

SISTEMUL NERVOS

Sistemul nervos este considerat a fi cea mai complexă structură morfologică din organismul uman. El este format din peste 100 miliarde de neuroni care asigură *integrarea organismului în mediul extern și coordonarea funcțiilor organelor interne*. Poate fi considerat un veritabil computer, ce primește permanent informații din mediul extern sau intern, pe care le analizează și elaborează răspunsurile cele mai adecvate.

După mediul din care primește informațiile și după modalitățile de răspuns, sistemul nervos este împărțit, morfologic și funcțional în:

- **sistemul nervos somatic** sau al vieții de relație, care primește informații extero- și proprioceptive de la receptorii cutanați și musculo-articulari sau informații senzoriale (vizuale, auditive, gustative, olfactive sau de echilibru). El este controlat voluntar și are ca principale organe efectoare musculatura striată;

- **sistemul nervos vegetativ** care primește informații interoceptive de la osmoreceptorii, baroreceptorii sau chemoreceptorii situați în structura diverselor țesuturi sau organe. El nu poate fi controlat voluntar, iar efectorii lui sunt reprezentați de cord, celulele glandulare endocrine sau exocrine și musculatura netedă din structura organelor interne și vaselor de sânge.

Atât sistemul nervos somatic cât și cel vegetativ prezintă două componente distincte: **o componentă centrală** (sistemul nervos central) și **o componentă periferică** (sistemul nervos periferic).

Sistemul nervos central (nevraxul), format din structurile anatomice localizate în cutia craniană și canalul vertebral (măduva spinării, trunchiul cerebral, cerebelul, diencefalul și emisferele cerebrale) unde sunt analizate informațiile din mediul extern și intern și sunt elaborate răspunsurile efectorii adecvate.

Sistemul nervos periferic, format din **nervi** și **ganglioni nervoși** conectați cu nevraxul, care au rolul de a conduce influxul nervos de la organele receptoare la nevrax sau de la acesta la organele efectoare.

La nivelul sistemului nervos central, între sistemul nervos somatic și cel vegetativ, există multiple interelații anatomice și funcționale care permit menținerea **homeostaziei** organismului și adaptarea lui la condițiile schimbătoare ale mediului ambiant.

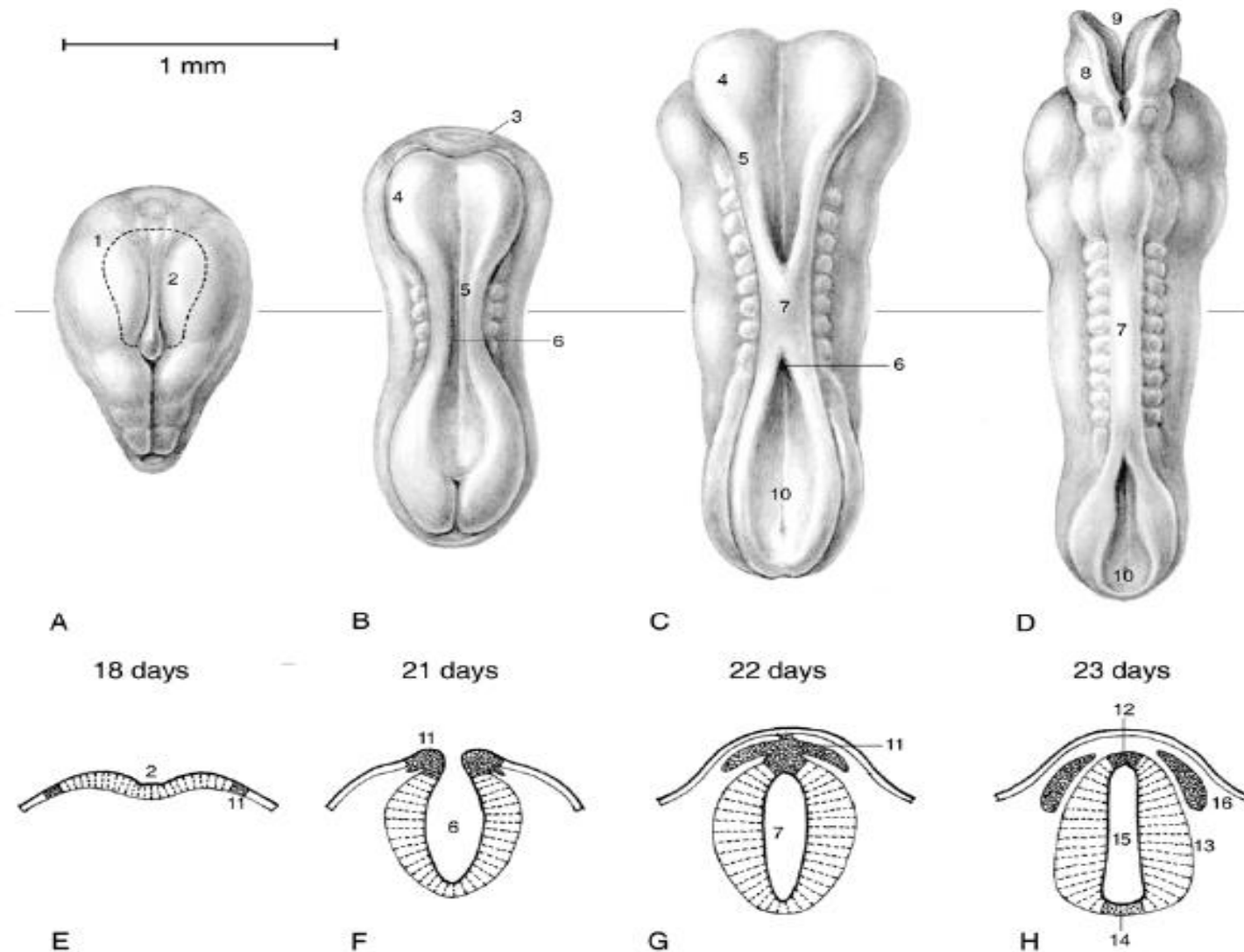
Ontogenia sistemului nervos

Sistemul nervos central se dezvoltă în totalitatea sa din **ectodermul neural** ce se întinde de-o parte și de alta a liniei mediane, pe fața dorsală a discului embrionar. Prin multiplicarea celulelor din această zonă, în săptămâna a III-a de viață intrauterină se produce o îngroșare a ectodermului, formându-se o structură pluristratificată numită **placa** sau **lama neurală**. Diferențierea plăcii neurale din ectoderm este determinată de unii factori inductori produși de **celulele notocordului**. Zonele de joncțiune între placa neurală și ectoderm poartă denumirea de joncțiuni neuro-ectodermale. Din aceste zone se vor dezvolta apoi **crestele neurale**.

Placa neurală începe să se invagineze formând **șanțul neural**. Marginile acestuia se apropie din ce în ce mai mult și prin fuziunea lor pe linia mediană vor genera în săptămâna a IV-a **tubul neural**. Lumenul tubului neural va deveni canalul neural. Lateral și posterior de tubul neural se vor dispune **crestele neurale**. Atât tubul neural cât și crestele neurale se vor afunda în mezenchimul subiacent, în timp ce la suprafața acestora se va reface ectodermul.

Procesul de transformare al șanțului neural în tub neural debutează în porțiunea centrală a discului embrionar și se extinde progresiv atât cranial cât și caudal. Din porțiunea mijlocie și caudală a tubului neural se va dezvolta măduva spinării, iar din porțiunea cranială se va dezvolta encefalul.

Celulele din peretele tubului neural se vor diferenția în două direcții: unele vor genera **neuroblaștii** sau celulele nervoase primare din care se vor diferenția toate categoriile de neuroni, iar altele vor genera celulele de susținere sau **spongioblaștii** din care se vor diferenția astrocitele și oligodendrogiile.



1 Ectoderm
 2 Neural plate
 3 Cut edge of amnion
 4 Brain plate
 5 Neural fold
 6 Neural groove

7 Neural tube
 8 Brain
 9 Rostral neuropore
 10 Caudal neuropore
 11 Neural crest

12 Roof plate
 13 Lateral plate
 14 Floor plate
 15 Ventricular cavity
 16 Spinal ganglion

Peretele tubului neural se va dezvolta rapid reducând treptat diametrul canalului neural, astfel că în săptămâna a VI-a de viață intrauterină, tubul neural prezintă mai multe structuri microscopice bine diferențiate:

- **membrana limitantă internă;**

- **zona endimară** sau **zona proliferativă** formată din neuroblaști apolari. Când procesele multiplicative încetează celulele rămase vor deveni celule endimare;

- **zona mijlocie** sau **zona manta** în care migrează și se diferențiază neuroblaștii produși în zona endimară. Ea va deveni substanță cenușie;

- **zona marginală** formată din prelungirile neuroblaștilor din zona subiacentă care vor genera tracturile și fasciculele ascendente și descendente. Ea va genera substanța albă;

- **membrana limitantă externă.**

Crestele neurale vor genera unele elemente ale sistemului nervos periferic (ganglionii spinali și vegetativi, celulele Schwann, celulele satelite perineuronale, celulele satelite din ganglionii vegetativi, fibrele nervoase).

Tot din crestele neurale se vor diferenția **melanoblastele**, **odontoblastele**, **celulele medulosuprarenale**, **celulele C din tiroidă** și **celulele sistemului APUD**.

Organizarea sistemului nervos central

Sistemul nervos este format din parenchim și stromă.

Parenchimul sistemului nervos central este alcătuit din totalitatea celulelor nervoase. Stroma este alcătuită din celule gliale, fine elemente conjunctive și vase sanguine.

La toate nivelurile nevraxului există două structuri diferite ca aspect morfologic și funcțional:

- **substanța cenușie** și
- **substanța albă**.

Substanța cenușie este dispusă sub formă de **coloane** (la nivelul măduvei spinării), **insule** (în interiorul trunchiului cerebral și diencefalului) sau sub forma de “**manta**” (la suprafața emisferelor cerebrale și cerebeloase).

Din punct de vedere histologic substanța cenușie este formată din corpi neuronali, dendrite, porțiunea inițială, nemielinizată a axonilor și din celule nevroglice. De asemenea, la nivelul substanței cenușii există o bogată rețea de vase sanguine (mai ales capilare) care permite desfășurarea unui metabolism oxidativ intens, specific neuronilor. Celulele nervoase prezintă prelungiri multiple care se conectează între ele prin diverse sinapse. Această zonă din substanța cenușie dispusă între corpii neuronali, celule gliale și capilarele sanguine, formată dintr-o rețea plexiformă de prelungiri și sinapse poartă numele de **neuropil**.

Substanța albă este formată preponderent din axoni mielinizați dispuși paralel, grupați în **fascicule** sau **cordoane**. Între axoni există numeroase celule gliale, în special **oligodendroglia**, care au rol în formarea tecilor de mielină din jurul axonilor. Rolul fundamental al substanței albe este de a facilita conducerea influxului nervos, activitate care necesită un consum mai mic de energie, ceea ce face ca numărul de capilare din substanța albă să fie mult mai mic decât în substanța cenușie.

MĂDUVA SPINĂRII

Măduva spinării este primul segment al sistemului nervos central care apare în evoluția filogenetică. Așezată în canalul vertebral, măduva spinării are un aspect de cilindru, turtit ușor în sens antero-posterior. La adult ea are lungimea de circa 43-45 cm, diametrul transversal de 10-13 mm și diametrul antero-posterior de 8-9 mm. Se întinde de la nivelul găurii occipitale (sau un plan orizontal ce trece pe sub decusația piramidală) până la nivelul vertebrei L2, unde se termină sub formă de con (conul medular). În regiunea cervico-dorsală, între vertebrele C6-T2 prezintă **umflătura brahială** de unde ies nervii spinali care inervează membrele superioare, iar în regiunea toracală inferioară între vertebrele T9-T12 prezintă **umflătura lombară** de unde ies nervii spinali care inervează membrele inferioare. Dezvoltarea mai accentuată a măduvei spinării în aceste regiuni se datorează funcțiilor complexe ale membrilor superioare și inferioare.

Examinată macroscopic, măduva spinării prezintă:

- fisura mediană anterioară;
- șanțul median posterior;
- două șanțuri colaterale anterioare, dispuse simetric de-o parte și de alta a planului median, locurile de emergență a rădăcinilor anterioare ale nervilor spinali;
- două șanțuri colaterale posterioare, dispuse de-o parte și de alta a șanțului median posterior, reprezentând locul de pătrundere al rădăcinilor posterioare ale nervilor spinali în măduvă.

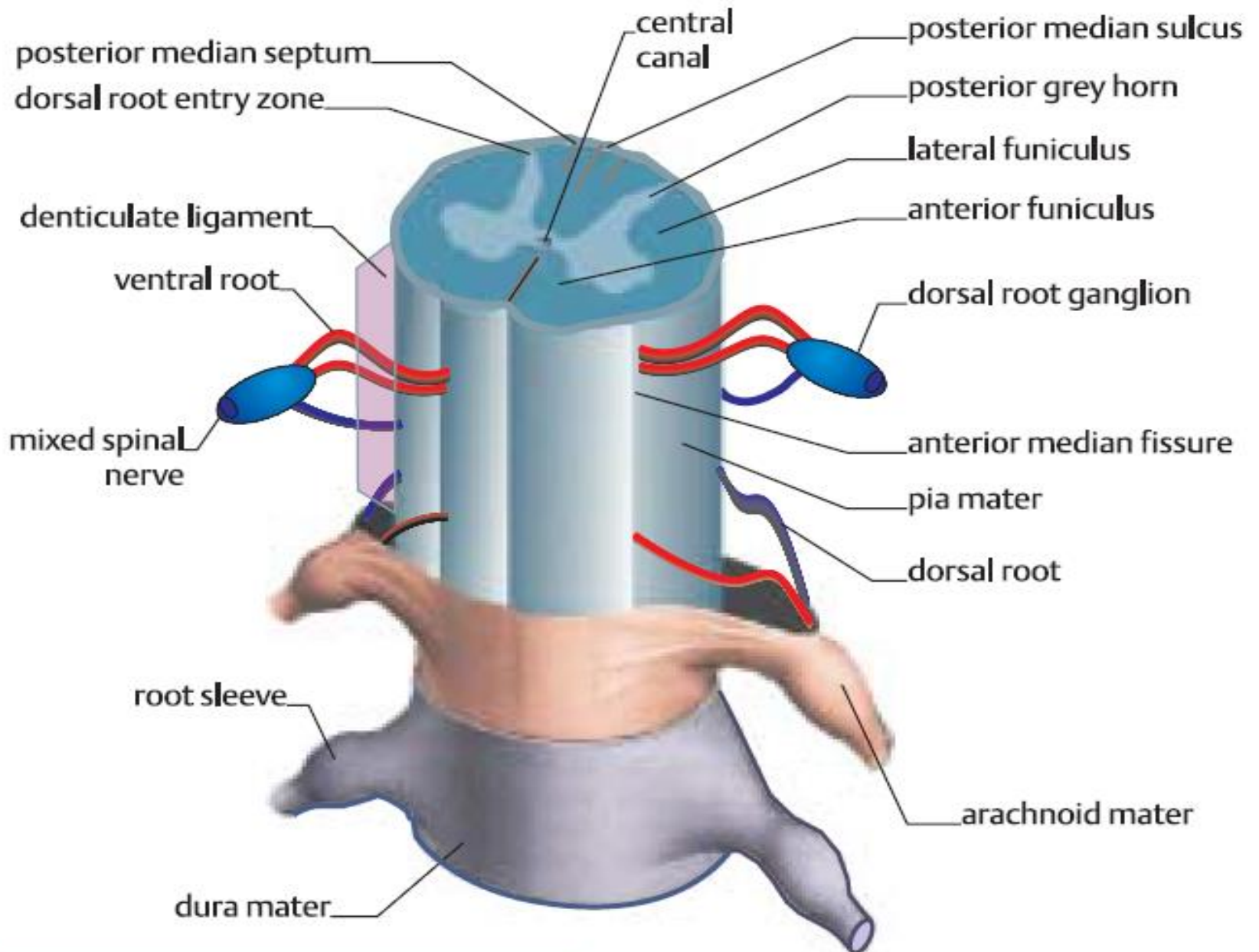
Măduva spinării este formată din substanță cenușie și substanță albă.

Substanța cenușie este dispusă în zona centrală, fiind înconjurată de substanța albă. În secțiune longitudinală se prezintă sub forma unei coloane neîntrerupte, pe toată lungimea măduvei. În secțiune transversală substanța cenușie este dispusă caracteristic, simetric față de planul median, sub forma **literei "H"** sau a două semilune, unite între ele printr-o bandă de substanță cenușie, numită **comisura cenușie**.

Comisura cenușie este străbătută pe toată lungimea ei de **canalul ependimar**, care se continuă la nivelul encefalului cu sistemul cavităților ventriculare ale acestuia. Lumenul canalului ependimar, pe măsura înaintării în vârstă, se reduce treptat și chiar se obstruează fiind înlocuit de celule nevroglice, începând din porțiunea terminală a măduvei spre regiunea cervicală.

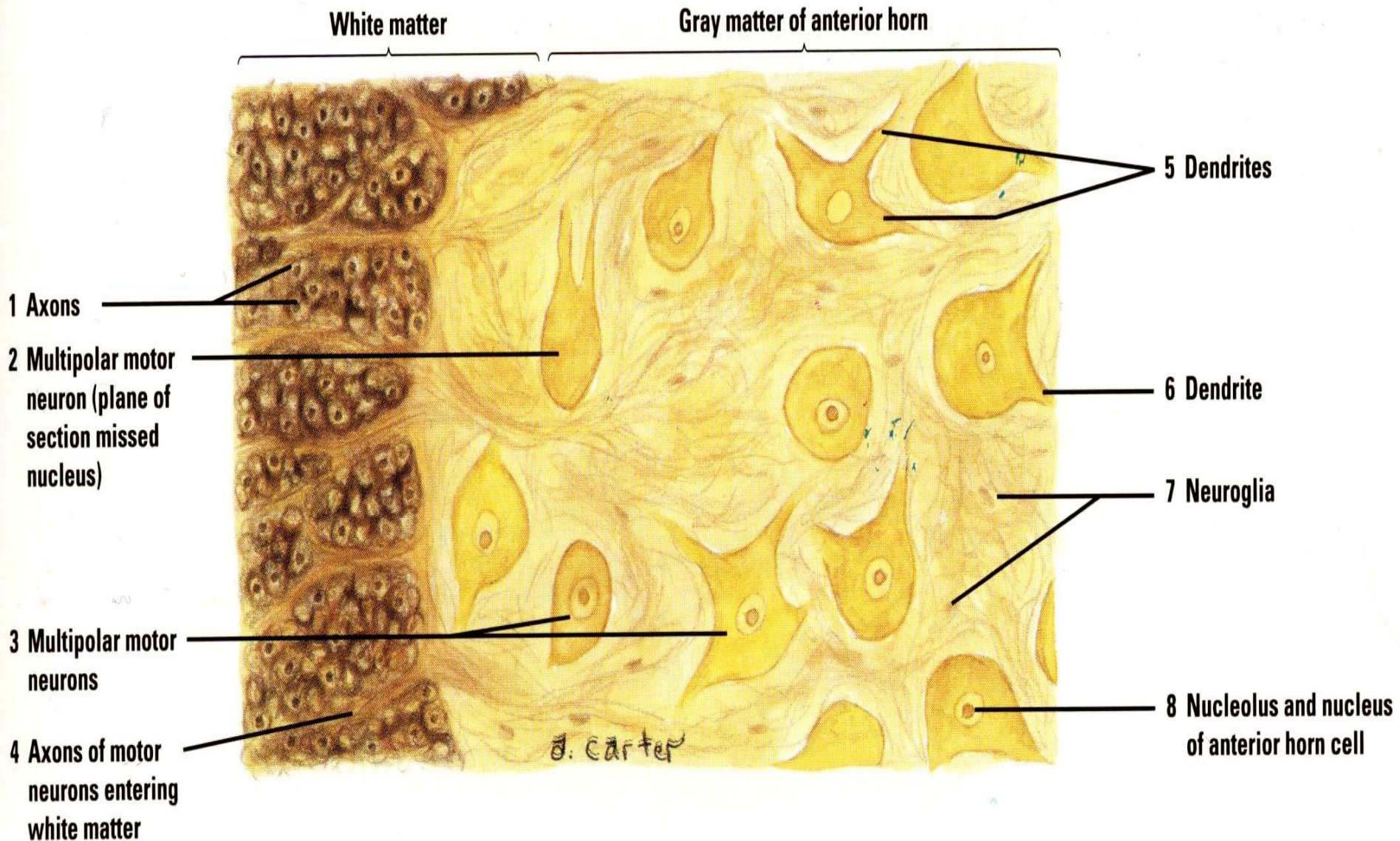
Fiecare jumătate simetrică de substanță cenușie prezintă:

- **un corn anterior**, mai scurt și cu diametrul transvers mai mare, format dintr-un cap și o bază. El conține neuroni mari, motori, ai căror axoni formează rădăcina anterioară a nervului spinal.
- **un corn posterior** mai îngust și mai lung, format din cap, col și bază. El conține neuroni mai mici, ovalari, senzitivi sau de asociație.
- **un corn lateral** sau **intermedio-lateral**, mai evident la nivelul măduvei dorso-lombare, între C7 - L2, dispus între baza cornului anterior și baza cornului posterior, format din neuroni de talie mică, sferici, fuziformi sau ovalari, cu funcție vegetativă. Aceștia sunt neuroni vegetativi preganglionari simpatici (în regiunea cervico-dorsală a măduvei spinării) sau parasimpatici (în regiunea sacrată a măduvei).
- **substanța reticulată medulară** (Deiters) alcătuită din insule mici de substanță cenușie separate de fine fibre nervoase mielinizate, dispusă în unghiul dintre cornul posterior și cornul lateral.



