

# Idegszövet: neuronok és glia sejtek

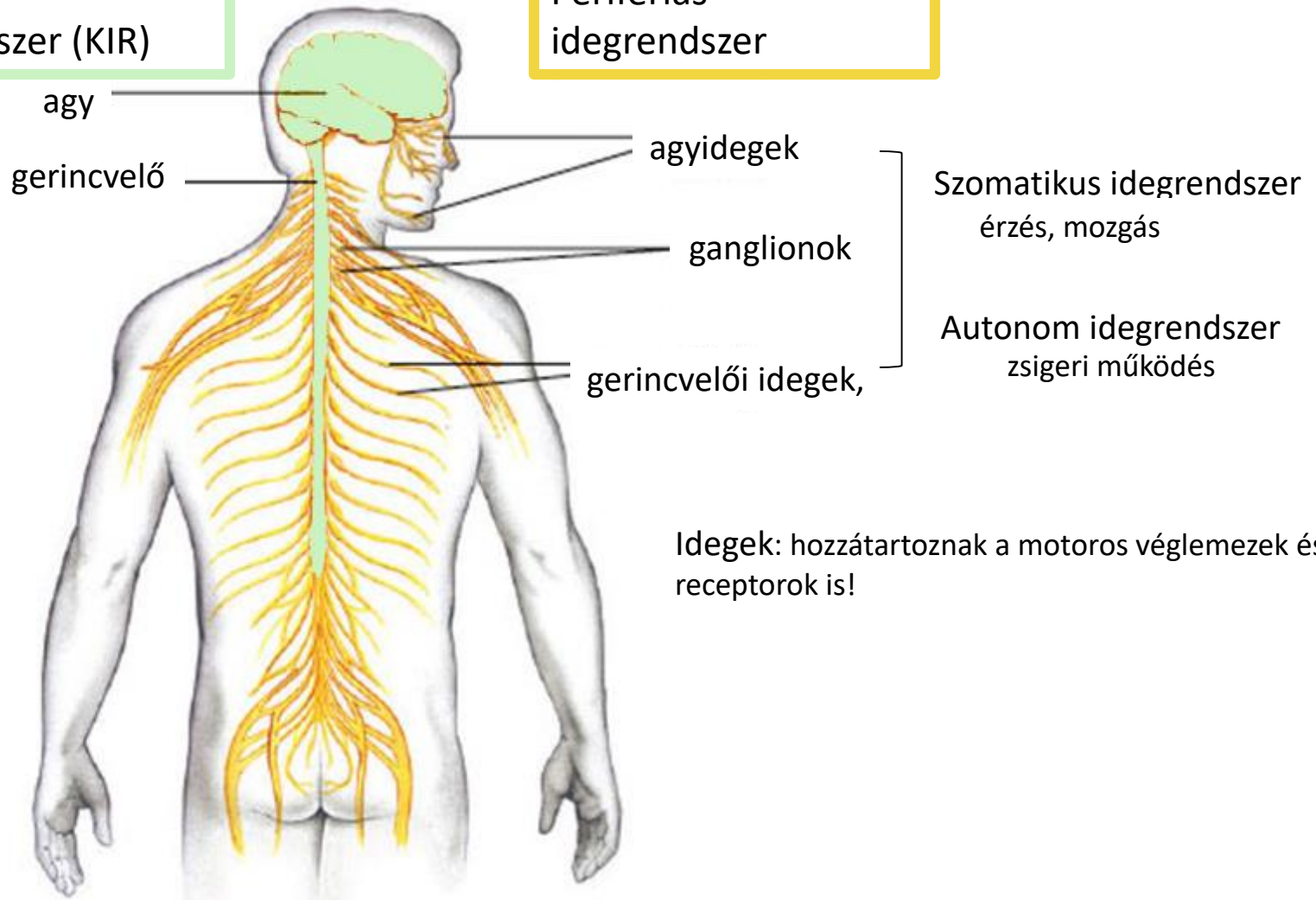


Dr. Tóth Zsuzsanna  
Anatómiai, Szövet-és Fejlődéstani  
Intézet  
Semmelweis Egyetem  
Budapest

# Az idegrendszer felosztása

Központi  
idegrendszer (KIR)

Perifériás  
idegrendszer



agy

gerincvelő

agyidegek

ganglionok

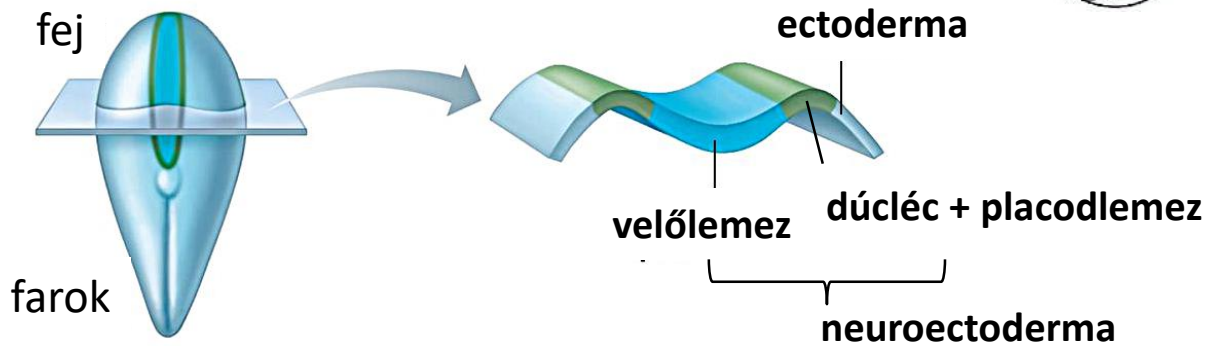
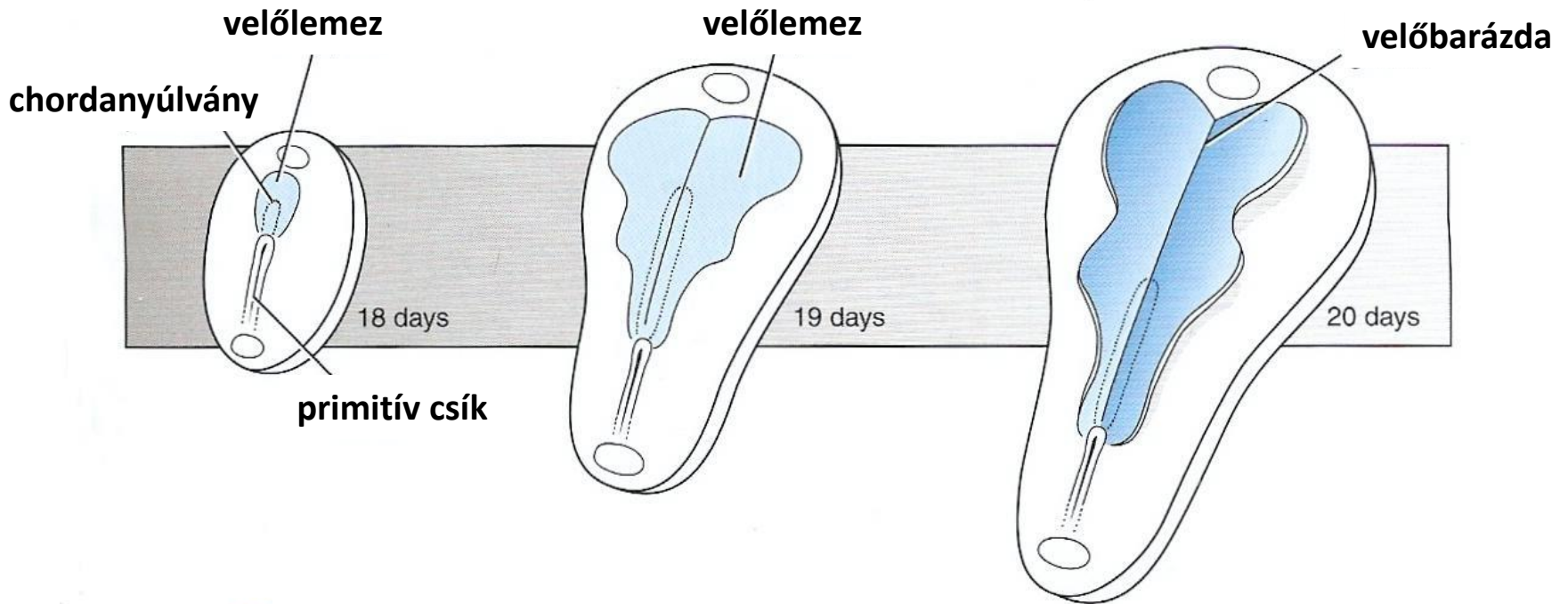
gerincvelői idegek,

Szomatikus idegrendszer  
érzés, mozgás

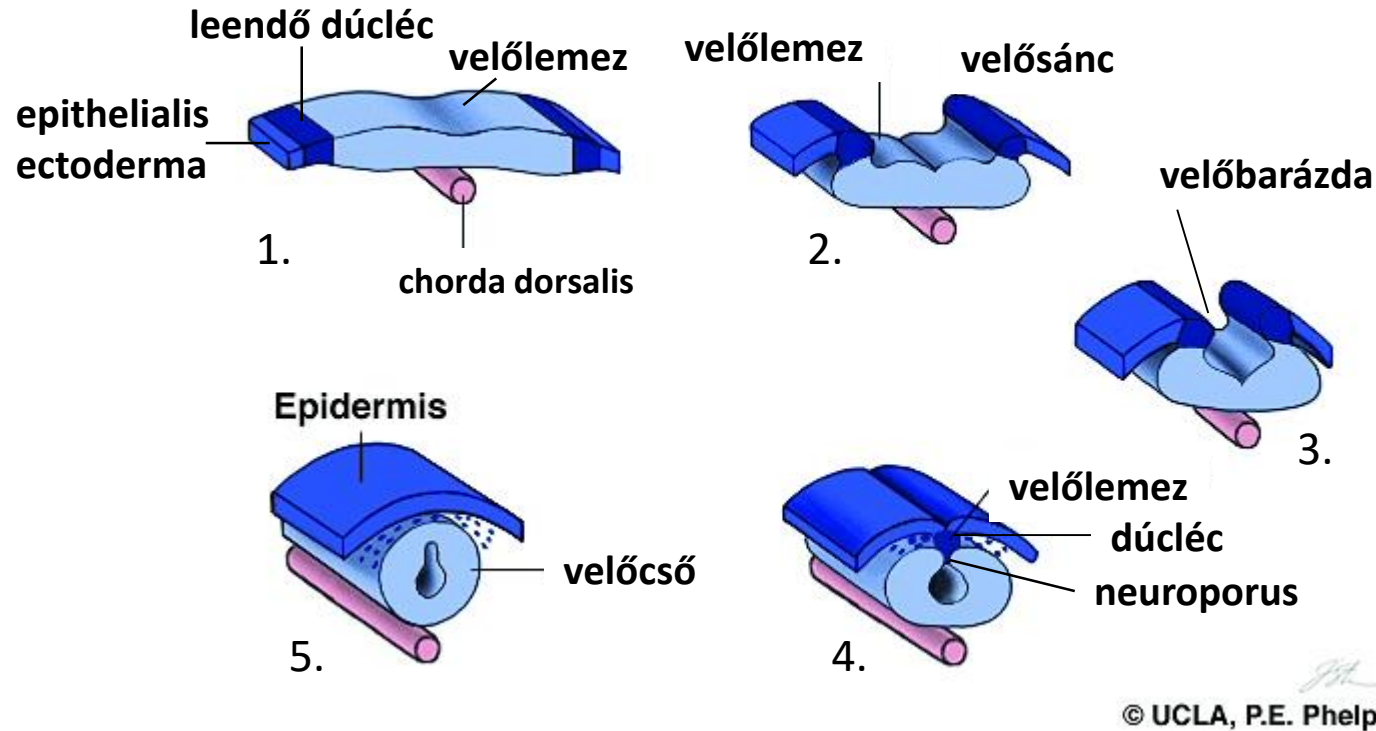
Autonom idegrendszer  
zsigeri működés

Idegek: hozzátartoznak a motoros véglemezek és receptorok is!

# Az idegrendszer az ectodermából fejlődik



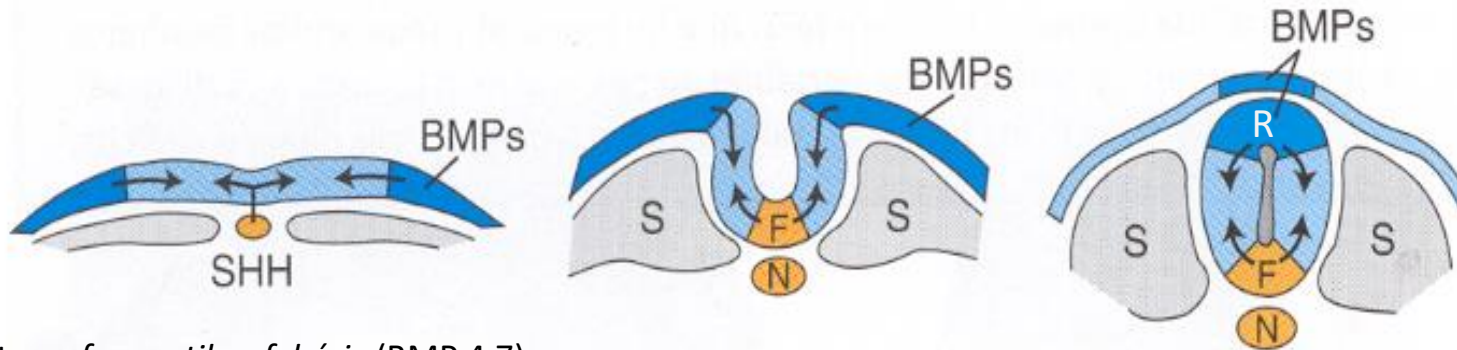
# A velőcső kialakulásának folyamata a neuruláció



Az organogenesis legelső eseménye a **neuruláció**:

- velőcső → rostralis részből agy, caudalis részből gerincvelő
- dúcléc → ganglionsejtek, mellékvesevelő sejtek, glioblast, Schwann-sejtek, mesenhyamasejtek, lágyagyhártya sejtjei, ectomesenchymalis sejtek, melanocyt

# A differenciációt szignál molekulák dorso-ventralis és medio-lateralis grádiensei határozzák meg



Csont morfogenetikus fehérje (BMP 4,7):

- Ectoderma termeli: tetőlemez, epidermalis elköteleződés
- A BMP gátlás: idegszöveti differenciálódás.

