici din periost şi articulaţii sunt corpusculii Vater - Paccini, identici cu cei din piele. Sunt sensibili la mişcări şi modificări de presiune.

Corpusculii neurotendinoşi Golgi sunt situaţi la joncţiunea muşchi - tendon. Un corpuscul Golgi este alcătuit din mai multe fascicule tendinoase, formate din fibre puţin dense, scurte şi celule tendinoase mari şi numeroase. Fasciculele sunt înconjurate de o capsulă subţire conjunctivă, căptuşită de celule capsulare. În corpuscul pătrund 1-3 fibre mielinice care, la intrare, pierd teaca de mielină şi se termină în formă de disc ce îmbracă fasciculele tendinoase. Terminaţiile nervoase sunt excitate de întinderea puternică a tendonului.

Corpusculii Ruffini sunt situaţi în stratul superficial al capsulei articulare şi recepţionează informaţii în legătură cu poziţia şi mişcările din articulaţii.

Terminaţiile nervoase libere se ramifică în toată grosimea capsulei articulare şi transmit sensibilitatea dureroasă articulară, cauzată de amplitudinea excesivă a mişcării.

Fusurile neuromusculare sunt diseminate printre fibrele musculare striate, faţă de care se află în paralel. Sunt excitate de tensiunea dezvoltată în timpul contracţiei musculare. Fusurile neuromusculare sunt formate din 5 - 10 fibre musculare modificate, numite fibre intrafuzoriale, conţinute într-o capsulă conjunctivă. Fibrele musculare intrafuzoriale sunt de două tipuri: fibre cu sac nuclear şi fibre cu lanţ nuclear. Fibrele cu sac nuclear sunt lungi şi groase şi prezintă două aspecte diferite: spre polii fibrei, în zonele polare, striaţiunile se păstrează, iar nucleii se află în şir central. Porţiunea centrală a fibrei (zona ecuatorială) este mult dilatată, fără striaţiuni, necontractilă şi conţine 40-50 nuclei. Fibrele cu lanţ nuclear, subţiri şi scurte, au calibru uniform, păstrează striaţiunile pe tot traiectul, iar nucleii sunt aşezaţi în şir pe toată lungimea lor. Conţin miofibrile mai puţin numeroase.

Fusurile au inervaţie senzitivă şi motorie. Inervaţia senzitivă este asigurată de dendrite ale neuronilor senzitivi din ganglionul spinal. Unele dintre aceste terminaţii dendritice se numesc anulospirale şi se rulează în jurul ecuatorului fibrelor cu sac nuclear, altele, numite "în floare",



se termină pe ecuatorul fibrelor cu lanţ nuclear. Inervaţia motorie este asigurată de axonii neuronilor γ (gama) din cornul anterior al măduvei.

Aceşti axoni ajung la partea periferică a fibrelor cu sac nuclear şi cu lanţ nuclear pe care le contractă, determinând întinderea porţiunii centrale, necontractile, ceea ce duce la excitarea fibrelor senzitive anulospirale şi a celor "în floare".

Excitarea acestor terminaţii senzitive din fusul neuromuscular se transmite neuronului α, ceea ce duce la contracţia fibrelor extrafusale ale muşchiului, determinând deci contracţia acestuia.

Asupra neuronilor γ acţionează trei sisteme, cu origine supramedulară: corticospinal, vestibulospinal şi reticulospinal. Excitarea neuronului gama activează zonele polare ale fibrelor intrafuzoriale, care prin contracţie excită receptorul situat în porţiunea ecuatorială a fibrelor intrafuzoriale.

Impulsurile aferente de la proprioceptori sunt conduse prin două căi:

- pentru sensibilitatea kinestezică (simţul poziţiei şi al mişcării în spaţiu), prin fasciculele spinobulbare; receptorii acestor căi sunt corpusculii Golgi, Ruffini, Paccini şi terminaţiile nervoase libere;
- pentru sensibilitatea proprioceptivă de control al mişcării (simţul tonusului muscular), prin fasciculele spinocerebeloase ventral şi dorsal. Receptorii acestei căi sunt fusurile neuromusculare.

## ANALIZATORUL OLFACTIV

Simţul mirosului (olfacţia) este slab dezvoltat la om, comparativ cu unele animale. Rolul său principal constă în a depista prezenţa în aer a unor substanţe mirositoare, eventual nocive, şi, împreună cu simţul gustului, de a participa la aprecierea calităţii alimentelor şi la declanşarea secreţiilor digestive.

Receptorii analizatorului olfactiv sunt chemoreceptori care ocupă partea postero-superioară a foselor nazale. Epiteliul mucoasei olfactive este format din celule de susţinere, celule bazale (cu înălţime mică) şi celule senzitive bipolare. Celulele senzitive bipolare reprezintă, în acelaşi timp, receptorul şi protoneuronul. Ele au dendrita scurtă şi groasă, care pleacă de la polul apical, orientată prin celulele de susţinere, şi se termină cu o veziculă (buton olfactiv) prevăzută cu cili (10-20).

Cilii au o mare densitate - 10 000/mm$^2$. Ei măresc suprafaţa receptoare a veziculelor care sunt adevărate traductoare fizico-chimice cu rol în codificarea mesajului olfactiv. Axonii celulelor bipolare pleacă de la polul bazal şi se înmănunchează pentru a forma nervii olfactivi (10-20) care străbat lama ciuruită a etmoidului şi se termină în bulbul olfactiv, făcând sinapsa cu neuronii mitrali multipolari de la acest nivel. Această sinapsă este de tip glomerular.

Neuronii mitrali din bulbul olfactiv reprezintă cel de-al II-lea neuron al căii olfactive. Axonii lor formează tractul olfactiv, care se termină prin trigonul olfactiv de la care pleacă stria olfactivă medială şi laterală, delimitând substanţa perforată anterioară. Axonii celui de-al II-lea neuron ajung la cortexul olfactiv primar (substanţa perforată anterioară şi nucleii septului pellucid). Prelungirile neuronilor din cortexul olfactiv primar se termină în aria entorinală (aria 28), care constituie cortexul olfactiv secundar. Calea olfactivă este singura cale senzorială care nu are legături directe cu talamusul.

## ANALIZATORUL GUSTATIV

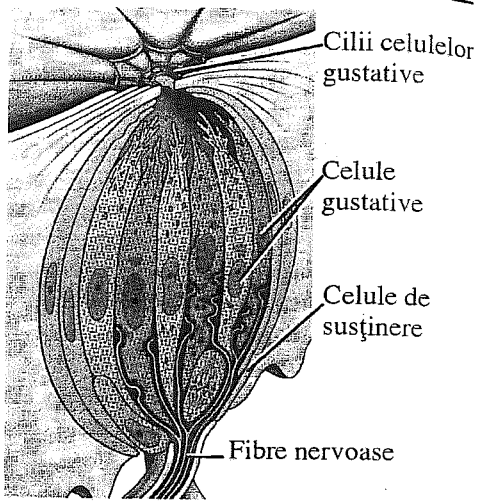



**Fig. 85. Corpusculul gustativ**

Simţul gustului are rolul de a informa asupra calităţii alimentelor introduse în gură, dar intervine şi în declanşarea reflex necondiţionată a secreţiei glandelor salivare.

Receptorii analizatorului gustativ sunt chemoreceptori, reprezentaţi de muguri gustativi, situaţi la nivelul papilelor gustative.

Mugurii gustativi sunt formaţiuni ovoidale formate din celule de susţinere şi celule senzoriale care sunt în număr de 5-20 pentru fiecare mugur gustativ (fig. 85). La polul apical al celulelor senzoriale se găseşte câte un microvil, care pătrunde în porul gustativ al mugurelui. La polul bazal al celulelor gustative sosesc terminaţii nervoase ale nervului facial, glosofaringian şi vag. Nervul facial, printr-o ramură a sa, coarda timpanului, preia excitaţiile gustative de la corpul limbii, nervul glosofaringian, excitaţiile de la rădăcina limbii, iar nervul vag preia excitaţiile din regiunea valeculelor (două depresiuni situate între rădăcina limbii şi epiglotă).

Protoneuronul căii gustative se află, în cazul nervului facial, la nivelul ganglionului geniculat, iar la nervii glosofaringian şi vag la nivelul ganglionului inferior al n. IX şi X.

Axonul primului neuron ajunge la nucleul solitar din bulb, unde se află cel de-al II-lea neuron al căii gustative. Axonul celui de-al II-lea neuron se încrucişează şi ajunge la talamus, unde se află cel de-al III-lea neuron. Axonul acestuia se proiectează în aria gustativă (aria 43), plasată în partea inferioară a girului postcentral, în zona de proiecţie a feţei.

## ANALIZATORUL VIZUAL

Vederea furnizează peste 90% din informaţiile asupra mediului înconjurător, de aceea are o importanţă fiziologică considerabilă, nu numai în diferenţierea luminozităţii, formei şi culorii obiectelor, dar şi în orientarea în spaţiu, menţinerea echilibrului şi a tonusului cortical (atenţia).

Analizatorul vizual este constituit din retină, la nivelul căreia se găsesc receptori sensibili pentru radiaţiile luminoase, căile de transmitere şi zonele de proiecţie corticală, unde se face analiza şi sinteza informaţiilor.

Globul ocular, de formă aproximativ sferică, este situat în orbită. Între globul ocular şi peretele osos al orbitei se află o capsulă adipoasă în care se găsesc muşchii extrinseci (striaţi) ai globilor oculari. Globul ocular este format din trei tunici concentrice - externă, medie şi internă - şi din medii refringente (fig. 86).

**Tunica externă** este fibroasă şi formată din două porţiuni inegale: posterior se află sclerotica, iar anterior corneea. Între sclerotică şi cornee se află şanţul sclerocorneean, în profunzimea căruia se află şi canalul lui Schlemm prin care trece umoarea apoasă spre venele sclerei, unde excesul se va resorbi.



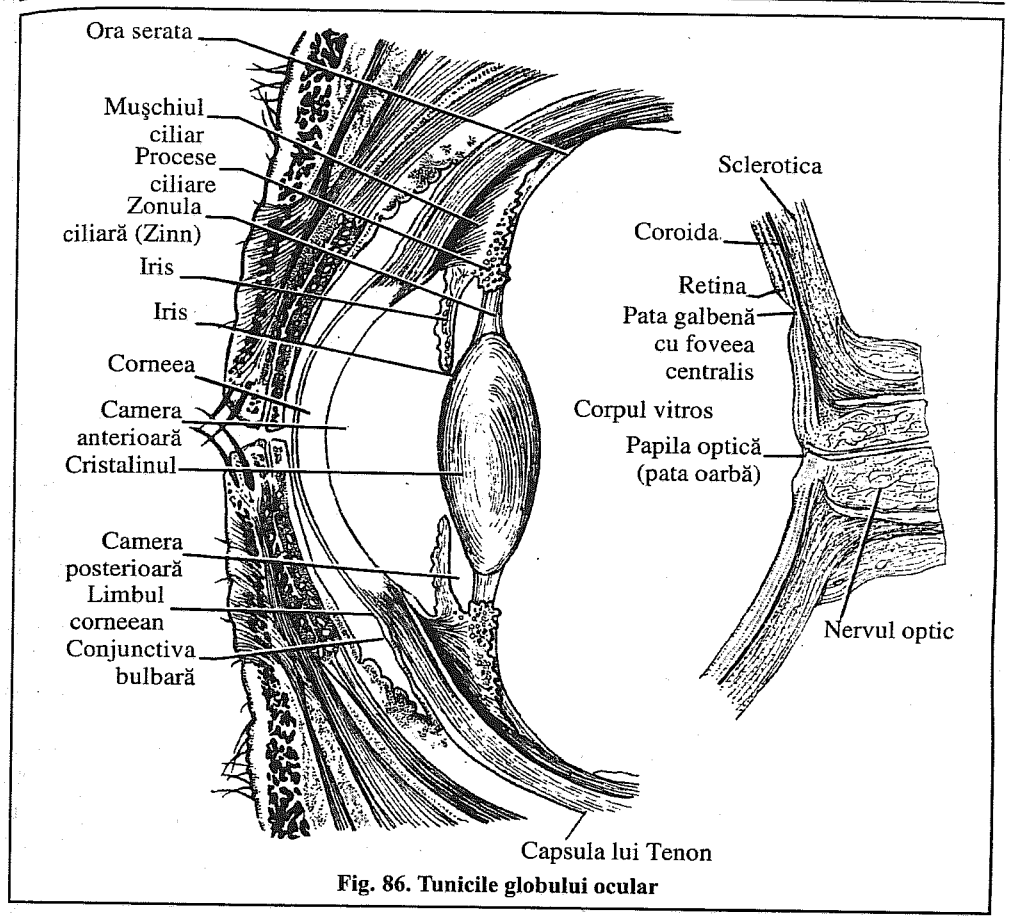



**Fig. 86. Tunicile globului ocular**

***Corneea*** este plasată în partea anterioară şi este mai puţin întinsă faţă de sclerotică. Este transparentă, neavând vase de sânge, dar are în structura sa fibre nervoase numeroase.

***Sclerotica***, tunică opacă, reprezintă 5/6 din tunica fibroasă. Pe sclerotică se inseră muşchii extrinseci ai globului ocular. Ea prezintă orificii pentru vasele sangvine şi limfatice, iar la nivelul polului posterior este perforată de fibrele nervului optic, care părăseşte globul ocular, cât şi de artera care intră în globul ocular (lama ciuruită a sclerei). Sclerotica este constituită din ţesut conjunctiv dens. Pe faţa ei internă, zona de tranziţie spre coroidă conţine celule pigmentare (lamina fusca).

**Tunica medie**, vasculară, este situată înăuntrul tunicii externe, fibroase, şi prezintă trei segmente care, dinspre posterior spre anterior, sunt: coroida, corpul ciliar şi irisul.

***Coroida*** se întinde posterior de ora seratta care reprezintă limita dintre coroidă şi corpul ciliar. În partea sa posterioară, coroida este prevăzută cu un orificiu având diametrul de 1,5 mm, prin care iese nervul optic. Acest orificiu corespunde lamei ciuruite a sclerei.

***Corpul ciliar*** se află imediat înaintea orei seratta şi prezintă, în structura sa, procesele ciliare şi muşchiul ciliar.

Muşchiul ciliar este format din fibre musculare netede, unele radiare, altele circulare.

Fibrele circulare sunt inervate de parasimpatic (nucleul autonom al nervului III), iar fibrele radiare sunt inervate de simpatic.

Mușchiul ciliar are un rol important în procesele de acomodare, intervenind asupra cristalinului prin ligamentul suspensor (zonula Zinn), care se inseră pe fața externă a capsulei cristalinului.

Procesele ciliare, în număr de 60-80, sunt alcătuite din aglomerări capilare; ele secretă umoarea apoasă.

***Irisul*** este o diafragmă în fața anterioară a cristalinului; în mijloc, prezintă un orificiu numit pupilă. Culoarea, aspectul și structura irisului variază de la un individ la altul. Din punct de vedere structural, irisul apare format din mai multe straturi care, dinspre partea anterioară spre partea posterioară, sunt:

- Epiteliul anterior, format dintr-un singur rând de celule poligonale.
- Stroma irisului, bogată în celule pigmentare. Un număr mare de celule pigmentare realizează culoarea brună, în timp ce o cantitate mică de pigment determină culoarea albastră. În stroma irisului, în jurul orificiului pupilar se găsesc fibre musculare netede orientate circular (sfincterul pupilei) și radiar (dilatatorul pupilei). Acești doi mușchi, împreună cu mușchiul ciliar, constituie musculatura intrinsecă a ochiului. Mușchiul sfincter este inervat de fibre parasimpatice provenite din nucleul autonom al nervului III, iar mușchiul dilatator de fibre simpatice care provin din cornul lateral al măduvei $C_8$ - $T_2$ (centrul iridodilatator).
- Epiteliul posterior, format dintr-un singur rând de celule, abundent încărcate cu pigment.

Irisul are rolul unei diafragme ce permite reglarea cantității de lumină ce sosește la retină.

**Tunica internă** este reprezentată de retină. Ea este membrana fotosensibilă, responsabilă de recepția și transformarea stimulilor luminoși în influx nervos. Din punct de vedere morfologic și funcțional i se disting două regiuni: retina vizuală sau partea optică și retina oarbă (pata oarbă), fără rol în fotorecepție, numită și retina iridociliară, datorită raporturilor ei cu irisul și corpul ciliar.

***Retina vizuală*** se întinde posterior de ora seratta și prezintă două regiuni importante:

- Pata galbenă (macula luteea), situată în dreptul axului vizual. La nivelul ei se găsesc mai multe conuri decât bastonașe. În centrul maculei luteea se află o adâncitură de 1,5 $mm^2$ – foveea centralis – în care se găsesc numai conuri.
- ***Pata oarbă***, situată medial și inferior de pata galbenă, reprezintă locul de ieșire a nervului optic din globul ocular și de intrare a arterelor globului ocular. În pata oarbă nu există elemente fotosensibile.

În structura retinei se descriu 10 straturi, în care se întâlnesc trei feluri de celule funcționale, aflate în relații sinaptice, celule fotoreceptoare, cu prelungiri în formă de con și de bastonaș, celule bipolare și celule multipolare. În afară de acestea se mai găsesc celule de susținere și celule de asociație.

Cele 10 straturi, dinspre coroidă spre interiorul globului ocular, sunt:

- epiteliu pigmentar;
- stratul conurilor și bastonașelor, alcătuit din segmentele externe ale celulelor vizuale cu conuri și bastonașe;
- membrana limitantă externă;
- stratul granular extern, care cuprinde corpul celulelor vizuale;



- stratul plexiform extern, care reprezintă sinapsa dintre celulele vizuale și celulele bipolare;
- stratul granular intern, realizat de sinapsele dintre celulele nervoase bipolare și cele ganglionare;
- stratul plexiform intern, realizat de sinapsele dintre celulele nervoase bipolare și celulele ganglionare;
- stratul ganglionar sau stratul celulelor multipolare;
- stratul fibrelor nervului optic, format din axonii celulelor multipolare;
- membrana limitantă internă.

Celulele cu bastonașe sunt celule nervoase modificate, în număr de circa 125 milioane. Sunt mai numeroase spre periferia retinei optice, în macula luteea numărul lor este mic, iar în forveea centralis lipsesc. Bastonașele sunt adaptate pentru vederea nocturnă, la lumină slabă. Mai multe celule cu bastonașe fac sinapsă cu o celulă bipolară și mai multe celule bipolare fac sinapsă cu o celulă multipolară, deci la o celulă multipolară corespund circa 90 - 180 celule cu bastonașe.

Celulele cu conuri, de asemenea, celule nervoase modificate, în număr de 6 - 7 milioane, sunt mai numeroase în macula luteea; în forveea centralis există numai celule cu conuri.

Fiecare celulă cu con din forveea centralis face sinapsa cu o singură celulă bipolară, iar aceasta cu o singură celulă multipolară. Conurile sunt adaptate pentru vederea diurnă, colorată, la lumină intensă.

**Mediile refringente** sunt reprezentate de: corneea transparentă, umoarea apoasă, cristalinul și corpul vitros. Aceste medii au rolul de a refracta razele de lumină.

***Cristalinul*** are forma unei lentile biconvexe, transparente, localizată între iris și corpul vitros. La periferie este învelit de o capsulă de natură elastică, numită cristaloida. Cristalinul este menținut la locul său printr-un sistem de fibre care alcătuiesc ligamentul suspensor sau zonula lui Zinn. Cristalinul nu conține vase sangvine, limfatice și nervi, nutriția sa făcându-se prin difuziune de la vasele proceselor ciliare.

***Umoarea apoasă*** este un lichid incolor, ce se formează printr-o activitate secretorie a proceselor ciliare. Ea trece inițial în compartimentul posterior al camerei anterioare, delimitată între iris și cristalin, apoi prin pupilă trece în compartimentul anterior al camerei anterioare dintre iris și cornee. De la acest nivel, prin canalul lui Schlemm, se resoarbe în venele sclerei.

Între cantitatea de umoare apoasă formată și cea resorbită în venele sclerei se menține un echilibru constant, cu o presiune intraoculară normală de 23 mm Hg. Când se produce o obstrucție în resorbția ei la nivelul venelor sclerei, presiunea intraoculară crește prin formarea continuă normală a umoarei apoase, dând boala denumită glaucom.

***Corpul vitros*** are o formă sferoidală, cu consistență gelatinoasă și este transparent. Ocupă camera posterioară, situată înapoia cristalinului. La exterior este învelit de o membrană numită hialoidă.

Mediile transparente ale ochiului au indice de refracție foarte apropiat. Razele de lumină pătrund prin corneea transparentă în interiorul globului ocular, unde sunt refractate conform legilor refracției, de către mediile refringente ale globului ocular, formându-se pe retină imaginea obiectului privit.

Deoarece sistemul optic al ochiului este un sistem convergent, se va obține o imagine reală, răsturnată și mai mică.

ANEXELE OCHIULUI

Se împart în anexe de mişcare şi anexe de protecţie.

**Anexele de mişcare** sunt reprezentate de muşchii extrinseci ai globului ocular, care, spre deosebire de cei intrinseci, sunt striaţi. Se descriu patru muşchi drepţi şi doi oblici. Muşchii drepţi au, în ansamblu, formă de trunchi de con cu baza pe sclerotică şi cu vârful la nivelul unui inel fibros de la vârful orbitei (muşchiul drept superior, inferior, intern şi extern). Muşchii oblici se disting în superior şi inferior. Ei îşi au originea pe peretele superior şi inferior al orbitei.

Mişcările globilor oculari sunt conjugate prin conlucrarea bilaterală a unui număr de muşchi. Mişcarea de lateralitate se efectuează prin contracţia dreptului extern de la un ochi, împreună cu dreptul intern al ochiului opus, mişcarea de convergenţă a ochilor se realizează prin contracţia ambilor muşchi drepţi interni, mişcarea în sus se realizează prin contracţia muşchilor drepţi superiori şi a celor oblici inferiori, mişcarea în jos prin contracţia drepţilor inferiori şi a oblicilor superiori.

Nervul III inervează oblicul inferior şi toţi muşchii drepţi, exceptând dreptul extern, nervul IV inervează oblicul superior, iar nervul VI dreptul extern.

**Anexele de protecţie** sunt următoarele: sprâncenele, pleoapele, conjunctiva şi aparatul lacrimal.

CALEA OPTICĂ

Reprezintă segmentul intermediar al analizatorului vizual. Receptorii căii optice sunt celulele fotosensibile cu conuri şi bastonaşe. Primul neuron se află la nivelul celulelor bipolare din stratul 6 al retinei vizuale, iar al doilea neuron este situat în stratul 8, fiind reprezentat de celulele multipolare. Axonii neuronilor multipolari proveniţi din câmpul intern al retinei (câmpul nazal) se încrucişează, formând chiasma optică, după care ajung în tractul optic opus. Axonii proveniţi din câmpul extern al retinei (câmpul temporal) nu se încrucişează şi trec în tractul optic de aceeaşi parte. Nervul optic conţine fibre de la un singur glob ocular, în timp ce tractul optic conţine fibre de la ambii ochi.

Tractul optic ajunge la metatalamus (la corpul geniculat extern), unde majoritatea fibrelor tractului optic fac sinapsă cu cel de al III-lea neuron al cărui axon se propagă spre scoarţa cerebrală, şi se termină în lobul occipital, în jurul scizurii calcarine (cîmpurile 17, 18, 19), unde se află aria vizuală care reprezintă segmentul cortical al analizatorului. Alte fibre ale tractului optic nu fac sinapsă în corpul geniculat extern, ci merg spre nucleii pretectali situaţi anterior de lama cvadrigemină (tectum). De la acest nivel, unele fibre merg spre nucleul autonom al nervului III, de unde pornesc fibre parasimpatice care vor ajunge în muşchiul sfincter al pupilei (mioză), altele coboară în cornul lateral al măduvei $C_8$ - $T_2$, de unde pornesc fibre simpatice care vor ajunge la dilatatorul pupilei (midriază).

## ANALIZATORUL ACUSTICO-VESTIBULAR

Analizatorul acustic (pentru auz) şi analizatorul vestibular (pentru poziţia corpului în repaus şi mişcare) sunt situaţi în urechea internă. Fiecare dintre ei are câte un nerv pentru a conduce excitaţiile: nervul acustic (cohlear) şi, respectiv, nervul vestibular. Pe traiectul nervului cohlear se află ganglionul spiral Corti, iar pe traiectul nervului vestibular se află ganglionul



vestibular Scarpa. Cei doi nervi se unesc şi formează perechea VIII de nervi cranieni. Nervul stato-acustic (vestibulo-cohlear) se îndreaptă spre trunchiul cerebral, pătrunzând în trunchi prin şanţul bulbopontin. Analizatorul auditiv deţine la unele animale roluri importante legate de orientarea în spaţiu, pentru depistarea surselor de hrană şi a pericolelor, iar la om serveşte şi la perceperea vorbirii care stă la baza relaţiilor interumane.

Urechea umană poate percepe undele sonore, repetate într-o anumită ordine (sunete) sau succedându-se neregulat (zgomote). Produse prin condensări şi rarefieri ale aerului, undele sonore au trei proprietăţi fundamentale: intensitatea, determinată de amplitudine, înălţimea, condiţionată de frecvenţă, şi timbrul, depinzând de vibraţiile armonice supra-adăugate. Frecvenţa sunetelor percepute de urechea umană este cuprinsă între 25 şi 20 000 cicli/s, iar sensibilitatea auditivă maximă este cuprinsă între 1000 - 3000 cicli/s.

În ceea ce priveşte analizatorul vestibular, el are funcţia de a furniza informaţii asupra poziţiei şi mişcărilor corpului în spaţiu, pe baza cărora declanşează reflexe necesare menţinerii echilibrului şi poziţiei verticale a corpului, cât şi a schimbărilor de poziţie. La această funcţie mai participă şi informaţiile culese de la receptorii musculari, cutanaţi (tact, presiune) şi optici.

Perfecţionarea aparatului acustic a determinat dezvoltarea unor anexe importante: urechea externă şi medie (fig. 87), care nu au nici o relaţie cu aparatul vestibular. Urechea externă cuprinde: pavilionul şi conductul auditiv extern.

Pavilionul urechii este situat pe faţa laterală a capului şi prezintă două feţe (laterală şi medială) şi o circumferinţă.

Faţa laterală prezintă în centrul ei o depresiune numită concă, în fundul căreia se află orificiul auditiv extern. Anterior de concă se află o proeminenţă numită tragus.

În partea superioară şi posterioară a pavilionului se află helixul, iar anterior de aceasta antehelixul. În partea inferioară a antehelixului se află antitragusul. Faţa medială a pavilionului este mai puţin întinsă decât faţa laterală. Circumferinţa pavilionului este formată anterior de tragus, superior şi posterior de helix, inferior de marginea inferioară a lobului urechii. Lobul urechii este porţiunea situată în partea inferioară a acestuia şi care nu are în structura sa cartilaj articular.

Pavilionul urechii prezintă un schelet fibrocartilaginos, cu fibre elastice, care lipseşte la nivelul lobului.

Pe cartilajul pavilionului se prind muşchii auriculari, atrofiaţi la om. La exterior se află pielea ce se continuă cu cea care acoperă conductul auditiv extern. Conductul auditiv extern se întinde de la orificiul auditiv extern pînă la timpan. În structura sa distingem o porţiune laterală, fibrocartilaginoasă, şi o porţiune medială osoasă, săpată în stânca temporalului. Are o lungime de 1,5 cm. Conductul este acoperit de piele care se continuă la nivelul pavilionului. Pielea conductului auditiv extern prezintă firişoare de păr (vibrize), la baza cărora se găsesc glande ceruminoase care secretă o substanţă grăsoasă gălbuie, numită cerumen. Acumularea în exces a acestei substanţe duce la formarea dopului de ceară care determină hipoacuzia.

Urechea medie sau casa timpanului este o cavitate pneumatică săpată în stânca temporalului, fiind tapetată de o mucoasă care se continuă anterior, prin intermediul trompei, cu mucoasa rinofaringelui şi posterior cu mucoasa cavităţilor mastoidiene. Mucoasa tapetează şi cele trei oscioare ale auzului. Membrana timpanică, situată la limita dintre casa timpanului şi conductul auditiv extern, se prinde pe osul timpanal care are forma de inel deschis în sus.

Membrana timpanului este de natură fibroasă şi este tapetată pe faţa sa externă de tegument, iar pe cea internă de mucoasa casei timpanului. Grosimea timpanului este de 0,1 mm. La vibraţii prea puternice, membrana timpanului se poate sparge.

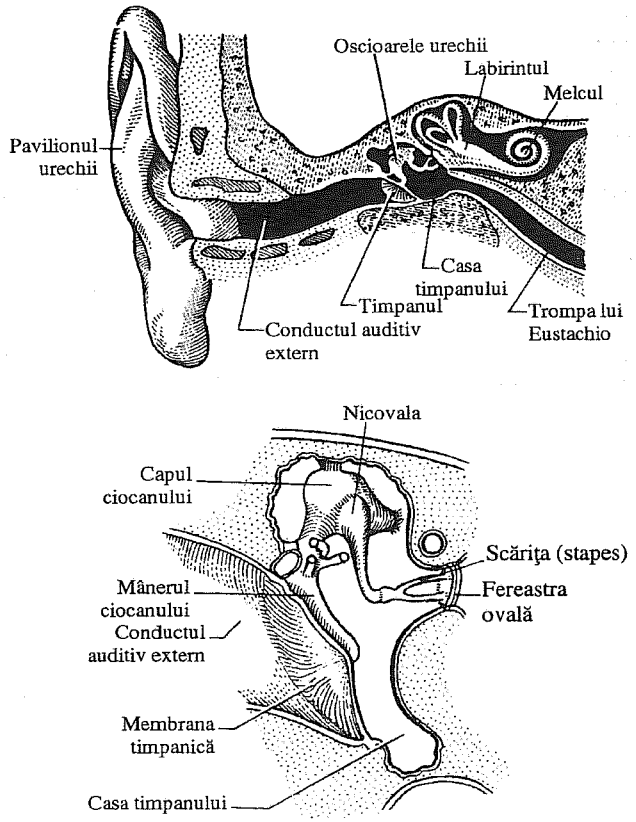



**Fig. 87. Structura urechii**

Urechea medie este formată, central, din casa timpanului, care are o formă cubică, prezentând şase pereţi:

- superior - peretele cerebral, numit şi tegmen timpani, este format de o parte a stâncii temporalului şi vine în raport cu lobul temporal al emisferelor cerebrale acoperit de meninge; perforarea lui, în caz de otite supurate la copii, poate duce la encefalite şi meningite;
- inferior - se numeşte jugular, deoarece vine în raport cu vena jugulară internă;
- anterior - se numeşte tubar, întrucât la nivelul acestuia se deschide trompa lui Eustachio prin care casa timpanului comunică cu nazofaringele; această comunicare are rolul de a egaliza presiunea pe ambele feţe ale timpanului;
- posterior - se numeşte mastoidian; la nivelul acestui perete, casa timpanului comunică printr-un mic canal osos cu celulele mastoidiene, care sunt cavităţi pneumatice săpate în interiorul mastoidei;



- peretele lateral - se numeşte timpanic; la acest nivel se află membrana timpanică ce se interpune între urechea externă şi medie;
- peretele medial - se numeşte labirintic; la acest nivel se găsesc fereastra ovală şi fereastra rotundă.

Urechea medie conţine în interiorul său un lanţ articulat de oscioare care o traversează de la membrana timpanică spre fereastra ovală: ciocanul, nicovala şi scăriţa.

Ciocanul se inseră pe membrana timpanică prin intermediul unei apofize lungi, numită mânerul ciocanului. Capul ciocanului se articulează cu corpul nicovalei. Nicovala se articulează, în continuare, cu corpul scăriţei. Scărita se articulează pe de o parte cu nicovala, iar prin talpa ei, situată la baza scăriţei, acoperă fereastra ovală.

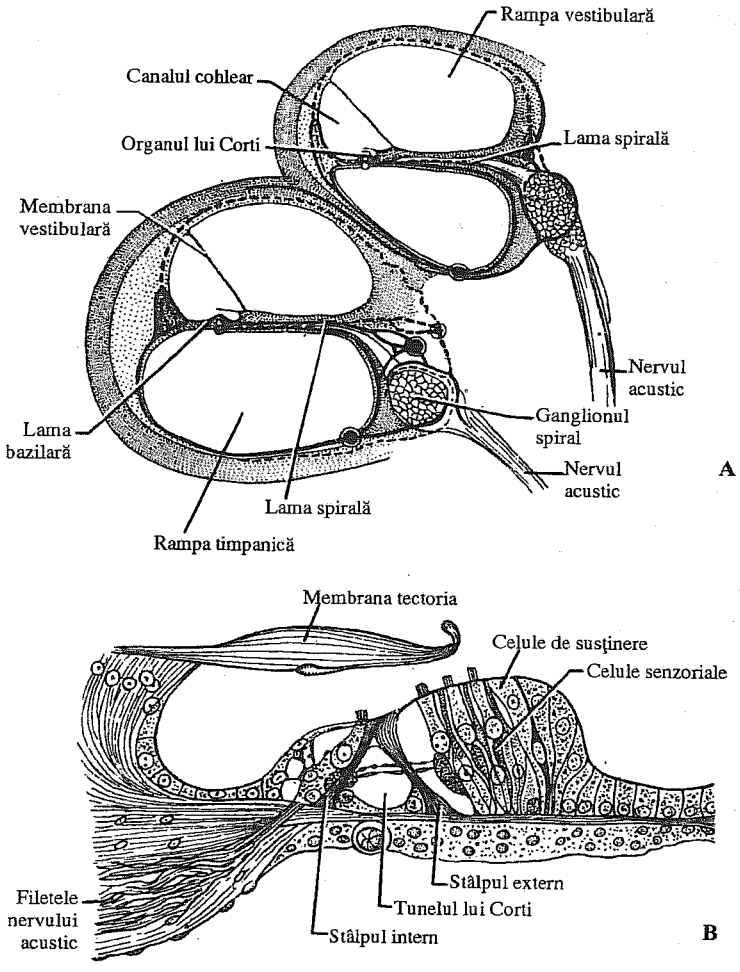



**Fig. 87. Urechea internă. A- organul lui Corti; B- secţiune prin melc**

La nivelul timpanului se descrie muşchiul tensor al timpanului (inervat de trigemen), iar la nivelul scăriţei muşchiul scăriţei (inervat de facial).

Muşchiul ciocanului diminuează vibraţiile sonore prea puternice, iar muşchiul scăriţei le amplifică pe cele slabe.

Urechea internă (fig. 88) este formată dintr-un sistem de încăperi, numite labirint osos, săpate în stânca temporalului. În interiorul labirintului osos se află un sistem de camere membranoase care alcătuiesc labirintul membranos. Între labirintul osos şi cel membranos se află perilimfa, iar în interiorul celui membranos endolimfa.

Labirintul osos este format din vestibul osos, canale semicirculare osoase şi un melc osos, numit şi cohlee osoasă.

Vestibulul osos este o cavitate cu şase pereţi: peretele extern - corespunde casei timpanului şi vine în raport cu cele două ferestre, ovală şi rotundă; peretele intern - vine în contact cu conductul auditiv intern prin care nervul stato-acustic părăseşte urechea şi prin care pătrunde nervul facial ce străbate canalul facialului; peretele anterior - răspunde cohleei osoase; pe pereţii superior şi posterior se remarcă orificiile canalelor semicirculare; peretele inferior - reprezentat de podişul vestibulului.

De la vestibulul osos porneşte, spre faţa posterioară a stâncii, un canal îngust, numit apeductul vestibulului osos, prin care perilimfa comunică cu lichidul cefalorahidian.

Cele trei canale semicirculare osoase (anterior, posterior şi lateral) se află în planuri perpendiculare unul pe celălalt. Fiecare canal semicircular se deschide la o extremitate a sa printr-o dilataţie mai largă, numită ampulă. La cealaltă extremitate, canalul anterior se uneşte cu cel posterior într-un canal comun înainte de a se deschide în vestibul. Cele trei canale semicirculare se vor deschide, deci, în vestibul prin 5 orificii.

Melcul osos (cohleea osoasă) este situat anterior de vestibul şi prezintă o formă conică, cu un ax osos central, numit columelă, în jurul căruia melcul osos realizează $2^1/_2$ ture.

Pe columelă se prinde lama spirală osoasă, mai largă la bază şi mai îngustă la vârf, care se întinde de la columelă până la jumătatea lumenului cohleei şi este întregită de membrana bazilară a labirintului membranos, care se sprijină pe peretele extern al melcului osos. Datorită acestor membrane, lumenul melcului osos este compartimentat în: rampa vestibulară, situată deasupra membranei vestibulare, rampa cohleară (timpanică), sub membrana bazilară, şi canalul cohlear (melcul membranos), între membrana bazilară, membrana vestibulară şi peretele extern al melcului osos. Ambele rampe, vestibulară şi cohleară, conţin perilimfă şi comunică între ele la vârful melcului printr-un orificiu, numit helicotremă, care apare datorită faptului că lama spirală osoasă lipseşte la acest nivel.

Labirintul membranos este format dintr-un sistem de camere, situate în interiorul labirintului osos, ai căror pereţi sunt formaţi din ţesut conjunctiv fibros. Conformaţia labirintului membranos seamănă, în general, cu a celui osos, numai că vestibulul membranos este format din două cavităţi membranoase: utricula, situată în partea postero-superioară a vestibulului, şi sacula, sub utriculă. De la utriculă şi saculă pleacă câte un canal endolimfatic, care, prin unire, formează canalul endolimfatic comun, terminat printr-un fund de sac endolimfatic. În utriculă se deschid cele trei canale semicirculare membranoase, situate în interiorul celor osoase şi care, ca şi cele osoase, sunt perpendiculare unul pe celălalt. Prezintă trei extremităţi dilatate, numite extremităţi ampulare, şi numai două nedilatate (neampulare), deoarece una din extremităţile neampulare este comună canalelor semicirculare anterior şi posterior.



Din partea inferioară a saculei porneşte un canal, numit canalul Hensen, care face legătură cu canalul cohlear situat în interiorul melcului osos, pe care nu-l ocupă în întregime, ci numai parţial, în spaţiul care corespunde celor două membrane, bazilară şi vestibulară Reissner. Pe secţiune are o formă triunghiulară. Receptorii acustici se găsesc la nivelul organului Corti, care se întinde pe aproape toată lungimea canalului cohlear, cu excepţia unor scurte porţiuni la fiecare extremitate a canalului cohlear. Organul lui Corti se află pe membrana bazilară, acoperit de membrana tectoria (Corti), acelulară. Printr-o extremitate a sa aderă de lama spirală osoasă, iar cu cealaltă pluteşte liberă în endolimfă.

În centrul organului Corti se găseşte un spaţiu triunghiular numit tunelul Corti. Baza tunelului Corti este reprezentată de membrana bazilară, iar laturile lui de două rânduri de celule de susţinere mai înalte, numite stâlpii interni şi externi, care se sprijină unul pe celălalt prin polul apical. Tunelul lui Corti este traversat de fibre dendritice ale neuronilor din ganglionul spiral Corti, care este localizat într-un canal spiral în columelă. De o parte şi de alta a stâlpilor se descriu alte celule de susţinere mai mici, celulele Deiters. Cele interne sunt dispuse pe un singur rând, cele externe pe 3-4 rânduri. Celulele de susţinere interne sunt continuate spre lama spirală osoasă de un epiteliu cubic simplu, în timp ce celulele de susţinere externe sunt continuate spre peretele extern al canalului cohlear de celule înalte (celulele Hensen). Celulele Hensen diminuă şi se continuă cu celule cubice (Claudius). Deasupra celulelor de susţinere (interne şi externe) se găsesc celulele auditive. În raport cu tunelul Corti se deosebesc celule auditive interne, pe un singur şir, şi celule auditive externe, organizate pe 3-4 şiruri. La polul bazal al celulelor auditive sosesc terminaţii dendritice ale neuronilor din ganglionul spiral Corti. La polul apical al celulelor auditive se găsesc cilii auditivi, care pătrund în membrana reticulată secretată de celulele de susţinere. Numărul cililor este mai mare la celulele auditive externe (80-100) decât la cele interne (40 - 65). Deasupra cililor auditivi se află membrana tectoria Corti, care se inseră cu un capăt pe lama spirală osoasă, iar celălalt capăt este liber.

## RECEPTORII VESTIBULARI

Sunt situaţi în labirintul membranos posterior. În utriculă şi saculă se găseşte câte o maculă, respectiv utriculară şi saculară, formate din celule de susţinere, aşezate pe o membrană bazală, peste care sunt dispuse celule senzoriale cu cili. Celulele senzoriale nu ajung la membrana bazală, ele ocupând porţiunea superficială a epiteliului. La polul bazal al celulelor senzoriale sosesc dendrite ale neuronilor din ganglionul vestibular Scarpa. Cilii sunt înglobaţi într-o structură gelatinoasă, numită membrana otolitică, în care se află granule de carbonat de calciu şi magneziu, numite otolite. Crestele ampulare, localizate în ampulele canalelor semicirculare membranoase, sunt formate din celule de susţinere şi celule senzoriale. Celulele senzoriale ocupă porţiunea superficială a epiteliului. La polul apical, celulele senzoriale prezintă cili care pătrund într-o cupolă gelatinoasă, iar la polul bazal terminaţii dendritice ale neuronilor din ganglionul vestibular Scarpa. Utricula şi sacula conţin aparatul otolitic (macula utriculară şi saculară). Pe o membrană bazală se găsesc celule senzoriale cu cili, intercalate printre celule de susţinere. Cilii celulelor senzoriale sunt incluşi într-o membrană gelatinoasă care conţine granulaţii calcare (otolite). La polul bazal al celulelor senzoriale sosesc dendritele neuronilor senzitivi din ganglionul vestibular (Scarpa), constituind aparatul otolitic pentru echilibrul static, iar canalele semicirculare sunt adaptate pentru echilibrul dinamic. Stimularea celulelor senzitive cu cili din macule şi creste ampulare este determinată de deplasările endolimfei, consecutiv mişcărilor capului.

SEGMENTELE INTERMEDIAR ŞI CENTRAL

**Calea acustică**. Primul neuron se află în ganglionul spiral Corti. Dendritele primului neuron ajung la polul bazal al celulelor auditive cu cili din organul Corti, iar axonii formează nervul cohlear, care se alătură nervului vestibular, formând perechea VIII (n. vestibulo-cohlear). Nervul vestibulo-cohlear pătrunde în trunchiul cerebral prin şanţul bulbo-pontin. Ramura cohleară a perechii VIII de nervi cranieni se îndreaptă spre cei doi nuclei cohleari (ventral şi dorsal) din punte.

La nivelul acestor doi nuclei, în special în cel ventral, se află cel de-al II-lea neuron al căii acustice. Axonii celui de-al II-lea neuron se încrucişează în punte şi formează corpul trapezoid, în vecinătatea căruia se găseşte nucleul olivar pontin. După încrucişare, axonii iau un traiect ascendent, formând lemniscul lateral care se îndreaptă spre coliculul inferior unde se găseşte al III-lea neuron. Al IV-lea neuron al căii acustice se găseşte în corpul geniculat medial. Axonul celui de-al patrulea neuron se proiectează în girul temporal superior, pe faţa sa superioară, în girii transverşi, câmpurile 41, 42 şi 22.

**Calea vestibulară**. Primul neuron se află în ganglionul vestibular Scarpa. Dendritele primului neuron ajung la celulele senzoriale cu cili din maculă şi creste ampulare, iar axonii formează ramura vestibulară a perechii a VIII-a de nervi cranieni (nervul vestibulo-cohlear). Ramura vestibulară se îndreaptă spre cei patru nuclei vestibulari din bulb (superior, inferior, lateral şi medial). La acest nivel se află cel de-al II-lea neuron al căii vestibulare şi de aici pleacă mai multe fascicule, şi anume:

- fasciculul vestibulo-spinal, spre măduvă (controlează tonusul muscular);
- fasciculul vestibulo-cerebelos, spre cerebel, controlează echilibrul static şi dinamic;
- fasciculul vestibulo-nuclear, spre nucleii nervilor III şi IV din mezencefal şi IV din punte, controlează mişcările globilor oculari cu punct de plecare labirintic;
- fasciculul vestibulo-talamic, spre talamus; de aici, prin fibrele talamo-corticale, se proiectează pe scoarţa lobului temporal (circumvoluţia temporală superioară).

# FIZIOLOGIA ANALIZATORILOR

## GENERALITĂŢI

MECANISMUL RECEPŢIEI EXCITANŢILOR

Receptorii sunt formaţi, în general, din celule epiteliale care au excitabilitate specifică. Specificitatea receptorilor constă în faptul că au un prag foarte scăzut de excitabilitate faţă de un anumit excitant şi un prag foarte ridicat al excitabilităţii faţă de toţi ceilalţi excitanţi. De exemplu, celulele fotosensibile ale retinei sunt excitate de energii luminoase infime, de valoarea câtorva cuante, dar pot fi excitate şi de agenţi mecanici cu energii de milioane de ori mai mari (o lovitură puternică a globului ocular produce senzaţii luminoase). Excitabilitatea receptorilor prezintă alte două particularităţi: potenţialul de receptor şi adaptarea.

**Potenţialul de receptor** (generator) este variaţia de potenţial la nivelul membranei celulei receptoare, produsă de agentul specific. Acest potenţial nu respectă legea "tot sau nimic"; el este un potenţial local, a cărui amplitudine variază gradat, în funcţie de intensitatea excitantului. În



felul acesta, receptorul "traduce" energia variabilă a excitantului specific în potenţiale electrice de amplitudini variabile.

**Adaptarea** reprezintă fenomenul de creştere progresivă a pragului faţă de excitantul specific, dacă acesta acţionează un timp mai îndelungat. De exemplu, simţim contactul cu o cămaşă numai în momentul îmbrăcării acesteia şi nu pe tot parcursul zilei. Excepţie de la adaptare fac receptorii proprioceptivi, în special fusurile neuromusculare.

Din punctul de vedere al adaptabilităţii, receptorii sunt de două tipuri: receptori tonici şi receptori fazici. Receptorii tonici nu se adaptează rapid, trimiţând către centrii nervoşi informaţii tot timpul cât asupra lor acţionează agentul excitant. Astfel, ei exercită o influenţă tonică şi continuă asupra centrilor. Aceşti receptori informează permanent centrii despre acţiunea unor excitanţi continui. Din această categorie fac parte fusurile neuromusculare, baroreceptorii şi chemoreceptorii vasculari, receptorii labirintici şi cei dureroşi.

Receptorii fazici au viteză mare de adaptare, emiţând impulsuri doar la începutul şi la sfârşitul acţiunii agentului excitant. Ei au faze de activitate şi de inactivitate. Aceşti receptori trimit informaţii numai în momentul apariţiei unor schimbări în acţiunea excitanţilor. Din această categorie fac parte receptorii tactili, de presiune şi cei pentru vibraţii.

TRANSMITEREA INFORMAŢIEI DE LA RECEPTOR LA CENTRII NERVOŞI

Între celulele senzoriale şi prelungirile periferice ale primilor neuroni senzitivi există puncte de contact sinaptic. În cazul receptorilor cutanaţi, rolul de membrană receptoare îl are terminaţia amielinică a dendritei protoneuronului. Transmiterea de la receptor la dendrită se face electric. Potenţialele receptor produc, la nivelul dendritei, variaţii ale potenţialului de repaus, până la valoarea pragului critic de descărcare. În acel moment, pe dendrită apare un potenţial de acţiune de tip "tot sau nimic" ce se propagă cu mare viteză spre centri. Amplitudinea potenţialelor de acţiune de pe căile de conducere nu variază în funcţie de intensitatea excitaţiei resimţite de receptor. Codificarea informaţiei la acest nivel se face prin modulare de frecvenţă. Astfel, cu cât stimulul este mai intens (şi deci potenţialul receptor mai amplu), cu atât frecvenţa potenţialelor de acţiune conduse către centri va fi mai mare. Aceste potenţiale de acţiune reprezintă stimulul sau influxul nervos care se propagă prin lanţuri de trei sau mai mulţi neuroni spre ariile corticale specifice. La fiecare sinapsă întâlnită în cale, semnalul electric este codificat în semnal chimic (eliberarea mediatorului), iar acesta, la rândul său, este recodificat în semnal electric la nivelul membranei postsinaptice etc. Fiecare neuron de releu are câteva mii de contacte sinaptice prin care, în orice moment, sosesc numeroase impulsuri excitatorii sau inhibitorii. Neuronul le integrează pe toate şi elaborează un semnal prelucrat superior, pe care îl transmite spre următoarea staţie de releu. Pe măsură ce se apropie de centrii corticali, informaţia este din ce în ce mai prelucrată şi mai concentrată. Ultima staţie de releu este la nivelul talamusului, spre care converg toate aferenţele extero-, intero- şi proprioceptive, cu excepţia celor olfactive. În talamus are loc o integrare a tuturor semnalelor de la receptori. De aici pornesc spre scoarţă un număr redus de semnale superior prelucrate. Pe baza lor, scoarţa cerebrală elaborează un model intern al lumii înconjurătoare şi al propriului organism. Procesul nervos prin care se trece de la o mulţime de semnale elementare disparate la un semnal superior poartă numele de **superizare**. Cea mai înaltă superizare se realizează la nivelul scoarţei cerebrale.

Fiecare analizator are calea sa proprie de conducere directă. În traseul lor spre scoarţă, căile de conducere emit colaterale spre formaţia reticulată mezencefalo-diencefalică, prin care se exercită o acţiune tonică asupra scoarţei cerebrale. Aceste colaterale, împreună cu căile reticulocorticale, reprezintă căi ascendente nespecifice, cu proiecţie corticală difuză. Rolul lor este esenţial în reacţia de trezire corticală şi în prelucrarea semnalelor ajunse la scoarţă pe căi ascendente specifice.

**Inhibiţia colaterală.** În drumul lor ascendent, căile de conducere emit colaterale atât spre neuronii excitatori, cât şi spre cei inhibitori. De la aceştia din urmă pornesc axoni ce se termină prin sinapse inhibitorii pe neuronii de releu ai căilor ascendente vecine, care transmit fie acelaşi tip de sensibilitate, fie alte tipuri. Prin aceste sinapse inhibitorii este diminuată amplitudinea semnalului condus sau acesta este chiar blocat. În acest mod se realizează un "contrast" mai bun între diferiţii excitanţi, permiţând scoarţei o analiză mai fină a zonei receptoare stimulate. Un exemplu de inhibiţie colaterală este blocarea sau diminuarea senzaţiei dureroase, în caz de lovire, prin frecţionarea zonelor cutanate vecine. Un alt exemplu este diminuarea până la dispariţie a "febrei musculare" la excitarea proprioceptorilor, provocată prin reluarea exerciţiului fizic. Sediul principal al inhibiţiei colaterale este releul talamic. Inhibarea celui de-al treilea neuron, de releu talamic, al căilor ascendente specifice se poate realiza şi prin căi descendente cortico-talamice, conectate, de asemenea, cu neuroni inhibitori intercalari. În acest mod, scoarţa reglează conştient sau inconştient intensitatea semnalelor pe care talamusul le proiectează cortical. Se ştie că durerea resimţită în cursul unor intervenţii dentare este mai mare la persoanele care intră în panică şi mai redusă la cele ce îşi impun calmul şi răbdarea. Prin aceste mecanisme, talamusul funcţionează ca un adevărat filtru pentru toţi stimulii proiectaţi pe scoarţă.

PROIECŢIA CORTICALĂ A EXCITAŢIILOR RECEPŢIONATE LA PERIFERIE

Fiecare analizator are o arie corticală pe care se proiectează, în mod preferenţial, semnalele emise de anumiţi receptori şi superizate apoi pe traseul căilor de conducere. Deşi au localizări precise, graniţele acestor arii nu pot fi trasate net; pe de o parte, ele se întrepătrund, iar pe de alta, la elaborarea unei senzaţii participă şi ariile asociative, arii comune pentru toţi analizatorii. În plus, la perceperea conştientă a lumii înconjurătoare participă şi formaţia reticulată mezencefalo-diencefalică. De aceea, noţiunea de "centru cortical" are azi un sens mult mai larg decât în trecut.

Diferitele tipuri de senzaţii ajunse în lumina conştienţei depind de aria corticală unde sosesc potenţialele de acţiune pornite de la receptori. Astfel, în ariile optice, potenţialele de acţiune determină senzaţii vizuale, în ariile auditive produc senzaţii acustice etc. Aceleaşi senzaţii pot fi provocate şi prin stimularea directă a ariilor corticale specifice. Senzaţia conştientă se naşte pe scoarţa cerebrală, dar se proiectează spaţial, la nivelul zonei receptoare excitate. Corespondenţa dintre localizarea topografică a receptorilor şi senzaţia corticală specifică provocată prin excitarea lor se realizează prin intermediul căilor de conducere specifice fiecărui analizator. Stimulii talamo-corticali ajung mai întâi la neuronii din stratul 4, de unde se răspândesc atât spre suprafaţă (straturile 1, 2 şi 3), cât şi în profunzime (straturile 5 şi 6). În straturile superficiale se proiectează şi stimulii sistemului reticulat ascendent activator, reglând excitabilitatea generală a cortexului. Din straturile profunde pornesc conexiuni spre alte arii corticale sau subcorticale. În stratul 5 îşi au originea fibre ce pot coborî până în trunchiul cerebral sau chiar măduva spinării, iar din stratul 6 pornesc principalele conexiuni cortico-talamice.



Ariile corticale receptoare, în special cele somestezice, au o organizare morfofuncţională pe coloane verticale de neuroni, fiecare coloană incluzând neuroni din toate cele 6 straturi ale neocortexului. Există zeci de mii de asemenea coloane funcţionale verticale. Fiecare din ele primeşte aferenţe corespunzătoare unui punct receptor şi prelucrează o anumită modalitate de senzaţie. Unele coloane primesc şi analizează stimulii de la proprioceptori, altele de la receptorii tactili sau termici etc. Coloanele sunt interconectate sinaptic şi, pe baza acestor conexiuni, scoarţa cerebrală poate face sinteza senzaţiilor specifice în percepţii complexe.

## CLASIFICAREA ANALIZATORILOR

Există două categorii mari de analizatori: analizatorii somestezici şi organele de simţ.

ANALIZATORII SOMESTEZICI (simţurile somatice)

Primesc şi prelucrează informaţii de la aparatul locomotor (analizatorul proprioceptiv sau kinestezic) şi de la receptorii cutanaţi (analizatorul exteroceptiv sau cutanat).

ORGANELE DE SIMŢ (simţurile speciale)

Sunt reprezentate de analizatorii: vizual, auditiv, vestibular, gustativ şi olfactiv. Se mai discută şi despre un analizator interoceptiv, mai puţin definit însă şi studiat.

## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI EXTEROCEPTIV (CUTANAT)

Exterorecepţia reprezintă sensibilitatea recepţionată la nivelul pielii. Pielea este sediul receptorilor pentru mai multe tipuri de sensibilităţi. Ei reprezintă segmentele periferice a cel puţin trei tipuri de analizatori: tactil, termic şi dureros. Deşi recepţionează, transmit şi prelucrează stimuli diferiţi, cei trei analizatori au multe elemente comune: au receptorii situaţi la nivel cutanat, au proiecţia corticală în girul postcentral, iar în anumite circumstanţe stimulii termici sau tactili pot provoca senzaţii dureroase.

SEGMENTUL PERIFERIC

Segmentul periferic al analizatorului exteroceptiv este reprezentat de receptorii tactili, termici şi dureroşi.

**Receptorii tactili** fac parte din categoria mecanoreceptorilor, fiind stimulaţi de deformaţii mecanice. Prin intermediul acestor receptori se pot genera senzaţii tactile, de presiune sau vibratorii.

Cei cu localizare superficială recepţionează atingerea (corpusculii Meissner, discurile Merkel), iar cei mai profunzi presiunea (corpusculii Ruffini). Tot în profunzime se află corpusculii Paccini, având adaptare foarte rapidă şi recepţionând vibraţiile. Un tip special de senzaţie tactilă este pruritul (mâncărimea) şi gâdilatul.

Receptorii pentru acest tip de senzaţii sunt tot mecanoreceptori, ei fiind excitaţi de stimuli tactili foarte superficiali.

**Receptorii termici** sunt situaţi superficial în derm şi epiderm. Termoreceptorii sunt mai ales terminaţii nervoase libere, unele specializate pentru senzaţia de cald, altele pentru rece.

**Receptorii pentru durere** (algoreceptorii) sunt chemoreceptori stimulaţi de modificări chimice tisulare. Senzaţia de durere poate apare şi prin excitarea bruscă a receptorilor termici (la temperaturi mai mari de 43°C) sau tactili (distrugeri tisulare, tăieturi etc.). Algoreceptorii sunt, în general, terminaţii nervoase libere.

SEGMENTUL INTERMEDIAR

Segmentul intermediar al analizatorului exteroceptiv este reprezentat de două sisteme de conducere: un sistem spino-talamic (numit şi sistemul anterolateral) şi un sistem spino-bulbo-talamic (aparţinând sistemului lemniscal, lemniscul medial).

**Sistemul spino-talamic** conduce sensibilitatea tactilă grosieră, pruritul şi gâdilatul (prin fasciculul spino-talamic ventral) şi sensibilitatea termică şi dureroasă (prin fasciculul spino-talamic lateral).

**Sistemul spino-bulbo-talamic** conduce sensibilitatea tactilă discriminativă, senzaţia de presiune cu gradaţii fine şi senzaţia vibratorie.

Sensibilitatea exteroceptivă de la nivelul tegumentelor feţei, frunţii şi cavităţii bucale este condusă prin fibre senzitive ale nervului trigemen. Receptorii cutanaţi ai feţei sunt identici cu cei din restul tegumentului. Calea aferentă este alcătuită, de asemenea, din trei neuroni. Protoneuronii din ganglionul senzitiv de pe traiectul nervului trigemen se conectează prin dendritele lor cu exteroceptorii respectivi. Axonii pătrund în trunchiul cerebral şi se conectează sinaptic cu deutoneuronii din nucleii senzitivi trigeminali. Axonii deutoneuronilor, după încrucişare, formează lemniscul trigeminal ce se alătură lemniscului medial şi ajunge la talamus, unde face sinapsă cu cel de-al treilea neuron al căii. Pe traseul lor, axonii deutoneuronilor dau numeroase colaterale spre formaţiunea reticulată a trunchiului cerebral. Axonii neuronilor talamici se proiectează pe aria somestezică I, la nivelul sensibilităţii generale a feţei.

SEGMENTUL CORTICAL

Segmentul cortical al analizatorului exteroceptiv este reprezentat prin două arii de proiecţie: aria somestezică I (SI), localizată în girul postcentral (câmpurile 3, 1, 2), şi aria somestezică II (SII), în partea inferioară a lobului parietal şi în tavanul şanţului lateral Sylvius. În aceste arii se proiectează axonii celui de-al treilea neuron al căii senzitive, din talamus. Fiecare dermatom este reprezentat printr-o arie corticală proprie. Acestă corespondenţă se numeşte somatotopie, iar proiecţia corticală a tuturor dermatoamelor formează un "homunculus senzitiv". Acesta apare răsturnat, cu capul spre partea inferioară a girului postcentral şi cu picioarele în partea superioară. Întinderea suprafeţei de proiecţie corticală nu este proporţională cu suprafaţa cutanată, ci cu gradul de sensibilitate a acesteia. Astfel, cele mai mari suprafeţe de proiecţie corticală le au regiunea cefalică (şi în special buzele) şi mâinile (în special degetele), iar trunchiul şi membrele inferioare au arii de proiecţie corticală mult mai reduse. Toate informaţiile exteroceptive culese din jumătatea dreaptă a corpului se proiectează în girul postcentral stâng, şi invers.

În afară de ariile somestezice, primară şi secundară, există şi ariile somestezice asociative. Acestea se găsesc în lobul parietal, posterior faţă de aria somestezică primară şi deasupra ariei somestezice secundare. Ele participă la elaborarea percepţiilor tactile şi kinestezice mai



complexe, a asocierilor de simţuri exteroceptive (cum ar fi senzaţia tactilă şi senzaţia de mişcare într-o articulaţie).

Din punct de vedere funcţional, neuronii din cortexul somatosenzitiv sunt aranjaţi în coloane verticale ce cuprind toate cele şase straturi ale neocortexului. Fiecare coloană are un diametru de 0,3-0,5 mm şi conţine aproximativ 10 000 corpuri neuronale. Fiecare astfel de coloană este specifică unei anumite modalităţi senzitive, unele coloane fiind stimulate de impulsurile de la organele tendinoase Golgi, altele de stimulii de la receptorii de presiune din piele etc. În plus, coloanele ce servesc diferitele modalităţi senzitive se intercalează între ele. La nivelul stratului 4, acolo unde sosesc impulsurile senzitive, fiecare coloană este complet separată de cele învecinate. La nivelul altor straturi neuronale, apar interacţiuni între coloane, permiţând astfel începerea unei analize primare a semnalelor senzitive.

În porţiunea cea mai anterioară a girusului postcentral, în profunzimea şanţului central, se află un număr mare de coloane ce primesc informaţii de la proprioceptori; acestea au multiple legături funcţionale cu ariile motorii precentrale, formând aria senzitivo-motorie. Coloanele somestezice, situate mai posterior, primesc informaţii de la receptorii cutanaţi cu adaptare lentă (corpusculii Meissner), iar, şi mai posterior, un număr tot mai mare de coloane sunt stimulate de impulsuri de la receptorii din hipoderm (receptorii de presiune).

**Testarea acuităţii tactile**. Nu toate regiunile cutanate au aceeaşi densitate de receptori. În funcţie de densitatea acestora, teritoriul cutanat respectiv are o acuitate tactilă mai mare sau mai mică. Pentru testarea acuităţii tactile se aplică pe tegument, simultan, cele două capete ale unui compas. I se cere subiectului să spună dacă simte distinct ambele capete ale compasului sau doar unul. Se constată diferenţe mari de răspuns, în funcţie de zona cutanată investigată. Măsurarea acuităţii tactile constă, de fapt, în măsurarea distanţei minime dintre cele două capete ale compasului pe care subiectul le percepe separat. Astfel, acuitatea tactilă este de 2 mm pe tegumentele degetelor sau al buzelor şi de 60 mm pe tegumentele spatelui. Dacă se apropie capetele compasului sub 2 mm pentru buze şi sub 60 mm pentru spate, scoarţa percepe un singur stimul.

Sensibilitatea protopatică (grosieră) permite recunoaşterea contactului cu un obiect. Sensibilitatea epicritică (fină) permite caracterizarea acelui obiect, respectiv identificarea prin pipăit a formei, dimensiunilor, greutăţii, materialului din care este confecţionat, precum şi identificarea vibraţiilor de joasă frecvenţă.

Prin sensibilitatea termică pot fi apreciate diferenţele de temperatură ale obiectelor. Intensitatea senzaţiei termice este proporţională cu viteza de schimb termic dintre tegument şi obiectul atins. Din acest motiv, corpurile cu conductibilitate termică mare par mai reci sau mai calde decât corpurile cu aceeaşi temperatură, dar cu conductibilitate termică scăzută. Aceste sensibilităţi pot fi dezvoltate suplimentar prin antrenament, situaţie întâlnită la nevăzători.

Simţul tactil, împreună cu cel kinestezic, permite cunoaşterea, în fiecare moment, a locului ocupat de fiecare segment al corpului nostru în spaţiu, precum şi a deplasărilor diferitelor segmente ale sale, unele faţă de altele sau în ansamblu. Existenţa fiecărei componente a organismului este atât de bine întipărită în conştiinţă încât, la persoanele care au suferit amputaţii ale unui membru, persistă timp de câteva săptămâni senzaţia prezenţei în continuare a membrului amputat. Mai mult, dacă anterior amputării bolnavul a avut dureri foarte mari la nivelul membrului respectiv, el va simţi în continuare aceleaşi dureri, deşi membrul nu mai există. Extirparea ariilor

somestezice I şi II duce la abolirea senzaţiilor tactile epicritice în jumătatea opusă a corpului, dar afectează mai puţin sensibilitatea termică şi aproape deloc pe cea dureroasă, evidenţiind rolul talamusului în perceperea temperaturii şi a durerii. Distrugerea ariilor somestezice asociative duce la imposibilitatea recunoaşterii apartenenţei la propriul corp a jumătăţii contralaterale.

Sensibilitatea dureroasă prezintă o importanţă deosebită în apărarea organismului faţă de agenţii nocivi. Durerea este semnalul de alarmă care alertează organismul în vederea înlăturării ei şi a cauzelor ce au produs-o. În clinică, durerea reprezintă un simptom important pentru diagnosticarea bolii. Practic, orice agent (mecanic, fizic, chimic, biologic) care produce leziuni tisulare poate genera durere.

## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI INTEROCEPTIV

Deşi toate viscerele sunt inervate senzitiv, în mod normal nu suntem conştienţi de activitatea acestora. Chiar şi în cazul durerii viscerale, deşi este conştientă, aceasta nu poate fi localizată cu precizie, aşa cum poate fi localizată durerea cutanată sau cea musculară. Acest fapt se datoreşte slabei reprezentări corticale a interoceptorilor viscerali. Cu toate acestea, excitaţiile pornite de la nivelul viscerelor influenţează activitatea corticală prin intermediul formaţiei reticulate mezencefalo-diencefalice şi al căilor ascendente polisinaptice.

### SEGMENTUL PERIFERIC

Segmentul periferic sau receptor este reprezentat de interoceptorii din viscere şi din aparatul cardiovascular. Aceştia pot fi baroreceptori (în zonele reflexogene din crosa aortei şi sinusul carotidian, precum şi în pereţii tubului digestiv şi ai căilor urinare), voloreceptori (în atrii, în venele pulmonare şi în venele cave), osmoreceptori şi chemoreceptori (în aparatul cardiovascular), precum şi algoreceptori (în toate viscerele).

### SEGMENTUL INTERMEDIAR

Segmentul intermediar sau de conducere este reprezentat de căi specifice spino-hipotalamo-corticale şi de căi nespecifice, respectiv sistemul reticulat ascendent, cu proiecţie corticală difuză.

### SEGMENTUL CORTICAL

Segmentul central este reprezentat de neocortex, aria somestezică II şi de paleocortex. Deşi activitatea zilnică a viscerelor nu este percepută în mod conştient, ea exercită o influenţă importantă asupra dinamicii proceselor cerebrale. Pe de altă parte, în condiţii patologice, senzaţia viscerală (dureroasă sau nu) devine conştientă, punând scoarţa cerebrală în stare de alertă.

## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI PROPRIOCEPTIV (KINESTEZIC)

Proprioceptorii sunt stimulaţi mecanic de presiunea sau tracţiunea exercitată asupra lor. Pe baza informaţiilor culese de la aceştia se realizează sensibilitatea proprioceptivă sau de postură, care este de două tipuri: a) sensibilitate proprioceptivă statică, ce se referă la orientarea



conştientă a diferitelor părţi ale corpului una faţă de cealaltă; b) sensibilitate proprioceptivă dinamică sau kinestezică, ce detectează mişcările efectuate de segmentele corpului şi viteza de mişcare a acestora. Analizatorul kinestezic, împreună cu cel cutanat, elaborează senzaţiile somatice. O altă funcţie a analizatorului kinestezic este de menţinere a tonusului muscular şi a posturii corpului, la realizarea căreia participă şi analizatorii vestibular, vizual şi cutanat.

**Structura** analizatorului proprioceptiv a fost descrisă la capitolul de anatomie. În cele ce urmează vom prezenta numai mecanismul de funcţionare şi rolul proprioceptorilor.

Fusul neuromuscular este conectat exclusiv cu căile de conducere proprioceptive inconştiente cu destinaţia cerebelul. Deci, un prim rol al fusurilor neuromusculare este de a furniza cerebelului informaţii despre lungimea muşchiului în orice moment. Când muşchiul este alungit, fusul este tensionat, iar când muşchiul este scurtat, fusul se relaxează. Un alt rol al fusului neuromuscular este de organ receptor pentru reflexele miotatice şi pentru reflexele tonice. Reflexul miotatic (numit şi reflex de întindere musculară) constă în contracţia bruscă a fibrelor unui muşchi striat atunci când acesta este întins (alungit, tracţionat). Reflexul tonic constă în contracţia permanentă a fibrelor unui muşchi striat aflat în repaus, cu realizarea aşa-numitului tonus muscular. Modul de funcţionare a acestui receptor complex a fost descris parţial la tonusul muscular. Aici vom da o serie de detalii. Stimulul care excită terminaţiile senzitive ale fusului neuromuscular este starea de tensiune din fibrele intrafusale: fibrele lanţului nuclear semnalează variaţia tensiunii acestora, iar fibrele sacului nuclear semnalează atât variaţia tensiunii, cât şi viteza acestei variaţii. Fibrele intrafusale pot fi tensionate în două moduri diferite.

Întinderea muşchiului (a fibrelor extrafusale), datorită aranjării în paralel a fibrelor fusale cu cele extrafusale, determină întinderea concomitentă a fusului. Astfel, în fibrele sale se creează o tensiune suplimentară. În mod natural, cauza permanentă a întinderii muşchilor este gravitaţia. Organismul nostru, în special în postura bipedă, se opune în permanenţă forţei gravitaţionale care tinde să-l doboare la pământ. Astfel, muşchii antigravitaţionali (muşchii spatelui, muşchii fesieri, muşchii anteriori ai coapsei şi muşchii posteriori ai gambei) sunt în permanenţă solicitaţi şi, deci, sunt stimulate fusurile neuromus-culare. Deşi asupra acestora gravitaţia acţionează permanent, fusurile neuromusculare nu se acomodează. Dacă s-ar acomoda, am cădea din picioare. În mod asemănător cu forţa gravitaţională acţionează şi stimulii în timpul investigării reflexului miotatic. În acest caz, întinderea muşchiului este realizată prin percuţia tendonului muşchiului respectiv (şi deci întinderea acestuia), în urma căreia fusul neuromuscular este tensionat brusc şi este transmis un stimul către centri. Diferenţa majoră dintre reflexul miotatic şi acţiunea gravitaţiei este caracterul permanent al excitantului natural.

A doua modalitate de tensionare a fibrelor intrafusale este realizată prin contracţia acestora sub comanda motoneuronilor $\gamma$. Prin contracţia capetelor fibrelor intrafusale se generează aceeaşi stare mecanică şi deci acelaşi tip de stimul va porni spre centri. La rândul lor, motoneuronii $\gamma$ se află sub controlul sistemului extrapiramidal şi de reglaj al tonusului muscular. La percuţia tendonului cvadricepsului (reflexul rotulian), de exemplu, prin întinderea muşchiului sunt tensionate şi fibrele intrafusale, la nivelul cărora sunt generate impulsuri ce se transmit aferent prin protoneuronul senzitiv, fie direct la motoneuronul $\alpha$ din coarnele anterioare medulare de aceeaşi parte, fie indirect, prin intermediul unuia sau a mai multor neuroni intercalari inhibitori, spre motoneuronii $\alpha$ din coarnele anterioare de partea opusă. Impulsurile directe (monosinaptice)

vor declanşa contracţia reflexă a muşchiului cvadriceps de aceeaşi parte (reflexul miotatic), iar impulsurile indirecte vor relaxa muşchiul cvadriceps de partea opusă.

Informaţia proprioceptivă inconştientă venită de la nivelul fusurilor neuromusculare stă la baza controlului exercitat de centrii nervoşi superiori (cerebel, talamus) asupra tonusului muscular şi a mişcărilor voluntare.

Ceilalţi proprioceptori sunt organele tendinoase Golgi, receptorii din capsulele articulare şi din ligamente (corpusculii Pacini şi Ruffini, terminaţiile nervoase libere). Aceştia sunt conectaţi în special pe căile sensibilităţii proprioceptive conştiente. Pe baza informaţiilor primite de la aceşti receptori, subiectul este în permanenţă conştient de poziţia în spaţiu a diferitelor segmente ale corpului său, a articulaţiilor sale, de starea de tensiune din ligamente şi tendoane şi de sensul şi viteza de deplasare a diferitelor părţi sau ale corpului în ansamblu. Astfel, cu ochii închişi putem duce un deget pe vârful nasului sau în altă parte a corpului.

Sensibilitatea proprioceptivă de la nivelul musculaturii masticatorii este condusă prin fibre senzitive ale nervului trigemen, la fel ca şi sensibilitatea exteroceptivă de la nivelul feţei (vezi analizatorul exteroceptiv). Proiecţia corticală este, de asemenea, în aria somestezică I, la nivelul sensibilităţii generale a feţei.

**Segmentul cortical** este reprezentat de ariile somestezice I şi II, astfel încât proiecţia sensibilităţii dermatoamelor se suprapune în general cu cea a miotoamelor. Informaţiile de la nivelul articulaţiilor se proiectează, în special, în regiunea posterioară a girului postcentral (câmpul 2), iar cele de la fusurile neuromusculare în regiunile anterioare (câmpul 3) şi în profunzimea şanţului central, până spre cortexul motor (câmpul 4). Se realizează astfel o arie senzitivo-motorie (vezi şi analizatorul exteroceptiv) care pune de acord efectuarea comenzii motorii corticale cu informaţiile senzitive proprioceptive şi exteroceptive privind modul în care aceasta este executată. O parte din informaţia proprioceptivă este condusă de fasciculele Goll şi Burdach spre talamus şi de aici spre scoarţa cerebrală, unde devine imediat conştientă. O altă parte este condusă prin fasciculele spino-cerebeloase până la nivelul cerebelului, unde este prelucrată şi apoi transmisă spre talamus şi mai departe către cortexul senzitivo-motor (vezi controlul motilităţii voluntare).

Din cele prezentate, reiese că analizatorul kinestezic are cel puţin trei funcţii importante:

- în elaborarea de către scoarţă a senzaţiei somatice;
- în reglarea tonusului muscular şi a posturii corpului;
- în controlul motilităţii voluntare.

Analizatorul kinestezic nu îndeplineşte singur aceste funcţii. Rolul său este de a furniza creierului informaţiile necesare, prelucrate în prealabil (superizate), pornite de la aparatul locomotor. Pe baza acestora este elaborată comanda motorie, sunt reglate tonusul musculat şi postura, se realizează controlul asupra modului în care este îndeplinită comanda voluntară. Deci, analizatorul kinestezic este o componentă de bază a circuitului de feedback ce reglează activitatea motorie somatică.

FUNCŢIA SOMESTEZICĂ

La nivelul ariei somestezice I se proiectează atât informaţiile de la nivelul exteroceptorilor, cât şi cele proprioceptive. Coloanele neuronale verticale ce prelucrează informaţia de la un anumit teritoriu cutanat se întrepătrund cu cele care prelucrează informaţia de la nivelul muşchilor şi articulaţiilor subiacente; astfel, somatotopia şi homunculusul senzitiv exteroceptiv



se suprapun peste somatotopia şi homunculus-ul proprioceptiv, realizând un "homunculus somestezic". Datorită acestor conexiuni morfofuncţionale strânse, scoarţa cerebrală poate analiza conştient starea la un moment dat a fiecărei părţi din corp, cu excepţia viscerelor. Astfel, stând cu ochii închişi, putem să ne dăm seama în ce poziţie se află capul, mâinile, picioarele, degetele etc., dar nu ştim unde se află arterele sau venele mezenterice sau ficatul etc.

Deci, funcţia somestezică asigură inventarierea componentelor somatice ale organismului, a locului lor în spaţiu şi a deplasărilor efectuate de acestea. La realizarea acestei funcţii mai participă şi analizatorul vestibular, precum şi ariile asociative senzitivo-motorii (vezi şi fiziologia emisferelor cerebrale). Tulburarea acestei funcţii se numeşte asomatognozie.

Cunoaşterea somatică se dezvoltă în timpul ontogenezei, pe baza experienţei individuale. Pe scoarţă se formează tipare ce reprezintă cu exactitate modelul senzorial al corpului nostru. În urma amputării unui membru sau a unui segment de membru, bolnavul mai are luni de zile senzaţia corticală a prezenţei membrului respectiv, până când tiparul (engrama senzitivă corticală a membrului respectiv) se şterge.

## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI VIZUAL

Funcţia principală a analizatorului vizual este perceperea luminozităţii, formei şi culorii obiectelor din lumea înconjurătoare. Recepţia vizuală se realizează la nivelul ochiului. Acesta poate fi comparat cu un aparat fotografic, format din trei sisteme optice:

- o cameră obscură, respectiv camera posterioară a globului ocular;
- un sistem de lentile, respectiv aparatul dioptric al ochiului;
- o suprafaţă fotosensibilă, reprezentată de stratul celulelor cu conuri şi bastonaşe din retină, unde se desfăşoară procesele fotochimice ale recepţiei vizuale.

În plus, la fel ca la aparatul fotografic, şi la nivelul ochiului există o diafragmă variabilă, pupila.

**Camera obscură**. În interiorul globului ocular, razele luminoase nu se reflectă. Această situaţie se datorează straturilor de celule pigmentare din structura coroidei şi a retinei. În plus, fiecare con şi bastonaş este înconjurat de prelungiri citoplasmatice ale celulelor stratului pigmentar retinian, care conţin melanină, formând o multitudine de mici camere obscure. Lipsa melaninei, la albinoşi, provoacă tulburări ale vederii diurne.

**Aparatul dioptric** ocular este format din cornee (cu o putere de refracţie de aprox. 40 dioptrii) şi cristalin (cu o putere de refracţie de aprox. 20 dioptrii). Simplificând, aparatul dioptric al ochiului poate fi considerat ca o singură lentilă convergentă cu o putere totală de aproximativ 59 dioptrii şi cu centrul optic la 17 mm în faţa retinei. Razele paralele ce vin de la infinit (o distanţă mai mare de 6 m) se vor focaliza la 17 mm în spatele centrului optic, dând pe retină o imagine reală şi răsturnată (fig. 89). Cea mai mare parte a puterii de refracţie a aparatului dioptric ocular aparţine feţei anterioare a corneei. Motivul principal este diferenţa mare între indicele de refracţie al corneei (1,38) şi cel al aerului (1). Indicele de refracţie al cristalinului este 1,4 în raport cu cel al aerului, dar cristalinul este în mod normal înconjurat de umoarea apoasă (anterior) şi cea vitroasă (posterior), ambele având un indice de refracţie de 1,33, ceea ce face ca puterea de refracţie a cristalinului să fie în mod normal mai mică decât a corneei.

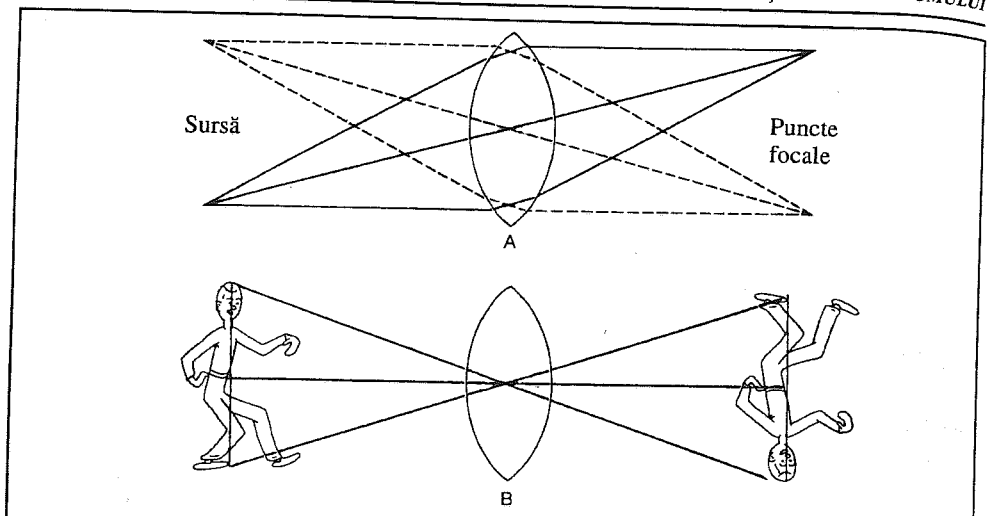



**Fig. 89. Formarea imaginii pe retină**

Totuşi, cristalinul este important deoarece raza lui de curbură poate fi mult crescută, realizând procesul de acomodare.

**Acomodarea** reprezintă variaţia puterii de refracţie a cristalinului în raport cu distanţa la care privim un obiect. Acomodarea se datorează elasticităţii cristalinului, aparatului suspensor al acestuia şi muşchiului ciliar. Organul activ al acomodării este muşchiul ciliar. Când ochiul priveşte la distanţă, muşchiul ciliar este relaxat, iar zonula Zinn tensionată. Aceasta pune în tensiune cristaloida, comprimând cristalinul. Ca urmare, raza de curbură a acestuia creşte, iar puterea de convergenţă scade la valoarea minimă de 20 dioptrii. Aceasta este acomodarea la distanţă, care permite ochiului emetrop să vadă clar, fără efortul muşchiului ciliar, obiecte situate la distanţe mai mari de 6 metri. Când privim obiecte aflate la o distanţă mai mică de 6 metri, muşchiul ciliar se contractă şi relaxează zonula lui Zinn. Tensiunea din cristaloid scade, iar datorită elasticităţii cristalinul se bombează. Ca urmare, puterea de convergenţă creşte la valoarea sa maximă, de 34 dioptrii la copil. Astfel, la această vârstă, cristalinul are o putere totală de acomodare de 14 dioptrii.

Cu cât trec anii, puterea de convergenţă scade, deoarece cristalinul devine mai gros şi mai puţin elastic, în parte şi datorită denaturării proteinelor constituente. Din acest motiv, puterea de acomodare a cristalinului scade de la 14 dioptrii la 2 dioptrii în jurul vârstei de 50 de ani şi la 0 dioptrii la 70 ani. Deci, cristalinul practic nu se mai acomodează, nici pentru vederea de aproape şi nici pentru vederea la distanţă, situaţie numită **presbiopie** (presbiţie).

Punctul cel mai apropiat de ochi la care vedem clar un obiect, cu efort acomodativ maximal, se numeşte **punct proxim**. Punctul cel mai apropiat de ochi la care vedem clar, fără efort de acomodare, se numeşte **punct remotum**. La indivizii tineri punctul proxim se află la 25 cm, iar punctul remotum la 6 m de ochi.

Acomodarea este un act reflex, reglat de centrii corticali şi de colicului cvadrigemeni superiori, care, prin intermediul nucleului vegetativ parasimpatic anexat nervului oculomotor din mezencefal (n. III), comandă contracţia muşchiului ciliar.



La reflexul de acomodare vizuală participă şi centrii corticali din ariile vizuale primare şi asociative, iar la răspunsul efector participă şi muşchii irisului şi muşchii extrinseci ai globului ocular. Când privim în depărtare, muşchii circulari ai irisului se relaxează şi diametrul pupilar creşte (midriază), iar când privim de aproape are loc reacţia opusă, urmată de mioză. Efectul midriatic este ajutat şi de simpaticul cervico-toracal ce produce contracţia fibrelor radiare ale irisului. Concomitent cu variaţia diametrului pupilar are loc şi o schimbare reflexă a direcţiei axelor vizuale. Când privim în depărtare, axele vizuale ale celor doi ochi sunt paralele, iar pe măsură ce urmărim un obiect ce se apropie de ochi, cele două axe vizuale converg tot mai mult. Fenomenul de convergenţă oculară în cazul vederii de aproape se realizează prin acţiunea conjugată a muşchilor extrinseci ai globilor oculari. Cei doi muşchi drepţi interni se contractă, iar cei doi drepţi laterali se relaxează progresiv.

Aşadar, în cazul acomodării pentru vederea de aproape se produce un triplu răspuns reflex:

- creşterea convergenţei cristalinului;
- mioză;
- convergenţă oculară.

Coordonarea perfectă a acestor reacţii presupune atât integritatea centrilor mezen-cefalici şi a celor corticali, cât şi a căilor de legătură dintre receptorii retinieni şi centri, din-tre centri şi efectorii de la nivelul ochiului. Reflexul pupilar fotomotor este un reflex mult mai simplu, cu centrii în mezencefal. El constă în contracţia muşchilor circulari ai irisului, urmată de mioză, ca reacţie la stimularea cu lumină puternică a retinei, şi invers, contracţia muşchilor radiari şi relaxarea muşcilor circulari ai irisului, urmată de midriază provocată de scăderea intensităţii stimulului luminos (la întuneric). Receptorii acestui reflex sunt celulele fotoreceptoare retiniene, calea aferentă este reprezentată de nervii şi tracturile optice şi colateralele acestora spre mezencefal. Centrii sunt situaţi în substanţa reticulată mezencefalică. Calea eferentă este dublă, simpatică şi parasimpatică. Eferenţa parasimpatică are originea în nucleul accesor al nervului oculomotor. Eferenţa simpatică are originea în centrii pupilodilatatori din primele două segmente ale măduvei toracice (neuronii preganglionari), iar neuronii postganglionari se află în ganglionul cervical superior (simpaticul cervical), axonii acestora inervând muşchii netezi intrinseci ai globului ocular.

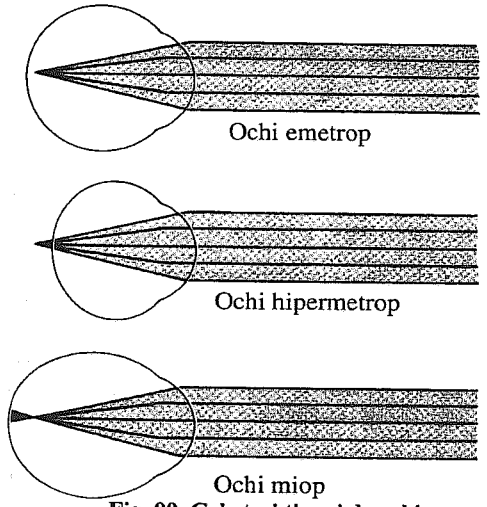



**Fig. 90. Cele trei tipuri de ochi**

În funcţie de distanţa la care se află retina faţă de centrul optic, există trei tipuri de ochi, prezentate şi în fig. 90:

- **ochiul emetrop**, la care retina se află la 17 mm în spatele centrului optic, iar imaginea obiectelor plasate la infinit este clară, fără acomodare;
- **ochiul hipermetrop**, care are retina situată la mai puţin de 17 mm de centrul optic;
- **ochiul miop (hipometrop)**, cu retina situată la distanţe mai mari de 17 mm.

Ochiul hipermetrop nu are punct remotum. El necesită un efort de acomodare permanent, indiferent de distanţa la care priveşte. Acomodarea pentru vederea de aproape începe încă de la infinit şi se epuizează înainte de atingerea distanţei de 25 cm, ducând la îndepărtarea punctului proxim. Hipermetropia se corectează cu lentile convergente (fig. 91 B).

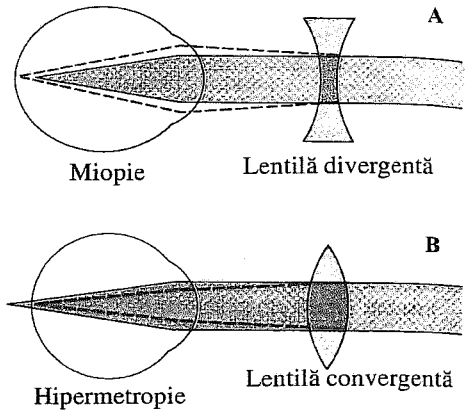



**Fig. 91. Corectarea viciilor de refracţie**

Ochiul miop are punctul remotum mai aproape de 6 m. Pentru a vedea clar, miopul apropie obiectul privit. În acest mod, razele ce sosesc pe suprafaţa corneei au un traseu divergent şi, în consecinţă, se vor focaliza la distanţe mai mari de 17 mm de centrul optic, pe retina acestora. Acomodarea începe sub distanţa de 6 m şi poate continua până la distanţe mai mici, de 25 cm, ducând la apropierea punctului proxim. Miopia se corectează cu lentile divergente (fig. 91 A).

**Astigmatismul** este un viciu de refracţie datorat existenţei mai multor raze de curbură ale suprafeţei corneei. Având un meridian cu putere de convergenţă anormală, corneea va determina formarea unor imagini retiniene neclare pentru punctele aflate în meridianul spaţial corespunzător. Astigmatismul se corectează cu lentile cilindrice.

## PROCESELE FOTOCHIMICE DIN RETINĂ

Retina este sensibilă la radiaţiile electromagnetice cu lungimea de undă cuprinsă între 400 şi 750 nm. Recepţia vizuală constă în transformarea energiei electromagnetice a luminii în influx nervos. Acest proces se petrece la nivelul celulelor receptoare retiniene, cu conuri şi cu bastonaşe. Conurile şi bastonaşele sunt prelungiri celulare alcătuite din pliuri ale membranei celulare, suprapuse în mai multe straturi. În structura lor se află macromolecule fotosensibile de purpur retinian. Există mai multe tipuri de purpur retinian: bastonaşele conţin un singur fel de pigment retinian, numit rodopsină; conurile conţin trei feluri de asemenea pigmenţi, numite iodopsine. Din punct de vedere structural, pigmentul vizual are două componente: o parte neproteică, numită retinen, şi o parte proteică, numită opsină. Retinenul este o aldehidă a vitaminei A şi este acelaşi pentru toţi pigmenţii. Opsinele sunt diferite; bastonaşele conţin un singur fel de opsină, numită scotopsină, iar conurile conţin trei tipuri diferite de opsine, numite fotopsine. Retinenul poate exista sub două forme izomere: forma "cis", care se combină uşor cu opsinele, formând pigmentul vizual caracteristic, şi forma "trans", care se desface de gruparea proteică, ducând la descompunerea pigmentului. Trecerea retinenului din forma "cis" în forma "trans" se face sub acţiunea energiei luminoase, iar regenerarea formei "cis" din izomerul "trans" are loc la întuneric, sub acţiunea unei izomeraze.

