

# Přednáška 11

## Nervový systém

- Připomenutí stavby nervové tkáně
- Stavba šedé hmoty – mícha, mozeček, kůra mozková (iso- a allocortex)
- Periferní nervový systém - periferní nervy a ganglia
- Nejčasnější fáze vývoje nervového systému
- Histogeneze nervové trubice
- Vývoj mozku a míchy

Brno, Listopad 2024

# Nervový systém - Histologicky

Sestává ze 3 strukturálně odlišných složek:

## Nervová tkáň

### Krevní cévy

kapiláry, arterioly a venuly, které hustě prostupují nervovou tkáň

### Pojivová tkáň

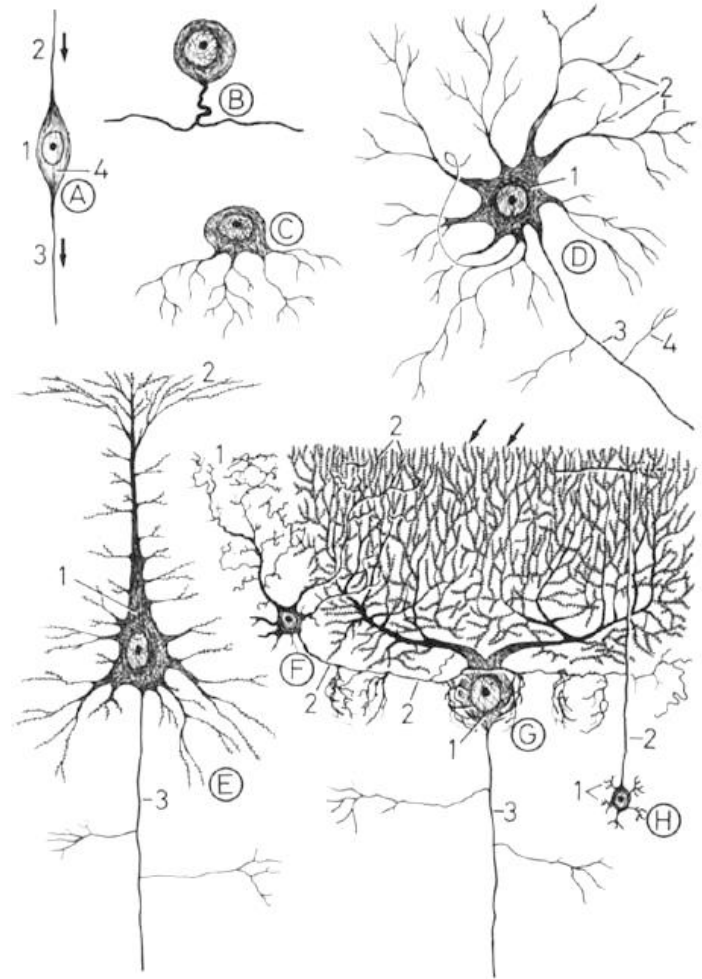
- Chrání všechny složky a je organizována do:
  - **pleny** – obdávají mozek a páteřní míchu
  - **epi-, peri- a endo-neurium** – pojivová tkáň uvnitř a na povrchu nervů
  - **tenkostěnná pouzdra** – obdávají sensitivní a autonomní ganglia

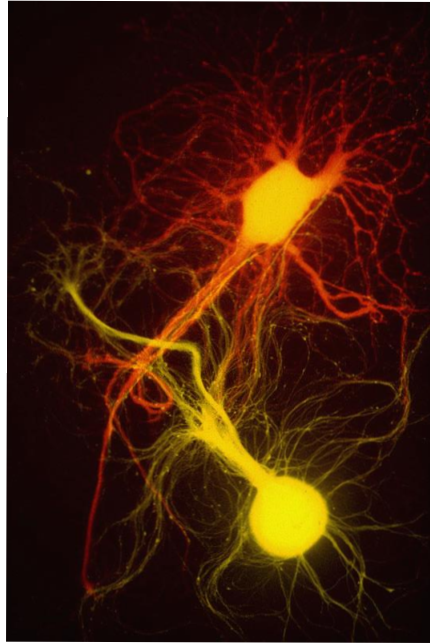
# Nervová tkáň – Obecné znaky

Nervová tkáň je tvořena **pouze dvěma typy buněk**:

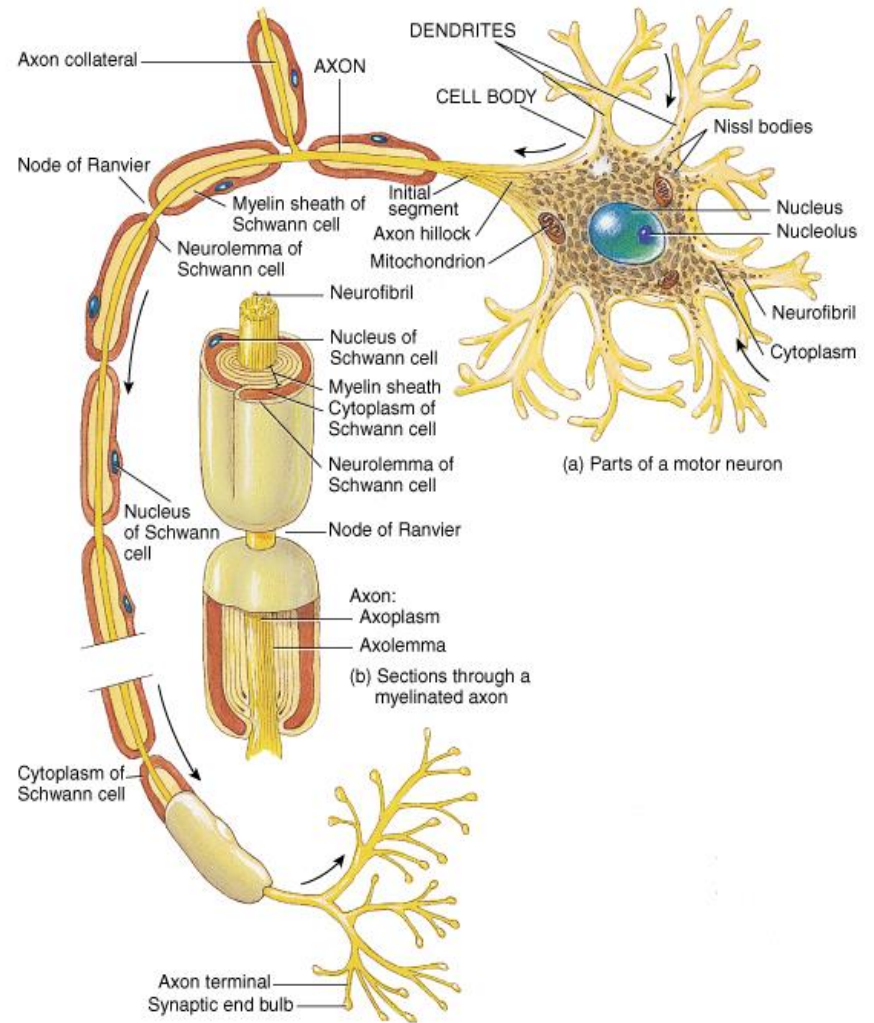
- **Neurony**
- **Neuroglie - gliové buňky** (podpůrné)

**Neurony** – vysoce specializované buňky, které přenášejí signály (impulzy)





# Neuron



1. **Perikaryon (neurocyt)**

2. **Výběžky**

(jednosměrný přenos signálu)

- **axon**

(vždy pouze jeden; centrifugální přenos)

- **dendrit(y)**

(centripetální přenos)

# Neuron - Perikaryon

## Umístění:

CNS – šedá hmota

PNS – ganglia

## Tvar:

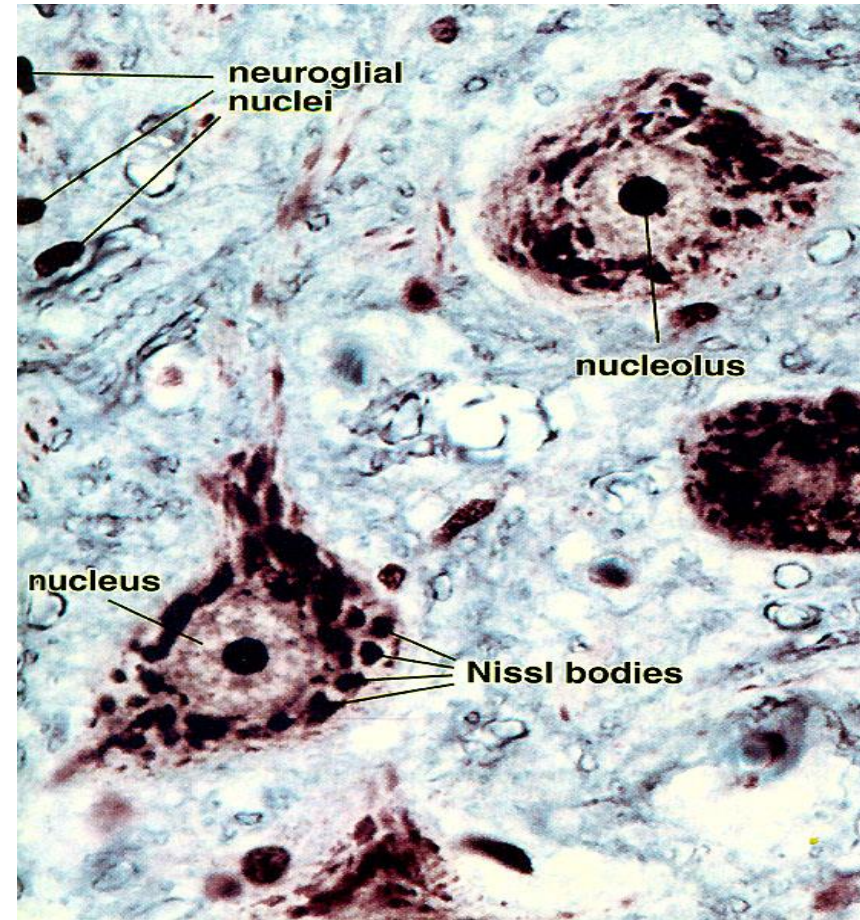
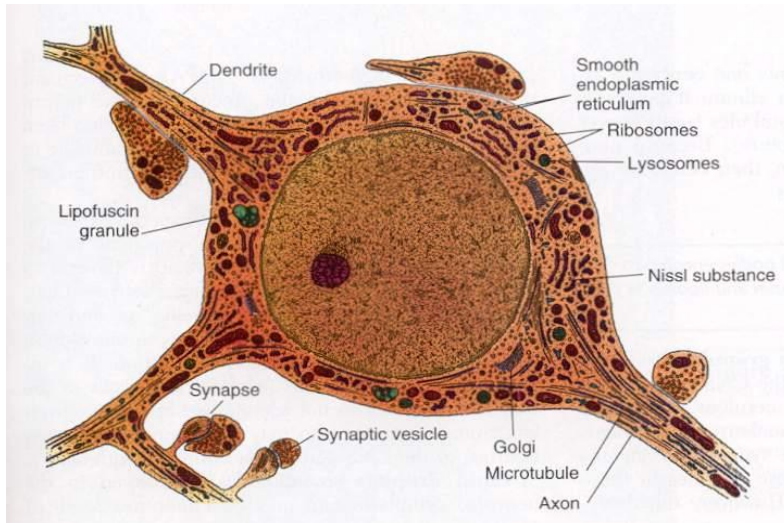
pyramidový, sférický, vejčitý, hruškovitý

## Velikost:

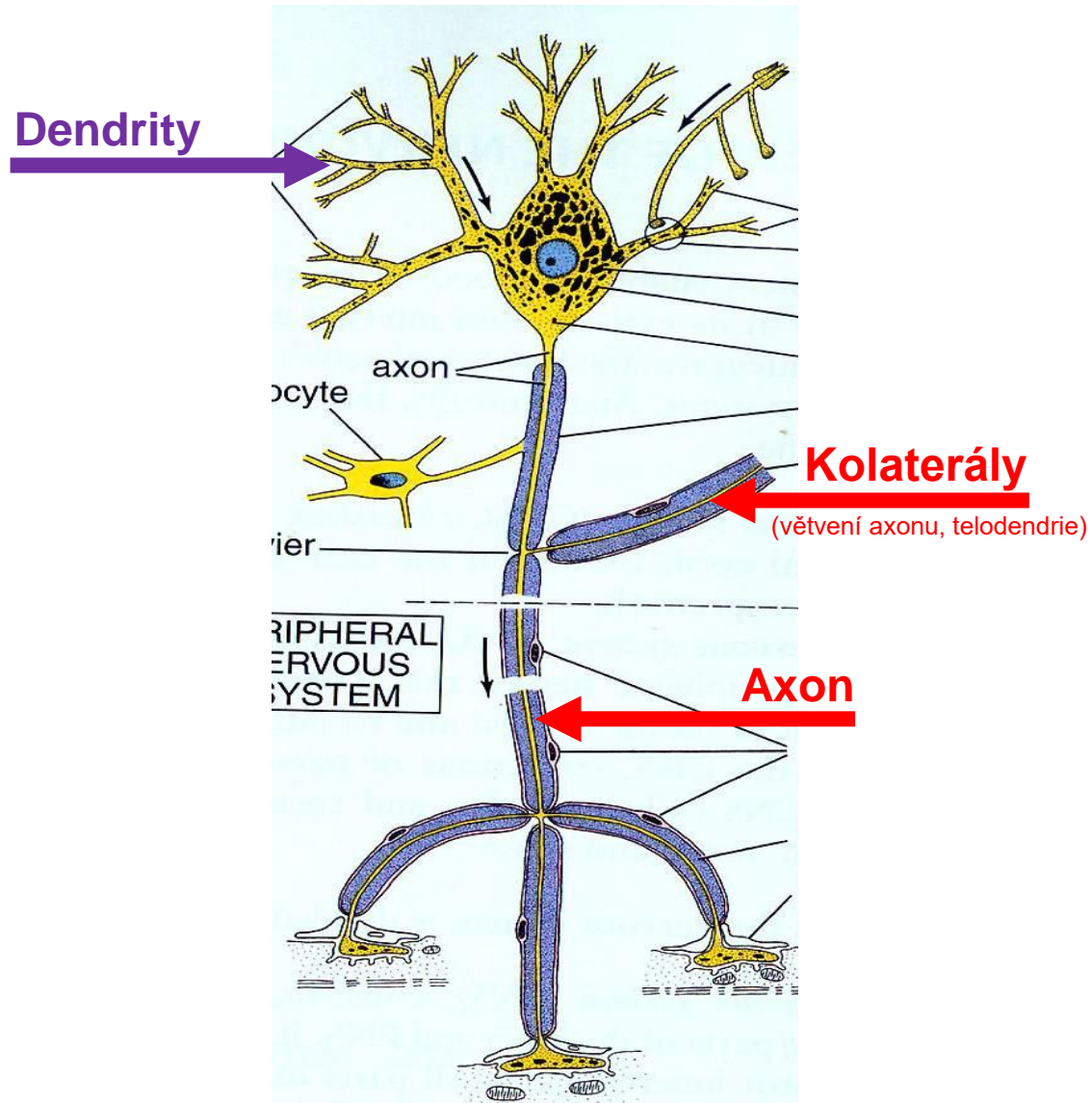
5 to 150  $\mu\text{m}$

## Organely:

- Jádro – velké + světlé + prominentní jadérka
- Nisslova substance – drsné ER
- Neurofibrily (neurofilamenta + neurotubuly + aktin)
- Lipofuscin



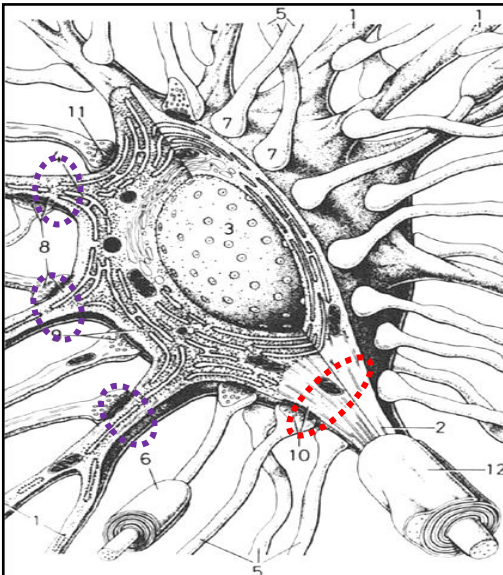
# Neuron – Výběžky



# Neuron – Výběžky

## Dendrity

- Přenáší signály **směrem k tělu neuronu**
- Typicky **krátké, velmi větvené & nemyelinizované**
- Povrchy pro kontakt s jinými neurony
- Obsahuje **neurofibrily & Nisslovu substanci**
- Obsahuje **MAP-2** (rozdíl od axonu)
- Desítky tisíc spojů (synapsí na velkých dendritech)
- **Dendritické trny** na dendritech některých neuronů
- Počet dendritických trnů klesá s věkem a špatnou výživou



## Axon (nervové vlákno)

- 1 axon odstupuje z těla neuronu – **odstupový konus**
- **Odstupový konus** – kónická oblast těla neuronu – neobsahuje **Nisslovu substanci**
- Některé axony mohou měřit až **100 cm**
- **Iniciální segment** - část axonu od jeho začátku po začátek myelinové pochvy
- **Iniciální segment** – oblast, kde se sumací excitačních a inhibičních signálů generuje finální signál
- **Kolaterální větve – Terminální arborizace – Telodendrie**
- **Myelinizované** nebo **nemyelinizované**
- Přenáší impulzy **směrem od těla neuronu**
- **Terminální knoflík** – združení na konci axonu, obsahuje synaptické váčky s neurotransmitery
- Buněčná membrána = **axolema**
- Cytoplasma = **axoplasma**

**Bílá hmota:** oblasti s myelinizovanými axony

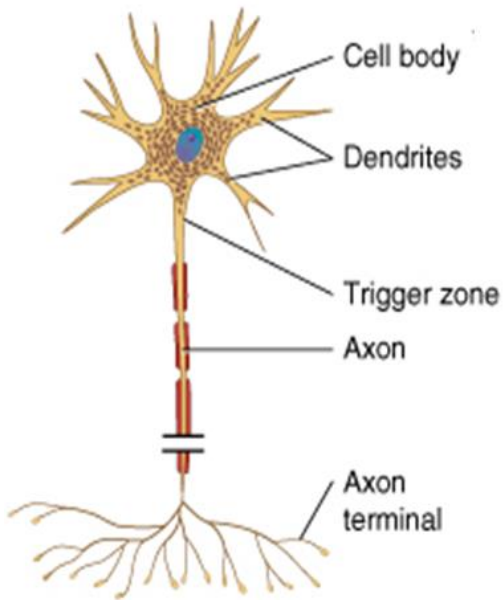
**Šedá hmota:** oblasti s nemyelinizovanými axony, těly buněk a dendrity

# Neuron – Klasifikace 1

Podle počtu a uspořádání výběžků

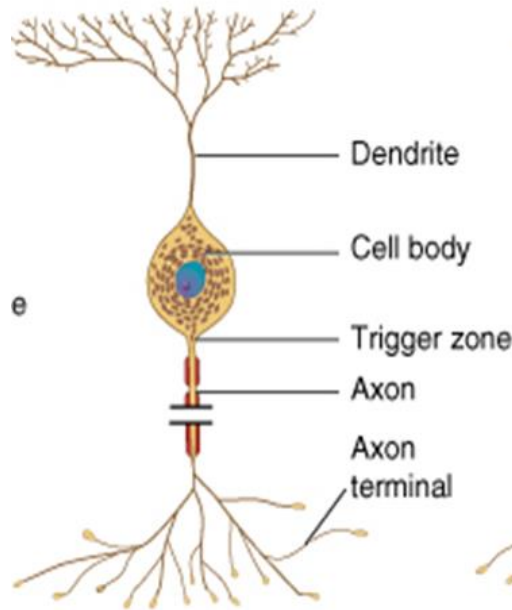
## Multipolární

několik dendritů & jeden axon  
(nejrozšířenější typ)



## Bipolární

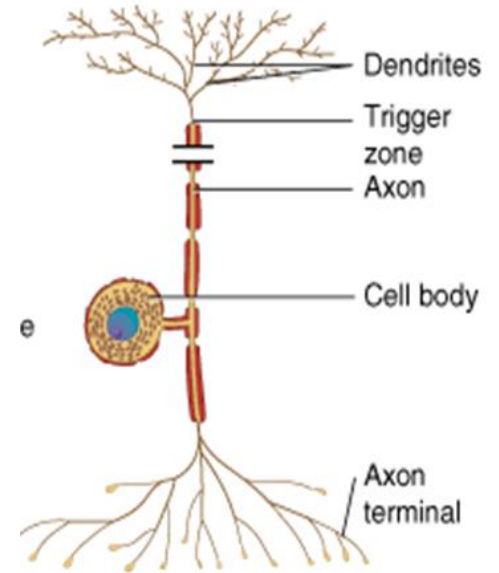
jeden dendrit & jeden axon  
(retina, vestibulární a kochleární ganglia)



## Unipolární

(pseudounipolární)

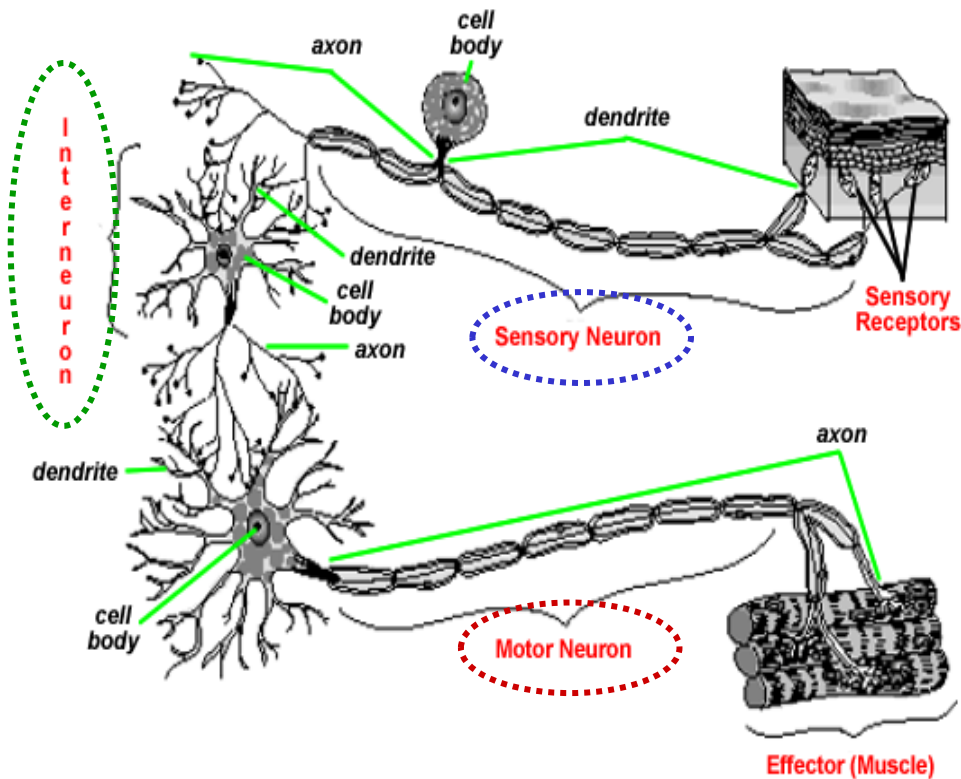
pouze jeden výběžek  
(senzitivní spinální ganglia)





# Neuron – Klasifikace 2

## Podle funkce



### Motorické (eferentní) neurony:

- přenáší impulzy ke svalům, jiným neuronům a žlázám

### Senzitivní (aferentní) neurony:

- snímají a přenášejí signály

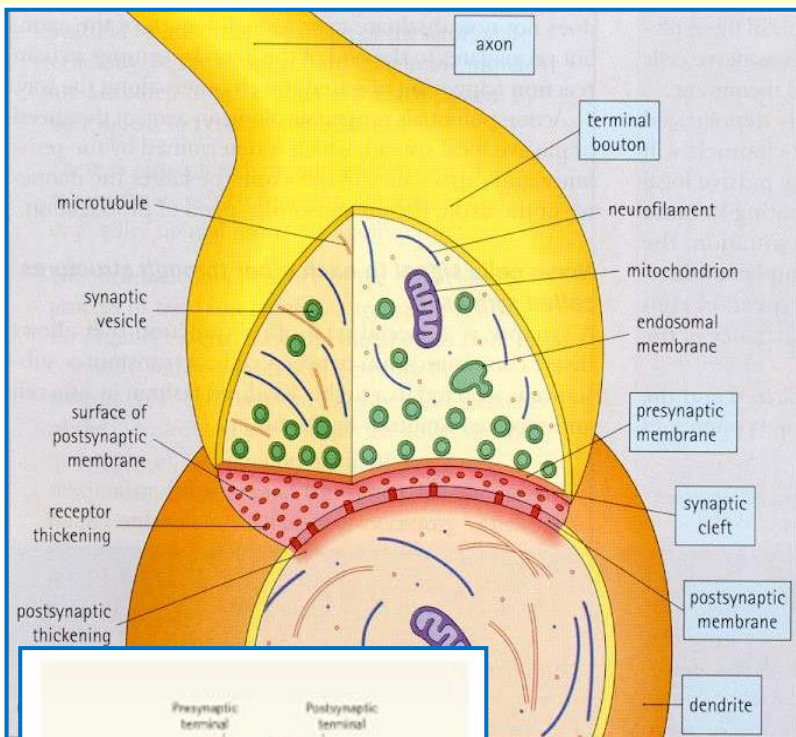
### Interneurony:

- vytváří lokální síť

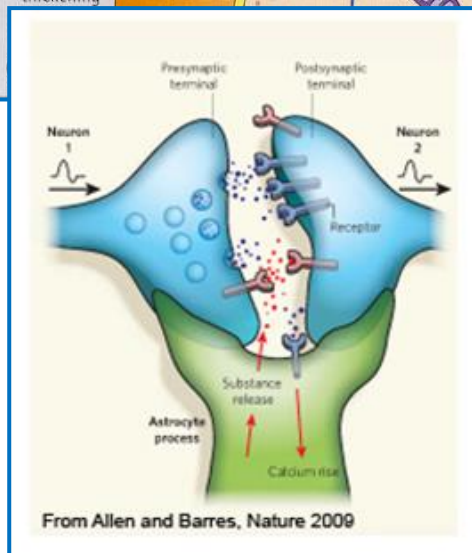
# Synapse

## Definice

Synapse jsou vysoce specializované buněčné spoje, které vzájemně spojují neurony (ve všech drahách)

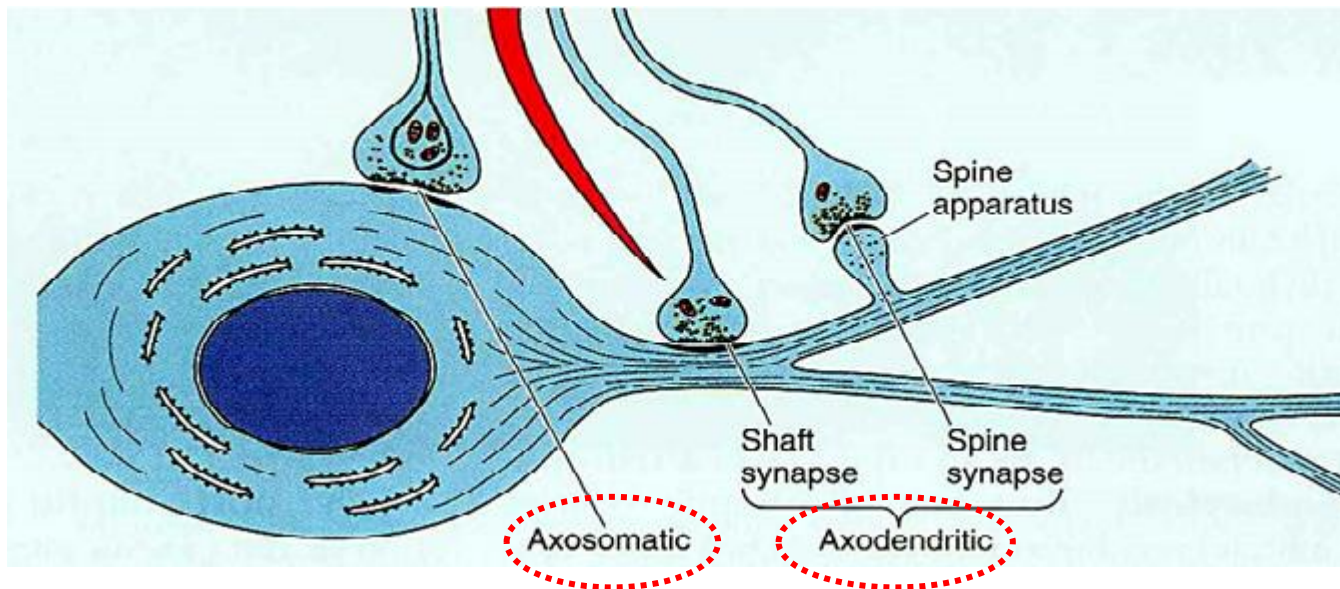


- **Terminální knoflík** – zakončení axonu
- **Presynaptická membrána** – obsahuje mitochondrie a synaptické váčky s neurotransmitery
- **Synaptické váčky** (menší + větší – zásobní)
- **Postsynaptická membrána** – nese receptory pro neurotransmitery a další denzní materiál
- **Synaptická štěrbina** - 20-30 nm šířka, obsahuje jemná filamenta
- Se synapsí jsou asociovány **gliové buňky**
- **Asymetrické synapse - excitační** (ztlustělá postsynaptická membrána a 30 nm synaptická štěrbina)
- **Symetrické synapse - inhibiční** (tenká postsynaptická membrána a 20 nm synaptická štěrbina)
- Zviditelnění ve světelném mikroskopu vyžaduje speciální barvení



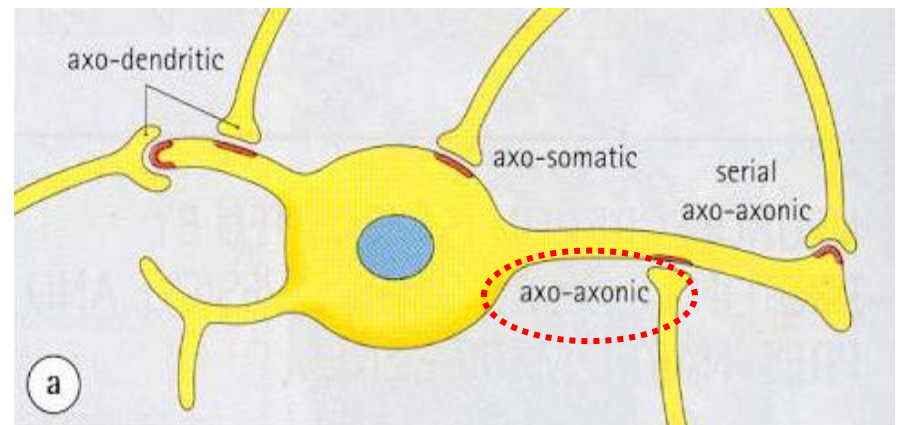
# Synapse

## Klasifikace podle **participujících struktur**



**Axodendritické**  
**Axosomatické**  
**Axoaxonální**

**Poznámka:**  
**Neuromuskulární spojení** – synapse mezi neuronem a efektorovou svalovou buňkou



# Neuroglie – Gliové buňky

## Obecné vlastnosti

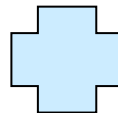
- **ne-neuronální buňky** – několik různých typů
- podporují a chrání neurony
- spojují neurony k sobě a tvoří podpůrnou **kostru nervové tkáně**
- během vývoje **navádějí migrující neurony** do jejich destinací
- zralé neurony, které nejsou v kontaktu synapsemi
- brání vzájemnému kontaktu mezi neurony (izolace)
- „**ladí**“ aktivitu signálních drah
- ve světelném mikroskopu jsou vidět pouze jejich jádra
- každý neuron je v kontaktu s několika gliovými buňkami

Počet **neuronů**: asi **100 bilionů až 1 trilion**

Počet **gliových buněk**: **50x více** než neuronů

## Centrální neuroglie

- Astrocyty
- Oligodendrocyty
- Mikroglie
- Ependymové buňky

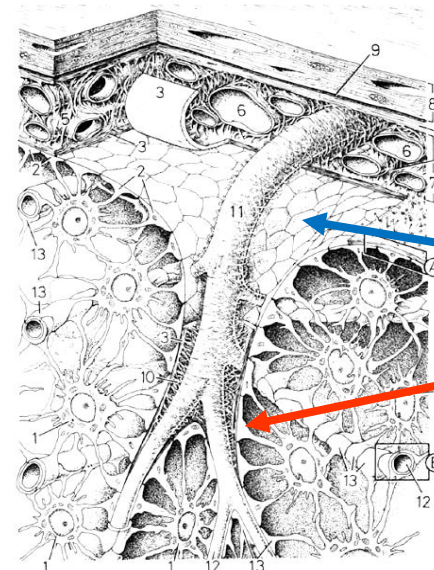
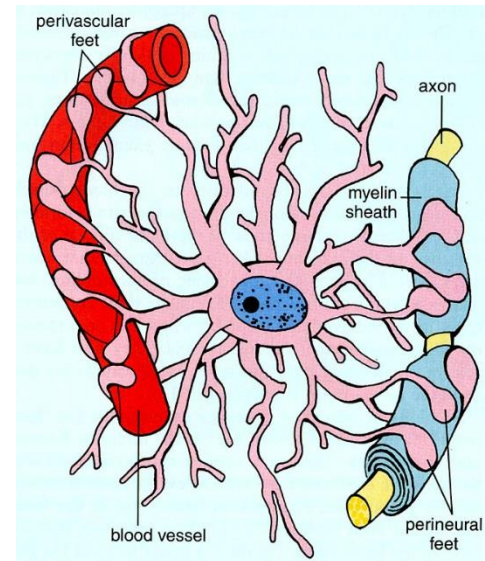


## Periferní neuroglie

- Schwannovy buňky
- Satelitové (plášťové) buňky

# Neuroglie – Astrocyty

- **nejhojnější** gliové buňky CNS
- **pokrývají celý povrch mozku a většinu nesynaptických oblastí neuronů v šedé hmotě**
- **mají četné funkce:**
  - ✓ tvoří **podpůrnou kostru** nervové tkáně
  - ✓ mají výběžky (**perivaskulární nožky**), které jsou v kontaktu s kapilárami a spoluformují **hematoencefalickou bariéru**
  - ✓ přeměňují krevní glukózu na **laktát** a předávají jej jako **výživu neuronům**
  - ✓ produkují „**nervové růstové faktory**“, které řídí růst neuronů a formování synapsí
  - ✓ komunikují elektricky s neurony a **ovlivňují tak přenos signálu na synapsích**
  - ✓ regulují chemické složení tkáňového moku **absorbováním neurotransmiterů a iontů**
  - ✓ **astrocytóza** – tuhá jizva tvořená astrocyty v oblasti, kde došlo k úmrtí neuronů
  - ✓ obsahují **GFAP**



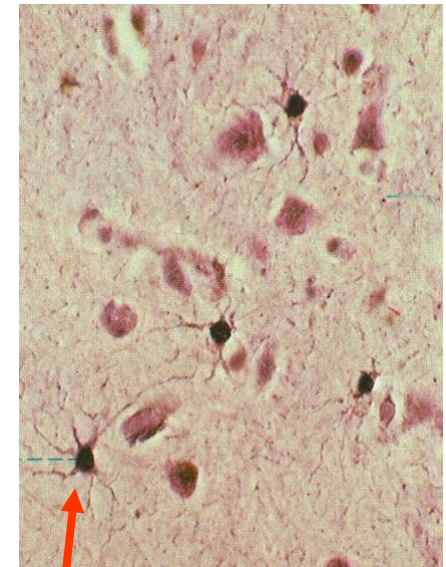
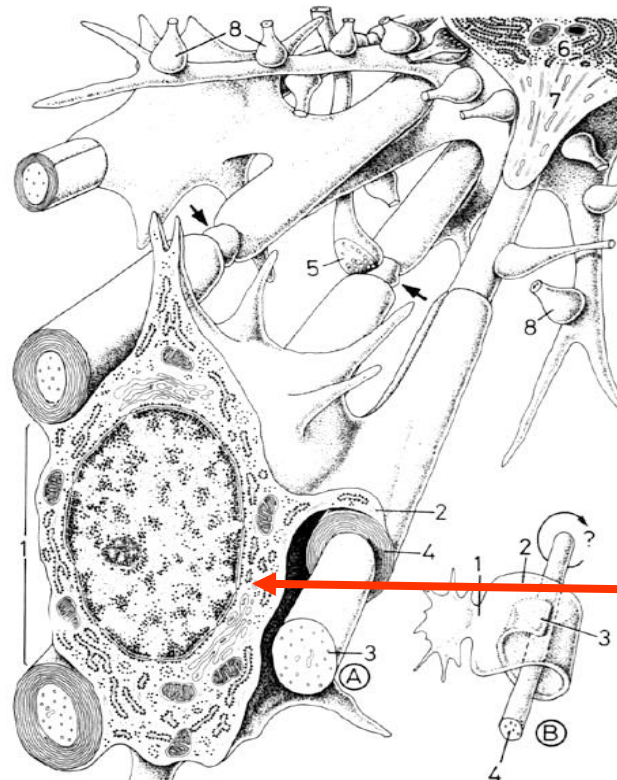
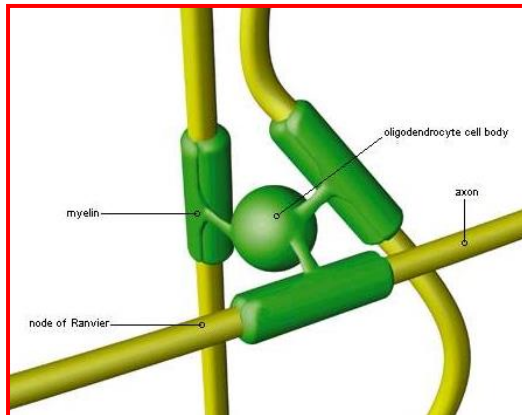
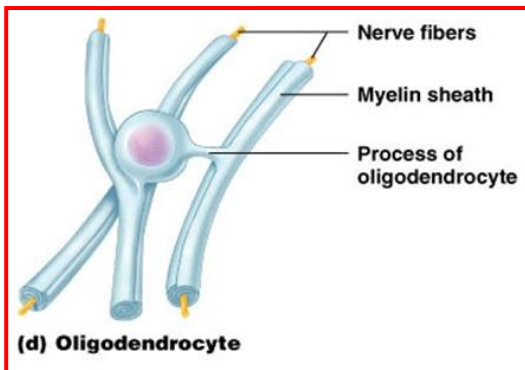
Membrana limitans gliae...