Sonic hedgehog homolog protein (SHH):

- Chorda dorsalis (N) termeli: alaplemez

BMP gátlók (gradiens kialakítása, mely mentén különböző transkripció faktorok expresszálódnak):

- anterior: chordin, noggin, follistatin
- caudal : FGF, WNT3, reitinsav

Velőcső szignalizációs központok :

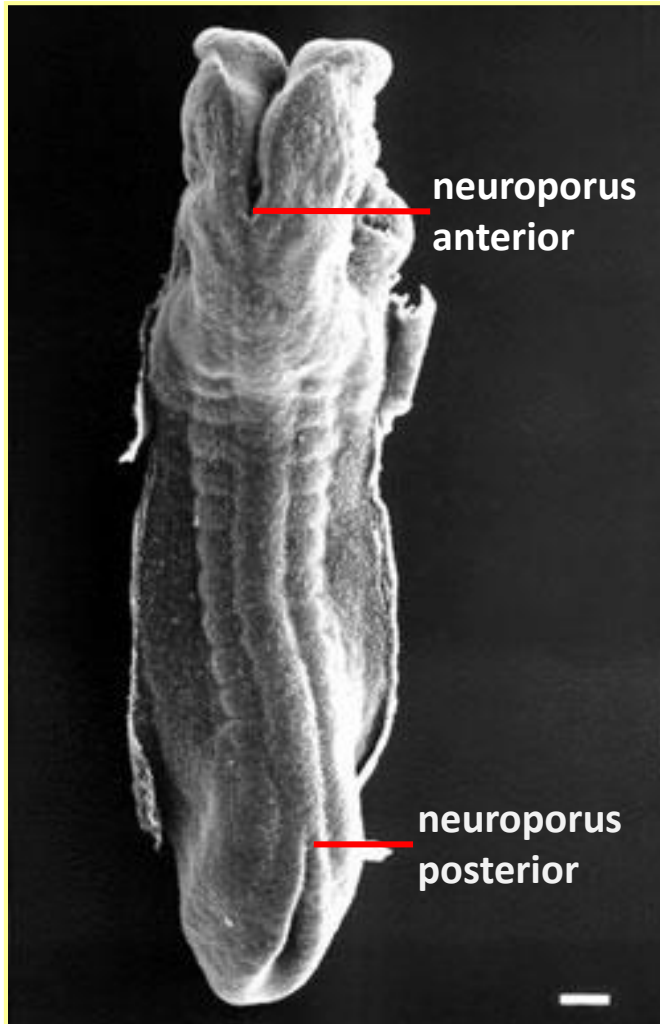
- R: tetőlemez, további BMP expresszió → szenzoros régiók
- F: alaplemez, további SHH expresszió → motoros régiók

A sejtípust a szabályozó molekulák koncentráció gradiense határozza meg.



# Velőcsőzáródási rendellenességek

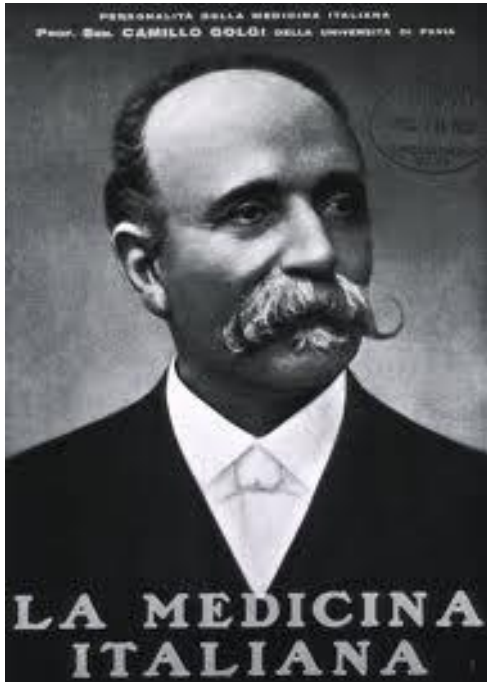
Fólsav és B12 vitamin pótlás!



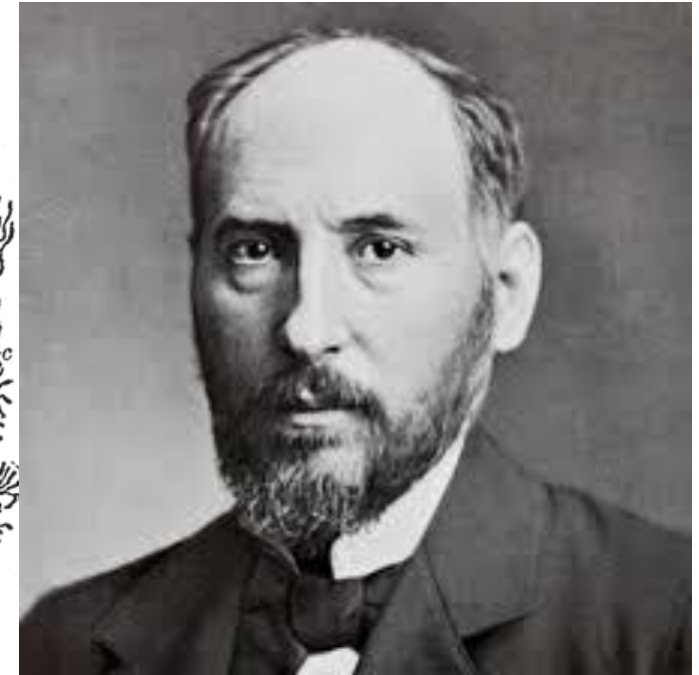
24 napos human embrió, közvetlenül a neuropórusok záródása előtt.  
Scanning EM.



# Az idegszövet neuronokból és gliasejtekből épül fel



Camillo Golgi  
1843-1926



Santiago Ramón y Cajal  
1852-1934

Kisagyi purkinje sejtek Golgi módszerrel festve,  
Santiago Ramón y Cajal munkája

# A neuronok szinapszisokon keresztül kommunikálnak



Piramis sejt, egér cortex 3. réteg,  
Ramon y Cajal munkája.  
Golgi módszer (ezüst impregnáció).

Neuron doktrina (Ramon y Cajal ):

- az idegrendszer struktúrális és funkcionális egysége a neuron,
- a neuronok egy másik neuronnal szinaptikus kapcsolat útján kommunikálnak.

Retikularis elmélet (Camillo Golgi):

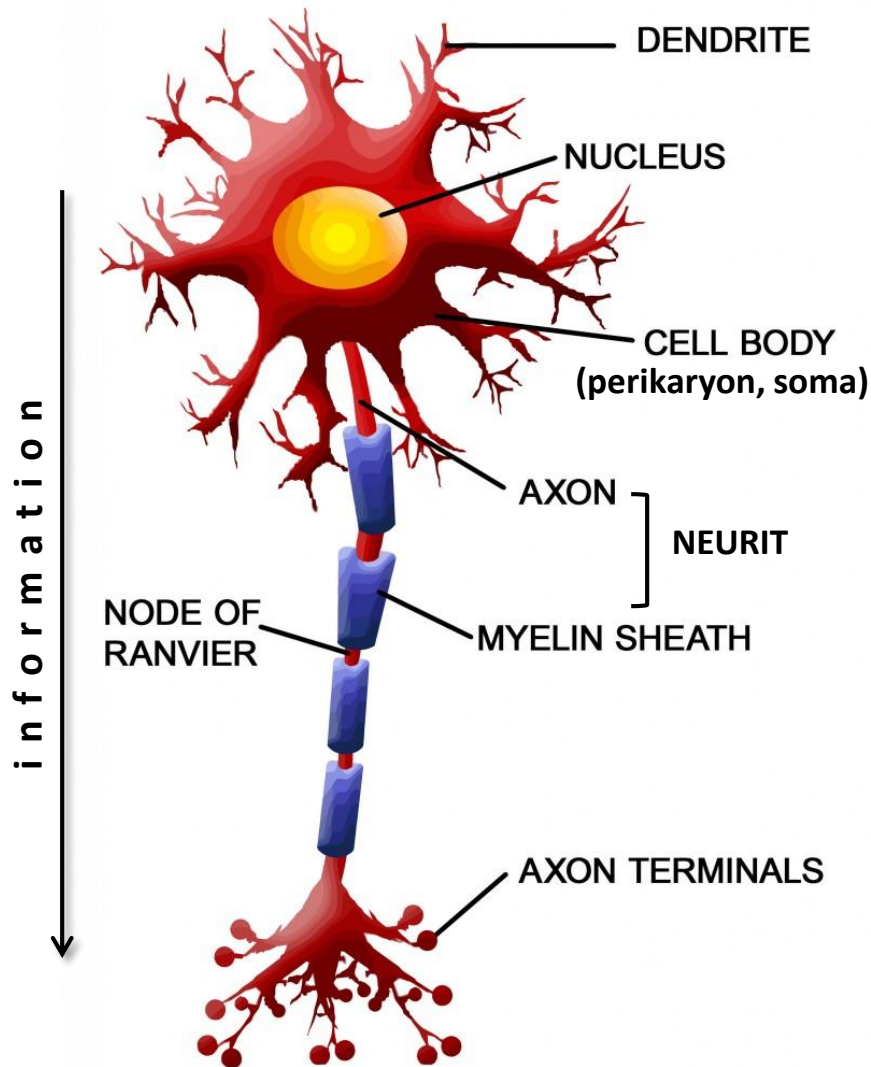
- az idegrendszer elemei hálózat-szerű continuumot alkotnak.
- A fiziológiai és orvostudományi Nobel-díjat Camillo Golgi és Santiago Ramón y Cajal megosztva kapták meg 1906-ban az idegrendszer struktúrájának megismerése terén végzett munka elismeréséül.

A gliasejtek száma sokkal több, mint a neuronoké:

Neuron:glia = 1:10

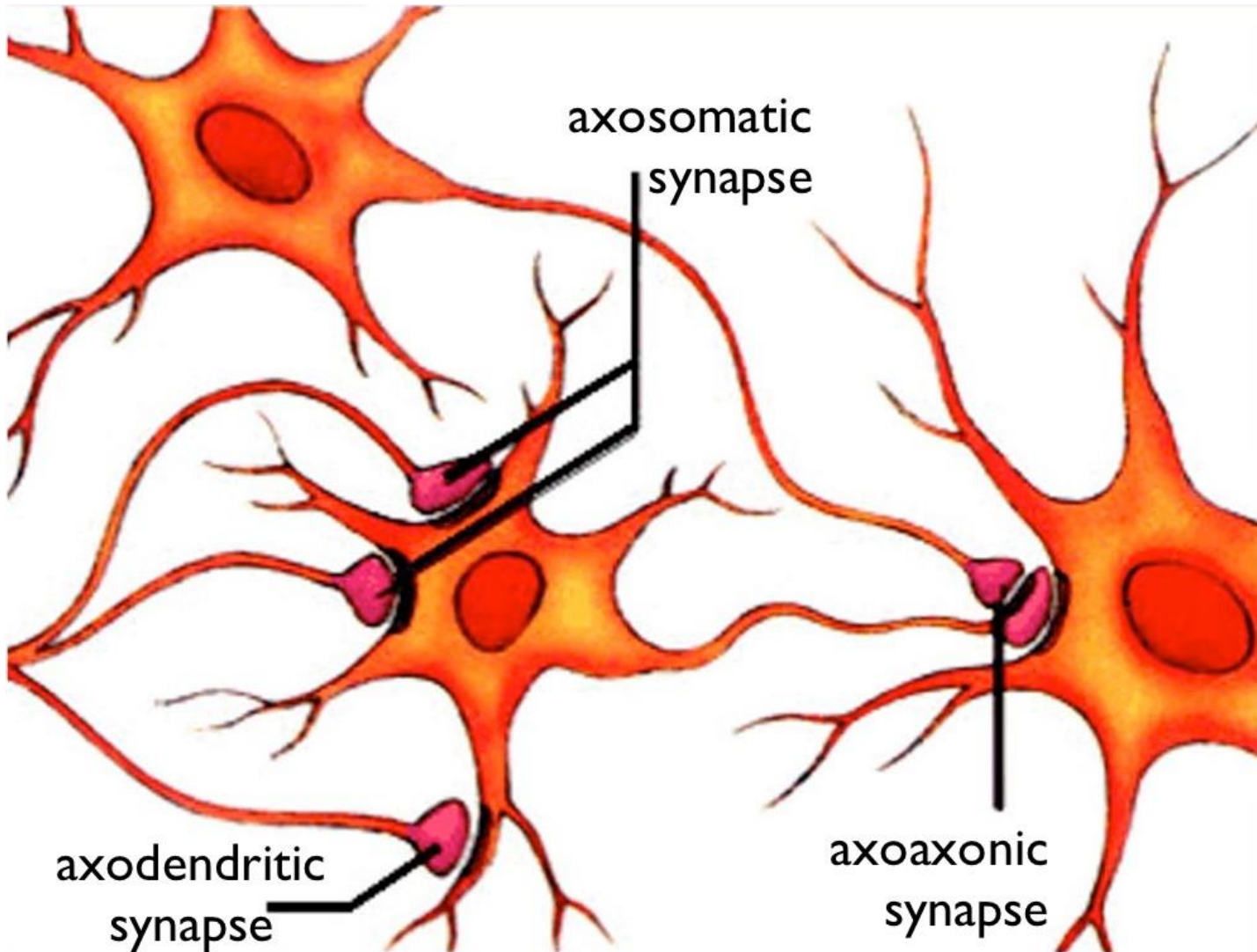


# Az idegrendszer funkcionális egysége a neuron



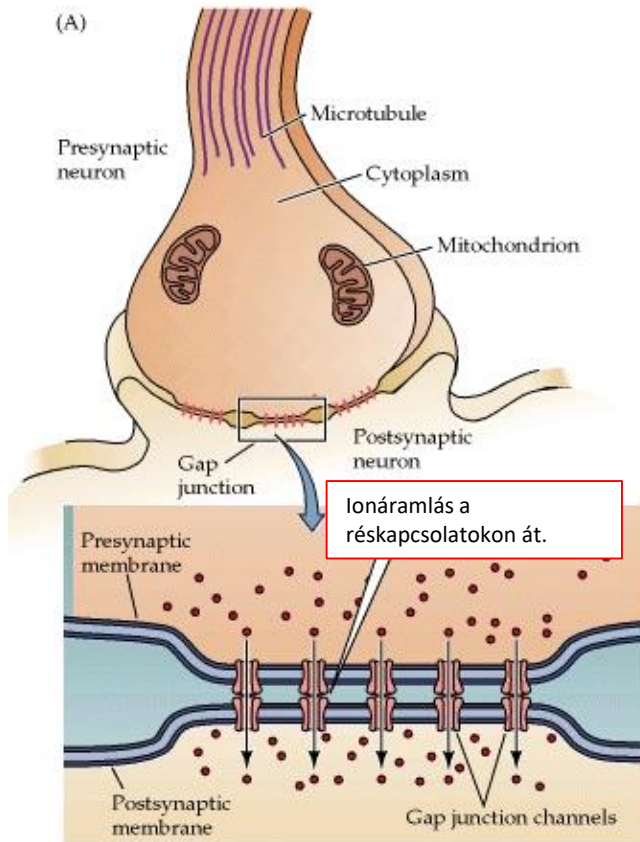
- Szignálokat (információ) dolgoz fel és továbbít.
- Polarizált felépítés: a dendrittől az axon felé terjed az információ (receptor and effektor régiók).
- Az idegsejt membránja excitábilis.
- A neuron izgalmi állapota során elektromos impulzus-akciós potenciál keletkezik.
- Az akciós potenciál az axonban a végződés felé halad.
- Az axonterminálisok szinapszisokat képeznek egy másik neuronnal, és továbbadják a stimulust.

