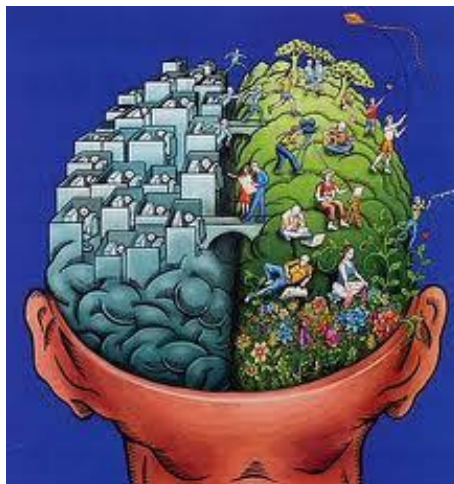


**UNIVERSITATEA DE STAT DE MEDICINĂ ȘI FARMACIE
NICOLAE TESTEMIȚANU**

Alexei DARII

ȚESUTUL NERVOS. SISTEMUL NERVOS
NOTE DE CURS



**CHIȘINĂU
2014**

CZU 612.8(075.8)

D 19

Lucrarea a fost aprobată de Consiliul metodic central al USMF „Nicolae Testemițanu”; proces-verbal nr. 4 din 10 aprilie 2014.

Autor: *Alexei Darii* – dr. hab. med., prof. univ.

Recenzenți:

Ilia Catereniuc – dr. hab. med., prof. univ., șef Catedră anatomia omului

Lilian Șaptefrați – dr. hab. med., conf. univ., șef Catedră histologie, citologie și embriologie

Redactor: *Sofia Fleștor*

Machetare computerizată: *Taisia Demian*

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII

Darii, Alexei.

Țesutul nervos. Sistemul nervos: Note de curs/ Alexei Darii; Univ. de Stat de Medicină și Farmacie *Nicolae Testemițanu*, Catedra histologie, citologie și embriologie. Chișinău: CEP *Medicina*, 2014 – 58 p.

Bibliogr.: p.57 (8 tit.). – 150 ex.

ISBN 978-9975-118-59-0.

612.8(075.8)

D 19

ISBN 978-9975-118-59-0

© CEP *Medicina*, 2014

© Alexei Darii, 2014

INTRODUCERE

Rolul țesutului nervos în organism este determinat de proprietățile principale ale celulelor nervoase: de a percepe iritațiile, excitabilitatea, capacitatea de a elabora și a transmite impulsul nervos. Funcțiile specifice ale țesutului nervos sunt: perceperea excitațiilor, stocarea și procesarea informației, elaborarea și transmiterea impulsului nervos. Având o stare de specializare foarte înaltă, țesutul nervos asigură legătura dintre țesuturile și organele organismului și mediul înconjurător, integrarea și adaptarea organismului.

Țesutul nervos este format din celule nervoase, care au un rol specific, și din nevroglie, iar nevroglia are un rol trofic, de susținere, de apărare și creează un micromediu optim pentru neuroni. Toate aceste elemente alcătuiesc un sistem morfologic unitar funcțional – *țesutul nervos*.

Principalele elemente ale țesutului nervos sunt celulele nervoase sau neuronii – celule specializate, cu proprietăți fundamentale – *excitabilitatea* și *conductibilitatea* – foarte bine dezvoltate. Membrana celulei nervoase este extrem de reactivă la stimuli, răspunsul său fiind instantaneu generat și transmis rapid sub formă de unde de depolarizare a plasmolemei, cunoscute sub denumirea de *impulsuri nervoase*, care se propagă la o distanță considerabilă în lungul *fibrelor nervoase*, extinse la mare distanță de corpul celular.

Concepția actuală despre țesutul nervos a fost formulată de Ramon y Cajal: „Celulele nervoase sunt aparatul generator și conductor al undei nervoase. Iată faptul esențial”.

Țesutul nervos este țesutul de bază al tuturor organelor și constituie un sistem unic – *sistemul nervos*.

DEZVOLTAREA SISTEMULUI NERVOS

Sistemul nervos își are originea în **placa neurală**, care reprezintă o îngroșare, ce se dezvoltă axial din ectodermul dorso-medial al embrionului. În decursul dezvoltării ulterioare a embrionului, începând cu ziua a 24-a, această placă se invaginează rapid în lungul liniei mediane, formând un șanț (canal) neural. Marginile șanțului fuzionează apoi dorsal, iar în ziua a 26-a formează **tubul neural**, care se desprinde de ectoderm. După închiderea canalului neural în tub, în regiunea marginilor sale puțin ridicate, se detașează un grup de celule ectodermale pentru a forma **crestele neurale**, ce se divid în două timente de celule: superficial și profund. Cel superficial se răspândește între ectoderm și mezoderm, dând naștere celulelor pigmentare ale pielii. Cel profund se îndreaptă ventral, trece între somite și tubul neural, precum și printre celulele mezenchimale. Din timentul profund de celule ale creștelor neurale se formează neuronii ganglionilor spinali, ganglionii sistemului nervos autonom, leucocitele neurogliei și celelalte elemente ale SNP. Tubul neural va da naștere creierului și măduvei spinării (*fig.1*).

În stadiile precoce de dezvoltare, tubul neural este format dintr-un strat anizomorf de celule neuroepiteliale cu o formă cilindrică, părțile apicale ale cărora se limitează cu cavitatea tubului neural și sunt unite între ele prin nexus pe părțile laterale. Părțile bazale ale acestor celule contactează cu membrana limitantă subpială.

Pentru celulele neuroepiteliale este caracteristică deplasarea ciclică a nucleelor în timpul mitozei. Ele parcurg mai multe faze succesive ale unui proces complex de dezvoltare: pierderea contactelor de tip **gap** cu celulele germinative învecinate, amplificându-se în schimb joncțiunile **comunicante**; celulele trec printr-un val de proliferare de tip clonal, transformându-se în celule **neuroepiteliale stem pluripotente**, ca apoi să urmeze al doilea val de mitoze de diferențiere, care constituie faza de determinare, având drept consecință transformarea lor în neuroblaste sau glioblaste precursorare. Apoi urmează faza de diferențiere și de maturare. Neuroblastele se diferențiază în neurocite, iar glioblastele – în ependimocite, astrocite, oligodendroglucite. Pe parcursul diferențierii se schimbă structura microscopică a citoplasmei și nucleelor. În

citoplasmă se observă cisterne largi și canaliculele reticulului endoplasmatic, bine este dezvoltat complexul Golgi, scade numărul ribozomilor și polizomilor. Primul semn morfologic de diferențiere este apariția în citoplasmă a neurofilamentelor și microtubulilor, numărul cărora crește odată cu specializarea celulelor. În nuclee apar sectoare de diferită densitate electronică. Se modifică și corpul celulelor în diferite forme, de la care pleacă în diferite direcții prelungiri – un axon și dendrite.

Mecanismele moleculare de diferențiere sunt controlate și reglate de factori de creștere, reprezentați de diferite peptide, și, bineînțeles, de factorii genetici.

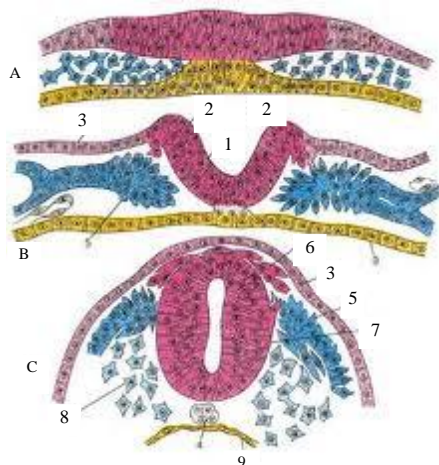


Fig. 1. Schema formării tubului neural.

A – placa neurală; *B* – șanțul neural; *C* – tubul neural.

1 – jgheabul neural, 2 – creste neurale, 3 – ectodermul, 4 – coarda, 5 – somitele, 6 – endodermul, 7 – tubul neural, 8 – mezenchimul, 9 – intestinul primar.

Matricea extracelulară este redusă și cuprinde trei grupuri de macromolecule cu funcție specifică: glicoproteine (laminina și fibronectina), o glicoproteină specifică (citotactina) și collagen. Sursa acestor glicoproteine, a proteoglicanilor de tip heparat-glicani și a collagenului de tip IV sunt celulele gliale (celula Schwann).

Neuronii formează o rețea comunicantă integrată cu dispozitive structurale specializate de contacte interneuronale – sinapse. Alt tip de celule este reprezentat de nevrogliie, cu rol de susținere, trofic, apărare, barieră.

Sistemul nervos este format din circa 100 miliarde de neuroni și de 10 ori mai multe celule nevrogiale.

Neuronul

Celulele nervoase se disting printr-o remarcabilă varietate de forme și o extraordinară diversitate de mărimi, strâns legate de funcția lor. Neuronii posedă un șir de caracteristici, după care foarte ușor se deosebesc de alte celule. Echipamentul standard al unei celule nervoase este compus din trei părți principale: corpul sau partea care conține nucleul (pericarionul), axonul și dendritele (*fig. 2*).

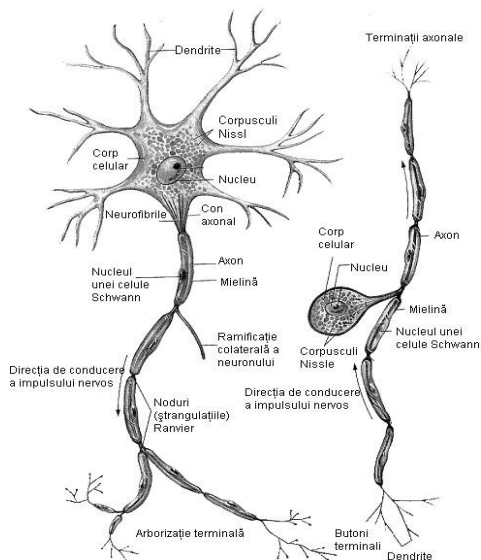


Fig. 2. Schema structurii generale a neuronului.

Celula nervoasă reprezintă sediul producerii impulsului nervos; ea conduce acest impuls la diferite distanțe, îl transmite altor celule nervoase, musculare, glandulare și este ea însăși capabilă să fie excitată sau inhibată de către activitatea altor celule nervoase.

Funcțiile esențiale de generare, recepționare, conducere și transmitere a impulsului nervos sunt localizate în diferite compartimente ale celulei nervoase: pericarionul este centrul metabolic și de sinteză; dendritele și corpul celular sunt specializate la primirea excitațiilor; conul de emergență axonal și segmentul inițial al axonului generează potențialul de acțiune, care este apoi condus la terminațiile nervoase; acestea din

urmă transmit impulsul. Astfel celula nervoasă dispune de o polaritate dinamică, funcțională.

Funcțional, neuronii se clasifică în patru categorii:

I – neuronii senzoriali: recepționează stimulii externi și interni, transmit impulsul de la receptori la SNC;

II – neuronii motori: transmit impulsul la celulele efectoare;

III – neuronii intermediari (asociativi, interneuroni, intercalari): se interpun între neuronii senzoriali și cei motori. Circa 99,98% din totalul neuronilor le revin neuronilor asociativi;

IV – neuronii secretori.

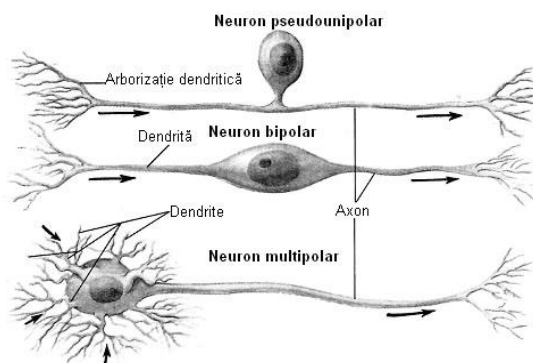


Fig. 3. Tipuri de neuroni.

Morfologic, în baza numărului de prelungiri care pornesc de la corpul celular, neuronii se clasifică în: multipolari – cu un axon și două sau mai multe dendrite; bipolari – cu un axon și o dendrită, unipolari – cu o singură prelungire și pseudounipolari – cu o prelungire, care se divide în vecinătatea corpului celular în două ramuri lungi. Majoritatea neuronilor senzitivi sunt pseudounipolari, corpul celular al lor este situat în ganglionii cranieni sau spinali, iar prelungirea, după un scurt traiect, se divide în două ramuri: una se îndreaptă spre periferie (dendrita), iar cealaltă spre SNC (axonul) (*fig. 3*).

Neuronii bipolari se găsesc la adult în retină și în ganglionii nervului vestibulo-cochlear. Dimensiunile neuronilor variază de la 5-6 mcm (neuronii granulari din scoarța cerebelului) la peste 100 mcm (celulele Betz, Purkinje, Deiters).

Corpul celulelor nervoase este partea neuronului, care conține nucleu și citoplasmă cu majoritatea organitelor. Acesta reprezintă centrul

trofic al celulei, dar în același timp are și capacitate receptorie. Pe plasmalema pericarionului unor neuroni formează sinapse cu un număr mare de terminații nervoase excitatoare sau inhibitoare ale altor celule nervoase.

Membrana (citolema) pericarionului are o organizare trilaminată de circa 7,5 nm și o compoziție lipoproteică similară cu a altor tipuri de celule. Este caracteristică prezența unei bogate activități a unor enzime, ca ATP-aza pentru Na și K, și a 5-nucleotidazei, a 60 – 80 tipuri de proteine și glicoproteine, care reprezintă receptorii specifici. În afară de funcțiile sale tipice, membrana celulelor nervoase are și proprietatea de a conduce excitațiile. Esența acestui proces constă în răspândirea unde de depolarizare a plasmalemei prin dendrite, pericarion și axon, determinată de pătrunderea prin plasmalemă în celulă a ionilor de Na, ce schimbă sarcina de pe suprafața membranei. Valul de depolarizare este urmat de repolarizarea membranei în urma activității pompelor ionice. Citoscheletul membranei este alcătuit dintr-o rețea de proteine tubulare, principala moleculă a căroră este spectrina. La nodurile rețelei de spectrină se află molecule de anchirină cu mici fragmente de actină. Celulele nervoase conțin cel puțin două tipuri de spectrine: spectrină eritrocitară (SE) și neritrocitară sau neuronală (SN), care se mai numește și *fodrină*. Spectrina de tip eritocitar este restrânsă la citoscheletul membranei corpului celular și al dendritelor, în timp ce fodrina este transportată în axon, intrând în componența scheletului membranei acestuia, în special al membranelor presinaptice, determinând polarizarea funcțională a celulei din domeniul receptor sau transmțător și distribuirea în plasmalemă a canalelor ionice. Se mai întâlnesc fosfoproteine – sinapsină și dopamină, proteinchinază și neuropeptide.

Nucleul, de obicei, este unul. Foarte rar se întâlnesc neuroni cu două sau mai multe nuclee. Excepție fac neuronii unor ganglioni din sistemul nervos vegetativ, localizați în prostată și colul uterin. În majoritatea celulelor nervoase el este sferic, mare, eucromatic (palid), reflectă activitate sintetică intensă. De obicei, este localizat central, cu un nucleol evident. Activitatea funcțională înaltă a neuronilor este însoțită, de regulă, de creșterea volumului și numărului nucleolilor. Între nucleol și membrana nucleară la femei este prezentă o aglomerare de heterocromatină – corpusculul Barr.

În **citoplasma (neuroplasma)** neuronului se conține un număr mare de organite, sunt foarte bine dezvoltate reticulul endoplasmatic, complexul Golgi, centrul celular. În afară de organitele de tip general, celulele

nervoase conțin și organite, caracteristice numai lor – **substanță tigroidă (bazofilă sau cromatofilă)** (corpusul Nissle) și **neurofibrile** (fig. 4, 5).

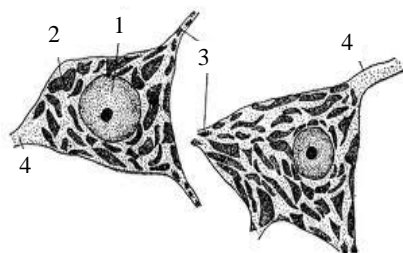


Fig. 4. Substanța tigroidă:

1 – nucleu, 2 – substanța tigroidă, 3 – dendrită, 4 – axon.