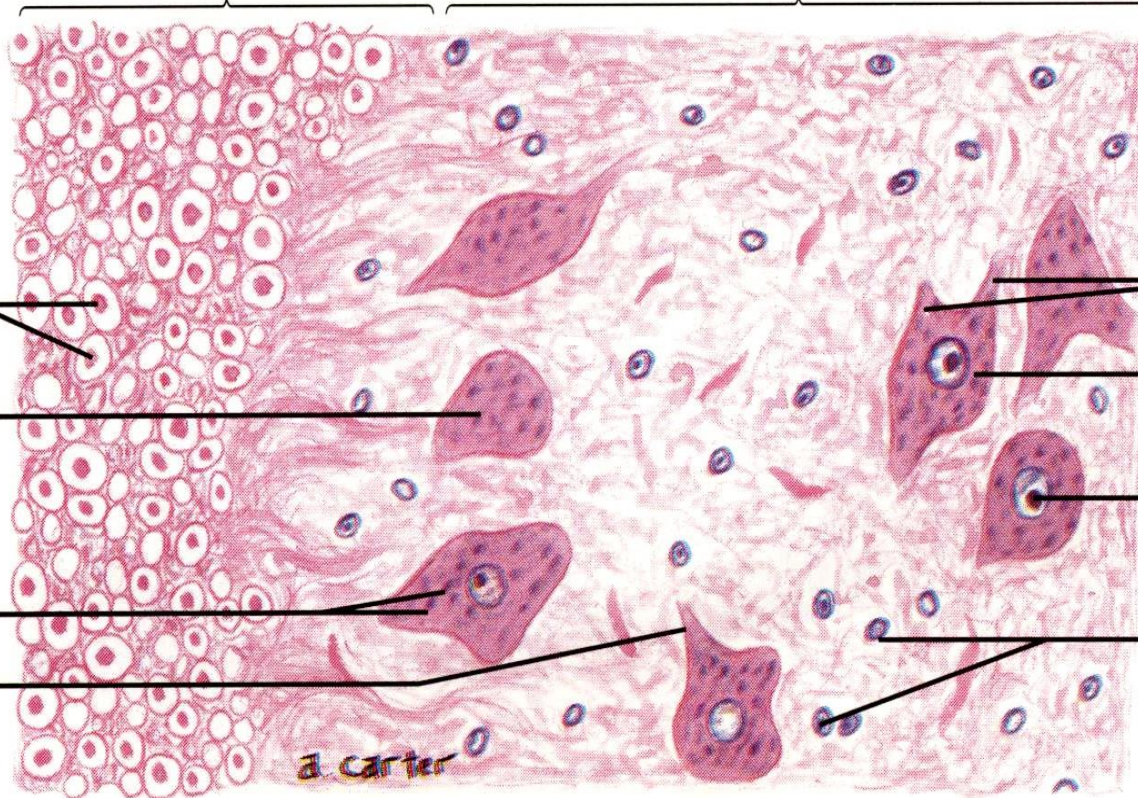
spinal cord, nerve roots and meninges





White matter

Gray matter of anterior horn



1 Axons

2 Multipolar motor neuron (plane of section missed nucleus)

3 Nissl substance

4 Axon hillock and axon

5 Dendrites

6 Multipolar motor neurons

7 Nucleus and nucleolus of multipolar neuron

8 Neuroglia

A. Carter

**1 Axon of a motor neuron
(anterior horn cell)**

**2 Cell body (perikaryon)
of a motor neuron**

**3 Nuclei of protoplasmic
astrocytes**

**4 Neuron sectioned
near its surface**

5 Axon hillock

6 Nucleolus

7 Nucleus of a neuron

**8 Dendrites with
Nissl bodies**

9 Dendrite

10 Capillary

**11 Nuclei of microglial
cells**

**12 Perikaryon
(cytoplasm) with
Nissl bodies**

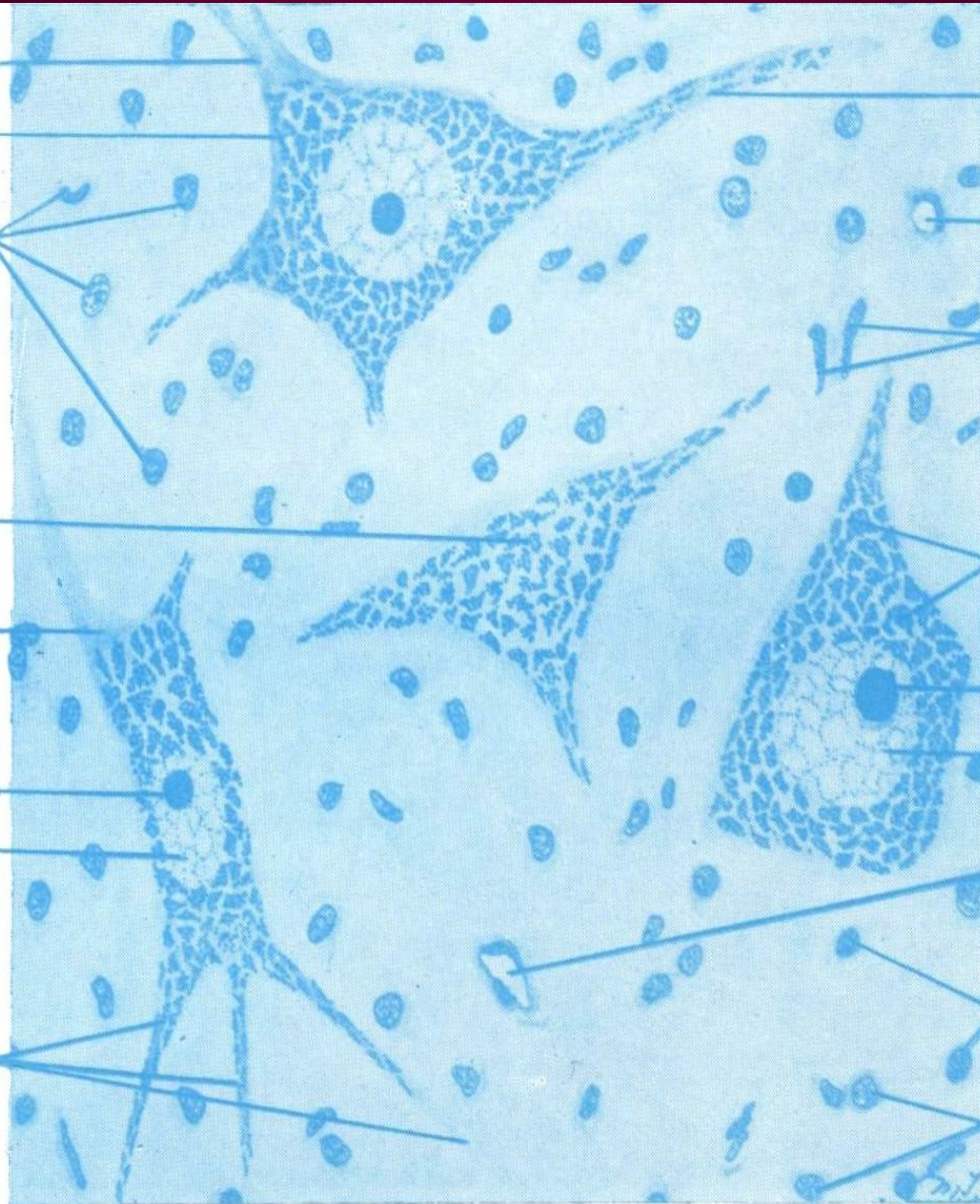
13 Nucleolus

**14 Nucleus showing the
chromatin reticulum**

15 Capillary

**16 Nuclei of
oligodendrocytes**

**17 Nuclei of
protoplasmic
astrocytes**



1 Protoplasmic astrocytes (nuclei)

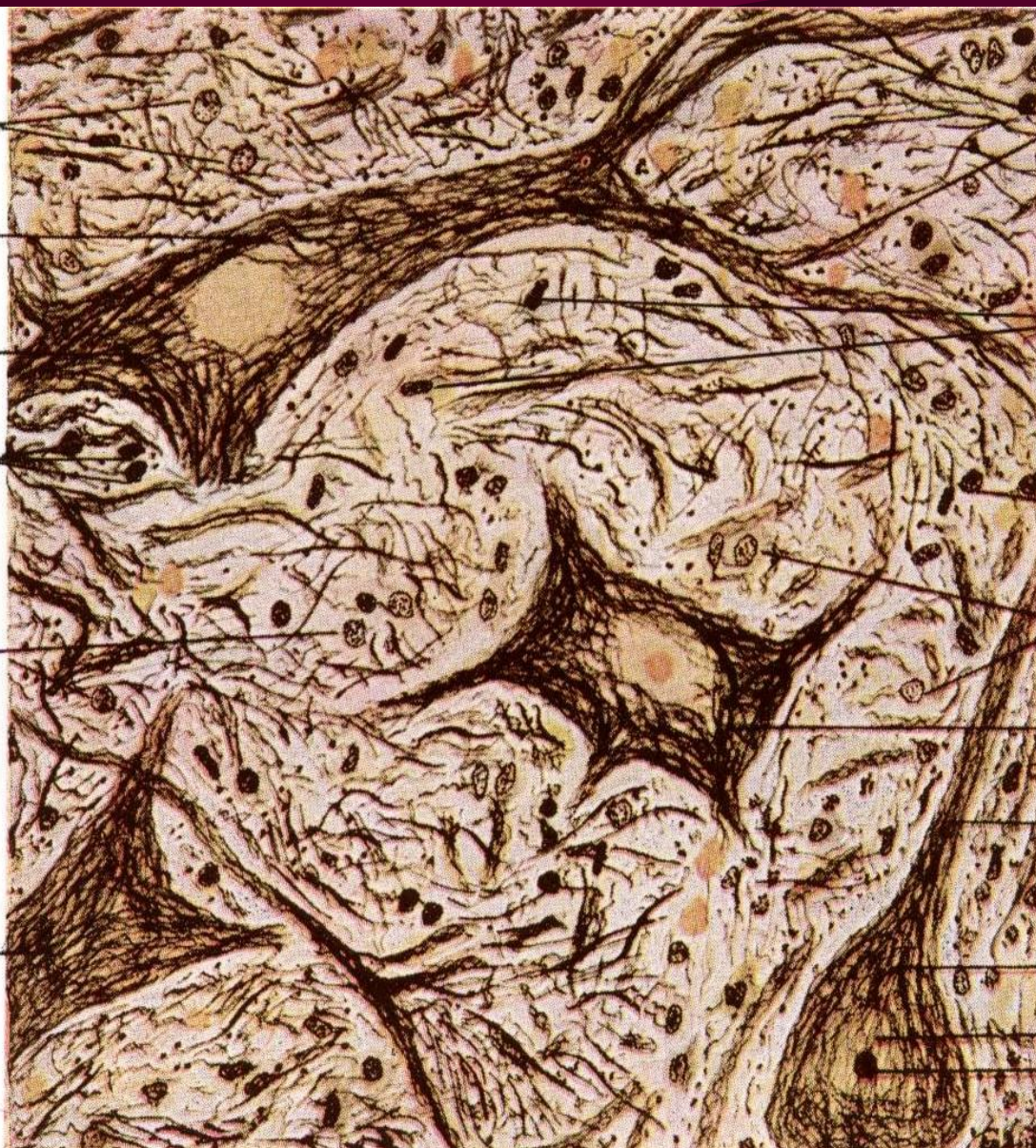
2 Neurofibrils

3 Perikaryon of a motor neuron

4 Oligodendrocytes (nuclei)

5 Protoplasmic astrocytes (nuclei)

6 Neuron sectioned near its surface



7 Dendrites with neurofibrils

8 Microglia (nuclei)

9 Oligodendrocytes (nuclei)

10 Protoplasmic astrocytes (nuclei)

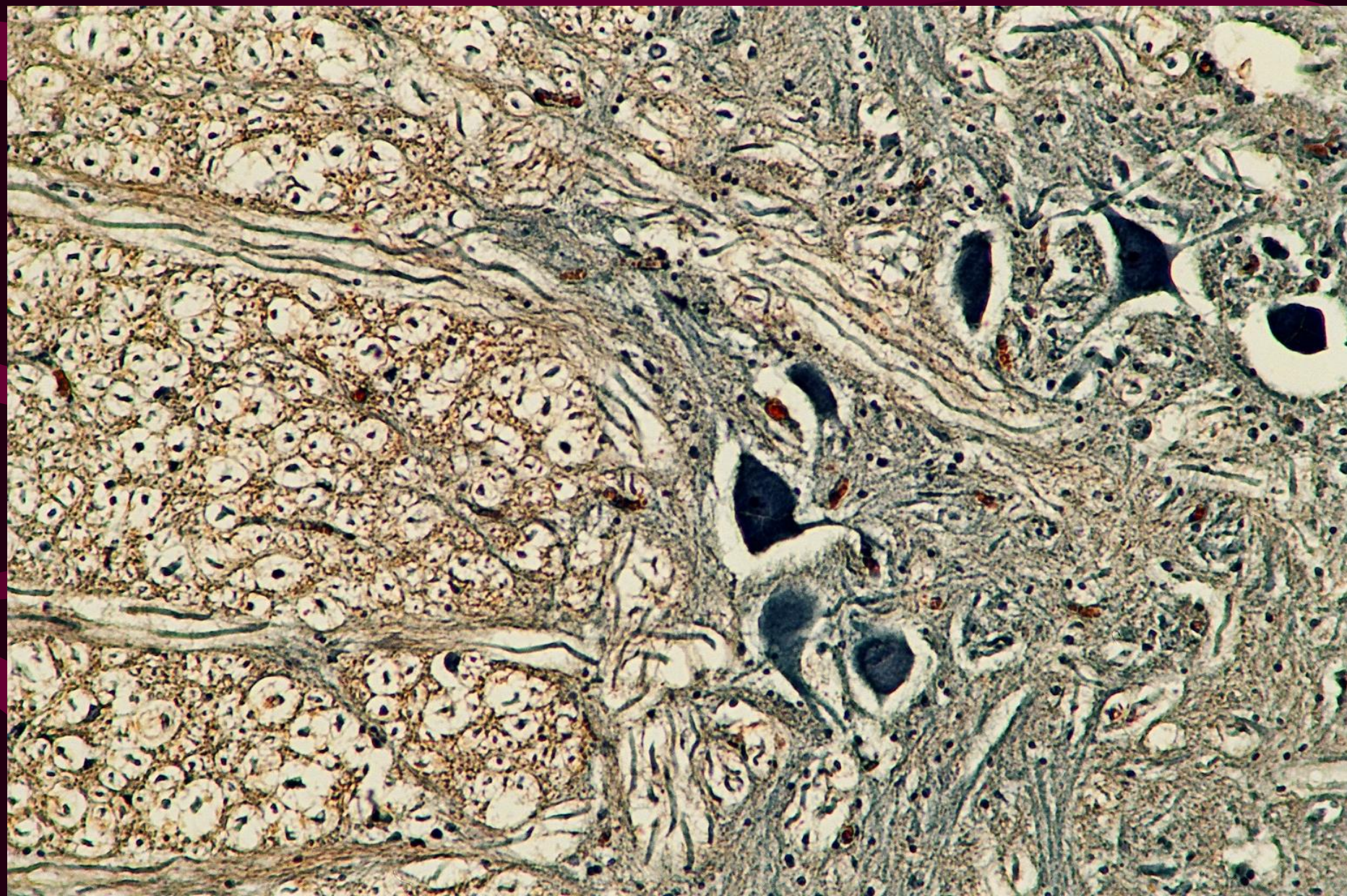
11 Perikaryon of a motor neuron

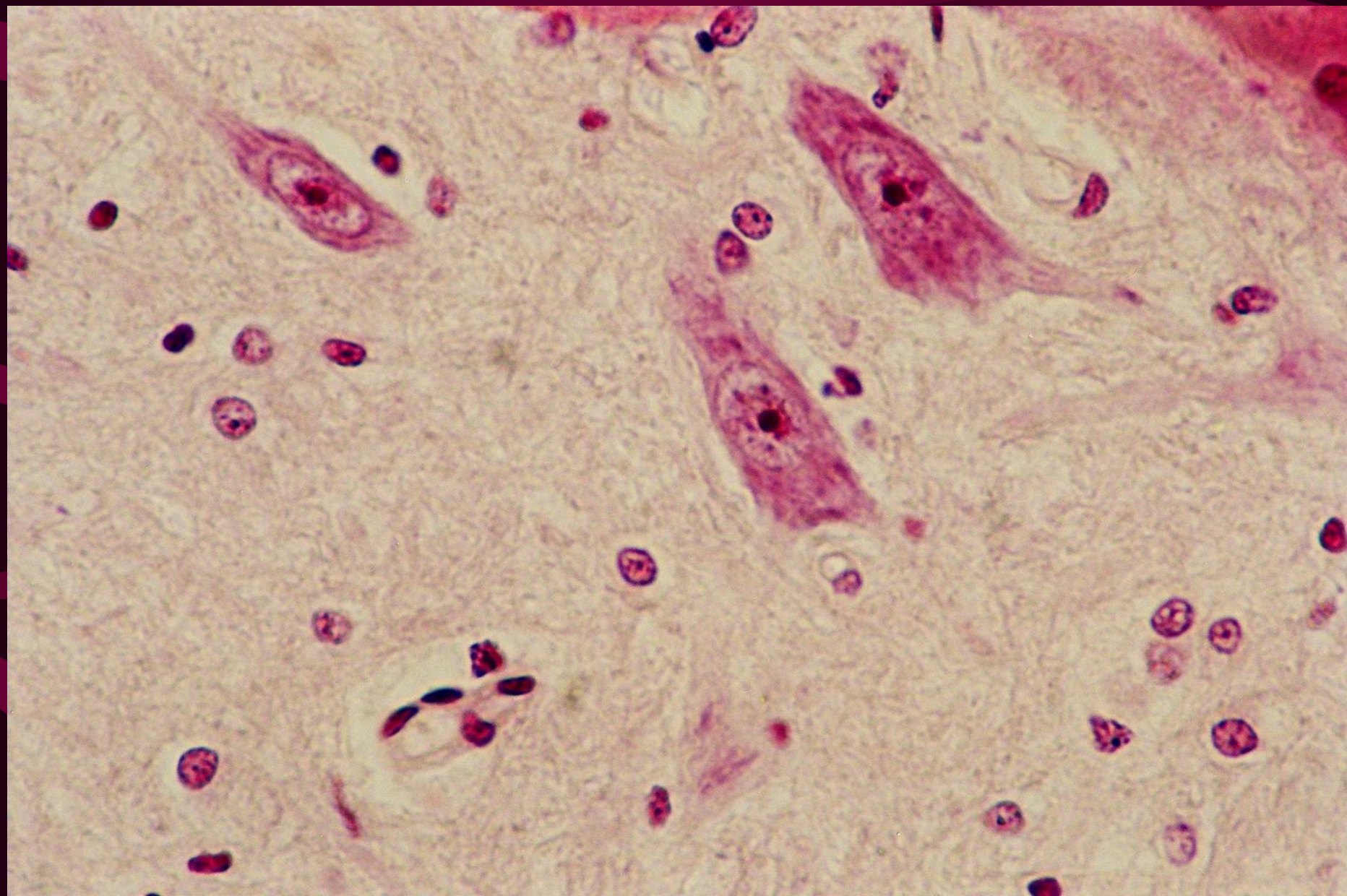
12 Dendrite with neurofibrils

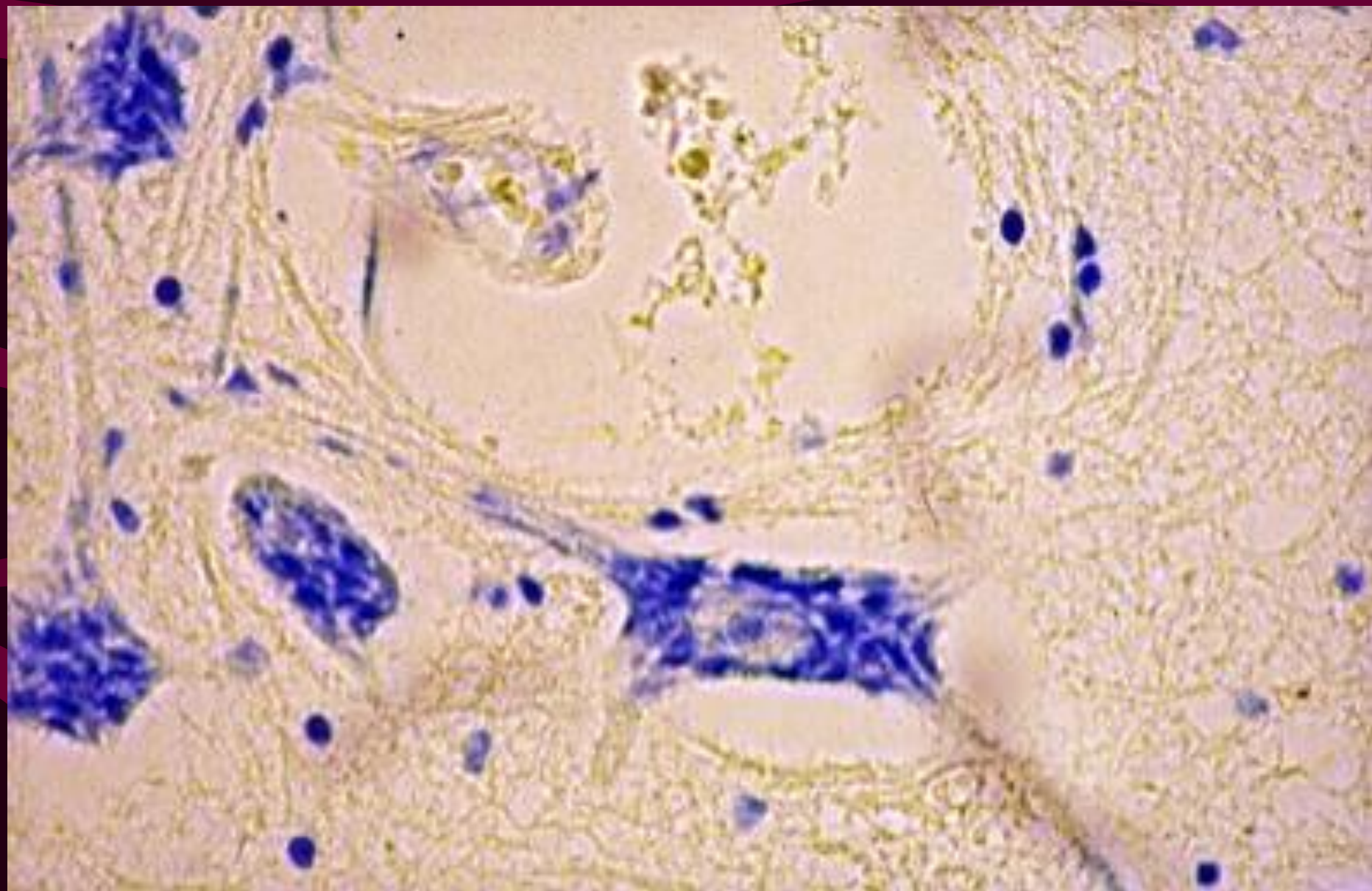
13 Neurofibrils in the cell body

14 Nucleus

15 Nucleolus







Din punct de vedere histologic substanța cenușie conține neuroni, nevroglii, fibre nervoase amielinice reprezentând prelungirile dendritice sau axonale ale neuronilor, vase sanguine și o cantitate redusă de țesut conjunctiv perivascular.

În coarnele anterioare se găsesc mai multe tipuri de neuroni. Cei mai numeroși sunt neuroni **alfa**. Acești neuroni sunt numiți și **neuroni radiculari**, datorită faptului că axonul lor trece în substanța albă, primește teaca de mielină și intră în structura rădăcinii anterioare a nervilor spinali. Ei sunt neuroni stelați, multipolari, de dimensiuni mari, cu diametrul pericarionului cuprins între 60-120 μm . Dendritele lor fac sinapsă cu axonii neuronilor căilor piramidale și extrapiramidale sau cu axonii unor neuroni senzitivi din coarnele posterioare sau chiar din ganglionii spinali. Acești neuroni inervează motor fibrele musculare striate scheletice.

Neuronii **gamma** sunt neuroni multipolari, de dimensiuni mici, cu forme variate, care inervează motor fibrele musculare din fusurile neuro-musculare.

În coarnele posterioare se găsesc neuroni **senzitivi**, polimorfi, ovalari, fuziformi, de dimensiuni variabile, de la 6 la 70 μm , dispuși în mai multe straturi (stratul lui Rolando, zona lui Clarke etc) incomplet delimitate. Dendritele lor realizează sinapse în cornul posterior cu axonii neuronilor pseudounipolari din ganglionii spinali, iar axonul lor trece în substanța albă, intrând în constituția unor tracturi ascendente.

Alți neuroni din coarnele posterioare sunt neuroni **de asociație**, care fac legătura între neuronii senzitivi și cei motori din coarnele anterioare de la același nivel sau de la alte nivele ale nevraxului.

În coarnele laterale se găsesc neuroni **vegetativi: viscerosenzitivi** în 1/2 posterioară și **visceromotori**, preganglionari în 1/2 anterioară. Sunt neuroni ovalari sau fuziformi, cu diametrul de 15-20 μm . Ei fac sinapsă prin dendritele lor cu axonii neuronilor viscerosenzitivi din ganglionii rahidieni. Axonul lor se alătură fibrelor somatomotorii din rădăcinile anterioare, formând fibrele preganglionare ce se opresc în ganglionii simpatici paravertebrali sau în ganglionii parasimpatici pelvini.

Neuronii prezenți în structura substanței cenușii a măduvei spinării sunt, în marea lor majoritate, neuroni multipolari. După lungimea axonului se deosebesc două categorii de neuroni:

- **neuroni cu axon scurt** (tip Golgi II) care nu părăsesc substanța cenușie a măduvei spinării. Ei au funcție de asociație făcând conexiuni cu alți neuroni din substanța cenușie de la același nivel sau de la alte nivele;
- **neuroni cu axon lung** (tip Golgi I) al căror axon trece în substanța albă a măduvei spinării. În această categorie de neuroni intră **neuronii radiculari** localizați în coarnele anterioare și în 1/2 anterioară a cornului lateral (neuroni motori somatici și vegetativi) al căror axon primește teacă de mielină și intră în structura rădăcinii anterioare a nervului spinal și de **neuronii cordonali** situați în cornul posterior și în 1/2 posterioară a cornului lateral al căror axon trece în substanța albă a măduvei spinării și intră în structura tracturilor ascendente homolaterale (de aceeași parte) sau heterolaterale (de partea opusă).

Din punct de vedere funcțional neuronii măduvei spinării se clasifică în:

- **neuroni senzitivi** (somato- și viscerosenzitivi);
- **neuroni motori** (somato- și visceromotori);
- **neuroni de asociație**.

Prelungirile neuronale (dendrite și axoni) prezente în substanța cenușie sunt lipsite de teaca de mielină și participă la realizarea neuropilului.

Celulele nevroglice din substanța cenușie sunt reprezentate de **nevroglii parenchimatoase** (macroglia fibroasă sau protoplasmatică, microglia, rare oligodendroglia) și **nevroglia epitelială** (ependimară) ce străjuiește canalul ependimar.