## Szinapszisok osztályozása elhelyezkedés alapján

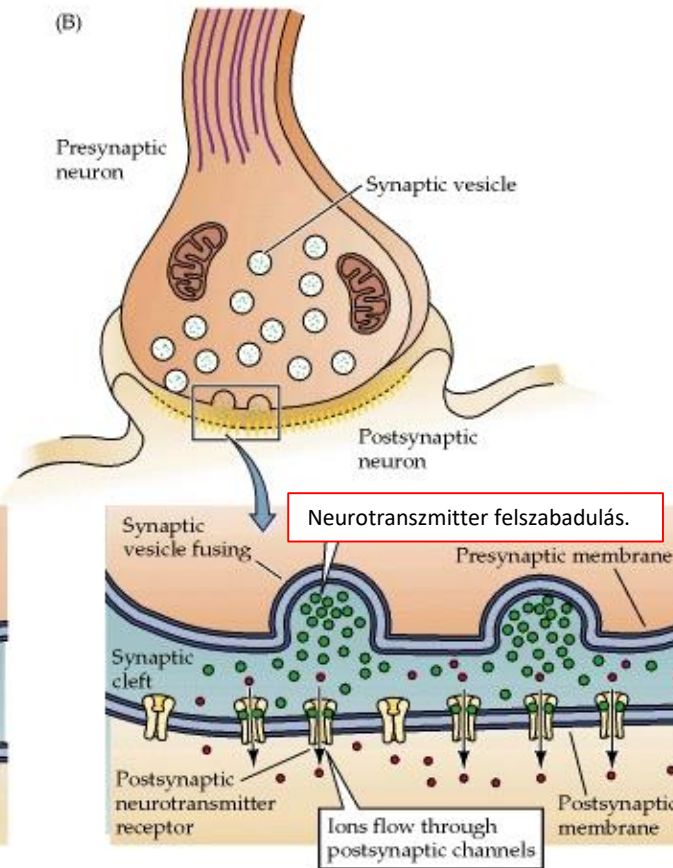


# A szinapszisok alapvető típusai

## Elektromos szinapszis

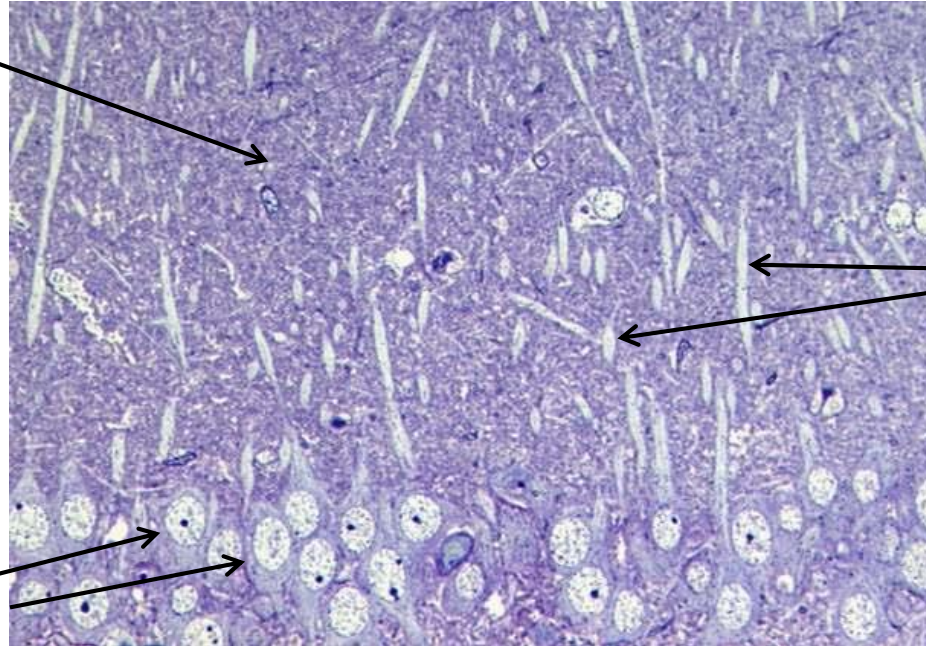


## Kémiai szinapszis



# Az idegsejttestek neuropilbe ágazódnak

Neuropil: axonok, dendritek, glia sejtek



perikaryonok

erek

**Neuronális soma:**

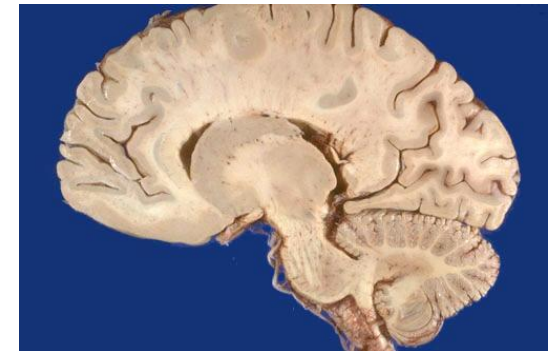
Központ: szürkeállomány és magok

Periféria: ganglionok

**Neurit:**

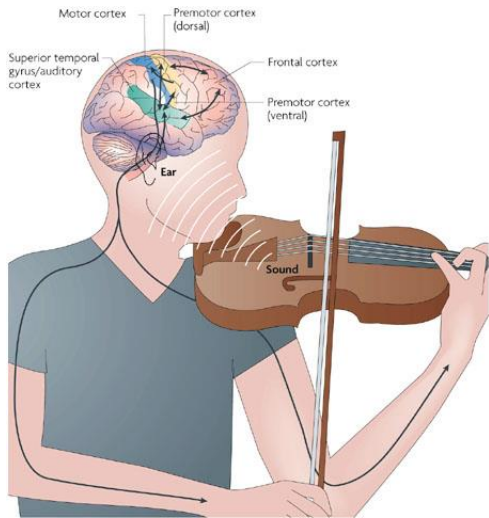
Központ: pályák (fehér állomány)

Periféria: környéki idegek

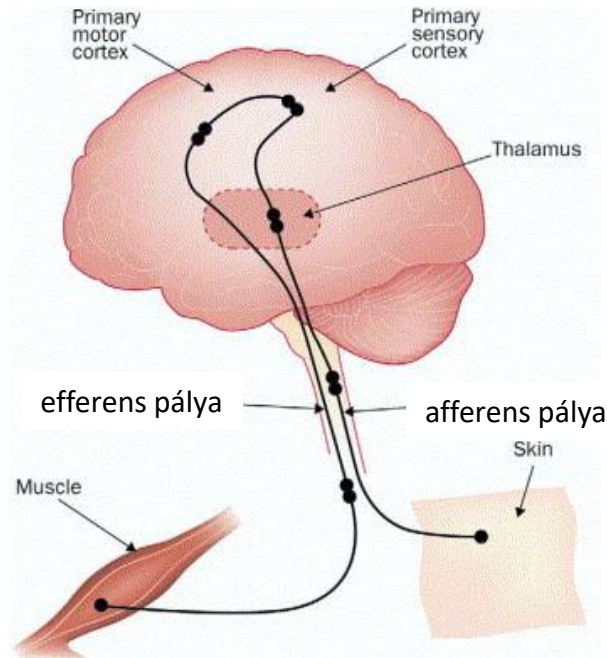




# Funkcionálisan szenzoros, motoros és projekciós neuronokat valamint interneuronokat különböztethetünk meg



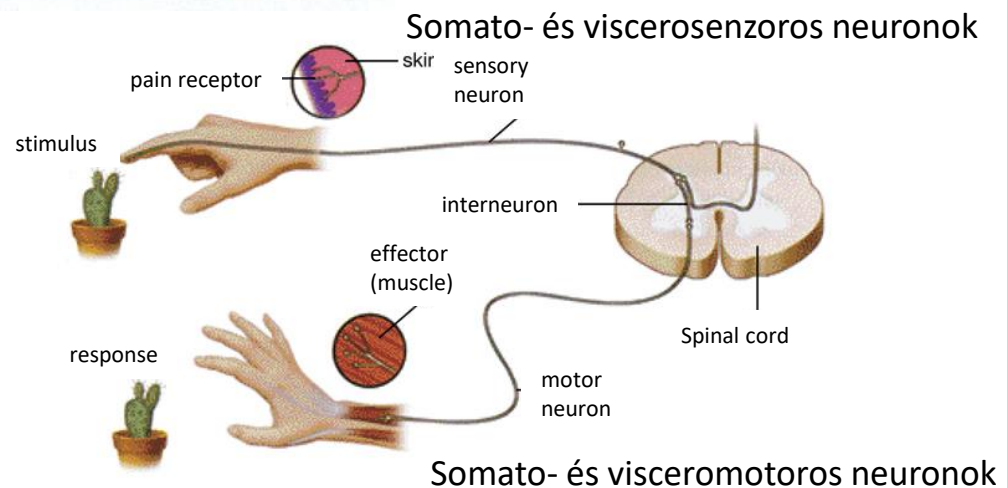
Nature Reviews | Neuroscience



Five Senses

## További felosztás:

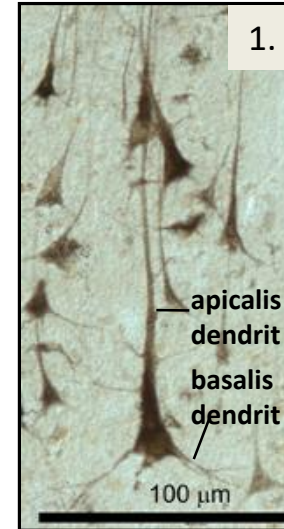
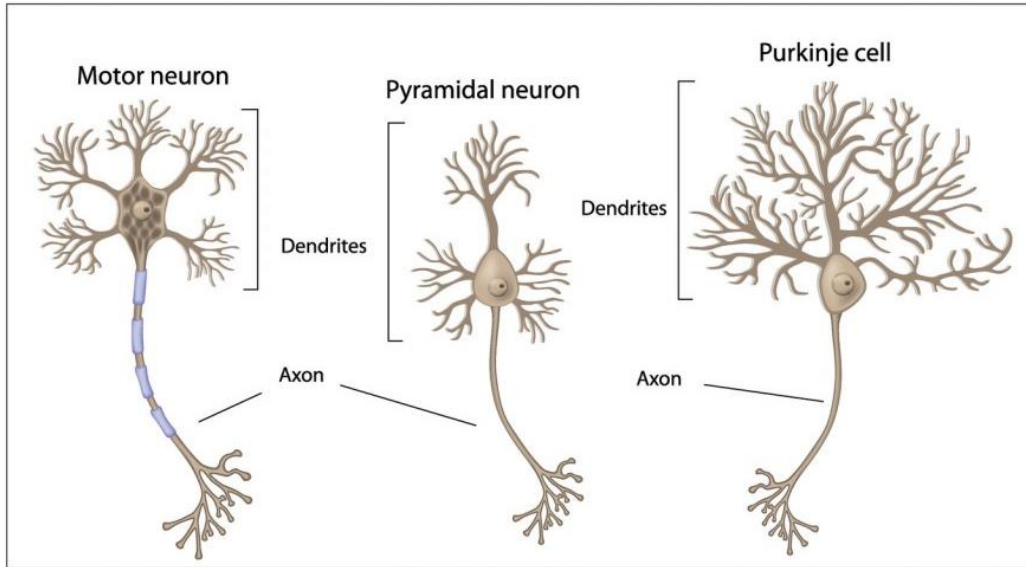
- **Excitatoros** neuronok - stimulálnak,
- **Inhibitoros** neuronok - gátolnak.



Somato- és visceromotoros neuronok

# A neuronok osztályozása a nyúlványok száma alapján I.

**Multipoláris** neuronok: egy axon és két, vagy több dendrit.

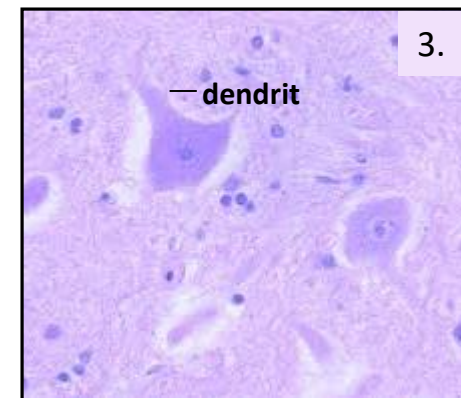


Leggyakoribb típus.

**Piramis sejtek** a nagyagy kéregben (1.)

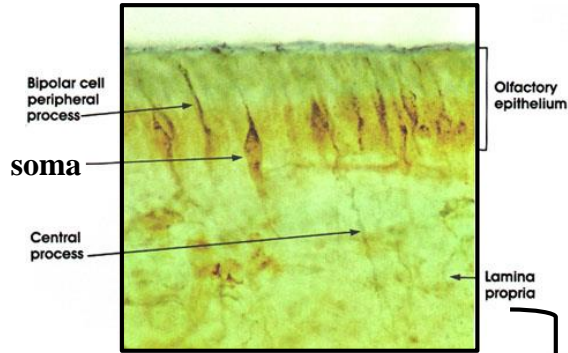
**Purkinje sejtek** a cerebellumban (2.)