Reticulul endoplasmatic rugos este bine dezvoltat, organizat în agregate de cisterne paralele, între care se află un număr mare de polisomi liberi, implicați în sinteza proteinelor de uz propriu și pentru export. La utilizarea coloranților speciali (anilnici), aceste agregate de reticul endoplasmatic și ribozomii liberi apar la microscopul optic ca zone bazofile, denumite *corpusculi Nissle* sau *substanță bazofilă*, sau *substanță tigroidă*. Ea este dinamică; numărul și aspectul ei variază în funcție de tipul neuronilor, starea funcțională a celulei, nivelul proceselor de sinteză a proteinelor. Este prezentă în dendrite și pericarion. Lezarea axonilor sau epuizarea neuronilor provoacă reducerea numărului de corpusculi Nissle – fenomen numit *cromatoliză*.

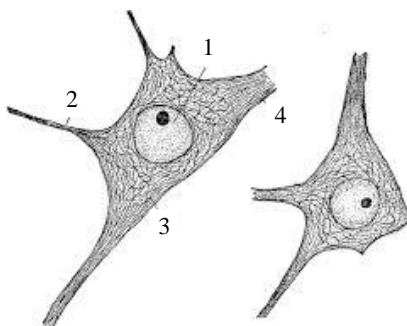


Fig. 5. Neurofibrile: 1 – nucleu, 2 – dendrită, 3 – neurofibrile, 4 – axon.

Aparatul Golgi este localizat în pericarion, de o parte sau în jurul nucleului. Constă din stive de cisterne membranare dispuse paralel și vezicule mici, sferice de transport și secretoare. La microscopul optic, în colorații speciale, ele apar sub formă de cerculețe, granule, bastonașe. Ultrastructura complexului Golgi este obișnuită. Centrul celular este localizat, de regulă, între nucleu și dendrite.

Mitocondriile sunt mici, ușor alungite, cu matrice densă și cu puține criste transversale. Sunt răspândite în citoplasmă și în prelungiri, fiind destul de abundente în terminațiile axonale. Ele se deosebesc de mitocondriile din alte țesuturi prin prezența unei proteine specifice. În microscopul optic la colorație cu argint, citoscheletul prezintă proteine insolubile sub aspect de *neurofibrile*, cărora le corespund neurofilamente cu diametrul de 6-10 nm și neurotubuli cu diametrul de 20-30 nm, microfilamente de actină și o rețea microtrabeculară. Neurotubulii sunt alcătuiți din tubuline α și β , care au un rol esențial în extinderea și menținerea prelungirilor neuronale, cât și în transportul intracelular, ce are loc cu ajutorul unei proteine „translocator” cu funcție ATP-azică, denumită *kinezină*. Neurofilamentele sunt alcătuite din trei subunități proteice cu greutatea moleculară diferite. Neurotubulii și neurofilamentele agregate sunt vizibile la microscopul optic sub aspect de neurofibrile, care în pericarion sunt dispuse în rețea, iar în prelungiri se grupează în fascicule paralele.

Considerații clinice. Prezența neurofibrilelor în citoplasma neuronului corespunde cu starea de excitație a celulei nervoase. Dacă condițiile de conducere a impulsului nervos se modifică, dacă neuronul este excitat timp îndelungat, atunci aparatul neurofibrilar se restructurează, iar neurofibrilele sunt mai puțin evidențiate sau dispar cu totul.

Citoplasma neuronului cuprinde și diferite tipuri de complexe proteice, în care proteinele majoritare sunt tubulinele, actina, spectrina și proteinele asociate lor. Incluziunile sunt de lipide, glicogen, pigment melanian, lipofuscină. Veziculele citoplasmatică sunt prezente și se implică în pinocitoză, în transportul unor proteine pentru diferite destinații și molecule markeri. O parte din vezicule conțin neuromediatorii, glicoproteide integrale pentru membranele veziculelor sinaptice (*fig. 6*).

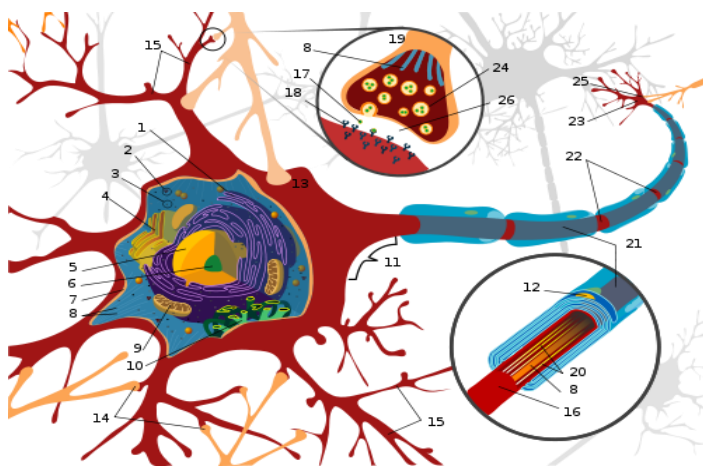


Fig. 6. Structura neuronului: 1 – reticulul endoplasmatic, 2 – poliribosom, 3 – ribosom, 4 – complexul Golgi, 5 – nucleu, 6 – nucleol, 7 – neurilemă, 8 – neuroplasmă, 9 – mitocondrie, 10 – neurofibrile, 11 – con axonal de emergență, 12 – membrana bazală a fibrei nervoase mielinice, 13,14 – variante de sinapse, 15 – dendrite, 16 – cilindrax, 17,18, 19 – sinapsa cu componentele ei, 20 – neurofibrile, 21 – fibră nervoasă mielinică, 22 – nodul Ranvie, 23 – terminație nervoasă, 24 – vezicule sinaptice, 25 – terminații nervoase, 26 – fanta sinaptică.

Dendritele recepționează excitația nervoasă și transmit impulsul nervos spre corpul neuronului. Ele sporesc considerabil suprafața receptoare a celulei, făcând posibil ca un singur neuron să primească și să integreze impulsurile de la un număr mare de terminații axonale ale altor celule nervoase. Numărul dendritelor la diferiți neuroni este diferit, la fel și forma lor. Au o grosime variată, sunt scurte și se divid asemenea ramurilor unui arbore. Sunt acoperite de un număr mare de spini – mici proeminențe citoplasmice, ce măresc considerabil suprafața dendritelor. Ele constituie locurile de contacte sinaptice interneuronale. Dendritele neuronilor senzoriali au la capătul lor periferic aparate specifice de recepționare a excitațiilor și formează terminații nervoase senzitive (receptori). După compoziția sa, citoplasma dendritelor este foarte asemănătoare cu a pericarionului – conține microtubuli, o cantitate neînsemnată de neurofilamente, mitocondrii, elementele reticulului endoplasmatic granular (rugos) și agranular (neted), dar este lipsită de complexul Golgi.

Axonul sau **neuritul** reprezintă o prelungire, prin care impulsul se răspândește de la corpul neuronului la periferie, spre alți neuroni sau spre celulele efectoare (musculare sau secretoare). Axonul are lungime și diametru variabile (lungimea până la 1 m), nu se ramifică bogat, poate avea rare ramificații fine (colaterale) și terminație nervoasă pe un alt neuron sau pe organul efector, lucrător (mușchi, glande). El pornește dintr-o regiune a pericarionului, numită *con de emergență*, lipsită de reticul endoplasmatic rugos, ribosomi. Deci, nu conține substanță tigroidă și prin aceasta partea proximală a axonului se deosebește de dendrite. Membrana plasmatică a axonului este numită *axolemă*, iar conținutul său – *axoplasmă*.

În neuronii cu axoni mielinizați, segmentul de axon dintre conul de emergență și punctul de la care începe mielina este denumit *segment inițial*, care prezintă zona generatoare a neuronului. Aici ia naștere impulsul nervos. Îngustându-se treptat, emergența axonală trece în axon, care mai departe se acoperă cu o membrană glială specială și se transformă în fibră nervoasă.

Citoplasma axonală conține un număr mare de microtubuli, între care sunt dispuse neurofilamente, cantitatea cărora este mai mare decât în dendrite, puțin reticul endoplasmatic neted – vezicule și cisterne, ceea ce explică un nivel scăzut de sinteză. Axonul conține puține mitocondrii, iar terminația lui – numeroase.

Transportul axoplasmatic realizează mișcările și deplasările unor molecule proteice, unor electroliți și organite citoplasmatică. Transportul este bidirecțional. De la pericarion spre periferia axonului se va numi *transport anterograd*, iar de la periferie spre pericarion – *transport retrograd*. În funcție de viteza de deplasare, deosebim transport lent și transport rapid. Prin transportul lent (1-3 mm/24 ore) se deplasează subunități proteice necesare pentru sinteza mediatorilor în terminațiile axonilor și retrograd – unele enzime. Prin transportul rapid (5-10 mm/oră) se transportă diferite complexe de macromolecule, organite și vezicule cu neuromediatorii pentru funcționarea sinapsei. Transportul retrograd are două funcții majore: 1) de returnare a moleculelor endogene către pericarion, a membranei sinaptice, dar și a unor agenți patogeni – virusul herpesului și al rabiei, toxina tetanică ș.a; 2) de transfer informațional.

Există și transport dendritic (acetilcolinesteraza spre terminațiile dendritelor, ferment ce descompune neuromediatorul acetilcolina) cu viteza de 3 mm/oră. Transportarea substanțelor prin prelungirile neuronului se realizează prin vezicule și granule membranare de-a lungul micro-

tubulilor, neurofilamentelor și sistemului actinomiozinic al citoscheletului, kinezinei.

Celulele nervoase secretoare (neuronii secretori)

În anumite sectoare ale creierului sunt neuroni care, pe lângă structura fiziologică de neuron, posedă și capacități de neurosecreție; ei conțin un număr mare de granule secretoare de origine muco-glico-lipoproteică. Acești neuroni se numesc *celule neurosecretoare*. Neurosecreția se sintetizează în reticulul endoplasmatic rugos și se acumulează în granule în complexul Golgi. Produsele secretoare maturizate, prin prelungirile și ramificările axonale, sunt eliberate în sânge sau în lichidul cerebrospinal. Neuronii secretori au dimensiuni mari, cu substanța tigroidă dispusă la periferia citoplasmei. Nucleele lor au o formă neregulată și o activitate funcțională foarte înaltă.

Exemplu: nucleele supraoptic și paraventricular. Secreția eliberată de celulele neurosecretoare are rol de hormon, care reglează activitatea hipofizei și a altor organe.

Nevroglia

Câteva tipuri de celule din țesutul nervos, asociate cu neuronii, însă cu caractere morfologice diferite, sunt clasificate ca nevroglii sau celule gliale. Nevroglia asigură funcționarea normală a neuronilor. Aproximativ 50% din volumul țesutului nervos îi revin nevroglii, iar 10 celule gliale – fiecărui neuron. Nevroglia constă din: macroglie, care, la rândul său, include astrocitele, ependimocitele, oligodendroglia, glia pluripotențială, și microglie, care se întâlnește doar în SNC. În SNP sunt nevroglii satelite terminale și celule Schwann. Celulele nevrogliale nu generează potențial de acțiune, nu formează sinapse, dar sunt necesare pentru susținerea și viabilitatea neuronilor. Ele au un rol trofic, de suport structural și de separare a neuronilor, de izolare electrică, funcție homeostatică și de apărare, de secreție, preiau metabolismul, de producere a tecilor de mielină, ce determină creșterea vitezei de propagare a impulsului nervos. Activitatea funcțională normală a neuronului este imposibilă fără aparatul nevroglii. Macroglia se dezvoltă din neuroepiteliul tubului neural (glioblaste), iar microglia (un derivat al mezenchimului) – din monocite (*fig. 7*).

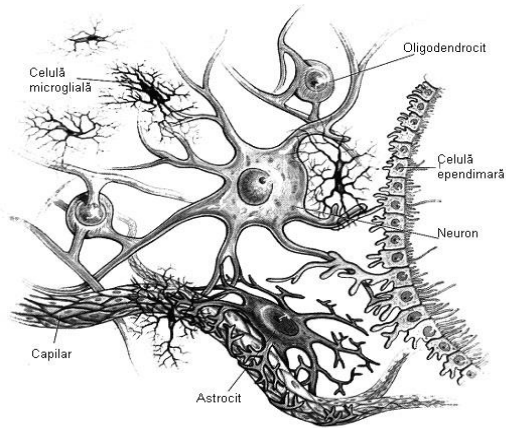


Fig. 7. Tipuri de nevroglii.

Astroците se întâlnesc în creier și măduva spinării. Sunt cele mai mari nevroglii, au formă stelată, prelungiri numeroase și lungi, nucleu mare, sferic, situat central, slab colorat. Unele prelungiri se termină pe peretele capilarelor sanguine, formând „pediculi vasculari”, iar altele – la suprafața sistemului nervos central, formând un strat sub pia mater și separând-o de celulele nervoase. Deosebim două tipuri de astrocite: protoplasmatică și fibroasă.

Astroците protoplasmatică sunt localizate în substanța cenușie a organelor SN, în apropierea neuronilor, au prelungiri scurte și groase, cu un contur neregulat, formează dilatări terminale pe pereții vaselor sanguine (pediculi vasculari), pe neuroni sau pe celulele oligodendrogliei. Citoplasma astrocitelor protoplasmatică este mai transparentă decât a celor fibroase și conține un număr redus de fibrile. La microscopia electronică se evidențiază fascicule rare de protofibrile subțiri și microtubuli solitari. Reticulul endoplasmatic granular este slab dezvoltat, sunt prezente multe mitocondrii și incluziuni de glicogen. Conțin un nucleu masiv și lucid. Astroците protoplasmatică îndeplinesc funcțiile de delimitare și trofică.

Astroците fibroase sunt localizate, de obicei, în substanța albă a creierului, în vecinătatea fibrelor nervoase și reprezintă 20% din celulele nevroglii. Celulele astrocitare sunt înzestrate cu 20-40 de prelungiri lungi și subțiri, slab ramificate, care alcătuiesc fibrele gliale și formează o rețea densă – aparatul de susținere a creierului. Prelungirile astrocitelor de pe vasele sanguine și suprafața creierului formează membrana

limitantă glială perivasculară, care limitează endoteliul capilarelor sanguine de fibrele nervoase și țesutul nervos în ansamblu de tunica pia mater. La microscopia electronică reticulul endoplasmatic este redus, citoplasma este lucidă, săracă în organite. Mitocondriile au formă neregulată. În prelungirile astrocitelor se disting multiple fascicule de protofibrile și microtubuli. Funcțiile principale ale astrocitelor fibroase sunt de susținere, trofică și de izolare a neuronilor.

Oligodendrocitele sau **oligodendroglia** reprezintă majoritatea celulelor gliale din sistemul nervos (75%). Ele înconjoară corpurile neuronilor din sistemul nervos central și cel periferic, se află în componența membranelor fibrelor și a terminațiilor nervoase. Sunt prezente atât în substanța cenușie, cât și în cea albă. În diferite porțiuni ale sistemului nervos, forma celulelor oligodendrogliei este diversă. Ele se caracterizează prin dimensiuni mici. De la corpul lor oval sau colțuros pleacă câteva prelungiri scurte și slab ramificate. Din grupul oligodendroglilocitelor de asemenea fac parte gliocitele satelite, lemocitele (celulele Schwann) și gliocitele terminale. Au reticulul endoplasmatic bine dezvoltat, conțin numeroși microtubuli. Oligodendroglilocitele participă activ la sinteza proteinelor, posedă o capacitate evidentă de tumefiere (edem). În edemul creierului, prelungirile lor compresează alte celule nervoase și gliale. Unele celule ale oligodendrogliei participă la formarea membranelor fibrelor nervoase (mielinice și amielinice) și se numesc *neurolemocite*, iar altele au funcție trofică și de apărare. Oligodendroglia joacă un rol însemnat în procesele de regenerare a fibrelor nervoase, intră în componența terminațiilor nervoase nonlibere.

Ependimocitele reprezintă celule cubice, care derivă din stratul intern al tubului neural și captează cavitățile creierului și canalul central al măduvei spinării, fiind scăldate de lichidul cerebrospinal, care umple aceste cavități. Polul apical prezintă cili, iar cel bazal formează prelungiri lungi, care se extind de la centrul creierului la țesutul conjunctiv periferic, ce învește SNC, și construiesc o matrice de susținere. Nucleele celulelor sunt situate bazal, iar reticulul endoplasmatic granular se află în partea apicală. Citoplasma endimocitelor conține mitocondrii mari și diferite incluziuni lipidice, pigmentare ș.a. Ependimocitele participă la metabolismul lichidului cefalorahidian, eliminând diferite substanțe active în cavitatea ventriculelor sau în sânge (organul subcomisural), la procesele de formare și reglare a componenței cantitative și calitative a lichidului cefalorahidian. Celulele endimale se continuă cu celulele cuboidale ale plexurilor coroide.