**Mecanismul fotoreceptor**. Procesul fotorecepţiei este identic la cele două tipuri de celule fotoreceptoare (conuri şi bastonaşe). Pigmentul vizual absoarbe energia radiaţiei luminoase şi se descompune în retinen şi opsină.

Deoarece pigmentul face parte din structura membranei conurilor şi bastonaşelor, descompunerea sa determină modificări ale conductanţelor ionice, urmate de apariţia unui potenţial electric, potenţial numit receptor sau generator. Amplitudinea acestuia este proporţională



cu logaritmul intensităţii luminoase. Acest potenţial determină un influx nervos ce se propagă spre centrii vizuali.

Sensibilitatea receptorilor vizuali este foarte mare. Bastonaşele sunt mult mai sensibile decât conurile. Pentru a excita o celulă cu bastonaş este suficientă energia unei singure cuante de lumină.

**Adaptarea receptorilor vizuali**. Sensibilitatea celulelor fotoreceptoare este cu atât mai mare cu cât ele conţin mai mult pigment. Cantitatea de pigment din conuri şi bastonaşe variază în funcţie de expunerea lor la lumină sau întuneric. Dacă un individ este expus mult timp la lumină puternică, pigmentul vizual atât din conuri, cât şi din bastonaşe este descompus în retinal şi opsine. În plus, cea mai mare parte a retinalului (şi din conuri şi din bastonaşe) este transformat în vitamina A. Astfel, scade concentraţia pigmenţilor vizuali, iar sensibilitatea ochiului la lumină scade. Acest proces este numit **adaptare la lumină**. Deoarece rodopsina absoarbe toate lungimile de undă ale spectrului vizual, va scădea mai ales sensibilitatea bastonaşelor, astfel încât vederea diurnă se realizează cu ajutorul conurilor. Timpul de adaptare la lumină este de 5 minute.

Invers, dacă un individ stă mult timp în întuneric, retinalul şi opsinele din conuri şi din bastonaşe sunt convertite în pigmenţii vizuali. De asemenea, vitamina A este transformată în retinal, astfel crescând şi mai mult concentraţia de pigmenţi vizuali în conuri şi în bastonaşe. Acest proces este numit **adaptare la întuneric**. Sensibilitatea unui bastonaş la întuneric este de zeci de ori mai mare decât la lumină. Din acest motiv, vederea nocturnă este asigurată de bastonaşe. Adaptarea la întuneric are loc în două faze: o fază rapidă, în primele 5 minute, datorată creşterii de câteva sute de ori a sensibilităţii conurilor, şi o fază lentă, de zeci de minute şi chiar ore, datorată creşterii de câteva zeci de ori a sensibilităţii bastonaşelor.

Retinenul provine din vitamina A. În avitaminoza A, se compromite adaptarea la întuneric, deoarece fotocelulele retinei nu reuşesc să se încarce, în timp util, cu pigmentul necesar. Tulburarea apare mai evident la trecerea de la zi la noapte, în lumina crepusculară, şi se numeşte nictalopie.

**Vederea alb-negru şi vederea cromatică**. Stimularea bastonaşelor produce senzaţia de lumină albă, iar lipsa stimulării senzaţia de negru. Corpurile ce reflectă toate radiaţiile luminoase apar albe, iar cele ce absorb toate radiaţiile apar negre. Stimularea conurilor produce senzaţii mai diferenţiate, deoarece conurile sunt de trei feluri, în funcţie de tipul de pigment vizual pe care îl conţin. Astfel, există conuri care conţin pigment sensibil la culoarea roşie (aşa-numitele "conuri roşii"), conuri cu pigment sensibil la culoarea verde ("conuri verzi") şi conuri cu pigment sensibil la culoarea albastră ("conuri albastre"). Excitarea egală a celor trei tipuri de conuri provoacă senzaţia de alb. Excitarea unei singure categorii de conuri provoacă senzaţia culorii absorbite.

Culorile roşu, albastru şi verde sunt culori primare sau fundamentale. Prin amestecul lor în diferite proporţii se pot obţine toate celelalte culori ale spectrului, inclusiv culoarea albă. Fiecărei culori din spectru îi corespunde o culoare complementară care, în amestec cu prima, dă culoarea albă.

Vederea diurnă, cromatică, este caracteristică retinei centrale (maculare), în special foveei, unde se află exclusiv conuri. Vederea nocturnă, în alb-negru, este realizată de retina periferică, unde predomină bastonaşele. Sensibilitatea diferită a conurilor şi bastonaşelor se datorează şi modului de transmitere a informaţiei vizuale de la receptori spre centru.

**Transmiterea stimulului vizual.** Potenţialul receptor determină apariţia unor modificări electrice în neuronii bipolari care, la rândul lor, determină apariţia în neuronii multipolari a unor potenţiale de acţiune de tip "tot sau nimic". Frecvenţa acestor potenţiale este proporţională cu logaritmul intensităţii luminoase. Axonii acestor neuroni se termină în corpii geniculaţi laterali (externi) ai metatalamusului, de unde informaţia vizuală este transmisă spre scoarţa cerebrală. Din punct de vedere topografic şi funcţional, retina este împărţită în două: retina nazală şi retina temporală. După cum am arătat deja, pe retină se formează o imagine răsturnată şi inversată, adică jumătatea dreaptă a obiectului se va proiecta pe fiecare din jumătăţile stângi ale celor două retine (respectiv, retina temporală a ochiului stâng şi retina nazală a ochiului drept), iar jumătatea stângă a obiectului se va proiecta în dreapta. Datorită modului particular de încrucişare a fibrelor nervului optic la nivelul chiasmei optice, imaginile obiectelor situate în partea stângă a ochiului care le priveşte se vor forma în emisfera cerebrală dreaptă şi invers.

Prelucrarea stimulilor vizuali începe încă de la nivelul retinei. Aceasta conţine, pe lângă celulele fotoreceptoare, şi neuroni ce asigură transmiterea şi prelucrarea stimulilor generaţi în conuri şi bastonaşe. O celulă multipolară (ganglionară) formează împreună cu celulele bipolare şi cu celulele fotoreceptoare, de la care pornesc semnalele luminoase, o **unitate funcţională retiniană.** Există unităţi funcţionale retiniene specializate pentru vederea în alb-negru. Acestea conţin preponderent bastonaşe, ca celule receptoare. Alte unităţi retiniene sunt specializate pentru vederea colorată. Ele conţin conuri. Dacă la o celulă multipolară sosesc impulsuri de la conurile "roşii", aceasta va transmite un impuls nervos care va genera pe scoarţă senzaţia de roşu. La fel se petrec lucrurile şi pentru conurile "verzi" şi "albastre". Dacă o celulă multipolară este stimulată în proporţii diferite de conurile "roşii", "verzi" şi "albastre", ea va transmite scoarţei informaţii despre culoarea corespunzătoare, intermediară, din spectru. Celulele multipolare stimulate egal de cele trei tipuri de conuri vor transmite spre scoarţă senzaţia de alb. Celulele multipolare nestimulate transmit senzaţia de negru. Pentru a vedea culoarea neagră este nevoie de activitate retiniană. Orbii nu văd culoarea neagră, ei nu văd nimic.

**Inhibiţia colaterală.** Retina este sediul nu numai al receptorului analizatorului vizual, ci şi al primilor doi neuroni ai căii vizuale, respectiv neuronul bipolar şi neuronul multipolar (după cum am mai spus, cel de-al treilea neuron al căii este în metatalamus, în corpii geniculaţi laterali). Ca şi în cazul altor segmente intermediare, şi la nivelul retinei întâlnim fenomenul de inhibiţie colaterală. În acest proces, rolul esenţial îl au celulele orizontale care au conexiuni atât cu celulele fotoreceptoare, cât şi cu celulele bipolare situate în vecinătatea căii directe. Celulele orizontale sunt excitate de celulele fotoreceptoare, dar exercită un efect inhibitor asupra celulelor bipolare. De exemplu, în urma stimulării punctiforme a unei singure celule cu bastonaş se va descărca un potenţial receptor care va porni pe două căi:

- pe calea directă spre neuronul bipolar subiacent pe care-l excită şi declanşează stimulul spre centrii corticali;
- pe calea colaterală spre celulele orizontale vecine pe care, de asemenea, le excită. Acestea sunt conectate cu neuronii bipolari din jurul celui excitat direct şi exercită asupra lor un efect inhibitor. În acest fel, neuronii bipolari vecini căii de transmitere nu vor transmite impulsuri nervoase din două motive: în primul rând, ei nu sunt stimulaţi de celulele cu bastonaşe situate în întuneric şi deci rămân neexcitaţi, iar în al doilea rând, pentru că sunt inhibaţi de impulsurile colaterale de la celulele orizontale ale "bastonaşului" stimulat



luminos. În acest mod se realizează contrastul foarte puternic dintre celulele stimulate luminos şi cele nestimulate, dintre punctele luminoase de pe retină şi cele obscure. Dacă toată suprafaţa retinei este egal luminată, centrii corticali nu mai pot discrimina obiectele din jur. Este ceea ce se întâmplă pe timp de ceaţă, dacă se foloseşte faza lungă a automobilelor.

Experimental, prin înregistrări de potenţiale de acţiune din neuronii multipolari vecini, s-a constatat că aceştia răspund foarte puternic şi diferenţiat la stimularea cu contrast a retinei şi dau un răspuns slab şi difuz la stimularea egală a întregii retine. În cazul stimulării punctiforme a retinei (cu contrast alb-negru), în neuronul multipolar situat pe calea directă (contact cu neuronul bipolar şi cu bastonaşul stimulat luminos) se produce brusc o descărcare de potenţiale de acţiune (efectul "deschis"), care încetează brusc la întreruperea stimulării celulei cu bastonaş (efectul "închis"). Concomitent, la nivelul neuronilor multipolari vecini are loc o sistare bruscă a activităţii electrice bazale la începutul şi pe toată durata stimulării retinei, şi o creştere a descărcărilor de potenţiale în momentul întreruperii luminii.

Aceste modificări se datorează fenomenului de inhibiţie colaterală. Prin aceste mecanisme neuronale are loc atât o codificare a informaţiilor vizuale, cât şi o creştere a contrastului imaginii privite.

**Rolul releului vizual talamic.** La nivelul corpului geniculat lateral (extern), de o parte sosesc aferenţele de la hemiretina temporală ipsilaterală (de aceeaşi parte) şi de la hemiretina nazală contralaterală (de partea opusă). Deoarece pe cele două hemiretine ale unui glob ocular se proiectează aceeaşi zonă de câmp vizual, rezultă că o primă etapă în fuziunea imaginilor şi vederea binoculară se petrece aici (fig. 92). Tot prin suprapunerea zonelor neuronale talamice, care primesc două imagini pentru fiecare obiect "văzut" de cele două hemiretine, este posibilă şi analiza stereoscopică a câmpului vizual. Ambele procese vor fi definitivate pe scoarţa cerebrală.

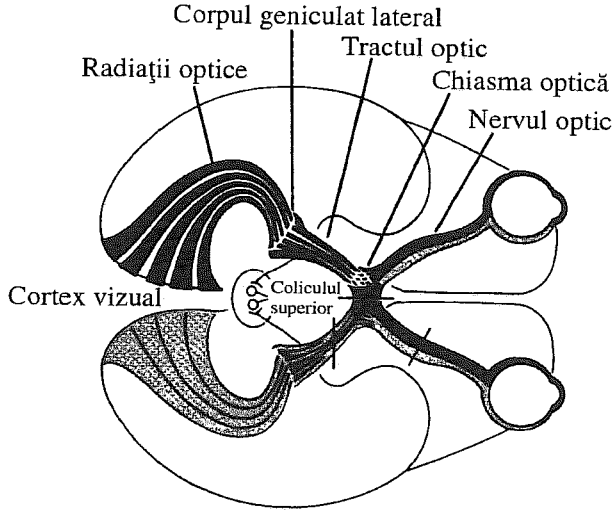



**Fig. 92. Calea vizuală - vederea binoculară**

## SEGMENTUL CORTICAL AL ANALIZATORULUI VIZUAL

Fiecărui punct de pe retină îi corespunde un punct specific de proiecţie corticală. Aria vizuală primară (câmpul 17), numită şi aria striată (fig. 93), se întinde mai ales pe faţa medială a lobilor occipitali, de o parte şi de alta a scizurii calcarine. În jurul acesteia se află ariile vizuale secundare sau asociative (câmpurile 18 şi 19) (fig. 94). La nivelul ariei vizuale primare, cea mai întinsă reprezentare o are macula; aceasta ocupă regiunea posterioară a lobului occipital. În ariile vizuale se realizează senzaţia şi percepţia vizuală, respectiv transformarea stimulilor electrici porniţi de la nivelul celulelor fotoreceptoare în senzaţie de lumină, culoare şi formă.

**Simţul luminii** este cel mai vechi din punct de vedere filogenetic. Senzaţia de luminozitate se datorează excitării unor neuroni corticali cu stimuli proveniţi de la bastonaşe sau cu stimuli de valoare egală proveniţi de la cele trei tipuri de conuri. Datorită relaţiei logaritmice între intensitatea stimulului luminos şi valoarea potenţialului receptor corespunzător, ochiul poate percepe o gamă foarte largă de intensităţi luminoase. De precizat că lumina de intensitate extrem de mare produce mai degrabă o senzaţie dureroasă decât luminoasă.

**Simţul culorilor**. Din practică se ştie că prin amestecarea în proporţii variabile a celor trei culori fundamentale (roşu, verde şi albastru) se pot obţine toate celelalte culori din spectrul vizibil sau senzaţia de alb. Pe aceasta se bazează teoria tricromatică a lui Young şi Helmholtz privind mecanismul percepţiei culorilor: fiecare din cele trei tipuri de conuri este excitat maximal de o anumită radiaţie

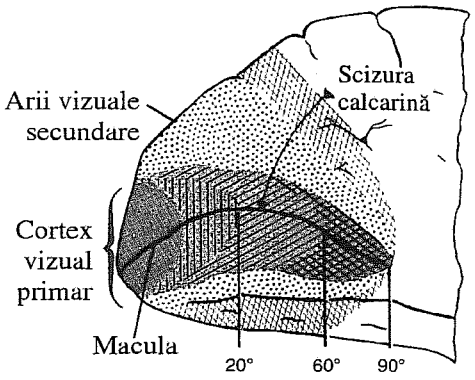



**Fig. 93. Cortexul vizual**

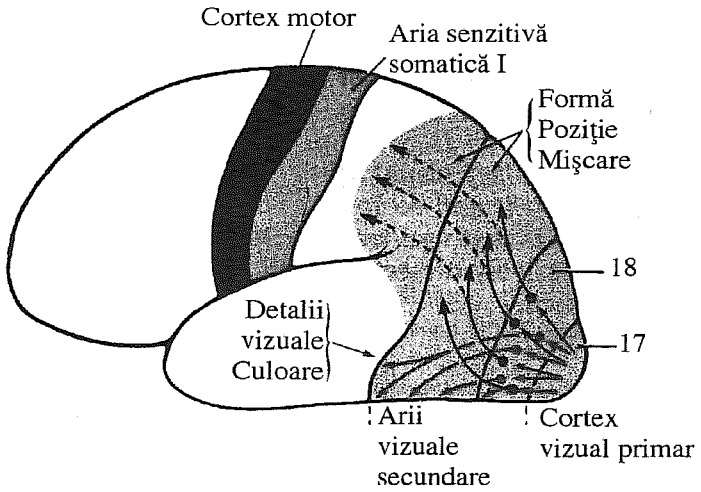



**Fig. 94. Transmiterea semnalelor vizuale de la cortexul vizual primar la ariile vizuale secundare**



monocromatică, dar poate fi excitat parţial şi de radiaţii monocromatice străine. Spre exemplu, o radiaţie cu lungimea de undă de 550 nm stimulează în mod egal conurile verzi şi roşii, în proporţie de 83% fiecare, nu însă şi conurile albastre, şi va produce senzaţia de galben. O radiaţie monocromatică de 480 nm, care excită aproximativ egal conurile roşii (în proporţie de 31%) şi albastre (în proporţie de 36%), precum şi în proporţie de 67% pe cele verzi, dă senzaţia de verde etc (fig. 95).

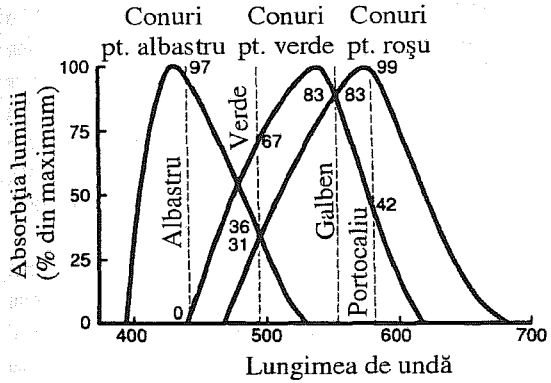



**Fig. 95. Demonstrarea gradului de stimulare a diferitelor tipuri de conuri de către lumina monocromatică a patru culori separate: albastru, verde, galben şi portocaliu**

Simţul culorii se datorează neuronilor corticali specializaţi în prelucrarea informaţiei recepţionate la nivelul conurilor. Neuronii excitaţi de o anumită culoare primară sunt inhibaţi de culoarea complementară corespunzătoare, şi invers. De exemplu, neuronii excitaţi de roşu sunt inhibaţi de verde, iar cei stimulaţi de verde sunt inhibaţi de roşu. La fel se comportă şi neuronii de tip albastru-galben, culori de asemenea complementare. Senzaţia unei anumite culori este dată de proporţia de neuroni excitaţi şi inhibaţi, sub acţiunea aferenţelor de la conuri. O radiaţie monocromatică de 700 nm va excita conurile roşii. De aici, stimulul va ajunge la neuronii talamici de tip roşu-verde, excitându-i pe primii şi inhibându-i pe ceilalţi. Neuronii "roşii" talamici vor excita numai neuronii corticali omonimi şi vor inhiba neuronii corticali "verzi". Astfel ia naştere senzaţia conştientă de roşu. Dacă stimulăm concomitent conurile roşii şi verzi, pe scoarţă nu va mai apare senzaţia de culoare, ci de lumină albă (fig. 96).

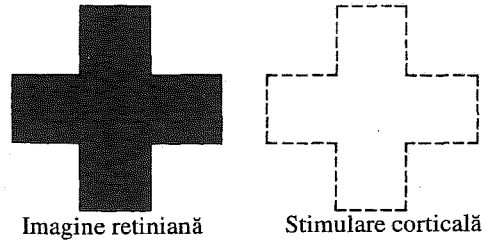



**Fig. 96. Model de excitaţie în cortexul vizual**

**Simţul formelor**. Identificarea formelor şi a detaliilor obiectelor este realizată de nişte neuroni corticali ce sunt stimulaţi numai când pe retină apar zone excitate prin contrast de luminozitate sau de culoare. Aceste zone retiniene reprezintă imaginea fotografică a obiectului. Lor le corespunde o imagine corticală a lumii privite, formată din neuronii stimulaţi, a căror dispoziţie spaţială reproduce punctele corespondente excitate de pe retină. Precizia cu care sunt percepute detaliile şi contururile reprezintă **acuitatea vizuală**. Ea se defineşte ca distanţa minimă dintre două puncte pe care ochiul le vede separat (minimum separabil). Unghiul minim sub care este văzută distanţa dintre aceste două puncte este de 45 secunde de arc. Cea mai mare acuitate o are foveea centrală. Acuitatea vizuală depinde în mare parte de diametrul conurilor. Pentru a fi văzute distinct, două puncte din spaţiu trebuie să dea pe retină două imagini separate printr-un rând de conuri neexcitate. Un rol esenţial în acuitatea vizuală îl are inhibiţia colaterală.

### CÂMPUL VIZUAL, VEDEREA BINOCULARĂ ŞI STEREOSCOPICĂ

Spaţiul cuprins cu privirea se numeşte câmp vizual. Fiecărui ochi îi corespunde un câmp vizual monocular, care se suprapune în mare parte cu câmpul vizual al celuilalt ochi. Partea comună a celor două câmpuri reprezintă câmpul vizual binocular. Orice obiect aflat în câmpul vizual binocular formează câte o imagine pe fiecare din retine. Aceste imagini fuzionează pe scoarţă într-o imagine unică. Procesul de fuziune corticală este posibil numai dacă imaginile retiniene se formează în puncte corespondente. Acest proces de fuziune a imaginilor începe la nivelul corpilor geniculaţi laterali. Din punct de vedere funcţional, retina fiecărui ochi are o jumătate nazală şi una temporală. Datorită modului particular de încrucişare a fibrelor nervului optic la nivelul chiasmei optice, hemiretina nazală stângă devine corespondentă cu hemiretina temporală dreaptă, şi invers. Altfel spus, imaginile proiectate pe hemiretinele stângi ajung în aria vizuală a emisferei cerebrale stângi, iar imaginile proiectate pe hemiretinele drepte ajung în aria vizuală a emisferei drepte. Datorită cristalinului, imaginea formată pe retină este răsturnată, iar hemiretinele stângi văd hemicâmpul vizual drept, iar hemiretinele drepte văd hemicâmpul vizual stâng.

Corespondenţa, punct cu punct, a proiecţiilor retiniene necesită intervenţia permanentă a unor reflexe motorii de orientare conjugată a ochilor spre obiectul privit. În funcţie de unghiul format de axele vizuale ale celor doi ochi cu obiectul explorat, este apreciată distanţa faţă de ochi la care se află obiectul respectiv. Pe baza experienţei anterioare, noi vedem stereoscopic şi cu un singur ochi. Totuşi, precizia vederii în adâncime se obţine numai prin vedere binoculară.

Extirparea ariei vizuale primare determină orbirea. Distrugerea ariilor vizuale secundare produce afazia vizuală: bolnavul vede literele scrise, dar nu înţelege semnificaţia cuvintelor citite.

## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI ACUSTIC

Urechea umană percepe sunete cu frecvenţa cuprinsă între 20 şi 20 000 Hz şi amplitudini între 0 şi 130 decibeli (1 db = 1 dyne/cm$^2$).

### MECANISMUL RECEPŢIEI AUDITIVE

Segmentul receptor al analizatorului auditiv (acustic) este reprezentat de organul Corti, situat pe membrana bazilară din structura cohleei. Celulele senzoriale de la acest nivel transformă energia mecanică a sunetelor în influx nervos. Sunetul este transmis până la organul Corti, atât prin oasele craniului (transmitere osoasă), cât şi prin intermediul lanţului de oscioare din urechea medie (transmiterea aeriană). Transmiterea aeriană este cea fiziologică. Ea începe la nivelul pavilionului urechii, care captează şi dirijează sunetele spre conductul auditiv extern. La capătul acestuia, unda sonoră pune în vibraţie membrana timpanului care, la rândul său, antrenează lanţul celor trei oscioare. Amplitudinea vibraţiilor timpanului este maximă atunci când presiunile pe cele două feţe ale sale sunt egale. Din acest motiv, un rol important revine trompei lui Eustachio, prin care se echilibrează presiunea aerului din urechea medie cu presiunea atmosferică. De la oscioare, unda sonoră este transmisă mai departe, succesiv, ferestrei ovale, perilimfei şi endolimfei. Variaţiile de presiune ale endolimfei fac să vibreze membrana bazilară, pe care se găseşte dispus organul Corti.



De la timpan, vibraţiile sonore se transmit ferestrei ovale, astfel încât se respectă întocmai frecvenţa şi faza vibraţiilor, dar în acelaşi timp are loc o amplificare a intensităţii semnalului. Această amplificare rezultă, pe de o parte, din diferenţa dintre suprafaţa membranei timpanului (55 mm$^2$) şi a ferestrei ovale (3,2 mm$^2$) şi, pe de altă parte, din creşterea de 1,3 ori a forţei cu care se deplasează scărita. În acest fel se realizează o creştere de 22 ori a presiunii exercitate de unda sonoră asupra perilimfei, faţă de cea exercitată asupra aerului. Această creştere de presiune (respectiv amplificare a intensităţii semnalului) este necesară deoarece lichidul are o inerţie mult mai mare decât aerul şi deci este nevoie de o presiune mult mai mare pentru a putea produce vibraţia lichidului. În acelaşi timp, la nivelul urechii medii are loc şi un proces de reglare a intensităţii undei sonore. Contracţia muşchiului ciocanului reduce vibraţiile timpanului la sunete prea puternice, iar contracţia muşchiului scăriţei permite vibraţii mai ample ale membranei ferestrei ovale chiar şi la sunete slabe.

Transmiterea sunetului pe cale osoasă nu este evidentă decât în situaţii patologice, în care este compromisă transmiterea aeriană. Există boli care produc o osificare a membranei ferestrei ovale şi deci suprimarea căii aeriene (otoscleroză), urmată de surditate definitivă. Alteori, calea aeriană este suprimată temporar, ca urmare a obstruării conductului auditiv extern prin dopuri de cerumen. Perforaţiile timpanului nu duc la surditate, ci numai la o scădere a acuităţii auditive a urechii respective.

**Excitarea celulelor auditive**. Vibraţiile perilimfei determină vibraţii ale membranei bazilare care antrenează celulele auditive ale căror cili vor suferi deformaţii mecanice la contactul cu membrana tectoria. Înclinarea cililor într-o parte depolarizează celulele, iar în direcţia opusă le hiperpolarizează. Aceste variaţii alternative de potenţial receptor produc potenţiale de acţiune pe fibrele senzitive ale neuronilor din ganglionul Corti. Depolarizările celulelor senzoriale cresc frecvenţa potenţialelor de acţiune, iar hiperpolarizările o reduc.

Membrana bazilară are vibraţii de amplitudine maximă la o distanţă variabilă faţă de scăriţă, în funcţie de frecvenţa undei sonore. Astfel, un sunet cu frecvenţă mare va determina vibraţii cu amplitudine maximă în apropierea scăriţei, după care unda sonoră nu se transmite mai departe. Un sunet cu frecvenţă medie va determina vibraţia membranei bazilare cu amplitudinea maximă spre mijlocul distanţei dintre scăriţă şi helicotremă, iar un sunet cu frecvenţă redusă se va propaga până aproape de helicotremă pentru a produce vibraţii cu amplitudine maximă a membranei bazilare. Membrana bazilară are o structură comparabilă cu un rezonator cu coarde. În alcătuirea ei se află aproximativ 25 000 fibre de colagen paralele, de lungimi şi grosimi diferite, dispuse transversal. Aceste fibre sunt fixate la unul din capete pe lama spirală a columelei, iar celălalt capăt este liber, spre marginea laterală a membranei bazilare.

Fibrele colagene sunt mai scurte şi mai groase la baza melcului şi devin mai lungi şi mai subţiri spre helicotremă. Acestor variaţii morfologice le corespund particularităţi de elasticitate şi de rezonanţă. Fibrele situate la baza melcului intră în rezonanţă cu sunetele de frecvenţă înaltă (15 000 Hz), cele de la mijlocul membranei bazilare rezonează cu frecvenţe medii (5000 Hz), iar cele de la vârful melcului cu frecvenţe joase (20-500 Hz) (fig. 97).

Când o undă sonoră ajunge la membrana ferestrei ovale, aceasta este împinsă spre rampa vestibulară, comprimând perilimfa. Şocul presional determină o deplasare bruscă a porţiunii iniţiale a membranei bazilare spre rampa timpanică. Presiunea sunetului este urmată imediat de o depresiune care face ca membrana ferestrei ovale să se retragă spre urechea medie, iar membrana bazilară se va deplasa spre rampa vestibulară. Acest ciclu presiune-depresiune se repetă de sute,

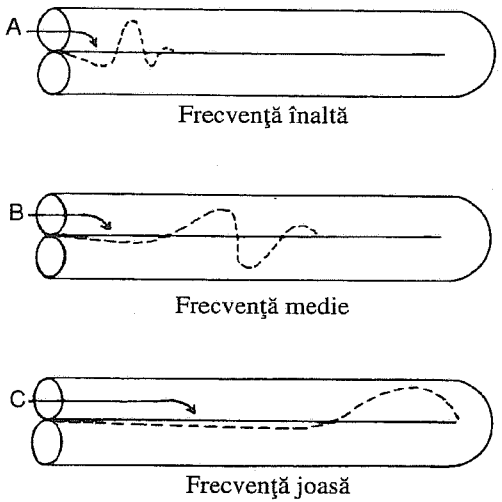



**Fig. 97. Propagarea "undelor mobile" cu frecvenţă înaltă, medie şi joasă, de-a lungul membranei bazilare**

mii sau zeci de mii de ori pe secundă, după frecvenţa stimulului respectiv, ceea ce va determina vibraţii cu aceeaşi frecvenţă (dar de foarte mică amplitudine) a porţiunii iniţiale a membranei bazilare. Aceste vibraţii nu sunt staţionare, ci se propagă ca o undă mobilă de-a lungul membranei bazilare, atingând amplitudinea maximă în dreptul fibrelor de colagen ce intră în rezonanţă cu sunetul respectiv. Vibraţiile acestei zone sunt atât de ample, încât consumă întreaga energie a sunetului şi dispar imediat după punctul de maximă oscilaţie. Aşadar, fiecare sunet va pune în vibraţie începutul membranei bazilare, dar va determina vibraţii cu amplitudine maximă în zone diferite ale acesteia, în funcţie de frecvenţa sa. În acest mod, membrana "descompune" sunetele în componente, adică face o primă "interpretare" a aspectului frecvenţelor sonore.

**Transmiterea stimulului auditiv**. Fiecare neuron senzitiv din ganglionul spiral Corti transmite impulsuri nervoase de la o anumită zonă a membranei bazilare. Această specializare zonală se păstrează în continuare şi la celelalte staţii de releu ale căii acustice. Sunetele de o anumită frecvenţă activează anumiţi neuroni cohleari, anumiţi neuroni coliculari, anumiţi neuroni talamici. În acest mod, excitaţiile sonore, separate în frecvenţele componente la nivelul membranei bazilare, se transmit prin "fire izolate" spre neuronii corticali.

**Segmentul central al analizatorului auditiv (acustic)**. Proiecţia corticală a căilor auditive are loc în circumvoluţia temporală superioară (câmpul 41 şi 42). Aceasta este aria acustică primară, ce primeşte informaţii acustice de la ambele urechi. La acest nivel are loc realizarea senzaţiei şi a percepţiei auditive.

Aria acustică are o **organizare tonotopă**, în sensul că sunetele joase activează neuroni din porţiunile anterioare, iar sunetele mai înalte activează neuroni situaţi mai posterior. În. jurul ariei primare se află aria secundară sau de asociaţie (câmpul 22) care primeşte aferenţe de la aria primară. Distrugerea ariilor primare provoacă surditate, iar distrugerea celor secundare nu abolește auzul, însă face imposibilă înţelegerea semnificaţiei cuvintelor vorbite (**afazie auditivă**).



**Analiza corticală a stimulilor auditivi**. Scoarţa interpretează frecvenţa sunetelor auzite în funcţie de neuronii corticali la care ajung impulsurile nervoase auditive. Datorită legăturilor prin "fir direct" între receptor, calea auditivă şi neuronul central, se poate concluziona că scoarţa cerebrală interpretează vibraţiile membranei bazilare drept sunete înalte, dacă acestea au loc în prima treime a sa, sunete medii, dacă vibrează porţiunea mijlocie a membranei, şi sunete grave, dacă vibrează treimea dinspre helicotremă. Aceleaşi senzaţii sonore se obţin în urma stimulării neuronilor din aria auditivă.

Excitarea unor neuroni din aria primară determină perceperea unor tonuri sonore, în timp ce excitarea ariei asociative (auditive secundare) provoacă senzaţii şi percepţii auditive (individul aude melodia); excitarea unor arii asociative temporo-occipitale evocă experienţe complexe trăite anterior (individul aude melodia şi are imaginea sălii unde a avut loc concertul respectiv, având impresia că totul, respectiv sala, publicul, orchestra, propria persoană sunt evenimente care se petrec la timpul prezent). Tot acest scenariu halucinatoriu dispare în momentul încetării stimulării ariei respective.

**Identificarea direcţiei de unde vine sunetul**. Un individ poate determina direcţia de unde vine un sunet prin două mecanisme principale: prin detectarea decalajului în timp dintre semnalele acustice care intră în cele două urechi şi prin diferenţa de intensitate a sunetului care ajunge la cele două urechi. Primul mecanism este realizat la nivelul nucleului olivar superior medial, iar cel de-al doilea la nivelul nucleului olivar superior lateral. În afară de integritatea nucleului olivar superior, pentru a detecta direcţia sunetelor este necesară şi integritatea căilor nervoase pe tot parcursul dintre nuclei şi cortex.

## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI VESTIBULAR

Analizatorul vestibular are rolul de a informa creierul despre poziţia capului în spaţiu şi despre acelerările liniare sau circulare la care acesta este supus. Simţul vestibular nu este propriu-zis un simţ al echilibrului, ci o componentă importantă a mecanismelor ce concură la reglarea echilibrului, alături de analizatorii kinestezic, vizual, tactil şi de cerebel.

### SEGMENTUL PERIFERIC

Este reprezentat de utriculă şi saculă, pe de o parte, şi de canalele semicirculare, pe de altă parte.

**Utricula şi sacula**. Receptorii maculari sunt stimulaţi mecanic de către otolite. Stimularea are loc atât în condiţii statice, cât şi dinamice. Când capul stă nemişcat, otolitele apasă prin greutatea lor asupra cililor celulelor senzoriale, care trimit impulsuri spre centri, informându-i asupra poziţiei capului în raport cu direcţia vectorului gravitaţional. Când capul şi corpul suferă acelerări liniare (înainte, înapoi sau lateral), forţele de inerţie împing otolitele, care sunt mai dense decât endolimfa, în sens opus deplasării. Astfel se declanşează la nivelul centrilor nervoşi reacţii motorii corectoare ale poziţiei corpului şi capului, în vederea menţinerii echilibrului pe toată durata mişcării. Deplasarea liniară înainte provoacă reflex aplecarea corpului şi capului în faţă. De remarcat că receptorii maculari nu detectează viteza de deplasare a corpului, respectiv a capului, ci acceleraţia.

Receptorii maculari descarcă impulsuri chiar şi în absenţa deplasărilor capului, fapt ce dovedeşte că ei se adaptează foarte puţin. Înclinând capul cu doar 1° faţă de poziţia statică, descărcările de impulsuri din receptorii otolitici cresc. Acesta este pragul diferenţei de înclinare a capului. Frecvenţa creşte progresiv cu gradul înclinării capului. Receptorii aparatului vestibular sunt şi sediul unor reflexe posturale. O modificare bruscă a poziţiei corpului declanşează reflexe care ajută la menţinerea posturii şi a echilibrului. De exemplu, dacă un individ este împins brusc către dreapta, în mod reflex se produce extensia membrului inferior drept, chiar înainte ca tot corpul său să se încline cu mai mult de câteva grade.

Un alt tip de reflex, asemănător, se produce când subiectul cade înainte, cu contracţia muşchilor extensori ai coapselor, ai spatelui şi gâtului, care previne căderea acestuia la pământ.

Receptorii otolitici nu participă la menţinerea echilibrului în condiţiile accelerărilor circulare ale capului şi corpului.

**Canalele semicirculare.** Crestele ampulare şi cupulele gelatinoase, care se găsesc la baza canalelor semicirculare, reprezintă cel de-al doilea organ receptor al analizatorului vestibular, responsabil de menţinerea echilibrului în condiţiile acceleraţiilor circulare ale capului şi corpului. Cilii celulelor senzoriale din canalele semicirculare sunt excitaţi mecanic de deplasarea endolimfei. Orice mişcare de rotaţie a capului sau corpului antrenează rotaţia simultană a canalelor semicirculare aflate în planul rotaţiei respective. Din cauza inerţiei, endolimfa din aceste canale va suferi o deplasare relativă în sens opus şi va înclina cupula în sensul acestei deplasări. Fenomenele mecanice se petrec simultan în canalul semicircular omonim contralateral, dar cu sens inversat. Recepţionarea mişcărilor circulare ale capului este posibilă datorită orientării canalelor semicirculare în cele trei planuri ale spaţiului (frontal, orizontal şi sagital). Rotaţia capului în unul din aceste planuri provoacă deplasarea endolimfei numai în canalele semicirculare din planul respectiv; este excitat organul cupular al unui canal şi inhibat cel al canalului contralateral.

Acest model de stimulare-inhibare stă la baza informării centrilor asupra planului mişcării rotatorii (în funcţie de planul în care se găseşte perechea de canale stimulată) şi sensului acesteia (în funcţie de cupula stimulată şi, respectiv, inhibată - dreapta sau stânga). Prin combinarea impulsurilor sosite de la cele trei perechi de canale semicirculare, centrii nervoşi iau cunoştinţă, în orice moment, de mişcarea efectuată.

SEGMENTUL INTERMEDIAR

Potenţialele de acţiune generate la nivelul receptorilor vestibulari sunt transmise de primul neuron senzitiv al căii vestibulare (aflat în ganglionul Scarpa) până la nucleii vestibulari bulbari, unde se află al doilea neuron al căii. De aici, stimulii vestibulari se distribuie în mai multe direcţii: spre arhicerebel, responsabil de menţinerea automată a echilibrului; spre formaţia reticulată a trunchiului cerebral şi spre neuronii motori γ medulari, pentru reglarea tonusului muscular şi a posturii corpului; spre nucleii motori ai nervilor oculari, care asigură fixarea ochilor în timpul mişcărilor rotatorii ale capului; spre talamus şi de aici spre scoarţa cerebrală, pentru a asigura senzaţia conştientă a echilibrului.

SEGMENTUL CORTICAL

Proiecţia corticală a analizatorului vestibular este la nivelul peretelui superior al şanţului Sylvius (lobul parietal), în vecinătatea ariilor acustice din girul temporal superior.



## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI GUSTATIV

Gustul este un simţ special, care permite selectarea hranei, evitarea alimentelor alterate sau caustice, participând şi la elaborarea unor reflexe secretorii digestive. Pentru a putea fi gustate, substanţele chimice din alimente trebuie să se dizolve în saliva ce scaldă receptorii gustativi. Receptorii gustativi sunt chemoreceptori ce interacţionează specific cu substanţele sapide. Din acest motiv, gustul este considerat simţ chimic.

SEGMENTUL PERIFERIC

Receptorii gustativi sunt situaţi în special în mugurii gustativi de pe suprafaţa limbii, dar şi în mucoasa palatină, amigdaliană, epiglotică şi chiar de la nivelul esofagului proximal.

**Senzaţia primară de gust.** Identitatea substanţelor chimice specifice care excită receptorii pentru gust este încă incompletă. Totuşi, studiile psihofiziologice şi neurofiziologice au identificat cel puţin 13 posibili sau probabili receptori chimici în celulele gustative. Din punct de vedere practic, pentru analiza gustului, calităţile de percepţie ale gustului au fost împărţite în patru categorii generale, numite senzaţii gustative primare. Acestea sunt acru, sărat, dulce, amar.

***Gustul acru*** este dat de acizi; intensitatea senzaţiei de acru este proporţională cu logaritmul concentraţiei ionilor de hidrogen. Cu alte cuvinte, cu cât este mai puternic un acid, cu atât mai intensă este senzaţia de acru.

***Gustul sărat*** este dat de săruri ionizate. Calitatea gustului variază oarecum de la o sare la alta, deoarece formarea senzaţiei de sărat necesită şi alte senzaţii gustative pe lângă cea de sărat.

***Gustul pentru dulce*** nu este determinat de o singură clasă de substanţe chimice. Unele dintre acestea sunt: zaharuri, glicoli, alcooli, aldehide, cetone, amide, esteri, aminoacizi şi altele. Se observă că cele mai multe dintre substanţele care determină senzaţia de dulce sunt de natură organică. Modificări uşoare în structura chimică, cum ar fi adăugarea unui simplu radical, pot adesea să schimbe gustul substanţei din dulce în amar.

***Gustul amar***, ca şi gustul dulce, nu este deteminat de un singur tip de agent chimic; dar, şi în acest caz, substanţele care determină senzaţia de amar sunt aproape în întregime substanţe organice. Senzaţii gustative amare sunt produse, cu o mare probabilitate, de două clase de substanţe, şi anume de substanţe organice cu lanţ lung, care conţin azot şi alcaloizi. Grupa alcaloizilor cuprinde o serie de medicamente utilizate în terapeutică: chinine, cafeina, stricnina şi nicotina. Dacă gustul alimentului este intens amar, persoanele sau chiar animalele resping alimentul. Aceasta este, fără îndoială, o funcţie protectivă importantă, deoarece multe dintre toxinele letale din otrăvurile vegetale sunt alcaloizi şi toate au un gust amar puternic.

**Mugurele gustativ** are un diametru în jur de 1/30 mm şi o lungime în jur de 1/16 mm. Mugurele gustativ este compus din aproape 40 de celule epiteliale modificate, unele dintre ele fiind celule de susţinere, iar altele celule gustative. Celulele epiteliale din vecinătate, prin diviziuni mitotice, înlocuiesc în mod continuu celulele gustative; astfel, există celule gustative tinere şi altele mature. Acestea dim urmă se întind spre centrul mugurelui şi, în curând, se vor rupe şi dizolva.

Celulele gustative situate mai spre suprafaţă se găsesc aşezate în jurul unui por gustativ abia perceptibil. De la fiecare celulă pleacă numeroşi microvili sau peri gustativi; ei se îndreaptă spre suprafaţa externă a porului gustativ, pătrunzând în cavitatea bucală. Aceşti microvili

reprezintă suprafaţa receptoare pentru gust. Printre celulele gustative se găseşte o reţea de fibre nervoase gustative care sunt stimulate de către celulele receptoare gustative.

Localizarea mugurilor gustativi în anumite zone speciale prezintă o importanţă mare pentru formarea senzaţiilor gustative primare. Gusturile sărat şi dulce sunt percepute în principal la vârful limbii, gustul acru pe cele două părţi laterale, iar gustul amar la baza limbii şi pe palatul moale.

Cei mai mulţi dintre mugurii gustativi pot fi stimulaţi de doi, trei, poate patru sau chiar şi de alţi stimuli gustativi care nu intră în categoria celor primari. Însă, de obicei, predomină unul sau două dintre categoriile de gusturi descrise. La contactul dintre substanţele sapide şi celulele receptoare ale mugurelui gustativ se produce o depolarizare a acestora din urmă, cu apariţia potenţialului receptor.

Mecanismul producerii acestei depolarizări se pare că este următorul: substanţele chimice se leagă de molecule proteice receptoare care pătrund în membrana microvililor şi deschid canale ionice; canalele ionice odată deschise permit pătrunderea ionilor de sodiu, care vor depolariza celula.

SEGMENTUL INTERMEDIAR

Semnalele gustative sunt transmise de la limbă şi regiunea faringiană până în sistemul nervos central prin mai mulţi nervi cranieni. Mai întâi, toate filetele nervoase gustative pătrund în tractul solitar al trunchiului cerebral, fac sinapsă cu al doilea neuron al căii în nucleii din tractul solitar. Cel de-al treilea neuron al căii este tot în talamus, într-o zonă mică localizată puţin medial faţă de proiecţiile talamice ale regiunii faciale din sistemul senzitiv somatic.

SEGMENTUL CORTICAL

Axonii neuronilor talamici se proiectează în porţiunea inferioară a girusului postcentral din cortex, în apropierea ariei de proiecţie senzitivă somatică a limbii.

În trunchiul cerebral se integrează reflexe gustative. Un număr mare de impulsuri este transmis în interiorul trunchiului cerebral însuşi, de la nivelul tractului solitar către nucleii salivatori superiori şi inferiori. De aici, impulsurile efectorii pleacă spre glandele salivare submandibulare, sublinguale şi parotide, pentru a ajuta la controlul salivaţiei în timpul ingestiei alimentelor.

**Preferinţele gustative şi controlul dietei**. Preferinţele gustative înseamnă că un animal va alege anumite tipuri de alimente în defavoarea altora. El utilizează în mod automat aceste preferinţe pentru a controla dieta pe care o consumă. În plus, preferinţele sale gustative sunt de multe ori în acord cu necesităţile organismului pentru anumite substanţe specifice. De exemplu, animalele ierbivore, la care aportul natural de sare este scăzut, caută să lingă sare sau chiar zidăria caselor.

Fenomenul preferinţei gustative este rezultatul unui mecanism localizat în sistemul nervos central şi nu al unui mecanism din receptorii gustativi. Argumentul pentru această ipoteză îl constituie faptul că experienţe prealabile ale individului, plăcute sau neplăcute, joacă un rol major în stabilirea diferitelor preferinţe gustative. De exemplu, dacă o persoană capătă indispoziţie imediat după ce a consumat un anume tip de aliment, ea va dezvolta o preferinţă gustativă negativă pentru acel tip de aliment, tot timpul după aceea.



## FIZIOLOGIA ANALIZATORULUI OLFACTIV

Simţul mirosului este, dintre toate simţurile noastre, cel mai puţin înţeles. Spre deosebire de animalele inferioare, la om acest simţ este aproape rudimentar. La fel ca şi simţul gustului, şi mirosul este un simţ chimic.

SEGMENTUL PERIFERIC

Receptorii analizatorului olfactiv se găsesc în mucoasa nazală, într-o zonă specială numită mucoasă olfactivă. Ea se întinde pe treimea superioară a fiecărei nări. Medial, ea se pliază în jos spre suprafaţa septului şi lateral peste cornetul superior şi suprafaţa superioară a cornetului mijlociu.

Celulele olfactive sunt celulele receptoare pentru senzaţia de miros. Ele sunt celule nervoase bipolare care provin din sistemul nervos însuşi. Polul dinspre mucoasă al celulelor olfactive formează un buton olfactiv prin care se proiectează 6 până la 12 peri sau cili olfactivi, către mucusul care căptuşeşte suprafaţa internă a cavităţii nazale. Aceşti cili sunt cei care reacţionează la mirosurile din aer şi apoi stimulează celulele olfactive. Membranele cililor conţin un număr mare de molecule proteice care pătrund prin membrană. De ele se leagă diferite substanţe mirositoare. Aceste proteine se numesc proteine de legare a substanţelor mirositoare.

În urma legării substanţelor odorizante de proteinele membranare, are loc depolarizarea celulelor receptoare, cu generarea potenţialului receptor. Pentru a putea fi mirosită, o substanţă trebuie să fie volatilă şi să ajungă în nări. În al doilea rând, trebuie să fie uşor solubilă în apă, astfel încât să treacă prin mucus şi să atingă celulele olfactive. În al treilea rând, trebuie să fie uşor solubilă în lipide, deoarece se pare că constituenţii lipidici ai membranei celulare resping substanţele mirositoare şi astfel le pot îndepărta de pe receptorii proteici.

Deşi omul poate distinge mii de mirosuri diferite (3000-4000), există un număr de peste 50 de mirosuri primare sau fundamentale din a căror combinare, în proporţii diferite, poate rezulta întreaga diversitate de senzaţii olfactive. Dintre acestea, s-a constatat că există doar 7 clase de agenţi stimulanţi olfactivi preferenţiali care excită celulele olfactive: camfor, mosc, floral, mentolat, eteric, pătrunzător (usturoiat), putrid.

SEGMENTUL INTERMEDIAR

Porţiunea olfactivă a creierului face parte dintre structurile cele mai vechi, iar celelalte porţiuni ale creierului se dezvoltă în jurul acestei structuri olfactive iniţiale. De fapt, porţiunea creierului care iniţial deservea olfacţia va face mai târziu parte din structurile de la baza creierului; la om, această zonă controlează emoţiile şi alte aspecte ale comportamentului. Acesta se numeşte sistemul limbic (vezi "Emisferele cerebrale").

Bulbul olfactiv, denumit şi nervul cranian I, arată ca un nerv, dar este o prelungire de ţesut nervos de la baza creierului; are o excrescenţă bulbară, bulbul olfactiv, care se întinde deasupra plăcii cribriforme (lama ciuruită a etmoidului) ce separă cavitatea craniană de porţiunea superioară a cavităţii nazale.

Placa cribriformă are o mulţime de orificii mici prin care trec un număr egal de nervi scurţi ce provin din membrana olfactivă şi pătrund în bulbul olfactiv. Terminaţiile axonice foarte scurte sfârşesc în structurile globulare din bulbul olfactiv, numite glomeruli.

Cercetări recente au arătat că glomerulii răspund la agenţi mirositori diferiţi. De aceea, este posibil ca glomerulii olfactivi stimulaţi specific să fie cheia pentru analiza diferitelor semnale odorifere transmise sistemului nervos central.

SEGMENTUL CENTRAL

Tractul olfactiv intră în creier la joncţiunea dintre mezencefal şi encefal. Aici, el se divide în două căi, una care trece medial în aria olfactivă medială şi alta lateral, în aria olfactivă laterală. Aria olfactivă medială reprezintă un sistem foarte vechi, pe când cea laterală reprezintă poarta de intrare pentru sistemul olfactiv mai puţin vechi şi pentru cel mai nou.

Sistemul olfactiv foarte vechi (arhicortexul olfactiv) este format dintr-un grup de nuclei situaţi în porţiunile bazale mijlocii ale creierului, situaţi anterior şi superior de hipotalamus.

Acest sistem este implicat în unele răspunsuri primitive legate de olfacţie, cum sunt: lingerea buzelor, salivaţie şi alte răspunsuri alimentare legate de mirosul alimentelor sau căile emoţionale primitive asociate cu mirosul (găsirea şi recunoaşterea partenerului sexual, recunoaşterea eventualilor duşmani).

Sistemul olfactiv vechi (paleocortexul olfactiv) este reprezentat de aria olfactivă laterală, compusă, în principal, din cortexul prepiriform căruia i se adaugă porţiunea corti-cală a nucleilor amigdalieni.

Din aceste zone semnalele merg către aproape toate teritoriile de la baza creierului, care sunt importante pentru a învăţa pe baza experienţei ceea ce place sau nu, legat de alimentaţie. De exemplu, zona olfactivă laterală şi conexiunile sale multiple cu structurile creierului, care se ocupă de coordonarea comportamentului, detemină aversiunea absolută a unei persoane faţă de acele alimente care i-au provocat greaţă şi vărsături. Tot aici este sediul unor reflexe condiţionate olfactive mai complicate.

O cale olfactivă (neocortexul olfactiv) mai nouă a fost descoperită în talamus; ea trece către nucleul talamic dorso-medial şi apoi către cadranul postero-lateral al cortexului orbito-frontal. Se pare că acest sistem olfactiv mai recent filogenetic ajută la analiza conştientă a mirosului.

# SISTEMUL ENDOCRIN

Glandele cu secreţie internă sunt formate din epitelii secretorii, ale căror celule produc substanţe active, numite hormoni, pe care îi eliberează direct în sânge. Aceste glande nu prezintă canale excretoare.

Hormonii sunt substanţe chimice specifice, care acţionează la distanţă de locul sintezei şi produc efecte caracteristice. Principalul rol al hormonilor constă în reglarea metabolismului celular. Se consideră glande endocrine următoarele organe: hipofiza, suprarenala, tiroida, paratiroidele, testiculul, ovarul, pancreasul insular, timusul, epifiza şi placenta (temporar).

Există şi alte organe care, în afara funcţei lor principale, au şi rol endocrin: glandele parotide secretă parotina, antrul piloric secretă gastrina, duodenul secretă 6-8 hormoni cu rol în reglarea activităţii secretorii şi motorii a aparatului digestiv, rinichiul secretă eritropoietina etc.

În ultima vreme a fost evidenţiată activitatea secretorie a unor neuroni hipotalamici şi a altor organe nervoase, proces numit neurosecreţie, care reprezintă tot o funcţie endocrină. În lumina acestor date, sistemul endocrin este conceput ca un sistem anatomo-funcţional complex, coordonat de sistemul nervos, având rolul de a regla şi coordona pe cale umorală activitatea diferitelor organe pe care le integrează în ansamblul funcţiilor organismului.

Hormonii sunt mesageri chimici de ordinul întâi. Ei sunt eliminaţi permanent în mediul intern, a cărei parte circulantă, sângele sau limfa îi transportă spre toate celulele corpului. Aici, unii hormoni (în special cei proteici) interacţionează cu receptori biochimici din membranele celulare. În urma acestei interacţiuni rezultă mesageri chimici de ordinul al doilea (ex. adenozin monofosfatul ciclic - $AMP_C$) care provoacă modificările metabolice şi funcţionale celulare. Alţi hormoni (cei sterolici) pătrund în citoplasma celulei şi în nucleu, unde interacţionează cu materialul genetic, stimulând biosinteza proteinelor şi enzimelor. Există o secreţie endocrină bazală continuă şi una ocazională, provocată de numeroşi factori de mediu extern şi intern.

În afara glandelor endocrine enumerate, individualizate anatomo-funcţional, există şi sisteme endocrine difuze, aflate în diverse ţesuturi şi organe, capabile să secrete hormoni cu structură foarte diversă. Aceştia nu acţionează neaparat la distanţă de locul de producere şi nu sunt transportaţi neaparat de sânge sau limfă, ei putând acţiona local, asupra unor celule - ţintă vecine (secreţie paracrină). Există, de asemenea, şi posibilitatea sintezei unor substanţe de către o celulă, iar substanţa respectivă să-şi exercite acţiunea chiar asupra celulei care a produs-o (secreţie autocrină). Unii hormoni pot funcţiona ca neuromediatori sau neuromodulatori, eliberaţi în sinapsele din sistemul nervos central sau periferic.

## HIPOFIZA

Este o glandă cu secreţie internă, localizată la baza encefalului, înapoia chiasmei optice, în şaua turcească. Hipofiza (glanda pituitară) are dimensiunile unui bob de fasole şi formă ovală.

Cântăreşte 500 mg. Este alcătuită din trei lobi: anterior, mijlociu (intermediar) şi posterior. Lobul anterior şi cel mijlociu constituie adenohipofiza, iar lobul posterior neurohipofiza.

Adenohipofiza derivă, embriologic, din ectodermul gurii primitive, iar neurohipofiza se dezvoltă din podeaua ventriculului al III-lea, având, ca şi hipotalamusul, origine nervoasă. Adenohipofiza conţine celule cromofobe şi cromofile. Acestea din urmă sunt de două feluri: acidofile şi bazofile. Celulele secretorii formează parenchimul glandei. Ele sunt dispuse în cordoane epiteliale. Între celule se află o bogată reţea bogată de capilare şi de fibre reticulinice care alcătuiesc, împreună, stroma conjunctivo-vasculară a glandei. Adenohipofiza mai conţine şi o reţea de fibre nervoase amielinice. Lobul anterior este partea cea mai dezvoltată a glandei: el reprezintă 75% din masa hipofizei, în timp ce lobul intermediar reprezintă numai 2%, fiind redus la o simplă lamă epitelială, aderentă de lobul posterior.

Lobul posterior este format dintr-o stromă conjunctivo-vasculară în ochiurile căreia se găsesc numeroase celule nevroglice transformate, unele tipuri celulare din adenohipofiză, precum şi fibrele nervoase ale tractului hipotalamo-hipofizar. Celulele neurohipofizei sunt încărcate cu granule de neurosecreţie hipotalamică.

Între hipofiză şi hipotalamus sunt relaţii strânse atât anatomice, cât şi funcţionale. Anatomic, hipofiza este legată de planşeul ventriculului al III-lea prin tija pituitară. Între eminenţa mediană a hipotalamusului şi adenohipofiză există o legătură vasculară reprezentată de sistemul port hipotalamo-hipofizar descris de anatomistul român Grigore T. Popa împreună cu Unna Fielding. Între hipotalamusul anterior şi neurohipofiză există tractul nervos hipotalamo-hipofizar format din axonii nucleilor hipotalamici supraoptic şi paraventricular. Prin aceste legături vasculare şi nervoase şi prin produşii de neurosecreţie, hipotalamusul controlează şi reglează secreţia hipofizei, iar prin intermediul acesteia coordonează activitatea întregului sistem endocrin.

Controlul hipotalamic se realizează prin intermediul unor hormoni produşi în neuronii acestui organ, prin procesul de neurosecreţie. Hipotalamusul este, în acelaşi timp, şi glandă endocrină, şi centru nervos de reglare a funcţiilor vegetative.

Hipotalamusul secretă trei feluri de hormoni: de inhibare a adenohipofizei, de stimulare a adenohipofizei şi cei ce se depozitează în neurohipofiză (vezi, în continuare, cum se reglează secreţiei de hormoni hipofizari).

ADENOHIPOFIZA

Este situată în partea anterioară, dar se întinde şi posterior, înconjurând aproape complet neurohipofiza.

**Sistemul port hipotalamo - hipofizar** (fig. 98). Vasele portale, situate în lungul tijei pituitare, conectează plexul de capilare (provenind din arterele hipofizare superioare) de la nivelul eminenţei mediane din hipotalamus cu un al doilea plex de capilare sinusoide din lobul anterior al hipofizei (conexiune vasculară crucială pentru accesul neurohormonilor hipotalamici la celulele lor ţintă din

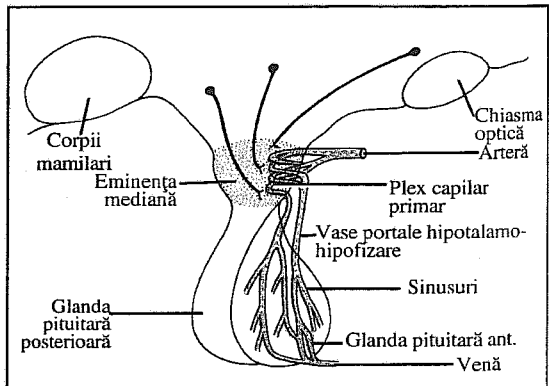



**fig. 98. Sistemul port hipotalamo-hipofizar**



hipofiza anterioară). Hipofiza posedă inervaţie vasomotoare, dar nu inervaţie reglatoare a secreţiei de hormoni. Din capilarele fenestrate ale adenohipofizei, sângele este drenat de venele hipofizare către sinusurile venoase durale.

**Structura**. 1. Celulele cromofile: a. celulele acidofile secretă hormonul somatotrop (STH) şi prolactina (hormonul mamotrop = LTH); b. celulele bazofile secretă hormonii glandulotropi (ACTH, FSH, LH, TSH); 2. Celule cromofobe, cu semnificaţie funcţională disputată.

Hormonii adenohipofizei sunt glandulotropi, având ca organe ţintă alte glande endocrine (ACTH, TSH, FSH, LH) şi nonglandulotropi (STH, prolactina). Majoritatea dintre ei au fost obţinuţi în stare pură, li s-a identificat structura şi unii au fost chiar sintetizaţi.

**Hormonul somatotrop (STH)**, denumit şi hormon de creştere (GH), este secretat de celulele acidofile. STH stimulează creşterea, împreună cu insulina, hormonii tiroidieni şi gonadali. STH determină o retenţie de săruri de Ca, Na, K şi P, precum şi de substanţe azotate.

Acţiunea STH este de a stimula creşterea armonioasă a întregului organism. STH stimulează condrogeneza la nivelul cartilajelor de creştere metafizare, determinând creşterea în lungime a oaselor. Majoritatea efectelor STH se exercită indirect, prin acţiunea unui sistem de factori de creştere numiţi somatomedine. După pubertate, STH produce îngroşarea oaselor lungi şi dezvoltarea oaselor late. Stimulează creşterea muşchilor şi a viscerelor, cu excepţia creierului.

Efectele metabolice ale STH asupra metabolismului glucidic şi lipidic sunt antagonice în raport cu insulina, având efect diabetogen.

Pe metabolismul lipidic are efect cetogen prin stimularea eliberării acizilor graşi din ţesutul adipos, creşterea concentraţiei acizilor graşi liberi în sânge şi prin stimularea oxidării lor hepatice, creşterea producţiei de corpi cetonici.

Pe metabolismul glucidic are efect hiperglicemiant, prin inhibarea transportului glucozei în celula musculară şi adipoasă, stimularea gluconeogenezei şi inhibarea glicolizei.

Hipersecreţia acestui hormon are consecinţe asupra dezvoltării somatice şi consecinţe metabolice. Consecinţele somatice diferă. Dacă hipersecreţia de STH a survenit înainte de pubertate, se produce gigantismul. Individul atinge talii de peste doi metri, prin creşterea exagerată în lungime a extremităţilor. Intelectul nu este afectat. După pubertate, se produce acromegalia, caracterizată prin creşterea exagerată a oaselor feţei, a mandibulei, a oaselor late, în general, îngroşarea buzelor, creşterea viscerelor (inimă, ficat, rinichi, limbă) şi creşterea exagerată a mâinilor şi picioarelor. Consecinţele metabolice ale hipersecreţiei de STH sunt mai exprimate la adult. Se produce o hiperglicemie permanentă, care determină epuizarea celulelor β din pancreas, şi se instalează diabetul zaharat hipofizar. Exagerarea catabolismului lipidic duce la creşterea concentraţia corpilor cetonici şi acidoză metabolică. Hiposecreţia produce, la copil, oprirea creşterii somatice, dar nu a celei neuropsihice. Boala se numeşte piticism (nanism) hipofizar. Indivizii sunt de talie mică, 1,20 - 1,30 m, dar proporţionat dezvoltaţi şi cu intelectul normal.

***Reglarea secreţiei de STH***. Feedback negativ: creşterea secreţiei STH inhibă celulele somatotrope adenohipofizare şi structurile hipotalamice secretoare de hormoni peptidici reglatori: STH - RH (somatoliberina) şi stimulează celulele secretoare de STH - IH (somatostatină). Vârful fiziologic al ritmului nictemeral al STH se situează noaptea, în primele ore de somn profund.

Factori metabolici:

- stimulatori - hipoglicemia, creşterea concentraţiei unor aminoacizi circulanţi, inaniţia;
- inhibitori - creşterea acizilor graşi liberi circulanţi.

STH este un hormon activat de stress.

Secreţia STH este influenţată de interacţiunea cu mediatori şi hormoni: dopamina şi noradrenalina stimulează, iar cortizolul inhibă secreţia STH.

**Prolactina**, numit şi hormonul mamotrop, este secretat de celulele acidofile. Nu se cunoaşte acţiunea acestui hormon la bărbat. La femeie stimulează secreţia lactată a glandei mamare, sensibilizată de estrogeni şi progesteron. Prolactina este un inhibitor al activităţii gonadotrope, fiind capabilă să prevină ovulaţia. Secreţia de prolactină este inhibată de hipotalamus prin hormonul PIH, care are rol esenţial în reglarea secreţiei, chiar dacă se stipulează şi un hormon eliberator. Dopamina asigură reglarea secreţiei de prolactină prin feedback negativ, în funcţie de nivelul circulant al prolactinei.

GAP (Gonadoliberin Associated Peptide), ce se secretă împreună cu GnRh, este implicat în reglarea secreţiei prolactinei prin hormonii hipotalamici: acţionează ca inhibitor de prolactină şi stimulator al secreţiei de FSH şi LH. Secreţia de prolactină în afara sarcinii este stimulată de efortul fizic, stresul psihic şi chirurgical, hipoglicemie, somn; în timpul sarcinii, secreţia prolactinei creşte gradat, atingând un vârf la naştere şi revenind la nivelul de control după aproximativ 8 zile. Suptul determină creşterea temporară a secreţiei de prolactină.

**Hormonul adenocorticotrop (ACTH, corticotropina)** este secretat de celulele bazofile. Este un polipeptid format din 39 aminoacizi şi a fost preparat sintetic.

Acţiunea acestui hormon este de a stimula activitatea secretorie a zonelor fasciculată şi reticulată a glandei corticosuprarenale. Produce creşterea concentraţiei sangvine a glucocorticoizilor şi hormonilor androgenitali. Asupra secreţiei de mineralocorticoizi, efectele ACTH sunt mai reduse. În afara acţiunii indirecte, ACTH stimulează direct melanogeneza şi expansiunea pigmentului melanic în celulele pimentare (melanocite), producând pigmentarea pielii.

Hipersecreţia de corticotropină produce atât efectele excesului de glucocorticoizi (exagerarea catabolismului proteic, hiperglicemie, obezitate), cât şi efectele melanocito-stimulatoare, pigmentarea pielii (diabet bronzat). Aceste modificări se întâlnesc în boala Cushing, provocată de tumori ale celulelor bazofile.

Hiposecreţia de ACTH produce efectele deficitului de glucocorticoizi (vezi corticosuprarenala). Secreţia de ACTH este controlată de hipotalamus prin CRH, hormon de eliberare a corticotropinei, şi de glucocorticoizi, prin feedback negativ (vezi reglarea secreţiei CSR).

**Hormonul tireotrop (tireostimulina, TSH)**, secretat de celulele bazofile, stimulează sinteza şi secreţia de hormoni tiroidieni. Efectele administrării TSH sunt indirecte, fiind mediate de tiroxină şi triiodotironină. TSH stimulează atât captarea iodului de către celulele foliculului tiroidian, cât şi sinteza şi eliberarea hormonilor iodaţi din molecula de tireoglobulină.

Hipersecreţia de TSH duce la hipertiroidism (ex. boala Basedow), iar hiposecreţia duce la insuficienţă tiroidiană. Secreţia de TSH este reglată de hipotalamus şi de nivelul tiroxinei sangvine. Hipotalamusul secretă un hormon de eliberare a tireostimulinei (TRH).

**Hormonii gonadotropi (gonadostimulinele)** controlează funcţia gonadelor.



**Hormonul foliculostimulant (FSH)**, este secretat de celulele bazofile. La bărbat stimulează dezvoltarea tubilor seminiferi şi a spermatogenezei, iar la femeie determină creşterea şi maturarea foliculului de Graaf şi secreţia de estrogeni.

**Hormonul luteinizant (LH)**, este secretat de celulele bazofile. Acţionează la bărbat prin stimularea secreţiei de androgeni de către celulele interstiţiale ale testiculului. La femeie determină ovulaţia şi apariţia corpului galben, a cărui secreţie de progesteron şi estrogeni o stimulează. Hipotalamusul stimulează secreţia de LH şi FSH printr-un hormon de eliberare a gonadotropinei (LHRH).

Reglarea secreţiei de hormoni adenohipofizari se face printr-un mecanism de autoreglare de tip feedback negativ.

Rolul cel mai important îl are hipotalamusul, ai cărui neuroni secretă o serie de oligopeptide, numiţi hormonii de eliberare şi de inhibare. Ei ajung pe calea axonilor până la în eminenţa mediană, unde, pe calea sistemului port hipotalamo-hipofizar, ajung la adenohipofiză. Pentru fiecare tip de hormon adenohipofizar, hipotalamusul secretă câte un factor specific de eliberare (RH = releasing hormon) sau de inhibare (IH = inhibiting hormon).

Cantitatea de RH eliberată de hipotalamus este în funcţie de concentraţia sangvină a hormonilor hipofizari sau ai glandelor periferice pe care hipofiza le stimulează.

Când concentraţia acestor hormoni creşte în sânge, are loc blocarea hormonilor de eliberare şi stimularea hormonilor de inhibare, iar când concentraţia hormonilor hipofizari sau ai glandelor periferice scade, neurosecreţia hipotalamică îşi inversează sensul. Din echilibrul acestor mecanisme rezultă o funcţie normală a tuturor glandelor endocrine. În acelaşi timp, secreţia hipotalamică este influenţată direct, pe cale nervoasă, prin stimuli veniţi de la sistemul limbic, sau reflex, prin stimuli veniţi de la receptori.

## LOBUL INTERMEDIAR

Reprezintă 2% din masa hipofizei. Anatomic, face parte din adenohipofiză. El secretă un hormon de stimulare a pigmentogenezei numit hormon melanocitosti-mulant (MSH), care are acelaşi precursor ca şi ACTH-ul. Hipotalamusul secretă un hormon de inhibare a melanocitostimulinei.

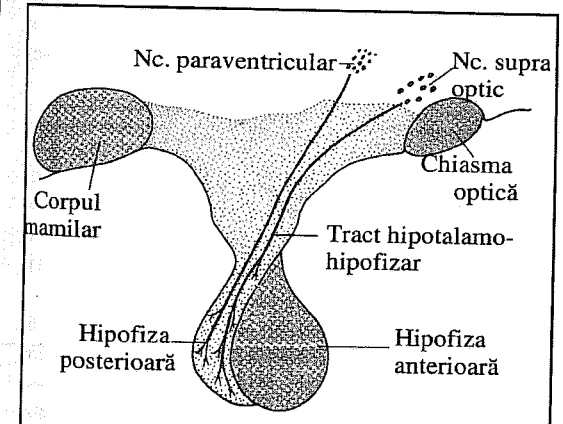



**Fig. 99. Controlul hipotalamic al hipofizei posterioare**

## LOBUL POSTERIOR (NEUROHIPOFIZA)

Ontogenetic, neurohipofiza se dezvoltă din planşeul ventriculului al III-lea. Are conexiuni cu hipotalamusul (fig. 99). Spre deosebire de lobul anterior, principala conexiune este de natură nervoasă: tractul hipotalamo-hipofizar, cale de transport transaxonal a secreţiilor neuronilor cu soma în nucleul supraoptic şi nucleul paraventricular.

Hormonii eliberaţi în circulaţie de către neurohipofiză sunt vasopresina şi oxitocina. Ei sunt, de fapt, secretaţi în hipotalamusul anterior (nucleii supraoptic - sursa primară de vasopresină şi

paraventriculari - sursa principală de oxitocină). De aici, pe calea axonilor tractului hipotalmo-hipofizar, ajung în lobul posterior, unde se depozitează. Eliberarea în circulaţie a acestor hormoni se face sub influenţa hipotalamusului.

**Hormonul antidiuretic (ADH)**, denumit şi **vasopresină**, este un peptid cu lanţ scurt de aminoacizi (9). Acţiunea sa principală este creşterea absorbţiei facultative a apei la nivelul tubilor distali şi colectori ai nefronului. În afară de reducerea şi concentrarea urinei, ADH produce şi reducerea secreţiilor tuturor glandelor exocrine şi, prin aceasta, contribuie la menţinerea volumului lichidelor organismului şi la reglarea pe termen lung a presiunii arteriale. În doze mari, ADH-ul produce vasoconstricţie arteriolară.

Hiposecreţia acestui hormon determină pierderi mari de apă, în special prin urină, a cărei cantitate poate ajunge până la 20 litri / 24 ore. Boala se numeşte diabet insipid. Survine în leziuni ale hipotalamusului sau neurohipofizei.

Reglarea secreţiei de ADH. 1. Osmotică: creşterea presiunii osmotice a lichidelor extracelulare stimulează sinteza şi secreţia de ADH. Acest tip de reglare este un mecanism reflex de feedback negativ neuroendocrin, la care participă receptori speciali (osmoreceptori) şi nucleii hipotolamici. 2. Volemică: scăderea volemiei determină creşterea secreţiei de ADH.

**Oxitocina (ocitocina)** este tot un hormon peptidic cu 9 aminoacizi.

Acţiunile oxitocinei sunt: stimularea contracţiei musculaturii netede a uterului gravid, mai ales în preajma travaliului, expulzia laptelui din glanda mamară datorată contracţiei celulelor mioepiteliale care înconjoară alveolele.

Reglarea secreţiei de oxitocină o face hipotalamusul care primeşte stimuli excitatori de la organele genitale interne sau de la receptorii din tegumentele glandei mamare. În lipsa secreţiei de oxitocină, naşterea se produce dificil, iar alăptarea este imposibilă.

## GLANDA SUPRARENALĂ

Este situată la polul superior al rinichiului, fiind format dintr-o regiune corticală şi una medulară, diferite din punct de vedere embriologic, anatomic şi fncţional.

Zona corticală este dispusă la periferie şi o înconjură complet pe cea medulară. Epiteliul secretor al corticalei este dispus în trei zone: zona glomerulară la periferie, zona fasciculată la mijloc şi zona reticulată la interior, în contact cu medulara. Zona medulară este formată din celule mari, de formă ovală, ce prezintă granule de neurosecreţie.

### CORTICOSUPRARENALA

Hormonii secretaţi de corticosuprarenală (CSR) sunt de natură lipidică. Ei au o structură sterolică (provin din colesterol).

Rolul hormonilor steroizi este vital. Îndepărtarea glandelor suprarenale duce la moartea vieţuitoarelor în câteva zile. În funcţie de acţiunea principală exercitată de aceşti hormoni, ei sunt împărţiţi în trei grupe: mineralocorticoizii, glucocorticoizii şi hormonii sexosteroizi.

**Mineralocorticoizii**, cu reprezentantul principal **aldosteronul**. Sunt secretaţi de zona glomerulară. Joacă rol în metabolismul sărurilor minerale, determinând reabsorbţia $Na^+$ în schimbul $K^+$ sau $H^+$ pe care-i excretă la nivelul tubilor uriniferi contorţi distali şi colectori. Se produce potasurie şi acidurie. Reabsorbţia sodiului este însoţită de reabsorbţia clorului. Reabsorbţia apei este consecinţa gradientului osmotic creat de transportul NaCl. Aldosteronul, prin acţiunea sa de reţinere a $Na^+$ în organism, are rol în menţinerea presiunii osmotice a mediului



intern al organismului şi a volumului sangvin, precum şi în echilibrul acido-bazic. Celule ţintă asemănătare se află şi în glandele sudoripare, salivare, colice.

Reglarea secreţiei de mineralocorticoizi se face prin mai multe mecanisme (fig. 100). Scăderea $Na^+$ sau creşterea $K^+$ din sânge, scăderea presiunii osmotice şi scăderea volumului sangvin excită secreţia de aldosteron, în timp ce creşterea acestora o inhibă. Un rol important îl are renina secretată de rinichi. Sub influenţa ei are loc transformarea angiotensinogenului în angiotensină care stimulează secreţia de aldosteron. ACTH-ul stimulează şi el 20% din secreţia de aldosteron.

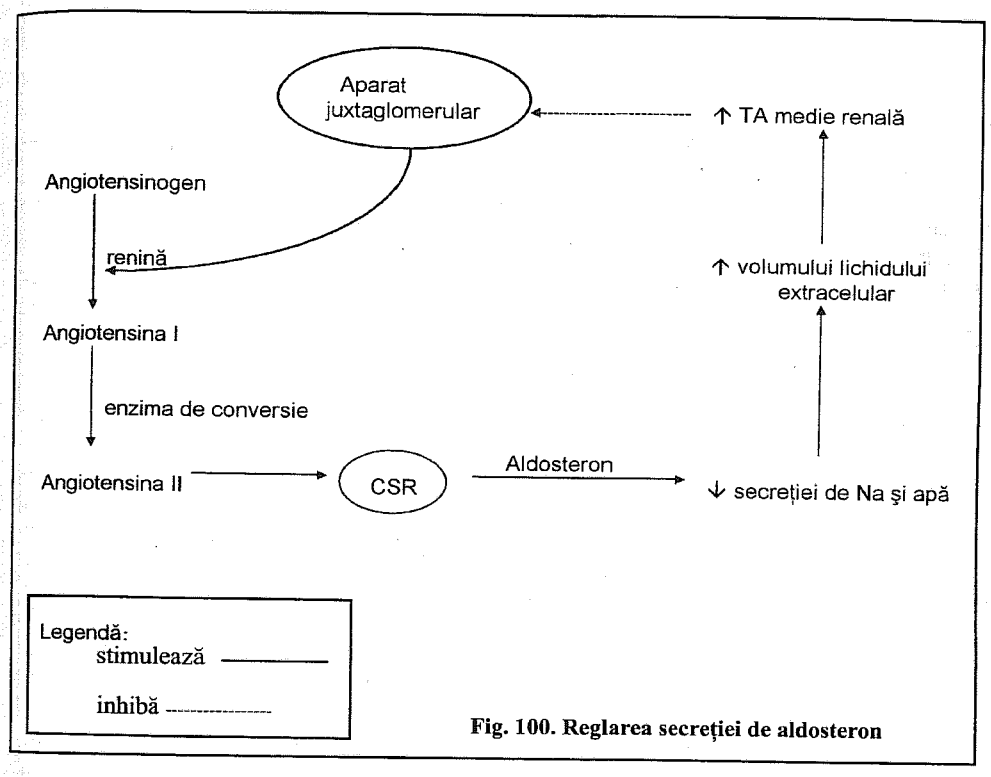



**Fig. 100. Reglarea secreţiei de aldosteron**

**Sistemul renină - angiotensină**. Renina este o enzimă proteolitică produsă în primul rând în rinichi, de aparatul juxtaglomerular (vezi "Fiziologia aparatului excretor"), dar şi extrarenal (SNC, epifiză, hipofiză, micard, uter, placentă, lichid amniotic, limfă). Renina renală şi izoreninele de provenienţă extrarenală circulă în plasmă într-un amestec care poate fi dozat şi se exprimă ca activitate reninică plasmatică. Substratul reninei este angiotensino-genul, din care, prin proteoliză, rezultă un decapeptid inactiv, angiotensina I. Sub acţiunea unei enzime de conversie tisulară, prezentă în special în plămân, rezultă, prin proteoliză, angiotensina II activă, cu următoarele efecte: stimulează forţa de contracţie a miocardului; vasoconstricţie şi creşterea rezistenţei periferice prin contracţia musculaturii netede arteriolare; efect antinatriuretic şi antidiuretic la nivel renal; stimulează celulele zonei glomerulosa din CSR, deci secreţia de aldosteron; stimulează eliberarea de catecolamine.

Hipersecreţia de aldosteron (boala Conn) duce la retenţie masivă de sare şi apă şi determină edeme şi hipertensiune. Hiposecreţia se întâlneşte în cazul insuficienţei globale a CSR (boala Addison). La aceşti bolnavi are loc o pierdere de sare şi apă, urmată de hipotensiune şi adinamie (scăderea capacităţii de efort).

**Glucocorticoizii,** reprezentaţi în special de **cortizon** şi **hidrocortizon (cortizol),** sunt secretaţi în zona fasciculată. Circulă în sânge legaţi de proteinele plasmatice. O mică fracţiune liberă a cortizolului exercită efectele metabolice specifice.

***Efecte specifice ale glucocorticoizilor asupra unor organe şi ţesuturi***

| Organ sau ţesut | Efecte |
|---|---|
| Muşchi neted vascular | Rol permisiv pentru menţinerea tonusului vasomotor simpato-adrenergic. Controlul permeabilităţii vasculare. |
| Sistem osos | Efect catabolizant prin diminuarea sintezei matricei organice şi diminuarea absorbţiei intestinale a calciului. |
| Echilibrul hidric | Pentru menţinerea echilibrului hidric este necesară prezenţa acestor hormoni; probabil ei determină creşterea ratei filtrării glomerulare. |
| Organe hematopoietice şi sistem imun | Reducerea numărului de eozinofile şi bazofile circulante. Creşterea numărului de neutrofile, plachete, hematii. Creşterea stabilităţii membranelor lizozomale. Scăderea numărului de limfocite circulante (limfopenie). Inhibarea eliberării de histamină. Inhibarea proliferării fibroblastelor. |
| Funcţiile superioare ale SNC | Prezenţa acestor hormoni este necesară pentru asigurarea integrităţii funcţiilor respective (scăderea cantităţii de hormoni detemină: modificări EEG, alterarea personalităţii, modificări senzoriale). |

***Roluri fiziologice în metabolismul intermediar***

| Metabolism | Efecte |
|---|---|
| Protidic | Stimulează catabolismul în muşchii scheletici, ţesutul conjuctiv şi limfoid, Stimulează anabolismul în ficat. |
| Glucidic | Hiperglicemie prin gluconeogeneză, glicogenoliză hepatică, inhibiţia consumului periferic de glucoză, cu menajarea cordului şi a creierului. Efect antiinsulinic. |
| Lipidic | Stimularea lipolizei. Creşterea concentraţiei acizilor graşi liberi plasmatici. Stimularea cetogenezei. |

Reglarea secreţiei de glucocorticoizi se face de către sistemul hipotalamo-hipofizar printr-un mecanism de feedback negativ. Sub influenţa CRH, hipofiza secretă mai mult ACTH, iar acesta stimulează secreţia de glucocorticoizi. Creşterea concentraţiei sangvine a cortizolului liber inhibă secreţia de CRH, iar scăderea o stimulează (fig. 101). Secreţia de glucorticoizi prezintă ritm circadian ACTH-dependent, cu maxim de secreţie dimineaţa.

Hipersecreţia de glucocorticoizi determină sindromul Cushing în care predomină semnele dereglărilor metabolismelor intermediare. Bolnavii prezintă obezitate, diabet şi hipertensiune. Hiposecreţia se întâlneşte în boala Addison.

**Hormonii sexosteroizi** sunt reprezentaţi de androgeni, asemănători celor secretaţi de testicul. Sunt produşi mai ales în zona reticulară, au acţiune masculinizantă redusă faţă de cea a testosteronului.

Acţiunea lor fiziologică se manifestă în timpul vieţii intrauterine şi al pubertăţii, contribuind la apariţia caracterelor sexuale secundare. În circulaţie, pot fi transformaţi în estrogeni.



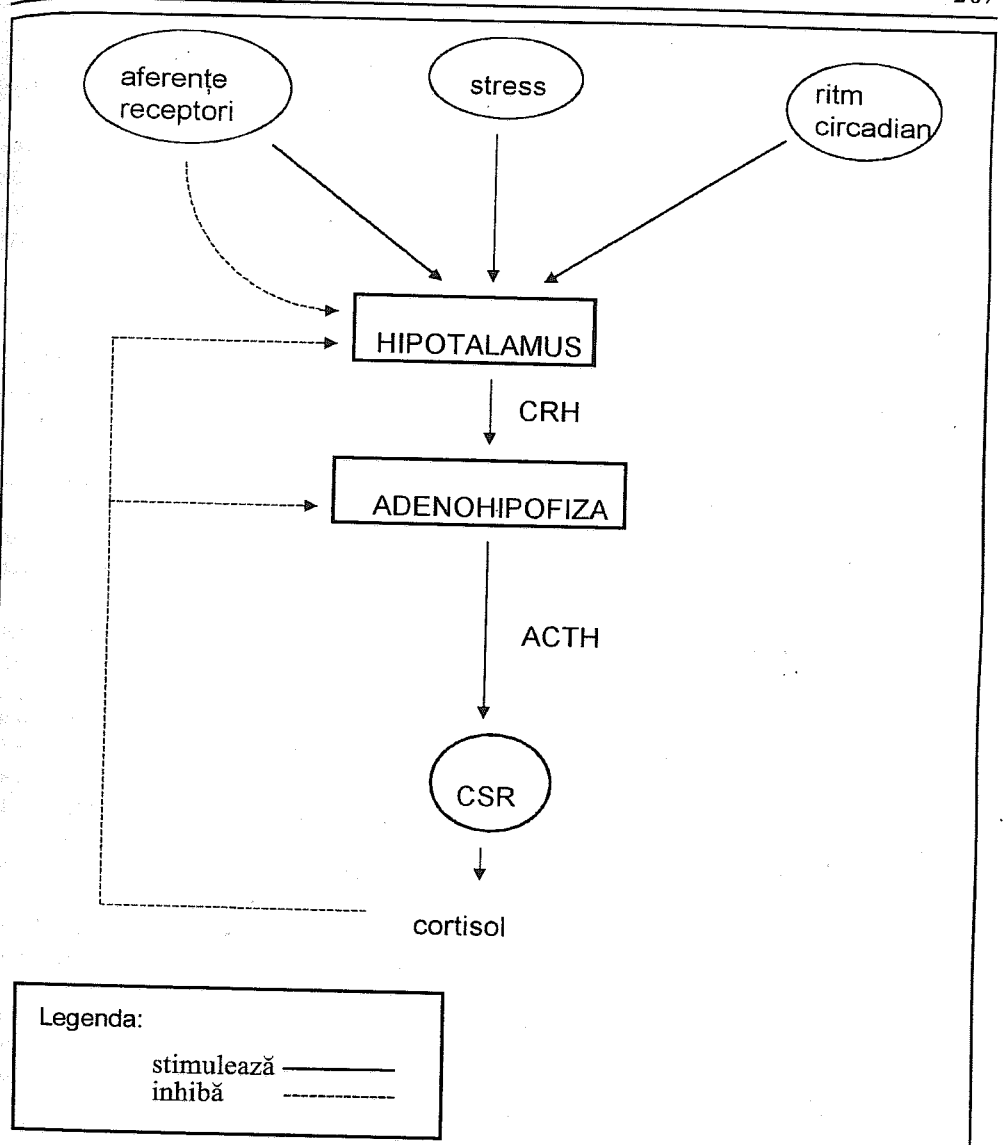



**Fig. 101. Reglarea prin feedback negativ a secreţiei de cortizol**

Hiposecreţia acestor hormoni este compensată de secreţia gonadelor. Hipersecreţia are efecte masculinizante puternice.

Reglarea secreţiei hormonilor sexosteroizi se face prin mecanisme hipotalamo-hipofizare. Rolul cel mai important îl joacă ACTH.

MEDULOSUPRARENALA

Reprezintă porţiunea medulară a glandelor suprarenale ce se dezvoltă din ectodermul crestelor ganglionare. Anatomic şi funcţional, medulara glandei suprarenale este un ganglion simpatic ai cărui neuroni nu au prelungiri.

Hormonii secretaţi de medulară se numesc catecolamine. Ei sunt: adrenalina, în proporţie de 80%, şi noradrenalina, în proporţie de 20%. Acţiunea acestor hormoni este identică cu efectele excitaţiei sistemului nervos simpatic. De fapt, la terminaţiile simpatice din ţesuturi se eliberează aceleaşi catecolamine în proporţie inversă. Noradrenalina şi, în măsură mai redusă, adrenalina sunt mediatori chimici ai sistemul nervos simpatic.

Principalele acţiuni ale acestor hormoni şi mediatori chimici:

- Asupra aparatului cardiovascular - produc tahicardie, vasoconstricţie şi hipertensiune. Creşte excitabilitatea inimii. Adrenalina dilată însă vasele musculare şi le contractă pe cele din piele, mucoase şi viscere. Noradrenalina are predominant acţiuni vasoconstrictoare.
- Asupra aparatului respirator - determină relaxarea musculaturii netede bronşice.
- Asupra tubului digestiv - determină relaxarea musculaturii netede a pereţilor şi contracţia sfincterelor. Inhibă majoritatea secreţiilor. Contractă capsula splinei.
- Asupra metabolismului glucidic şi lipidic - produc glicogenoliză şi hiperglicemie, mobilizarea grăsimilor din rezerve şi catabolismul acizilor graşi. Adrenalina are efecte predominant metabolice şi energetice.
- Alte acţiuni - dilată pupila, contractă fibrele netede ale muşchilor erectori ai firului de păr. Produc alertă corticală, anxietate şi frică. Stimulează sistemul reticulat activator ascendent.

Reglarea secreţiei medulosuprarenalei se face prin mecanisme neuroumorale. Rolul de stimulator îl are SN simpatic. Concentraţia glucozei din sânge are şi ea un rol de reglare. Scăderea glicemiei stimulează secreţia de catecolamine, iar creşterea glicemiei o diminuă. Stresul şi suprasolicitările stimulează, de asemenea, secreţia medulosuprarenalei. În somn şi condiţii bazale secreţia este scăzută. În efort fizic, la frig, în hipotensiune, emoţii etc. se descarcă secreţia MSR. Proporţia hormonilor se poate schimba. În stresuri cu care individul este obişnuit creşte noradrenalina, în stresuri neobişnuite creşte adrenalina.

Hipofuncţia medularei este compensată de activitatera sistemului nervos simpatic. Hiperfuncţia se întâlneşte în tumori ale medularei şi se caracterizează prin crize de hipertensiune arterială.

Atât secreţia corticalei, cât şi a medularei suprarenale sunt stimulate în condiţii de stres (stări de încordare neuropsihică, de emoţii, traumatisme, frig sau căldură excesivă etc.). Aceşti hormoni au un rol important în reacţia de adaptare a organismului în faţa diferitelor agresiuni interne şi externe.

## TIROIDA

Este cea mai mare glandă cu secreţie internă a organismului. Poartă numele după cartilajul nepereche laringian în dreptul căruia se află.

Tiroida cântăreşte 30 g. Este localizată în faţa anterioară a gâtului, într-o capsulă fibroasă (loja tiroidei). Glanda are doi lobi laterali uniţi între ei prin istmul tiroidian. şesutul secretor (parenchimul glandular) este format din celule epiteliale organizate în foliculi. Aceştia sunt



formaţiuni veziculoase conţinute în stroma conjunctivo-vasculară a glandei. În interiorul foliculilor tiroidieni se află un material omogen, vâscos, numit coloid. Acesta conţine tireoglobulină, forma de depozit a hormonilor tiroidieni. Tireoglobulina este o proteină sintetizată de celulele foliculare. Prin iodarea moleculelor de tirozină din structura tireoglobulinei, rezultă hormoni tiroidieni. În tiroida în repaus, foliculii sunt dilataţi, ca urmare a acumulării de tireoglobulină. În hiperactivitate, cavitatea foliculară se reduce prin eliberarea în circulaţie a hormonilor tiroidieni. Între foliculii tiroidieni se găsesc celule speciale, numite celule parafoliculare sau celule "C", care secretă calcitonina.

Glanda tiroidă prezintă o vascularizaţie foarte bogată.

Hormonii secretaţi de tiroidă sunt derivaţi iodaţi ai tirozinei. Dintre toţi compuşii cu iod de la nivelul coloidului, numai tiroxina şi triiodotironina sunt consideraţi adevăraţii hormoni tiroidieni. Ei se află legaţi, la nivelul coloidului, de o proteină, tireoglobulina. Tiroxina conţine patru atomi de iod în moleculă, iar triiodotironina trei. Sinteza hormonilor şi eliberarea lor din coloid în sânge se face sub acţiunea TSH hipofizar.

Acţiunea hormonilor tiroidieni este foarte complexă. Ei influenţează procesele energetice din organism, intensificând oxidaţiile celulare, care cresc metabolismul bazal şi consumul de energie. Pe de altă parte, au un rol deosebit în procesele morfogenetice, de creştere şi diferenţiere celulară şi tisulară. Această acţiune se manifestă foarte pregnant la nivelul sistemului nervos. În lipsa tiroidei, la batracieni, procesul de metamorfoză din mormoloci în broaşte nu mai are loc. Invers, dacă se adaugă în apa mormolocilor cantităţi infime de tiroxină, procesul de metamorfoză se grăbeşte şi în câteva zile acestea se transformă în broaşte pitice. În afară de efectul calorigen (glanda termogenetică), hormonii tiroidieni mai produc o creştere a metabolismului bazal (creşte consumul de $O_2$).

