

Neuronii sunt alcătuiți din trei componente (Fig. 9.4): (1) **corp celular** sau **pericarion**; (2) **dendrite**; (3) **axon**.

În sistemul nervos central, corpii celulari sunt prezenți doar în substanța cenușie, în timp ce substanța albă conține prelungirile neuronale. În sistemul nervos periferic, corpii celulari se găsesc în ganglioni și în anumite regiuni senzoriale (de exemplu, mucoasa olfactivă).

**Corpul celular** numit și **pericarion**<sup>1</sup> sau **somă** conține nucleul și citoplasma înconjurătoare (Fig. 9.5). El primește semnale de la axonii altor neuroni prin intermediul sinapselor. Pericarionul poate fi sferic, stelat, ovoid sau piramidal. Uneori, acesta poate fi foarte mare, de 150 μm în diametru, cum este cazul neuronilor motori din măduva spinării, sau foarte mic, de 4-5 μm în diametru, în cazul neuronilor denumiți granule din cerebel.

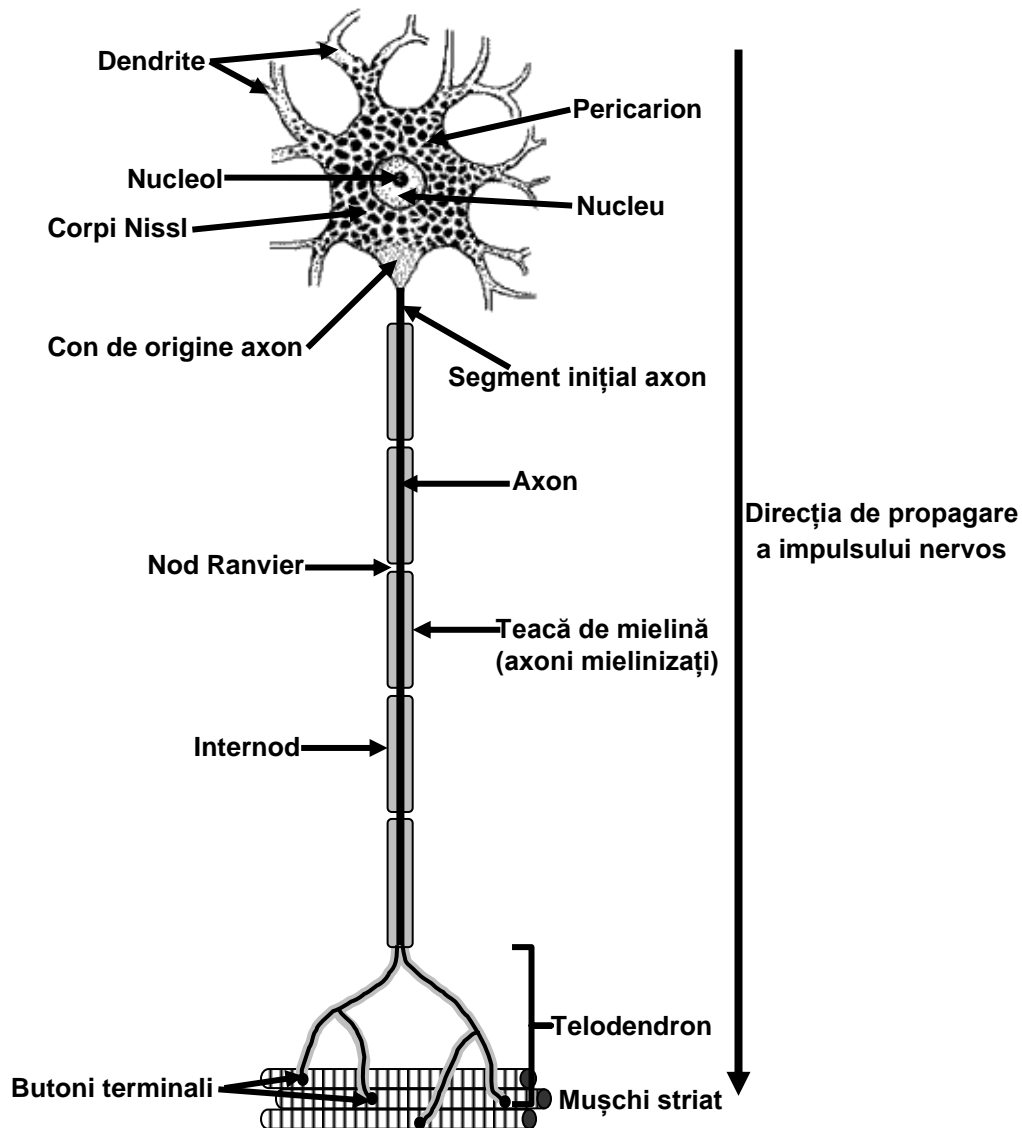
Pericarionul reprezintă centrul trofic al neuronului, deoarece conține organite necesare pentru sinteza proteinelor, fosfolipidelor și altor molecule.