Microglia reprezintă o comunitate de celule fagocitare din creier, situate dispersat, de obicei lângă vasele sanguine. Alcătuiesc 5% din nevrogliile țesutului nervos. Corpul celulelor este mic, dens, alungit, cu prelungiri fine, ramificate, ce le dă aspect spinos. Nucleele au formă alungită și prezintă cromatină condensată. Celulele microgliale sunt prezente în substanța albă și cea cenușie, secretă polipeptida – factorul de proliferare glială, ce stimulează proliferarea astrocitelor și a oligodendrocitelor, – contribuie la formarea cicatricilor gliale în urma unor leziuni ale țesutului nervos. Ele se deplasează activ, fagocitând celulele degenerate, fragmente de fibre nervoase și bacterii. Celulele microgliei se numesc *macrofage gliale* și fac parte din sistemul fagocitar mononuclear al țesutului nervos.

Fibrele nervoase

Fibrele nervoase sunt structuri nervoase alcătuite din prelungirile neuronale și tecile lor neurogliale. Fibrele nervoase formează fasciculele (în creier și măduva spinării) și nervii periferici. Teaca externă a fibrelor nervoase periferice este alcătuită de celule Schwann, iar fibrele din SNC sunt învelite de oligodendrocite. Numeroase prelungiri din țesutul nervos adult sunt învelite de câteva lame intermediare, elaborate de celulele nevrogliei. Tecile fibrelor nervoase din diferite segmente ale sistemului nervos se deosebesc prin structura lor. De aceea, în corespundere cu particularitățile de structură ale tecilor, toate fibrele nervoase se împart în două tipuri de fibre: *mielinice* și *amielinice* (fig. 8). Prelungirea celulei nervoase în componența fibrei nervoase poartă denumirea de *cilindrax*, iar celulele gliale ce formează teaca fibrei – *oligodendrocite* și *lemocite* sau *celule Schwann*. Grosimea fibrelor nervoase somatice este de 12-14 mcm, iar a celor vegetative – de 5-7 mcm.

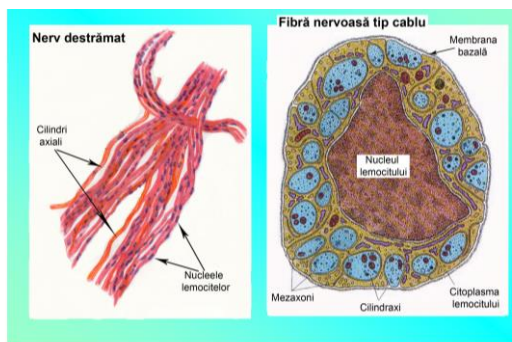


Fig. 8. Elementele fibrei nervoase amielinice.

Fibrele nervoase amielinice (fig. 8) predomină, de obicei, în sistemul nervos vegetativ, formând nervii, ce pleacă spre organele interne. Fiecare fibră este alcătuită din 5-10-20 cilindracși, înconjurați de un lanț de lemocite (celule gliale), care formează teaca fibrei. Celulele gliale acoperă continuu cu citoplasma lor prelungirile neuronului (acum cilindrax). Ultimul, afundându-se în citoplasmă, duce cu sine plasmalema, care formează o structură dublă (porțiunile alăturate plasmalemei) – **mezaxonul**, pe care e suspendat cilindraxul.

În sistemul nervos central, gliocitele acoperă concomitent mai multe prelungiri de la diferiți neuroni, formând așa-numitele fibre nervoase de tip cablu. Aceste fibre conțin mai mulți cilindracși, fiecare având mezaxonul său.

Deoarece tunicile formate de lemocite sunt foarte fine, mezaxonul și limitele acestor celule nu pot fi observate la microscopul optic. La exterior, fiecare fibră nervoasă este acoperită cu o membrană bazală.

Fibrele nervoase mielinice (fig. 9, 10, 11) apar ca cilindri albi, omogeni și strălucitori. Se întâlnesc în componența SNC și SNP. Ele sunt mult mai groase decât cele amielinice, având un diametru de până la 20 mcm. Fiecare fibră nervoasă conține numai un cilindrax, inclus în teaca celulelor gliale. În această teacă se disting două straturi: intern și extern. Stratul intern, mai gros, este format din structuri concentrice în jurul cilindraxului și se numește *strat mielinic*. Din punct de vedere chimic, el este un complex lipoproteic, ce servește ca izolator electric. Stratul extern, mai subțire, este alcătuit din citoplasmă și nucleul lemocitului și se numește *strat bazal sau neurolemă*.

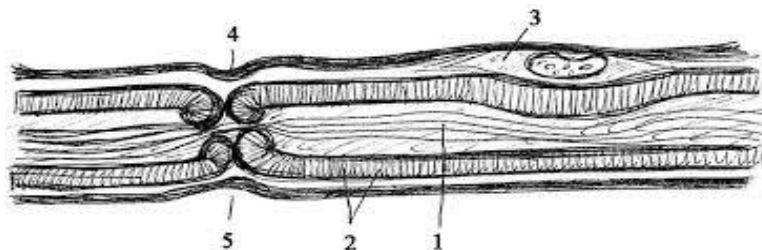


Fig. 9. Fibră nervoasă mielinică: 1 – cilindrax, 2 – membrana mielinică, 3 – membrana bazală, 4 – nodul Ranvier.

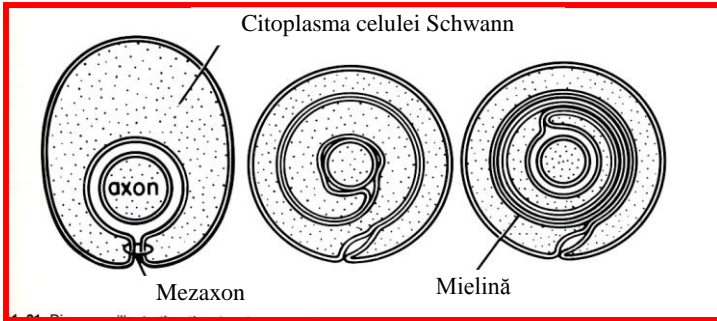


Fig. 10. Schema formării fibrei nervoase mielinice.



Fig. 11. Fibră nervoasă: a – amielinică; b – mielinică.

Stratul mielinic este format de celulele gliale, dispuse în serie de la un capăt la altul al fibrelor nervoase, astfel încât fiecare celulă elaborează câte un tronșon din teaca de mielină a axonului. În lungul său, teaca de mielină, la distanțe de câteva sute de μm până la câțiva mm , se subțiază brusc și prezintă discontinuități, denumite *noduri* sau *strangulații Ranvier*, care corespund limitelor dintre celulele Schwann adiacente din lungul axonului. Axoplasma conține în regiunea aceasta un număr mare de mitocondrii și microvilozități. Teaca de mielină prezintă scizuri oblice, denumite *scizuri* sau *incizii Schmidt-Lantermann*, – distanțări între membranele lamelor de mielină, ce se datorează unor benzi de citoplasmă a celulelor Schwann (lemocite), păstrate în stratul de mielină (fig. 12).

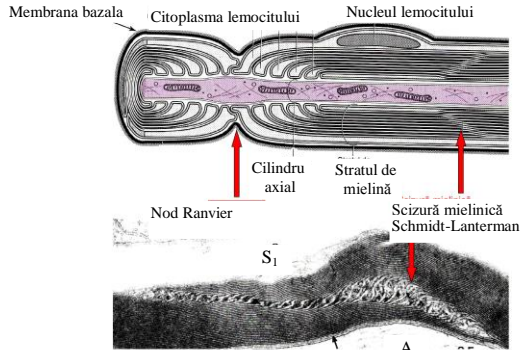


Fig. 12. Nodul Ranvier și scizura Schmidt-Lantermann.

Mielinogeneza

Mielina este o structură membranară multilamelară compactă, sintetizată și asamblată de oligodendrocite și celulele Schwann. Inițial, în formarea mielinei are loc pătrunderea sau afundarea axonului în membrana și citoplasma lemocitului. Ca și la fibrele amielinice, axonul îndoiaie membrana, formând plici adânci. Pe măsura pătrunderii cilindraxului, marginile membranei fuzionează, formând o membrană dublă – *mezaxonul*.

În etapa următoare, mezaxonul se răsucește în jurul axonului de mai multe ori, formând o zonă stratificată compactă – mielina. Fiecare spirală a mezaxonului corespunde unei plăci (lame) a membranei mielince. Numărul de înfășurări determină numărul lamelor mielince. În urma acestui proces, citoplasma și nucleele celulelor gliale sunt plasate spre periferie. La microscopia electronică s-a evidențiat că fibra mielinică conține cilindraxul situat central, adică prelungirea neuronului acoperit cu membrană plasmatică proprie (axolema), apoi el este înfășurat cu tunica mielinică, care reprezintă straturile mezaxonului, iar la suprafață – stratul alcătuit din citoplasma și nucleul lemocitului.

Plasmalema externă a lemocitului este acoperită cu o membrană bazală, învecinată cu fibrele colagene și fibroblastele, care formează tunica conjunctivă a fibrei nervoase – *endonervul*.

Cilindraxul constă din neuroplasmă, cu neurofilamente și neurotubuli, și un număr mare de mitocondrii, fiind mai numeroase în vecinătatea strangulațiilor, mai ales în terminațiile fibrelor. Viteza propagării impulsului nervos este mai mare în fibrele nervoase mielince decât în cele amielinice (50-120 m/sec și 1-2 m/sec corespunzător).

Compoziția moleculară a mielinei. Mielina este alcătuită din 64% de lipide, 30% proteine și 6% glucide. Datorită conținutului sporit de lipide (apa lipsește), mielina funcționează ca un izolator. Lipidele sunt reprezentate de colesterol, fosfolipide și glicolipide, ca galactocerebrozida sintetizată de leucocite, care nu se întâlnește în alt loc în organism. Proteinele tecii de mielină prezintă proprietăți specifice cu rol structural și sunt lipsite de facilitatea transportului de ioni prin bistratul lipidic, ceea ce explică impermeabilitatea ionică a tecii de mielină. Sunt proteine mielince bazice – 35%; proteine proteolitice – 50%; glicoproteine (Po) – 1% și unele enzime (anhidraza carbonică), sintetizate în special de oligodendrocite.

Principiile transmiterii impulsului nervos. În transmiterea impulsului nervos, rolul-cheie îl au canalele ionice din membrana neuronală. Impulsul nervos este unda de depolarizare a plasmolemei cilindrului în urma pătrunderii sodiului în celulă și ieșirii potasiului.

În fibrele nervoase amielinice, impulsul se propagă „în val”, ca urmare a modificării permeabilității membranare din aproape în aproape. De îndată ce valul depolarizării se propagă în lungul fibrei, membrana din spatele valului revine la stadiul său de repaos, datorită redistribuirii ionilor de sodiu și de potasiu pe cele două fețe ale membranei axonale în concentrații similare cu cele de până la stimulare. În cursul excitației se deschid canalele ionilor de sodiu, care permit intrarea sodiului pe fața internă a membranei, iar repolarizarea este determinată de activarea canalului de potasiu. Drept consecință a propagării valului de depolarizare este eliberarea neuromediatorului chimic în spațiul sinaptic.

În fibrele nervoase mielinice, schimbările locale au loc doar la nivelul nodului Ranvier. La nivelul segmentului internodal, efectul izolator al mielinei previne propagarea continuă, sub formă de val, a impulsului. În consecință, impulsul sare de la un nod la altul. Această propagare săltătoare (*fig. 13*) este mai rapidă decât cea continuă. Aici se transportă mai puțini ioni, se cheltuiește mai puțină energie, deși fluxul nervos este mai rapid.

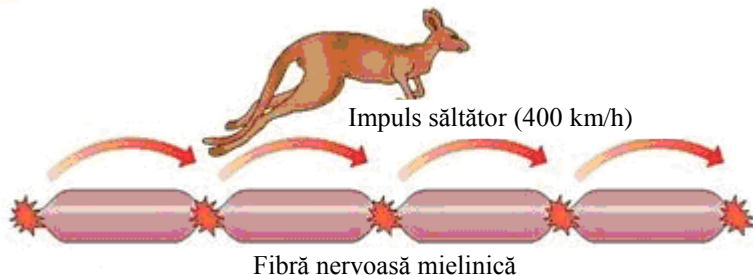


Fig.13. Propagarea impulsului în fibra nervoasă mielinică.

Degenerarea și regenerarea neuronilor și a țesutului nervos

Neuronii nu regenerează la adult. Cea mai mare parte a lor ajunge la locul definitiv la sfârșitul copilăriei, iar dezvoltarea sistemului nervos este completă la pubertate. Neuronii formează populații celulare capabile de regenerare intracelulară fiziologică, ce constă în schimbarea permanentă a structurilor proteice din citoplasmă. Moartea unei celule nervoase se limitează la pericarion și prelungirile celulare proprii. Spre deosebire de neuroni, nevrogliile sunt capabile să se dividă prin mitoze, ocupând spațiile celulelor degenerate.

La o fibră nervoasă periferică lezată, segmentul proximal, întrucât își păstrează continuitatea cu pericarionul, de obicei regenerează. Segmentul distal, fiind separat de corpul celulei nervoase, degerează total și este preluat de macrofage.

Lezarea axonilor provoacă următoarele modificări: a) cromatoliza – dezagregarea corpusculilor Nissle; b) creșterea în volum a pericarionului; c) migrarea nucleului la periferie. Segmentul proximal axonal degerează în vecinătatea leziunii pe o distanță scurtă, care începe să crească imediat ce macrofagele au preluat rămășițele degenerate. În segmentul distal al leziunii, axonul și teaca mielinică degerează complet, iar rămășițele lor sunt înglobate de microglie, cu participarea astrocitelor și leucocitelor. În timp ce au loc schimbări regresive, celulele Schwann proliferază în teaca conjunctivă care persistă, dând naștere unei coloane de celule neurogliale sub denumirea *cordoane Bungner*. Acest șir de celule servește drept ghid pentru conul de regenerare – mugurele axonal de creștere, care se formează în a 2-a – a 3-a zi în faza reparatorie, pe seama segmentului proximal. Microgliile care au fagocitat elementele tisulare lezate elaborează un polipeptid – factor de proliferare glială, ce stimulează proliferarea celulelor Schwann.

După schimbările regresive, segmentul proximal al axonului, care este conectat cu centrul trofic (pericarion), crește și se ramifică, formând numeroase filamente, ce avansează în direcția coloanei de celule Schwann. Mai târziu se formează mielina și fibra își restabilește caracterul inițial. În final, axonii pot să-și redobândească sensibilitatea. Aceste procese au loc în axonii din componența nervilor periferici. În creier și măduva spinării, acest fenomen de regenerare este anevoios și are loc foarte rar. Numai acele prelungiri care pătrund în coloanele de celule Schwann vor continua să crească și vor ajunge la organul efector. Dacă există o mare distanță între segmentul proximal și cel distal sau dacă segmentul distal dispare complet (ca în cazul amputațiilor), fibra nervoasă nou crescută poate forma o masă bulboasă, denumită impropriu *neurinom de amputație* (fig. 14).

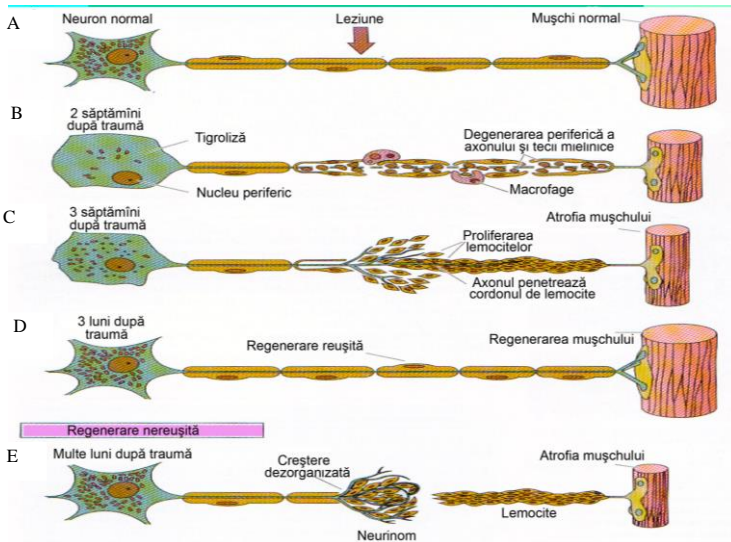


Fig. 14. Urmările leziunii axonului neuronului motor.

