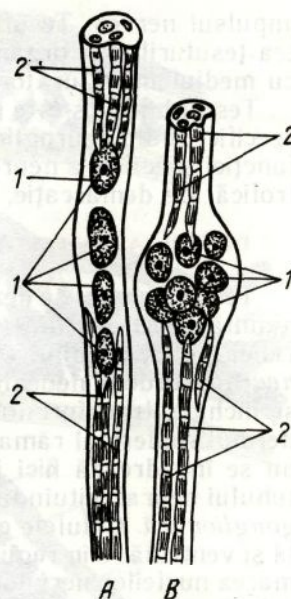


Des. 102. Schema construcției fibrelor musculare cu lanț nuclear (A) și cu bursă nucleară (B) (des. lui G. S. Catinas).
1 — nucleii; 2 — miofibrile (organitele de tip general nu-s arătate).



cap. XIII). Impulsul nervos eliberează substanțe chimice — mediatori, care provoacă excitația (potențial de acțiune), ce se răspindește pe plasmalema simplastului.

Astfel, fiecare fibră musculară se inervează independent și este înconjurată de o rețea de hemocapilare. Acest complex formează unitatea morfofuncțională a mușchiului scheletal — *mionul*; uneori mion este numită o fibră musculară, ce nu corespunde nomenclaturii histologice internaționale.

Terminațiile nervoase senzitive nu se situează pe fibrele musculare lucrătoare ce sînt în conexiune cu fibrele musculare specializate în așa-numitele *fusuri musculare*, care sînt localizate în perimisii (vezi cap. XI).

Fibrele musculare specializate ale fusurilor sînt mult mai subțiri decît cele lucrătoare. Ele se împart în două tipuri: *fibre cu bursă nucleară și fibre cu lanț nuclear* (des. 102). În primele nucleii simplastului formează aglomerări în porțiunea medie, îngroșată a fibrei. În fibrele cu lanț nuclear, nucleii simplastului sînt situați de asemenea în porțiunea ei medie, dar în centrul fibrei sînt amplasați unul după altul. Lîngă aglomerările de nucleii se localizează organitele de tip general. Miofibrilele se află la extremitățile fibrei. Sarcolema fibrei se unește cu capsula conjunctivă a fusului neuromuscular.

Pe fibrele musculare ale fusurilor, ca și pe fibrele lucrătoare, se formează terminațiuni nervoase motorii (plăci motorii), cu ele se contractă sub influența impulsurilor nervoase dirijate (controlate).

Contractia lor nu dezvoltă forță mare și practic nu se sumează cu eforturile dezvoltate de fibrele musculare lucrătoare, ele numai întind capsula din interior. Structura fusurilor musculare și rolul lor în reglarea activității musculare sînt descrise mai detaliat în capitoul următor.

Capitolul XI

ȚESUTUL NERVOS

Rolul țesutului nervos în organism este determinat de proprietățile principale ale celulelor nervoase (neuronilor, neurocitelor) de a recepționa excitațiile, de a trece în stare excitabilă, a genera și transmite

impulsul nervos. Țesutul nervos (*textus nervosus*) reglează activitatea țesuturilor și organelor, asigură relațiile dintre ele și raporturile cu mediul înconjurător.

Țesutul nervos este format din *neuroni* (*neuronum*), care au un rol specific, și din *neuroglie* (*neuroglia*), ce asigură existența și realizarea funcției specifice a neuronilor, avînd următoarele funcții : de susținere, trofică, de demarcație, de secreție și de apărare.

DEZVOLTAREA ȚESUTULUI NERVOS

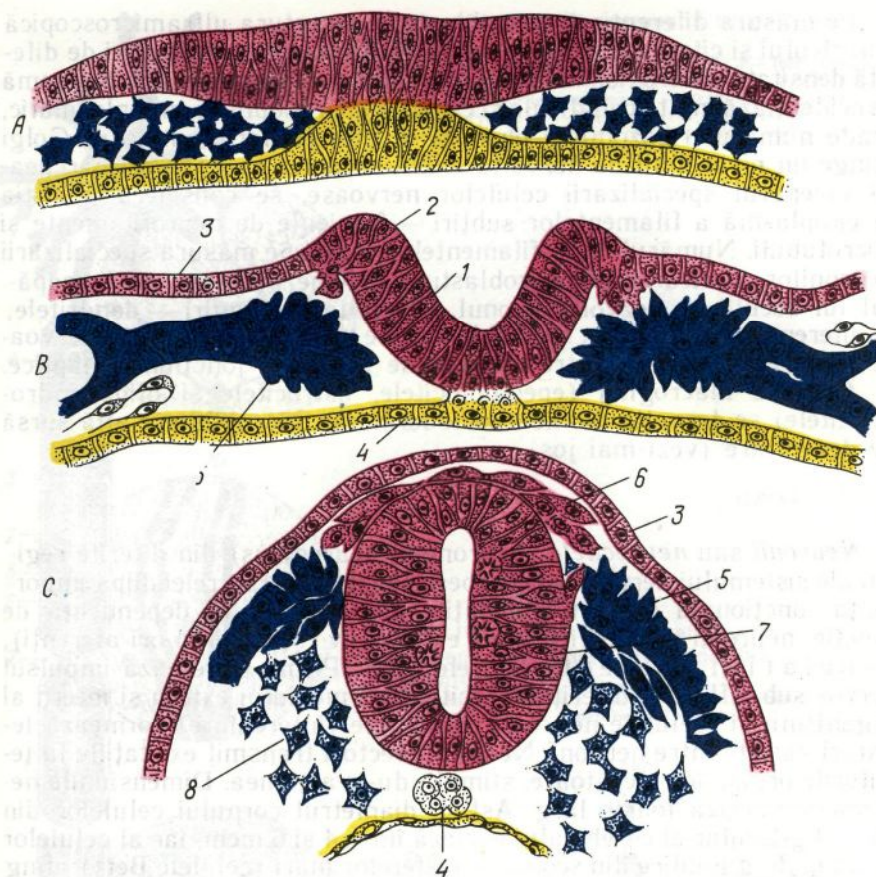
placă
cordonii
șanț
apropie
tub

Țesutul nervos se dezvoltă dintr-o îngroșare dorsală a ectodermului, numită *placă neurală* (des. 103). Marginile acesteia se îngroșă și se ridică puțin, formînd *cordonii neurali*, iar între ei se formează *șanțul neural*. Cordonii neurali se apropie și se contopesc. Astfel placa neurală se închide, transformîndu-se în *tub neural*, care se desprinde de ectodermul epidermal rămas în afară. Un grup de celule ale plăcii neurale nu se încadrează nici în componența ectodermului epidermal, nici a tubului neural, situîndu-se între ei în grupări laxe de celule — *creasta ganglionară*. Celulele crestei ganglionare migrează în direcție laterală și ventrală. Din regiunea craniană a crestei celulele participă la formarea nucleilor nervilor cranieni, o altă sursă de dezvoltare sînt placodele neurale (vezi mai jos). În regiunea torsului celulele crestei se divizează în două torente de celule. Unul, superficial, se răspîndește în spațiul dintre ectoderm și mezoderm și dă naștere celulelor pigmentare ale pielii. Celălalt se orientează înăuntru și ventral în spațiul dintre somit, tubul neural și celulele mezenchimale, ce migrează din somit. Din aceste celule se dezvoltă neuronii ganglionilor spinali și ganglionilor sistemului nervos vegetativ, precum și leucocitele neurogliei.

Placode neurale se numesc îngroșările ectodermului situate colateral de cap. La vertebratele superioare placodele nu sînt clar delimitate, însă migrarea celulelor din aceste îngroșări și participarea lor la formarea ganglionilor nervilor cranieni — perechile V, VII, IX și X sînt stabilite experimental.

Tubul neural în stadiile precece de dezvoltare embrionară prezintă un neuroepiteliu anizomorf, alcătuit din celule ventriculare sau neuroepiteliale. *Celulele ventriculare* au o formă cilindrică. Prelungirile lor apicale mărginesc cu lumenul tubului neural și sînt unite între ele prin joncțiuni fisurale. Polul lor bazal contactează cu membrana limitantă subpială. Pentru celulele ventriculare e caracteristică deplasarea ciclică a nucleilor : în premitoză nucleii se află în profunzime, în timpul profazei se apropie de suprafață, cariocineza se săvîrșește în apropierea suprafeței ventriculare, nucleii celulelor fiice se deplasează iar în profunzime. În timpul embriogenezei activitatea proliferativă a celulelor ventriculare scade și nu se observă după naștere.

Celulele ventriculare din punct de vedere morfologic sînt asemănătoare între ele, dar nu sînt identice, conform capacității de diferențiere în diferite tipuri de celule ale țesutului nervos matur. O parte din ele dau naștere neurocitelor, alta — celulelor gliale : endimocitelor, astrocitelor și oligodendrogliocitelor. În unele regiuni ale creierului, unde



Des. 103. Schema dezvoltării tubului neural la embrionul de pasăre (după A. G. Cnorre).
 A — stadiul de placă neurală ; B — închiderea tubului neural ; C — izolarea tubului neural și a plăcii ganglionare de ectoderm ; 1 — șanțul neural ; 2 — cordonii neurali ; 3 — ectodermul epidermal ; 4 — coarda ; 5 — mezodermul ; 6 — placa ganglionară ; 7 — tubul neural ; 8 — mezenchimul.

histogeneza are loc deosebit de intens, celulele ventriculare își pierd forma cilindrică și capacitatea de migrare a nucleilor, însă păstrează ritmul înalt de proliferare. Aceste celule se numesc *neurogerminative* (cambiale) *subventriculare* și *extraventriculare*. Ulterior ele dau naștere unor tipuri de neurocite și gliocite. Celulele sub- și extraventriculare după naștere mai persistă un timp. Astfel, zona cambială extraventriculară a cerebelului uman dispare spre a 20-a lună a ontogenezei postnatale.

Celulele gliale premature (*glioblastele*) spre deosebire de neurocitele tinere (*neuroblaste*), care-și pierd proprietatea de a se divide imediat după începutul deplasării din zonele germinative sub- și extraventriculare ale creierului, își păstrează ritmul înalt de proliferare după terminarea proceselor de migrare.

