

CAPITOLUL II. SISTEMUL NERVOS

Sistemul nervos și sistemul endocrin sunt cele două sisteme care asigură integrarea organismului în mediul înconjurător și menținerea constantă a compoziției mediului intern (homeostazia). Celulele sistemului nervos comunică între ele prin semnale electrice, rapide și specifice, determinând răspunsuri imediate, pe când sistemul endocrin reacționează mai lent, prin intermediul hormonilor, care sunt mesageri chimici purtători de informație, eliberați în sânge sau limfă.

Sistemul nervos are trei funcții principale: recepția, integrarea și elaborarea răspunsurilor adecvate. Datorită milioanei de **receptori** (*exteroreceptori* care culeg informațiile din mediu extern; *proprioreceptori* care culeg informații de la mușchi, tendoane și articulații; *interoreceptori*-visceroreceptori care culeg stimulii de la nivelul viscerelor), mediul extern și intern se proiectează, în final, prin intermediul **căilor ascendente**, pe scoarța cerebrală. **Scoarța cerebrală** este **organul central de integrare** al tuturor informațiilor. Ea analizează, sintetizează informațiile primite și elaborează răspunsuri adecvate, care ajung prin intermediul **căilor descendente** la **organele efectoare** (mușchi și glande).

Funcțional sistemul nervos este un tot unitar, dar poate fi împărțit în: sistemul nervos somatic și sistemul nervos vegetativ.

Sistemul nervos somatic (de relație cu mediul extern) asigură legătura dintre organism și mediul său de viață. Din punct de vedere anatomic, structural, el este format din: **sistemul nervos central (SNC)** sau axul cerebrospinal, alcătuit din măduva spinării și encefal și din **sistemul nervos periferic (SNP)**, alcătuit din nervii spinali și cranieni și din ganglionii nervoși de pe traiectul lor.

Sistemul nervos vegetativ reglează activitatea organelor interne. Este format din **sistem nervos simpatic** și **sistem nervos parasimpatic**. Fiecare cuprinde o *porțiune centrală*, dispusă la nivelul axului cerebrospinal și o *porțiune periferică*, formată din ganglioni și nervi vegetativi.

ȚESUTUL NERVOS

Țesutul nervos este format din două tipuri de celule: celulele gliale și neuronii, cu origine comună ectodermală.

CELULELE GLIALE

Celule gliale sunt celule neexcitabile, de dimensiuni mici și mult mai numeroase decât neuronii, raportul acceptat astăzi fiind de 50 de celule gliale per neuron. Celulele gliale sunt celule mitotice, având rol trofic, de protecție și de control metabolic al neuronilor. Ele asigură, de asemenea, izolarea neuronilor astfel încât activitățile electrice ale acestora să nu interfereze. Între celulele gliale nu există contacte sinaptice ci joncțiuni comunicante (gap-junctions). Celulele gliale sunt de două tipuri: **nevrogliile** - celule gliale de la nivelul axului cerebrospinal, care constituie jumătate din masa creierului și dau fermitate acestuia și **celulele gliale din sistemul nervos periferic**.

Nevrogliile sunt de patru tipuri (Fig. 2.1):

- **Astroците** sunt celule de mari dimensiuni, în formă de stea, fiind și cele mai numeroase nevroglii. Ele prezintă numeroase prelungiri – pediceli vasculari- care ancorează neuronii de capilarele sanguine, participând la schimburile dintre aceștia și sânge. Astroците se comportă ca o barieră fiziologică (bariera hemato-encefalică) care nu permite trecerea din sânge în țesutul nervos a unor substanțe nocive. Ele controlează astfel mediul chimic din jurul neuronilor și sunt implicate în răspunsurile imune ale țesutului nervos.
- **Microgliile** sunt celule de dimensiuni mici, cu ramificații bogate. Ele sunt un tip special de macrofage, care protejează neuronii de agenții patogeni și de acumularea de resturi celulare, având rol fagocitar.
- **Celulele ependimare** sunt celule cu aspecte diferite de la scvamoase, turtite, până la celule columnare. La polul apical prezintă numeroși cili vibratili. Celulele ependimare se găsesc la nivelul ventriculilor cerebrali și ai canalului ependimar, contribuind și ele la formarea barierei hemato-encefalice.