**Alpha motoneuronok** a gerincvelő elülső szarvában (3.)

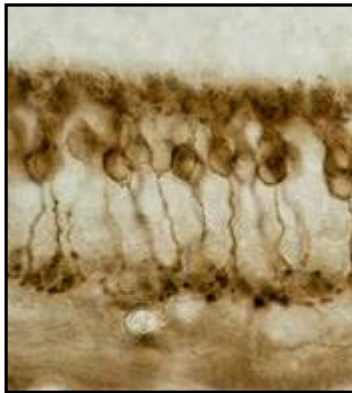


# A neuronok osztályozása a nyúlványok száma alapján II.

## Bipoláris



szagló hámsejtek



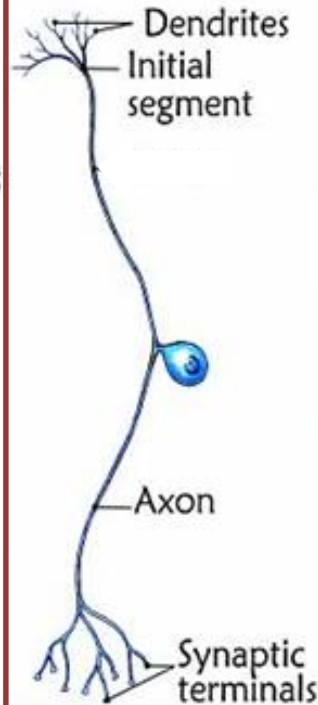
retina bipolaris sejtek



ganglion spirale és vestibulare neuronok



## Pseudounipoláris



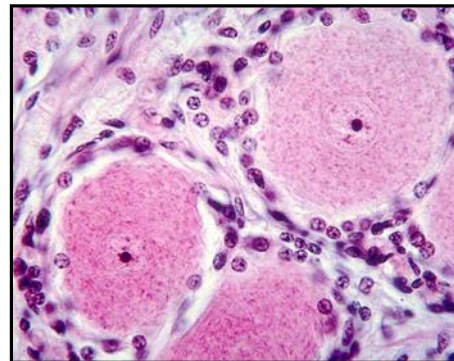
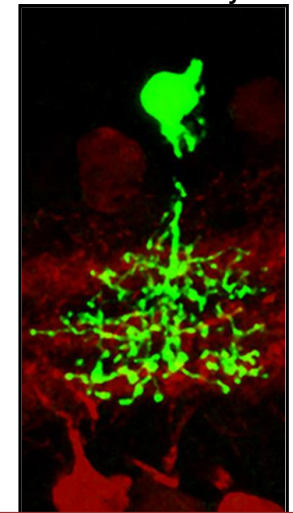
## Unipoláris

egyetlen elágazó nyúlvány  
(rovarok, emberben nincs)

## Anaxonikus



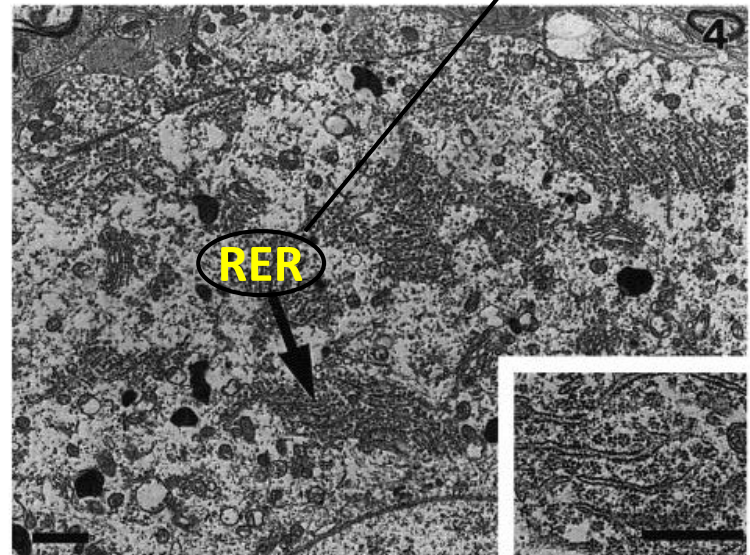
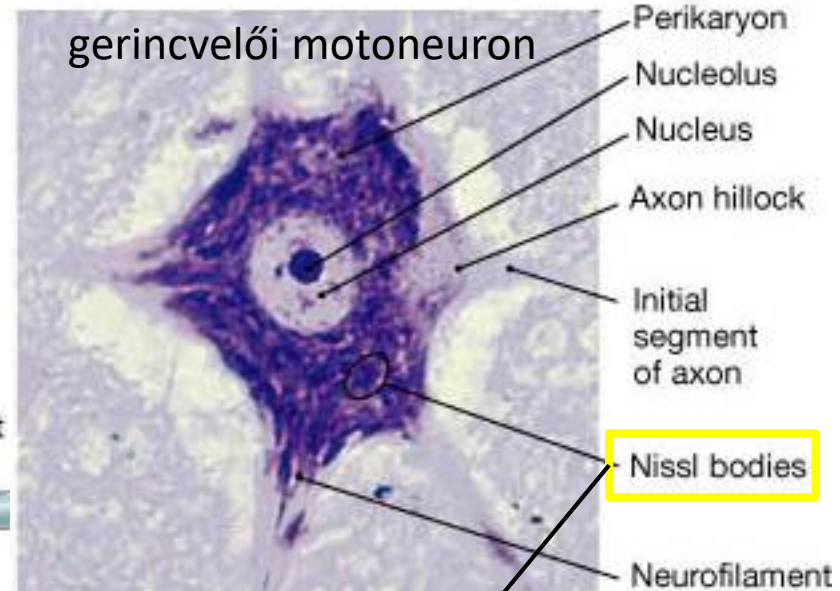
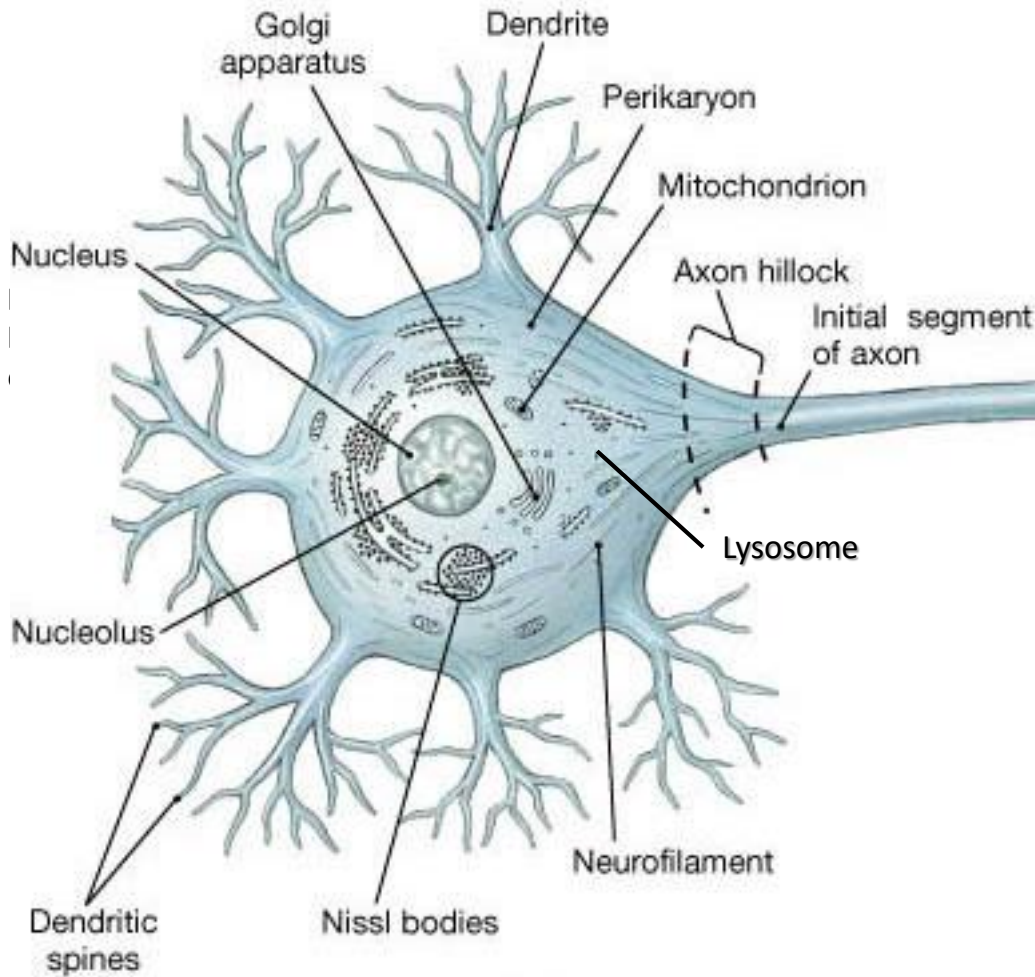
retina  
amacrin sejt



hátsó gyökér ganglion sejtek



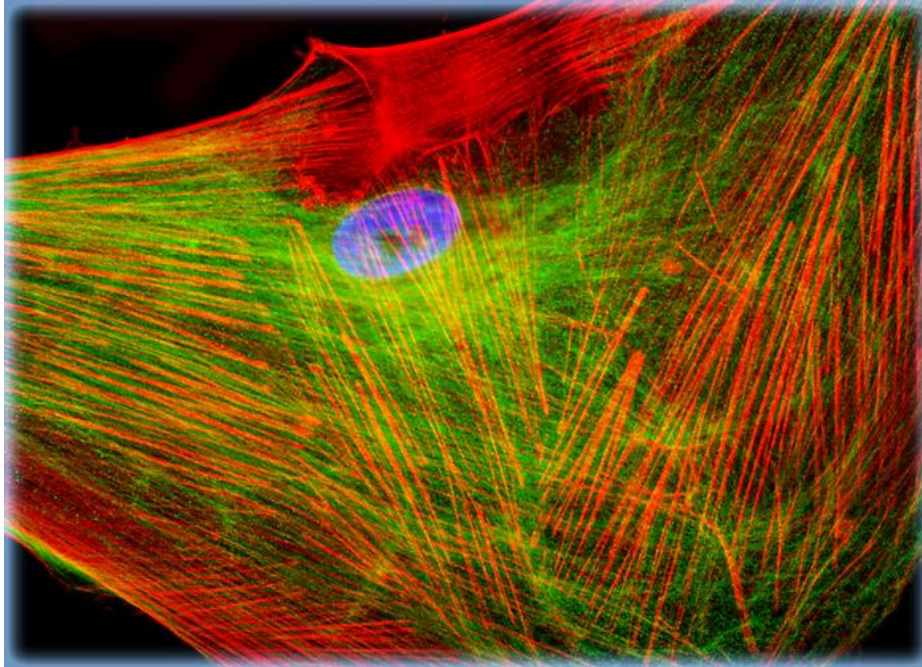
# A soma a Nissl-rögökről felismerhető



EM felvétel, Nissl -rögök



# A sejt váza a cytoskeleton, meghatározza sejt alakját és elengedhetetlen az axonális transzporthoz

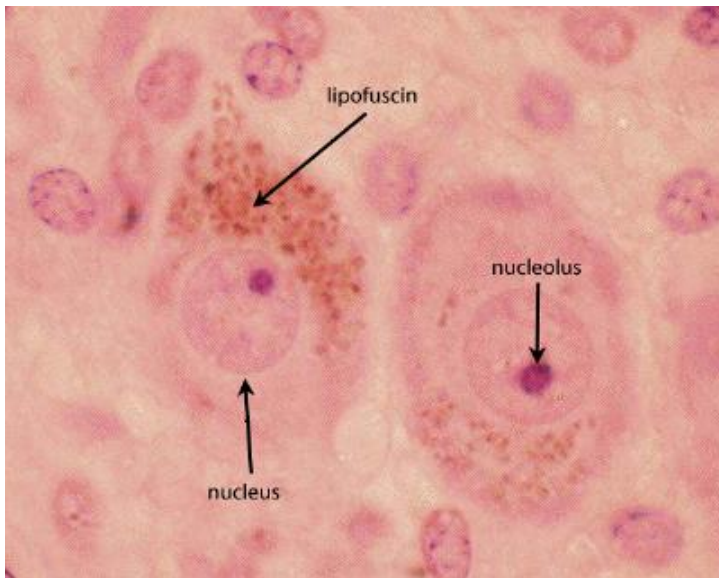


Cytoskeleton, immunfluorescens festés  
tubulin (zöld), F-aktin (piros)

## A cytoskeleton elemei:

1. Mikrofilamentek: (aktin) 5nm vastag
2. Neurofilamentek: 10nm vastag speciális intermedier filamentek (vimentin, desmin, GFAP, nestin)
3. Mikrotubulusok: 20 nm vastag -axonális transzport (tubulin)
  - anterográd transzport
  - retrográd transzport

# Az idegsejtek pigmenteket tartalmazhatnak



## Lipofuscin

- a lysosomális emésztés végterméke
- barnás színű granulomok
- a granulomok száma korral nő
- pathológiás felhalmozódás neurodegeneratív betegségekben



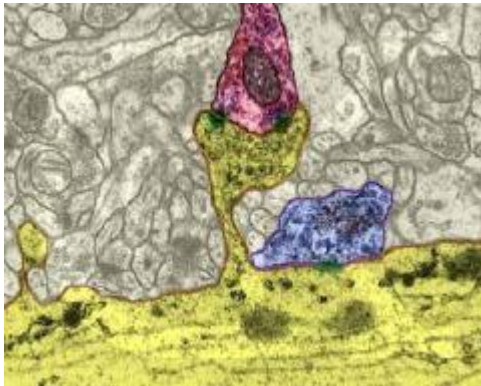
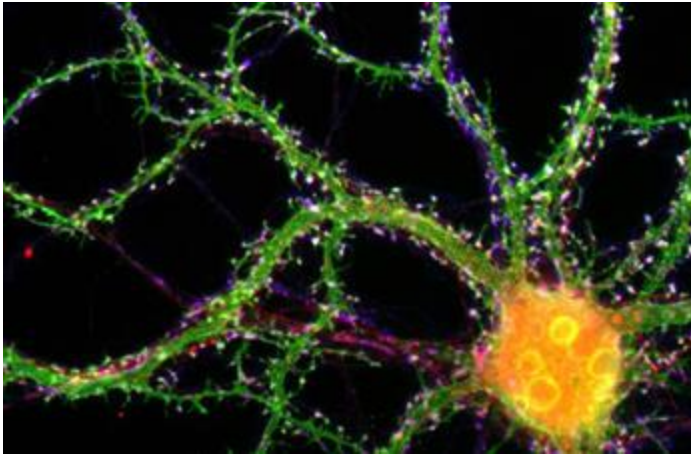
substantia nigra (dopamin)