Aspectul macroscopic și microscopic al măduvei spinării este diferit de la o regiune anatomică la alta. Astfel, în regiunea cervicală și regiunea lombo-sacrată sunt mai dezvoltate coarnele anterioare datorită inervației motorii a membrilor, pe când în regiunea toracală dezvoltarea acestora este mult mai redusă.

Substanța albă

Substanța albă a măduvei spinării se dispune la exteriorul substanței cenușii și este organizată în trei perechi de cordoane:

- **cordoanele anterioare**, delimitate între ele de linia planului sagital, iar lateral de rădăcinile anterioare ale nervilor spinali. Cele două cordoane comunică între ele prin comisura albă anterioară prin care fac schimburi de prelungiri nervoase;
- **cordoanele laterale** delimitate de rădăcinile anterioare și posterioare ale nervilor spinali;
- **cordoanele posterioare** dispuse între rădăcinile dorsale ale nervilor spinali și șanțul median posterior, ce se continuă cu un rafeu nevroglic median până la substanța cenușie.

Substanța albă medulară este formată din fibre nervoase cu **mielină grupate în fascicule**. Aceste fibre sunt fie **endogene** fie **exogene**.

Fibrele endogene sunt reprezentate de axoni care au pericarionul situat în substanța cenușie a măduvei spinării la diferite nivele metamerice. Aceste fibre pot fi: fibre scurte și fibre lungi.

Fibrele endogene scurte sunt denumite și fibre spino-spinale deoarece iau naștere în măduva spinării și merg până la un anumit etaj medular unde fac sinapsă cu alți neuroni. Acest tip de fibre sunt prezente în toate cordoanele medulare și **formează fasciculul fundamental**.

Fibrele endogene lungi au pericarionul situat în coarnele dorsale ale măduvei, iar axonul mielinizat, trece în cordonul lateral sau anterior și ajunge la nivelul talamusului, cerebelului sau trunchiului cerebral. Aceste fibre formează principalele fascicule senzitive, ascendente:

- **fasciculul spino-talamic lateral** situat în cordonul lateral, care conduce sensibilitatea termică și dureroasă;
- **fasciculul spino-talamic anterior** situat în cordonul anterior, pentru sensibilitatea tactilă grosieră;
- **fasciculul spino-cerebelos direct** (Flechsing) și **fasciculul spino-cerebelos încrucișat** (Gowers) situate în cordoanele laterale, care conduc sensibilitatea proprioceptivă inconștientă.

Fibrele exogene sunt reprezentate de axoni mielinizați care au pericarionul situat în afara măduvei spinării. După traiectul lor aceste fibre se clasifică în: fibre ascendente și fibre descendente.

I. **Fibrele exogene ascendente** au pericarionul situat în ganglionul spinal. Axonul lor intră pe calea rădăcinii posterioare în măduvă, direct în cordonul posterior, de unde urcă spre bulb formând **fasciculele spino-bulbare** (Goll și Burdach). Aceste fascicule conduc sensibilitatea tactilă fină sau epicritică și sensibilitatea proprioceptivă conștientă.

II. **Fibrele exogene descendente** au originea în etajele superioare ale sistemului nervos central (scoarța cerebrală, mezencefal, punte, bulb, cerebel). Cele mai voluminoase tracturi descendente sunt reprezentate de **căile piramidale** și **extrapiramidale**. Acestea sunt căi efectorii, controlând motilitatea voluntară și involuntară.

Căile piramidale, numite și căi **cortico-spinale** au pericarionul situat în scoarța cerebrală, în neocortexul motor. În traiectul lor descendent străbat pedunculii cerebrali, puntea și bulbul rahidian, trecând prin piramidele bulbare. Datorită faptului că la nivelul piramidelor bulbare unele fibre se încrucișează (cele mediane) formând decusația piramidală, iar altele trec prin piramidele bulbare fără a se încrucișa, la nivelul măduvei se găsesc câte două fascicule piramidale dispuse simetric față de planul median: **fasciculele piramidale directe** situate în cordoanele anterioare; **fasciculele piramidale încrucișate** situate în cordoanele laterale.

Căile extrapiramidale au pericarionii situați atât în scoarța cerebrală cât și în diverși nuclei situați în mezencefal, punte, bulb, cerebel. Principalele căi extrapiramidale sunt: **fasciculul tecto-spinal, rubro-spinal, nigro-spinal, olivo-spinal, reticulo-spinal** etc.

Fibrele descendente, atât cele piramidale cât și cele extrapiramidale, fac sinapsă cu neuronii motori din coarnele anterioare ale măduvei spinării.

Histofiziologia măduvei spinării

Măduva spinării îndeplinește două funcții:

- **funcția de conducere** prin tracturile ascendente (sunt conduse spre etajele superioare ale SNC sensibilitatea extero- întero- și proprioceptivă) și tracturile descendente (conduc motilitatea voluntară, involuntară și mențin tonusul muscular);
- **funcția de centru reflex**, realizată prin diverse grupări neuronale.

La nivelul măduvei spinării se închid două tipuri de arcuri reflexe: **somatice** și **vegetative**. Atât reflexele somatice cât și cele vegetative au ca substrat morfologic un arc reflex.

Arcul reflex somatic prezintă doi sau mai mulți neuroni, astfel că se descriu **reflexe monosinaptice** (reflexele osteotendinoase) și **reflexe polisinpaptice** (cele mai numeroase reflexe cu funcție de apărare și adaptare). Primul neuron (protoneuronul, neuronul senzitiv) al reflexului somatic se găsește în ganglionul spinal. Dendrita acestuia este conectată cu receptorii din piele, mușchi, tendoane etc, iar axonul pătrunde în substanța cenușie a măduvei. În cazul reflexelor monosinaptice, axonul face sinapsă direct cu neuronul motor din cornul anterior de aceeași parte. Axonul acestui neuron motor se distribuie musculaturii scheletice homolaterale. Deci, în acest caz, arcul reflex este format din neuronul senzitiv situat în ganglionul spinal și neuronul motor situat în cornul anterior. În cazul reflexelor somatice polisinpaptice, între axonul neuronului senzitiv și neuronul motor, în substanța cenușie a măduvei spinării, se interpun unul sau mai mulți neuroni de asociație, care au fie rol excitator, fie rol inhibitor.

Arcul reflex vegetativ are protoneuronul situat tot în ganglionul spinal. Între acest protoneuron și centrul reflexului vegetativ (situat în cornul lateral) se pot interpune unul sau mai mulți neuroni intercalari. Eferența vegetativă, spre deosebire de cea somatică, este formată din doi neuroni: **neuronul preganglionar** situat în coarnele laterale ale măduvei spinării și **neuronul postganglionar** situat într-un ganglion vegetativ (ganglionii simpatici paravertebrali, ganglionii previscerali, ganglionii intramurali). La nivelul măduvei se închid o serie de reflexe vegetative simpatiche și parasimpatiche (sudorale, cardio-accelaratoare, pupilo-dilatatoare, micțiune, defecație, sexuale, etc).

Trunchiul cerebral

Format din **bulbul rahidian, punte și mezencefal**, trunchiul cerebral reprezintă o zonă de legătură între măduva spinării și emisferele cerebrale. El este străbătut de *căile spinotalamice* în sens ascendent și de căile *cortico-spinale* în sens descendent.

Și la nivelul trunchiului cerebral se regăsesc aceleași elemente morfologice: stroma și parenchimul nervos.

Stroma este reprezentată de celulele nevroglice și de fine septuri conjunctive, care continuă în profunzimea țesutului nervos unele structuri de la nivelul meningelui. Aceste septuri conjunctive conțin vase de sânge.

Parenchimul este reprezentat de neuroni. Datorită faptului că la nivelul trunchiului cerebral unele fibre nervoase se încrucișează sau dau multiple colaterale, substanța cenușie nu se mai dispune sub forma unei coloane neîntrerupte, ca la nivelul măduvei spinării, ci este fragmentată în insule de substanță cenușie, formând **nucleii senzitivi, motori, vegetativi sau proprii** fiecărei formațiuni nervoase.

La nivelul **bulbului rahidian** se găsesc următorii nucleii somatici și vegetativi (cu rol senzitiv sau motor):

- **nucleul nervului hipoglos (XII)** este format din neuroni voluminoși ce inervează motor musculatura limbii;
- **nucleul nervului accesoriu (XI)** inervează motor mușchii trapez și sternocleidomastoidian;
- **nucleul nervului vag (X)** inervează motor, senzitiv și vegetativ organele interne. El dă ramuri care inervează motor musculatură faringelui, laringelui și esofagului;
- **nucleul nervului glosofaringian (IX)** inervează musculatură faringelui, laringelui, asigură sensibilitatea gustativă și stimulează secreția glandei parotide (prin nucleul salivar inferior);
- **nucleii vestibulari (VIII)** sunt în număr de patru (superior, inferior, lateral și medial) și se conectează cu măduva spinării, talamusul, cerebelul, substanța reticulată și **nucleul nervului oculomotor**;
- **nucleul senzitiv al nervului trigemen (V)** este un nucleu alungit, ca o coloană, care se întinde pe toată lungimea trunchiului cerebral. El inervează tegumentul feței, maxilarul și mandibula;
- **nucleii Goll și Burdach** sunt stații de releu (conțin deutoneuronul căii) pentru sensibilitatea proprioceptivă conștientă și tactilă fină;
- **nucleul olivărilor**, situat în olivă bulbară, este un nucleu motor ce aparține căilor motorii extrapiramidale;
- **nucleii vegetativi** (inspiratori, vasomotori, cardio-inhibitori).

În **punte** se găsesc nucleii somatici și vegetativi (senzitivi și motori):

- **nucleii cohleari (VIII)**, în număr de doi, conțin deutoneuronul căii auditive;

- **nucleul nervului facial (VII)** conține neuroni motori care inervează musculatura mimicii, neuroni senzitivi care asigură sensibilitatea limbii și neuroni vegetativi parasimpatici care inervează glandele sublinguale, submandibulare și glandele lacrimale;

- **nucleul nervului abducens (VI)** conține neuroni motori care inervează mușchiul drept extern al globului ocular;

- **nucleul nervului trigemen (V)** conține neuroni motori care inervează mușchii maseteri și neuroni senzitivi care inervează tegumentul feței.

- **nucleii respiratori și cardiovasculari** (conectați cu cei din bulb)

Nucleii **mezencefalici** sunt mai puțini numeroși. Și la acest nivel există nucleii somatici și vegetativi, senzitivi sau motori. Ei sunt reprezentați de:

- **nucleul nervului oculomotor comun (III)** conține neuroni ce inervează o parte din mușchii extrinseci ai globului ocular;

- **nucleul nervului trohlear (IV)** inervează mușchiul oblic superior al globului ocular;

- **nucleul nervului accesoriu al oculomotorului** cu funcție vegetativă, inervează mușchii circulari ai irisului și mușchii circulari ai corpului ciliar;

- **substanța neagră** ai cărei neuroni coordonează motilitatea asociată, făcând parte din tracturile extrapiramidale;

- **nucleul roșu** are rol inhibitor asupra tonusului muscular tot prin tracturile extrapiramidale.

La nivelul trunchiului cerebral **substanța reticulată** este mult mai bine dezvoltată decât la nivelul măduvei. Ea este formată din insule de celule nervoase, diferite ca formă, mărime și funcție, separate de numeroase fibre nervoase, mai mult sau mai puțin organizate în fascicule.

După aspectul histologic al nucleilor din substanța reticulată, s-au descris două zone:

- **zona mediană** bogată în neuroni:
- **zona laterală** mai săracă în celule nervoase.

Nucleii substanței reticulate primesc aferențe direct de la măduva spinării, de la nucleii bulbari și pontini, de la cerebel, hipotalamus și chiar de la scoarța cerebrală și trimit eferențe substanței reticulate spinale, neuronilor vegetativi din trunchiul cerebral, hipotalamusului, talamusului și scoarței cerebrale. În nucleii formațiunii reticulate s-au evidențiat mai multe grupe de neuroni dopaminergici, noradrenergici și serotoninergici.

Diencefalul. Numit și "creier intermediar", diencefalul este constituit din mai multe formațiuni nervoase: talamusul, hipotalamusul, metatalamusul și epitalamusul.

Talamusul este o masă voluminoasă de substanță cenușie situată în partea dorsală a diencefalului. Structura lui este neomogenă datorită divizării neuronilor în mai multe grupe de nucleii pe calea aferențelor senzitive sau senzoriale specifice. Acești nucleii conțin neuroni de tip Golgi I cu axon lung care se proiectează pe scoarța cerebrală și neuroni de tip Golgi II care au axon scurt și au funcție de asociație între diversele grupe neuronale.

Metatalamusul este format din patru grupări neuronale cunoscute sub numele de corpuri geniculați:

- corpuri geniculați mediali - stație de releu pentru căile auditive;
- corpuri geniculați laterali - stație de releu pentru fibrele optice.

Hipotalamusul, situat în planșeul ventriculului III, este format din mulți nucleii: anteriori, mijlocii și posteriori. El primește aferențe de la retină, mucoasa olfactivă, substanța reticulată și cortexul cerebral și trimite eferențe spre hipocamp, substanța reticulată mezencefalică și la nucleii vegetativi din trunchiul cerebral și măduva spinării. De asemenea, hipotalamusul se conectează structural cu **neurohipofiza** prin nucleii anteriori și controlează activitatea secretorie a **adenohipofizei** prin nucleii mijlocii. Nucleii hipotalamici au și funcții vegetative, simpatice și parasimpatice.

EMISFERELE CEREBRALE reprezintă cel mai dezvoltat segment al SNC, ele ocupând peste **80%** din volumul cutiei craniene. Și la nivelul emisferelor cerebrale există două tipuri de substanță nervoasă:

- **substanța cenușie** care este formată din **cortexul cerebral** cu o grosime de 3-5 mm, dispusă la suprafața emisferelor și **corpii striati**, dispuși la baza emisferelor cerebrale;
- **substanța albă** dispusă la interiorul emisferelor cerebrale, formată din fibre nervoase mielinice care vin sau pleacă de la scoarța cerebrală sau fac legătura între diferite zone ale emisferelor cerebrale.

A. Substanța cenușie **Scoarța cerebrală** reprezintă cea mai mare concentrare de neuroni și sinapse. Se consideră că ea ar conține între 14 și 26 miliarde de neuroni. Numărul sinapselor este imens, unii autori arătând că există circa 10^{12} sinapse/cm² de cortex cerebral. Suprafața totală a cortexului cerebral a fost apreciat la 1924 de cm².

Din punct de vedere structural, funcțional și filogenetic la nivelul scoarței cerebrale există două zone:

- **paleocortexul** sau **allocortexul**, zona cea mai veche din punct de vedere filogenetic care reprezintă 1/12 din suprafața scoarței cerebrale. Ea are o structură celulară formată doar din 2 straturi neuronale și se găsește situată în zona hipocampului;
- **neocortexul** sau **izocortexul**, zona cea mai întinsă (ocupă 11/12 din suprafața scoarței cerebrale) și cea mai complexă din punct de vedere structural. Ea este formată din 6 straturi de neuroni.

La nivelul scoarței cerebrale, indiferent de zonele filogenetice există, din punct de vedere histologic, două structuri:

- parenchimul, format din totalitatea neuronilor și prelungirilor neuronale;
- stroma formată din celulele gliale, vase de sânge și fine septuri conjunctive perivascularare.

Neuronii scoarței cerebrale au forme și dimensiuni variate. Există următoarele tipuri de neuroni: piramidali, granulari, orizontali, polimorfi.

Neuronii piramidali sunt celulele caracteristice scoarței cerebrale. Pe secțiunile histologice aceste celule au o formă triunghiulară cu vârful îndreptat spre suprafața cortexului cerebral și baza îndreptată spre substanța albă a emisferei cerebrale. Axul lor este perpendicular pe suprafața corticală. Dimensiunile neuronilor piramidali variază de la 5 la peste 100 micrometri.

Cei mai mari neuroni piramidali, cunoscuți sub numele de **celulele lui Betz** se găsesc în cortexul motor din girusul precentral al lobului frontal. Aceste celule au un pericarion ce depășește 100-120 micrometri în diametru.

Neuronii piramidali sunt neuroni multipolari care prezintă numeroase dendrite ce pornesc din colțurile sau de pe fețele laterale ale piramidei. Din vârful piramidei pornește o dendrită mai voluminoasă care ajunge până la suprafața cortexului. În traiectul său ascendent face sinapsă cu neuronii din straturile supraincizate. Dendritele care pornesc din colțurile sau fețele laterale ale piramidei fac conexiuni în plan orizontal cu alte celule piramidale sau alți neuroni. Axonul lor coboară spre substanța albă și dă numeroase colaterale destinate celulelor piramidale învecinate.

Neuronii piramidali mici prezintă un axon scurt care nu depășește structura scoarței cerebrale. Axonii neuronilor piramidali mijlocii și mari traversează straturile profunde ale scoarței cerebrale, trec în substanța albă unde primesc teacă de mielină și intră în alcătuirea căilor eferente piramidale și extrapiramidale.

Neuronii granulari sunt celule de dimensiuni variate, dar mai mici decât neuronii piramidali. Se găsesc în număr mai mare în ariile senzitive ale scoarței cerebrale. Diametrul mediu al neuronilor granulari este de circa 10-20 microni. Se prezintă ca celule stelate cu prelungiri dendritice numeroase, scurte și ramificate și un axon foarte subțire.

Neuroplasma neuronilor granulari este în cantitate mică. Nucleul este mare comparativ cu dimensiunea celulei, rotund, dispus central și mai hiperchrom decât al neuronilor piramidali. Se pare că acest tip de neuroni au proprietăți excitatorii asupra celulelor piramidale. Unele celule granulare au axonul cu traiect în ansă. La început traiectul este descendent, venind în contact cu dendritele celulelor piramidale din straturile V și VI pentru ca apoi să devină ascendent și să facă contact cu dendritele apicale ale neuronilor piramidali. Alte celule au axonul ascendent spre suprafața scoarței cerebrale (**celulele lui Martinotti**).

Neuronii orizontali sunt neuroni de asociație, de dimensiuni mici și medii, ovalari sau fuziformi, dispuși cu axul mare paralel cu suprafața scoarței cerebrale, prezenți în partea superficială a acesteia. Unii dintre neuroni prezintă pericarionul de aspect piriform (**celulele piriforme Cajal**), cu dendrite numeroase.

Neuronii polimorfi sunt celule nervoase cu funcție de recepție, de asociație sau chiar motorie. Sunt celule de talie medie, diametrul pericarionului fiind de 10-30 microni, cu corpul celular ovalar, fuziform, stelat etc. Se găsesc răspândiți în toată grosimea scoarței cerebrale și în mod deosebit în partea profundă a acesteia. Sunt neuroni multipolari care își trimit dendritele spre suprafața scoarței cerebrale, în timp ce axonul pătrunde în substanța albă a emisferelor cerebrale.

"Neuroni în panier" prezenți în straturile III-V, sunt o categorie de neuroni particulari caracterizați prin faptul că axonii lor prezintă brațe orizontale ce se termină sub forma unui coșuleț în jurul corpului celulelor piramidale. Acești axoni par a fi la originea sinapselor axo-somatice inhibitorii.

Stratificarea cortexului cerebral

Repartiția neuronilor la nivelul scoarței cerebrale este extrem de variată, ceea ce a făcut ca numeroși autori să identifice de la 20 la peste 200 de zone corticale diferite din punct de vedere morfologic. Cu toată această mare variabilitate, la nivelul **izocortexului** se identifică 6 straturi de celule nervoase suprapuse, formând **citoarhitectura scoarței cerebrale**. Începând de la suprafața spre profunzimea emisferelor cerebrale, exista:

- **stratul molecular** sau plexiform, situat imediat sub meninge, este sărac în celule nervoase, dar este bogat în prelungiri dendritice și axonice aparținând neuronilor din straturile subiacente. Se găsesc neuroni fuziformi, celule piriforme Cajal și celule Golgi II cu axon scurt. Acest strat are funcție de asociație.
- **stratul granular extern** este mult mai bogat în neuroni decât stratul supraiacent. Este format din celule granulare mici, în special neuroni tip Golgi II, celule Martinotti cu axon ascendent și neuroni piramidali mici și mijlocii. Are funcție de asociație.
- **stratul piramidal extern** este format preponderent din celule piramidale mici și mijlocii și rare celule de tip granular. Dendritele celulelor piramidale se îndreaptă spre suprafața scoarței cerebrale și se ramifică arborescent mai ales în stratul molecular, iar axonul se îndreaptă spre substanța albă a emisferelor cerebrale. Are funcție motorie.
- **stratul granular intern** prezintă o mare densitate de neuroni granulari de dimensiuni medii și puține celule de tip piramidal de talie mică. Are funcție receptoare.
- **stratul piramidal intern** conține preponderent celule de aspect piramidal mici, mijlocii și mari (celule Betz). Datorită acestor celule mari, unii autori au numit stratul piramidal intern, pătura ganglionară. Are funcție motorie.
- **stratul polimorf** este format dintr-un amestec de celule variate ca dimensiuni și forme. Are funcție de asociație fiind bogat în fibre nervoase.

Aceste straturi neuronale prezintă, după cum am menționat mai sus, o specializare funcțională. Astfel, straturile granulare (II și IV) au funcție receptoare, fiind conectate și primind informații senzitivo-senzoriale de la talamus, în timp ce straturile piramidale (III și V) au funcție motorie sau efectoare, fiind conectate cu neuronii motori din trunchiul cerebral și măduva spinării. Neuronii autohtoni ai stratului molecular (I) împreună cu ramificațiile dendritice și axonice ale neuronilor din straturile subiacente stabilesc conexiuni între diferitele zone corticale, iar neuronii stratului polimorf (VI) fac legătura între circumvoluțiile cerebrale vecine, între lobii cerebrali și chiar între cele două emisfere cerebrale.

Distribuția neuniformă a celulelor nervoase la nivelul izocortexului a determinat împărțirea acestuia în:

- **izocortex homeotipic** (care conține toate cele 6 straturi de celule), subîmpărțit în:
 - izocortex de tip frontal în care domină celulele piramidale;
 - izocortex de tip parietal în care domină celulele granulare;
- **izocortex heterotipic** (caracterizat prin absența aproape totală a unor straturi):
 - izocortex de tip agranular, prezent în zona motorie, prerolandică caracterizat prin absența straturilor granulare și prin prezența a unui număr mare de celule piramidale;
 - izocortex de tip granular caracterizat prin absența celulelor piramidale și dezvoltarea accentuată a straturilor granulare.

Allocortexul sau arhipalium se caracterizează printr-o dezvoltare redusă și prin absența stratificării neuronale. În structura sa se identifică numai straturile 1 și 6.