- **Oligodendrocitele** sunt celule cu prelungiri puține, care formează teaca de mielină a fibrelor nervoase de la nivelul sistemului nervos central.

Celule gliale de la nivelul sistemului nervos periferic sunt:

- **Celulele satelite** se găsesc la nivelul ganglionilor nervoși, unde formează capsule în jurul neuronilor și au rol de protecție și de control al mediului chimic al acestora.
- **Celulele Schwann** sunt dispuse în jurul fibrelor nervoase periferice, formând teci: teaca de mielină și teaca Schwann. Teaca de mielină rezultă din înfășurarea membranei plasmaticice a celulelor Schwann în jurul axonului. Celulele Schwann au rol major în conducerea impulsului nervos și în regenerarea nervoasă periferică.

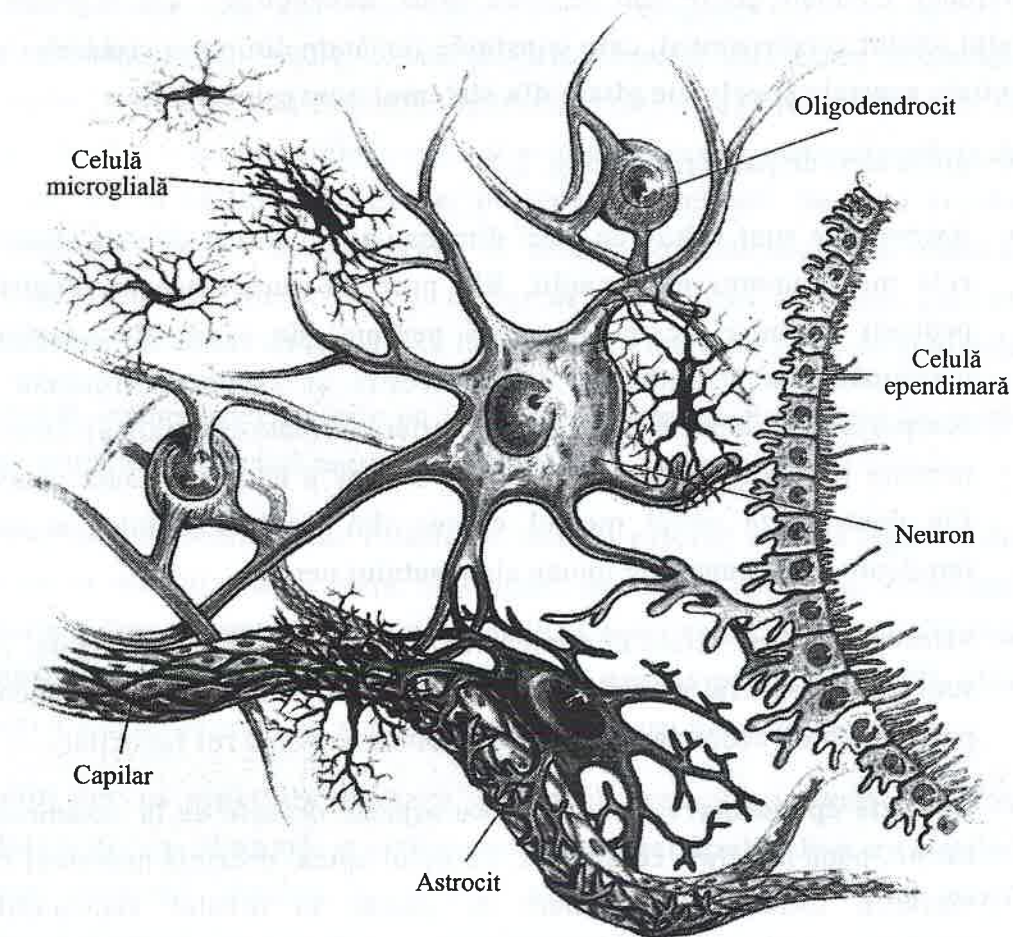


Figura 2.1. Tipuri de nevroglii din sistemul nervos central
(după Van De Graaff, 2000).