Sinapsele

Transmiterea impulsului nervos de la o celulă la alta se realizează prin sinapse, care sunt joncțiuni specializate de tip comunicant între doi neuroni, între neuron și organul efector sau receptor. Acest termen provine de la cuvântul *synapsis*, ce înseamnă unitate, unire. Sinapsele sunt dintre axon și dendrite și se vor numi *sinapse axodendritice*, dintre axon și corpul celulei nervoase – *sinapse axosomatie*, dintre axoni – *sinapse axoaxonice*, iar dintre dendrite – *sinapse dendrodendritice*. În ultimul

timp sunt descrise și sinapse dintre două corpuri de neuroni vecini, numite *sinapse somosomatice* (fig. 15).

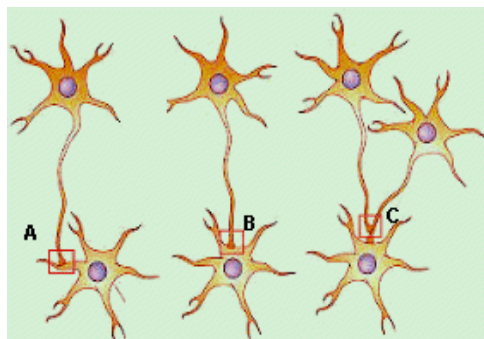


Fig. 15. **Tipuri de sinapse:** A – axodendritică, B – axosomatică, C – axoaxonică.

Sinapsa este un complex terminal cu o structură comună de organizare, alcătuit din trei componente: **terminația (membrana) presinaptică**, **spațiul sinaptic**, **dispozitivul (membrana) postsinaptic** (fig. 16). În funcție de mecanismul care stă la baza transmiterii impulsului la nivelul joncțiunii, distingem două tipuri de sinapse: **sinapse chimice**, activitatea cărora se bazează pe un anumit mediator chimic, și **sinapse electrice**, activitatea cărora se bazează pe transmiterea ionilor prin joncțiuni gap, realizându-se astfel cuplarea electrică. Acest tip de sinapse se întâlnește foarte rar la om și foarte des la amfibii.

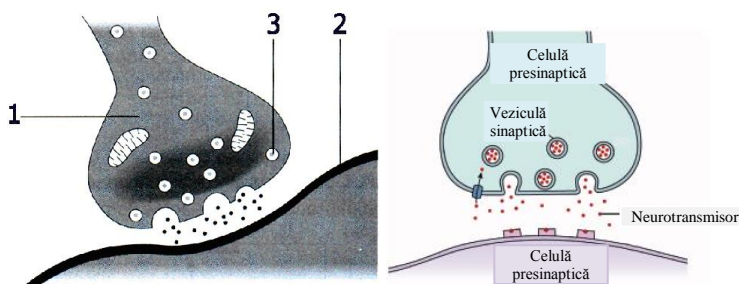


Fig.16. **Schema structurii unei sinapse:** 1– membrană presinaptică, 2 – membrană postsinaptică, 3 – veziculă sinaptică.

Sinapsele chimice se caracterizează prin prezența în membrana presinaptică dilatată a unui număr considerabil de **vezicule sinaptice** mici, cu diametrul de 40-65 nm, și a mitocondriilor, reticulului endoplasmatic neted și citoscheletului. Veziculele sinaptice conțin mediatori necesari pentru trimiterea excitației de la un neuron la altul. Din punct de vedere fiziologic, **mediatorul** este o substanță fiziologic activă, care se formează în pericarion, asamblată în vezicule și transmisă spre terminația axonală, ușor difundează în spațiul sinaptic, când impulsul nervos atinge membrana presinaptică. Se consideră că sinapsele cu vezicule presinaptice rotunde sunt sinapse excitatoare, iar cele cu vezicule turtite – sinapse inhibitoare. Sinapsele cu vezicule clare și cu diametrul de 40 nm sunt sinapse colinergice; ele produc acetilcolina – neuronii parasimpatici postganglionari și motoneuronii măduvei spinării. Cele cu vezicule de 50 nm și mai mari, cu un conținut dens, sunt sinapse monoaminergice – noradrenalina, norepinefrina, acidul gama-aminobutiric (GABA), acidul glutamic, dopamina, serotonina.

Terminațiile nervoase ce conțin catecolamine se întâlnesc la neuronii simpatici, ce inervează musculatura netedă, la unele celule nervoase din creier și la ganglionii intraorganici (intramurali). Cele cu vezicule mari, cu diametrul de 100 nm și cu un conținut dens, sunt neuropeptidergice. Ele se întâlnesc în sistemul hipotalamo-hipofizar și sunt implicate în diverse sisteme de comportament, durere, memorie, tulburări psihice, alimentație, temperatură, presiunea sanguină și altele.

Impulsul nervos, ajuns în membrana presinaptică, provoacă secreția mediatorului în spațiul sinaptic. Mediatorul acționează pe membrana postsinaptică, provocând schimbări în potențialul membranelor al plasmalemei neuronului receptor, adică depolarizarea sau hiperpolarizarea membranei postsinaptice. La atingerea pragului activității, apare impulsul nervos cu o amplitudine constantă, care se manifestă după principiul legii „totul sau nimic”. În regiunea membranei presinaptice sunt prezente formațiuni conice, numite *îngroșări paramembranoase presinaptice*, de care depinde selectarea contactelor dintre veziculele sinaptice și membrana presinaptică. Aceste formațiuni sunt dispuse pe o rețea hexagonală, contactează una cu alta și formează alveole, în care se adâncesc veziculele sinaptice înainte de a elimina mediatorul în spațiul sinaptic. În locul contactului dintre vezicula sinaptică și axolemă apare un orificiu cu diametrul de 20 nm, numit *sinaptopor*, prin care se elimină mediatorul. Sunt câteva ipoteze de eliminare a mediatorului: mediatorul se expulzează din vezicula sinaptică

în sinaptopor, iar vezicula reciclează în citoplasmă și din nou se umple cu mediator; mediatorul se elimină după tipul merocrin de secreție ș.a.

Resinteza mediatorului are loc în citoplasmă.

Terminațiile nervoase

Toate fibrele nervoase se termină cu **terminații nervoase**, care, după semnificațiile lor funcționale, se împart în trei grupe: **terminații efectoare**, **terminații receptoare** (aferente sau senzitive) și **aparate terminale**, ce formează sinapsele care asigură legătura dintre neuroni (fig. 17).



Fig. 17. Terminațiile nervoase libere: încapsulate și neîncapsulate.

Terminațiile nervoase efectoare sunt de două tipuri: motoare și secretoare. Fibrele nervoase se termină nu doar pe neuroni, ci și pe fibrele musculare, miocite, celulele secretoare, formând terminații nervoase efectoare. Aceste terminații sunt organizate diferit, în funcție de țesuturile pe care le inervează.

Terminațiile nervoase efectoare sunt formate de axonii neuronilor motori din coarnele anterioare ale măduvei spinării (sistemul nervos somatic) sau de axonii neuronilor motori ai sistemului nervos vegetativ. Terminațiile nervoase motoare de pe fibrele musculare striate se numesc **terminații neuromusculare** sau **plăci motoare**. Fibra nervoasă mielinică, apropiindu-se de fibra musculară, pierde teaca mielinică și se ramifică în câteva ramuri subțiri, care se afundă în fibra musculară, iar membrana bazală a fibrei nervoase continuă în membrana bazală a fibrei musculare. Axolema terminației nervoase constituie membrana presinaptică. Butonul terminației axonale conține o cantitate mare de mitocondrii și vezicule sinaptice cu acetilcolină, dispuse în grupuri lângă membrana

presinaptică. Membrana postsinaptică prezintă porțiunea opusă a sarcolemei fibrei musculare. Ea formează multiple cute mici suplimentare. Fibra musculară aici nu are striație tipică și se caracterizează prin abundență de mitocondrii, aglomerări de nuclee rotunde sau puțin ovale. Sarcoplasma cu mitocondriile și nucleele formează în comun porțiunea postsinaptică a sinapsei. La excitația fibrei nervoase, acetilcolina trece din veziculele sinaptice în spațiul sinaptic spre colinoreceptorii membranei musculare postsinaptice, inițiind excitarea ei. În spațiul sinaptic, acetilcolina este descompusă de fermentul acetilcolinesterază din membrana postsinaptică, limitându-i astfel durata de acțiune. Terminațiile nervoase motoare din țesutul muscular neted sunt mai simple după structură. Aici fasciculele subțiri de axoni sau terminațiile lor solitare, trecând printre celulele musculare, formează dilatări cu aspect varicos, ce conțin vezicule presinaptice colinergice sau adrenergice.

Terminațiile nervoase secretoare au o structură simplă. Dilatările terminale ale membranei presinaptice cu veziculele sinaptice, care conțin în special acetilcolină, se apropie de celulele secretoare și se afundă în ele, însă plasmalema celulei secretoare nu este întreruptă de ramificațiile axonului.

Terminațiile nervoase receptoare (senzitive) reprezintă aparatele terminale ale dendritelor neuronilor senzitivi și sunt diseminate pe toată suprafața organismului, asigurând sensibilitatea somatoviscerală. Butonii lor terminali, de tip postsinaptic, convertesc în potențial de acțiune stimulii mecanici (presiunea, tracțiunea), termici sau chimici. Ele recepționează diferite excitații atât din mediul extern, cât și din organele interne. În consecință, toți receptorii se împart în două grupe mari: **exteroreceptori** și **interoreceptori**. În funcție de excitația specifică recepționată de receptor, toate terminațiile nervoase se împart în mecanoreceptori, baroreceptori, hemoreceptori, termoreceptori ș.a.

După particularitățile morfologice, terminațiile nervoase senzitive se împart în: **terminații libere**, adică dispuse liber între celulele țesutului inervat și constituite numai din ramificațiile terminale ale cilindraxului, și **terminații nelibere**, în componența cărora intră toate structurile fibrei nervoase, adică ramificațiile cilindraxului și celulele nevroglii.

Principala deosebire dintre terminațiile nervoase libere și cele nelibere este aceea că primele sunt lipsite de terminații specializate, pe când ultimele posedă o specializare strictă la recepția diferitor factori fizici și chimici.

Dacă terminațiile nervoase nelibere sunt îmbrăcate într-o capsulă de țesut conjunctiv, ele se numesc *terminații încapsulate*, iar dacă nu conțin această capsulă, se numesc *terminații neîncapsulate*. În terminațiile nervoase încapsulate, impulsul apare datorită acțiunii excitantului asupra celulelor gliale, incluse în această capsulă, schimbările cărora provoacă apariția impulsului în neuronul corespunzător (*fig. 18*).

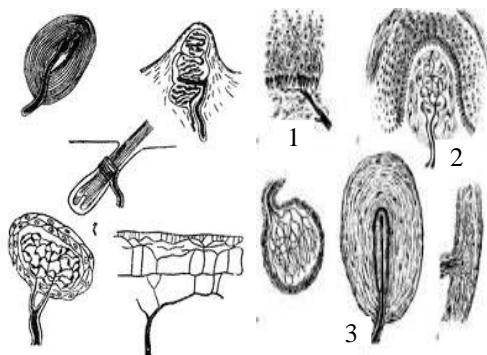


Fig. 18. Terminații nervoase libere (1), neîncapsulate (2) și încapsulate (3).

Este necesar de menționat că la om și animale există multe senzații formate în urma recepționării celulelor senzitive specializate, însă o mare parte din aceste excitații este reținută în sectoarele inferioare ale SNC și ele nu sunt recunoscute. Doar o mică parte din excitații ating scoarța creierului și rezultă cu sinteza senzației.

Morfologia celulelor senzitive speciale din receptori este foarte diferită, în funcție de specificul semnalelor sesizate de aceste celule. Receptorii sunt foarte diferiți atât după formă, cât și după semnificația funcțională.

Terminațiile nervoase libere sunt caracteristice pentru epiteliu. În acest caz, fibrele nervoase mielinice, ajungând la stratul epitelial, își pierd mielina, iar cilindraxul lor pătrunde în epiteliu, unde se ramifică între celulele epiteliale în ramuri terminale fine. Epiteliul pluristratificat conține terminații, în componența cărora, în afară de ramificările neuronilor, intră și celule specifice. Celulele epiteliale specifice modificate se numesc *epiteliocite tactile*. Ele se deosebesc de alte celule epiteliale prin citoplasmă clară, prezența granulelor osmiofile și nucleu aplatizat, care poate avea formă de haltere sau bastonaș, culoare întunecată. Ramificările terminale ale fibrelor nervoase se apropie de aceste celule, formând în

jurul lor o plasă fibrilară fină. Discurile tactile sunt situate în regiunile cele mai sensibile ale pielii.

Receptorii din țesutul conjunctiv sunt foarte variați. Marea lor majoritate sunt constituiți din ramificațiile mai mult sau mai puțin abundente ale cilindraxului, sub formă de arborizații. De regulă, în componența acestor aparate terminale intră și leucocitele, care însoțesc fiecare ramificație. Receptorii încapsulați din țesutul conjunctiv sunt formați din ramificațiile cilindraxului, juxtapuse pe celulele gliei și acoperite de o capsulă conjunctivă (*fig. 19*).

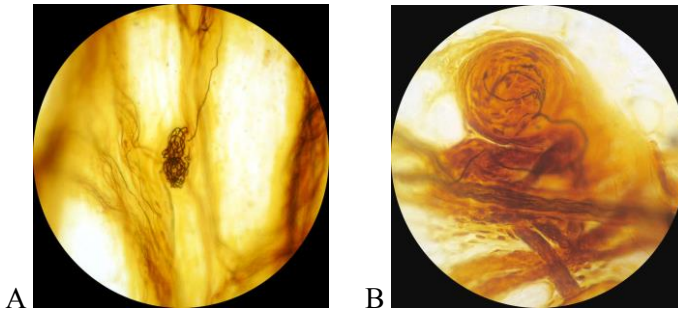


Fig. 19. A – terminație nervoasă liberă; B – terminație nervoasă nonliberă.

O atare terminație poate constitui corpusculul nervos lamelar Vater-Pacini, foarte răspândit în pernuțele degetelor, peritoneu, glanda mamară, intestine și în alte organe interne. În centrul corpusculului este situat conul intern, constituit din celule gliale.

Corpusculii sunt situați în hipoderm, aparatul locomotor, viscere, mezenter, țesutul conjunctiv al organelor retroperitoneale și în adventicia vaselor. Au formă ovală sau piriformi, de dimensiuni milimetrice (cca 12 mm). Capsula, bogată în fibre elastice, învește dispozitivul diferențiat. Fibra nervoasă mielinică senzitivă, apropiindu-se de corpusculul nervos lamelar, pierde teaca mielinică și se ramifică în fibre foarte fine, ce contactează cu celulele gliale. La exterior, corpusculul este acoperit de o capsulă, constituită dintr-un număr mare de plăci conjunctive, care conțin fibrile și celule. Între ele se află lichid interstițial. Corpusculii lamelari sunt mecanoreceptori, înregistrând presiunile mari și vibrațiile.

Corpusculii tactili Meisner intră în componența papilelor dermice și fac parte din terminațiile nervoase senzitive încapsulate. Sunt ovali (aproximativ 100-140 mm), au capsulă subțire și conțin, dispuși axial, un teanc de 5-10 celule gliale epitelioid, turtite. Între ele, un filet amielinic cu

traiect spiralat, rezultat prin distribuirea unei fibre nervoase senzitive la mai mulți corpusculi, emite ramificații butonate, stabilind sinapse cu celulele gliale, și înregistrează presiuni fine. În această grupă intră și corpusculii genitali de formă rotundă și cu câteva fibre ramificate în capsulă. Corpusculii tactili sunt alcătuiți din oligodendrogliocite, aranjate perpendicular față de axul longitudinal al corpusculului. Fibra nervoasă mielinică își pierde mielina și se ramifică în câteva ramuri terminale, care contactează cu suprafața celulelor gliale. Capsula de țesut conjunctiv este foarte subțire și-i formată în special din fibre colagene. În organismul uman sunt răspândiți și corpusculii (colbele) Krauze, termoreceptori pentru rece. Asemănători corpusculilor tactili Vater Pacini sunt corpusculii mici lamelari Golgi Mazzoni, tensioreceptori în mucoase și în zonele tegumentare cu mare sensibilitate. O structură intermediară au corpusculii elongați Ruffini, din derm, constituiți de asemenea din cilindrax, conul intern și capsulă. Ei recepționează excitațiile termice pentru cald.