Majoritatea neuronilor au un nucleu sferic, mare, eucromatic cu un nucleol proeminent. Celulele nervoase binucleate sunt prezente în ganglionii senzoriali și simpatici. Pericarionul conține un reticul endoplasmic rugos foarte dezvoltat, organizat în agregate de cisterne paralele. Între cisterne există numeroși poliribozomi.

---

<sup>1</sup>Peri=în jurul + karion=nucleu, în jurul nucleului, Gr.

Cu anumite colorații, reticulul endoplasmic rugos și ribozomii liberi apar în microscopia optică sub forma unor aglomerări de material bazofil numite **substanță cromatofilă**, **corpi Nissl**<sup>2</sup> sau **corpi tigroizi** (Fig. 9.6A). Numărul corpilor Nissl variază în funcție de tipul de neuron și de starea funcțională, ei fiind abundenți în neuronii mari, de tipul celor motori.

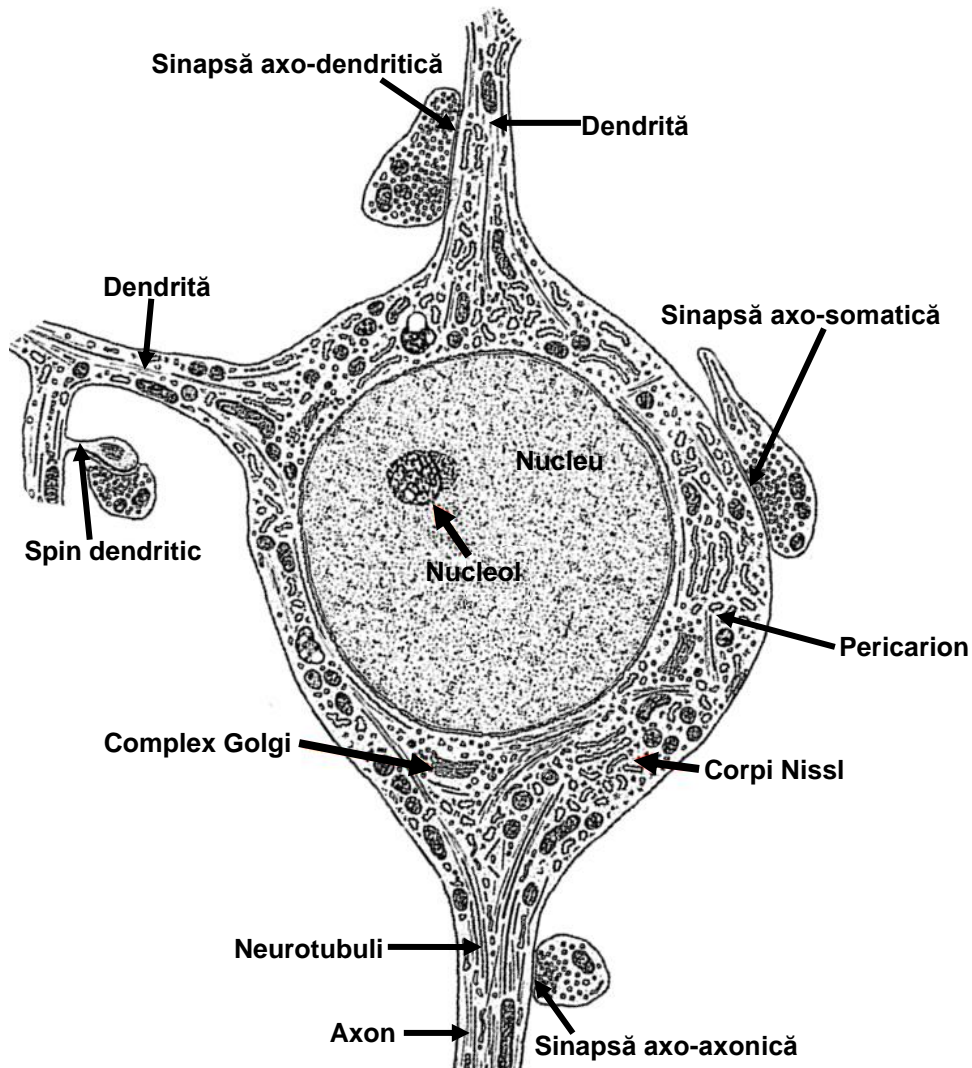


**Fig. 9.4.** Reprezentarea schematică a structurii neuronului.

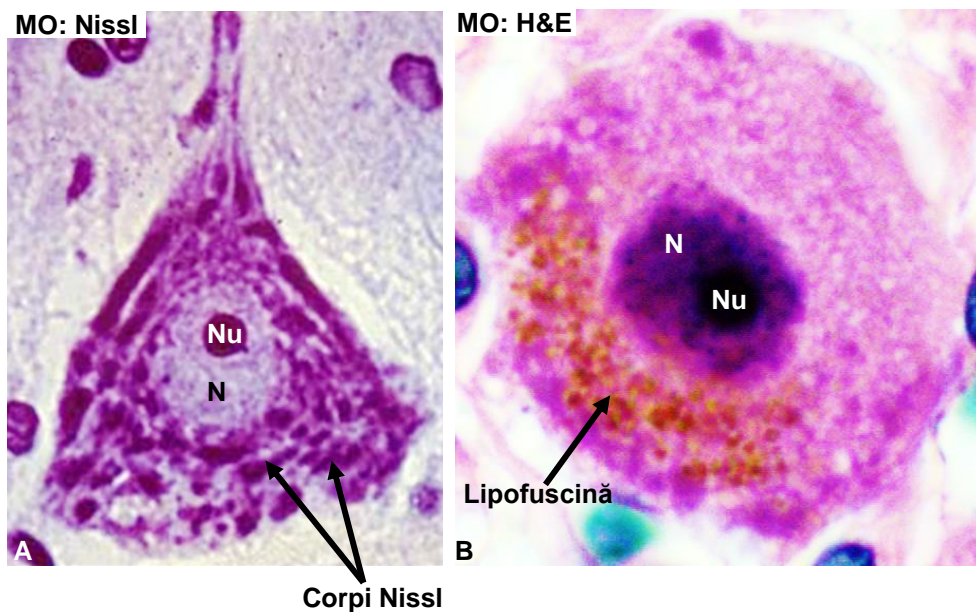