NEURONII

Neuronii sunt celule înalt specializate, care au capacitatea de a genera și conduce semnale de natură electrochimică - *impulsurile nervoase*. Neuronii au unele particularități care îi diferențiază net de alte tipuri celulare: (1) sunt celule amitotice, care și-au pierdut capacitatea de a se divide, (2) sunt celule extrem de longevive, putând funcționa optim toată viața și (3) au o rată metabolică înaltă, necesitând un aport continuu de oxigen și glucoză fără de care în 3 minute mor.

Neuronii se disting printr-o mare varietate de forme și dimensiuni, dar indiferent de tipul lor, sunt formați din *corp celular* și *prelungiri* (Fig. 2.2).

Corpul celular (soma sau pericarionul) poate avea forme diferite (stelată, piramidală, granulară) și este centrul metabolic și de sinteză al neuronului. Prezintă toate organele celulare comune și altor celule cu excepția centrolilor și, de asemenea, conține organele specifice: *neurofibrilele* și *corpusculii Nissl*.

Prelungirile celulare constituie caracteristica morfologică a neuronilor și sunt: *dendritele* și *axonul*.

Dendritele (*dendros (lat) = copac*) sunt de obicei numeroase, scurte și bogat ramificate. Ele asigură o arie vastă *de contact* (cu alți neuroni sau cu celule epiteliale specializate) și *de recepție* a semnalelor, pe care le conduc la corpul celular (centripet). Conțin toate organele celulare întâlnite la nivelul corpului celular. Ramificațiile dendritice prezintă *spinii dendritici* la locul de contact (sinapsă) cu alte structuri.

Axonul este o prelungire unică și mai lungă, de la câțiva micrometri până la 1 m și poate varia în diametru. Axonul conduce impulsurile nervoase de la corpul celular spre capătul său terminal (centrifug). Impulsul nervos circulă deci într-un singur sens la nivelul neuronului: dendrite – corp celular – axon. Axonul începe la nivelul *conului axonal* și de-a lungul său se pot desprinde, în unghi drept, *ramuri colaterale* scurte. Porțiunea terminală (distală) a axonului este bogat ramificată, constituind *arborizația terminală* (~ 10 000 de ramificații). Fiecare din aceste ramificații poate veni în contact cu celule diferite (neuroni sau celule efectoare), printr-o porțiune dilatată numită *buton terminal*, la nivelul sinapselor. Butonii terminali conțin vezicule cu *mediatori chimici* sau

(de exemplu, acetilcolina și noradrenalina la nivelul sistemului nervos periferic și dopamina și GABA la nivel central).