## Neuromelanin

- dopaminból (substantia nigra), vagy noradrenalinből keletkezik (ie. locus ceruleus)
- 2-3 éves korban jelenik meg, korral csökken a mennyisége (70 fölött)
- Parkinson betegségben is csökken

# A serkentő szinapszisok többsége dendrit tüskéken található

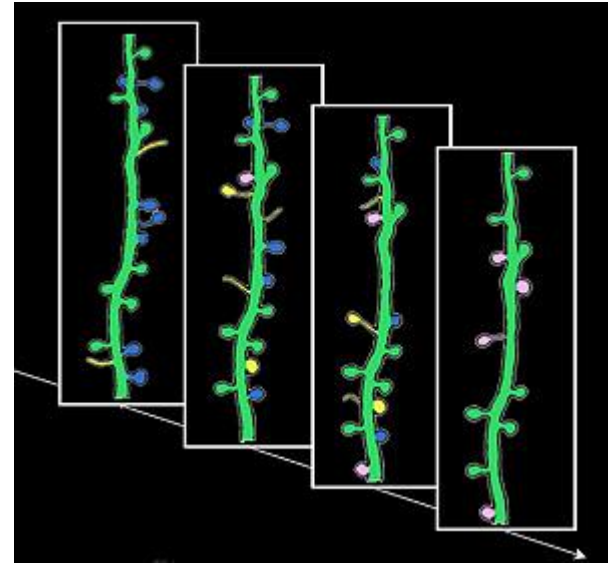
Dendrit tüskék (fehér).



egy tüske - egy szinapszis

**Dendrit tüskék:**

- a dendritek kis nyúlványai,
- sok aktin, kevés mikrotubulus és intermedier filamentum,
- plaszticitás jellemző:



Egy nap különböző időpontjaiban azonos dendritről készült képek egy új feladat megtanulása során (egér). A dendrit tüskék átrendeződnek, újak keletkeznek mások eltűnnek.



# A glia sejtek típusai

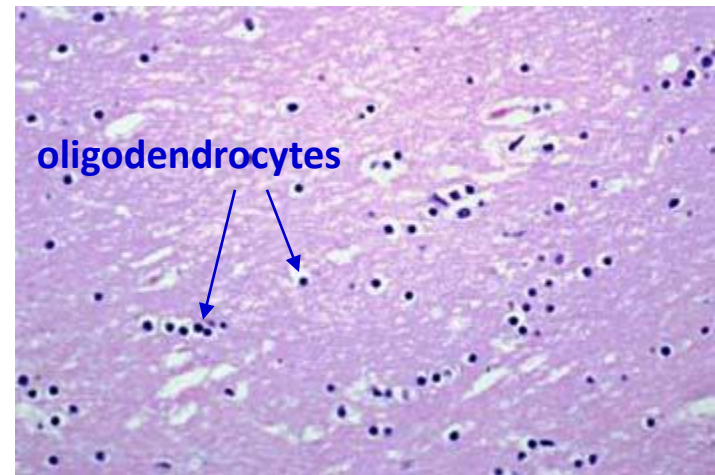
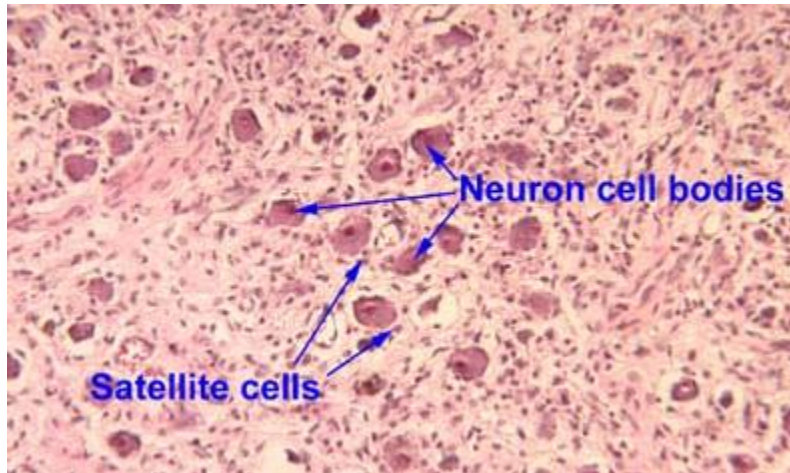
## Perifériás glia:

- Schwann sejtek
- satellita sejtek

## Centrális glia:

- oligodendroglia
- microglia
- astrocyta:  
rostos, plazmás
- ependyma sejtek
- radiális glia

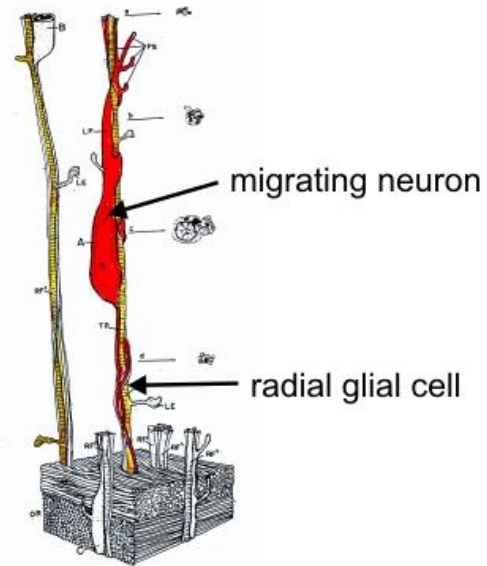
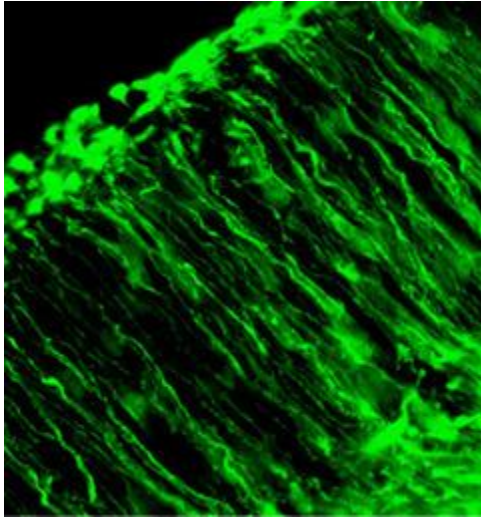
Hematoxilin-eosin festéssel, csak a glia sejt magok látszanak.



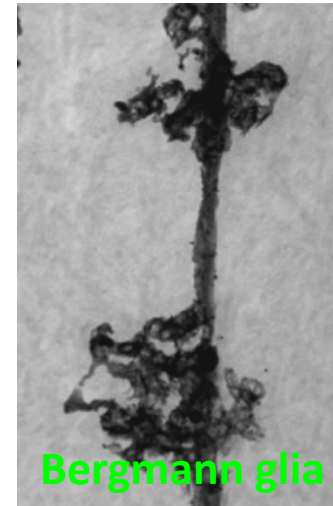
Az oligodendrocyták jellegzetesen sorokba rendeződnek a fehér állományban .



# Radiális glia



Rakic, 1972



## Morfológia:

- hosszú radiális nyúlványok
- az agykamrát és a piális felszínt köti össze
- GFAP pozitív

## Funkció:

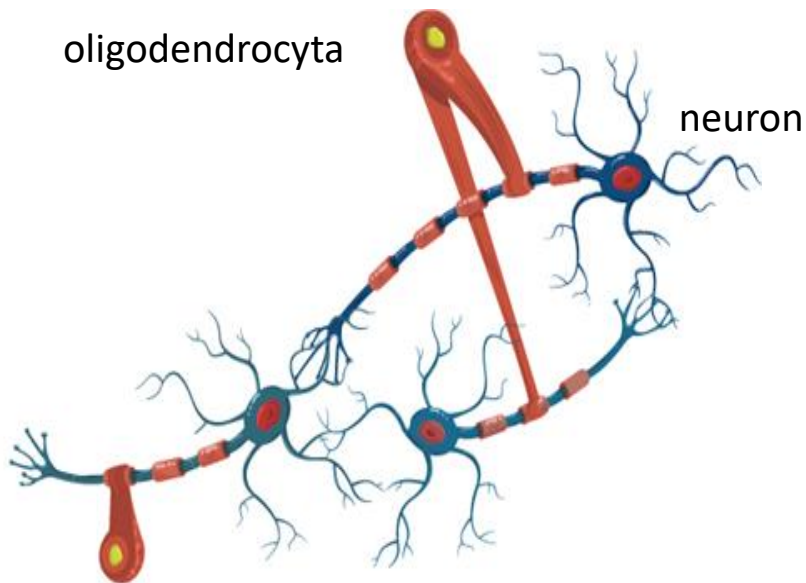
- neuro- és asztro- és oligodendrocita genesis prekurzora
- a radiális neuronális migrációt segíti a fejlődés során

## Postnatális előfordulás:

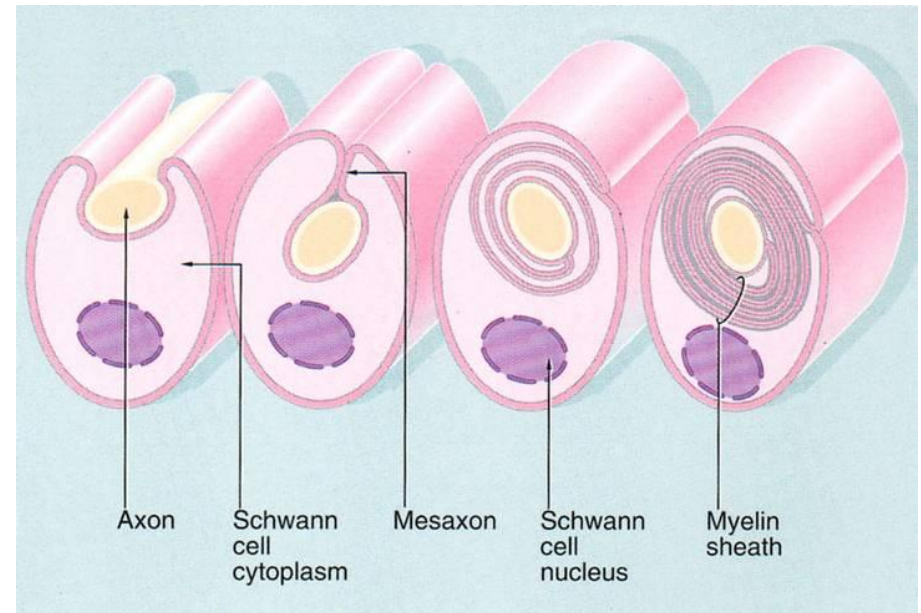
- Bergmann glia-cerebellum
- Müller glia-retina

# Mylein hüvely kialakítása: oligodendrocyták a központban, Schwann sejtek a periférián

Egy oligodendrocyta több axonnal áll kapcsolatban.



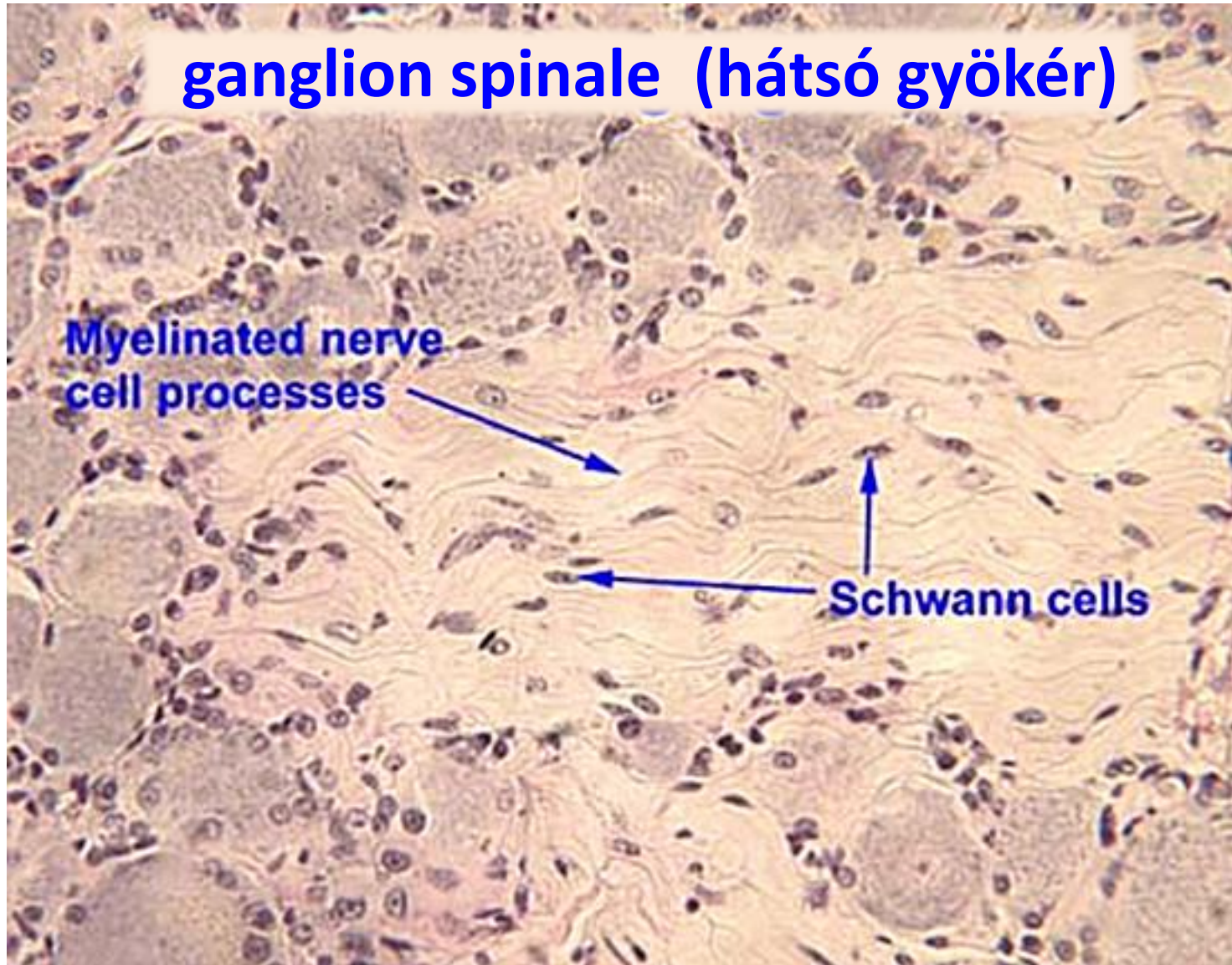
Egy Schwann sejt egy myelinizált axonhoz tartozik.



velőlemezéből fejlődik

A teljes axon myelinizálásához mindkét esetben több gliasejt szükséges.