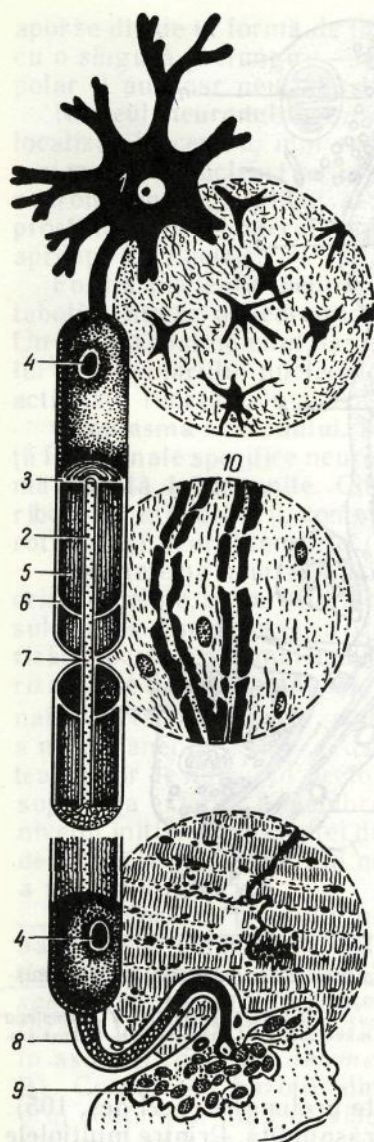
Pe măsura diferențierii neuroblastului structura ultramicroscopică a nucleului și citoplasmei lui se modifică. În nucleu apar locuri de diferită densitate electronică în formă de granule și filamente. În citoplasmă se evidențiază multe canalicule și cisterne ale reticulului endoplasmatic, scade numărul ribozomilor liberi și al polizomilor, complexul Golgi atinge un nivel înalt de dezvoltare. Un caracter specific, ce marchează începutul specializării celulelor nervoase, se consideră apariția în citoplasmă a filamentelor subțiri — fascicule de neurofilamente și microtubuli. Numărul neurofilamentelor crește pe măsura specializării neuronilor. Pericarionul neuroblastului devine piriform, de la capătul lui ascuțit se dezvoltă axonul. Celelalte prelungiri — dendritele, se diferențiază mai târziu. Neuroblastele se transformă în celule nervoase mature — *neuroni*. Între neuroni se stabilesc joncțiuni sinaptice.

Celulele macrogliei (ependimocitele, astrocitele și oligodendrogliocitele) se dezvoltă din neuroectoderm, iar microglia are altă sursă de dezvoltare (vezi mai jos).

NEURONII

Neuronii sau *neurocitele* (*neuronum*, *neurocytus*) din diferite regiuni ale sistemului nervos se deosebesc considerabil între ei după importanța funcțională și particularitățile morfologice. În dependență de funcție, neuronii se clasifică în: *receptivi* (senzitivi ori aferenți), *asociativi* și *efectori* (eferenți). Primii generează impulsul nervos sub influența diferiților excitanți ai mediului extern și intern al organismului. Celulele nervoase asociative (intercalare) formează legături variate între neuroni. Neuronii efectori transmit excitațiile la țesuturile organelor lucrătoare, stimulându-le acțiunea. Dimensiunile neuronilor variază foarte larg. Astfel, diametrul corpului celulelor din stratul granular al cerebelului variază între 4 și 6 mcm, iar al celulelor piramidale gigantice din scoarța emisferelor mari (celulele Betz) ating 130 mcm. Tot atât de variată și specifică este forma neuronilor din diferite regiuni ale sistemului nervos (des. 104). O particularitate deosebită pentru toți neuronii maturi este prezența prelungirilor. Aceste prelungiri asigură transmiterea impulsului nervos prin corpul uman dintr-o parte în alta, uneori fiind foarte îndepărtate. Din această cauză, lungimea lor variază în limite mari — de la câțiva micrometri până la 1—1,5 m.

Conform importanței funcționale prelungirile neuronilor sînt de două tipuri. Unele din ele îndeplinesc funcția de transmitere a impulsului nervos de la corpul neuronului și se numesc *axoni* (din l. grec. axon — ax) sau *neuriție* (des. 105). Axonul formează aparatul terminal pe alt neuron sau pe țesuturile organului. Al doilea tip de prelungiri se numesc *dendrite* (din l. grec. dendron — copac). În majoritatea cazurilor dendritele se ramifică intens, ceea ce determină denumirea lor. Pentru diferite tipuri de neuroni numărul, lungimea dendritelor și caracterul de ramificare sînt specifice. Astfel dendritele neuronilor motori ai măduvei spinării sînt scurte și comparativ puțin ramificate. Dendritele celulelor piriforme din scoarța cerebelului au ramificații abun-

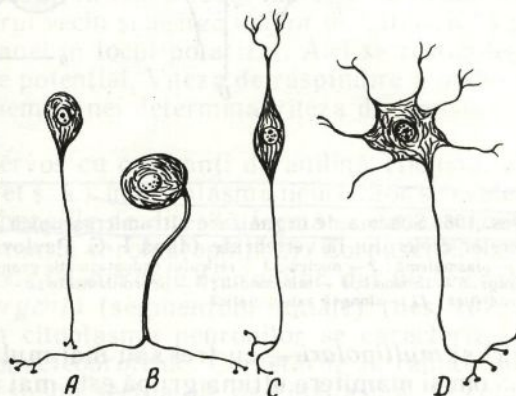


Des. 104. Schema neuronului (după I. F. Ivanov).

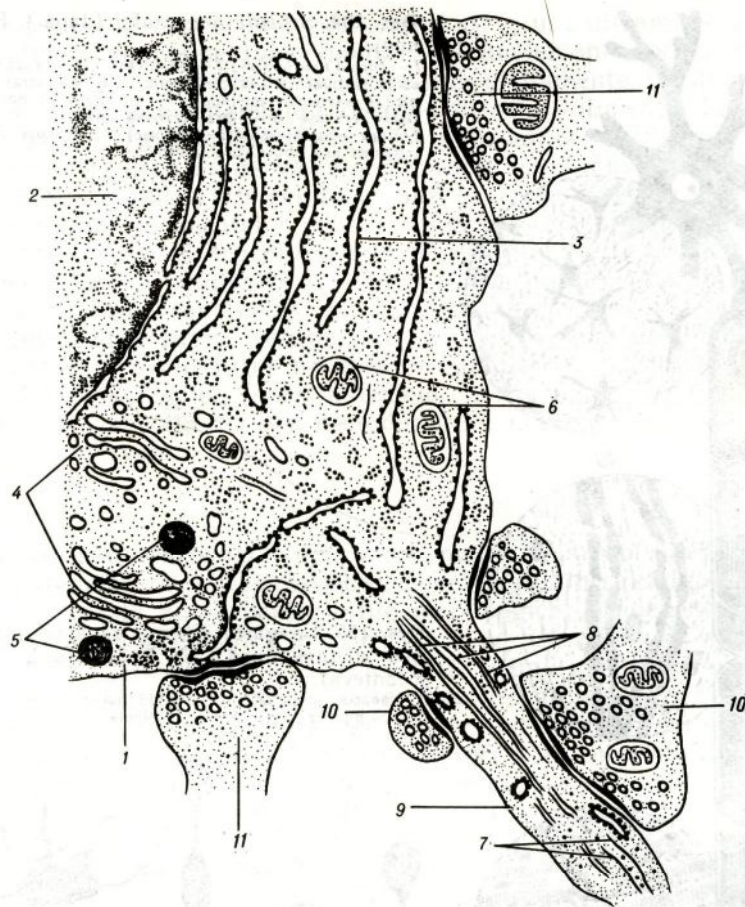
1 — corpul neuronului; 2 — cilindraxul; 3 — teaca mielinică în secțiune; 4 — nucleii leucocitelor; 5 — stratul mielinic; 6 — scizurile mielinice; 7 — strangulația nodulară a fibrei nervoase; 8 — fibră nervoasă amielinică; 9 — terminațiune neuromusculară (motorie); 10 — fibre nervoase mielinice prelucrate cu acid osmic.

Des. 105. Imaginea schematică a tipurilor de neuroni (des. după T. N. Radostina, L. S. Rumeanțeva).

A — neuron unipolar; B — neuron pseudounipolar; C — neuron bipolar; D — neuron multipolar.



dente, ce le atribuie un aspect de arbore cu o coroană splendidă. Dendritele celulelor piramidale din scoarța emisferelor mari pornesc de la vârful și părțile laterale ale corpului piramidal, dându-le, de asemenea, un aspect deosebit. Dendritele celulelor-granule din scoarța cerebelului sînt scurte, iar la vîrf se ramifică în cîteva terminațiuni scurte. Dendritele conduc impulsul nervos spre corpul neuronului. Neuronii după numărul de prelungiri se clasifică în trei grupe: *unipolari* — celule cu o singură prelungire, *bipolari* — cu două prelun-



Des. 106. Schema de organizare ultramicroscopică a celulei nervoase din scoarța emisferelor creierului la vertebrate (după I. G. Pavlova).

1 — plasmalemă; 2 — nucleu; 3 — reticulul endoplasmatic granular (substanța cromatofilă); 4 — complexul Golgi; 5 — lizozomi; 6 — mitocondrii; 7 — neurofilamente; 8 — microtubuli; 9 — dendrită; 10 — sinapsă axo-dendritică; 11 — sinapsă axo-somatică.

giri și *multipolari* — cu trei sau mai multe prelungiri (vezi des. 105). La om și mamifere ultima grupă este mai răspândită. Printre multiplele prelungiri ale acestui neuron numai una este axonul (neurit), celelalte sînt dendrite. Neuronii bipolari au două prelungiri — un axon și o dendrită. În corpul uman adevărații neuroni bipolari se întîlnesc rar. Dintre aceștia fac parte : neuronii bipolari ai retinei ochiului, ganglionului spiral din urechea internă și alții. Conform structurii sale esențiale la celulele bipolare trebuie atribuită o grupă mare de celule aferente — *neuronii pseudounipolari* ai ganglionilor spinali și cranieni. Ei se numesc pseudounipolari numai de aceea că axonul și dendrita lor pornesc împreună de la corpul celulei, creînd impresia unei prelungiri, care mai

apoi se divide în formă de litera T. Cu adevărat celule unipolare, adică cu o singură prelungire — axon, corpul uman nu conține. Aspect unipolar îl au doar neuroblastele.