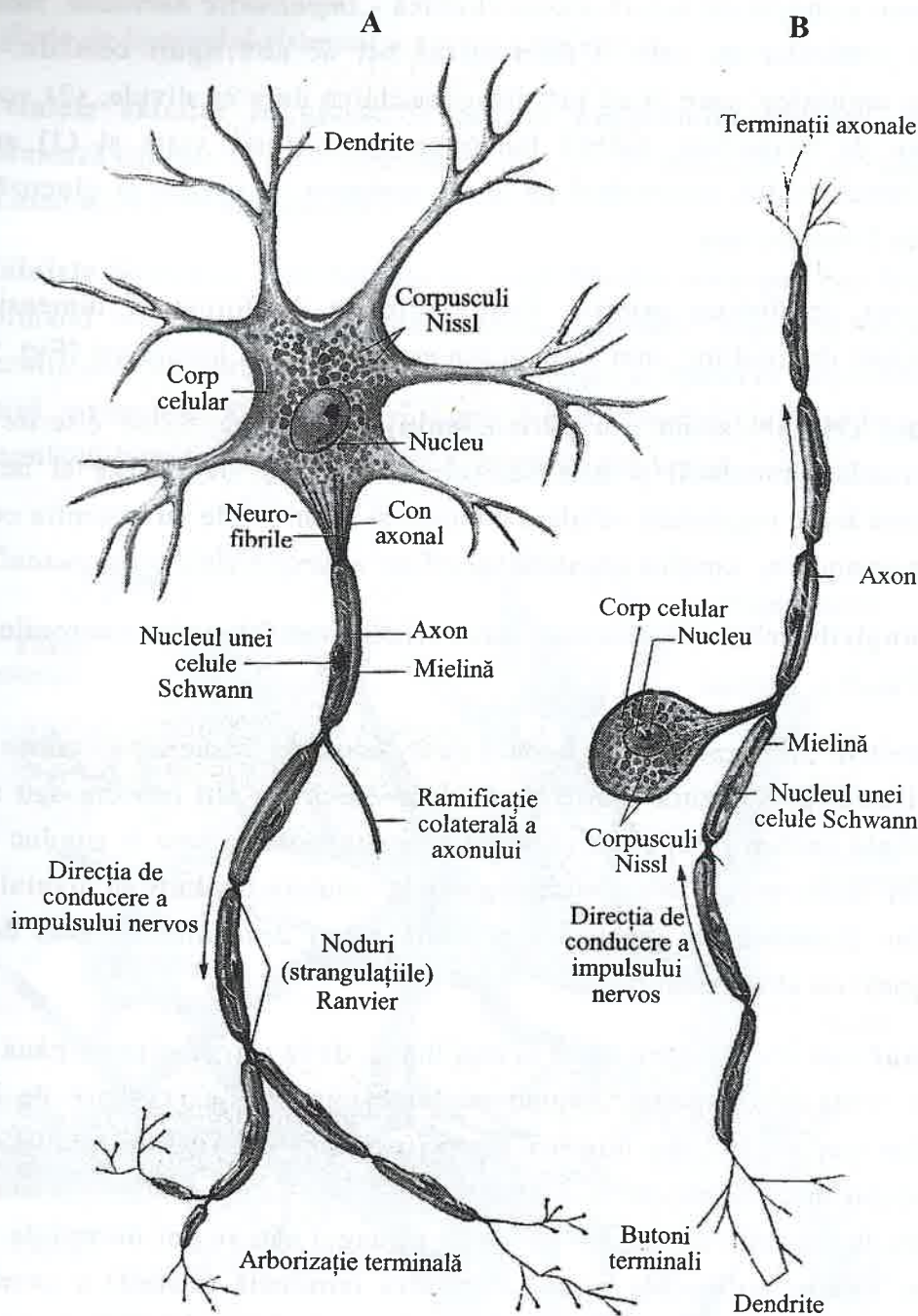


Figura 2.2. Alcătuirea neuronului. Un neuron motor transmite impulsurile de la creier sau măduvă spre periferie; B. Un neuron pseudounipolar (senzitiv) transmite impulsurile de la periferie spre măduvă sau creier (după Van De Graaff, 2000).

Axonul prezintă la suprafață *axolema*, continuare a membranei plasmaticice a corpului celular, iar în interior se găsește *axoplasma*. Aceasta conține neurofibrile, microtubuli și numeroase mitocondrii. Nu conține corpusculi Nissl.

În sistemul nervos central, axonii sunt înconjurați de oligodendrocite, iar în sistemul nervos periferic, de celulele Schwann. Ambele tipuri de celule gliale pot contribui la formarea tecii de mielină, care are rol de protecție și de izolator electric. Fibrele care prezintă teacă de mielină se numesc *fibre mielinizate*, iar cele fără teacă, *fibre nemielinizate* (amielinice). Teaca de mielină este de natură lipoproteică și conferă culoarea albă țesutului nervos.

Fibra mielinizată periferică intră în alcătuirea nervilor și este formată dintr-un axon învelit în trei teci, care de la interior spre exterior sunt: teaca de mielină, teaca Schwann și teaca Henle, de natură conjunctivă (Fig. 2.3,e).

Teaca de mielină înfășoară axonul, venind în contact direct cu axolema. Membrana plasmatică a celulelor Schwann se rulează sub forma unor straturi concentrice în jurul axonului, formând teaca de mielină. Teaca de mielină este discontinuă, întreruptă la limita dintre două celule Schwann consecutive de *nodurile* (strangulațiile) *Ranvier*. Acestea sunt foarte importante în procesul de conducere de tip saltatoriu al impulsurilor nervoase (Fig. 2.3, a-d).

Teaca Schwann (neurilema) este formată din celulele Schwann, dispuse moniliform (ca mărgelile) de-a lungul axonului, fiind separate între ele prin strangulațiile Ranvier. Această teacă este prezentă și în fibrele amielinice, în acest caz fiind continuă.

Teaca Henle se găsește la periferia tecii Schwann și este de natură conjunctivă, cu rol protector.