1 Molecular layer

**2 External granular layer
of small pyramidal cells**

**3 Layer of medium-sized
pyramidal cells**

**4 Internal granular layer
or outer layer of large
pyramidal cells**

**5 Internal layer of large
pyramidal cells**

6 Multiform layer

7 White matter

8 Pia mater

9 Blood vessels

**10 Horizontal cells
(of Cajal)**

11 Pyramidal cells

12 Stellate (granule) cells

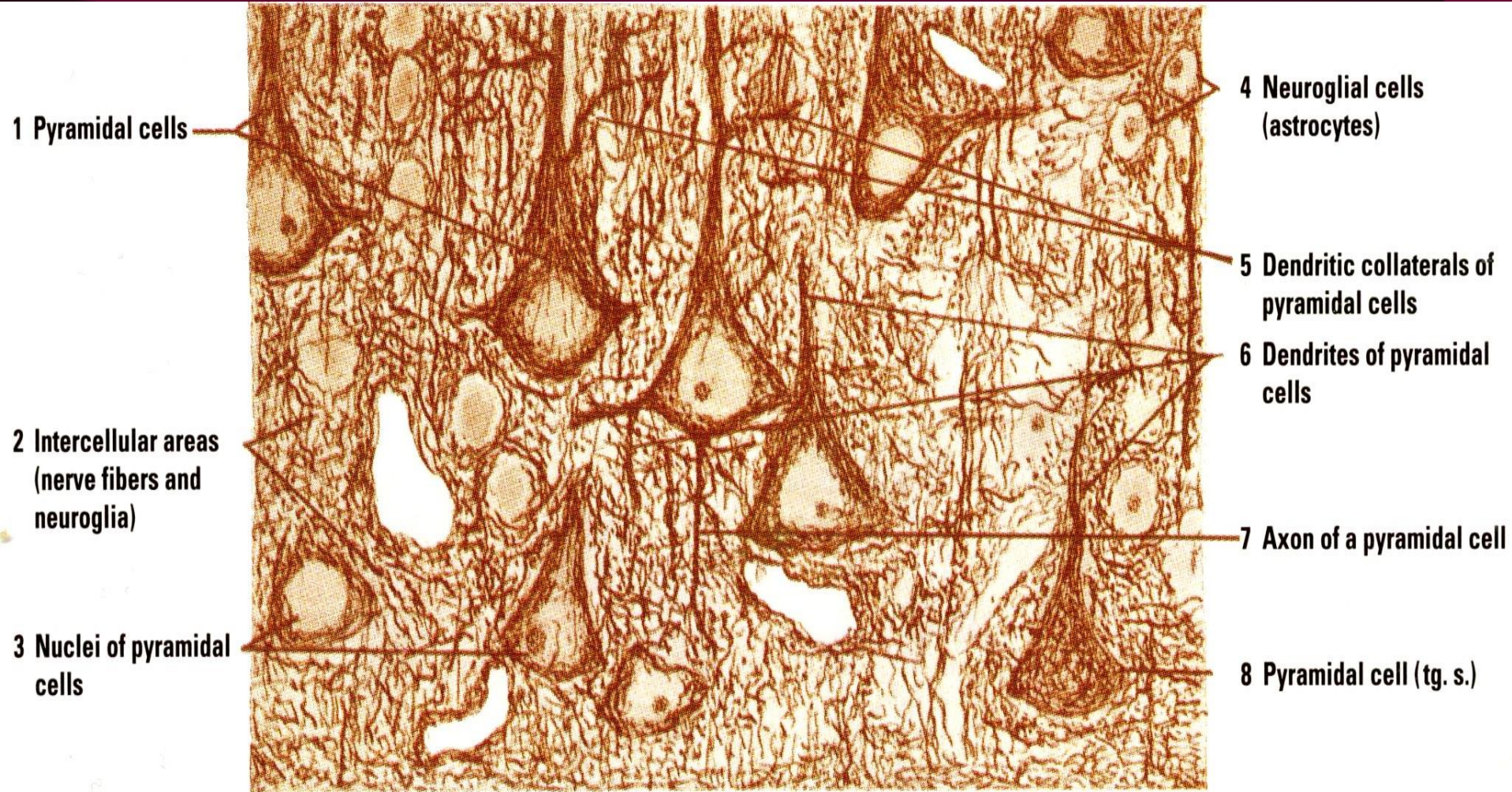
**13 Dendrites of large
pyramidal cells**

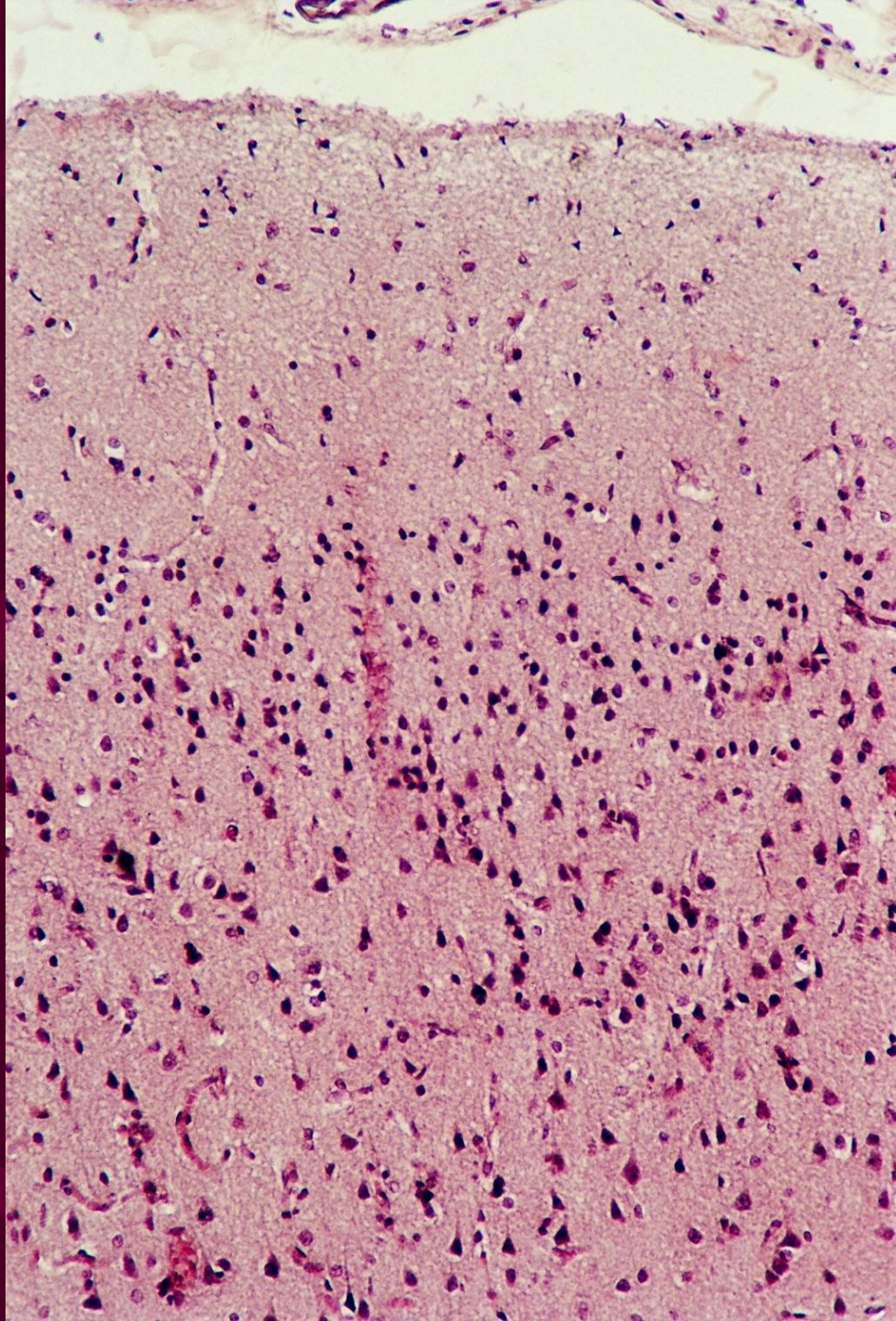
**14 Bundles of radial
nerve fibers**

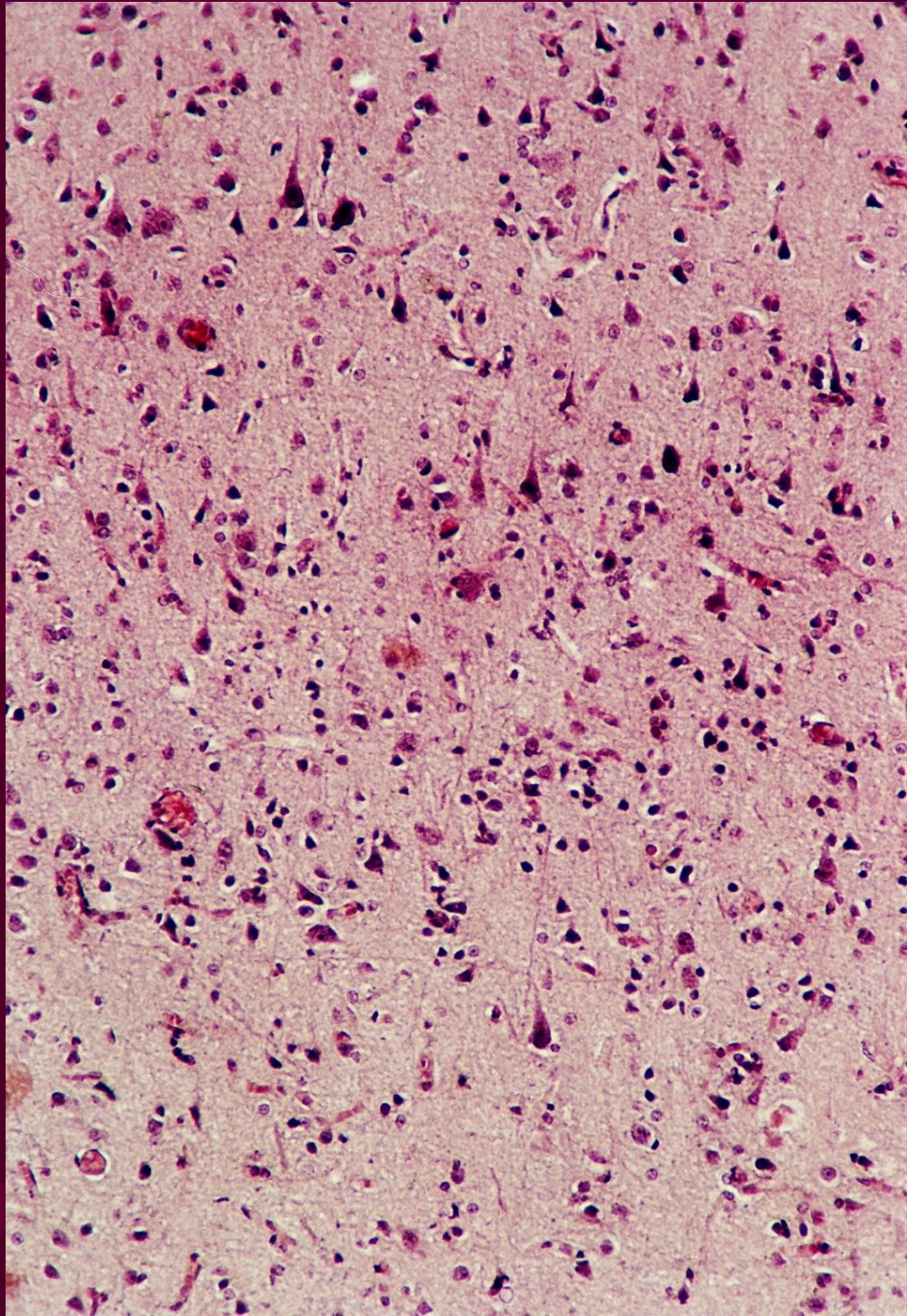
15 Polymorphous cells

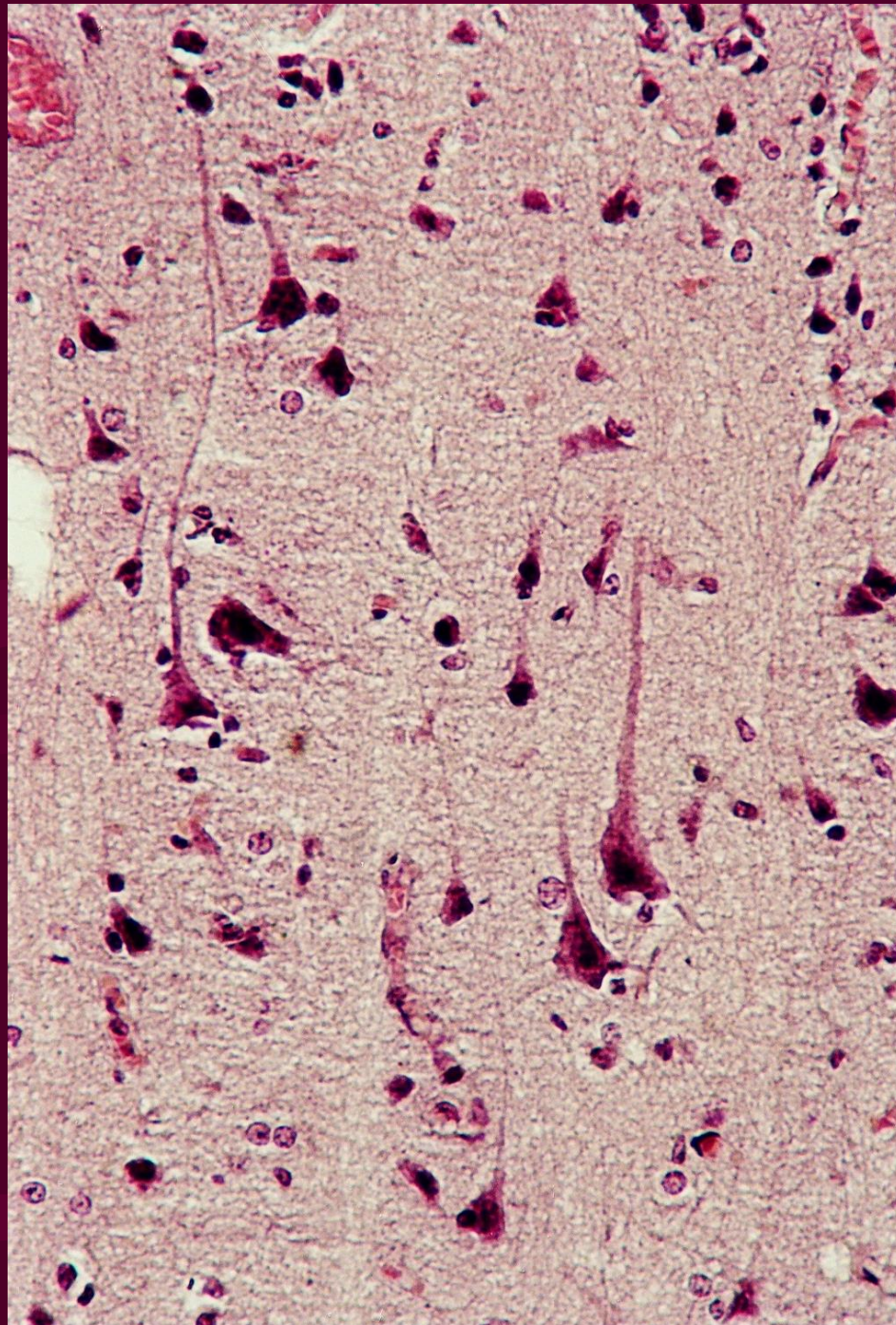
**16 Myelinated fibers of
the white matter**

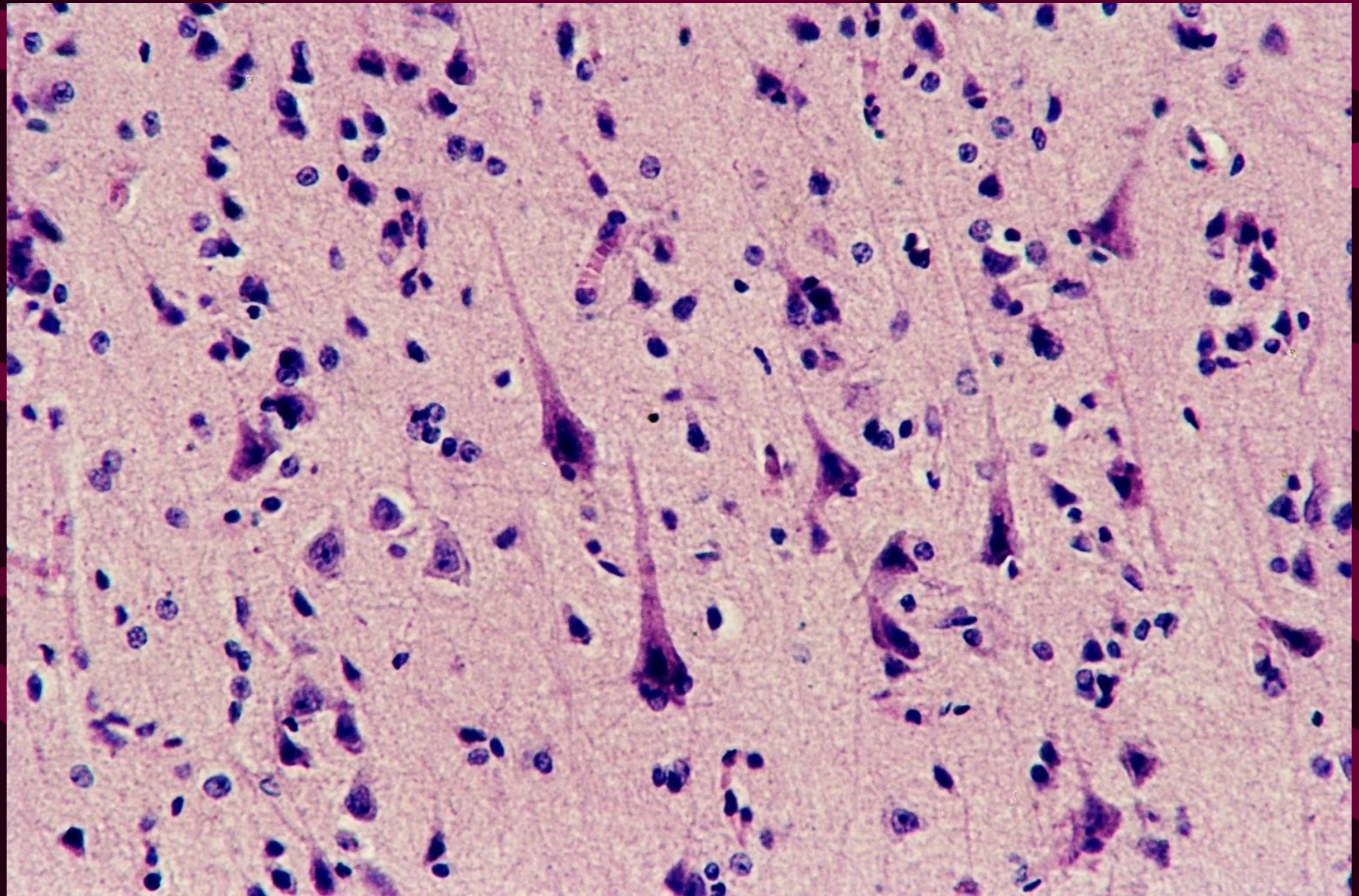


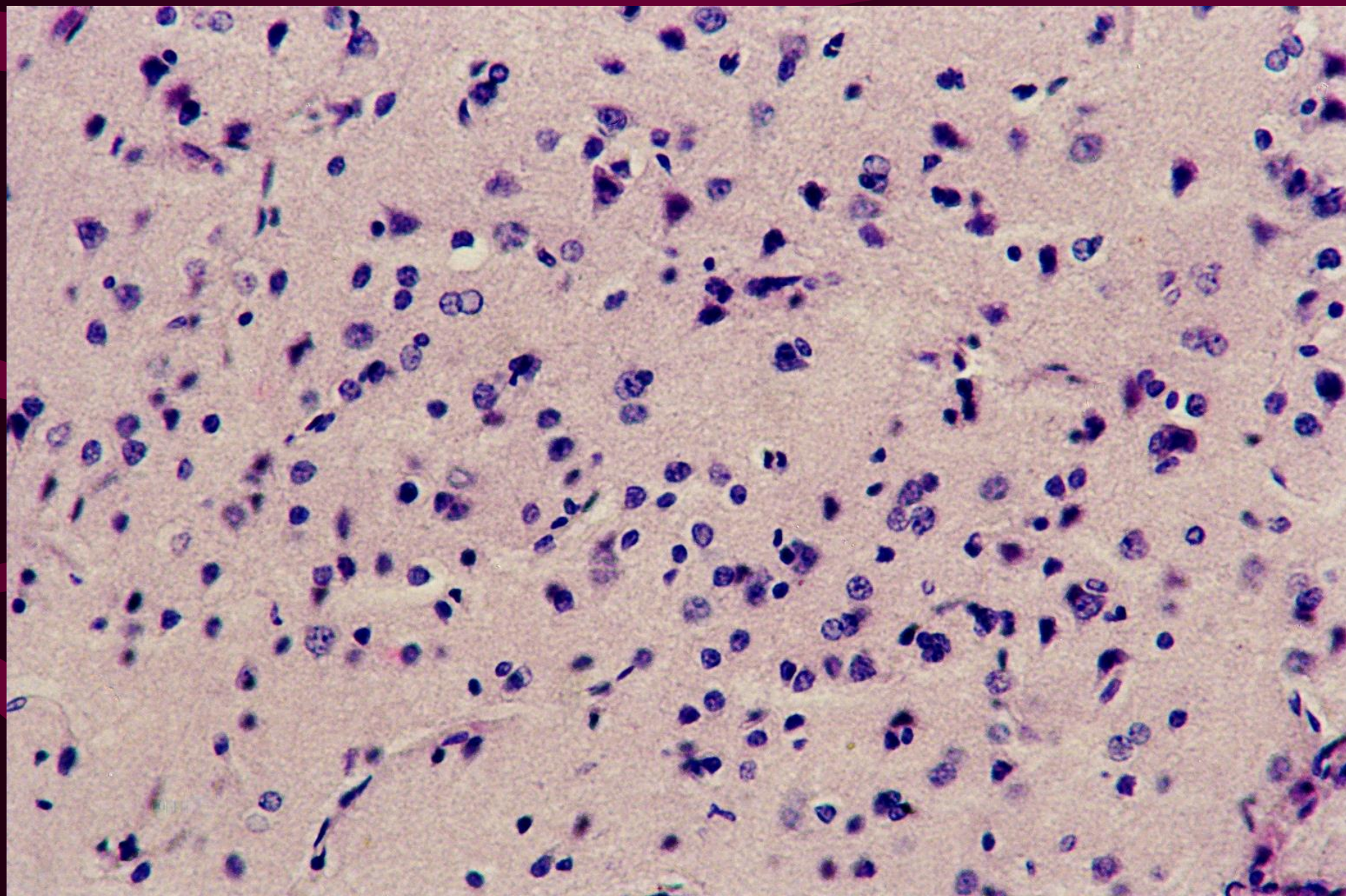












Mieleoarhitectura scoarței cerebrale este formată de aranjamentul prelungirilor neuronale.

Prelungirile neuronale (dendritele și axonii) de la nivelul scoarței cerebrale sunt reprezentate de fibrele nervoase amielinice, aferente, eferente sau de asociație. După felul în care se grupează și se orientează, aceste fibre se clasifică în:

- fibre tangențiale;
- fibre radiare.

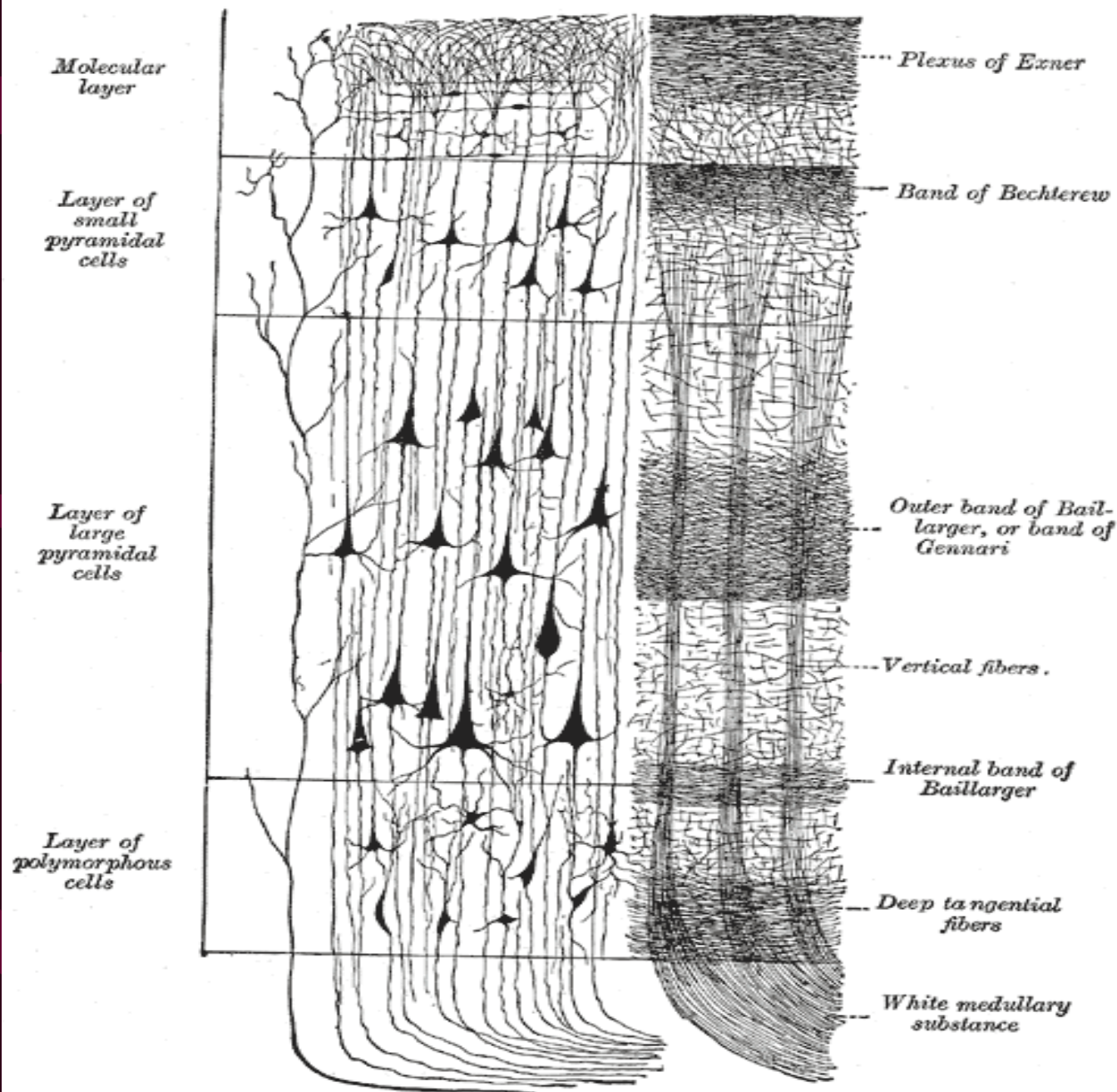
Fibrele tangențiale se dispun în grosimea scoarței cerebrale paralel cu suprafața acesteia, motiv pentru care se mai numesc și **fibre orizontale**. Sunt fibre de asociație, ce realizează conexiuni interneuronale, grupate în șase păture sau strii. Ele pot fi vizualizate la microscopul optic numai prin tehnici de impregnație argentică. Aceste strii sunt:

- **stria superficială** sau plexul tangențial al lui Exner situată în grosimea stratului molecular. Este formată din fibre ce asociază teritorii corticale vecine;
- **lamina difibrosa** situată în stratul granular extern (puțin dezvoltată);
- **stria Bechterew** formată din fibre tangențiale localizate în partea superficială a stratului piramidal extern;
- **stria externă a lui Baillarger** situată în grosimea stratului granular intern;
- **stria internă a lui Baillarger** situată în grosimea stratului piramidal intern;
- **lama infrastriată** localizată în grosimea stratului polimorf.