<sup>2</sup>Franz Nissl (1860-1919) neurolog german.

În citoplasma pericarionului există complex Golgi localizat perinuclear, mitocondrii, lizozomi și centrioli.

Atât în pericarion, cât și în prelungirile nervoase, sunt prezente filamente intermediare numite **neurofilamente**. În prezența anumitor substanțe fixatoare, neurofilamentele formează legături încrucișate și ulterior când sunt impregnate cu argint apar sub formă de **neurofibrile** vizibile la microscopul optic. Neuronii conțin de asemenea microtubuli numiți **neurotubuli**. Ocazional, în pericarion există incluzii de pigment, de tipul lipofuscinei (Fig. 9.6B).

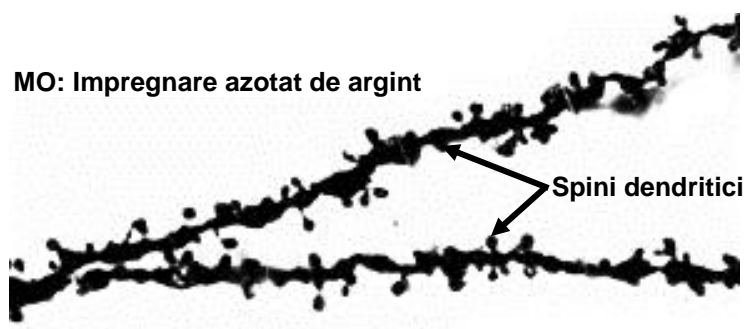


**Fig. 9.5.** Reprezentarea schematică a structurii electrono-microscopice a pericarionului



**Fig. 9.6.** Structura pericarionului neuronilor din cortexul cerebral (A) și din neuronii ganglionilor simpatici (B). N-nucleu; Nu-nucleol.