Receptorii din mușchii scheletali poartă denumirea de *fus neuromuscular*; ei înregistrează schimbările de lungime a fibrelor musculare și viteza acestor schimbări. Receptorii din tendoanele mușchilor se numesc *fus neurotendinos*; ei se ramifică abundent pe suprafața fibrelor musculare, înconjurându-le în formă de spirală. Aceste fibre se numesc *fibre intrafuzale* și sunt incluse într-o capsulă de țesut conjunctiv extensibilă. Ele reacționează la tensiunea acordată tendonului în timpul contractării mușchilor. Fibrele musculare din afara capsulei se numesc *fibre extrafuzale* și reprezintă proprioreceptorii.

Fusurile neurotendinoase se localizează, de obicei, în locurile de unire a mușchilor cu tendoanele. Fasciculele colagene ale tendonului, unite cu câte 10-15 fibre musculare, sunt înconjurate de o capsulă de țesut conjunctiv. Spre fusul neurotendinos vine o fibră mielinică groasă, care își pierde mielina și formează terminații ramificate între fasciculele de fibre colagene ale tendonului. Semnalul din fusul neuromuscular, inițiat de încordarea mușchilor, excită neuronii inhibitori din măduva spinării. Aceștia, respectiv, inhibă neuronii motori, preîntâmpinând astfel supraextinderea mușchiului.

Visceroreceptorii. Mecanoreceptorii. Plexurile nervoase și terminațiile libere, prezentând uneori corpusculi terminali de tipul discurilor tactile situate în pereții inimii, trunchiului carotidian și vaselor mari, sunt baroreceptori ai reglării reflexe a tensiunii arteriale; rețeaua nervoasă a alveolelor pulmonare reprezintă tensioreceptorul reglării

reflexe a respirației, iar corpusculii lamelari din vecinătatea viscerelor și vaselor mari sunt receptori ai reflexelor de reglare a circulației locale.

Chemoreceptori sunt glomerulul carotidian, lenticular, de dimensiuni milimetrice, care constă din insule bogat vascularizate, de celule epiteliale, și glomerulul aortic, care constă din două formațiuni similare, cuprinse în țesutul conjunctiv dintre aortă și trunchiul pulmonar. Celulele elaborează catecolamine și fac sinapse cu arborizațiile terminale ale unor fibre aferente din nervul glosofaringian sau din nervul vag și generează stimuli, care inițiază reglarea reflexă a respirației.

Noțiuni despre arcul reflex

Sistemul nervos este format dintr-un număr mare de neuroni. Fibrele nervoase pătrund în toate țesuturile organismului, formând numeroase aparate terminale receptoare și eferente. Sub influența proceselor care se desfășoară în diferite organe și sub acțiunea excitațiilor din mediul înconjurător se nasc impulsurile nervoase în terminațiile senzitive. Aceste impulsuri sunt transmise direct prin intermediul neuronilor intercalari precum și al neuronilor SNC spre celulele nervoase motoare, adică eferente, și prin terminațiile lor spre organul efector. Lanțul de neuroni conectați între ei prin sinapse, care asigură transmiterea impulsului nervos de la receptorul neuronului sensibil până la terminațiile eferente, localizate în organul lucrător, poartă denumirea de *arc reflex* (fig. 20). Cel mai simplu arc reflex este alcătuit din 2 neuroni: sensibil și motor. În majoritatea cazurilor, între neuronul sensibil și cel motor se află un neuron intermediar (intercalar) sau de asociație.

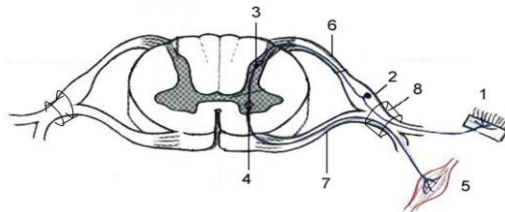


Fig. 20. **Arc reflex simplu:** 1 – receptor cutanat; 2 – ganglion spinal; 3 – neuron sensibil; 4 – neuron motor; 5 – mușchi striat; 6 – rădăcină dorsală; 7 – rădăcină ventrală; 8 – nerv spinal.

Modificări de vârstă

Modificările din țesutul nervos țin de maturizarea lui. La nou-născuți este caracteristic raportul înalt dintre nucleul și citoplasma neuronilor. Cu vârsta, datorită creșterii volumului citoplasmei, neuronii se măresc în volum. În același timp, crește și numărul joncțiunilor sinaptice.

La adulți, în scoarță numărul neuronilor scade respectiv la o unitate de suprafață. Această scădere este generată de moartea unor neuroni și de proliferarea fibrelor nervoase și a nevrogliei. La senilitate, modificările respective depind în primul rând de modificările sclerotice ale vaselor sanguine cerebrale. Pia mater și arahnoida la bătrâni se îngroașă. În componența lor pot apărea sedimente calcaroase. Au loc atrofierea scoarței emisferelor mari și scăderea numărului neuronilor la unitatea de suprafață, fapt ce ține direct de moartea celulelor. Neuronii se micșorează în dimensiuni și pierd parțial substanța bazofilă, nucleeele lor devin mai compacte, iar corpurile lor – neregulate. În neuronii din diferite regiuni ale sistemului nervos se acumulează granule de lipofuscină.

SISTEMUL NERVOS

Sistemul nervos asigură reglarea tuturor proceselor vitale în organism și corelarea funcției lui cu mediul extern. Sistemul nervos cuprinde organele periferice (ganglionii nervoși și nervii), care alcătuiesc în ansamblu sistemul nervos periferic, și organele nevraxului (măduva spinării și encefalul), care constituie sistemul nervos central. **Sistemul nervos** este „centrul de comandă” al ființei noastre, este locul de unde pornesc și unde sunt primite influxurile nervoase, este cel care controlează acțiunile și senzațiile fiecărei părți din organism, care coordonează gândirea, emoțiile și memoria. Este format din sistemul nervos central (SNC) și sistemul nervos periferic (SNP). SNC cuprinde, la rândul său, creierul, trunchiul cerebral, creierul mic (cerebelul) – toate acestea formează encefalul și măduva spinării, localizată la nivelul coloanei vertebrale. Fiecare parte a encefalului îndeplinește un rol specific: creierul mic controlează coordonarea mișcărilor corpului, trunchiul cerebral supraveghează activitatea inimii și a plămânilor, emisferele cerebrale fac posibilă conștientizarea senzațiilor/emoțiilor, precum și dezvoltarea facultăților intelectuale. Așadar, cele două sisteme, SNC și SNP, acționează sincron, pentru integrarea informației senzoriale, pentru controlul motor și pentru managerierea funcțiilor cognitive.

Sistemul nervos periferic. Nervul

Fibrele nervoase, după ce ies din nevrax sau în afara lui, se grupează, prin intermediul țesutului conjunctiv, în mănușuri nervoase, constituind nervii.

Nervii pot fi senzitivi (alcătuiți numai din fibre senzitive), motori (numai din fibre motoare) și micști (din fibre senzitive și motoare).

Fibrele amielinice, spre deosebire de cele mielinice, tind să se asocieze în fascicule mai mici; unele dintre ele sunt fibre senzitive ale ganglionului spinal, iar altele – fibre postganglionare simpatice.

Un filet nervos este delimitat de o teacă de țesut conjunctiv dens lamelar, numită *perinerv*, din care pornesc septuri fine de țesut conjunctiv, ce constituie *endonervul* și delimitează fasciculele nervoase mai subțiri; endonervul se termină în contact cu neurilema. La exterior, nervul este acoperit de *epinerv* (fig. 21). Prin intermediul țesutului conjunctiv, care

participă la organizarea nervului, pătrund vasele sanguine și limfatice, ce îi asigură troficitatea. Epinervul este bogat în fibroblaste, macrofage și celule adipoase.

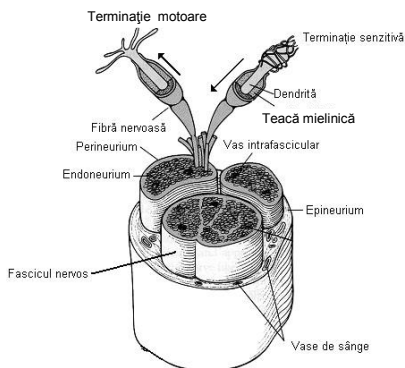


Fig. 21. Structura nervului mixt.

Degenerarea și regenerarea nervilor periferici

Nervii pot prezenta procese degenerative cu caracter reversibil sau ireversibil și procese regenerative, ce survin mai ales în regiunile traumatizate.

În leziunile traumatizate prin strivire, în care teaca endoneurală este păstrată, rezultatele regenerării sunt mai bune decât în leziunile provocate prin secționare, când continuitatea nervului se întrerupe. Totuși, la tineri, leziunile provocate prin secționare se refac mai bine, mai ales când este posibilă apropierea capetelor și suturarea tecilor neurale. În toate leziunile acestea de nerv periferic, structurile inițial lezate sunt fibrele nervoase, după care apar și modificări ale pericarionului. Alterările degenerative ale segmentului distal constituie degenerescență secundară, iar ale segmentului proximal – degenerescență retrogradă, ce implică și alterarea pericarionului.

Degenerescența secundară se realizează în cel puțin patru săptămâni și duce la dezintegrarea completă a fibrelor nervoase distale. Axonul devine retractat, apoi se fragmentează, iar mielina se dezintegrează. Resturile de neurit și de mielină sunt fagocitate de celulele Schwann, ce au proliferat între timp.

Degenerescența retrogradă interesează fibra proximală și pericarionul. Începe în 24 ore de la secționare, atinge maxima în 7 zile și se termină după 21 zile. Modificările de dezintegrare a neuritului și tecii de mielină se extind

în mod retrograd până la prima sau cel mult a 2-a strangulație Ranvier. Concomitent, celulele Schwann proliferază. Pericarionul prezintă cromatoliză, iar nucleul se deplasează spre periferie. Se produce o imbibiție apoasă a pericarionului, ce duce la creșterea volumului celulelor.

Dacă leziunea este reversibilă, se restabilește sinteza de ARN și proteine, iar celula devine capabilă să-și regenereze prelungirile. În leziunile ireversibile neuronul moare și se dezintegrează, fiind fagocitat de microglie.

Regenerarea fibrelor nervoase presupune conservarea tecilor endoneurale, absența hemoragiilor și a suprainfecțiilor. În primul rând, este necesară restabilirea continuității fibrelor secționate, care se realizează prin proliferarea celulelor Schwann, atât la nivelul segmentului distal, cât și al celui proximal. Se formează o serie de tunele distale și proximale, ce fuzionează și restabilesc continuitatea. Dacă pericarionul nu este compromis, axonul crește din segmentul proximal cu o viteză de 0,5-3,0 mm pe zi, pătrunde în tunele, inhibă proliferarea celulelor Schwann, stimulându-le pe cele existente să formeze teaca de mielină. Procesul de regenerare se realizează în aproximativ trei luni.

Considerații clinice. În cazul în care neuritul nu se regenerează, celulele Schwann proliferază și formează o tumoră (neurinom sau schwannom de amputație). La suprainfecții, celulele conjunctive endoneurale proliferază mai rapid decât celulele Schwann și se produce vindecarea prin cicatrizare.

Procesul de regenerare a fibrelor nervoase centrale decurge mai puțin favorabil din cauza absenței unui strat continuu de celule gliale adiacente, care să formeze tunelele de legătură. În leziunile extinse, continuitatea nervilor se restabilește prin transplant de nerv.

Ganglionii nervoși (cranieni, spinali sau rahidieni și vegetativi) iau naștere în cursul dezvoltării ontogenetice din crestele neurale și reprezintă niște aglomerări de neuroni cu fibre nervoase.

Ganglionul spinal este o formațiune nervoasă, intercalată pe traiectul căilor senzitive, ce vin de la periferie spre măduva spinării. În arhitectonica unui ganglion spinal se distinge o capsulă conjunctivo-vasculară, ce reprezintă continuarea epinervului, o zonă corticală și una axială. Din capsulă se desprind septuri de țesut conjunctiv cu vase sanguine. Zona corticală conține celule nervoase (neuroni) pseudounipolare predominante și multipolare, fibre nervoase fiind puține. În zona axială

predomină fibre nervoase endo- și exogene, neuronii fiind localizați izolat sau în grupuri mici (fig. 22).

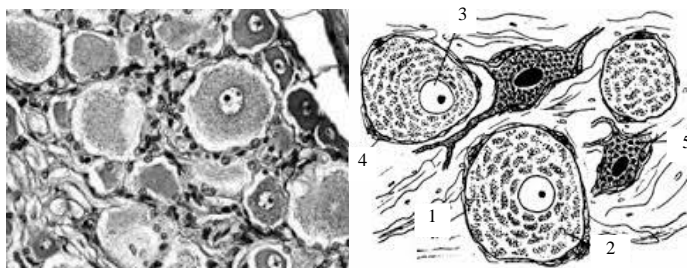


Fig. 22. **Structura ganglionului spinal:** 1 – neuron pseudounipolar, 2 – corpuscul Nissle, 3 – nucleu, 4 – neurilemă, 5 – celulă satelită.

Neuronii senzitivi, pseudounipolari, sunt celule mari, rotunde și reprezintă majoritatea neuronilor din acești ganglioni. Conțin un nucleu sferic, central; corpusculul Nissle are aspect granular. Prelungirea neuronului după ce face un ghem în zona de emergență se împarte în două ramuri mielinizate: una dendritică, ce duce la periferie, și alta axonică, care intră în nevrax. Neuronii viscerosenzitivi, de talie mică, sunt celule mici, rotunde, cu aspect mai întunecat decât tipul precedent. Prelungirile lor se divid în două ramuri subțiri cu sau fără teacă mielinică.

Stroma ganglionului spinal este de origine glio-conjunctivo-vasculară și formează o capsulă fină din fibre reticulare și colagene. Celulele gliale satelite sunt dispuse în jurul corpului celulelor nervoase.

Ganglionul vegetativ (simpatic) are o origine și o structură asemănătoare cu ale celui spinal, însă cu predominanța neuronilor multipolari, dendritele cărora au lungimi diferite și formează o rețea, care, împreună cu fibrele nervoase, constituie glomerulul. Demarcația dintre zona corticală și cea axială nu este atât de evidentă ca în ganglionul spinal, iar elementele neuronale sunt răspândite printre fibrele nervoase, care pot fi mielinice și amielinice. Ganglionii nervoși simpatici sunt localizați paravertebral (lanțul simpatic), para- și intravisceral, intramural (în pereții organelor cavitare).

Sistemul nervos central se dezvoltă din tubul neural de origine ectodermică și este format din două segmente principale: unul cranian, sub formă de veziculă, din care se formează **encefalul**, și altul caudal, cilindric, din care se va dezvolta **măduva spinării**. Canalul central al tubului neural va forma **ventriculele cerebrale** și **canalul ependimar medular**.

Prin proliferarea, maturizarea și diferențierea celulelor primordiale ale sistemului nervos central – celulele neuroepiteliale (neuroectodermale) – se constituie cele două substanțe caracteristice – albă și cenușie. Prin această proliferare se constituie trei zone celulare:

1. **Zona germinativă** sau **bazală** – situată în jurul canalului central: este formată din celule neuroepiteliale în proliferare activă. Aici are loc diferențierea atât a celulelor neurale tinere (neuroblaste), cât și a celulelor gliale (glioblaste). Aceste elemente apoi migrează periferic și formează zona paleală.

2. **Zona paleală** sau **medie**, în care are loc maturizarea tuturor celulelor nervoase, neuronale și gliale.