***Efectele hormonilor tiroidieni asupra metabolismului intermediar***

| Metabolism | Efecte |
|---|---|
| Glucidic | Stimulează absorbţia intestinală a glucozei, transportul intracelular al glucozei, glicoliza, gluconeogeneza, riposta insulinică. |
| Lipidic | Stimulează lipoliza, sinteza lipidelor în ficat, urmată de scăderea concentraţiei plasmatice a trigliceridelor, fosfolipidelor, colesterolului. |
| Protidic | Stimulează sintezele proteice. Stimulează catabolismul proteic, care, în lipsa unui aport alimentar echilibrat energetic, poate domina efectele anabolice, având ca rezultat un bilanţ azotat negativ. |

***Efecte specifice pe sisteme şi organe***

| Sistem sau organ | Efecte |
|---|---|
| Aparatul cardio - vascular | Creşterea forţei şi frecvenţei contracţiilor cardiace. Vasodilataţie. |
| Muşchii scheletici | Creşterea tonusului, a forţei de contracţie şi a promptitudinii răspunsului reflex de tip miotatic. |
| Respiraţia | Creşterea amplitudinii şi frecvenţei mişcărilor respiratorii. |
| Sistemul nervos | Stimulează diferenţierea neuronală, dezvoltarea normală a sinapselor, mielinizarea. Activitatea psihică rămâne dependentă de tiroidă şi la adult, a cărui viteză de ideaţie şi reactivitate se corelează pozitiv cu funcţia tiroidiană. Rolul stimulator se extinde şi asupra sistemului nervos periferic somatic şi vegetativ. |

Hormonii tiroidieni intensifică oxidările metabolice în toate celulele, cu excepţia uterului, testiculelor şi creierului. În cazul insuficienţei tiroidiene sau după extirparea glandei, consumul de $O_2$ şi metabolismul bazal scad. Ele pot fi readuse la valori normale prin administrarea de hormoni tiroidieni. Triiodotironina acţionează mai rapid şi mai puternic decât tiroxina. Efectele maxime ale tiroxinei apar la 2-3 săptămâni de la administrare.

La om, hipofuncţia tiroidiană duce la consecinţe variabile în funcţie de vârstă. Dacă survine la copilul mic, se produce o încetinire a dezvoltării somatice şi psihice, care poate merge până la cretinism. Forma tipică de insuficienţă tiroidiană la adult se numeşte mixedem, producându-se doar o diminuare a atenţiei, memoriei şi capacităţii de învăţare. Indiferent de vârstă, procesele energetice sunt reduse, metabolismul bazal este scăzut, iar ţesuturile sunt îmbibate cu un edem mucos (mixedem, pielea uscată, îngroşată, căderea părului, senzaţie de frig).

Hiperfuncţia tiroidiană se întâlneşte în boala Basedow. Este caracterizată prin creşterea metabolismului bazal cu peste 100%, protruzinarea globilor oculari (exoftalmie) şi tulburări din partea principalelor funcţii. La nivelul aparatului cardiovascular apar semnele unei hiperfuncţii simpatice (tahicardie, hipertensiune), iar la nivelul tubului digestiv semnele unei hiperactivităţi parasimpatice (hipersecreţie, accelerarea motilităţii). Activarea sistemului nervos poate suferi modificări de la simplă nervozitate până la stări de insomnie şi anxietate. Bolnavii, deşi consumă multe alimente, pierd totuşi din greutate, ca urmare a creşterii arderilor celulare. Pielea este caldă, umedă. O altă afecţiune a glandei tiroide, întâlnită mai frecvent în regiunile muntoase, este guşa endemică. Guşa este o creştere anatomică a glandei, în special a stromei conjunctive, însoţită de obicei de hipofuncţie. Cauza guşei o reprezintă prezenţa în alimente şi în apa de băut a unor substanţe chimice oxidante, numite substanţe guşogene.

Acţiunea acestora se exercită în mod negativ, producând hipertrofia glandei numai în regiunile sărace în iod. Administrarea iodului sub formă de tablete sau de sare de bucătărie iodată previne apariţia guşei la locuitorii regiunilor endemice.

Şcoala românească de endocrinologie (C.I. Parhon şi elevii săi) a adus mari contribuţii la eradicarea guşei endemice. Explorarea funcţiei tiroidiene se poate face prin determinarea metabolismului bazal şi prin utilizarea iodului radioactiv a cărui captare de către tiroidă creşte în hiperfuncţia şi scade în hipofuncţia glandei.

Reglarea secreţiei tiroidei se face printr-un mecanism de feedback hipotalamo-hipofizo-tiroidian (fig. 102). Hipotalamusul secretă TRH care, ajuns prin sistemul port la adenohipofiză, determină eliberarea de TSH. Acesta stimulează secreţia de hormoni iodaţi. Creşterea concentraţiei plasmatice a hormonilor tiroidieni inhibă secreţia hipotalamică a TRH şi pe cea hipofizară de TSH. Mecanismul acestei reglări este valabil pentru toate glandele endocrine controlate de hipofiză .

**Calcitonina**. La nivelul tiroidei şi paratiroidelor, au fost puse în evidenţă celule diferite de restul epiteliului glandular, numite celule "C". Ele secretă un hormon hipocalcemiant (care ajută la fixarea $Ca^{2+}$ în oase), numit calcitonină (vezi "Paratiroidele").

## PARATIROIDELE

Sunt patru glande mici, situate câte două pe faţa posterioară a lobilor tiroidieni, în afara capsulei acesteia. Epiteliul secretor este reprezentat de două tipuri de celule dispuse în cordoane sau formând mici foliculi: celule principale ce secretă parathormonul şi celulele parafoliculare, identice cu celulele "C" de la tiroidă. Acestea secretă calcitonina.



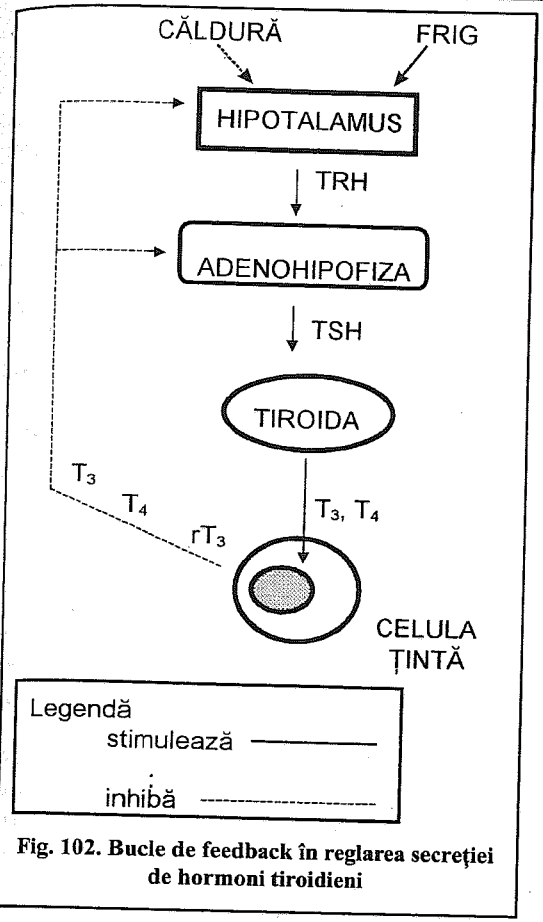



**Fig. 102. Bucle de feedback în reglarea secreţiei de hormoni tiroidieni**

**Parathormonul (PTH)** este un polipeptid. Este activ asupra osului, rinichiului şi tractului digestiv, fie prin efecte directe, fie prin efectele vitaminei $D_3$ a cărei secreţie o controlează.

***Efecte asupra sistemul osos***:

- efecte rapide şi imediate (în decurs de minute): creşte permeabilitatea membranei osteoblastelor şi osteocitelor pentru calciu; creşterea calciului citosolic este urmată de expulzarea activă a calciului în spaţiul extracelular, ceea ce duce la creşterea calcemiei;
- efecte lente şi tardive (zile, săptămâni): activarea osteoclastelor; în efectul său de lungă durată, PTH stimulează atât osteogeneza, cât şi osteoliza; echilibrul proceselor de remaniere osoasă este însă deplasat în favoarea osteolizei.

***Efecte la nivelul rinichiului***:

- determină hidroxilarea 25-dihidroxicolecalciferolului în poziţia 1, rezultând forma activă a vitaminei $D_3$;
- stimulează reabsorbţia tubulară a calciului în nefronul distal, rezultând hipocalciurie;
- inhibă reabsorbţia tubulară a fosfaţilor anorganici, rezultând hiperfosfaturie;
- intensifică reabsorbţia tubulară a ionilor de magneziu şi hidrogen, dar inhibă reabsorbţia sodiului, potasiului şi a unor aminoacizi.

***Efecte la nivelul tractul digestiv***:

- absoarbe activ calciul, în funcţie de conţinutul dietei, efect indirect mediat de vitamina $D_3$.

Hipercalcemia şi hipofosfatemia sunt rezultatul efectelor conjugate ale PTH în interacţiune cu organele ţintă menţionate.

***Reglare***:

- mecanismul principal: buclă de feedback negativ care corelează direct celulele secretoare de PTH cu nivelul circulant al calciului ionic. Hipercalcemia inhibă secreţia de PTH şi invers;

- mecanisme asociate: a. feedback negativ exercitat de vitamina $D_3$ asupra celulelor paratiroidiene; b. feedback negativ exercitat de magneziul ionic circulant. Hipomagnezemia inhibă secreţia de PTH şi invers.

În caz de hipersecreţie (în tumori secretante) are loc rarefierea oaselor care pot prezenta fracturi spontane, iar calciul aflat în exces în sânge se depune în ţesuturi sau formează calculi urinari.

**Calcitonina (CT)** este un polipeptid secretat de celulele C parafoliculare tiroidiene. Stimulul declanşator al secreţiei de CT este hipercalcemia.

Efectele sale se exercită la nivelul următoarelor ţinte:

- osul: a. reducerea osteolizei osteocitare; b. stimularea osteoblastelor; c. inhibarea formării de osteoclaste noi;
- rinichiul: efect minor de reducere a reabsorbţiei tubulare de calciu. Rezultatul global al efectelor CT este hipocalcemia.

***Reglare***: o buclă de feedback negativ corelează nivelul seric al calciului ionic cu activitatea celulelor secretoare de CT.

## PANCREASUL ENDOCRIN

Pancreasul endocrin are rol de transductor neuroendocrin periferic şi derivă embriologic din endoderm. Termenii **pancreas endocrin** şi **pancreas exocrin** desemnează cele două funcţii majore ale pancreasului şi diferenţele în calea de evacuare a produşilor de secreţie.

Pancreasul endocrin este implicat în controlul metabolismelor intermediare ale glucidelor, lipidelor şi proteinelor prin hormonii secretaţi şi constă din insule de celule endocrine - insulele Langerhans. Acestea conţin mai multe tipuri de celule secretorii: celulele A (20%), care secretă glucagon; celulele B (60 - 70%), dispuse în interiorul insulelor şi care secretă insulină; celulele D (10%), care secretă somatostatin, şi celulele F, care secretă polipeptidul pancreatic.

**Insulina**. Este primul hormon descoperit de un cercetător român, Nicolae C. Paulescu, în 1921, pentru a cărui redescoperire a fost acordat premiul Nobel (Banting, McLeod, Best, 1922). Insulina este un hormon proteic, ce conţine 51 de aminoacizi, fiind secretată sub forma unor precursori prin a căror transformări succesive rezultă insulina ce se depozitează la nivelul granulelor din celule B.

Efectele insulinei sunt iniţiate prin legarea de o proteină membranară receptoare care este activată. Principalele efecte ale stimulării cu insulină sunt:

- membranele celulelor musculare, adipocitelor şi ale altor celule devin foarte permeabile pentru glucoză, ceea ce permite o pătrundere rapidă a glucozei în celule;
- creşterea permeabilităţii membranare pentru aminoacizi, K, Mg şi $PO_4$;
- modificarea nivelului de activitate al multor enzime metabolice intracelulare (efect ce apare la 10 -15 minute de la stimulare);
- formarea de noi proteine (efect ce apare la ore sau zile de la stimulare).

Asupra metabolismului electroliţilor, insulina are următoarele efecte:

- scăderea concentraţiei plasmatice a $K^+$ prin stimularea transportului său în celulele musculare şi hepatice;



- facilitarea transportului intracelular al magneziului şi fosfaţilor;
- efect antinatriuretic prin stimularea reabsorbţiei tubulare a $Na^+$.

În concluzie, insulina este singurul hormon cu efect anabolizant pentru toate metabolismele intermediare şi singurul hormon hipoglicemiant.

***Reglarea secreţiei de insulină***. Nivelul glicemiei este principalul reglator al secreţiei de insulină. La o valoare normală a glicemiei a jeun (dimineaţa, înainte de servirea micului dejun), rata de secreţie a insulinei este minimă. Dacă glicemia creşte brusc la 200-300 mg% şi se păstrează la acest nivel, secreţia de insulină se va modifica şi ea în sens crescător în două etape: a. în primele 3-5 minute valoarea insulinei plasmatice va creşte de aproape 10 ori datorită eliberării insulinei preformate din insulele Langerhans; această insulinemie nu se poate menţine şi va scădea în următoarele 5-10 minute; b. după aproximativ 15 minute, secreţia de insulină creşte din nou şi va atinge un platou în 2-3 ore, la o valoare mai mare decât precedenta; de acest efect este răspunzătoare atât insulina preformată, cât şi cea nou secretată. Răspunsul insulinei la administrarea de glucoză este mai mare dacă aceasta se face oral şi nu intravenos. Acest lucru se datorează faptului că glucoza orală determină o creştere a insulinemiei mediată neural şi, în plus, în perioadele digestive se eliberează hormoni gastro-intestinali care, la rândul lor, determină o creştere a secreţiei de insulină.

Alţi factori care controlează în mai mică măsură secreţia de insulină sunt:

- aminoacizii, dintre care cei mai puternici stimulatori sunt arginina, lizina, fenilalanina;
- hormonii gastro-intestinali: gastrina, secretina, colecistikinina, GIP;
- hormonii insulari: glucagonul stimulează secreţia de insulină, în timp ce somato-statina o inhibă;
- alţi hormoni: STH, cortizolul, progesteronul şi estrogenii cresc secreţia de insulină; adrenalina determină creşterea glicemiei ca răspuns la stres;
- obezitatea se caracterizează prin hiperinsulinemie şi rezistenţă la insulină, dar nivelul glicemiei şi al glucagonului sunt normale;
- ionii: atât potasiul, cât şi calciul sunt necesari pentru răspunsul normal al insulinei şi al glucagonului la variaţiile glicemiei.

***Deficitul de insulină*** (diabetul zaharat). Este o boală metabolică complexă, caracterizată prin prezenţa valorilor crescute ale glicemiei la determinări repetate. Principalele modificări ale homeostaziei in diabetul zaharat sunt: hiperglicemia, glicozuria, poliuria, polidipsia, polifagia, acidoza şi coma diabetică, dezechilibre electrolitice. Complicaţiile majore ale acestei boli sunt infecţioase, precum şi compromiterea morfofuncţională a unor ţesuturi şi organe de importanţă vitală - sistem nervos, cardiovascular sau excretor.

Excesul de insulină se caracterizează prin hipoglicemie severă, care poate compromite dramatic funcţia sistemului nervos.

**Glucagonul**, hormon proteic, alcătuit din 29 de aminoacizi, se secretă şi el sub forma unor precursori. Efectele sale se exercită asupra:

- metabolismului glucidic: a. stimulează glicogenoliza la nivel hepatic; b. stimulează gluconeogeneza hepatică; c. creşte extragerea aminoacizilor din sânge de către hepatocite, făcându-i disponibili pentru conversia în glucoză;
- metabolismului lipidic: a. efect lipolitic şi determină creşterea nivelului plasmatic al acizilor graşi şi glicerolului; b. este esenţial în cetogeneză datorită oxidării acizilor graşi;

- metabolismului proteic: a. efect proteolitic la nivel hepatic; b. efect antianabolic prin inhibarea sintezei proteice.

În cantităţi foarte mari, glucagonul determină: a. creşterea forţei de contracţie a cordului; b. creşterea secreţiei biliare; c. inhibarea secreţiei gastrice.

***Reglarea secreţiei de glucagon.*** Glicemia este cel mai important factor de control al secreţiei de glucagon, astfel că în hipoglicemie el este secretat în cantităţi mari şi determină creşterea eliberării de glucoză hepatică, corectând nivelul glicemiei. Concentraţii crescute de aminoacizi stimulează secreţia de glucagon. Efortul fizic intens, ca şi anumiţi hormoni intestinali cresc secreţia de glucagon. Insulina şi acizii graşi circulanţi inhibă eliberarea de glucagon.

## GLANDA PINEALĂ (EPIFIZA)

Este situată între tuberculii cvadrigemeni superiori şi intră în componenţa epitalamusului. Anatomic şi funcţional are conexiuni cu epitalamusul, împreună formând un sistem neurosecretor epitalamo-epifizar.

Structurile secretorii sunt reprezentate de cordoane celulare nevroglice (pinealocite), cu proprietate secretorie, şi elemente nervoase (celule şi prelungiri), înconjurate de o bogată reţea vasculară, conţinând numeroase fibre simpatice.

Epifiza secretă indolamine (melatonina, cu acţiune frenatoare asupra funcţiei gonadelor) şi hormoni peptidici (vasotocina, cu puternică acţiune antigonadotropă, mai ales anti LH). Extractele de epifiză au şi efecte metabolice, atât în metabolismul lipidic, glucidic, proteic, cât şi în cel mineral. Epifiza are legături strânse cu retina. Stimulii luminoşi produc, prin intermediul nervilor simpatici, o reducere a secreţiei de melatonină. În întuneric, secreţia de melatonină creşte, frânând funcţia gonadelor. Există studii ce sugerează un rol al epifizei în termoreglare. O serie de experimente indică anumite interrelaţii ale acestei glande cu suprarenala, tiroida şi pancreasul.

## GLANDELE SEXUALE

Testicului (gonada masculină) şi ovarul (gonada feminină) sunt glande mixte exo- şi endocrine.

### TESTICULUL

Îndeplineşte în organism două funcţii.

**Funcţia spermatogenetică.** Aceasta este funcţia sa exocrină. Are loc la nivelul tubului seminifer, începând cu pubertatea. Procesul se desfăşoară în mai multe etape de diviziune ecvaţională şi apoi reducţională, pornind de la celulele primordiale, spermatogonii, cu număr diploid de cromozomi, şi ajungând la celulele mature, gameţii masculini, spermiile, cu număr haploid de cromozomi. Spermiile se înmagazinează în epididim şi veziculele seminale. Sunt eliminaţi prin ejaculare. Spermatogeneza este stimulată de FSH.

**Secreţia internă.** Celulele interstiţiale testiculare Leydig secretă hormonii androgeni, al căror reprezentant principal este testosteronul. Testicului secretă un procent redus de estrogeni.



Testosteronul este un hormon lipidic, cu structură sterolică. Acţiunea sa constă în stimularea creşterii organelor genitale masculine şi apariţia caracterelor sexuale secundare la bărbat: dezvoltarea scheletului şi a muşchilor, modul de implantare a părului, vocea, repartiţia topografică a grăsimii de rezervă. Testosteronul este un puternic anabolizant proteic. El are şi efecte de menţinere a tonusului epiteliului spermatogenic.

***Reglarea secreţiei de testosteron*** se face printr-un mecanism de feedback negativ, sub influenţa LH hipofizar. Hipersecreţia acestui hormon duce la pubertate precoce, iar hiposecreţia la infantilism genital.

### OVARUL

Prezintă, ca şi testiculul, o dublă activitate.

**Formarea foliculilor maturi şi ovulaţia.** Fiecare ovar conţine la naştere câteva sute de mii de foliculi primordiali. Dintre aceştia, numai 300-400, câte unul pe lună, începând cu pubertatea şi terminând cu menopauza, vor ajunge la maturaţie. Procesul de creştere şi maturaţie foliculară este ciclic. Ciclul ovarian este însoţit de modificări la nivelul uterului, vaginului, glandelor mamare. Durata medie a unui ciclu genital la femeie este de 28 de zile şi de aceea el se mai numeşte ciclu menstrual.

Schematic, distingem în cadrul ciclului ovarian două perioade:

- preovulatorie, care durează din ziua 1 până în ziua a 14-a a ciclului;
- postovulatorie, ce se întinde din ziua a 15-a până în prima zi a menstruaţiei, după care ciclul se reia. În perioada preovulatorie au loc mitoze ecvaţionale şi reducţionale la nivelul ovocitului. Acesta străbate mai multe etape, de la ovogonie cu număr diploid de cromozomi la ovulul matur care are formulă haploidă. Pe măsură ce ovulul se maturează, apare o cavitate la nivelul foliculului ovarian, care se umple cu lichid folicular. În ziua a 14-a, foliculul se rupe şi ovulul este expulzat în cavitatea abdominală (ovulaţia), de unde este preluat de trompa uterină. După ovulaţie, foliculul ovarian se transformă în corp galben.

Creşterea şi maturarea foliculului sunt stimulate de FSH. Ovulaţia şi formarea corpului galben sunt stimulate de LH. Din motive incomplet înţelese, hipofiza anterioară secretă cantităţi mult crescute de LH pentru o perioadă de 1-2 zile, începând cu 24-48 de ore înainte de ovulaţie, fenomen însoţit şi de un vârf preovulator mic al FSH. Cauza acestei creşteri bruşte a secreţiei de gonadotropine nu este cunoscută, dar câteva dintre cauzele posibile sunt:

- la acest moment al ciclului estrogenul are efect de feedback pozitiv pentru a stimula secreţia pituitară a gonadotropinelor, fenomen aflat în contradicţie cu efectul său normal de feedback negativ care intervine în restul ciclului lunar feminin;
- anumite celule foliculare încep să secrete progesteron în cantităţi mici, dar în creştere, cu aproximativ o zi înaintea vârfului preovulator al LH, şi se presupune că acesta poate fi factorul care stimulează secreţia excesivă de LH. Indiferent de cauză, fără acest vârf preovulator de LH, ovulaţia nu poate avea loc.

**Secreţia internă a ovarului.** Pereţii foliculului ovarian prezintă două teci celulare, una internă şi alta externă. În perioada preovulatorie, celulele tecii interne secretă hormonii sexuali feminini - estrogenii. Secreţia acestor hormoni este stimulată de FSH şi LH.

Acţiunea estrogenilor este de a stimula dezvoltarea organelor genitale feminine, a mucoasei uterine, a glandelor mamare, apariţia şi dezvoltarea caracterelor sexuale secundare la femeie, precum şi comportamentul sexual feminin. În faza a doua a ciclului, rolul de secreţie internă îl îndeplineşte corpul galben. Acesta secretă atât hormoni estrogeni, cât şi

progesteron, un hormon care favorizează păstrarea sarcinii. Secreţia corpului galben este stimulată de LH şi prolactină. Corpul galben involuează după 10 zile şi se transformă în corp alb. Dacă ovulul a fost fecundat, activitatea corpului galben se prelungeşte cu încă trei luni. Progesteronul determină modificări histologice şi secretorii la nivelul mucoasei uterine pe care o pregăteşte în vederea fixării oului (nidare). Dacă fecundaţia nu a avut loc, ovulul se elimină în ziua a 19-a, a 20-a a ciclului; secreţia corpului galben scade brusc în ziua a 26-a. La nivelul mucoasei uterine se produc modificări vasculare urmate de necroză şi hemoragie, care determină pierderea de sânge menstrual. În timpul sarcinii, corticosuprarenala şi placenta secretă, de asemenea, estrogeni şi progesteron.

***Reglarea secreţiei ovariene*** se face la fel ca a altor glande periferice prin feedback negativ hipotalamo-hipofizo-ovarian.

## TIMUSUL

Are un rol de glandă endocrină în prima parte a ontogenezei, până la pubertate. Este o glandă cu structură mixtă, de epiteliu secretor şi organ limfatic. Are localizare retrosternală. La pubertate involuează, fără a dispărea complet. Se dezvoltă din ectoderm. În organism are mai multe funcţii: rol de organ limfatic central, rol de glandă endocrină.

Deşi nu au fost individualizaţi hormoni ca atare, se cunosc o serie de efecte ale extractelor de timus:

- acţiune de frânare a dezvoltării gonadelor;
- acţiune de stimulare a mineralizării osoase;
- efecte de frânare a mitozelor.

Funcţiile timusului sunt puternic blocate de hormonii steroizi, care determină involuţia acestui organ. Unitatea histologică a timusului este lobulul timic format dintr-o reţea de celule reticulare între care se află timocite. Acestea sunt celule hematoformatoare primordiale (stem), migrate din măduva hematogenă şi transformate sub influenţa factorilor locali în celule limfoformatoare de tip T. Timocitele "însămânţează" şi alte organe limfoide (ganglionii limfatici, splina, amigdalele etc.).

# APARATUL DIGESTIV

## ANATOMIA APARATULUI DIGESTIV

Este alcătuit din organe la nivelul cărora se realizează digestia alimentelor şi ulterior absorbţia lor. În acelaşi timp, la nivelul ultimului segment al tubului digestiv, rectul, se realizează eliminarea resturilor neabsorbite, prin actul defecaţiei.

## CAVITATEA BUCALĂ

Este primul segment al tubului digestiv, fiind o cavitate virtuală, când gura este închisă, şi reală, când gura este deschisă. Cavitatea bucală este despărţită de arcadele alveolo-gingivo-dentare în două părţi: vestibulul şi cavitatea bucală propriu-zisă.

**Vestibulul bucal** este un spaţiu în formă de potcoavă, limitat între arcade, pe de o parte, buze şi obraji, pe de altă parte. Vestibulul comunică cu cavitatea bucală propriu-zisă prin spaţiile interdentare şi prin spaţiul retromolar.

În vestibulul superior se deschide canalul Stenon (canalul excretor al glandei parotide), în dreptului molarului II superior.

**Cavitatea bucală propriu-zisă** este delimitată înainte şi pe laturi de arcadele alveolo-gingivo-dentare, în sus de bolta palatină, care o separă de fosele nazale, în jos de planşeul bucal pe care se află corpul limbii şi glanda sublinguală. Posterior, cavitatea bucală comunică cu faringele prin istmul gâtului, circumscris superior de vălul palatin, pe margini de pilierii anteriori (arcurile anterioare), iar în jos de limbă.

Bolta palatină este formată în partea anterioară de palatul dur. Scheletul osos al palatului dur este acoperit de mucoasa palatină şi este format în două treimi anterioare de procesele palatine ale osului maxilar, iar în treimea posterioară de lamele orizontale ale osului palatin. Vălul palatin (palatul moale), continuă înapoi palatul dur şi se prezintă ca o membrană musculo-membranoasă mobilă, care are două feţe şi două margini.

Una dintre feţe este anterioară, concavă (bucală), acoperită de un epiteliu pluristratificat pavimentos moale (necheratinizat), cea de a doua faţă este posterioară, convexă (faringiană), acoperită de un epiteliu cilindric simplu. Dintre cele două margini, una este anterioară şi aderă la palatul dur, cea de-a doua este liberă.

Marginea liberă prezintă central o proeminenţă, numită lueta (omuşorul), iar lateral se prelungeşte cu două arcuri (pilieri): unul anterior, prin care coboară muşchiul palatoglos, celălalt posterior, prin care coboară muşchiul palato-faringian. Între cele două arcuri se află amigdala palatină, formaţiune cu rol în apărarea organismului împotriva infecţiilor.

Planşeul bucal este format din cei doi muşchi milohioidieni, întinşi între linia milohioidiană a mandibulei şi osul hioid. Sub muşchiul milohioidian se află muşchiul digastric. Pe planşeul bucal se află glandele sublinguale şi corpul limbii.

Pereţii cavităţii bucale sunt vascularizaţi de ramuri provenite din artera carotidă externă. Sângele venos ajunge în vena jugulară internă. Limfaticele cavităţii bucale ajung în ganglionii cervicali situaţi în jurul venei jugulare interne. Inervaţia senzitivă este asigurată de ramuri din nervul trigemen.

## LIMBA

Limba este un organ musculo-membranos mobil, care, pe lângă rol în masticaţie şi deglutiţie, mai are rol şi în vorbirea articulată, în supt şi ca organ de simţ, datorită prezenţei, la nivelul limbii, a papilelor gustative. Limba prezintă un corp situat în cavitatea bucală şi o rădăcină, spre faringe.

Rădăcina limbii este fixată de hioid prin membrana hioglosiană şi de baza epiglotei prin trei ligamente gloso-epiglotice. Între aceste ligamente, care ridică repliuri, se află două adâncituri denumite valecule. Între corpul şi rădăcina limbii se află şanţul terminal, anterior de care se dispun papilele caliciforme, sub forma literei "V" ("V"-ul lingual). Faţa inferioară a corpului limbii este legată de mucoasa planşeului bucal prin frâul limbii. De o parte şi de alta a frâului limbii se află o proeminenţă, numită caruncula sublinguală, în care se deschid canalul glandei submandibulare şi canalul glandei sublinguale. Pe rădăcina limbii (faţa ei posterioară) se află amigdala lingual㠹.

În structura limbii se descriu un schelet osteofibros, muşchi striaţi şi o mucoasă.

**Scheletul osteofibros** este format din osul hioid şi două membrane fibroase: septul limbii şi membrana hioglosiană întinsă de la hioid spre limbă.

**Muşhii limbii** sunt: intrinseci, proprii limbii (m. transvers, m. vertical, m. lingual longitudinal superior şi m. lingual longitudinal inferior, stâng şi drept). Există şi muşchi extrinseci (m. stiloglos, hioglos, genioglos), cu un capăt prins pe oase sau muşchii palatoglos sau amigdaloglos, şi cu celălalt pe palatul moale sau amigdala palatină.

La exterior, limba este acoperită de **mucoasa lingual㠹**, care se continuă cu **mucoasa bucală**, având în structura sa un epiteliu pluristratificat, pavimentos, necheratinizat. Pe faţa dorsală (superioară) a limbii şi pe marginile ei se găsesc **papilele linguale**, care oferă limbii un aspect catifelat.

Papilele circumvalate (caliciforme) formează "V"-ul lingual cu deschiderea spre înainte şi sunt în număr de 7-11. Fiecare dintre aceste papile prezintă, în centru, o ridicătură centrală, înconjurată de un şanţ circular în care se găsesc numeroşi muguri gustativi. Lateral de şanţ se află un cadru.

Papilele foliate sunt localizate de-a lungul porţiunilor posterioare ale marginilor limbii. Au forma unor foi de carte, prezentând 8-10 pliuri mucoase, dispuse perpendicular. Papilele fungiforme au formă asemănătoare unor ciuperci şi sunt mai răspândite înaintea "V"-ului lingual.

Toate aceste trei categorii de papile au în structură muguri gustativi. Se mai descriu, la nivelul limbii, şi papilele filiforme, formaţiuni conice, cu vârful ramificat. Ele sunt situate pe faţa dorsală a limbii şi pe marginile ei. Neavând muguri gustativi, au rol mecanic.

Vascularizaţia limbii este asigurată de artera lingual㠹. Sângele venos ajunge în vena jugulară internă. Limfaticele ajung în ganglionii submandibulari şi cervicali.

Inervaţia muşchilor limbii este asigurată de nervul hipoglos (muşchii intrinseci ai limbii) şi de nervul glosofaringian (muşchii extrinseci ai limbii), inervaţia senzorială gustativă prin nervii VII (facial, corpul limbii), IX (glosofaringian, rădăcina limbii), X (vag, baza rădăcinii limbii), iar inervaţia senzitivă (durere, tact, temperatură) de nervul V (trigemen) pentru corpul limbii, de nervul IX (glosofaringian) pentru rădăcina limbii şi vag pentru baza rădăcinii limbii şi mucoasa valeculelor.



## DINŢII

Dinţii sunt organe dure ale aparatului masticator, având rol şi în vorbirea articulată. La om există două dentiţii, una temporară (dentiţia de lapte), care numără 20 de dinţi, şi cea de-a doua, permanentă, 32 de dinţi.

Formula dentară a dentiţiei temporare este:

$$\frac{i_2 \; c_1 \; m_2}{i_2 \; c_1 \; m_2}$$

iar a dentiţiei definitive este:

$$\frac{I_2 \; C_1 \; P_{m_2} \; M_3}{I_2 \; C_1 \; P_{m_2} \; M_3}$$

Dentiţia temporară începe să apară după 6-8 luni şi este completă în jurul vârstei de 2-3 ani. Dentiţia permanentă apare între 6 şi 13 ani, exceptând molarul III (măseaua de minte), care apare mai târziu (18-22 ani) sau deloc.

Toţi dinţii, indiferent de forma lor, prezintă coroană, col şi rădăcină. Coroana, de culoare albă, depăşeşte alveola dentară, fiind vizibilă în cavitatea bucală. Rădăcina este inclusă în alveolă şi poate fi unică, dublă sau triplă. Unică este la incisivi, canini şi premolari, dublă sau triplă la molari. Colul este regiunea mai îngustă, situată între rădăcină şi coroană. La nivelul colului se află inelul gingival (mijloc de fixare al dintelui).

În coroana dintelui se află camera pulpară, care, la nivelul rădăcinii, se continuă cu canalul dentar (canal radicular).

Cavitatea şi canalul dentar conţin pulpa dintelui, care are în structura sa ţesut conjunctiv, vase şi nervi ce pătrund prin orificiul dentar de la vârful rădăcinii. În afara camerei pulpare şi a canalului dentar, dintele este format dintr-un ţesut calcificat, denumit dentină (ivoriu), de culoare albă.

La nivelul coroanei, dentina este dublată de un ţesut dur, smalţul, iar la nivelul rădăcinii de cement. Smalţul este cea mai dură structură a dintelui şi are în compoziţia sa fosfat de calciu, de magneziu, floruri de Na şi K. Cementul dur este de natură osoasă şi face parte din mijloacele de susţinere ale dintelui (paradonţiu). Structura cementului este asemănătoare cu a osului.

Vascularizaţia dinţilor este asigurată de arterele alveolare, ramuri din artera maxilară internă. Sângele venos ajunge în vena maxilară. Limfaticele dinţilor ajung în final în ganglionii submandibulari şi cervicali.

Inervaţia dinţilor este asigurată de nervul trigemen (pentru dinţii superiori n. maxilar, iar pentru dinţii inferiori n. mandibular).

## FARINGELE

Este un conduct musculo-membranos, dispus de la baza craniului până în dreptul vertebrei $C_8$, unde se continuă cu esofagul. Are forma unui jgheab deschis anterior, care se îngustează de sus în jos, cu lungimea de 15 cm.

Faţa posterioară a faringelui delimitează, împreună cu coloana vertebrală tapetată de muşchii prevertebrali, spaţiul retrofaringian. Feţele laterale ale faringelui, la nivelul capului, vin în raport cu spaţiul mandibulo-faringian cuprins între mandibulă şi faringe, iar la nivelul gâtului cu lobii laterali ai glandei tiroide, cu artera carotidă comună, vena jugulară internă şi nervul vag situat între cele două formaţiuni vasculare.

Cavitatea faringelui este divizată în trei etaje.

***Cavitatea faringelui***

| | **Nasofaringele (rinofaringele)** | **Bucofaringele (orofaringele)** | **Laringofaringele** |
|---|---|---|---|
| Peretele superior | Baza craniului. La acest nivel se află amigdala faringiană | Vălul palatin. | Corespunde planului orizontal care trece prin hioid şi comunică cu bucofaringele |
| Peretele inferior | Vălul palatin. | Plan orizontal dus prin osul hioid. Comunică cu laringofaringele. | Se continuă cu esofagul. |
| Pereţii laterali | Prezintă orificiul trompei lui Eustachio, înconjurat de amigdala tubară. | Corespund celor două arcuri (anterior şi posterior) ale vălului palatin, între care se află amigdala palatină. | Corespund şanţurilor laringofaringiene. |
| Peretele anterior | Comunică cu fosele nazale prin două orificii, numite coane. | Comunică cu cavitatea bucală prin istmul gâtului. | Comunică cu laringele prin aditus laringis (intrarea în laringe). |
| Peretele posterior | Corespunde coloanei vertebrale. | Corespunde coloanei vertebrale. | Corespunde coloanei vertebrale. |

În structura faringelui se află o aponevroză intrafaringiană, muşchi şi o mucoasă. La exterior este acoperit de adventiţia faringelui formată din ţesut conjunctiv lax.

Aponevroza intrafaringiană se găseşte la nivelul pereţilor laterali şi posterior ai faringelui şi se inseră superior pe baza craniului; are o structură fibroasă şi este rezistentă.

Muşchii faringelui sunt striaţi, grupaţi în muşchi constrictori şi ridicători.

Muşchii constrictori au fibre circulare şi se acoperă unul pe celălalt (cel superior este acoperit de cel mijlociu, iar acesta de muşchiul constrictor inferior); prin contracţia lor micşorează diametrul antero-posterior şi transversal al faringelui.

Muşchii ridicători au fibre longitudinale şi sunt reprezentaţi de muşchiul stilo-faringian (are originea pe apofiza stiloidă a osului temporal) şi palato-faringian, care coboară de la palat prin arcul posterior. Prin contracţia lor ridică faringele în timpul deglutiţiei.

La interior, faringele este căptuşit de o mucoasă care are în structura sa un epiteliu cilindric ciliat la nivelul rinofaringelui şi un epiteliu pluristratificat pavimentos necheratinizat la nivelul bucofaringelui şi laringofaringelui.



La exterior, faringele este acoperit de adventiţia faringelui, care se continuă cu adventiţia esofagului. Vascularizaţia faringelui este realizată de ramuri din artida carotidă externă. Sângele venos este drenat în vena jugulară internă. Limfaticele ajung în ganglionii cervicali. Inervaţia senzitivă şi motorie este asigurată de nervul glosofaringian, dar şi de nervul vag.

## ESOFAGUL

Este un canal musculo-membranos prin care bolul alimentar trece din faringe spre stomac. Limita lui superioară corespunde vertebrei $C_6$, iar cea inferioară orificiului cardia prin care esofagul se deschide în stomac. În traiectul său străbate regiunea cervicală, toracală, diafragma şi ajunge în abdomen, terminându-se în stomac. Esofagul descrie, în traiectul său, curburi, unele în plan sagital, altele în plan frontal. Lungimea sa este de 25 cm.

**Raporturile esofagului.** În regiunea cervicală vine în raport anterior cu traheea, posterior cu coloana vertebrală, iar lateral cu lobii laterali ai glandei tiroide şi cu mănunchiul vasculo-nervos al gâtului (artera carotidă comună, vena jugulară internă şi nervul vag). În regiunea toracală, are raporturi diferite anterior. Deasupra vertebrei $T_4$ (locul de bifurcare al traheei în cele două bronhii) vine în raport cu traheea, iar sub $T_4$ cu pericardul. Lateral, esofagul toracic vine în raport cu plămânii, acoperiţi de pleurele mediastinale, iar posterior cu coloana vertebrală. În abdomen vine în raport, la stânga, cu fundul stomacului, la dreapta şi anterior cu ficatul, iar posterior cu aorta. În traiectul său, esofagul are raporturi cu aorta descendentă, care iniţial e la stânga, iar în partea inferioară se aşează posterior de el.

**Structura esofagului.** De la suprafaţă spre interior distingem patru straturi:

- ***Adventiţia*** este o tunică conjunctivă care se continuă în sus cu adventiţia faringelui. Are în structura sa ţesut conjunctiv lax.
- ***Tunica musculară*** este formată dintr-un strat de fibre longitudinale la exterior şi un strat de fibre circulare la interior. În treimea superioară a esofagului, fibrele musculare sunt striate, în timp ce în treimea inferioară fibrele striate sunt înlocuite de fibre netede.
- ***Tunica submucoasă*** este bine dezvoltată la nivelul esofagului şi conţine glande esofagiene de tip acinos, ce secretă mucus care uşurează înaintarea bolului alimentar.
- ***Tunica mucoasă*** are culoare albicioasă şi prezintă cute longitudinale care se şterg prin distensia esofagului, cauzată de trecerea bolului alimentar. Mucoasa esofagului are în structura sa un epiteliu pluristratificat pavimentos necheratinizat, specializat pentru funcţia de transportor.

Arterele esofagului provin din arterele tiroidiene, aortă, arterele diafragmatice şi artera gastrică stângă. Sângele venos al esofagului abdominal se varsă în vena portă, a esofagului toracic în sistemul azygos, iar a esofagului cervical în vena jugulară. La nivelul esofagului abdominal există anastomoze foarte importante între sistemul port şi cel cav superior şi care sunt implicate în apariţia varicelor esofagiene, în cadrul unui sindrom de hipertensiune portală. Limfaticele esofagului cervical ajung în ganglionii cervicali, ai esofagului toracic în ganglionii traheo-bronhici şi mediastinali posteriori, iar ai esofagului abdominal în ganglionii gastrici.

Nervii provin din simpatic şi parasimpatic, formând un plex în stratul muscular şi altul în stratul submucos.

## STOMACUL

Stomacul se prezintă ca o porţiune dilatată a tubului digestiv, fiind situat în etajul supramezocolic al cavităţii abdominale, între splină şi ficat. În stare de umplere are 25 cm, iar gol 18 cm. Capacitatea lui este de 1300-1500 $cm^3$. Stomacul are forma unui "J", cu o porţiune verticală mai lungă şi cu una orizontală mai scurtă. Descriem stomacului două feţe (anterioară, posterioară), două margini, denumite curburi (curbura mare la stânga, convexă, şi mică, la dreapta, concavă) şi două orificii (cardia şi pilorul). Cele două feţe ale stomacului sunt acoperite de peritoneu, care, ajuns la nivelul curburilor, se reflectă pe organele vecine, formând ligamente.

De pe mica curbură, prin reflexia peritoneului, se formează micul epiploon (ligamentul gastro-duodeno-hepatic) care leagă mica curbură de faţa inferioară a ficatului. De pe marea curbură, prin reflectarea peritoneului, se formează ligamentele: gastro-diafragmatic, care leagă marea curbură de diafragm, ligamentul gastro-splenic, între marea curbură şi splină, şi ligamentul gastro-colic, între marea curbură şi colonul transvers, ce se leagă de marele epiploon.

Faţa anterioară a stomacului prezintă o porţiune superioară, care corespunde peretelui toracic, şi una inferioară, care corespunde peretelui abdominal. Porţiunea toracală vine în raport cu diafragma şi cu coastele 5-9 din partea stângă. În porţiunea abdominală, faţa anterioară a stomacului vine în raport cu lobul stâng al ficatului, iar mai lateral cu peretele muscular al abdomenului.

Faţa posterioară a stomacului, prin intermediul unui diverticul al cavităţii peritoneale, numit bursa omentală, vine în raport cu rinichiul stâng, suprarenala stângă, corpul şi coada pancreasului, splina şi artera splenică (pe marginea superioară a corpului pancreasului).

Curbura mare este convexă. La nivelul ei se află arcul vascular al marii curburi, format din artera gastro-epiploică dreaptă (din artera gastro-duodenală) şi din artera gastro-epiploică stângă (ram din artera lienală), precum şi ligamentele gastro-diafragmatic, gastro-frenic şi gastro-colic.

Curbura mică este concavă. La nivelul ei se găseşte arcul vascular al micii curburi format din artera gastrică stângă din trunchiul celiac şi artera gastrică dreaptă, din artera hepatică proprie, cât şi micul epiploon (ligamentul gastro-duodeno-hepatic) care leagă stomacul de ficat.

Orificiul cardia, prin care stomacul comunică cu esofagul, este pe flancul stâng al vertebrei $T_{11}$. Orificiul pilor, prin care stomacul comunică cu duodenul, se află în dreptul flancului drept al vertebrei $L_1$. Este prevăzut cu sfincterul piloric. Când stomacul este umplut, pilorul coboară şi se deplasează spre dreapta. Sfincterul piloric are consistenţă dură la palpare.

**Subîmpărţirea stomacului.** Trecând un plan prin incizura gastrică situată la nivelul micii curburi, unde aceasta îşi schimbă direcţia, împărţim stomacul în două porţiuni: porţiunea verticală, situată deasupra planului, şi porţiunea orizontală, sub acest plan. Porţiunea verticală, la rândul său, are două părţi: fundul stomacului, care conţine punga cu aer a stomacului, şi corpul stomacului.

Porţiunea orizontală are şi ea o zonă mai dilatată, care continuă corpul stomacului (antrul piloric), şi alta care se continuă cu duodenul, denumită canal piloric.



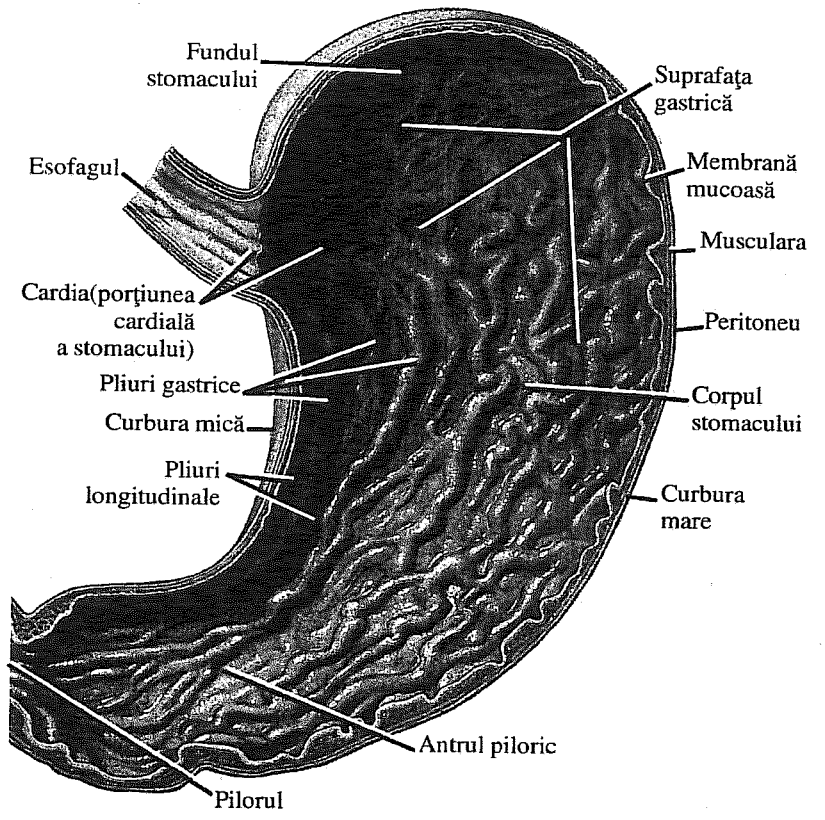



**Fig. 103. Stomacul secţionat, cu evidenţierea mucoasei**

La interior, stomacul prezintă numeroase plici ale mucoasei: unele longitudinale, altele transversale sau oblice (fig. 103). Dintre cele longitudinale, două, situate în dreptul micii curburi, delimitează canalul gastric prin care se scurg lichidele.

Vascularizaţia stomacului este asigurată de toate cele trei ramuri ale trunchiului celiac: artera hepatică, gastrică stângă şi splenică.

Artera splenică irigă marea curbură a stomacului prin artera gastroepiploică stângă, care mai primeşte şi ramuri din artera gastro-duodenală (artera gastro-epiploică dreaptă) provenită din artera hepatică comună. Artera gastrică stângă irigă mica curbură a stomacului împreună cu artera gastrică dreaptă din artera hepatică proprie. Sângele venos ajunge în vena portă.

Inervaţia stomacului este asigurată de plexul gastric, format din fibre simpatice şi parasimpatice. Provine din plexul celiac. Fibrele nervoase formează în peretele stomacului plexul mienteric şi plexul submucos.

## INTESTINUL SUBŢIRE

Este porţiunea din tubul digestiv cuprinsă între stomac şi intestinul gros. În funcţie de mobilitatea sa, intestinul subţire are o primă porţiune fixă, numită duoden, şi o a doua, mai lungă şi mobilă, numită jejuno-ileon. Mobilitatea acestuia din urmă se datoreşte mezenterului. Lungimea intestinului subţire este de 4-6 metri, iar calibrul de 4 cm la nivelul duodenului şi de 2-3 cm la nivelul jejuno-ileonului.

### DUODENUL

Este prima porţiune a intestinului subţire şi are formă de potcoavă (fig. 104), cu concavitatea în sus, în care se află capul pancreasului. Are o lungime de 25 cm. Începe la nivelul pilorului şi se îndreaptă spre vezica biliară, unde coteşte, devenind descendent. La acest cot se formează flexura duodenală superioară. Ajuns la polul inferior al rinichiului drept, coteşte din nou, formând flexura duodenală inferioară. În continuare, trece anterior de coloana vertebrală ($L_4$), vena cavă inferioară şi aortă, după care coteşte a treia oară, devenind ascendent, şi urcă pe flancul stâng al coloanei până la $L_2$, unde se termină la nivelul flexurii duodeno-jejunale.

Datorită acestui traiect, i se descriu duodenului patru porţiuni:

- porţiunea superioară, între pilor şi vezica biliară, vine în raport superior şi anterior cu ficatul şi vezicula biliară, posterior cu canalul coledoc şi vena portă, iar inferior cu capul pancreasului;

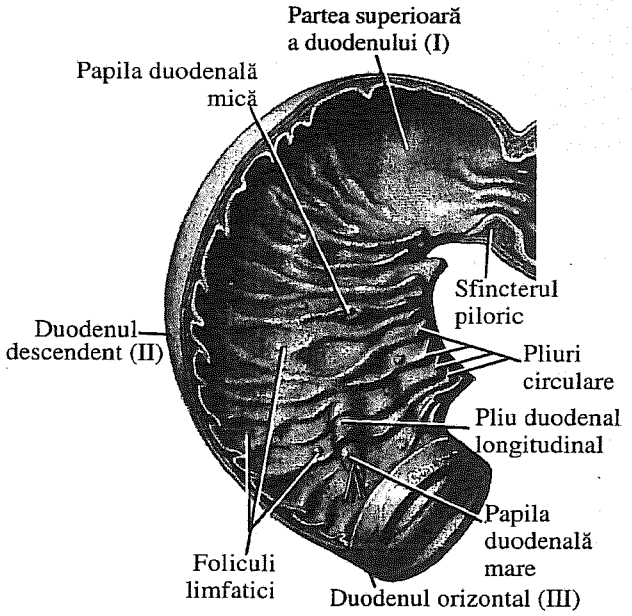



**Fig. 104. Pilor, duoden I şi II**



- porţiunea descendentă, între vezica biliară şi polul inferior al rinichiului drept, vine în raport anterior cu colonul transvers, posterior cu rinichiul drept, medial cu capul pancreasului şi lateral cu colonul ascendent;
- porţiunea transversă ţine de la polul inferior al rinichiului drept până la flancul stâng al coloanei vertebrale. Posterior vine în raport cu vena cavă inferioară, coloana vertebrală şi aorta, iar anterior cu mezenterul şi cu artera şi vena mezenterică superioară aflate între cele două foiţe ale mezenterului;
- porţiunea ascendentă continuă porţiunea precedentă şi sfârşeşte la flexura duodeno-jejunală. Vine în raport medial cu aorta şi lateral cu rinichiul stâng.

În partea medială a porţiunii descendente se găseşte plica longitudinală a duodenului, determinată de trecerea canalului coledoc prin peretele duodenal. În partea inferioară a acestei plici se află papila duodenală mare, în care se deschide canalul coledoc, împreună cu canalul principal al pancreasului (canalul Wirsung). La 2-3 cm deasupra se află papila duodenală mică, în care se deschide canalul accesor al pancreasului (canalul Santorini).

Vascularizaţia duodenului este dată de ramuri duodeno-pancreatice din artera gastro-duodenală, ramură a arterei hepatice comune, şi din artera mezenterică superioară. Sângele venos ajunge în vena portă. Limfaticele ajung în ganglionii hepatici şi în ganglionii celiaci, situaţi în jurul trunchiului celiac.

Inervaţia asigurată de fibre simpatice şi parasimpatice provine din plexul celiac.

### JEJUNO-ILEONUL

Este porţiunea liberă (mobilă) a intestinului subţire şi se întinde între flexura duo-deno-jejunală şi orificiul ileo-cecal. Este legat de peretele posterior al abdomenului prin mezenter, de unde şi numele de intestin mezenterial. Jejuno-ileonul descrie 14-16 flexuozităţi în formă de "U", numite anse intestinale. Se distinge un grup superior stâng (ce aparţine jejunului), format din anse orizontale suprapuse unele deasupra altora, şi un grup inferior drept (ce aparţine ileonului), format din anse verticale.

Jejuno-ileonul este legat de peretele posterior al abdomenului printr-un lung mezou peritoneal, numit mezenter. Acesta prezintă două feţe: una dreaptă (anterioară), alta stângă (posterioară) şi două margini: una liberă, spre intestin, şi alta aderentă, spre peretele posterior al abdomenului, numită rădăcină. Între cele două foiţe ale mezenterului se găsesc: artera mezenterică superioară cu ramurile sale, vena mezenterică superioară, vase limfatice şi ganglionii limfatici mezenterici, plexul nervor vegetativ mezenteric şi grăsime.

Vascularizaţia jejuno-ileonului este asigurată de ramuri care provin din artera mezenterică superioară. Sângele venos este colectat de vena mezenterică superioară. Limfa este colectată în ganglionii mezenterici superiori, situaţi în rădăcina mezenterului.

Inervaţia jejuno-ileonului este vegetativă, asigurată de plexul mezenteric superior desprins din plexul celiac.

## INTESTINUL GROS

Intestinul gros continuă jejuno-ileonul şi se deschide la exterior prin orificiul anal. Lungimea sa este de 1,50 m, calibrul lui diminuând de la cec spre anus (la origine are un calibru de 7 cm, iar terminal de 3 cm).

Intestinul gros se deosebeşte de intestinul subţire prin mai multe caracteristici exterioare:

- este mai scurt, dar mai voluminos decât intestinul subţire;
- se dispune sub formă de cadru, de unde şi numele de cadru colic;
- este parcurs de nişte benzi musculare, numite teniile colonului, în număr de 3 la cec, colon ascendent, transvers şi descendent, 2 la colonul sigmoid; dispar la rect;
- prezintă umflături, numite haustre, separate între ele prin şanţuri transverse care proemină în lumenul intestinului sub formă de plici semilunare ale colonului;
- prezintă ciucuri grăsoşi de culoare gălbuie, numiţi apendici epiploici, în jurul teniilor musculare.

Intestinul gros este subîmpărţit în cec, colon şi rect. La rândul său, colonul prezintă mai multe segmente: colonul ascendent, transvers, descendent şi sigmoid.

## CECUL ŞI APENDICELE VERMIFORM

Cecul este prima porţiune a intestinului gros şi are forma unui sac. Ocupă fosa iliacă dreaptă. Uneori, el poate avea o poziţie înaltă, urcând spre ficat, alteori, dimpotrivă, poate avea o poziţie joasă, coborând în pelvis. Faţa anterioară a cecului vine în raport cu peretele anterior al abdomenului, faţa posterioară vine în raport cu fosa iliacă, muşchiul psoas-iliac şi nervul femural, care trece la acest nivel.

Faţa laterală este în raport, în jos, cu fosa iliacă, iar mai sus cu peretele lateral al abdomenului, faţa medială vine în raport cu ansele intestinale. Pe această faţă se află orificiul ileo-cecal, prin care ileonul se deschide în cec; la nivelul acestui orificiu se află valvula ileo-cecală, cu rol de supapă între intestinul subţire şi gros. La 2-3 cm sub orificiul ileo-cecal se află un orificiu oval, numit orificiul apendiculo-cecal, prin care apen-dicele se deschide în cec. Şi acest orificiu are o valvulă.

Apendicele vermicular este un segment rudimentar al intestinului gros, transformat în organ limfoid. Are lungime de 7-8 cm şi un calibru de 5-8 mm. Forma lui este a unui tub cilindric mai mult sau mai puţin flexos. Se deschide pe faţa medială a cecului prin orificiul apendiculo-cecal. Apendicele se dispune faţă de cec într-o manieră variabilă. De obicei, el este medial de cec, dar poate fi prececal, retrocecal, subcecal sau laterocecal.

Arterele cecului şi apendicelui provin din artera mezenterică superioară (artera ileo-colică). Sângele venos este colectat de vena mezenterică superioară. Limfaticele ajung în ganglionii mezenterici superiori.

Inervaţia vegetativă este asigurată de ramuri din plexul mezenteric superior.

## COLONUL

Începe la nivelul valvulei ileo-cecale şi se termină în dreptul vertebrei $S_3$. Din fosa iliacă dreaptă urcă spre faţa viscerală a ficatului (colon ascendent), la acest nivel coteşte formând flexura colică dreaptă, de la care începe colonul transvers care străbate transversal cavitatea abdominală până la nivelul splinei. Ajuns la acest nivel, coteşte din nou, formând flexura colică stângă, după care coboară spre fosa iliacă stângă (colon descendent). Ultima porţiune a colonului, în formă de "S", coboară în bazin (colonul sigmoid), unde, în dreptul vertebrei $S_3$, se continuă cu rectul.

**Colonul ascendent.** Măsoară 8-15 cm lungime şi ţine de la fosa iliacă dreaptă până la flexura colică dreaptă. Posterior vine în raport cu peretele dorsal al cavităţii abdominale şi cu rinichiul drept, prin intermediul unei fascii de coalescenţă (Toldt).



Anterior şi medial vine în raport cu ansele intestinului subţire, iar anterior şi lateral şi cu peretele antero-lateral al abdomenului.

**Colonul transvers**. Are o direcţie uşor oblică în sus spre stânga şi măsoară 40-60 cm. Este cuprins între cele două flexuri ale colonului. Anterior vine în raport cu peretele ventral al abdomenului, posterior cu duodenul II (descendent), capul şi corpul pancreasului. Datorită mezoului său, colonul transvers separă cavitatea abdominală într-un etaj supra-mezocolic şi un etaj inframezocolic. În sus vine în raport cu faţa viscerală a ficatului, cu stomacul şi cu splina, iar în jos cu ansele jejuno-ileale.

**Colonul descendent**. Ţine de la flexura colică stângă până la fosa iliacă stângă şi are o lungime de 14 - 20 cm. Are aceleaşi raporturi ca şi colonul ascendent, fiind mai profund situat faţă de acesta.

**Colonul sigmoid**. Ţine de la fosa iliacă stângă până la $S_3$. În traiectul său descrie litera "S", de unde şi numele. Măsoară 40-50 cm şi prezintă două segmente, unul iliac şi altul pelvin. Segmentul iliac ocupă fosa iliacă şi vine în raport posterior cu fosa iliacă, muşchiul ileopsoas şi cu nervul femural. Anterior, medial şi lateral este acoperit de anse intestinale. Segmentul pelvian vine în raport, în jos şi înainte, cu vezica urinară la bărbat, iar la femeie cu uterul şi anexele, posterior vine în raport cu ampula rectală, iar în sus cu ansele intestinului subţire.

Vascularizaţia colonului este asigurată de artera mezenterică superioară (pentru colonul ascendent şi jumătatea dreaptă a colonului transvers) şi de către artera mezenterică inferioară (pentru jumătatea stângă din colonul transvers, colonul descendent şi colonul sigmoid). Venele colonului sunt tributare venei porte. Limfaticele ajung în ganglionii mezenterici superiori şi inferiori.

Inervaţia vegetativă este asigurată de fibre vegetative din plexul mezenteric. Fibrele nervoase pătrund în pereţii colonului şi formează plexul mienteric şi plexul submucos.

## RECTUL

Rectul începe la nivelul vertebre $S_3$ şi sfârşeşte la nivelul orificiului anal. În traiectul său descrie o curbă cu concavitate înainte. Ajuns în dreptul coccisului, îşi schimbă traiectul, descriind o curbă cu concavitatea posterior, străbate perineul şi se îndreaptă spre orificiul anal.

Pe lângă aceste curburi în plan sagital, rectul mai prezintă şi curburi în plan frontal, mai puţin evidente însă.

Rectul prezintă două segmente: unul superior, situat în cavitatea pelviană, mai dilatat, numit ampulă rectală, şi altul inferior, care străbate perineul, numit canal anal. Ampula rectală are 10-12 cm lungime şi 5-6 cm calibru; canalul anal are 3 cm lungime şi cam tot atât în calibru. Ampula rectală vine în raport posterior cu sacrul şi coccisul. Anterior, la bărbat, vine în raport cu vezica urinară prin fundul de sac rectovezical, iar la femeie cu corpul uterului prin fundul de sac rectouterin. Lateral vine în raport cu uterul şi vasele hipogastrice situate pe pereţii laterali ai pelvisului. Canalul anal străbate perineul şi vine în raport anterior, la bărbat, cu uretra, iar la femeie cu vagina.

În interiorul ampulei rectale se află plicile transversale ale rectului (valvulele lui Houston). În interiorul canalului anal se află 6-10 plici longitudinale (coloanele Morgagni). Bazele coloanelor Morgagni sunt unite prin valvulele anale. Între valvule şi peretele canalului anal se delimitează depresiuni denumite sinusuri anale. La nivelul lor, mucoasa este albăstruie, datorită plexului venos hemoroidal.

Arterele rectului sunt în număr de trei: artera rectală superioară, ram din artera mezenterică inferioară, artera rectală medie, ram din artera iliacă internă, şi artera rectală inferioară, ram din artera ruşinoasă. Sângele venos din treimea superioară a rectului ajunge în vena portă prin intermediul venei mezenterice inferioare, iar din cele două treimi inferioare ajunge în vena iliacă internă şi, prin intermediul acesteia, în vena cavă inferioară. Limfaticele rectului ajung în ganglionii mezenterici, în ganglionii iliaci şi ganglionii inghinali.

Inervaţia este asigurată de plexul rectal, provenit din plexul mezenteric şi din plexul hipogastric. În porţiunea inferioară a rectului sosesc nervii rectali inferiori, care sunt nervi somatici, inervând teritoriul de sub valvulele semilunare, cât şi sfincterul extern al anusului.

## STRUCTURA TUBULUI DIGESTIV SUBDIAFRAGMATIC

De la exterior spre interior, în structura tubului digestiv subdiafragmatic se întâlnesc următoarele tunici: seroasă (reprezentată de peritoneu), musculară, submucoasă şi mucoasă.

### STOMACUL

**Peritoneul** acoperă amândouă feţele stomacului şi, ajuns la nivelul marginilor acestuia, se reflectă, formând ligamente. De pe marginea stângă (curbura mare) se formează ligamentele gastro-diafragmatic, gastro-splenic şi gastro-colic. De pe marginea dreaptă (curbura mică) se formează ligamentul gastro-hepatic (micul epiploon), numit şi esofago-gastro-duodeno-hepatic.

**Stratul muscular** este format din fibre musculare netede, pe trei planuri:

- în plan superficial, fibre longitudinale;
- în plan mijlociu, fibre circulare;
- în plan profund, fibre oblice.

Fibrele circulare, prin îngroşarea lor, fomează, în jurul orificiului piloric, sfincterul piloric. Musculatura stomacului prezintă contracţii tonice şi peristaltice. În stratul muscular se găseşte plexul mienteric Auerbach.

**Stratul submucos** e format din ţesut conjunctiv lax, în care găsim numeroase vase (sangvine şi limfatice), nervi şi plexul submucos Meissner.

**Mucoasa gastrică** este roşie, formată dintr-un epiteliu simplu cilindric şi un corion care conţine glandele gastrice care, după situaţia lor, sunt: cardiale, fundice şi pilorice. Glandele cardiale, puţin numeroase, sunt de tip tubulo-ramificat, producând mucus. Glandele fundice, cele mai numeroase, se găsesc la nivelul fundului şi corpului stomacului şi produc pepsinogen şi HCl. Glandele pilorice sunt scurte, de tip tubulos simplu sau ramificat şi secretă mucus şi gastrină. În corion găsim şi ţesut limfoid.

### DUODENUL

**Peritoneul.** Prima parte din porţiunea superioară a duodenului este învelită de peritoneu, în rest este extraperitoneal, fiind acoperit de seroasă numai pe faţa anterioară. Posterior se află o fascie de coalescenţă, rezultată din alipirea peritoneului de peretele posterior al abdomenului (fascia Treitz).

**Stratul muscular** este format din fibre musculare netede dispuse în două straturi: unul extern, mai subţire, format din fibre longitudinale, şi altul intern, mai gros, format din fibre circulare. În stratul muscular se găseşte plexul mienteric Auerbach. Acţiunea celor două straturi



musculare se îmbină, astfel că intestinul subţire efectuează mişcări complexe, cum sunt cele peristaltice, segmentare şi pendulare.

**Stratul submucos** este format din ţesut conjunctiv lax şi conţine vase sangvine, limfatice, nervi, plexul submucos Meissner şi foliculi limfoizi. În submucoasă întâlnim şi glandele Brunner, caracteristice duodenului. Se găsesc, în special în duodenul I şi II. Sunt glande tubulo-alveolare, ramificate, care au în structura lor celule mucoase.

**Mucoasa** duodenală are culoare cenuşie-roşiatică în perioadele de repaus şi devine roşie în timpul digestiei. Prezintă plici circulare şi vilozităţi intestinale. Plicile circulare, numite şi valvule conivente Kerkring, sunt cute transversale permanente. Lipsesc în prima parte a duodenului şi în ileonul terminal. Vilozităţile intestinale se prezintă ca nişte proeminenţe cilindrice sau conice, întâlnite de-a lungul întregului intestin subţire (fig. 105).

Sunt în număr de 5 milioane, realizând o suprafaţă de 50 $m^2$. La suprafaţă au un epiteliu unistratificat în care predomină celulele cu platou striat. Sub epiteliu se află fibre musculare netede, care favorizează absorbţia. În centrul vilozităţii, într-o stromă de ţesut conjunctiv, găsim o venulă, o reţea de capilare, o arteriolă şi un vas limfatic central, vasul chilifer. Mucoasa intestinului subţire este reprezentată printr-un epiteliu de suprafaţă şi prin glandele intestinale Lieberkühn, comune întregului intestin. Corionul, situat sub epiteliu, este format din ţesutul conjunctiv care conţine numeroase limfocite, dispuse difuz sau grupate în foliculi limfatici solitari sau agregaţi (plăcile Payer) care sunt formaţi din mai mulţi foliculi izolaţi, alăturaţi.

Epiteliul de suprafaţă acoperă vilozităţile şi la baza lor se înfundă în corion formând glandele intestinale Lieberkühn. Epiteliul de suprafaţă este un epiteliu unistratificat, format din celule cu platou striat (enterocite), din celule caliciforme (mucoase) şi celule argentafine.

Glandele Lieberkühn sunt tubuloase simple, situate în corion. În structura lor se disting mai multe tipuri de celule: celule cu platou striat, celule caliciforme, celule argentafine şi celule Paneth, care sunt elemente secretorii specifice ale glandelor intestinale. Grupate în număr de 5 - 8 celule, celulele Paneth ocupă partea profundă a glandei.

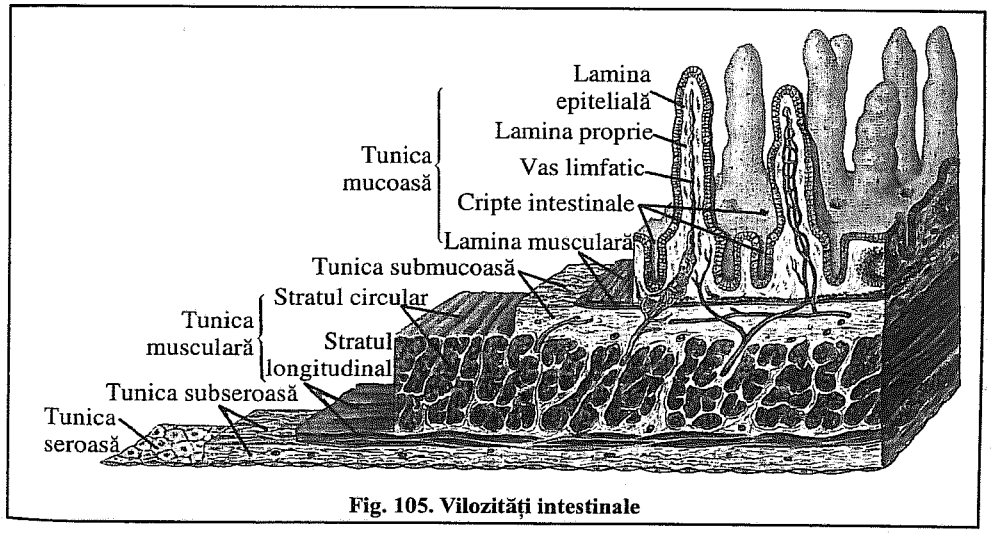



**Fig. 105. Vilozităţi intestinale**

JEJUNO-ILEONUL

**Peritoneul**. La nivelul jejuno-ileonului, peritoneul îl învelește complet și se continuă cu mezenterul. Mezenterul se fixează prin rădăcina sa la peretele posterior al abdomenului, de-a lungul unei linii oblice care pleacă de la flancul stâng al vertebrei $L_2$ și ajunge în fosa iliacă dreaptă.

**Musculara** jejuno-ileonului se aseamănă cu musculara de la nivelul duodenului.

**Submucosa** este formată din țesut conjunctiv lax și conține vase sangvine, limfatice, nervi, plexul submucos Meissner și foliculi limfoizi.

**Mucoasa** jejuno-ileonului are o structură asemănătoare cu cea a duodenului.

COLONUL

**Peritoneul**. În 80% din cazuri, peritoneul învelește în întregime cecul. Uneori, peritoneul formează un mezou (mezocec). Mai rar, cecul este acoperit numai anterior de peritoneu (cec retroperitoneal). La nivelul apendicelui, peritoneul îl învelește complet și apoi formează un mezoapendice care se fixează pe cec și ileon. La nivelul colonului ascendent și descendent, peritoneul învelește colonul numai anterior, posterior existând o fascie de coalescență, numită Toldt. Colonul ascendent și cel descendent sunt astfel retroperitoneale. La nivelul colonului transvers și sigmoid, peritoneul învelește colonul și se reflectă apoi pe peretele posterior al cavității abdominale, formându-se astfel mezocolonul și, respectiv, mezosigmoidul, care conferă mobilitatea colonului transvers și sigmoid.

**Stratul muscular** este constituit din fibre musculare netede, longitudinale în stratul extern și circulare în stratul intern. Fibrele longitudinale sunt dispuse sub forma celor trei tenii la colonul ascendent, transvers și descendent și numai sub forma a două tenii (mezocolică, omentală și liberă) la nivelul colonului sigmoid. În stratul muscular există plexul mienteric Auerbach.

**Stratul submucos** este format din țesut conjunctiv lax și conține vase de sânge, limfatice, plexul submucos Meissner și foliculi limfoizi.

**Tunica mucoasă** este formată dintr-un epiteliu de suprafață unistratificat, din aparat glandular și din corion. Nu are plici circulare și nici vilozități. Epiteliul de suprafață este format din celule cu platou striat, caliciforme și argentafine. Aparatul glandular este reprezentat prin glande Lieberkühn care sunt numeroase, adânci și lipsite de celule Paneth. Epiteliul glandelor Lieberkuhn este format din celule cu platou striat, caliciforme și argentafine. Corionul este format din țesut conjunctiv lax, bogat în infiltrații limfoide (foliculi limfatici solitari). Formațiunile limfoide sunt numeroase în mucoasa și submucoasa apendicelui.

RECTUL

**Peritoneul** acoperă numai jumătatea antero-superioară a ampulei rectale, apoi se reflectă la bărbat pe vezica urinară (fundul de sac recto-vezical), și la femei pe uter (fundul de sac recto-uterin). În rest, rectul este învelit de o adventiție formată din țesut conjunctiv lax.

**Stratul muscular** este format din fibre musculare netede, care se disting în: longitudinale - la exterior - și circulare - la interior. Fibrele longitudinale nu coboară toate până la anus. Stratul circular se găsește profund și se întinde pe toată lungimea rectului. În jurul canalului anal, fibrele circulare formează sfincterul intern al anusului. În afara lui se află sfincterul extern al anusului, care are în structura sa fibre striate.



**Stratul submucos** este format din țesut conjunctiv lax și este foarte bogat în plexuri venoase a căror dilatare duce la formarea hemoroizilor.

**Mucoasa** este formată dintr-un epiteliu de suprafață, din glande și corion. La nivelul ampulei rectale are un epiteliu simplu cilindric cu celule cu platou striat, celule caliciforme. La acest nivel se găsesc și numeroase glande Lieberkühn, formate aproape exclusiv din celule caliciforme care secretă mucus. Corionul este infiltrat de formațiuni limfoide. În regiunea canalului anal, mucoasa are aceeași structură ca la nivelul ampulei. Imediat sub baza coloanelor anale (Morgagni), epiteliul devine pavimentos, stratificat, necheratinizat. Limita dintre acest epiteliu și epiteliul precedent este reprezentată de linia anorectală. Epiteliul stratificat necheratinizat se continuă cu o piele modificată, pigmentată, lipsită de glande și de fire de păr. Epiteliul stratificat se cheratinizează treptat și corionul ia caracterele dermului.

## GLANDELE ANEXE ALE TUBULUI DIGESTIV

GLANDELE SALIVARE

Glandele salivare secretă saliva care are rol în digestia bucală. Există două categorii de glande salivare:

- glande salivare mici, fără canal excretor, cum sunt:
  - glandele palatine, pe mucoasa palatului;
  - glandele labiale, pe mucoasa buzelor;
  - glandele bucale, pe mucoasa obrajilor;
  - glandele linguale, pe mucoasa limbii.
- glande salivare mari, situate în afara cavității bucale; sunt perechi și își varsă produsul lor de secreție în cavitatea bucală, prin intermediul unor canale excretoare. Acestea sunt glandele parotide, submandibulare și sublinguale.

**Glanda parotidă** este cea mai voluminoasă glandă salivară. Se găsește sub conductul auditiv extern (de unde și numele: *para* = lângă; *otis* = ureche) și înapoia ramurii mandibulei. Cântărește 20-30 g. Glanda parotidă este situată în loja parotidiană. Glanda este străbătută de ramurile nervului facial, de artera carotidă externă și de vena jugulară externă. Produsul de secreție se varsă prin canalul lui Stenon, în vestibulul superior, în dreptul molarului II. Lungimea canalului este de 5 cm, iar diametrul măsoară 4-5 mm, având aspectul unei vene goale.

Glanda parotidă este o glandă tubuloacinoasă de tip seros. În constituția sa intră acini secretori și un sistem de canale excretoare. Acinii secretă un lichid clar, care nu conține mucus.

Arterele provin din carotida externă și dintr-o ramură a ei, artera temporală superficială. Sângele venos este colectat de vena jugulară externă. Limfaticele ajung în ganglionii parotidieni, iar de aici în ganglionii cervicali.

Glanda are o dublă inervație: simpatică și parasimpatică. Inervația secretorie este parasimpatică, reprezentată de fibre parasimpatice preganglionare plecate din nucleul salivator inferior, prin nervul glosofaringian. Aceste fibre fac sinapsa în ganglionul otic cu fibrele postganglionare, care ajung la glanda parotidă, determinându-i secreția.

**Glanda submandibulară** este intermediară, ca mărime, între glanda parotidă și glanda sublinguală. Cântărește 7-8 g. Se găsește sub planșeul bucal, pe fața internă a corpului mandibulei, ocupând loja submandibulară.

De pe faţa profundă a glandei pleacă canalul Wharton, care are o lungime de 5 cm şi se deschide în caruncula sublinguală. Glanda submandibulară este tubuloacinoasă seromucoasă. Secreţia ei este seromucoasă, intermediară între cea a parotidei şi sublingualei. Este vascularizată de artera facială care trece pe la polul superior al glandei. Sângele venos este colectat de vena facială. Limfaticele se strâng în ganglionii submandibulari, care drenează în final în ganglionii cervicali. Glanda are o dublă inervaţie: simpatică şi parasimpatică. Inervaţia secretorie este parasimpatică, reprezentată de fibrele parasimpatice preganglionare care provin din nucleul salivator superior. Aceste fibre pătrund în nervul facial şi fac sinapsa, în ganglionul submandibular, cu fibrele postganglionare care ajung la glandă.

**Glanda sublinguală** este cea mai mică (3-5 g) dintre glandele salivare mari şi se află deasupra diafragmei bucale. În structura glandei distingem o porţiune principală şi 10-20 lobuli accesori. Loja glandei sublinguale este delimitată superior de mucoasa regiunii sublinguale, inferior de muşchiul milohioidian, lateral de corpul mandibulei, iar medial de muşchii limbii.

Glanda are un canal excretor principal, canalul Bartholin, şi mai multe canale accesorii (canalele Rivinius). Canalul Bartholin se deschide în caruncula sublinguală. Canalele Rivinius se deschid fie în canalul Bartholin, fie direct în caruncula sublinguală sau chiar la nivelul mucoasei sublinguale.

Din punct de vedere structural, este o glandă tubuloacinoasă seromucoasă, în care predomină componenta mucoasă. Produce o salivă opalescentă, mucoasă.

Glanda sublinguală este vascularizată de ramuri din artera lingvală. Sângele venos ajunge în vena lingvală. Limfaticele drenează în ganglionii submandibulari şi, de la acest nivel, în ganglionii cervicali.

Inervaţia glandei sublinguale este asemănătoare inervaţiei glandei submandibulare.

## FICATUL

Este cea mai mare glandă anexă a tubului digestiv. Este situat în etajul supramezocolic, în partea dreaptă, sub diafragmă, deasupra colonului transvers şi a mezocolonului, la dreapta stomacului. Are o consistenţă fermă şi o culoare brună. La cadavru cântăreşte 1500 g, iar la individul viu se adaugă încă 800-1000 g cât cântăreşte sângele depozitat în ficat. Are forma unui ovoid tăiat oblic, având 28 cm în sens transversal şi 16 cm în sens antero-posterior. Ficatul are o faţă superioară, una inferioară, o margine inferioară şi o margine posterioară, mai lată.

Faţa superioară (diafragmatică) este divizată în doi lobi (stâng şi drept) prin ligamentul falciform, întins de la faţa superioară a ficatului la diafragmă (fig. 106). Lobul stâng e mai mic decât cel drept. Prin intermediul diafragmei, faţa superioară vine în raport cu inima, învelită de pericard, şi cu bazele celor doi plămâni, tapetate de pleură.

Faţa inferioară (viscerală) (fig. 107) este parcursă de trei şanţuri, dintre care două sunt sagitale (longitudinale), iar al treilea transvers. Şanţul transvers reprezintă hilul ficatului, locul de intrare şi ieşire al elementelor pediculului hepatic (intră artera hepatică, vena portă, nervii hepatici, ies limfaticele şi căile biliare). Şanţul sagital (longitudinal) stâng conţine, în segmentul anterior, ligamentul rotund provenit prin obliterarea venei ombilicale, iar în segmentul posterior cordonul fibros Arantius, provenit din obliterarea ductului venos Arantius (care la făt face legătura între vena ombilicală şi vena cavă inferioară).

Şanţul sagital (longitudinal) drept prezintă, în segmentul anterior, fosa cistică în care se găseşte vezica biliară, iar în segmentul posterior vena cavă inferioară.



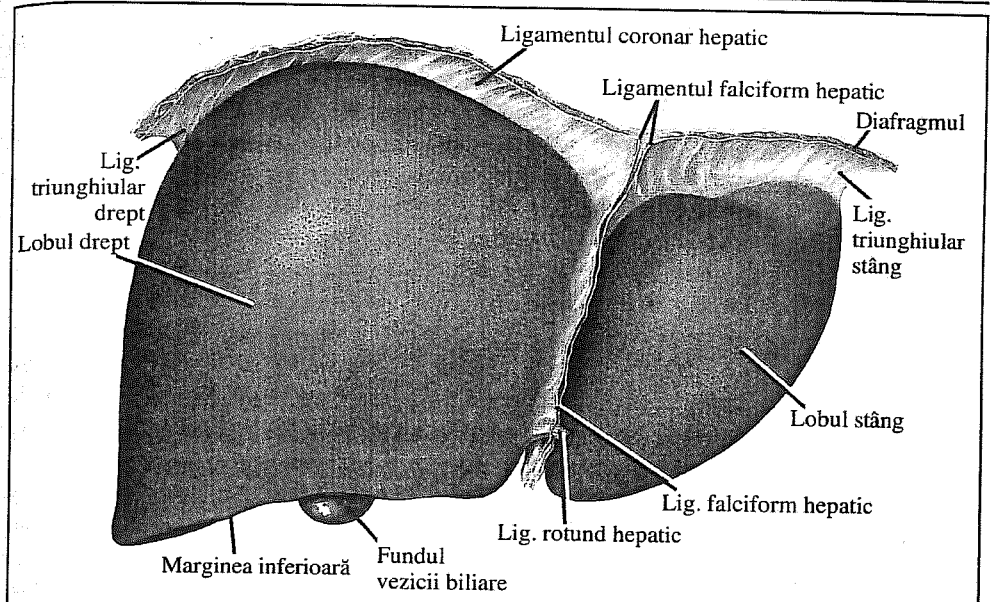



**Fig. 106. Ficatul, vedere anterioară (faţa diafragmatică)**

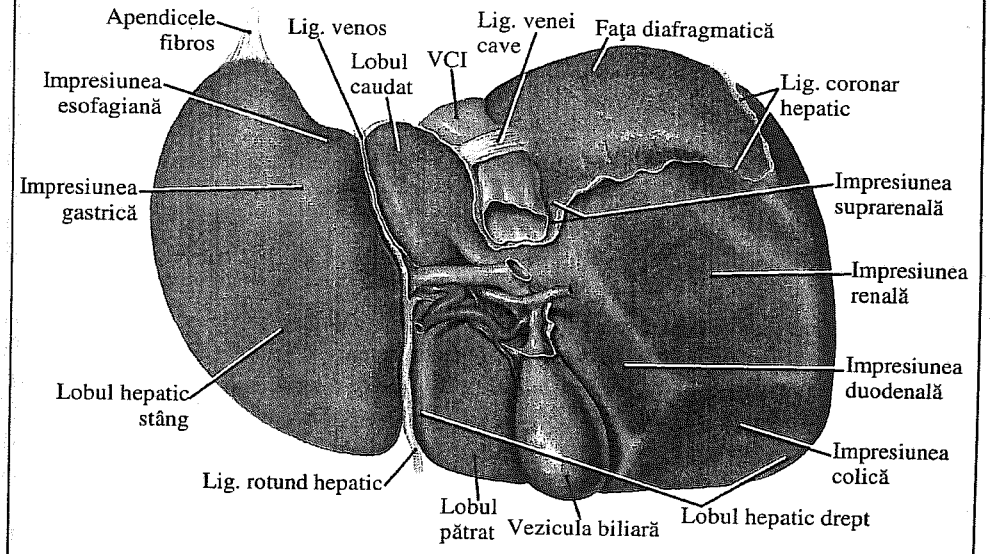



**Fig. 107. Ficatul, vedere posterioară (faţa viscerală)**

Cele trei şanţuri împart faţa viscerală a ficatului în patru lobi:

- lobul stâng prezintă impresiunea gastrică (mare), iar înapoia acesteia impresiunea esofagiană (mică);
- lobul drept vine în raport cu o serie de organe care lasă mai multe impresiuni şi anume: impresiunea colică, lăsată de unghiul drept al colonului, impresiunea duodenală, lăsată de flexura superioară a duodenului, impresiunea suprarenală (glanda suprarenală dreaptă) şi impresiunea renală (rinichiul drept);
- lobul pătrat, situat anterior de hil, prezintă impresiunea pilorică;
- lobul caudat, situat posterior de hil, prezintă două procese: unul spre stânga, numit procesul papilar, şi altul spre dreapta, procesul caudat.

Marginea inferioară este ascuţită. Prezintă două incizuri, una la stânga, incizura ligamentului rotund, cea de-a doua la dreapta, incizura cistică, ocupată de fundul vezicii biliare. Marginea posterioară aparţine feţei superioare a ficatului. Pe ea se află aria nudă a ficatului (pars afixa), care este lipsită de peritoneu şi aderă intim la diafragmă prin tracturi conjunctive. Ea corespunde vertebrelor $T_{12}$ - $T_{11}$.

**Structura ficatului**. La exterior, ficatul este acoperit de peritoneul visceral. De pe faţa superioară a ficatului, peritoneul se răsfrânge pe diafragmă, formându-se astfel ligamentul falciform. De pe faţa inferioară se răsfrânge pe stomac, formându-se micul epiploon (ligamentul gastro-duodeno-hepatic). Peritoneul de pe faţa superioară şi inferioară a ficatului se răsfrânge pe peretele posterior al cavităţii abdominale, formându-se astfel ligamentul coronar. La cele două extremităţi (stângă şi dreaptă), cele două foiţe ale liga-mentului coronar se apropie una de cealaltă, formând ligamentele triunghiulare stâng şi drept, care ajung la diafragmă.

Sub peritoneul visceral se află capsula fibroasă a ficatului (capsula Glisson). De pe faţa ei profundă pleacă septuri conjunctivo-vasculare, care pătrund în parenchimul hepatic. Între aceste septuri se delimitează lobulii hepatici, care sunt unităţi anatomice şi funcţionale ale ficatului. Lobulii sunt vizibili cu ochiul liber şi se prezintă ca nişte granulaţii de mărimea unui bob de mei. Priviţi în spaţiu, au formă de piramidă cu 5-6 laturi.

La întânirea a trei lobuli există spaţiul portal, care conţine o arteră perilobulară (ramură a arterei hepatice), o venă perilobulară (ramură din vena portă), un canalicul biliar perilobular şi vase limfatice, toate învelite într-o stromă conjunctivă dependentă de capsula fibroasă a ficatului. Lobulul hepatic este format din celule hepatice (hepatocite), din capilare sinusoide care provin din capilarizarea venei perilobulare, din vena centrolobulară spre care converg sinusoidele şi din canaliculele biliare intralobulare.

Celulele hepatice sunt dispuse în spaţiu sub forma unor plăci sau lame, formate dintr-un singur rând de celule. Între lame se delimitează spaţii în care se găsesc capilare sinusoide. În grosimea unei lame, între hepatocitele adiacente se formează canalicule biliare intralobulare. Celulele hepatice, hepatocitele, sunt relativ mari, de formă poliedrică şi apar pe secţiune sub aspect poligonal. Fiecare hepatocit vine în contact cu capilarele sinusoidale (polul vascular) şi cu canaliculul biliar intralobular (polul biliar). Celula hepatică poate să-şi verse secreţia fie în canaliculele biliare (secreţia exocrină), fie în sinusoide (secreţia endocrină).

Canaliculele biliare intralobulare nu au pereţi proprii, pereţii lor fiind reprezentaţi de însăşi celulele hepatice. Spre periferia lobului capătă pereţi proprii şi iau numele de colangiolă (canalicule Hering). Acestea converg către canaliculele biliare perilobulare din spaţiul portal, care, la rândul lor, se deschid în canaliculele biliare interlobulare. Între pereţii capilarelor



sinusoide şi lamelele celulare hepatice există spaţii înguste, numite spaţiile Disse, cu valoare de capilare limfatice.

Vena perilobulară de la nivelul spaţiului portal pătrunde în lobulul hepatic şi formează sinusoidul hepatic. În capilarele sinusoide se remarcă prezenţa unor celule stelate, celulele litorale Kupffer, care aparţin sistemului reticulo-endotelial. Înainte de a forma sinusoidul, ramura perilobulară a venei porte prezintă un sfincter muscular, numit sfincter de intrare. Sinusoidele converg spre vena centrolobulară, situată în centrul lobului.

Înainte de a se deschide în vena centrolobulară, sinusoidul este prevăzut cu un sfincter de ieşire. Ramura perilobulară a arterei hepatice, după ce dă ramuri care vascularizează elementele spaţiului portal, pătrunde şi ea în lobul şi se îndreaptă spre sinusoidul hepatic, în care se termină. La locul de pătrundere în sinusoid există un sfincter muscular arteriolar. Sinusoidele lobului hepatic reprezintă, deci, locul de joncţiune al sângelui arterial, adus de artera hepatică, cu sângele portal, adus de vena portă. În ceea ce priveşte rolul sfincterelor menţionate, ele realizează, pe de o parte, un sistem de a regla fluxul sangvin la nivelul ficatului, iar pe de alta de a egaliza presiunea sângelui, mai mare în sângele arterial şi mai mică în sângele portal, necesară amestecului de sânge arterial cu cel portal.

Venele centrolobulare părăsesc lobulul pe la baza lor şi devin vene sublobulare (colectoare). Ele se unesc şi formează venele hepatice (2-3), care sunt tributare venei cave inferioare. Ele părăsesc ficatul la nivelul marginii posterioare.

**Vascularizaţia ficatului**. Ficatul are o dublă vascularizaţie: nutritivă şi funcţională.

***Vascularizaţia nutritivă*** este reprezentată de artera hepatică, ramură din trunchiul celiac, care aduce la ficat sânge încărcat cu $O_2$. Artera hepatică urcă în pedicului hepatic şi la nivelul hilului se divide într-o ramură dreaptă şi una stângă. Ramura dreaptă se împarte în două ramuri segmentare: una pentru segmentul anterior al lobului drept, alta pentru segmentul posterior al lobului drept. Ramura stângă a arterei hepatice se împarte şi ea în două ramuri segmentare, una pentru segmentul medial al lobului stâng, alta pentru segmentul lateral. Din arterele segmentare se desprind ramuri subsegmentare. Ultimele ramuri ale arterei hepatice sunt ramurile perilobulare din spaţiul portal. Ele pătrund în lobul hepatic, terminându-se în sinusoidul hepatic.