...superficialis

...perivascularis

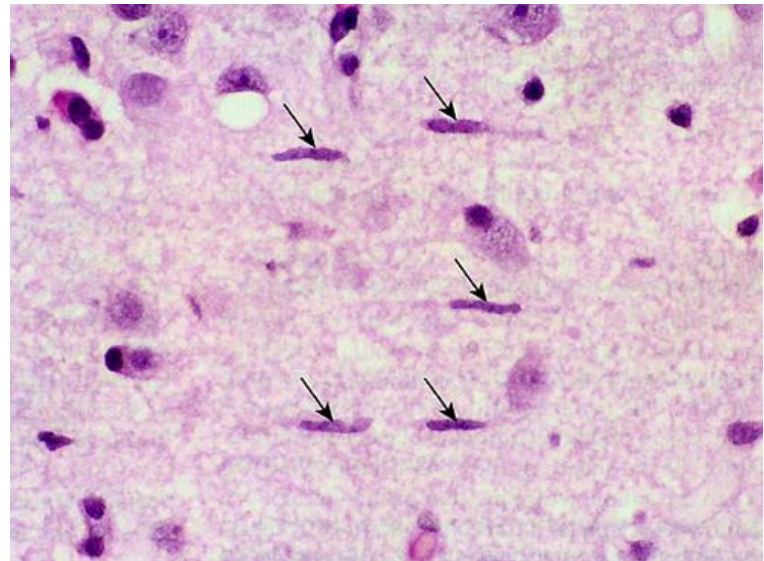
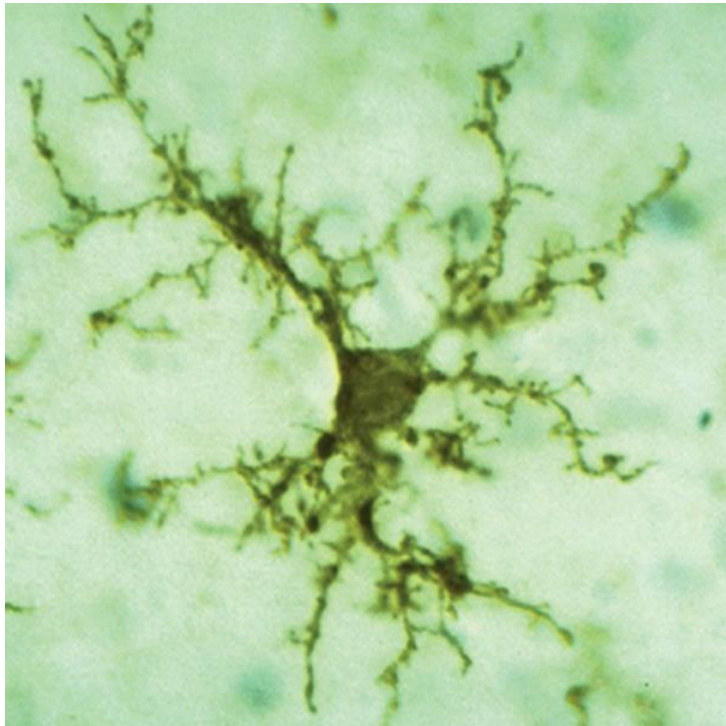
# Neuroglie - Oligodendrocyty

- ✓ menší než astrocyty; tmavší, okrouhlé jádro, hojně RER, hojný golgiho aparát
- ✓ tvoří **myelinové pochvy v CNS**
- ✓ jedna buňka obsluhuje **více jak jeden axon**
- ✓ **nemohou migrovat kolem axonů** (na rozdíl od Schwannových buněk) – vtlačují nové vrstvy myelinu pod již existující směrem k nervovému vláknu
- ✓ neurilema ani endoneurium kolem nervových vláken v CNS nevytváří
- ✓ výběžky obklopují axony a vytváří **izolační vrstvu urychlující přenos signálů**
- ✓ **roztroušená skleróza** – důsledek poškození funkce oligodendrocytů



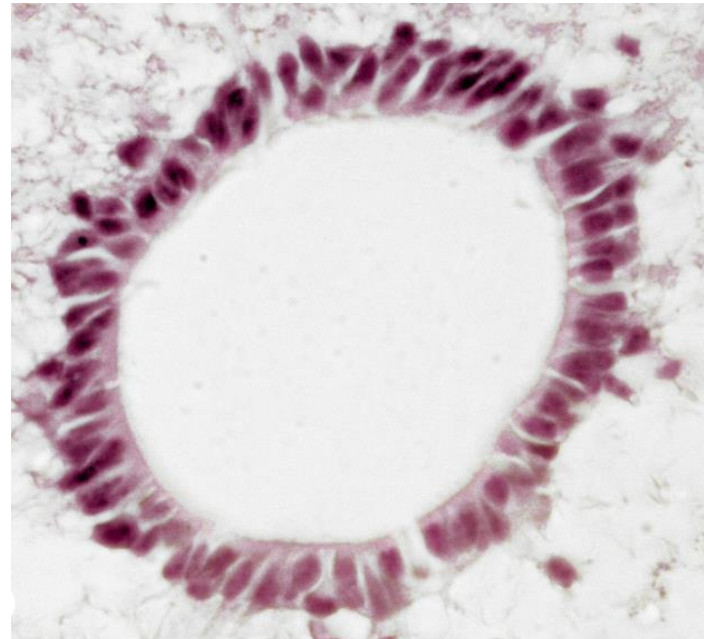
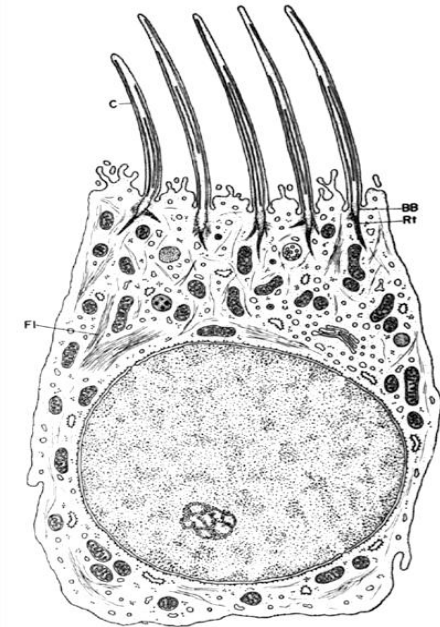
# Neuroglie - Mikroglie

- ✓ **nejmenší** neurogliové buňky
- ✓ malá, tmavá, **protáhlá jádra**
- ✓ mají **fagocytární** vlastnosti
- ✓ jsou-li aktivovány – **antigen prezentující buňky**
- ✓ mají původ v kostní dřeni (**mezodermální**)



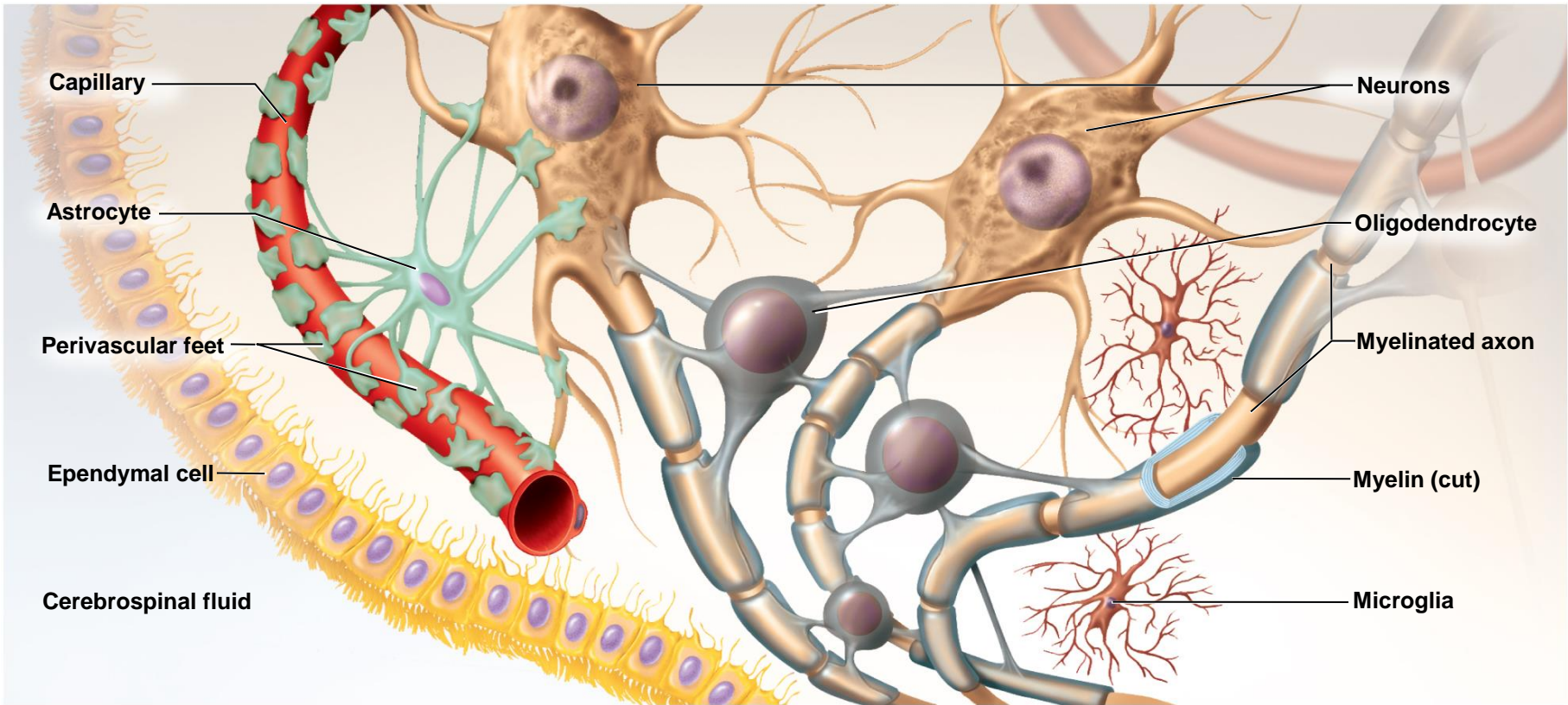
# Neuroglie – Ependymové buňky

- ✓ vystylají komory v mozku CNS a míšní kanál
- ✓ kubické až nízké cylindrické
- ✓ chybí bazální lamina
- ✓ produkují **cerebrospinální mok** (CSM)
- ✓ některé jsou opatřeny řasinkami (pohyb CSM)
- ✓ spoluvytváří ***Plexus choroideus***





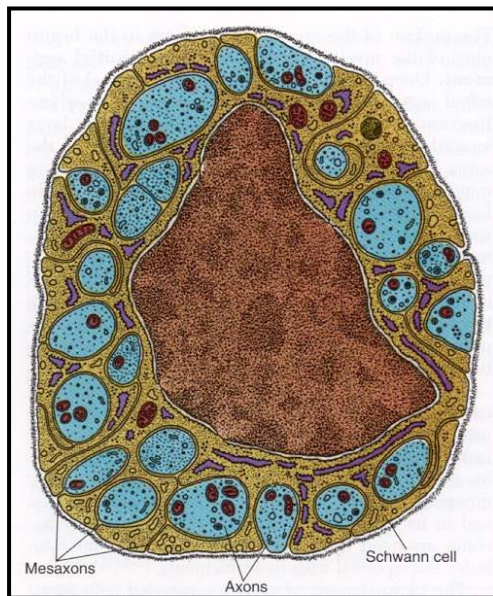
# Neuroglie – CNS - Sumarizace



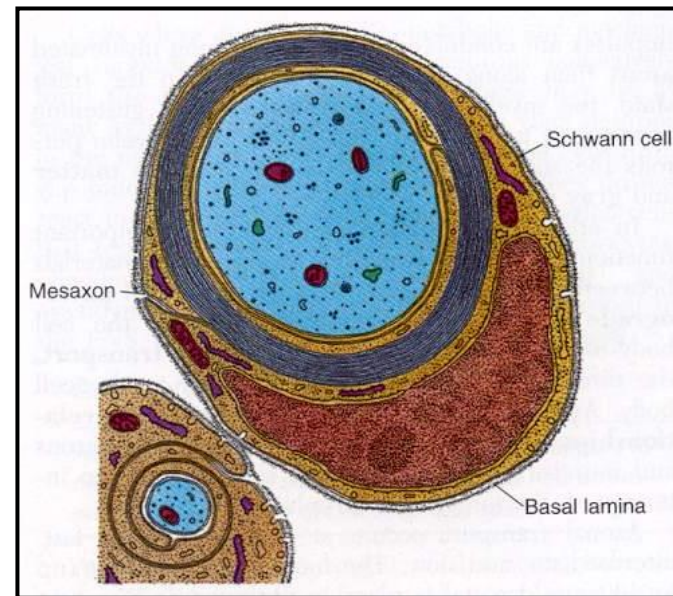
# Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

- buňky, které ovinují všechny axony v PNS
- poskytují strukturální a metabolickou podporu axonům
- poskytují vedení (navigaci) pro růst axonů

## Axony malého průměru Obdávají je cytoplasmou



## Axony velkého průměru Obtáčejí je myelinovou pochvou



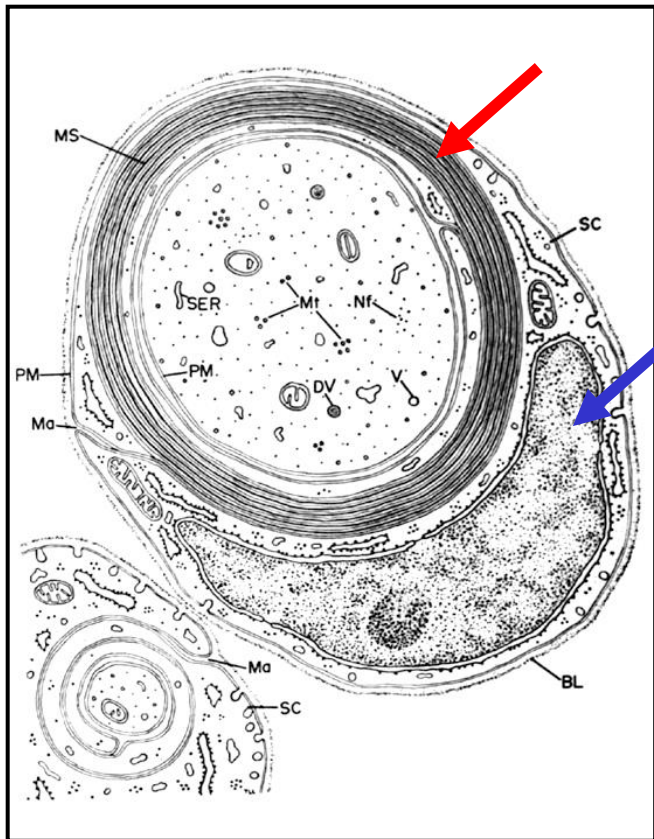
X

pouze Schwannova pochva – šedá vlákna

Schwannova + myelinová pochva – dvojité konturovaná vlákna

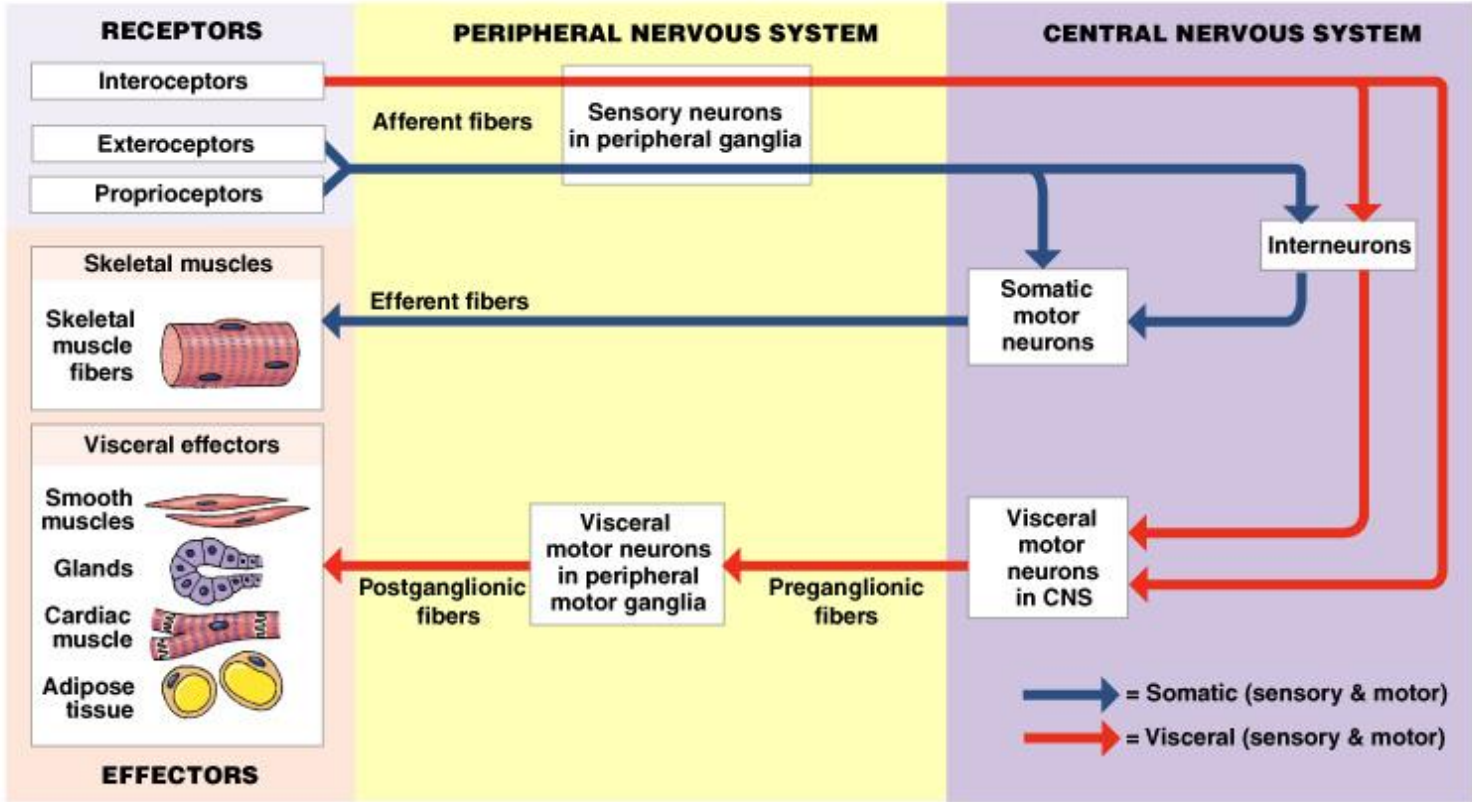
# Neuroglie PNS – Schwannovy buňky



Dvojitě konturované nervové vlákno  $\Rightarrow$  Schwannova pochva + Myelinová pochva = Neurilema



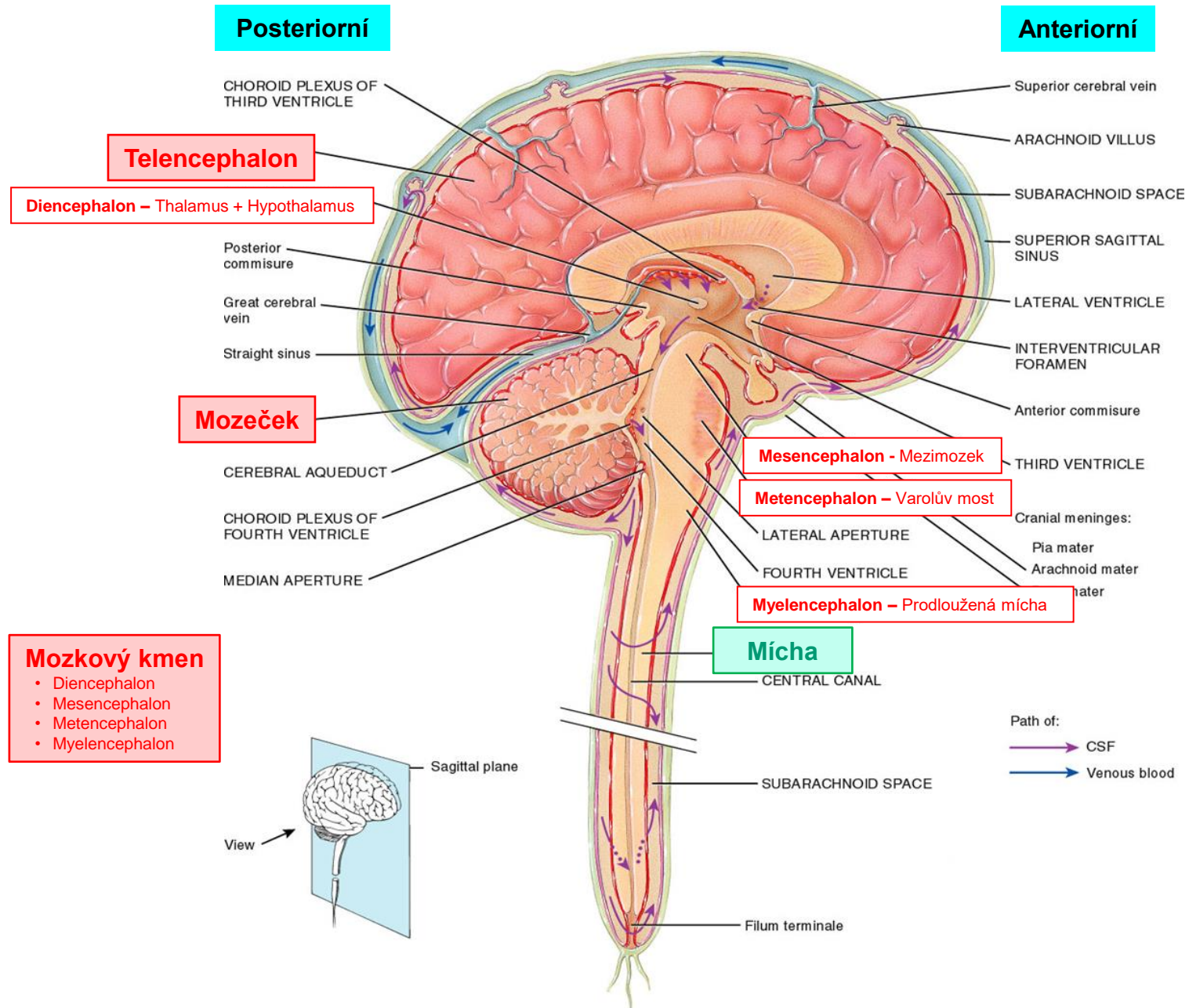
# Nervový systém – Periferní x Centrální

Centrální (CNS) je mozek a mícha + Periferní (PNS) je vše ostatní



 Somatický  
 Vegetativní

# Centrální nervový systém – Mozek + Mícha



# Centrální nervový systém – Organizace

## Šedá hmota

- **Těla buněk**
- **Nemyelinizovaná vlákna** (dendrity, proximální + distální konce axonů)
- **Neuroglie** (plazmatické astrocyty, mikroglie)
- **Kapiláry** (hemato-encefalická bariéra)

- tvoří vnější vrstvu mozku – **kůra mozku**

- tvoří **jádra** uložená hluboko v mozku = skupiny těl neuronů v CNS

- soubory jader mohou vytvářet **centra** (vyšší mozkové funkce)

## Bílá hmota

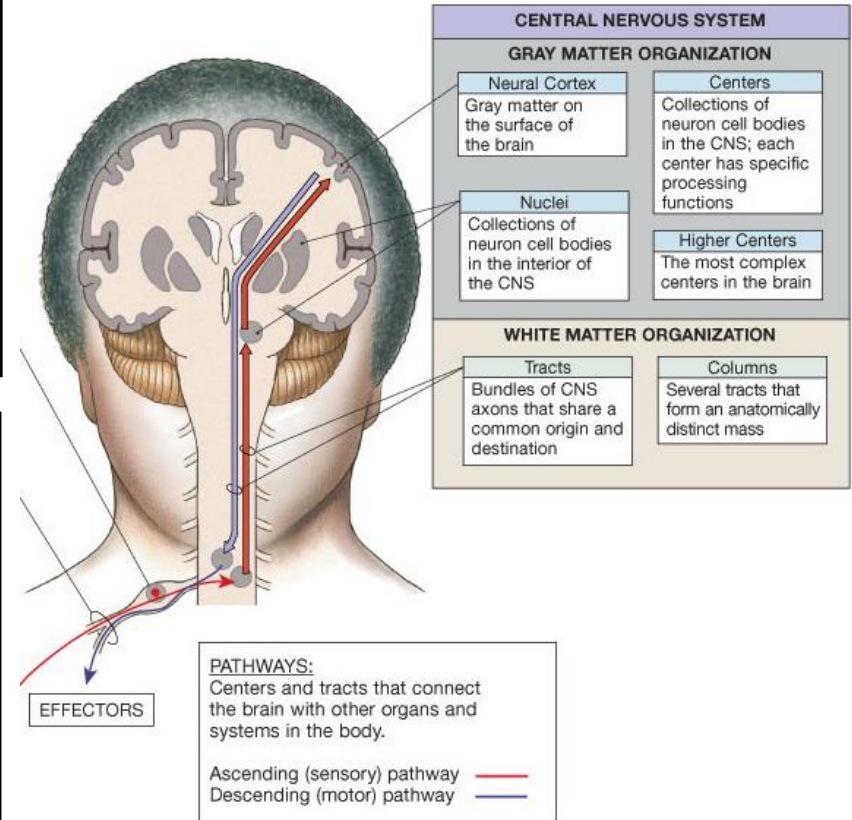
- **Myelinizované axony neuronů**
- **Neuroglie** (oligodendrocyty, fibrilární astrocyty)
- **Krevní cévy** (nižší hustota než v šedé hmotě)

### Mozek

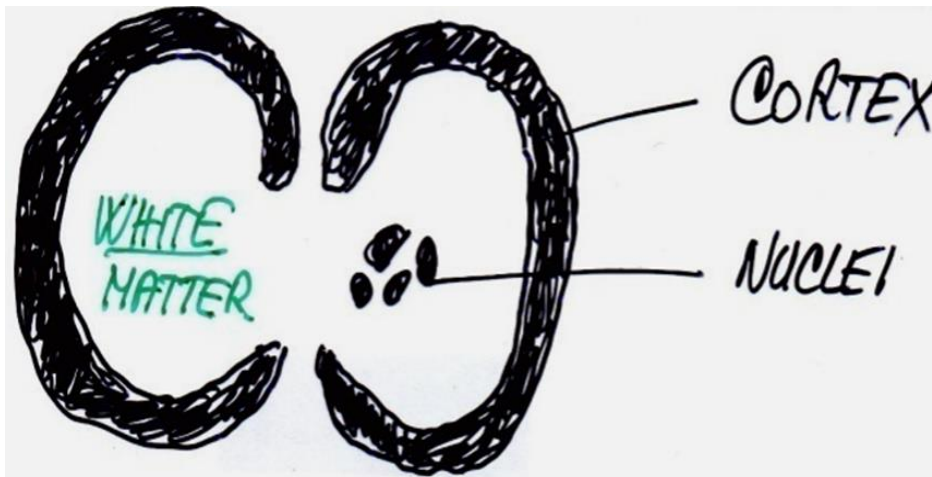
- axony se spojují dohromady a vytváří **trakty bílé hmoty**, které přenášejí signály mezi oblastmi šedé hmoty
- 3 typy traktů (**comisurální, asociační, projekční**)

### Mícha

- **senzitivní and motorické trakty** (ascendentní a descendentní)



# Centrální nervový systém – Distribuce šedé a bílé hmoty



## Telencephalon + Cerebellum

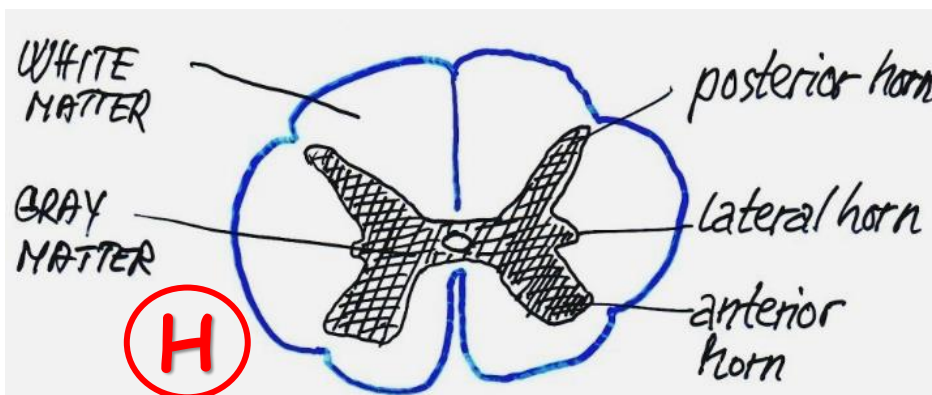
### Šedá hmota:

- tvoří hluboce zvrásněný povrch obou hemisfér - **kůra**
- tvoří ostrůvky v blízkosti komor – **telencefalická a mozečková jádra**
- centrálně lokalizováá také **v mozkovém kmeni**

### Bílá hmota:

- zaujímá vnitřní prostor hemisfér

X

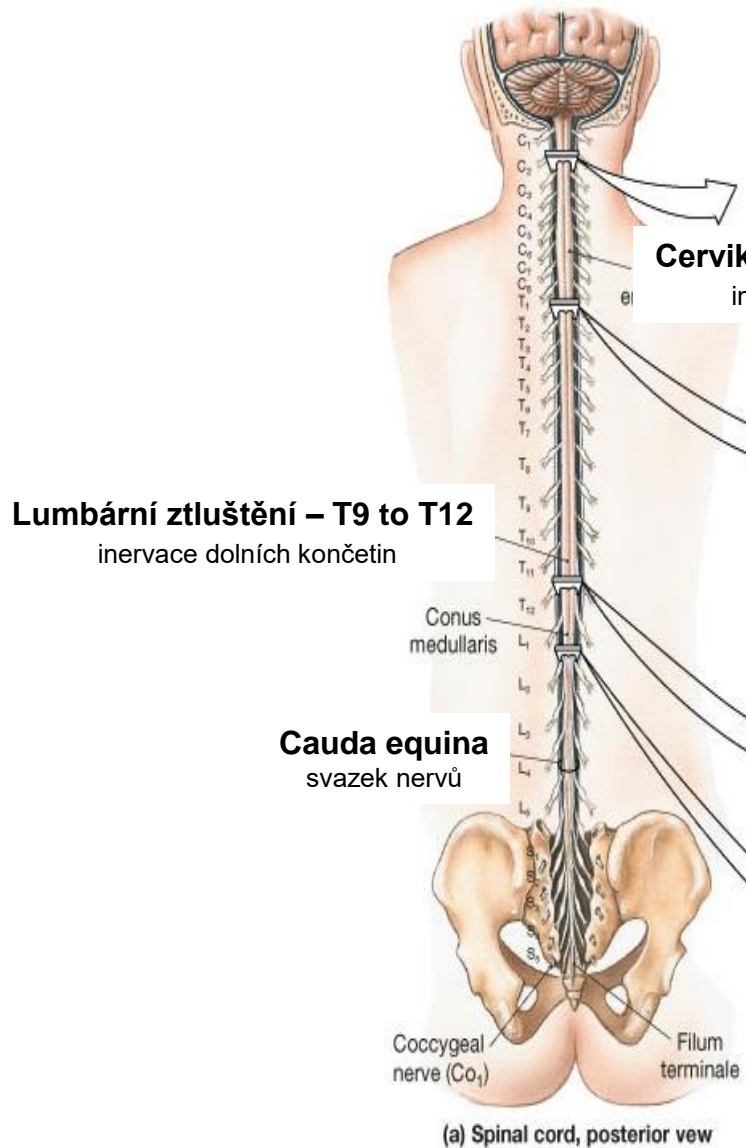


## Mícha

### Šedá hmota :

- **v centru** tvoří **střední část orgánu** - napodobuje písmeno **H**
- **periferně** je obdána provazci (*funiculi*) bílé hmoty