Fibra nemielinizată periferică. Nu toate fibrele nervoase periferice prezintă teacă de mielină, acestea fiind numite *fibre amielinice*. Au diametre mai mici și sunt acoperite de o teacă Schwann (fără formarea tecii de mielină) care este continuă și comună mai multor axoni. În acest caz, fiecare celulă Schwann adăpostește mai mulți axoni, care se invaginează în șanțurile săpate la suprafața acestora (Fig. 2.3, f).

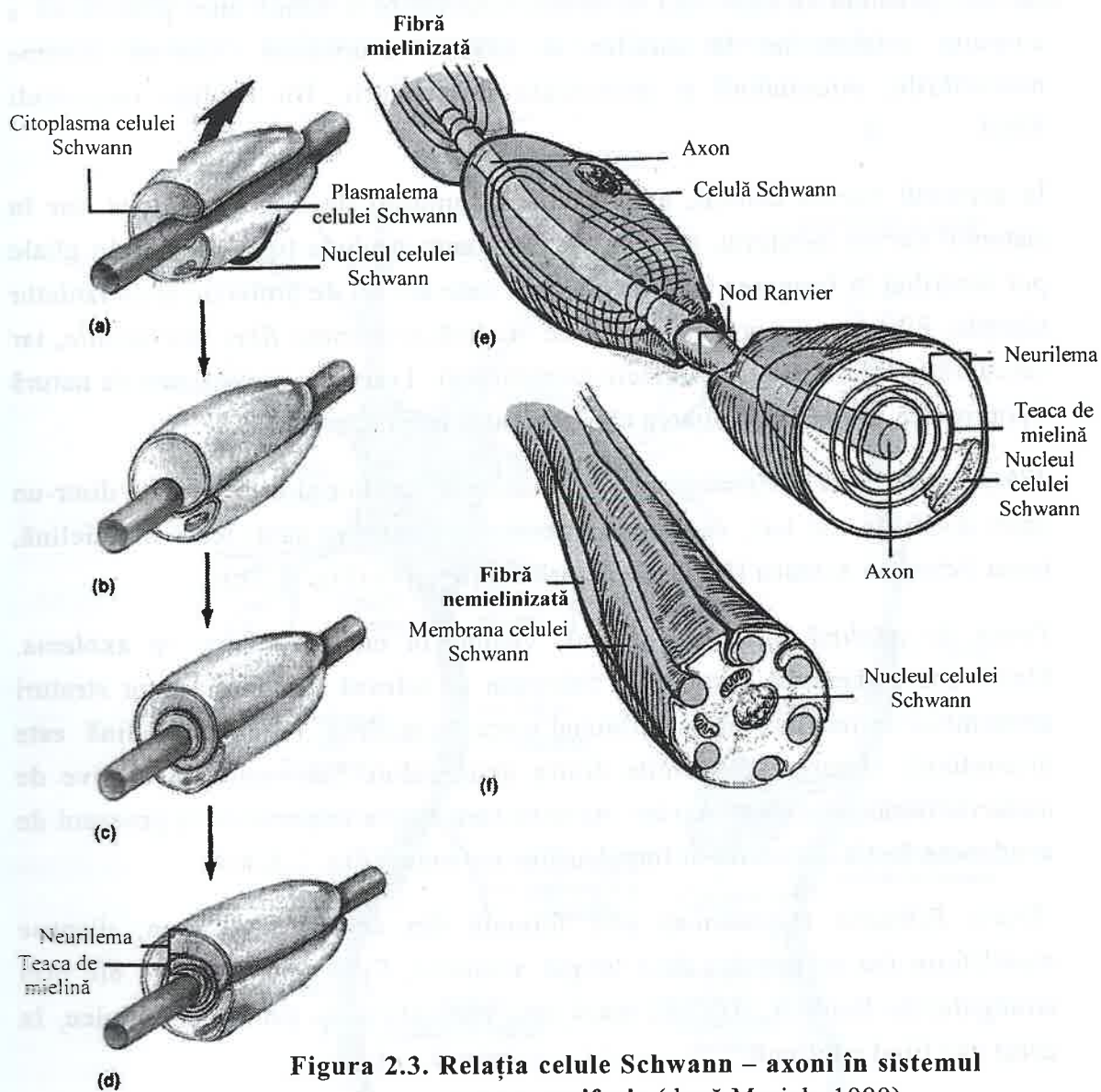


Figura 2.3. Relația celule Schwann – axoni în sistemul nervos periferic (după Marieb, 1999).