***Vascularizaţia funcţională*** este realizată de vena portă, care începe prin capilare la nivelul tubului digestiv şi sfârşeşte prin capilare la nivelul ficatului. Vena portă se formează înapoia colului pancreasului, din unirea venelor mezenterică superioară, splenică şi mezenterică inferioară. Vena portă aduce la ficat sânge încărcat cu substanţe rezultate în urma absorbţiei intestinale. Ea urcă în pedicului hepatic şi, ajunsă în hilul ficatului, se împarte, ca şi artera hepatică, într-o ramură dreaptă şi o ramură stângă. Ramura dreaptă se împarte în două ramuri segmentare: una pentru segmentul anterior, o a doua pentru segmen-tul posterior. Ramura stângă se împarte în două ramuri segmentare: una pentru segmentul medial, alta pentru segmentul lateral al lobului stâng. Ramurile segmentare dau, la rândul lor, ramuri subsegmentare. Ultimele ramificaţii ale venei porte sunt ramurile perilobulare de la nivelul spaţiului portal. Acestea pătrund în lobul ficatului, unde se capilarizează formând sinusoidele hepatice. Sângele venos al ficatului este colectat de 2-3 vene hepatice care ajung în vena cavă inferioară.

Limfaticele ficatului ajung în ganglionii din hilul ficatului (ganglionii hilari) şi de aici în ganglionii celiaci. Inervaţia ficatului este asigurată de plexul hepatic format din fibre simpatice şi parasimpatice. Plexul hepatic se desprinde din plexul celiac.

**Căile biliare.** Sunt conducte prin care bila, secretată continuu de celulele hepatice, ajunge în duoden numai atunci când ajung aici produşii digestiei gastrice. Căile biliare prezintă două părţi: una intrahepatică, alta extrahepatică.

***Căile biliare intrahepatice*** sunt canaliculele biliare intralobulare, colangiolele (canalicule Hering), canaliculele perilobulare şi interlobulare. Acestea din urmă formează două canale hepatice: stâng şi drept.

***Căile biliare extrahepatice*** cuprind un canal principal (canalul hepatocoledoc) şi un aparat diverticular (format din vezica biliară şi canalul cistic).

Canalul hepatic comun se formează din unirea, la nivelul hilului, a celor două ca-nale hepatice, stâng şi drept. Face parte din elementele pediculului hepatic. Are o lungime de 4-5 cm şi un calibru de 5 mm. De la originea sa, coboară spre stânga şi înapoi, fiind situat, cu celelalte elemente ale pediculului hepatic, între cele două foiţe ale epiploonului mic.

Canalul coledoc ţine de la locul unde, în canalul hepatic comun, se deschide canalul cistic şi până la papila mare de la nivelul duodenului II. În traiectul său descrie un arc cu concavitatea spre dreapta. Trece iniţial înapoia porţiunii superioare a duodenului, apoi pe dinapoia porţiunii superioare a duodenului şi a capului pancreasului şi, în final, străbate peretele porţiunii descendente a duodenului, în care se deschide. Are o lungime de 5-6 cm şi un calibru de 5-6 mm. Se deschide împreună cu canalul principal al pancreasului în ampula hepato-pancreatică (Vater), care proemină în duodenul II sub forma papilei mari. La nivelul ampulei hepato-pancreatice se află un sfincter muscular, sfincterul Oddi.

Canalul cistic leagă calea biliară principală cu vezica biliară. El urcă spre vezica biliară, având o lungime de 3 cm şi un calibru de 4 mm. Canalul cistic are rolul de a conduce bila în perioadele interdigestive spre vezica biliară.

Vezica biliară (colecistul) este un rezervor în care se depozitează bila în perioadele interdigestive şi se concentrează prin absorbţia de apă şi secreţia de mucină de către epiteliul vezicii biliare. Vezica biliară este situată pe faţa viscerală a ficatului, ocupând segmentul anterior al şanţului sagital drept.

Vezica biliară are formă de pară, cu lungimea de 8-10 cm şi lăţimea de 4 cm. Capacitatea ei este de 50-60 $cm^3$. Prezintă un fund, un corp şi un col. Fundul vezicii reprezintă extremitatea anterioară a vezicii şi depăşeşte marginea inferioară a ficatului. Corpul vezicii, a cărui faţă inferioară este acoperită de peritoneu, vine în raport superior cu ficatul, iar inferior cu colonul transvers. Uneori, vezica este învelită în întregime de peritoneu, care-i formează un mezou, mezocist, ce o leagă de faţa viscerală a ficatului. În acest caz este mobilă. Colul vezicii se continuă cu canalul cistic.

## PANCREASUL

Este o glandă voluminoasă, anexată tubului digestiv, având atât o funcţie exocrină, cât şi una endocrină. Anterior este acoperit de peritoneu, fiind situat pe peretele profund al cavităţii abdominale. Forma pancreasului este de ciocan, de "J" culcat sau de cârlig (fig. 108). Pancreasul este situat anterior de vertebrele $T_{12}$, $L_1$ şi $L_2$, prezentând la acest nivel o concavitate care priveşte spre coloana vertebrală. Are greutatea de 80-100 g, lungime de 15-20 cm şi grosime de 2 cm. Pancreasul este un organ friabil, rupându-se uşor. I se descriu pancreasului un cap, un col, un corp şi o coadă.

Capul pancreasului este porţiunea lăţită a glandei, înconjurat de duoden. În partea inferioară prezintă procesul uncinat, pe dinaintea căruia trec artera şi vena mezenterică superioară. Posterior de capul pancreasului trece canalul coledoc, iar anterior trec colonul transvers



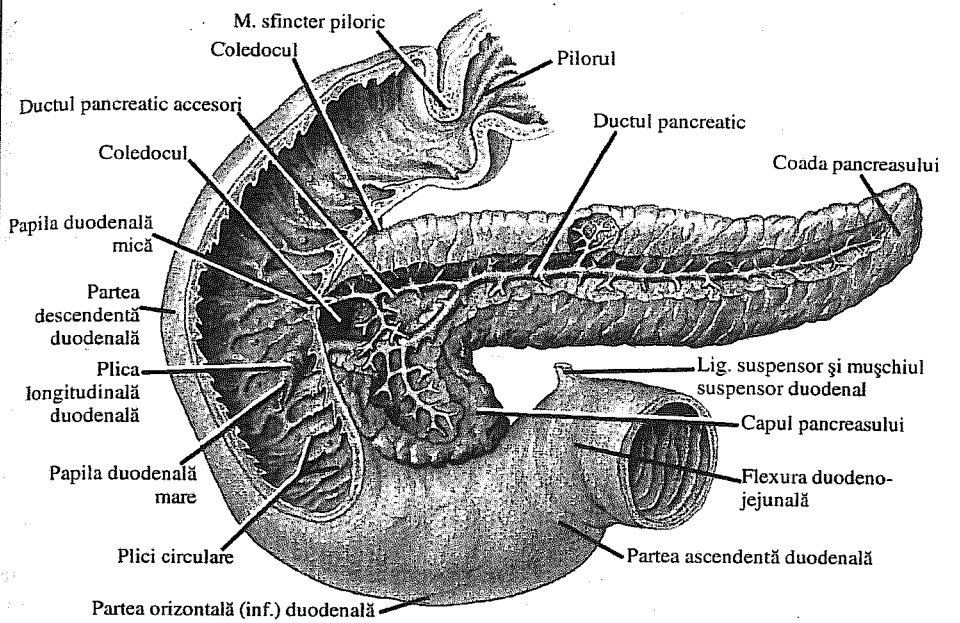



**Fig. 108. Schema duodenului şi pancreasului**

şi mezocolonul, fapt pentru care capul pancreasului prezintă un segment supra-mezocolic şi altul inframezocolic. Circumferinţa capului este în raport cu doudenul. Raportul posterior al capului pancreasului cu canalul coledoc explică apariţia icterului mecanic în tumori ale capului pancreasului. Colul pancreasului are raport posterior cu originea venei porte, dar şi cu vena cavă inferioară.

Corpul pancreasului are, pe secţiune, aspect triunghiular, prezentând trei feţe: faţa anterioară, care vine în raport cu faţa posterioară a stomacului, faţa posterioară cu aorta, rinichiul stâng, glanda suprarenală stângă, artera şi vena splenică, iar faţa inferioară, cu colonul transvers şi cu ansele intestinale.

Coada pancreasului se îndreaptă spre splină, de care este legată prin ligamentul splenopancreatic.

**Structura pancreasului.** La periferie, pancreasul este acoperit de o capsulă conjunctivă subţire, de la care pleacă, în interior, septuri conjunctivo-vasculare care separă lobulii pancreatici între ei.

Pancreasul exocrin, care reprezintă masa principală a glandei, este format din acini asemănători cu ai glandelor salivare (de unde şi numele de glandă salivară a abdomenului). De la acini pleacă ducte colectoare interlobulare şi interlobare care, prin confluare, formează ductele principal (Wirsung) şi accesor (Santorini). Ductul principal Wirsung străbate pancreasul de la coadă la cap şi se deschide, împreună cu canalul coledoc, în ampula hepato-pancreatică (Vater).

Ductul pancreatic accesor Santorini ia naştere din ductul principal, la nivelul capului pancreasului, şi se deschide în duodenul II, la nivelul papilei mici.

Pancreasul endocrin este reprezentat de insulele Langerhans, care sunt răspândite difuz în ţesutul exocrin. Constituie 1-3% din volumul glandei şi sunt mai numeroase în coada pancreasului. Insulele Langerhans sunt formate din cordoane celulare, înconjurate de sinusoide. În structura cordoanelor celulare se descriu celule α, care secretă glucagonul, şi celulele β, care secretă insulina. Celulele β sunt mai numeroase (80% din totalul celulelor endocrine).

Arterele pancreasului provin din artera hepatică, din artera splenică şi din artera mezenterică superioară. Arterele pancreatice provenite din artera hepatică şi artera mezenterică superioară irigă capul pancreasului, în timp ce corpul şi coada primesc sânge prin arterele pancreatice provenite din artera splenică. Venele pancreasului ajung în vena splenică şi mezenterică superioară (deci, în final, în vena portă).

Inervaţia pancreasului provine din plexul celiac. Limfaticele ajung în ganglionii pancreatico-splenici şi apoi în ganglionii celiaci.

# FIZIOLOGIA APARATULUI DIGESTIV

Tractul gastro-intestinal asigură aportul continuu de apă, electroliţi şi substanţe nutritive necesare organismului. În vederea realizării acestor funcţii, este necesară: 1. deplasarea alimentelor prin tractul alimentar; 2. secreţia sucurilor digestive şi digestia alimentelor; 3. absorbţia produşilor de digestie, a apei şi a electroliţilor; 4. circulaţia sângelui prin segmentele tubului digestiv în vederea transportului substanţelor absorbite; 5. controlul acestor funcţii prin intermediul sistemului nervos şi endocrin.

Majoritatea substanţelor întâlnite în alimente au o structură chimică complexă, diferită de cea a constituienţilor organismului, şi nu pot fi preluate ca atare din natură. Ele suferă, în prealabil, transformări mecanice, fizice şi chimice. Totalitatea acestora reprezintă digestia alimentelor. Prin digestie, principiile alimentare sunt descompuse în molecule simple, fără specificitate biologică, iar acestea pot fi absorbite la nivelul mucoasei intestinale.

În tubul digestiv există enzime specifice pentru fiecare tip de substanţă organică. Astfel, proteinele suferă acţiunea enzimelor proteolitice (proteaze), care le desfac până la aminoacizi. Glucidele cu moleculă mare sunt scindate de către enzimele amilolitice (glicolitice) până la stadiul de glucide simple. Lipidele sunt hidrolizate de către enzimele lipolitice (lipaze).

## DIGESTIA BUCALĂ

La nivelul cavităţii bucale, cât şi al altor organe digestive, există o activitate motorie şi una secretorie. Activitatea motorie a cavităţii bucale constă din masticaţie şi timpul bucal al deglutiţiei.

**Masticaţia** este un act reflex involuntar, ce se poate desfăşura şi sub control voluntar. Organele masticaţiei sunt oasele maxilare, mandibulare şi dinţii (organe pasive), precum şi muşchii masticatori ai limbii şi ai obrajilor (organe active). Prin masticaţie, alimentele introduse în cavitatea bucală sunt tăiate şi transformate în fragmente mai mici.



***Reflexul masticator*** este coordonat de centrii nervoşi din trunchiul cerebral, care determină mişcările de ridicare şi coborâre ale mandibulei. La deschiderea gurii, receptorii de întindere din muşchii mandibulei iniţiază contracţia reflexă a muşchilor maseter, pterigoid medial şi temporal, determinând închiderea cavităţii bucale. La închiderea gurii, alimentele, în contact cu receptorii bucali, determină contracţia reflexă a muşchilor digastric şi pterigoid lateral, ceea ce duce la deschiderea cavităţii bucale. La coborârea mandibulei, stimularea receptorilor de întindere face ca întreg ciclul să se reia. Un rol special are limba, prin a cărei contracţie, relaxare şi deplasare neîntreruptă alimentele sunt îndreptate spre suprafeţele masticatorii ale dinţilor. Musculatura obrajilor contribuie şi ea la realizarea actului masticaţiei, mecanic şi estetic.

***Rolurile masticaţiei***: 1. Fragmentarea alimentelor, ceea ce determină: a. facilitarea deglutiţiei; b. creşterea suprafeţei de contact dintre alimente şi enzimele digestive. 2. Amestecarea alimentelor cu produsul de secreţie al glandelor salivare, ce are ca rezultate: a. iniţierea procesului de digestie a amidonului sub acţiunea amilazei salivare; b. iniţierea procesului de digestie a lipidelor sub acţiunea lipazei linguale; c. lubrifierea şi înmuierea bolului alimentar. 3. Asigurarea contactului cu receptorii gustativi şi eliberarea substanţelor odorante care vor stimula receptorii olfactivi, această stimulare iniţiind secreţia gastrică.

Activitatea secretorie a cavităţii bucale se datorează glandelor salivare.

**Saliva** este secretată, în principal, de trei perechi de glande salivare: parotide (localizate lângă unghiul mandibulei; sunt cele mai mari şi produc o secreţie apoasă), sublinguale şi submandibulare (ultimele două secretă o salivă ce conţine o cantitate mai mare de proteine, deci secreţia va fi mai vâscoasă). Glande mai mici există, practic, în toată cavitatea bucală; cele linguale secretă lipaza lingual㠹.

***Compoziţia salivei.*** Zilnic se secretă 800-1500 ml salivă, soluţie apoasă ce conţine electroliţi şi proteine. Concentraţia electroliţilor şi osmolalitatea variază cu debitul secreţiei, dar, în general, comparativ cu plasma, saliva este hipotonică; conţine concentraţii mai mari de $K^+$ şi $HCO_3^-$ şi mai mici de $Na^+$ şi $Cl^-$. În salivă se găsesc două tipuri de proteine: 1. enzime: a amilaza salivară (ptialina) şi lipaza lingual㠹; 2. mucina, glicoproteină ce lubrifiază alimentele. Saliva mai conţine substanţe bactericide (lizozim) şi unii produşi de catabolism (uree, acid uric); reprezintă şi o cale de eliminare din organism a unor virusuri.

***Controlul secreţiei salivare.*** Este în totalitate realizat prin reflexe ale sistemului nervos vegetativ. Activitatea parasimpatică stimulează celulele glandelor salivare să secrete o cantitate mare de salivă apoasă, cu conţinut mare de electroliţi şi redus de proteine. Activitatea simpatică stimulează glandele salivare să secrete un volum mic de salivă, ce conţine mucus în cantitate mare. Reflexele salivare sunt declanşate de gândul la alimente, mirosul sau gustul lor. Metabolismul glandelor salivare şi creşterea secreţiilor lor sunt stimulate atunci când activitatea sistemului nervos vegetativ este crescută. Secreţia salivară este influenţată de activitatea unor hormoni: ADH, aldosteron.

***Funcţiile salivei***: 1. Protecţia mucoasei bucale prin: răcirea alimentelor fierbinţi, diluarea eventualului HCl sau bilei ce ar regurgita în cavitatea bucală, îndepărtarea unor bacterii. 2. Digestiv: saliva începe procesul de digestie al amidonului şi al lipidelor. α amilaza produce digestia chimică a amidonului preparat; astfel, în prezenţa ionilor de clor şi a apei, amidonul este hidrolizat în trepte până la stadiul de maltoză. Această enzimă va fi inactivată de pH-ul intragastric scăzut. Lipaza lingual㠹 începe degradarea lipidelor, acţionând atunci când acestea se găsesc în cavitatea bucală, stomac şi porţiunilor superioare ale intestinului subţire. 3. Lubrifierea alimentelor uşurează deglutiţia; umectarea mucoasei bucale favorizează vorbirea.

4. Excreţia unor substanţe endogene şi exogene. 5. Elaborarea senzaţiei gustative prin dizolvarea substanţelor cu gust specific şi suprafaţă receptivă a analizatorului gustativ.

Ca urmare a transformărilor din cavitatea bucală, alimentele sunt omogenizate, imbibate cu mucus şi formează bolul alimentar.

**Deglutiţia** cuprinde totalitatea activităţilor motorii ce asigură transportul bolului alimentar din cavitatea bucală în stomac. Este un act reflex ce se desfăşoară în trei timpi.

***Timpul bucal*** (voluntar). În momentul în care alimentele sunt gata pentru a fi înghiţite, ele sunt în mod voluntar împinse în faringe datorită presiunii pe care o exercită limba prin mişcarea ei în sus şi posterior asupra palatului moale. De acum încolo, procesul deglutiţiei devine în întregime, sau aproape, un act automat şi, în mod obişnuit nu mai poate fi oprit.

***Timpul faringian***. La intrarea în faringe sunt stimulate ariile receptoare de la acest nivel. Impulsurile de la acest nivel ajung la trunchiul cerebral şi iniţiază o serie de contracţii faringiene musculare automate, după cum urmează: a. Palatul moale este împins în sus, închizând coanele. b. Plicile palato-faringiene de pe fiecare parte a faringelui sunt trase medial, apropiindu-se unele de celelalte, formând o deschizătură sagitală prin care alimentele trec în faringele posterior. c. Corzile vocale sunt puternic apropiate, iar laringele este împins în sus şi anterior de către muşchii gâtului. Această acţiune, combinată cu prezenţa ligamentelor ce previn deplasarea în sus a epiglotei, determină deplasarea posterioară a epiglotei peste orificiul laringian. Ambele efecte previn pătrunderea alimentelor în trahee. d. Deplasarea superioară a laringelui măreşte deschiderea esofagului. În acelaşi timp, cei 3-4 cm ai peretelui muscular al esofagului posterior (sfincter esofagian superior sau sfincter faringo-esofagian) se relaxează, permiţând astfel alimentelor să se deplaseze liber din faringele posterior în esofagul superior. e. Concomitent cu ridicarea laringelui şi relaxarea sfincterului faringo-esofagian are loc contracţia întregului perete muscular faringian, începând cu porţiunea superioară a faringelui, contracţie ce se propagă în jos ca o undă peristaltică rapidă, ce antrenează succesiv muşchii faringieni mijlocii şi inferiori, şi, în continuare, esofagul, propulsând astfel alimentele în esofag. Întreg procesul durează 1-2 secunde. Etapele succesive ale deglutiţiei sunt controlate automat, în ordine, de către arii neuronale distribuite în substanţa reticulată bulbară şi porţiunea inferioară a punţii. Aceste arii formează împreună centrul deglutiţiei. Centrul deglutiţiei inhibă specific centrul respirator bulbar pe durata deglutiţiei, oprind respiraţia în orice punct al ciclului respirator, permiţând desfăşurarea deglutiţiei.

***Timpul esofagian***. Esofagul are, în principal, rolul de a transporta alimentele din faringe în stomac, iar mişcările lui sunt organizate specific în vederea acestei funcţii. În mod normal, esofagul prezintă două tipuri de mişcări peristaltice: peristaltism primar şi peristaltism secundar. Peristaltismul primar este declanşat de deglutiţie şi începe când alimentele trec din faringe în esofag; este coordonat vagal. Peristaltismul secundar se datorează prezenţei alimentelor în esofag şi continuă până când alimentele sunt propulsate în stomac; este coordonat de sistemul nervos enteric al esofagului.

**Relaxarea receptivă a stomacului**. Pe măsură ce unda peristaltică se deplasează spre stomac, o undă de relaxare, transmisă prin neuroni mienterici inhibitori, precede contracţia. Întreg stomacul şi, într-o măsură mai mică, chiar şi duodenul se relaxează când această undă ajunge la nivelul esofagului inferior, pregătind astfel cavităţile respective pentru primirea alimentelor.



**Sfincterul esofagian inferior (gastro-esofagian)**. La capătul terminal al esofagului, pe o porţiune de 2-5 cm deasupra joncţiunii cu stomacul, musculatura circulară esofagiană este îngroşată, funcţionând ca un sfincter. Acest sfincter prezintă o contracţie tonică şi este relaxat prin relaxarea receptivă. Contracţia acestui sfincter contribuie la prevenirea unui reflux gastro-esofagian.

## DIGESTIA GASTRICĂ

În stomac, alimentele suferă consecinţa activităţilor motorii şi secretorii ale acestuia, care produc transformarea bolului alimentar într-o pastă omogenă, numită chim gastric.

Activitatea motorie a stomacului (motilitatea gastrică) realizează trei funcţii de bază: 1. stocarea alimentelor ca urmare a relaxării receptive; 2. amestecul alimentelor cu secreţiile gastrice; 3. evacuarea conţinutului gastric în duoden.

**Relaxarea receptivă**. Când alimentele trec din esofag în stomac, activitatea fundusului gastric este inhibată, permiţând depozitarea a 1-2 l de conţinut. Acest proces are la bază reflexe vagovagale.

**Peristaltismul**. Contracţiile peristaltice, iniţiate la graniţa dintre fundusul şi corpul gastric, se deplasează caudal, determinând propulsia alimentelor către pilor, şi sunt produse prin modificări periodice ale potenţialului membranei fibrelor musculare netede longitudinale; se numesc unde lente sau ritm electric de bază. Aceste unde sunt responsabile de frecvenţa şi forţa contracţiilor gastrice. Forţa contracţiilor peristaltice este crescută de acetilocolină şi gastrină.

**Retropulsia**. Cuprinde mişcările de du-te-vino ale chimului, determinate de propulsia puternică a conţinutului gastric către sfincterul piloric închis. Are rol important în amestecul alimentelor cu secreţiile gastrice.

**Evacuarea** conţinutului gastric apare atunci când particulele chimului sunt suficient de mici pentru a străbate sfincterul piloric. De fiecare dată când chimul este împins spre sfincterul piloric, 2-7 ml chim trec în duoden. Lichidele trec mai repede decât solidele, proporţional cu presiunea intragastrică.

Reglarea evacuării conţinutului gastric în duoden se face prin: 1. Reflexe locale: a. excitatorii, declanşate de expansiunea antrului piloric; b. inhibitorii, enterogastrice, care încetinesc golirea gastrică astfel încât cantitatea de chim ce ajunge în duoden să nu depăşească posibilităţile acestuia de prelucrare; sunt declanşate de la nivel duodenal de mai multe categorii de stimuli (creşterea osmolarităţii, scăderea pH-ului, prezenţa unor produşi ai digestiei proteice şi lipidice, distensia peretelui duodenal). 2. Acţiunea unor hormoni eliberaţi din stomac şi intestinul subţire (de exemplu, gastrina, cu efect stimulator, colecistokinina şi secretina, cu efecte inhibitorii).

**Complexul motor migrator** este o undă peristaltică ce începe în esofag şi parcurge întreg tractul gastro-intestinal, la fiecare 60-90 minute, în timpul perioadei interdigestive; îndepărtează resturile de alimente din stomac.

**Contracţiile de foame** apar atunci când stomacul este gol de mai multe ore. Sunt contracţii peristaltice ritmice ale corpului stomacului. Sunt foarte intense la adultul tânăr, cu tonus gastrointestinal crescut; sunt amplificate de hipoglicemie.

**Activitatea secretorie a stomacului**. Secreţiile gastrice continuă procesele digestive începute în cavitatea bucală; cantitatea secretată zilnic este de aproximativ 2 l.

**Fazele secreţiei gastrice** sunt următoarele:

1. ***Faza cefalică*** este declanşată de gândul, vederea, gustul sau mirosul mâncării. Este dependentă de integritatea fibrelor vagale ce inervează stomacul. Aproape jumătate din secreţiile gastrice care se produc în timpul unei mese sunt rezultatul stimulării vagale. Fibrele eferente vagale stimulează secreţia de HCl din celulele parietale, de gastrină din celulele G şi de pepsinogen din celulele principale.

2. ***Faza gastrică*** se declanşează la intrarea alimentelor în stomac; acest fapt determină tamponarea acidităţii gastrice, crescând pH-ul gastric, şi permite altor stimuli (de exemplu, vag, gastrină) să elibereze acid. Rata secreţiei gastrice în timpul acestei faze este mai redusă decât în timpul fazei cefalice, dar durează mai mult; astfel, cantitatea secretată în timpul celor două faze devine egală.

3. ***Faza intestinală*** începe o dată cu intrarea chimului în duoden; cantitativ, secreţia este foarte redusă în timpul acestei faze. Mecanismul dominant implică gastrina (fig. 109).

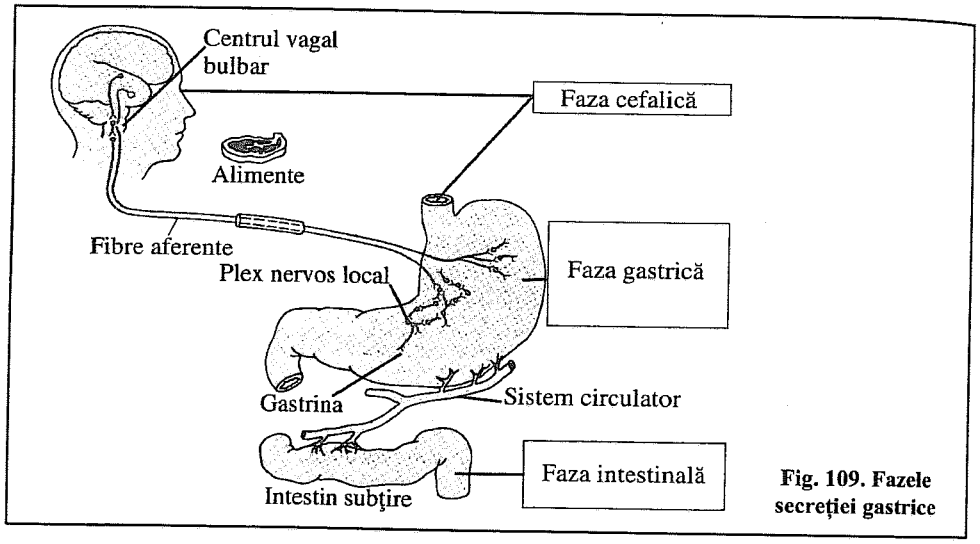



**Fig. 109. Fazele secreţiei gastrice**

**Celulele secretorii gastrice** se află la nivelul glandelor gastrice, situate în mucoasa gastrică. Există două tipuri de glande gastrice:

a. ***Oxintice***, localizate la nivelul fundului şi corpului gastric; conţin 3 tipuri de celule: parietale (oxintice) - secretă HCl şi factor intrinsec (glicoproteină necesară pentru absorbţia ileală a vitaminei B12); peptice (principale) - secretă pepsinogen, precursorul enzimei proteolitice pepsina; mucoase - secretă mucus.

b. ***Pilorice***, localizate în regiunile antrală şi pilorică. Conţin celule G (ce eliberează gastrină) şi celule mucoase.

Principalele substanţe organice din secreţiile gastrice sunt enzimele şi mucina, iar dintre cele anorganice HCl.

**Secreţia de HCl.** HCl este necesar pentru digestia proteinelor, asigurarea unui pH optim pentru acţiunea pepsinei, activarea pepsinogenului, împiedicarea proliferării intragastrice a unor bacterii patogene. Mecanismul secreţiei de HCl cuprinde un proces în trei etape. Substanţe ce stimulează secreţia de HCl sunt: acetilcolina, secretina şi gastrina. Inhibarea secreţiei se datorează somatostatinei eliberate din neuroni ai sistemului nervos enteric.



**Secreţia de pepsinogen**. Pepsina, forma activă a pepsinogenului, este o enzimă proteolitică, activă în mediu acid (pH optim 1,8-3,5), care începe procesul de digestie al proteinelor; la valori ale pH-ului mai mari de 5, activitatea sa proteolitică scade, devenind în scurt timp inactivă. Pepsinogenul este activat de contactul cu HCl sau cu pepsina anterior formată. Pepsina scindează proteinele în proteoze (albumoze), peptone şi polipeptide mari. Numai 20-30% din digestia totală a proteinelor are loc în stomac, cea mai mare parte desfăşurându-se în porţiunea proximală a intestinului subţire. Pepsina este deosebit de importantă pentru capacitatea ei de a digera colagenul, acesta fiind puţin atacat de celelalte proteinaze digestive.

**Labfermentul** este secretat numai la copilul mic, în perioada de alăptare. Rolul său este de a coagula laptele, pregătindu-l pentru digestia ulterioară. Sub acţiunea lui şi în prezenţa $Ca^{2+}$, cazeinogenul solubil se transformă în paracazeinat de calciu, insolubil.

**Lipaza gastrică** este o enzimă lipolitică cu activitate slabă (o tributirază), hidrolizând numai lipidele ingerate sub formă de emulsie, pe care le separă în acizi graşi şi glicerină.

**Gelatinaza** hidrolizează gelatina.

**Mucina** este o glicoproteină secretată de celulele mucoase; are rol în protecţia mucoasei gastrice, atât mecanic, cât şi chimic (faţă de acţiunea autodigestivă a HCl şi a pepsinei).

La nivel gastric are loc absorbţia unor substanţe, de exemplu substanţe foarte solubile în lipide, etanol, apă şi, în cantităţi extrem de mici, sodiu, potasiu, glucoză şi aminoacizi.

## DIGESTIA LA NIVELUL INTESTINULUI SUBŢIRE

**Mişcările de la nivelul intestinului subţire** sunt: contracţii de amestec şi contracţii propulsive. Totuşi, mişcările intestinului subţire determină, în proporţii diferite, atât amestec, cât şi propulsie.

***Contracţiile de amestec*** (contracţiile segmentare). Când o porţiune a intestinului subţire este destinsă de chim, întinderea pereţilor intestinali determină apariţia în lungul intestinului a unor contracţii concentrice localizate, separate prin anumite intervale. Lăţimea unui asemenea inel de contracţie este de aproximativ 1 cm, astfel încât fiecare set de contracţii determină segmentarea intestinului subţire, împărţindu-l în segmente spaţiate. Când un set de contracţii segmentare se relaxează, începe un nou set, dar aceste contracţii apar în punctele situate la jumătatea distanţei dintre contracţiile precedente. Aceste contracţii fragmentează chimul de 8-12 ori pe minut, în felul acesta determinând amestecarea progresivă a particulelor alimentare solide cu secreţiile din intestinul subţire. Frecvenţa maximă a contracţiilor segmentare ale intestinului subţire este determinată de frecvenţa undelor lente din peretele intestinal (12 pe minut în duoden şi jejun proximal, 8 - 9 în ileonul terminal).

***Mişcările de propulsie***. Chimul este propulsat la acest nivel de undele peristaltice, care apar în orice parte a intestinului subţire şi se deplasează în direcţie anală cu o viteză de 0,5-2 cm/secundă, mult mai rapid în intestinul proximal şi mai lent în intestinul terminal. Totuşi, ele sunt în mod normal foarte slabe şi de obicei se sting după ce traversează 3-5 cm, astfel încât deplasarea chimului se face cu aproximativ 1 cm/secundă, ceea ce înseamnă că timpul necesar chimului pentru a trece de la pilor până la valva ileocecală este de 3-5 ore.

Activitatea peristaltică a intestinului subţire creşte postprandial, fapt determinat parţial de începerea pătrunderii chimului în duoden, dar şi de reflexul gastroenteric care este iniţiat de distensia stomacului şi transmis în special prin plexul mienteric de la peretele stomacului la

cel al intestinului subţire. În afară de semnalele nervoase, peristaltismul intestinal este stimulat de unii hormoni (gastrina, colecistokinina, insulina şi serotonina) şi inhibat de alţii (secretină, glucagon).

Rolul valvei ileocecale este de a preveni refluxul conţinutului colonului în intestinul subţire. În plus, imediat deasupra valvei ileocecale, pe o lungime de câţiva centrimetri, peretele ileonului prezintă un strat muscular îngroşat, numit sfincter ileo-cecal. În mod normal, acesta se află într-o stare de contracţie uşoară, întârziind evacuarea conţinutului ileal în cec, exceptând perioadele imediat de după digestie, când reflexul gastroileal determină intensificarea peristaltismului în ileon. Gastrina creşte contracţile ileale şi relaxează sfincterul ileocecal. Acest mecanism determină prelungirea şederii chimului în ileon, facilitând absorbţia. Doar o cantitate de 1500 ml de chim se evacuează în cec zilnic.

**Secreţia pancreatică.** Pancresul conţine celule endocrine, exocrine şi ductale. Celulele endocrine, grupate în insule, secretă direct în circulaţia sangvină insulină, glucagon, somatostatină şi polipeptidul pancreatic. Celulele exocrine, organizate în acini, produc patru tipuri de enzime digestive: peptidaze, lipaze, amilaze şi nucleaze, care sunt răspunzătoare de digestia proteinelor, respectiv a lipidelor, glucidelor şi acizilor nucleici. În absenţa lor se dezvoltă sindroame de malabsorbţie. Celulele ductale secretă zilnic 1200 -1500 ml suc pancreatic ce conţine o cantitate mare de $HCO_3^-$; acesta neutralizează aciditatea gastrică şi reglează pH-ul în intestinul superior. Incapacitatea de a neutraliza aciditatea chimului la intrarea sa în intestin determină apariţia ulcerelor duodenale.

***Compoziţia secreţiei pancreatice***: 1. Electroliţi: Na şi K se găsesc în aceeaşi concentraţie ca şi în plasmă; $HCO_3^-$ se găseşte în cantitate mult mai mare; sucul pancreatic conţine, în cantităţi mici, şi calciu, magneziu, zinc, sulfaţi, fosfaţi. Secreţia de $HCO_3^-$ din celulele ductale se face printr-un mecanism ce implică cel puţin un transport activ. 2. Enzime: trei tipuri majore: amilaze, lipaze şi proteaze. a. α amilaza pancreatică se secretă în forma sa activă; ea hidrolizează glicogen, amidon şi alte glucide, cu excepţia celulozei, până la stadiul de dizaharide; b. lipaze (lipaza, colesterol lipaza, fosfolipaza), secretate în forma lor activă. Enzimele ce hidrolizează esteri insolubili în apă necesită prezenţa sărurilor biliare, iar cele ce hidrolizează esteri solubili în apă nu; c. proteaze (tripsina şi chimotripsina) se secretă în forma lor inactivă (tripsinogen şi chimotripsină). Tripsinogenul este transformat în tripsină de către enterochinază sau de tripsina anterior formată (autocataliză). Chimotripsinogenul este transformat în forma lui activă de către tripsină; d. inhibitorul tripsinei este secretat de aceleaşi celule şi în acelaşi timp cu proenzimele protejează pancreasul de autodigestie.

***Controlul secreţiei pancreatice***. Secreţia pancreatică cuprinde trei faze: 1. Cefalică: gândul, văzul, mirosul sau gustul alimentelor produc această fază. Vagul stimulează atât secreţia acinară, cât şi pe cea ductală. 2. Gastrică: stimulată prin distensie gastrică (efector-vagul) şi prezenţa produşilor de digestie, mai ales aminoacizi şi peptide (efector - gastrina). 3. Intestinală: stimulii majori ai secreţiei pancreatice sunt hormonii colecistokinina (stimulează secreţia pancreatică enzimatică) şi secretina (stimulează secreţia de bicarbonat), care sunt eliberaţi din celulele endocrine ale duodenului şi jejunului în timpul acestei faze, ca răspuns la intrarea chimului în intestinul subţire. Aminoacizii, acizii graşi şi monogliceridele sunt stimulii majori pentru secreţia de colecistokinină; scăderea pH-ului intestinal este stimulul pentru eliberarea secretinei. Acetilcolina potenţează efectele ambilor hormoni (fig. 110).



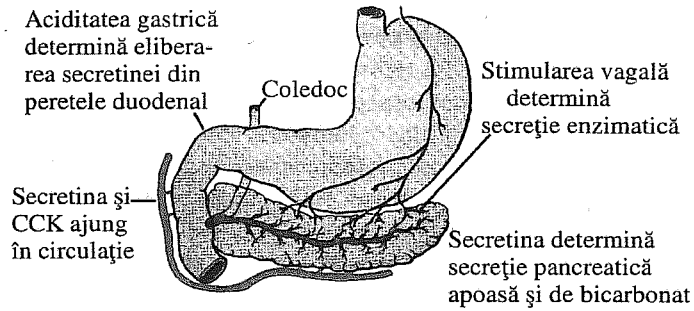



**Fig. 110. Reglarea secreţiei pancreatice**

**Secreţia biliară.** Bila este necesară pentru digestia şi absorbţia lipidelor şi pentru excreţia unor substanţe insolubile în apă cum sunt colesterolul şi bilirubina (fig. 111). Este formată de către hepatocite şi celulele ductale ce mărginesc ductele biliare, în cantitate de 250-1100 ml/zi. Este secretată continuu şi depozitată în vezica biliară în timpul perioadelor interdigestive. Se eliberează în duoden în timpul perioadelor digestive numai după ce chimul a declanşat secreţia de colecistokinină, care produce relaxarea sfincterului Oddi şi contracţia vezicii biliare.

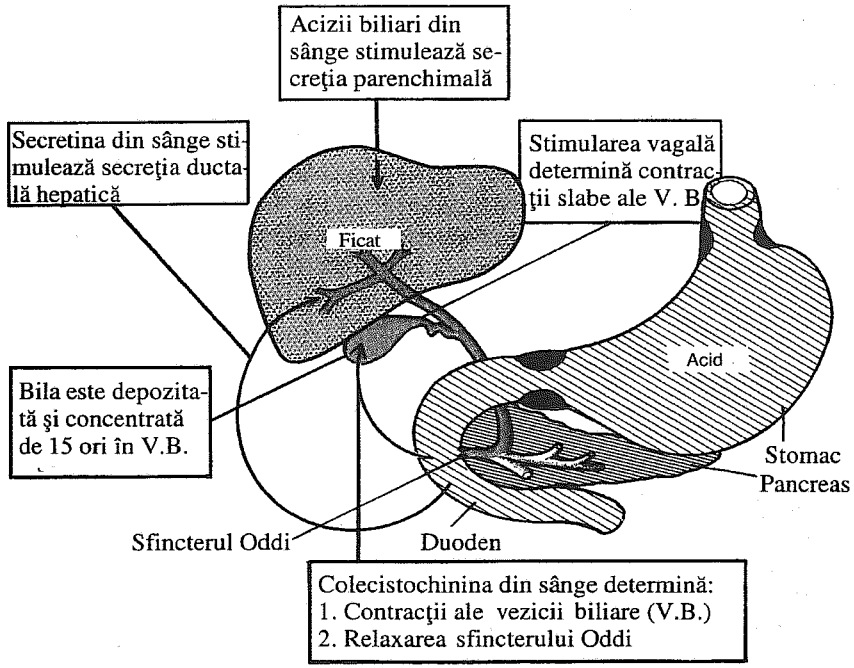



**Fig. 111. Secreţia hepatică şi golirea vezicii biliare**

***Compoziţia bilei.*** 1. Acizi biliari: a. primari - sunt sintetizaţi în hepatocite din colesterol şi conjugaţi cu taurina şi glicina, rezultând sărurile biliare secretate activ în canaliculele biliare; deoarece ele nu sunt liposolubile, rămân în intestin până ajung la nivelul ileonului unde se reabsorb activ; b. secundari - se formează din cei primari sub acţiunea bacteriilor intestinale. 2. Pigmenţi biliari: bilirubina şi biliverdina sunt metaboliţi ai hemoglobinei ce sunt conjugaţi în hepatocite şi excretaţi biliar, conferind bilei culoarea sa galbenă. 3. Fosfolipidele intră în alcătuirea miceliilor. 4. Colesterol. 5. Electroliţi.

***Circuitul enterohepatic.*** Este recircularea sărurilor biliare din intestinul subţire înapoi la ficat. Ajunse în ileonul terminal, 90-95% din sărurile biliare sunt reabsorbite activ în circulaţia portală; ficatul le extrage din sângele portal şi le secretă din nou în bilă. Sărurile biliare restante sunt excretate în materiile fecale. Astfel, sărurile biliare pot recircula de 6-8 ori zilnic. Sărurile biliare au două roluri importante la nivelul tractului gastrointestinal: 1. de detergent asupra lipidelor din alimente, a căror tensiune superficială o reduc, permiţând fragmentarea lor; 2. ajută la absorbţia din tractul intestinal a acizilor graşi, monogliceridelor, colesterolului şi a altor lipide, prin formarea cu acestea a unor complexe numite micelii. În lipsa sărurilor biliare, în intestin se pierd, prin materiile fecale, 40% din lipidele ingerate.

***Depozitarea bilei la nivelul vezicii biliare.*** În perioadele interdigestive, bila se depozitează la nivelul vezicii biliare, care are o capacitate de 20-60 ml. Datorită proceselor de reabsorbţie ce au loc la nivelul mucoasei sale, în vezica biliară poate fi concentrată de 5 până la 20 de ori, ceea ce permite stocarea unor cantităţi mari (450 ml). Vezica biliară îşi evacuează conţinutul în duoden ca răspuns mai ales la stimularea prin colecistokinină (eliberarea ei se face sub efectul prezenţei în chim a produşilor de degradare ai lipidelor). Stimularea vagală a vezicii determină contraţia ei şi relaxarea sfincterului Oddi. În prezenţa unor cantităţi adecvate de lipide, vezica se goleşte complet în interval de o oră.

***Controlul secreţiei biliare.*** Volumul secreţiei biliare şi conţinutul ei în săruri biliare se reglează separat. Partea bilă-independentă a secreţiei biliare se referă la cantitatea de apă şi elecroliţi secretată zilnic de ficat şi care este stimulată de secretină. Partea bilă-dependentă a secreţiei se referă la cantitatea de săruri biliare secretate de ficat şi care este direct proporţională cu cantitatea de săruri biliare reabsorbite de către hepatocite din circulaţia portală. Aceasta nu este sub control hormonal sau nervos direct. Colecistikinina determină creşterea debitului biliar indirect, prin stimularea eliberării de bilă din vezicula biliară.

**Secreţiile intestinului subţire** conţin: 1. Mucus, cu rol de protecţie a mucoasei intestinale împotriva agresiunii HCl, secretat de glandele Brünner din duoden şi de celule speciale, aflate în epiteliul intestinal şi în criptele Lieberkühn. 2. Enzime asociate cu microvilii celulelor epiteliale intestinale, care nu sunt secretate în lumenul intestinal: peptidaze, dizaharidaze (în număr de patru: maltaza, izomaltaza, zaharaza şi lactaza) şi lipază; ele îşi exercită rolurile în timpul procesului de absorbţie intestinală. 3. Apă şi electroliţi secretaţi de celulele epiteliale intestinale.

***Reglarea secreţiei intestinului subţire*** se face, în principal, prin reflexe locale, iniţiate de stimuli tactili sau iritanţi; cea mai mare parte a secreţiei este declanşată de prezenţa chimului; cu cât volumul acestuia este mai mare, cu atât secreţia intestinală va fi mai mare.

**Absorbţia intestinală** se realizează prin mai multe mecanisme, în funcţie de substanţa absorbită.

***Glucidele.*** Cele trei glucide majore ale dietei sunt dizaharidele - sucroza şi lactoza - şi polizaharidul amidon, fie sub formă de amilopectină, fie sub formă de amiloză. Celuloza, un



alt polizaharid vegetal, prezent în dietă în cantităţi mari, nu poate fi digerat, deoarece în tractul gastrointestinal uman nu există enzime care să o digere. Aportul de glucide este de 250-800 g/zi, care reprezintă 50-60% din dietă. Pentru a fi absorbite din tractul gastrointestinal, glucidele trebuie digerate până la stadiul de monozaharide. Digestia amidonului, începută în cavitatea bucală, sub acţiunea a amilazei salivare, are loc în cea mai mare parte în intestinul subţire, sub acţiunea α amilazei pancreatice (care degradează glucidele până la stadiul de oligozaharide) şi sub acţiunea dizaharidazelor (maltaza, sucraza, lactaza) de la nivelul marginii în perie a celulelor epiteliale intestinale (care transformă oligozaharidele în monozaharide).

Produşii finali ai digestiei glucidelor sunt: fructoza, glucoza şi galactoza. Glucoza şi galactoza se absorb printr-un mecanism comun, un sistem de transport activ Na-dependent (cotransport). Fructoza se absoarbe prin difuziune facilitată. După ce au fost absorbite în enterocite, monozaharidele sunt transportate prin membrana bazolaterală a acestora prin difuziune facilitată; apoi, difuzează din interstiţiul intestinal în capilarele din vilozităţile intestinale. Absorbţia glucidelor nu este reglată. Intestinul poate absorbi peste 5 kg sucroză zilnic.

***Proteinele.*** Dieta proteică zilnică necasară unui adult este de 0,5-0,7 g/kg corp. Proteinele ajunse în intestin provin din două surse: endogenă (30-40 g/zi, sunt proteine secretorii şi componentele proteice ale celulelor descuamate) şi exogenă (proteinele din dietă). Pentru a fi absorbite, proteinele trebuie transformate în polipeptide mici şi aminoacizi.

S-au identificat mai multe sisteme de transport activ Na-dependente pentru absorbţia tripeptidelor, dipeptidelor şi a aminoacizilor. Există transportori diferiţi pentru aminoacizii acizi, bazici şi neutri. Pentru polipeptide există cel puţin două mecanisme diferite de transport. Tripeptidele şi dipeptidele sunt absorbite în cantităţi mai mari decât aminoacizii. Odată ajunse în interiorul enterocitelor, peptidele se transformă în aminoacizi. Aceştia şi peptidele restante sunt transportate prin membrana bazolaterală a enterocitelor prin difuziune facilitată sau simplă. Ele intră în capilarele din vilozităţile intestinale prin difuziune simplă. Practic, toată cantitatea de proteine din intestin este absorbită: orice proteină ce apare în scaun provine din detritusuri celulare sau din bacteriile din colon.

***Lipidele.*** Aportul zilnic de lipide variază între 25 şi 160 g. Spre deosebire de glucide şi de proteine, lipidele se absorb din tractul gastro-intestinal prin difuziune pasivă. Pentru a putea fi absorbite, ele trebuie să devină solubile în apă. Pentru solubilizarea lipidelor sunt necesare sărurile biliare. Înainte de a fi digerate, lipidele trebuie emulsionate (transformate în picături cu diametru sub un micron) de către acizii biliari şi lecitină.

Produşii digestiei lipidice (monogliceride, colesterol) trebuie să formeze micelii cu sărurile biliare pentru a putea fi absorbiţi. Miceliile sunt agregate sferice mici, cu diametrul de 5 nm, ce conţin 20-30 molecule de săruri biliare şi lipide. Sărurile biliare se găsesc la exteriorul miceliilor, iar părţile hidrofobe ale monogliceridelor şi lipofosfatidelor către interior; în mijloc se găsesc colesterolul şi vitaminele liposolubile.

Miceliile se mişcă de-a lungul suprafeţei microvililor, permiţând lipidelor din compoziţia lor să difuzeze în enterocite. Lipidele, colesterolul şi vitaminele liposolubile sunt preluate rapid din micelii în momentul în care acestea vin în contact cu microvilii. Factorul ce limitează absorbţia lipidelor este migrarea miceliilor din conţinutul intestinal la suprafaţa microvililor. Sărurile biliare, eliberate de lipidele asociate, sunt absorbite în ileonul terminal printr-un mecanism de transport activ Na-dependent. În mod normal, toate lipidele ingerate sunt absorbite. Lipidele prezente în scaun provin din flora intestinală.

Odată ajunse în enterocite, lipidele intră în reticulul endoplasmic neted, unde sunt reconstituite: 2-monogliceridele se combină cu acizii graşi pentru a forma trigliceride; lipofosfatidele se combină cu acizii graşi pentru a forma fosfolipide; colesterolul este esterificat. Lipidele se unesc apoi în chilomicroni cu diametrul de 1 nm, în interiorul reticulului endoplasmic neted. Aceştia sunt transportaţi în afara celulei prin exocitoză. β lipoproteinele, sintetizate de enterocit, acoperă suprafaţa chilomicronilor. În absenţa lor, exocitoza nu apare şi enterocitele se încarcă cu lipide. După ce părăsesc enterocitul, chilomicronii se unesc şi formează picături lipidice mari, cu diametrul de 50-500 nm, care ajung în vasele limfatice. Aproape toate lipidele digerate sunt absorbite până la nivelul porţiunii mijlocii a jejunului, cea mai mare parte a absorbţiei făcându-se în duoden.

**Apa şi electroliţii**. În intestinul subţire, apa se absoarbe pasiv, izoosmotic, ca urmare a gradientului osmotic creat prin absorbţia elecroliţilor şi a substantelor nutritive.

Absorbţia sodiului se face printr-un proces în două etape. Sodiul intră în enterocit în trei moduri: 1. prin sistemele de cotransport ale glucozei, aminoacizilor sau peptidelor; 2. prin cotransport $Na^+$-$Cl^-$; 3. pasiv, conform gradientului său electrochimic. Din enterocit, $Na^+$ este transportat prin membrana bazolaterală printr-o ATP-ază $Na^+$-$K^+$ dependentă. Clorul urmează pasiv sodiul.

**Vitaminele şi mineralele**. Vitaminele liposolubile (A, D, K, E) intră în alcătuirea miceliilor şi se absorb împreună cu celelalte lipide în intestinul proximal. Vitaminele hidrosolubile se absorb prin transport facilitat sau prin sistem de transport activ Na-dependent, proximal, în intestinul subţire. Calciul se absoarbe cu ajutorul unui transportor legat de membrana celulară şi activat de vitamina D. Fierul se absoarbe în jejun şi ileon. $Fe^{2+}$ se absoarbe mai uşor decât $Fe^{3+}$. Vitamina C stimulează absorbţia fierului, care are loc printr-un mecanism în patru etape.

## DIGESTIA LA NIVELUL INTESTINULUI GROS

Rolurile principale ale colonului sunt absorbţia apei şi a electroliţilor (jumătatea proximală) şi depozitarea materiilor fecale până la eliminarea lor (jumătatea distală). Datorită acestor roluri, mişcările de la nivelul colonului sunt lente. Mişcările de la nivelul colonului sunt de două tipuri: de amestec (haustraţiile) şi propulsive (în masă).

**Mişcările de amestec (haustraţiile).** Într-o manieră similară cu a mişcărilor de segmentare ale intestinului subţire, la nivelul colonului apar contracţii circulare mari. Concomitent, musculatura longitudinală a colonului, agregată în trei benzi longitudinale, denumite tenii, se contractă şi ea. Aceste contracţii combinate ale musculaturii circulare şi longitudinale determină proiecţia în afară a zonelor nestimulate ale peretelui colic, sub forma unor saci, denumiţi haustre.

De obicei, aceste contracţii, odată iniţiate, ating maximum de intensitate în aproximativ 30 de secunde şi dispar în următoarele 60 de secunde. De asemenea, când apar, ele se deplasează lent în direcţie anală, în timpul perioadei lor de contracţie, determinând o propulsie minoră a conţinutului colic. După alte câteva minute, apar noi contracţii haustrale în arii învecinate. În felul acesta, conţinutul colic este progresiv împins spre colonul sigmoid. În cursul acestei progresii, tot materialul fecal este expus gradat la suprafaţa colonului, iar substanţele dizolvate şi apa sunt progresiv absorbite. Astfel, din cei 1500 ml de chim, doar 80-200 ml se pierd prin fecale.



**Mişcările propulsive (mişcările în masă)**. Unde peristaltice identice cu cele întâlnite în intestinul subţire pot fi cu greu observate în colon. În schimb, propulsia rezultă în principal prin contracţii haustrale în direcţie anală, deja discutate, şi mişcări în masă.

În colonul transvers şi sigmoid, mişcările în masă au îndeosebi rol propulsiv. Aceste mişcări apar de obicei de câteva ori pe zi; cele mai numeroase durează aproximativ 15 minute în prima oră de la micul dejun. O mişcare în masă este un tip de peristaltism modificat, caracterizat prin următoarea secvenţă de evenimente: în primul rând, apare un inel constrictiv într-un punct destins sau iritat al colonului, de cele mai multe ori în colonul transvers, apoi, rapid, 20 cm sau mai mult din colonul distal faţă de acest punct se contractă în bloc, asemănător unei mase unice, forţând materiile fecale conţinute în acel segment să se deplaseze în josul colonului.

Forţa acestor contracţii se dezvoltă progresiv timp de aproximativ 30 secunde, iar relaxarea se produce în următoarele 2-3 minute, după care pot apărea alte contracţii de acest gen tot mai distal faţă de cele precedente, deplasându-se în continuare de-a lungul colonului.

Toate aceste serii de mişcări în masă durează între 10 minute şi o jumătate de oră. Dacă defecaţia nu apare în acest timp, un nou set de mişcări în masă nu apare decât după o jumătate de zi sau chiar în ziua următoare.

Apariţia mişcărilor în masă imediat postprandial este facilitată de reflexele gastrocolic şi duodenocolic. Aceste reflexe sunt provocate de distensia stomacului şi a duodenului. După secţionarea nervilor extrinseci, aceste reflexe se produc, dar cu o intensitate foarte slabă, probabil datorită faptului că stimulii reflecşi conduşi prin nervii extrinseci ai sistemului nervos autonom determină cea mai mare parte a intensităţii reflexelor gastrocolic şi duodenocolic.

Iritaţia colonului poate, de asemenea, iniţia mişcări intense în masă. De exemplu, când o persoană prezintă o stare ulceroasă a colonului (colita ulceroasă), aceasta are frecvent mişcări în masă ce persistă aproape tot timpul. De asemenea, mişcările în masă pot fi iniţiate şi prin stimularea intensă a sistemului nervos parasimpatic.

**Absorbţia şi secreţia la nivelul colonului**. Colonul nu poate absorbi mai mult de 2-3 l de apă pe zi. Colonul absoarbe cea mai mare parte a sodiului şi clorului care nu au fost absorbite în intestinul subţire. Potasiul este secretat de către colon. Aceste procese sunt controlate de către aldosteron.

Există trei surse de gaz intestinal: înghiţit, format sub acţiunea bacteriilor în ileon şi colon şi difuzat din torentul sangvin. La nivelul colonului se produc zilnic 7-10 l de gaze, mai ales prin degradarea produşilor de digestie ce au ajuns la acest nivel. Componentele principale sunt: $CO_2$, $CH_4$, $H_2$, $N_2$. Cu excepţia $N_2$, celelalte pot difuza prin mucoasa colonului, astfel încât volumul eliminat este de 600 ml/zi.

**Defecaţia** reprezintă procesul de eliminare a materiilor fecale din intestin. Unele mişcări în masă propulsează fecalele în rect, iniţiind dorinţa de defecaţie. Ulterior se produce contracţia musculaturii netede a colonului distal şi a rectului, propulsând fecalele în canalul anal. Urmează relaxarea sfincterelor anale intern şi extern (ultimul conţinând fibre musculare striate aflate sub control voluntar).

Evacuarea fecalelor este favorizată suplimentar de creşterea presiunii intraabdominale prin contracţia diafragmului şi a muşchilor abdominali. Defecaţia implică deci activitate reflexă, dar şi voluntară. În mod normal, defecaţia este iniţată de reflexe de defecaţie. Unul dintre aceste reflexe este un reflex intrinsec, mediat prin sistemul nervos local, enteric. Când materiile fecale

dilată rectul se declanşează reflexul rectosfincterian (realizat de plexul mienteric) prin care se relaxează sfincterul anal intern, se contractă sfincterul anal extern şi este declanşată senzaţia iminentă de defecaţie. Totuşi, reflexul intrinsec al defecaţiei este foarte slab; pentru a fi eficient, el trebuie întărit printr-un reflex parasimpatic de defecaţie ce implică segmentele sacrale ale măduvei spinării.

Când sunt stimulate terminaţiile nervoase de la nivelul rectului, sunt transmise semnale spre măduva spinării şi, de aici, prin fibre eferente parasimpatice aparţinând nervilor pelvici, pornesc comenzi contractile spre colonul descendent, sigmoid, rect şi anus, închizându-se astfel reflexul. Aceste semnale parasimpatice cresc intensitatea undelor peristaltice şi relaxează sfincterul anal intern, astfel convertind defecaţia intrinsecă dintr-o mişcare slabă ineficientă într-un act motor puternic.

Semnalele aferente ce pătrund în măduva spinării iniţiază şi alte efecte: inspir profund, închiderea glotei, contracţia muşchilor abdominali, determinând în acelaşi timp şi coborârea planşeului pelvin pentru a ajuta la expulzarea fecalelor. Prevenirea sau permiterea defecaţiei se face prin stimuli voluntari de control (trimişi pe calea nervilor ruşinoşi) care determină contracţia, respectiv dilatarea sfincterului anal extern. Dacă defecaţia nu se produce, sfincterul anal intern se închide, iar rectul se relaxează pentru a păstra materiile fecale.

# APARATUL RESPIRATOR

## ANATOMIA APARATULUI RESPIRATOR

Aparatul respirator cuprinde căile respiratorii şi plămânii. Căile respiratorii sunt reprezentate de cavitatea nazală, faringe, laringe, trahee şi bronhii.

### CĂILE RESPIRATORII

CAVITATEA NAZALĂ

Este primul segment al căilor repiratorii. Septul nazal desparte cavitatea nazală în două cavităţi simetrice (fose nazale), cu direcţie antero-posterioară, sub baza craniului şi deasupra cavităţii bucale. Comunică cu exteriorul prin orificiile narinare şi cu rinofaringele prin coane. Anterior, fosele nazale sunt protejate de piramida nazală. Piramida nazală este o proeminenţă situată pe linia mediană a feţei, cu rol de a proteja fosele nazale; totodată a dobândit şi un rol estetic.

Vârful piramidei este situat sub osul frontal şi se numeşte rădăcina nasului. Baza prezintă orificiile narinare. Cele două feţe laterale sunt unite anterior, formând dorsum nasi, care se termină inferior prin lobulul nazal. În structura piramidei nazale distingem un schelet osteo-cartilaginos, format din oasele nazale şi porţiunea frontală a osului maxilar în partea superioară a piramidei nazale, cât şi din cartilajele laterale şi cartilajele alare în partea inferioară a piramidei. Pe acest schelet se prind muşchii pieloşi care, prin acţiunea lor, măresc sau micşorează orificiile narinare. La exterior se află pielea.

**Fosele nazale** sunt două conducte situate înapoia piramidei nazale, de la orificiile narinare până la coane. Distingem foselor nazale un segment anterior, numit vestibul, şi un segment posterior, fosele nazale propriu-zise. Vestibulul nazal este oblic în sus şi înapoi şi este tapetat de piele care conţine glande sebacee şi foliculi piloşi (primul filtru în calea aerului inspirat). Fosele nazale propriu-zise au patru pereţi.

La interior, fosele nazale sunt acoperite de mucoasă nazală, care are o structură deosebită în partea superioară faţă de rest. În regiunea olfactorie a mucoasei, situată deasupra cornetului superior şi în dreptul lamei ciuruite a etmoidului, sunt celule senzoriale şi celule de susţinere. Celulele senzoriale sunt neuroni bipolari. De la polul lor apical pleacă o dendrită scurtă, groasă şi terminată printr-un buton olfactiv care are circa 10-20 cili. De la polul bazal al neuronilor bipolari pleacă axonul. Mai mulţi axoni se înmănunchează pentru a forma nervii olfactivi (10-20) care străbat orificiile lamei ciuruite a etmoidului şi ajung în bulbul olfactiv.

Regiunea respiratorie a mucoasei este mult mai întinsă, are o bogată vascularizaţie şi o culoare roşietică. Ea acoperă toţi pereţii cavităţii nazale, cu excepţia celui superior, unde se află mucoasa olfactivă. Este alcătuită dintr-un epiteliu cilindric ciliat. Mucoasa respiratorie are glande tubulo-acinoase.

***Pereţii foselor nazale propriu-zise***

| Peretele superior | Peretele inferior | Peretele intern (septal) | Peretele lateral |
|---|---|---|---|
| Este format din osul nazal, lama ciuruită a etmoidului şi corpul sfenoidului. Prin lama ciuruită a etmoidului trec nervii olfactivi. | Este alcătuit din apofizele palatine ale osului maxilar şi lama orizontală a osului palatin acoperit de mucoasă. | Este reprezentat de septul nazal, cu 3 porţiuni: posterioară (osoasă), mijlocie (cartilaginoasă) şi anterioară (membranoasă). Porţiunea osoasă este formată superior de lama perpendiculară a etmoidului şi inferior de vomer. Porţiunea cartilaginoasă e reprezentată de cartilajul septal. Porţiunea membranoasă a septului este mobilă şi separă cele două orificii narinare. | Este mai coplex. În esenţă este alcătuit din osul maxilar peste care, dinapoi înainte, sunt suprapuse osul palatin, masa laterală a etmoidului, cornetele superior şi mijlociu, iar anterior faţa medială a osului lacrimal. Pe peretele lateral al cavităţii nazale se găsesc nişte proeminenţe, cornetele (superior, mijlociu şi inferior). Cornetul inferior este os independent. Fiecare cornet cu peretele lateral, delimitează nişte adâncituri numite meaturi (superior, mijlociu şi inferior). |

În oasele vecine foselor nazale sunt sinusurile paranazale, cavităţi pneumatice, cu rol de cutie de rezonanţă şi de a menţine o temperatură constantă. Mucoasa lor se continuă cu mucoasa foselor nazale. Sinusurile paranazale sunt perechi (frontale, maxilare, sfenoidale).

În labirintul etmoidal sunt săpate semicelulele etmoidale care, împreună cu semicelulele din oasele vecine, formează celulele etmoidale. Există celule etmoidale posterioare, care se deschid în meatul superior, şi celule etmoidale anterioare, în meatul mijlociu. Sinusul sfenoidal se deschide în recesul sfeno-etmoidal de la nivelul peretelui superior al foselor nazale. Sinusurile frontal şi maxilar se deschid în meatul mijlociu. În meatul inferior se deschide canalul nazolacrimal.

Vascularizaţia foselor nazale este asigurată de ramuri din artera oftalmică (arterele etmoidale anterioare) şi din artera maxilară (artera sfenopalatină). Venele ajung, în final, în vena jugulară internă.

Inervaţia mucoasei este asigurată de ramuri din nervul trigemen.

Limfaticele ajung în ganglionii retrofaringieni şi parotidieni, iar de aici în ganglionii cervicali.

FARINGELE

Vezi prezentarea anatomiei faringelui în capitolul consacrat aparatul digestiv.

LARINGELE

Este un organ cu dublă funcţie: conduct aero-vector şi organ al fonaţiei.

Laringele are o formă de piramidă triunghiulară trunchiată cu baza în sus. Baza comunică cu laringo-faringele printr-un orificiu, numit aditus laringis, care, anterior este delimitat de epiglotă, posterior de cartilajele aritenoide şi lateral de repliurile epiglotico-aritenoidiene, întinse între epiglotă şi cartilajele aritenoide.

În grosimea acestor plici se află cartilajele cuneiforme. Vârful laringelui se continuă în jos cu traheea.



Feţele antero-laterale ale laringelui sunt formate de cele două lame ale cartilajului tiroid şi de arcul cricoidului. Între cartilajul tiroid şi arcul cricoidului se află muşchiul şi ligamentul tirocricoidian. Deasupra celor două lame ale cartilajului tiroid se află membrana tirohioidiană care ajunge la osul hioid.

Feţele antero-laterale ale laringelui vin în raport cu glanda tiroidă şi cu muşchii infrahioidieni.

Faţa posterioară a laringelui proemină în faringe şi este formată din cele două cartilaje aritenoidiene şi din pecetea cartilajului cricoid. De o parte şi de alta sunt două şanţuri, şanţurile piriforme. Marginea anterioară (mărul lui Adam) este reprezentată de muchia unde cele două lame laterale ale cartilajului tiroid se unesc. Este mai proeminentă la bărbaţi. Vine în raport cu istmul glandei tiroide.

Marginile posterioare ale laringelui sunt reprezentate de marginile posterioare ale cartilajului tiroidian (fig. 112) şi vin în raport cu artera carotidă comună, vagul şi vena jugulară internă.

**Structura laringelui.** Laringele este format din cartilaje legate între ele prin ligamente şi articulaţii. Asupra cartilajelor acţionează muşchii laringelui (striaţi). La interior este tapetat de o mucoasă, sub care se găseşte o submucoasă.

**Cartilajele laringelui.** Se disting: cartilaje neperechi (cartilajul tiroid, epiglota şi cartilajul cricoid) şi perechi (aritenoide, corniculate, cuneiforme şi cartilajele sesamoide). Toate cartilajele, prezentate în continuare, sunt formate din cartilaj de tip hialin, exceptând epiglota, care este formată din cartilaj de tip elastic.

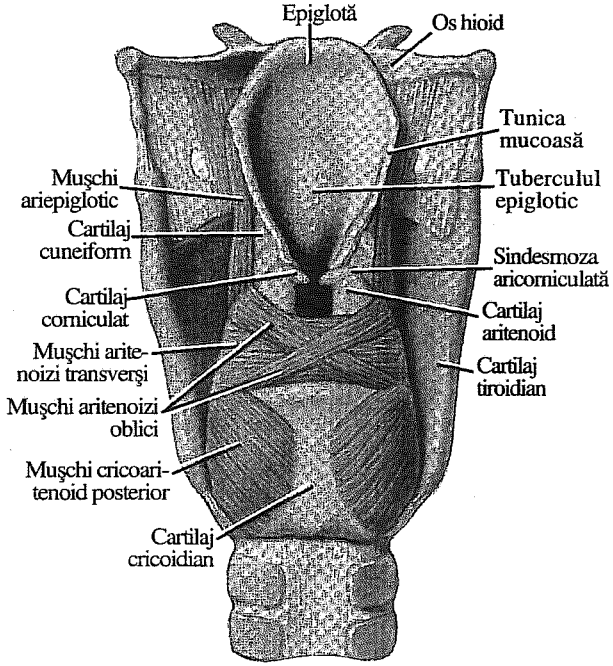



**Fig. 112. Laringele, vedere anterioară**

*Cartilajele laringelui*

| | Formă | Situaţie | Descriere |
|---|---|---|---|
| **Cartilajul tiroid** | De carte deschisă posterior, fiind format din două lame unite pe linia mediană la nivelul mărului lui Adam. | În partea anterioară a laringelui, sub hioid, deasupra arcului cricoidului, înaintea epiglotei. | Faţa anterioară a lamelor laterale prezintă o creastă pe care se inseră muşchii sternotiroidian şi tirohiodian. Faţa posterioară priveşte spre interiorul laringelui şi e în raport cu epiglota. Pe marginea superioară se află incizura tiroidiană, lateral de care se prinde membrana tirohiodiană. Marginea inferioară priveşte spre arcul cricoidului şi oferă inserţie muşchiului şi ligamentului tirocricoidian. Marginile posterioare se prelungesc în sus cu coarnele superioare şi în jos cu coarnele inferioare, care se articulează cu cartilajul cricoid (articulaţia tirocricoidiană). |
| **Cartilajul epiglotic** | De frunză cu peţiolul în jos. | Înapoia cartilajului tiroid pe care îl depăşeşte în sus. | De la baza epiglotei pleacă, spre rădăcina limbii, ligamentele glosoepiglotice care ridică plicile glosoepiglotice. Tot de la bază pleacă, spre hioid, ligamentul hioepiglotic. Vârful epiglotei este legat de cartilajul tiroid prin ligamentul tiroepiglotic. |
| **Cartilajul cricoid** | De inel cu pecetea aşezată posterior. | Intercalat între tiroid şi trahee. | Lama (pecetea) cartilajului cricoid prezintă două suprafeţe articulare superioare pentru baza aritenoidelor şi două suprafeţe inferioare pentru coarnele inferioare ale cartilajului tiroid. Arcul cricoidului este situat anterior. |
| **Cartilajele aritenoide** | De piramidă triunghiulară, cu baza în jos. | În partea posterioară a laringelui, deasupra lamei cartilajului cricoid. | Prezintă trei feţe: faţa laterală are o creastă numită creastă arcuată; faţa medială priveşte spre interiorul laringelui; faţa posterioară participă la formarea feţei posterioare a laringelui.<br>Baza cartilajului aritenoid se articulează cu lama cartilajului cricoid şi prezintă două procese: unul muscular (posterior), pe care se prind muşchii cricoaritenoidieni (lateral şi posterior) şi unul anterior (vocal), pe care se prinde plica vocală. |
| **Cartilajele corniculate** | | La vârful cartilajelor aritenoidiene. | |
| **Cartilajele cuneiforme** | | În plicile aritenoepiglotice. | |
| **Cartilajele sesamoide** | | În plicile vocale. | |



**Muşchii laringelui** se împart în intrinseci şi extrinseci. Cei extrinseci se inseră cu un capăt pe laringe, iar cu celălalt pe organele vecine (sternotiroidian, tirohiodian şi constrictor inferior al faringelui, care se inseră pe creasta oblică a cartilajului tiroid). Muşchii intrinseci au ambele capete inserate pe cartilagii ale larigelui. Unii sunt constrictori ai glotei, apropiind plicile vocale (muşchiul cricoaritenoidian lateral, muşchiul interaritenoidian), alţii sunt dilatatori ai glotei, depărtând plicile vocale (cricoaritenoidian posterior), iar alţii sunt tensori ai plicilor vocale (muşchiul vocal, situat în plica vocală, şi muşchiul tirocricoidian, care realizează mişcarea de balans înainte a cartilagiului tiroid) (fig. 113).

**Tunica mucoasă** căptuşeşte cavitatea laringelui şi se continuă în sus cu mucoasa faringelui, iar în jos cu cea a traheei. Este formată din epiteliu şi corion. Epiteliul, exceptând plicile vocale, este cilindric ciliat. La nivelul plicilor vocale este pluristratificat pavimentos. Tunica mucoasă conţine glande care secretă mucus. În corion se găseşte ţesut limfoid care este bogat la nivelul ventriculilor laringieni.

**Submucoasa** este formată din ţesut conjuctiv lax.

**Aspectul interior al laringelui**. Pe pereţii laterali ai laringelui se află două perechi de plici cu direcţie antero-posterioară; cele două superioare sunt plici vestibulare, iar cele două inferioare plicile vocale. Între cele două plici vestibulare se delimitează rima

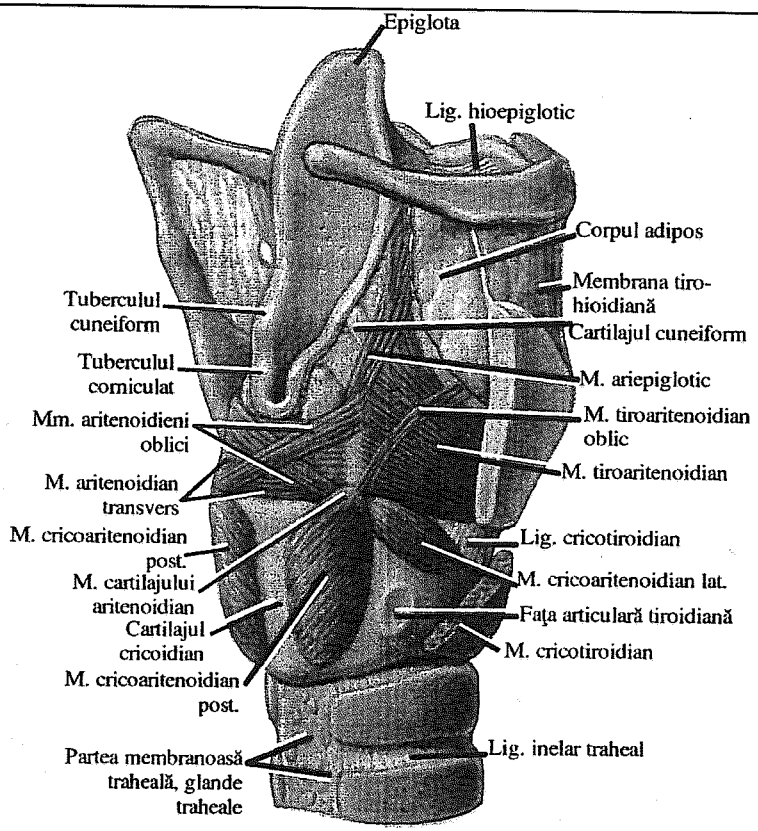



**Fig. 113. Laringele, vedere laterală**

vestibulară, iar între cele două plici vocale rima glotidică. Rima glotidică este divizată într-o parte anterioară, numită intermembranoasă, limitată între cele două cartilagii aritenoide. Între plicile vestibulare şi vocale, de fiecare parte, se află vestibulul laringian care, prin aditus laringis, comunică cu laringo-faringele, iar sub plicile vocale se află cavitatea infraglotică, ce comunică cu traheea.

Vascularizaţia laringelui este asigurată de artera laringiană superioară (din carotida externă) şi artera laringiană inferioară (din artera subclavie). Sângele venos ajunge în vena jugulară internă. Limfaticele laringelui ajung în ganglionii cervicali.

Inervaţia laringelui este asigurată de nervul laringian superior şi inferior, ramuri din nervul vag. Nervul laringian inferior inervează muşchii intrinseci ai laringelui, exceptând muşchiul tirocricoidian. Nervul laringian superior inervează mucoasa laringelui şi muşchiul tirocricoidian.

## TRAHEEA

Traheea este un organ sub formă de tub care continuă laringele şi se întinde de la vertebra cervicală $C_6$ până la vertebra toracală $T_4$, unde se împarte în cele două bronhii. Are o lungime de 10-12 cm şi un calibru de 1,6-2 cm. Prezintă un segment cervical şi unul toracal. În segmentul cervical vine în raport posterior cu esofagul, anterior cu istmul glandei tiroide, cu muşchii infrahioidieni şi pielea. Lateral vine în raport cu artera carotidă comună, vena jugulară internă, nervul vag şi lobii laterali ai glandei tiroide. Porţiunea toracică este situată în mediastinul superior. Posterior vine în raport cu esofagul, anterior cu arcul aortei şi cu ramurile desprinse din el, cu timusul şi cu sternul, iar lateral cu plămânii, acoperiţi de pleura mediastinală.

În structura traheei se distinge un schelet fibrocartilaginos, format din 15-20 de inele cartilaginoase incomplete posterior. Cartilajele sunt unite între ele prin ligamente fibroelastice. În partea posterioară, unde inelele sunt incomplete, există fibre colagene, elastice şi fibre musculare netede (muşchiul traheal).

La exterior se află o adventiţie formată din ţesut conjunctiv, iar la interior traheea este acoperită de o mucoasă cu epiteliu cilindric ciliat. Tunica mucoasă este bogată în glande.

Vascularizaţia traheei este dată de ramuri din arterele tiroidiene, la nivelul gâtului, şi din arterele bronşice, la nivelul toracelui. Venele, în porţiunea cervicală, se varsă în vena jugulară internă, iar în porţiunea toracală în venele azygos.

Limfaticele ajung în ganglionii cervicali pentru segmentul cervical şi în ganglionii traheobronşici şi mediastinali pentru segmentul toracal.

Inervaţia este asigurată de fibre simpatice din simpaticul cervical şi toracal şi fibre parasimpatice din vag.

## BRONHIILE

La nivelul vertebrei $T_4$, traheea se împarte în cele două bronhii principale (dreaptă şi stângă). Aceste bronhii pătrund în plămân prin hil, unde se ramifică intrapulmonar, formând arborele bronşic (fig. 114). Între cele două bronhii există o serie de deosebiri. Bronhia dreaptă este aproape verticală, cea stângă aproape orizontală. Cea stângă este mai lungă (5 cm) faţă de cea dreaptă (2,5 cm), în schimb bronhia dreaptă are un calibru mai mare (1,5 cm) faţă de cea stângă (1 cm). Bronhia stângă este înconjurată de crosa aortei, cea dreaptă de crosa marii vene azygos.



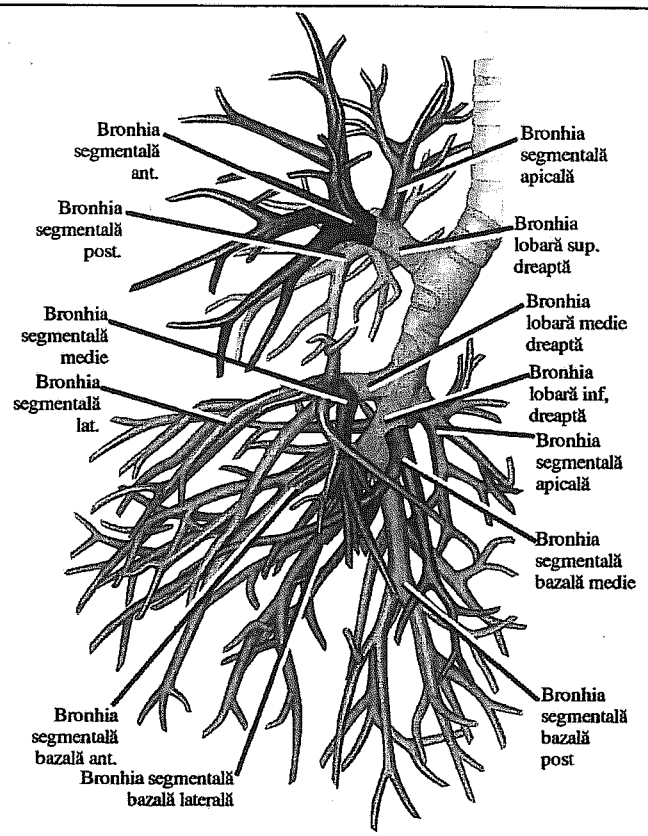



**Fig. 114. Arborele bronşic, plămânul drept**

Structura bronhiilor principale este asemănătoare traheei, bronhiile principale fiind formate din inele cartilaginoase incomplete posterior (9-11 la stânga, 5-7 la dreapta).

Vascularizaţia arterială este asigurată de arterele bronşice. Sângele venos este colectat de venele bronşice care-l duc în sistemul azygos. Limfa ajunge în ganglionii traheobronşici şi ganglionii mediastinali.

Inervaţia vegetativă provine din plexul bronhopulmonar.

# PLĂMÂNII

Plămânii sunt principalele organe ale respiraţiei. Sunt doi plămâni (stâng şi drept), situaţi în cavitatea toracică, fiecare fiind acoperit de pleura viscerală. Plămânii au forma unei jumătăţi de con. Culoarea lor variază cu vârsta; la făt este roşu-brun, la copil gri-rozie, la adult cenuşiu mai mult sau mai puţin închis. Greutatea plămânilor este de 700 g pentru plămânul drept şi 600 g pentru cel stâng.

Capacitatea totală a plămânilor este de 5000 $cm^3$ aer. Consistenţa plămânilor este elastică, buretoasă. Diametrul vertical este de 22 cm, antero-posterior la bază de

18-20 cm, iar transversal la bază de 9-10 cm (la plămânul drept diametrul vertical este mai mic decât la stângul, dar celelalte diametre sunt mai mari).

Faţa externă a plămânilor este convexă şi vine în raport cu coastele. Pe această faţă se găsesc şanţuri adânci, numite scizuri, care împart plămânii în lobi. Pe faţa externă a plămânului drept se găsesc două scizuri, una oblică (principală) şi una orizontală (secundară) care începe la mijlocul scizurii oblice. Aceste două scizuri împart plămânul drept în trei lobi (superior, mijlociu şi inferior). Pe faţa externă a plămânului stâng se găseşte o singură scizură (scizura oblică) care împarte plămânul stâng în doi lobi (superior şi inferior).

Faţa internă este plană şi vine în raport cu organele din mediastin. Pe această faţă, mai aproape de marginea posterioară a plămânilor, se află hilul pulmonar, pe unde intră sau ies din plămân vasele, nervii şi bronhia principală. La plămânul stâng (fig. 115), anterior de hil se află impresiunea cardiacă lăsată de ventriculul stâng şi impresiunea lăsată de aorta descendentă. La plămânul drept (fig. 116), anterior de hil se află impresiunea cardiacă, mai mică decât cea stângă, lăsată de atriul drept, cât şi impresiunile lăsate de vena cavă superioară (deasupra impresiunii cardiace) şi de vena cavă inferioară (sub impresiunea cardiacă). Deasupra hilului se află impresiunea lăsată de crosa marii vene azygos, iar posterior de hil se află impresiunea marii vene azygos.

Baza plămânilor este concavă şi vine în raport cu diafragma. Prin intermediul diafragmei, la dreapta vine în raport cu faţa superioară a ficatului, iar la stânga cu fundul stomacului şi cu splina. Vârful plămânului depăşeşte în sus prima coastă şi vine în raport cu organele de la baza

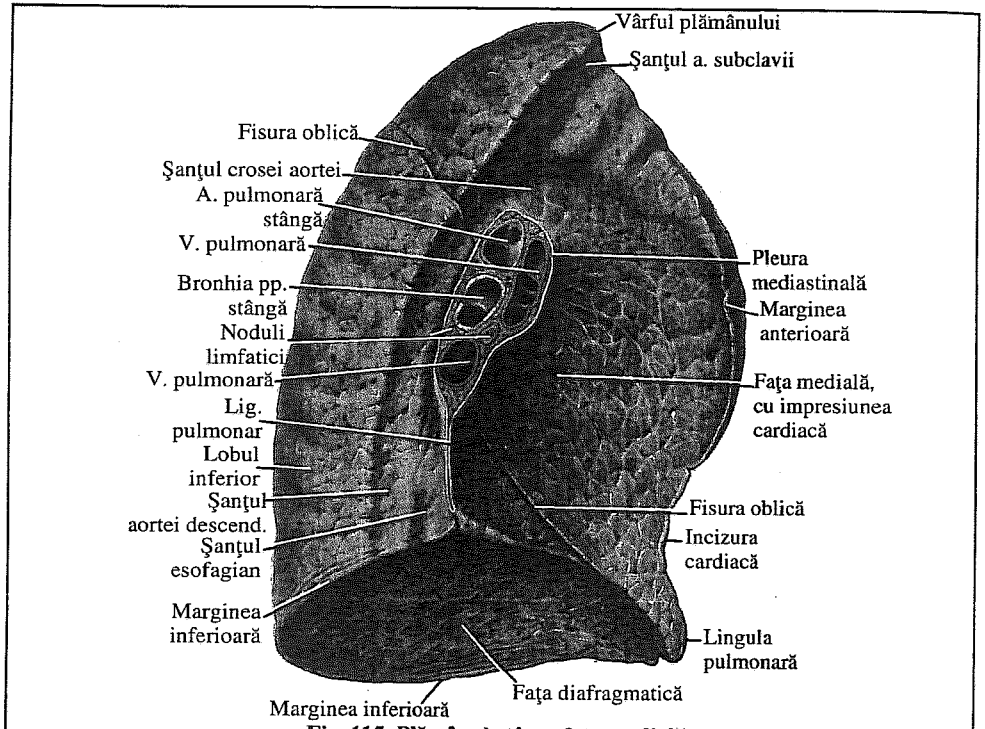



**Fig. 115. Plămânul stâng, faţa medială**



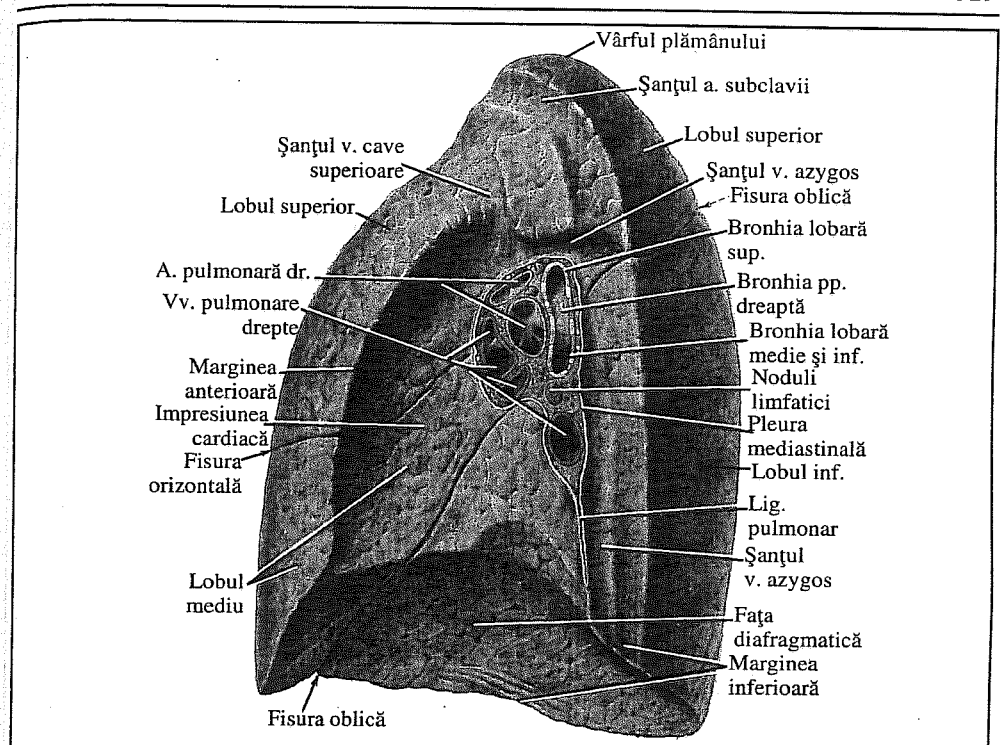



**Fig. 116. Plămânul drept, faţa medială**

gâtului. Marginea anterioară, ascuţită, este situată înapoia sternului şi acoperită de recesul costomediastinal, iar cea posterioară, rotunjită, este în raport cu coloana vertebrală şi extremitatea posterioară a coastelor.

## STRUCTURA PLĂMÂNILOR

Plămânii sunt constituiţi din: arborele bronşic, lobuli, (formaţiuni piramidale, situate la nivelul ultimelor ramificaţii ale arborelui bronşic), ramificaţiile vaselor pulmonare şi bronşice, nervi şi limfatice, toate cuprinse în ţesut conjunctiv.

**Arborele bronşic**. Bronhia principală, pătrunzând în plămân prin hil, se împarte intrapulmonar la dreapta în trei bronhii lobare (superioară, mijlocie şi inferioară), iar la stânga în două bronhii lobare (superioară şi înferioară).

Bronhiile lobare se divid apoi în bronhii segmentare care asigură aeraţia segmentelor bronhopulmonare (unităţi anatomice şi patologice ale plămânilor). Ele au limite, aeraţie, vascularizaţie şi patologie proprie. Plămânul drept are 10 segmente, iar cel stâng 9, lipsind segmentul medio-bazal (fig. 117, 118).

Bronhiile segmentare se divid în bronhiole lobulare care deservesc lobulii pulmonari, unităţi morfologice ale plămânului, de formă piramidală, cu baza spre periferia plămânului şi vârful la hil. Bronhiolele lobulare, la rândul lor, se ramifică în bronhiole respiratorii de la care pleacă ductele alveolare terminate prin săculeţi alveolari. Pereţii săculeţilor alveolari sunt compartimentaţi în alveole pulmonare.

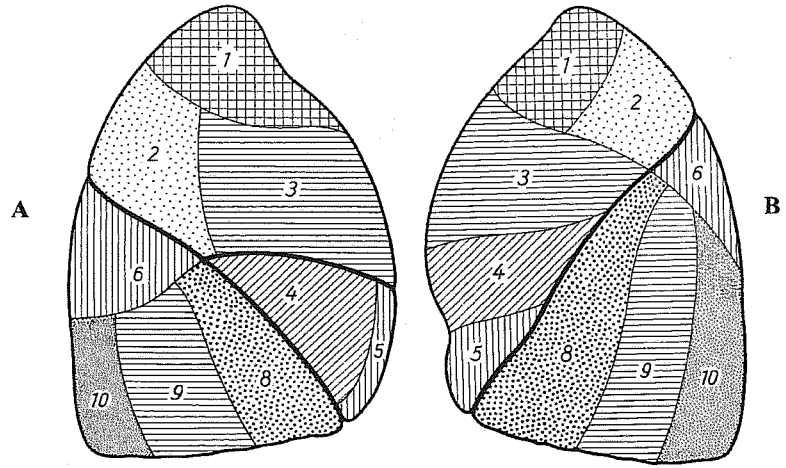



**Fig. 117. Segmentaţia plămânilor drept şi stâng, aspect lateral**

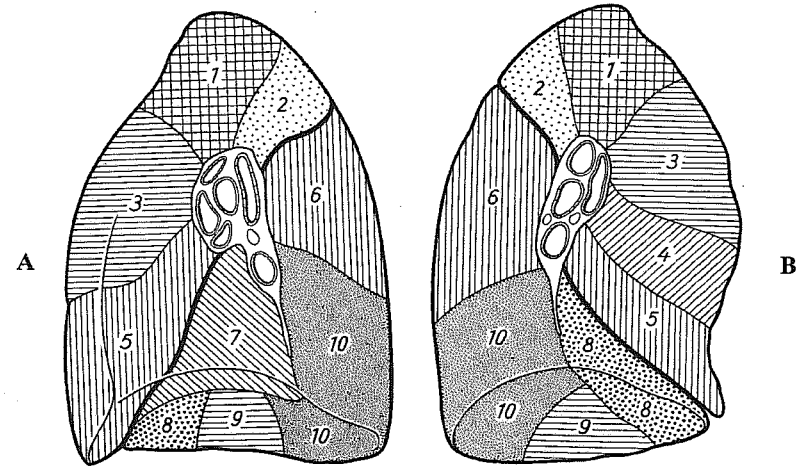



**Fig. 118. Segmentaţia plămânilor drept şi stâng, aspect medial**

**A. Plămânul drept: lobul superior – 1. sg. apical, 2. sg. posterior, 3. sg. anterior; lobul medial – 4. sg. lateral, 5. sg. medial; lobul inferior – 6. sg. apical (superior), 7. sg. medio-bazal, 8. sg. bazal anterior, 9. sg. bazal lateral, 10. sg. bazal posterior. B. Plămânul stâng: lobul superior – 1. sg. apical, 2. sg. posterior, 3. sg. anterior, 4. sg. lingular superior, 5. sg. lingular inferior; lobul inferior – 6. sg. apical (superior), 8. sg. bazal anterior, 9. sg. bazal lateral, 10. sg. bazal posterior**

Bronhiolele respiratorii, împreună cu formaţiunile derivate din ele (ducte alveolare, săculeţi alveolari şi alveole pulmonare) formează acinii pulmonari. Acinul este unitatea morfo-funcţională a plămânului.