# Centrální nervový systém – Mícha - Anatomie

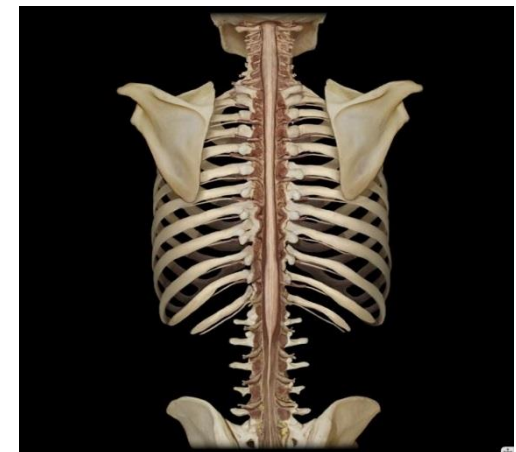


Délka cca. 40-50 cm



- Válcovitý útvar
- Kónicky se zužuje
- Bilaterálně symetrická
- Centrální kanál

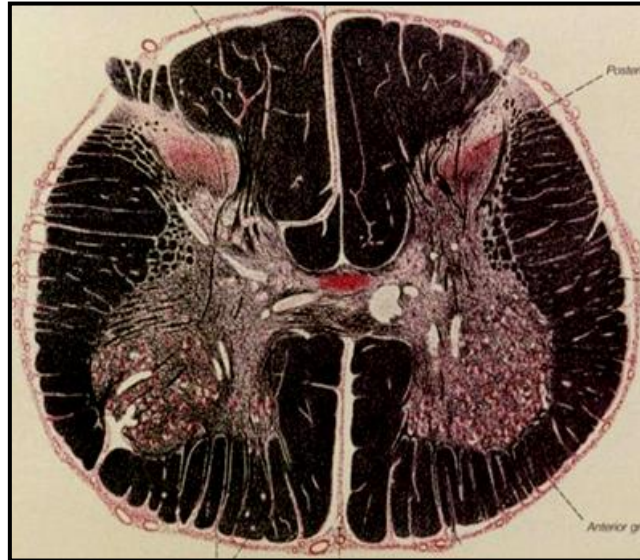
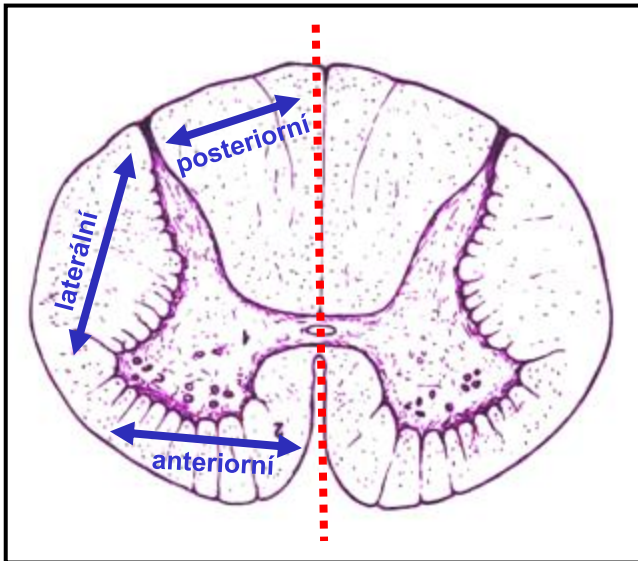
31 segmentů  
+  
31 párů *spinálních nervů*





# Centrální nervový systém – Mícha – Bílá hmota

## POSTERIORNÍ



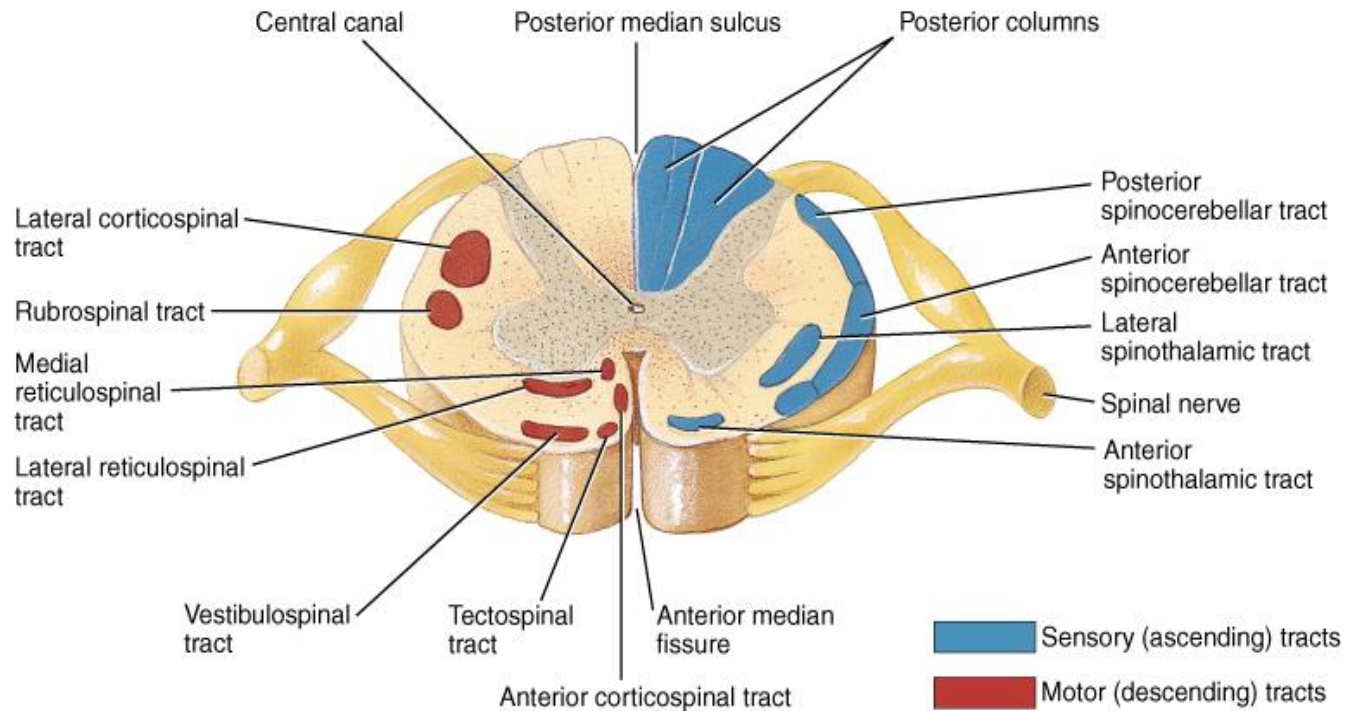
## Provazce (*Fasciculi = Funiculi* (= Sloupce)

- Anteriorní (přední) – **sensitivní trakty** + **motorické trakty**
- Laterální (boční) – **sensitivní trakty** + **motorické trakty**
- Posteriorní (zadní) – **sensitivní trakty**

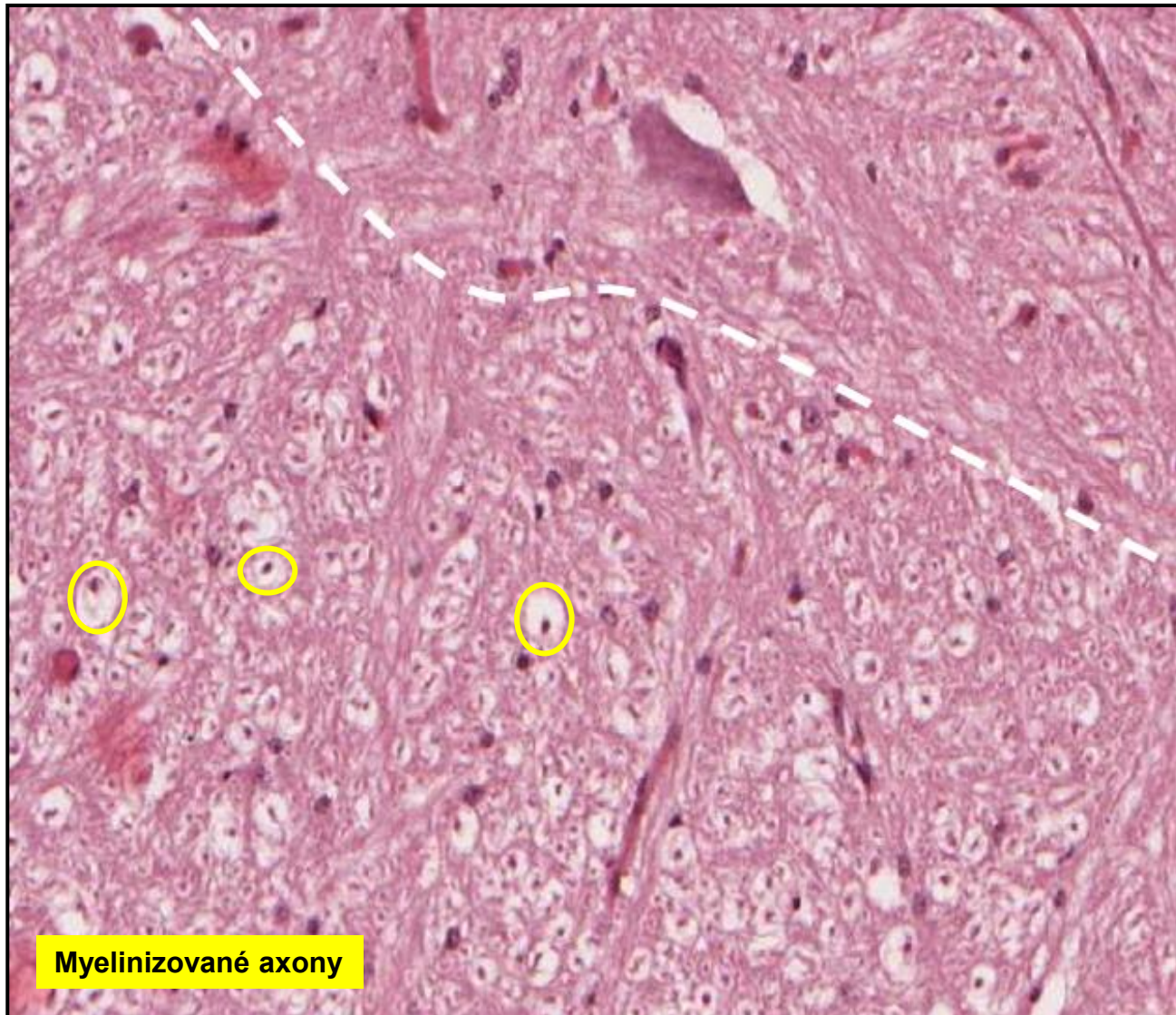
**Sensitivní = Vzestupné**  
**Motorické = Sestupné**

# Mícha – Bílá hmota - Trakty

Pouze pro demonstrační účel – není třeba si pamatovat !!!



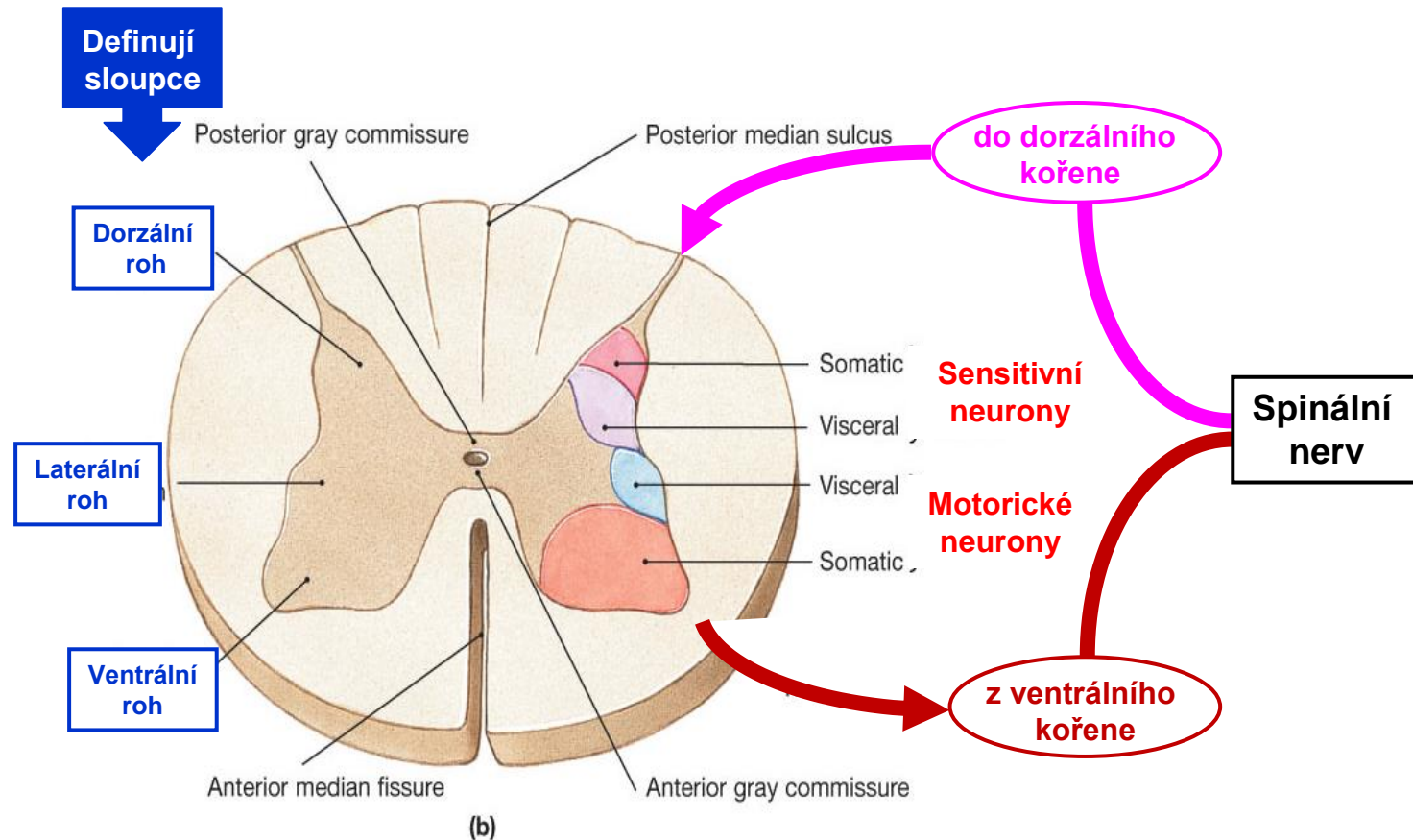
# Mícha – Bílá hmota



Šedá hmota

Bílá hmota

# Mícha – Šedá hmota – Organizace



## Neurony šedé hmoty – všechny jsou multipolární

### Motorické neurony (kořenové)

- ve ventrálních rozích
- hvězdicový tvar, těla cca. 150  $\mu\text{m}$
- vysílají dlouhé myelinizované axony ke svalovým vláknům

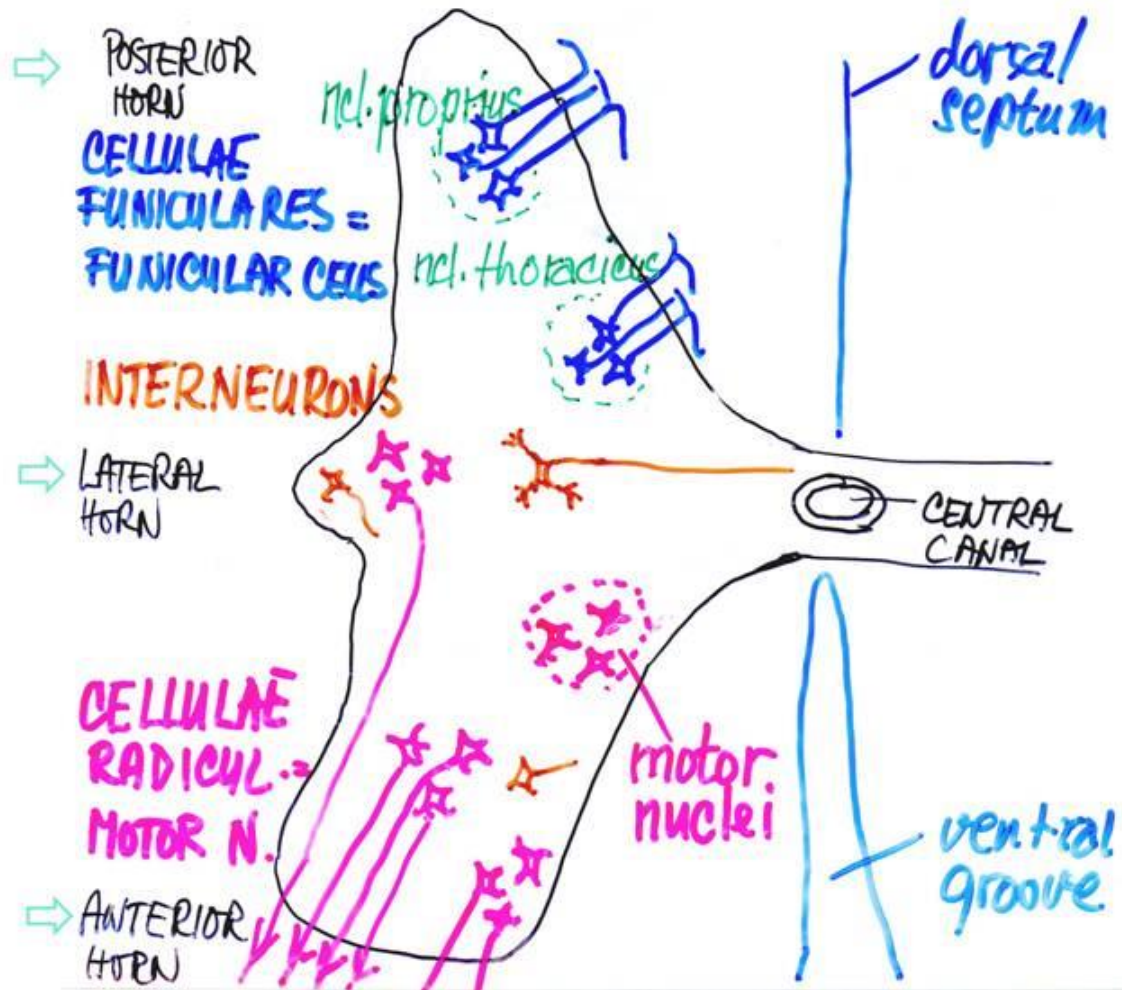
### Buňky provazců (funikulární)

- převážně v dorzálních rozích
- jejich axony vstupují do bílé hmoty a spojují další segmenty míchy a mozkového kmene

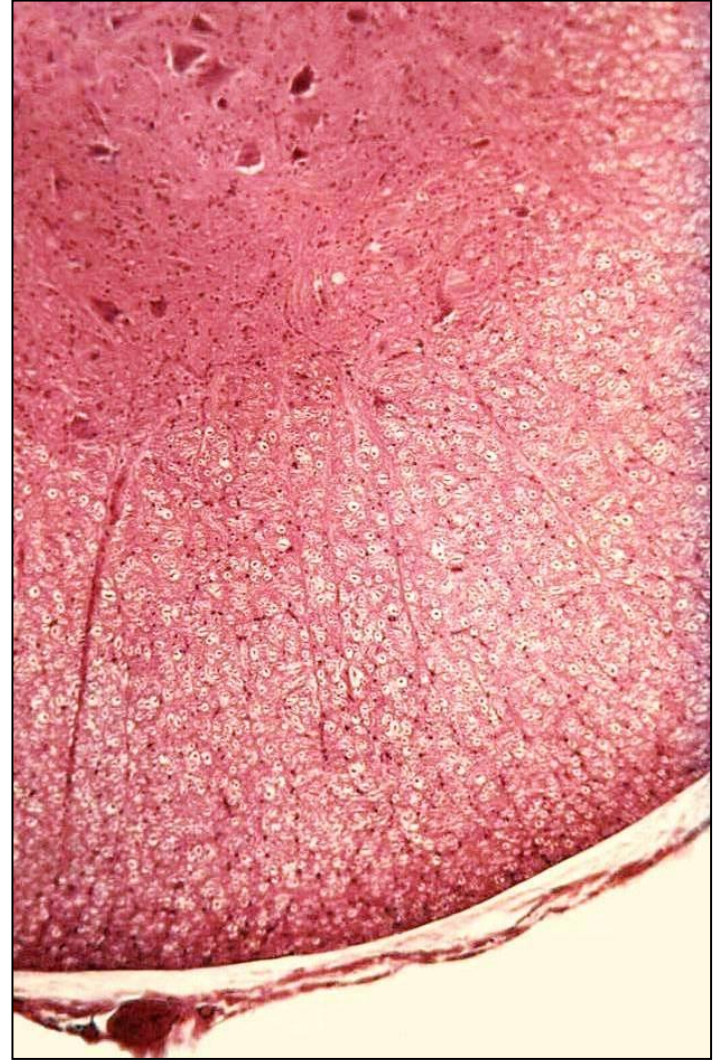
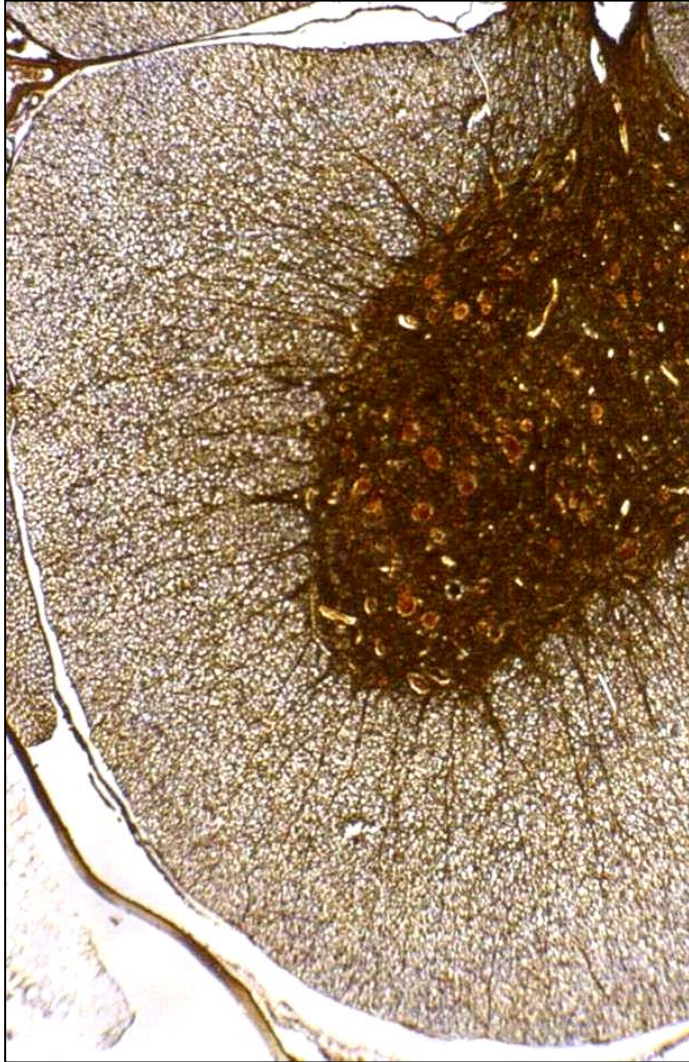
### Interneurony

- malé neurony
- difúzně rozmístěny mezi motoneurony a funikulárními buňkami

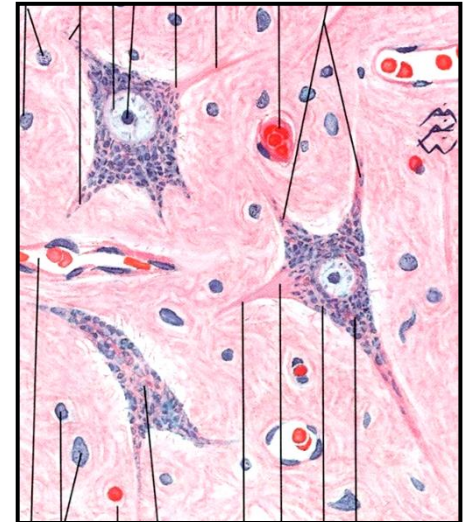
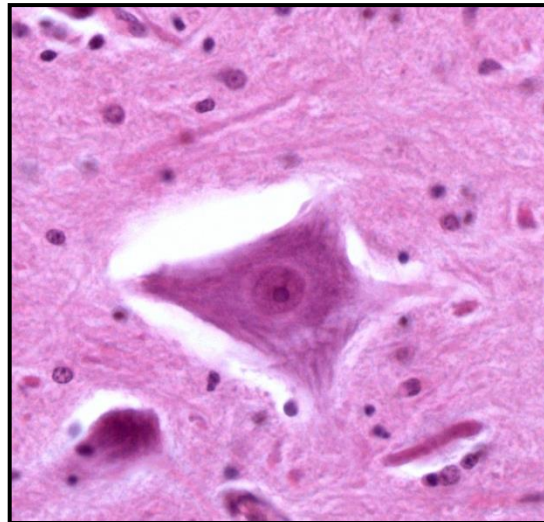
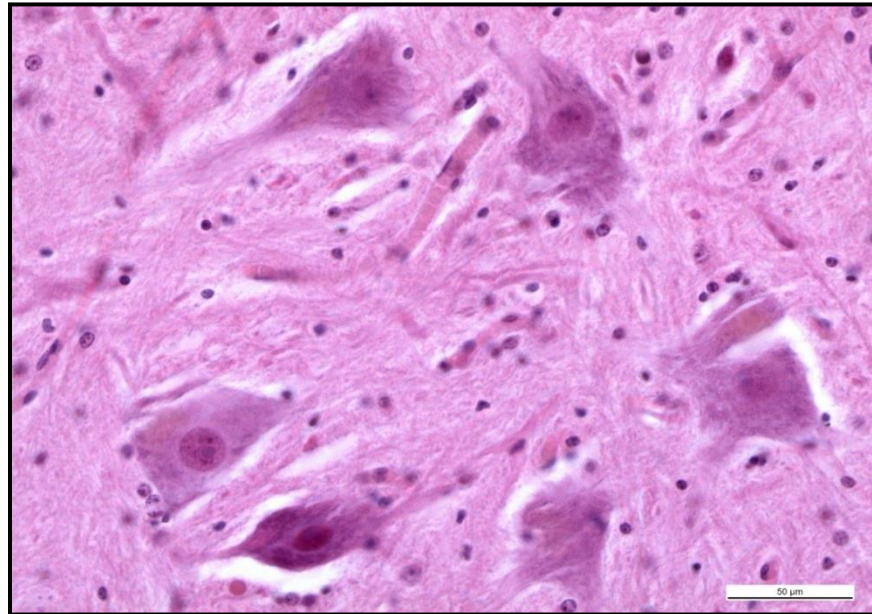
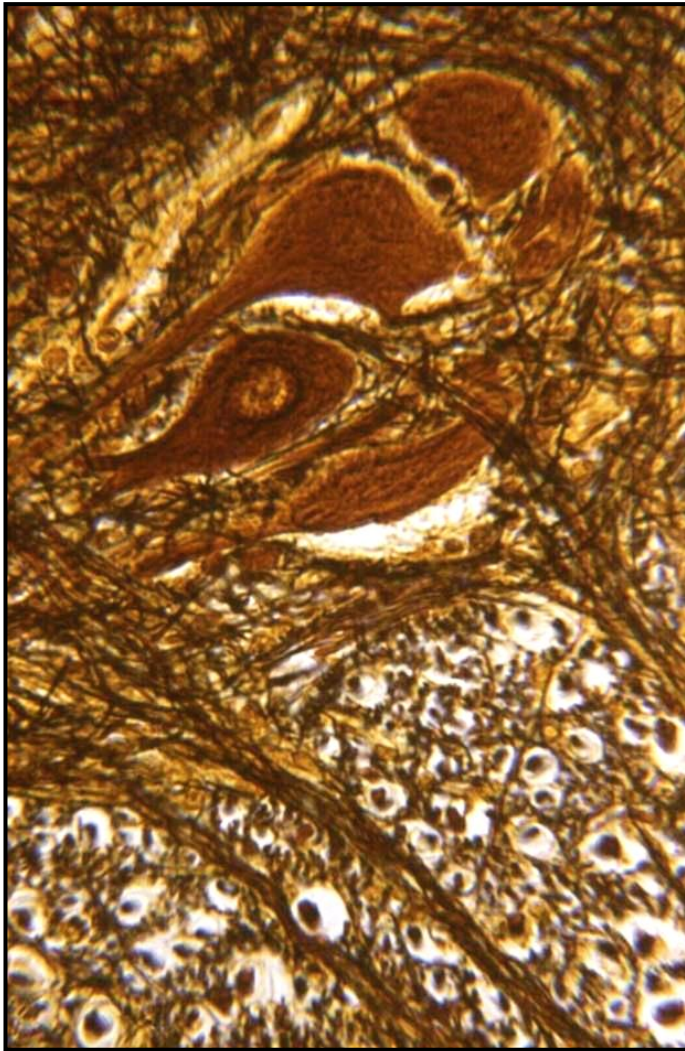
# Mícha – Šedá hmota – Organizace