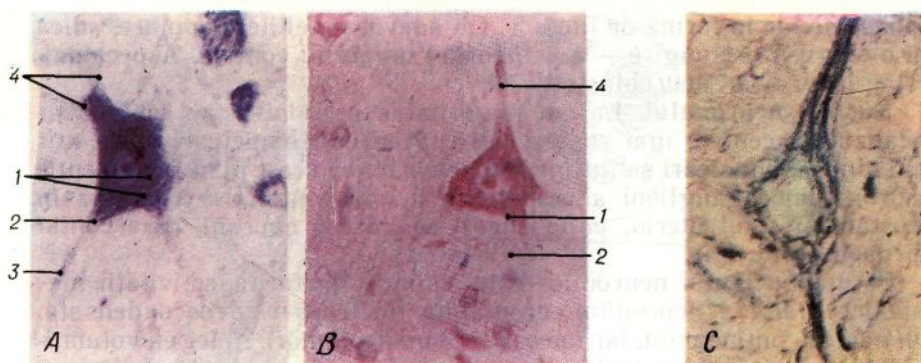
Nucleul neuronului. La om majoritatea neuronilor au un nucleu localizat în centru, mai rar excentric. Neuronii binucleari și cu atât mai mult polinucleari se întâlnesc foarte rar. În acest plan fac excepție neuronii unor ganglioni ai sistemului nervos vegetativ (de pildă în prostată și colul uterin, unde uneori se găsesc neuroni, care conțin aproape 15 nucleii).

Forma nucleului neuronilor este rotundă. Datorită activității metabolice înalte a neuronilor, cromatina nucleară este decondensată. Un nucleu conține unul, iar uneori 2—3 nucleoli mari. Mărirea volumului și a numărului nucleolilor este însoțită de obicei de intensificarea activității funcționale a neuronilor.

Citoplasma neuronului. În corespundere cu gradul înalt al activității funcționale specifice neuronii au o neurolemă specializată și citoplasmă bogată în organite. Citoplasma conține reticulul endoplasmatic, ribozomi, mitocondrii, complexul Golgi, centrul celular, lizozomi, neurotubuli și neurofilamente (des. 106).

Plasmalema neuronilor, în afară de funcțiile tipice pentru citolema oricărei celule, se caracterizează prin capacitatea de a transmite impulsul nervos. Esența acestui proces constă în propagarea rapidă a depolarizării locale a plasmalemei prin dendrite la pericarion și axon. Depolarizarea se datorește pătrunderii în celulă prin plasmalemă a ionilor de natriu (Na^+), ceea ce schimbă semnul sarcinii pe suprafața internă a membranei în pozitiv. Aceasta, la rândul său, mărește permeabilitatea ionilor de natriu în sectorul vecin și ieșirea ionilor de kalium (K^+) pe suprafața externă a membranei în locul polarizat. Aici se restabilește nivelul inițial al diferenței de potențial. Viteza de răspândire a undei de depolarizare pe suprafața membranei determină viteza de transmitere a impulsului nervos.

La colorarea țesutului nervos cu coloranți de anilină (tionină, albastru de toluidin, crezil violet ș. a.) în citoplasma neuronilor se evidențiază corpusculi și granule bazofile de diferită formă și dimensiuni — substanța cromatofilă (substantia chromatophila). Corpusculii bazofili sînt localizați în pericarion și dendritele neuronilor, dar nu se conțin în axoni și *conul lor de emergență* (segmentum initiale) (des. 107, A, B). Corpusculii bazofili din citoplasma neuronilor se caracterizează prin conținutul înalt de ribonucleoproteide. Cercetările ultramicroscopice au arătat că lor le corespund sectoarele de citoplasmă, ce conțin aglomerări de cisterne aplatizate ale reticulului endoplasmatic granular, aranjate paralel între ele. În neuronii de diferite tipuri gradul lor de orientare este diferit. În neuronii măduvei spinării ele sînt la maximum organizate. În fond, reticulul endoplasmatic în celulele nervoase este o structură mobilă, care se schimbă în dependență de starea funcțională a celulei. Astfel, în celulele motorii ale măduvei spinării corpusculii de substanță cromatofilă sînt mari, de formă unghiulară, aranjați mai compact în jurul nucleului. Spre periferia corpului celulei și în dendrite corpusculii sînt mai minusculi, puțin alungiți și aranjați



Des. 107. Substanța cromatofilă și aparatul neurofibrilar din neuroni.

A — substanța cromatofilă (substanța Nissl); colorarea cu albastru de toluidin (după metoda Nissl). B — substanța cromatofilă; colorarea cu verde metilenpironină (după metoda Brașe). 1 — corpusculi de substanță cromatofilă; 2 — conul de emergență; 3 — axonul; 4 — dendrite; C — neurofibrilele impregnate cu nitrat de argint (preparatele lui Iu. Afanasiev, E. F. Kotovskii, E. A. Hacıaturean, G. A. Kosofapov).

rar. În neuronii senzitivi ai ganglionilor spinali corpusculii au forma unei granulații pulverulente. În majoritatea ganglionilor sistemului nervos vegetativ, corpusculii substanței bazofile sînt de formă granulară, mici, aranjați neuniform în citoplasmă, și formează o rețea (ganglionii paravertebral, ganglionul cervical superior). În alți ganglioni substanța cromatofilă este formată din corpusculi masivi, ce îmbibă tot corpul celulei și dendritele (ganglionii plexului solar, ganglionul stelat). În neuroni abundența reticulului endoplasmatic granular corespunde gradului înalt de sinteză în citoplasmă, în special, sinteza proteinelor, care-s necesare pentru menținerea masei pericarioului și prelungirilor. Organitele de sinteză a proteinelor lipsesc în axoni, dar este caracteristic un curent continuu de citoplasmă din pericariou spre terminațiuni cu viteza de 1—3 mm în 24 de ore. Acest curent lent ce transportă proteine, în special fermenții necesari pentru sinteza mediatorilor în terminațiunile axonilor. În afară de aceasta există curent rapid (5—10 mm/oră), ce transportă în special componentele necesare pentru funcțiile sinaptice. Mai există și curent de proteine, spre exemplu acetilcolinesteraza — ferment, care distruge neuromediatorul acetilcolina în direcția terminațiilor dendritelor. Acest transport dendritic se efectuează cu viteza de 3 mm/oră. În afară de curentul de substanțe din pericariou spre terminațiunile axonilor și dendritelor, se mai observă și curent invers — reversibil, prin intermediul căruia o parte din componentele citoplasmei se întorc din terminațiuni în corpul celulei. La transportul substanțelor prin prelungirile neuronale participă reticulul endoplasmatic, veziculele membranoase și granulele, microtubulii și complexul actinomiozinic al citoscheletului.

În celulele nervoase complexul Golgi la microscopul optic se evidențiază în formă de îngrămădiri de inele, filamente sinuoase și gra-

nule. La microscopul electronic acest complex este obișnuit. Centrul celular e situat mai frecvent între nucleu și dendrite. În neuroblaste el se află în partea de unde crește prelungirea (axonul). Mitocondriile sînt situate atît în corpul neuronului, cît și în toate prelungirile lui. Deosebit de bogată în mitocondrii este citoplasma neuronilor din regiunea terminală a prelungirilor, în special la nivelul sinapselor. Cristele în mitocondriile neuronilor sînt slab dezvoltate și pot fi orientate longitudinal.

Neurofibrilele (neurofibrilla). La impregnarea țesutului nervos cu argint în citoplasma neuronilor se evidențiază neurofibrilele, care formează o rețea densă în pericarion și sînt orientate paralel în componența dendritelor și axonilor, inclusiv în cele mai subțiri ramificații terminale (des. 107, C). Cu ajutorul microscopului electronic s-a stabilit că neurofibrilele le corespund niște fascicule de neurofilamente cu diametrul de 6—10 nm și neurotubuli (neurotubușoare) cu diametrul de 20—30 nm, situate în pericarion și dendrite printre corpusculii cromatofili și orientate de-a lungul axonului.

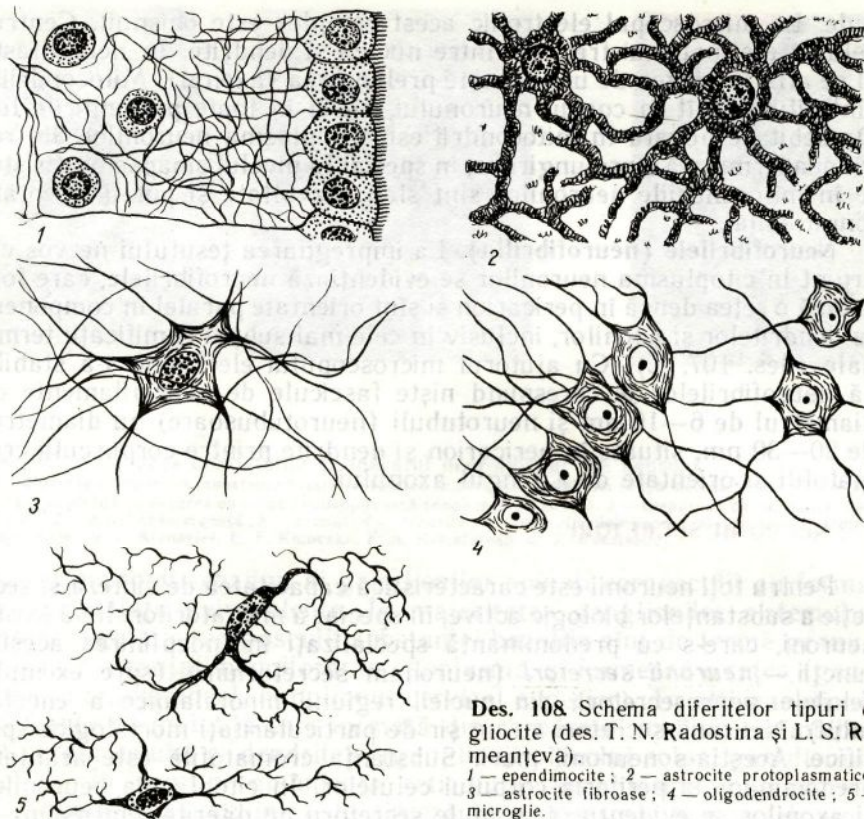
NEURONII SECRETORI

Pentru toți neuronii este caracteristică capacitatea de sinteză și secreție a substanțelor biologice active, în special a mediatorilor. Însă există neuroni, care-s cu predominantă specializați în îndeplinirea acestei funcții — *neuronii secretori* (*neuronum secretorium*) (spre exemplu celulele neurosecretorii din nucleii regiunii hipotalamice a encefalului). Neuronii secretori au un șir de particularități morfologice specifice. Aceștia-s neuronii mari. Substanța cromatofilă este aranjată predominant la periferia corpului celulelor. În citoplasma neuronilor și axonilor se evidențiază granule secretorii de diferite dimensiuni — *neurosecreție* (*substantia neurosecretoria*), ce conține proteine, iar în unele cazuri — lipide și polizaharide. Granulele de neurosecreție sînt eliminate în sînge sau în lichidul cefalic. Mulți neuroni secretori au nucleii de formă neregulată, fapt ce vorbește despre activitatea lor funcțională mărită. Neurosecreția îndeplinește rol de neuroreglator, participînd la acțiunile reciproce ale sistemului nervos și humoral de integrare.