3. **Zona externă** sau **vălul marginal** este formată din prelungirile neuronilor din zona paleală și astrocitele migrate periferic

Structura generală a organelor SNC

Microscopic, aceste organe conțin capsulă, trabecule, substanță cenușie și substanță albă – toate bogat vascularizate. **Capsula** este reprezentată de **pia mater** – foița conjunctivă internă a meningelui. **Trabeculele** fine provin din capsulă și conduc vasele sanguine în masa nervoasă a organului. **Substanța cenușie** își datorează culoarea unei bogate vascularizații, prezenței corpurilor neuronilor și absenței mielinei. Substanța cenușie poate avea o topografie periferică în organ, sub **pia mater**, fapt pentru care este denumită și **scoarță** (creier, cerebel), sau este situată central, ca la măduva spinării. În unele organe ale SNC, în substanța albă sunt prezente arii de substanță cenușie, variate ca formă și mărime, denumite **nuclee cenușii** (cerebeloase, bulbare).

În structura substanței cenușii se disting următoarele componente: neuronii (motori, senzitivi, asociativi); fibrele nervoase – endogene (prelungirile neuronilor autohtoni) și exogene (prelungirile neuronilor din alte centre nervoase). În substanța cenușie predomină fibrele nervoase amielinice; neuroglia astrocitară protoplasmatică și fibroasă, microglia, oligodendroglia, vase sanguine de calibru mic, cuprinse în trabecule; capilare delimitate de membrane gliale.

Substanța albă este situată fie în zona centrală a organului nervos, fie la periferia substanței cenușii, sub **pia mater**. Culoarea albă este datorată membranei mielinice a fibrelor nervoase mielinice. În structura substanței albe se găsesc următoarele componente: fibre nervoase, predominant mielinice, oligodendroglia mielinoformatoare, neuroglia astrocitară fibroasă, vase sangvine și capilare, cuprinse în trabecule de țesut conjunctiv.

Măduva spinării

Măduva spinării apare ca un cilindru învelit de meninge și situat în canalul rahidian. Între canalul osos și *dura mater* există spațiul subdural, plin cu țesut conjunctivo-adipos, bogat în vase sanguine. În porțiunea anterioară măduva spinării prezintă o înfundătură – scizura sau șanțul anterior, iar în cea dorsală – scizura sau șanțul dorsal, care împart măduva spinării în două jumătăți simetrice (fig. 23).

Substanța cenușie, situată central, apare în secțiuni transversale în formă de litera „H” sau de fluture, căreia i se descriu două coarne anterioare, scurte și groase, și două coarne posterioare, lungi și subțiri. Între regiunea cervicală inferioară și cea dorsală superioară există și două coarne laterale, anexate celor anterioare. Substanța albă este împărțită de către coarnele cenușii în trei perechi de cordoane: anterioare, laterale și posterioare.

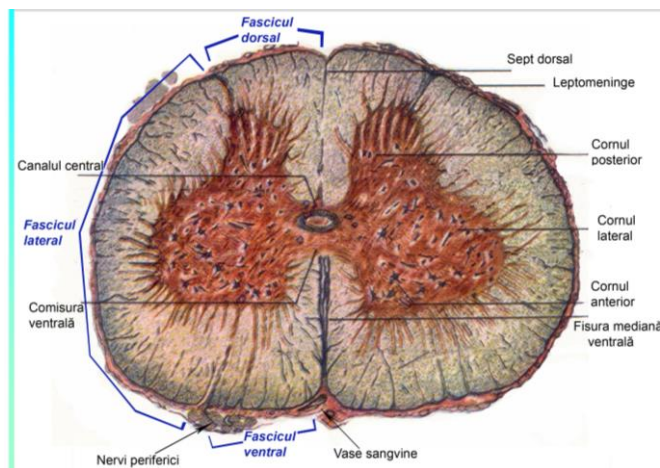


Fig. 23. Secțiune transversală prin măduva spinării.

Neuronii coarnelor anterioare sunt reprezentați de neuronii motori, denumiți și *radiculari*, pentru că prelungirile lor axonice trec în substanța albă, se mielinizează și formează apoi rădăcinile anterioare motoare ale nervilor rahidieni. Sunt neuroni de talie mare (40-150 μm), de formă stelată, multipolari, prevăzuți pe suprafață cu numeroși „spini” – locuri de sinapse. Acești neuroni sunt concentrați în două nuclee: anterior lateral și anterior medial. Sunt mai numeroși în două zone mai dezvoltate ale coarnelor anterioare – cervicală și lombară. În ansamblu, acești neuroni formează **dispozitivul motor** al măduvei spinării.

Histofiziologic, neuronii sunt clasificați în trei tipuri: motoneuronii alfa fazici, alfa tonici și gama. Motoneuronii alfa fazici au conducție rapidă, sunt prevăzuți cu axoni, ce se termină la nivelul joncțiunilor neuromusculare (plăcilor motoare) ale fibrelor musculare striate. Dendritele lor fac sinapse cu axonii neuronilor piramidali (fascicule piramidale), cu axonii neuronilor asociativi, intercalari și funiculari. Motoneuronii alfa tonici au o conducție lentă, sunt de talie mică și axonii lor se termină în gheară (grapă) pe miocitele țesutului muscular neted. Acești neuroni au fost numiți de Sherington „calea finală comună”, deoarece toate semnalizările motoare, primite de ei, se transmit prin rădăcinile anterioare organelor efectoare musculare.

Motoneuronii gama sunt de talie mică, axonii lor se termină pe fibrele fusale ale corpusculilor neurotendinoși, prin așa-numitele „bucle gama”.

Neuronii asociativi reprezintă o altă varietate de neuroni ai coarnelor anterioare ale măduvei spinării și sunt de două tipuri: neuroni funiculari și neuroni Golgi tip II (cu axon scurt). Neuronii funiculari sunt de talie mică, mulți dintre ei având axon lung, ce trece în substanța albă, unde se bifurcă într-o ramură descendentă și una ascendentă, care, după un anumit traiect, revin în substanța cenușie, realizând legături între anumite etaje ale măduvei spinării – homo- și heterolaterale. Neuronii Golgi tip II (cu axon scurt) sunt mici. Prelungirile lor părăsesc substanța cenușie, stabilind legături între diferiți neuroni somatomotori.

Neuronii coarnelor posterioare (dorsale). Dispozitivul senzitiv al măduvei spinării este concentrat în coarnele posterioare. Porțiunea periferică a unui corn posterior conține o lamă subțire de substanță albă – zona Lissauer, după care urmează zona Waldauer, bogată în neuroni mici cu axon scurt, care se termină în căile intersegmentare. Această zonă se continuă cu substanța Rolando, bogată în neuroni mici, ai căror axoni se termină în cordonul lateral și în cel posterior. Porțiunea superioară internă a cornului posterior, mai bombată, formează zona Clarke, bogată în neuroni mari, globulari, cu dendrite bogat ramificate și axon lung, gros, care intră în componența fasciculului cerebelos direct. La baza cornului posterior, în nucleul propriu, neuronii sunt multipolari, de talie mijlocie. Axonul lor participă la formarea fasciculului cerebelos încrucișat cu sensibilitate interoceptivă.

Dendritele de la majoritatea neuronilor senzitivi din cornul posterior fac sinapsă cu axonii celulelor pseudounipolare din ganglionii

rahidieni (spinali), veniți prin rădăcinile posterioare. Axonii acestor neuroni trec apoi în substanța albă, unde formează cordoanele Goll și Burdach, care fac sinapse prin colaterale cu celulele vegetative efectoare din coarnele laterale.

Neuronii coarnelor laterale constituie dispozitivul vegetativ, visceromotor al măduvei spinării. Neuronii respectivi au un pericarion oval sau fusiform. Prin dendrite ei stabilesc conexiuni cu colateralele axonice ale neuronilor senzitivi din coarnele posterioare. Axonii trec în coarnele anterioare, unde se alătură celor somatomotori din rădăcinile anterioare sub denumirea de *fibre preganglionare* și se termină în ganglionii prevertebrali.

Răspândiți în substanța cenușie sunt neuronii asociativi cu un pericarion mic, triunghiular, sărac în substanță tigroidă, care stabilesc conexiuni între neuronii senzitivi și motori. După regiunea unde se termină axonul lor, ei se clasifică în: neuroni tautomeri – axonul rămâne în aceeași parte cu pericarionul; neuroni heteromeri – axonul trece în jumătatea vecină a măduvei spinării; neuroni hecatomeri – axonul se bifurcă și ajunge într-un etaj superior sau inferior de aceeași parte sau de partea opusă a măduvei spinării. Axonii lor formează în substanța albă fascicule fundamentale.

Nevroglia substanței cenușii este de doua tipuri: ependimară (căpтуșește ventriculele și canalul măduvei spinării) și astrocitară protoplasmatică (răspândită în toată substanța cenușie, însă abundă în substanța gelatinoasă).

Substanța albă este constituită din fibre nervoase predominant mielice endo- și exogene, care se dispun în fascicule și sunt parte componentă a cordoanelor anterioare și laterale. Într-un fascicul, fibrele nervoase au aceleași origine, traiect și terminație. Nevroglia substanței albe este formată din oligodendroglii și glia astrocitară fibroasă.

Vascularizația. Măduva spinării este vascularizată de arteriole, ce provin dintr-un plex perimedular, format din ramificațiile arterelor spinale, care străbat radiar substanța albă și se capilarizează într-o rețea bogată în substanța cenușie. Sângele din capilare este drenat spre o rețea venoasă perimedulară, din care se formează venele medulare.

Funcțiile măduvei spinării au la bază activitatea reflexă de tip simplu. Excitațiile care vin pe calea rădăcinilor posterioare ajung la neuronii senzitivi, care, prin intermediul celulelor nervoase motoare, asigură funcționarea fiecărui segment metameric al organismului. Prin intermediul celulelor nervoase asociative, arcul reflex poate interesa etaje

diferite ale măduvei spinării. La nivelul ei se creează condiția de transmitere a sensibilității la centrii supramedulari, de la care măduva primește comanda efectoare. Un arc reflex simplu comportă 2 neuroni: unul receptor (senzitiv) și unul efector, însă majoritatea arcurilor reflexe conțin și un neuron asociativ.

Într-un arc reflex simplu somatic, neuronul senzitiv se află într-un ganglion spinal, neuronul conector este de tipul Golgi II și se află în substanța cenușie, neuronul motor se află în coarnele anterioare, iar axonul acestuia formează rădăcinile anterioare și merge la un mușchi.

Într-un arc reflex vegetativ, neuronul senzitiv se află tot în ganglionul spinal, cel asociativ – în cornul intermediar (lateral), de unde trimite axonul prin rădăcinile anterioare (alături de axonii neuronilor motori) și ajunge ca fibră nervoasă mielinică preganglionară la al treilea neuron – visceromotor, situat în unul din ganglionii simpatici.

Trunchiul cerebral

Trunchiul cerebral reprezintă o structură de conexiune între măduva spinării și emisferile cerebrale, fiind format din bulb, puntea lui Varoli și pedunculii cerebrali. Substanța cenușie este localizată central, iar cea albă – periferic. Datorită încrucișărilor fibrelor descendente motoare și a celor ascendente senzitive, substanța cenușie apare fragmentată, sub formă de coloane scurte sau nuclee, ce reprezintă nuclee proprii și nuclee echivalente formațiunilor medulare. Substanța albă conține prelungirile neuronilor din nucleele proprii și fibrele nervoase ascendente, provenite din măduva spinării, cât și cele descendente ce-și au originea în nucleele motoare din etajele superioare (fig. 24).

Din punct de vedere histologic, structura trunchiului cerebral este asemănătoare cu cea a măduvei spinării. Două nuclee prezintă aspecte particulare: nucleul negru (substanța nigra), ce conține din abundență pigment melanic, și nucleul roșu (substanța rubra), constituit din neuroni de talie mijlocie, cu o mare cantitate de lipofuscină.



Fig. 24 . Trunchiul cerebral.

Substanța reticulară

Substanța reticulară devine complet constituită la nivelul trunchiului cerebral și se întinde până la hipotalamus. Ea reprezintă mai curând o entitate fiziologică decât morfologică, fiind situată în spațiile dintre structurile proprii ale trunchiului cerebral și formată dintr-o împletitură de neuroni și fibre nervoase amielinice. Neuronii apar izolați sau aglomerați, constituind nucleele substanței reticulare.

Considerații clinice. La nivelul substanței reticulare se realizează filtrarea și adaptarea adecvată atât a aferențelor senzitive, cât și a eferențelor motoare. În acest fel se exercită o acțiune de control atât asupra scoarței cerebrale, cât și asupra neuronilor motori din coarțele anterioare ale măduvei spinării.

Cerebelul

Cerebelul (fig. 25, 26) reprezintă organul central de echilibru, coordonare și reglare a mișcărilor. El comunică cu trunchiul cerebral prin intermediul fasciculelor căilor nervoase aferente și eferente, ce alcătuiesc trei perechi de pedunculi cerebelari. Suprafața cerebelului prezintă șanțuri profunde, care delimitează lobi și formează, la secțiune, tabloul caracteristic pentru cerebel – „arborele vieții”. Masa principală a cerebelului o reprezintă substanța cenușie; fiind situată la suprafață, ea formează scoarța lui. Substanța albă se află în interior, într-o cantitate redusă, reprezentată printr-o fâșie.

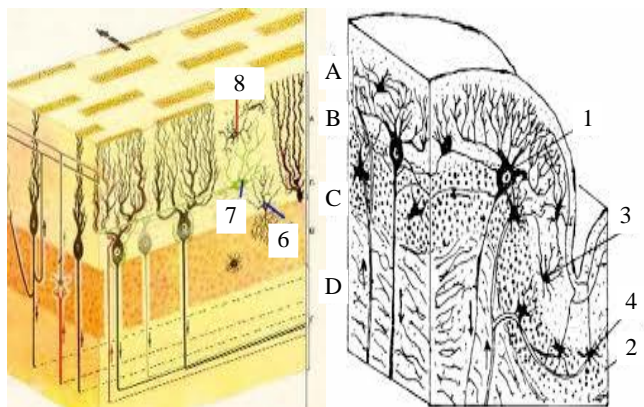


Fig. 25. Cerebelul (schemă):

A – stratul molecular, B – stratul ganglionar, C – stratul granular, D – substanța albă. 1 – celulă piriformă, 2 – celulă granulară, 3, 7 – celule de coșuleț, 4, 6 – celule orizontale, 5, 8 – celule stelate.

Scoarța cerebelului este formată din trei straturi: extern – molecular, mediu – ganglionar (stratul celulelor piriforme) și intern – granular.

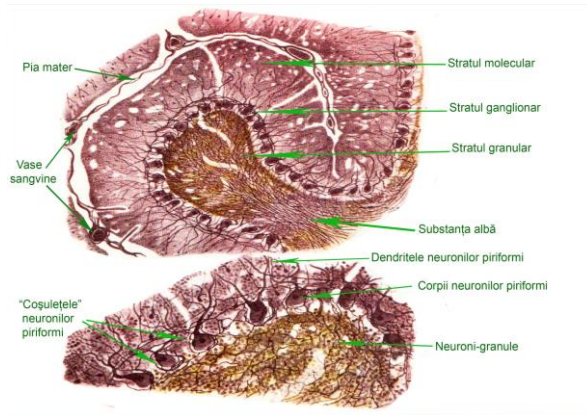


Fig. 26 . Structura histologică a cerebelului.

Stratul molecular conține două tipuri de neuroni: stelați și „în coșuleț”.

Neuronii în coșuleț sau corbiferi sunt situați în treimea inferioară a stratului molecular, au dimensiuni mici și o formă neregulată. Dendritele acestor neuroni, lungi și subțiri, se ramifică în planul dispus perpendicular pe lobulul cerebelului, iar axonii lungi totdeauna merg în plan transversal lobulului și paralel suprafeței cerebelului, deasupra celulelor piriforme din stratul ganglionar. Ei lasă colaterale, care coboară la corpul celulelor piriforme și în comun cu alte colaterale formează pe corpul celulelor piriforme coșulețe caracteristice de fibre nervoase, cu o acțiune inhibitoare asupra lor.

Neuronii stelați sunt dispuși la exterior de cei „în coșuleț” și sunt de două tipuri: celule stelate mici și celule stelate mari. Celulele stelate mici sunt celule de asociație cu dendrite scurte și subțiri, ce formează sinapse cu dendritele celulelor piriforme. Celulele stelate mari, spre deosebire de cele mici, conțin dendrite și axoni lungi, puternic ramificați. Ramurile axonilor se contopesc cu dendritele celulelor piriforme, iar unele din ele ating corpul celulelor piriforme și intră în componența coșulețelor. Celulele stelate și cu coșuleț din stratul molecular reprezintă un sistem unic de neuroni asociativi, care transmit impulsuri nervoase de inhibiție la dendritele și corpul celulelor piriforme.