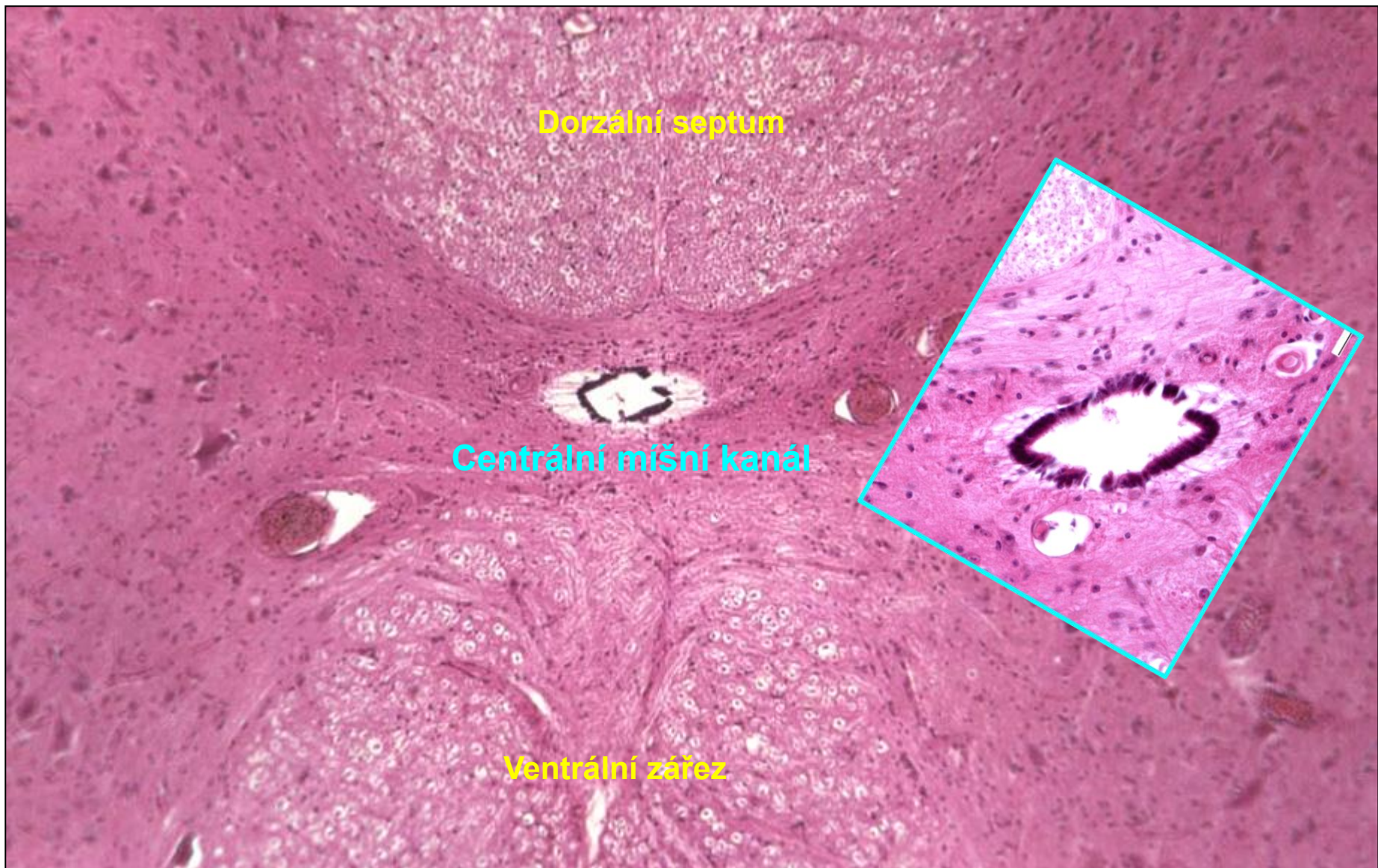
# Mícha – Šedá hmota



# Mícha – Šedá hmota – Organizace - Motoneurony

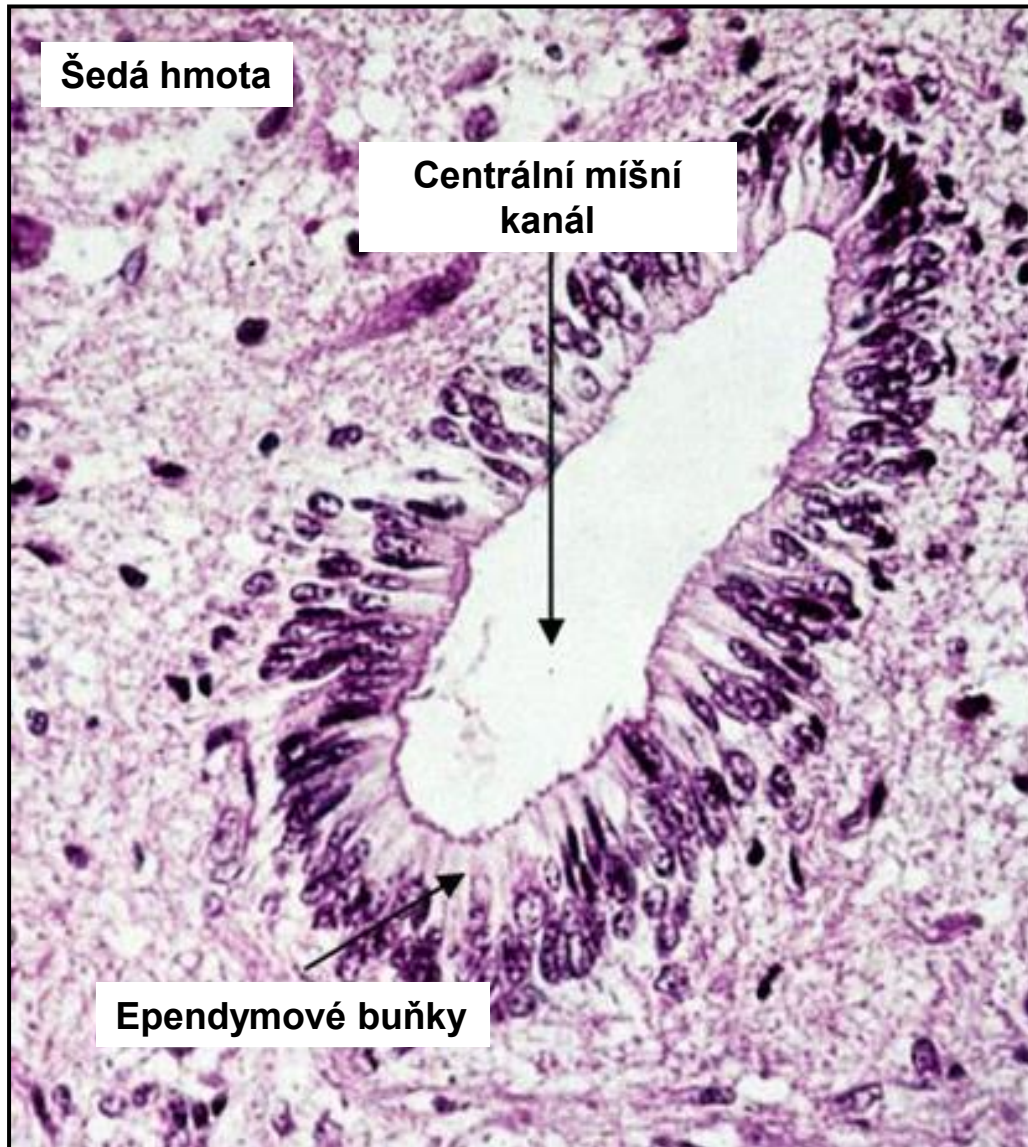


# Mícha – Centrální míšní kanál





# Mícha – Centrální míšný kanál

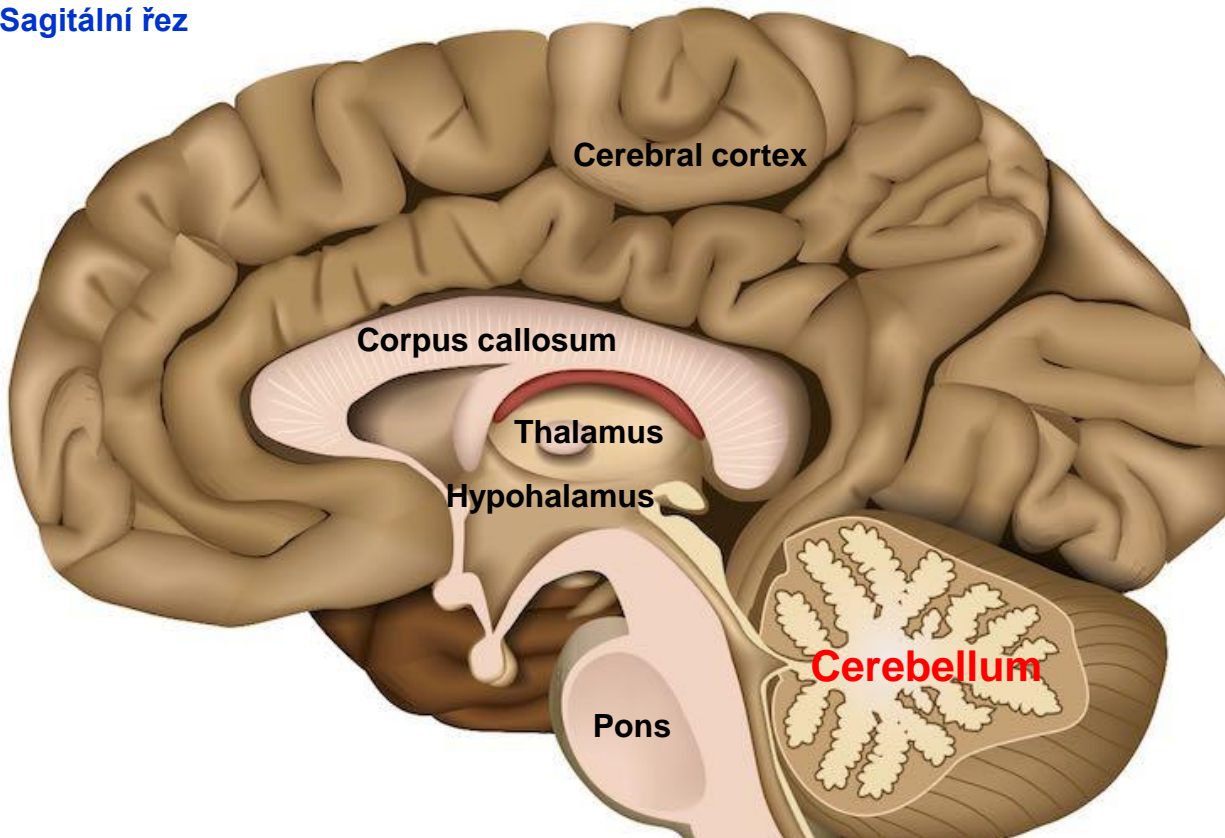


# Cerebellum - Mozeček

## Funkce

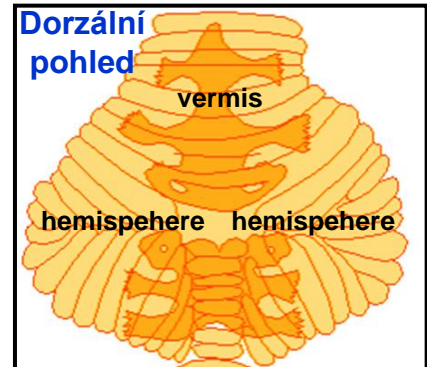
- koordinace volných pohybů a udržování rovnováhy
- umožňuje hladké, koordinované pohyby trvalým udržováním napětí a pozice svalů

Sagitální řez

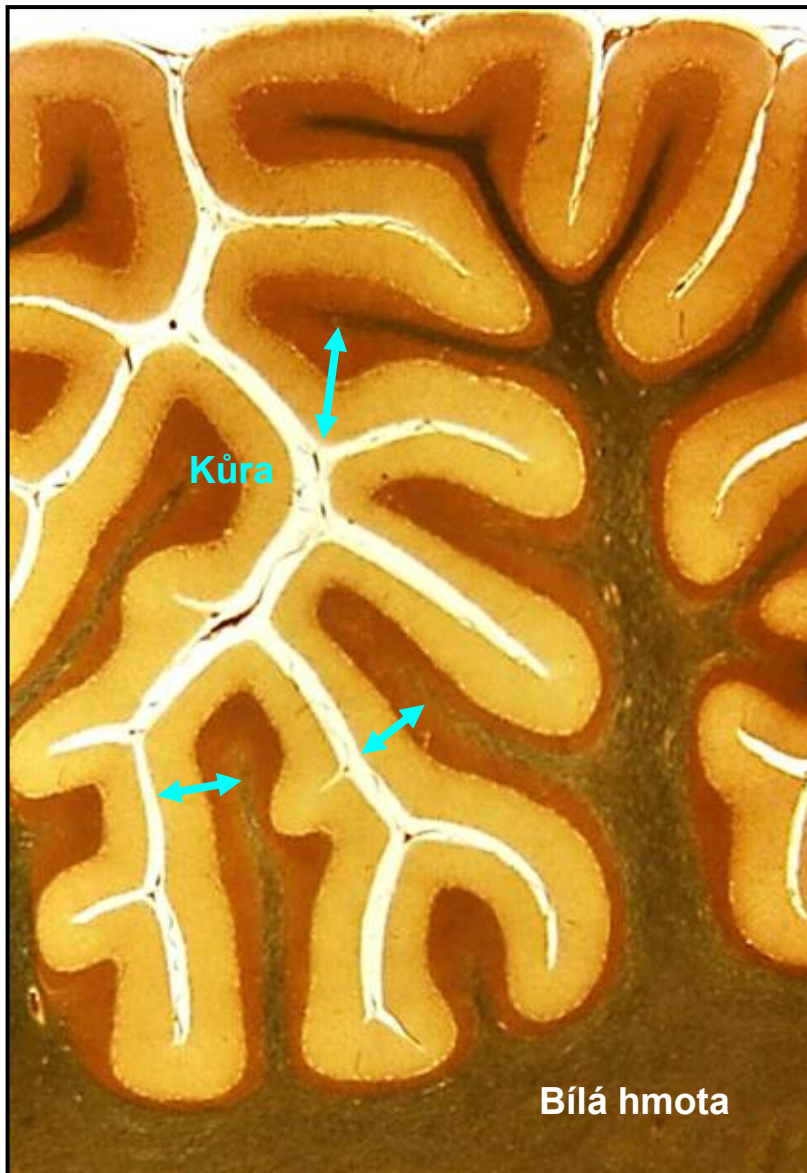


Hmotnost: 130 gramů  
Povrch: 0,10 - 0,15 m<sup>2</sup>

Dorzální  
pohled



# Cerebellum – Šedá hmota



## Šedá hmota

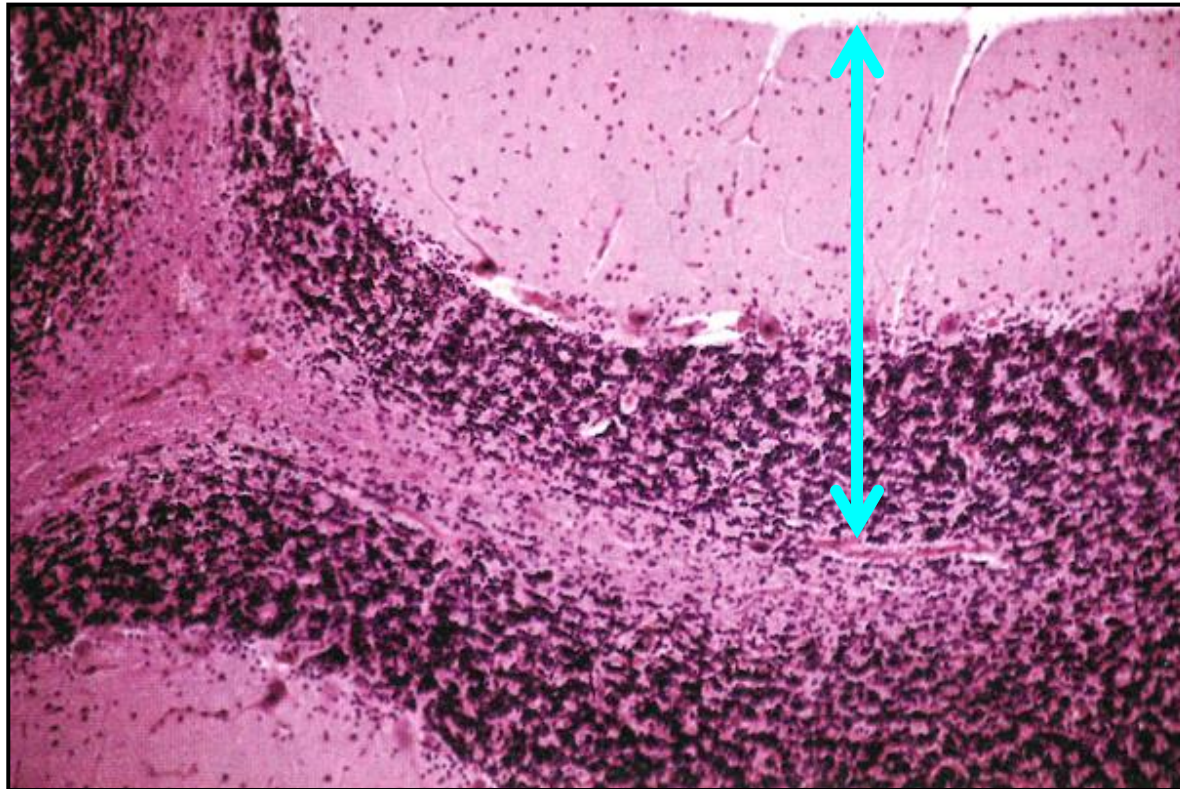
- **Kůra na povrchu** (tloušťka 1 mm)
- **Jádra v bílé hmotě** (nucleus dentatus, emboliformis, globosus, and fastigii)

## Cerebellum – Bílá hmota



„Arbor vitae“ – bílá hmota

# Cerebellum – Kůra

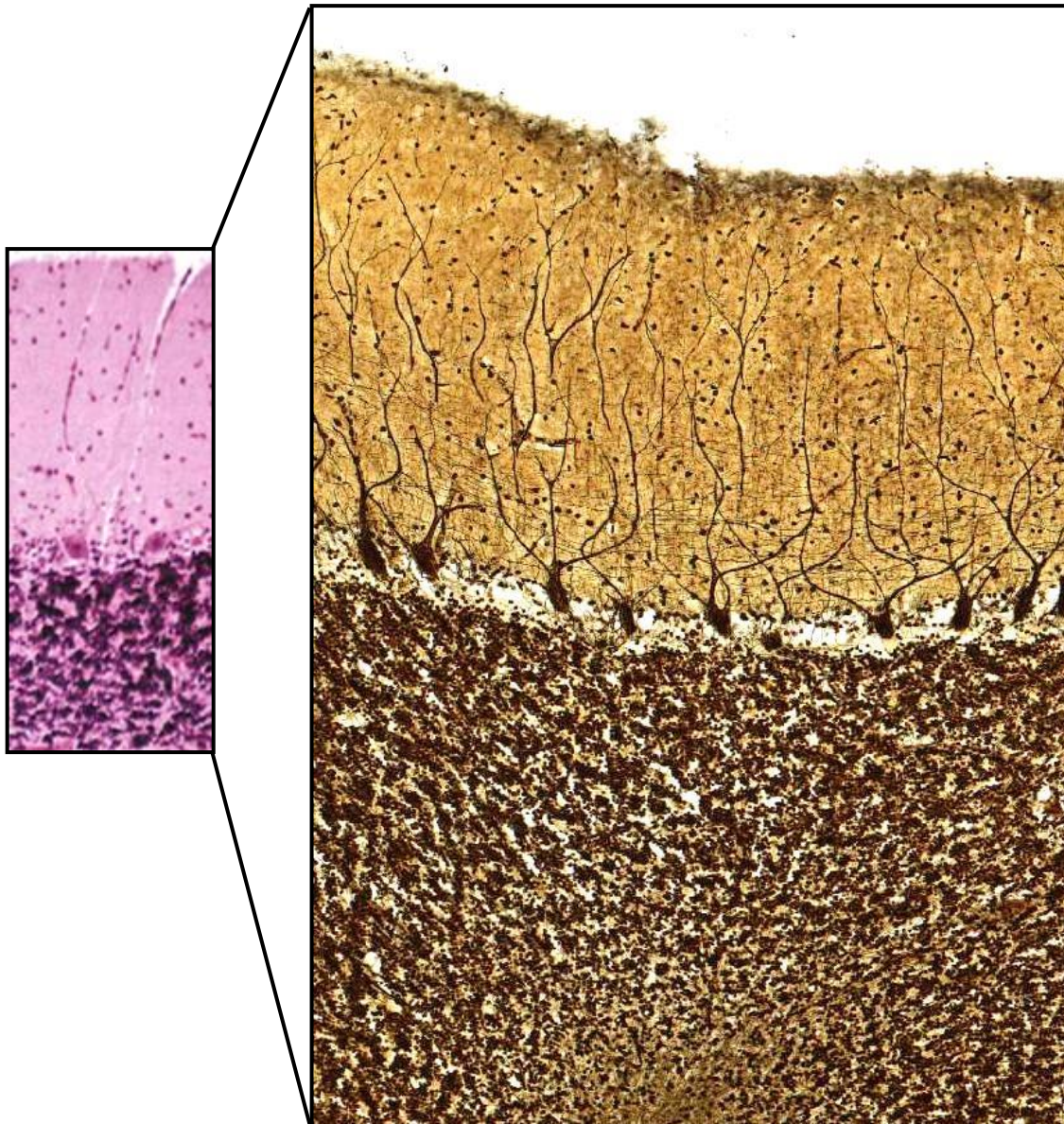


**Molekulární vrstva**  
(*stratum moleculare*)

**Vrstva Purkyňových buněk**  
(*stratum gangliosum*)

**Granulární vrstva**  
(*stratum granulosum*)

# Cerebellum – Kůra - Buňky



## Molekulární vrstva (*stratum moleculare*)

- Košíčkové buňky
- Hvězdčkové buňky

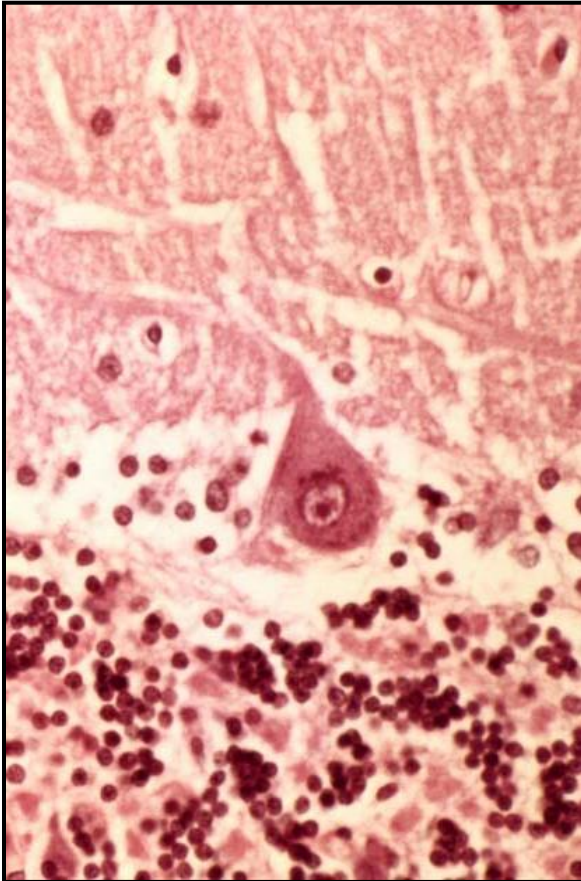
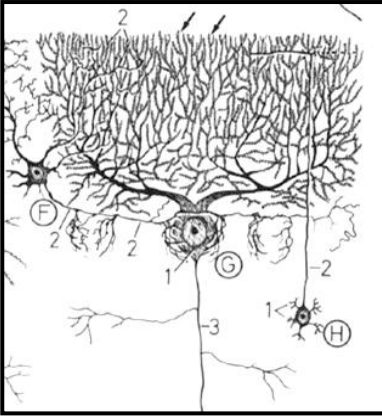
## Vrstva Purkyňových buněk (*stratum gangliosum*)

- Perikarya Purkyňových buněk
- Golgiho (Bergmanova) glie

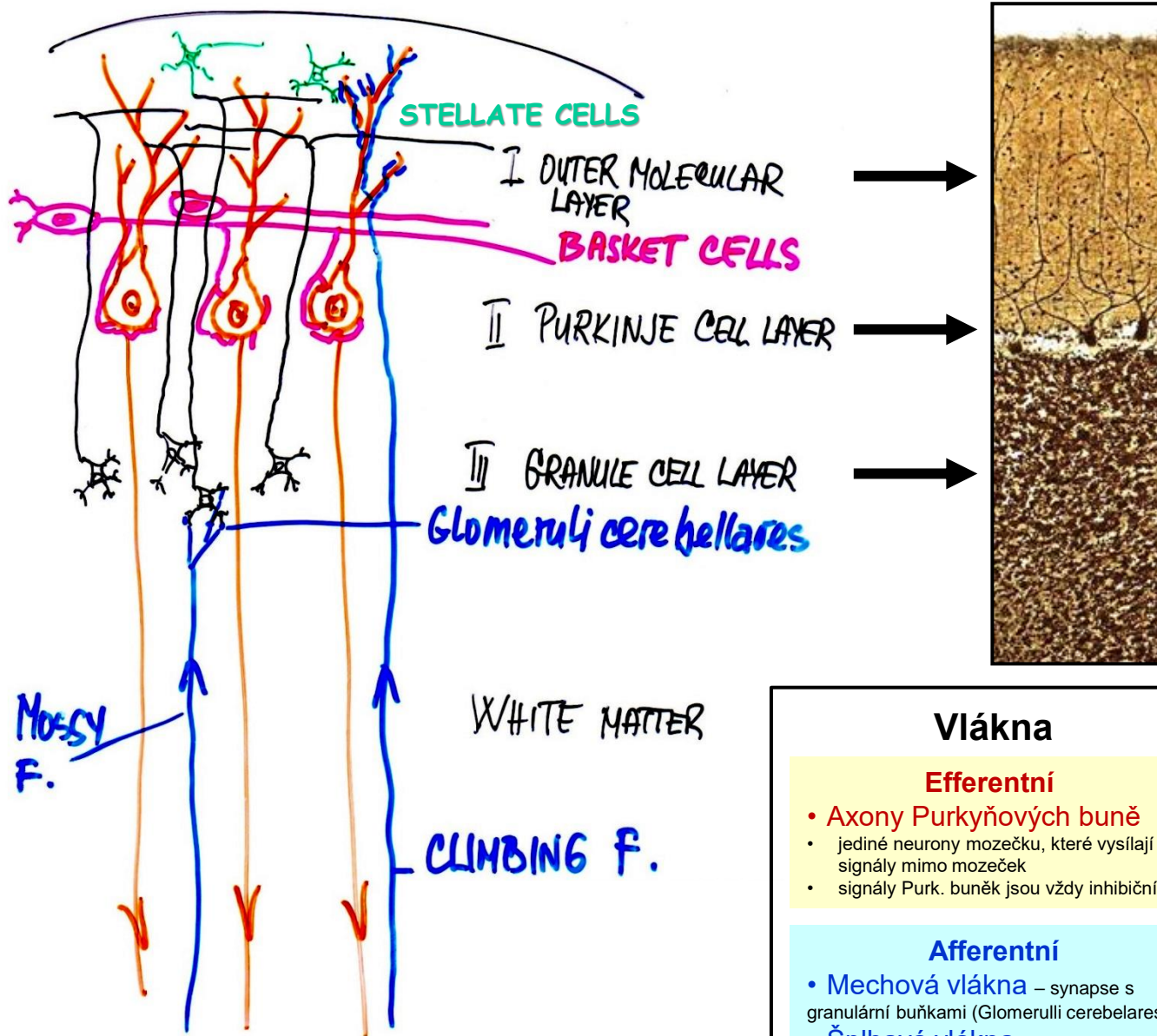
## Granulární vrstva (*stratum granulosum*)

- Granulární buňky
- Golgiho (Bergmanova) glie

# Cerebellum – Purkyňovy buňky



# Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



## Vlákna

### Efferentní

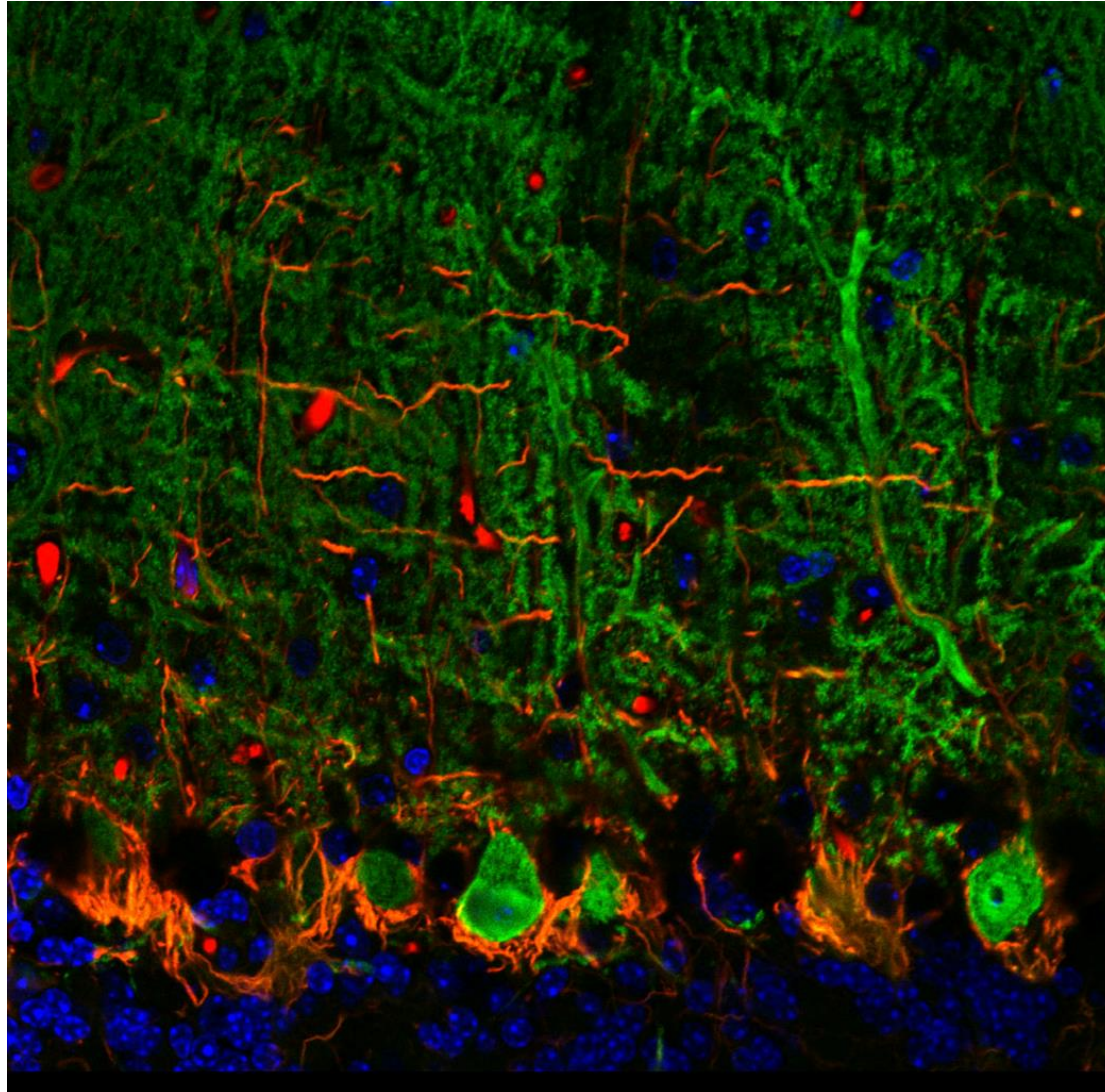
- **Axony Purkyňových buně**
- jediné neurony mozečku, které vysílají signály mimo mozeček
- signály Purk. buněk jsou vždy inhibiční

### Afferentní

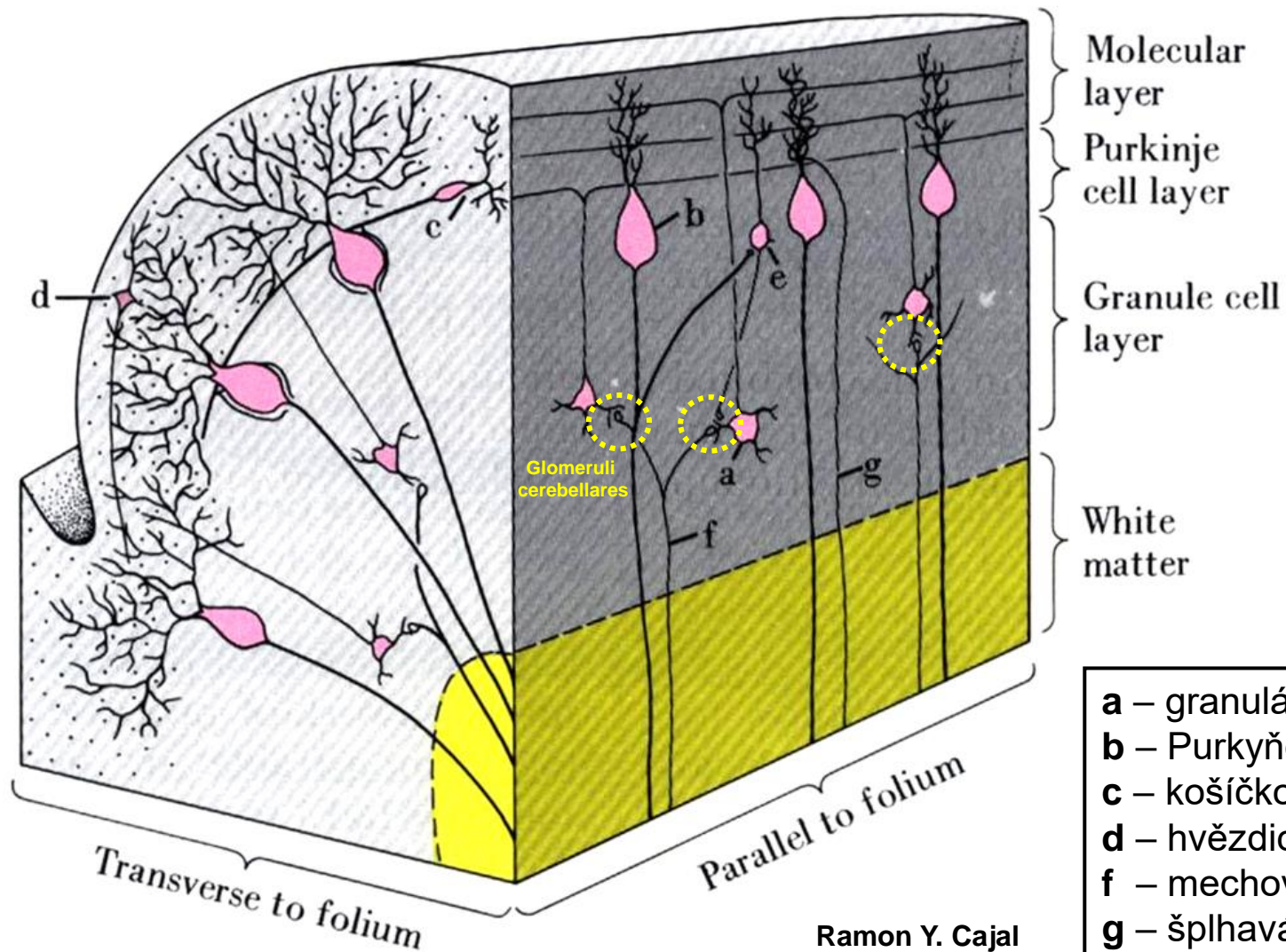
- **Mechová vlákna** – synapse s granulární buňkami (Glomeruli cerebellares)
- **Šplhavá vlákna** – synapse s dendrity Purkyňových buněk



# Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



# Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Molecular layer

Purkinje cell layer

Granule cell layer

White matter

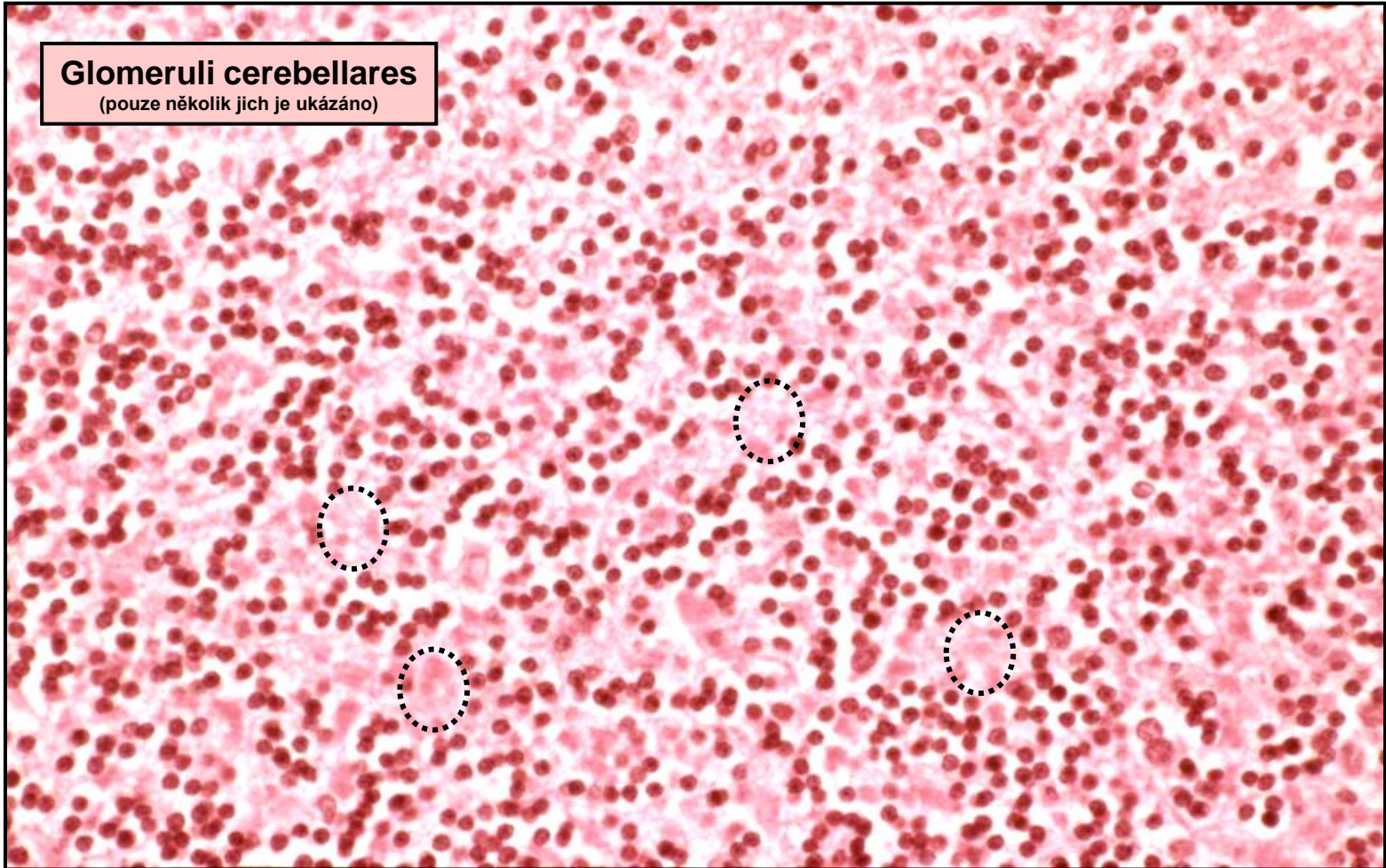
- a** – granulární buňky
- b** – Purkyňovy buňky
- c** – košíčkové buňky
- d** – hvězdicové buňky
- f** – mechová vlákna
- g** – šplhavá vlákna