NEUROGLIA

Neuroglia (*neuroglia*) în țesutul nervos îndeplinește următoarele funcții : de suport, de demarcație, trofică, secretorie și de apărare. Toate celulele neurogliei se împart în două grupuri genetic diferite : *gliocite* (*macroglie*) și *microglie*. Printre gliocite deosebim ependimocite, astrocite și oligodendrocite.

Ependimocitele (*ependymocytii*). Ele formează un strat compact de celule, care căpтуșesc canalul central al măduvei spinării și ventriculii cerebrali. Ependimocitele în procesul histogenezei țesutului nervos se diferențiază primele din *glioblastele* tubului neural (des. 108) și îndeplinesc în această etapă de dezvoltare funcția de delimitare și suport. Corpurile alungite ale glioblastelor formează un strat epiteli-



Des. 108. Schema diferitelor tipuri de gliocite (des. T. N. Radostina și L. S. Rumeanțeva).

1 — ependimocite; 2 — astrocite protoplasmatic; 3 — astrocite fibroase; 4 — oligodendrocite; 5 — microglie.

form pe suprafața internă a tubului neural (des. 108). La polul celulelor îndreptat spre lumenul canalului tubului neural se diferențiază cilii, care, vibrând, contribuie la mișcarea lichidului cefalorahidian. Polul bazal al ependimocitelor este înzestrat cu apofize lungi, care, ramificându-se, străbat tubul neural, formînd aparatul de sprijin. Aceste prelungiri, ajungînd la suprafața externă a tubului neural, participă la formarea *membranei limitante gliale superficiale* (*membrana limitans gliae superficialis*), care delimitează substanța tubului neural de alte țesuturi. În perioada postembrionară cilii ependimocitelor dispar, păstrîndu-se doar în unele locuri ale sistemului nervos central (de pildă, în apeductul mezencefalului).

O parte din ependimocite îndeplinesc funcția secretorie, eliminînd diferite substanțe active direct în sînge sau în cavitatea ventriculilor cerebrali. De pildă, în regiunea comisurii posterioare a encefalului, ependimocitele formează un organ special („organul subcomisural“), care elimină o secreție ce participă probabil la reglarea metabolismului hidric.

Ependimocitele ce acoperă plexurile coroide din ventriculii cerebrali sînt cubice. La nou-născuți ele conțin la polul apical cili, care mai tîrziu se reduc. În partea bazală citoplasma formează o mulțime de plici adînci. Citoplasma conține mitocondrii mari și diferite incluziuni (grăsimi, pigment ș. a.). Albastrul de tripan, introdus în patul vascular, se depune în citoplasma acestor celule ce confirmă presupunerea cu privire la participarea activă a ependimocitelor în procesul de formare a lichidului cerebro-spinal și la reglarea componenței lui.

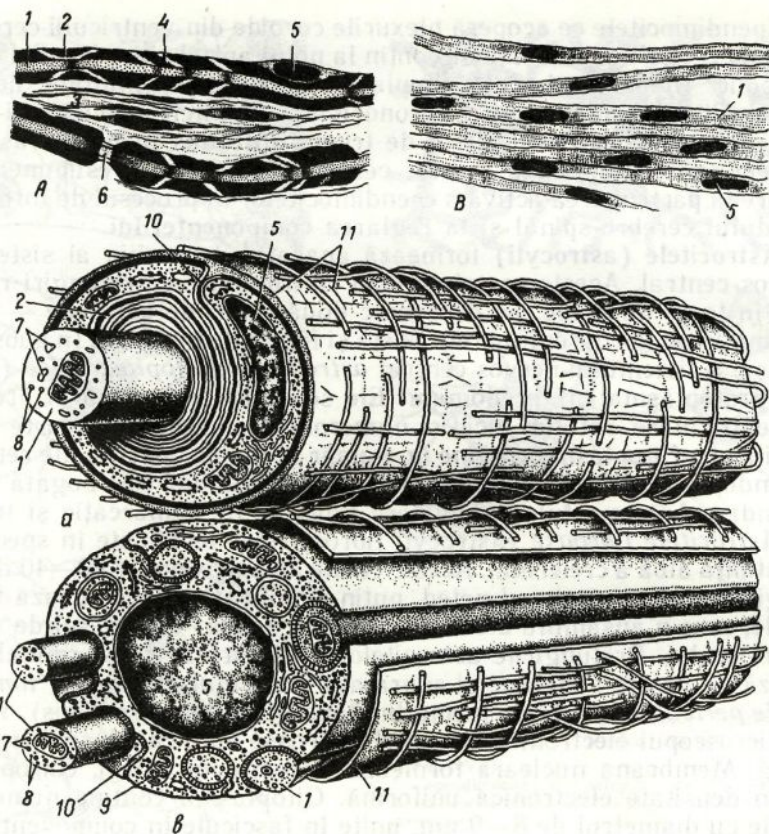
Astroците (astrocyti) formează aparatul de sprijin al sistemului nervos central. Acestea-s celule mici cu numeroase prelungiri ramificate în toate direcțiile. Se deosebesc două tipuri de astrocite — protoplasmatică și fibroasă. Între ele există și forme de tranziție. În substanța cenușie a sistemului nervos central *astrocitele protoplasmatică* (astrocyti protoplasmatici) predomină. Ele se caracterizează prin prezența nucleului mare, rotund, lucid și numeroaselor prelungiri scurte intens ramificate. Citoplasma conține un număr redus de cisterne ale reticulului endoplasmatic, ribozomi liberi și microtubuli, dar este bogată în mitocondrii. Aceste celule îndeplinesc funcțiile de demarcație și trofică.

Astrocitele fibroase (astrocyti fibrosi) sînt localizate în special în substanța albă a creierului. Aceste celule au aproximativ 20—40 de prelungiri lungi, cu conturul neted, puțin ramificate. Ele formează fibrele gliale, care-n ansamblu alcătuiesc o rețea densă — aparatul de suport al creierului. Prelungirile astrocitelor cu dilatăriile lor terminale formează pe vasele sanguine și suprafața creierului *membrane limitante gliale perivasculare* (membrana limitans gliae perivascularis). Privite la microscopul electronic, astrocitele fibroase au o citoplasmă transparentă. Membrana nucleară formează uneori cute adînci, carioplasma are o densitate electronică uniformă. Citoplasma conține numeroase fibrile cu diametrul de 8—9 nm, unite în fascicule în componența prelungirilor lor.

Funcția principală a astrocitelor este de suport și izolare a neuronilor de acțiunile externe. Aceasta e necesar pentru realizarea activității specifice a neuronilor.

Oligodendrocitele (oligodendrocyti) alcătuiesc cea mai numeroasă grupă de celule gliale (des. 108). Ele înconjoară corpul neuronilor din sistemul nervos central și periferic, formează învelișul fibrelor nervoase și al terminațiilor nervoase. Au diferită formă în diferite regiuni ale sistemului nervos. În substanța cenușie a creierului sînt de dimensiuni mici. De la corpul celulelor care are formă ovală sau unghiulară pornesc cîteva prelungiri scurte puțin ramificate. Deosebirile structurale ale acestor celule în ganglionii nervoși periferici, ale fibrelor și terminațiile nervoase vor fi descrise în capitolele respective.

Cercetările făcute la nivelul microscopului electronic au arătat că citoplasmă celulelor oligodendrogliei, după densitatea sa, se apropie de cea a celulelor nervoase, însă se deosebește prin aceea că nu conține neurofilamente. Însemnătatea lor funcțională este foarte variată, iar funcția trofică participă la metabolismul celulelor nervoase. Oligodendrocitele joacă un rol considerabil la formarea membranelor din jurul prelungirilor neuronilor. În acest caz ele se numesc *neurolemo-*



Des. 109. Schema de structură a fibrelor nervoase la nivelul microscopului optic (A, B) și electronic (a, b) (des. Iu. I. Afanasiev, T. N. Radostina, L. S. Rumeanțeva).
 A, a — fibră mielinică, B, b — fibră amielinică. 1 — cilindraxul; 2 — stratul mielinic; 3 — țesut conjunctiv; 4 — iscizura mielinică; 5 — nucleul neurolemocitului; 6 — strangulație nodulară; 7 — microtubuli; 8 — neurofilamente; 9 — mitocondrii; 10 — mezaxon; 11 — membrana bazală.

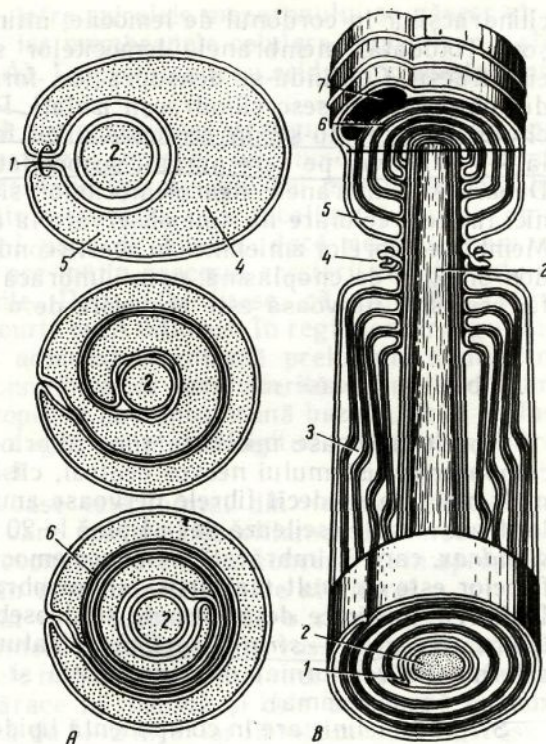
cite (lemocite sau celule Schwann). Un rol important le aparțin acestor celule în procesul de degenerare și regenerare a fibrelor nervoase.