Fibrele radiare sunt formate în principal din dendrite și axoni ale neuronilor ce intră în constituirea căilor corticale, aferente și eferente.

Fibrele aferente ascendente, în cea mai mare parte a lor au origine talamică și reprezintă segmentul terminal al căilor senzitive specifice și nespecifice. Ele se termină în stratul granular intern al scoarței cerebrale. Alte fibre, nespecifice, provin din substanța reticulată și se termină în toate zonele cortexului cerebral, iar a treia categorie de fibre aferente sunt reprezentate de fibrele comisurale (fibrele ce intră în structura corpului calos) care pleacă din straturile IV și VI ale unei emisfere cerebrale și se termină în straturile II și III ale emisferei de partea opusă.

Fibrele eferente sunt axoni ai neuronilor din straturile III și V care, pornind din substanța cenușie intră în constituția fasciculelor descendente, piramidale și extrapiramidale și fac sinapsă cu neuroni motori din trunchiul cerebral sau măduva spinării.



B. Substanța albă

Reprezintă componenta cea mai voluminoasă a emisferelor cerebrale. Dispusă sub scoarța cerebrală, substanța albă este lipsită de neuroni, fiind formată numai din fibre nervoase învelite de teacă de mielină și celule nevroglice.

În structura ei se deosebesc următoarele categorii de fibre nervoase:

- fibre aferente care intră în componența căilor senzitivo-senzoriale specifice și nespecifice;
- fibre eferente sau motorii care pornesc din scoarța cerebrală;
- fibre de asociație care, la rândul lor pot fi:
 - fibre de asociație unilaterală scurte (leagă două circumvoluții vecine) și lungi (leagă zone mai îndepărtate din aceeași emisferă cerebrală);
 - fibre de asociație bilaterală care trec de la o emisferă la alta și intră în structura corpului calos, a trigonului cerebral și a comisurilor albe (anterioare și posterioare).

Celulele nevroglice ale emisferelor cerebrale sunt reprezentate de:

- nevrogliile parenchimotoase;
- nevroglia epitelială.

Nevrogliile parenchimotoase sunt prezente atât în substanța cenușie cât și în substanța albă a emisferelor cerebrale. În substanța cenușie, în mod normal, numărul lor este de 6 ori mai mare decât numărul neuronilor. Pe măsură ce individul înaintea în vârstă, raportul dintre celulele nevroglice și neuroni crește.

Nevrogliile parenchimotoase sunt reprezentate de:

- macroglii - prezente în număr mai mare în substanța cenușie;
- microglii - prezente atât în substanța cenușie cât și în substanța albă;
- oligodendroglia - prezente în număr mai mare în substanța albă unde formează tecile de mielină.

Nevroglia epitelială, denumită și **nevroglia ependimară**, tapetează toate cavitățile sistemului nervos central (ventriculii laterali, ventriculii III și IV, apeductul lui Sylvius, canalul ependimar), formând epiteliul ependimar. În ventriculii laterali, epiteliul ependimar se continuă cu epiteliul plexurilor coroide, nevroglia epitelială participând activ la sinteza, secreția și circulația lichidului cefalo-rahidian.

Plexurile coroide sunt structuri specializate ale sistemului nervos central, responsabile de producerea lichidului cefalo-rahidian (LCR). Sunt localizate în antrul ventriculilor laterali, în cornul temporal, la nivelul orificiului Monro, pe tavanul ventriculului III, pe tavanul și în recesurile laterale ale ventriculului IV; lipsesc din coarnele frontal și occipital al ventriculilor laterali și în apeductul lui Sylvius. Asemenea formațiuni sunt prezente și în spațiul subarahnoidian, în unghiul cerebello-pontin de unde comunică prin orificiul lui Luschka cu recesurile laterale ale ventriculului IV.

Din punct de vedere structural plexurile coroide sunt proeminente conjunctivo-vasculare, formate dintr-o stromă și un epiteliu de acoperire. Stroma conține celule derivate din leptomeninge (celule piale), substanță fundamentală puțină și fibre de collagen.

În stromă se găsește un dispozitiv capilar bine dezvoltat. Capilarele sanguine sunt formate dintr-un endoteliu continuu, așezat pe o membrană bazală continuă. Celulele endoteliale sunt jonctionate strâns între ele și prezintă numeroși pori (fenestrații). Deși este un endoteliu fenestrat, pasajul celor mai multe substanțe din capilarul sanguin în lichidul cefalo-rahidian se face în mod activ și nu pasiv.

Celulele epiteliale care acoperă dispozitivul conjunctivo-vascular reprezintă o diferențiere locală a epiteliului ependimar, cu care de altfel se și continuă. Epiteliul plexurilor coroide este un epiteliu simplu cubic. Celulele sale se sprijină cu polul bazal pe membrana bazală. La polul apical celulele prezintă numeroși microvili și uneori cili.

Lichidul cefalo-rahidian format de plexurile coroide conține atât elemente biochimice rezultate din filtrarea plasmei sanguine cât și elemente biochimice rezultate din secreția epiteliului care învelește aceste structuri.

Cerebelul

Cerebelul este situat în etajul postero-inferior al cutiei craniene, înapoia trunchiului cerebral, sub lobul occipital al emisferelor cerebrale.

Suprafața sa este brăzdată de șanțuri adânci, aproximativ paralele care delimitează **lamele cerebeloase** și de șanțuri superficiale care delimitează **lamelele cerebeloase**.

Este constituit din:

- două emisfere cerebeloase (neocerebelul);
- vermisul (paleocerebelul) o porțiune alungită mediană care unește emisferele cerebeloase.

Similar altor organe nervoase ale encefalului, cerebelul este format din substanță cenușie și substanță albă.

Substanța cenușie este dispusă la suprafața cerebelului și formează **scoarța cerebeloasă**. Ea are o grosime de circa 1 mm și acoperă atât vermisul cât și emisferele cerebeloase. În interiorul maselor cerebeloase se găsesc insule de substanță cenușie care formează **nucleii cerebeloși** (dințat, emboliform, globulos și nucleul acoperișului).

Substanța albă este localizată la interiorul cerebelului fiind formată din fibre nervoase aferente și eferente, mielinizate.

A. Scoarța cerebeloasă

Este formată din parenchim și stromă. Parenchimul este alcătuit din totalitatea celulelor nervoase și a prelungirilor lor, în timp ce stroma este constituită din celulele nevroglice, vase sanguine și fine septuri de țesut conjunctiv.

Neuronii prezenți în scoarța cerebeloasă sunt reprezentați de :

- celulele Purkinje;
- celulele granulare;
- celulele stelate;
- celulele Golgi I și Golgi II.

Celulele Purkinje sunt celule caracteristice scoarței cerebeloase. Sunt neuroni piriformi, multipolari, de dimensiuni mari, având diametrul de 50-70 micrometri. Neuroplasma este bogată în organite citoplasmatiche, iar nucleul este mare, hipocrom și nucleolat. De la polul extern pornește un buchet de dendrite ce se ramifică puternic "în coarne de cerb" emițând colaterale de ordinul I, II și III în stratul molecular. Dendritele se orientează într-un singur plan spre suprafața lamelei cerebeloase. De la polul intern, opus dendritelor, pornește un axon subțire care străbate stratul granular și trece în substanța albă.

Celulele granulare sunt printre cele mai mici celule din organism. Sunt neuroni multipolari, de formă rotundă sau ovalară, cu diametrul de 4-6 micrometri, neuroplasmă redusă, nucleul mare și hiperchrom. Dendritele lor scurte se termină printr-o arborizație "în gheară". Axonul lor este lung, cu traiect ascendent spre suprafața cortexului cerebelos, străbate stratul molecular și se termină la suprafața acestuia bifurcându-se în "T". Cele două ramuri terminale merg paralel cu suprafața scoarței cerebeloase și fac sinapsă cu arborizațiile dendritice ale celulelor Purkinje.

Celulele stelate sunt celule multipolare, cu diametrul de 15-20 microni prezente mai ales în partea superficială a scoarței cerebeloase. Ele au funcție asociativă. Prezintă dendrite puține, scurte, paralele cu suprafața scoarței cerebeloase. Axonul este lung și emite colaterale care se termină în jurul corpului celulelor Purkinje formând câte un coșuleț perineuronal, motiv pentru care aceste celule se mai numesc și "celule cu panier terminal". O astfel de celulă realizează sinapse cu cel puțin 10 celule Purkinje. Aceste sinapse sunt de tip axo-somatice și axo-axonice.

Celulele de tip Golgi I sunt celule cu axon lung, care iese din scoarța cerebeloasă, în timp ce celulele de tip Golgi II prezintă un axon mic care nu depășește substanța cenușie a scoarței cerebeloase. Sunt celule cu funcție de asociație.

Scoarța cerebeloasă prezintă o **citoarhitectonie** mult mai evidentă decât scoarța cerebrală. Astfel, pornind de la suprafața sa spre profunzime, se deosebesc 3 straturi diferite, bine delimitate:

- **stratul molecular** sau stratul superficial;
- **stratul celulelor Purkinje** sau stratul ganglionar;
- **stratul granular** sau stratul profund.

Stratul molecular este bine dezvoltat. Este constituit din puține celule stelate și celule tip Golgi II cu funcție asociativă, dar conține numeroase dendrite provenind de la celulele Purkinje din stratul subiacent și axoni din stratul granular. Aceste fibre sunt orientate atât perpendicular pe suprafața scoarței cerebeloase cât și paralel cu aceasta. Acest strat conține numeroase sinapse și are funcție de asociație.

Stratul celulelor Purkinje sau **stratul ganglionar** este format dintr-un singur rând de celule Purkinje. Dendritele acestor celule urcă și se arborizează puternic în stratul molecular unde fac sinapsă cu axonii în "T" ai celulelor granulare, iar axonul coboară prin stratul granular în substanța albă și face sinapsă cu neuronii nucleului dințat. La nivelul stratului granular emite colaterale spre axonii celulelor Purkinje vecine realizând sinapse axo-axonale. Corpul celulelor Purkinje face sinapsă cu celulele cu "panier terminal" prezente în stratul granular și cu fibrele "agățătoare" aferente, venite de la nucleii pontici.

Stratul granular este constituit dintr-un număr foarte mare de celule granulare (circa 2 milioane/mm²). Dendritele acestor celule formează o sinapsă specială denumită "glomerul cerebelos". Glomerulul cerebelos reprezintă o aglomerare de sinapse realizate între dendritele celulelor granulare și axonii celulelor "mușchioase" sau axonii celulelor Golgi, învelite de o capsulă glială.

Axonul urcă până în stratul molecular unde se bifurcă în "T" și face sinapsă cu dendritele celulelor Purkinje.

B. Substanța albă

Conține fibre nervoase mielinizate aferente și eferente. Aceste fibre au origine fie endogenă, fie exogenă.

Fibrele exogene sunt fibre aferente care au pericarioni la nivelul măduvei spinării, bulbului rahidian, punții lui Varolio, sau chiar scoarței cerebrale. Ele formează tracturile spino-cerebeloase, bulbo-cerebeloase, reticulo-cerebeloase, cortico-ponto-cerebeloase.

Unele dintre aceste fibre aferente, denumite fibre agățătoare (ghimpante) și respectiv fibre mușchioase, realizează la nivelul cortexului cerebelos sinapse speciale.

Fibrele agățătoare iau naștere la nivelul olivei bulbare, străbat substanța albă cerebeloasă ca fibre mielinice și pătrund în cortexul cerebelos unde pierd teaca de mielină. După ce străbat stratul granular dau numeroase ramificații care se termină "agățându-se ca niște liane" în jurul dendritelor sau corpului celulelor Purkinje. Ele au acțiune excitatoare directă asupra celulelor Purkinje și celulelor Golgi.

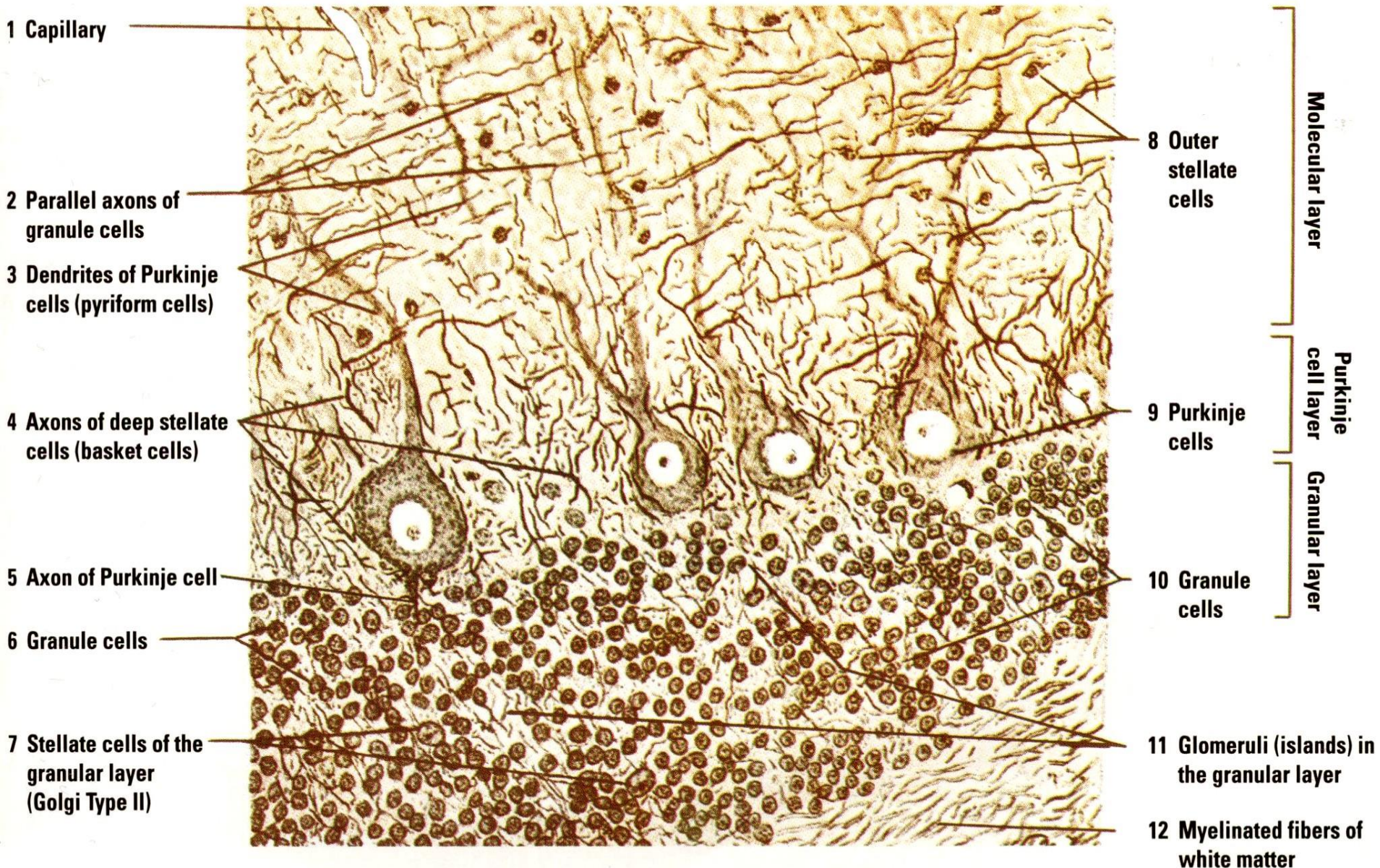
Fibrele mușchioase sunt groase, ondulate, mult mai ușor de evidențiat. Ele provin din numeroase fascicule (spino-, ponto-, vestibulo- și reticulo-cerebeloase). Ajunse la nivelul cortexului cerebelos pierd teaca de mielină și dau numeroase ramificații ce se termină în stratul granular la nivelul glomerulilor cerebeloși, unde fac sinapsă cu dendritele celulelor granulare. Pe traiectul lor prezintă ramificații scurte și subțiri cu aspect de "tufe de mușchi". Au efect excitator asupra celulelor granulare.

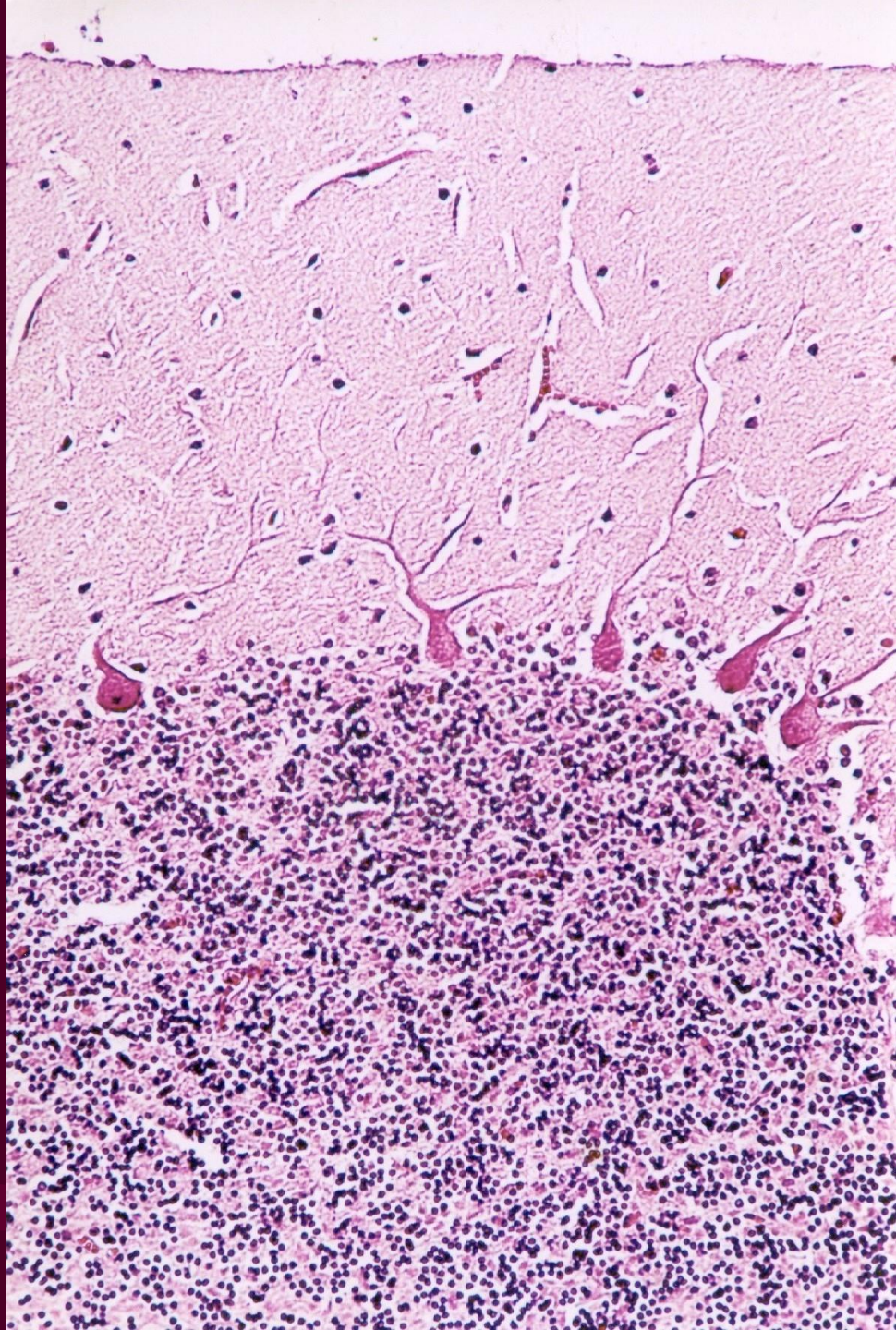
Fibrele endogene au originea în scoarța cerebeloasă sau în nucleii cerebeloși. Axonii celulelor Purkinje, străbat stratul granular, capătă teacă de mielină și se îndreaptă spre nucleii cerebeloși unde fac sinapsă cu neuronii acestor structuri nervoase. Axonii acestor neuroni formează tracturi care merg spre nucleii vestibulari din bulb, spre substanța reticulată a trunchiului cerebral, spre nucleul roșu sau spre talamus.