Ramon Y. Cajal

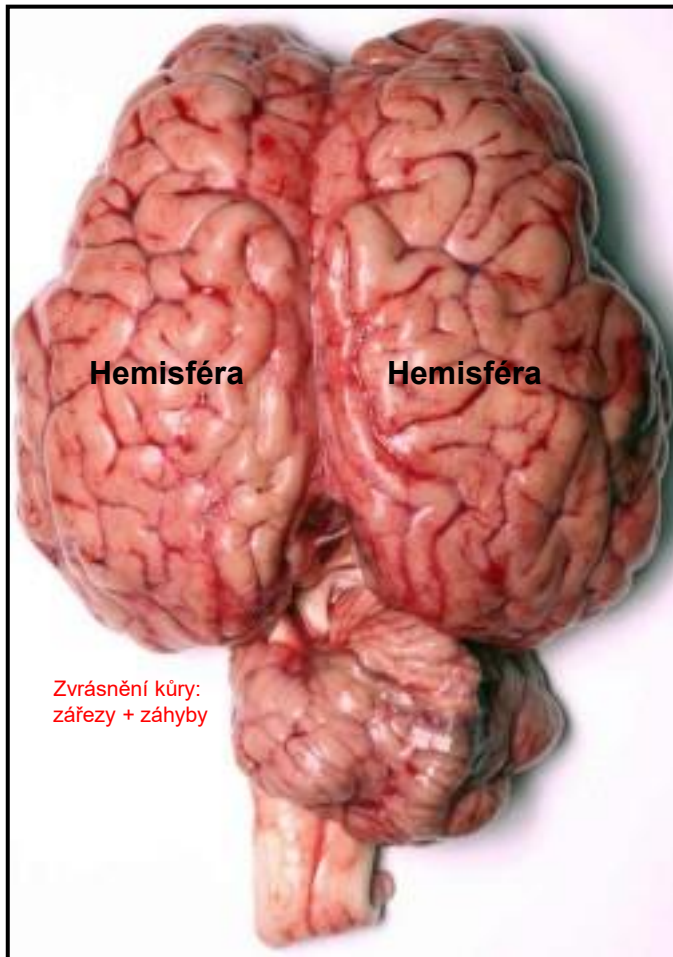
# Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna

## Glomeruli cerebellares

(pouze několik jich je ukázáno)



# Telencephalon – Koncový mozek



## Šedá hmota

- Kůra na povrchu
- Jádra v bílé hmotě

## Bílá hmota

- Prostor mezi kůrou a jádry

# Telencephalon – Kůra mozku

## Funkce:

- snímání a vědomé zpracování všech vjemů
- integrace rozdílných vjemových modalit
- zodpovědnost za vyšší kognitivní a pokročilé intelektuální funkce
- zodpovědnost za vlastnosti jako emoce, vnímání osobnosti, intelekt
- účast na plánování a vykonávání komplexních motorických aktivit

## Charakteristiky:

- cca 80% hmoty mozku
- povrch cca 0.20 – 0.25 m<sup>2</sup>
- tloušťka cca 2 - 5 mm
- obsahuje cca 10 miliard neuronů

## Isokortex:

- = **neokortex** (fylogeneticky nejmladší)
- pouze u savců
- 90% kůry u člověka
- 6 definovaných **vrstev buněk**

## Allokortex:

- = **archikortex** + **paleokortex**
- méně vrstev buněk  
(např. kůra čichové oblasti – 3 vrstvy, hippocampus – 1 vrstva)

# Telencephalon – Kůra – Typy neuronů + Vrstvy

## Pyramidové

- eferentní – projekční neurony
- trojúhelníková perikarya (různá velikost)
- myelinizované axony
- axony zasahují do vzdálených kortikálních vrstev i subkortikálních oblastí

## Nepyrámidové

- více různých typů buněk
- fungují jako interneurony
- axony zůstávají ve vrstvě v okolí svých perikaryí (např. fusiformní b., zrnité (hvězdicové) b., horizontální b. (Cajal), vertikální b. (Martinotti))

### 1. Lamina molecularis (zonalis)

- horizontální buňky (Cajalovy)

### 2. Lamina granularis externa

- malé zrnité (hvězdicové) buňky

### 3. Lamina pyramidalis externa

- pyramidové buňky (různě velké)

### 4. Lamina granularis interna

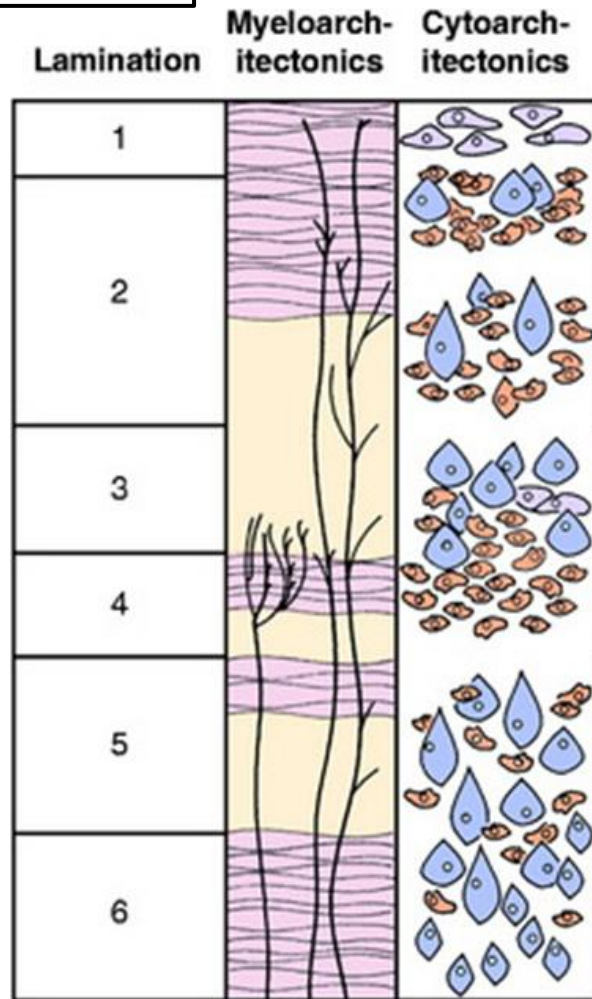
- malé zrnité (hvězdicové) buňky

### 5. Lamina pyramidalis int. (ganglionaris)

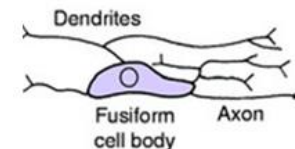
- velké pyramidové buňky

### 6. Lamina multiformis

- větvenité buňky
- malé zrnité (hvězdicové) buňky
- vertikální buňky (Martinottiho)

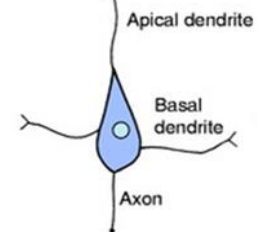


Horizontal neuron of Cajal

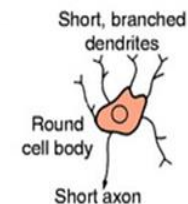


Processes parallel to the surface of the cortex

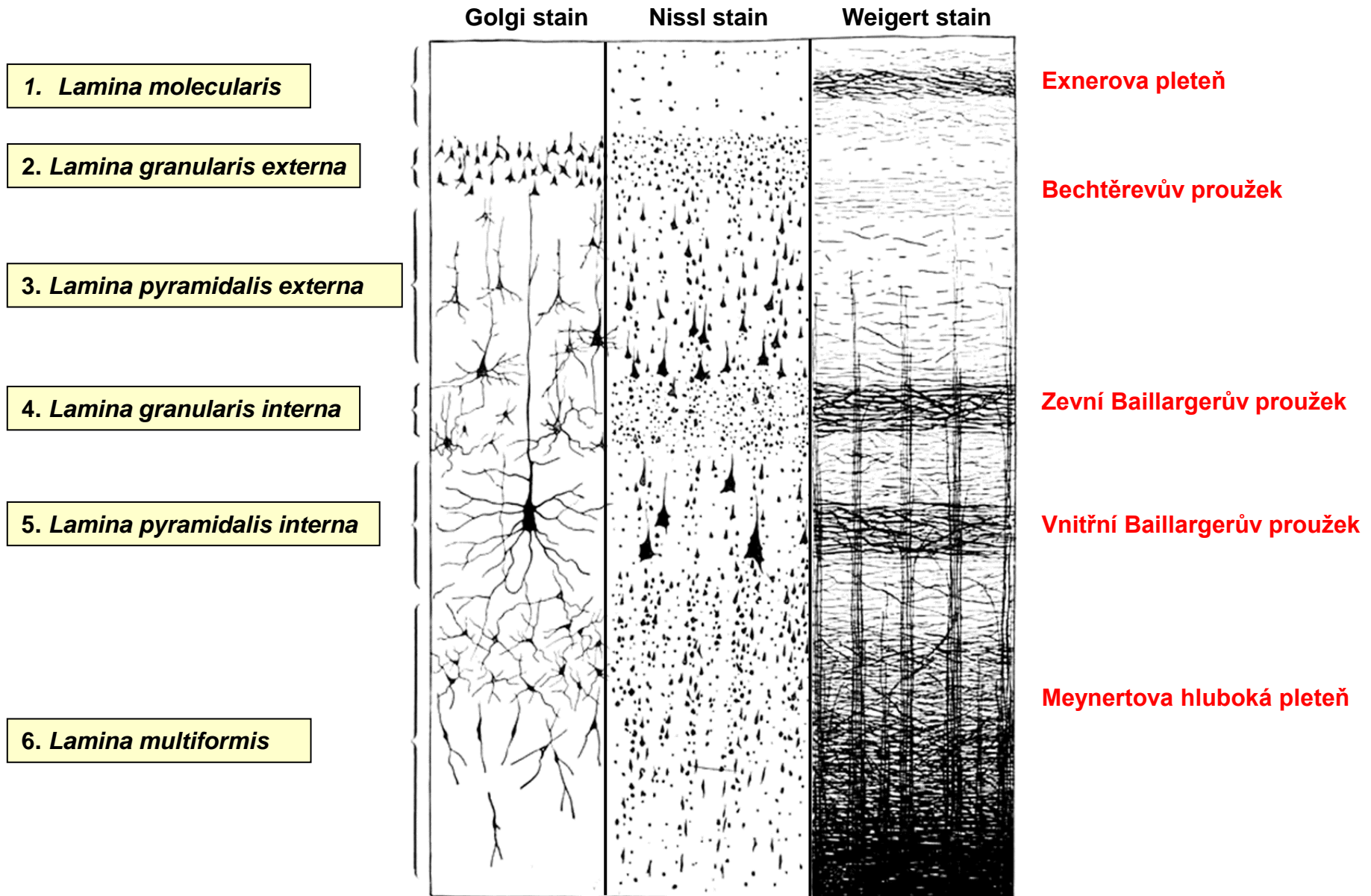
Pyramidal neuron  
10-50  $\mu\text{m}$



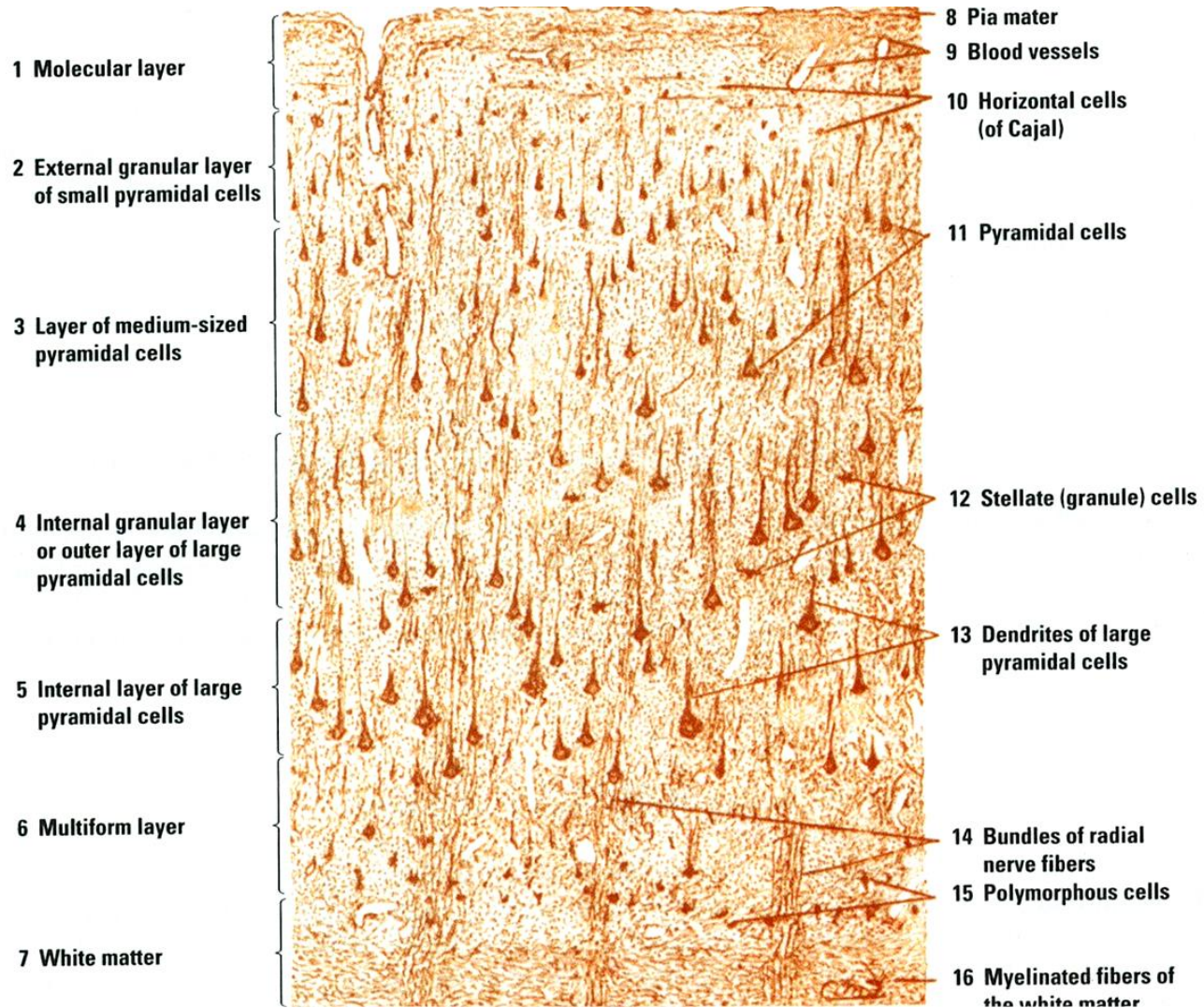
Stellate (granular) neuron



# Telencephalon – Kůra – Typy neuronů + Pleteně

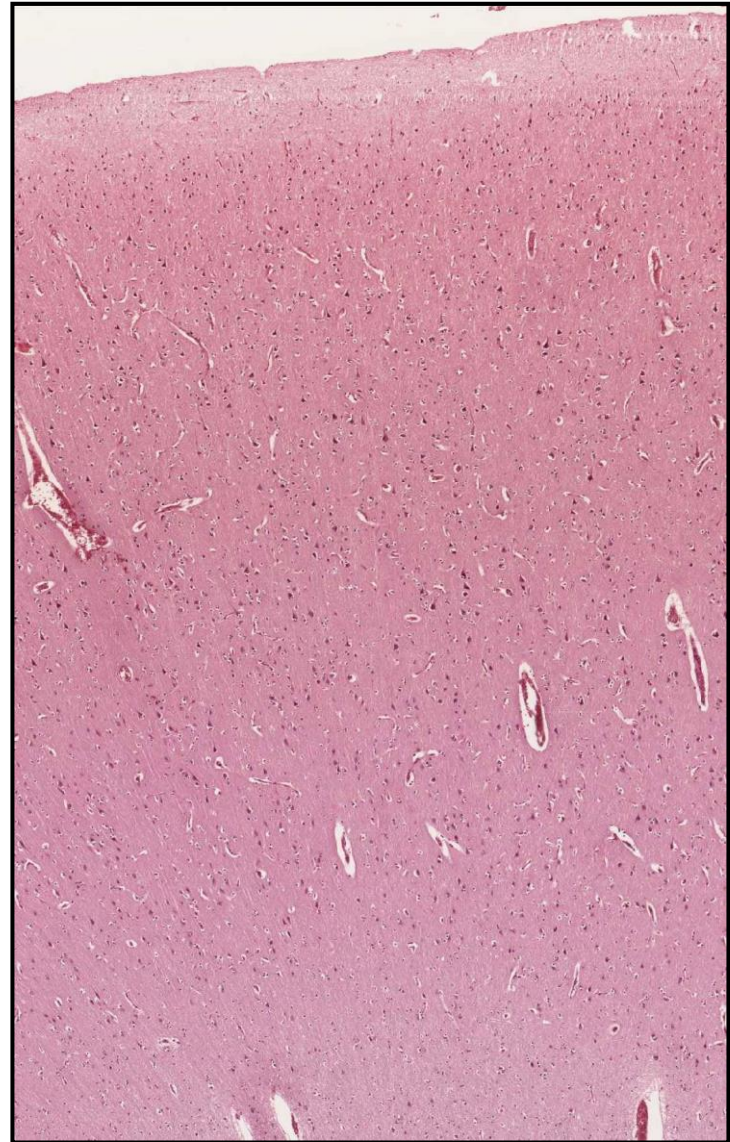
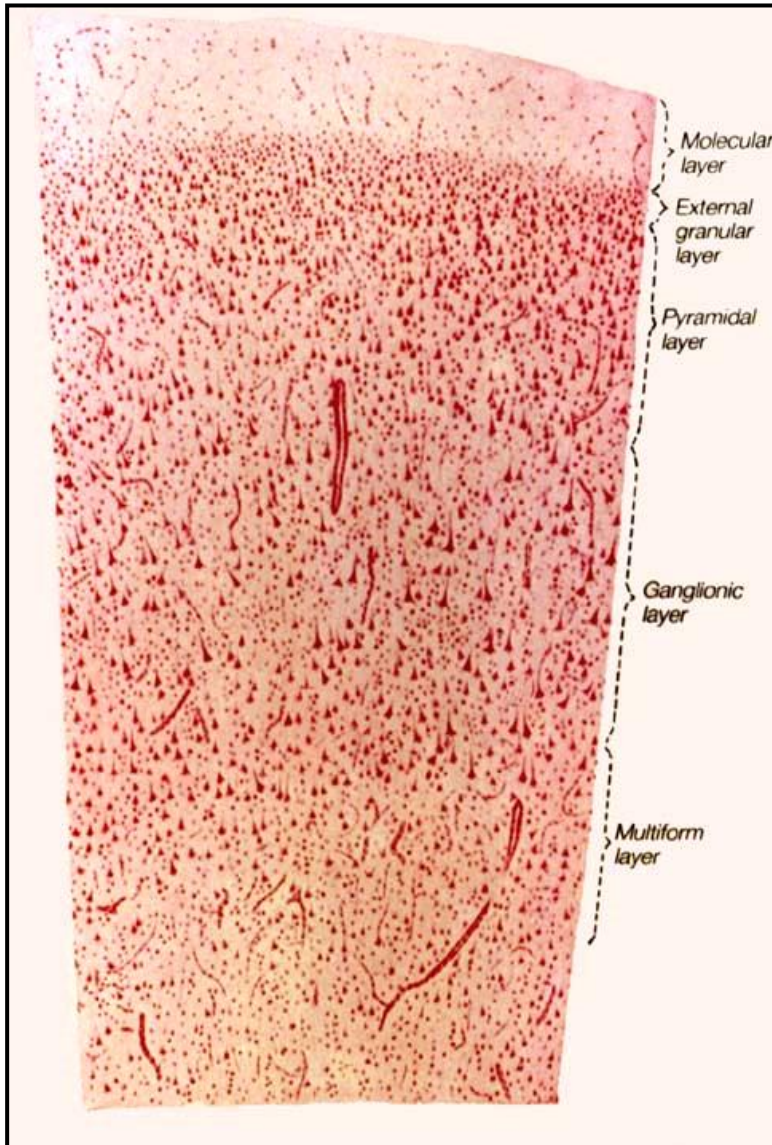


# Telencephalon - Isocortex

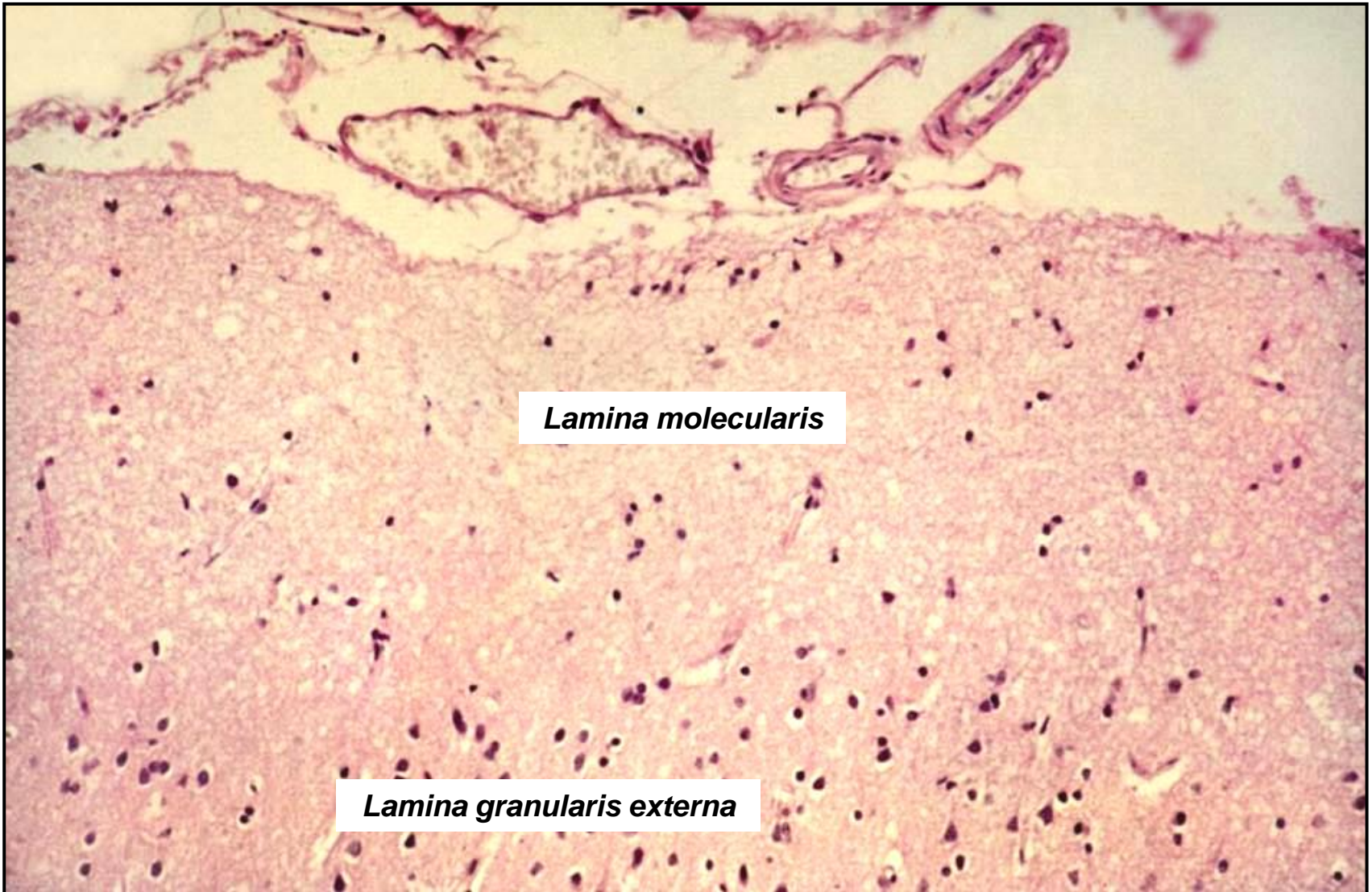




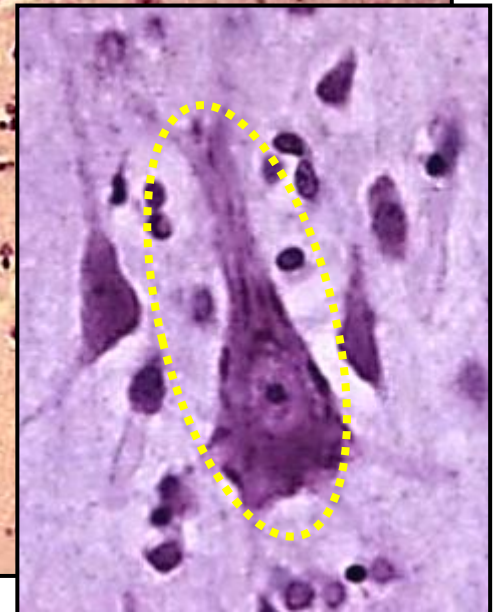
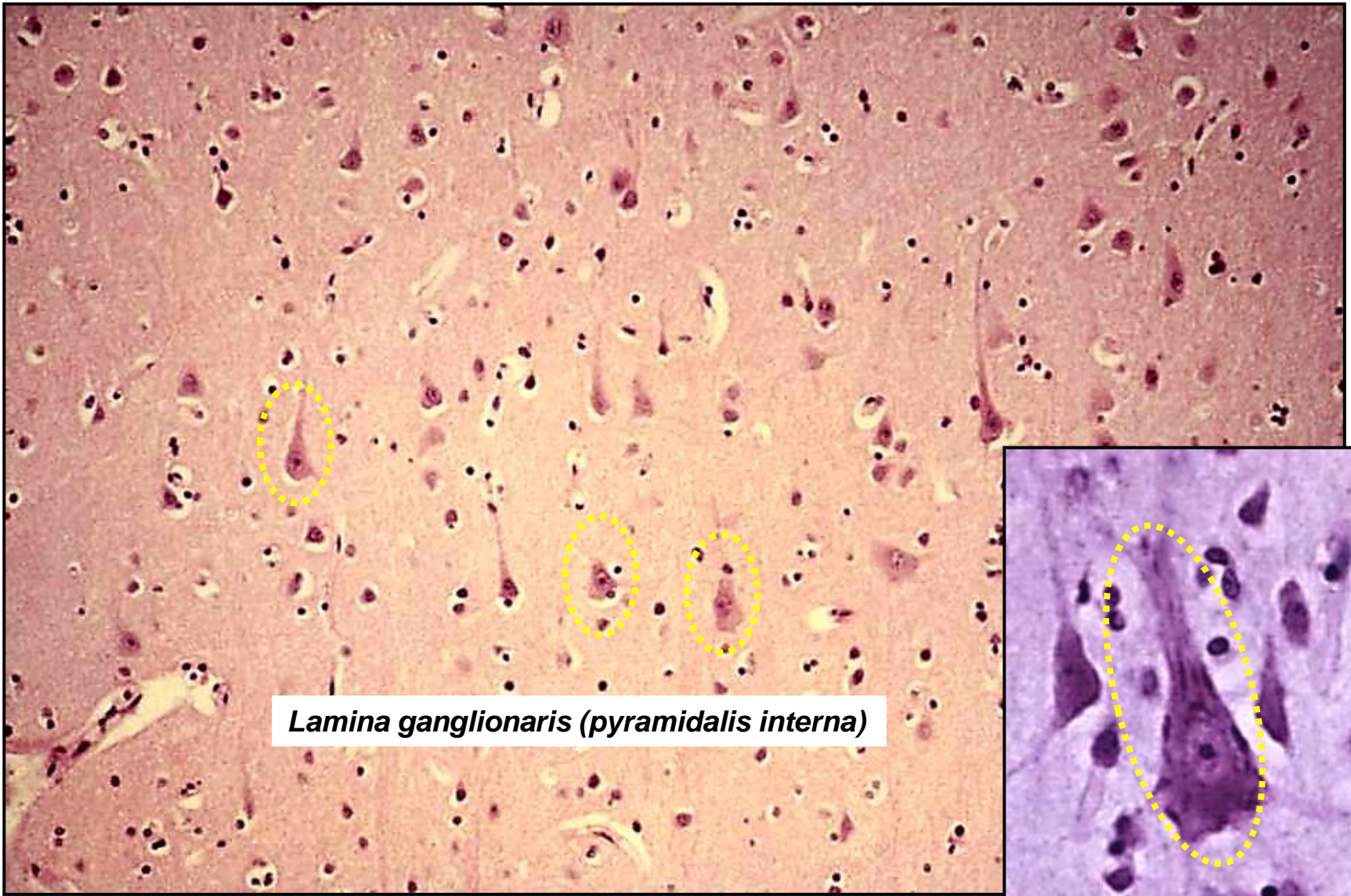
# Telencephalon - Isocortex



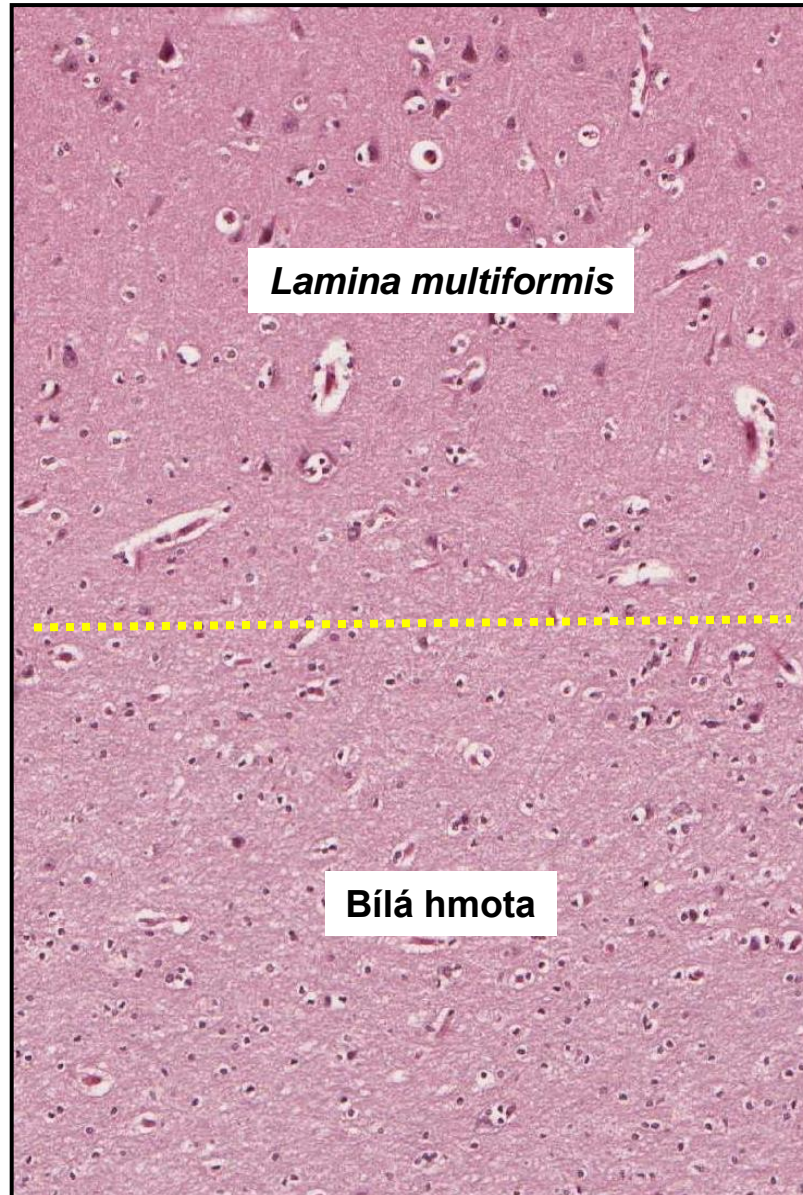
# Telencephalon - Isocortex



# Telencephalon - Isocortex



# Telencephalon - Isocortex



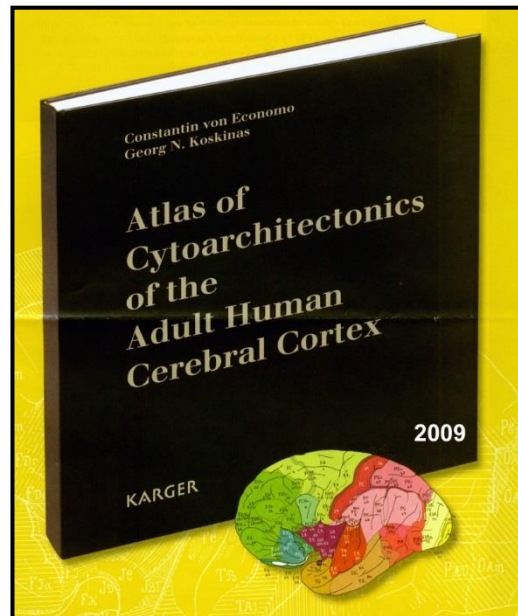
# Telencephalon - Isocortex

**Homotypický**  
typická 6-ti vrstvá architektura

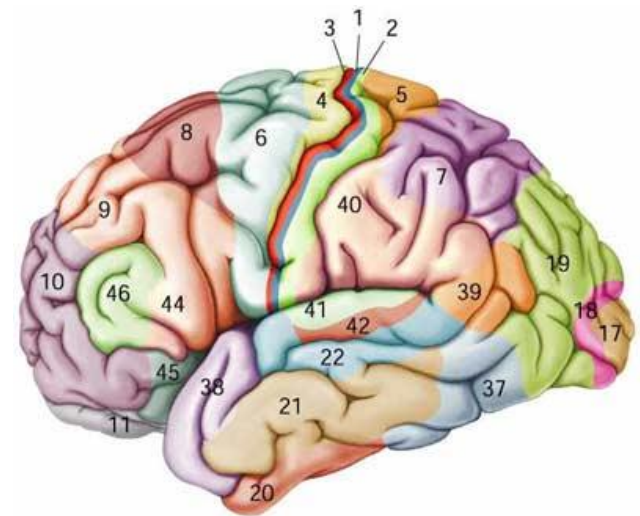
**Heterotypický**  
různé odchylky od typické architektury  
(cell numbers/density, relative proportions, thickness, fibers, vessels, ...)