Microglia (microglia). Problema provenienței și naturii macrofagice a microgliei în timpul de față este discutabilă. Conform unei ipoteze, celulele microgliei sînt macrofage gliale, care provin din promonocitele măduvei hematopoietice. Ele-s de dimensiuni mici, în special cu prelungiri, și capabile la mișcare ameboidă. De la cele 2—3 prelungiri mai mari pleacă ramificații scurte secundare și terțiare. Nucleii celulelor au formă alungită sau triunghiulară, sînt bogați în cromatină (des. 108). Excitarea celulelor microgliei le modifică forma, prelungirile lor se restrîng. Astfel, ele capătă aspect specific, se rotunjesc și se numesc în acest caz *sfere granulare*.

si
ai
d
n
în
re
co
ele
17.1

Des. 110. Schema de dezvoltare a fibrei mielinice (compusă de T. N. Rados-tina după schema lui Robertson).

A — secțiuni transversale ale stadiilor succesive de dezvoltare (după Robertson); B — imaginea tridimensională a fibrei formate. 1 — duplicatura membranei neurolemocitului (mezaxonul); 2 — axonul; 3 — scizura mielinică; 4 — joncțiuni digitiforme ale neurolemocitului în regiunea stragulată-tiei; 5 — citoplasma neurolemocitului; 6 — mezaxonul torsionat spiral (mielină); 7 — nucleul neurolemocitului.



FIBRELE NERVOASE

Fibre nervoase (neurofibra) se numesc prelungirile celulelor nervoase acoperite de membrane. În diferite regiuni ale sistemului nervos, membranele fibrelor nervoase se deosebesc esențial între ele după structură. În dependență de particularitățile lor de structură toate fibrele nervoase se împart în două grupuri principale: *mielinice* și *amielinice* (des. 109, A, B). Ambele sînt formate din prelungirea celulei nervoase, care este situată în centrul fibrei, de aceea se numește *cilindrax* (cylindraxis), și tecile formate din celulele oligodendroglii, care poartă denumirea de *neurolemocite* (celulele Schwann).

Fibrele nervoase amielinice

Majoritatea *fibrelor nervoase amielinice* (neurofibra amyelinata) se află în componența sistemului nervos vegetativ. Membranele fibrelor amielinice formate din celulele oligodendroglii, sînt aranjate în cordoane compacte. În ele, la o anumită distanță dintre celule, se observă nucleii ovali. Fibrele nervoase din organele interne conțin, de obicei, în asemenea cordoane nu unul, dar mai mulți (10—20) cilindraxi, care aparțin diferiților neuroni. Ei pot trece dintr-o fibră în alta. Fibrele ce conțin cîțiva cilindraxi se numesc *fibre de tip cablu*. La microscopul electronic, în fibrele amielinice se observă că pe măsura înfundării

cilindracșilor în cordoanelor de leucocite, ultimile îi îmbracă ca un manșon. Totodată, membranele leucocitelor se îndoaie, cuprind strâns cilindracșii. Cuplându-se deasupra lor, formează plici adânci, la fundul cărora se găsesc cilindracșii izolați. Porțiunile membranei leucocitului, apropiindu-se, în regiunea plicii formează o membrană dublă — mezaxonul pe care parcă-i suspendat cilindracșul (des. 109, B). Deoarece membranele neuroleucocitelor sînt subțiri, nici mezaxonul, nici limitele celulare nu sînt observate la nivelul microscopului optic. Membrana fibrelor amielinice în aceste condiții se evidențiază ca un cordon omogen de citoplasmă, care „îmbracă” cilindracșii. La suprafața fiecărei fibră nervoase este acoperită de o membrană bazală.

Fibrele nervoase mielinice

Fibrele nervoase mielinice (neurofibră mielinată) se află atât în componența sistemului nervos central, cît și în cel periferic. Ele sînt cu mult mai groase decît fibrele nervoase amielinice. Diametrul secțiunii lor transversale oscilează de la 1 pînă la 20 μm . Sînt formate dintr-un cilindracș, care-i „îmbrăcat” de neuroleucocite. Diametrul cilindracșului fibrelor este cu mult mai gros, iar membrana lor este mai complexă. În fibrele mielinice deja formate se deosebesc două straturi: stratul intern, mai gros — stratul mielinic (stratum myelini) (des. 109, A) și extern, subțire, format din citoplasma și nucleii leucocitelor — neurolema (neurolemma).

Stratul mielinic are în componență lipide, de aceea la prelucrare cu acid osmic se colorează intens în cafeniu-închis. Astfel fiecare fibră se prezintă ca un cilindru omogen, pe traiectul căruia, la distanțe anumite una de alta, se văd niște linii clare — scizuri mielinice (incisura myelini). Peste anumite intervale (de la cîtiva micrometri pînă la cîtiva milimetri) în fibră se observă locuri unde stratul mielinic lipsește — strangulații nodulare. Nodurile corespund granițelor dintre neuroleucocitele adiacente. Segmentul de fibră, situat între nodurile adiacente, se numește segment internodal, iar învelișul lui este format dintr-o singură celulă glială.

În procesul dezvoltării fibrei mielinice, cilindracșul se înfundă treptat în neuroleucocit și curbindu-i membrana, formează o cută adîncă, care dă naștere mezaxonului (des. 110, A, B). În procesul histogenezei, mezaxonul se alungește și se răsucește concentric pe cilindracș, formînd în jurul lui o teacă compactă stratificată — stratul mielinic (des. 109, 110). La microscopul electronic fiecare spirală a mezaxonului reprezintă un strat clar, cu dimensiuni între 8—12 nm, care corespunde straturilor de lipide ale duplicaturii de plasmalemă a neuroleucocitului. Prin mijlocul lor și la suprafața se văd linii întunecate formate de proteine.

Stratul extern (neurolema) este numit zonă periferică a fibrei nervoase, ce conține citoplasma și nucleii neuroleucocitelor (celulelor Schwann) împinse la suprafața. La prelucrarea cu acid osmic această zonă rămîne clară.

În regiunea scizurilor, între spiralele mezaxonului se găsesc straturi bogate de citoplasmă, iar membranele celulare respective se află la distanțe mari (des. 109, A). La prelucrare cu acid osmic aceste locuri rămân necolorate.

Secțiunea longitudinală din apropierea strangulației arată că spiralele mezaxonului contactează succesiv cu cilindraxul. Locul de contactare a celor mai profunde spirale este cel mai îndepărtat loc de strangulare, iar următoarele spirale se localizează, firește, mai aproape de nod. Aceasta-i ușor de înțeles, dacă ne imaginăm că stratificarea mezaxonului are loc în procesul creșterii cilindraxului și „învelirea de neurolemocite. Deci, e și firesc, că primele straturi ale mezaxonului sînt mai scurte decît ultimele. În regiunea strangulației capetele neurolemocitelor adiacente formează prelungiri digitiforme cu diametrul de 50 nm. Lungimea lor este diferită. La exterior fibra nervoasă mielinică este acoperită de o membrană bazală, unită cu fascicule dense de fibrile de colagen orientate longitudinal, ce nu se întrepun la nivelul strangulației.

Cilindraxul fibrei nervoase este format din *neuroplasmă* — citoplasma celulei nervoase, care conține neurofilamente și neurotubuli orientate longitudinal, mitocondrii, care-s mai concentrați în apropierea strangulațiilor, mai ales în aparatele terminale ale fibrei.

Suprafața cilindraxului este acoperită de o membrană — *axolemă*, — care asigură transmiterea impulsului nervos. Viteza transmiterii impulsului nervos de fibrele mielinice este mai mare decît de cele amielinice. Fibrele subțiri, sărace în mielină și cele amielinice transmit impulsul nervos cu o viteză de 1—2 m/s, iar fibrele mielinice groase — cu 5—120 m/s.

În fibrele nervoase amielinice unda depolarizării membranei se răspîndește de-a lungul întregii plasmaleme fără întrerupere, iar în fibrele mielinice are loc numai la nivelul strangulației. Astfel, pentru fibrele mielinice e caracteristică transmiterea saltatorie a excitațiilor, adică prin sărituri. În sectorul internodal prin axolemă trece curent electric, viteza căruia e mai mare decît trecerea undei de depolarizare.

REGENERAREA NEURONILOR ȘI FIBRELOR NERVOASE

Neuronii sînt o populație de celule fără schimb. Pentru ei este caracteristică numai regenerarea fiziologică intracelulară, ce constă în reînnoirea permanentă a proteinelor structurale din citoplasmă.

Prelungirile neuronilor și, corespunzător, nervii periferici în caz de lezare au capacitatea de regenerare. Totodată, înaintea regenerării fibrelor nervoase are loc fenomenul degenerării. Deja din primele zile neurolemocitele segmentului periferic al fibrei se activează brusc. În citoplasma lor crește numărul ribozomilor liberi, polizomilor și reticulului endoplasmatic, se formează un număr mare de formațiuni sferoidale stratificate, de diferite dimensiuni. Stratul mielinic ca zonă de izolare a neurolemocitului dispare. În decursul a 3—4 zile neurolemocitele cresc considerabil în volum și se divid intens. Spre sfîrșitul săptămîinii a doua mielina și fragmentele cilindraxilor se supun resorb-

ției. În acest proces iau parte atât celulele gliale, cât și macrofagele țesutului conjunctiv.

Cilindracșii segmentului central al fibrelor formează la virți dilatări în formă de măciucă — *conul de creștere*, care pătrund între neurolemocitele segmentului distal, aranjate în formă de benzi. Ele cresc cu viteza de 1—4 mm în 24 de ore. În regiunea terminațiilor creșterea fibrelor nervoase încetinește. Mai târziu are loc mielinizarea fibrelor nervoase și restabilirea structurilor terminale.

TERMINAȚIUNILE NERVOASE

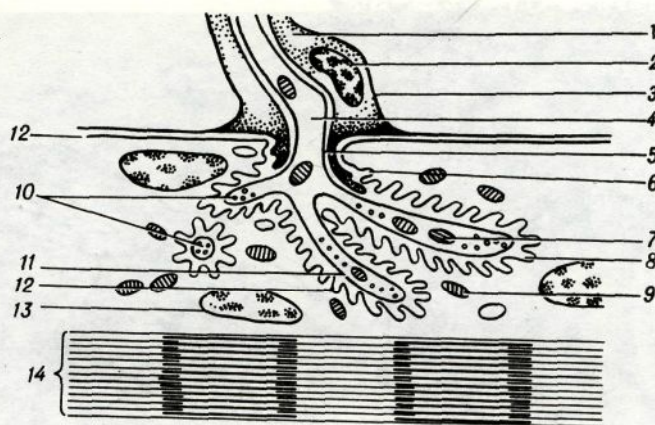
Toate fibrele nervoase se termină cu aparate terminale, care au fost denumite terminațiuni nervoase (*terminationes nervorum*). După însemnătatea funcțională terminațiunile nervoase pot fi împărțite în trei grupuri: *efectoare* (sau efectori), *receptoare* (afereente sau *senzitive*) și aparate *terminale*, ce formează sinapsele interneuronale, care asigură legătura între neuroni.