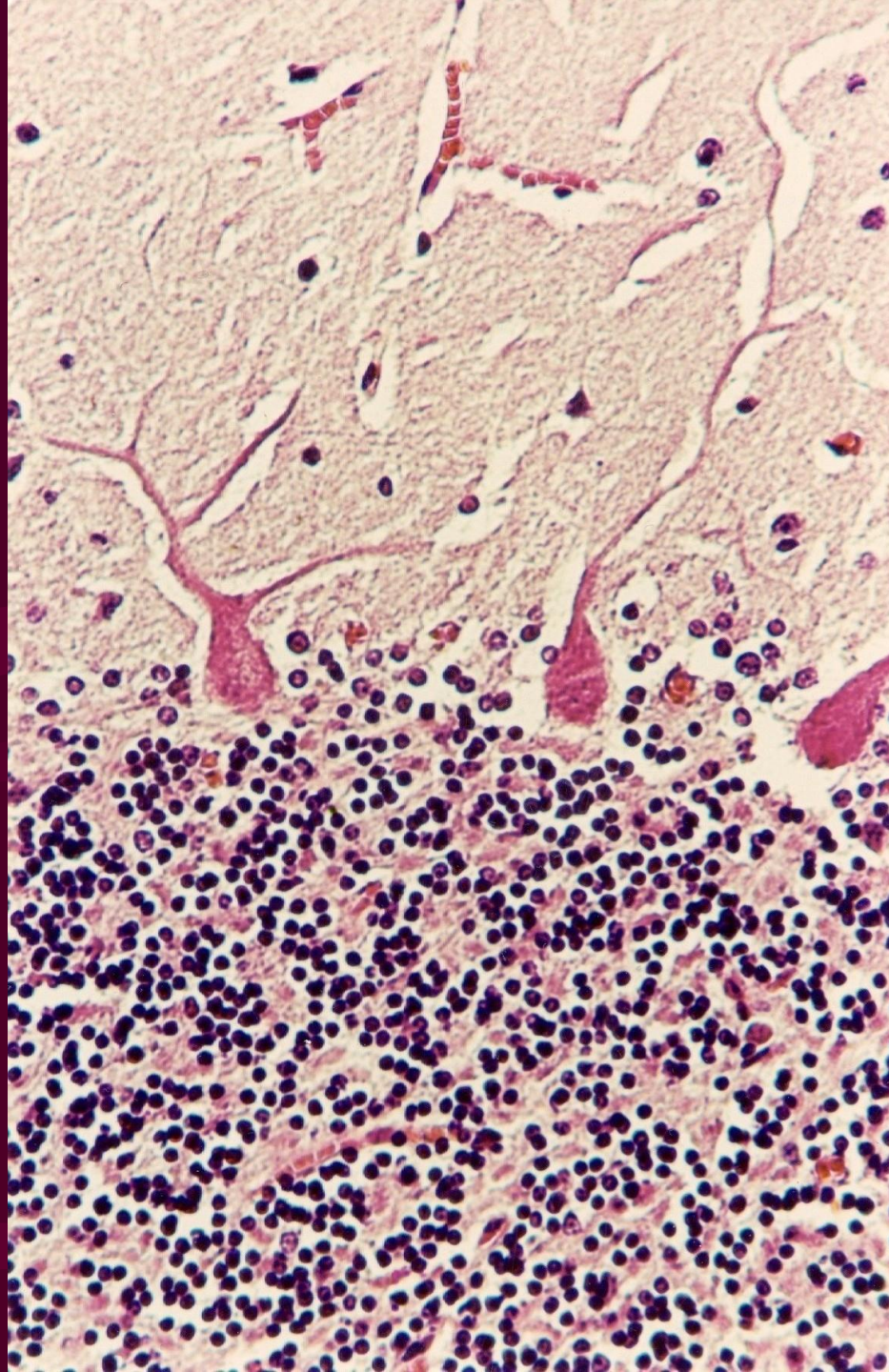
Celulele nevroglice ale cerebelului sunt reprezentate de:

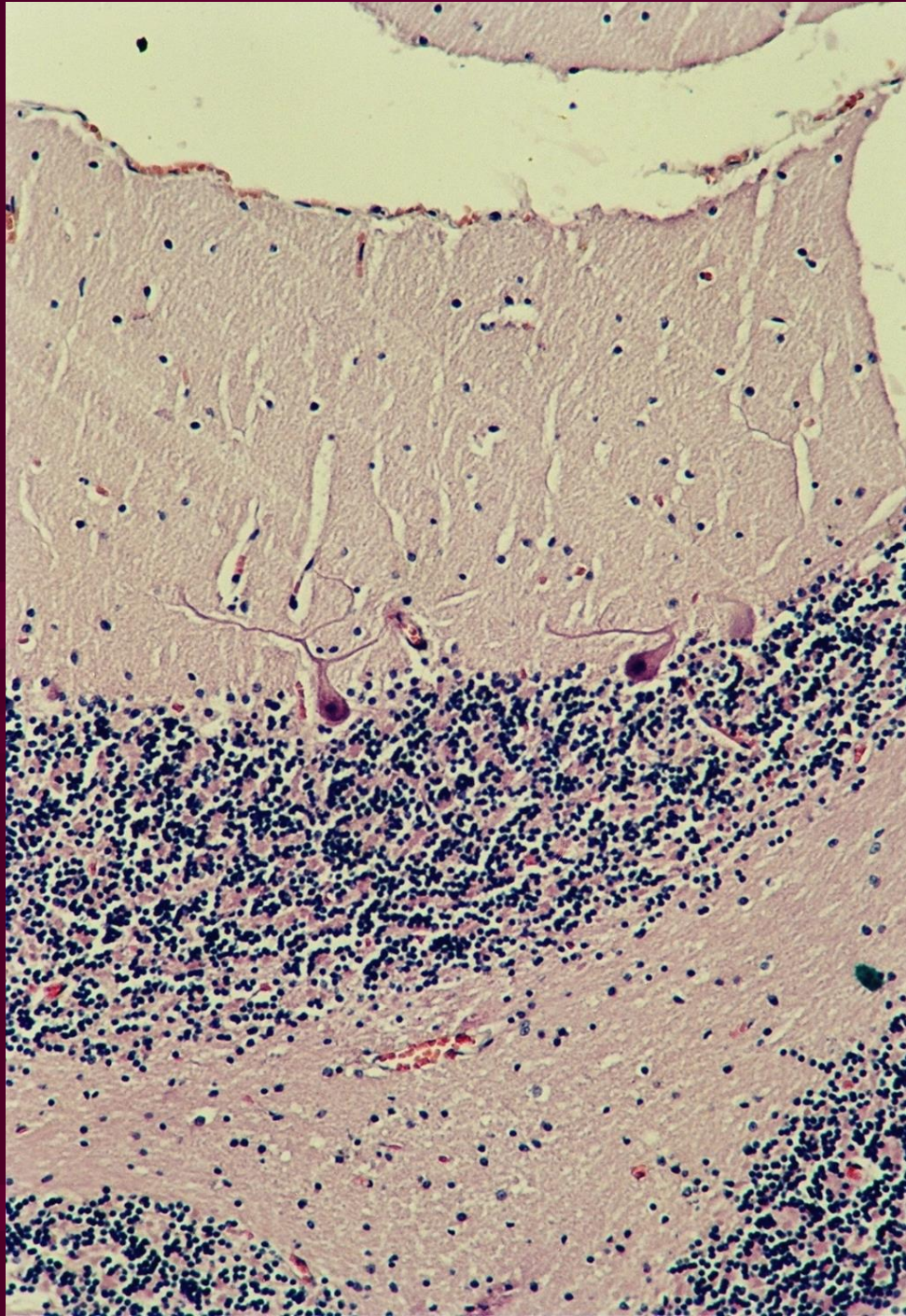
- macroglia fibroase și protoplasmatică mai numeroase în cortexul cerebelos;
- microglia prezente atât în substanța cenușie cât și în substanța albă;
- oligodendroglia prezente în număr mai mare în substanța albă;
- nevroglia Fananas prezentă în stratul ganglionar;
- nevroglia Bergman.