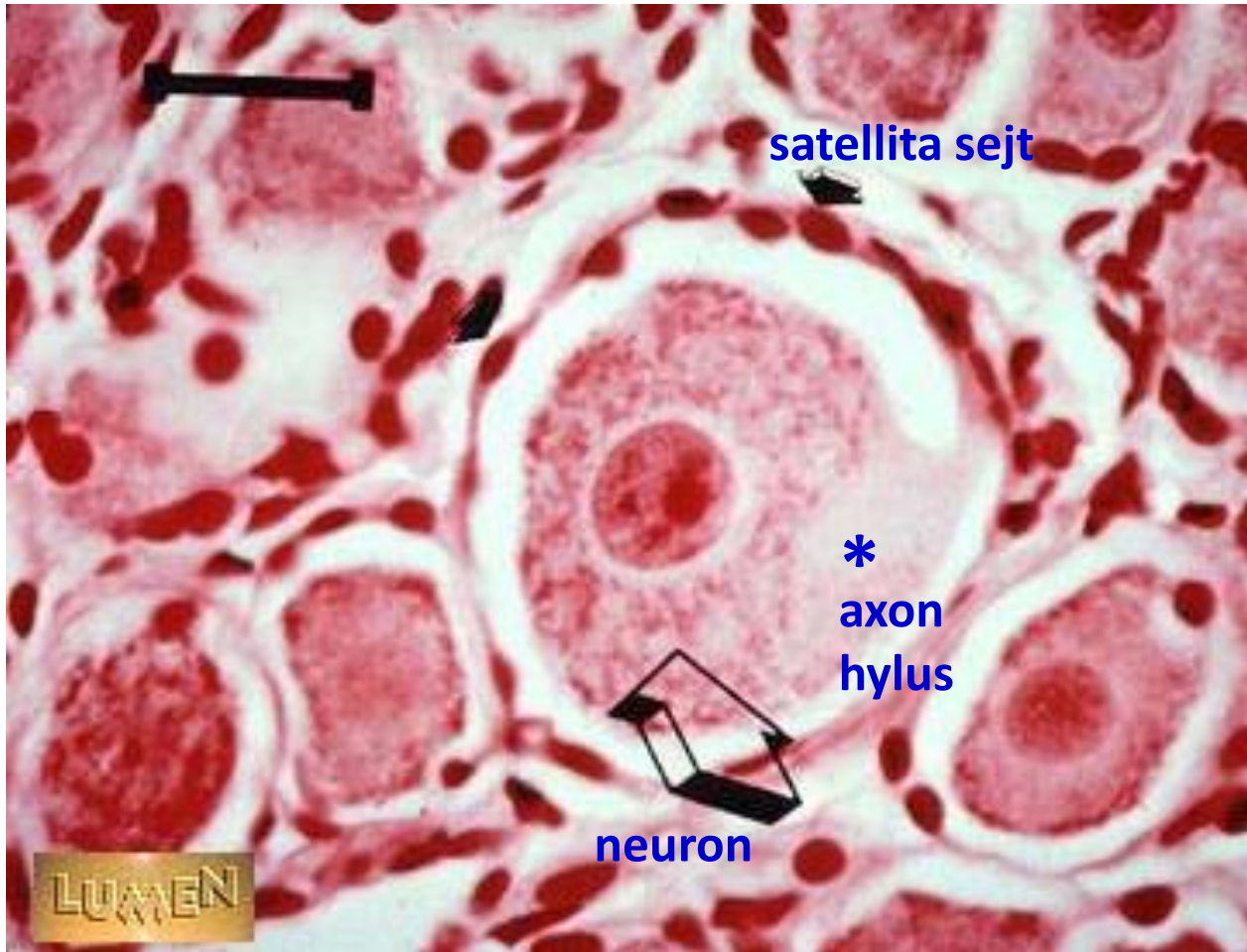
# ganglion spinale (hátsó gyökér)





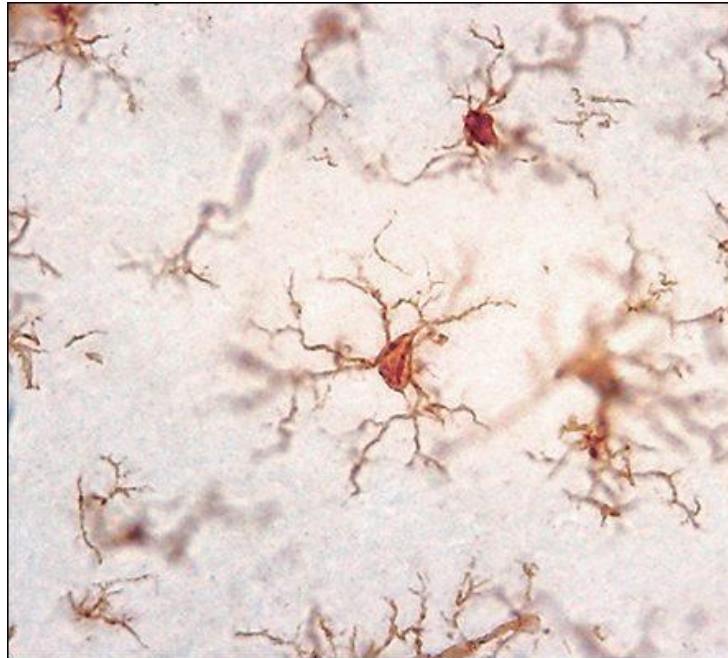
# A satellita sejtek körbeveszik a neuronok somáit a periférián

Funkció: struktúrális támasz, táplálás.



Ganglion spinale, H&E.

# A microglia mesodermalis eredetű

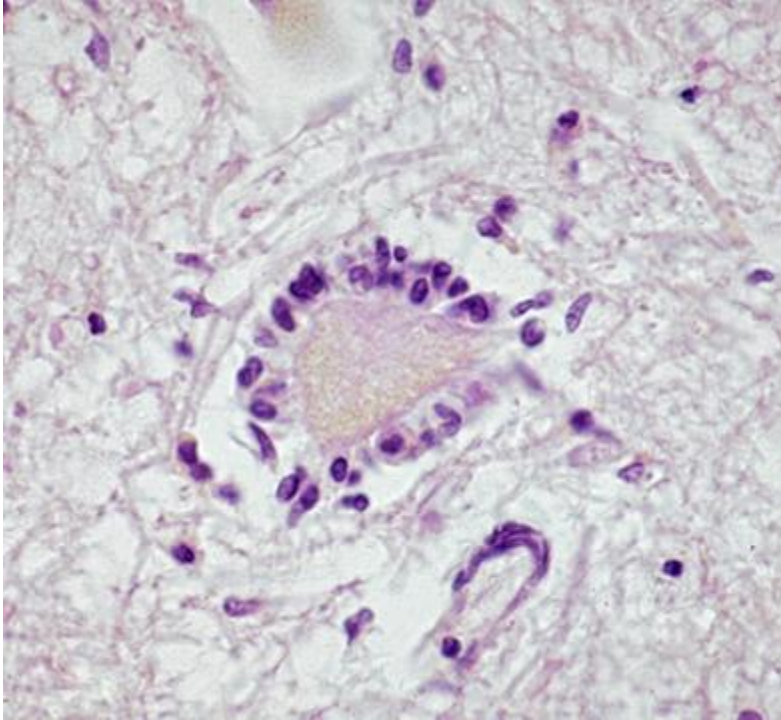


**Iba1 immunfestés**

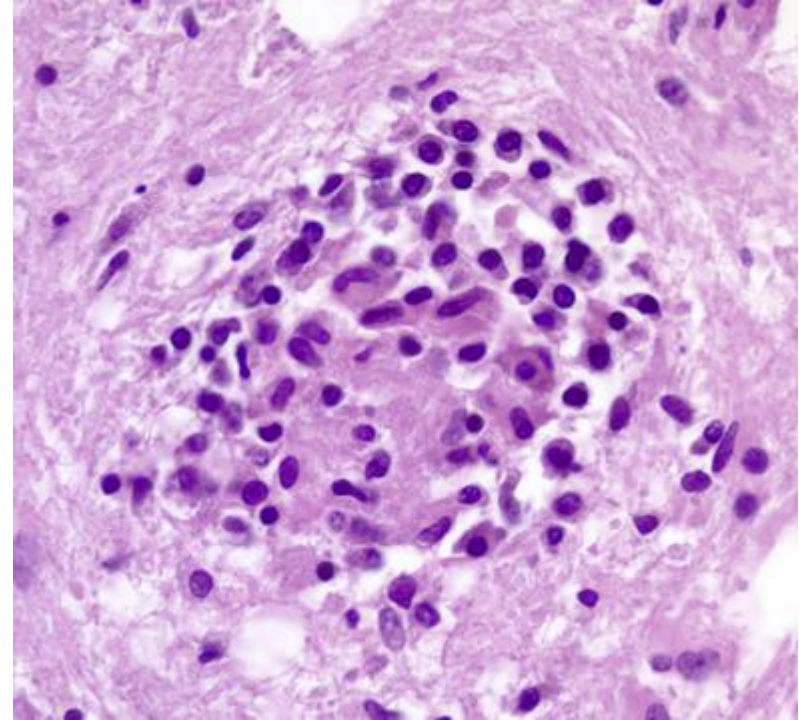
- Más néven Hortega glia.
- Szürke- és fehérállományban is előfordul.
- Fejlődés: embrionális korban a csontvelőből monocyták vándorolnak be az ereken át, majd átalakulnak (hematopoetikus eredet).
- **A microglia a mononuclearis phagocytá rendszerhez (immunrendszer) tartozik.**

# A microglia sejtek felismerik a sérült szövetet, a vírusokat, a toxinokat, és az egyéb pathogéneket

Microgliák egy degenerálódó neuron körül.



Microglia csomó a necroticus agyszövetben.