Terminațiunile nervoase efectoare

Ele sînt de două feluri — motorii și secretorii. *Terminațiunile nervoase motorii* sînt aparatele terminale ale axonilor celulelor motorii din sistemul nervos somatic sau vegetativ. Prin intermediul lor impulsul nervos este transmis la țesuturile organelor lucrătoare. În mușchii striați terminațiunile motorii se numesc *terminațiuni neuromusculare* (*terminatio neuromuscularis*). Ele reprezintă terminațiuni ale axonilor celulelor nervoase ale nucleilor motori din coarnele anterioare ale măduvei spinării sau nucleilor motori din encefal. Terminațiunea neuromotorie este formată din ramificațiile terminale ale cilindraxului fibrei nervoase și sectorul specializat al fibrei musculare (des. 111). Fibra nervoasă mielinică, ajungînd la fibra musculară, pierde stratul mielinic și se înfundă în ea, atrăgînd după sine plasmalema acesteia. Elementele țesutului conjunctiv din fibra nervoasă trec în stratul extern al membranei fibrei musculare. Plasmalema ramificațiilor terminale axonale și a fibrei musculare sînt despărțite prin *fisura sinaptică*, ce are o lățime de aproape 50 nm. În afară de aceasta, membrana fibrei musculare formează numeroase cute, care reprezintă fisuri sinaptice secundare ale terminațiunii efectoare.

Fibra musculară în regiunea terminațiunii n-are striație transversală tipică și se caracterizează prin abundența de mitocondrii, îngrămădiri de nucleii rotunzi sau puțin ovali. Sarcoplasma cu mitocondriile și nucleii formează în comun porțiunea postsinaptică a sinapsei.

În sinapsele mioneurale ramificațiile terminale ale fibrei nervoase se caracterizează prin abundența mitocondriilor și numeroaselor *vezicule presinaptice*, care conțin mediatorul specific pentru acest tip de terminațiuni — acetilcolina. La excitare acetilcolina trece prin *membrana presinaptică* în fisura sinaptică spre colinoreceptorii membranei musculare postsinaptice, inițiind excitarea ei (unda de depolarizare).



Des. 111. Schema structurii ultramicroscopice a terminațiunii neuromusculare.
 1 — citoplasma neurolemocitului; 2 — nucleul neurolemocitului; 3 — plasmalema neurolemocitului; 4 — cilindraxul fibrei nervoase; 5 — axolema; 6 — membrana postsinaptică (sarcolema); 7 — mitocondrii în axoplasmă; 8 — fisură sinaptică; 9 — mitocondriile fibrei musculare; 10 — vezicule presinaptice; 11 — membrana presinaptică (axolema); 12 — sarcolema; 13 — nucleul fibrei musculare; 14 — miofibrila.

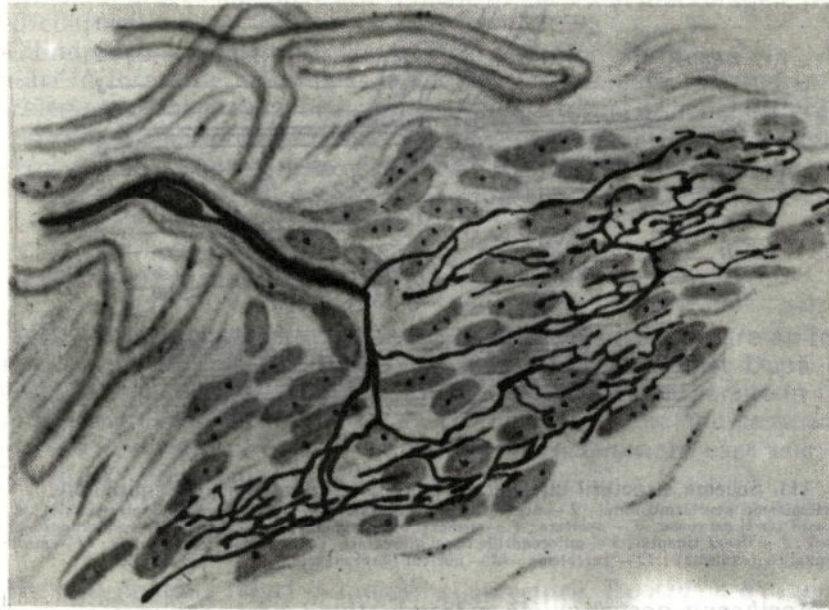
✓ **Membrana postsinaptică** a terminațiunii nervoase motorii conține fermentul acetilcolinesteraza, care distruge mediatorul și-i limitează astfel durata de acțiune. Terminațiunile nervoase motorii din țesutul muscular neted sînt mai simple după structură. Aici fasciculele subțiri de axoni sau terminațiunile lor solitare, trecînd printre celulele musculare, formează dilatări cu aspect varicos, ce conțin vezicule presinaptice colinergice sau adrenergice.

Terminațiunile nervoase secretorii au o structură simplă. Ele reprezintă îngroșări terminale sau dilatări în formă de mățanii ale fibrei cu vezicule sinaptice, care conțin în special acetilcolină.

Terminațiunile nervoase senzitive (receptive)

Aceste terminațiuni nervoase — receptori — sînt împrăștiate prin tot organismul și percep diferite excitații provenite din mediul extern precum și din organele interne. În corespundere cu acest fapt se deosebesc două grupuri mari de receptori — *exteroreceptori* și *interoreceptori*. În dependență de specificul excitației percepute de un anumit tip de receptori, toate terminațiunile nervoase se împart în: mecanoreceptori, baroreceptori, chemoreceptori, termoreceptori ș. a.

Conform particularităților de structură terminațiunile senzitive se împart în: *terminațiuni nervoase libere* (*terminatio nervi libera*), formate numai din ramificațiile terminale ale cilindraxului, și *nelibere*. Ultimele conțin toate componentele fibrei nervoase, și anume ramificațiile cilindraxului și celulele gliale. În afară de aceasta, terminațiunile nelibere mai pot fi acoperite de o capsulă de țesut conjunctiv (*corpusculum nervosum capsulatum*) și se numesc *incapsulate*. Terminațiunile

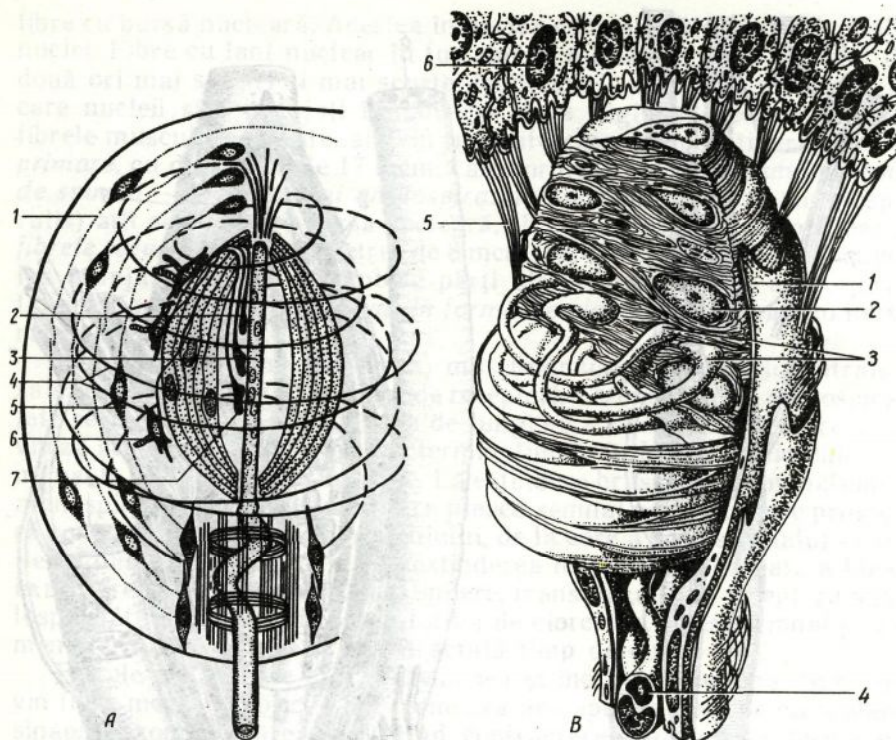


Des. 112. Terminațiuni nervoase senzitive în țesutul conjunctiv (după A. P. Maslov).

nervoase nelibere lipsite de capsula de țesut conjunctiv se numesc *neincapsulate* (corpusculum nervosum noncapsulatum).

Terminațiunile libere sînt caracteristice pentru epiteliu. În acest caz fibrele nervoase mielinice, ajungînd la stratul epitelial, își pierd mielina, iar cilindrachii lor pătrund în epiteliu și se desfac între celule în ramuri terminale subțiri. Epiteliul pluristratificat conține terminațiuni în componența cărora, în afară de ramificațiile terminale ale prelungirilor neuronilor, intră și celulele specifice. Celulele epiteliale specific modificate se numesc epitelioците tactile (epitheliocytus tactus). Ele se deosebesc de alte celule epiteliale prin citoplasma clară, prezența granulelor osmiofile cu diametrul de 65—180 nm și nucleul aplatisat întunecat. Ramificațiile nervoase terminale, ajungînd la aceste celule, se dilată și formează structuri terminale discoidale, ce contactează cu baza epitelioциtelor tactile.