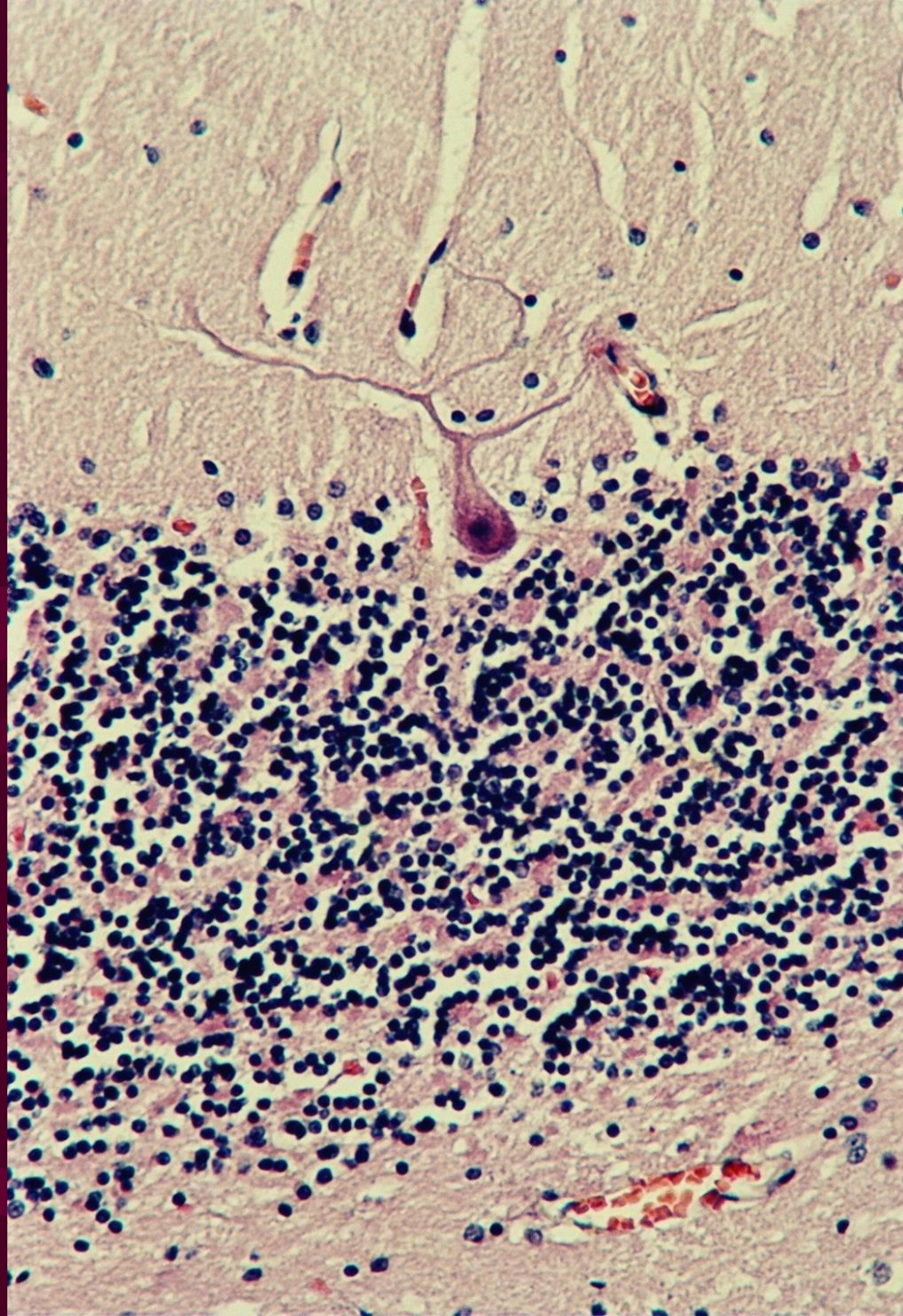


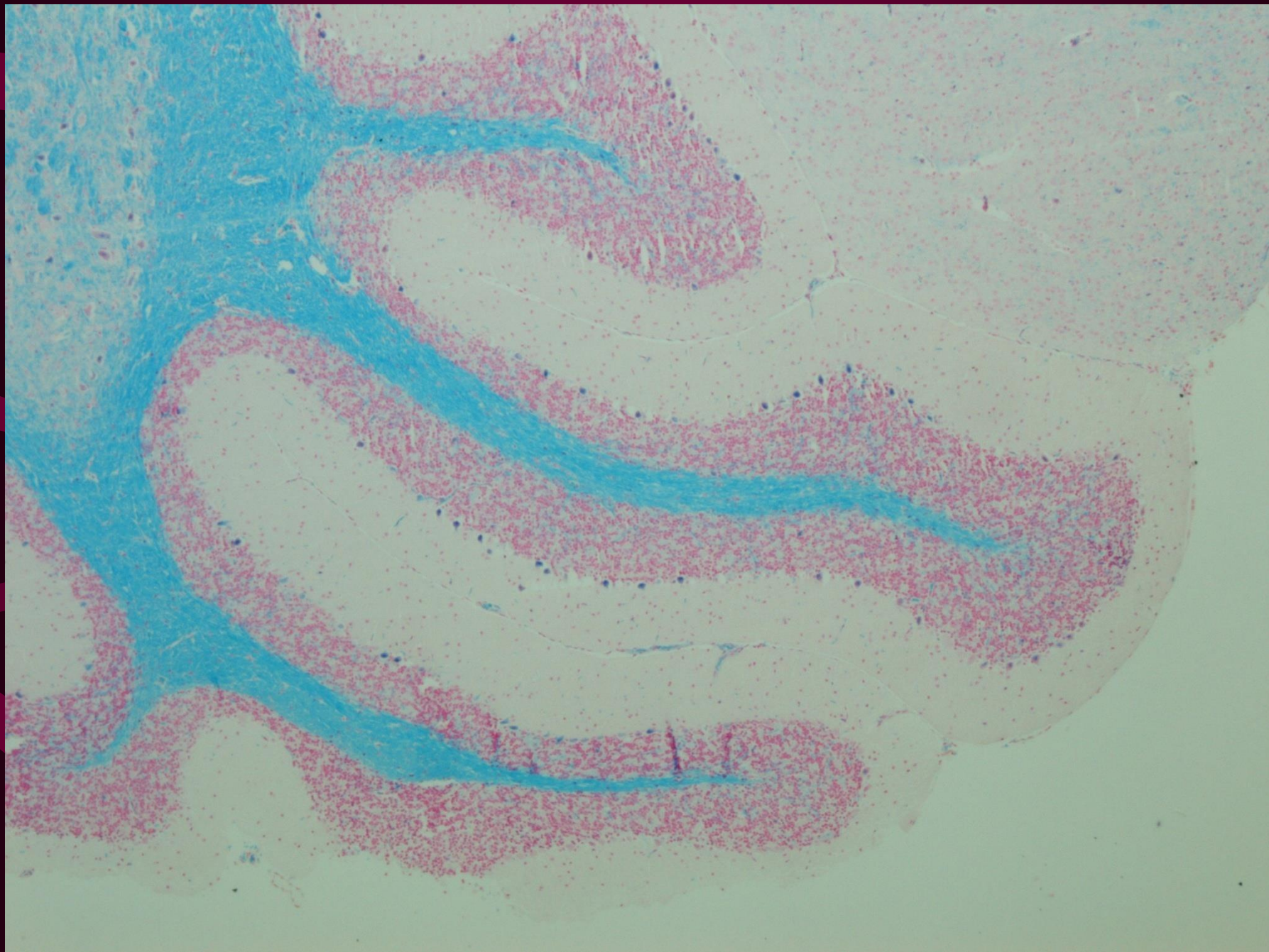


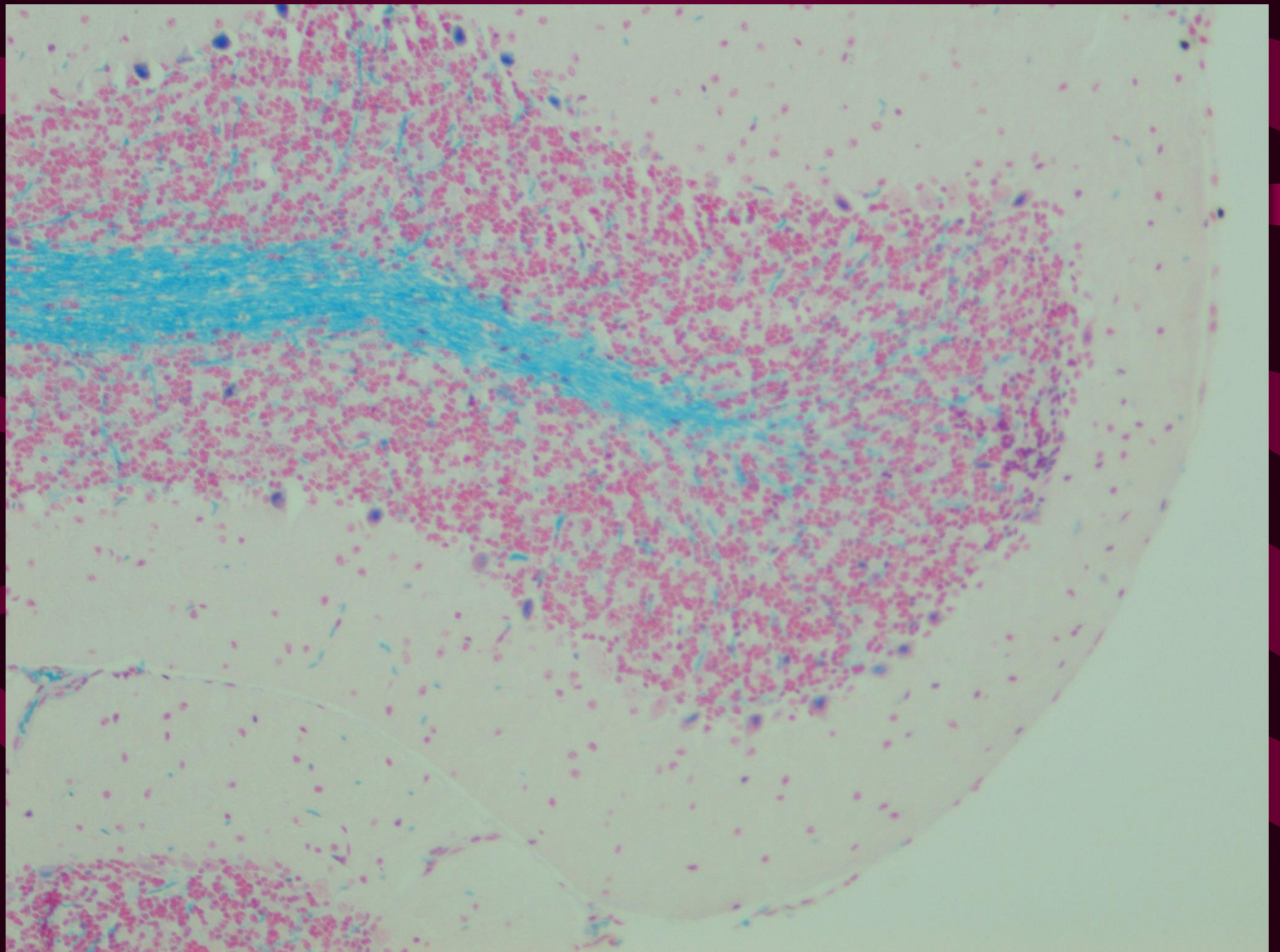


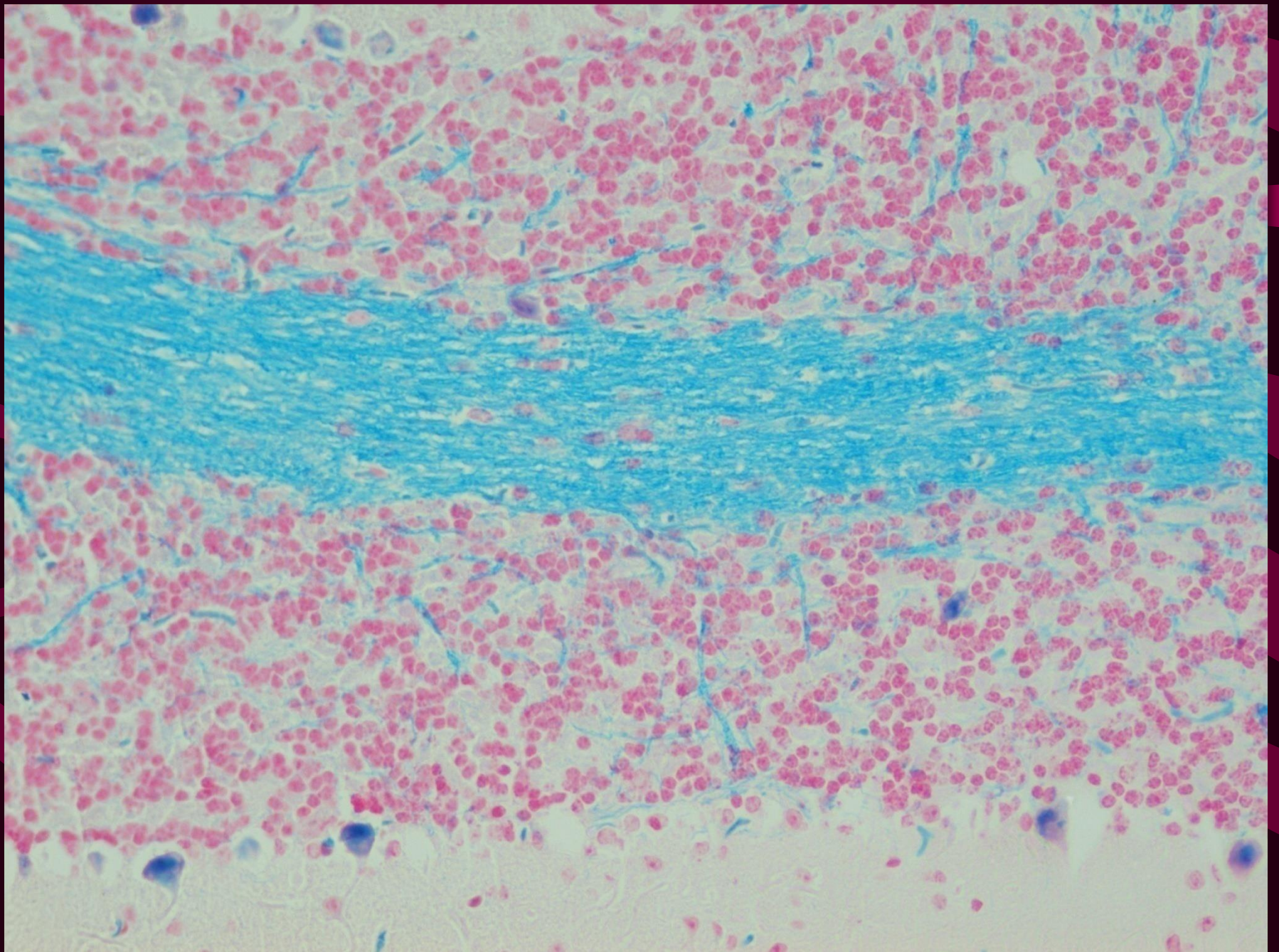


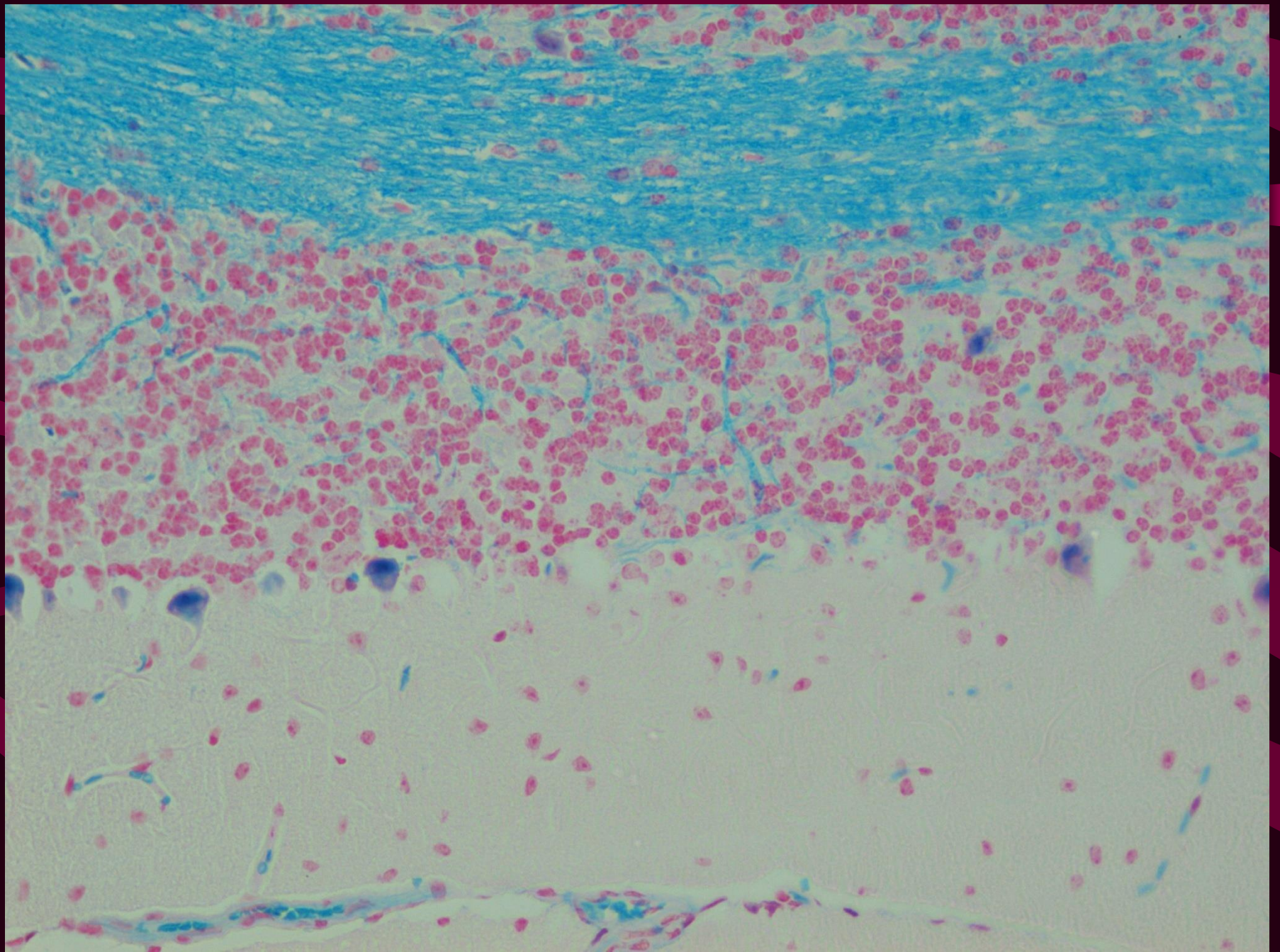


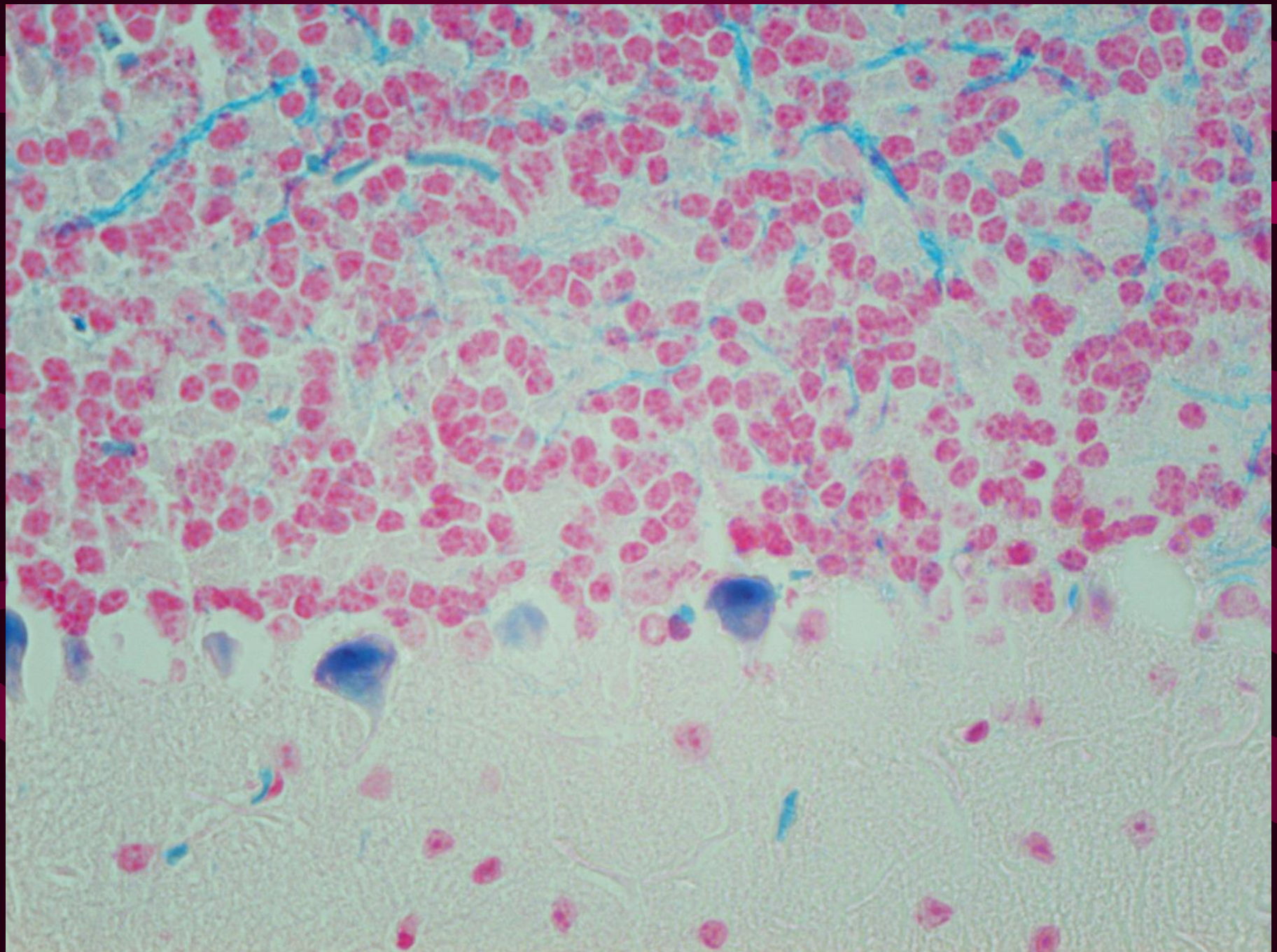


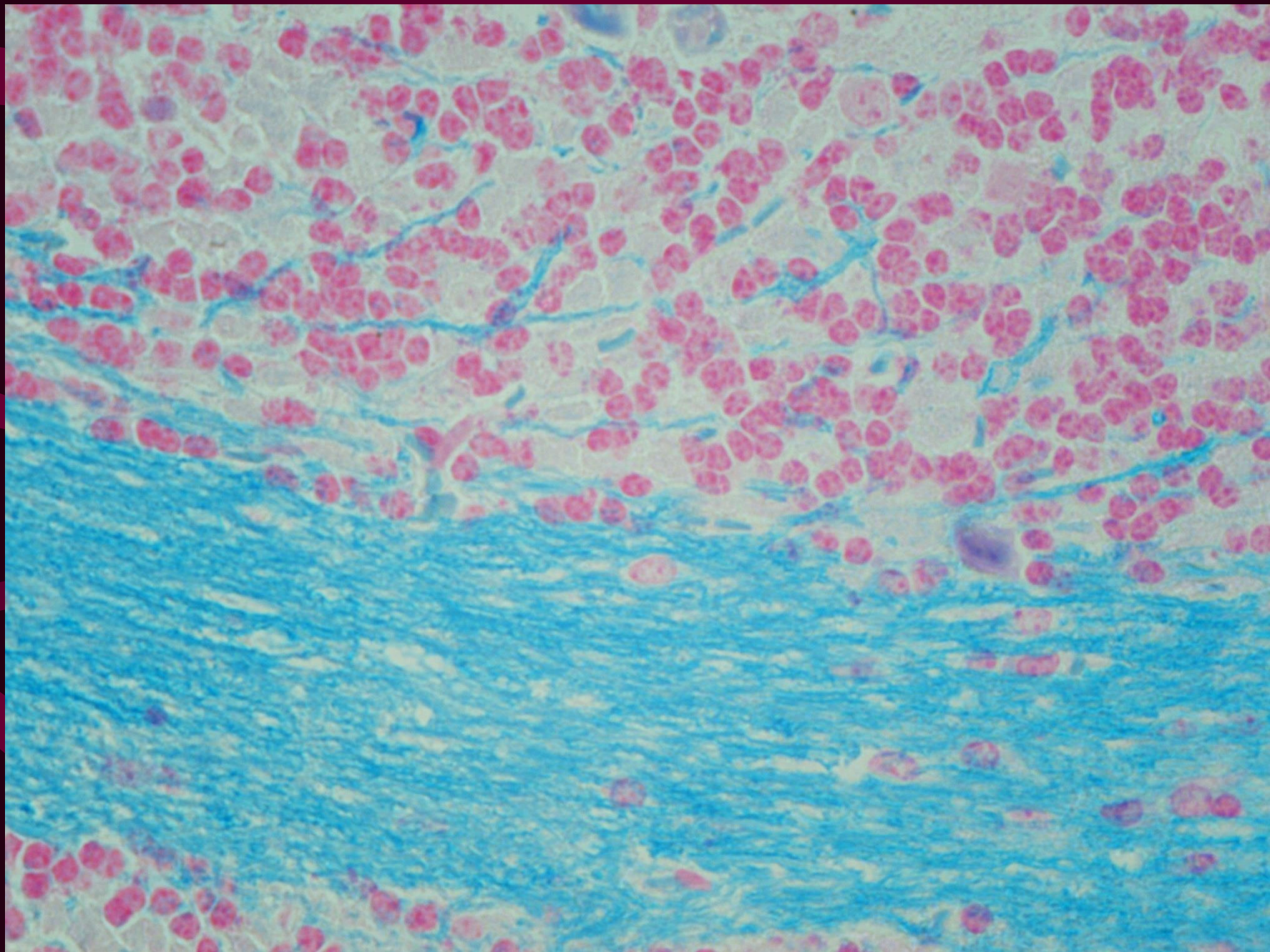












MENINGELE

Organele sistemului nervos central (nevrxului) sunt învelite de trei membrane conjunctive concentrice care formează meningele. Ele au funcție de protecție, de susținere mecanică, trofică și de apărare. De la exterior spre interior acestea sunt:

- dura mater;
- arahnoida;
- pia mater.

Pia mater și arahnoida constituie împreună meningele moale sau leptomeningele.

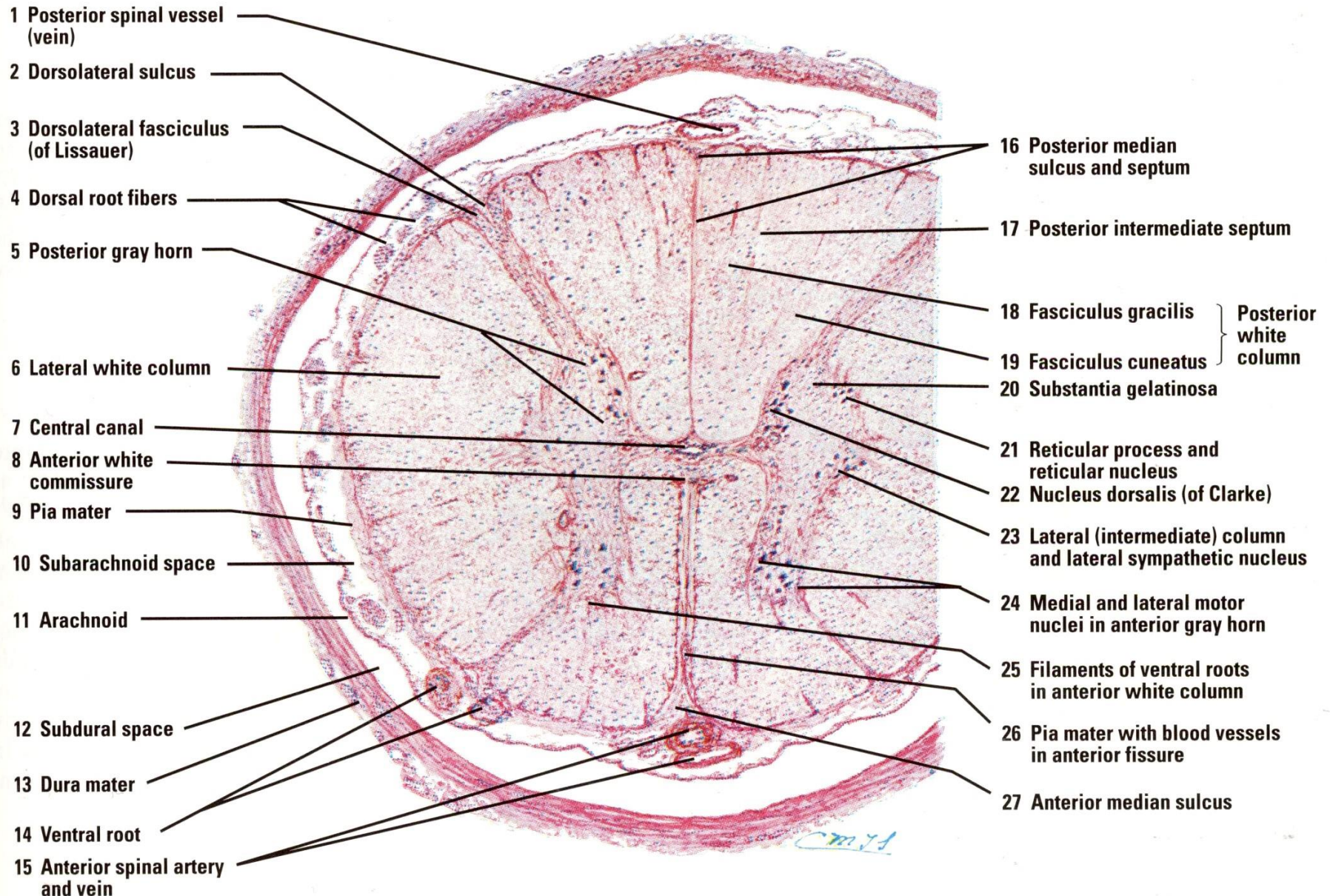
Dura mater, membrana externă, formează pahimeningele. Este o membrană groasă, dură, inextensibilă, formată din țesut conjunctiv dens lamelar, bogat în fibre de collagen, printre care se găsesc fibrocite, terminații nervoase libere și vase de sânge. Fața sa externă aderă în porțiunea cefalică de oasele cutiei craniene, iar în porțiunea rahidiană este separată de structurile canalului vertebral prin **spațiul epidural**, ocupat de un țesut conjunctiv lax bogat în adipocite. Fața sa internă este tapetată de un epiteliu simplu turtit, endoteliform, dependentă a arahnoidei. Între dura mater și arahnoidă se găsește **spațiul subdural**.

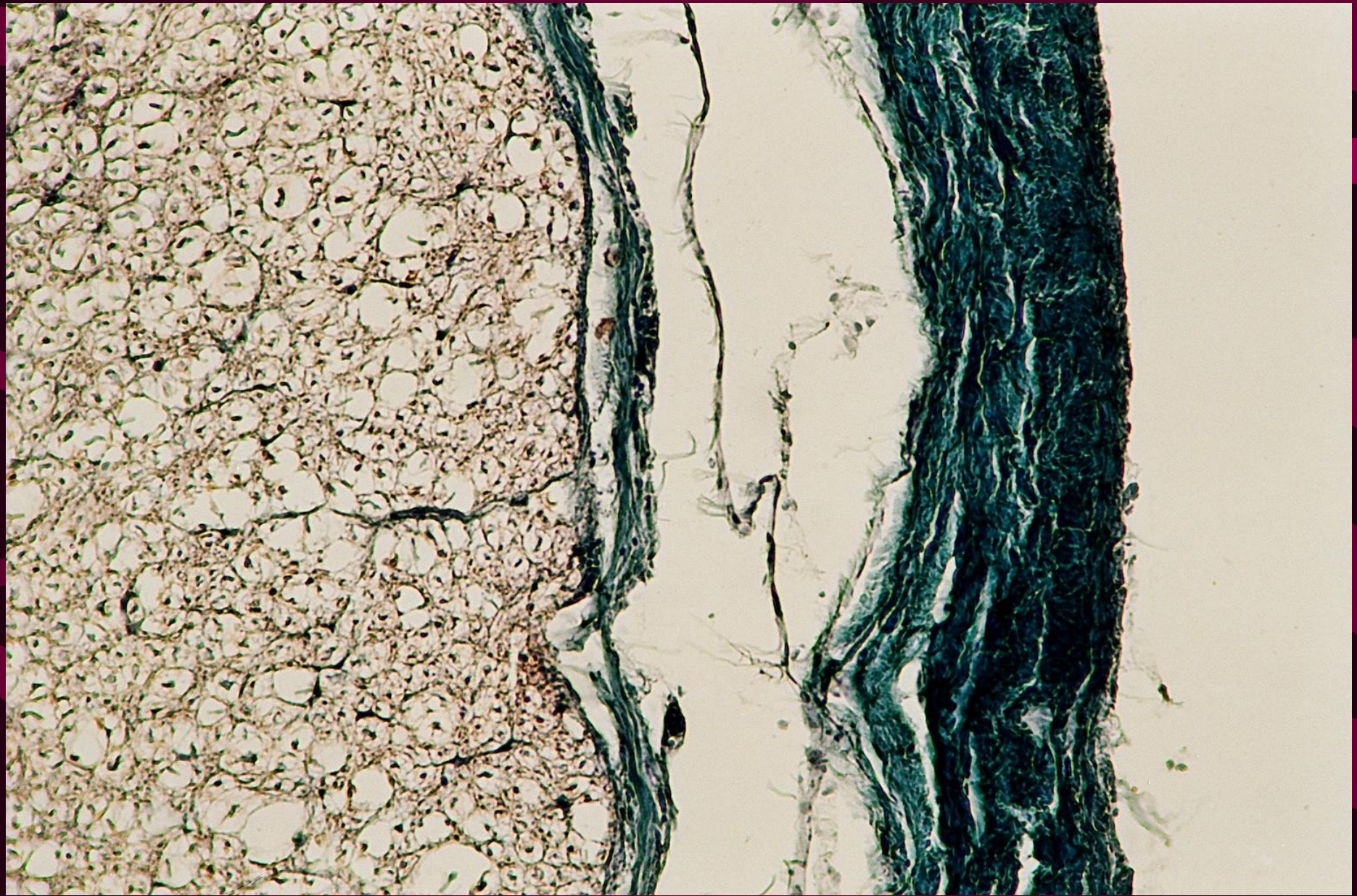
La nivelul encefalului, dura mater pătrunde între emisferele cerebrale formând **coasa creierului**, iar între emisferele cerebrale și cerebel formează **cortul cerebelului**.

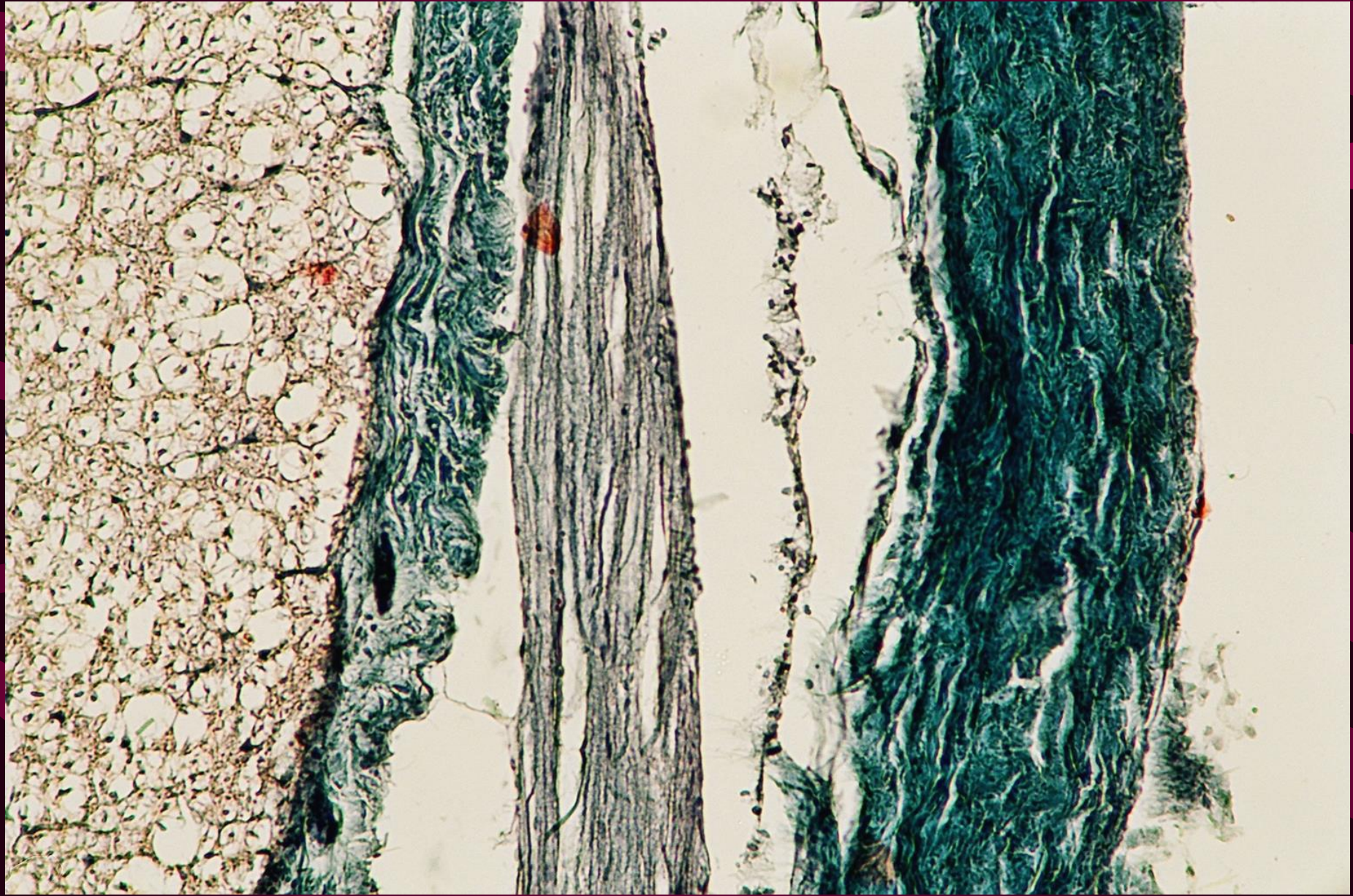
Arahnoida este o foiță conjunctivă foarte subțire, ca o pânză de paianjen, avasculară, tapetată pe ambele fețe de un epiteliu simplu turtit. Arahnoida trimite fine septuri conjunctive spre piamater care septează **spațiul subarahnoidian** prin care circulă lichidul cefalorahidian (LCR). În anumite zone arahnoida trimite spre dura mater prelungiri vilozitare, numite vilozități arahnoidiene sau granulațiile lui Pacchioni. Vilozitățile arahnoidiene sunt constituite din mase de celule leptomeningee și fine fibre de collagen acoperite de un epiteliu continuu. Cu vârsta, vilozitățile arahnoidiene se hipertrofiază și pot genera noduli calcaroși sau osoși.

Arahnoida trece ca o punte peste șanțurile substanței nervoase atât la nivel medular cât și cerebral.

Pia mater, membrana internă a meningelui, este o structură conjunctivo-vasculară fină care aderă la suprafața organelor nervoase, urmărind toate inflexiunile acestora. Este formată din fibre colagene și elastice foarte subțiri, rare celule conjunctive și vase de sânge. Pe fața internă ea este dublată de o membrană glială formată de prelungirile celulelor nevroglice existente în substanța nervoasă.







Bariera hematoencefalică. Termenul de barieră hematoencefalică sau barieră meningo-cerebrală, intrat în literatura de specialitate încă din secolul trecut, își are originea în observațiile experimentale facute de P. Ehrlich și E. Goldman care au demonstrat că unele substanțe colorante injectate în sânge colorează unele țesuturi dar nu trec în organele sistemului nervos central. Ulterior s-a constatat că la nivelul sistemului nervos există o structură funcțională care nu permite anumitor substanțe chimice, anumitor toxine microbiene sau anumitor antibiotice, să treacă din vasele sanguine în țesutul nervos.

Bariera hematoencefalică are rolul de a menține constantă compoziția mediului intern intranevral, deoarece sistemul nervos central trebuie ferit de fluctuațiile fiziologice sau patologice care apar în alte organe și chiar în sânge. Menținerea homeostaziei la nivelul SNC este o condiție indispensabilă pentru păstrarea excitabilității și conductibilității neuronale.

Principala structură histologică care îndeplinește funcția de barieră este **endoteliul capilarelor cerebrale**. Endoteliul capilarelor cerebrale este format din celule pavimentoase jonctionate între ele prin zonule ocludens. Ele se sprijină pe o membrană bazală continuă. Peretele capilarelor este dublat spre țesutul nervos de numeroase podocite astrocitare care formează o teacă pericapilară.

Bariera hemato-encefalică prezintă o permeabilitate selectivă. Moleculele liposolubile (alcoolul, nicotina, cloramfenicolul) străbat cu ușurință bariera hematoencefalică; moleculele hidrosolubile străbat greu sau deloc această barieră. Unele molecule hidrosolubile pot străbate peretele endotelial datorită prezenței în membrana celulei endoteliale a unor transportori specifici. Asemenea transportori facilitează pătrunderea glucozei și a unor aminoacizi din sânge în țesutul nervos, molecule absolut necesare pentru hrănirea celulei nervoase.

1 Perivascular fibrous astrocyte

2 Processes of the perivascular fibrous astrocyte

3 Oligodendrocyte

4 Vascular pedicle (foot plate) of a fibrous astrocyte

5 Fibrous astrocyte: cell body and nucleus

6 Processes of a fibrous astrocyte

7 Reticular fibers surrounding a capillary



1 Microglia

**2 Endothelial cell
of a capillary**

3 Neuron cell body

4 Microglia: cell body

**5 Microglial processes with
the characteristic "spines"**

6 Capillary

**7 Erythrocytes in a
capillary**



SISTEMUL NERVOS PERIFERIC

Este format din **nervi** și din grupări neuronale provenite din crestele neurale, numite **ganglioni nervoși**. Acești ganglioni, după topografie pot fi: spinali, cranieni, paravertebrali, prevertebrali, periviscerali sau intramurali.

Nervii periferici sunt formați din fibre nervoase grupate în fascicule. După prezența sau absența tecii de mielină, fibrele nervoase periferice se clasifică în:

- fibre nervoase cu teacă de mielină;
- fibre nervoase amielinice.