Structura arborelui bronşic se modifică şi ea. Bronhiile lobare au structură asemănătoare bronhiilor principale. Bronhiile segmentare au şi ele un schelet cartilaginos, însă cartilajul este fragmentat (insule de cartilaj), în schimb bronhiile lobulare şi respiratorii pierd complet scheletul cartilaginos. Bronhiolele lobulare şi respiratorii au un perete fibroelastic, peste care sunt dispuse fibre musculare netede, cu dispoziţie circulară. În pereţii ductelor alveolare întâlnim numai membrana fibroelastică acoperită de epiteliu.

Alveolele pulmonare au forma unui săculeţ mic, cu perete extrem de subţire, adaptat schimburilor gazoase. Pe o membrană fibroelastică există un epiteliu alveolar cu dublă funcţie: fagocitară şi respiratorie. Există circa 75-100 milioane de alveole, însumând o suprafaţă de 80-120 $m^2$.

În jurul alveolelor se găseşte o bogată reţea de capilare perialveolare, care împreună cu pereţii alveolelor formează bariera alveolo-capilară, în a cărei structură menţionăm epiteliul alveolar, membrana bazală fibro-elastică a alveolelor, membrana bazală a capilarului şi endoteliul capilar. La nivelul acestei bariere au loc schimburile de gaze dintre alveole şi sânge.

### VASCULARIZAŢIA PLĂMÂNILOR

Plămânii au o dublă vascularizaţie: nutritivă şi funcţională.

**Vascularizaţia nutritivă** este asigurată de arterele bronşice, ramuri ale arterei toracale, care aduc la plămân sânge cu oxigen pentru arborele bronşic, parenchimul pulmonar şi pereţii arterelor pulmonare, deoarece acestea din urmă conţin sânge cu $CO_2$. Arterele bronşice intră în plămân prin hil şi însoţesc arborele bronşic, ajungând numai până la nivelul bronhiolelor respiratorii, unde se termină în reţeaua capilară, de la care pornesc venele bronşice ce duc sângele cu $CO_2$ în sistemul venelor azygos, acesta terminându-se în vena cavă superioară. Vascularizaţia nutritivă a plămânului face parte din marea circulaţie.

**Vascularizaţia funcţională** aparţine marii circulaţii. Ea începe prin trunchiul pulmonar care îşi are originea în ventriculul drept. Trunchiul pulmonar aduce la plămân sânge încărcat cu $CO_2$. După un scurt traiect se împarte în artera pulmonară dreaptă şi stângă, pătrunzând fiecare în plămânul respectiv, prin hil. În plămân, arterele pulmonare se divid în ramuri ce însoţesc ramificaţiile arborelui bronşic până în jurul alveolelor, unde formează reţeaua capilară peri-alveolară. La acest nivel, sângele cedează $CO_2$ şi primeşte $O_2$. De la reţeaua capilară pornesc venele pulmonare (câte două pentru fiecare plămân). Ele ies din plămân prin hil şi se duc spre atriul stâng.

Limfa plămânului este colectată de ganglionii din hilul plămânului.

Inervaţia plămânilor provine din plexul bronhopulmonar. Fibrele parasimpatice determină bronhoconstricţie şi secreţia glandelor din mucoasa bronşică, iar cele simpatice determină bronhodilataţie.

## PLEURA

Fiecare plămân este învelit de o seroasă numită pleură. Pleura prezintă o foiţă parietală, care căptuşeşte pereţii toracelui, şi o foiţă viscerală, care acoperă plămânul pătrunzând şi în scizuri. Cele două foiţe se continuă una cu cealaltă la nivelul pedicului pulmonar şi al ligamentului pulmonar, care este o formaţiune conjunctivă de formă triunghiulară, având vârful la pedicului pulmonar şi baza la nivelul diafragmei. Între cele două foiţe există o cavitate virtuală,

cavitatea pleurală, în care se află o lamă fină de lichid pleural. În cavitatea pleurală există o uşoară presiune negativă care obligă cele două foiţe să stea lipite una de cealaltă. Cele două foiţe ale pleurei se continuă una cu celaltă la nivelul hilului.

Cavitatea pleurală devine reală când între cele două foiţe ale pleurei se acumulează: sânge (hemotorax), lichid (hidrotorax), aer (pneumotorax), puroi (piotorax), limfă (chilotorax).

Pleura parietală prezintă trei părţi: porţiunea costală, în raport cu coastele, porţiunea diafragmatică, în raport cu diafragmul, şi porţiunea mediastinală, spre mediastin. Când pleura parietală trece de pe un perete pe altul formează recesuri. Când trece de pe coaste pe mediastin, ocolind vârful pulmonului, se formează recesul numit domul pleural când trece de pe coaste pe diafragm, ocolind baza plămânului, se formează recesul costo-diafragmatic, iar când trece de pe coaste pe mediastin, ocolind marginea anterioară a plămânului, se formează recesul costo-mediastinal.

## MEDIASTINUL

Este spaţiul cuprins între feţele mediale ale celor doi plămâni, acoperiţi de pleurele mediastinale. Anterior ajunge până la stern, posterior până la coloana vertebrală, inferior până la diafragmă, iar superior comunică larg cu baza gâtului prin apertura superioară a toracelui.

În mediastinul superior se găsesc:

- ramurile crosei aortei, cele două vene brahiocefalice, nervii vagi, nervii frenici, timusul, traheea, esofagul, lanţul simpatic toracal, ultima parte a canalului toracic;
- în mediastinul inferior se găseşte cordul cu vasele mari care îşi au originea sau se termină la acest nivel, cât şi nervii frenici, iar pe un plan posterior esofagul, nervii vagi, simpaticul toracal, canalul toracic, sistemul azygos şi aorta descendentă.

# FIZIOLOGIA APARATULUI RESPIRATOR

Respiraţia reprezintă schimbul de oxigen şi dioxid de carbon dintre organism şi mediu. Din punct de vedere funcţional, respiraţia poate fi împărţită în patru etape: 1. ventilaţia pulmonară, adică deplasarea aerului în ambele sensuri între alveolele pulmonare şi atmosferă; 2. difuziunea $O_2$ şi $CO_2$ între alveolele pulmonare şi sânge; 3. transportul $O_2$ şi $CO_2$ prin sânge şi lichidele organismului către şi de la celule; 4. reglarea respiraţiei.

## VENTILAŢIA PULMONARĂ

Dimensiunile plămânilor pot varia, prin distensie şi retracţie, în două moduri: prin mişcările de ridicare şi coborâre ale diafragmului, care alungesc şi scurtează cavitatea toracică, şi prin ridicarea şi coborârea coastelor, care determină creşterea şi descreşterea diametrului antero-posterior al cavităţii toracice. Respiraţia normală, de repaus, se realizează aproape în întregime prin mişcările din prima categorie, adică în urma mişcărilor diafragmului.



În timpul inspiraţiei, contracţia diafragmului trage în jos suprafaţa inferioară a plămânilor. Apoi, în timpul expiraţiei liniştite, diafragmul se relaxează, iar retracţia elastică a plămânilor, a peretelui toracic şi structurile abdominale comprimă plămânii. Deoarece forţele toraco-pulmonare sunt insuficiente, producerea expiraţiei forţate necesită o forţă suplimentară, obţinută prin contracţia muşchilor abdominali, care împing conţinutul abdominal către diafragm.

A doua cale de expansionare a plămânilor o reprezintă ridicarea grilajului costal. În poziţia de repaus, acesta este coborât, permiţând sternului să se apropie de coloana vertebrală; când grilajul costal se ridică, acesta proiectează înainte sternul, care se îndepărtează de coloana vertebrală, ceea ce măreşte diametrul antero-posterior cu aproximativ 20% în inspiraţia maximă faţă de expiraţie. Muşchii care determină ridicarea grilajului costal se denumesc muşchi inspiratori şi sunt, în special, muşchii gâtului. Muşchii care determină coborârea grilajului costal sunt muşchi expiratori, cum sunt, de exemplu, muşchii drepţi abdominali.

Dacă nu există nici o forţă care să-l menţină plin cu aer, plămânul, care are o structură elastică, se desumflă ca un balon. Între plămâni şi pereţii cutiei toracice nu există nici un punct de ataşare, ei fiind fixaţi doar prin hil la nivelul mediastinului. Astfel, plămânul pluteşte in cavitatea toracică înconjurat de un strat subţire de lichid pleural, care reduce frecările generate de mişcările sale în această cavitate. Mai mult, pomparea continuă a acestui lichid în canalele limfatice menţine o uşoară succţiune între suprafaţa pleurei viscerale şi cea a pleurei parietale. Astfel, suprafaţa plămânilor este ataşată permanent de faţa internă a cutiei toracice. Când aceasta se expansionează şi revine apoi la poziţia iniţială, plămânii urmează aceste mişcări, care, în plus, sunt mult uşurate de suprafeţele pleurale bine lubrifiate.

**Presiunea pleurală** este presiunea din spaţiul îngust cuprins între pleura viscerală şi cea parietală. În mod normal, există o succţiune permanentă a lichidului din acest spaţiu, ceea ce duce la o mică presiune negativă la acest nivel (adică mai mică decât valoarea celei atmosferice). Presiunea pleurală normală la începutul inspirului este de aproximativ -5 cm $H_2O$. Acesta este nivelul de presiune necesar pentru a menţine plămânii destinşi în timpul repausului. Apoi, în timpul inspiraţiei normale, expansiunea cutiei toracice trage suprafaţa plămânilor cu o forţă mai mare, astfel încât creează o presiune negativă intrapleurală de -7,5 cm $H_2O$.

**Presiunea alveolară** este presiunea din interiorul alveolelor pulmonare. În repaus, când glota este deschisă, aerul nu circulă între plămâni şi atmosferă; în acest moment presiunea în orice parte a arborelui respirator este egală cu presiunea atmosferică, considerată 0 cm $H_2O$. Pentru a permite pătrunderea aerului în plămâni în timpul inspiraţiei, presiunea în alveole trebuie să scadă sub presiunea atmosferică; în timpul unei inspiraţii normale devine -1 cm $H_2O$. Această presiune negativă uşoară este suficientă pentru ca, în cele 2 secunde necesare inspiraţiei, în plămâni să pătrundă aproximativ 500 ml aer. Variaţii opuse apar în timpul expiraţiei: presiunea alveolară creşte la aproximativ +1 cm $H_2O$, ceea ce forţează 500 ml aer să iasă din plămâni în 2-3 secunde, cât durează expiraţia.

Complianţa pulmonară este dată de măsura cu care plămânii cresc în volum pentru fiecare unitate de creştere a presiunii transpulmonare (presiunea pleurală minus presiunea alveolară). Complianţa totală pulmonară normală la adult este de 200 ml/cm $H_2O$.

Prin înregistrarea diagramei complianţei pulmonare, alcătuită din curba complianţei inspiratorii şi a celei expiratorii, se observă aspectul diferit al celor două curbe, iar aspectul particular al diagramei se datorează forţelor elastice pulmonare. Acestea pot fi împărţite în două grupe: forţele elastice ale ţesutului pulmonar însuşi şi forţele elastice produse de tensiunea superficială a lichidului care căptuşeşte la interior pereţii alveolari şi alte spaţii aeriene pulmonare.

Plămânii conţin cantităţi mari de colagen şi elastină. Fibrele de elastină sunt întinse la volume pulmonare mici şi medii, iar cele de colagen previn supradistensia la volume pulmonare mari. Forţele elastice determinate de tensiunea superficială sunt mult mai complexe, reprezentând 2/3 din totalul forţelor elastice în plămânii normali; în plus, forţa elastică determinată de tensiunea superficială se modifică foarte mult atunci când surfactantul nu este prezent în lichidul alveolar. Forţele de tensiune superficială se manifestă la interfaţa dintre două stări de agregare diferite (de exemplu, lichid şi gaz). Aceste forţe au tendinţa de a micşora suprafaţa de contact. Suprafaţa internă a alveolelor este acoperită de un strat subţire de lichid, iar în alveole există aer, deci şi aici vor apare forţe de tensiune superficială, care determină micşorarea suprafeţei de contact; ca urmare, aerul alveolar are tendinţa de a ieşi din alveole, iar acestea tind să colabeze. Deoarece acest fenomen apare în toate spaţiile aeriene pulmonare, efectul net este o forţă rezultantă a întregului plămân, denumită forţă de tensiune superficială. Surfactantul este un agent activ de suprafaţă, adică atunci când se răspândeşte pe toată suprafaţa unui lichid îi reduce acestuia tensiunea superficială. Surfactantul este secretat de celulele epiteliale alveolare de tip II şi este un amestec complex de fosfolipide, proteine şi ioni. Asfel, pentru alveolele cu raza de 100 μ şi căptuşite cu surfactant pulmonar normal, valoarea presiunii determinată de tensiunea superficială este de 4 cm $H_2O$, iar aceeaşi presiune fără surfactant este de 18 cm $H_2O$. Alte roluri ale surfactantului: 1. creşterea razei alveolare, ceea ce determină creşterea complianţei pulmonare şi scăderea lucrului mecanic al respiraţiei; 2. scăderea filtrării la nivelul capilarelor pulmonare.

Complianţa întregului sistem pulmonar (plămâni şi cutia toracică) este diferită de cea a plămânilor izolaţi, fiind de 110 ml aer/cm $H_2O$.

**Lucrul mecanic al respiraţiei.** În respiraţia normală de repaus, contracţia musculaturii inspiratorii are loc în inspir, în timp ce expirul este în întregime un proces pasiv, determinat de reculul elastic al plămânilor şi structurilor elastice ale cutiei toracice. Ca urmare, muşchii respiratori efectuează lucru mecanic doar pentru a produce inspirul. Acest lucru mecanic poate fi împărţit în trei fracţiuni diferite: 1. cea necesară pentru expansionarea plămânilor împotriva propriilor lor forţe elastice, numită travaliu compliant sau lucru mecanic elastic; 2. cea necesară pentru depăşirea vâscozităţii pulmonare şi a structurilor peretelui toracic, numită lucru mecanic al rezistenţei tisulare; 3. cea necesară pentru depăşirea rezistenţei opusă de căile aeriene la trecerea aerului spre interiorul plămânilor, numită lucrul mecanic al rezistenţei căilor aeriene.

**Energia necesară în respiraţie.** În timpul respiraţiei normale de repaus, doar 3 - 5% din energia cheltuită de organism este cerută de necesităţile enrgetice ale proceselor ventilatorii pulmonare. În schimb, în timpul unui efort fizic intens, necesarul de energie poate creşte de până la 50 de ori faţă de repaus.

## VOLUME ŞI CAPACITĂŢI PULMONARE

O metodă simplă pentru studiul ventilaţiei pulmonare este înregistrarea volumului aerului deplasat spre interiorul şi, respectiv, exteriorul plămânilor (fig. 119), procedeu numit spirometrie (datorită denumirii aparatului utilizat, spirometru).

Există patru **volume pulmonare** diferite, care, adunate, totalizează volumul maxim pe care îl poate atinge expansiunea pulmonară. Semnificaţia acestor volume este următoarea:



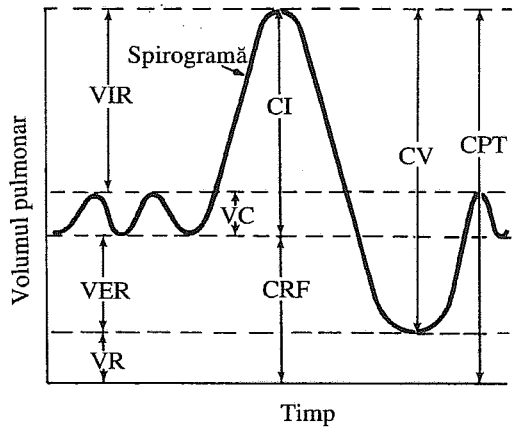



**Fig. 119. Volume şi capacităţi pulmonare**
**VIR - volum inspirator de rezervă, CI - capacitate inspiratorie, CV - capacitate vitală, CPT - capacitate pulmonară totală, VC - volum curent, VER - volum expirator de rezervă, CRF - capacitate reziduală funcţională, VR - volum rezidual**

- ***Volumul curent*** este volumul de aer inspirat şi expirat în timpul respiraţiei normale (în medie 500 ml).
- ***Volumul inspirator de rezervă*** este un volum suplimentar de aer care poate fi inspirat peste volumul curent (3000 ml).
- ***Volumul expirator de rezervă*** reprezintă cantitatea suplimentară de aer care poate fi expirată în urma unei expiraţii forţate după expirarea unui volum curent (1100 ml).
- ***Volumul rezidual*** este volumul de aer care rămâne în plămâni şi după o expiraţie forţată (1200 ml).

**Capacităţile pulmonare** sunt sume de două sau mai multe volume pulmonare.

- ***Capacitatea inspiratorie***, egală cu suma dintre volumul curent şi volumul inspirator de rezervă, reprezintă cantitatea de aer pe care o persoană o poate respira pornind de la nivelul expirator normal până la distensia maximă a plămânilor (3500 ml).
- ***Capacitatea reziduală funcţională***, egală cu suma dintre volumul expirator de rezervă şi volumul rezidual, reprezintă cantitatea de aer ce rămâne în plămâni la sfârşitul unei expiraţii normale (2300 ml).
- ***Capacitatea vitală***, egală cu suma dintre volumul inspirator de rezervă, volumul curent şi volumul expirator de rezervă, reprezintă volumul maxim de aer pe care o persoană îl poate scoate din plămâni după o inspiraţie maximă (4600 ml).
- ***Capacitatea pulmonară totală***, egală cu capacitatea vitală plus volumul rezidual, reprezintă volumul maxim până la care pot fi expansionaţi plămânii prin efort inspirator maxim (5800 ml).

Toate volumele şi capacităţile pulmonare sunt cu 20-25% mai mici la femei decât la bărbaţi; de asemenea, ele sunt mai mari la atleţi şi mai mici la persoanele astenice.

Cu excepţia volumului rezidual, celelalte volume pulmonare se măsoară spirometric. Pentru măsurarea volumul rezidual, ca şi a capacităţilor care îl includ se utilizează alte metode de măsurare: metoda diluţiei sau tehnica pletismografică.

**Volumul respirator pe minut** este cantitatea totală de aer deplasată în arborele respirator în fiecare minut şi este egal cu produsul dintre volumul curent şi frecvenţa respiratorie (volum curent - 500 ml; frecvenţa respiratorie - 12 respiraţii / min), fiind egal cu 6 l/min. În diferite condiţii fiziologice şi patologice, aceste valori se pot modifica foarte mult.

**Ventilaţia alveolară** este volumul de aer care ajunge în zona alveolară a tractului respirator în fiecare minut şi participă la schimburile de gaze respiratorii. Valoarea sa medie este de 4,5-5 l/min, deci numai o parte din volumul respirator pe minut; restul reprezintă ventilaţia spaţiului mort (aer care umple căile aeriene până la bronhiile terminale). Ventilaţia alveolară este unul dintre factorii majori care determină presiunile parţiale ale oxigenului şi dioxidului de carbon în alveole.

## DIFUZIUNEA

După ventilaţia alveolară urmează o nouă etapă a procesului respirator; aceasta este difuziunea oxigenului din alveole în sângele capilar şi difuziunea în sens invers a dioxidului de carbon.

Toate gazele implicate în fiziologia respiraţiei sunt molecule simple, libere să se mişte unele printre altele, proces denumit difuziune. Afirmaţia este valabilă şi pentru gazele dizolvate în lichidele şi ţesuturile organismului.

Pentru ca difuziunea să poată avea loc este necesară o sursă de energie. Aceasta rezultă din însăşi cinetica moleculelor. Se ştie că toate moleculele întregii materii se află într-o continuă mişcare, ce nu încetează decât la temperatura zero absolut. Moleculele libere, neataşate unele de altele, se deplasează în linie dreaptă cu o viteză foarte mare, până ce se lovesc de o altă moleculă. Apoi ele se resping reciproc, luând alte direcţii de mişcare pe care le păstrează până la o nouă coliziune. În acest mod, moleculele se mişcă rapid unele printre altele.

Cauza presiunii este impactul constant al moleculelor cu o suprafaţă, în timpul mişcării lor. Aşadar, presiunea exercitată de gazele respiratorii pe suprafeţele căilor respiratorii şi ale alveolelor este proporţională, în orice moment, cu suma forţelor de impact dintre moleculele gazului şi aceste suprafeţe.

În fiziologia respiraţiei avem de-a face cu un amestec gazos, conţinând mai ales oxigen, azot şi dioxid de carbon. Rata difuziunii acestora va fi direct proporţională cu presiunea exercitată de către fiecare gaz în parte, denumită presiunea parţială a gazelor.

Gazele dizolvate în apă sau în ţesuturi dezvoltă, de asemenea, presiuni, deoarece moleculele acestora se mişcă dezordonat, posedând energie cinetică la fel ca şi în stare gazoasă.

Imediat ce aerul a pătruns în căile respiratorii, apa de la suprafaţa acestora se evaporă, umezindu-l. Presiunea exercitată de către moleculele de apă spre a se desprinde de suprafaţa apei se numeşte presiunea vaporilor de apă. La temperatura normală a corpului, 37° C, valoarea presiunii vaporilor de apă este de 47 mm Hg.

Concentraţia gazelor în aerul alveolar este foarte diferită de cea din aerul atmosferic. Există câteva cauze ale acestor diferenţe. Mai întâi, cu fiecare respiraţie, aerul alveolar este înlocuit doar parţial cu aer atmosferic. În al doilea rând, din aerul alveolar este extras permanent oxigenul şi primindu-se permanent dioxid de carbon din sângele pulmonar. În al treilea rând, aerul atmosferic uscat care pătrunde în căile respiratorii este umezit înainte de a ajunge la alveole.

Capacitatea reziduală funcţională este de 2300 ml. Cu fiecare respiraţie pătrund în alveole 350 ml aer proaspăt şi acelaşi volum de aer este expirat. Rezultă că numai o şeptime din volumul de aer alveolar este reînnoit cu fiecare respiraţie. În cazul unei ventilaţii alveolare normale sunt necesare 17 secunde pentru a reînnoi jumătate din volumul de aer alveolar. Aerisirea lentă a aerului alveolar este foarte importantă pentru prevenirea schimbărilor bruşte ale concentraţiei sangvine a gazelor.



**Unitatea respiratorie** este alcătuită dintr-o bronhiolă respiratorie, ducturi alveolare, antrumuri şi alveole. Există aproximativ 300 de milioane alveole pentru ambii plămâni, fiecare având un diametru de aproximativ 0,2 mm. Pereţii alveolelor sunt extrem de subţiri, iar între ei se află o reţea de capilare bogat anastomozate între ele. Datorită acestor plexuri capilare extrem de extinse, schimbul de gaze dintre aerul alveolar şi sângele capilar devine posibil şi are loc prin membranele tuturor porţiunilor terminale ale plămânilor. Aceste membrane sunt denumite generic membrane respiratorii sau membrane pulmonare.

**Membrana respiratorie** este alcătuită din: 1. endoteliul capilar; 2. interstiţiul pulmonar; 3. epiteliul alveolar; 4. surfactant. Grosimea sa medie este de 0,6 μ, putând atinge, în anumite locuri, 0,2 μ. Suprafaţa sa este de 50-100 m² (fig. 120).

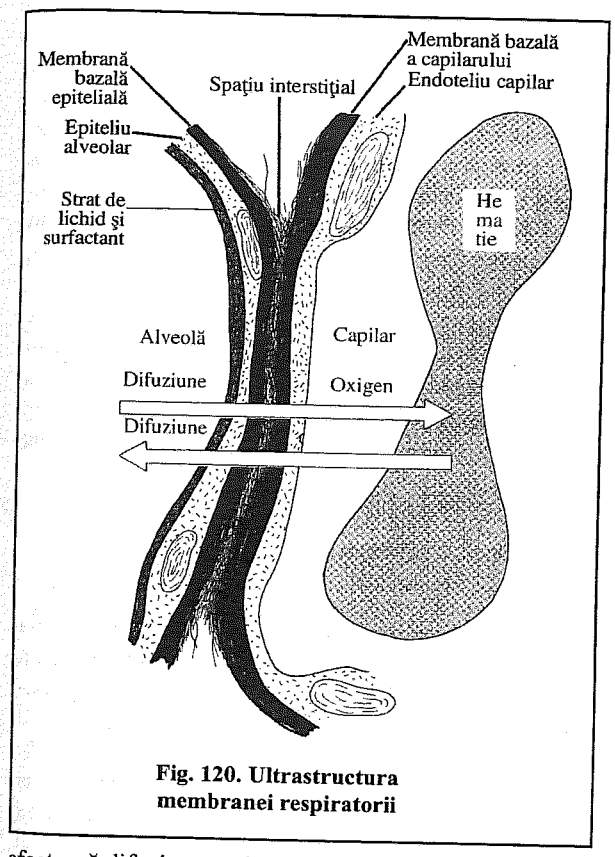



**Fig. 120. Ultrastructura membranei respiratorii**

**Factorii care influenţează rata difuziunii gazelor prin membrana respiratorie** sunt: 1. presiunea parţială a gazului în alveolă; 2. presiunea parţială a gazului în capilarul pulmonar; 3. coeficientul de difuziune al gazului (este specific pentru fiecare tip de moleculă şi este proporţional cu solubilitatea gazului în membrană, invers proporţional cu rădăcina pătrată a greutăţii moleculare a gazului şi direct proporţional cu temperatura absolută; rata difuziunii prin membrana respiratorie este aproape aceeaşi cu rata difuziunii în apă); 4. dimensiunile membranei respiratorii (invers proporţional cu grosimea şi direct proporţional cu suprafaţa sa).

**Capacitatea de difuziune a membranei respiratorii** este volumul unui gaz care difuzează prin membrană în fiecare minut, la o diferenţă de presiune de un mm Hg. Toţi factorii care afectează difuziunea prin membrana respiratorie pot afecta şi capacitatea de difuziune.

Capacitatea de difuziune pentru oxigen la adultul tânăr, în condiţii de repaus, este de 21 ml/min/mm Hg.

În timpul eforturilor fizice sau în alte condiţii care măresc mult debitul sangvin pulmonar şi ventilaţia alveolară, capacitatea de difuziune pentru oxigen, la adultul tânăr sănătos, poate creşte la o valoare maximă de 65 ml/min/mm Hg. Această creştere se datorează mai ales deschiderii suplimentare de capilare pulmonare, care erau închise în stare de repaus, crescând

astfel suprafaţa de schimb. Astfel, în timpul efortului fizic, oxigenarea sângelui creşte nu numai ca urmare a creşterii ventilaţiei, ci şi datorită creşterii capacităţii membranei respiratorii de a transfera oxigenul în sânge.

Capacitatea de difuziune pentru dioxidul de carbon se estimează ţinând cont de faptul că pentru acest gaz coeficientul de difuziune este de 20 de ori mai mare ca al oxigenului; astfel, la adultul sănătos, în repaus, capacitatea de difuziune este de 400-450 ml/min/mm Hg şi de 1200-1300 ml/min/mm Hg, în condiţii de efort fizic.

Factorii care influenţează capacitatea de difuziune a plămânilor ţin de proprietăţile sistemului pulmonar (componentul membrana respiratorie) şi de rata de reacţie a gazelor cu hemoglobina (componentul sânge, reprezentat de timpul de reacţie şi de cantitatea de hemoglobină). Fiecare dintre aceşti factori reprezintă o rezistenţă la transferul gazelor.

**Echilibrarea.** Difuziunea oxigenului se face din aerul alveolar spre sângele din capilarele pulmonare, deoarece presiunea parţială a $O_2$ în aerul alvolar este de 100 mm Hg, iar în sângele ce intră în capilarele pulmonare este de 40 mm Hg. După ce traversează membrana respiratorie, moleculele de $O_2$ se dizolvă în plasmă, ceea ce duce la creşterea presiunii parţiale a $O_2$ în plasmă; consecutiv, $O_2$ difuzează în hematii, unde se combină cu hemoglobina. În mod normal, egalarea presiunilor parţiale, alveolară şi sangvină, ale $O_2$ se face în 0,25 secunde. Hematia petrece, în medie, 0,75 secunde în capilarul pulmonar; dacă echilibrarea apare în 0,25 secunde, rămâne un interval de 0,50 secunde, numit margine de siguranţă, şi care asigură o preluare adecvată a $O_2$ în timpul unor perioade de stres (efort fizic, expunere la altitudini mari etc.).

Difuziunea $CO_2$ se face dinspre sângele din capilarele pulmonare spre alveole, deoarece presiunea parţială a $CO_2$ în sângele din capilarele pulmonare este de 46 mm Hg, iar în aerul alveolar de 40 mm Hg. Deşi gradientul de difuziune al $CO_2$ este de doar o zecime din cel al $O_2$, $CO_2$ difuzează de 20 de ori mai repede decât $O_2$, deoarece este de 25 de ori mai solubil în lichidele organismului decât $O_2$. În mod normal, egalarea presiunilor parţiale, alveolară şi sangvină, ale $CO_2$ se face în 0,25 secunde.

## TRANSPORTUL GAZELOR

**Transportul $O_2$.** După ce difuzează prin membrana respiratorie, oxigenul se dizolvă în plasma din capilarele pulmonare; din plasmă, $O_2$ difuzează în eritrocite, unde se combină reversibil cu ionii de fier din structura hemoglobinei, transformând deoxihemoglobina în oxihemoglobină. Fiecare gram de hemoglobină se poate combina cu maximum 1,34 ml $O_2$; în mod normal, există 12-15 g hemoglobină/dl sânge. Astfel, sângele arterial transportă 20 ml $O_2$/dl, din care 98,5% este transportat de hemoglobină, iar 1,5% dizolvat în plasmă. Fiecare moleculă de hemoglobină se poate combina cu maximum 4 molecule de $O_2$, situaţie în care saturarea hemoglobinei cu $O_2$ este de 100%. Cantitatea de $O_2$ ce se combină cu hemoglobina depinde de presiunea parţială a $O_2$, aşa cum se observă şi din curba de asociere (disociere) a hemoglobinei cu oxigenul, care nu este liniară, ci are aspect de S italic. (fig. 121). Afinitatea hemoglobinei pentru $O_2$ este invers proporţională cu $P_{50}$ (care reprezintă presiunea parţială a $O_2$ la care saturaţia hemoglobinei cu $O_2$ este de 50%). Valoarea normală a lui $P_{50}$ în sângele arterial este de 27 mm Hg. Hemoglobina este o enzimă alosterică ce interacţionează cu $O_2$; de aceea, afinitatea ei pentru $O_2$ poate fi modificată de diferiţi liganzi. Astfel, scăderea pH-ului, creşterea temperaturii, a presiunii parţiale a $CO_2$ şi a concentraţiei de 2,3 DPG determină scăderea afinităţii hemoglobinei



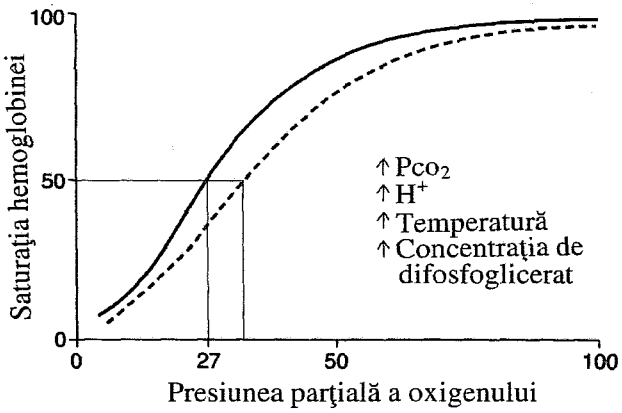



**Fig. 121. Curba de disociere a oxihemoglobinei**

pentru $O_2$, ilustrată prin scăderea valorii lui $P_{50}$. Variaţiile în sens invers ale acestor parametri determină creşterea afinităţii hemoglobinei pentru $O_2$.

La nivelul ţesuturilor, presiunea parţială a $O_2$ este de 40 mm Hg, iar $O_2$ va difuza din plasmă în interstiţii şi de aici în celule. Are loc scăderea rapidă a presiunii parţiale a $O_2$ plasmatic, fapt ce determină disocierea oxihemoglobinei, hemoglobina rămânând saturată în proporţie de 50-70%.

Fiecare 100 ml sânge eliberează la ţesuturi, în repaus, câte 7 ml $O_2$. Acesta este coeficientul de utilizare a $O_2$.

În timpul efortului fizic, acest coeficient poate creşte la 12%. Prin cedarea $O_2$ la ţesuturi, o parte din oxihemoglobină devine hemoglobină redusă, care imprimă sângelui venos culoarea roşu-violaceu caracteristică.

**Transportul $CO_2$.** $CO_2$ este rezultatul final al proceselor oxidative tisulare. El difuzează din celule în capilare, determinând creşterea presiunii sale parţiale în sângele venos cu 5 - 6 mm Hg faţă de sângele arterial.

$CO_2$ este transportat prin sânge sub mai multe forme: 1. dizolvat fizic în plasmă (5%); 2. sub formă de carbaminohemoglobină, ce rezultă prin combinarea $CO_2$ cu grupările $NH_2$ terminale din lanţurile proteice ale hemoglobinei (5%); 3. sub formă de bicarbonat plasmatic (90%), obţinut prin fenomenul de membrană Hamburger sau fenomenul migrării clorului, care are loc la nivelul eritrocitelor ($CO_2$ intră in eritrocit, unde, în prezenţa anhidrazei carbonice, reacţionează rapid cu apa, formând acid carbonic; acesta disociază în ion de hidrogen şi ion bicarbonat, cel din urmă difuzând în plasmă; ionul de hidrogen este neutralizat de hemoglobina redusă.

Deoarece ionul bicarbonat este încărcat negativ, iar membrana eritrocitului este relativ impermeabilă pentru cationi, ieşirea ionului bicarbonat din celulă determină o scădere a numărului de sarcini electrice negative în interiorul celulei; pentru neutralizarea acestui efect, ionul de clor difuzează din plasmă în eritrocit) (fig. 122).

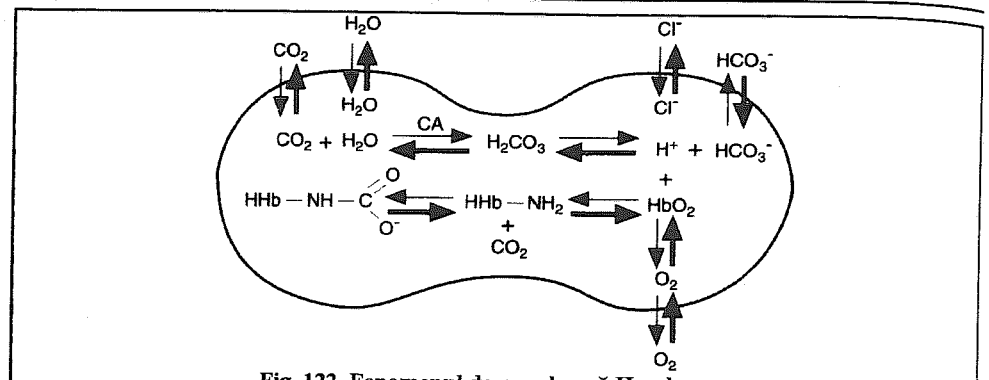



**Fig. 122. Fenomenul de membrană Hamburger**

## REGLAREA RESPIRAŢIEI

### MECANISMELE SISTEMULUI NERVOS CENTRAL

Muşchii respiratori sunt muşchi scheletici şi, ca urmare, pentru a se contracta au nevoie de stimuli electrici transmişi de la nivelul sistemului nervos central. Aceşti stimuli sunt transmişi prin intermediul nervilor somatici. Muşchiul inspirator cel mai important, diafragmul, este inervat prin fibre motorii ale nervilor frenici, care îşi au originea în regiunea cervicală a măduvei spinării. Impulsurile ajung la nivelul nervilor frenici pe căi voluntare sau involuntare ale SNC. Această dualitate a căii de conducere permite controlul voluntar al respiraţiei în timpul unor activităţi cum sunt: vorbitul, cântatul, înotul, alături de controlul involuntar, care permite oamenilor să respire automat, fără efort conştient.

**Centrii bulbari.** Ritmul de bază, involuntar, automat al respiraţiei este generat în bulbul rahidian, dar sursa exactă şi mecanismul de generare rămân necunoscute. Respiraţia spontană are loc atât timp cât bulbul rahidian şi măduva spinării sunt intacte. Bilateral, în bulb, există două grupuri de neuroni care generează ritmul de bază: grupul respirator dorsal (GRD) şi grupul respirator ventral (GRV). Activitatea nervoasă din alte zone ale SNC (punte, talamus, SRAA, cortex cerebral) şi aferenţele nervilor vag, glosofaringian şi ale nervilor somatici influenţează activitatea GRD şi a GRV. GRD se află bilateral în bulb, localizat în nucleul tractului solitar. Neuronii acestui grup sunt neuroni inspiratori (descarcă impulsuri în timpul inspiraţiei). Sunt consideraţi generatorii ritmului primar al respiraţiei, deoarece activitatea lor creşte gradat în timpul inspirului; activitatea lor electrică a fost asemănată cu o rampă, deoarece ea prezintă un crescendo în timpul inspirului, după care dispare rapid. Astfel, în respiraţia normală, semnalul începe foarte slab şi creşte uniform, în timp de 2 secunde, luând aspectul unei pante ascendente (rampe). El încetează brusc pentru următoarele 3 secunde şi apoi se reia un alt ciclu; acest model se repetă permanent. Avantajul unui astfel de semnal este că el determină o creştere uniformă a volumului plămânilor în timpul inspiraţiei.

Aferenţele la GRD sunt în primul rând de la nervii vag şi glosofaringian, care aduc informaţii de la chemoreceptorii periferici şi de la receptorii mecanici din plămâni. Activitatea GRD este stimulată de scăderea presiunii parţiale a $O_2$, de creşterea presiunii parţiale a $CO_2$, de scăderea pH-ului, de creşterea activităţii la nivelul SRAA. Activitatea GRD este inhibată de destinderea plămânilor, prin impulsuri primite de la receptorii de întindere din plămâni.



Eferenţele de la GRD merg la motoneuronii intercostali şi la nervul frenic controlaterali, precum şi la GRV. GRV este localizat la 5 mm anterior şi lateral de GRD. Neuronii acestui grup rămân aproape total inactivi în timpul respiraţiei normale liniştite. Prin urmare, respiraţia normală de repaus este controlată numai de semnale inspiratorii repetitive din GRD, transmise în principal către diafragm, iar expiraţia rezultă din reculul elastic al cutiei toracice şi al plămânilor. Când semnalele pentru creşterea ventilaţiei pulmonare devin mai mari decât normal, semnalele respiratorii se îndreaptă dinspre mecanismul oscilator de bază al GRD către GRV. În consecinţă, doar în această situaţie GRV îşi aduce contribuţia la coordonarea respiraţiei. Stimularea electrică a unor neuroni din GRV determină inspiraţia, în timp ce stimularea altora determină expiraţia. Deci, aceşti neuroni contribuie atât la inspiraţie, cât şi la expiraţie. În plus, ei sunt implicaţi în elaborarea unor semnale expiratorii puternice către muşchii abdominali în timpul expiraţiei forţate (astfel, această arie operează ca un mecanism de suprastimulare, când sunt necesare nivele înalte ale ventilaţiei pulmonare).

**Centrii pontini** sunt arii ale trunchiului cerebral ce modifică activitatea centrilor bulbari respiratori.

***Centrul apneustic*** se găseşte în zona caudală a punţii, dar nu a fost identificat ca entitate neuronală. Eferenţele de la acest centru determină creşterea duratei inspiraţiei, micşorând frecvenţa respiratorie; rezultatul este un inspir mai adânc şi mai prelungit. În mod normal, centrul apneustic este inhibat de impulsuri transmise prin nervul vag şi de activitatea centrului pneumotaxic. Vagotomia bilaterală şi distrugerea centrului pneumotaxic determină perioade prelungite de inspir (apneusis).

***Centrul pneumotaxic***, localizat dorsal, în puntea superioară, transmite continuu impulsuri către aria inspiratorie. Efectul principal al acestora este de a controla punctul de întrerupere al pantei inspiratorii, determinând astfel durata inspirului (limitează inspiraţia). În plus, acţiunea sa are un efect secundar de creştere a frecvenţei respiraţiei, deoarece limitarea inspiraţiei scurtează şi expiraţia, deci şi întreaga perioadă a ciclului respirator. Astfel, un semnal pneumotaxic puternic poate creşte frecvenţa respiratorie până la 30-40 respiraţii pe minut. (fig. 123).

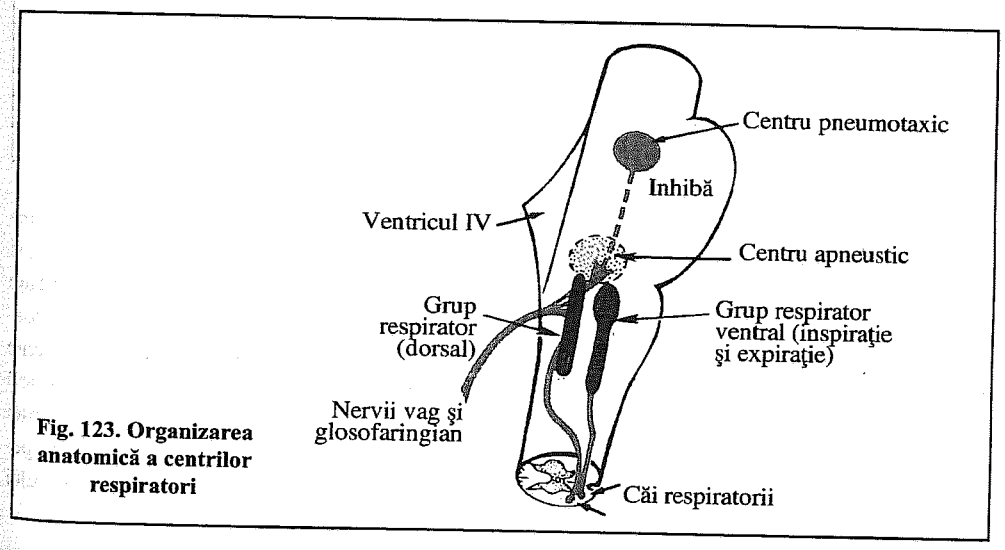



**Fig. 123. Organizarea anatomică a centrilor respiratori**

**Chemoreceptorii centrali (aria chemosenzitivă a centrului respirator)** sunt localizaţi bilateral şi se întind până la mai puţin de 1 mm de suprafaţa ventrală a bulbului rahidian.

Sunt sensibili la concentraţia ionilor de hidrogen din lichidul cefalorahidian (LCR) şi din lichidul interstiţial. Ionii nu pot traversa bariera hematoencefalică; $CO_2$ poate traversa această barieră, apoi se hidratează rezultând $H_2CO_3$, care disociază în $H^+$ şi $HCO_3$, ceea ce modifică concentraţia $H^+$ în LCR şi ţesutul cerebral. Creşterea concentraţiei $CO_2$ ($H^+$) în LCR determină chemoreceptorii periferici să stimuleze respiraţia. Astfel, $CO_2$ sangvin are un efect foarte mic de stimulare directă asupra acestor chemoreceptori, în schimb, efectul său indirect, prin $H^+$, este remarcabil. Aproximativ 85% din controlul bazal al respiraţiei prin mecanism chimic se realizează prin efectul stimulator al $CO_2$ ($H^+$) asupra chemoreceptorilor centrali. Restul de 15% se realizează cu ajutorul chemoreceptorilor periferici (fig. 124).

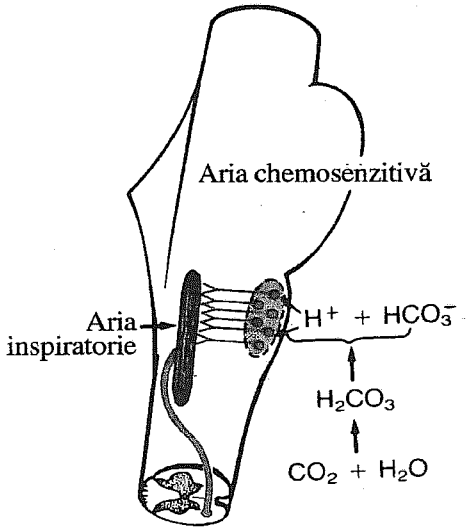



**Fig. 124. Aria chemosenzitivă a centrului respirator**

**Chemoreceptorii periferici** se găsesc în afara SNC, la nivelul corpilor aortici şi carotidieni. Ei sunt stimulaţi de scăderea presiunii parţiale a $O_2$, creşterea presiunii parţiale a $CO_2$ şi scăderea pH-ului în sângele arterial. Chemoreceptorii periferici sunt singurii din organism care detectează modificarea presiunii parţiale a $O_2$ în lichidele organismului. Sunt stimulaţi de scăderea presiunii parţiale a oxigenului în sângele arterial sub 60-80 mm Hg. Impulsurile aferente de la aceşti receptori sunt transmise sistemului nervos central prin nervii vag (de la corpii aortici) şi glosofaringian (de la corpii carotidieni), consecinţa stimulării lor fiind creşterea frecvenţei şi amplitudinii respiraţiilor. Creşterea presiunii parţiale a $CO_2$ stimulează chemoreceptorii periferici, dar efectul ei major se realizează la nivelul chemoreceptorilor centrali. Scăderea pH-ului stimulează, de asemenea, aceşti chemoreceptori (fig. 125).



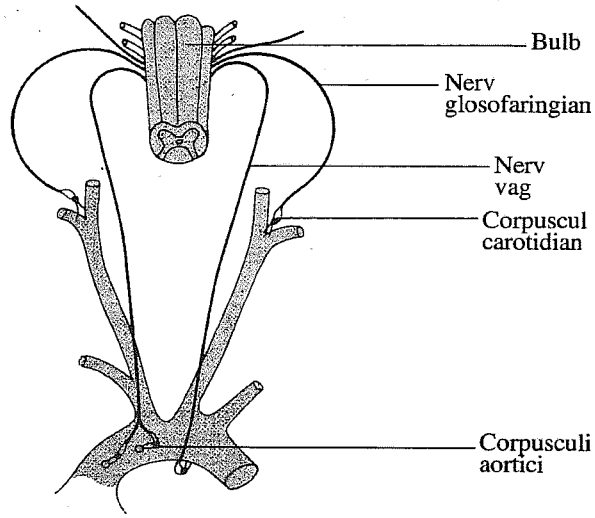



**Fig. 125. Sistemul chemoreceptor periferic**

La reglarea respiraţiei contribuie şi **alte tipuri de receptori.**

- Receptorii activaţi prin întindere sunt localizaţi în căile aeriene mici şi sunt stimulaţi de distensia plămânilor; stimularea lor iniţiază reflexul Hering-Breuer, reflex ce stopează inspirul prin trimiterea de impulsuri ce inhibă centrii respiratori pontini şi bulbari, via nervul vag.
- Receptorii activaţi de substanţe iritante sunt localizaţi în căile aeriene mari, fiind stimulaţi de fum, gaze toxice, particule din aerul inspirat. Sunt declanşate astfel reflexele de tuse, bronhoconstricţie, secreţie de mucus şi apnee (oprirea respiraţiei).
- Receptorii J sunt localizaţi în interstiţiul pulmonar la nivelul capilarelor pulmonare şi sunt stimulaţi de distensia vaselor pulmonare; ei iniţiază reflexe ce determină respiraţie rapidă şi superficială.
- Receptorii de la nivelul cutiei toracice pot detecta forţa generată de contracţia muşchilor respiratori. Informaţiile de la aceşti receptori participă la apariţia senzaţiei de dispnee (dificultate în respiraţie).

# APARATUL CARDIOVASCULAR

## ANATOMIA APARATULUI CARDIOVASCULAR

### INIMA

Inima este organul central al aparatului cardiovascular. Este situată în mediastin şi are forma unei piramide triunghiulare sau a unui con turtit, culcat pe diafragmă. Axul inimii este oblic dirijat în jos, la stânga şi înainte, astfel că 1/3 din inimă este situată la dreapta şi 2/3 la stânga planului mediosagital al corpului. Greutatea inimii este de 250-300 g, iar volumul este asemănător pumnului drept. Prezintă o faţă convexă, sternocostală, şi o faţă plană, diafragmatică (fig. 126).

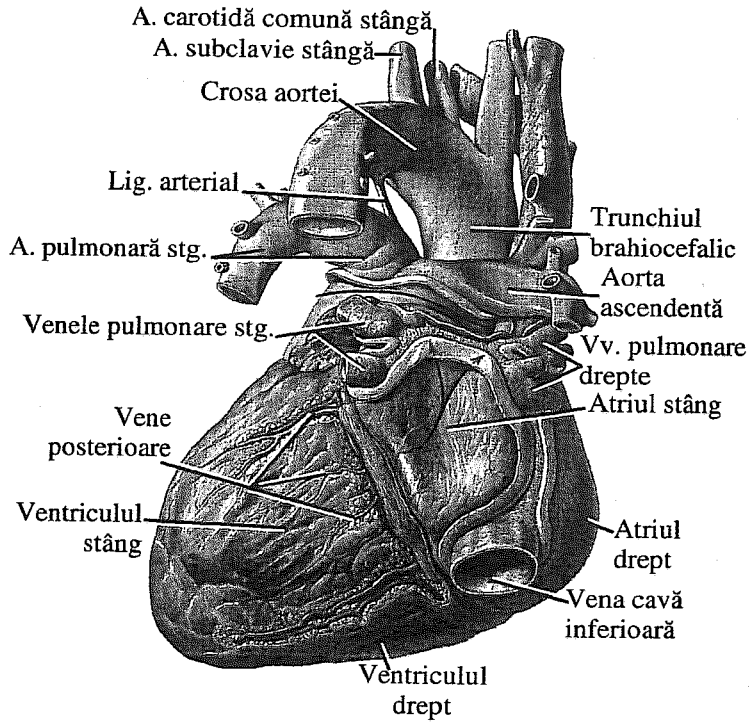



**Fig. 126. Cordul, faţa diafragmatică**



Cele două feţe se unesc printr-o margine mai ascuţită, marginea dreaptă. Marginea stângă, rotunjită, se prezintă ca o adevărată faţă, faţa pulmonară. Vârful inimii, orientat în jos şi spre stânga, este situat în spaţiul 5 intercostal stâng, unde acest spaţiu este intersectat de linia medioclaviculară stângă. Baza inimii priveşte înapoi şi la dreapta; de la nivelul ei pleacă arterele mari ale inimii (aorta şi trunchiul pulmonar) şi sosesc venele mari (cele două vene cave şi cele patru vene pulmonare). La baza inimii se află atriile, iar spre vârf ventriculii.

Pe faţa sternocostală, între cele două ventricule se află şanţul interventricular posterior. Între atrii şi ventricule se găsesc şanţurile coronar stâng şi, respectiv, drept. În aceste patru şanţuri se găsesc arterele şi venele inimii.

#### CAVITĂŢILE INIMII

**Atriile** au formă aproximativ cubică, capacitate mai mică decât a ventriculilor, pereţii mai subţiri şi prezintă câte o prelungire, numite urechiuşe. La nivelul atriului drept se găsesc cinci orificii: orificiul venei cave superioare, orificiul venei cave inferioare, prevăzut cu valvula Eustachio, orificiul sinusului coronar, prevăzut cu valvula Thebesius, orificiul urechiuşei drepte şi orificiul atrioventricular drept, prevăzut cu valvula tricuspidă (fig. 127); aceasta din urmă proemină ca o pâlnie în ventricul.

La nivelul atriului drept se disting două porţiuni: una, între cele două vene cave, numită porţiunea sinusală (care la începutul dezvoltării este o cameră distinctă de atrii, dar foarte timpuriu este încorporată în atriul drept); cea de-a doua porţiune este atriul drept propriu-zis, care prezintă o musculatură specială (muşchii pectinaţi).

Între porţiunea sinusală şi atriul propriu-zis se află creasta terminală de la care pornesc muşchii pectinaţi.

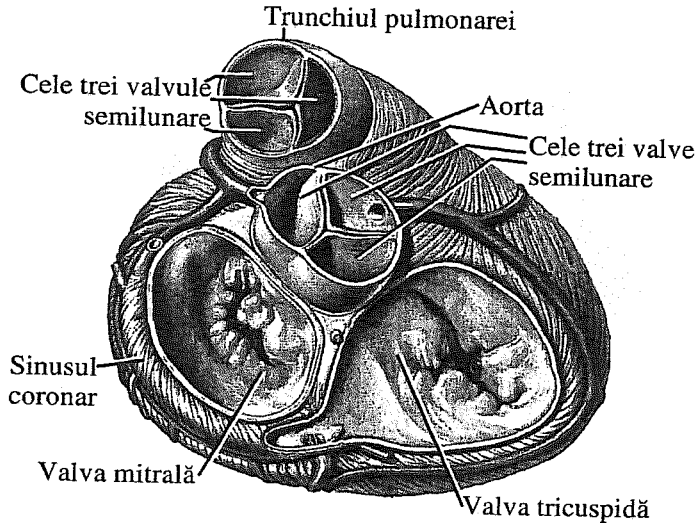



**Fig. 127. Vasele mari de la baza cordului şi planul orificial al cordului**

La nivelul atriului stâng sunt patru orificii de deschidere ale venelor pulmonare, orificiul de deschidere al urechiuşei stângi şi orificiul atrioventricular prevăzut cu valvula bicuspidă. Cele două atrii sunt separate prin septul interatrial. La nivelul acestuia, în viaţa intrauterină există orificiul Botallo, prin care cele două atrii comunică între ele. După naştere, acest orificiu se închide prin apariţia fosei ovale, înconjurată de un relief muscular numit limbul fosei ovale (Vieussens).

Dacă orificiul Botallo persistă după naştere, apare maladia albastră, datorită amestecării sângelui arterial cu cel venos. Indivizii au tegumentele albăstrui, datorită neoxigenării sângelui arterial.

**Ventriculele** au o formă piramidală triunghiulară, cu baza spre orificiul atrioventricular. Pereţii lor nu sunt netezi, ci prezintă pe faţa internă nişte trabecule cărnoase. Trabeculele sunt de trei categorii (fig. 128, 129):

- de ordinul I - muşchii papilari, de formă conică, prin baza lor aderând de pereţii ventriculilor, iar vârful oferind inserţie cordajelor tendinoase care se prind pe valvulele atrioventriculare. Cordajele tendinoase împiedică împingerea valvulelor spre atrii în timpul sistolei ventriculare. Există trei muşchi papilari în ventriculul drept şi numai doi în ventriculul stâng.
- de ordinul II - care se inseră prin ambele capete pe pereţii ventriculari;

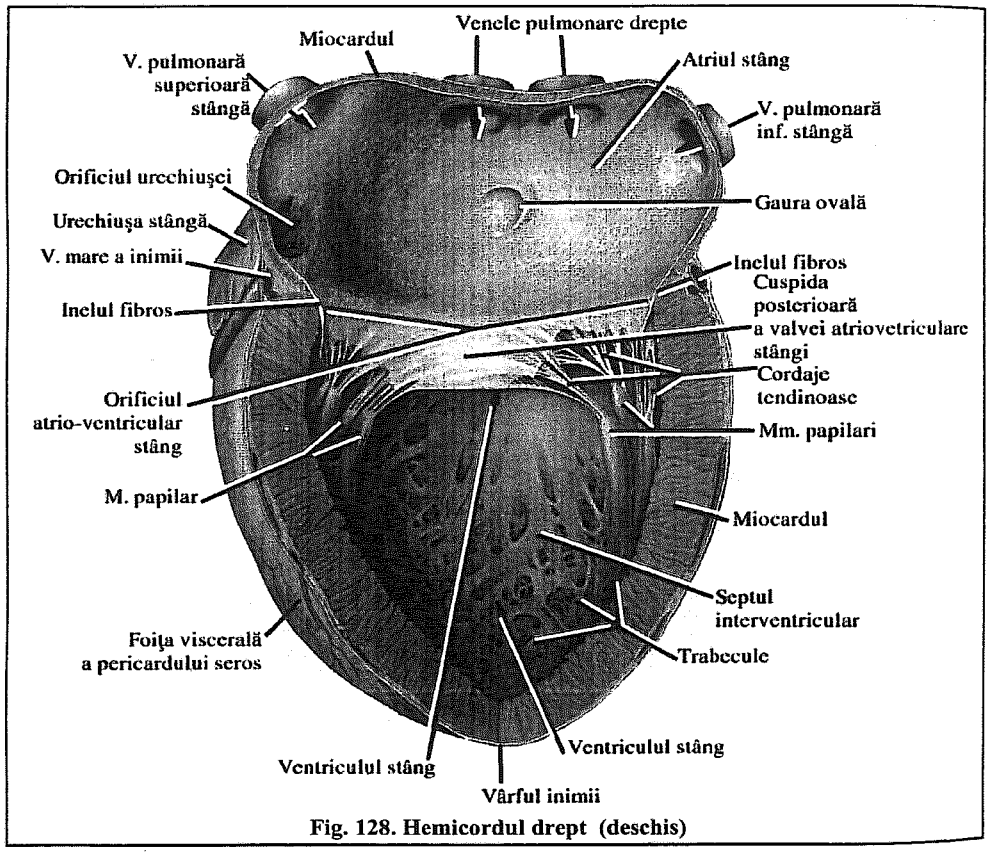



**Fig. 128. Hemicordul drept (deschis)**



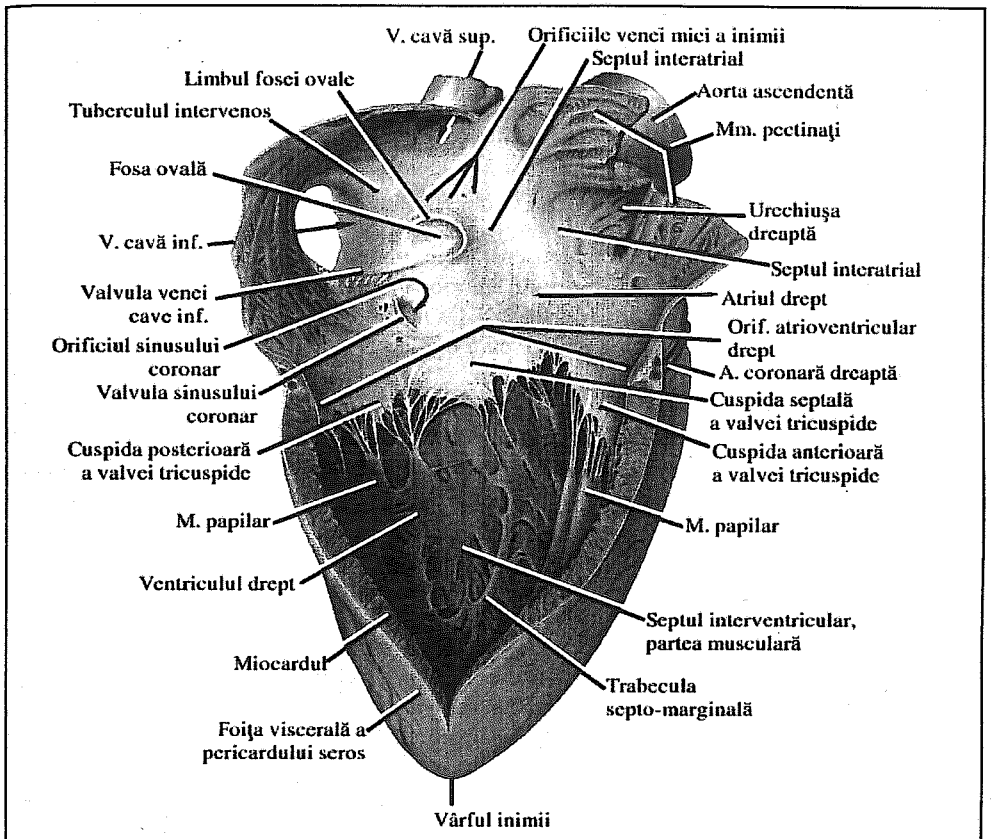



**Fig. 129. Hemicordul stâng (deschis)**

- de ordinul III - care aderă pe toată întinderea lor de pereţii ventriculari, făcând relief în interiorul ventriculilor.

La baza ventriculilor se află orificiile atrioventriculare (drept şi stâng), fiecare prevăzut cu valvula atrioventriculară respectivă, cât şi orificiile arteriale prin care ventriculul stâng comunică cu aorta, iar cel drept cu trunchiul pulmonar. Fiecare orificiu arterial este prevăzut cu trei valvule semilunare sau sigmoide, care au aspect de cuib de rândunică cu concavitatea superior. În jurul orificiilor atrioventriculare şi arteriale există inele fibroase.

Cele două ventricule sunt separate prin septul interventricular care este în parte membranos (în partea superioară), dar în cea mai mare parte musculos (în partea inferioară). Partea membranoasă, mai mică, este îndreptată spre atrii.

## STRUCTURA INIMII

Din punct de vedere structural, inima este alcătuită din trei tunici care, de la exterior spre interior, sunt: epicardul, miocardul şi endocardul.

**Epicardul** este foiţa viscerală a pericardului seros şi acoperă complet exteriorul inimii.

**Miocardul** cuprinde miocardul adult, contractil (de execuţie) şi miocardul embrionar, de comandă (ţesutul nodal). Miocardul adult este un muşchi striat din punct de vedere morfologic, dar are proprietăţile muşchiului neted din punct de vedere funcţional (contracţii automate şi involuntare); el formează muşchi separaţi pentru atrii, care sunt mai subţiri şi cu fibre circulare, şi muşchi separaţi pentru ventricule, mai groşi şi cu fibre oblic spiralate.

Muşchii atriilor şi ventriculilor se inseră pe inelele fibroase din jurul orificiilor atrioventriculare şi arteriale, cât şi pe porţiunea membranoasă a septului interventricular. Toate aceste formaţiuni alcătuiesc scheletul fibros al inimii.

Musculatura atriilor este complet separată de musculatura ventriculilor, legătura anatomică şi funcţională fiind realizată de ţesutul embrionar, alcătuit dintr-o musculatură specifică, ce păstrează caracterele embrionare. Morfologic, ţesutul nodal se deosebeşte de cel de execuţie prin aranjamentul neregulat al miofibrilelor care trec de la o celulă la alta, formând reţele, şi prin abundenţa sarcoplasmei, bogată în glicogen.

Ţesutul nodal cuprinde:

- nodulul sinoatrial Keith-Flack, în atriul drept, în vecinătatea vărsării venei cave superioare;
- nodulul atrioventricular Aschoff-Tawara, situat deasupra orificiului atrioventricular drept;
- fasciculul atrioventricular Hiss, care pleacă din nodulul atrioventricular şi se găseşte la nivelul porţiunii membranoase a septului interventricular. Deasupra porţiunii musculare a septului interventricular, fasciculul atrioventricular se împarte în două ramuri, una stângă şi alta dreaptă, care coboară în ventriculul respectiv. Cele două ramuri se ramifică formând reţeaua subendocardică Purkinje.

**Endocardul**. Încăperile inimii sunt căptuşite de o foiţă endotelială numită endocard. El trece fără întrerupere de la atrii spre ventricule, acoperind şi valvulele, cordajele tendinoase şi muşchii papilari. Endocardul de la nivelul atriilor se continuă cu intima venelor, iar la nivelul ventriculilor cu intima arterelor. Endocardul inimii drepte este independent de endocardul inimii stângi.

## VASCULARIZAŢIA ŞI INERVAŢIA INIMII

Inima este irigată de cele două artere coronare (stângă şi dreaptă), cu originea în aorta ascendentă. Coronara stângă, după un traiect scurt, se împarte în două ramuri: una, numită interventriculară anterioară, coboară în şanţul interventricular anterior, cealaltă, artera circumflexă, străbate şanţul coronar stâng.

Artera coronară dreaptă se angajează în şanţul coronar drept şi apoi coboară prin şanţul interventricular posterior. Din arterele coronare se desprind ramuri colaterale, care sunt de tip terminal, irigând anumite teritorii din miocard şi neanastomozându-se cu ramurile colaterale vecine. Dacă una din aceste colaterale se obstruează printr-un spasm prelungit sau printr-un tromb (embolus), teritoriul respectiv nu mai primeşte substanţe nutritive şi $O_2$, se necrozează şi apare infarctul.

Sângele venos al inimii este colectat de vene, şi anume: vena mare a inimii, care urcă prin şanţul interventricular anterior, vena mijlocie a inimii, care urcă prin şanţul interventricular posterior, şi vena mică a inimii, care străbate şanţul coronar drept. Sângele colectat de aceste vene ajunge, în final, în colectorul venos principal al inimii, sinusul coronar, care se află în şanţul atrioventricular stâng. Sinusul coronar se deschide în atriul drept printr-un orificiu prevăzut cu valvula Thebesius.



Limfa inimii ajunge în ganglionii traheobronşici şi mediastinali, după ce a făcut staţie în ganglionii intermediari (descrişi de Fr. Rainer). Dintre aceşti ganglioni, unul se găseşte pe faţa anterioară a aortei ascendente.

Inervaţia extrinsecă a inimii este asigurată de nervii cardiaci, proveniţi din vag şi simpatic. Din vag se desprind nervii cardiaci (superiori şi inferiori), cât şi nervii cardiaci toracali. Nervii cardiaci simpatici sunt în număr de trei. Cel superior provine din ganglionul cervical superior, cel mijlociu provine din ganglionul cervical mijlociu, cel inferior din ganglionul stelat.

Nervii cardiaci simpatici şi parasimpatici se împletesc formând plexul cardiac, situat sub crosa aortei. În centrul acestui plex se află ganglionul descris de Wriesberg.

## PERICARDUL

La exterior, inima este cuprinsă într-un sac fibros numit pericard. Pericardul fibros are forma unui trunchi de con cu baza la diafragmă şi vârful la nivelul vaselor mari de la baza inimii. Feţele laterale vin în raport cu faţa mediastinală a plămânilor, faţa anterioară cu sternul şi coastele, iar faţa posterioară cu organele din mediastinul posterior. El este fixat de organele vecine prin ligamente (ligamentele sterno-pericardice îl fixează de stern, ligamentele vertebro-pericardice îl fixează de vertebrele toracale, iar ligamentele diafragmatico-pericardice de diafragm).

La interiorul pericardului fibros se află pericardul seros, format din două foiţe: una internă, epicardul, care căptuşeşte suprafaţa externă a miocardului, şi una externă, parietală, care tapetează suprafaţa internă a pericardului fibros. Cele două foiţe se continuă una cu cealaltă la nivelul vaselor mari de la baza inimii. Între cele două foiţe ale pericardului seros se află cavitatea pericardică virtuală, ce conţine o lamă fină de lichid pericardic.

# ARBORELE VASCULAR

Arborele vascular este format din artere, vase prin care sângele încărcat cu $O_2$ şi substanţe nutritive circulă dinspre inimă spre ţesuturi şi organe, capilare, vase cu calibru foarte mic, interpuse între artere şi vene, la nivelul cărora se fac schimburile între sânge şi diferitele ţesuturi, şi din vene, prin care sângele încărcat cu $CO_2$ este readus la inimă.

Arterele şi venele au în structura pereţilor lor trei tunici suprapuse, care de la exterior spre interior sunt: adventiţia, media şi intima. Calibrul arterelor scade de la inimă spre periferie, cele mai mici fiind arteriolele, care se continuă cu capilarele.

## STRUCTURA ARTERELOR ŞI VENELOR

**Adventiţia** este formată din ţesut conjunctiv, cu fibre de colagen şi elastice. În structura adventiţiei arterelor, ca şi la vene, există vase mici de sânge care hrănesc peretele vascular (vasa vasorum) şi care pătrund în tunica medie. În adventiţie se găsesc şi fibre nervoase vegetative, cu rol vasomotor.

**Tunica mijlocie (media)** are structură diferită, în funcţie de calibrul arterelor. La arterele mari, numite artere de tip elastic, media este formată din lame elastice cu dispoziţie concentrică, rare fibre musculare netede şi ţesut conjunctiv. În arterele mijlocii şi mici, numite artere de tip muscular, media este groasă şi conţine numeroase fibre musculare netede, printre care sunt dispersate fibre colagene şi elastice.

**Tunica internă, intima (endoteliu)**, este alcătuită dintr-un rând de celule endoteliale turtite, aşezate pe o membrană bazală. Intima se continuă cu endocardul ventriculilor. La artere, între aceste trei tunici se află două membrane elastice, membrana elastică internă, care separă intima de media, şi membrana elastică externă, care separă media de adventiţie.

Peretele venelor, al căror calibru creşte de la periferie spre intimă, are în structura sa aceleaşi trei tunici ca şi la artere, cu câteva deosebiri: cele trei tunici nu sunt bine delimitate, deoarece lipsesc cele două membrane elastice; tunica mijlocie a venelor este mai subţire, comparativ cu cea a arterelor, ţesutul muscular neted al venelor fiind mai redus; adventiţia este mai groasă. Intima de la nivelul venelor mari (venele cave) se continuă cu endocardul atriilor. În venele situate sub nivelul cordului, unde sângele circulă în sens opus gravitaţiei, endoteliul acoperă din loc în loc valvule în formă de cuib de rândunică, care au rolul de a fragmenta şi direcţiona coloana de sânge.

STRUCTURA CAPILARELOR

Sunt vase de calibru mic (4-12 μ), răspândite în toate ţesuturile şi organele. În structura lor distingem la exterior un periteliu, apoi o membrană bazală, iar la interior un endoteliu, care este format dintr-un singur rând de celule turtite. Membrana bazală este bogată în mucopolizaharide şi în fibre de reticulină. Periteliul este format din ţesut conjunctiv cu fibre colagene şi de reticulină, în care se găsesc şi fibre nervoase vegetative.

În ficat şi glandele endocrine există capilare de tip special, numite sinusoide; ele au calibru mai mare (10-30 μ), peretele întrerupt din loc în loc, ceea ce favorizează schimburile, nu au periteliu şi au un lumen neregulat, prezentând dilatări şi strâmtorări.

MAREA ŞI MICA CIRCULAŢIE

În alcătuirea arborelui vascular se află două teritorii de circulaţie: circulaţia mare (sistemică) şi circulaţia mică (pulmonară).

**Circulaţia mică**

Circulaţia pulmonară începe în ventriculul drept, prin trunchiul arterei pulmonare, care transportă spre plămân sânge cu $CO_2$.

Trunchiul pulmonar se împarte în cele două artere pulmonare care duc sângele cu $CO_2$ spre reţeaua capilară perialveolară unde-l cedează alveolelor care-l elimină prin expiraţie. Sângele cu $O_2$ este colectat de venele pulmonare, câte două pentru fiecare plămân. Cele patru vene pulmonare sfârşesc în atriul stâng.

**Circulaţia mare**

Circulaţia sistemică începe în ventriculul stâng, prin artera aortă care transportă sângele cu $O_2$ şi substanţe nutritive spre ţesuturi şi organe. De la nivelul acestora, sângele încărcat cu $CO_2$ este preluat de cele două vene cave care-l duc în atriul drept.

SISTEMUL AORTIC

Este format din artera aortă şi din ramurile ei, care irigă toate ţesuturile şi organele corpului omenesc (fig. 130, 131).



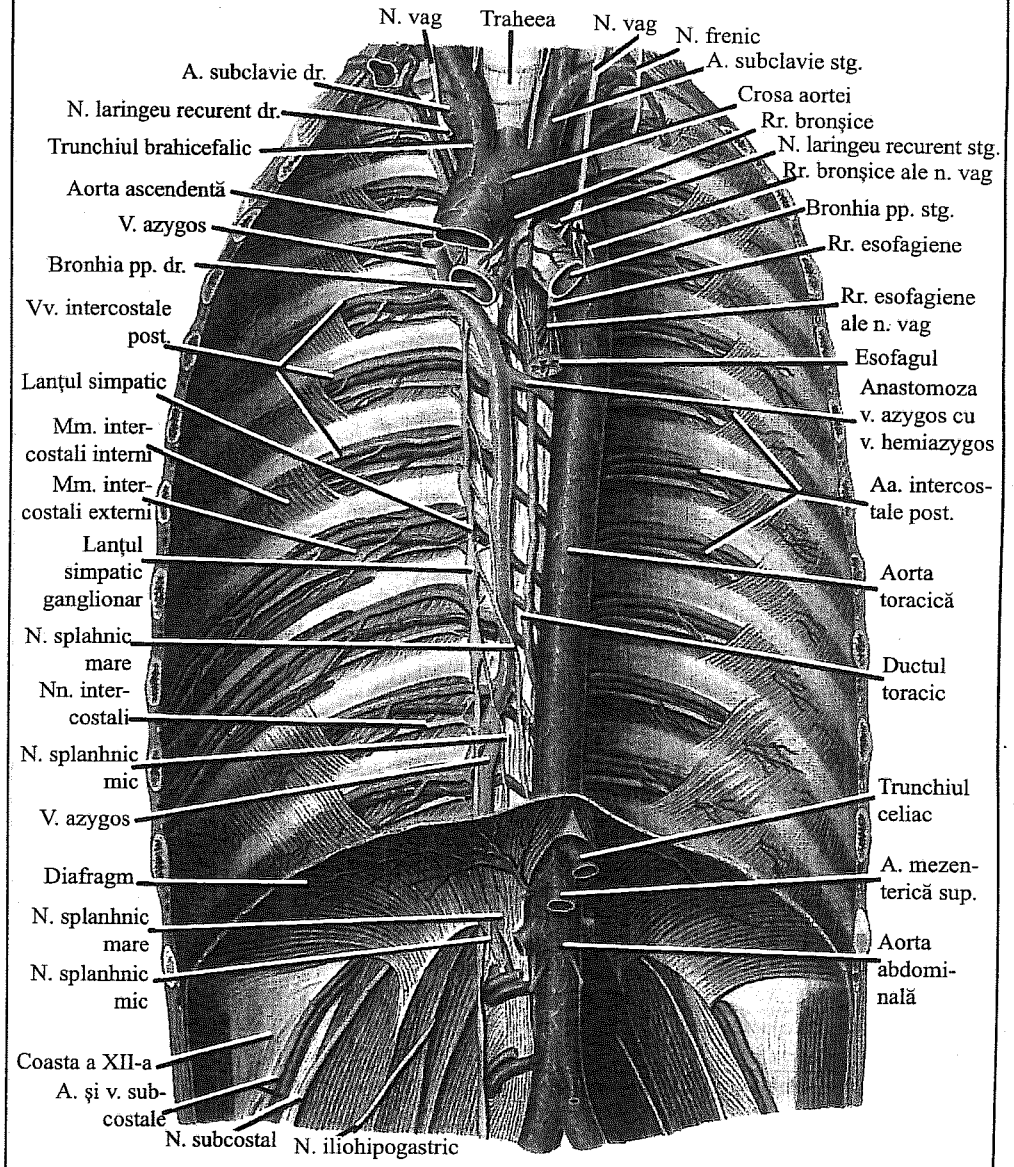



**Fig.130. Aorta toracică şi abdominală.**
**Nervii şi vasele spaţiilor intercostale posterioare şi mediastinului posterior**

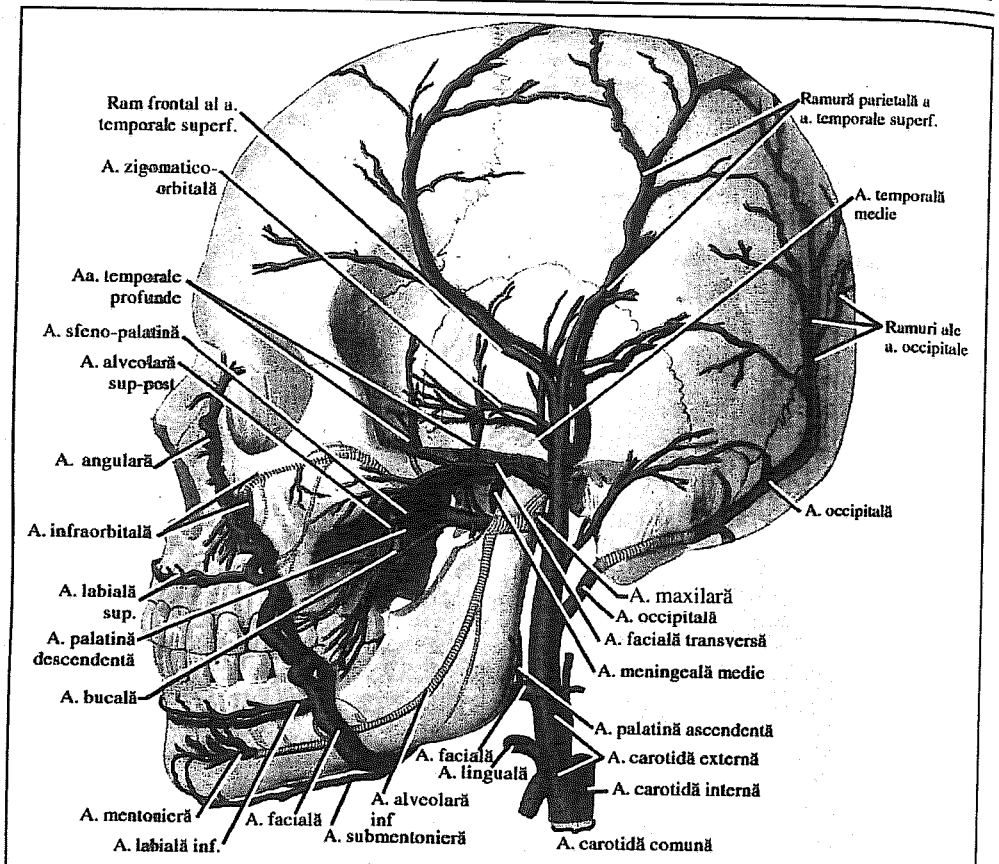



**Fig. 131. Artera carotidă**

***Sistemul arterial***

| Artera | Ramuri |
|---|---|
| **Aorta ascendentă**, cu originea în ventriculul stâng | Artera coronară stângă şi dreaptă care irigă inima. Cele două artere coronare sunt de tip terminal. Ramurile lor nu se anastomozează între ele. |
| **Arcul aortic**, care continuă aorta ascendentă | De la dreapta la stânga dă trei ramuri: trunchiul arterial brahiocefalic, carotida comună stângă şi subclavia stângă. |
| **Trunchiul arterial brahiocefalic** | Se împarte în: artera carotidă comună dreaptă şi artera subclavie dreaptă. |
| **Carotida comună dreaptă şi stângă** | Se împart în: artera carotidă externă, artera carotidă internă. La locul bifurcării există o dilataţie, numită sinusul carotic, care conţine chemo- şi baroreceptori. |
| **Carotida externă**, care vascularizează faţa şi gâtul | Are ramuri colaterale: artera tiroidiană superioară, artera lingvală, artera facială, artera faringiană ascendentă, artera auriculară posterioară, artera occipitală, cât şi ramuri terminale: artera temporală superficială, artera maxilară internă. |



***Sistemul arterial*** - *continuare*

| Artera | Ramuri |
|---|---|
| **Carotida internă** | Pătrunde în craniu, străbate canalul carotic din stânca temporalului. Participă la vascularizaţia encefalului şi a orbitei. Înainte de a se împărţi în ramurile sale terminale, dă o colaterală importantă - artera oftalmică; aceasta pătrunde în orbită, vascularizând ochiul şi anexele lui. Ramurile colaterale sunt: artera cerebrală anterioară, artera cerebrală medie şi artera comunicantă posterioară care leagă carotida internă de artera cerebrală posterioară, provenită din trunchiul arterei bazilare. |
| **Artera subclavie dreaptă şi stângă** | Au mai multe ramuri colaterale, din care menţionăm: artera vertebrală, artera tiroidiană inferioară, artera intercostală supremă (care furnizează primele două intercostale posterioare) şi artera toracică internă, care furnizează arterele intercostale anterioare. Artera vertebrală pătrunde în craniu, se uneşte cu opusa sa şi formează trunchiul arterei bazilare: aceasta se împarte în cele două artere cerebrale posterioare, care participă la vascularizarea encefalului. Din artera bazilară se desprind şi ramuri pentru cerebel şi trunchiul cerebral. |
| **Artera axilară** | Continuă artera subclavie şi, prin ramurile ei, vascularizează pereţii axilei. Se continuă cu artera humerală care merge de-a lungul braţului. |
| **Artera brahială** | Continuă artera axilară până la plica cotului. Dă următoarele ramuri: artera radială, artera ulnară. |
| **Artera radială şi ulnară** | La nivelul labei mâinii formează cele două arcade palmare: superficială, profundă, care dau ramuri pentru palmă şi degete (arterele digitale comune şi proprii). |
| **Aorta descendentă** | Continuă arcul aortei şi are un segment toracal şi unul abdominal. Ambele porţiuni ale aortei descendente dau ramuri parietale şi ramuri viscerale. |
| **Aorta descendentă toracică** | Ramuri parietale: arterele intercostale posterioare (de la a 3-a până la a 12-a) şi arterele diafragmatice superioare pentru diafragmă. Ramurile viscerale sunt: arterele bronşice, arterele pericardice şi arterele esofagiene. |
| **Aorta descendentă abdominală** | Ramuri parietale: arterele diafragmatice inferioare şi arterele lombare. Ramuri viscerale: 1. Trunchiul celiac, care, după un scurt traiect, se împarte în artera hepatică, artera gastrică stângă şi artera splenică. Artera gastrică stângă merge pe mica curbură a stomacului, artera splenică irigă marea curbură a stomacului, splina, corpul şi coada pancreasului. Artera hepatică irigă ficatul. Din ea se desprinde artera gastro-duodenală, care irigă marea curbură a stomacului, doudenul şi capul pancreasului. Tot din artera hepatică se desprinde şi artera gastrică dreaptă, care participă la vascularizaţia micii curburi a stomacului. 2. Artera mezenterică superioară - irigă duodenul, jejuno-ileonul, cecul, apendicele, colonul ascendent şi 1/2 dreaptă a colonului transvers. 3. Artera suprarenală stângă şi dreaptă - irigă glanda suprarenală respectivă. 4. Artera renală dreaptă şi stângă - irigă rinichiul respectiv. 5. Artera testiculară (ovariană) stângă şi dreaptă - irigă testiculele şi, respectiv, ovarele. 6. Artera mezenterică inferioară - irigă 1/2 stângă a colonului transvers, colonul descendent, colonul sigmoid şi 1/3 superioară a rectului, prin artera rectală superioară (ramură a arterei mezenterice inferioare). La nivelul vertebrei $L_4$, aorta descendentă se împarte în cele două ramuri terminale ale sale: artera iliacă comună stângă şi dreaptă. |

***Sistemul arterial*** - *continuare*

| Artera | Ramuri |
|---|---|
| **Artera iliacă comună** | Se împarte în artera iliacă externă şi iliacă internă (artera hipogastrică). |
| **Artera iliacă internă** | Irigă pereţii şi viscerele din pelvis. Ramuri parietale: artera sacrată laterală, artera ileolombară, artera fesieră superioară, artera fesieră inferioară şi artera obturatorie. Ramuri viscerale: a) comune la bărbat şi femeie: artera vezicală inferioară, artera rectală medie şi artera ruşinoasă internă, din care se desprind artera rectală inferioară, cât şi ramuri pentru organele genitale; b) diferite la femeie şi bărbat: la femeie: artera uterină şi vaginală; la bărbat: artera prostatică şi veziculo-diferenţială (pentru canalul deferent şi vezicula seminală); c) cu comportare specială - artera ombilicală, care este permeabilă la făt. După naştere se obliterează şi furnizează, din prima ei porţiune, artera vezicală superioară (pentru vezica urinară). |
| **Artera iliacă externă** | Părăseşte pelvisul şi ajunge la coapsă. Artera femurală, care continuă artera iliacă externă. |
| **Artera femurală** | Artera poplitee, care continuă artera femurală. |
| **Artera poplitee** | Artera tibială anterioară, artera tibială posterioară. |
| **Artera tibială anterioară** | Formează arcada dorsală a piciorului. |
| **Artera tibială posterioară** | Plantara internă, plantara externă. Acestea se unesc şi formează arcada plantară, din care se desprind arterele digitale comune şi proprii. |

SISTEMUL VENOS

Sistemul venos al marii circulaţii este reprezentat de două vene mari: vena cavă superioară şi vena cavă inferioară.

**Vena cavă superioară.** Strânge sângele venos de la creier, cap, gât, prin venele jugulare interne, de la membrele superioare, prin venele subclaviculare, şi de la torace (spaţiile intercostale, esofag, bronhii, pericard şi diafragm), prin sistemul azygos (fig. 132).

De fiecare parte, prin unirea venei jugulare internă cu vena subclavie ia naştere vena brahiocefalică stângă şi dreaptă, iar prin fuzionarea acestora se formează vena cavă superioară. Vena brahiocefalică dreaptă este mai aproape de verticală, în timp ce vena brahiocefalică stângă este mai mult orizontală.

Vena jugulară internă se formează în interiorul craniului, colectând sângele venos al sinusurilor (vase situate în grosimea septurilor durei mater encefalice).

Dintre sinusurile durei mater, menţionăm:

- sinusul sagital superior, situat în dreptul suturii sagitale la locul de unire al celor două oase parietale;
- sinusul sagital inferior, situat deasupra corpului calos;
- sinusul transvers, situat pe faţa endocraniană a scuamei osului occipital;
- sinusul cavernos, situat pe faţa laterală a corpului osului sfenoid.

Sinusurile venoase se pun în legătură cu venele extracraniene prin nişte vene mici, numite emisare venoase, care străbat o serie de orificii mici de la nivelul craniului (emisarul occipital, mastoidian, parietal, sfenoidian).



Vena subclavie continuă vena axilară care strânge sângele venos de la nivelul membrelor superioare. Sângele venos al membrelor superioare este colectat de două sisteme venoase, unul profund şi unul superficial.

Venele profunde poartă aceeaşi denumire cu arterele care le însoţesc. De regulă, arterele mici şi mijlocii (digitale, radiale, ulnare, brahiale) sunt însoţite de câte două vene, iar arterele mari (artera axilară, artera femurală) numai de o singură venă.

Venele superficiale (subcutanate) se găsesc imediat sub piele şi se pot vedea cu ochiul liber prin transparenţă, datorită coloraţiei albastre. Ele nu însoţesc arterele şi se varsă în venele profunde. La nivelul lor se fac injecţii venoase. Dintre venele superficiale menţionăm vena cefalică (merge pe faţa externă a braţului şi se termină în vena axilară) şi vena bazilică (merge

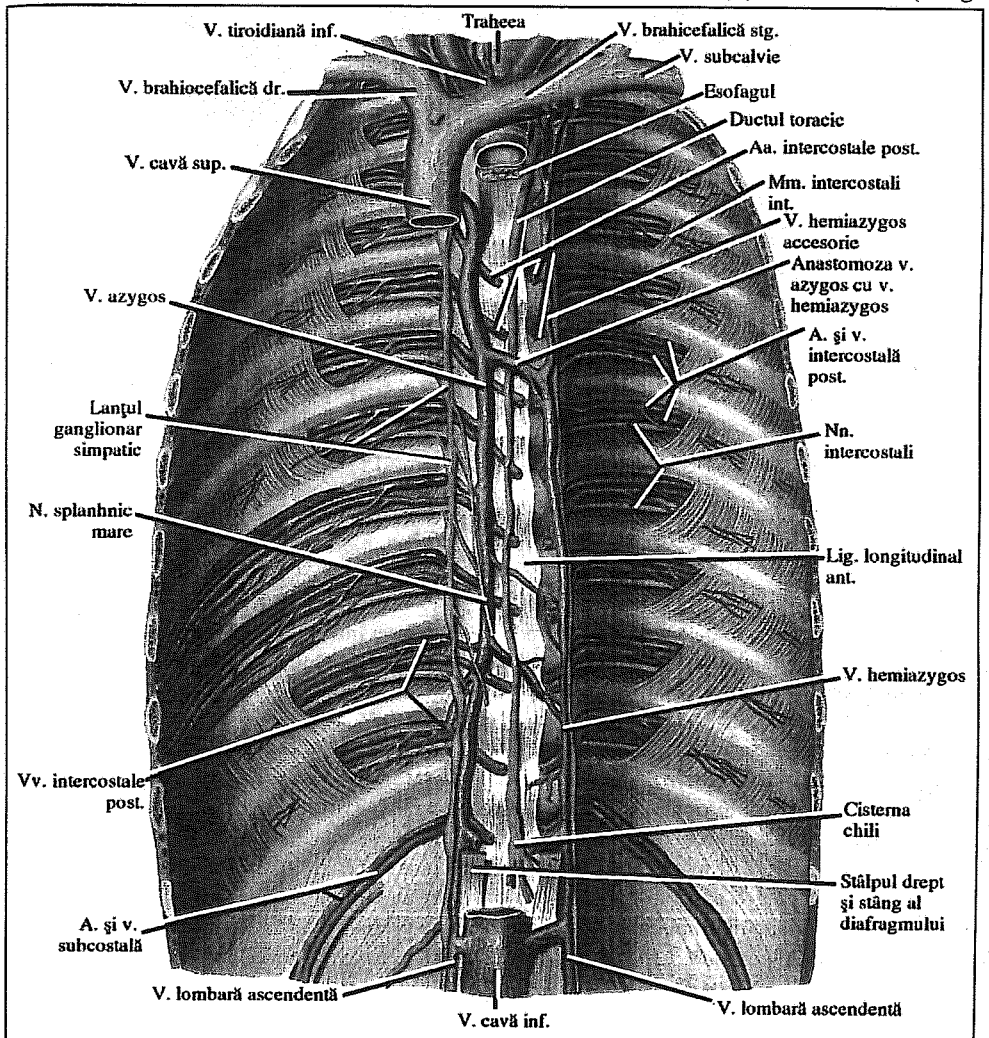



**Fig. 132. Sistemul venos azygos**

pe faţa internă a braţului şi se termină într-una din cele două vene brahiale). În vena cavă superioară se termină sistemul venelor azygos, format din marea venă azygos, situată la dreapta coloanei vertebrale, şi mica venă azygos, situată la stânga coloanei vertebrale. Mica venă azygos se deschide în marea venă azygos, la nivelul vertebrei $T_7$. În sistemul azygosse termină venele intercostale, diafragmatice superioare, bronşice, pericardice şi esofagiene.