Receptorii sînt foarte variați în țesutul conjunctiv. Majoritatea lor reprezintă ramificațiile cilindraxului de diferit grad de complexitate. Ca de obicei, în componența acestor aparate terminale intră neurolemocitele, care însoțesc toate ramificațiile fibrilare (des. 112). Indiferent de marea variabilitate a receptorilor incapsulați din țesutul conjunctiv, ei sînt totdeauna alcătuiți din ramificațiile cilindraxului și celulele gliale. La exterior acești receptori sînt acoperiți cu o capsulă de țesut conjunctiv. Ca exemplu de terminațiuni de acest fel foarte răspîndiți la om, pot servi corpusculii lamelari (corpusculum lamellosum). În centrul acestui corpuscul se află bulbul intern (bulbus internus), format din lemocite modificate. În apropierea corpuscului lamelar fibrele nervoase

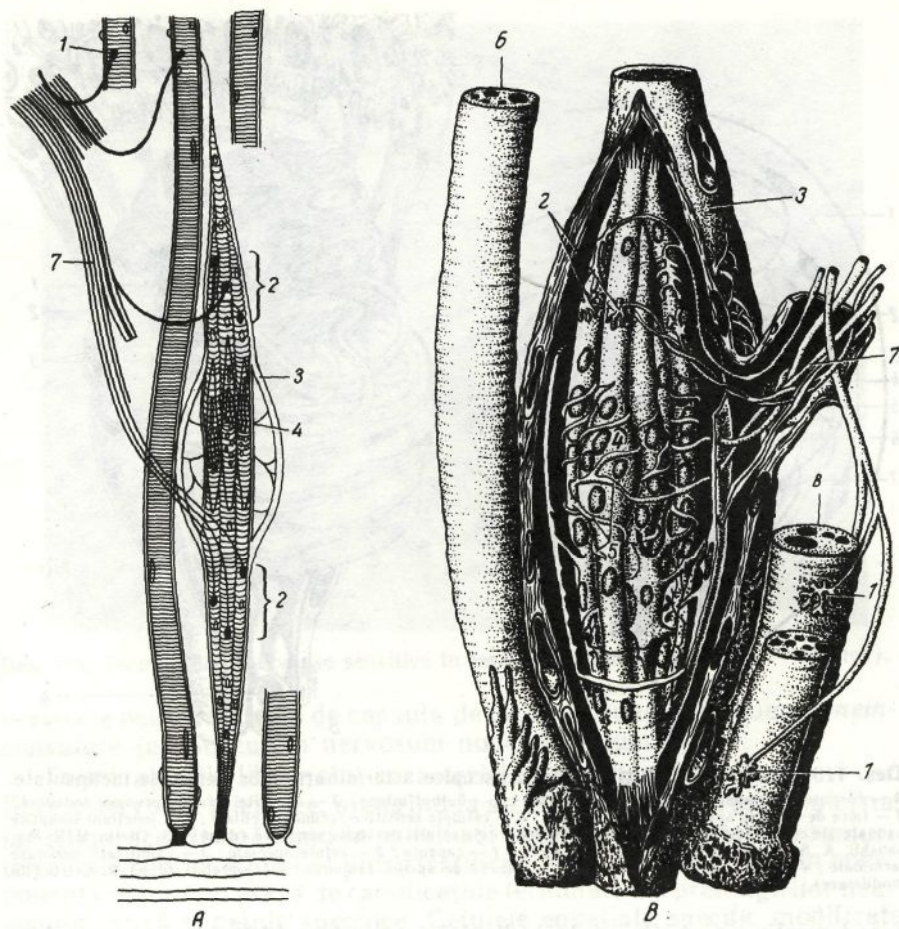


Des. 113. Schema structurii ultramicroscopice a terminațiilor nervoase încapsulate. *A* — corpuscul lamelar: 1 — capsula lamelară; 2 — bulbul intern; 3 — dendrita celulei nervoase senzitive; 4 — fibre de colagen spiralate; 5 — fibrocite; 6 — celulele senzitive secundare ciliate; 7 — jonțiuni sinaptice axonale ale celulelor senzitive secundare cu dendritele celulei nervoase senzitive (după A. A. Otelin, V. R. Mașanski, A. S. Mirkin); *B* — corpusculul tactil: 1 — capsula; 2 — celule speciale; 3 — ramificații nervoase terminale; 4 — fibră nervoasă mielinică; 5 — fibrile de sprijin (suport); 6 — epiteliul (după R. Cristici în modificare).

pierd mielina și pătrund în bulbul intern (des. 113, A). La suprafața corpusculului este acoperit de o capsulă stratificată, formată din fibroblaste și fibre colagene orientate spiralat. Funcția corpusculilor lamelari ține de perceperea presiunii. Ei sînt numeroși în straturile profunde ale pielii și în toate organele interne.

Din terminațiunile senzitive încapsulate fac parte și *corpusculii tactili* (corpusculum tactus), ce se află în componența papilelor pielii. Ei sînt alcătuiți din oligodendrogliocite, aranjate perpendicular față de axul longitudinal al corpusculului. Fibra nervoasă mielinică, pătrunzînd în corpuscul, își pierde mielina și se descompune în cîteva ramuri terminale, care contactează cu suprafața celulelor gliale. Capsula de țesut conjunctiv este foarte subțire și-i formată în special din fibre colagene (des. 113, B).

Receptorii mușchilor scheletali și ai tendoanelor se numesc *fusuri neuromusculare* (fusulus neuromuscularis), care înregistrează schimbările de lungime a fibrelor musculare și viteza acestor modificări, și *fusuri neurotendinoase* (fusulus neurotendineus), ce reacționează la ten-



Des. 114. Schema structurii fusului neuromuscular.

A — inervația motorie a fibrelor musculare intra- și extrafuzale (după A. N. Studitskii);

B — terminațiuni nervoase aferente spiralate în jurul fibrelor musculare intrafuzale din regiunea burselor nucleare (după R. Cristici cu modificare). 1 — terminațiuni neuromusculare efectoare ale fibrelor musculare extrafuzale; 2 — plăcile motorii ale fibrelor musculare intrafuzale; 3 — țesut conjunctiv; 4 — bursă nucleară; 5 — terminațiuni nervoase senzitive anulospiralate în jurul burselor nucleare; 6 — fibre musculare scheletale; 7 — nervul.

siunea acordată tendonului în timpul contracției mușchilor. Fusul este format din câteva (pînă la 10—12) fibre musculare striate subțiri și scurte — fibre *intrafuzale* (din l. lat. *fuscus* — *fuscus*), incluse într-o capsulă de țesut conjunctiv extensibilă. Celelalte fibre musculare se află în afara capsulei și se numesc *extrafuzale* (des. 114, A, B).

Fibrele intrafuzale conțin miofilamente de actină și miozină numai la capetele ce se contractează. Porțiunea receptivă a fibrei musculare intrafuzale este cea centrală, care nu se contractă. Se deosebesc două tipuri de fibre intrafuzale: fibre cu *bursă nucleară* (*bursa nuclearis*) și fibre cu *lanț nuclear* (*vinculum nucleare*). În fus se află cîte 1—3

fibre cu bursă nucleară. Acestea în partea centrală lărgită conțin mulți nuclei. Fibre cu lanț nuclear în fus sînt în număr de 3—7. Ele sînt de două ori mai subțiri și mai scurte decît fibrele cu bursă nucleară, la care nucleii sînt aranjați în lanț pe toată regiunea receptivă. Spre fibrele musculare intrafuzale vin fibre aferente de două tipuri: *fibrele primare*, cu diametrul de 17 mcm, care formează *terminațiuni în formă de spirală — terminațiuni anulospirale* (*terminatio nervi annulospiralis*) atît pe fibrele cu bursă nucleară, cît și pe fibrele cu lanț nuclear și *fibrele secundare*, cu diametrul de 8 mcm, care inervează fibrele cu nucleii aranjați în lanț. Pe ambele părți ale terminațiunilor anulospirale ele formează *terminațiuni în formă de ciorchine* (*terminatio nervi racemosa*).

La relaxarea (sau extinderea) mușchilor lungimea fibrelor intrafuzale crește, fenomen înregistrat de receptori. Terminațiunile anulospirale reacționează la schimbările de lungime a fibrelor musculare și la viteza acestor transformări, iar terminațiunile în formă de ciorchine — numai la schimbările de lungime. La extindere bruscă din terminațiunile anulospirale în măduva spinării pleacă semnal puternic, care provoacă contractarea tetanică a mușchiului, de la care a sosit semnalul — reflexul dinamic la extindere. La extinderea lentă și îndelungată a fibrei ia naștere semnalul static de extindere, transmis atît de receptorii anulospirați, precum și de cei în formă de ciorchine. Acest semnal poate menține mușchiul în stare contractată timp de cîteva ore.

Fibrele intrafuzale au de asemenea și inervație eferentă. Spre ele vin fibre motorii subțiri, care formează pe capetele fibrelor musculare sinapse axomusculare. Provoacă contractarea porțiunilor terminale ale fibrei intrafuzale, ele sporesc extinderea regiunii centrale receptive și amplifică reacția receptorului.

Fusurile neurotendinoase se localizează, de obicei, în locurile de unire a mușchilor cu tendoanele. Fasciculele colagene ale tendonului, unite cu cîte 10—15 fibre musculare, sînt înconjurate de o capsulă de țesut conjunctiv. Spre fusul neurotendinos vine o fibră mielinică groasă (cu diametrul circa de 16 mcm), care își pierde mielina și formează terminațiuni ramificate între fasciculele de fibre colagene ale tendonului. Semnalul din fusul neuromuscular inițiat de încordarea mușchiului excită neuronii inhibitori ai măduvei spinării. Aceștia respectiv inhibă neuronii motori, preîntîmpinînd astfel supraextinderea mușchiului.

Sinapsele interneuronale

Polarizarea dinamică și transmiterea impulsului nervos prin lanțul de neuroni se datorează joncțiunilor specializate — *sinapselor* din l. greacă *synapsis* — legătură). Se disting sinapse cu transmitere chimică — *sinapse chimice* și cu transmitere electrică — *sinapse electrice* (fără vezicule). Ultimele la animalele superioare se întîlnesc rar.

În sinapsele chimice ramificațiile axonale ale neuronului formează *porțiunea presinaptică* (*pars presynaptica*), care interacționează cu plasmalema altui neuron — *porțiunea lui postsinaptică* (*pars post-*

synaptica). Pentru diferite regiuni ale sistemului nervos sinapsele sînt foarte variate și specifice (des. 115, A, B, C, D).

Conform localizării se disting *sinapse axosomatice* (ramificațiile terminale axonale contactează cu corpul altui neuron), *sinapse axodendritice* (ramificațiile terminale axonale ale unui neuron formează joncțiune sinaptică cu dendrita altui neuron) și *sinapse axoaxonale* (terminațiile axonale ale unui neuron contactează cu axonul altui neuron). Celor din urmă li se atribuie funcția inhibitoare a impulsului primit de la oricare alți neuroni prin sinapsele axosomatice și axodendritice.