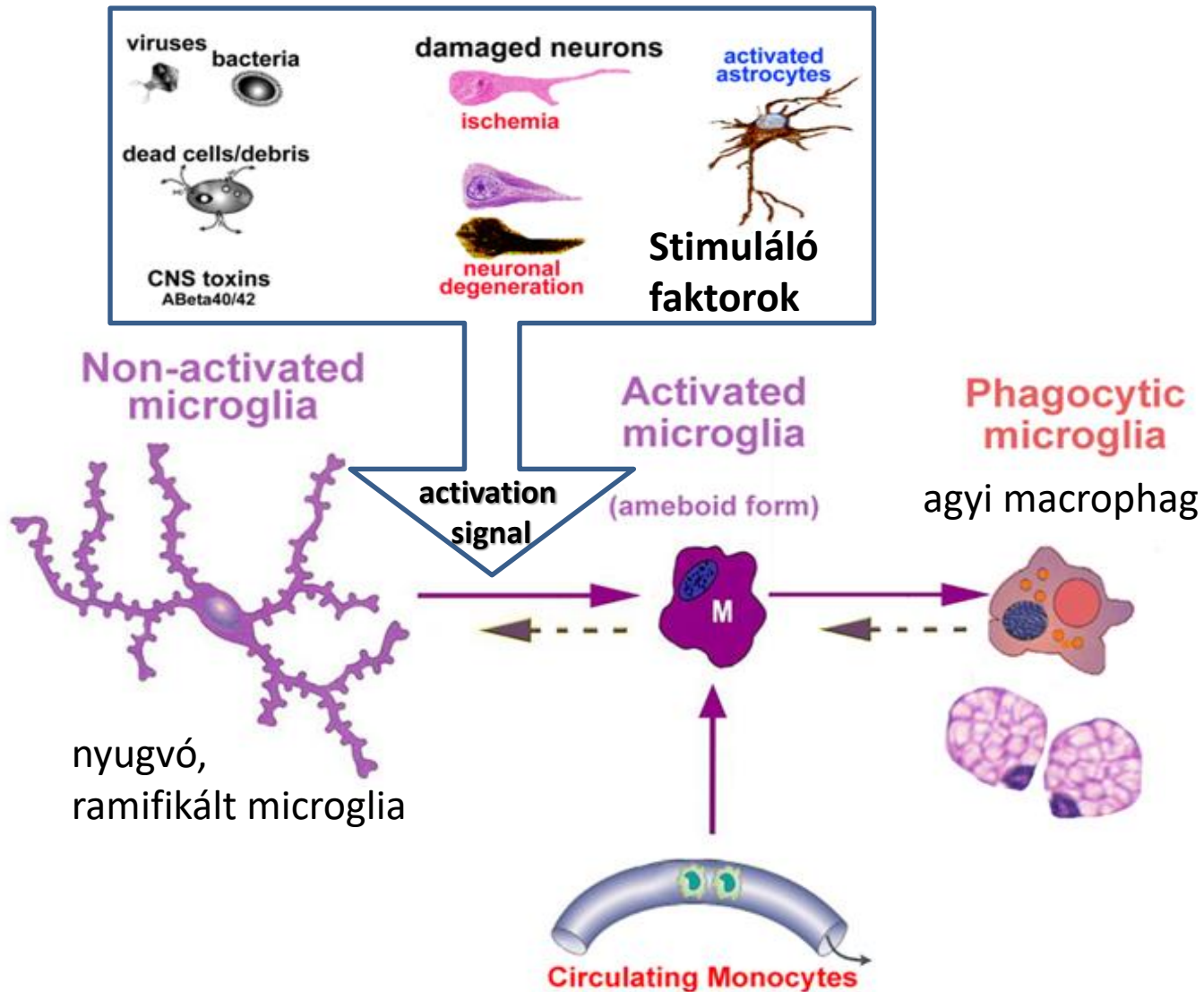
AIDS encephalopathia

H&E festés: csak sejtmagok-pálcika alak



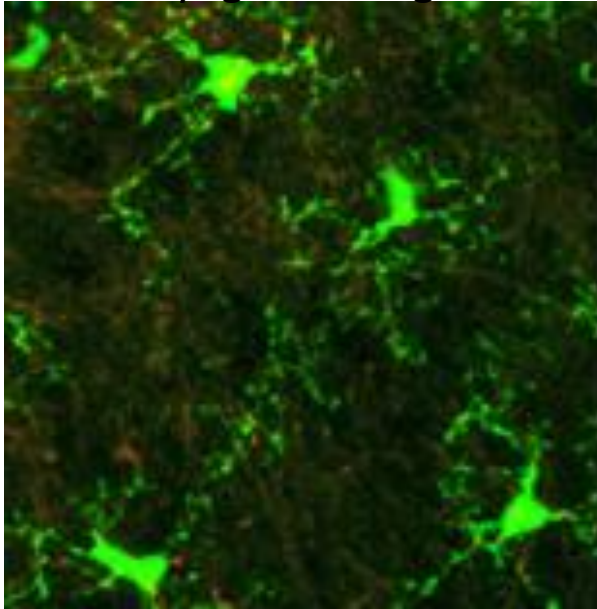


# Sérülés és fertőzés esetén a microglia aktiválódik

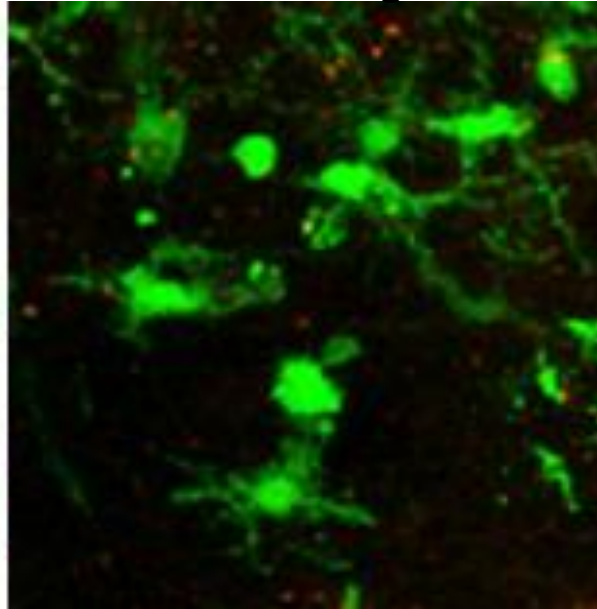


# A microglia aktivációnak előnyei és hátrányai is vannak

nyugvó microglia



aktivált microglia



## Funkciók:

- Sejttörmelék phagocytálása.
- Immun sejtek toborzása.
- Trophikus és gyulladás ellenes faktorok termelése.
- Óssejtek vonzása a sérülés helyére.
- Neurotoxikus anyagokat is termel!

# Az asztrocitáknak két altípusát ismerjük



Lenhossék Mihály  
(1863-1937)

**plazmás**  
szürke állományban

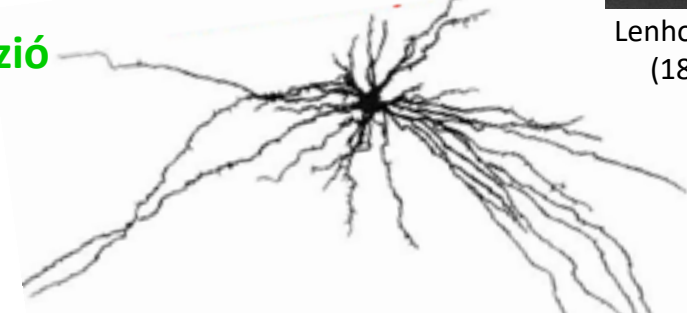


Rövid, finoman elágazó nyúlványok.

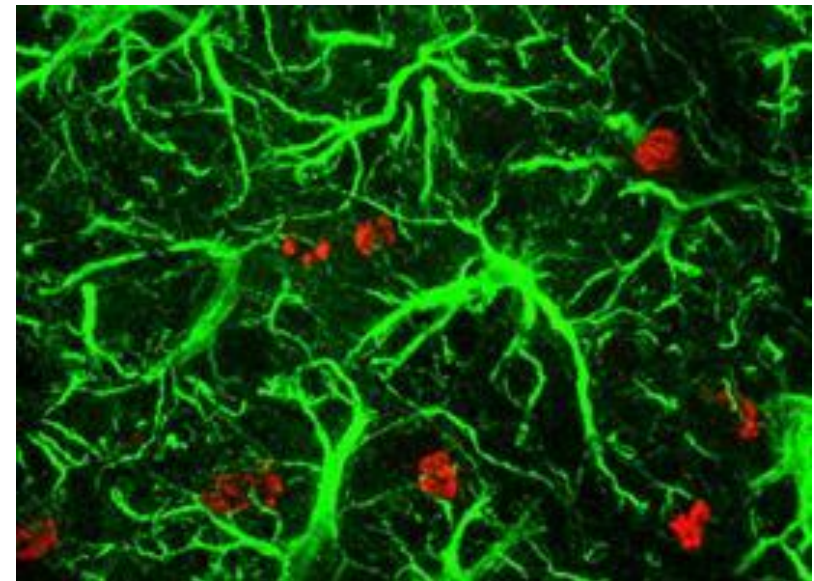
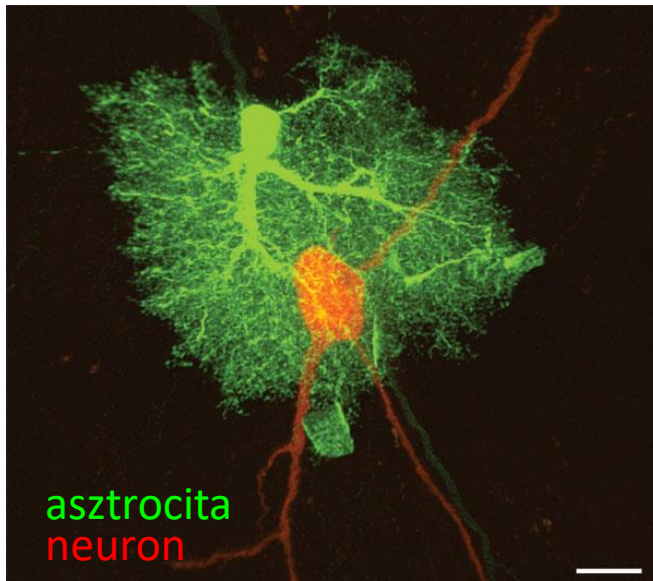
GFAP expresszió



**rostos**  
fehér állományban



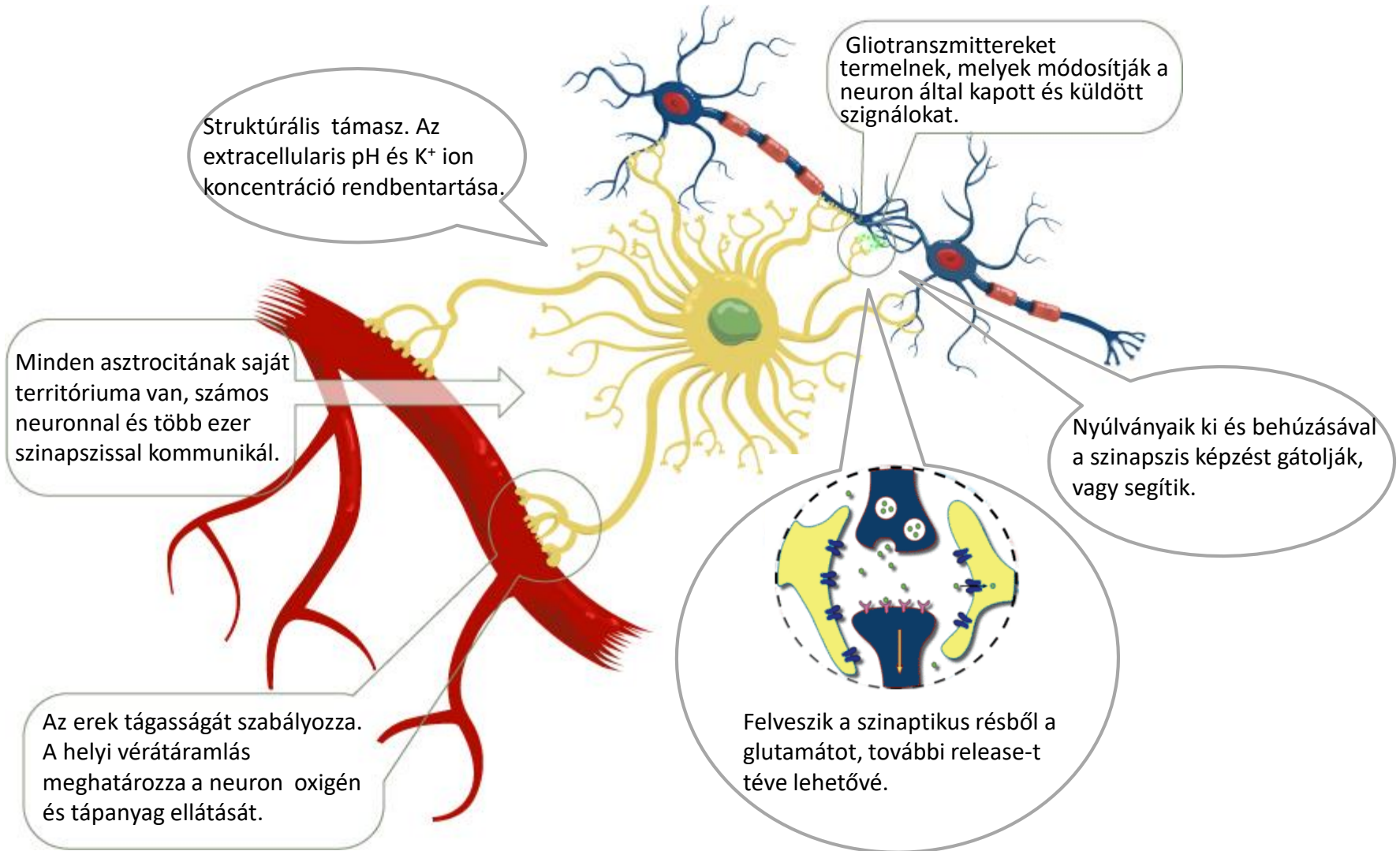
Hosszú, kevésbé elágazó nyúlványok



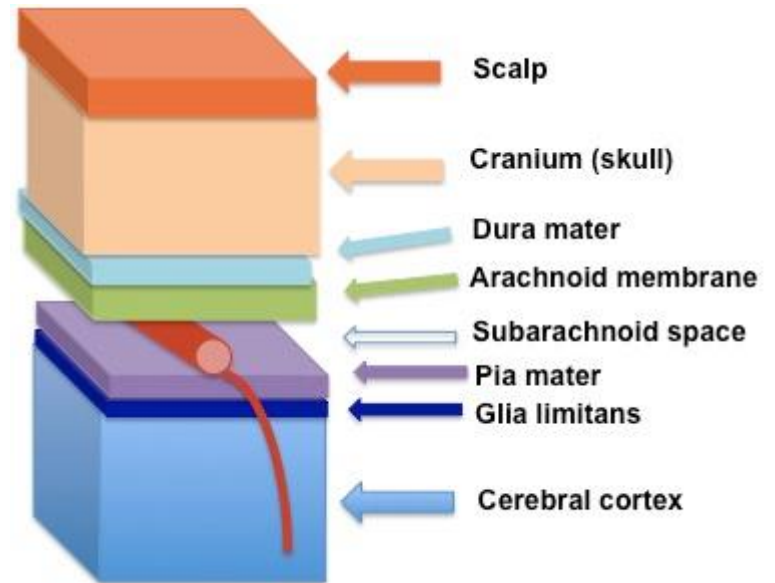
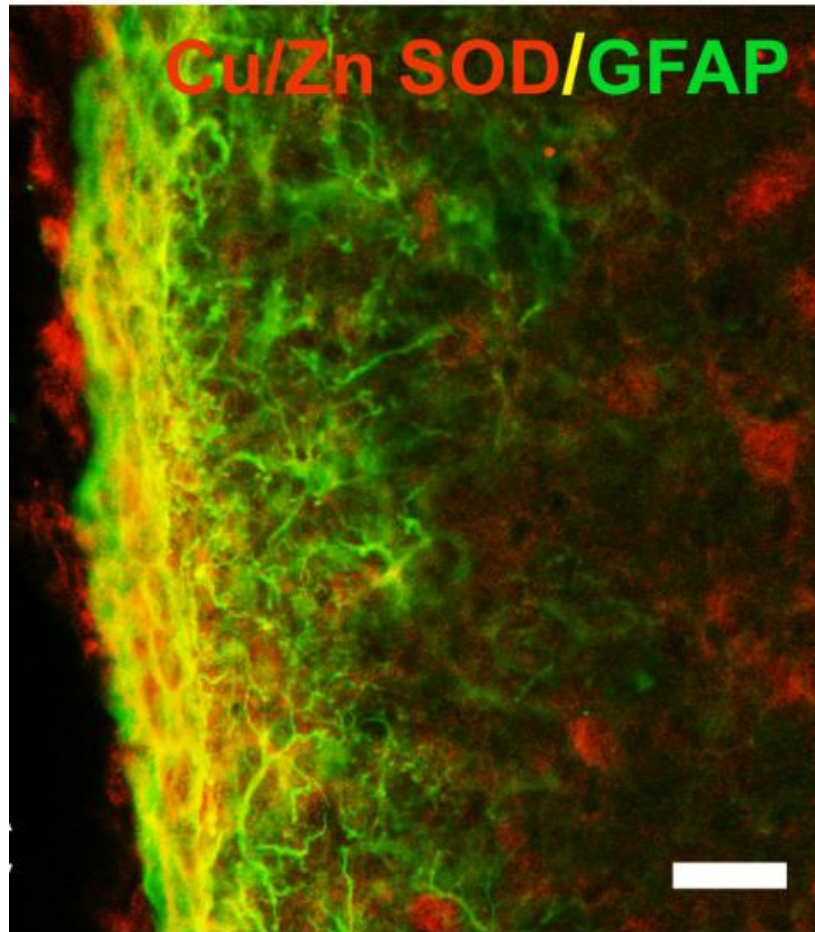
GFAP: glial fibrillary acidic protein, intermediier filament