Stratul ganglionar. Celulele nervoase aici sunt dispuse într-un singur rând. Sunt neuroni mari, în formă de pară, cu baza spre stratul granular. Prelungirile lor dendritice (2, 3), bogat ramificate, pătrund în stratul molecular. Toate ramurile dendritelor sunt dispuse numai într-un singur plan, perpendicular pe direcția lobilor cerebelului. De aceea, la secțiunea transversală și perpendiculară a lobilor, dendritele celulelor piriforme au aspect diferit. De la baza acestor celule pornesc axonii, care au un traiect descendent. Ei străbat stratul granular și substanța albă și ajung până la nivelul nucleelor cerebeloase, unde se termină.

În limita stratului granular, de la ei pleacă colaterale, ce se întorc în stratul ganglionar și intră în legături sinaptice cu neuronii piriformi învecinați.

Stratul granular este cel mai gros și mai bogat în celule. Neuronii stratului granular posedă o formă deosebită de granule – cu un pericarion sărac în citoplasmă și un nucleu oval, masiv. Celula posedă 3, 4 dendrite scurte, ce se termină în stratul dat cu ramificări terminale sub formă de gheară de pasăre (grapă). Ele stabilesc contacte sinaptice cu un grup de fibre nervoase aferente „muşchiforme”, care pătrund în cerebel din exterior și formează un complex denumit *glomerul cerebelos*. Axonul lor este lung, cu traiect ascendent. La nivelul stratului molecular, el se bifurcă în formă de litera „T”, ramurile bifurcației fiind orientate pe suprafața scoarței lobilor cerebelului și perpendicular pe dendritele celulelor piriforme (Purkinje), formând cu ele și cu dendritele celulelor cu coșuleț și stelate legături sinaptice. În așa mod, axonii celulelor granulare transmit excitația primită de la fibrele nervoase mușchiforme la distanță multiplelor celule nervoase piriforme.

Alt tip de celule din stratul granular sunt neuronii stelați cu axoni scurți și lungi. Neuronii cu axoni scurți (breviaxonici) sunt localizați în apropierea stratului ganglionar. Dendritele lor, ramificate, se răspândesc în stratul molecular și formează sinapse cu ramificările axonilor celulelor granulare. Axonii se îndreaptă în stratul granular spre glomerulele cerebelare și se termină cu sinapse formate cu alte celule granulare în grosimea acestui strat. Excitarea celulelor stelate poate bloca impulsurile parvenite prin fibrele nervoase mușchiforme.

Puținele celule nervoase stelate cu axon lung realizează conexiuni cu alte arii cerebeloase, aprovizionând legătura dintre ele.

Tipul trei de celule îl alcătuiesc neuronii fusiformi orizontali. Se întâlnesc la limita dintre stratul granular și cel ganglionar. Au un pericarion mic, alungit, de la care pleacă în ambele părți dendrite orizontale lungi, ce se termină în straturile ganglionar și granular. Axonii celulelor date pleacă în substanța albă și dau colaterale în stratul granular.

Fibrele aferente, care pătrund în cerebel, sunt de două tipuri: mușchiforme și agățătoare.

Fibrele mușchiforme sunt groase, ondulate, de origine spino-ponto-vestibulo-cerebeloase și reticulo-cerebeloase. Ajunse în substanța albă, ele se mielinizează, iar trecând în cortex, ele devin amielinice și se ramifică; fiecare fibră trimite aproximativ 40 de ramuri la tot atâtea glomerule cerebeloase. Pe traiectul lor, ele prezintă ramificații scurte și subțiri, asemănătoare cu tulpinile de mușchi vegetal. Au acțiune excitatoare asupra celulelor granulare și transmit impulsul la dendritele celulelor piriforme, cu coșuleț, stelate mari și mici ale stratului molecular.

Fibrele agățătoare (grimpante) reprezintă axonii neuronilor din nucleele olivar inferior, bulbar și pontocerebelos, care, pătrunzând în substanța albă, se mielinizează, apoi, trecând în substanța cenușie, devin amielinici și se termină agățându-se ca lianele de celulele piriforme și dendritele lor, formând sinapse cu ele. Fibrele agățătoare transmit excitația direct celulelor piriforme. Degenerarea acestor celule provoacă dereglări în coordonarea mișcărilor. În așa mod, impulsurile excitabile pătrund în scoarța cerebelului, ating neuronii piriformi direct prin fibrele agățătoare sau prin fibrele paralele ale celulelor granulare. Frânarea (inhibiția) este funcția neuronilor stelați și cu coșuleț din stratul molecular și a celulelor stelate mari din stratul granular. Axonii acestor celule, având un traiect transversal față de lobulii cerebelului, inhibă activitatea celulelor piriforme și limitează excitarea lor în zonele mici, discrete ale scoarței. Semnalele excitante care pătrund în scoarța cerebelului odată cu fibrele mușchiforme, prin celulele granulare și fibrele paralele, pot fi întrerupte de sinapsele de frânare a celulelor stelate mari, localizate proximal de neuronii excitabili, în apropierea ramificărilor terminale ale dendritelor celulelor granulare.

Scoarța cerebelului conține diferite elemente gliale. În stratul granular, astrocitele protoplasmatică și fibroase formează membrane perivasculare. Oligodendrogliia este prezentă în toate straturile, predominant în stratul granular. În stratul ganglionar sunt prezente celule

gliale cu nuclee întunecate, prelungirile cărora formează fibrele gliale ale stratului molecular, ce susține ramificările dendritelor celulelor piriforme. Macrofagele gliale se întâlnesc în straturile molecular și ganglionar.

Glomerulele cerebeloase sau petele acidofile sunt locurile sinapselor realizate între dendritele în gheară ale celulelor granulare, axonii scurți ai celulelor stelate și arborizațiile fibrelor mușchiforme.

Scoarța cerebrală

Este reprezentată de un strat de substanță cenușie cu o grosime de aproximativ 3 mm, iar în lobul central anterior – de 5 mm. Abundența de brazde și lobuli mărește considerabil suprafața ei. În scoarța se conțin aproximativ 10-14 miliarde de celule nervoase. Sectoarele ei se deosebesc unul de altul prin anumite particularități de dispunere și structură celulară (citoarhitectonica), de dispunere a fibrelor nervoase (mieloarhitectonica) și prin însemnătatea funcțională. Scoarța cerebrală formează câmpuri, care reprezintă locurile de analiză și sinteză înaltă a impulsurilor nervoase.

Citoarhitectonica scoarței cerebrale. Structura fundamentală a scoarței constă în stratificarea în șase straturi: molecular, granular extern, piramidal extern, granular intern, piramidal intern (ganglionar) și stratul celulelor polimorfe (fig.27, 28).

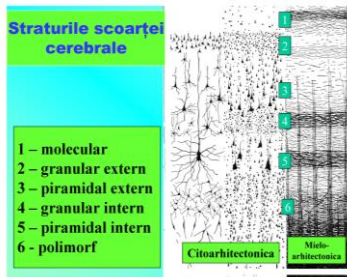


Fig. 27. Structura scoarței cerebrale.

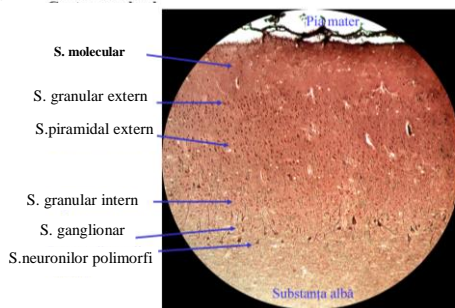


Fig. 28. Straturile scoarței cerebrale (preparat histologic).

Stratul molecular conține o cantitate neînsemnată de celule mici, asociative, fusiforme. Axonii lor trec paralel cu suprafața creierului în componența plexului tangențial de fibrele nervoase ale stratului mole-

cular. Însă, masa principală a fibrelor acestui plex este reprezentată de ramificările dendritelor straturilor subiacente.

Stratul granular extern conține celule granulare mici asociative, care au o formă ovală, colțuroasă sau piramidală, și celule stelate. Dendritele acestor celule se ridică în stratul molecular. Axonii pleacă în substanța albă sau, formând arcuri, se includ în plexul tangențial al fibrelor stratului molecular.

Stratul piramidal extern este cel mai masiv și mai bine dezvoltat strat din scoarță. Dimensiunile celulelor piramidale cresc concomitent de la 10 la 40 mcm, de la zona externă a stratului spre cea internă. De la vârful celulei piramidale pleacă dendrita principală, care se dispune în stratul molecular. Dendritele care își au începutul de la părțile laterale și baza celulei piramidale au o lungime neînsemnată și formează sinapse cu celulele din acest strat. Axonul pleacă doar de la baza celulei. Axonii celulelor mici rămân în limita scoarței, iar ai celulelor gigante formează fibre mielinice asociative sau comisurale, care pleacă în substanța albă.

Stratul granular intern, în unele zone și câmpuri, este dezvoltat puternic (zona optică), însă el poate și să lipsească. Conține celule mici, stelate și o cantitate mare de fibre orizontale.

Stratul piramidal intern (ganglionar) este format din celule piramidale gigante, descrise pentru prima dată de anatomistul ucrainean Beț V.A. Aceste celule au înălțimea de 120 mcm și lățimea de 80 mcm. Conțin substanță bazofilă în cantități mari. Axonii acestor celule formează partea principală a tractului cortico-spinal și cortico-nuclear, terminându-se cu sinapse pe celulele nucleelor motoare (tractul piramidal). Axonii celulelor Beț dau colaterale inhibitoare în scoarță. Colateralele tractului piramidal pleacă în corpul striat, nucleul ruber, formația reticulară. Deci, când este transmis impulsul tractului piramidal, care provoacă activitate motrică, concomitent, el este recepționat și de ganglionii bazali, trunchiul cerebral și cerebel.

Stratul celulelor polimorfe este format din neuroni de diferite forme, cu predominarea celulelor fusiforme. Zona externă a acestui strat conține celule mai mari. Neuronii zonei interne sunt mai mici și dispuși la distanță unul de altul. Axonii celulelor pleacă în substanța albă în componența căilor eferente ale creierului. Dendritele lor ating stratul molecular.

Savantul Sentagotai a stabilit modulul drept unitate structural-funcțională a neocortexului. Modulul reprezintă o coloană verticală cu diametrul de 300 mcm, formată sau organizată în jurul fibrelor cortico-corticale, care pleacă de la celula piramidală. Fiecare modul se divide în doi micromoduli. Axonii neuronilor modulelor se proiectează pe trei moduli învecinați și pe doi din emisfera opusă (fig. 29).

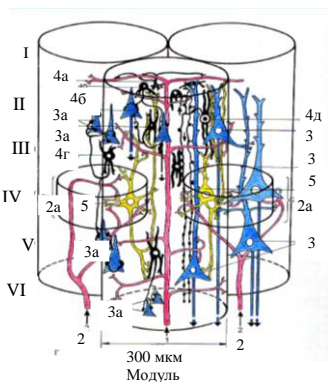


Fig. 29. Modulul scoarței cerebrale.

Sistemul nervos autonom se împarte în simpatic și parasimpatic. Dintre diferitele răspunsuri fiziologice inițiate de impulsul nervilor aferenți, numai contracția mușchilor scheletali se află sub controlul voinței. Toate celelalte răspunsuri sunt reglate automat, fără controlul voinței noastre. În consecință, inervația eferentă a sistemului circulator, a glandelor endocrine și a viscerelor este denumită generic *sistem nervos autonom*. Restul sistemului nervos, care cuprinde căile senzoriale, centrii și căile de transmitere a răspunsurilor motorii voluntare corespunzătoare, este cunoscut ca *sistem nervos somatic*.

SISTEMUL NERVOS VEGETATIV METASIMPATIC

Explozia informațională din a doua jumătate a secolului trecut a modificat opinia lui J. N. Langley despre sistemul neurovegetativ ca „pur efector”, care a dominat în morfologie și fiziologie de-a lungul deceniilor.

Morfologia funcțională a sistemului neurovegetativ, în viziune contemporană, poate fi privită sub aspectul a trei modalități de relații reciproce ale părților componente: simpatice, parasimpatice și metasimpatice (А.Д. Ноздрачев; 1983, 1984, 2001).

Sistemul nervos vegetativ metasimpatic se caracterizează printr-un grad avansat de autonomie relativă. Teritorial, acest compartiment al sistemului neurovegetativ e reprezentat de ganglionii intramurali, care posedă un ritm motor propriu. Embrionar, el provine din același sector neuroectodermal comun, din care se dezvoltă și sistemul nervos somatic. Dezvoltarea tuturor componentelor menționate ale sistemului neurovegetativ s-a desfășurat, după toate probabilitățile, în mod paralel, fapt ce explică prezența principiului unic de funcționare autonomă – lanțul reflex constituit din trei componente: senzitivă, asociativă, motoare.

După structura sa, sistemul metasimpatic se deosebește de cele simpatice și parasimpatice în primul rând prin proprietatea de a prelucra de sine stătător informațiile externă și internă, precum și prin posibilitatea generării impulsurilor spre sistemele viscerale efectoare, prin care se reglează și se coordonează funcțiile organelor. Pe lângă rolul de reglator al funcțiilor viscerale și de menținere a echilibrului homeostazic, sistemul metasimpatic poate fi privit și ca un centru nervos (dar simplificat) periferic (local). Astfel, majoritatea viscerelor, de rând cu prezența în ele a mecanismelor extraganglionare (simpatic, parasimpatic), spinale, supra-spinale etc., mai conțin și un alt mecanism, de bază, care ține de reglarea locală a activității lor funcționale.

Alt moment important este stabilirea prezenței în componența mecanismului metasimpatic a unui sistem nonadrenergic–noncolinergic (NANC) de fibre inhibitoare, care țin de relaxarea tractului digestiv și a căilor biliare, propulsia chimului, deschiderea reflexă a sfincterelor etc.

Meningele

Meningele (fig. 30) reprezintă un set de membrane (care acoperă întregul sistem nervos) alcătuite din țesuturi fibroase. Membrana externă este formată din țesut conjunctiv dens și este cunoscută sub denumirea *dura mater*. A doua membrană este avasculară (fără vase de sânge), alcătuită din fibre reticulare (în formă de rețea), cunoscută sub numele de *arahnoidă*. Aceasta este separată de *pia mater* (membrană subțire, translucidă și elastică, pe suprafața căreia trec vase de sânge), prin intermediul unui spațiu umplut cu lichid cefalorahidian (care ajută la protejerea de traume și leziuni).

Meningele protejează SNC de craniu și de coloana vertebrală și este constituit din membrane de țesut conjunctiv. Pornind de la exterior, meningele este reprezentat de *dura mater*, *arahnoidă* și *pia mater* (fig. 31, 32).

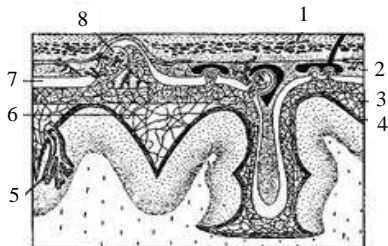


Fig. 30. Membranele meningei:

1 – *dura mater*, 2 – arahnoida,
3 – spațiul subarahnoidian, 4 – *pia mater*, 5 – plexul coroid, 6 – trabecule arahnoidice, 7 – spațiul subdural,
8 – vilozitate arahnoidiană.

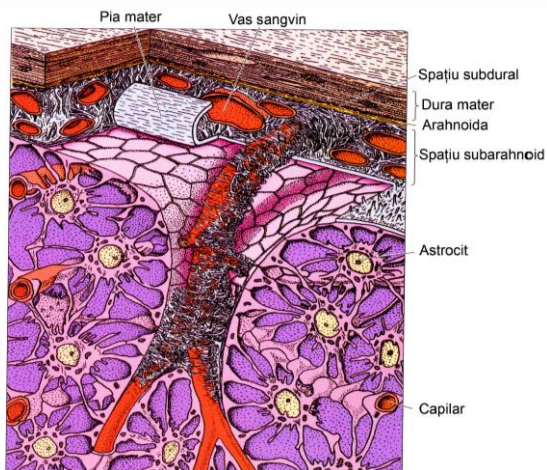


Fig. 31. Meningele.