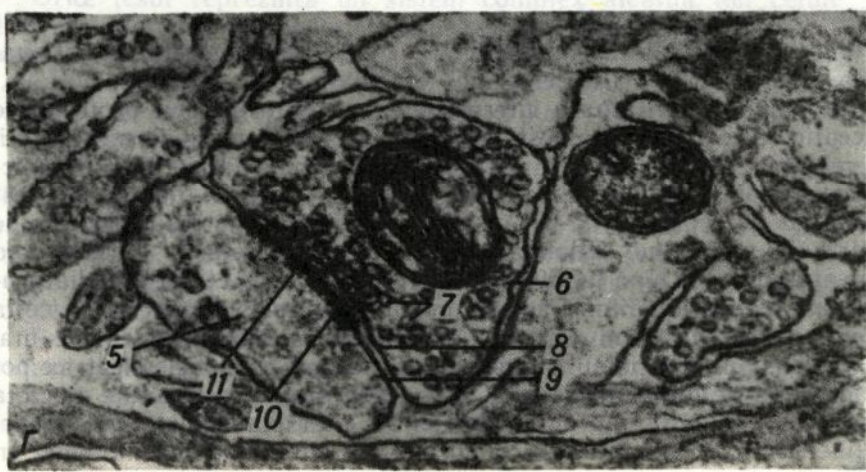
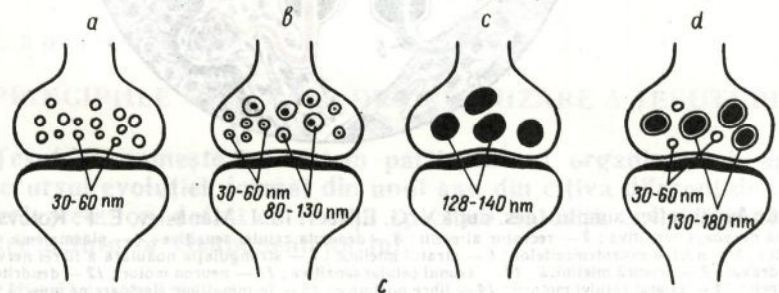
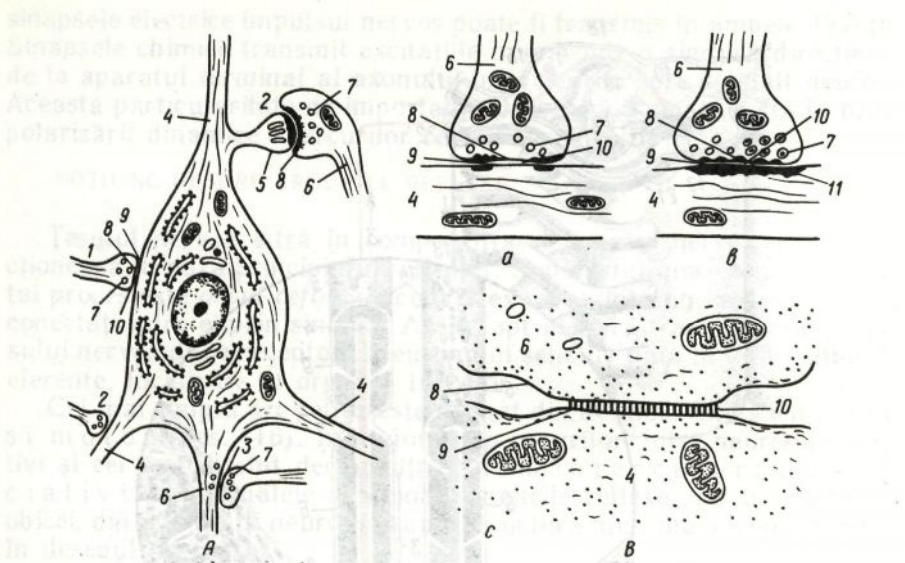
Porțiunea presinaptică se caracterizează printr-o aglomerație de *vezicule presinaptice* și mitocondrii. Veziculele presinaptice conțin mediatori. Printre cei mai răspîndiți se află acetilcolina (sinapsele colinergice) și noradrenalina (sinapsele adrenergice). Rolul de mediator pot să-l joace și alte substanțe biologice active — doamina, glicina, acidul gama-aminobutiric, acidul glutamic, substanța P, serotonina, histamina ș. a. Dintre substanțele enumerate doamina, glicina și acidul gama-aminobutiric sînt mediatori de inhibiție. În sinapsele colinergice veziculele presinaptice sînt mici (30—50 nm) și transparente. Ele mai pot conține și cîteva vezicule mari (80—150 nm) cu un conținut electronic dens. Pînă la momentul de față însemnătatea acestor vezicule nu este pe deplin clară. Se presupune că lor se datorează prezența în sinapse a aminelor biogene.

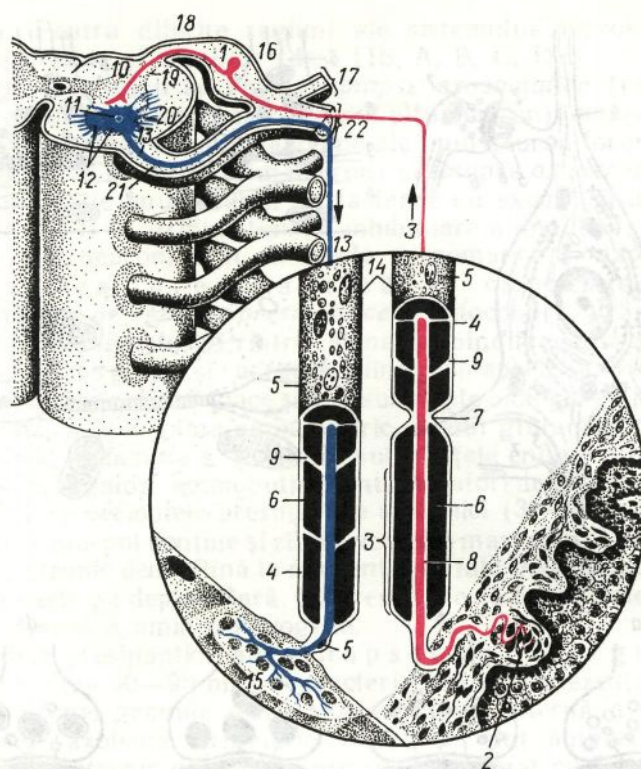
Veziculele presinaptice ale sinapsei adrenergice ating în diametru circa 50—90 nm și caracterizează prin prezența în fiecare dintre ele a unei granule dense. Pe suprafața internă a membranei presinaptice (axolema terminației axonului) sînt amplasate formațiuni conice electronic-dense. Fiecare con este legat cu 5 cordoane învecinate compacte în așa fel, încît printre conurile dense și cordoane se formează locuri triunghiulare, prin care se presupune că se elimină conținutul veziculelor sinaptice. Propagarea potențialului de acțiune pe suprafața membranei presinaptice inițiază contopirea membranelor a cîtorva *vezicule presinaptice* cu membrana presinaptică, vărsînd mediatorul în acest moment în spațiul sinaptic cu diametrul de circa 20 nm. Veziculele înseși rămîn în porțiunea presinaptică, unde se umplu iar cu mediator de cîteva ori la rînd.

Acțiunea mediatorului asupra porțiunii postsinaptice depinde de prezența pe membrana postsinaptică (plasmalema neuronului-executor) a proteinei speciale — receptorul mediatorului. Deseori în porțiunea postsinaptică se observă condensări citoplasmice submembranice — condensări postsinaptice, uneori cisterne submem-

Des. 115. Structura sinapselor.

A — schema citotopografică a sinapselor; B — schema structurii sinapselor: a — de tip inhibitor; b — de tip excitator; c — de tip electric (fără vezicule); C — schema structurii veziculelor sinaptice: a — colinergice (clare); b — adrenergice (dense); c — purinergice; d — peptidergice (după L. D. Markina); D — imagine electronomicroscopică a sinapsei axodendritice (preparatul lui I. G. Pavlova); 1 — sinapsă axosomatică; 2 — sinapsă axodendritică; 3 — sinapsă axoaxonală; 4 — dendrite; 5 — spin dendritic; 6 — axon; 7 — vezicule sinaptice; 8 — membrana presinaptică; 9 — membrana postsinaptică; 10 — spațiul sinaptic; 11 — condensări postsinaptice.





Des. 116. Arcul reflex simplu (des. după V. G. Eliseev, Iu. I. Afanasiev, E. F. Kotovskii). 1 — celulă nervoasă senzitivă; 2 — receptor al pielii; 3 — dendrita celulei senzitive; 4 — plasmalema neurolemocitului; 5 — nucleii neurolemocitelor; 6 — stratul mielinic; 7 — strangulația nodulară a fibrei nervoase; 8 — cilindraxul; 9 — scizură mielinică; 10 — axonul celulei senzitive; 11 — neuron motor; 12 — dendritele celulei motorii; 13 — axonul celulei motorii; 14 — fibre mielinice; 15 — terminațiune electroare pe mușchi; 16 — ganglionul spinal; 17 — ramura dorsală a nervului spinal; 18 — rădăcina posterioară; 19 — cornul posterior; 20 — cornul anterior; 21 — rădăcina anterioară; 22 — ramură ventrală a nervului spinal.

branice ale reticulului endoplasmatic neted. Însemnătatea funcțională a acestor structuri nu este încă elucidată.

În sinapsa excitatoare interacțiunea mediatorului cu proteina de recepție de pe membrana postsinaptică duce la creșterea permeabilității membranei. Ca urmare, afluxul rapid al ionilor de natriu în celulă micșorează potențialul de repaus negativ. În neuronul neexcitat acest potențial de repaus (-77 mV) se formează în urma ieșirii ionilor de natriu din celulă sub acțiunea „pompei de natriu-potasiu“. Atunci când potențialul scade pînă la -59 mV, are loc excitația. Acțiunea mediatorului din sinapsa inhibitorie asupra membranei postsinaptice conduce la creșterea potențialului negativ. În consecință, neuronul devine mai puțin sensibil la impulsul sinapselor excitatorii. Sinapsele electrice pot fi în formă de joncțiuni fisurale, cu spațiul dintre două celule de circa 2 nm sau între doi neuroni unde spațiul intersinaptic lipsește. Atunci celulele contactează între ele cu suprafețele externe ale plasmalemei. În