Înainte de a se termina în vena cavă superioară, marea venă azygos descrie o crosă care încalecă pediculul pulmonar drept (crosa marei vene azygos).

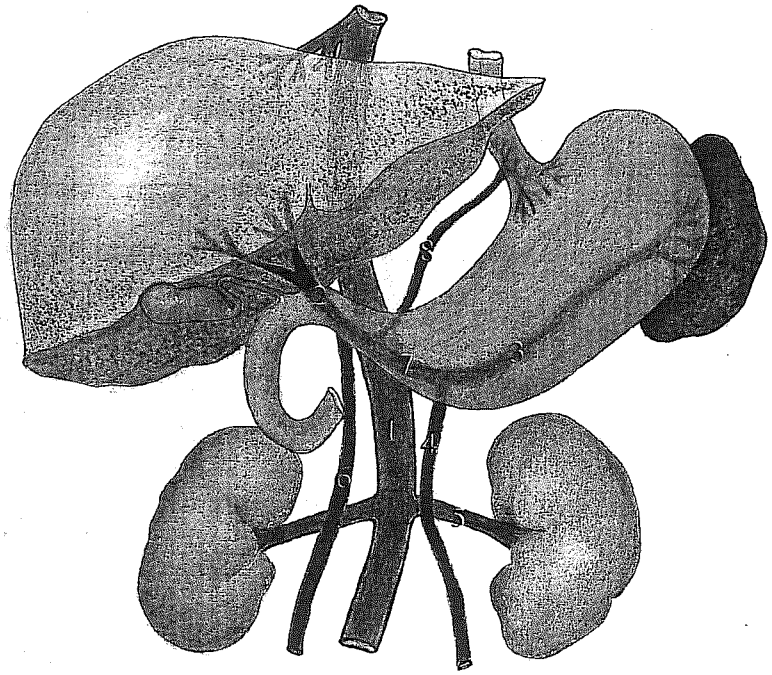


**Fig. 133. Principalele vene abdominale. 1- vena cavă inferioară, 2- vena portă, 3- venă lienală, 4- venă mezenterică inferioară, 5- venă renală stângă, 6- venă mezenterică superioară, 7- trunchi splenomezenteric, 8- venă gastrică stângă**

**Vena cavă inferioară.** Adună sângele venos de la membrele inferioare, de la pereţii şi viscerele din bazin, de la rinichi, suprarenale, testicule (respectiv ovare), de la peretele posterior al abdomenului (venele lombare), cât şi de la ficat (venele hepatice). Vena cavă inferioară (fig. 133) se formează prin unirea venei iliace comune stângi cu cea dreaptă. La rândul ei, fiecare venă iliacă comună este formată prin unirea venei iliace externe cu vena iliacă internă. Vena iliacă internă colectează sângele de la pereţii şi viscerele din bazin. Ca şi la artera omonimă, şi în cazul venei iliace interne distingem vene parietale (vena sacrală inferioară, vena ileolombară, vena fesieră superioară, vena fesieră inferioară şi vena obturatorie) şi vene viscerale care sunt comune la bărbat şi la femeie (vena vezicală, rectală medie şi vena ruşinoasă internă) şi diferite, la bărbat (vena prostatică, vena veziculo-diferenţială) şi la femeie (vena uterină şi vena vaginală).



Vena iliacă externă continuă vena femurală care strânge sângele venos de la nivelul membrului inferior. Ca şi la membrul superior, se disting vene superficiale şi vene profunde (cu aceleaşi caractere), dar cu menţiunea că la membrul inferior există două vene unice, vena poplitee şi vena femurală, celelalte sunt câte două vene pentru artera omonimă: câte două digitale, tibiale, fibulare.

Dintre venele superficiale ale membrului inferior notăm vena safenă mare, care urcă pe faţa internă a gambei şi coapsei şi se termină în vena femurală, descriind la acest nivel o crosă, şi vena safenă mică, ce urcă pe faţa postero-laterală a gambei şi se termină în vena poplitee.

Vena cavă inferioară, formată prin unirea celor două vene iliace comune, urcă la dreapta coloanei vertebrale, străbate diafragmul şi se termină în atriul drept printr-un orificiu prevăzut cu valvula lui Eustachio. În traiectul ei abdominal, ea primeşte afluenţi: venele renale, suprarenale, testiculare (respectiv, ovariene), lombare, diafragmatice inferioare şi hepatice (2-3).

O venă aparte a marei circulaţii este **vena portă** (fig. 134), care începe prin capilare în pereţii tubului digestiv subdiafragmatic şi sfârşeşte prin capilare în ficat (sinusoide hepatice).

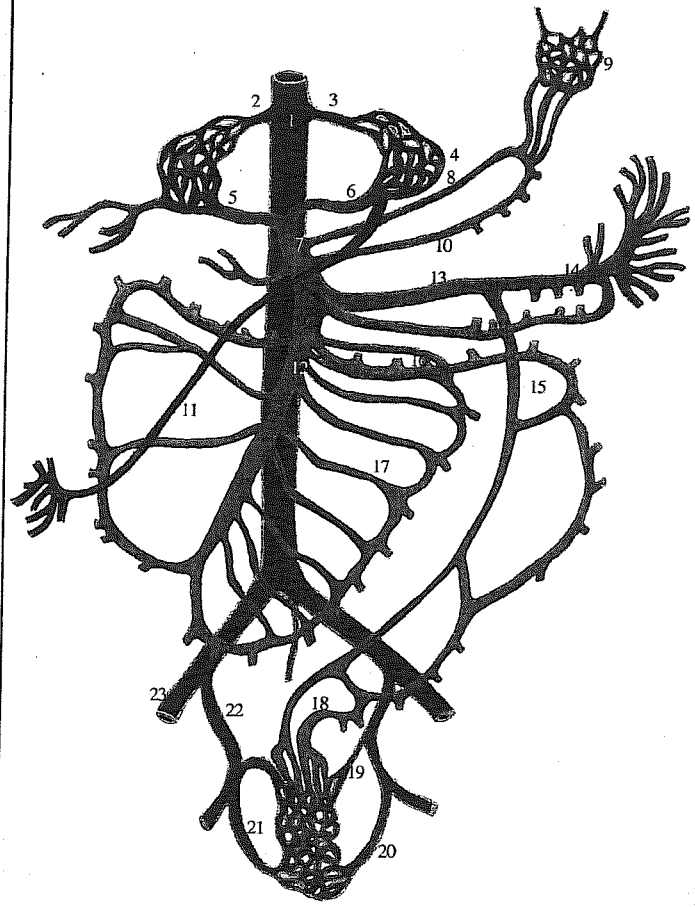


**Fig. 134. Vena portă şi anastomoze porto-cave**
**1- vena cavă inferioară**
**2- vena hepatică dreaptă**
**3- vena hepatică stângă**
**4- plexul hepatic sinusoidal**
**5- ramul hepatic drept al venei porte**
**6- ramul hepatic stâng al venei porte**
**7- vena portă**
**8- vena gastrică stângă**
**9- plexul venos esofagian**
**10- vena gastrică dreaptă**
**11- vena paraombilicală**
**12- vena mezentericăsuperioară**
**13- trunchiul splenomezenteric**
**14- vena lienală**
**15- vena mezentericăinferioară**
**16- vena colică medie**
**17- vene jejunale şi ileale**
**18- vena rectală superioară**
**19- vena rectală medie**
**20- vena rectală inferioară**
**21- plexul rectal**
**22- vena iliacă internă**
**23- vena iliacă externă**

Vena portă transportă spre ficat sânge încărcat cu substanţe nutritive rezultate în urma absorbţiei intestinale. Ea se formează înapoia colului pancreasului, din unirea venei mezenterice superioare cu trunchiul mezentero-splenic, rezultat din unirea venei mezenterice inferioare cu vena splenică.

Vena mezenterică superioară strânge sângele de la jejuno-ileon (prin venele jejuno-ileale), cec, apendice, prin vena ileocolică, colon ascendent şi jumătatea dreaptă a colonului transvers, prin vena colică dreaptă.

Vena mezenterică inferioară strânge sângele de la jumătatea stângă a colonului transvers, de la colonul descendent, prin vena colică stângă, de la colonul sigmoid, prin venele sigmoidiene, şi de la treimea superioară a rectului, prin vena rectală superioară. Vena splenică strânge sângele de la splină, pancreas şi marea curbură a stomacului.

Vena portă prezintă anastomoze atât cu vena cavă superioară, cât şi cu vena cavă inferioară. Anastomoza cu vena cavă superioară are loc la nivelul esofagului. Sângele venos al esofagului abdominal ajunge în vena portă, iar cel al esofagului toracal în sistemul azygos, tributar venei cave superioare. Anastomoza cu vena cavă inferioară are loc la nivelul rectului. Sângele din treimea superioară a rectului ajunge în vena mezenterică inferioară, deci în vena portă, iar din cele două treimi inferioare ajunge în vena iliacă internă, deci în vena cavă inferioară. Atunci când apar obstacole în circulaţia sângelui prin vena portă spre ficat, sângele din vena portă este deviat spre locul celor două anastomoze porto-cave şi constatăm dilataţia venelor esofagului (varice) şi ale rectului (hemoroizi).

## SISTEMUL LIMFATIC

Prin sistemul limfatic circulă limfa, care face parte din mediul intern al organismului şi care, în final, ajunge în circulaţia venoasă. Limfa, ca şi lichidul interstiţial, are o compoziţie asemănătoare cu a plasmei sangvine, cu menţiunea existenţei unui procent mai mic de proteine faţă de plasma sangvină.

Sistemul limfatic se deosebeşte de sistemul circulator sangvin prin două caractere:

- este adaptat la funcţia de drenare a ţesuturilor, din care cauză capilarele sale formează reţele terminale, spre deosebire de capilarele sangvine care ocupă o poziţie intermediară între sistemul arterial şi cel venos. Pe lângă aceasta, capilarele limfatice sunt mai sinuoase şi foarte neregulate;
- pereţii vaselor limfatice sunt mai subţiri decât cei ai vaselor sangvine.

Sistemul limfatic începe cu capilarele limfatice, care au capătul de origine în "fund de sac". Ele depăşesc, ca diametru, capilarele sangvine, prezentând pe traiectul lor strâmtorări şi dilatări (calibru neuniform).

Au aceeaşi structură ca şi capilarele sangvine, celulele endoteliale fiind mai turtite.

Capilarele limfatice sunt foarte răspândite, ele găsindu-se în toate organele şi ţesuturile. Prin confluenţa capilarelor limfatice se formează vase limfatice care sunt prevăzute la interior cu valvule semilunare ce înlesnesc circulaţia limfei.

Pereţii vaselor limfatice au o structură asemănătoare venelor, prezentând, ca şi acestea din urmă, cele trei tunici care sunt mai subţiri, şi, ca şi la vene, nu sunt net delimitate între ele (fig. 135). Pe traseul vaselor limfatice şi, mai ales, la locul unor confluenţe ale acestora, se găsesc o serie de formaţiuni caracteristice, numite ganglioni limfatici, prin care limfa trece în mod obligatoriu.



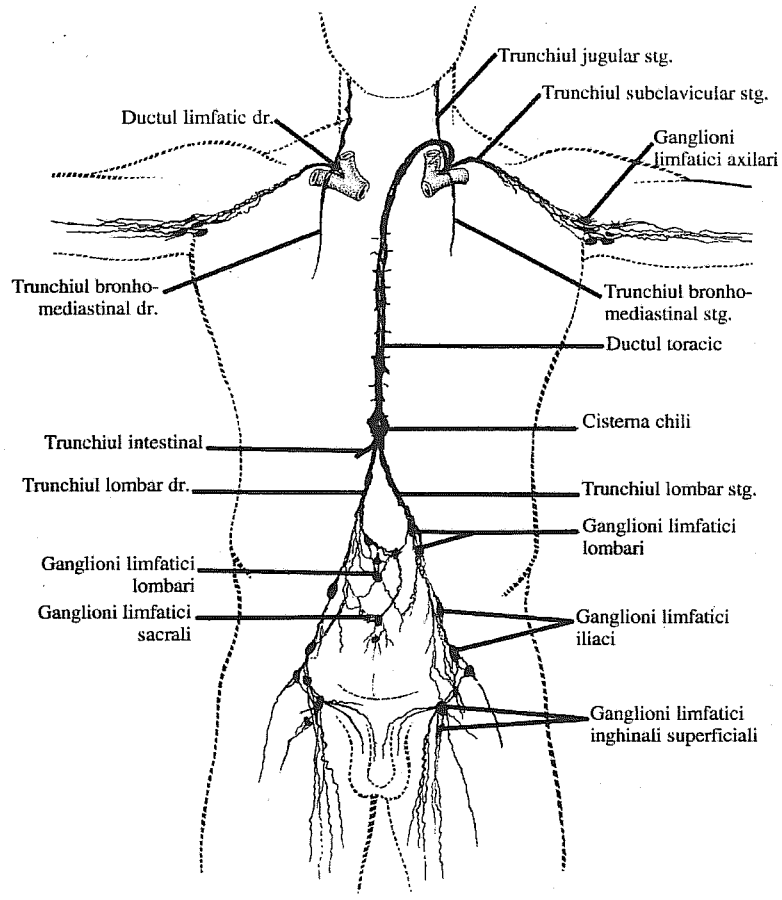



**Fig. 135. Sistemul limfatic**

Ganglionii limfatici au forme variate, cu dimensiuni medii de 2-5 mm, putând ajunge şi la 1-2 cm. În mod normal au o consistenţă relativ moale, dar când sunt inflamaţi se măresc, devin duri şi dureroşi la palpare (hipertrofie ganglionară).

În general, ganglionii sunt grupaţi în grupe ganglionare. Există însă şi ganglioni solitari (ganglionul epitrohleean, situat în vecinătatea epicondilului medial al humerusului).

Principalele grupe ganglionare sunt:

- ganglionii pericranieni, situaţi în cerc în jurul capului (ganglionii occipitali, mastoidieni, paratiroidieni, submandibulari, submentali); ei strâng limfa extremităţii cefalice;
- ganglionii cervicali, situaţi la gât, în jurul venei jugulare interne; aceşti ganglioni adună limfa strânsă de ganglionii pericranieni, cât şi limfa de la viscerele capului şi gâtului;
- ganglionii axilari, situaţi la baza membrului superior, în axilă; colectează limfa de la torace, glanda mamară şi membrul superior;

- ganglionii inghinali, situaţi la baza membrului inferior; colectează limfa membrului inferior, de asemenea, limfa de la organele genitale externe, cât şi de la peretele anterior al abdomenului;
- ganglionii iliaci, situaţi de-a lungul vaselor iliace comune, colectează limfa de la pereţii şi organele din pelvis;
- ganglionii mediastinali, situaţi în mediastin, colectează limfa de la pereţii toracelui şi de la organele din torace;
- ganglionii celiaci, situaţi între mica curbură a stomacului şi faţa inferioară a ficatului, colectează limfa de la ficat, stomac, splină, duoden şi pancreas;
- ganglionii lombo-aortici, situaţi în regiunea lombară în jurul aortei, strâng limfa de la rinichi, uretere şi glandele suprarenale;
- ganglionii mezenterici superiori, situaţi în vecinătatea vaselor mezenterice superioare, strâng limfa de la jejuno-ileon, cec, colon ascendent şi jumătatea dreaptă a colonului transvers;
- ganglionii mezenterici inferiori, situaţi în jurul vaselor mezenterice inferioare, colectează limfa de la jumătatea stângă a colonului transvers, colonul descendent, sigmoid şi partea superioară a rectului.

**Structura ganglionilor.** La exterior, ganglionii sunt înveliţi într-o capsulă fibroasă, din care pătrund spre interior septuri conjunctivo-vasculare ce delimitează o serie de loji în care este cuprins parenchimul glandular, care are o zonă corticală şi una medulară.

În corticală, unde septurile sunt mai rare, se află foliculii limfatici, formaţi din aglomerări de limfocite. În medulară, ţesutul limfoid se dispune sub formă de cordoane foliculare, anastomozate între ele.

Atât în medulară, cât şi în corticală se află o serie de spaţii numite sinusuri, în care se deschid vasele limfatice aferente ale ganglionilor. Aceste vase pătrund în ganglion, străbătând capsula fibroasă de la periferia acestuia.

Vasele limfatice eferente ies din ganglion prin hilul acestuia, prin care pătrund şi vasele nutritive ale ganglionului. Ganglionii limfatici realizează mai multe funcţii: produc limfocite şi monocite, formează anticorpi, au rol în circulaţia limfei, opresc pătrunderea unor substanţe străine (la persoanele tatuate, ganglionii regionali sunt coloraţi deoarece au reţinut substanţa cu care s-a făcut tatuajul), au rol de barieră în întinderea infecţiilor (în cazul unor infecţii, ganglionii regionali sunt hipertrofiaţi).

Limfa colectată din diferitele ţesuturi şi organe, după ce a străbătut ganglionii regionali unde s-a îmbogăţit cu limfocite şi monocite, circulă prin vasele eferente ale ganglionilor, spre trunchiurile limfatice mari. Aceste trunchiuri limfatice mari sunt:

- trunchiul jugular (stâng şi drept), care colectează limfa de la cap şi gât;
- trunchiul subclavicular (stâng şi drept), care colectează limfa de la membrul superior, peretele anterior al toracelui şi de la glanda mamară;
- trunchiul bronho-mediastinal (stâng şi drept), care colectează limfa de la pereţii şi viscerele din torace;
- trunchiul lombar (stâng şi drept), care colectează limfa membrului inferior, de la pereţii şi viscerele din pelvis;
- trunchiul intestinal (unic), care colectează limfa de la ganglionii mezenterici superiori şi inferiori.

Toate aceste trunchiuri ajung, în final, în cele două colectoare limfatice mari: canalul toracic şi vena limfatică dreaptă.



**Canalul toracic.** Este cel mai mare colector limfatic şi începe printr-o dilataţie numită cisternă chyli (cisterna Pecquet), situată înaintea vertebrei $L_2$. Urcă anterior de coloana vertebrală, înapoia aortei, străbate diafragma şi pătrunde în torace, unde, iniţial, este situat în mediastinul posterior. Ajuns la nivelul verterei $T_4$, se îndreaptă spre stânga şi înainte pentru a se deschide în unghiul venos, format din unirea venei jugulare interne din stânga cu vena subclaviculară stângă (unghiul Pirogoff). În ultima sa porţiune se află în mediastinul superior. Canalul toracic are o lungime de 25-30 cm şi un calibru de 2-3 mm, fiind prevăzut cu valvule la interior. Canalul toracic strânge limfa din 1/4 inferioară stângă şi dreaptă şi din 1/4 superioară stângă, primind ca afluenţi trunchiurile lombare (stâng şi drept), trunchiul intestinal şi trunchiurile jugular, subclavicular şi bronhomediastinal din partea stângă.

**Vena limfatică dreaptă.** Are o lungime de 1-2 cm şi colectează trunchiurile jugular, subclavicular şi bronhomediastinal din partea dreaptă. Se deschide în locul de unire dintre vena jugulară internă din dreapta cu vena subclaviculară dreaptă.

## SPLINA

Este un organ abdominal intraperitoneal, nepereche, care aparţine sistemului circulator. Ea formează limfocite (este organ limfopoetic), distruge hematiile bătrâne, intervine în metabolismul fierului şi este un organ de depozit sangvin (200-300 g sânge) pe care-l trimite în circulaţie în caz de nevoie (hemoragii, efort fizic).

Splina ocupă loja splenică, cuprinsă între colonul transvers şi diafragm, la stânga lojei gastrice. Are o culoare brun-roşcată şi o greutate de 180-200 g. Forma splinei este adesea comparată cu cea a bobului de cafea. Splinei i se descriu trei feţe, trei margini, un vârf şi o bază. Feţele splinei sunt: diafragmatică, în raport cu diafragma, gastrică, în raport cu faţa posterioară a stomacului (această faţă conţine şi hilul splinei) şi renală, în raport cu faţa anterioară a rinichiului stâng. Vârful este îndreptat în sus şi înapoi, spre coloana vertebrală, baza este situată în vecinătatea colonului transvers. La nivelul bazei se observă impresiunea colică a splinei. Dintre marginile splinei, cea anterioară este crenelată.

**Structura splinei.** Splina este învelită, la exterior, de peritoneu, care, continuându-se pe organele vecine, formează două ligamente care leagă splina de pancreas (ligamentul pancreatico-splenic) şi de marea curbură a stomacului (ligamentul gastro-splenic). Sub peritoneu se află capsula splinei, care conţine fibre de colagen, elastice şi fibre musculare netede ce se contractă sub acţiunea adrenalinei.

De pe faţa profundă a capsulei se detaşează septuri, de-a lungul cărora pătrund în splină vasele şi nervii splinei.

Parenchimul splenic are în structura sa pulpa albă şi pulpa roşie. Pulpa albă a splinei este formată din ţesut limfatic dens, dispus în jurul sistemului arterial. Acest ţesut limfatic este dispus, pe de o parte, sub formă de teci limfoide perivasculare, iar pe de altă parte se structurează sub forma unor noduli, numiţi corpusculii lui Malpighi (foliculi splenici). Tecile limfoide periarteriale sunt formate din limfocitele mici, limfocitele T. Structura nodulilor splenici este asemănătoare cu cea a structurilor similare din ganglionii limfatici.

Spre deosebire de foliculii din ganglionul limfatic, nodulii splenici sunt situaţi în jurul unei artere, localizate fie central, fie periferic.

Pulpa roşie se prezintă ca fiind formată dintr-un sistem lacunar, reprezentat prin sinusurile venoase, şi dintr-un sistem de cordoane, cordoanele lui Bilroth sau cordoanele splenice.

Cordoanele lui Bilroth sunt situate în spaţiile dintre două sinusuri adiacente şi sunt formate din: limfocite, plasmocite, macrofage, numeroase hematii, cât şi neutrofile.

Vascularizaţia arterială a splinei este realizată de artera splenică, ram din trunchiul celiac. Ea ajunge la splină, mergând de-a lungul marginii superioare a corpului şi cozii pancreasului. Sângele venos este colectat în vena splenică. Aceasta participă la formarea venei porte.

Limfocitele splinei sunt colectate în ganglionii pancreatico-lienali. Inervaţia splinei este asigurată de plexul splenic, care provine din plexul celiac şi ajunge la splină de-a lungul arterei splenice.

# FIZIOLOGIA APARATULUI CARDIOVASCULAR

Aparatul cardiovascular asigură circulaţia sângelui şi a limfei în organism. Prin aceasta se îndeplinesc două funcţii majore:

- distribuirea substanţelor nutritive şi a oxigenului tuturor celulelor din organism;
- colectarea produşilor tisulari de catabolism pentru a fi excretaţi.

Forţa motrice a acestui sistem este inima, arterele reprezintă conducte de distribuţie, venele sunt rezervoare de sânge, asigurând întoarcerea acestuia la inimă, iar microcirculaţia (arteriole, metaarteriole, capilare, venule) constituie teritoriul vascular la nivelul căruia au loc schimburile de substanţe şi gaze.

Ventriculul stâng al inimii pompează sângele prin vasele sangvine arteriale ale circulaţiei sistemice către capilarele tisulare (marea circulaţie). Sângele se întoarce la inimă, în atriul său drept, pe calea venoasă sistemică, fiind pompat apoi, de către ventriculul drept, în plămâni, de unde se reîntoarce la cord, şi anume în atriul stâng (mica circulaţie). Acest fapt este posibil datorită celei mai importante funcţii a inimii: aceea de pompă.

## FIZIOLOGIA INIMII

### INIMA CA POMPĂ

Rolul fundamental al inimii este acela de a pompa sânge. Ea poate fi considerată ca fiind alcătuită din două pompe dispuse în serie (pompa stângă şi cea dreapă), conectate prin circulaţiile pulmonară şi sistemică. Fiecare parte a inimii este echipată cu două seturi de valve care, în mod normal, impun deplasarea fluxului sangvin într-un singur sens.

**Valvele atrio-ventriculare (mitrală şi tricuspidă)**, care separă atriile de ventricule, se deschid în timpul diastolei pentru a permite sângelui să umple ventriculele. Aceste valve se închid în timpul sistolei, interzicând trecerea sângelui înapoi în atrii.

**Valvele semilunare (aortică şi pulmonară)** se deschid în timpul sistolei pentru a permite expulzia sângelui în artere şi se închid în diastolă, împiedicând revenirea sângelui în ventricule.



Ventriculul drept are pereţii mai subţiri şi pompează în circulaţia pulmonară volume relativ mari de sânge, la presiuni relativ mici. Ventriculul stâng are pereţii mult mai groşi, deoarece trebuie să pompeze împotriva presiunilor mari existente în circulaţia sistemică. În consecinţă, lucrul mecanic al ventriculului stâng este mai mare decât al celui drept, fapt ce explică afectarea mai frecventă a ventriculului stâng de diferite procese patologice.

Activitatea de pompă a inimii se poate aprecia cu ajutorul unui parametru, denumit **debitul cardiac**, care reprezintă volumul de sânge expulzat de fiecare ventricul într-un minut. El este egal cu volumul de sânge pompat de un ventricul la fiecare bătaie (**volum - bătaie**) înmulţit cu frecvenţa cardiacă. Volumul bătaie al fiecărui ventricul este, în medie, de 70 ml, iar frecvenţa cardiacă normală este de 70-75 bătăi/min; astfel, debitul cardiac de repaus este de aproximativ 5 litri pe minut. Frecvenţa cardiacă este sub control nervos. Activitatea sistemului nervos simpatic determină creşterea frecvenţei cardiace, în timp ce activitatea parasimpatică (vagală) o scade. Volumul - bătaie variază cu forţa contracţiei ventriculare, presiunea arterială şi volumul de sânge aflat în ventricul la sfârşitul diastolei. În eforturi fizice intense, frecvenţa cardiacă poate creşte până la 200 bătăi pe minut, iar volumul - bătaie până la 150 ml, determinând o creştere a debitului cardiac de la 5 la 30 litri, deci de 6 ori. În somn, debitul cardiac scade; în febră, sarcină şi la altitudine creşte.

Funcţia de pompă a inimii se realizează cu ajutorul proprietăţilor muşchiului cardiac (excitabilitatea, automatismul, conductibilitatea şi contractilitatea).

### STRUCTURA ŞI PROPRIETĂŢILE FUNDAMENTALE ALE MIOCARDULUI

Muşchiul cardiac (miocardul) este alcătuit din celule cardiace distincte, conectate electric între ele prin joncţiuni gap. Depolarizarea unei celule cardiace este transmisă celulelor adiacente prin aceste joncţiuni, ceea ce transformă miocardul într-un sinciţiu funcţional. De fapt, inima funcţionează ca două sinciţii: unul atrial şi unul ventricular, izolate din punct de vedere electric. În mod normal, există o singură conexiune funcţională electrică între atrii şi ventricule: nodul atrio-ventricular şi continuarea sa, fasciculul His.

Musculatura cardiacă este alcătuită din două tipuri de celule musculare:

- celule care iniţiază şi conduc impulsul;
- celule care, pe lângă conducerea impulsului, răspund la stimuli prin contracţie; acestea reprezintă miocardul de lucru.

Evident, ambele tipuri de celule sunt excitabile, dar, contrar situaţiei întâlnite la muşchiul striat, excitaţia este generată în interiorul organului însuşi (în celulele de tip 1); acest fapt constituie autoritmicitatea sau automatismul inimii.

**Excitabilitatea** reprezintă proprietatea celulei musculare cardiace de a răspunde la stimuli printr-un potenţial de acţiune. Unele manifestări ale excitabilităţii (pragul de excitabilitate, legea "tot sau nimic") sunt comune cu ale altor celule excitabile (musculare netede sau striate, glandulare sau nervoase). Inima prezintă particularitatea de a fi excitabilă numai în faza de relaxare (diastolă) şi inexcitabilă în faza de contracţie (sistolă). Aceasta reprezintă legea inexcitabilităţii periodice a inimii. În timpul sistolei, inima se află în perioada refractară absolută; oricât de puternic ar fi stimulul, el rămâne fără efect. Această particularitate a excitabilităţii miocardice prezintă o mare importanţă pentru conservarea funcţiei de pompă ritmică. Stimulii cu frecvenţă mare nu pot tetaniza inima prin sumarea contracţiilor. Explicaţia stării refractare a inimii rezidă din forma particulară a potenţialului de acţiune al fibrei miocardice.

***Potenţialul de repaus al membranei.*** Celulele miocardice menţin o diferenţă de potenţial de -60 -90 mV de o parte şi de alta a membranei lor celulare, interiorul celulei fiind negativ, comparativ cu exteriorul. Acest potenţial este generat datorită permeabilităţii membranare diferite pentru diferiţi ioni şi datorită diferenţelor de concentraţie ionică dintre exteriorul şi interiorul celulei.

***Potenţialul prag.*** Celulele excitabile se depolarizează rapid dacă potenţialul de membrană atinge un nivel critic, numit potenţial prag. Odată acesta atins, depolarizarea este spontană. Această proprietate se numeşte legea "tot sau nimic".

***Potenţialul de acţiune cardiac*** se referă la modificările potenţialului de membrană ce apar după ce celula a primit un stimul adecvat. După forma şi viteza de conducere ale potenţialului de acţiune, celulele miocardice se împart în două grupe: fibre lente şi fibre rapide.

Fibrele lente sunt prezente în mod normal doar în nodurile sino-atrial şi atrio-ventricular, cu un potenţial de repaus variind între -50 şi -70 mV. Ele prezintă în membrana lor celulară aşa-numitele canale ionice lente, iar viteza de conducere a potenţialului de acţiune este de 0,02-0,1 m/s.

Fibrele lente prezintă perioadă refractară absolută (definită mai sus) şi perioadă refractară relativă, ce durează câteva milisecunde şi în care un stimul trebuie să fie mai puternic decât normal pentru a declanşa potenţialul de acţiune.

Celulele miocardice normale atriale şi ventriculare, precum şi celulele ţesutului specializat de conducere al inimii sunt fibre rapide. Potenţialul lor membranar de repaus este cuprins între -80 şi -90 mV. Ele prezintă în membrană canale ionice de sodiu, iar durata potenţialului de acţiune variază, cea mai lungă fiind cea a fibrelor Purkinje şi fasciculului His. Acest fapt asigură protecţia împotriva unor aritmii.

Vitezele de conducere ale potenţialului de acţiune variază de la 0,3-1 m/s în celulele miocardice la 4 m/s în fibrele Purkinje. Această viteză mare de conducere asigură depolarizarea aproape instantanee a întregului miocard, ceea ce îmbunătăţeşte eficienţa contracţiei miocardice.

Fazele potenţialului de acţiune sunt în număr de 5, fiecare fiind determinată de evenimente bine stabilite.

**Automatismul** reprezintă proprietatea inimii de a se autoexcita. Acesta nu este specific inimii. Scoasă din corp, inima continuă să bată. În lipsa influenţelor extrinseci nervoase, vegetative şi umorale, inima îşi continuă activitatea ritmică timp de ore sau zile, dacă este irigată cu un lichid nutritiv special. Automatismul este generat în anumiţi centri ce au în alcătuirea lor celule ce iniţiază şi conduc impulsurile. În mod normal, în inimă există trei centri de automatism cardiac.

***Nodul sino-atrial.*** La acest nivel (fig. 136), frecvenţa descărcărilor este mai rapidă, de 70 - 80 pe minut, şi, din această cauză, inima bate, în mod normal, în ritm sinusal.

***Nodul atrio-ventricular (joncţiunea atrio-ventriculară).*** La acest nivel, frecvenţa descărcărilor este de 40 potenţiale de acţiune/minut. De aceea, acest centru nu se poate manifesta în mod normal, deşi el funcţionează permanent şi în paralel cu nodul sino-atrial. Dacă centrul sinusal este scos din funcţiune, comanda inimii este preluată de nodul atrio-ventricular, care imprimă ritmul nodal sau joncţional.

***Fasciculul His şi reţeaua Purkinje.*** Aici, frecvenţa de descărcare este de 25 impulsuri pe minut. Acest centru poate comanda inima numai în cazul întreruperii conducerii atrio-ventriculare (bloc atrio-ventricular de gradul III), imprimând ritmul idioventricular.



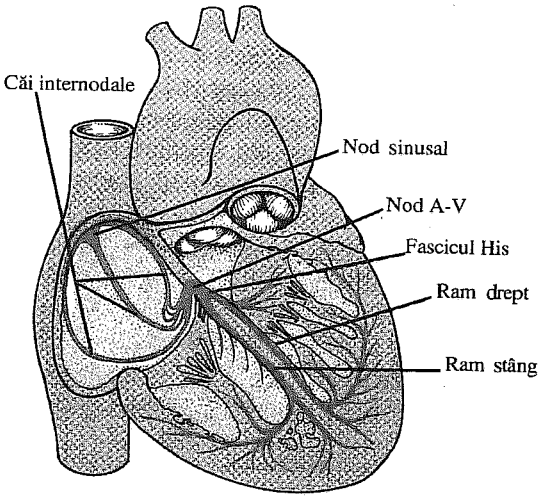



**Fig. 136. Nodul sinusal, căile internodale atriale, nodul atrio-ventricular şi sistemul His - Purkinje**

Aceşti centri funcţionează după regula stratificării ierarhice, adică cel cu frecvenţa cea mai mare îşi impune ritmul. Prin rărirea frecvenţei se constată fenomenul de abdicare, iar prin creşterea frecvenţei apare fenomenul de uzurpare.

Ritmul funcţional al centrului de comanda poate fi modificat sub acţiunea unor factori externi. Căldura, excitarea sistemului nervos simpatic, adrenalina accelerează ritmul inimii (tahicardie), în timp ce răcirea nodului sinusal, excitarea parasimpaticului şi acetilcolina răresc bătăile cardiace (bradicardie). De asemenea, automatismul este influenţat şi de concentraţiile plasmatice ale ionilor de sodiu, potasiu şi calciu.

***Geneza automatismului cardiac.*** În cord există celule capabile să-şi autoregleze valoarea potenţialului de membrană (celule autoexcitabile), aceasta datorindu-se capacităţii lor de depolarizare lentă diastolică. Depolarizarea lentă diastolică este posibilă datorită proprietăţilor speciale ale canalelor ionice existente în membrana lor celulară.

**Conductibilitatea** reprezintă proprietatea miocardului de a propaga excitaţia la toate fibrele sale; după cum am văzut, viteza de conducere însă diferă. Din momentul descărcării nodului sinusal şi până la completa invadare a atriilor şi ventriculelor de către stimul trec 0,22 s. Mai întâi, stimulul se propagă de la nodulul sinusal la atrii, pe care le activează în 0,1 s, provocând sistola atrială. Urmează o întârziere de 0,04 s, corespunzătoare propagării mai lente a stimulului prin nodul atrio-ventricular. Această întârziere se datorează conducerii extrem de lente a impulsului prin nodul atrio-ventricular (0,02-0,05 m/s) şi asigură timpul necesar pentru apariţia contracţiei atriale, care creşte umplerea ventriculară, mai ales în cazul frecvenţelor cardiace rapide. De asemenea, această viteză lentă de conducere, asociată cu perioada refractară lungă a celulelor nodului atrio-ventricular, limitează numărul de impulsuri ce poate fi condus prin nodul atrio-ventricular spre ventricul la aprox. 180 bătăi/min. Astfel, ventriculii sunt protejaţi de o stimulare prea frecventă, care poate reduce eficienţa pompei cardiace. Există situaţii patologice în care impulsul atrial poate fi complet blocat la acest nivel.

În continuare, unda de depolarizare se propagă de la atrii la ventricule prin fasciculul His, ramurile sale şi reţeaua Purkinje, invadând întregul miocard, de la endocard spre epicard, în 0,08 s. Ca urmare se produce sistola ventriculară.

Deoarece singura legătură între atrii şi ventricule o reprezintă nodul atrio-ventricular şi fasciculul His, orice leziune la aceste nivele poate provoca grave tulburări de conducere atrio-ventriculară, numite blocuri. Aceste blocuri pot fi parţiale (grad I şi II) sau totale (grad III). Uneori este blocată conducerea doar pe una din ramurile fasciculului His (bloc de ram stâng sau drept).

**Contractilitatea** reprezintă proprietatea miocardului de a dezvolta tensiune între capetele fibrelor sale. Astfel, în cavităţile inimii se generează presiune, iar ca urmare a scurtării fibrelor miocardice are loc expulzia sângelui. Geneza tensiunii şi viteza de scurtare sunt manifestările fundamentale ale contractilităţii. Forţa de contracţie este proporţională cu grosimea pereţilor inimii; mai redusă la atrii şi mai puternică la ventricule, mai mare la ventriculul stâng faţa de cel drept. Contracţiile inimii se numesc sistole, iar relaxările diastole.

***Cuplarea excitaţiei cu contracţia***. Este denumirea utilizată pentru a defini evenimentele ce conectează depolarizarea membranei celulare cu contracţia fibrelor musculare.

În structura celulelor miocardice există miofibrile înconjurate de reticul sarcoplasmatic. Reticulul sarcoplasmatic prezintă terminaţiuni dilatate (cisterne) care se află în imediata vecinătate a membranei celulare şi a tubilor T. Reticulul sarcoplasmatic conţine cantităţi mari de calciu ionizat.

Tubii T sunt prelungiri ale membranei celulare în interiorul celulei şi, de aceea, ei conduc potenţialul de acţiune în interiorul celulei. Eliberarea calciului din reticulul sarcoplasmatic este declanşată de ionii de calciu şi nu de depolarizarea membranei. Calciul extracelular, responsabil de eliberarea calciului din reticulul sarcoplasmatic, intră în celulă în timpul fazei de platou a potenţialului de acţiune.

Miofibrilele sunt alcătuite din filamente groase (miozinice) şi subţiri (actinice). Cele subţiri mai conţin şi complexul troponinic şi tropomiozină. Sarcomerele sunt unităţile contractile ale miofibrilelor.

***Mecanismul de contracţie***. Concentraţia calciului citosolic este foarte scăzută între contracţii. Fiecare contracţie este precedată de un potenţial de acţiune care depolarizează membrana celulară şi tubii T. În urma cuplării excitaţiei cu contracţia are loc creşterea concentraţiei intracitosolice a calciului de 10 ori. La concentraţii mari de calciu are loc formarea legăturilor dintre actină şi miozină. Creşterea numărului de punţi acto-miozinice determină creşterea forţei de contracţie. Ionii de calciu sunt expulzaţi din citosol pentru a se realiza faza de relaxare. În esenţa ei, contracţia reprezintă un proces de transformare energetică, de traducere a energiei chimice în energie mecanică. Energia chimică este asigurată de moleculele de ATP ale căror legături fosfatice, macroergice se desfac:

$$ATP = ADP + P + \text{energie}.$$

Refacerea moleculei de ATP se realizează pe baza energiei rezultate din descompunerea fosfocreatinei (PC): $PC + ADP = ATP + C$. La rândul ei, fosfocreatina se reface pe seama energiei eliberate în urma reacţiilor de glicoliză şi, în general, a reacţiilor de oxidoreducere pe care le suferă principiile alimentare (acizii graşi, acidul lactic, aminoacizii, corpii cetonici) la nivelul ciclului Krebbs şi al lanţului respirator celular. Deoarece inima nu poate face datorie de oxigen, ca muşchii scheletici, miocardul necesită un aport mare de oxigen, care este asigurat printr-un debit de irigare coronariană foarte crescut.



***Efectul Frank-Starling (Legea Starling a inimii)***. Unul dintre factorii ce controlează forţa contracţiei cardiace este lungimea iniţială (sau presarcina) fibrei musculare. Variaţii ale lungimii fibrei musculare modifică numărul de legături ce se poate realiza între filamentele de actină şi miozină, prin schimbarea gradului lor de suprapunere. În cordul normal, presarcina depinde de volumul de sânge aflat in ventricule imediat înaintea începerii contracţiei. Creşterea acestui volum determină alungirea fibrelor cardiace, care, până într-un anumit punct, favorizează formarea mai multor punţi acto-miozinice, permiţând inimii să dezvolte o forţă mai mare de contracţie. Astfel, o presarcină crescută produce o contracţie mai puternică şi un volum mai mare de sânge va fi pompat de către inimă. Explicaţia acceptată pentru această relaţie între lungime şi forţa de contracţie, este activarea lungime dependentă, prin care creşterea sensibilităţii la calciu este factorul major ce explică această creştere a forţei de contracţie, pe măsură ce lungimea iniţială a sarcomerului creşte.

La nivel molecular, se presupune că o creştere a lungimii sensibilizează troponina C la acţiunea calciului citosolic.

## CICLUL CARDIAC

Un ciclu sau o revoluţie cardiacă este format dintr-o sistolă şi o diastolă. Datorită întârzierii propagării stimulului prin nodul atrio-ventricular, există un asincronism între sistola atriilor şi cea a ventriculelor: sistola atrială precede cu 0,10 s pe cea a ventriculelor. Durata unui ciclu cardiac este invers proporţională cu frecvenţa. La un ritm de 75 bătăi pe minut, ciclul cardiac durează 0,8 s. El începe cu **sistola atrială** ce durează 0,10 s. Ventriculele se află la sfârşitul diastolei, sunt aproape pline cu sânge, iar sistola atrială definitivează această umplere, ea asigurând 15 - 20% din umplerea ventriculară. În timpul sistolei atriale are loc o creştere a presiunii din atrii. Sângele nu poate reflua spre venele mari datorită contracţiei fibrelor musculare din jurul orificiilor de vărsare a venelor în atrii. Singura cale deschisă o reprezintă orificiile atrio-ventriculare. Sistola atrială este urmată de **diastola atrială**, care durează 0,70 s. La începutul acesteia are loc sistola ventriculară, care durează 0,30 s şi se desfăşoară în două faze.

***Faza de contracţie izovolumetrică*** începe în momentul închiderii valvelor atrio-ventriculare şi se termină în momentul deschiderii valvelor semilunare. În acest interval de timp ventriculul se contractă ca o cavitate închisă, asupra unui lichid incompresibil, fapt care duce la o creştere foarte rapidă a presiunii intracavitare. În momentul când presiunea ventriculară o depăşeste pe cea din artere, valvele semilunare se deschid şi are loc ejecţia sângelui.

***Faza de ejecţie*** începe cu deschiderea valvelor semilunare şi se termină în momentul închiderii acestora. La început are loc o ejecţie rapidă (aproximativ 2/3 din debitul sistolic este expulzat în prima treime a sistolei), urmată de o ejecţie lentă. Expulzia sângelui din ventriculul drept începe înaintea celei din ventriculul stâng şi continuă şi după ce aceasta a luat sfârşit. Deoarece ambii ventriculi expulzează în medie acelaşi volum de sânge, viteza de expulzie din ventriculul drept este mai mică decât cea din ventriculul stâng. Volumul de sânge ejectat în timpul unei sistole este de 70-75 ml în stare de repaus şi poate creşte până la 150-200 ml în eforturile fizice intense. După sistolă urmează **diastola ventriculară**, ce durează 0,50 s. Datorită relaxării miocardului, presiunea intracavitară scade rapid. Când presiunea din ventricule devine inferioară celei din arterele mari, are loc închiderea valvelor semilunare care impiedică reîntoarcerea sângelui în ventricule. Pentru scurt timp, ventriculele devin cavităţi închise (diastolă izovolumetrică).

În acest timp, presiunea intraventriculară continuă să scadă până la valori inferioare celei din atrii, permiţând deschiderea valvelor atrio-ventriculare. În acest moment începe umplerea cu sânge a ventriculelor (faza de umplere este şi ea diferenţiată în faza de umplere rapidă şi cea de umplere lentă). Urmează o perioadă de 0,40 s, numită **diastolă generală**, în care atriile şi ventriculele se află în stare de relaxare. La sfârşitul acestei faze are loc sistola atrială a ciclului cardiac următor.

**Lucrul mecanic** al inimii reprezintă travaliul efectuat de pompa cardiacă în timpul sistolei ventriculare. El se calculează înmulţind volumul sistolic (75 ml) cu presiunea arterială medie (100 mmHg). Valoarea travaliului este de 100 g/sistolă la ventriculul stâng şi 20 g la ventriculul drept. Calculat pe 24 de ore, pentru întreaga inimă el reprezintă 10 000 kg.

### MANIFESTĂRI CE ÎNSOŢESC CICLUL CARDIAC

În timpul activităţii sale, cordul produce o serie de manifestări electrice, mecanice şi acustice.

**Manifestările electrice** reprezintă însumarea vectorială a biocurenţilor de depolarizare şi repolarizare miocardică. Înregistrarea grafică a acestora reprezintă electrocardiograma, metodă foarte larg folosită în clinică pentru cercetarea activităţii inimii.

**Manifestările mecanice** sunt reprezentate de şocul apexian şi pulsul arterial. Şocul apexian reprezintă o expansiune sistolică a peretelui toracelui în dreptul vârfului inimii. Pulsul arterial este o expansiune ritmică a peretelui arterelor, provocată de variaţiile ritmice ale presiunii sângelui.

**Manifestările acustice** sunt reprezentate de zgomotele cardiace. Zgomotul I, sistolic, este mai lung, de tonalitate joasă şi mai intens. El este produs de închiderea valvelor atrio-ventriculare şi vibraţia miocardului la începutul sistolei ventriculare. Zgomotul II, diastolic, este mai scurt, mai acut şi mai puţin intens. Este produs, la începutul diastolei ventriculare, de închiderea valvelor semilunare. În intervalele dintre zgomote se interpun pauze de linişte. Zgomotele cardiace pot fi înregistrate grafic, rezultând o fonocardiogramă.

## FIZIOLOGIA CIRCULAŢIEI SÂNGELUI

Cu studiul circulaţiei sângelui se ocupă hemodinamica. Sângele se deplasează în circuit închis şi într-un singur sens. De la ventriculul stâng până la atriul drept, sângele străbate marea circulaţie (circulaţia sistemică), iar de la ventriculul drept până la atriul stâng parcurge mica circulaţie (circulaţia pulmonară).

Mica şi marea circulaţie sunt dispuse în serie. De aceea, volumul de sânge pompat de ventriculul stâng, într-un minut, în marea circulaţie este egal cu cel pompat de ventriculul drept în mica circulaţie.

Legile generale ale hidrodinamicii sunt aplicabile şi la hemodinamică.

### CIRCULAŢIA ARTERIALĂ

Arterele sunt vase prin care sângele iese din inimă.

#### Arterele elastice

**Structură**. Aorta şi ramurile ei mari (carotidele, iliacele şi arterele axilare) prezintă o tunică medie bogată în elastină şi cu doar câteva celule musculare netede. Această structură le



face distensibile, astfel încât preluarea volumelor de sânge expulzate de inimă determină doar creşteri moderate ale presiunii la nivelul lor.

**Proprietăţi**: complianţa (arterele elastice servesc ca rezervoare), distensibilitatea, elasticitatea.

Elasticitatea este proprietatea arterelor mari de a se lăsa destinse când creşte presiunea sângelui şi de a reveni la calibrul iniţial când presiunea a scăzut la valori mai mici. În timpul sistolei ventriculare, în artere este pompat un volum de 75 ml sânge peste cel conţinut în aceste vase. Fiind incompresibil, surplusul de sânge ar putea provoca o creştere uriaşă a presiunii arteriale, ducând la ruptura vaselor. Datorită elasticităţii, unda de şoc sistolică este amortizată. Are loc înmagazinarea unei părţi a energiei sistolice, sub formă de energie elastică a pereţilor arteriali. Această energie este retrocedată coloanei de sânge, în timpul diastolei. În felul acesta, arterele mari suferă o diastolă elastică în timpul sistolei ventriculare şi o sistolă elastică în timpul diastolei ventriculare. Prin aceste variaţii pasive ale calibrului vaselor mari se produce transformarea ejecţiei sacadate a sângelui din inimă în curgere continuă a acestuia prin artere.

#### Arterele musculare

Sunt cele mai numeroase artere din organism.

**Structură**: tunica medie conţine un număr crescut de fibre musculare netede, al căror număr scade pe măsură ce ne depărtăm de cord. Servesc drept canale de distribuţie către diferitele organe.

Suprafaţa totală de secţiune a arborelui circulator creşte marcat pe măsură ce avansăm spre periferie. Deoarece aceeaşi cantitate de sânge traversează fiecare tip de vase în unitatea de timp, viteza de curgere va fi invers proporţională cu suprafaţa de secţiune.

#### Arteriolele

**Structură**: un strat foarte gros de celule musculare netede constituie media, iar lumenul are un diametru foarte mic. Arteriolele îşi pot modifica marcat diametrul lumenului prin contractarea/relaxarea muşchilor netezi din peretele lor (contractilitate). Acest fapt permite un control fin al distribuţiei debitului cardiac către diferite organe şi ţesuturi.

Tonusul musculaturii netede depinde de activitatea nervilor simpatici, de presiunea arterială, de concentraţia locală a unor metaboliţi şi de mulţi alţi mediatori.

**Autoreglarea** este mecanismul care permite organelor şi ţesuturilor să-şi ajusteze rezistenţa vasculară şi să-şi menţină un debit sangvin constant, în ciuda variaţiilor presiunii arteriale. Este foarte bine reprezentat la nivelul rinichilor, creierului, inimii, muşchilor scheletici şi mezenterului. Există mai multe teorii ce încearcă să explice acest mecanism.

***Teoria metabolică*** sugerează că o creştere a presiunii arteriale determină creşterea locală a debitului sangvin, ceea ce duce la îndepărtarea din zona respectivă a substanţelor vasodilatatoare; consecutiv, are loc creşterea rezistenţei vasculare şi, astfel, debitul sangvin local revine la normal. S-a sugerat implicarea următoarelor substanţe vasodilatatoare: $CO_2$, $H^+$, adenozina, prostaglandinele, ionii fosfat sau scăderea concentraţiei de $O_2$. Totuşi, autoreglarea nu poate fi explicată în toate circumstanţele prin modificări ale concentraţiei acestor substanţe.

**Teoria miogenică** arată că muşchiul neted vascular se contractă atunci când este stimulat prin întindere, ceea ce se întâmplă când presiunea arterială creşte conform legii Laplace, în funcţie de debit şi raza vasului. Astfel, creşterea presiunii arteriale determină creşterea tensiunii

parietale, iniţiind întinderea fibrelor musculare netede vasculare; ca răspuns, apare contracţia acestor fibre şi revenirea tensiunii parietale la nivele de control. Scăderea diametrului lumenului vascular determină creşterea rezistenţei vasculare, urmată de scăderea debitului sangvin.

Hiperemia reactivă este un fenomen ce se instalează consecutiv ocluziei unei artere pe o perioadă limitată de timp. După dispariţia ocluziei, debitul sangvin local este mult mai mare decât nivelul său de control pentru o perioadă variabilă de timp. Mecanismul implicat este metabolic.

## PRESIUNEA ARTERIALĂ

Sângele circulă în vase sub o anumită presiune, care depăşeşte presiunea atmosferică cu 130 mm Hg în timpul sistolei ventriculare stângi (presiune arterială maximă sau sistolică) şi cu 80 mm Hg în timpul diastolei (presiune arterială minimă sau diastolică). Între aceste valori se situează presiunea arterială medie, de 100 mm Hg. Aceasta nu reprezintă media aritmetică a celorlalte două, ci se calculează după o formulă specială. Presiunea sângelui se poate măsura direct, introducând în lumenul arterei un cateter, aflat în legătură cu un manometru. În practica medicală curentă, la om, presiunea sângelui se apreciază indirect, prin măsurarea tensiunii arteriale. Aceasta se determină măsurând contrapresiunea necesară de a fi aplicată la exteriorul arterei pentru a egala presiunea sângelui din interior.

**Factorii determinanţi ai presiunii arteriale**. Cauza principală a presiunii sângelui este activitatea de pompă a inimii, care realizează debitul cardiac. Un alt factor important îl reprezintă rezistenţa periferică pe care o întâmpină sângele la curgerea sa prin vase. Conform legii Poiseuille, rezistenţa este invers proporţională cu puterea a 4-a a razei vasului şi cu $\pi$ şi direct proporţională cu vâscozitatea sângelui şi lungimea vasului. Cea mai mare rezistenţă se întâlneşte la nivelul arteriolelor. Străbătând teritorii cu rezistenţe crescute, sângele pierde mult din energia sa, fapt ce se constată din căderile de presiune sangvină întâlnite dincolo de aceste teritorii. Sângele intră în arteriole cu o presiune de 90 mm Hg şi le părăseşte cu o presiune de 30 mm Hg.

Presiunea de intrare în capilare este de 30 mm Hg şi de ieşire de 10 mm Hg. Rezistenţa la curgere se datorează frecării dintre straturile paralele de lichid circulant, fenomen ce poartă numele de vâscozitate. Datorită vâscozităţii, straturile de sânge aflate în centrul vasului curg mult mai repede decât cele din apropierea peretelui. Cu cât vasul este mai îngust şi mai lung, cu atât rezistenţa pe care o opune curgerii sângelui este mai mare. Volumul sangvin circulant, volemia, este alt factor determinant al presiunii sângelui. Volemia variază concordant cu variaţia lichidelor extracelulare (LEC). În scăderi ale volumului LEC, scade şi volemia şi se produce o scădere a presiunii arteriale (hipotensiune); în creşteri ale LEC, creşte volemia şi se produce o creştere a presiunii arteriale (hipertensiune).

Presiunea sângelui mai depinde şi de elasticitatea arterelor, care scade cu vârsta, determinând la bătrâni creşteri ale presiunii sangvine. Între debitul circulant, presiunea sângelui şi rezistenţa la curgere există relaţii matematice. Debitul este direct proporţional cu presiunea şi invers proportional cu rezistenţa: $D = P/R$.

Viteza sângelui în artere, ca şi presiunea, scade pe măsură ce ne depărtăm de inimă. În aortă, viteza este de 500 mm/s, iar în capilare de 0,5 mm/s, deci de o mie de ori mai redusă. Aceasta se datorează creşterii suprafeţei de secţiune a teritoriului capilar de o mie de ori faţă de cea a aortei.



**Hipertensiunea arterială** reprezintă creşterea presiunii arteriale sistolice şi/sau diastolice peste 140 mm Hg, respectiv 90 mmHg. Hipertensiunea determină creşterea lucrului cardiac şi poate duce la afectarea vaselor sangvine şi a altor organe, mai ales a rinichilor, cordului şi ochilor. Cauza HTA poate fi necunoscută sau secundară altor boli.

## PULSUL ARTERIAL

Reprezintă o expansiune sistolică a peretelui arterei datorită creşterii bruşte a presiunii sângelui. El se percepe comprimând o arteră superficială pe un plan dur (osos), de exemplu artera radială. Viteza de propagare a undei pulsatile este de 10 ori mai mare decât viteza sângelui. Prin palparea pulsului obţinem informaţii privind volumul sistolic, frecvenţa cardiacă şi ritmul inimii. Înregistrarea grafică a pulsului se numeşte sfigmogramă. Ea ne dă informaţii despre artere şi despre modul de golire a ventriculului stâng.

## MICROCIRCULAŢIA

Cuprinde toate vasele cu diametrul sub 100 $\mu$ şi include: metaarteriolele, arteriolele, capilarele şi venulele postcapilare. Schimburile de substanţe dintre LEC şi sistemul vascular au loc la nivelul capilarelor şi al venulelor postcapilare (fig. 137).

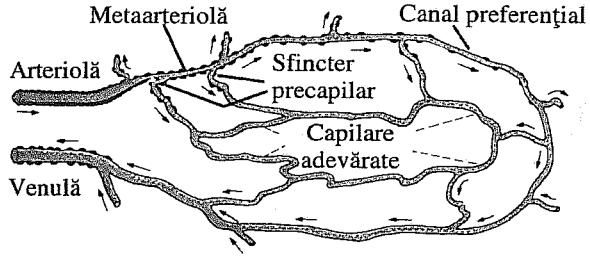



**Fig. 137. Structura patului capilar**

Microcirculaţia este o reţea de vase fine ce distribuie sânge fiecărei celule din organism. Capilarele se formează direct din arteriole sau din metaarteriole. La locul de origine al multor capilare există sfincterul precapilar (constituit din fibre musculare netede). Nu toate capilarele unui ţesut sunt funcţionale în acelaşi timp. În condiţii bazale, 1%-10% din capilare sunt funcţionale. În timpul unor activităţi metabolice intense, mult mai multe capilare devin funcţionale, ceea ce creşte aportul de oxigen şi substanţe nutritive la ţesuturi. Deschiderea şi închiderea acestor vase şi modificările consecutive în debitul sangvin constituie vasomotricitatea capilarelor.

Microcirculaţia este locul unde se realizează schimburile între sânge şi lichidele interstiţiale, care, la rândul lor, se echilibrează cu conţinutul celulelor. La acest nivel, suprafaţa totală de secţiune este de 0,4-0,5 $m^2$, ceea ce determină o viteză de circulaţie a sângelui de 0,3-0,4 mm/s în capilare, dar aceasta poate varia mult mai mult (0-1 mm/s) ţinând cont de vasomotricitatea acestui sector. Microcirculaţia asigură o suprafaţă de schimb totală de aproximativ 700 $m^2$ între sistemul circulator şi compartimentul interstiţial.

Schimburile ce se realizează la acest nivel sunt posibile datorită permeabilităţii capilare, aceasta fiind cea de-a doua proprietate a capilarelor, alături de vasomotricitate.

Permeabilitatea este proprietatea capilarelor de a permite transferul de apă şi substanţe dizolvate, prin endoteliul lor. Această proprietate se datorează structurii particulare a peretelui capilar, ai cărui pori pot fi străbătuţi de toţi componenţii plasmei, cu excepţia proteinelor. Legile

care guvernează schimburile capilar - ţesut sunt legi fizice, ale difuziunii, osmozei şi filtrării. O parte din schimburi se fac şi prin pinocitoză.

**Difuziunea** este principalul mecanism de schimb la nivelul microcirculaţiei şi este caracterizată de rata de difuziune care depinde de solubilitatea substanţei respective în ţesuturi, de temperatură şi de suprafaţa de schimb disponibilă, precum şi de mărimea moleculelor şi de distanţa la care se realizează.

**Filtrarea**. Existenţa unei diferenţe de presiune hidrostatică de o parte şi de alta a endoteliului capilar determină filtrarea apei şi a solviţilor din capilare în ţesuturi. Prezenţa moleculelor mari (proteine, mai ales albumină) în sânge exercită o forţă (presiunea oncotică) care contracarează filtrarea. Balanţa filtrare - reabsorbţie a apei şi a solviţilor depinde de diferenţa dintre presiunile hidrostatică din capilar, care favorizează filtrarea apei spre ţesuturi, şi presiunea oncotică a proteinelor plasmatice (25 mmHg), care se opune filtrării, determinând reabsorbţia apei. Filtrarea apei este ajutată şi de presiunea oncotică a proteinelor din lichidul intercelular, cu valoare de 5 mm Hg. La capătul arterial, suma presiunilor favorabile filtrării este de 35 mmHg (presiunea hidrostatică 30 mmHg + presiunea oncotică tisulară 5 mmHg) şi depăşeşte cu 10 mm Hg presiunea opozantă a proteinelor plasmatice. Din acest motiv, apa iese din capilar în ţesut, antrenând cu ea şi substanţele nutritive dizolvate. La capătul venos al capilarului, fenomenele se produc în sens invers: apare o presiune de resorbţie de 9 mm Hg, care determină reintrarea apei în capilar şi, o dată cu ea, şi a produşilor de catabolism celular. Întreaga activitate metabolică celulară depinde de buna desfăşurare a acestui schimb necontenit. În fiecare minut, membrana capilară este traversată, în ambele sensuri, de un important volum de apă. Peretele capilar poate fi străbătut şi de leucocite.

Creşterea presiunii sangvine în vasele microcirculaţiei şi scăderea concentraţiei proteinelor plasmatice determină filtrarea unei mai mari cantităţi de lichid din capilare; acumularea de lichid în exces în ţesuturi se numeşte edem.

Deplasarea gazelor respiratorii se face în sensul dictat de diferenţele de presiuni parţiale. Oxigenul difuzează din sângele capilar, unde presiunea sa parţială este de 100 mm Hg, spre ţesuturi, unde aceasta este de 40 mm Hg. Dioxidul de carbon difuzează de la presiunea tisulară de 46 mm Hg spre capilar, unde presiunea sa parţială este de 40 mm Hg.

## CIRCULAŢIA VENOASĂ

Venele sunt vase prin care sângele se intoarce la inimă. Volumul venos este de trei ori mai mare decât cel arterial, deci în teritoriul venos se află circa 75% din volumul sangvin. Presiunea sângelui în vene este foarte joasă: 10 mmHg la originile sistemului venos şi zero mm Hg la vărsarea venelor cave în atriul drept. Deoarece suprafaţa de secţiune a venelor cave este mai mică decât a capilarelor, viteza de circulaţie a sângelui creşte de la periferie (0,5 mm/s) spre inimă, atingând valoarea de 100 mm/s în cele două vene cave.

**Proprietăţile venelor.** Datorită structurii pereţilor lor, ce conţin cantităţi mici de ţesut elastic şi muscular neted, venele prezintă distensibilitate şi contractilitate.

***Distensibilitatea*** este proprietatea venelor de a-şi mări pasiv calibrul sub acţiunea presiunii sângelui. Prin distensie, capacitatea sistemului venos creşte, venele putând înmagazina volume sporite de sânge. Deosebit de distensibile sunt venele hepatice, splenice şi subcutanate, care îndeplinesc rol de rezervoare de sânge.

***Contractilitatea*** este proprietatea venelor de a-şi varia în mod activ calibrul prin contracţia sau relaxarea muşchilor netezi din peretele lor. Prin contracţia venelor are loc



mobilizarea sângelui din organele de rezervă şi deplasarea lui către inimă, ceea ce determină creşterea debitului cardiac.

## FACTORII CARE DETERMINĂ ÎNTOARCEREA SÂNGELUI LA INIMĂ

Cauza principală a întoarcerii sângelui la inimă este însăşi activitatea de **pompă cardiacă** a acesteia. Inima creează şi menţine permanent o diferenţă de presiune între aortă (100 mm Hg) şi atriul drept (zero mmHg). Deşi presiunea sângelui scade mult la trecerea prin arteriole şi capilare, mai rămâne o forţă de împingere de 10 mm Hg ce se manifestă la începutul sistemului venos. Inima funcţionează simultan ca o pompă aspiro-respingătoare. Ea respinge sânge spre aortă, în timpul sistolei ventriculare, şi, concomitent, aspiră sângele din venele cave în atriul drept. Aspiraţia atrială dreaptă se datorează creşterii bruşte a capacităţii atriului, ca urmare a deplasării în jos a planşeului atrio-ventricular, în timpul fazei de ejecţie a sistolei ventriculare.

**Aspiraţia toracică** reprezintă un factor ajutător care contribuie la menţinerea unor valori scăzute ale presiunii în venele mari din cavitatea toracică. Ea se manifestă mai ales în inspir.

**Presa abdominală** reprezintă presiunea pozitivă din cavitatea abdominală care împinge sângele spre inimă. În inspir, datorită coborârii diafragmului, efectul de presă este accentuat.

**Pompa musculară.** În timpul contracţiilor musculare, venele profunde sunt golite de sânge, iar în perioadele de relaxare dintre două contracţii ele aspiră sângele din venele superficiale. Refluxul sangvin este împiedicat de prezenţa valvulelor (la nivelul venelor membrelor inferioare).

**Gravitaţia** are efect negativ asupra întoarcerii sângelui din venele membrelor inferioare. Ea favorizează curgerea sângelui din venele situate deasupra atriului drept, la nivelul gambei presiunea hidrostatică find de 100 mmHg, când persoana stă în picioare, nemişcată; ea scade la 20-25mm Hg în timpul mersului.

**Masajul pulsatil** efectuat de artere asupra venelor omonime, aflate împreună în acelaşi pachet vascular, are efect favorabil asupra întoarcerii venoase.

Întoarcerea sângelui la inimă are o mare importanţă pentru reglarea debitului cardiac, deoarece o inimă sănătoasă pompează, conform legii inimii, atât sânge cât primeşte prin aflux venos.

## PRESIUNEA VENOASĂ CENTRALĂ

Deoarece sângele din venele sistemice este condus spre atriul drept, presiunea de la acest nivel este denumită presiune venoasă centrală. Valoarea ei normală este de 0 mm Hg, adică egală cu presiunea atmosferică. Este reglată de echilibrul dintre capacitatea cordului de a pompa sângele din ventriculul drept şi de tendinţa sângelui de a se deplasa din venele periferice spre atriul drept.

## REGLAREA NERVOASĂ A CIRCULAŢIEI SANGVINE

Sistemul nervos controlează în special funcţiile globale, ca, de exemplu, redistribuţia sangvină în diverse teritorii ale organismului, creşterea activităţii pompei cardiace, şi asigură controlul rapid al presiunii arteriale. Sistemul nervos controlează circulaţia exclusiv prin intermediul sistemului nervos vegetativ, mai ales prin sistemul nervos simpatic; sistemul nervos parasimpatic este important în reglarea funcţiilor cordului.

Toate vasele sangvine, cu excepţia capilarelor, sfincterelor precapilare şi a majorităţii metaarteriolelor, sunt inervate simpatic. Inervaţia arterelor mici şi a arteriolelor face ca stimularea simpatică să crească rezistenţa acestora, astfel modificându-se debitul sangvin prin ţesuturi. Inervaţia vaselor mari, în special a venelor, face posibil ca stimularea simpatică să modifice volumul vascular şi volumul sistemului circulator periferic. Alături de fibrele nervoase simpatice vasculare, o parte din fibrele simpatice merg la inimă; stimularea lor determină o creştere importantă a activităţii cordului, crescând frecvenţa şi forţa contracţiei cardiace. Singurul efect important al sistemului parasimpatic asupra circulaţiei este controlul frecvenţei cardiace (stimularea vagală determină scăderea frecvenţei cardiace).

**Sistemul vasoconstrictor simpatic şi controlul lui de către SNC**

Nervii simpatici conţin un număr foarte mare de fibre vasoconstrictoare şi doar puţine fibre vasodilatatoare. Fibrele vasoconstrictoare sunt distribuite tuturor segmentelor aparatului circulator, fiind mai mare în unele ţesuturi (rinichi, intestin, splină şi piele).

***Centrul vasomotor şi controlul lui de către sistemul vasoconstrictor*** (fig. 138).

În substanţa reticulată bulbară şi în treimea caudală pontină, bilateral, se află centrul vasomotor. Acest centru transmite impulsuri eferente prin măduva spinării şi, de aici, prin fibre simpatice vasoconstrictoare, la aproape toate vasele sangvine. Există câteva zone importante la nivelul acestui centru:

1. Aria vasoconstrictoare, C-1, localizată în părţile anterolaterale ale bulbului, superior, bilateral. Neuronii acestor arii secretă noradrenalina; fibrele lor sunt distribuite în măduva spinării, excitând neuronii vasoconstrictori ai sistemului nervos simpatic.

2. Aria vasodilatatoare, A-1, localizată în părţile anterolaterale ale jumătăţii inferioare bulbare, bilateral; fibrele neuronale se proiectează cranial spre aria vasoconstrictoare, inhibând activitatea vasoconstrictoare a acesteia şi producând vasodilataţie.

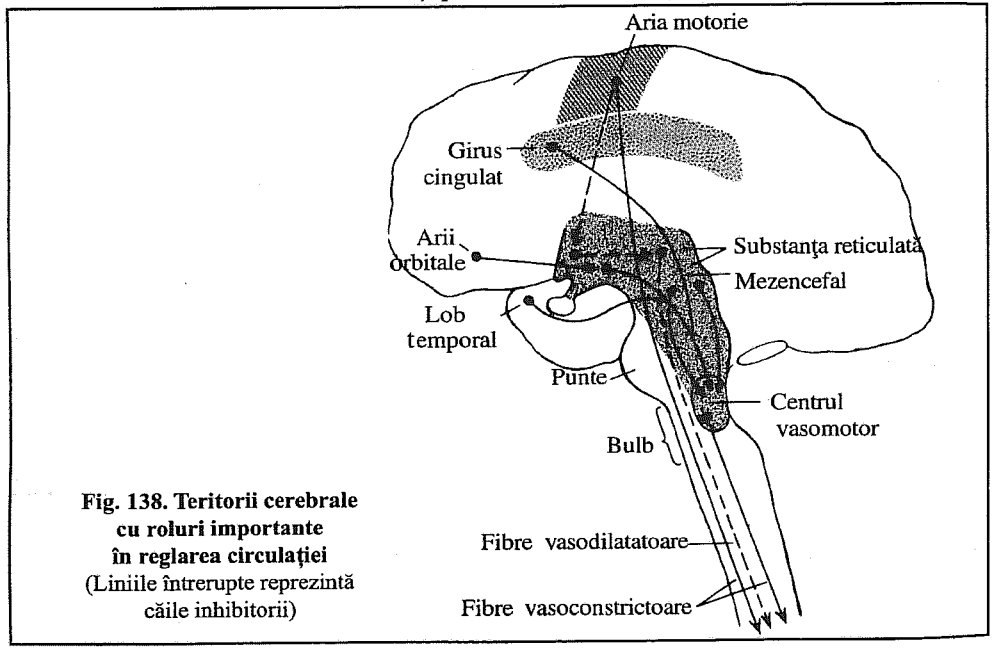



**Fig. 138. Teritorii cerebrale cu roluri importante în reglarea circulaţiei** (Liniile întrerupte reprezintă căile inhibitorii)



3. Aria senzitivă, A-2, localizată în tractul solitar în părţile posterolaterale bulbare şi ale punţii inferioare, bilateral. Neuronii acestei arii primesc semnale nervoase senzitive, în special de la nervul vag şi glosofaringian, emiţând, la rândul lor, semnale nervoase ce controlează activitatea ariilor vasoconstrictoare şi vasodilatatoare, determinând un control reflex al multor funcţii circulatorii. În condiţii normale, aria vasoconstrictoare a centrului vasomotor transmite continuu semnale către fibrele nervoase vasoconstrictoare simpatice, determinând o descărcare continuă şi lentă de impulsuri a acestor fibre, cu o rată de 0,5-2 impulsuri/secundă. Aceste descărcări continui reprezintă tonusul simpatic vasoconstrictor. Ele menţin o stare de vasoconstricţie parţială, numită tonus vasomotor.

***Controlul efectuat de către centrul vasomotor asupra activităţii cardiace.*** Centrul vasomotor controlează, în acelaşi timp, gradul contracţiei vasculare şi activitatea cordului. Porţiunile laterale ale centrului vasomotor transmit, prin intermediul fibrelor nervoase simpatice, impulsuri excitatorii cordului, crescând frecvenţa şi contractilitatea cardiacă. Porţiunile mediale, situate în apropierea nucleului dorsal al vagului, transmit cordului, prin nervii vagi, impulsuri care determină scăderea frecvenţei cardiace. În acest mod, centrul vasomotor poate fie să crească, fie să descrească activitatea cordului, aceasta crescând de obicei concomitent cu vasoconstricţia periferică şi scăzând concomitent cu inhibiţia vasoconstricţiei.

***Controlul exercitat de către centrii nervoşi superiori asupra centrului vasomotor.*** Un număr mare de arii din substanţa reticulată pontină, mezencefalică şi diencefalică pot să stimuleze sau să inhibe centrul vasomotor. În general, porţiunile laterale şi superioare ale substanţei reticulate determină stimularea centrului vasomotor, în timp ce porţiunile inferioare şi mediale determină inhibiţia acestuia. Hipotalamusul joacă un rol special în controlul sistemului vasoconstrictor, deoarece poate exercita efecte stimulatorii sau inhibitorii puternice asupra lui. Regiunile posterolaterale ale hipotalamusului determină în special excitaţie, în timp ce regiunile anterioare pot determina fie o uşoară excitaţie, fie inhibiţie, în funcţie de zona stimulată a hipotalamusului anterior. Hipotalamusul asigură integrarea activităţii cardiovasculare cu alte activităţi vegetative, precum: termoreglarea, digestia, funcţiile sexuale. Stresul emoţional influenţează, de asemenea, frecvenţa cardiacă şi presiunea arterială.

Diferite regiuni ale cortexului cerebral pot excita sau inhiba centrul vasomotor. Stimularea cortexului motor excită centrul vasomotor ca urmare a impulsurilor transmise spre hipotalamus şi, de aici, spre centrul vasomotor. Astfel, arii corticale întinse pot influenţa profund funcţia aparatului cardiovascular.

Controlul presiunii arteriale se face prin mecanisme ce acţionează rapid, pe termen mediu şi pe termen lung.

**Rolul sistemului nervos în controlul rapid al presiunii arteriale**

***Sistemul de control al baroreceptorilor arteriali, reflexe baroreceptoare.*** Baroreceptorii sunt terminaţiuni nervoase ramificate localizate în sinusul carotidian (la bifurcaţia arterelor carotide) şi în arcul aortic. Sunt stimulaţi de distensia pereţilor vasculari; impulsurile nervoase ce rezultă sunt transmise sistemului nervos central pe calea nervilor glosofaringian şi vag şi de aici spre nucleul tractului solitar bulbar, apărând semnale nervoase secundare ce inhibă centrul vasoconstrictor bulbar şi excită centrul vagal. Efectele sunt următoarele:

- vasodilataţie venoasă şi arteriolară la nivelul sistemului circulator periferic;
- scăderea frecvenţei cardiace şi a forţei de contracţie a cordului.

Astfel, stimularea baroreceptorilor prin presiunile arteriale crescute determină scăderea reflexă a presiunii arteriale datorită scăderii rezistenței vasculare periferice și debitului cardiac. Răspunsul baroreceptorilor la modificările presiunii apar la valori ale acesteia de peste 60 mm Hg și este maxim la 180 mm Hg, fiind extrem de rapid. Ei au rol și în menținerea constantă a presiunii arteriale la modificările poziției corpului. Nu au importanță în reglarea pe termen lung a presiunii arteriale deoarece se adaptează, după un anumit interval de timp, la valorile presionale mari (fenomen de resetare).

***Chemoreceptorii carotidieni și aortici*** sunt celule chemosenzitive, sensibile la scăderea $O_2$, la excesul de $CO_2$ sau al ionilor $H^+$. Ei sunt localizați la nivelul unor organe mici de 1-2 mm: doi corpi carotidieni și mai mulți corpi aortici. Semnalele nervoase de la chemoreceptori ajung la centrul vasomotor pe calea nervilor IX și X; are loc stimularea acestuia, urmată de creșterea presiunii arteriale. Acest reflex nu este un sistem puternic de control al presiunii arteriale atunci când aceasta variază în limite normale, deoarece chemoreceptorii nu sunt puternic stimulați decât la valori ale presiunii arteriale sub 80 mmHg; devine important însă la presiuni scăzute.

***Reflexele atriale și cele de la nivelul arterei pulmonare.*** Atriile, cât și arterele pulmonare prezintă în pereții lor receptori de întindere similari cu baroreceptorii din arterele mari ale circulației sistemice, denumiți receptori pentru presiune joasă. Aceștia au rol important în minimalizarea efectelor modificărilor de volum asupra presiunii arteriale.

***Răspunsul la ischemie al SNC, controlul presiunii arteriale de către centrul vasomotor ca răspuns la scăderea fluxului sangvin cerebral.*** Atunci când fluxul de sânge la centrul vasomotor din trunchiul cerebral inferior scade suficient de mult pentru a produce un deficit nutrițional, adică ischemie cerebrală, neuronii centrului vasomotor răspund direct la acțiunea acesteia, devenind puternic stimulați. Când are loc un astfel de fenomen, presiunea arterială sistemică crește la nivelul maxim la care pompa cardiacă poate face față. Creșterea presiunii arteriale ca răspuns la ischemia cerebrală este cunoscută ca răspunsul SNC la ischemie.

**Mecanismele de reglare pe termen mediu a presiunii arteriale**

Există mai multe mecanisme de control al presiunii arteriale ce intervin semnificativ doar la câteva minute după o modificare acută a presiunii arteriale. Acestea sunt: mecanismul vasoconstrictor renină - angiotensină; relaxarea vaselor sangvine; transferul bidirecțional de lichid prin peretele capilar în și dinspre arborele circulator pentru reajustarea volumului sangvin în funcție de nevoi.

Aceste trei mecanisme devin operative total în aproximativ 30 minute până la câteva ore. Efectul lor poate dura, dacă este necesar, câteva zile. Concomitent, mecanismele nervoase se epuizează și devin din ce în ce mai puțin eficiente (fig. 139).

**Mecanismele de reglare pe termen lung a presiunii arteriale**

Implică participarea renală. Mecanismul de control rinichi - volum sangvin (lichide extracelulare) necesită câteva ore pentru a deveni evident. El dezvoltă un mecanism de control feedback cu o eficiență și putere infinită. Acest mecanism poate restabili în întregime presiunea arterială la acel nivel presional care să asigure o excreție renală de apă și sodiu normală. Există mai mulți factori care pot influența activitatea acestui mecanism. Unul dintre ei este aldosteronul, iar un altul implică interacțiunea dintre sistemul renină - angiotensină - aldosteron și mecanismul rinichi - lichidele extracelulare (fig. 140).



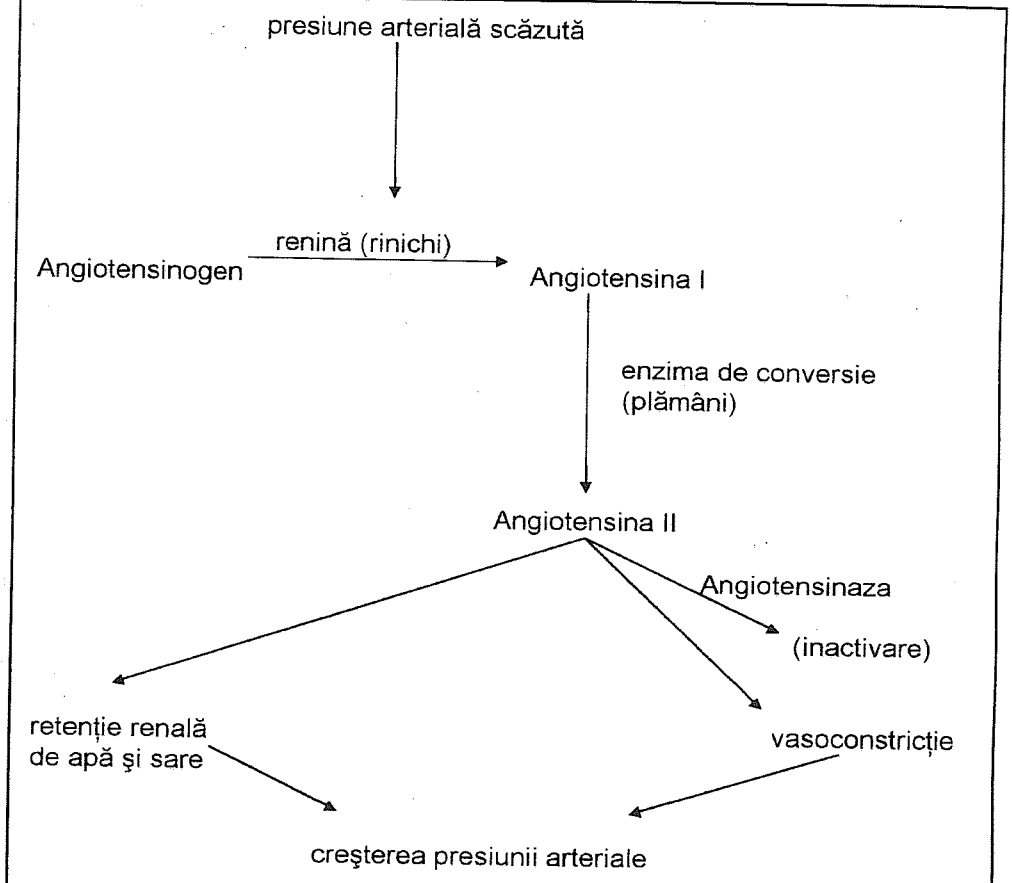



**Fig. 139. Mecanismul vasoconstrictor renină-angiotensină de control al presiunii arteriale**

CIRCULAȚIA LIMFATICĂ

Limfa este partea mediului intern care circulă în vasele limfatice. Circulația are loc dinspre capilarele limfatice din țesuturi spre marile ducturi limfatice care deversează limfa în confluenții venoși de la baza gâtului. Circulația limfatică reprezintă o cale derivată de întoarcere spre inimă a apei extravazate din capilarele sangvine.

**Formarea limfei.** În fiecare minut se filtrează, la nivelul capilarelor arteriale, 16 ml apă. Din acest volum, 15 ml se resorb în sânge, la nivelul capătului venos al capilarelor. Volumul de apă restant în țesuturi nu stagnează, ci ia calea capilarelor limfatice. Debitul limfatic mediu este în jur de 1500 ml/zi, însă poate varia mult în funcție de factorii hemodinamici locali.

**Compoziția limfei.** La început, limfa are aceeași compoziție cu a LEC și cu a plasmei (de care se deosebește prin conținutul mai sărac în proteine). După trecerea prin ganglionii limfatici, limfa se îmbogățește cu elemente celulare și cu proteine. Compoziția limfei variază

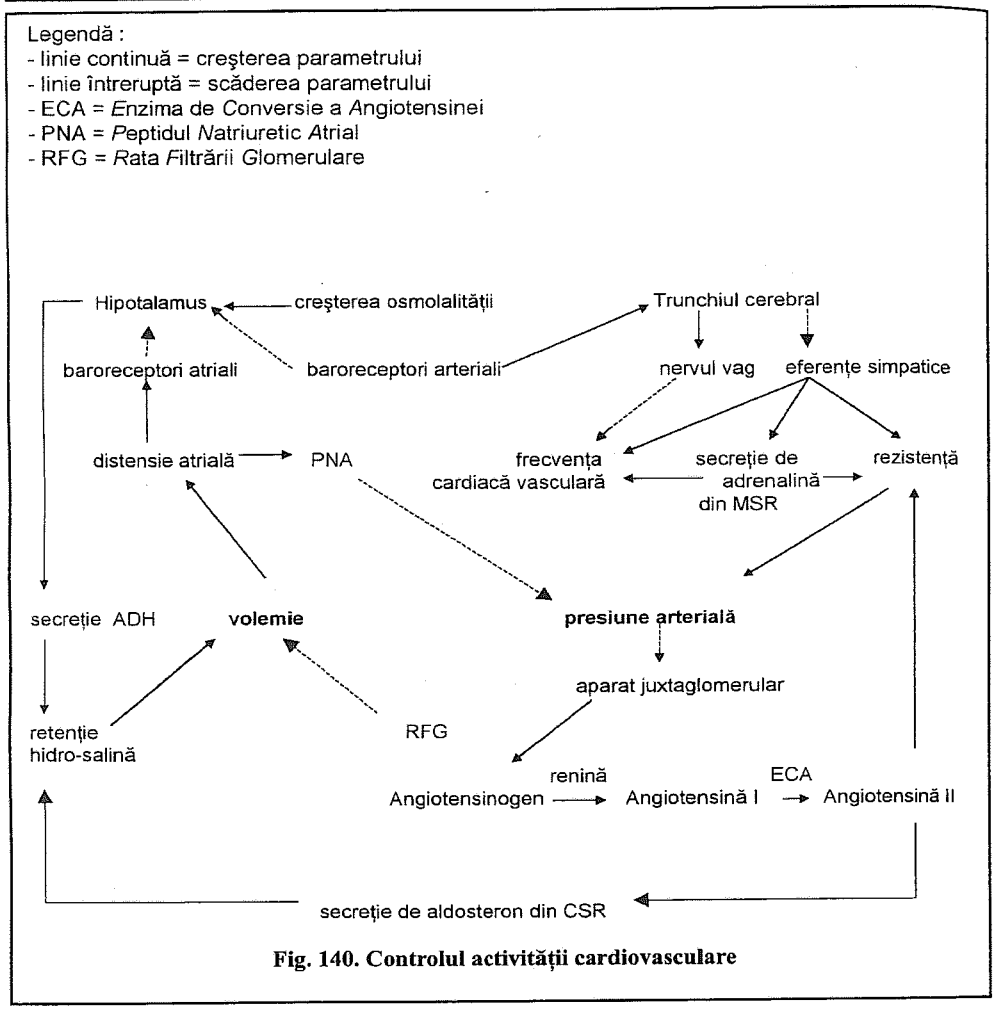



**Fig. 140. Controlul activităţii cardiovasculare**

în funcţie de teritoriul drenat: limfa provenită din intestinul subţire este mai bogată în lipide, ceea ce îi conferă un aspect lăptos; limfa provenită din ficat este bogată în proteine şi enzime, iar cea din glandele endocrine conţine hormoni.

Circulaţia limfei se face cu viteză foarte mică. Forţele motrice care determină înaintarea limfei sunt extrinseci şi intrinseci. Cele extrinseci sunt presiunile tisulare şi factorii ce favorizează întoarcerea venoasă. Cele intrinseci sunt reprezentate de contracţiile ritmice ale vaselor limfatice mari. Aceste contracţii, a căror amplitudine este proporţională cu debitul limfatic, creează o presiune de înaintare. Sensul de scurgere este asigurat de prezenţa valvelor limfatice.

**Rolurile sistemului limfatic** sunt următoarele:

- constituie o cale auxiliară de întoarcere a lichidului extracelular în sistemul venos; blocajul căilor limfatice duce la apariţia edemelor;



- drenează continuu proteinele tisulare extravazate din capilare, în special la nivel hepatic şi intestinal; o acumulare de proteine în ţesuturi ar produce edeme;
- contribuie la transportul lipidelor absorbite din intestinul subţire;
- participă la în sistemul de apărare antiinfecţioasă al organismului, prin efectul de barieră al ganglionilor limfatici şi prin elementele celulare şi anticorpii produşi de aceştia.

## TERITORII SPECIALE ALE CIRCULAŢIEI SANGVINE

**Circulaţia coronară**. Inima este irigată de arterele coronare, dreaptă şi stîngă. Debitul sangvin coronarian reprezintă aproximativ 5% din debitul cardiac de repaus. Este important de înţeles că, în timpul sistolei ventriculare, tensiunea intraparietală miocardică creşte şi produce o compresie a vaselor din teritoriul coronarian, ceea ce măreşte rezistenţa la fluxul sangvin. De aceea, debitul coronarian în vasele coronariene stângi este maxim în timpul perioadei de relaxare izovolumetrică, valorile presiunii arteriale fiind încă mari, iar miocardul relaxat.

**Circulaţia cerebrală**. Arterele principale ce irigă creierul sunt cele carotide. Întreruperea fluxului sangvin cerebral doar pentru 5-10 s provoacă pierderea conştienţei, iar oprirea circulaţiei pentru 3-4 minute determină alterări ireversibile ale ţesutului cerebral.

## ŞOCUL

Este acea stare patologică caracterizată printr-un flux sangvin inadecvat către organele vitale, cum ar fi: inima, creierul, ficatul, rinichii, tractul gastrointestinal.

Cauzele sale sunt multiple şi, în funcţie de acestea, şocul poate fi:

- primar (sincopa sau leşinul), provocat de dilataţie arteriolară şi/sau scăderea frecvenţei cardiace;
- hipovolemic, determinat de un volum sangvin circulant scăzut;
- cardiogen, determinat de o funcţionare inadecvată a inimii;
- septic, provocat de infecţii grave.

# APARATUL EXCRETOR

## ANATOMIA APARATULUI EXCRETOR

### RINICHIUL

Rinichii sunt aşezaţi profund în cavitatea abdominală, simetric de o parte şi de alta a coloanei vertebrale, în regiunea lombară. Ei se proiectează de la nivelul ultimelor două vertebre toracale ($T_{11}$, $T_{12}$), până la vertebra a treia lombară, rinichiul drept fiind situat ceva mai jos, cu aproximativ o jumătate de vertebră faţă de cel stâng, din cauza prezenţei ficatului în partea dreaptă.

Rinichii ocupă o lojă proprie, loja renală, delimitată de o fascie fibroasă, fascia renală, care prezintă o porţiune prerenală şi alta retrorenală. În interiorul lojei renale se găseşte un strat de grăsime, grăsimea perirenală, care înveleşte rinichii. În afara lojei se găseşte un alt strat de grăsime, grăsimea pararenală, mai groasă posterior. Atât grăsimea prerenală cât şi cea pararenală au rol protector împotriva traumatismelor din regiunea lombară.

Rinichii au o formă asemănătoare cu cea a unui bob de fasole, de culoare brun-roşcată, lungime de aproximativ 12 cm, lăţime de 6 cm şi grosime de 3 cm; greutatea medie a fiecărui rinichi este în jur de 120 g.