Fibrele nervoase centrale. La nivelul sistemului nervos central se găsesc atât axoni mielinizați cât și axoni nemielinizați. La acest nivel, oligodendrocitele sunt cele care formează teaca de mielină. O singură oligodendrocită se poate înfășura în jurul mai multor axoni. Fibrele mielinizate formează *substanța albă* la nivelul măduvei spinării și encefalului, iar fibrele amielinice se găsesc exclusiv în substanța cenușie.

CLASIFICAREA NEURONILOR

Neuronii pot fi clasificați din punct de vedere structural și funcțional.

Clasificarea structurală se realizează în funcție de numărul de prelungiri neuronale:

- **neuronii pseudounipolari** (unipolari) prezintă o singură prelungire scurtă, care părăsește corpul celular și se divide în formă de T, într-o *prelungire dendritică* (de tip axonic) care merge la receptorii periferici și o *prelungire centrală axonală* care pătrunde în măduva spinării sau în trunchiul cerebral (Fig. 2.2, B). Neuronii pseudounipolari se găsesc la nivelul ganglionilor spinali de pe traiectul rădăcinii posterioare a nervilor spinali și în ganglionii de pe traiectul unor nervi cranieni.
- **neuronii bipolari** prezintă două prelungiri, o dendrită și un axon care se formează la polii opuși ai pericarionului. Acest tip de neuroni se găsesc la nivelul retinei, mucoasei olfactive și în ganglionii Corti și Scarpa din urechea internă.
- **neuronii multipolari** prezintă mai multe prelungiri neuronale, dintre care una axonică. Sunt cei mai numeroși neuroni și se găsesc cu precădere la nivelul sistemului nervos central.

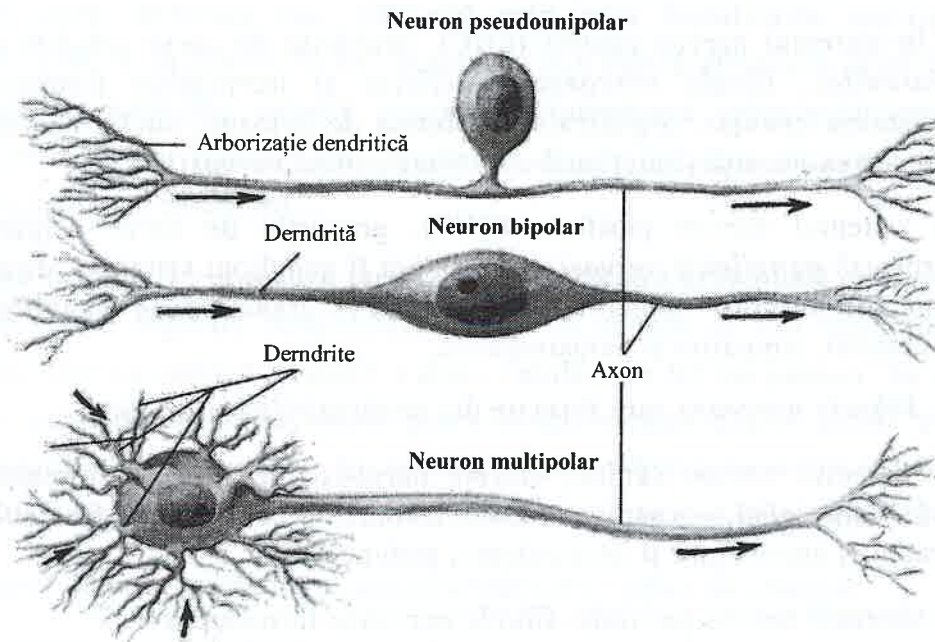


Figura 2.4. Tipuri structurale de neuroni (după Van De Graaf, 2000).