**Dendritele** sunt de obicei prelungiri scurte și ramificate. Neuronii bipolari au o singură dendrită. Majoritatea neuronilor au mai multe dendrite, ce cresc considerabil suprafața de recepție. Funcția principală a dendritelor este primirea informațiilor de la alți neuroni, sau din mediul extern și transmiterea acelei informații pericarionului. Arborizarea dendritelor permite unui neuron să primească și să integreze un număr mare de terminații axonale ale altor neuroni. S-a estimat că până la 200.000 de terminații axonale stabilesc contacte funcționale cu dendritele neuronilor Purkinje din cerebel. Spre deosebire de axon, care are un diametru constant pe toată lungimea lui, dendritele se subțiază și se ramifică.



**Fig. 9.7.** Spini dendritici.

Citoplasma dendritelor conține toate organitele prezente în pericarion, cu excepția complexului Golgi. Neurotubulii, neurofilamentele și corpii Nissl se pot extinde la baza dendritelor. Dendritele sunt acoperite de un număr mare de **spini dendritici** (Fig. 9.7), sub formă de excrescențe mici, care pot fi observați în microscopia optică, după colorarea cu săruri de argint. Spinii dendritici reprezintă situsurile contactelor sinaptice, măsoară 1-3  $\mu\text{m}$  lungime și sunt foarte numeroși ( $10^{14}$  în cortexul cerebral uman). Spinii dendritici reprezintă primul situs de procesare pentru semnalele sinaptice ajunse la un neuron. Aparatul de procesare, vizibil în microscopia electronică conține un complex de proteine atașat la suprafața citosolică a membranei postsinaptice.

**Axonul** este o prelungire cilindrică unică, ce variază ca lungime și diametru în funcție de neuron. Majoritatea axonilor sunt lungi. De exemplu, axonii neuronilor motori din măduva spinării, care inervează mușchii piciorului pot avea până la 100 cm lungime. Funcția principală a axonului este transmiterea impulsului nervos altui neuron sau unei celule de tipul celei musculare.

Axonul își are originea într-o regiune scurtă a pericarionului, de formă piramidală, numită **con de origine**. În conul de origine nu se găsesc corpi Nissl și complex Golgi. În schimb, microtubulii, neurofilamentele, mitocondriile și veziculele trec din pericarion în axon prin conul de origine. Imediat sub conul de origine există o zonă numită **segment inițial**, care nu conține teacă de mielină și reprezintă zona în care este inițiat impulsul nervos. La acest nivel se găsesc mai multe tipuri de canale ionice. În axonii mielinizați, de la segmentul inițial la terminațiile axonale, axonul este învelit într-o teacă de mielină. Spre deosebire de dendrite, axonii au un diametru constant și nu se ramifică. Ocazional, la o distanță scurtă de pericarion axonul poate forma una sau mai multe ramificații numite **ramuri colaterale**. Acestea pot contacta alți neuroni, sau se întorc la pericarionul de origine, pentru a modula propria depolarizare. De exemplu, colateralele axonale ale axonilor neuronilor cu coșuleț se ramifică și formează un coșuleț în jurul pericarionului neuronilor Purkinje din cerebel.