Mapy

- **cytoarchitektonické** – hustota perikaryí
- **myeloarchitektonické** - hustota myelinizovaných vláken
- **glioarchitektonické** – typ a hustota gliových buněk
- **angioarchitektonické** – hustota krevních kapilár
- **synptoarchitektonické** – hustota synapsí

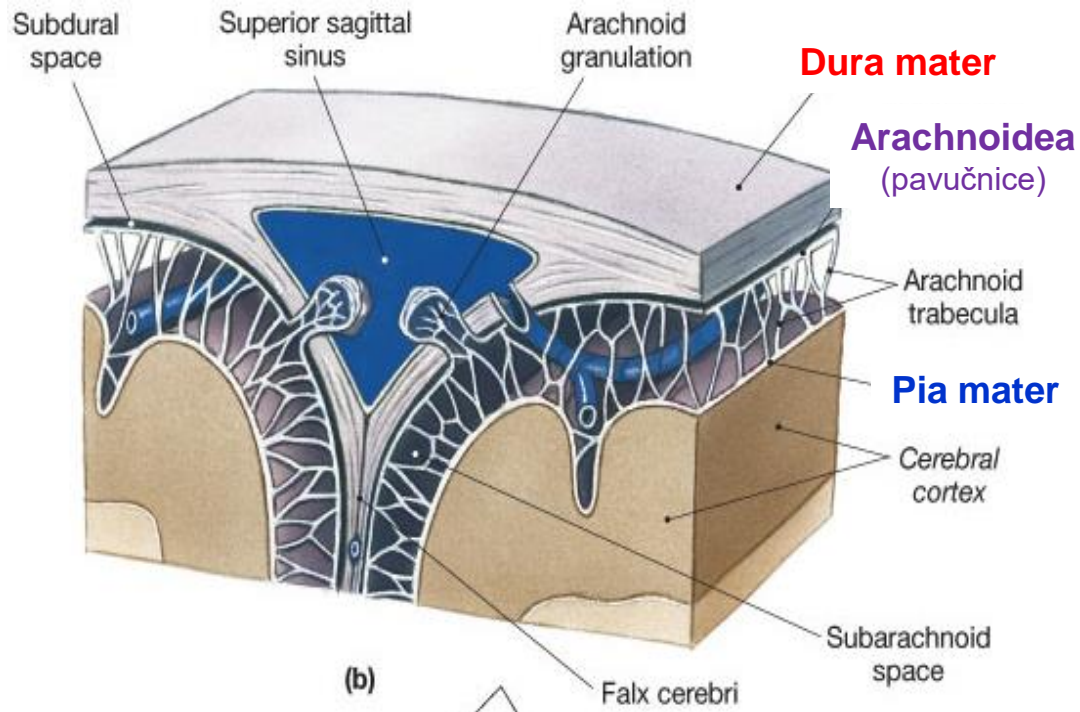


1909 - K. Brodman  
11 regions and 52 areas



# Meningy – Pleny mozkové

- vazivové membrány
- chrání CNS + přispívají k distribuci cerebrospinálního moku
- pokrývá mozek a páteřní míchu (spojitě)



**Pachymeninx (tvrdá plena)**

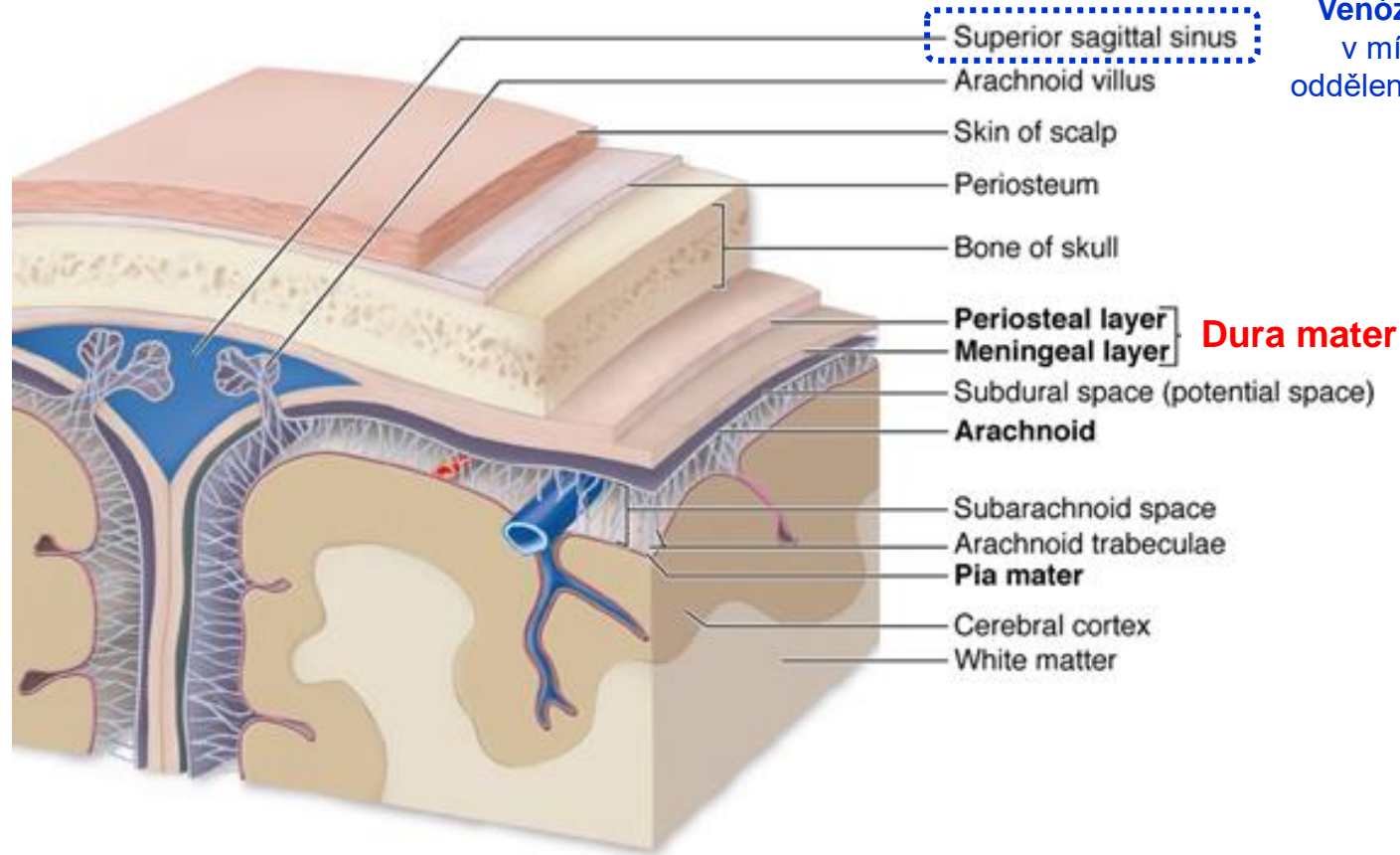
**Dura mater**

**Leptomeningx (měkká plena)**

**Arachnoidea + Pia mater**

# Meningy – Dura mater

**vnější + pevná (fibrózní)**



**Venózní (durální) sinusy**  
v místech vzájemného  
oddělení vnitřní a zevní vrstvy  
dura mater

## **Kraniální dura**

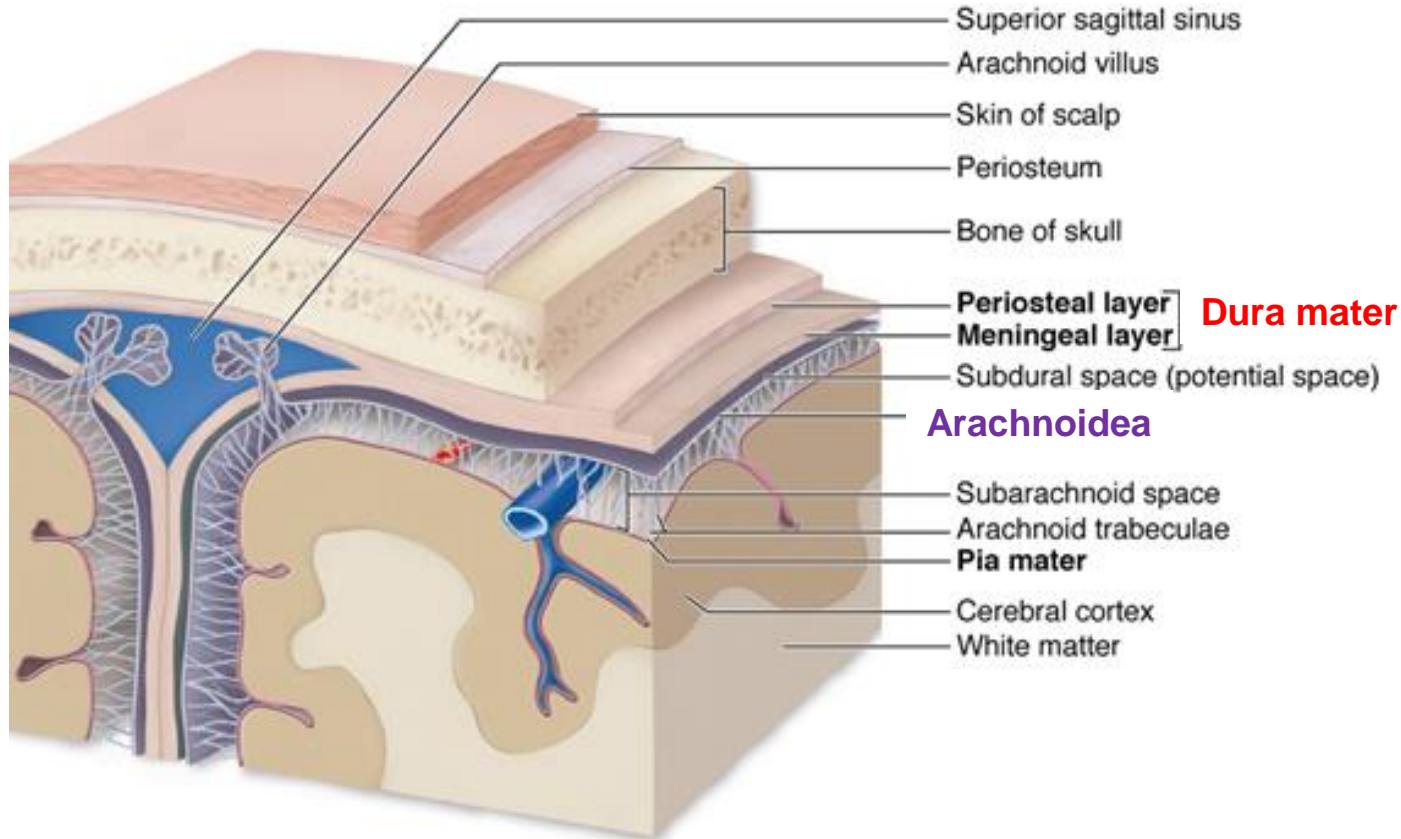
- **Endostální vrstva (periostální; zevní)** – přiložena k vnitřní straně kostí lebky – splývá s periostem
- **Meningeální vrstva (vnitřní)** – tenká fibrózní blána, vnitřní povrch kryt neurotelem (modifikované fibroblasty)

## **Spinální dura**

- pokračování **vnitřní vrstvy** kraniální tvrdé pleny

# Meningy – Arachnoidea

střední + uspořádání pavoučí sítě + avaskulární



## Arachnoidea

- **Neurotel (*lamina neurothelialis*)** – adhezuje k vnitřní vrstvě dura mater, **těsné spoje – bariéra mezi cerebrospinálním mokem a krví v dura mater**
- **Trabekuly (trámce)** – jemná fibrózní vlákna pokrytá plochými (meningeálními) buňkami

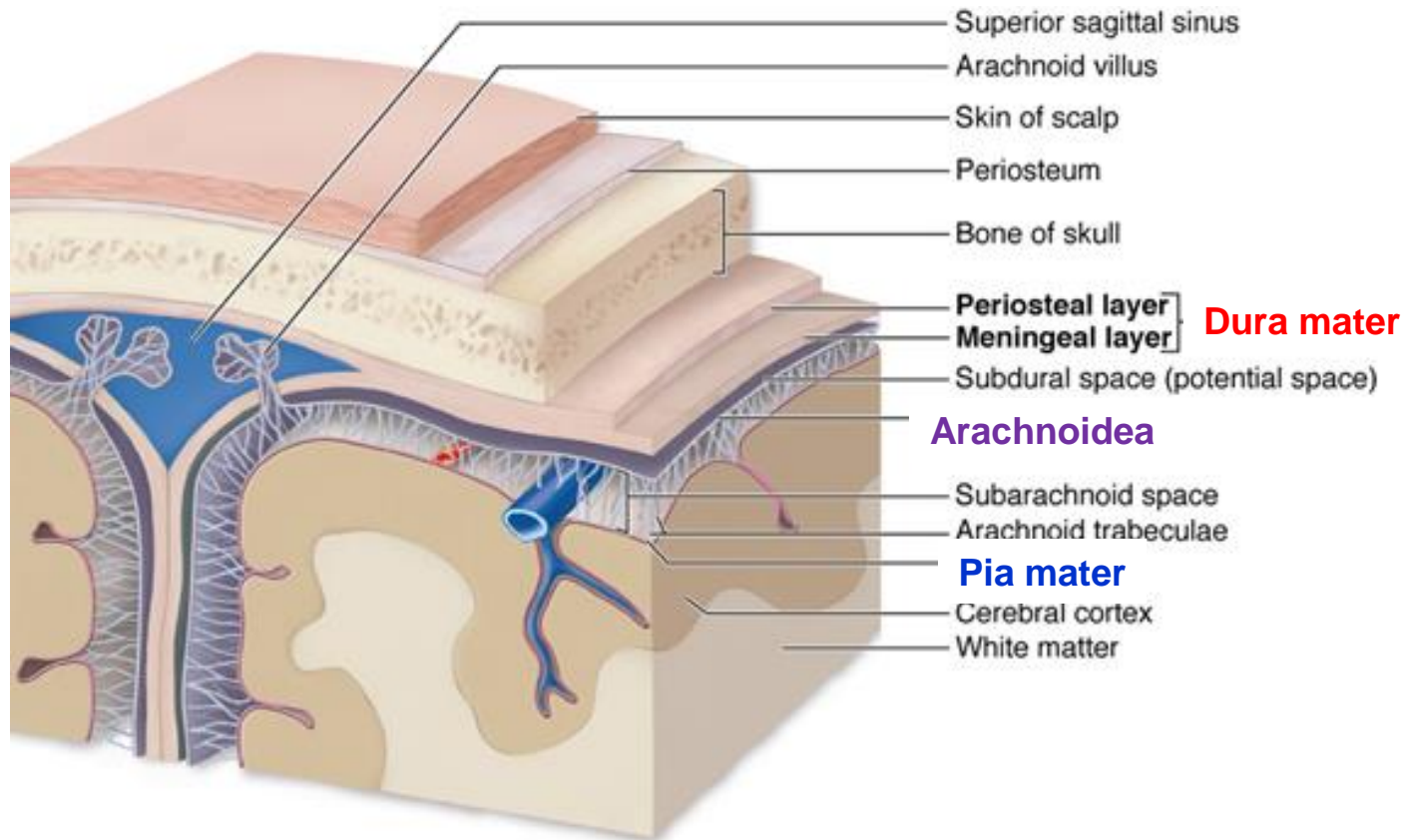
## Subarachnoideální prostor

- uzavřen mezi pavučnicí a pia mater
- vyplněn **cerebrospinálním mokem (CSM)**



# Meningy – Pia mater

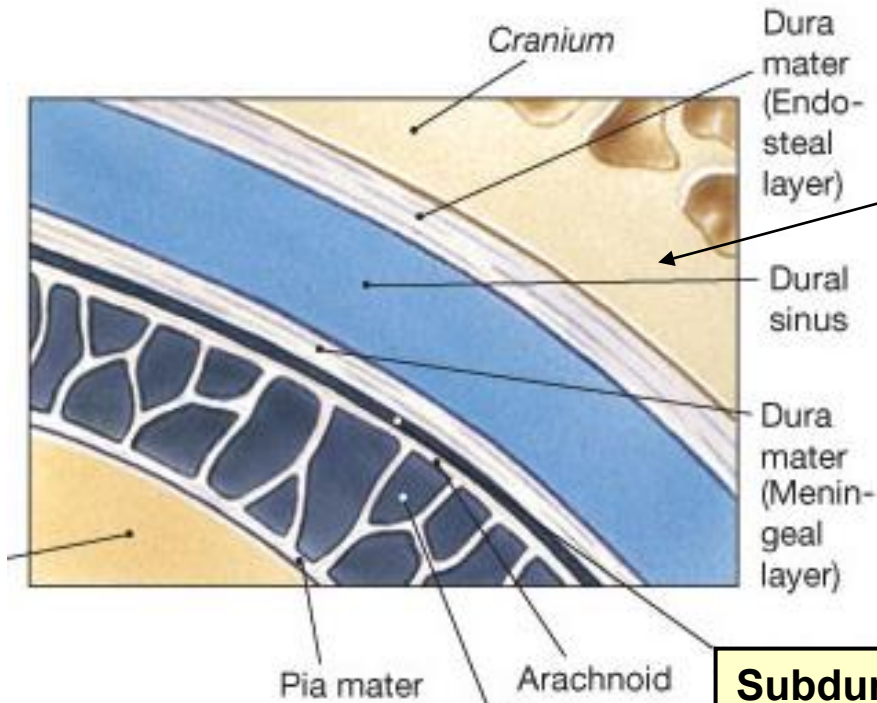
vnitřní + jemná + vaskularizovaná + těsně přiložena na povrchu mozku



## Pia mater

- **povrchová vrstva** – kotví se do ní vlákna pavučnice
- **vnitřní vrstva** – elastická a retikulární vlákna, těsně naléhá na pod ní ležící nervovou tkáň (kopíruje záhyby), z vnějšku je pokryta jednovrstvým dlaždicovým epitelem mezodermálního původu

# Meningy – Prostory mezi membránami



**Epidurální prostor**

**Epidurální prostor**  
• mezi dura mater a vnitřním povrchem páteřního kanálu  
(potenciálně v kraniální oblasti)

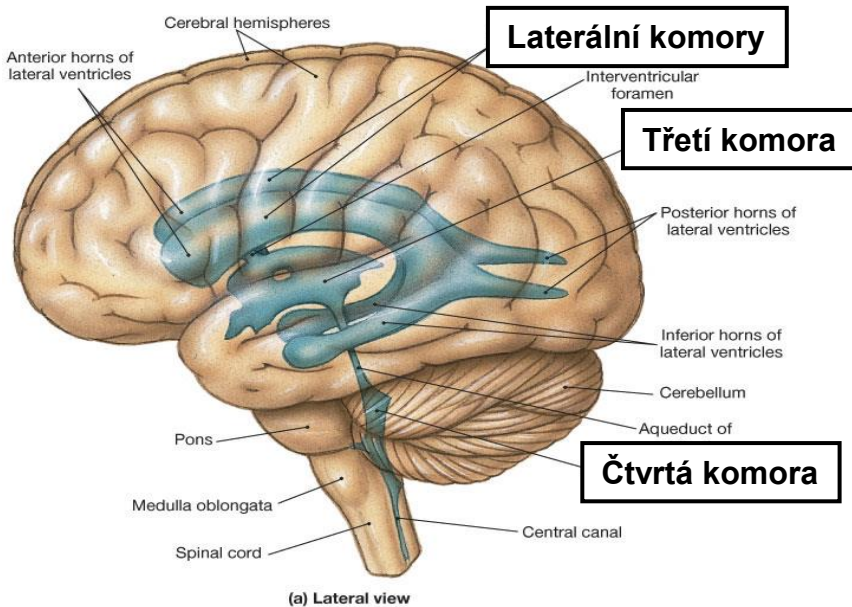
**Subdurální prostor**

**Subdurální prostor**  
• mezi pavučnicí a dura mater  
(potenciálně v kraniální oblasti)

**Subarachnoideální prostor**

**Subarachnoideální prostor**  
• mezi pavučnicí a pia mater  
(probíhají zde velké cévy – např. *venae cerebrales*)

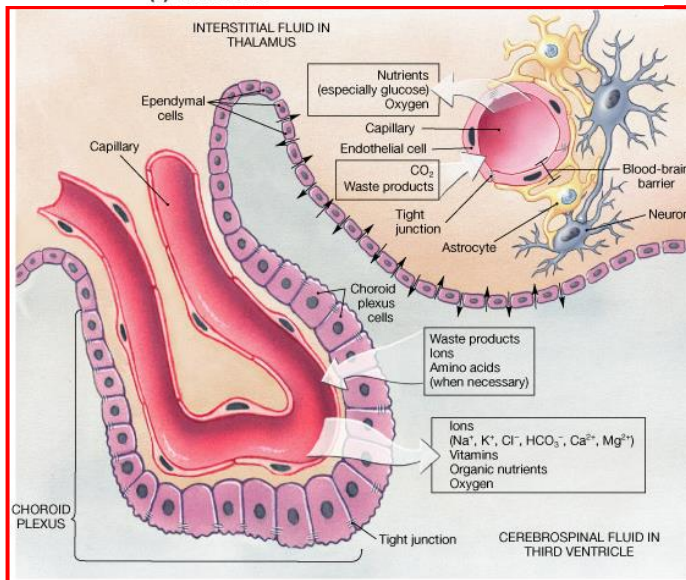
# Cerebrospinální mok



## Mozkové komory

2x laterální komory + 1x třetí komora + 1x čtvrtá komora

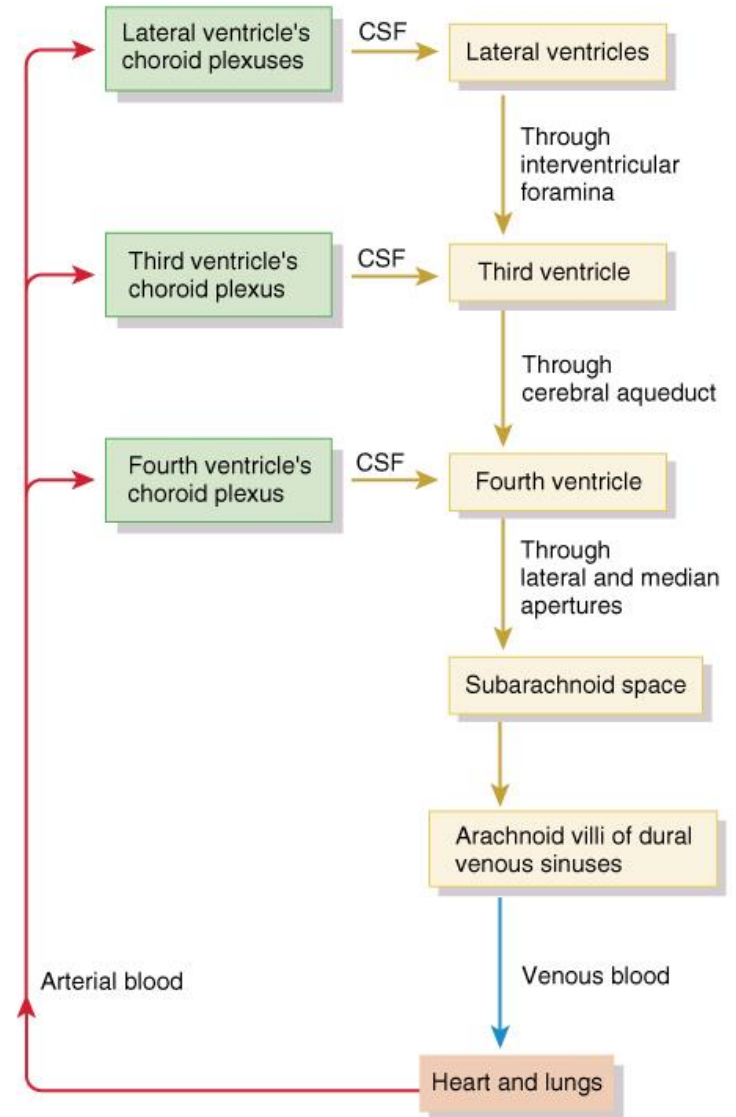
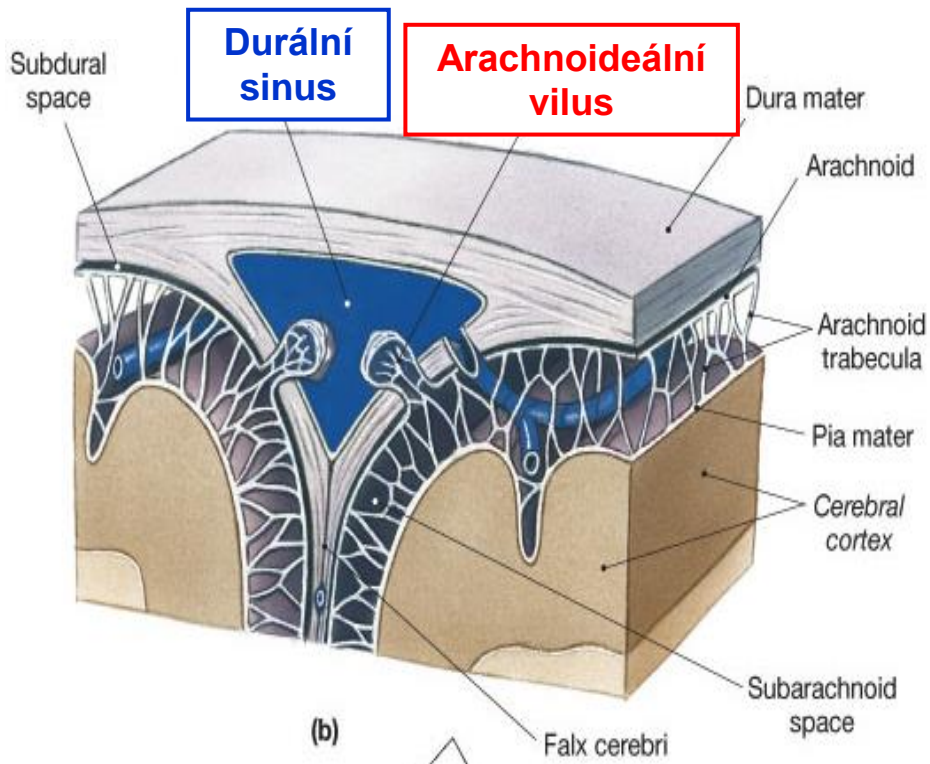
- spojeny s centrálním míšním kanálem
- obsahuje cerebrospinální mok (CSF)
- CSM je tvořen **ependymovými bmi. plexus choroideus**



# Cerebrospinaální mok - Cirkulace

## Arachnoideální klky (villi)

- prstovité výběžky do durálních venózních sinusů
- zprostředkují reabsorpci CSM do krve



# Periferní nervový systém - Součásti

## Definice:

Dráhy, které zajišťují přenos informace mezi CNS a vnějším + vnitřním prostředím.

## Aferentní (sensitivní) dráhy:

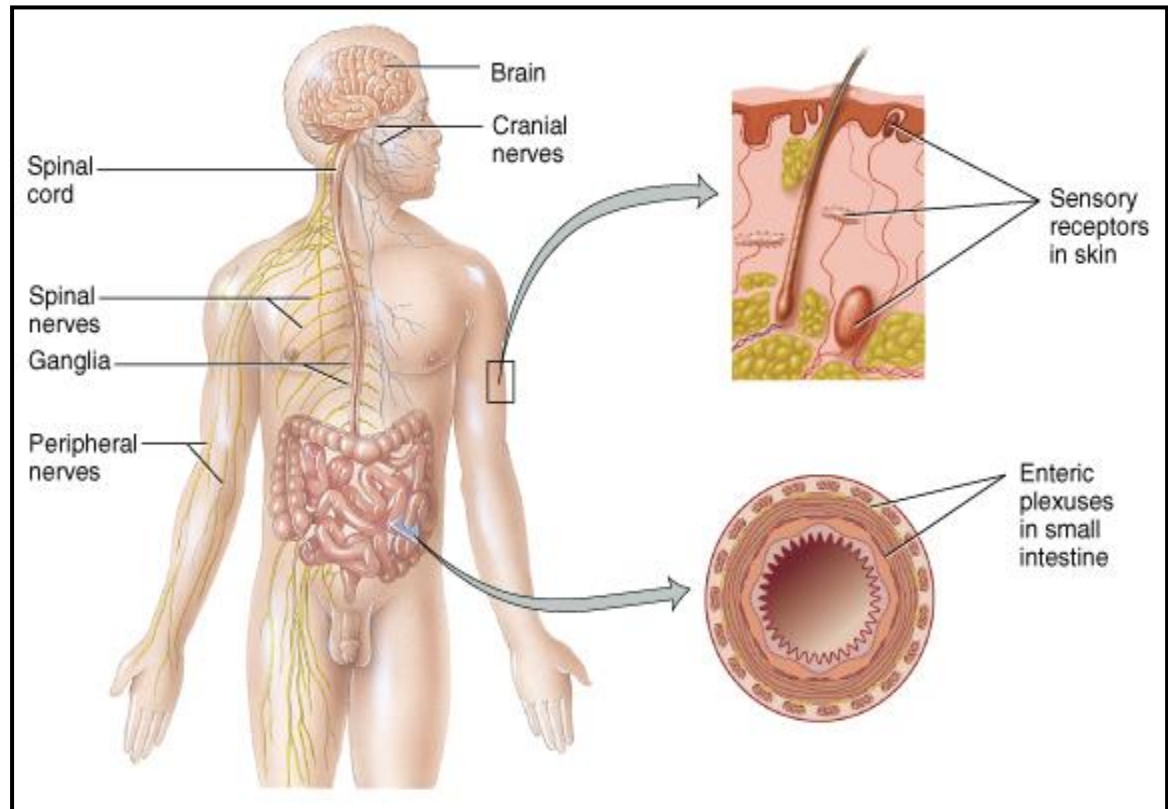
Přenos informace z periferie do CNS.

## Eferentní (motorické) dráhy:

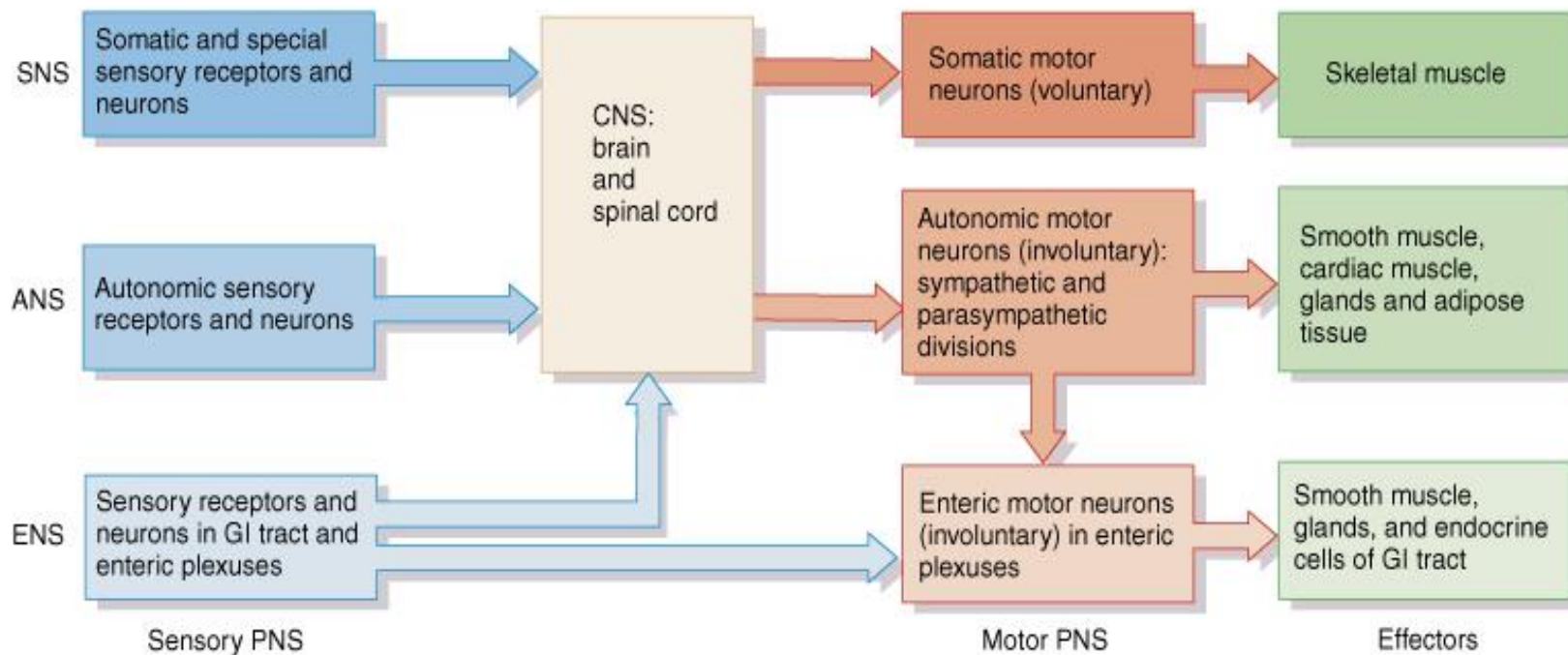
Přenos informace z CNS do periferie.

## Zahrnuje:

- Kraniální nervy (12 párů)
- Míšní nervy (31 párů)
- Periferní nervy
- Ganglia
- Sensorické receptory



# Periferní nervový systém – Organizace



## Somatický (volní) nervový systém (SNS)

- neurony z kožních a speciálních receptorů do CNS
- motorické neurony ke kosterní svalovině

## Autonomní (vegetativní) nervový systém (ANS)

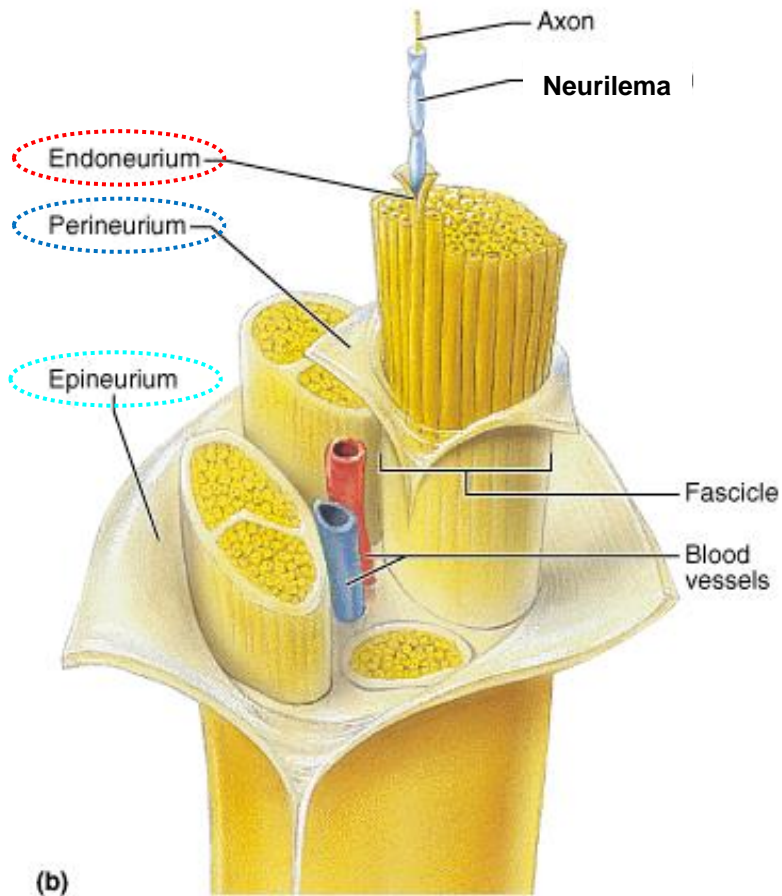
- sensorické neurony viscerálních orgánů do CNS
  - motorické neurony k hladké & srdeční svalovině a žlázám
1. *sympaticus*
  2. *parasympaticus*

## Enterický nervový systém (ENS)

- autonomní senzitivní & motorické neurony řídící trávicí trakt
- neurony fungují nezávisle na SNS & ANS

# Periferní nervový systém - Nervy

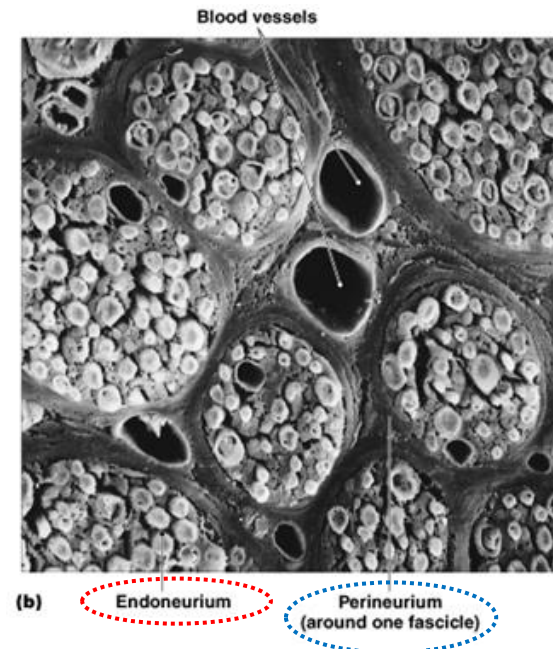
Sestává ze 100 a 100 000 tisíc myelinizovaných a nemyelinizovaných axonů (nervových vláken)



(b) Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

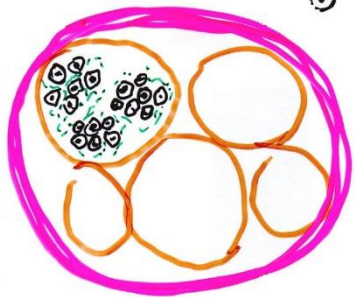
Pojivová tkáň spoluvytvářející nerv:

- **Endoneurium** – obdává axony – primární svazky
- **Perineurium** – obdává svazky – sekundární svazky
- **Epineurium** – obdává celý nerv



Copyright © 2006 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

# Periferní nervový systém - Nervy



⊙ MYELINATED FIBER

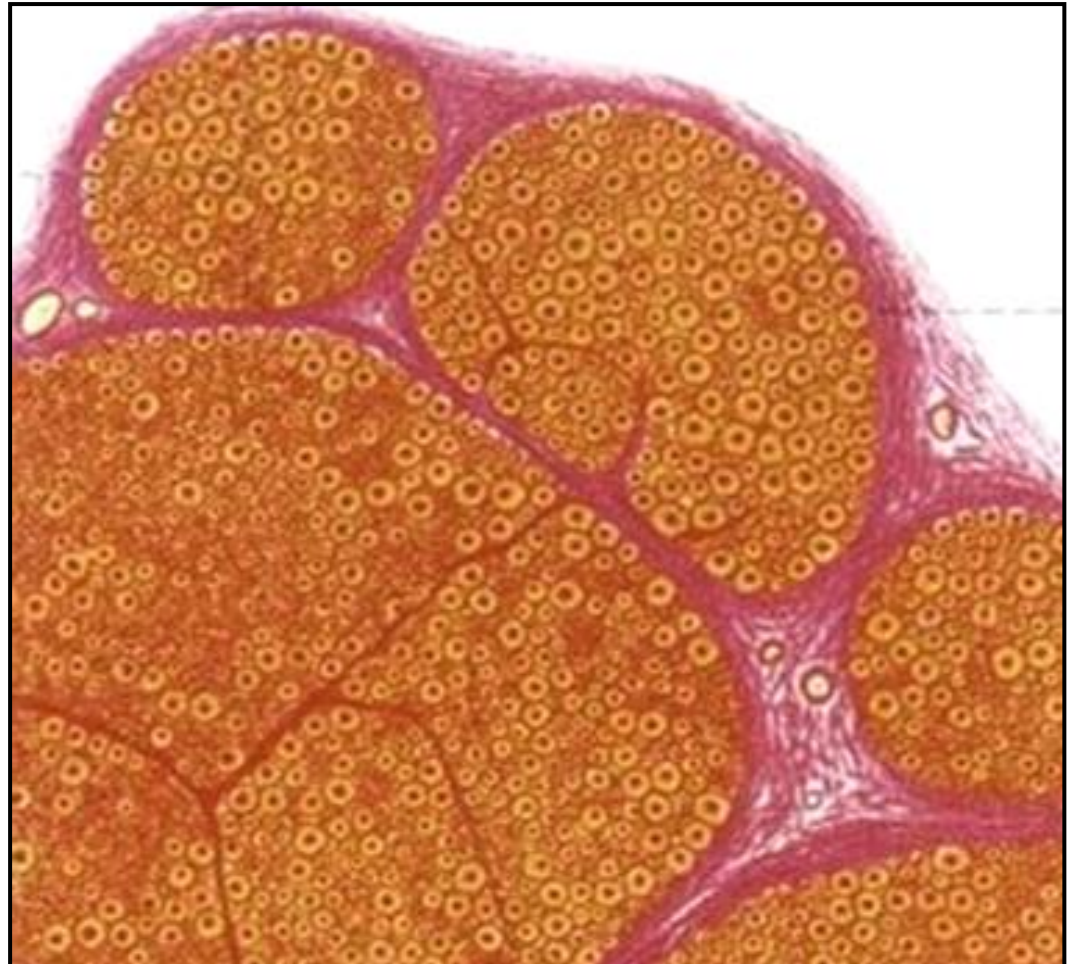
⊙ PRIMARY N.B.