Clasificarea funcțională a neuronilor:

- **neuronii senzitivi** (afereți) transmit impulsurile nervoase de la periferie spre măduva spinării sau encefal. Acești neuroni pot fi *somatosenzitivi* (culeg informații de la receptorii din tegument, mușchi, oase și articulații) sau *viscerosenzitivi* (culeg informații de la organele interne și vasele de sânge). Din această categorie fac parte neuronii pseudounipolari și cei bipolari.
- **neuronii motori** (eferenți) transmit impulsurile nervoase de la encefal sau măduvă spre periferie, la efectori (mușchi sau glande). Pot fi neuroni *somatomotori* (conduc comenzile la mușchii scheletici) sau neuroni *visceromotori* (conduc comenzile la mușchii netezi din structura organelor interne, a vaselor de sânge și la glande). Majoritatea neuronilor motori sunt neuroni multipolari, cu pericarionii situați la nivelul axului cerebrospinal.
- **neuronii de asociație** sau **intercalari** sunt cei mai numeroși, constituind 99% dintre neuroni. Sunt localizați în axul cerebrospinal și sunt dispuși între neuronii senzitivi și cei motori. Toți neuronii de asociație sunt neuroni multipolari, cu forme variate.

!! Pentru o mai bună înțelegere a termenilor specifici sistemului nervos, sunt necesare următoarele precizări:

I. În sistemul nervos central (SNC), grupările de *corpi celulari ai neuronilor*, fibrele nervoase amielinice și nevrogliile formează **substanța cenușie**, organizată sub formă de coloane, nuclee nervoși sau cortex-scoarță (funcțional constituie *centrii nervoși*).

În sistemul nervos periferic (SNP), grupările de corpi celulari formează **ganglionii nervoși**. Aceștia pot fi ganglioni senzitivi, de pe traiectul nervilor spinali și a unor nervi cranieni sau ganglioni vegetativi, simpatici și parasimpatici.

II. **Fibrele nervoase** sunt formate din *prelungirile neuronilor*.

În sistemul nervos central, fibrele nervoase mielinizate formează **substanța albă**, organizată sub formă de cordoane, fascicule (tracturi) ascendente și descendente, pedunculi sau capsule.

În sistemul nervos periferic, fibrele nervoase formează **nervii**.

Fibrele nervoase periferice care alcătuiesc nervii, sunt axonii lungi ai neuronilor motori din măduva spinării și trunchiul cerebral și/sau dendritele lungi (de tip axonic), cum sunt cele ale neuronilor pseudounipolari din ganglionii nervoși.

Fibrele nervoase pot fi clasificate în funcție de diametru, grad de mielinizare și viteză de conducere în A, B și C. **Fibrele din grupul A** sunt în majoritate fibre somatice senzitive și motorii care deservește tegumentul, mușchii scheletici și articulațiile. Ele au cel mai mare diametru, cea mai groasă teacă de mielină și o viteză de conducere care variază între 15 și 150 m/s. Fibrele nervoase vegetative senzitive și motorii, precum și unele fibre somatice senzitive care transmit informații de la piele (cum ar fi fibrele sensibile la durere și fibrele mecano-receptoare cu diametru mic) aparțin grupului de fibre B și C. **Fibrele din grupul B** sunt slab mielinizate, au diametru intermediar și o viteză de conducere de 3-15 m/s. **Fibrele din grupul C** au cel mai mic diametru și nu sunt mielinizate. Prin urmare, sunt incapabile de conducere saltatorie a impulsului nervos și au o viteză de conducere de 1m/s sau chiar mai mică mai mică.

SINAPSA

Neuronii sunt interconectați între ei la nivelul la nivelul sinapselor.

Transmiterea sinaptică este procesul prin care impulsurile nervoase sunt transmise de la un neuron la alt neuron sau la o celulă efectorie, la nivelul unei structuri specializate numită *sinapsă*. Transmitere impulsului nervos se realizează cel mai frecvent prin mediatorii chimici (sinapse chimice) și mai rar electric (sinapse electrice).

Sinapsa (*syn* (*gr.*) = a reuni), termen introdus pentru prima dată de Sherrington în 1897, este legătura funcțională dintre un neuron și o a doua celulă. În sistemul nervos central, această a doua celulă este tot un neuron. În sistemul nervos periferic, cealaltă celulă poate fi un neuron sau o celulă efectorie (musculară sau glandulară). Un neuron poate stabili între 1000 și 10 000 de sinapse, putând fi stimulat la rândul său de un număr egal de alți neuroni.

Din punct de vedere structural există următoarele tipuri de sinapse:

- sinapse receptor-fibră nervoasă.