Membrana plasmatică a axonului poartă denumirea de **axolemă**, în timp ce citoplasma este numită **axoplasmă**. Axoplasma conține mitocondrii, microtubuli, neurofilamente, lizozomi, vezicule și câteva cisterne de reticul endoplasmic neted. Axonul, spre deosebire de pericarion, nu are niciun organit asociat cu sinteza proteică (ribozomi, reticul endoplasmic rugos, complex Golgi) și din acest motiv este dependent de pericarion. În consecință, dacă axonul este lezat, partea periferică degenerază. Cu toate acestea, studiile recente au demonstrat că poate avea loc în unele terminații nervoase mari o sinteză locală a proteinelor axonale. În unele fibre nervoase mielinizate, terminațiile axonale (de exemplu, din retină) conțin în regiunea periferică a axoplasmei, bogată în filamente de actină, **plăci ribozomale periaxoplasmice**. În schimb, în axonii giganți nemielinizați de la calmar există agregate ribozomale mici, ovale, dispersate neuniform în axoplasmă, numite **plăci ribozomale endoaxoplasmice** (Koenig, 2009). Microfilamentele de actină sunt în general limitate la zona corticală, lângă axolemă și au rol în transportul intra-axonal. Neurofilamentele sunt mai mari (7,5-10  $\mu\text{m}$  în diametru) și mult mai abundente decât în pericarion. Microtubulii sunt dispuși longitudinal, fiind mai numeroși în axonii nemielinizați. Numărul de neurotubuli de-a lungul axonului variază în funcție de masa axonală și tipul de nerv. Mitocondriile sunt adesea asociate cu unul sau mulți microtubuli. Reticulul endoplasmic neted formează vezicule secretorii cu dimensiuni

cuprinse între 40-100  $\mu\text{m}$ , mai numeroase la nivelul nodurilor Ranvier<sup>3</sup> și în terminațiile nervoase. Lizozomii sunt prezenți de obicei lângă nodurile Ranvier și numărul lor crește în cazul degenerării nervilor după lezare.

Porțiunea distală, terminală a axonului este de obicei ramificată și formează **terminațiile axonale** sau **telodendronul**. Fiecare terminație axonală prezintă la capăt o dilatare numită **buton terminal**, care se aplică pe celula vecină.

Deoarece activitatea sintetică a neuronului este concentrată în pericarion, este necesar un transport axonal al materialelor nou sintetizate. Moleculile pot fi transportate prin axon în două direcții: (1) **transport axonal anterograd**; (2) **transport axonal retrograd**.

**Transportul axonal anterograd**, de la pericarion la terminațiile axonale sinaptice se desfășoară la două viteze distincte. Moleculile de tubulină, actină și proteinele ce formează neurofilamente se deplasează încet (0,2-4 mm/zi). Transportul rapid (20-400 mm/zi) implică REN, vezicule sinaptice, mitocondrii, unii neurotransmițători și calciu. Transportul anterograd se realizează prin intermediul proteinei motoare numite **kinezină**.

**Transportul axonal retrograd**, în direcție opusă, de la terminațiile axonale la pericarion este folosit de anumite molecule sau de materialul preluat prin endocitoză (inclusiv virusuri și toxine), care ajung la pericarion. Transportul retrograd se desfășoară doar rapid, la viteze de 50-400 mm/zi. Proteina motoare numită **dineină** este responsabilă de transportul retrograd. Transportul axonal este important în patogeneza infecțiilor neurologice. De exemplu, virusul rabiei (turbării) introdus în corp prin mușcătura unui animal turbat se replică în țesutul muscular 2-16 săptămâni sau mai mult. După legarea la receptorul acetilcolinei, particulele virale sunt mobilizate prin transport axonal retrograd la pericarionii neuronilor care fac sinapse cu mușchiul afectat. Virusul continuă replicarea în neuronii infectați și virionii eliberați prin înmugurire sunt preluați de terminațiile neuronilor adiacenți. Ulterior, are loc diseminarea virusului în tot sistemul nervos central. Din SNC, virusul rabiei este transportat prin nervii periferici prin transport axonal anterograd la glandele salivare. Virusul intră în salivă și poate fi transmis prin mușcătură.

**Clasificarea neuronilor** se realizează pe baza a trei criterii: (1) **numărul de prelungiri**; (2) **rolul funcțional**; (3) **tipul de neurotransmițător eliberat**.

### **Clasificarea neuronilor pe baza numărului de prelungiri**

---

Pe baza numărului de prelungiri, neuronii au fost clasificați în cinci categorii: (1) **neuroni fără axon**; (2) **neuroni unipolari**; (3) **neuroni pseudounipolari**; (4) **neuroni bipolari**; (5) **neuroni multipolari**.

**Neuronii fără axon** sunt reprezentați de **celulele amacrine**<sup>4</sup> (**orizontale**) din retină, care au funcție de interneuroni (Fig. 9.8).

---

<sup>3</sup>Louis-Antoine Ranvier (1835-1922), histolog francez, care a descoperit aceste structuri în 1878.

<sup>4</sup>Celulă fără prelungiri lungi.