Rinichiului i se descriu două feţe, două margini şi doi poli.

Feţele rinichiului sunt una anterioară şi alta posterioară. Faţa anterioară este convexă şi are raporturi diferite în dreapta şi în stânga. În dreapta, faţa anterioară vine în raport cu ficatul, cu duodenul (porţiunea descendentă) şi cu colonul ascendent, cu unghiul colic drept şi cu ansele intestinale, în timp ce în stânga vine în raport cu splina (faţa renală), stomacul (faţa posterioară), cu coada pancreasului, cu colonul descendent, cu unghiul colic stâng, iar în partea inferioară cu ansele intestinale.

Faţa posterioară este tot convexă şi are raporturi cu peretele posterior al cavităţii abdominale, format de muşchii psoas şi pătratul lombar. Vine în raport şi cu nervii ilioinghinal şi iliohipogastric.

Marginile sunt una externă şi alta internă. Marginea externă este convexă, iar cea internă este concavă numai în porţiunea mijlocie, cea care corespunde hilului renal, adică locului de intrare şi ieşire a elementelor vasculo-nervoase, şi bazinetului.

Polii rinichiului sunt unul superior şi altul inferior. Polul superior vine în raport cu glanda suprarenală.

#### STRUCTURA RINICHIULUI

Rinichiul este alcătuit din două părţi: capsula renală şi ţesutul sau parenchimul renal.

**Capsula renală** se prezintă sub forma unui înveliş fibro-elastic, care acoperă toată suprafaţa rinchiului şi care aderă la parenchimul subiacent.



**Parenchimul renal** este alcătuit din două zone: o zonă centrală, numită medulară; o zonă periferică, numită corticală (fig. 141).

***Medulara*** prezintă, pe secţiune, nişte formaţiuni de aspect triunghiular, numite piramidele lui Malpighi. În număr de 7 până la 14, ele sunt orientate cu baza spre periferie, către corticală, şi cu vârful spre centru, către hilul renal. Vârfurile acestor piramide sunt rotunjite şi poartă numele de papile renale. Suprafaţa fiecărei papile renale este perforată de un număr variabil de orificii (15-20) care alcătuiesc aria ciuruită (aria cribrosa). Prin aceste orificii se scurge urina prin tubii colectori Bellini în calicele renale mici. Suprafaţa piramidelor renale are aspect striat, determinat de tubii colectori Bellini şi de arterele drepte adevărate care străbat piramidele Malpighi în tot lungul lor, de la bază la vârf. Fiecare piramidă Malpighi are semnificaţia unui lob renal, ceea ce înseamnă că un rinichi are tot atâţia lobi câte piramide Malpighi are. Între piramide se găsesc coloanele Bertin, care sunt prelungiri ale corticalei în medulară.

***Corticala*** prezintă pe secţiune formaţiuni de aspect triunghiular, numite piramide Ferrein, în număr de 300-500 pentru fiecare piramidă Malpighi. Aceste piramide Ferrein sunt orientate invers decât piramidele malpighiene, adică cu baza spre centru, la baza piramidelor Malpighi, şi cu vârful spre periferie, fără să atingă capsula renală. Fiecare piramidă Ferrein are semnificaţia unui lobul renal şi reprezintă prelungiri ale medularei în corticală. Între piramidele Ferrein se află aşa-numitul labirint, în care se găsesc corpusculii renali, vase sangvine şi tubi uriniferi în direcţii variate.

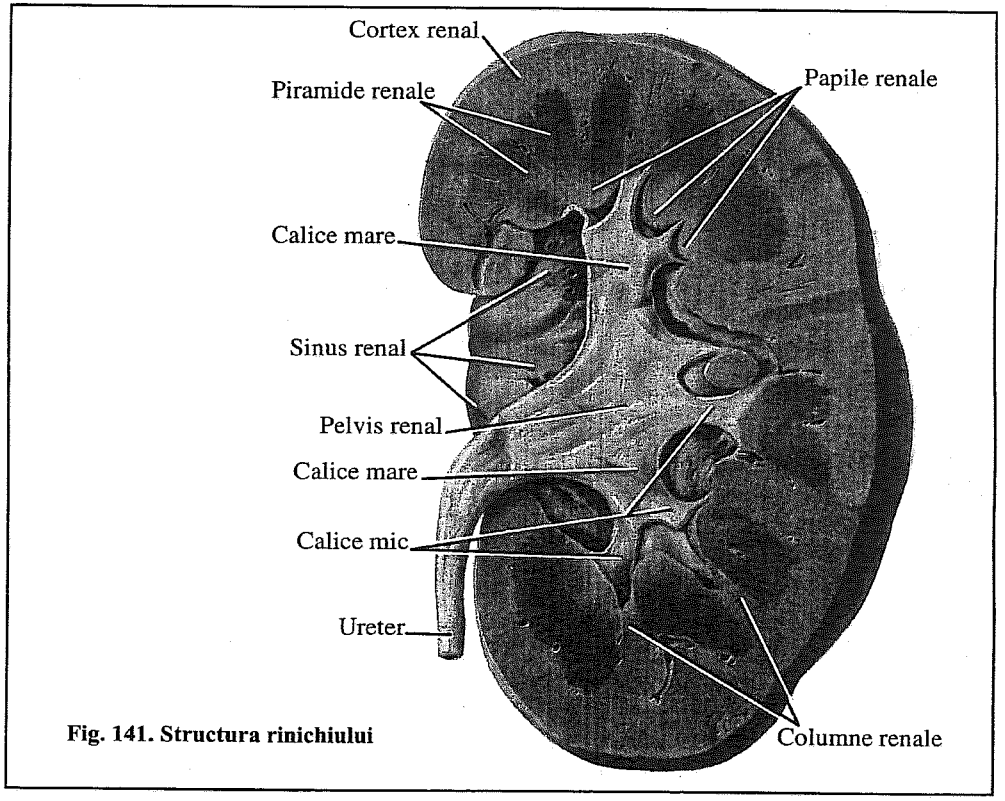



**Fig. 141. Structura rinichiului**

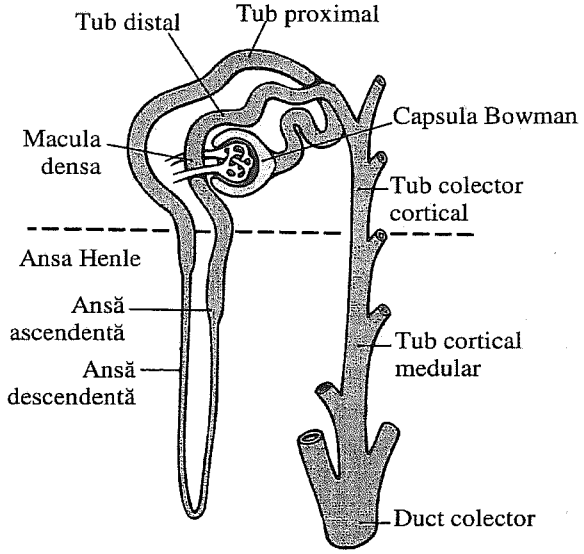



**Fig. 142. Nefronul (schemă)**

**Nefronul** reprezintă unitatea anatomică şi funcţională a rinichiului (fig. 142). Numărul nefronilor este mare, mai mult de un milion pentru fiecare rinichi. În alcătuirea unui nefron intră două părţi: capsula Bowman şi un sistem tubular.

***Capsula Bowman*** reprezintă porţiunea iniţială a nefronului. Ea este situată în corticală şi are forma unei cupe cu pereţii dubli, prezentând doi poli:

- un pol vascular, prin care intră în capsulă arteriola aferentă care se capilarizează formând un ghem de capilare, numit glomerulul renal Malpighi, şi prin care iese din capsulă arteriola eferentă;
- un pol urinar, situat în partea opusă celui vascular.

Foiţa internă a capsulei Bowman este formată din celule turtite şi se mulează intim pe ghemul de capilare al glomerulului renal Malpighi. Foiţa externă a capsulei se continuă cu tubul contort proximal. Capsula Bowman, împreună cu glomerulul renal, formează corpusculul renal Malpighi.

***Sistemul tubular***, situat în continuarea capsulei Bowman, este alcătuit din mai multe segmente, care, în totalitate, măsoară 3-4 cm. Astfel sunt:

- tubul contort proximal, cu o lungime de 15 mm, este un tub încolăcit, situat în corticală, în imediata apropiere a capsulei Bowman. Prezintă în structura sa un epiteliu simplu cubic cu margine în perie, care reprezintă substratul morfologic al unei intense activităţi de resorbţie;
- ansa Henle, situată în continuarea tubului contort proximal, este formată din două ramuri:
  a. un ram descendent, mai subţire, care trece din corticală în medulară, unde face o buclă numită ansă propriu-zisă;
  b. un ram ascendent, mai gros, care se reîntoarce din medulară în corticală; (funcţional, ansa Henle participă la procesul de concentraţie şi diluţie).



- tubul contort distal, un tub răsucit, situat în corticală, în continuarea ansei Henle. Tubul contort distal este format din două porţiuni: o porţiune dreaptă şi o porţiune contortă (întortocheată). Limita dintre cele două porţiuni ale tubului contort distal este marcată de prezenţa unei structuri de tip particular, numită macula densa, care face parte din aparatul juxtaglomerular. La exterior, această limită corespunde punctului de contact dintre segmentul distal şi corpusculul renal de care aparţine. Contactul se face la nivelul polului vascular al corpusculului. Aparatul juxtaglomerular are rolul de a regla activitatea rinichilor şi de a secreta renina şi eritropoietina.

Mai mulţi tubi contorţi distali se varsă într-un tub colector Bellini, care nu face parte din nefron. Într-un tub colector Bellini drenează între 5000-6000 tubi contorţi distali. Tubul colector Bellini trece din corticală în medulară, străbătând piramidele Malpighi de la bază până la vârf, unde se varsă în calicele renale mici prin orificiile de pe suprafaţa papilelor renale.

Întreg sistemul tubular al rinichilor are o lungime de 60-80 km şi o suprafaţă totală de circa 5 $m^2$.

**Vascularizaţia rinichiului** este asigurată de artera renală, ramură viscerală din aorta abdominală. Artera renală pătrunde în rinichi prin hilul renal şi dă la acest nivel ramuri prepielice (2-4), care trec înaintea bazinetului şi ramuri retropielice (de obicei una), care trec înapoia bazinetului. De aici pornesc arterele interlobare (fig. 143) care merg printre piramidele renale Malpighi, în coloanele Bertin. Ajunse la baza piramidelor Malpighi, arterele interlobare devin artere arcuate şi merg la limita dintre medulară şi corticală. Au un caracter terminal, adică nu se anastomozează între ele.

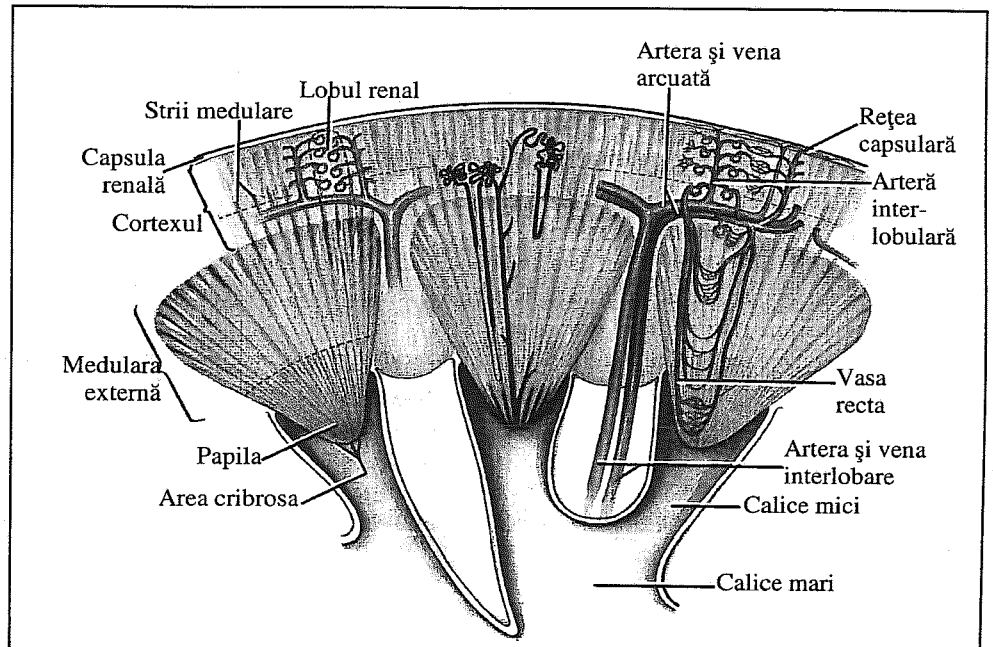



**Fig. 143. Schema sistemului vascular intrarenal**

Din arterele arcuate pornesc în corticală, printre piramidele Ferrein, arterele interlobulare, care vascularizează corticala până la capsula renală.

Tot de la acest nivel pornesc în medulară arterele drepte adevărate sau "în ploaie", care vascularizează piramidele Malpighi de la bază până la vârf, de-a lungul tubilor colectori Bellini. Din arterele interlobulare se desprind arteriolele aferente care intră în capsula Bowman prin polul vascular, unde se capilarizează şi formează glomerulul renal Malpighi, din care ia naştere apoi arteriola eferentă, mai subţire decât cea aferentă. Aceasta iese din capsula Bowman tot prin polul vascular, după care se recapilarizează în pereţii tubului urinifer.

Sângele venos este colectat de capilare dispuse la periferie, sub capsula renală, numite stelele Verheyen. Din această reţea, venele au un traiect invers arterelor şi sunt reprezentate de venele interlobulare, venele arcuate, venele interlobare, care se varsă în venele pre- şi retropielice, iar acestea în vena renală. În vena renală stângă se varsă şi vena testiculară la bărbat sau ovariană la femeie. Venele renale se deschid în vena cavă inferioară.

**Limfa** rinichiului este colectată de vase limfatice care merg cu venele şi care o drenează în ganglionii aortici.

Rinichiul are o **inervaţie** vegetativă simpatică şi parasimpatică. Inervaţia vegetativă a rinichilor provine din plexul celiac, mezenteric superior şi aortico-renal, care conţin fibre din lanţul simpatic (nervii splanhnici) şi fibre vagale mai puţin numeroase. Cea mai mare parte a fibrelor nervoase abordează rinichiul sub forma plexului renal ce se alătură arterei renale şi ramurilor ei. Nervii au o acţiune vasomotorie, reglând debitul sangvin al rinichiului.

## CĂILE DE ELIMINARE A URINEI

Căile urinare sunt unele intrarenale şi altele extrarenale. Cele intrarenale sunt reprezentate de calicele renale mici, calicele renale mari şi o parte din bazinet. Căile extrarenale cuprind partea dinspre vârf a bazinetului, ureterul, vezica urinară şi uretra.

**Calicele renale mici** sunt situate la vârful piramidelor Malpighi. Numărul lor este de 7 - 14. Ele se unesc în trei **calice renale mari**: superior, mijlociu şi inferior. La rândul lor, calicele renale mari se unesc şi formează bazinetul.

**Bazinetul** sau pelvisul renal este un conduct mai dilatat, a cărui porţiune bazală este situată în rinichi şi aparţine căilor urinare intrarenale. Partea dinspre vârf este situată în afara rinichiului şi aparţine căilor urinare extrarenale.

Bazinetul prezintă o faţă anterioară, o faţă posterioară şi două margini: una superioară şi alta inferioară, care converg de la bază la vârf. Baza este îndreptată în sus şi în afară şi la nivelul ei se găsesc calicele renale mari. Vârful bazinetului este situat în jos şi înăuntru şi se continuă cu ureterul.

**Ureterul** este un organ tubular, lung de 25-30 cm, care se întinde oblic în jos şi spre medial de la vârful bazinetului până la vezica urinară. Este un organ primitiv retroperitoneal care prezintă două porţiuni:

- o porţiune abdominală, care ţine de la vârful bazinetului şi până la strâmtoarea superioară a bazinetului;
- o porţiune pelviană, care ţine de la strâmtoarea superioară a bazinului până la vezica urinară.



Raporturile ureterului diferă în cele două porţiuni ale lui. În porţiunea abdominală prezintă două segmente, unul superior sau lombar, care ţine de la bazinet până la creasta iliacă, şi altul inferior sau iliac, de la creasta iliacă până la strâmtoarea superioară a bazinului.

În segmentul abdominal, ureterul este situat anterior de muşchiul psoas şi este încrucişat anterior de vasele testiculare la bărbat şi ovariene la femeie. Lateral, are în dreapta colonul ascendent, iar în stânga pe cel descendent. Medial de ureter se găsesc, în dreapta, lanţul simpatic drept şi vena cavă inferioară, iar în stânga lanţul simpatic stâng şi aorta abdominală.

În segmentul iliac, ureterul încrucişează vasele iliace şi este încrucişat în dreapta de mezenter, iar în stânga de mezosigmoid.

În porţiunea pelviană, la bărbat, vine în raport anterior cu canalul deferent şi veziculele seminale, iar la femeie cu artera uterină.

Ureterul are un perete alcătuit din trei tunici:

- una externă, fibroasă, numită şi adventice;
- una mijlocie, musculară, cu fibre musculare netede (longitudinale la exterior, circulare la mijloc şi din nou longitudinale la interior);
- una internă, mucoasă, care căptuşeşte lumenul ureterului. Mucoasa ureterului are un epiteliu de tranziţie impermeabil (uroteliu).

Vascularizaţia ureterului este asigurată de arterele ureterale, care, în porţiunea superioară, vin din artera renală, iar în cea inferioară din arterele vezicale.

Sângele venos este colectat de venele ureterale satelite arterelor.

Inervaţia este vegetativă, simpatică şi parasimpatică. Ea vine din plexul renal, pentru porţiunea superioară, şi din cel hipogastric, pentru porţiunea inferioară a ureterului.

### VEZICA URINARĂ

Este un organ musculo-cavitar, fiind porţiunea cea mai dilatată a căilor urinare. Ea acumulează urina, care se elimină în mod continuu prin uretere, şi o evacuează în mod discontinuu, ritmic, de 4-6 ori în 24 de ore, prin actul micţiunii. Vezica urinară este aşezată în pelvis, pe care îl depăşeşte în sus atunci când este plină. La adult are o formă globuloasă, prezentând două feţe, două margini, o bază şi un vârf orientat în sus. Feţele sunt una anterioară şi alta posterioară. Faţa anterioară se găseşte înapoia simfizei pubiene. Între faţa anterioară vezicală şi simfiza pubiană se delimitează un spaţiu prevezical. Faţa posterioară are raporturi diferite la bărbat şi la femeie. La bărbat vine în raport cu rectul, de care este despărţită prin peritoneu, care formează aici fundul de sac retrovezical sau Douglas. La femeie, vezica urinară vine în raport posterior cu uterul, între cele două peritoneul formând fundul de sac vezico-uterin. Marginile vezicii urinare sunt una dreaptă şi alta stângă.

Baza (fundul vezicii) este situată în jos şi se întinde până la fundul de sac recto-vezical la bărbat sau până la fundul de sac vezico-uterin la femeie. Baza vezicii vine în raport cu prostata, cu veziculele seminale şi canalele deferente la bărbat, iar la femeie, cu vaginul şi colul uterin. Peretele vezicii urinare este alcătuit din trei tunici:

- o tunică externă, seroasă, reprezentată de peritoneu, care acoperă vezica numai pe faţa ei posterioară şi superioară, în rest fiind înconjurată de un strat de ţesut conjunctiv lax;
- o tunică mijlocie, musculară, alcătuită din trei straturi de fibre musculare netede, un strat superficial longitudinal, unul mijlociu cu fibre circulare şi altul profund cu fibre longitudinale;
- o tunică internă, mucoasă, care căptuşeşte suprafaţa internă a vezicii urinare şi este cutată.

Epiteliul este unul de tranziţie (uroteliu), impermeabil. O singură zonă din mucoasa vezicii este netedă (nu are cute) şi anume o zonă triunghiulară, numită trigon vezical, delimitat între orificiile ureterale şi cel uretral.

Vascularizaţia vezicii urinare este asigurată de arterele vezicale, din artera iliacă internă, şi de vezicala superioară, din partea permeabilă a arterei ombilicale. Sângele venos este colectat de venele vezicale satelite ale arterelor. Ele conduc sângele venos în vena iliacă internă (hipogastrică).

Limfa este colectată de vasele limfatice care urmează traiectul venelor şi ajung în ganglionii iliaci.

Inervaţia vezicii este vegetativă, asigurată de sistemul nervos simpatic şi parasimpatic din plexul vezical cu originea în plexul hipogastric.

URETRA

Uretra este un conduct care, la bărbat, are o lungime medie de 14-16 cm, iar la femeie, de 4-5 cm. Reprezintă segmentul evacuator al aparatului urinar prin care urina este eliminată din vezica urinară în timpul micţiunii.

La bărbat este un organ comun atât aparatului urinar, cât şi celui genital, servind pentru micţiune şi pentru ejaculare, şi are un lumen mai îngust. Uretra prezintă trei segmente:

- uretra prostatică, având pe peretele ei posterior o proeminenţă centrală, numită colicul seminal, la nivelul căruia se deschid canalele ejaculatoare şi canalele prostatice. Sub vezică, la nivelul ureterei prostatice, se află sfincterul intern, cu fibre musculare netede şi cu contracţie involuntară;
- uretra membranoasă traversează perineul şi prezintă un sfincter extern cu fibre musculare striate şi contracţie voluntară;
- uretra peniană prezintă glandele uretrale şi se deschide în vârful glandului prin meatul urinar.

La femeie, uretra este un organ care serveşte numai pentru eliminarea urinei din vezica urinară şi are un lumen mai larg. Uretra la femeie prezintă două segmente:

- un segment pelvin, situat în pelvis, anterior de rect şi înapoia vaginei;
- un segment perineal, care străbate perineul şi se deschide în vulvă.

Ea are un orificiu interior, la nivelul vezicii urinare, şi altul exterior, în vestibulul vaginal, fiind prevăzută cu un sfincter extern striat (voluntar).

# FIZIOLOGIA APARATULUI EXCRETOR

Rinichii au două funcţii majore:

- De a excreta cea mai mare parte a produşilor finali de metabolism ai organismului.
- De a controla concentraţiile majorităţii contituienţilor organismului, ei contribuind astfel la menţinerea homeostaziei şi a echilibrului acido-bazic al organismului.

Alături de acestea, rinichii mai au următoarele roluri:

- formarea şi eliberarea reninei;



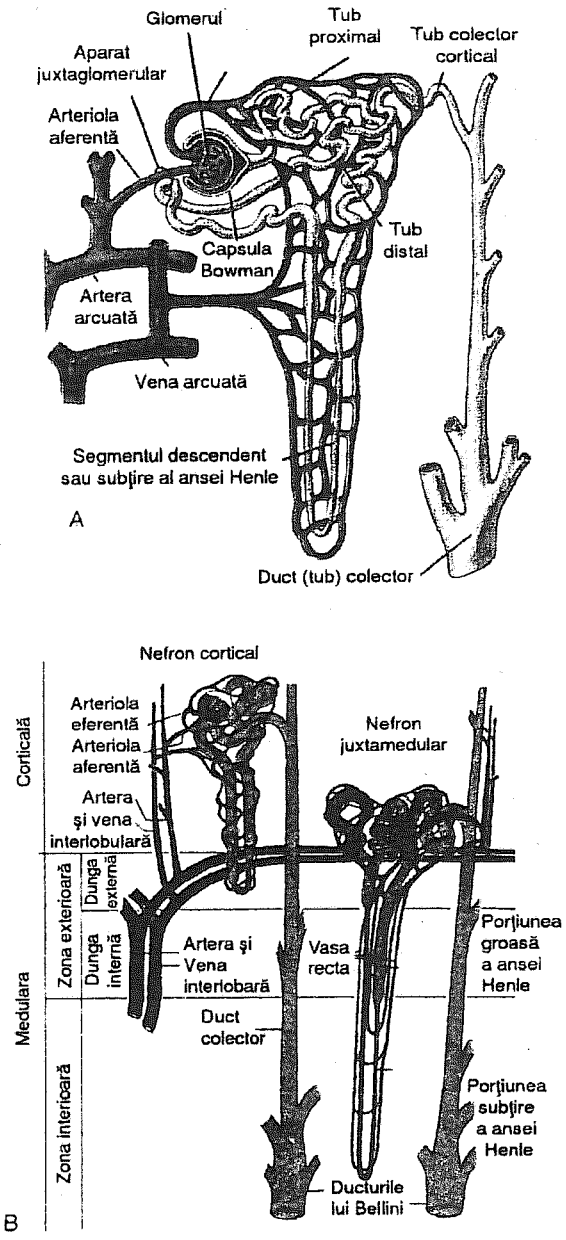



**Fig. 144. Nefronul**
**Diferenţele dintre cele două tipuri de nefroni:**
**A- nefron glomerular; B- nefron juxtamedular**

- formarea şi eliberarea eritropoietinei;
- activarea vitaminei $D_3$;
- gluconeogeneză (în anumite situaţii).

Cei doi rinichi conţin împreună 2 milioane de nefroni, fiecare nefron fiind apt să producă urină.

Unitatea funcţională a rinichiului, nefronul, este alcătuită din glomerul, ce are asociate arteriolele aferentă şi eferentă, şi din tub renal (fig. 144).

Glomerulul este alcătuit din capsula Bowman şi 20-40 anse capilare, adăpostite de aceasta.

Tubul renal începe cu capsula Bowman şi se continuă cu tubul proximal; acesta este urmat de ansa Henle (alcătuită dintr-o porţiune descendentă subţire şi o porţiune ascendentă prevăzută cu două segmente, unul subţire şi unul gros), tubul distal, tubul colector cortical şi tubul colector medular (sau tub colector). Mai multe tuburi colectoare confluează, formând tuburi colectoare din ce în ce mai mari, care se vor deschide la nivelul pelvisului renal prin vârful papilelor renale. Papilele sunt proeminenţe conice ale medularei, care proemină în calicele renale şi care sunt recesuri ale pelvisului renal. În fiecare rinichi sunt aproximativ 250 tuburi colectoare mari, fiecare adunând urina de la aproximativ 4000 de nefroni (fig. 145).

**Tipuri de nefroni.** 1. ***Corticali***, reprezentând 85% din numărul total de nefroni, au glomerulul situat în cortexul renal (porţiune externă a rinichiului) şi au ansa Henle scurtă ce ajunge doar în stratul extern al medularei renale (porţiune internă a rinichiului). 2. ***Juxtamedulari*** - au glomerulul situat la joncţiunea dintre

corticală şi medulară, având anse Henle lungi, ce coboară adânc în medulară, uneori ajungând la nivelul papilelor renale. Ei sunt extrem de importanţi în mecanismul contracurent, prin care rinichiul produce urina concentrată.

În jurul întregului sistem tubular al rinichiului există o reţea bogată de capilare, numită **reţea capilară peritubulară**. Această reţea primeşte sânge din arteriolele eferente, sânge care a trecut deja prin glomerul. Cea mai mare parte a reţelei de capilare peritubulare se găseşte în cortexul renal de-a lungul tubilor proximali, tubilor distali şi tubilor colectori corticali. Din porţiunile mai profunde ale acestei reţele se desprind ramuri capilare lungi, care formează anse, numite ***vasa recta***, ce intră adânc în medulară, însoţind ansele Henle până la papilele renale. Apoi, ca şi ansele Henle, se reîntorc în cortex şi se varsă în venele corticale.

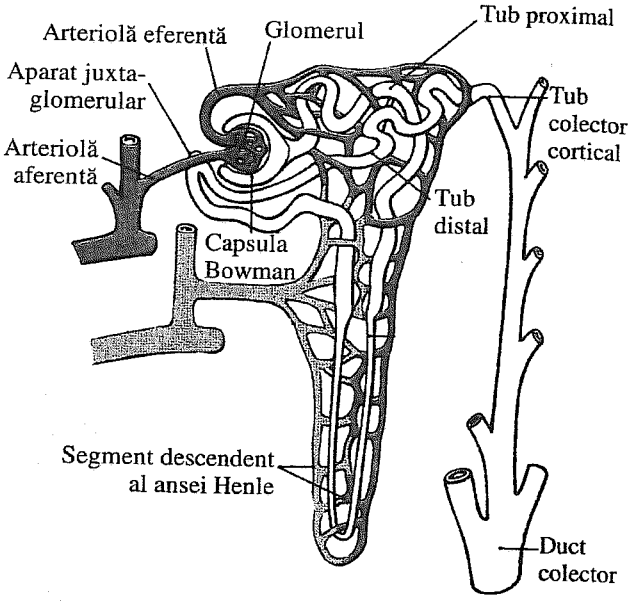



**Fig. 145. Nefronul funcţional**

Debitul sangvin renal este de aproximativ 1200 ml/min (420 ml/100 g ţesut/min). În condiţii bazale, debitul sangvin renal reprezintă 20% din debitul cardiac de repaus.

Există două paturi capilare asociale nefronului: glomerulul şi capilarele peritubulare. Patul capilar glomerular primeşte sânge din arteriola aferentă, iar din această reţea capilară sângele ajunge în patul capilar peritubular, prin arteriola eferentă, care opune o rezistenţă considerabilă la fluxul de sânge. Prin urmare, patul capilar glomerular este un pat capilar de înaltă presiune, în timp ce capilarele peritubulare sunt un pat capilar de joasă presiune. Datorită presiunii ridicate din glomerul, acesta funcţionează într-un mod similar cu capătul arterial al capilarelor tisulare, lichidul filtrând în permanenţă din glomerul în capsula Bowman. Pe de altă parte, presiunea scăzută din capilarele peritubulare face ca acestea să funcţioneze în acelaşi mod ca şi capătul venos al capilarelor tisulare, lichidul fiind absorbit continuu în capilare. Un segment particular al sistemului capilar peritubular îl reprezintă ***vasa recta***, care are un rol deosebit în procesul de concentrare a urinei. Doar un mic procent din debitul sangvin renal curge prin ***vasa recta*** (1-2%).

**Presiunile în circulaţia renală**. În arterele arcuate, presiunea sângelui este de aproximativ 100 mm Hg, iar în venele ce drenează sângele este, în final, de 8 mm Hg. Zonele principale de rezistenţă sunt: arterele renale mici, arteriola aferentă şi arteriola eferentă. La nivelul glomerulului, presiunea este de aproximativ 60 mm Hg, iar în capilarele peritubulare 13 mm Hg (fig. 146). Formarea urinei finale este rezultatul următoarelor procese: filtrarea glomerulară, reabsorbţia şi secreţia tubulară.



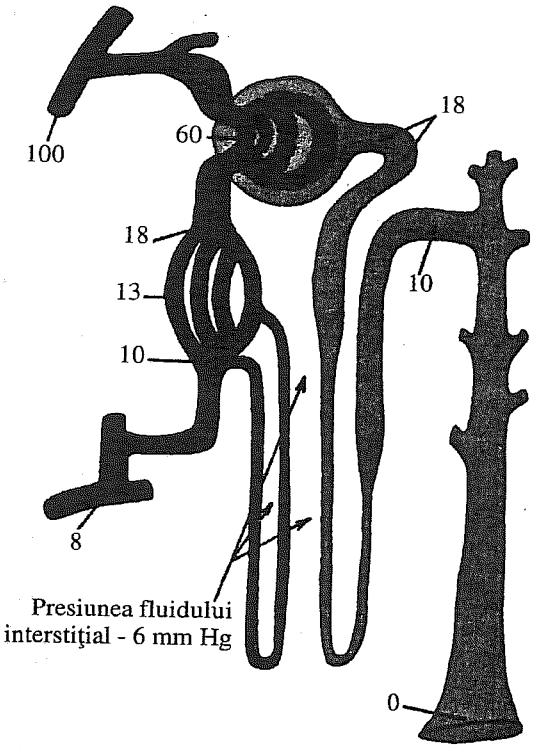



**Fig. 146. Valorile aproximative ale presiunilor în diferitele puncte ale vaselor şi tubilor nefronilor şi în lichidul interstiţial (în mm Hg)**

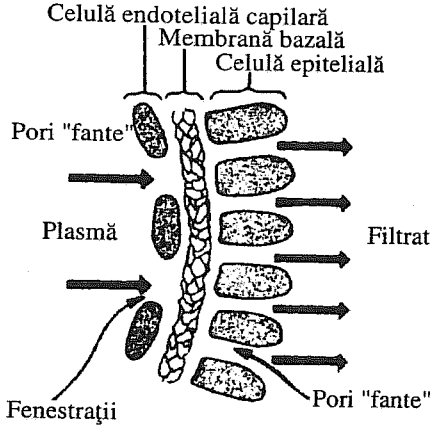



**Fig. 147. Structura funcţională a membranei glomerulare**

## FILTRAREA GLOMERULARĂ ŞI FILTRATUL GLOMERULAR

Lichidul care filtrează prin glomerul în capsula Bowman este numit filtrat glomerular, iar membrana capilarelor glomerulare este numită membrană glomerulară şi are câteva particularităţi, fiind alcătuită din câteva straturi importante:

- endoteliul capilar;
- membrană bazală;
- un strat de celule epiteliale (fig. 147).

În pofida numărului de straturi, permeabilitatea membranei glomerulare este de 100 - 500 ori mai mare decât a capilarelor obişnuite. În acelaşi timp, ea are o selectivitate foarte mare în privinţa dimensiunii moleculelor ce trec prin ea: substanţele cu masa moleculară de 5200 filtrează la fel de uşor ca apa, dar din proteinele cu masă moleculară de 69 000 filtrează doar 0,5%; din acest motiv, practic, putem considera că membrana glomerulară este aproape impermeabilă pentru proteinele plasmatice, dar are o permeabilitate foarte mare pentru toate celelalte substanţe dizolvate în plasma normală.

**Compoziţia filtratului glomerular**. Filtratul glomerular are aproape aceeaşi compoziţie ca şi lichidul care filtrează în interstiţii la capătul arterial al capilarelor. Nu are deloc eritrocite şi conţine cam 0,03% proteine. Se consideră că, practic, filtratul glomerular este o plasmă care nu conţine proteine în cantităţi semnificative.

**Debitul filtrării glomerulare**. Cantitatea de filtrat glomerular care se formează într-un minut prin toţi nefronii ambilor rinichi se numeşte debitul filtrării glomerulare. Normal, acesta este de aproximativ 125 ml/min (zilnic, 180 l). Peste 99% din filtrat este reabsorbit în mod normal în tubii uriniferi, restul trecând în urină.

**Fracţia de filtrare** este procentul din debitul plasmatic renal care devine filtrat glomerular. Dacă debitul plasmatic prin ambii rinichi este de 650 ml /min, iar debitul normal al filtrării glomerulare este de 125 ml/min, atunci fracţia de filtrare este de aproximativ 20%.

**Dinamica filtrării prin membrana glomerulară**. Forţele care realizează filtrarea la nivelul glomerulului în capsula Bowman sunt: 1. Presiunea din capilarele glomerulare (valoarea sa medie este de 60 mm Hg), care determină filtrarea. 2. Presiunea din capsula Bowman, în exteriorul capilarelor, care se opune filtrării (aproximativ 18 mm Hg). 3. Presiunea coloid-osmotică a proteinelor plasmatice din capilare, care se opune filtrării (deoarece 20% din plasma din capilare filtrează în capsula Bowman, concentraţia proteinelor creşte cu 20% pe măsură ce sângele curge de la capătul arterial la cel venos al capilarului glomerular; în mod normal, presiunea coloid-osmotică este de 28 mm Hg la intrarea în capilarele glomerulare, creşte la 36 mm Hg la ieşirea din aceste capilare, iar presiunea coloid-osmotică medie este de 32 mm Hg ). 4. Presiunea coloid-osmotică a proteinelor din capsula Bowman (considerată 0).

Astfel, presiunea efectivă de filtrare este de 60 mm Hg - 18 mmHg - 32 mm Hg = 10 mm Hg.

**Factorii care influenţează filtrarea glomerulară**. 1. Creşterea debitului sangvin la nivel renal determină creşterea debitului filtrării glomerulare, deoarece are loc creşterea presiunii din capilarele glomerulare, cât şi scăderea presiunii coloid-osmotice medii (prin mărirea cantităţii de plasmă ce intră în glomeruli, filtrarea lichidului din plasmă va produce o creştere mică a concentraţiei proteinelor şi a presiunii coloid-osmotice). 2. Constricţia arteriolei aferente scade debitul sangvin prin glomerul şi, de asemenea, şi presiunea glomerulară; ambele efecte scad debitul filtrării. Invers, dilatarea arteriolei aferente creşte debitul filtrării glomerulare. 3. Constricţia arteriolei eferente creează un baraj la ieşirea sângelui din glomerul. Ca urmare, presiunea glomerulară va creşte, ducând la o mărire a debitului filtrării glomerulare. Totuşi, în acelaşi timp, scade fluxul sangvin, iar dacă constricţia arteriolei eferente este moderată sau mare, plasma va rămâne un timp mai îndelungat în glomerul şi cantităţi suplimentare de lichid se vor filtra din capilare. Aceasta va duce la o creştere excesivă a presiunii coloid-osmotice, ceea ce va determina o scădere paradoxală a debitului filtrării glomerulare, în pofida presiunii glomerulare crescute.

**Controlul debitului filtrării glomerulare şi al debitului sangvin renal**. În cea mai mare parte, debitul sangvin renal şi cel al filtrării glomerulare sunt reglate împreună prin mecanisme locale de control prin feedback, cu ajutorul cărora aceste debite sunt menţinute la nivele constante, adică sunt "autoreglate".

Debitul filtrării glomerulare rămâne în mod normal constant, având variaţii foarte mici, chiar şi în cazul unor variaţii ale presiunii arteriale sistemice mari (de la 75 mm Hg la 160 mm Hg). Acest efect este numit autoreglarea debitului filtrării glomerulare şi este foarte important pentru asigurarea eliminărilor prin urină a substanţelor nefolositoare şi reabsorbţia celor necesare.

Precizia cu care trebuie să se autoregleze debitul filtrării glomerulare face necesară existenţa unui sistem foarte eficient care să controleze debitul filtrării. Fiecare nefron este prevăzut cu două mecanisme speciale de feedback de la tubul distal la arteriolele periglomerulare: 1. un mecanism de feedback vasodilatator al arteriolei aferente; 2. un mecanism de feedback vasoconstrictor al arteriolei eferente. Combinaţia celor două este numită feedback tubulo-glomerular şi este posibilă cu ajutorul complexului juxtaglomerular.



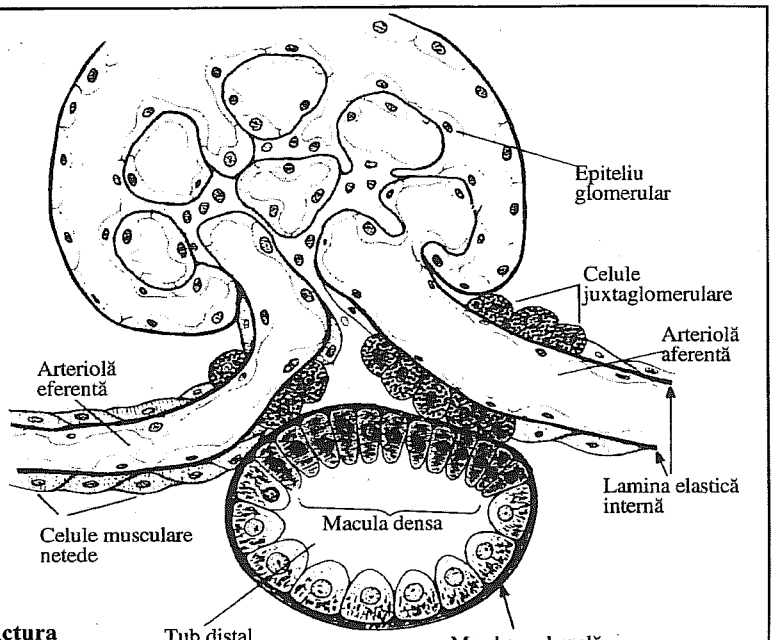



**Fig. 148. Structura aparatului juxtaglomerular**

**Complexul juxtaglomerular**. Porţiunea iniţială a tubului distal, imediat după capătul segmentului îngroşat al porţiunii ascendente a ansei Henle, trece în unghiul dintre arteriolele aferentă şi eferentă, practic învecinându-se cu cele două arteriole (fig. 148). Mai mult, celulele epiteliale ale tubilor care vin în contact cu arteriolele sunt mult mai dense decât celelalte celule tubulare şi sunt denumite macula densa. Celulele maculei densa par a secreta anumite substanţe în arteriole, deoarece aparatul Golgi, organit secretor intracelular, este plasat spre arteriole şi nu spre lumenul tubular, aşa cum este la celelalte celule epiteliale tubulare. Celulele musculare netede din peretele arteriolei aferente şi eferente sunt mai umflate şi, acolo unde vin în contact cu macula densa, conţin granule. Aceste celule sunt numite celule juxtaglomerulare, iar granulele sunt alcătuite în special din renină inactivă. Întregul complex format de macula densa şi celulele juxtaglomerulare se numeşte complex juxtaglomerular.

Structura anatomică a aparatului juxtaglomerular sugerează că lichidul din tubul distal joacă un rol important în controlul funcţiei nefronului, furnizând semnale feedback atât arteriolei aferente, cât şi celei eferente.

**Mecanismul de feedback vasodilatator al arteriolei aferente**. Un debit redus al fluxului tubular produce reabsorbţia exagerată a ionilor de sodiu şi clor în porţiunea ascendentă a ansei Henle şi astfel scade concentraţia acestor ioni la nivelul maculei densa, ceea ce iniţiază un semnal dilatator al arteriolei aferente, având ca punct de plecare macula densa. Ca urmare, va creşte debitul sangvin prin glomerul, ceea ce va readuce debitul filtrării glomerulare la nivelul optim.

Astfel, se instituie un mecanism tipic de feedback negativ care controlează debitul filtrării glomerulare. Prin acest mecanism se realizează, în acelaşi timp, şi autoreglarea fluxului sangvin renal.

**Mecanismul de feedback vasoconstrictor al arteriolei eferente.** O concentraţie redusă a ionilor de sodiu şi clor la nivelul maculei densa determină eliberarea de renină activă de către celulele glomerulare, iar aceasta, la rândul ei, determină formarea angiotensinei, care va produce vasoconstricţia, în special a arteriolei eferente, deoarece ea este mult mai sensibilă la acţiunea angiotensinei II decât arteriola aferentă. Astfel se instituie un alt mecanism de feedback negativ care intervine în menţinerea constantă a debitului de filtrare.

**Influenţa presiunii arteriale asupra debitului urinar** (fenomenul de diureză presională). Scăderea presiunii arteriale medii de la valoarea normală de aproximativ 100 mm Hg la 50 mm Hg determină oprirea completă a debitului urinar, în timp ce dublarea valorii normale a presiunii arteriale medii determină creşterea de 7 până la 8 ori a debitului urinar. Orice creştere a filtrării glomerulare determină automat creşterea debitului urinar, din moment ce reabsorbţia tubulară nu creşte în mod obligatoriu atunci când creşte presiunea arterială. Acest efect pronunţat al presiunii arteriale asupra debitului urinar este numit "diureză presională".

**Efectul stimulării simpaticului asupra debitului sangvin renal şi al filtrării glomerulare.** Nervii simpatici inervează atât arteriola aferentă, cât şi pe cea eferentă, precum şi parţial tubii uriniferi. Stimularea simpatică moderată sau uşoară are efect redus asupra debitului sangvin renal şi al filtrării glomerulare, probabil pentru că mecanismele de autoreglare sunt mai eficiente decât stimularea nervoasă. Stimularea simpatică puternică, bruscă, poate produce o vasoconstricţie puternică a arteriolelor renale, astfel încât debitul urinar să scadă până la zero pentru câteva minute, efect ce poate fi contracarat de creşterea presiunii arteriale.

## REABSORBŢIA ŞI SECREŢIA TUBULARĂ

Filtratul glomerular străbate diferitele porţiuni ale tubilor uriniferi şi pe tot acest parcurs substanţele sunt absorbite sau secretate selectiv de către epiteliul tubular, iar lichidul care rezultă în urma acestor procese intră în pelvisul renal sub formă de urină finală.

**Reabsorbţia tubulară.** Majoritatea compuşilor urinei primare sunt substanţe utile. Ele sunt recuperate prin reabsorbţie. Celulele tubilor uriniferi sunt adaptate morfologic şi biochimic pentru a realiza această funcţie. Morfologic, nefrocitele au la polul apical numeroşi microvili care cresc considerabil suprafaţa activă, iar la polul bazal au numeroase mitocondrii care fabrică ATP necesar procesului de absorbţie. Biochimic, membranele celulelor tubulare conţin pompe metabolice care participă la transportul activ.

În raport cu energia utilizată pentru reabsorbţia substanţelor de deosebesc transportul activ şi transportul pasiv.

***Transportul pasiv*** se face în virtutea unor legi fizice, ale difuziunii (în gradient chimic, electric sau electrochimic) şi osmozei, precum şi a diferenţelor de presiuni hidrostatice. Acest transport nu necesită energie şi nu este limitat de o capacitate maximă de transport a nefrocitului. Prin acest mecanism se reabsoarbe apa (în gradient osmotic), ureea (în gradient chimic) şi o parte din Na şi Cl (în gradient electric şi electrochimic).

***Transportul activ*** se datorează travaliului metabolic al nefrocitului. Se face cu consum de energie şi oxigen (consum de ATP) şi împotriva gradientelor de concentraţie sau electrice. Forţa pompelor metabolice este limitată de capacitatea lor maximă de a transporta o substanţă pe unitatea de timp (Tmax). De exemplu, toţi cei două milioane de nefroni ai ambilor rinichi nu pot reabsorbi activ mai mult de 350 mg glucoză pe minut. În mod normal se filtrează 125 mg glucoză în fiecare minut, deci există o capacitate suficientă de reabsorbţie pentru a preveni glucozuria. La diabetici, crescând glicemia, creşte şi cantitatea glucozei filtrate, capacitatea de transport maxim a glucozei este depăşită şi apare glucozuria. O altă caracteristică a transportului



activ este caracterul selectiv. Celula consumă energie numai pentru recuperarea substanţelor utile, lăsând cataboliţii în urină. Există numeroase mecanisme celulare specifice de transport activ care funcţionează în raport cu debitul de filtrare a substanţei reabsorbite şi cu necesităţile organismului. Prin transport activ se reabsorb glucoza, aminoacizii, unele vitamine, polipeptidele, precum şi majoritatea sărurilor minerale ($Na^+$, $K^+$, $Cl^-$, $HCO_3^-$, fosfaţi, sulfaţi, uraţi etc.).

**Reabsorbţia apei.** Toate segmentele nefronului pot reabsorbi apă, dar în proporţii diferite. Cea mai importantă reabsorbţie are loc în două porţiuni:

1. La nivelul tubului contort proximal are loc absorbţia a 80% din apa filtrată. Aceasta este o reabsorbţie obligatorie, apa fiind atrasă osmotic din tub în interstiţiu ca urmare a reabsorbţiei sărurilor, glucozei şi a altor compuşi utili.

2. La nivelul tubilor contorţi distali şi, mai ales, al tubilor colectori are loc absorbţia a 15% din apa filtrată. Aceasta este o reabsorbţie facultativă. În lipsa ADH, reabsorbţia facultativă nu se produce, eliminându-se un volum de 20-25 l urină diluată în 24 de ore. În prezenţa ADH, această reabsorbţie se produce şi, ca urmare, în 24 ore se elimină 1,8 l urină concentrată. În restul nefronului se reabsoarbe 4% din apă, în urina definitivă eliminându-se numai 1% din apa filtrată. Reabsorbţia facultativă permite adaptarea volumului diurezei la starea de hidratare a organismului. În acest segment al nefronului intervin mecanismele de reglare a diurezei şi a eliminărilor de Na şi K.

**Secreţia tubulară.** Principala modalitate de curăţire a plasmei de cataboliţii azotaţi neutilizabili este filtrarea. Secreţia tubulară completează funcţia de eliminare a unor substanţe acide sau toxice, precum şi a unor medicamente. Prin secreţie, rinichii intervin şi în reglarea concentraţiei plasmatice a unor constituienţi obişnuiţi ($K^+$, acid uric, creatinină). Mecanismele secreţiei sunt la fel cu ale reabsorbţiei: active şi pasive. Sensul transportului este inversat; din interstiţiul peritubular înspre interiorul tubului. Procesele de secreţie pot avea loc pe toată lungimea nefronului.

**Secreţia de $H^+$.** Mecanismul este activ, iar sediul principal este tubul contort proximal. Secretând ionii de hidrogen, rinichiul participă la reglarea echilibrului acido-bazic. În acidoze, pH-ul urinar poate să scadă până la 4,5, iar în alcaloză poate creşte până la 7,5. Secreţia de protoni poate avea loc şi în restul nefronului. Astfel, la nivelul tubului contort distal există mecanisme de transport prin schimb ionic, ce reabsorb $Na^+$ şi secretă $K^+$ sau $H^+$, în funcţie de pH-ul mediului intern. Acest mecanism este activat de aldosteron.

**Secreţia de $K^+$** are loc mai ales în tubul contort distal, prin mecanisme active (schimb ionic) şi pasive. Prin secreţie de potasiu, rinichiul asigură menţinerea normală a potasemiei.

**Secreţia de $NH_3$.** La nivelul celulei tubulare proximale se află o enzimă (glutaminaza) care desface glutamina în amoniac şi acid glutamic. Amoniacul este eliminat în urină, iar acidul glutamic este reabsorbit în sânge. În afară de efectul antitoxic, amoniogeneza renală reprezintă şi o modalitate de excreţie suplimentară de protoni, fără o acidifiere suplimentară a urinei. Surplusul de protoni eliminaţi se leagă de $NH_3$ rezultând ionul amoniu, care se elimină împreună cu clorul, sub formă de clorură de amoniu.

**Conceptul de "clearance plasmatic"** este folosit pentru a exprima capacitatea rinichiului de a epura plasma de diferite substanţe. Clearance-ul plasmatic al oricărei substanţe poate fi calculat după formula: Clearance plasmatic (ml/min) = [Debit urinar (ml/min) x Concentraţie urinară (mg/ml)] / Concentraţia plasmatică (mg/ml).

**Mecanismul de excreţie a excesului de apă: excreţia unei urini diluate**. Una dintre cele mai importante funcţii ale rinichiului este controlul osmolalităţii lichidelor organismului. Când osmolalitatea scade prea mult sau lichidele devin prea diluate, mecanismele nervoase şi umorale determină excreţia în exces a apei de către rinichi. Aceasta înseamă eliminarea unei urini foarte diluate, astfel eliminându-se mari cantităţi de apă din organism, cu revenirea la normal a osmolalităţii mediului intern. Invers, când osmolalitatea lichidelor organismului creşte, rinichii secretă solviţi în exces, astfel readucând osmolalitatea lichidelor organismului la normal, excretând în acelaşi timp o urină concentrată.

Semnalul care informează rinichiul asupra necesităţii excreţiei unei urini diluate sau concentrate este ADH.

**Mecanismul renal de excreţie a urinei diluate**. Filtratul glomerular are aceeaşi osmolalitate cu a plasmei, de aproximativ 300 mosm/l. Pentru a excreta excesul de apă este necesară diluarea filtratului, pe măsură ce acesta trece prin tubi, prin reabsorbţia mai intensă a solviţilor şi mai puţin a apei. Segmentele distale ale sistemului tubular au în structura lor epitelii aproape impermeabile pentru apă atunci când rinichii secretă urină diluată.

Partea ascendentă a ansei Henle şi segmentul de diluţie al tubului distal sunt permanent total impermeabile pentru apă, în timp ce porţiunea terminală a tubului distal, porţiunile corticale ale tubilor colectori şi restul tubilor colectori devin complet impermeabile la apă numai în absenţa ADH în lichidele circulante. Reabsorbţia solviţilor în aceste segmente distale ale sistemului tubular este intensă şi activă. În porţiunea groasă a segmentului ascendent al ansei Henle are loc reabsorbţia extrem de intensă a ionilor de sodiu, potasiu, clor, iar osmolalitatea lichidului tubular la ieşirea din această porţiune scade la 100 mosm/l, prin reabsorbţia celei mai mari părţi a solviţilor şi rămânerea apei în tubi. Apoi, pe măsură ce lichidul curge mai departe prin tubi, reabsorbţia suplimentară a unor solviţi, în special ioni de sodiu, determină diluţia şi mai mare a lichidului tubular, osmolalitatea lui scăzând până la 65-50 mosm/l la ieşirea din tubul colector în calicele mici. Lipsa reabsorbţiei apei în tubii distali apare numai în absenţa ADH.

**Mecanismul de excreţie a excesului de solviţi: mecanismul de contracurent pentru excreţia unei urini concentrate**. Pentru concentrarea urinei, rinichii prezintă un mecanism complex, numit mecanismul de contracurent. Acesta depinde de dispoziţia anatomică specială a anselor Henle şi a vasa recta în medulara renală. O cincime până la o treime din nefroni pătrund adânc în medulară şi apoi se reîntorc în corticală. În paralel cu aceste anse Henle sunt şi ansele capilare peritubulare, numite vasa recta.

Primul pas pentru excreţia unei urini concentrate este acela de a crea o presiune osmotică foarte mare în lichidul interstiţial medular. La acest nivel, osmolalitatea lichidului este mai mare decât a plasmei şi cu atât mai mare cu cât coborâm mai adânc în medulară (până la 1400 la nivelul vârfului papilelor renale). Cauza principală a acestei osmolalităţi crescute este transportul activ în interstiţiu al ionilor de sodiu şi al altor ioni din porţiunea groasă a segmentului ascendent al ansei Henle şi din tubul colector. Sodiul şi ionii săi asociaţi se concentrază în lichidul interstiţial şi sunt transportaţi în medulara profundă de către fluxul sangvin descendent din ansele descendente ale vasa recta şi prin difuziune spre porţiunea subţire descendentă a ansei Henle. Sub acţiunea ADH, porţiunea terminală a tubului distal, a tubului colector cortical şi a tubului colector medular devin permeabile pentru apă, în contrast cu starea lor normală de impermeabilitate aproape absolută la apă. Pe măsură ce lichidul din tubi traversează aceste



porţiuni, apa trece prin osmoză în lichidul cu concentraţie extrem de mare din interstiţiul medular. Această pierdere de apă determină concentrarea lichidului tubular, astfel că, atunci când ajunge în pelvisul renal, urina are o concentraţie de circa 1200 mosm/l, aproape egală cu concentraţia solviţilor din interstiţiul medularei din vecinătatea papilei renale.

Fluxul sangvin prin interstiţiul renal, fără un sistem vascular medular corespunzător, ar îndepărta rapid excesul de solviţi din medulara renală, împiedicând creşterea osmolalităţii. Într-adevăr, fluxul sangvin medular are două caracteristici importante pentru menţinerea unei concentraţii ridicate a solviţilor în lichidul interstiţial medular: este foarte redus, fiind de doar 1-2 % din debitul sangvin renal total; vasa recta funcţionează ca un mecanism de schimb prin contracurent care diminuă spălarea solviţilor din medulară (un mecanism de schimb prin contracurent de lichid este unul în care lichidul curge printr-un tub lung, foarte permeabil, în formă de U, având cele două ramuri ale tubului foarte apropiate, astfel încât lichidul şi solviţii trec cu uşurinţă dintr-un ram în celălalt. Deoarece lichidul şi solviţii celor doi curenţi paraleli străbat membrana capilară extrem de rapid, este posibilă menţinerea unor concentraţii foarte mari ale solviţilor la vârful ansei în condiţiile unei îndepărtări reduse a solviţilor din interstiţiu).

Pe măsură ce sângele curge pe ramura descendentă a anselor capilare peritubulare, clorura de sodiu şi ureea difuzează din interstiţiu în sânge, în timp ce apa iese în interstiţiu. Aceste schimburi de apă şi de sare determină creşterea progresivă a osmolalităţii sângelui capilar până la concentraţia maximă din vârful ansei vasa recta, de 1200 mosm/l. Apoi, pe măsură ce sângele se întoarce pe ramura ascendentă a capilarului, aproape tot excesul de sare şi uree difuzează în lichidul interstiţial, datorită permeabilităţii mari a membranei capilare, în timp ce apa trece în sânge. De aceea, când sângele iese din medulară, osmolalitatea sa este doar cu puţin mai mare decât cea pe care a avut-o când a intrat în vasa recta. Deci, sângele care trece prin vasa recta îndepărtează doar o mică parte din solviţii medularei (fig. 149, 150).

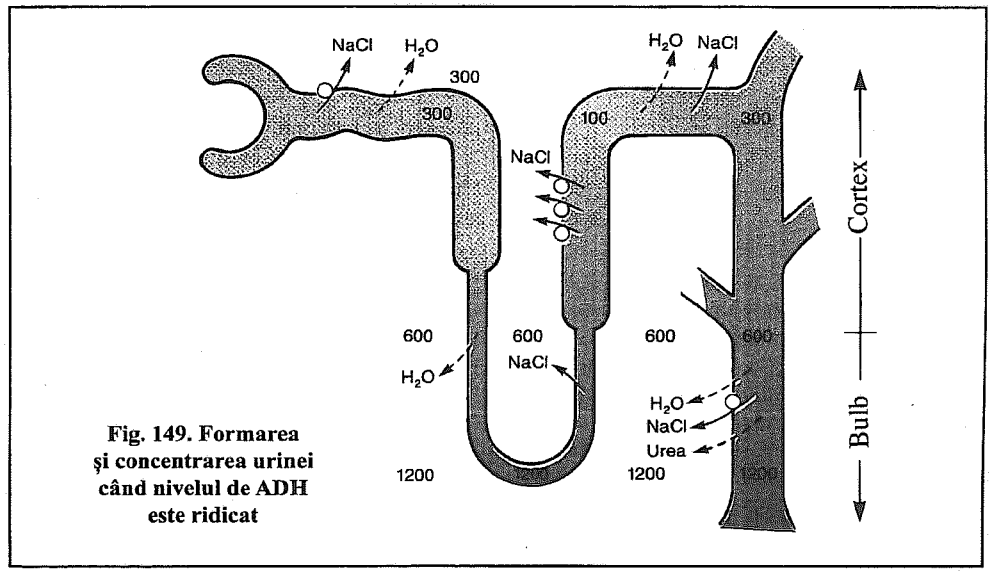



**Fig. 149. Formarea şi concentrarea urinei când nivelul de ADH este ridicat**

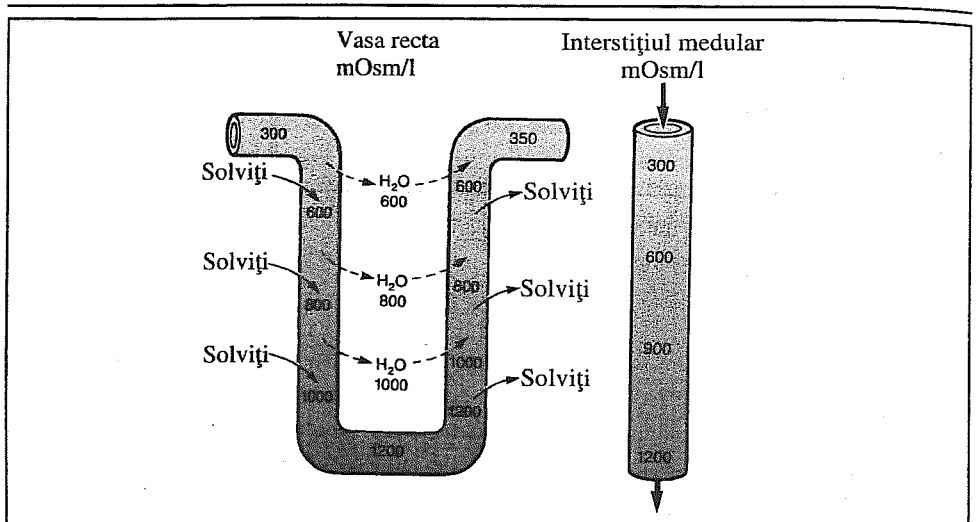



**Fig. 150. Mecanismul de contracurent în vasa recta**

**Micţiunea** este procesul de golire a vezicii urinare atunci când este plină. În esenţă, vezica urinară se umple progresiv, până ce tensiunea intraparietală atinge o anumită valoare prag, moment în care se declanşează un reflex nervos, numit reflex "de micţiune", care fie determină micţiunea, fie, dacă nu este posibil, produce o dorinţă conştientă de a urina.

**Anatomia funcţională şi conexiunile nervoase ale vezicii urinare.** Vezica urinară este o cavitate cu pereţi alcătuiţi din musculatură netedă, formată din două părţi: corpul, care este cea mai mare parte a vezicii, în care se acumulează urina, şi colul, care este o prelungire sub formă de pâlnie a corpului, continuându-se în jos cu uretra. Muşchiul neted vezical este cunoscut sub numele de detrusor. Fibrele sale musculare se orientează în toate direcţiile şi, atunci când se contractă, poate creşte presiunea intravezicală până la 40-60 mmHg. Un potenţial de acţiune se poate răspândi în întregul detrusor şi determină contracţia sincronizată a întregii vezici urinare.

Pe peretele posterior al vezicii urinare, imediat deasupra colului vezical, intră cele două uretere. La locul de intrare al ureterelor, acestea trec oblic prin detrusor şi apoi încă 1-2 cm pe sub mucoasa vezicală, înainte de a se deschide în vezica urinară.

Muşchiul colului vezical este denumit adeseori şi sfincter intern. Tonusul său natural împiedică în mod normal pătrunderea urinei la nivelul colului vezical şi al uretrei posterioare, oprind astfel golirea vezicii înainte ca presiunea să atingă pragul critic.

Uretra posterioară străbate diafragma urogenitală, care conţine un strat muscular numit sfincterul extern al vezicii urinare. Acest muşchi este un muşchi scheletic, controlat voluntar, spre deosebire de sfincterul intern, care este în întregime muşchi neted. Sfincterul extern este controlat de către sistemul nervos şi poate preveni micţiunea, chiar şi atunci când controlul involuntar tinde să o iniţieze.

**Inervaţia vezicii urinare.** Inervaţia principală a vezicii urinare (fig. 151) provine de la nervii pelvici, care transmit impulsuri de la măduva spinării, prin intermediul plexului sacrat, în special de la nivelul segmentelor $S_2$ - $S_3$ medulare. Nervii pelvici sunt nervi micşti, conţinând atât fibre senzitive, cât şi fibre motorii. Fibrele senzitive sesizează în special gradul de tensionare al



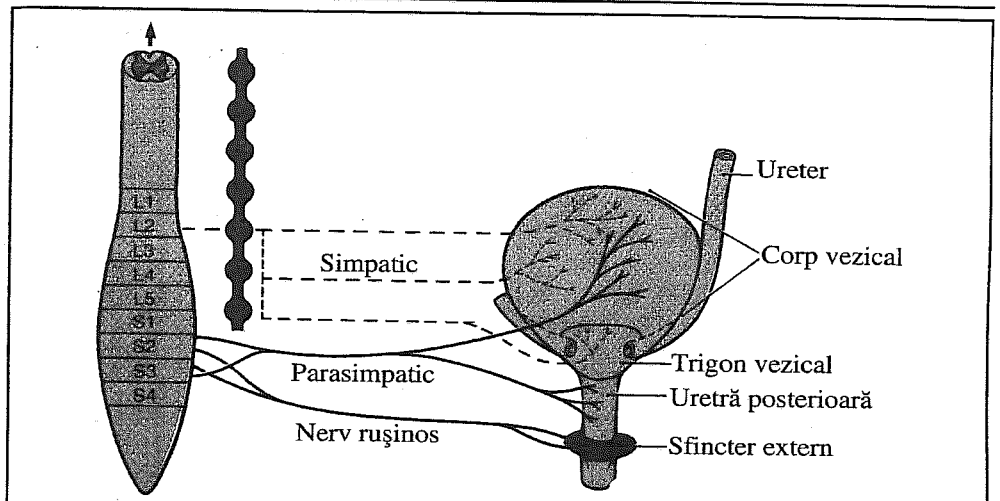



**Fig. 151. Vezica urinară şi inervaţia ei**

peretelui vezical. Semnalele de întindere de la uretra posteriară sunt deosebit de intense şi sunt responsabile de iniţierea reflexelor care determină golirea vezicii urinare.

Fibrele motorii din nervii pelvici sunt fibre parasimpatice. Acestea se termină în ganglionii din peretele vezical. Apoi, detrusorul este inervat de fibre nervoase postganglionare scurte.

În afară de nervii pelvici mai există fibrele motorii către musculatura scheletică, transmise pe calea nervilor ruşinoşi până la nivelul sfincterului vezical exern. Aceste fibre somatice inervează şi controlează voluntar muşchiul striat al sfincterului extern.

## TRANSPORTUL URINEI PRIN URETERE

Ureterele sunt mici tuburi musculare netede care încep în pelvisul fiecărui rinichi şi coboară până la vezica urinară. Pe măsură ce urina colectează în pelvis, presiunea din pelvis creşte şi iniţiază o contracţie peristaltică ce se răspândeşte de-a lungul ureterului până la vezica urinară. Unda peristaltică poate deplasa urina împotriva unui obstacol cu o presiune de până la 50-100 mmHg. Transmiterea undei peristaltice se produce probabil datorită unui potenţial de acţiune care se propagă de-a lungul muşchiului neted sinciţial al peretelui ureteral. Stimularea parasimpatică poate creşte, iar stimularea simpatică poate scădea frecvenţa undelor peristaltice şi, probabil, pot afecta şi intensitatea contracţiei.

În porţiunea inferioară, ureterul penetrează oblic vezica urinară. Ureterul trece câţiva centimetri sub epiteliul vezical, astfel că presiunea intravezicală comprimă ureterul, prevenind refluxul urinei în ureter în timpul micţiunii, când presiunea din vezica urinară creşte foarte mult.

## TONUSUL INTRAPARIETAL VEZICAL ŞI CISTOMETROGRAMA ÎN TIMPUL UMPLERII VEZICALE

Cistometrograma arată variaţiile presiunii intravezicale pe măsură ce aceasta se umple cu urină. Când în vezică s-au adunat 30-50 ml de urină, presiunea creşte la 5-10 cm apă. Acumularea în vezica urinară a 200-300 ml urină determină o creştere de numai câţiva centrimetri apă a presiunii intravezicale; acest nivel aproape constant al presiunii este rezultatul tonusului

intrinsec al peretelui vezical. Dacă volumul de urină depăşeşte 300-400 ml, presiunea creşte foarte mult şi rapid.

REFLEXUL DE MICŢIUNE

Pe măsură ce vezica urinară se umple, încep să apară multiple contracţii de micţiune suprapuse peste tonusul de fond. Acestea sunt rezultatul unui reflex de distensie, iniţiat de presoreceptorii din peretele vezical, în special de receptorii din uretra posterioară, stimulaţi atunci când vezica se umple cu urină la presiuni intravezicale mari.

Stimulii de la aceşti receptori sunt conduşi, pe căile aferente ale nervilor pelvici, până la segmentele sacrate medulare şi de aici, pe calea eferentă a fibrelor parasimpatice din cadrul acelorași nervi, înapoi la vezică. Reflexul de micţiune odată iniţiat se autoamplifică.

Astfel, contracţia iniţială a vezicii creşte descărcarea de impulsuri de la receptorii vezicali şi ai uretrei posterioare, ceea ce va duce la accentuarea contracţiei reflex, acest ciclu repetându-se până când detrusorul ajunge la o contracţie puternică. Apoi, după câteva secunde sau chiar un minut, reflexul începe să se stingă, ciclul reflex se întrerupe şi detrusorul se relaxează.

Dacă reflexul de micţiune declanşat nu reuşeşte să golească vezica urinară, elementele nervoase ale acestui reflex rămân inhibate timp de câteva minute sau uneori o oră sau chiar mai mult înainte ca un alt reflex să fie iniţiat. Totuşi, pe măsură ce vezica se umple cu urină, reflexele de micţiune se produc din ce în ce mai des şi sunt din ce în ce mai intense, până ce apare un alt reflex care este transmis pe calea nervilor ruşinoşi până la sfincterul vezical extern pentru a-l inhiba. Dacă această inhibiţie este mai puternică decât comanda voluntară constrictoare venită de la scoarţa cerebrală, se va declanşa micţiunea. Dacă nu, micţiunea nu se va produce până când umplerea vezicii urinare este suficientă pentru a declanşa un reflex mai puternic.

Reflexul de micţiune este un reflex controlat în întregime de măduva spinării, dar poate fi stimulat sau inhibat de centrii nervoşi superiori din trunchiul cerebral şi din cortexul cerebral.

# APARATUL GENITAL

## APARATUL GENITAL FEMININ

### OVARUL

Situat în cavitatea pelviană, este un organ pereche, cu funcţie mixtă, exocrină, producând ovulele, şi endocrină, secretând doi hormoni: foliculina şi luteina (progesteronul). Are forma unui ovoid turtit, de 6-8 g, cu diametrul mare de 3-5 cm. Prezintă două feţe, două margini şi două extremităţi. Faţa laterală se află pe peretele lateral al cavităţii pelviene, în fosa ovariană, faţa medială este acoperită de pavilionul trompei. Marginea anterioară dă inserţie mezoovarului (plică peritoneală), care uneşte ovarul cu ligamentul lat al uterului; aici se găseşte hilul ovarului, ce conţine elemente vasculare şi nervoase. Marginea posterioară (liberă) este mai groasă. Extremitatea superioară (tubară) dă inserţie ligamentului suspensor al ovarului şi celui tubo-ovarian, iar extremitatea inferioară (uterină) dă inserţie ligamentului propriu al ovarului (ligamentul utero-ovarian) (fig. 152).

**Structură**. Ovarul este acoperit la suprafaţă de un epiteliu simplu, sub care se găseşte un înveliş conjunctiv numit albugineea ovarului, care se continuă fără delimitare netă cu stroma corticalei acestuia. În interior se află parenchimul glandular, cu cele două zone caracteristice: medulară şi corticală.

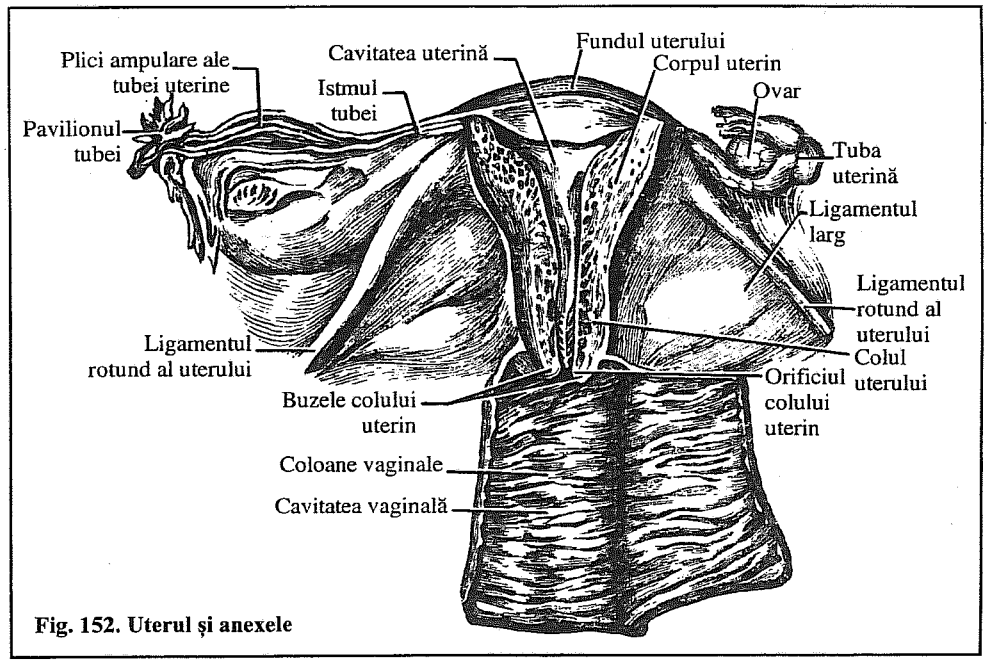



**Fig. 152. Uterul şi anexele**

Zona medulară este formată din ţesut conjuctiv lax, în care se găsesc elemente vasculare sangvine şi limfatice, cât şi fibre nervoase vegetative.

Zona corticală conţine elemente cu valoare funcţională: foliculii ovarieni în diferite faze evolutive (fig. 153).

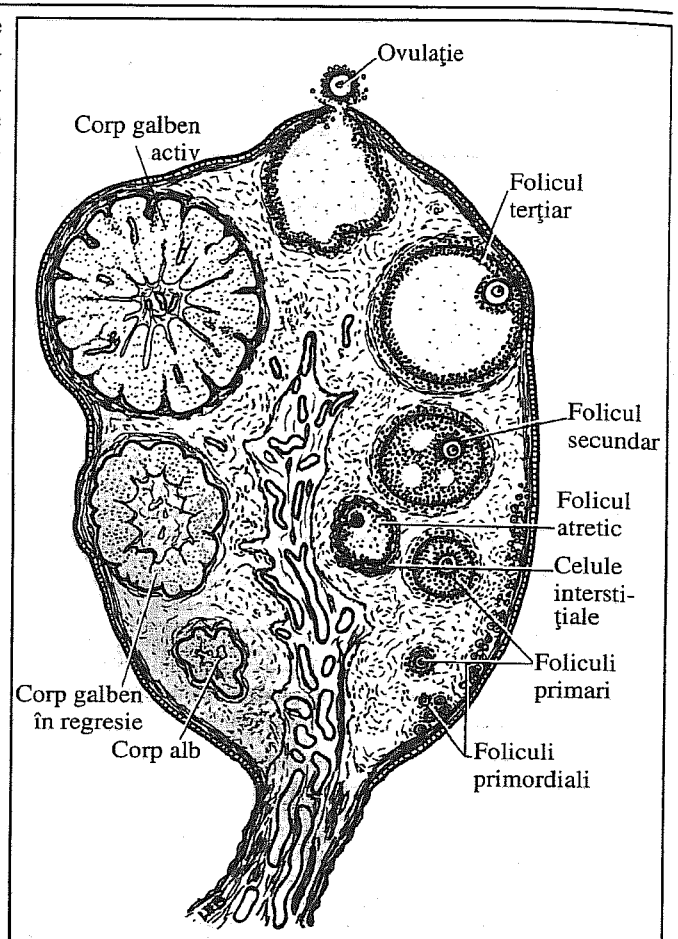



**Fig. 153. Ovarul la mamifere**

Foliculii primordiali (primari) reprezintă forma iniţială, cu aspectul unor corpusculi sferoidali plini, alcătuiţi dintr-o celulă mare, sferică, situată central (ovocit I), iar periferic dintr-un strat de celule mici (celule foliculare). Maturizarea foliculilor începe la pubertate şi ţine până la menopauză, fiind sub controlul FSH (hormon foliculostimulator) secretat de lobul anterior al hipofizei. În ambele ovare există circa 400 000 foliculi, din care se maturizează 300-400 (unul lunar); restul involuează. Epiteliul folicular proliferează; devine pluristratificat (constituind membrana granuloasă); acest stadiu reprezintă foliculii secundari (evolutivi). Între celulele granuloasei se formează o cavitate ce se umple cu lichid folicular.

Ovocitul, înconjurat de membrana pellucida (groasă, rezistentă, cu rol trofic), este situat la periferia foliculului, fiind ataşat de membrana granuloasă.

În acelaşi timp, la periferia foliculului secundar plin, apoi cavitar, se constituie, pe seama stromei corticalei ovarului, cele două teci caracteristice foliculului: internă şi externă.

Teaca internă, cu funcţie endocrină, secretă estrogenii sub influenţa hormonului luteinizant antehipofizar (LH), cea externă are structură conjunctivă. Lichidul folicular este vâscos şi conţine hormonii ovarieni activi – estrogenii, produşi de celulele tecii interne.

Majoritatea foliculilor secundari cavitari involuează şi, în mod obişnuit în fiecare lună, începând cu apariţia ciclului şi până la menopauză, unul devine folicul matur.

Foliculul matur, terţiar sau veziculos (de Graaf), constituie stadiul de dezvoltare completă a foliculului şi este cel mai voluminos. Este format din: teaca externă, teaca internă şi membrana granuloasă. Foliculul conţine cavitatea foliculară (cu lichid folicular), delimitată de membrana granuloasă.



Ovocitul, localizat periferic, se află într-o porţiune îngroşată a membranei granuloase (cumulus proliger). Celulele foliculare din imediata apropiere a ovocitului se dispun radiar şi formează coroana radiată, care va însoţi ovocitul expulzat în decursul evoluţiei, asigurându-i nutriţia. Ovocitul din foliculul matur, iniţial de ordinul I (diploid), suferă înainte de ovulaţie prima diviziune de maturare şi devine ovocit II (haploid), formă sub care este expulzat în timpul ovulaţiei.

După eliminarea ovocitului, foliculul ovarian matur se transformă în corp galben, care ia naştere prin transformarea celulelor foliculare în celule endocrine ce secretă progesteron.

Există două tipuri de corp galben:

- corpul galben periodic, care se formează în fiecare lună în perioada de fertilitate a femeii (de la pubertate până la menopauză); are o existenţă de circa 10 zile (din a 16-a zi a ciclului până în ziua a 26-a);
- corpul galben de sarcină, care se formează în cazul când ovulul a fost fecundat; el funcţionează în primele trei luni de sarcină.

Corpul alb reprezintă cicatricea care înlocuieşte corpul galben involuat (periodic sau de sarcină).

**Vascularizaţia ovarului** este asigurată de artera ovariană, ramură a aortei abdominale, şi de o ramură ovariană din artera uterină. Venele sunt reprezentate de vena ovariană dreaptă, care se varsă în vena cavă inferioară, şi de vena ovariană stângă, care se deschide în vena renală stângă. O parte din sângele venos al ovarului ajunge în vena uterină. Limfaticele conduc limfa în ganglionii iliaci şi lombari.

**Inervaţia** este asigurată de nervi din plexurile vegetative aortice şi hipogastric.

## CALEA GENITALĂ

### TROMPELE UTERINE

Trompele uterine (tubele uterine) sunt conducte musculo-membranoase care se întind de la ovare până la uter, cu care comunică prin orificii numite ostii uterine. Extremitatea laterală prezintă ostiul abdominal ce se deschide în cavitatea abdominală. Au o lungime de 7-12 cm şi se împart în patru porţiuni: intrauterină (lungă de 1 cm, situată în peretele uterin); istmul trompei (3-4 cm, se întinde de la marginea laterală a uterului până la polul inferior al ovarului); ampula tubei (7-8 cm, mai dilatată, se întinde de la polul inferior la polul superior al ovarului); infundibulul (2 cm, de forma unei pâlnii cu pereţii prevăzuţi cu franjuri numite fimbrii, cu rol în captarea ovulului expulzat de către foliculul matur). Această parte se aplică pe faţa medială a ovarului. Tubele sunt situate la marginea superioară a ligamentului lat al uterului, de care sunt legate prin mezosalpinge.

**Structura anatomică**. La exterior, sub seroasa peritoneală (care formează şi un mezou), tuba prezintă o tunică adventiţială, conjunctivă, sub care se găseşte tunica musculară, formată din fibre netede, pe două straturi – longitudinal, la exterior, şi altul intern, circular. Prin mişcări peristaltice asigură transportul ovulului spre cavitatea uterină. În interior se află submucoasa şi mucoasa, puternic cutată şi prevăzută cu celule ciliate şi neciliate ce uşurează trecerea spermatozoizilor şi a ovulului în trompă.

**Vascularizaţia** este asigurată de ramuri tubare ce provin din artera ovariană şi uterină. Venele sunt omonime arterelor. Limfa este drenată spre ganglionii iliaci şi lombari.

**Inervaţia** vegetativă provine din plexurile ovarian şi hipogastric.

UTERUL

Este situat în cavitatea pelviană, între vezica urinară şi rect; este un organ musculos, cavitar şi impar.

**Formă şi raporturi**. Uterul este interpus între trompele uterine şi vagin; fixat prin ligamentele late, uterosacrale, şi chinga muşchilor ridicători anali. Are formă de pară, cu extremitatea mare orientată superior şi uşor turtit antero-posterior. Prezintă trei porţiuni: corpul uterului, la extremitatea superioară, de formă triunghiulară, a cărui bază se numeşte fundul uterului; istmul uterului este porţiunea intermediară între corp şi colul uterin. Corpul are două feţe: anterioară (vezicală) şi posterioară (rectală). Pe marginile lui se află arterele uterine. Colul se continuă cu segmentul următor al aparatului genital feminin, vagina, în care proemină. Din cauza inserţiei vaginei pe col, colul are două porţiuni: una supravaginală, în raport cu vezica urinară anterior, cu rectul posterior, cu arterele uterine lateral, şi una intravaginală, în raport cu pereţii vaginei. Corpul uterului este învelit de peritoneu, care, în părţile laterale, formează ligamentele late ale uterului. Ligamentele late unesc marginile laterale ale corpului uterului cu pereţii laterali ai cavităţii pelviene.

**Structură**. Uterul este alcătuit din trei tunici: tunica seroasă (perimetru), formată din peritoneul uterin, care aderă puternic în regiunea fundului şi corpului; tunica musculară (miometru) este formată din fibre musculare netede, stratul cel mai dezvoltat al uterului. Acestea sunt dispuse în trei straturi: intern – format din fibre radiare spiralate; mijlociu – din fascicule musculare cu dispoziţie plexiformă, gros, care conţine în ochiurile reţelei vase sangvine provenite din artera uterină; extern – format din fascicule longitudinale, oblice şi circulare.

Tunica mucoasă (endometrul) căptuşeşte cavitatea uterină, având o structură diferită, în funcţie de vârstă şi de ciclul ovarian.

**Mucoasa uterină**, formată dintr-un epiteliu cilindric, este bogată în glande tubuloase ce pătrund până în miometru. Endometrul are o evoluţie ciclică lunară şi în timpul sângerării menstruale se elimină în cea mai mare parte (pătura superficială), ca în ciclul următor să se refacă din epiteliul fundului glandelor uterine, care nu se elimină.

În interiorul uterului se găseşte cavitatea uterină, turtită în sens antero-posterior; ocupă atât corpul, cât şi colul, comunicând în jos cu vagina prin orificiul uterin extern, iar sus-lateral cu cele două trompe.

Cavitatea uterului este divizată printr-o strangulare situată la nivelul istmului în două compartimente: cavitatea corpului, mai mare, şi canalul cervical, situat la nivelul colului uterin. Cavitatea corpului are trei orificii: două laterale, foarte înguste, ce corespund deschiderii tubelor, şi orificiul inferior, ce conduce în canalul cervical. Canalul cervical, de aspect fuziform, prezintă orificiul intern, ce conduce în cavitatea uterină; orificiul extern este chiar ostiul uterin şi se deschide în vagină.

**Vascularizaţia** este asigurată de arterele uterine, ramuri din artera iliacă internă. Din acestea se desprind colaterale care irigă vagina, trompele uterine şi ovarele. Venele uterine se deschid în vena iliacă internă. Limfaticele conduc limfa spre ganglionii lombari, iliaci şi inghinali.

**Inervaţia** este asigurată de plexul uterin provenit din plexul hipogastric.



VAGINA

Este un conduct musculo-conjunctiv, lung de 7-9 cm, median şi impar, care prin extremitatea superioară se inseră pe colul uterin, iar prin cea inferioară (orificiul vaginal) se deschide în vestibulul vaginal, spaţiu delimitat de cele două labii mici. Membrana himenală închide incomplet orificiul vaginal.

Vagina prezintă un perete posterior în raport cu rectul şi cu fundul de sac Douglas, unde peritoneul este în contact cu peretele vaginal şi un perete anterior, care vine în raport cu fundul vezicii urinare şi cu uretra. În părţile laterale vagina aderă de marginea medială a muşchilor ridicători anali.

**Structura**. Peretele vaginal este alcătuit din: adventice, la exterior, formată din ţesut conjuctiv; tunica musculară cuprinde fibre circulare netede la interior şi longitudinale la exterior; tunica mucoasă este formată dintr-un epiteliu pavimentos stratificat, care, macroscopic, prezintă numeroase cute transversale (rugae vaginales), iar pe linia mediană a celor doi pereţi, în axul lung al vaginei, se află câte o creastă longitudinală (columnae rugarum).

Spre bătrâneţe, aceste cute se şterg. Mucoasa nu are glande, epiteliul vaginei fiind acoperit de mucusul secretat de glandele colului uterin şi de secreţia glandelor Bartholin.

**Vascularizaţia** este asigurată de artera vaginală, cât şi de ramuri vaginale ce provin din artera uterină, artera rectală mijlocie, artera vezicală inferioară şi artera ruşinoasă internă. Venele alcătuiesc plexul utero-vaginal ce se deschide în vena iliacă internă, iar limfaticele conduc limfa în ganglionii iliaci şi inghinali.

**Inervaţia** este dată de plexul vegetativ perivaginal, format din ramuri ale plexului hipogastric.

## ORGANELE GENITALE EXTERNE

VULVA

Are forma unei fante, alungită în sens sagital şi mărginită lateral de către două repliuri cutanate, labiile mari şi mici.

**Labiile mari** sunt două repliuri cutanate (7-9 cm lungime) cu două feţe, ambele acoperite de tegument, cea laterală prevăzută cu păr şi glande sebacee mari. Se unesc anterior, spre simfiza pubiană, prin comisura anterioară a labiilor, situată pe un relief median, acoperit de păr, numit muntele lui Venus, iar posterior se unesc prin comisura posterioară, la câţiva centimetri anterior de anus.

**Labiile mici** sunt două cute simetrice, situate medial de labiile mari şi despărţite de ele prin şanţul interlabial. Spaţiul mărginit de labiile mici, pe linia mediană, se numeşte vestibul vaginal, la care deosebim două zone: anterioară (deschiderea orificiului extern al uretrei) şi posterioară (orificiul vaginal, care lateral prezintă deschiderile canalelor glandelor vulvo-vaginale Bartholin, ce umectează intrarea în vagin). Anterior, labiile mici se dedublează fiecare în două repliuri: unul trece anterior de clitoris (organ erectil, impar, omologat cu penisul) şi se uneşte cu cel de partea opusă, formând prepuţul clitorisului, iar celălalt trece posterior de clitoris şi formează cu cel de partea opusă frâul clitoridian.

Organele erectile ale vulvei sunt: clitorisul şi bulbii vestibulari (două organe analoage corpului cavernos al uretrei la bărbat, situaţi la baza labiilor mari). Ca şi penisul, clitorisul prezintă gland, corp şi rădăcină ataşată de ramurile ischio-pubiene. Clitorisul are o lungime de 5-6 cm.

**Vascularizaţia** este asigurată de ramuri ale arterei ruşinoase interne; venele se deschid în vena iliacă internă, iar limfaticele drenează limfa în ganglionii inghinali superficiali.

**Inervaţia organelor genitale externe** este somatică şi vegetativă; cea somatică este dată de nervul ruşinos intern şi nervul ilio-inghinal, iar cea vegetativă de plexul hipogastric.

MAMELA

Este formată din glanda mamară şi diferite părţi moi (ţesut conjunctiv, adipos) care o înconjoară. Este o glandă pereche, anexă a aparatului genital feminin, situată pe peretele toracic anterior, în intervalul dintre coastele III-VII, de origine cutanată (ectodermală).

Mamela este vascularizată de arterele intercostale (II-IV), cât şi de artera toracică internă, ramură din artera subclavie.

Venele mamelei sunt colectate de vena toracică internă. Limfaticele ajung în ganglionii axilari. Inervaţia mamelei este asigurată de nervii intercostali (II-IV).

Glandele mamare, deşi prezente la ambele sexe, au dimensiuni şi semnificaţii morfo-funcţionale complet deosebite. La bărbat, glandele reprezintă organe rudimentare, cu o structură puţin complexă.

La femeia adultă, însă, glandele mamare au o structură complexă, hormono-dependentă, având o deosebită importanţă biologică şi patologică. Ele asigură secreţia de lapte, alimentul esenţial al nou-născutului, şi sunt, de asemenea, sediul a numeroase procese patologice, dintre care cancerele sunt cele mai importante.

Fiecare glandă mamară este formată dintr-un număr de 10-25 lobi glandulari separaţi prin ţesut conjunctiv în care, în timpul pubertăţii, s-a depozitat ţesut adipos. Fiecare lob glandular este o glandă tubulo-acinoasă ramificată.

Canalele acestor glande sunt colectate de ducte mai mari, numite canale galactofore, care se deschid la nivelul mamelonului.

În structura canalelor galactofore se găsesc celule mioepiteliale, care se contractă sub acţiunea oxitocinei, favorizând ejecţia laptelui.

# APARATUL GENITAL MASCULIN

## TESTICULUL

Testiculul (organ pereche) este glanda genitală masculină ce îndeplineşte două funcţii:

- spermatogeneza, formarea celulelor sexuale (spermii), ce se desfăşoară la nivelul tubilor seminiferi contorţi;
- funcţia endocrină, prin care celulele interstiţiale Leydig ale parenchimului testicular secretă hormonii androgeni (testosteronul), ce determină maturizarea organelor sexuale şi stimulează evoluţia caracterelor sexuale secundare masculine.