Fibrele nervoase cu mielină sunt formate de axonii neuronilor motori din coarnele anterioare ale măduvei și ai neuronilor motori ai nervilor cranieni, axonii neuronilor vegetativi preganglionari (simpatici și parasimpatici) și prelungirea senzitivă (dendrita) neuronilor pseudounipolari din ganglionii spinali. Aceste prelungiri nu se deosebesc între ele decât prin diametrul lor. În jurul acestor prelungiri neuronale se evidențiază la microscopul optic prezența tecii de mielină, cu grosimi variabile, proporționale cu diametrul prelungirii neuronale. În secțiune longitudinală teaca de mielină formează un tub discontinuu în jurul prelungirii axonale până la 1-2 microni de extremitatea distală a axonului. Acest tub este întrerup din loc în loc de strangulațiile Ranvier, locul unde axonul poate emite colaterale. Datorită compoziției bogate în fosfolipide, teaca de mielină se colorează slab în colorațiile uzuale.

Celulele Schwann, situate la periferia tecii de mielină, sintetizează teaca de mielină, hrănesc prelungirea neuronală și fagocitează resturile neuronale în caz de degenerescență. De asemenea, au capacitatea de a sintetiza collagen.

Teaca lui Henle este reprezentată de o lamă fină de țesut conjunctiv dispusă la exteriorul celulelor Schwann. Ea învelește fără întrerupere prelungirea neuronală.

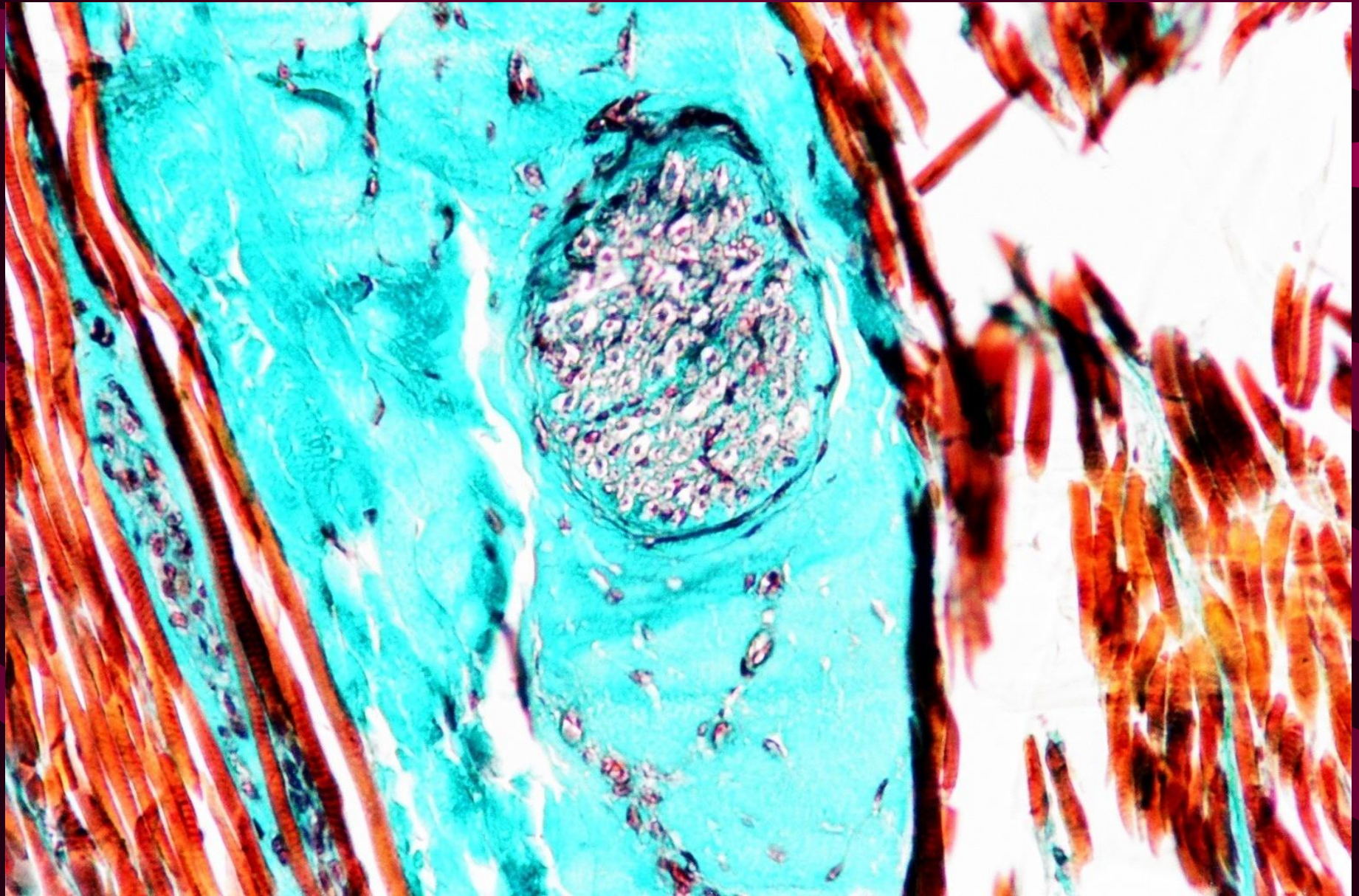
Fibrele nervoase sunt solidarizate între ele printr-o cantitate mai mare sau mai mică de țesut conjunctiv care formează endonervul, perinervul și epinervul.

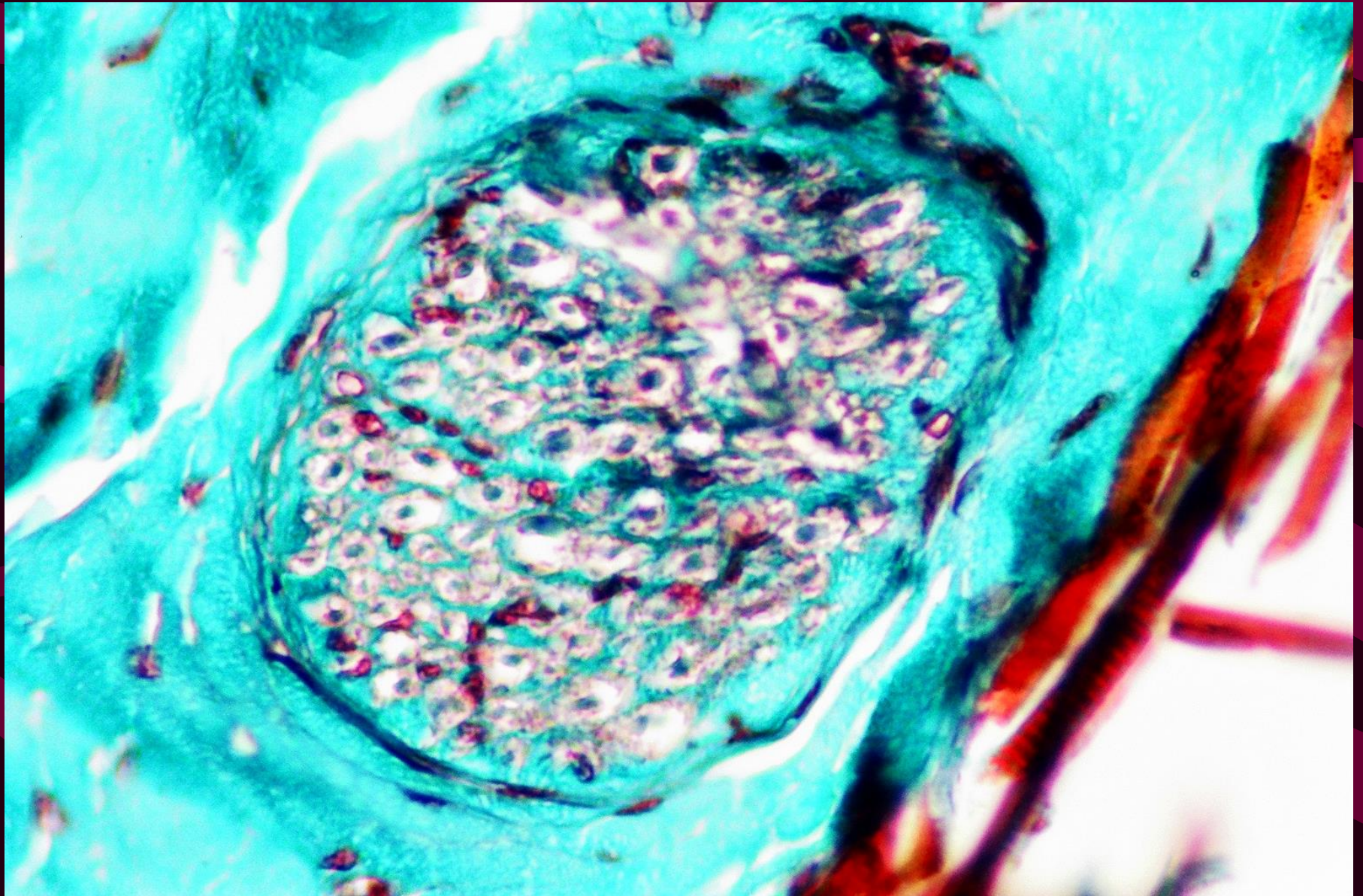
Epinervul este structura conjunctivă care delimitează, ca o capsulă, nervul la periferie. El este format din fibre de collagen grosiere, organizate în fascicule orientate longitudinal și oblic în raport cu axul lung al nervului. Printre fibrele de collagen s-au identificat fibre elastice, numeroase fibroblaste, rare mastocite, vase sanguine și limfatice.

Perinervul este format din septuri conjunctive care se desprind din epinerv și pătrund în interiorul nervului, delimitând fascicule de fibre nervoase. El are dimensiuni mai reduse decât epinervul dar este format din aceleași elemente structurale.

Endonervul este format din fibre de collagen de grosimi diferite dispuse printre fibrele nervoase și în jurul fiecărei fibre nervoase, cu orientare paralelă cu a fibrei. În acest țesut conjunctiv se pot găsi fibroblaste, rare mastocite și macrofage, precum și capilare sanguine.

Fibrele nervoase amielinice, denumite și "fibrele Remack" sunt formate din axoni ai unor neuroni somatici cu diametrul de circa 0,5-3 microni. Cele mai numeroase fibre nervoase amielinice sunt reprezentate de fibrele vegetative postganglionare simpatice și parasimpatice. Aceste fibre sunt formate dintr-o succesiune de celule Schwann care conțin în niște invaginații ale plasmalemei numeroase prelungiri axonale. Fiecare axon se găsește într-o lojă sau într-o invaginație a celulei Schwann, învelit de un "mezaxon" care reprezintă o prelungire a membranei celulei Schwann în jurul axonului. Lipsește teaca de mielină. De aceea conducerea undei de depolarizare se face lent, din aproape în aproape.





Ganglionii spinali. Pe traseul rădăcinii posterioare a nervului spinal, în canalul vertebral, se găsește câte o formațiune mică, ovalară, care formează ganglionul spinal sau ganglionul rahidian. În secțiune longitudinală ganglionii rahidieni prezintă următoarele structuri histologice:

- o capsulă conjunctivă fibroasă, la exterior;
- o zonă corticală;
- o zonă axială.

Capsula este o structură conjunctivă, fibroasă, formată din fibre de collagen dispuse în lamele printre care să găsim rare fibre de reticulină și fibrocite. Din capsulă se desprind fine septuri conjunctive care pătrund și se ramifică în interiorul ganglionului, fără a compartimenta parenchimul ganglionar, constituind stroma conjunctivă cu rol de suport pentru celulele și fibrele nervoase. Pe calea acestor travee conjunctive pătrund în ganglion vasele sanguine care asigură nutriția parenchimului.

Zona corticală, dispusă imediat sub capsulă, este constituită dintr-o aglomerare de neuroni și celule nevroglice. Aici se găsesc două tipuri de neuroni:

- neuroni pseudounipolari somatosenzitivi;
- neuroni pseudounipolari viscerosenzitivi;

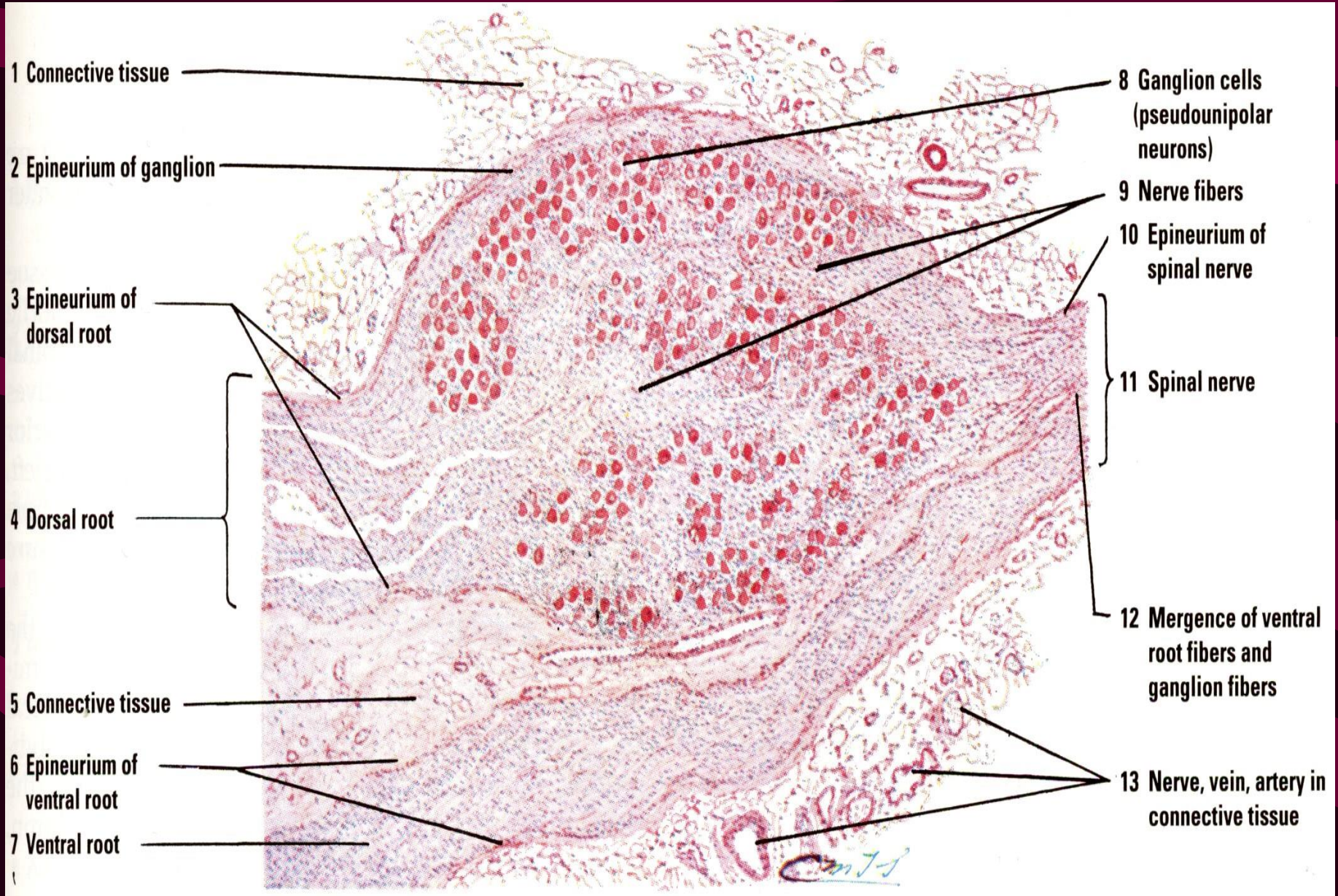
Pericarionii sunt de formă sferică și dimensiuni variabile de la 15 la 70 și chiar 120 microni. Din punct de vedere structural acești neuroni nu diferă de alte celule nervoase, dar din punct de vedere funcțional trebuie notat că aceste celule nervoase nu realizează nici o sinapsă pe suprafața corpului neuronal. Cei mai mici neuroni par să conducă influxul nervos somestezic dureros, neuronii de talie intermediară conduc influxul nervos termic, iar neuronii de talie mare conduc influxul nervos legat de simțul tactil și proprioceptiv.

Din pericarion pornește o singură prelungire celulară amielinică, fiind neuroni pseudounipolari. Desprinsă din pericarion prelungirea neuronală care conține atât dendrita cât și axonul, execută mai multe încolăciri, uneori chiar în jurul pericarionului, realizând un aspect de ghem sau glomerul, după care se divide în două brațe, în T sau Y. Un braț, axonul, sau prelungirea centrală, pătrunde prin rădăcina posterioară în măduvă, în timp ce al doilea braț, dendrita sau prelungirea periferică, se îndreaptă spre periferie, intră în constituția rădăcinii posterioare și formează terminația nervoasă senzitivă, somatică sau vegetativă.

Atât corpul neuronal cât și prelungirea unică, nemielinizată sunt învelite de o capsulă glială continuă, formată de **celulele satelite perineuronale**. Această capsulă glială are rolul de a izola complet pericarionul și prelungirea neuronală de țesutul conjunctivo-vascular înconjurător și de a-i asigura troficitatea. La nivelul bifurcației prelungerii neuronale, celulele satelite perineuronale sunt înlocuite de celulele nevroglice Schwann care sintetizează teaca de mielină.

Celulele satelite perineuronale, numite și "celule capsulare" au originea, ca și celulele nevroglice Schwann, în crestele neurale. Sunt celule aplatizate, cu un nucleu alungit situat central și citoplasmă abundentă. Prezintă numeroase prelungiri și se jonctionează strâns cu alte celule satelite, realizând o structură capsulară continuă. Ele prezintă o față internă care se aplică pe neurolemă și o față externă care vine în contact cu stroma conjunctivo-vasculară a ganglionului. Între membrana neuronului și cea a celulelor satelite există numeroase interdigitații, uneori destul de accentuate, care au determinat descrierea eronată a unor "prelungeri dendritice" ale pericarionului.

Zona axială ocupă partea centrală a ganglionului și este constituită din fibre nervoase aferente și eferente, mielinice și rare insule neuronale.



1 Myelinated fibers and fibroblast

2 Nucleus and nucleolus of a ganglion cell (pseudounipolar neuron)

3 Light and dark ganglion cells: neuroplasm with Nissl bodies

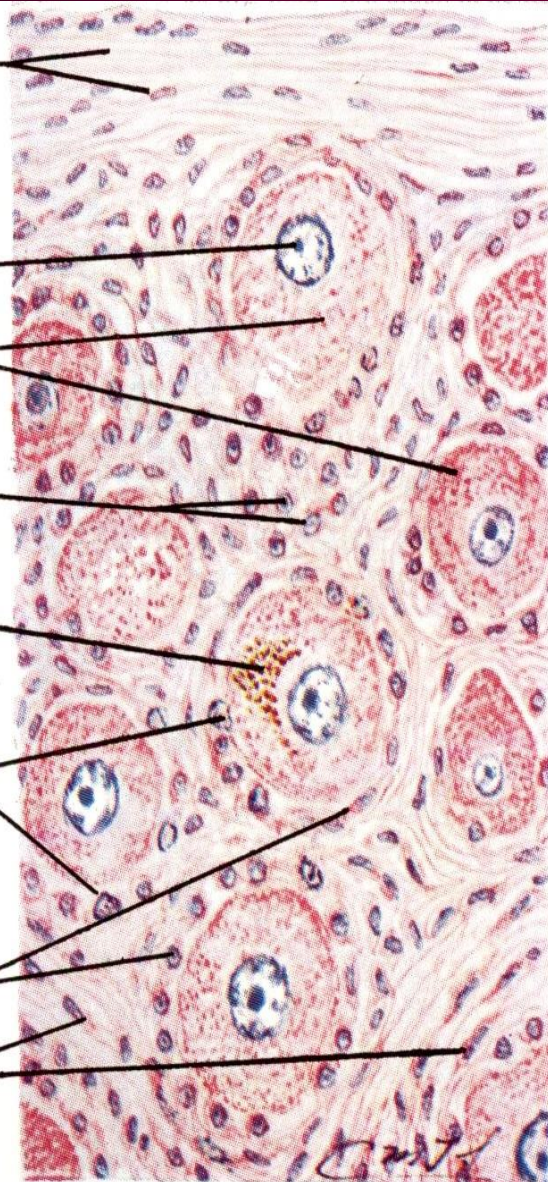
4 Fibroblasts

5 Lipofuscin pigment

6 Satellite cells (nuclei)

7 Capsule cells (nuclei)

8 Fibroblasts (nuclei) in the interstitial tissue



1 Bundle of nerve fibers

2 Satellite cells (nuclei)

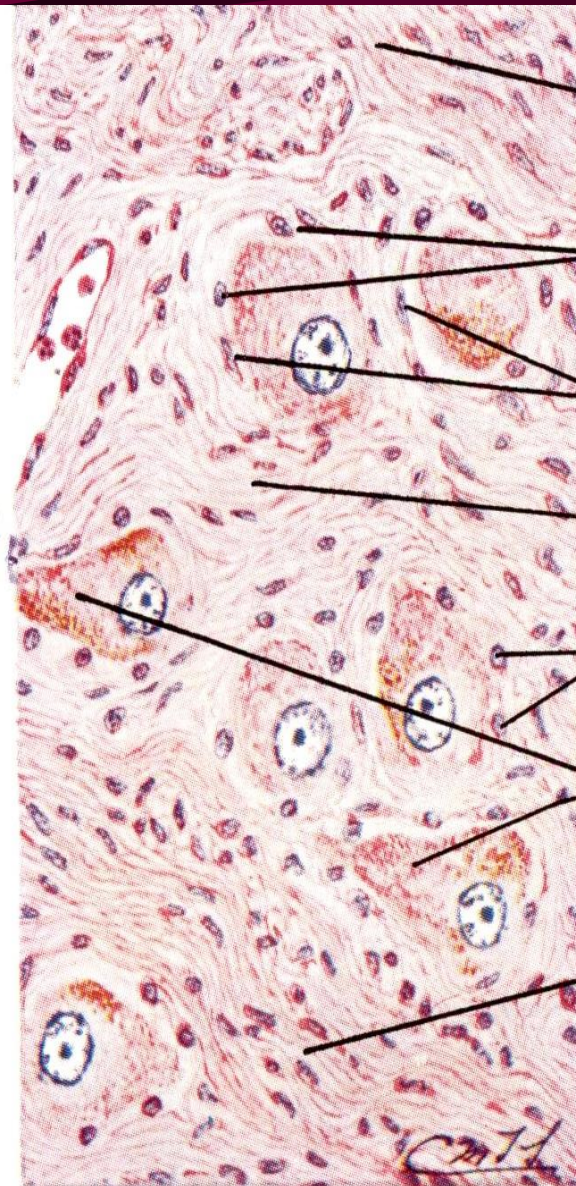
3 Capsule cells (nuclei)

4 Intercellular area

5 Satellite cells

6 Ganglion cells (multipolar neurons) with irregular outlines and eccentric nuclei

7 Bundle of nerve fibers



Ganglionii vegetativi sunt formați din grupări de neuroni situați pe traseul nervilor vegetativi. Astfel, de-o parte și de alta a coloanei vertebrale se găsesc două lanțuri de ganglioni simpatici paravertebrali; în jurul unor vase de sânge sau în apropierea unor organe există plexuri nervoase vegetative (plexul celiac, cardiac, etc); iar în peretele unor organe interne există grupări de neuroni vegetativi ce formează ganglionii intramurali.

Ganglionii vegetativi, indiferent că sunt simpatici sau parasimpatici, prezintă o organizare structurală similară.

La periferie ganglionul prezintă o **capsulă fibroasă** care trimite în interior septuri conjunctive ce conțin capilare sanguine. Corpii neuronali sunt dispuși sub forma unor mici insule printre fasciculele conjunctive și fasciculele de fibre axonale mielinice (preganglionare) și amielinice (postganglionare). Celulele satelite perineuronale învelesc ca o capsulă fiecare pericarion și-l izolează de țesutul conjunctiv.

La nivelul ganglionilor vegetativi fibrele preganglionare fac sinapsă cu corpii sau dendritele neuronilor postganglionari. O parte din fibrele preganglionare mielinice pot să traverseze ganglionul vegetativ și să facă sinapsă într-un alt ganglion.

Neuronii vegetativi sunt neuroni multipolari, cu diametrul variabil de la 15 la 60 de microni. Ei prezintă numeroase dendrite de lungimi variabile și un singur axon care se distribuie organelor efectoare (celule musculare netede, celule glandulare).

În ganglionii vegetativi se pot găsi celule cu funcție endocrină, secretoare de catecolamine (adrenalină și noradrenalină).

1 Neuron

**2 Myelinated
nerve fibers**

3 Nucleus

4 Retracted neuron

5 Nerve fibers