ENDONEURIUM

SECONDARY N.B.

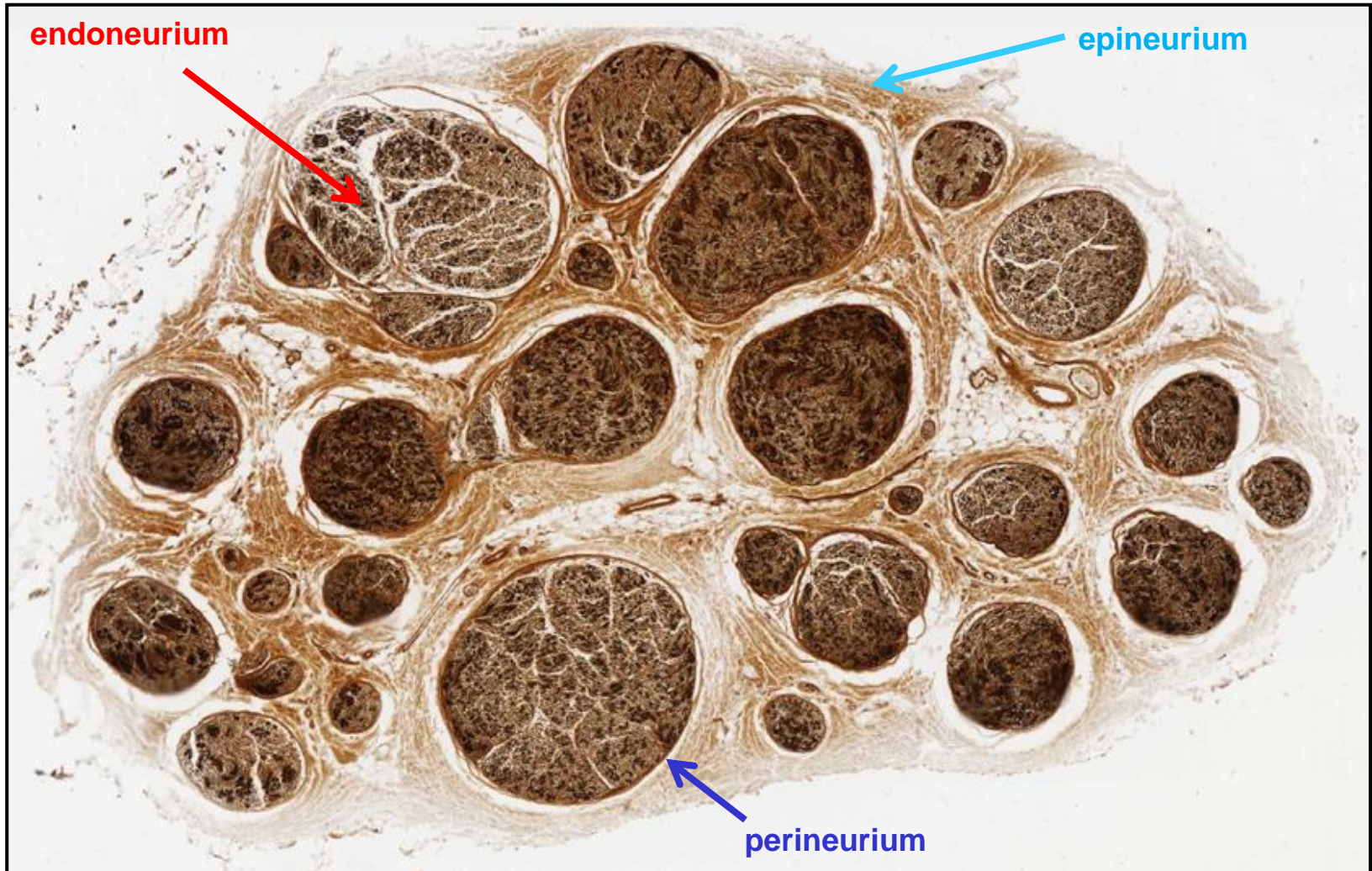
PERINEURIUM

EPINEURIUM





# Periferní nervový systém - Nervy



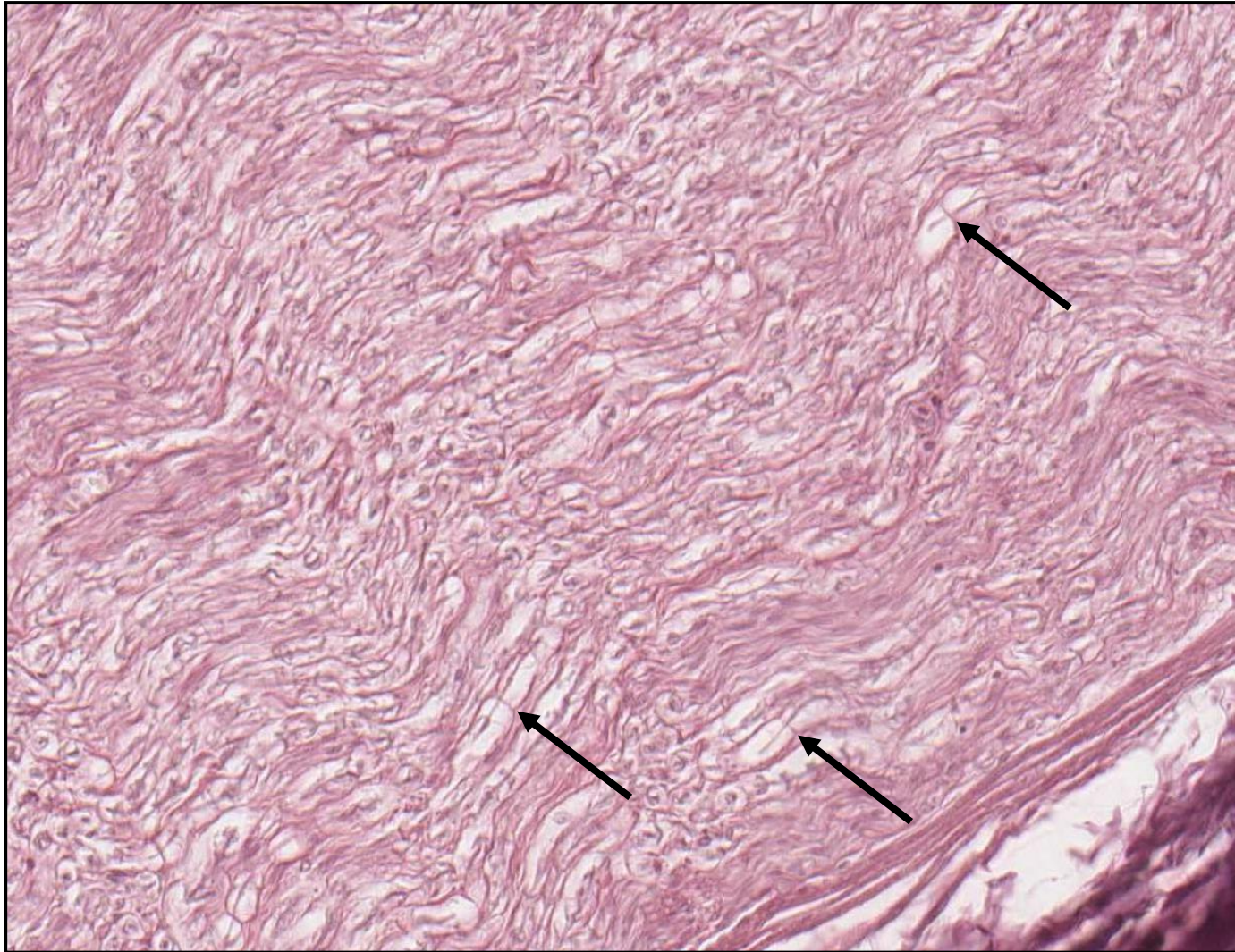
# Periferní nervový systém - Nervy



axony

Myelinové pochvy

# Periferní nervový systém - Nervy



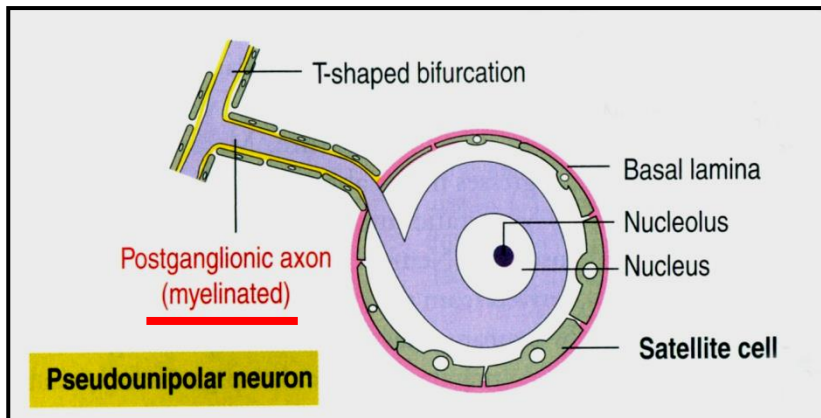
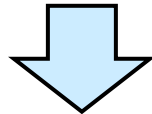
**Ranvierovy zářezy**

# Periferní nervový systém - Ganglia

= agregace těl neuronů mimo CNS

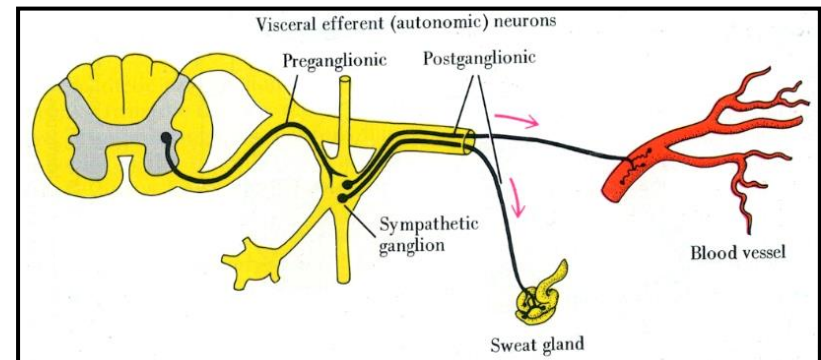
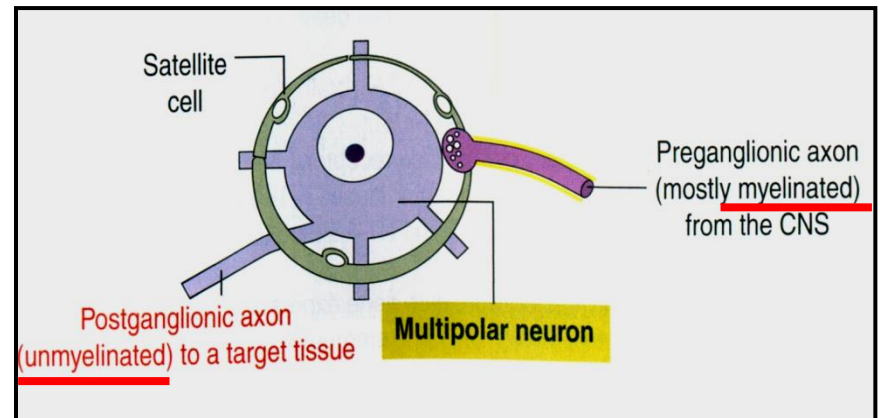
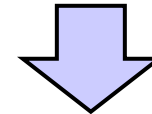
## Sensitivní ganglia

- asociovány s hlavovými nervy (V, VII, IX, X; **kraniální ganglia**) a se všemi spinálními nervy (**spinální ganglia**)
- obsahuje **pseudounipolární neurony**
- neurony jsou obdány **satelitními buňkami**



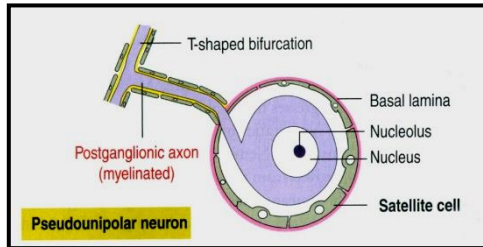
## Autonomní ganglia

- asociovány s nervy autonomního nervového systému
- obsahují středně velké **multipolární neurony**
- neurony jsou **motorické** (hladká a srdeční svalovina + žlázy)
- neurony jsou obdány **satelitními buňkami**

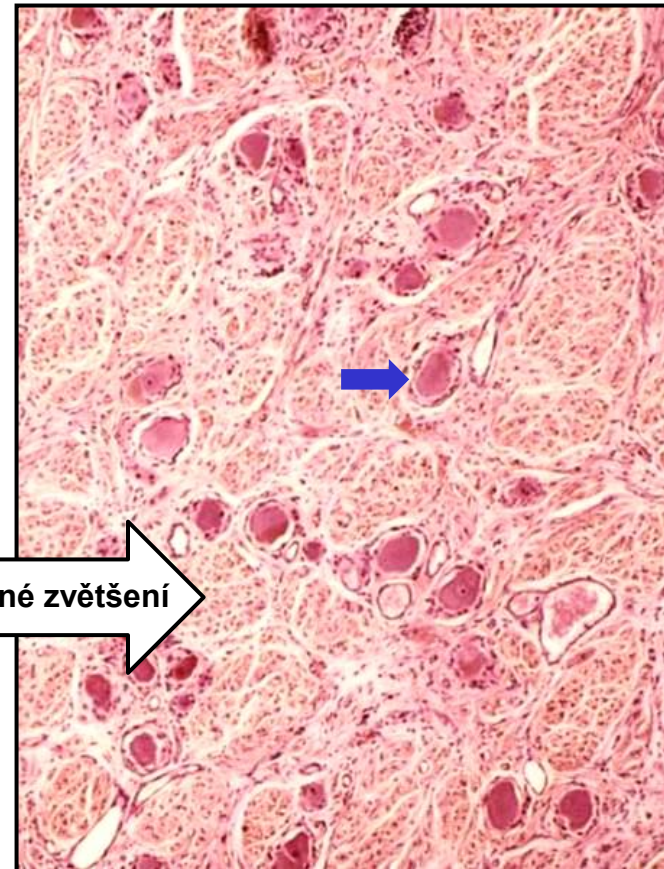
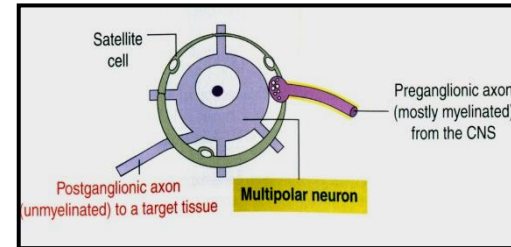


# Periferní nervový systém - Ganglia

## Sensitivní ganglion

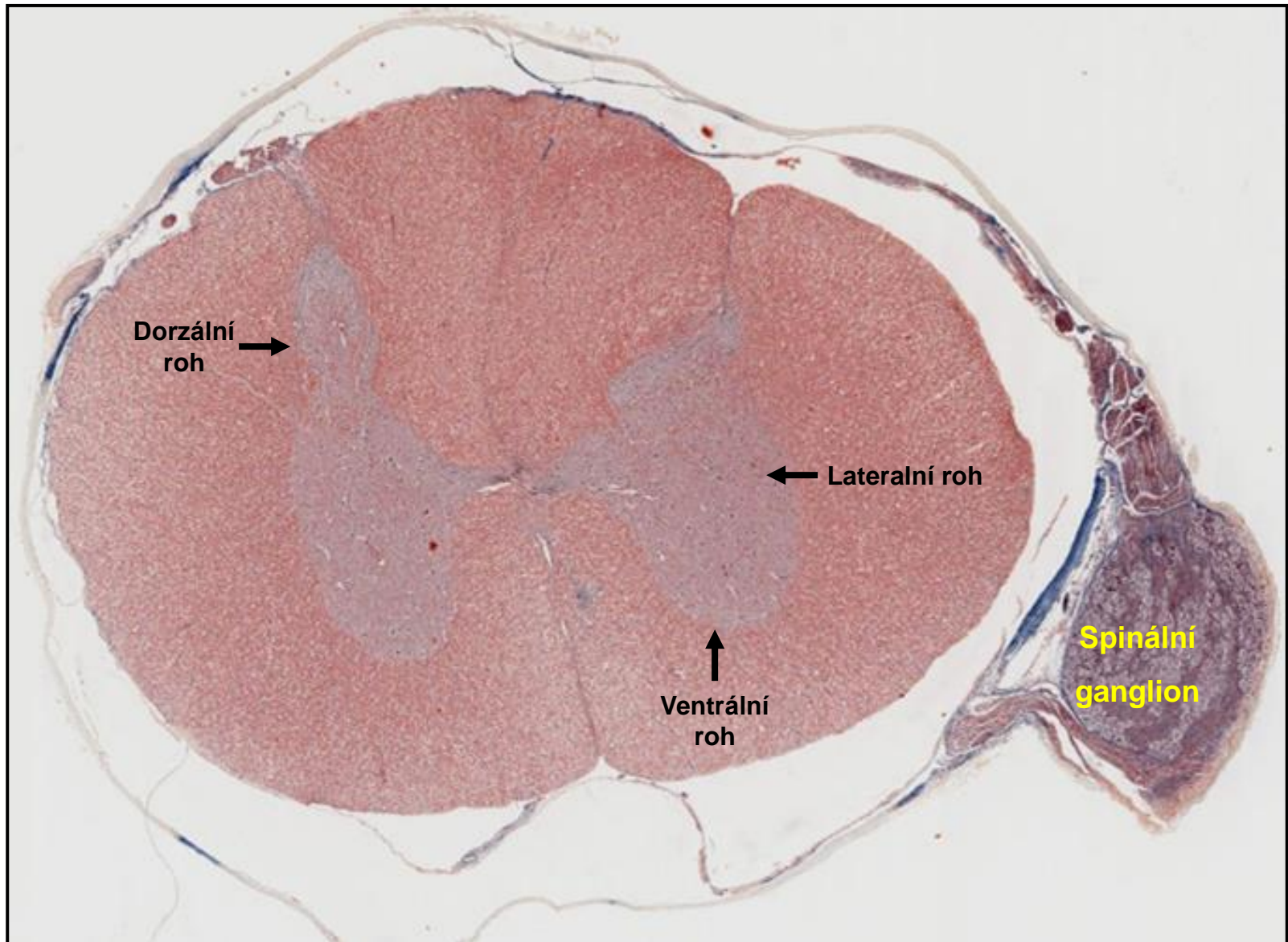


## Autonomní ganglion

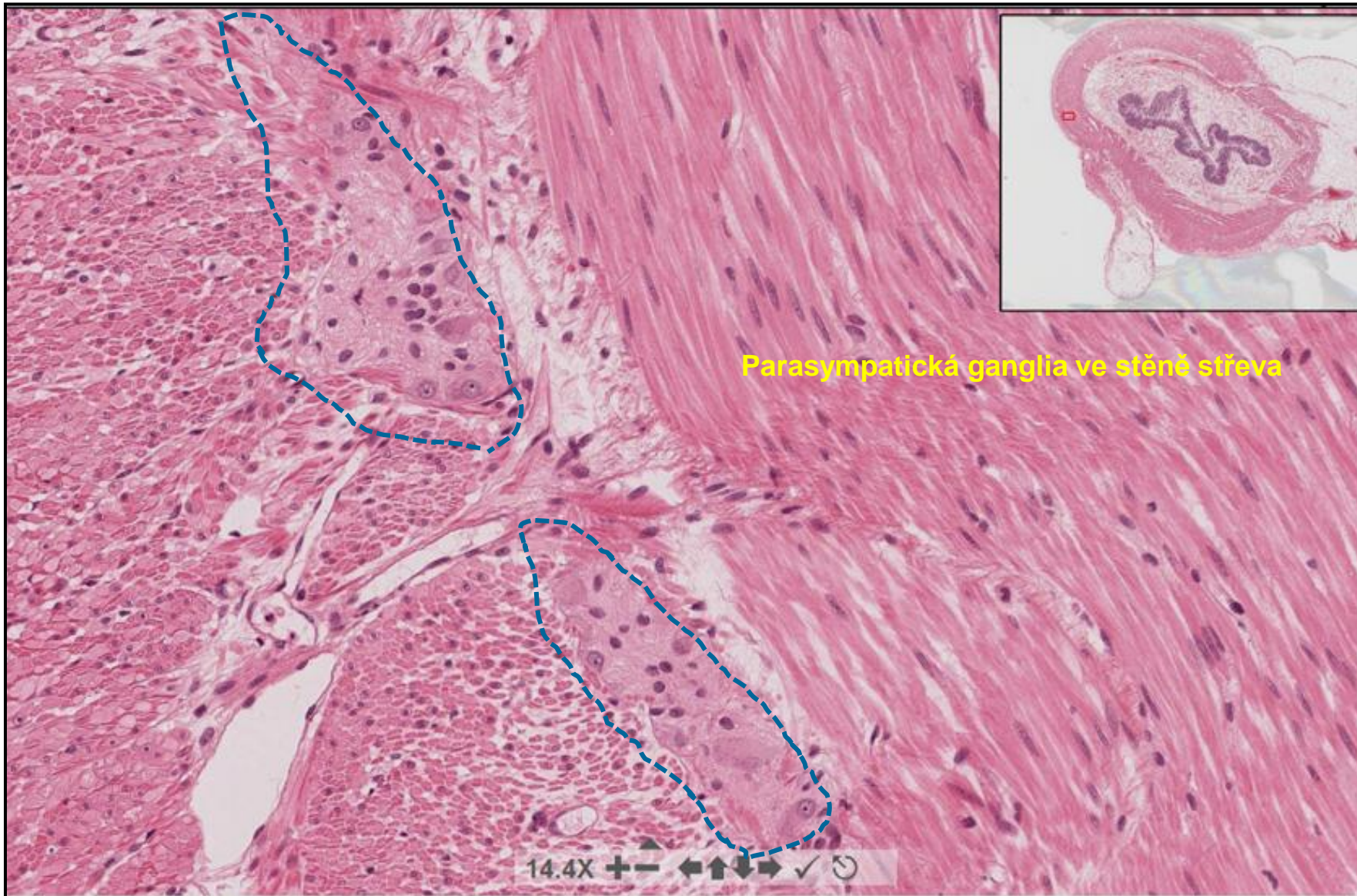


← Přibližně stejné zvětšení →

# Mícha + Spinální ganglion



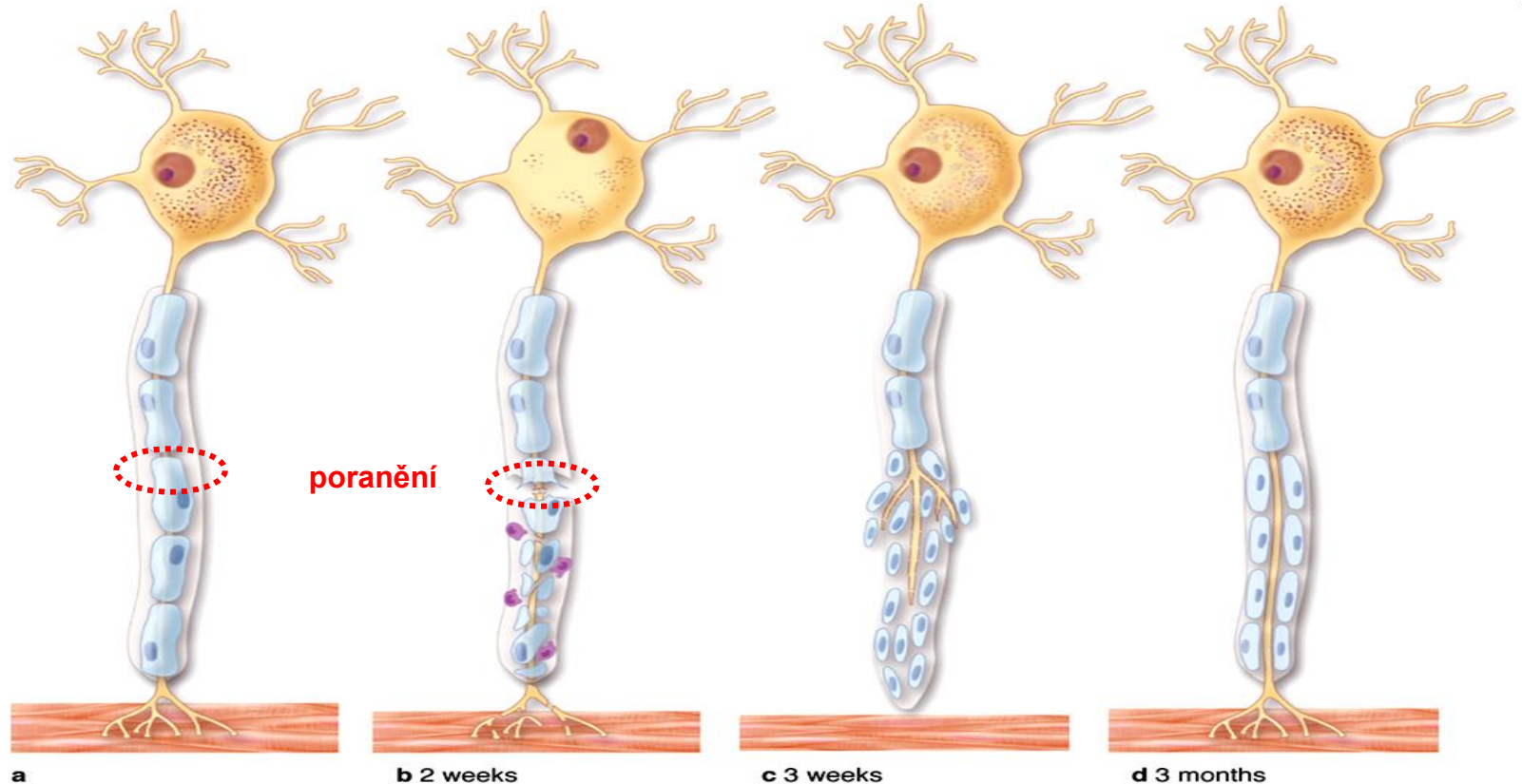
# Autonomní ganglion



# Regenerace nervové tkáně - PNS

## Axony i dendrity mohou být opraveny pokud:

- Tělo neuronu je nepoškozené
- Schwannovy buňky jsou aktivní a jsou schopny tvořit navigační dráhu
- Jizva ve tkáni se nevytvoří příliš rychle



Rozpad axonu  
Rozpad myelinové pochvy

Dělení Schwannových buněk  
Růst axonu  
(1.5 mm/day)  
Navigace Schwannovými buňkami  
Zánik kolaterální axonů

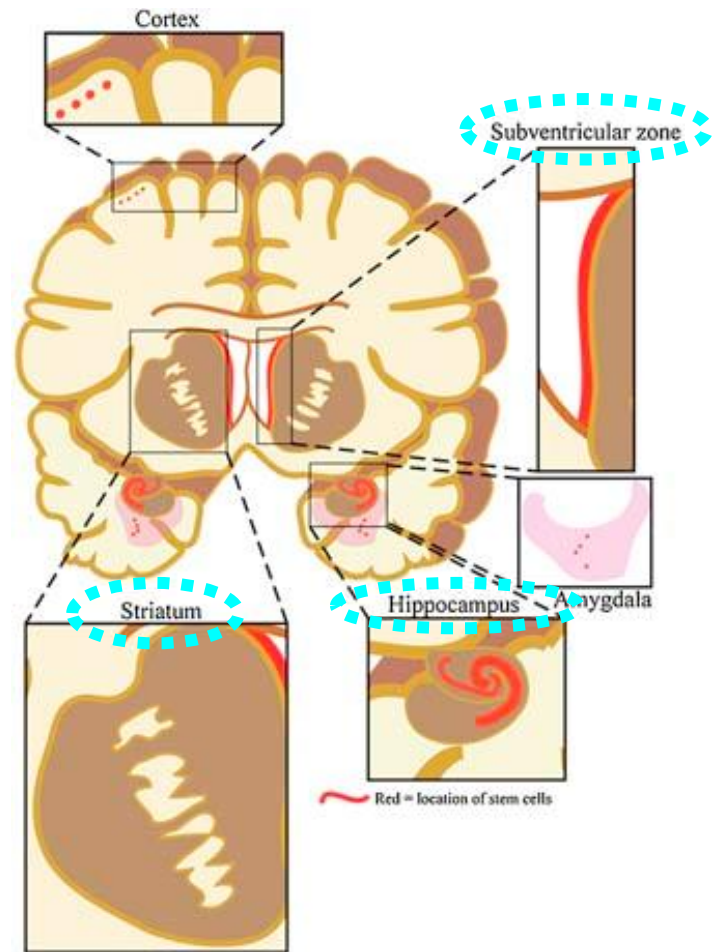
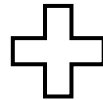


# Regenerace nervové tkáně - CNS

Kmenová / progenitorové buňky přítomné v různých oblastech mozku

## Celoživotní plasticita CNS

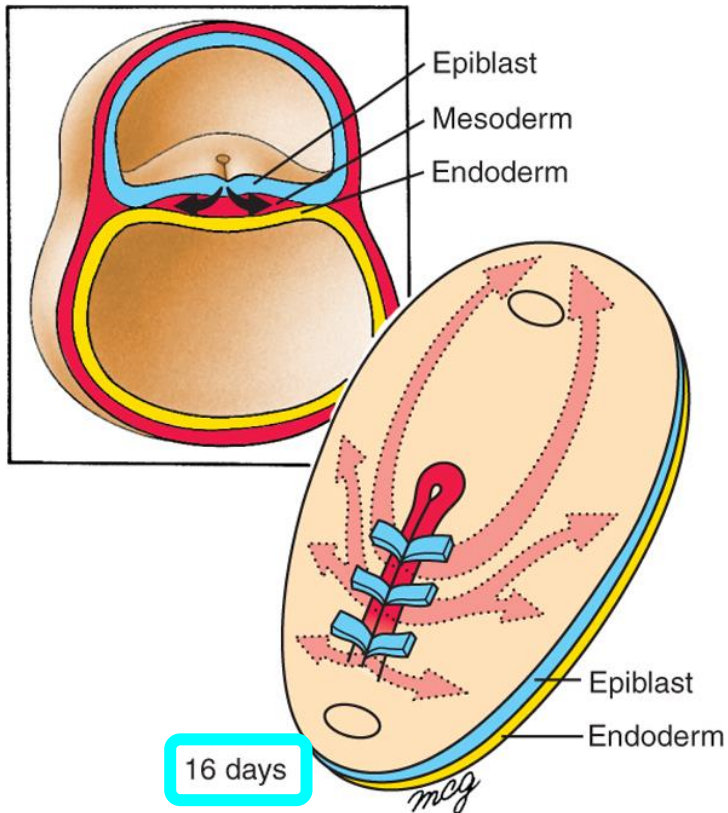
- Vývoj nových dendritů a jejich větvení
- Syntéza nových proteinů
- Změny v synaptických kontaktech