# Az asztrociták számos funkcióval rendelkeznek



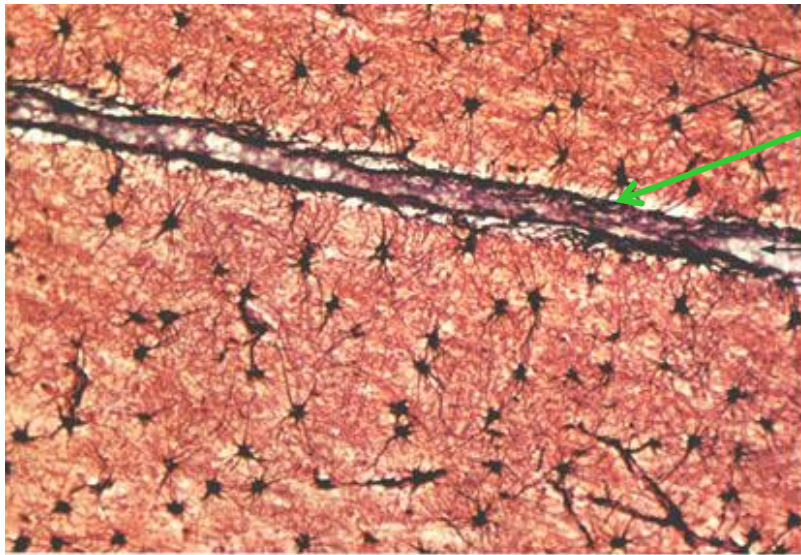
# Glia limitans: mechanikai és immunológiai barrier



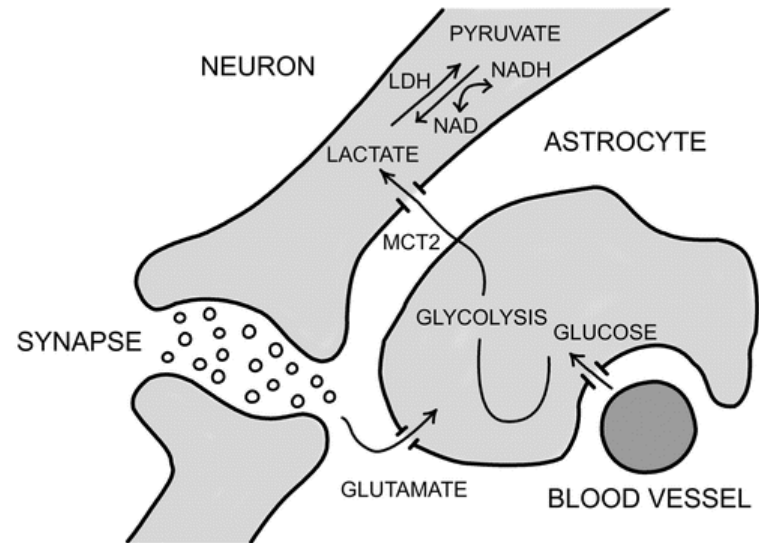
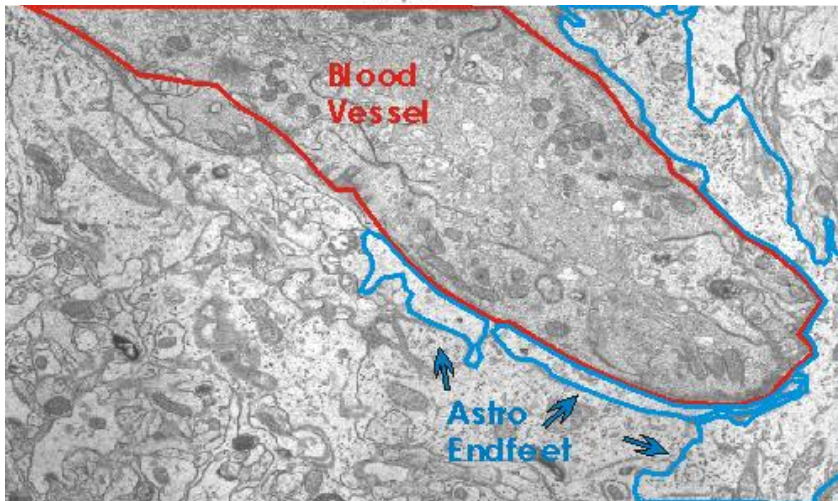
**Membrana limitans gliae superficialis** asztrocita végtalpak alkotta barrier, ami a pia mater alatt húzódik.

**Membrana limitans gliae perivascularis:** gliavégtalpak bélése a perivascularis tér körül.

# Az asztrociták és a neuronális aktivitás szabályozása



Membrana limitans gliae perivascularis

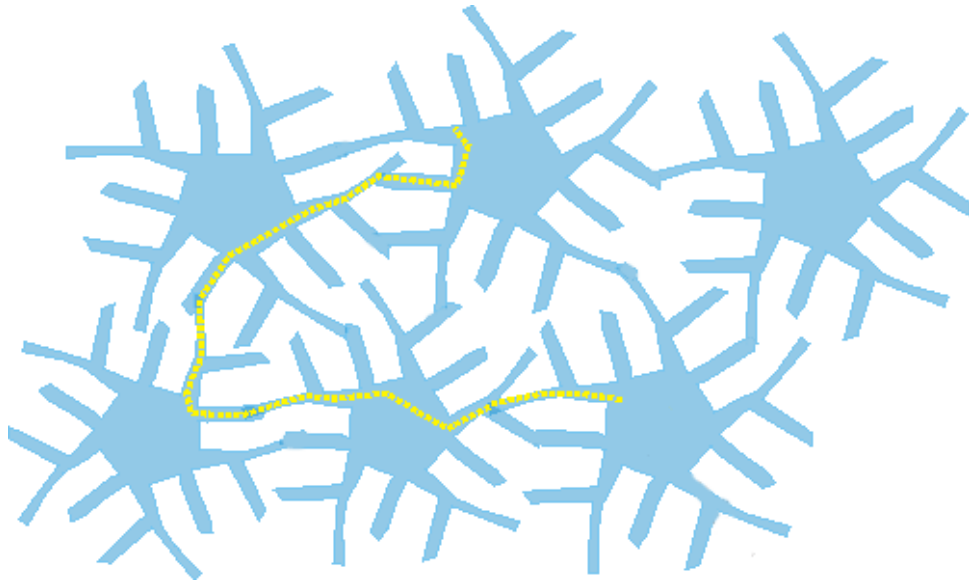


A glutamát stimulálja a glukóz felvételt az asztrocitákban és az azt követő laktát release-t.

A neuronális aktivitás a glia által kibocsátott tápanyagmennyiségtől függ. Az ellátás ugyanakkor aktivitásfüggő.



# Az asztrociták a neuropilben hálózatot, *syncytiumot* alkotnak

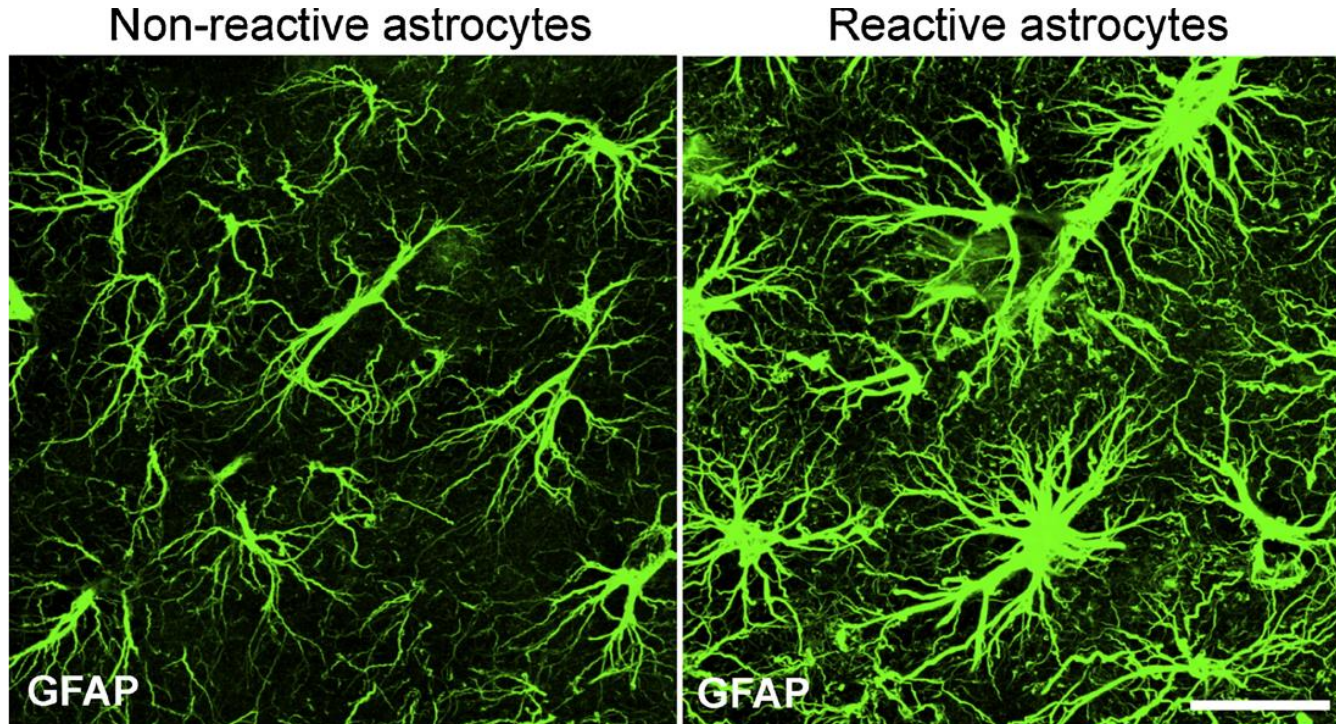


Az információ a hálózatban integrálódik.



Az asztrociták nem szinaptikusan, rés kapcsolatokon át kommunikálnak egymással (nyilak).

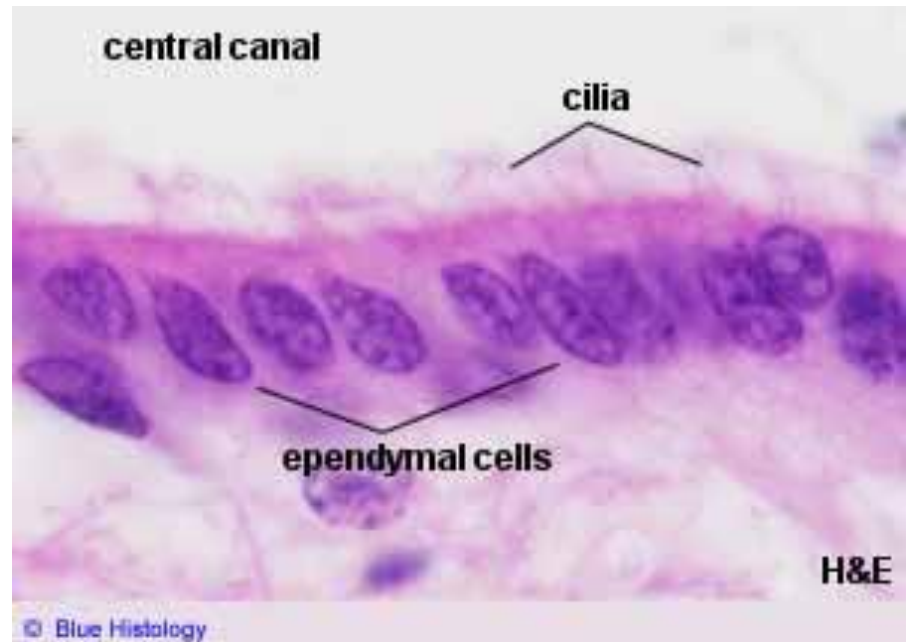
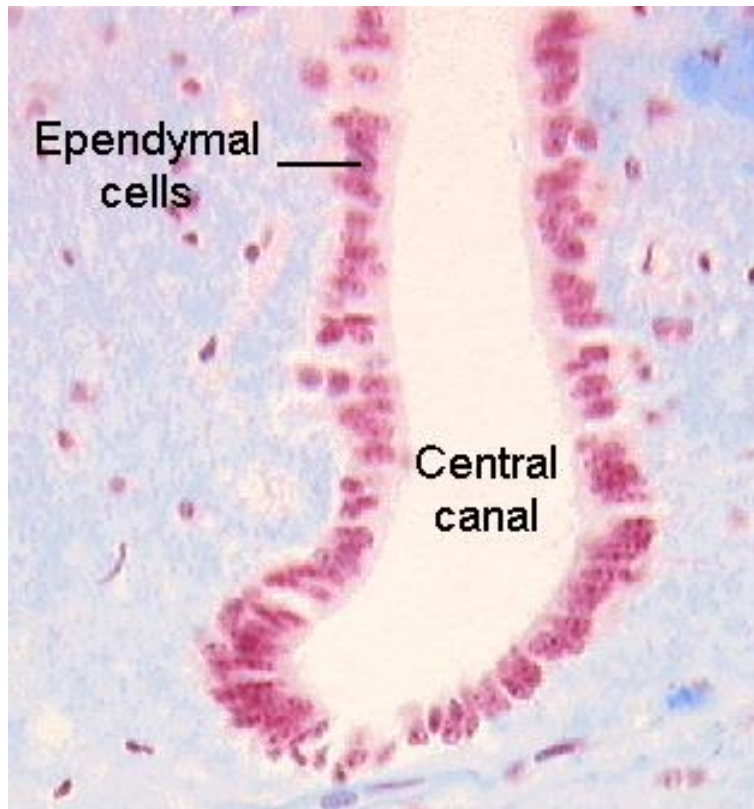
# Reaktív gliosis



Neuroscience Letters , 565, 17 April 2014, Pages 30-38

- **reaktív gliosis**, az asztociták aktiválódnak és összegyűlnek
- **stimulus**: agyvérzés , trauma, tumor, neurodegeneratív betegség
- **glia hegszövet**: a reaktív asztrociták és a microglia által képzett szövet, elszigeteli a sérült területet

# Ependyma: az agykamrák és a canalis centralis belső bélése



ependyma réteg - egyrétegű köbhám

Módosult glia sejtek: choroid plexusban – liquor termelés  
tanycták – III. kamra basalis része





**Köszönöm a figyelmet !**