Iniţial, testiculii se formează în regiunea lombară, apoi, începând din luna a 3-a, coboară prin canalul inghinal în bursele scrotale. Coborârea testiculului în bursele scrotale este determinată de temperatura mai coborâtă din burse (36,5°), temperatură la care procesul de



spermatogeneză se poate desfăşura în condiţii optime. În caz că testiculii nu coboară în bursele scrotale, vorbim de ectopie testiculară, care poate fi uni sau bilaterală. În testiculul ectopic nu are loc procesul de spermatogeneză. Testiculul are o greutate de aproximativ 25 g şi este un organ pereche, având forma unui ovoid turtit transversal, situat în bursa scrotală, la nivelul perineului anterior. De fiecare testicul este anexat un organ alungit, epididimul, care reprezintă primul segment extratesticular al conductelor seminale. Epididimul are lungimea de 5-6 cm, forma unei virgule, aşezat pe extremitatea superioară şi marginea posterioară a testiculului, până la polul inferior al acestuia. Distingem epididimului un cap mai voluminos, situat la polul superior al testiculului. Conţine canalul epididimar, care se continuă cu canalul deferent (fig. 154). Testiculul este învelit la suprafaţă de o membrană conjunctivă de culoare albă-sidefie, numită albuginee, rezistentă şi inextensibilă, ţinând în tensiune parenchimul testicular (rol în progresiunea spermiilor de-a lungul epididimului şi canalului deferent). La marginea postero-superioară a testiculului,

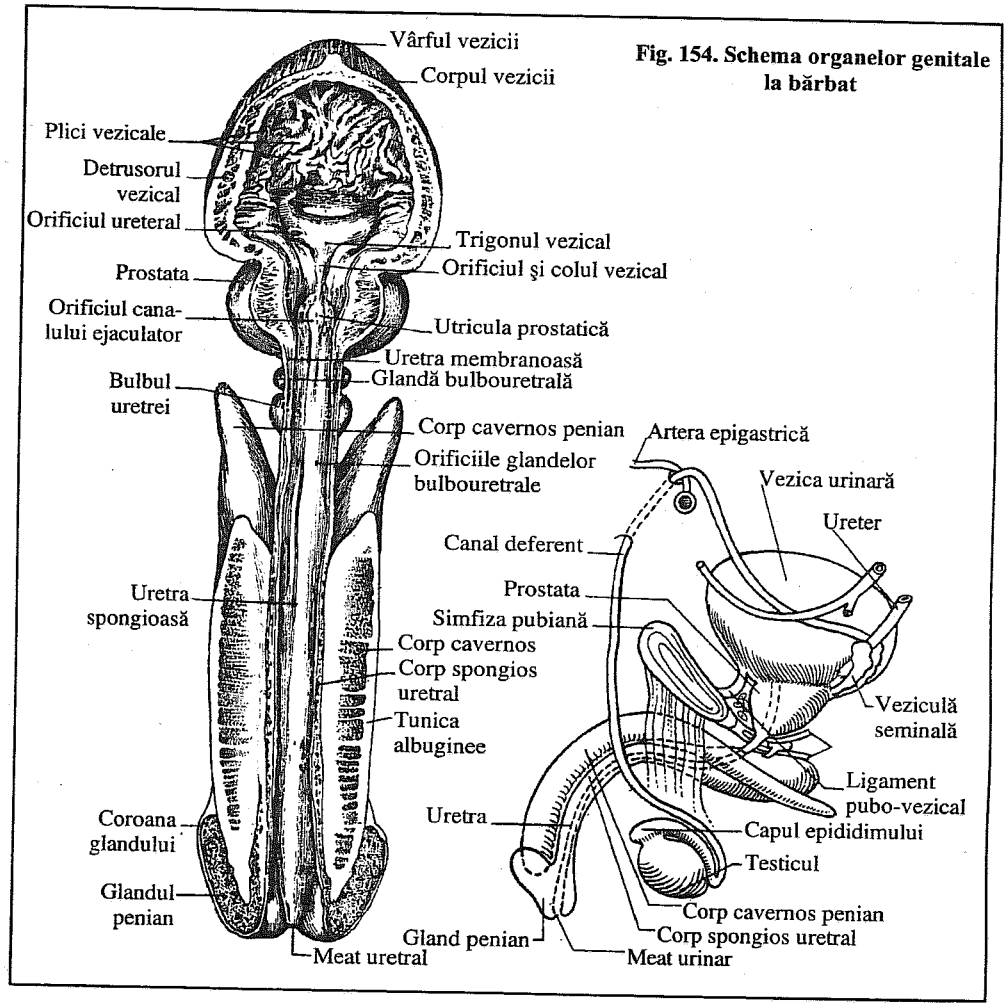



**Fig. 154. Schema organelor genitale la bărbat**

albugineea prezintă o îngroşare de formă piramidală, numită mediastinul testicului. De la mediastin pleacă radiar septuri conjunctive ce străbat parenchimul, delimitând lobulii testicului (care conţin parenchimul glandei), de formă piramidală, cu vârful spre mediastin. Lobulii testiculari, spermatici, sunt în număr de 250-300 pentru fiecare testicul; sunt formaţi din 2-3 tubi subţiri sinuoşi, încolăciţi, numiţi tubi seminiferi contorţi (400-800 într-un testicul), în care se desfăşoară spermatogeneza, şi din ţesut conjunctiv interstiţial (celulele Leydig), situat între tubii seminiferi contorţi, cu rol în secreţia endocrină a testicului. Tubii seminiferi contorţi încep printr-o extremitate liberă în fundul de sac la baza piramidelor. În structura lor intră o membrană bazală şi un epiteliu stratificat cu celule seminale, care prin spermatogeneză formează spermiile, şi cu celule cu rol trofic şi de susţinere, celulele Sertoli.

La vârful fiecărui lobul, în apropiere de mediastin, tubii seminiferi contorţi iau un traiect rectiliniu şi devin tubi drepţi (primul segment al căilor spermatice), pătrund în mediastin, unde confluează, constituind o reţea anastomozată, numită reţeaua testiculară (rete testis), care reprezintă al doilea segment al căilor spermatice. Din această reţea se desprind 10-15 canale eferente care trec din mediastin în capul epididimului şi se deschid într-un canal unic, canalul epididimar (este foarte încolăcit şi are o lungime de 4-6 m). El alcătuieşte corpul şi coada epidimului şi se continuă cu canalul deferent. Epiteliul canalelor eferente şi al canalului epididimar secretă un lichid ce intră în compoziţia spermei.

**Vascularizaţia** testiculului şi epididimului este asigurată de: artera testiculară, ramură din aorta abdominală, şi din artera diferenţială, ramură din artera iliacă internă. Venele formează plexul pampiniform, din care rezultă vena testiculară, care se varsă în vena cavă inferioară la dreapta, în timp ce vena testiculară stângă se deschide în vena renală homolaterală.

**Inervaţia** este asigurată de plexul testicular, provenit din cel aortic, şi de plexul diferenţial, cu originea în plexul hipogastric.

## CONDUCTELE SPERMATICE

Căile spermatice sunt conducte de eliminare a spermiilor şi lichidului spermatic. Ele sunt intratesticulare şi extratesticulare.

**Căile intratesticulare** sunt reprezentate de tubii seminiferi drepţi şi reţeaua testiculară, constituind primele două segmente ale căilor spermatice.

**Căile extratesticulare** sunt: canalele eferente, canalul epididimar, canalul deferent, ejaculator şi uretra. Canalul deferent continuă canalul epididimar şi are o lungime de 50 cm, pleacă de la coada epididimului, terminându-se la baza prostatei, prin porţiunea ampulară (mai dilatată), care se uneşte cu ductul excretor al veziculei seminale, formând ductul ejaculator care străbate prostata şi se deschide în uretra prostatică, la nivelul colicului seminal. Distingem canalului deferent o porţiune epididimo-testiculară, situată în bursele scrotale, o porţiune inghinală, când străbate canalul inghinal, şi o porţiune pelviană situată în pelvis. Porţiunea pelvină se termină cu particula ampulară a canalului deferent.

**Structura anatomică**. Canalul deferent este format dintr-o tunică conjunctivă externă, o tunică musculară cu trei straturi de fibre netede (circulare, longitudinale la mijloc şi din nou circulare la interior) şi dintr-o tunică internă, mucoasa (epiteliu prismatic).



## GLANDELE ANEXE

### VEZICULA SEMINALĂ

Este un organ pereche, situat deasupra prostatei, între vezica urinară şi rect, lateral de ampulele deferenţiale. Are rol secretor, produsul adăugându-se lichidului seminal.

Vezicula seminală are formă ovoidală, lungă de 4-5 cm şi lată de 2 cm. Ea este un tub întortochiat, cu multe sinuozităţi unite prin tracturi fibroase, dându-i un aspect vezicular (alveolar).

În interior, cavitatea veziculei seminale este neregulată, cu lumenul compartimentat în mai multe diverticule, formate de plici ale mucoasei şi care comunică unele cu altele. Peretele veziculei este format dintr-o tunică conjunctivă externă, o tunică musculară (strat longitudinal la exterior şi circular la interior) şi o mucoasă epitelială, cubică, cu celule secretoare.

**Vascularizaţia** este asigurată de artera deferenţială, artera vezicală inferioară şi artera rectală mijlocie; venele formează plexul seminal care se deschide în plexul vezico-prostatic. Limfaticele merg spre ganglionii iliaci.

**Inervaţia** este dată de ramuri ale plexului hipogastric.

### PROSTATA

Este un organ glandular (funcţie exocrină), impar, situat în jurul porţiunii iniţiale a uretrei, produsul de secreţie participând la formarea spermei. Este localizată în cavitatea pelviană, în loja prostatică, cuprinsă între vezica urinară (superior), rect (posterior), perineu (inferior) şi simfiza pubiană (anterior).

Uretra străbate prostata vertical (aproape de faţa anterioară), iar cele două canale ejaculatoare o străbat oblic, dinapoi-înainte, deschizându-se în uretra prostatică. Are forma unui con turtit, cu vârful îndreptat în jos şi înainte, şi i se descriu: o bază, vârful, faţa anterioară şi faţa posterioară.

**Structură**. Prostata este alcătuită dintr-o stromă conjunctivo-musculară şi un parenchim glandular, predominant. Stroma formează la exterior o capsulă conjunctivo-musculară groasă, care trimite spre interior septuri conjunctivo-musculo-elastice, împărţind parenchimul glandular în lobuli. Un lobul corespunde unei glande prostatice. Lobulii glandulari (20-30) se deschid printr-un număr mai mic de orificii în uretra prostatică. Substanţa glandulară (parenchimul) este formată din glandele periuretrale, mici, mucoase, situate în ţesutul din jurul uretrei, şi glandele prostatice propriu-zise (30-50), de tip tubulo-alveolar, lungi şi puternic ramificat. Prostata secretă un lichid lactescent, care se adaugă spermei cu miros caracteristic şi reacţie uşor alcalină, favorizând mobilitatea spermiilor.

**Vascularizaţia** este asigurată de ramuri ale arterei prostatice, cât şi ale arterei vezicale inferioară şi arterei rectale mijlocii; venele se deschid în plexul vezico-prostatic tributar venei iliace interne. Limfaticele ajung la ganglionii iliaci.

**Inervaţia** aparţine plexului hipogastric.

GLANDELE BULBO-URETRALE

Sunt două formaţiuni glandulare ovoide, de dimensiunile unui sâmbure de cireaşă, situate de o parte şi de alta a bulbului uretral. Se deschid, prin două canale, în uretra spongioasă. Secretă un lichid clar, vâscos, asemănător cu cel prostatic, care se adaugă lichidului spermatic.

## ORGANELE GENITALE EXTERNE

PENISUL

Organ genital şi urinar, este situat deasupra scrotului, înaintea simfizei pubiene. Prezintă o porţiune perineală, rădăcina penisului şi o porţiune liberă, corpul penisului, care, la extremitatea sa anterioară, se termină cu o parte mai voluminoasă, numită gland. Rădăcina este fixată, prin cei doi corpi cavernoşi, de ramurile ischio-pubiene ale coxalului, iar corpul este fixat de simfiza pubiană prin ligamente fibroase, unul superior şi altul inferior.

Corpul penisului are formă cilindrică, uşor turtit, prezentând o faţă superioară (dorsum penis) şi una inferioară, uretrală.

Glandul cu baza sa înconjoară circumferinţa corpului, depăşindu-l ca o coroană, la acest nivel existând şanţul balano-prepuţial. La vârful său, orientat spre faţa uretrală, se află orificiul extern al uretrei.

Învelişul tegumentar al penisului se continuă, la nivelul glandului, cu prepuţul, un manşon cutanat care se termină în fund de sac. Spaţiul dintre prepuţ şi gland conţine glandele prepuţiale care secretă smegma.

**Structură**. Penisul este format dintr-un aparat erectil şi învelişuri. Organele erectile sunt formaţiuni fibro-musculare areolate, fiind reprezentate de doi corpi cavernoşi şi un corp spongios, şi care, umplute cu sânge, determină erecţia. Cei doi corpi cavernoşi au formă cilindrică şi formează cea mai mare parte a penisului, ocupând faţa dorsală, laturile şi, parţial, faţa uretrală. Extremităţile lor posterioare se inseră pe ramurile osoase ischio-pubiene.

***Corpii cavernoşi*** se unesc pe linia mediană prin intermediul unui sept conjunctiv, iar extremităţile anterioare vin în contact cu faţa posterioară a glandului, printr-o lamă conjunctivă. Sunt acoperiţi de un înveliş fibros, foarte rezistent, numit tunica albuginee, de la care pornesc septuri conjunctive care separă un sistem cavernos ce conţine ţesutul erectil vascular.

***Corpul spongios al uretrei*** este o formaţiune unică ce intră în alcătuirea penisului, ocupând spaţiul median dintre corpii cavernoşi. Este format din ţesut cavernos şi înveleşte uretra care-l străbate de la un capăt la altul. Extremitatea sa posterioară începe printr-o porţiune mai dilatată – bulbul uretral, iar cea anterioară se continuă cu glandul. La exterior, corpul spongios este învelit de o tunică albuginee, iar ţesutul său spongios este format din caverne ce corespund lacunelor venoase.

***Învelişurile penisului***. Penisul este învelit de piele, care se continuă cu pielea scrotului şi a regiunii pubiene. Sub aceasta se găseşte o lamă musculară subţire care formează dartosul penian.



În interior se află o tunică conjunctivă laxă, în care se află vase superficiale, iar mai profund fascia penisului, continuare a fasciei superficiale a abdomenului care înveleşte corpii spongios şi cavernoşi.

**Vascularizaţia** este asigurată de ramuri din artera ruşinoasă internă; venele se deschid în vena ruşinoasă internă şi de aici în vena iliacă internă. Limfaticele sunt superficiale, tributare ganglionilor inghinali, şi profunde, tributare ganglionilor illiaci.

**Inervaţia învelişurilor** este dată de nervul ruşinos şi de ramuri genitale ale plexului lombar, iar a organelor erectile de ramuri simpatice şi parasimpatice ale plexului hipogastric, cu rol dilatator.

SCROTUL (BURSELE SCROTALE)

Formează partea organelor genitale externe în care sunt localizate testiculele. Este un sac median, situat sub penis, format din mai multe tunici concentrice, care se continuă cu planurile peretelui anterior al abdomenului şi cu învelişurile penisului. La exterior apare ca o pungă cutanată, situată în partea inferioară a peretelui abdominal, având pe faţa antero-inferioară un şanţ longitudinal median, corespunzător rafeului scrotal, care separă cele două burse scrotale.

În structura scrotului intră următoarele tunici, care corespund straturilor peretelui abdominal: pielea – prelungirea tegumentului abdominal, cu numeroase cute transversale, peri, glande sebacee şi sudoripare; tunica dartos, lamă musculară formată din fibre musculare netede, ce ia parte la formarea peretelui dintre bursele testiculare; fascia spermatică externă, ce provine din aponevroza muşchiul oblic extern; fascia cremasterică ce conţine fibre din aponevroza muşchiului oblic intern şi a muşchiului transvers abdominal; muşchiul cremaster conţine fibre care provin din muşchiul oblic intern şi muşchiul transvers abdominal; fascia spermatică internă, care continuă fascia transversală a peretelui abdominal; tunica vaginală este seroasă şi acoperă testiculul şi epididimul. Ea prezintă o foiţă viscerală şi una parietală. Aceste foiţe delimitează cavitatea vaginală.

Arterele care vascularizează scrotul sunt: arterele ruşinoase externe (din artera femurală) şi ramuri scrotale (din artera ruşinoasă internă). Sângele venos este drenat prin venele ruşinoase externe în vena femurală şi prin venele ruşinoase interne în vena hipogastrică.

**Inervaţia** este asigurată de ramuri ale plexului lombar.

# METABOLISMUL

Organismul este un sistem deschis care face schimb de substanţă şi energie cu mediul extern. Acest schimb permanent reprezintă metabolismul.

Metabolismul începe o dată cu ingestia alimentelor şi sfârşeşte cu excreţia produşilor neutilizabili. El se desfăşoară în trei etape: digestivă, celulară şi excretorie. Legătura dintre aceste etape o asigură sângele şi circulaţia acestuia.

În **etapa digestivă**, sub acţiunea unor fermenţi specifici, are loc fragmentarea hidrolitică a macromoleculelor organice din alimente şi transformarea lor în molecule simple, fără specificitate, absorbabile (glucoză, acizi graşi, glicerină, aminoacizi).

În **etapa celulară**, principiile alimentare suferă numeroase transformări. Totalitatea transformărilor biochimice care au loc la nivel celular reprezintă metabolismul intermediar. Deci, metabolismul intermediar reprezintă schimbul de substanţe şi energie dintre celulă şi mediul intern. Reacţiile metabolice din celule sunt de două feluri: reacţii anabolice, de sinteză a unor constituienţi celulari sau de rezervă, şi reacţii catabolice, de scindare a substanţelor până la produşi finali neutilizabili (apă, dioxid de carbon, substanţe azotate simple).

Prin reacţii anabolice are loc reînnoirea permanentă a structurilor celulare uzate, sunt sintetizate o serie de substanţe active (enzime, hormoni), este asigurată creşterea şi înmulţirea celulelor, precum şi încărcarea lor cu material nutritiv de rezervă.

Reacţiile catabolice generează energie. Ele se desfăşoară în două faze succesive. Într-o primă fază are loc metabolizarea incompletă, pe căi specifice, a substanţelor nutritive, până la stadiul de acetil coenzimă A şi acid oxaloacetic, produşi intermediari comuni glucidelor, lipidelor şi proteinelor. În această fază se eliberează o cantitate redusă de energie. În faza a doua are loc metabolizarea completă a produşilor intermediari.

Această fază este comună tuturor substanţelor nutritive. Ea constă din reacţii de oxido-reducere prin care se eliberează peste 90% din energia chimică a moleculelor. O parte din aceste reacţii se desfăşoară ciclic, în cadrul ciclului acidului citric sau ciclul lui Krebbs, iar o altă parte are loc la nivelul lanţului sau catenei respiratorii celulare. Toate aceste reacţii constau, în esenţă, din "arderea" alimentelor în prezenţa oxigenului. Oxidarea lor poate avea loc şi în bomba calorimetrică, obţinându-se aceiaşi produşi finali şi aceeaşi cantitate de energie.

În organism, energia se eliberează treptat, în etape succesive, şi nu se transformă toată în căldură, ci o parte se depozitează. Ciclul Krebbs şi catena respiratorie au sediul în mitocondrii, unde se desfăşoară respiraţia celulară.

Reacţiile anabolice necesită energie, iar cele catabolice eliberează energie. Din această cauză ele se desfăşoară cuplat.

Energia chimică nu poate fi utilizată direct: mai întîi, ea este înmagazinată sub formă de compuşi chimici macroergici, al căror reprezentant principal este acidul adenozintrifosforic (ATP). Depozitarea energiei sub formă de legături fosfatmacroergice reprezintă 40% din energia chimică eliberată prin procesele de oxidare metabolică. Restul se pierde sub formă de căldură. Totalitatea schimburilor energetice organism - mediu reprezintă metabolismul energetic.



## METABOLISMUL INTERMEDIAR AL GLUCIDELOR

Glucidele sunt substanţe organice alcătuite din C, O şi H. Se mai numesc hidraţi de carbon, deoarece conţin oxigen şi hidrogen în aceleaşi proporţii ca apa. În natură se întâlnesc glucide cu moleculă simplă - monozaharidele şi dizaharidele - sau cu moleculă complexă - polizaharidele. Reprezentanţii principali ai monozaharidelor sunt pentozele (riboza, dezoxiriboza) şi mai ales hexozele (glucoza, fructoza şi galactoza). Polizaharidele sunt polimeri ai glucozei. La plante există celuloza şi amidonul, iar la animale glicogenul.

### ROLUL FIZIOLOGIC AL GLUCIDELOR

Ca orice principiu alimentar, glucidele îndeplinesc trei categorii de roluri:

- **Rol energetic**. Prin oxidarea până la dioxid de carbon şi apă a unui gram de glucoză se eliberează 4,1 Kcal.
- **Rol plastic**. Glucidele participă la construcţia unor structuri celulare şi intercelulare.
- **Rol funcţional**. O serie de glucide intră în molecula unor compuşi biochimici, cu mare valoare biologică. Astfel, riboza şi dezoxiriboza fac parte din structura acizilor nucleici. Moleculele macroergice de ATP conţin riboză, iar heparina, un anticoagulant natural, conţine glucoză.

### CĂILE METABOLICE ALE GLUCIDELOR

Glucidele se absorb sub formă de monozaharide (pentoze şi, în special, hexoze). Principalul glucid metabolizat în organism este glucoza. După absorbţie, aceasta ajunge, prin circulaţia portală, în ficat, iar de aici trece în circulaţia generală, de unde este preluată de toate celulele corpului. Concentraţia glucozei în sânge (glicemia) are valoare constantă de 100 mg la 100 ml plasmă. După mese, această concentraţie creşte puţin (hiperglicemie postprandială).

Glucoza este utilizată, în primul rând, ca material energetic. Glucidele reprezintă o sursă energetică foarte convenabilă pentru organism, deoarece ele sunt catabolizate integral până la dioxid de carbon şi apă, substanţe netoxice, pe care organismul le poate elimina uşor.

Catabolismul glucozei mai prezintă avantajul că, în faza metabolizării incomplete, dintr-o moleculă de glucoză poate fi generată o moleculă de acid citric, substanţă cheie a ciclului Krebbs. La nivelul fiecărei celule, glucidele suferă reacţii metabolice similare: catabolizare până la $CO_2$ şi $H_2O$, polimerizare sub formă de glicogen, transformare în lipide. Aceste reacţii prezintă o amploare deosebită la nivelul ficatului, al ţesutului muscular şi adipos, organe cu rol important în metabolismul hidraţilor de carbon.

**Catabolismul glucozei (glicoliza)** are loc în două etape. Prima etapă se mai numeşte **glicoliză anaerobă**, deoarece poate avea loc şi în absenţa oxigenului. Ea corespunde etapei metabolizării incomplete a glucozei. Glicoliza începe cu fosforilarea glucozei şi formarea esterului glucoză-6-fosfat, reacţie catalizată de glucokinază. Urmează un şir de transformări chimice prin care, în final, din fiecare moleculă de glucoză rezultă două molecule de acid piruvic. În absenţa oxigenului, acesta este hidrogenat la acid lactic, produsul final al glicolizei anaerobe. Dacă celula nu primeşte oxigen, acidul lactic se acumulează, provoacă acidoză şi blocarea glicolizei. În prezenţa $O_2$, acidul piruvic este transformat în acetil coenzima A (Acetil-CoA) şi acid oxaloacetic, metaboliţi intermediari, indispensabili pentru faza următoare a degradării glucozei.

Etapa a doua, numită **glicoliză aerobă**, corespunde fazei metabolizării complete a glucozei şi nu se poate desfăşura în absenţa oxigenului. Este formată din ciclul lui Krebbs şi lanţul respirator celular ce reprezintă căi comune de oxidare a tuturor principiilor alimentare.

Ciclul lui Krebbs începe cu formarea acidului citric, în urma condensării acetil CoA cu acidul oxalo-acetic. Acidul citric este degradat enzimatic în reacţii succesive, în cursul cărora au loc decarboxilări şi dehidrogenări ce duc, în final, la regenerarea moleculei de acid oxaloacetic. Aceasta, împreună cu o nouă moleculă de acetil-CoA, reface acidul citric şi ciclul se reia. În urma decarboxilărilor rezultă $CO_2$ care difuzează în afara celulei şi este transportat de sânge spre plămâni, pentru a fi eliminat. Reacţiile de dehidrogenare a compuşilor ciclului Krebbs sînt rezultatul acţiunii unor enzime oxido-reducătoare numite dehidrogenaze. Prin intermediul dehidrogenazelor, atomii de hidrogen sunt transportaţi pe lanţul respirator celular.

Acesta, în afară de dehidrogenaze, conţine enzime respiratorii celulare, bogate în fier, numite citocromi. Citocromii preiau numai electronul de pe atomul de hidrogen, eliberând $H^+$ în mediul celular. La capătul lanţului de citocromi, perechi de electroni sunt trecute pe atomul de oxigen care se încarcă cu două valenţe negative. Ultimul act al acestui proces este unirea oxigenului cu hidrogenul şi sinteza moleculei de apă. Apa este produsul final al reacţiilor de oxido-reducere celulară. În timpul acestor reacţii oxidative, se eliberează cantităţi mari de energie pentru a forma ATP, proces numit fosforilare oxidativă.

Sediul glicolizei anaerobe este citoplasma, iar al celei aerobe îl constituie mitocondriile.

**Bilanţul energetic al glicolizei**. Prin degradarea completă, pînă la $CO_2$ şi $H_2O$, a unui mol gram de glucoză (180 g) se eliberează 680 kilocalorii, din care circa 300 (deci 45%) se depozitează sub formă de moli de ATP, iar 380 se pierd sub formă de căldură. În faza anaerobă se eliberează numai 50 kcalorii (cu formare de 2 moli ATP); restul energiei este generată în faza aerobă (cu formare de 38 moli ATP). O moleculă de ATP conţine două legături fosfat macroergice, a 8 kcal fiecare. Molecula de acid lactic conţine încă o cantitate de energie chimică. Acidul lactic generat în faza anaerobă este transportat de sânge la ficat, unde, în prezenţa oxigenului, are loc reconvertirea sa în acid piruvic.

O cincime din acesta este oxidat până la dioxid de carbon şi apă în ciclul lui Krebbs şi catena respiratorie, iar restul de patru cincimi este utilizat pentru resinteza glucozei. Numărul relativ mare al reacţiilor care duc la degradarea substanţelor alimentare este necesar pentru eliberarea treptată a energiei lor chimice.

**Gluconeogeneza.** Reacţiile de degradare a glucozei din faza anaerobă se pot desfăşura şi în sens invers, dinspre metaboliţii intermediari ai glicolizei înapoi la glucoză. Aceasta reprezintă glucogeneza. Dacă metaboliţii intermediari respectivi provin din precursori neglucidici (lipide sau proteine), procesul de sinteză a glucozei se numeşte neoglucogeneză sau gluconeogeneză.

Gluconeogeneza prezintă o mare importanţă pentru organism, în special pentru ţesutul nervos care este mare consumator de glucoză. În lipsa glucidelor alimentare sau în stări de inaniţie, organismul produce glucoză din cetoacizi (rezultaţi din dezaminarea aminoacizilor) şi din glicerolul lipidelor.

Principalele organe în care are loc gluconeogeneza sunt ficatul şi rinichiul. Acest proces este stimulat de hormonii glucocorticoizi, tiroidieni şi de glucagon, fiind inhibat de insulină.



**Calea fosfogluconatului**. Glicoliza reprezintă principala cale de degradare a glucozei. În afară de aceasta, glucoza mai poate fi catabolizată pe calea ciclului oxidativ al fosfogluconatului, din care, în afară de energie, rezultă şi o serie de substanţe donatoare de ioni de hidrogen necesari tuturor proceselor anabolice celulare.

**Glicogenogeneza.** Toate celulele corpului pot sintetiza glicogen, prin polimerizarea glucozei. Organele specializate în acest proces sunt ficatul şi muşchiul. Ficatul conţine 150 g glicogen, iar muşchii 350 g. Aceasta este forma de depozit a glucozei. Sinteza glicogenului începe tot cu o reacţie de fosforilare şi formarea de ester glucozo-1-fosfat, care este transformat în uridin-disfosfat glucoză, iar sub acţiunea unor glicogen-sintetaze are loc glicogenogeneza. Ficatul poate produce glicogen şi din fructoză şi galactoză, pe care le converteşte, în prealabil, în glucoză. Sinteza hepatică de glicogen creşte în timpul absorbţiei glucidelor din intestin, iar în celelalte ţesuturi în timpul hiperglicemiilor postprandiale. Glicogenogeneza este stimulată de insulină şi de parasimpatic.

**Glicogenoliza.** Când glicemia creşte, procesul de glicogenogeneză se intensifică, iar când glicemia scade, glicogenogeneza încetează şi se produce depolimerizarea glicogenului. Prin glicogenoliză, fiecare celulă poate folosi propriile ei rezerve glucidice. Cu excepţia celulei hepatice şi a celei musculare, rezervele celulare de glicogen sunt reduse, încât majoritatea celulelor trăiesc pe seama glucozei sangvine. Un rol esenţial în constanţa glicemiei îl are ficatul, care, prin glicogenoliză, asigură atât necesarul de glucoză pentru propriile celule, cât şi pentru restul corpului. Aceasta se explică în felul următor: glicogenoliza este iniţiată enzimatic de fosforilaze active. Sub acţiunea lor, din macromolecula de glicogen se desprind molecule de glucozo-1-fosfat. Acestea pot fi recaptate în glicogen când glicemia este normală. În hipoglicemie, esterul glucozo-1-fosfat este transformat în ester glucozo-6-fosfat, iar acesta, sub acţiunea unei fosfataze hepatice, este hidrolizat în acid fosforic şi glucoză care iese din hepatocit şi trece în sânge. Muşchiul nu are această fosfatază şi nu poate furniza glucoză mediului intern. Activarea fosforilazelor hepatice se face sub acţiunea glucagonului, a adrenalinei şi sub acţiunea sistemului nervos simpatic.

**Lipogeneza.** Glucidele pot fi convertite în grăsimi şi depuse astfel sub formă de rezerve lipidice în ţesuturi. Când aportul de glucide este excesiv, capacitatea celulelor de a se încărca cu glicogen este depăşită, iar surplusul de glucoză este transformat în lipide, putând duce la apariţia obezităţii. În mod normal, sinteza de trigliceride şi depunerea lor ca rezerve nu poate avea loc în lipsa glucozei. Fenomenul se datorează faptului că trigliceridele nu se pot resintetiza din glicerol şi acizi graşi, ci din alfa glicero-fosfat (un metabolit intermediar al glicolizei anaerobe) şi acizi graşi (glucoza poate fi convertită şi în acizi graşi, prin intermediul acetil-CoA). Lipogeneza din glucide se intensifică sub acţiunea insulinei, care favorizează pătrunderea glucozei în celule.

## REGLAREA METABOLISMULUI GLUCIDIC

Utilizarea celulară a glucozei este reglată prin mecanisme locale şi generale.

**Mecanismele locale** sunt reacţii de autoreglare prin feedback biochimic. Creşterea concentraţiei de ADP intensifică glicoliza, iar creşterea concentraţiei de ATP o frânează.

**Mecanismele generale** de reglare sunt mult mai complexe. Ele se realizează cu participarea sistemului nervos şi a glandelor endocrine. Elementul reglat este glucoza sangvină, a cărei concentraţie este menţinută la valori stabile prin intervenţia unor mecanisme neuroendocrine. Centrii glicoreglatori sunt localizaţi în hipotalamus. Ei sunt excitaţi direct de concentraţia glucozei şi de gradul ei de utilizare de către neuronii hipotalamici. Orice creştere a glicemiei pune în acţiune, prin feedback negativ, mecanisme hipoglicemiante, care

determină scăderea glicemiei, iar orice scădere a glicemiei pune în acţiune mecanisme de feed-back negativ, cu efect hiperglicemiant (care cresc glicemia).

**Hipoglicemia** se produce sub acţiunea insulinei, epifizei şi a parasimpaticului. Efect hipoglicemiant au efortul fizic şi reducerea aportului alimentar de hidraţi de carbon.

**Hiperglicemia** este produsă de glucagon, adrenalină, glucocorticoizi, hormonul somatotrop, tiroxina şi sistemul nervos simpatic. Alimentaţia exagerată cu glucide are efect similar. Reglarea metabolismului glucidic se face în concordanţă cu reglarea celorlalte metabolisme intermediare. Rol important are ficatul, care, în caz de hiperglicemie, captează glucoza şi o fixează sub formă de glicogen sau lipide, iar în caz de hipoglicemie alimentează mediul intern cu glucoză prin glicogenoliză şi gluconeogeneză.

Nivelul glicemiei reflectă echilibrul dinamic dintre consumul tisular de glucoză (cu efect hipoglicemiant) şi eliberarea glucozei din ficat (cu efect hiperglicemiant).

La aceste două procese permanente se adaugă creşteri intermitente ale glicemiei legate de mese - hiperglicemia postprandială. În timpul hiperglicemiilor postprandiale, ficatul depune glucoza sub formă polimerizată - glicogenogeneza. Depozitarea glucozei sub formă de glicogen are loc şi în celule musculare. Deosebirea dintre depozitele hepatice şi cele din muşchi constă în faptul că glucoza eliberată prin glicogenoliză hepatică poate difuza din hepatocit în mediul intern, contribuind la menţinerea glicemiei, putând fi deci utilizată de oricare ţesut (în special cel nervos), în timp ce glucoza rezultată din glicogenoliza musculară nu poate părăsi miocitul, ci foloseşte ca sursă de energie exclusiv pentru muşchiul respectiv. Orice intensificare a glicogenolizei hepatice duce la hiperglicemie, iar a celei musculare nu. De aici rolul deosebit al ficatului în homeostazia glicemică. El funcţionează ca un comutator cu dublu sens. Permite intrarea glucozei şi depozitarea ei în timpul hiperglicemiilor postprandiale şi permite mobilizarea rezervelor glucidice şi ieşirea glucozei în sânge când organismul este ameninţat de hipoglicemie. Acest rol al ficatului este dovedit şi prin dozarea glucozei postprandial din vena portă, concomitent cu venele suprahepatice. În vena portă, concentraţia glucozei poate atinge 3-4 g la 1 litru, iar în venele suprahepatice este de 1,5 g/l, demonstrând fixarea ei la nivel hepatic.

### TULBURĂRILE METABOLISMULUI GLUCIDIC

Utilizarea glucozei la nivel celular depinde de insulină. Diminuarea sau absenţa secreţiei insulinice provoacă boala diabet zaharat, caracterizată prin scăderea depozitelor celulare de glicogen şi lipide, hiperglicemie şi glucozurie (eliminarea glucozei prin urină). Hipersecreţia de insulină provoacă o exagerare a depozitării glucidelor în rezerve, o intensificare a glicolizei, însoţită de scăderea marcată a concentraţiei glucozei sangvine (hipoglicemie). Deoarece ţesutul nervos utilizează preferenţial glucoza drept combustibil, iar neuronii nu au rezerve mari de glicogen, hipoglicemia afectează, în special, funcţiile sistemului nervos, provocând severe tulburări vegetative şi de reglare a funcţiilor (transpiraţii, hipotensiune arterială), precum şi de conştienţă (leşin, comă hipoglicemică).

## METABOLISMUL INTERMEDIAR AL LIPIDELOR

Lipidele sunt substanţe organice alcătuite, ca şi glucidele, din C, O şi H, dar, spre deosebire de acestea, conţin mult hidrogen şi puţin oxigen. Unele lipide pot conţine şi fosfor. Din punct de vedere chimic, lipidele sunt esteri ai acizilor graşi cu alcooli superiori. Acizii graşi întâlniţi mai frecvent sunt acidul palmitic (16 atomi de carbon) şi acidul oleic (18 atomi de carbon). Alcoolul cel mai frecvent este glicerolul. Lipidele sunt o clasă heterogenă de substanţe, insolubile în apă, solubile în solvenţi organici. Principalele lipide din organism sunt trigliceridele, colesterolul şi fosfolipidele. Sursele de lipide pot fi atât de origine animală, cât şi vegetală.



### ROLUL FIZIOLOGIC AL LIPIDELOR

**Rol energetic**. Datorită abundenţei atomilor de hidrogen din molecula lor, lipidele degajă prin ardere o mare cantitate de căldură. Un gram de lipid catabolizat până la dioxid de carbon şi apă eliberează 9,3 kcal. Organismul foloseşte în egală măsură lipidele şi glucidele ca material energetic. Metabolizarea lipidelor este dependentă de a glucidelor. O altă caracteristică a rolului energetic al lipidelor este posibilitatea stocării energiei sub formă de rezerve lipidice, în cantităţi însemnate. Catabolismul exagerat al lipidelor prezintă inconvenientul generării în exces a corpilor cetonici. şesutul nervos nu catabolizează lipide, ci numai glucide. Cel mai important rol energetic îl au trigliceridele.

**Rol plastic**. Lipidele intră în constituţia tuturor membranelor celulare şi intracelulare. Teaca de mielină a nervilor este foarte bogată în lipide şi exemplele pot continua. Cel mai important rol plastic îl au fosfolipidele.

**Rol funcţional**. Lipidele de natură sterolică (colesterolul) reprezintă precursori ai acizilor biliari şi ai hormonilor corticosuprarenalieni şi sexuali. Unii acizi graşi nesaturaţi (linolic, linoleic şi arahidonic) nu pot fi sintetizaţi în organism; ei se numesc acizi graşi esenţiali şi reprezintă vitamina F. Lipidele se depun subcutanat şi în jurul organelor interne, îndeplinind rol protector mecanic. Stratul subcutanat lipidic mai are rol de izolator termic, iar abundenţa colesterolului în stratul cornos al epidermului îl face impermeabil la apă.

### CĂILE METABOLICE ALE LIPIDELOR

Lipidele se absorb sub formă de acizi graşi, monogliceride, glicerol, colesterol şi fosfolipide. Primul act al metabolismului lipidic are loc chiar în enterocit, care resintetizează trigliceridele din $\alpha$ - glicerofosfat şi acizi graşi.

Al doilea act al metabolismului intermediar lipidic are loc mai ales la nivelul adipocitelor şi al hepatocitelor. Principalele transformări suferite de lipide în organism sunt: 1. depunere ca rezerve, adipogeneză (lipogeneză); 2. lipoliză (catabolizare); 3. cetogeneză; 4. gluconeogeneză (transformare în glucide).

**Lipogeneza**. Sinteza lipidelor de rezervă are loc în ficat şi ţesutul adipos. Principala formă de depozit o reprezintă trigliceridele. Pentru sinteza acestora este nevoie de acizi graşi şi alfa glicerofosfat. Acizii graşi provin din alimente sau sunt produşi din glucide ori unii aminoacizi. Între grăsimile neutre plasmatice şi cele de rezervă există un schimb permanent ce asigură constanţa lipemiei. Când lipemia creşte, are loc depunerea excesului de grăsimi ca rezerve tisulare, iar când scade sunt mobilizate rezervele lipidice. Lipogeneza este condiţionată de aportul glucidic. Când se consumă hidrocarbonate în cantităţi mari, excesul de glucoză este transformat în lipide de rezervă şi are loc îngrăşarea. În lipsa glucozei, lipogeneza încetează, iar organismul consumă din rezervele lipidice proprii.

**Lipoliza**. Mobilizarea rezervelor lipidice se datorează unor lipaze tisulare activate de adrenalină, glucagon, tiroxină şi sistemul simpatic. Sub acţiunea lipazelor are loc hidroliza trigliceridelor în acizi graşi şi glicerol. Aceştia trec în sânge şi sunt utilizaţi de toate ţesuturile, cu excepţia ţesutului nervos. Catabolismul glicerolului are loc pe calea glicolizei, iar catabolismul acizilor graşi pe calea beta-oxidării sau spiralei Lynen.

Beta-oxidarea corespunde etapei metabolizării incomplete a acizilor graşi şi constă din fragmentarea succesivă a acestora în molecule de acetil CoA, cu eliberare de energie. Acetatul activ este degradat în continuare, pe calea comună, oxidativă, a ciclului Krebbs şi catenei respiratorii, pînă la dioxid de carbon şi apă, cu eliberarea unei mari cantităţi de energie. Din catabolismul unui mol de acid stearic rezultă circa 2500 Kcal, din care 1200 se înmagazinează în 146 moli ATP. Energia eliberată de acizii graşi depinde de lungimea lanţului acestora. Atât sinteza, cât şi degradarea acizilor graşi are loc la nivelul mitocondriilor.

**Cetogeneza**. O particularitate a catabolismului lipidic este geneza corpilor cetonici (acidul acetil-acetic, acetona şi acidul β-OH butiric etc.), substanţe acide cu efect toxic în concentraţie mare. În mod normal, corpii cetonici se află în concentraţie redusă şi îndeplinesc roluri metabolice la nivel celular. Pot fi degradaţi prin cetoliză până la dioxid de carbon, apă şi energie, proces mai puţin intens la nivelul ficatului, dar prezent în toate celulele corpului. Cetogeneza se intensifică proporţional cu catabolismul acizilor graşi. În diabet sau în inaniţie, utilizarea excesivă a acizilor graşi duce la creşterea corpilor cetonici în sânge. Are loc acidifierea mediului intern (ceto-acidoza).

**Gluconeogeneza**. Aşa cum s-a arătat la metabolismul intermediar al glucidelor, celula hepatică şi cea adipoasă pot sintetiza glucoză din glicerolul lipidelor, folosind energia rezultată din catabolismul acizilor graşi.

REGLAREA METABOLISMULUI INTERMEDIAR LIPIDIC

Se face prin mecanisme neuro-umorale complexe, care reglează şi metabolismul intermediar glucidic. Acest lucru este explicabil date fiind numeroasele intersecţii ale acestor două metabolisme. Factorul principal care dinamizează metabolismul lipidic şi glucidic este reprezentat de nevoile energetice ale organismului.

Ca şi glicemia, valoarea lipemiei se menţine constantă în jurul a 700 mg la 100 ml plasmă, ceea ce înseamnă 7 g lipide la litru (vezi compoziţia plasmei). Valoarea lipemiei depinde şi ea de echilibrul ce se stabileşte între consumul tisular lipidic (în special musculatura) şi depozitele de grăsimi (ficatul, dar mai ales ţesutul adipos). Spre deosebire de depozitele de glicogen, care reprezintă maximum 500 g pentru un organism adult, depozitele de lipide sunt de ordinul kilogramelor sau al zecilor de kilograme. Ţinând seama de puterea calorică a glucidelor, se obţin 2000 cal, ceea ce acoperă necesarul minim energetic pe numai 24 ore. Prin oxidarea completă a 10 kg lipide se obţin 90 000 kcal, asigurând energia necesară pe timp de 45 zile.

Mecanismele de depozitare a lipidelor în rezervele adipoase depind de activarea unei enzime, lipoprotein-lipaza, care desface lipoproteinele circulante şi permite depozitarea tisulară a lipidelor sub formă de trigliceride. Mobilizarea lipidelor din ţesutul adipos se face sub acţiunea triglicerid-lipazei, care hidrolizează grăsimile, eliberând acizii graşi ce vor lua calea sangvină. Hormonii anabolizanţi lipidici (insulina, h. sexuali) favorizează depunerea de rezerve de grăsime, iar hormonii catabolizanţi lipidici (somatotropul, glucocorticoizii, h. tiroidieni, glucagonul şi catecolaminele) au acţiune adipokinetică. Un rol important în reglarea echilibrului lipemic îl joacă centrii hipotalamici ai foamei şi saţietăţii, precum şi sistemul limbic, formaţiuni ce conlucrează unitar la reglarea actelor de comportament alimentar, asigurând echilibrul dintre indigestia de alimente şi cheltuielile energetice ale organismului. Dereglarea homeostaziei lipidice se poate produce fie printr-o exagerare a adipogenezei, fie a adipolizei. Exagerarea adipogenezei, obezitatea, are drept cea mai frecventă cauză hiperalimentaţia şi sedentarismul. Exagerarea adipolizei, pierderea în greutate până la caşexie, are în primul rând cauze endocrine.



Deficitul de anabolizanţi lipidici şi excesul de h. catabolizanţi (în special hipertiroidia) duc la însemnate pierderi în greutate.

Ateroscleroza este o boală a arterelor mari şi medii, în care, pe faţa internă a pereţilor arteriali, se dezvoltă plăci de aterom, care conţin iniţial colesterol, şi evoluează spre structură mult mai complexă. Apariţia acestor leziuni determină scăderea elasticităţii pereţilor arteriali, cu consecinţe foarte importante pentru funcţionarea sistemului cardiovascular. Factorul cel mai important, ce determină ateroscleroza, este creşterea concentraţiei plasmatice a colesterolului, aflat în plasmă sub o anumită formă (de lipoproteine cu densitate mică). Cea mai importantă măsură de prevenire a acesei boli este o dietă cu conţinut redus de lipide (lipide nesaturate, cu conţinut mic de colesterol). Alţi factori, care determină apariţia aterosclerozei, sunt: diabetul zaharat, hipotiroidismul şi fumatul.

## METABOLISMUL INTERMEDIAR AL PROTEINELOR

Proteinele sunt substanţe organice formate din carbon, oxigen, hidrogen şi azot; unele mai conţin fosfor şi sulf. Unităţile elementare de construcţie a proteinelor sunt aminoacizii. Aminoacizii derivă din acizii graşi cu lanţ scurt. Sursele de proteine pot fi de origine animală (carne, peşte, ouă, lactate) sau vegetală (pâine, fructe, legume). La nivelul tubului digestiv, proteinele sunt hidrolizate, sub acţiunea enzimelor proteolitice, până la aminoacizi, formă sub care se absorb la nivelul intestinului subţire.

ROLUL FIZIOLOGIC AL PROTEINELOR

**Rol energetic**. Proteinele pot fi utilizate ca sursă energetică. Organismul apelează la energia aminoacizilor numai în condiţii particulare, când nu are sau nu poate utiliza glucoza. Prin arderea unui gram de proteine în bomba calorimetrică rezultă 5,3 kcal, dar în organism se obţin numai 4,1 kcal. Această diferenţă se explică prin incompleta metabolizare a proteinelor în organism.

Astfel, ureea, acidul uric, creatinina şi alţi produşi finali ai catabolismului proteic mai conţin în molecula lor o importantă cantitate de energie, care nu poate fi utilizată. Un alt incovenient al folosirii proteinelor în scopuri energetice este reprezentat de efectul toxic al unor produşi intermediari ai catabolismului proteic (amoniac, indol, fenol, corpi cetonici).

**Rol plastic**. Proteinele sunt substanţe plastice prin excelenţă. Toate structurile vii conţin din abundenţă proteine. Viaţa însăşi nu poate avea loc în lipsa acestora.

**Rol funcţional.** Proteinele şi aminoacizii care provin din ele îndeplinesc numeroase roluri funcţionale:

- Rol de enzime. Toate enzimele sunt proteine şi toate reacţiile metabolice sunt enzimatice.
- Rol de pigmenţi respiratori ai sângelui (hemoglobina) şi ai ţesuturilor (citocromii).
- Rol de anticorpi - gamaglobulinele plasmatice.
- Rol în coagularea sângelui - factorii plasmatici ai coagulării.
- Rol în geneza presiunii coloid-osmotice, importantă în formarea urinei şi în schimburile capilar - ţesut.

- Rol în contracţia musculară - proteinele contractile.
- Rol de sisteme tampon în reglarea echilibrului acido-bazic.
- Rol de precursori ai ciclului Krebbs. Unii aminoacizi (acidul glutamic, acidul aspartic, alanina etc.) pot intra direct în ciclul Krebbs, asigurând astfel energogeneza celulară.
- Rol de precursori ai aminelor biogene. Prin decarboxilarea unor aminoacizi rezultă amine biogene cu activitate biologică mare: din histidină rezultă histamina, iar din triptofan serotonina.

## CĂILE METABOLICE ALE AMINOACIZILOR

După absorbţie, aminoacizii ajung, pe cale portală, în ficat, iar de aici în circulaţia sangvină generală. Aminoacidemia este de 50 mg la 100 ml plasmă. În ficat, ca şi în restul organelor, aminoacizii pot urma două căi metabolice:

- Calea sintezei de proteine şi a altor substanţe.
- Calea degradării catabolice.

**Biosinteza proteinelor**. Fiecare celulă îşi sintetizează proteinele proprii. Pe această bază este asigurată reînnoirea permanentă a componentelor celulare, repararea structurilor uzate, creşterea şi diviziunea celulară, stocarea de informaţii sub formă de memorie etc.
Unele celule (hepatice, glandulare) au proprietatea de a produce şi proteine pentru "export". Ficatul sintetizează proteinele plasmatice, glandele exocrine proteinele enzimatice, iar cele endocrine proteine-hormoni. Zilnic, în organism se reînnoiesc 500 g proteine, ceea ce înseamnă că, după circa 100 zile, toate proteinele sunt noi.

Sediul celular al sintezei proteice sunt reticulul citoplasmatic rugos şi ribozomii. Tiparul (matricea) după care este sintetizată proteina are o mare specificitate. El este elaborat la nivelul nucleului printr-un proces de transcripţie a informaţiei genetice de pe molecula de ADN pe cea de ARN - mesager.

Fiecare proteină se produce după modelul adus în citoplasmă de către ARN mesager. Ordinea în care se vor lega aminoacizii în lanţul viitoarei proteine este prescrisă sub forma codului genetic. Poziţia fiecărui aminoacid se află cifrată la nivelul moleculei de ARN mesager, sub forma unui număr de trei nucleotide - triplete. În citoplasmă se mai află molecule specifice de ARN solubil care "recunosc", leagă şi transportă diferiţi aminoacizi. ARN solubil, purtător al unui anumit aminoacid, "recunoaşte" codul de pe lanţul de ARN mesager şi se dispune la locul corespunzător. În felul acesta, prin alinierea într-o succesiune strict determinată a moleculelor de ARN solubil, rezultă alinierea într-o secvenţă precisă a aminoacizilor purtaţi de aceştia. Sub acţiunea unor enzime, aminoacizii vecini se unesc prin legături peptidice şi, când lanţul este complet, molecula proteică nou formată este eliberată. Datorită acestui mecanism de sinteză, potrivit codului genetic, macromoleculele proteice au personalitate biochimică, prezintă un mare grad de specificitate. Pătrunderea în organism a unor proteine străine determină riposta aparatului imun al gazdei, care "recunoaşte" molecula străină (non self) şi determină sinteza de anticorpi specifici, care neutralizează sau distrug agentul străin.

Biosinteza proteică, fiind un proces anabolic, foloseşte energia provenită din hidroliza ATP. În afară de participarea la sinteza proteică, unii aminoacizi pot fi utilizaţi ca precursori ai glucidelor (gluconeogeneza). Aminoacizii care pot fi tranformaţi în glucoză se numesc glucoformatori (acidul glutamic, acidul aspartic, alanina etc.). Aceştia, mai întâi sunt introduşi în ciclul Krebbs, unde sunt transformaţi în acid oxaloacetic, de la care, prin inversarea



reacţiilor glicolizei, este resintetizată glucoza. Ficatul şi rinichii sunt sedii de gluconeogeneză. Din 100 g proteine pot rezulta 60 g glucoză. Toţi hormonii care cresc catabolismul proteic stimulează gluconeogeneza (tiroxina, glucocorticoizii).

Unii aminoacizi sunt precursori ai hormonilor medulosuprarenali şi tiroidieni (fenilalanina).

Lipogeneza din proteine reprezintă o altă cale de utilizare a aminoacizilor. Iniţial, aminoacizii sunt degradaţi până la stadiul de α cetoacizi şi corpi cetonici (aminioacizi cetogeni).

Corpii cetonici pot fi catabolizaţi până la dioxid de carbon, apă şi energie sau pot fi transformaţi în acizi graşi. Din unii aminoacizi, ficatul sintetizează creatina, care leagă macroergic acidul fosforic trecând în creatinfosfat (CF). Această substanţă se depune în cantitate mare la nivelul fibrei musculare şi al ţesutului nervos, asigurând, prin descom-punerea ei, energia necesară refacerii moleculelor de ATP. Din două molecule de creatină rezultă creatinina, produs final al metabolismului creatinei, eliminat urinar.

**Catabolismul proteic.** Degradarea proteinelor se face în două etape. O prima etapă este descompunerea hidrolitică a macromoleculei proteice în aminoacizi componenţi. Aceste reacţii au loc în tubul digestiv şi în interiorul oricărei celule. Hidroliza digestivă a proteinelor este opera enzimelor proteolitice locale, iar hidroliza proteică celulară este realizată de proteaze tisulare conţinute în lizozomi.

Aminoacizii rezultaţi intră în fondul metabolic comun al aminoacizilor. A doua etapă a degradării proteinei constă în catabolismul aminoacizilor. Ca şi în cazul glucozei sau al acizilor graşi, catabolismul aminoacizilor începe cu o fază de degradare pe căi specifice şi continuă cu faza finală de degradare pe cale oxidativă, comună tuturor substanţelor nutritive. Catabolismul specific al aminoacizilor constă din trei tipuri de reacţii: dezaminarea oxidativă, decarboxilarea şi transaminarea.

***Dezaminarea*** constă din descompunerea aminoacidului în amoniac şi α cetoacid. Amoniacul este o substanţă foarte toxică. El ajunge pe cale sangvină la ficat, unde este transformat în uree, substanţă netoxică. Ureogeneza reprezintă o funcţie antitoxică a ficatului. Zilnic sunt produse 10-20 g uree care se elimină prin urină. Creierul are un mecanism suplimentar de protecţie. Amoniacul, rezultat din catabolismul aminoacizilor din neuroni, este legat de acidul glutamic care se transformă în glutamină, substanţă netoxică, ce transportă amoniacul până la rinichi. În tubul contort distal, glutamina este desfăcută în amoniac, care este secretat în urină, şi acid glutamic, care se reîntoarce la creier, asigurând transportul unor noi molecule de amoniac. α cetoacidul poate fi catabolizat prin ciclul Krebbs până la $CO_2$, apă şi energie sau poate lua calea gluconeogenezei, a lipogenezei sau a resintezei unui nou aminoacid.

***Decarboxilarea*** constă din îndepărtarea moleculei de $CO_2$ şi transformarea aminoacizilor în amine biogene. Unele amine au rol de mediatori chimici (histamina, serotonina). Decarboxilarea aminoacizilor are loc şi în intestinul gros, sub acţiunea unor enzime ale florei de putrefacţie.

***Transaminarea*** constă din transferul unei grupări $NH_3$ de la un aminoacid sau de la glutamină pe un α cetocid, cu sinteza unui nou aminoacid. Peste jumătate din aminoacizii din corp pot fi sintetizaţi de către celule în acest mod. Reacţiile sunt catalizate de enzime numite transaminaze. Unii aminoacizi (triptofanul, arginina, histidina şi fenilalanina etc.) nu au în organism α cetoacidul precursor. Neputând fi sintetizaţi prin transaminare, ei trebuie ingeraţi cu alimentele şi de aceea se numesc aminoacizi esenţiali. Etapa finală a catabolismului aminoacizilor se produce în ciclul Krebbs şi catena respiratorie. Aminoacizii pătrund în ciclul Krebbs

sub formă de acid α cetoglutaric, acid oxaloacetic sau acid piruvic. Unii aminoacizi, cu nucleu hexagonal, pentagonal sau heterociclic (triptofan şi fenilalanina), nu pot fi oxidaţi complet. Partea ciclică din molecula lor generează cataboliţi toxici, cum sunt indolul (din triptofan) sau fenolul (din fenilalanină). Aceste substanţe sunt neutralizate de ficat sau rinichi prin procese de conjugare cu sulful şi cu glicocolul şi eliminate apoi în urină.

### REGLAREA METABOLISMULUI INTERMEDIAR PROTEIC

Biosinteza proteinelor celulare este guvernată de legi genetice şi are un înalt grad de autonomie. Catabolismul proteic este, de asemenea, reglat la nivelul celular prin mecanisme de feedback enzimatic. Factorii de reglare supracelulari, la nivelul întregului organism, sunt reprezentaţi de sistemul nervos vegetativ, cu centrul în hipotalamus, şi de sistemul endocrin.

**Reglarea nervoasă** asigură menţinerea echilibrului dintre procesele anabolice şi catabolice. Stimularea hipotalamusului posterior intensifică procesele oxidative, catabolice, iar a celui anterior anabolismul proteic.

**Reglarea umorală** se realizează sub influenţa hormonilor anabolizanţi şi catabolizanţi. Efect anabolizant proteic au hormonul somatotrop, aldosteronul, insulina şi hormonii sexuali. Efect catabolizant proteic au corticotropina, hormonii glucocorticoizi şi hormonii tiroidieni în cantitate crescută.

Efectul catabolizant nu trebuie interpretat în sens exclusiv destructiv. Sub acţiunea hormonilor catabolizanţi creşte fondul metabolic al aminoacizilor. Acesta permite atât transformarea proteinelor în alte substante, cât şi resinteza de proteine din excesul de aminoacizi.

Procesele anabolice şi catabolice se află într-un echilibru dinamic. În copilărie, anabolismul proteic este foarte intens, asigurând creşterea şi dezvoltarea organismului. La bătrâni, procesele anabolice, de refacere a uzurilor celulare, diminuă. Reacţiile catabolice generatoare de energie sunt intense şi în copilărie, în special a glucidelor şi lipidelor. La bătrâni se intensifică şi catabolismul proteic. Datorită interrelaţilor metabolice la nivel celular, reglarea metabolismului proteic este corelată cu reglarea metabolismului lipidic şi glucidic.

## METABOLISMUL ENERGETIC

Conservarea structurilor şi perfecţionarea lor, refacerea uzurilor necesită multă energie pe care sistemele vii o preiau din mediul înconjurător, sub formă de legături chimice ale macromoleculelor, şi o redau mediului sub formă de căldură.

Metabolismul energetic studiază geneza şi utilizarea energiei chimice a substanţelor alimentare. Energia este eliberată la nivelul celulelor (în special în mitocondrii) prin reacţii de oxidare a lipidelor şi glucidelor, uneori şi a proteinelor. Această energie este înmagazinată mai întâi sub forma unor noi legături chimice, bogate în energie (legături fosfat macroergice de ATP şi CP). Fiecare celulă foloseşte ATP ca sursă primară de energie, pentru îndeplinirea funcţiilor sale caracteristice. Celulele acţionează ca adevăraţi transformatori ai energiei chimice a substanţelor în energie mecanică, electrică, calorică, osmotică.



### DETERMINAREA METABOLISMULUI ENERGETIC

Deoarece toate transformările energetice din orice sistem duc, în final, la apariţia de energie calorică, schimburile energetice organism - mediu pot fi evaluate prin calorimetrie şi exprimate în calorii. Metodele calorimetrice pot fi directe şi indirecte.

**Calorimetria directă** constă din măsurarea căldurii degajate de un organism viu într-un interval de timp. Se folosesc camere calorimetrice. Producţia calorică a organismului este evaluată cu ajutorul unor sisteme termoelectrice.

**Calorimetria indirectă.** Se bazează pe faptul că toată producţia calorică a organismului provine din reacţii de oxidare. În organism, ca şi în bomba calorimetrică, alimentele sunt "arse" în prezenţa oxigenului care se consumă. În organism, arderile sunt mult mai lente, au loc în etape succesive, iar enegia se eliberează treptat. Prin determinarea consumului de oxigen într-un interval de timp se poate calcula calorigeneza corespunzătoare. Trebuie să cunoaştem puterea calorică (echivalentul caloric) a oxigenului şi volumul de oxigen consumat de organism. Ştiind că un litru de oxigen, prin oxidarea alimentelor, eliberează 4,83 kcal, se obţine prin calcul calorigeneza. Cifra de 4,83 reprezintă valoarea medie a coeficientului, deoarece un litru de oxigen generează mai multă căldură când oxidează glucide şi mai puţină când arde lipide sau proteine. Explicaţia rezidă în proporţia mai mare a oxigenului în molecula glucidelor faţă de a celorlalte alimente. Pentru a calcula mai exact, este necesară cunoaşterea substratului alimentar "ars" în momentul determinării consumului de oxigen. Acest lucru se poate afla prin determinarea coeficientului respirator, care reprezintă raportul dintre volumul de $CO_2$ degajat şi de $O_2$ consumat în unitatea de timp. Valoarea variază între 0,7, atunci când în organism s-au ars exclusiv lipide, 1 când s-au ars exclusiv glucide şi 0,8 pentru proteine.

### METABOLISMUL ENERGETIC DE BAZĂ (METABOLISMUL BAZAL)

Fiecare organism prezintă două feluri de cheltuieli energetice: cheltuieli fixe, minime, necesare menţinerii funcţiilor vitale (respiraţie, circulaţie, activitatea sistemului nervos). şi cheltuielile variabile, în funcţie de activitatea musculară, digestivă sau termoreglatoare. Primele reprezintă metabolismul bazal, iar ultimele metabolismul energetic variabil.

Metabolismul bazal se determină în anumite condiţii speciale:

- Repaus fizic şi psihic.
- Repaus digestiv de 12 ore şi post proteic de 24 ore. Ingestia de proteine creşte metabolismul bazal cu 30%, fenomen denumit acţiunea dinamică specifică a proteinelor (ADS).
- Repaus termoreglator. Determinarea se face la o temperatură ambiantă de confort, astfel ca organismul să nu facă efort nici împotriva căldurii şi nici a frigului.
- Stare de veghe. Metoda de determinare este calorimetrică indirectă. Consumul caloric obţinut se exprimă în kcal pe 24 ore (valoarea medie normală este de 1500 kcal) sau în kcal pe $m^2$ de suprafaţă corporală şi pe oră (valoarea normală este de 40 kcal). Valorile obţinute se compară cu valorile ideal standard pentru indivizii de acelaşi sex, vârstă, înălţime şi greutate şi se exprimă în procente faţă de aceste valori.

Normal, metabolismul bazal al unui individ nu trebuie să varieze cu mai mult de +15% şi mai puţin de -10% faţă de valoarea standard.

Metabolismul bazal variază în funcţie de numeroşi factori fiziologici: vârsta - este mai mare la tineri; sex - este mai mare la bărbaţi; felul de viaţă - este mai mare la sportivi şi la cei ce muncesc fizic; zona climatică - este mai mare în zonele reci faţă de cele tropicale. Variază şi în stări patologice, fiind crescut în hipertiroidism, în hiperfuncţia hipofizei şi a medulosuprarenalei, şi scăzut în hipofuncţie tiroidiană, precum şi la vegetarieni.

METABOLISMUL ENERGETIC VARIABIL

Cheltuielile energetice ale organismului pot creşte în cursul eforturilor fizice de 10-20 de ori faţă de cele bazale. Munca fizică necesită multă energie, care trebuie acoperită prin consum sporit de alimente energetice. În raport cu gradul efortului fizic prestat, cheltuielile energetice se clasifică în cinci categorii:

- Cheltuieli energetice de repaus - reprezintă consumul de calorii necesar termoreglării, digestiei şi activităţii intelectuale; este de 2500 Kcal/24 ore.
- Cheltuieli energetice din efortul fizic uşor - munca de birou, dactilografia, desenul; reprezintă 3000 kcal/24 ore.
- Cheltuieli energetice din efortul fizic mediu - croitori, cizmari, şoferi de autoturisme; este de 3500 kcal/24 ore.
- Cheltuieli energetice în efortul fizic greu - şoferi pe basculante, tractorişti, dulgheri; reprezintă 4000 - 4500 kcal/24 ore.
- Cheltuieli energetice în efortul fizic foarte greu - munca minerilor, a siderurgiştilor, cositul manual. Este de 5000 kcal/24 ore.

## TERMOREGLAREA

Animalele cu temperatura corpului constantă, indiferent de variaţiile temperaturii exterioare, se numesc homeoterme. Homeotermia se menţine datorită unor mecanisme de reglare care asigură un echilibru permanent pentru producerea căldurii (termogeneza) şi pierderea ei (termoliză).

Acest echilibru este deplasat într-o parte sau alta, în funcţie de temperatura ambiantă. Când organismul homeoterm se află în mediu rece, are loc o intensificare a termogenezei şi o reducere a termolizei. În condiţiile unui mediu cald, ponderea celor două procese se inversează.

MECANISMELE TERMOGENEZEI

La baza termogenezei stau reacţiile catabolice, de oxido-reducere celulară. Termogeneza este proporţională cu consumul de oxigen. Uzinele termice ale celulei sunt mitocondriile. Toţi hormonii care stimulează consumul de oxigen cresc termogeneza. Tiroida este considerată glanda termogenetică a organismului. Activitatea ei creşte iarna şi diminuă vara, este mai intensă la populaţiile din zonele temperate şi reci şi mai redusă la cele din zonele tropicale.

Hormonii medulosuprarenali şi sistemul nervos simpatic au, de asemenea, rol termogenetic. Când nevoia de căldură este mare, la procesul de termogeneză participă şi muşchi scheletici, prin frisonul termic.



Încălzirea corpului este rezultatul termogenezei din fiecare celulă. Cei mai mari producători de căldură sunt ficatul şi inima, în condiţii de repaus, şi muşchii scheletici, prin frison sau activitate voluntară.

MECANISMELE TERMOLIZEI

Pierderea de căldură se bazează mai ales pe mecanisme fizice, de schimb termic între organism şi mediu. Transferul de energie calorică dinspre organism spre corpurile din jur are loc prin patru mecanisme:

- Iradierea reprezintă pierderea de căldură sub formă de raze infraroşii pe care le emite organismul.
- Conducţia reprezintă pierderea de căldură prin contact direct între suprafaţa corpului şi obiectele din jur.
- Convecţia reprezintă pierderea de căldură prin încălzirea moleculelor de gaz sau lichid ce se deplasează pe suprafaţa corpului.
- Evaporarea reprezintă vaporizarea sudorii de la suprafaţa corpului, prin care se pot pierde importante cantităţi de căldură.

Pierderi neimportante de căldura se realizează şi prin respiraţie, urină şi materii fecale. Ponderea diferitelor mecanisme termolitice variază în funcţie de temperatura ambiantă. Când aerul şi obiectele din jurul nostru au o temperatură inferioară temperaturii medii cutanate (30$^0$ C), termoliza se realizează prin iradiere, conducţie, convecţie. Când temperatura exterioară este mai mare decât temperatura medie cutanată, aceste trei modalităţi termolitice devin ineficiente şi chiar dăunătoare, transformându-se în mecanisme de supraîncălzire. Singurul mecanism termolitic eficient rămâne evaporarea sudorii. Cantitatea de sudoare ce se pierde în cursul expunerii în mediu hipertermic poate creşte de la valori normale de 1,5 l la 12 l în 24 ore.

MECANISMELE TERMOREGLĂRII

Temperatura corpului este reglată, aproape în întregime, prin mecanism nervoase de control prin feedback şi aproape toate funcţionează prin intermediul unui centru al termoreglării localizat în hipotalamus. Însă, pentru ca aceste mecanisme să poată funcţiona, este necesară existenţa unor detectori pentru temperatură. Unii dintre aceşti receptori sunt descrişi în continuare.

**Receptorii termici**. Probabil cei mai importanţi receptori termici sunt neuronii specializaţi sensibili la cald din aria preoptică din hipotalamus. Cea mai mare parte a acestor neuroni îşi cresc descărcările de impulsuri, pe măsură ce temperatura creşte, şi îşi scad rata descărcărilor pe măsură ce temperatura scade. Câţiva dintre ei, însă, funcţionează exact invers. Pe lângă aceştia, există şi alţi receptori termosensibili, care sunt: 1. termoreceptorii din piele - receptori atât pentru cald cât şi pentru rece -, dar cei pentru rece sunt de patru până la zece ori mai numeroşi decât cei pentru cald; ei transmit impulsuri nervoase către măduva spinării şi de aici către regiunea hipotalamică; 2. receptorii din măduva spinării, din abdomen şi, posibil, din alte structuri interne, ce transmit semnale mai ales pentru rece, către sistemul nervos central. Semnalele de la receptorii periferici sunt transmise hipotalamusului posterior unde sunt integrate cu semnalele receptoare de la aria preoptică pentru a produce semnalele finale pentru controlul termgenezei şi al termolizei. De aceea, se vorbeşte în general despre mecanismul global hipotalamic de control al temperaturii ca fiind reprezentat de termostatul hipotalamic.

Supraîncălzirea ariei preoptice creşte rata pierderilor de căldură din organism prin două moduri principale: 1. stimularea glandelor sudoripare pentru a produce pierdere de căldură prin evaporare; 2. prin inhibarea centrilor simpatici din hipotalamusul posterior, care va determina vasodilataţie.

Între centrii termoreglatori şi cei alimentari (foame şi saţietate) există relaţii funcţionale. În condiţii de mediu rece sunt stimulaţi şi centri foamei, care determină o ingestie suplimentară de material energetic; în mediu hipertermic, ingestia de alimente diminuă, ca urmare a stimulării centrului saţietăţii. La unele animale, care nu transpiră (câini), termoliza se realizează mai ales prin intensificarea respiraţiei (polipnee termică), iar la altele (şobolani) răcirea corpului se realizează prin evaporarea salivei secretată în exces şi depusă de animal pe suprafaţa blănii.

## VITAMINELE

Vitaminele sunt substanţe organice indispensabile metabolismului celular. Nu pot fi sintetizate în organismul uman. Sunt active în cantităţi infime, jucând rol de biocatalizatori (alături de enzime şi hormoni) în reglarea proceselor metabolice.
Vitaminele sunt ingerate fie ca atare, fie sub formă inactivă de provitamine.

Principalele vitamine din raţia alimentară a omului sunt redate în tabelele următoare.

***Vitamine hidrosolubile***

| Denumire | Surse în natură | Rol fiziologic | Boli consecutive carenţei |
|---|---|---|---|
| Vitamina B1 (tiamina, aneurina) | tărâţe<br>drojdie<br>ouă, ficat | - coenzima decarboxilazelor | - beri-beri<br>- paralizii<br>- spasme |
| Vitamina B2 (riboflavina) | tărâţe<br>drojdie<br>ouă, ficat | - coenzima unor dehidrogenaze<br>- rol în oxidoreducerea celulară | - leziuni epiteliale şi mucoase |
| Vitamina B6 (piridoxina, adermina) | tărâţe<br>drojdie<br>ouă, ficat | - coenzima transaminazelor | - tulburări cutanate, în special la extremităţi |
| Vitamina PP (antipelagroasă. nicotinamida) | carne, ouă, ficat, lapte | - coenzima unor dehidrogenaze<br>- rol în oxidarea biologică | - afectarea epiteliilor<br>- tulburări nervoase<br>- tulburări digestive<br>- semne ale pelagrei |
| Vitamina B12 (antianemică, cobalamina) | ficat, rinichi, splină | - stimulează hematopoieza şi biosinteza proteică | - anemie megaloblastică |
| Vitamina C (acid ascorbic, antiscorbutică) | legume şi fructe proaspete, ouă, lapte, ficat | - stimulează procese de oxidoreducere celulară<br>- creşte rezistenţa la infecţii<br>- creşte capacitatea de efort fizic<br>- protejează endoteliul vaselor | - scorbut<br>- hemoragii cutanate şi mucoase<br>- anemie |



***Vitamine hidrosolubile*** - *continuare*

| Denumire | Surse în natură | Rol fiziologic | Boli consecutive carenţei |
|---|---|---|---|
| Vitamina P (Vitamina permeabilităţii) | legume şi fructe proaspete, ouă, lapte, ficat | - menţine permeabilitatea şi integritatea capilarelor | - scorbut<br>- hemoragii cutanate şi mucoase<br>- anemie |

***Vitamine liposolubile***

| Denumire | Provitamina | Surse în natură | Rol fiziologic | Boli consecutive carenţei |
|---|---|---|---|---|
| Vitamina D (antirahitică) | - dehidrocolesterol activat în piele sub acţiunea razelor UV<br>- colecalciferol, activat în ficat şi în rinichi sub acţiunea PTH | - uleiuri vegetale, grăsimi animale, morcovi, ouă, ficat<br>- retinol: lapte, ouă, ficat<br>- caroten: legume, fructe. | - reglarea metabolismului fosfo-calcic<br>- favorizează mineralizarea osoasă<br>- creşte absorbţia intestinală de calciu | - la copil, rahitism<br>- la adult, osteomalacie |
| Vitamina E (tocoferol, vitamina fertilităţii) | | - uleiuri vegetale, grăsimi animale, morcovi, ouă, ficat, lapte, ouă, legume, fructe, germeni de seminţe | - asigură buna funcţionare a aparatului genital | - sterilitate, la bărbat<br>- avort, la femeie |
| Vitamina K (antihemoragică) | | - leguminoase verzi (K1)<br>- sintetizată de flora de fermentaţie (K2) | - participă la sinteza hepatică a unor factori plasmatici ai coagulării | - sindrom hemoragipar |
| Vitamina F (acizi graşi esenţiali) | | - uleiuri, grăsimi | - reglarea funcţiilor sexuale, protecţia epiteliilor | - leziuni cutanate şi mucoase<br>- tulburări sexuale |
| Vitamina A (axeroftol, retinol) | - caroten, activat în ficat şi intestin | - uleiuri vegetale, grăsimi animale, morcovi, ouă, ficat<br>- retinol: lapte, ouă, ficat<br>- caroten: legume, fructe | - pigment vizual (rodopsină)<br>- protecţia epiteliilor<br>- proteinogeneză<br>- osteogeneză | - nictalopie, tulburări de adaptare la întuneric<br>- xeroftalmie, uscarea şi ulcerarea corneei (keratomalacie) |

# Cuprins


**Cuvânt-înainte** / 5

**CELULA**
*(Cezar Th. Niculescu, Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru, Cristian Niță)*
Generalități / 7
Structura celulei / 7
- Membrana celulară / 7
- Citoplasma / 7
- Nucleul / 9

Celulele sexuale / 10
- Ovulul / 10
- Spermia / 11
- Spermatogeneza / 12
- Ovogeneza / 12

Proprietățile celulei / 13
- Excitabilitatea / 13
  - Biofizica excitației / 14
  - Parametrii excitabilității / 16
- Contractilitatea / 17
- Activitatea secretorie / 17

**ȚESUTURILE**
*(Cezar Th. Niculescu, Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru, Cristian Niță)*
Clasificarea țesuturilor / 18
Țesutul epitelial / 19
- Epitelii de acoperire / 20
- Epitelii glandulare / 21
- Epitelii senzoriale (senzitive) / 23

Țesutul conjunctiv / 23
- Țesuturi conjunctive moi / 24
- Țesutul conjunctiv semidur / 25
- Țesutul osos / 26

Țesutul muscular / 27
- Țesutul muscular neted / 27
- Țesutul muscular striat / 28
- Ț esutul muscular striat de tip cardiac (miocardul) / 30

Țesutul nervos / 30
- Neuronul / 30
  - Organizarea structurală a neuronului / 31
- Nevroglia / 32

Sângele / 33
- Proprietățile sângelui / 33
- Componentele sângelui / 35
  - Elementele figurate ale sângelui / 35
  - Plasma sangvină / 42
- Hemostaza / 42
  - Timpul vasculo-plachetar (hemostaza primară) / 42
  - Timpul plasmatic – coagularea sângelui / 42
  - Timpul trombodinamic al hemostazei / 44
- Funcția de apărare a sângelui / 45
- Alte funcții ale sângelui / 46
- Grupele sangvine – Transfuzia / 46
  - Sistemul OAB / 46
  - Sistemul Rh / 47

**APARATUL LOCOMOTOR**
ANATOMIA SISTEMULUI OSOS / 48
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Structura osului / 48
Dezvoltarea și creșterea oaselor / 49
Scheletul capului / 50
Scheletul trunchiului / 59
- Coloana vertebrală / 60
- Scheletul toracelui / 65
- Scheletul membrelor / 65

Articulațiile / 78
- Sinartrozele / 78
  - Sindesmozele / 78
  - Sincondrozele / 79
  - Sinostozele / 80
- Diartrozele / 81
  - Amfiartrozele / 81
  - Artrodiile / 82





FIZIOLOGIA SISTEMULUI OSOS / 81
*(Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru)*
Compoziția chimică a oaselor / 82
Metabolismul osului / 82
Osteogeneza și osteoliza – Remodelarea osului / 84
ANATOMIA SISTEMULUI MUSCULAR / 85
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Structura mușchiului / 85
Principalele grupe de mușchi somatici / 86
- Mușchii capului / 86
- Mușchii gâtului / 88
- Mușchii trunchiului / 90
- Mușchii membrelor / 95
  - Mușchii membrului superior / 95
  - Mușchii membrului inferior / 102

FIZIOLOGIA SISTEMULUI MUSCULAR / 110
*(Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru)*
Compoziția biochimică a mușchiului / 110
Proprietățile mușchilor / 111
Contracția fibrei musculare striate / 112
- Mecanismul contracției și relaxării mușchiului / 113
- Manifestările contracției musculare / 115
- Oboseala musculară / 118
- Remodelarea morfofuncțională a mușchiului / 118
- Hipertrofia și atrofia musculară / 118
- Unitatea motorie / 118
- Joncțiunea neuromusculară / 119

Contracția mușchiului neted / 120
- Controlul nervos și hormonal al contracției mușchiului neted / 121

**SISTEMUL NERVOS**
Noțiuni generale / 123
- Mecanisme generale de reglare / 123
- Compartimentele funcționale ale sistemului nervos / 125
- Reflexul / 126
- Creierul ca un calculator electronic / 129

FIZIOLOGIA NEURONULUI ȘI A SINAPSEI / 130
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
Fiziologia neuronului / 130
Fiziologia sinapsei / 131
ANATOMIA MĂDUVEI SPINĂRII / 134
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Configurația externă / 134
- Așezare, raporturi / 134
- Aspectul exterior al măduvei / 134
- Meningele spinale / 134
- Structura măduvei spinării / 135
  - Substanța cenușie / 135
  - Substanța albă / 136

Căile ascendente (ale sensibilității) / 138
- Căile sensibilității exteroceptive / 138
  - Calea sensibilității termice și dureroase / 138
  - Calea sensibilității tactile grosiere / 138
  - Calea sensibilității tactile epicritice (fină) / 139
- Căile sensibilității proprioceptive / 139
  - Calea sensibilității kinestezice / 139
  - Calea sensibilității proprioceptive de control al mișcării / 140
- Căile sensibilității interoceptive / 140

Căile descendente (ale motricității) / 141
- Calea sistemului piramidal / 141
- Calea sistemului extrapiramidal / 142

Nervii spinali / 142
FIZIOLOGIA MĂDUVEI SPINĂRII / 145
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
Proprietățile reflexelor spinale / 145
Reflexele spinale somatice / 147
Reflexele spinale vegetative / 148
ENCEFALUL / 150
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Meningele cerebrale / 150
Bariera hematoencefalică / 151
Circulația lichidului cefalorahidian / 151
Anatomia trunchiului cerebral / 152
- Structura trunchiului cerebral / 154
- Nervii cranieni / 156
  - Clasificarea nervilor cranieni / 157

Fiziologia trunchiului cerebral / 161
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
- Reflexele trunchiului cerebral / 161
- Funcțiile motorii ale trunchiului cerebral / 162
- Formația reticulară / 165
  - Funcțiile specifice / 165
  - Funcțiile nespecifice / 165

- Alte conexiuni ale formației reticulare a trunchiului cerebral / 167

Anatomia cerebelului / 168
*(Bogdan Voiculescu, Cezar Th. Niculescu)*
Structura cerebelului / 169
Aferențele cerebelului / 171
Eferențele cerebelului / 172
Fiziologia cerebelului / 172
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
Anatomia diencefalului / 173
*(Bogdan Voiculescu, Cezar Th. Niculescu)*
Talamusul / 174
Metatalamusul / 175
Epitalamusul / 175
Hipotalamusul / 176
Subtalamusul / 177
Fiziologia diencefalului / 178
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
Talamusul / 178
Hipotalamusul / 179
Anatomia emisferelor cerebrale / 181
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Fețele emisferelor cerebrale / 182
- Fața supero-laterală / 182
- Fața medială / 183
- Fața bazală / 183

Structura emisferelor cerebrale / 184
- Corpii striați / 184
- Scoarța cerebrală / 185
- Substanța albă a emisferelor cerebrale / 187

Localizări corticale / 188
Sistemul limbic / 192
- Calea olfactivă / 192
- Substanța perforată anterioară / 192
- Corpul amigdalian / 192
- Stria terminală / 192
- Aria septală / 192
- Hipocampul (cornul lui Ammon) / 192

Fiziologia emisferelor cerebrale / 193
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
Generalități / 193
Funcțiile neocortexului / 193
- Funcțiile senzitive / 193
- Funcțiile asociative / 194
- Funcțiile motorii / 197

Funcțiile paleocortexului / 199
- Funcția olfactivă / 199
- Actele de comportament instinctiv / 199
- Stările afective, emoțiile, sentimentele, pasiunile / 200

Bazele fiziologice ale activității nervoase superioare / 200
- Reflexele condiționate / 200
- Procesele nervoase fundamentale / 201
- Veghea și somnul / 202

Activități cerebrale cognitive / 204
- Învățarea / 204
- Memoria / 205

Activități cerebrale volitive / 206
Activități cerebrale afective / 208
ANATOMIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV / 208
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Centrii nervoși vegetativi și legătura lor cu efectorii / 208
Centrii sistemului nervos vegetativ / 209
Căile sistemului nervos vegetativ / 209
Locul sinapsei între fibra preganglionară și fibra postganglionară / 210
Mediatorii chimici / 210
Plexurile vegetative /210
Plexuri vegetative la nivelul extremității cefalice / 211
Plexuri vegetative în torace / 211
Plexuri vegetative din cavitatea abdomino-pelvină / 212
FIZIOLOGIA SISTEMULUI NERVOS VEGETATIV / 212
*(Radu Cârmaciu, Cătălina Ciornei)*
Neurotransmițătorii / 214
*(Bogdan Voiculescu)*
Neuropeptide / 215
Monoamine biogene / 215
Aminoacizi / 215
- Aminoacizii excitatori / 215
- Aminoacizi inhibitori / 215

Mediatori non-peptidergici / 216
- Acetilcolina / 216

ANATOMIA ANALIZATORILOR / 216
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Analizatorul cutanat / 217





Pielea / 217
- Epidermul / 217
- Dermul / 217
- Hipodermul / 218
- Firul de păr / 218

Unghiile / 218
Glandele sudoripare / 218
Glandele sebacee / 218
Glandele mamare / 219
Receptorii cutanați / 219
Analizatorul kinestezic / 220
Analizatorul olfactiv / 221
Analizatorul gustativ / 222
Analizatorul vizual / 222
Anexele ochiului / 226
Calea optică / 226
Analizatorul acustico-vestibular / 226
Receptorii vestibulari / 231
Segmentele intermediar și central / 232
FIZIOLOGIA ANALIZATORILOR / 232
*(Cătălina Ciornei)*
Generalități / 232
Mecanismul recepției excitanților / 232
Transmiterea informației de la receptor la centrii nervoși / 233
Proiecția corticală a excitațiilor recepționate la periferie / 234
Clasificarea analizatorilor / 235
Analizatorii somestezici / 235
Organele de simț / 235
Fiziologia analizatorului exteroceptiv / 235
Segmentul periferic / 235
Segmentul intermediar / 236
Segmentul cortical / 236
Fiziologia analizatorului interoceptiv / 238
Segmentul periferic / 238
Segmentul intermediar / 238
Segmentul cortical / 238
Fiziologia analizatorului proprioceptiv / 238
Funcția somestezică / 240
Fiziologia analizatorului vizual / 241
Procesele fotochimice din retină / 244
Segmentul cortical al analizatorului vizual / 248
Câmpul vizual, vederea binoculară și stereoscopică / 250
Fiziologia analizatorului acustic / 250
Mecanismul recepției auditive / 250
Fiziologia analizatorului vestibular / 253
Segmentul periferic / 253
Segmentul intermediar / 254
Segmentul cortical / 254
Fiziologia analizatorului gustativ / 255
Segmentul periferic / 255
Segmentul intermediar / 256
Segmentul cortical / 256
Fiziologia analizatorului olfactiv / 257
Segmentul periferic / 257
Segmentul intermediar / 257
Segmentul central / 258

**SISTEMUL ENDOCRIN**
*(Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru)*
Hipofiza / 259
Adenohipofiza/ 260
Lobul intermediar / 263
Lobul posterior (neurohipofiza) / 263
Glanda suprarenală / 264
Corticosuprarenala / 264
Medulosuprarenala / 268
Tiroida / 268
Paratiroidele / 270
Pancreasul endocrin / 272
Glanda pineală (epifiza) / 274
Glandele sexuale / 274
Testicului / 274
Ovarul / 275
Timusul / 276

**APARATUL DIGESTIV**
ANATOMIA APARATULUI DIGESTIV / 277
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Cavitatea bucală / 277
Limba / 278
Dinții / 279
Faringele / 280
Esofagul / 281
Stomacul / 282
Intestinul subțire / 284
Duodenul / 284
Jejuno-ileonul / 285
Intestinul gros / 285
Cecul și apendicele vermiform / 286

Colonul / 286
Rectul / 287
Structura tubului digestiv subdiafragmatic / 288
Stomacul / 288
Duodenul / 288
Jejuno-ileonul / 290
Colonul / 290
Rectul / 290
Glandele anexe ale tubului digestiv / 291
Glandele salivare / 291
Ficatul / 292
Pancreasul / 296
FIZIOLOGIA APARATULUI DIGESTIV / 298
*(Carmen Sălăvăstru)*
Digestia bucală / 298
Digestia gastrică / 301
Digestia la nivelul intestinului subțire / 303
Digestia la nivelul intestinului gros / 308

**APARATUL RESPIRATOR**
ANATOMIA APARATULUI RESPIRATOR / 311
*(Cezar Th. Niculescu, Bogdan Voiculescu)*
Căile respiratorii / 311
Cavitatea nazală / 311
Faringele / 312
Laringele / 312
Traheea / 316
Bronhiile / 316
Plămânii / 317
Structura plămânilor / 319
Vascularizația plămânilor / 321
Pleura / 321
Mediastinul / 322
FIZIOLOGIA APARATULUI RESPIRATOR / 322
*(Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru)*
Ventilația pulmonară / 322
Volume și capacități pulmonare / 324
Difuziunea / 326
Transportul gazelor / 328
Reglarea respirației / 330
Mecanismele sistemului nervos central / 330

**APARATUL CARDIOVASCULAR**
ANATOMIA APARATULUI CARDIOVASCULAR / 334
*(Cezar Th. Niculescu, Cristian Niță)*
Inima / 334
Cavitățile inimii / 335
Structura inimii / 337
Vascularizația și inervația inimii / 338
Pericardul / 339
Arborele vascular / 339
Structura arterelor și venelor / 339
Structura capilarelor / 340
Marea și mica circulație / 340
• Circulația mică / 340
• Circulația mare / 340
Sistemul aortic / 340
Sistemul venos / 344
Sistemul limfatic / 348
Splina / 351
FIZIOLOGIA APARATULUI CARDIOVASCULAR / 352
*(Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru)*
Fiziologia inimii / 352
Inima ca pompă / 352
Structura și proprietățile fundamentale ale miocardului / 353
Ciclul cardiac / 357
Manifestări ce însoțesc ciclul cardiac / 358
Fiziologia circulației sângelui / 358
Circulația arterială / 358
• Arterele elastice / 358
• Arterele musculare / 359
• Arteriolele / 359
Presiunea arterială / 360
Pulsul arterial / 361
Microcirculația / 361
Circulația venoasă / 362
Factorii care determină întoarcerea sângelui la inimă / 363
Presiunea venoasă centrală / 363
Reglarea nervoasă a circulației sangvine / 363
• Sistemul vasoconstrictor simpatic și controlul lui de către SNC / 364
• Rolul sistemului nervos în controlul rapid al presiunii arteriale / 365





• Mecanismele de reglare pe termen mediu a presiunii arteriale / 366
• Mecanismele de reglare pe termen lung a presiunii arteriale / 366
Circulația limfatică / 367
Teritorii speciale ale circulației sangvine / 369
Șocul / 369

**APARATUL EXCRETOR**
ANATOMIA APARATULUI EXCRETOR / 370
*(Cezar Th. Niculescu, Cristian Niță)*
Rinichiul / 370
Structura rinichiului / 370
Căile de eliminare a urinei / 374
Vezica urinară / 375
Uretra / 376
FIZIOLOGIA APARATULUI EXCRETOR / 376
*(Carmen Sălăvăstru)*
Filtrarea glomerulară și filtratul glomerular / 379
Reabsorbția și secreția tubulară / 382
Transportul urinei prin uretere / 387
Tonusul intraparietal vezical și cistometrograma în timpul umplerii vezicale / 387
Reflexul de micțiune / 388

**APARATUL GENITAL**
*(Cristian Niță, Cezar Th. Niculescu)*
APARATUL GENITAL FEMININ / 389
Ovarul / 389
Calea genitală / 391
Trompele uterine / 391
Uterul / 392
Vagina / 393
Organele genitale externe / 393
Vulva / 393
Mamela / 394
APARATUL GENITAL MASCULIN / 394
Testicului / 394
Conductele spermatice / 396
Glandele anexe / 397
Vezicula seminală / 397
Prostata / 397
Glandele bulbo-uretrale / 397
Organele genitale externe / 398
Penisul / 398
Scrotul (bursele scrotale) / 399

**METABOLISMUL**
*(Radu Cârmaciu, Carmen Sălăvăstru)*
Metabolismul intermediar al glucidelor / 401
Rolul fiziologic al glucidelor / 401
Căile metabolice ale glucidelor / 401
Reglarea metabolismului glucidic / 403
Tulburările metabolismului glucidic / 404
Metabolismul intermediar al lipidelor / 404
Rolul fiziologic al lipidelor / 405
Căile metabolice ale lipidelor / 405
Reglarea metabolismului intermediar lipidic / 406
Metabolismul intermediar al proteinelor / 407
Rolul fiziologic al proteinelor / 407
Căile metabolice ale aminoacizilor / 408
Reglarea metabolismului intermediar proteic / 410
Metabolismul energetic / 410
Determinarea metabolismului energetic / 411
Metabolismul energetic de bază (metabolismul bazal) / 411
Metabolismul energetic variabil / 412
Termoreglarea / 412
Mecanismele termogenezei / 412
Mecanismele termolizei / 413
Mecanismele termoreglării / 413
Vitaminele / 414

**Bibliografie selectivă** / 416