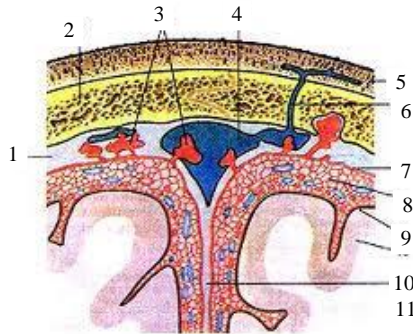


Fig. 32. Spațiile subarahnoidale:

1 – spațiu subdural, 2 – *dura mater*, 3 – vilozitate arahnoidiană, 4 – sinus venos, 5 – os cranian, 6 – vene piale, 7 – arahnoida, 8 – trabecule arahnoidiene, 10 – creier, 11 – *pia mater*.

Dura mater mai este denumită și *pahimeninge*. Arahnoida și *pia mater* sunt legate împreună și sunt considerate un strat unitar, denumit *leptomeninge*.

Dura mater – meningele extern, alcătuit din țesut conjunctiv dens, care se continuă cu periostul cutiei craniene, reprezintă o structură lamelară fibroasă, rezistentă, formată din două straturi de țesut conjunctiv. Ea este slab vascularizată, deși conține arterele meningeale, terminațiile nervoase și sinusurile nervoase. Este aderentă la calota craniană, căreia îi formează periostul. Spațiul extradural, virtual în mod normal, devine real în hemoragii. La nivelul măduvei, acest spațiu este real și reprezintă spațiul epidural. Ea este separată de periostul vertebral prin spațiul epidural, care conține vene cu pereți subțiri, țesut conjunctiv lax și țesut adipos. Fața externă și cea internă ale *durei mater* sunt acoperite de mezotelium de origine mezenchimală.

Meningele moale sau ***leptomeningele*** este format din *pia mater*, aderentă la substanța nervoasă, și din arahnoidă, derivată din *pia mater*, neaderentă la substanța nervoasă, care trece ca o punte peste șanțurile ce separă circumvoluțiunile. Între aceste două structuri există un spațiu – subarahnoidian – cu aureole delimitate prin travee conjunctive, prin care circulă lichidul cefalorahidian. La nivelul bazei creierului, acest spațiu prezintă porțiuni dilatate – cisterne sau lacuri subarahnoidiene.

Arahnoida este o simplă membrană conjunctivă formată din fibre colagene și elastice, căptușite de un singur rând de celule turtite

(meningocite) și are două componente: un strat ce vine în contact cu *dura mater* și un sistem de trabecule ce leagă stratul extern cu *pia mater*. Cavitățile dintre trabecule formează spațiile subarahnoidale, umplute cu lichid cefalorahidian și complet separate de spațiile subdurale. Arahnoida este lipsită de vase sanguine, adică conține țesut conjunctiv avascular. Suprafețele sale sunt acoperite de mezoteliu scuamos, asemănător cu al *durei mater*.

Între arahnoidă și *dura mater* există puncte de contact, la nivelul cărora se găsesc vilozitățile arahnoidiene, din care se dezvoltă granulațiile Pachioni – niște formațiuni nodulare, alcătuite din axe conjunctive, ce conțin capilare și sunt acoperite de un rând de celule aplatizate, poligonale. Ele intervin în filtrarea lichidului cefalorahidian înaintea vărsării lui în sângele venos din sinusurile durale. La bătrâni, aceste formațiuni sunt mai numeroase și se calcifică.

Pia mater reprezintă o membrană conjunctivo-vasculară și glială, formată dintr-un țesut conjunctiv lax, căptușit de celule turtite, ce pot conține grăsimi, colesterol sau granule de pigment. *Pia mater* conține numeroase vase sanguine arteriale, nervi de origine simpatică și celule ganglionare și este în strânsă asocieră cu țesutul nervos, dar nu se află în contact cu celulele sau fibrele nervoase. Între *pia mater* și elementele nervoase se află un strat fin de elemente gliale, atașat ferm de *pia mater*.

Pia mater urmează toate neregularitățile SNC și pătrunde în acestea pe o oarecare întindere în lungul vaselor. Ea este acoperită de celule turtite de origine mezenchimală și formează manșoanele periarteriale, participând la constituirea barierei hematoencefalice.

Vascularizarea SNC

Vasele sanguine pătrund în SNC prin tunele acoperite de *pia mater*, denumite *spații perivasculare*. *Pia mater* dispăre înainte ca vasele sanguine să se capilarizeze. Activitatea vitală a creierului depinde foarte mult de o homeostazie și un mediu intern constant, fără fluctuații tranzitorii. Capilarele sanguine ce irigă creierul au o structură specială, cu un perete continuu, care împiedică multe substanțe să treacă din sânge în spațiul intercelular nervos.

Peretele capilar neîntrerupt constituie substratul morfologic al **barierei hematoencefalice** (endoteliul și membrana bazală), cu funcție selectivă pentru substanțe diferite și facilitarea substanțelor nutritive, dublat de o structură glială și alcătuit din prelungirile astrocitelor și din celulele adventice, de origine pială, reprezentând microglia. Alt component

al barierei este membrana, formată de piciorușele astrocitare din jurul vaselor sanguine, inclusiv al capilarelor. În creier există 6-7 zone mici, în care endoteliul capilarelor vasculare prezintă discontinuități sau canale, ce permit substanțelor din sânge să ajungă în spațiul intercelular, parenchimos.

Bariera hematoencefalică se structurează după naștere și este alterată de diferiți factori (microbieni, toxici), ca și în procesul de îmbătrânire – apariția a numeroase caveole în celulele endoteliale (din capilare, arteriole, venule) în ischemiile cerebrale consecutive șocurilor, hipertensiunii sau diferitor traume cerebrale.

Plexurile coroide (fig. 33) reprezintă invaginații sub formă de pliuri sau de deget de mânășă ale *pia mater*, care pătrund și se situează în cavitățile ventriculelor laterale, trei și patru. Fiecare plex coroid are un ax central conjunctivo-vascular, acoperit cu un epiteliu simplu, cilindric, reprezentând celulele endoteliale, ce conțin numeroase mitocondrii, complexul Golgi bine dezvoltat, incluziuni lipidice și pigmentare. Polul apical al celulelor prezintă numeroase microvilozități, iar plasmalema polului bazal – numeroase invaginații. La bătrâni, plexurile coroide prezintă modificări involutive, exprimate prin degenerescență chistică sau impregnare calcaroasă. Celulele epiteliale ale plexurilor coroide și endoteliocitele capilarelor formează **bariera sânge-lichid cefalorahidian**. Principala funcție a plexurilor coroide este menținerea constantă a componentelor calitative și cantitative ale lichidului cefalorahidian prin fenomenele de elaborare și secreție, cât și prin cele de resorbție.

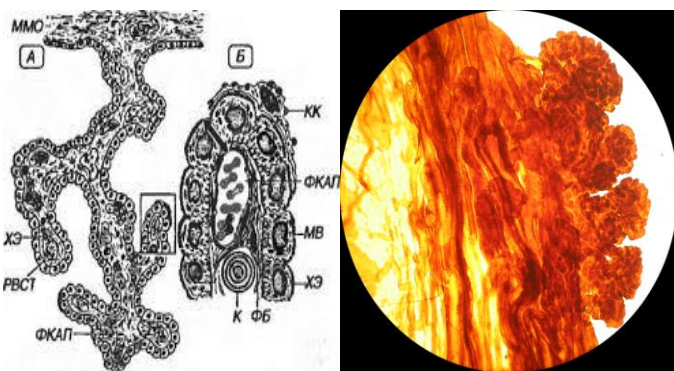


Fig. 33. Plexurile coroide (schemă, macropreparat).

Lichidul cefalorahidian conține un mic procent de substanțe organice și umple complet ventriculele creierului, canalul central al măduvei spinării, spațiile subarahnoidiene și perivascularare.

Lichidul este important pentru metabolismul SNC și constituie un mecanism de protecție contra traumelor. Adultul are circa 100 ml de lichid cefalorahidian clar, cu o densitate mică (1004-1008), cu un conținut foarte scăzut de proteine și o concentrație relativ înaltă de Na, K și Cl, puține celule descumate, 2-5 limfocite pe ml.

Lichidul cefalorahidian este produs continuu. Substanțele ce ajung aici trebuie să traverseze plexurile coroide.

CURIOZITĂȚI DESPRE CREIERUL UMAN

• Se spune, adesea, că omul utilizează doar 10% din capacitatea creierului și că ar fi ideal ca fiecare individ să apeleze la diverse metode prin care să exploateze, într-o mai mare măsură, acest uriaș potențial și, implicit, să își dezvolte inteligența. Deși există încă multe necunoscute în privința funcționării sistemului nervos și, chiar dacă, la nivel individual, probabil, se pot face multe pentru a crește gradul de inteligență și capacitatea cognitivă, oamenii de știință nu confirmă valabilitatea celor zece procente. Principalele lor argumente se referă la faptul că, dacă 90% din creierul uman este neutilizat, atunci leziunile cerebrale ale zonelor respective nu ar trebui să afecteze funcționarea sistemului nervos, ceea ce nu se întâmplă. De asemenea, diversele analize de imagistică medicală (RMN, tomografii), prin care s-a putut urmări activitatea cerebrală, au arătat că fiecare parte a creierului este în activitate într-un anumit moment (cel puțin parțial), chiar și în timpul somnului, singurele zone inactivate fiind cele lezate, din diverse pricini. Pe de altă parte, ar fi nefiresc ca organismul să ofere 20% din energia corporală (nutrimente, oxigen) pentru ceva ce nu ar funcționa decât la 10% din capacitatea sa.

• Un alt adevăr este că celulele nervoase au tendința să degenereze, dar cercetătorii de la Institutul „Pasteur” din Paris au demonstrat că, pe parcursul vieții, creierul continuă să se îmbogățească, chiar și la vârsta adultă, cu ceea ce ei au numit *neo-neuroni*. Nu s-a putut preciza încă foarte clar care este „misiunea” acestora, dar se presupune că sunt legați de activitatea cognitivă – de învățare și de memorizare. Mai mult, s-a constatat că apariția neo-neuronilor este stimulată de lumina naturală și că cele mai plăcute momente (receptate de către organism) sunt dimineața, la trezirea din somn, și stările de bucurie. Pe de altă parte, proasta dispoziție și tensiunile favorizează apariția bolilor neurologice.

• De forma și de mărimea unei conopide, creierul este format din peste 100 de miliarde de celule, adică aproximativ tot atâtea câte stele sunt în galaxia noastră.

• Oamenii de știință nu conțin să analizeze, să compare și să facă supoziții în legătură cu structura, greutatea și forma creierului în

cazul geniilor. Unele dintre cele mai interesante observații sunt legate de creierul lui Albert Einstein, autorul celebrei teorii a relativității. Cele mai recente studii, apărute în revista „Science et vie” („Știința și viața”) au arătat că, în cazul lui Einstein, creierul avea un număr mare de astrocite (celule ale sistemului nervos central, în formă de stea, care asigură suport și protecție neuronilor, reglează fluxul sanguin, pot să elibereze o serie de neurotransmițători, care stimulează comunicarea neuronală, sunt sensibile la prezența calciului și au proprietățile unor celule-sușă – celule-stem). În opinia lui Marian Diamond, primul medic care a fost autorizat să studieze creierul lui Einstein, în 1980, anumite zone ale cortexului, responsabile de sarcini complexe, aveau un număr mai mare, decât în mod normal, de celule gliale, care înconjoară neuronii și care au un rol semnificativ în dezvoltarea inteligenței. De asemenea, fisura laterală a lui Sylvius, la Einstein, prezintă o înclinație specială, delimitată de o regiune mai mare a raționamentelor abstracte, în detrimentul zonei care controlează limbajul (ceea ce explică și de ce Einstein a învățat să vorbească mai târziu decât alți copii).

Observarea atentă a comportamentului uman, asociată unor statistici diverse, i-a condus pe specialiști la concluzia că exercițiile fizice, mersul pe jos (în pas susținut, timp de o jumătate de oră pe zi etc.), împreună cu preocupările care presupun atenție, creativitate, spirit asociativ ș.a. sunt modalități excelente de stimulare a apariției neo-neuronilor, semn al unui spirit activ, spontan, dinamic, tânăr.

Neuronii creierului uman pot absorbi de până la 5 ori mai multă informație decât cuprinde toată Enciclopedia Britanică.

Durata vieții unei celule nervoase poate fi până la 60 ani.

Pe un centimetru pătrat de piele se află aproximativ 6 milioane de celule, 5000 de receptori, 200 fibre nociceptive (pentru durere), 10-25 receptori tactili și termoreceptori, patru metri de fibre nervoase.

Matematicianul John von Neumann a calculat că memoria umană poate înmagazina 280 de catralioane de biți de memorie.

Considerații clinice. Sistemul nervos lucrează cu „reglaje” de mare fiनेțe. De aceea, în momentul în care există dezechilibre congenitale (din naștere) sau dobândite, apar și simptomele unor probleme la nivelul SNC, care pot să se instaleze gradual, ducând la pierderea treptată a funcțiilor cognitive, așa cum se întâmplă în afecțiunile degenerative (boala Parkinson, demența, scleroză multiplă etc.). Simptomele pot să fie moderate sau severe, în funcție și de administrarea/absența unui tratament timpuriu (de pildă, suplimentele de tirozină), care să amelioreze respectivele

manifestări. Studiile recente în ceea ce privește boala Alzheimer, de exemplu, atestă eficiența vitaminei B₁₂ în prevenirea instalării acestei maladii. Alte boli pot fi determinate și de existența unor probleme vasculare sau de natură neurologică, așa cum se întâmplă în cazul traumelor, al depresiilor, psihozelor, anxietății, expunerii la toxine etc.

Bibliografie

1. Aurora Alexa, Flavia Badera, Rodica Lighezan, Marius Raica. *Histologia țesuturilor*. Editura „Mirton”, Timișoara, 2012.
2. Ana-Nadia Schmidt. *Embriologie specială*. „Intelcredo”, 2002. 293 p.
3. Cărunțu I.D., Cotuțiu C. *Histologie specială*. Ed. „Apollonia”, Iași, 1998.
4. Raica M., Mederle O., Cărunțu I.D., Pinteș A. *Histologie teoretică și practică*. Ed. „Brumar”, 2004.
5. Raica M., Cărunțu I.D., Câmpean A.M., Suciu C. *Histologia organelor*. Lito UMF Timișoara, 2009.
6. Ноздрачѐв А.Д. *Адренергические, холинергические, серотонергические, пуринергические и пептидергические нейроны метасимпатической нервной системы*. Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова, 1984, 5, с. 649-658.
7. Ноздрачѐв А.Д., Погорелов А.Г., Сабанов В.С. и др. *Некоторые метасимпатические механизмы поддержания постоянства и устойчивости внутренней среды позвоночных*. Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова, 1984, 80(9), с. 2-12.
8. Ноздрачѐв А. Д. *Метасимпатическая нервная система*. В сб. «Функциональная нейроморфология. Фундаментальные и прикладные исследования». К 100-летию акад. Д.М. Голуба. Минск, 2001, с.142-143.

CUPRINS

Introducere	3
Dezvoltarea sistemului nervos	4
Neuronul.....	6
Celulele nervoase secretoare.....	13
Nevroglia.....	13
Fibrele nervoase.....	16
Mielinogeneza.....	19
Degenerarea și regenerarea neuronilor și a țesutului nervos.....	21
Sinapsele.....	22
Terminațiile nervoase.....	25
Noțiuni despre arcul reflex.....	30
Modificări de vârstă.....	30
Sistemul nervos	32
Sistemul nervos periferic. Nervul.....	32
Degenerarea și regenerarea nervilor periferici.....	33
Ganglionii nervoși.....	34
Structura generală a organelor SNC.....	36
Măduva spinării.....	37
Trunchiul cerebral.....	40
Substanța reticulară.....	41
Cerebelul.....	41
Scoarța cerebrală.....	45
Sistemul nervos vegetativ metasimpatic.....	48
Meningele.....	49
Vascularizarea SNC.....	51
Plexurile coroide.....	52
Lichidul cefalorahidian.....	53
Curiozități despre creierul uman	54
Bibliografie.....	57