# Nervová tkáň – Vývoj

## Gastrulace

Vznik tří zárodečných listů



**Ektoderm:** vně, překrývá další zárodečné listy, dává vznik **kůži** a **nervové tkáni**.

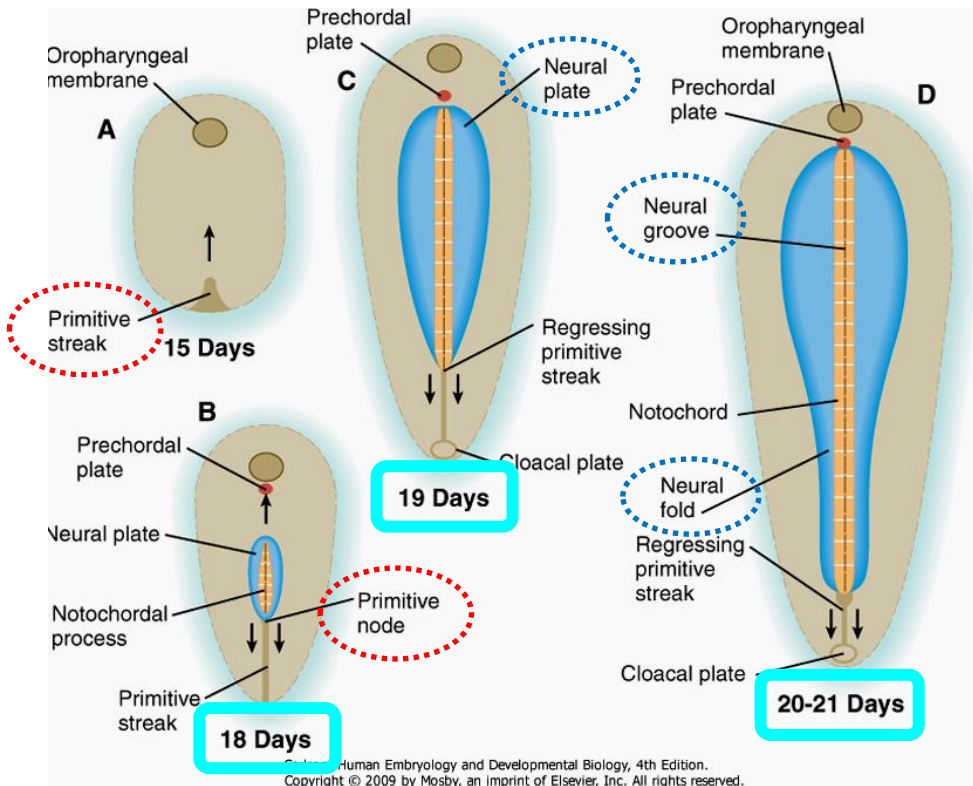
Mezoderm:

Entoderm:

# Nervová tkáň – Vývoj

## Neurální indukce

Signály z **primitivního uzlu** indukují vznik **neurální ploténky**



Entoderm + Mezoderm

BMP-4

Ektoderm dif. na Kůži

X

Notochord

noggin  
chordin  
follistatin

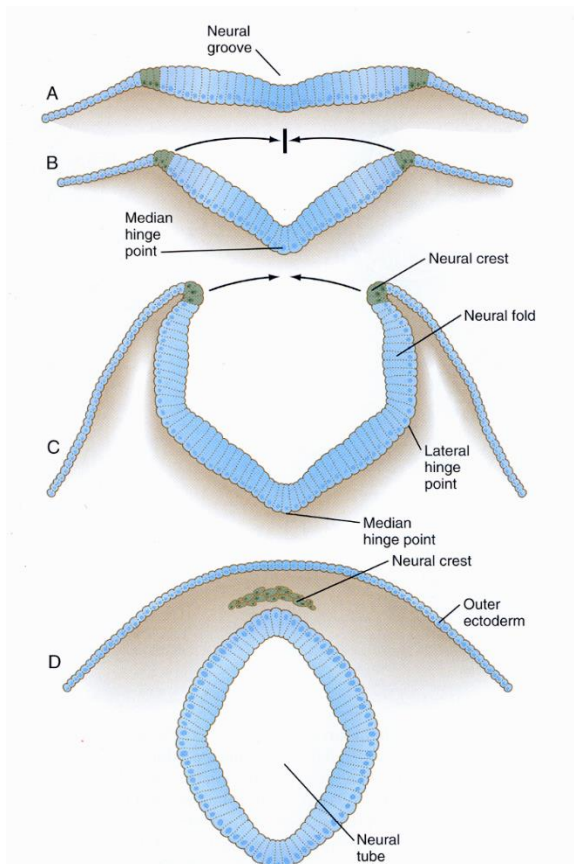
BMP-4 antagonisti

Ektoderm dif. na Nervovou tkáň

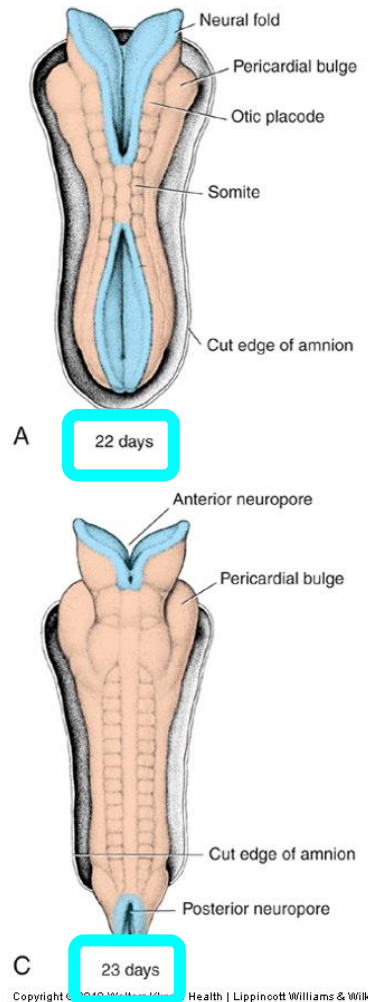
# Nervová tkáň – Vývoj

## Neurulace

Skládání a uzavírání neurální ploténky



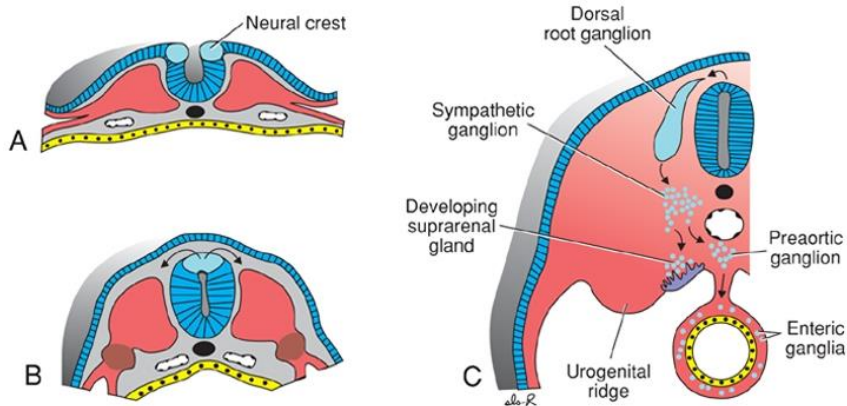
- **neurální valy se uzavírají**
- **buňky neurální lišty delaminují z neuroektodermu a migrují do vzdálených destinací**
- neurální trubice **se uzavírá nejprve uprostřed** a potom zřídka směrem kраниálním a kaudálním
- **kраниální neuropor** se uzavírá cca ve dni **25**
- **kaudální neuropor** se uzavírá cca ve dni **28**



# Nervová tkáň – Vývoj

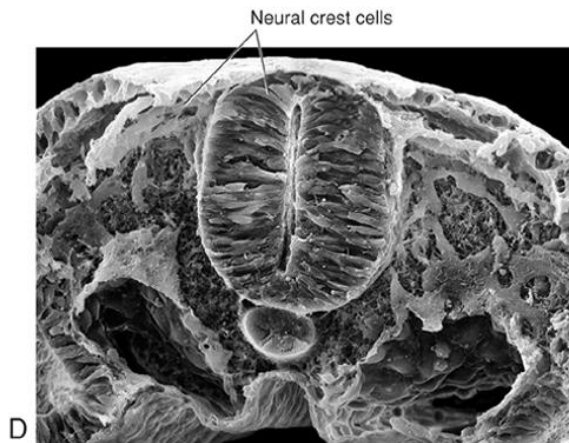
## Neurální lišta

“čtvrtý zárodečný list”



### Signály z:

- Mesodermu
- Přilehlé kůže
- Neurální ploténky



## Buňky neurální lišty

- Snižují expresi kadherinu
- Delaminují z neuroepitelu
- Transformují se do migratorních mezenchymálních buněk
- Dají vznik mnoha buněčným typům

# Nervová tkáň – Deriváty neurální lišty

## Neuroblasty

- **psedounipolární** neurony spinálních g.
- **multiolární** neurony autonomních g.
- **chromafinní buňky** dřeně nadledvin

## Spongioblasty

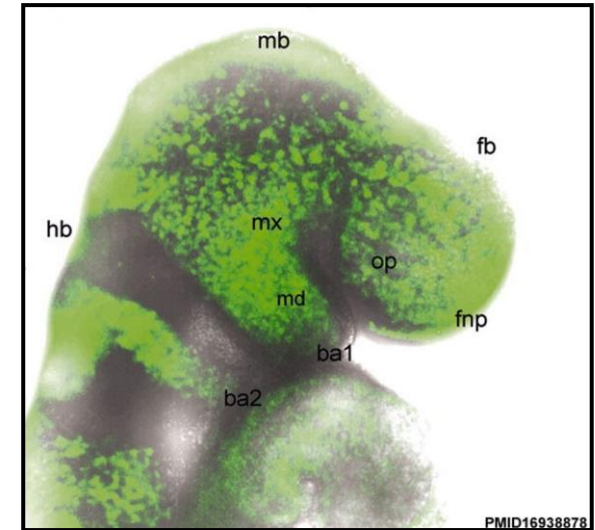
- **Schwannovy buňky**
- **satelitní buňky**

## Melanocyty

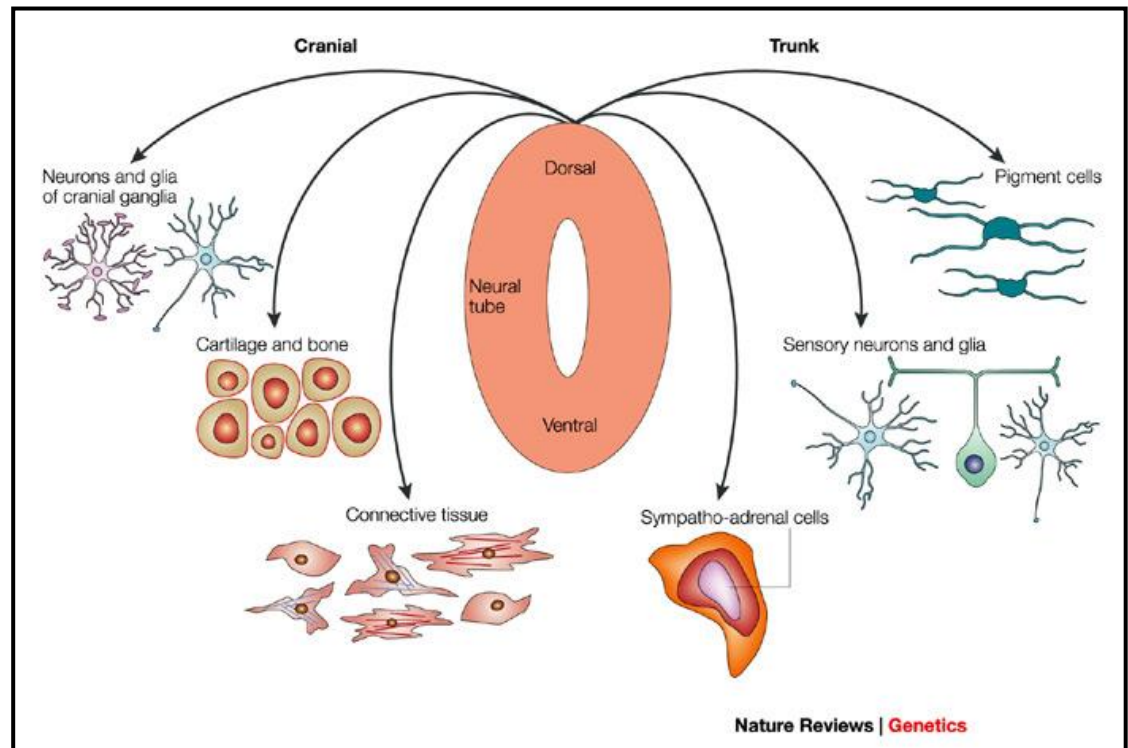
- migrují do epidermis

## Ektomezenchymocyty

- migrují do branchiálních oblouků
- nahradí mezenchym mezodermálního původu



PMID16938878

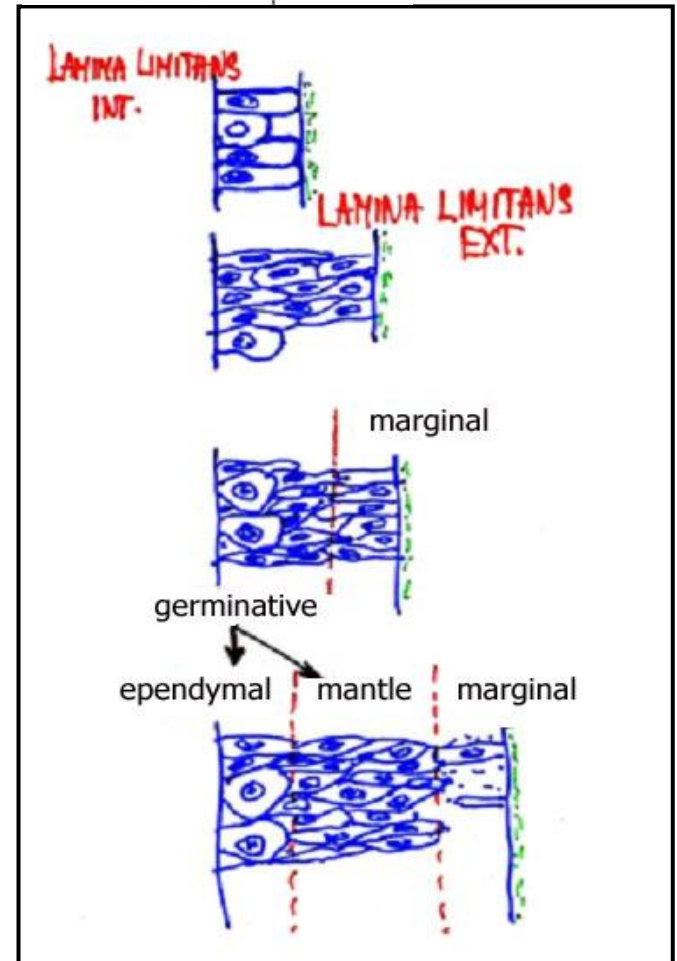
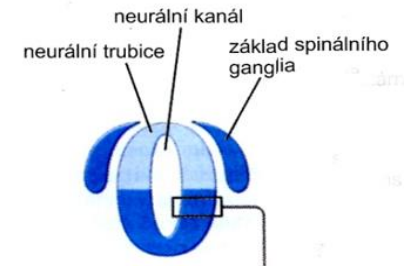


# Nervová tkáň – Histogeneze nervové trubice

- počáteční stav – **víceřadý cylindrický** epitel
- nejprve se dělí buňky v celé tloušťce neurální trubice
- později se dělí pouze buňky v blízkosti lumen neurální trubice

- neurální trubice dává vznik 2 zónám: **germinativní** (vnitřní) + **okrajová** (vnější)
- buňky germinativní zóny se dělí, migrují do periferie a dávají vznik **plášťové vrstvě**

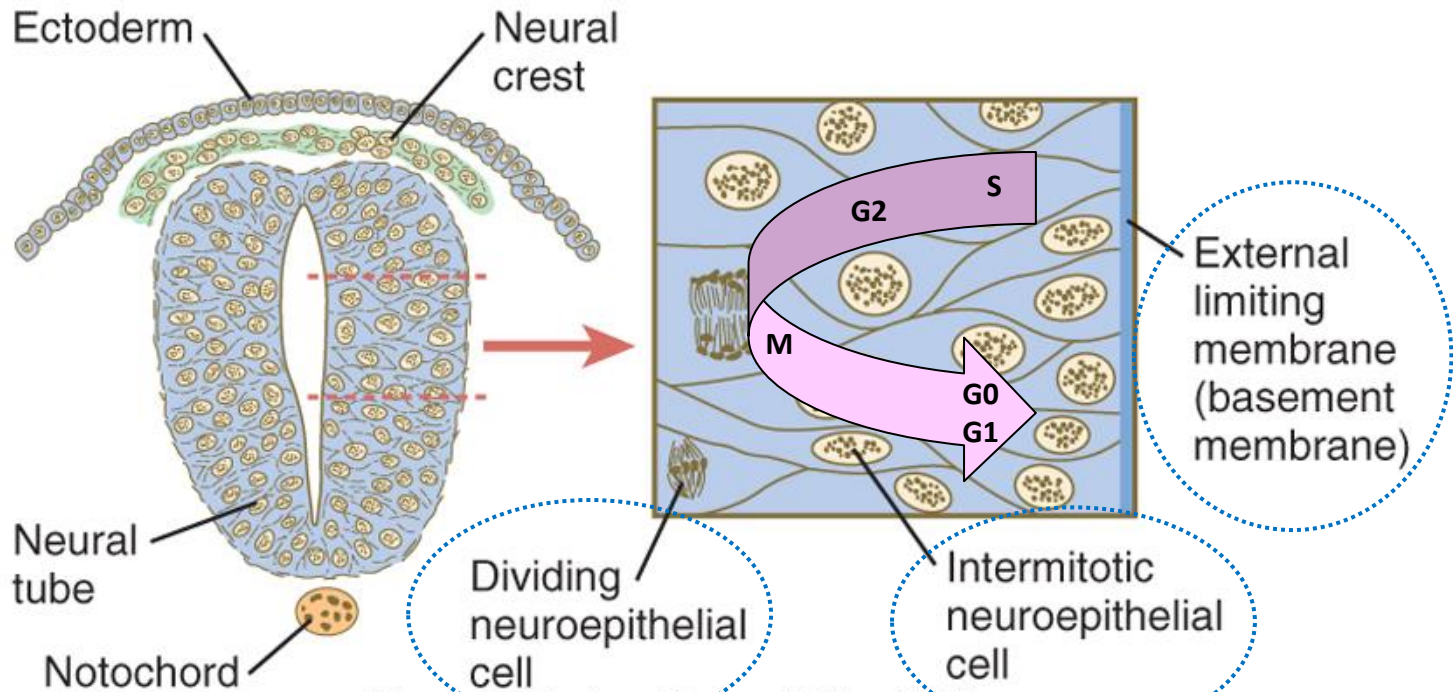
- **ependymová** vrstva = **ependym**
- **plášťová** vrstva = **šedá hmota** – diferencuje do primitivních neuronů (neuroblasty) and spongioblastů (glioblasty)
- **okrajová** vrstva = **bílá hmota** (žádné buňky)



# Nervová tkáň – Vývoj

**Časná nervová trubice** je víceřadý epitel

- “**apikální**” strana je přivrácena do **centrálního kanálu**
- “**bazální**” strana je přivrácena k **okolním strukturám** (somity, notochord, etc.).
- dělící se buňky jsou na apikální straně





# Nervová tkáň – Nervová trubice – Diferenciace buněk

## Ependymová vrstva:

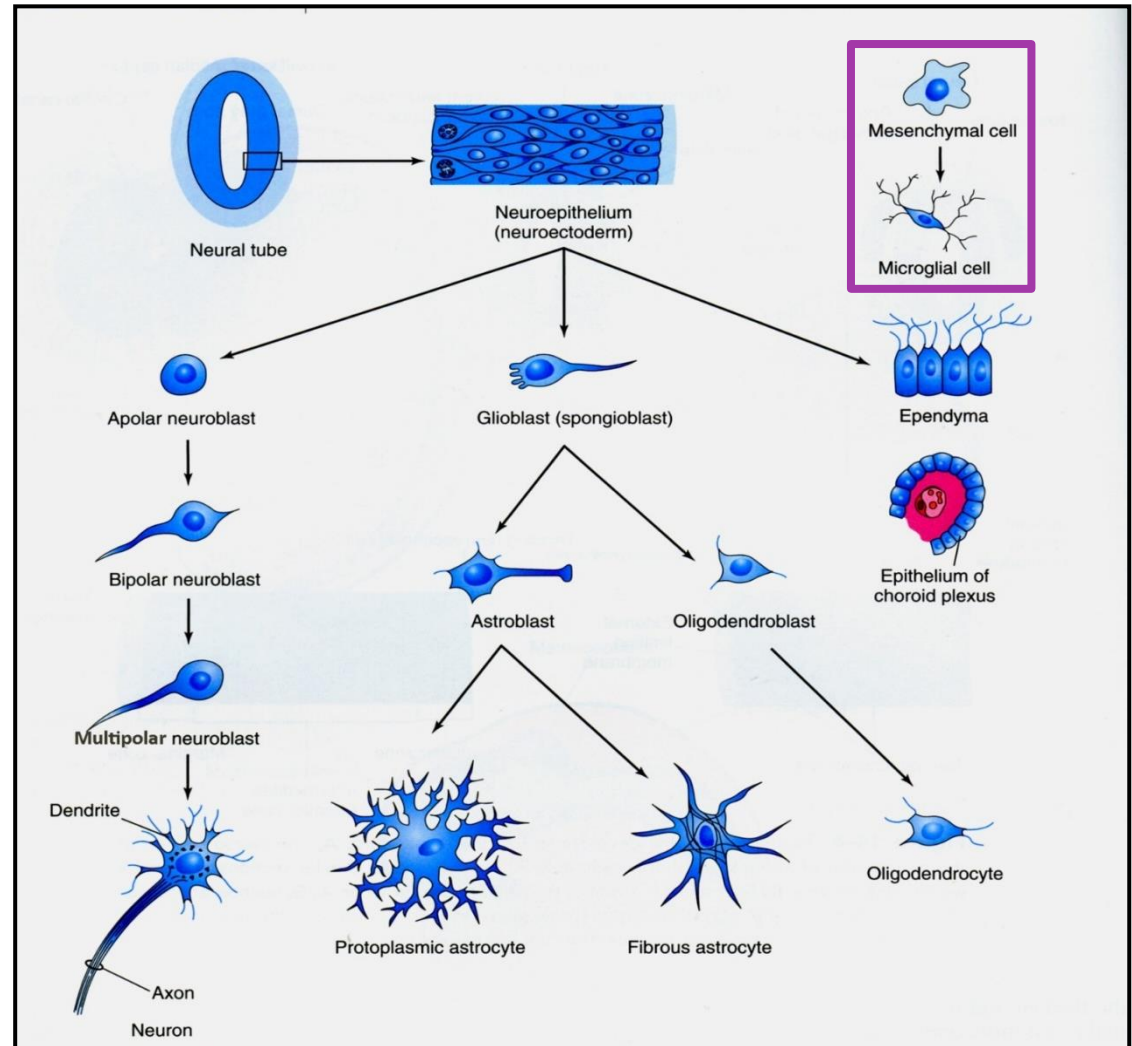
- Ependymové bn. (ependymocyty)

## Plášťová vrstva:

- **neuroblasty** – budou neurony
- **spongioblasty (glioblasty)** :
  - astrocytoblasty
  - oligodendrocytoblasty

## Okrajová vrstva:

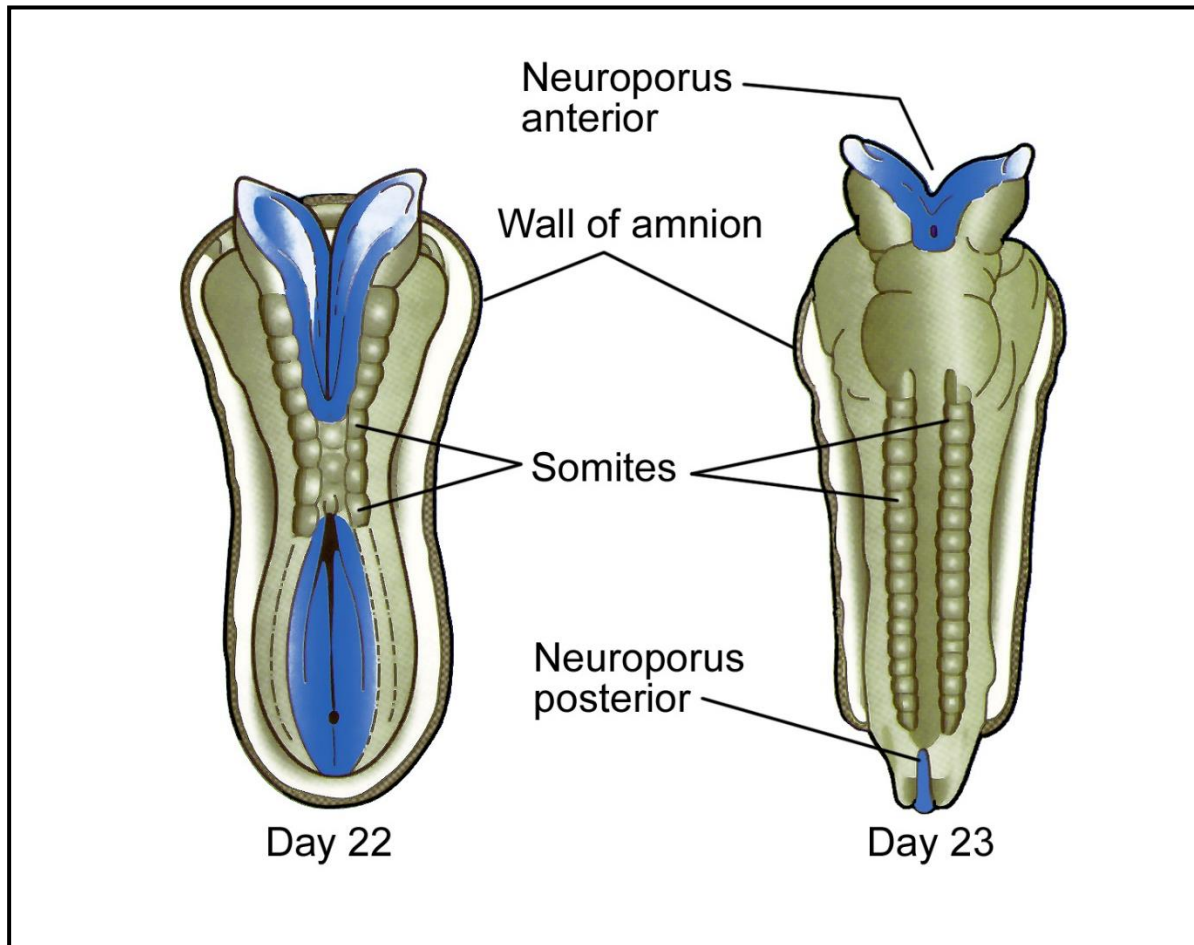
- bez buněk (bílá hmota)



## Nervová tkáň– Morfogeneze

**Možek** – vyvíjí se z rozšířeného kranálního segmentu nervové trubice

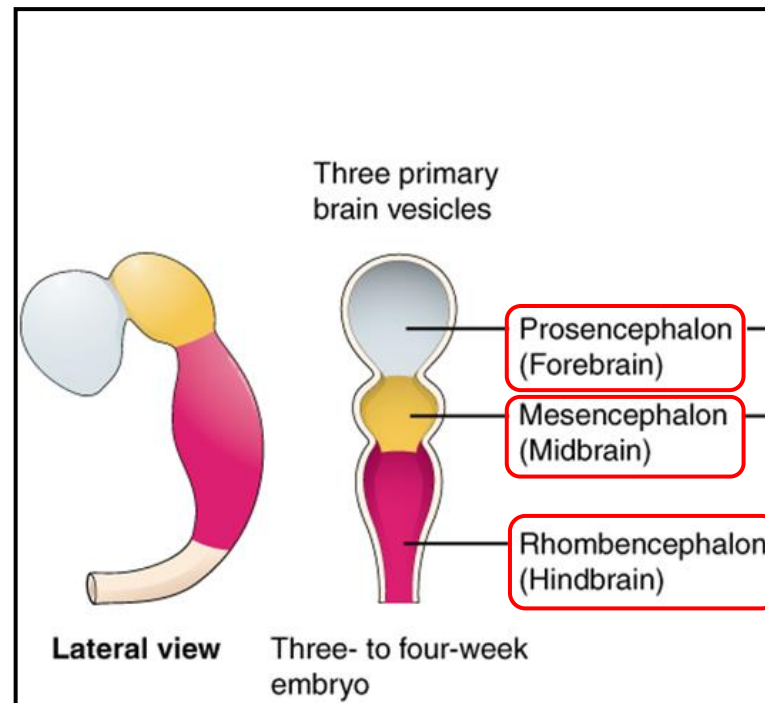
**Mícha** – vyvíjí se ze zúženého kaudálního segmentu nervové trubice



# Nervový systém – Vývoj mozku

Mozek se začíná formovat z kraniální části nervové trubice ve 4. týdnu - **3 primární mozkové váčky**

- **Prosencephalon** – Přední
- **Mesencephalon** – Střední
- **Rhombencephalon** – Zadní

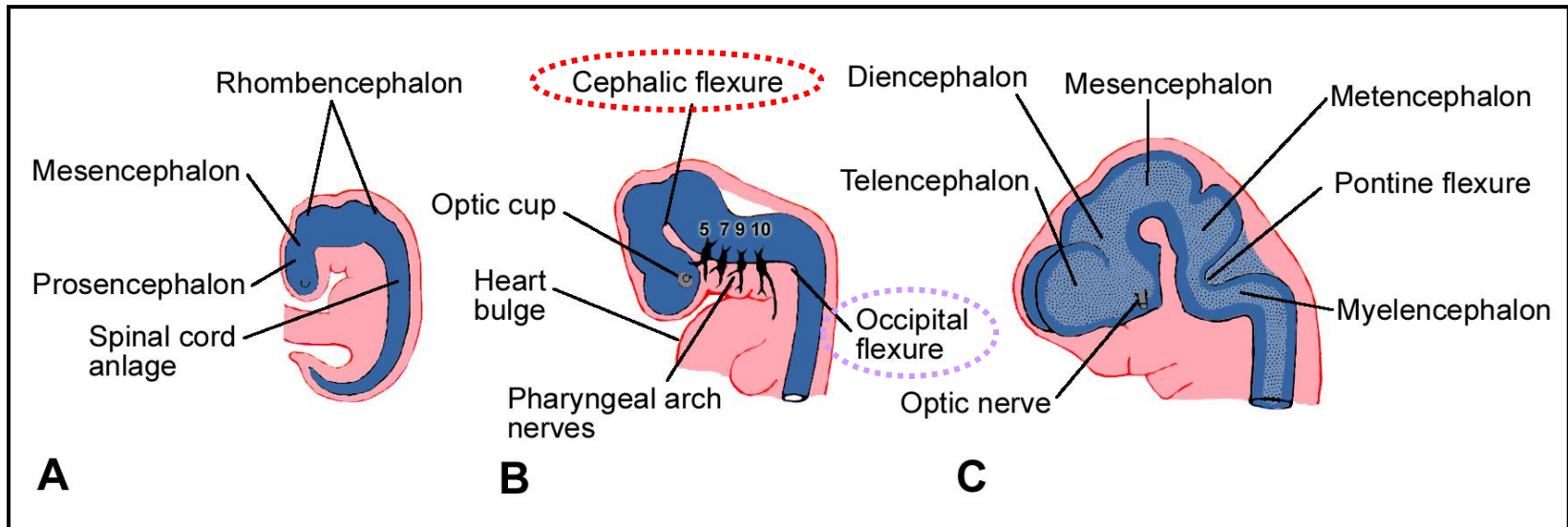


# Nervový systém – Vývoj mozku

Váčky nejsou v jedné ose, ale jsou ohnuty v sagitální rovině.

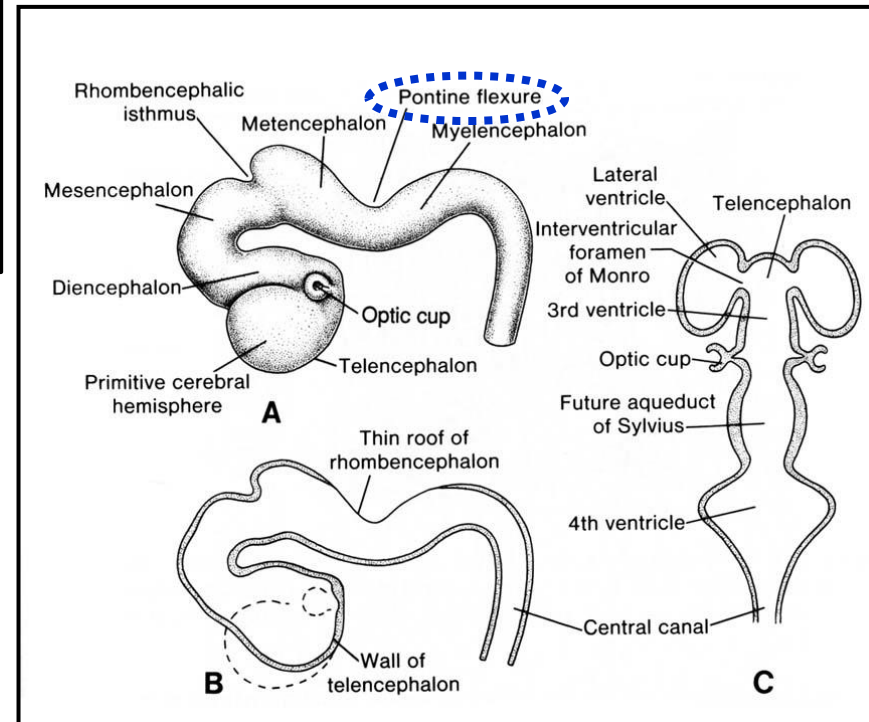
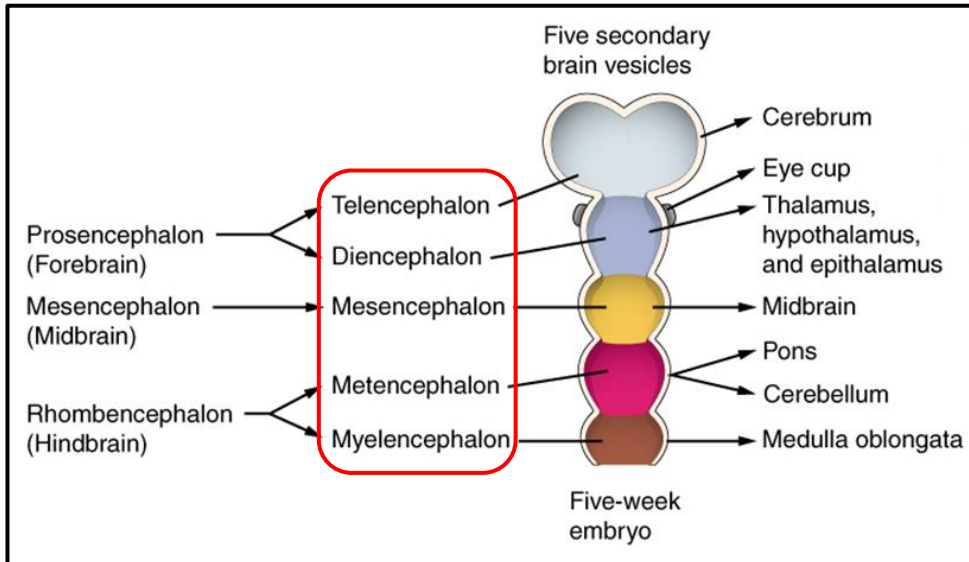
**Flexura cephalica** – zůstává zachována

**Flexura occipitalis (cervicalis)** – mizí po dvou měsících vývoje

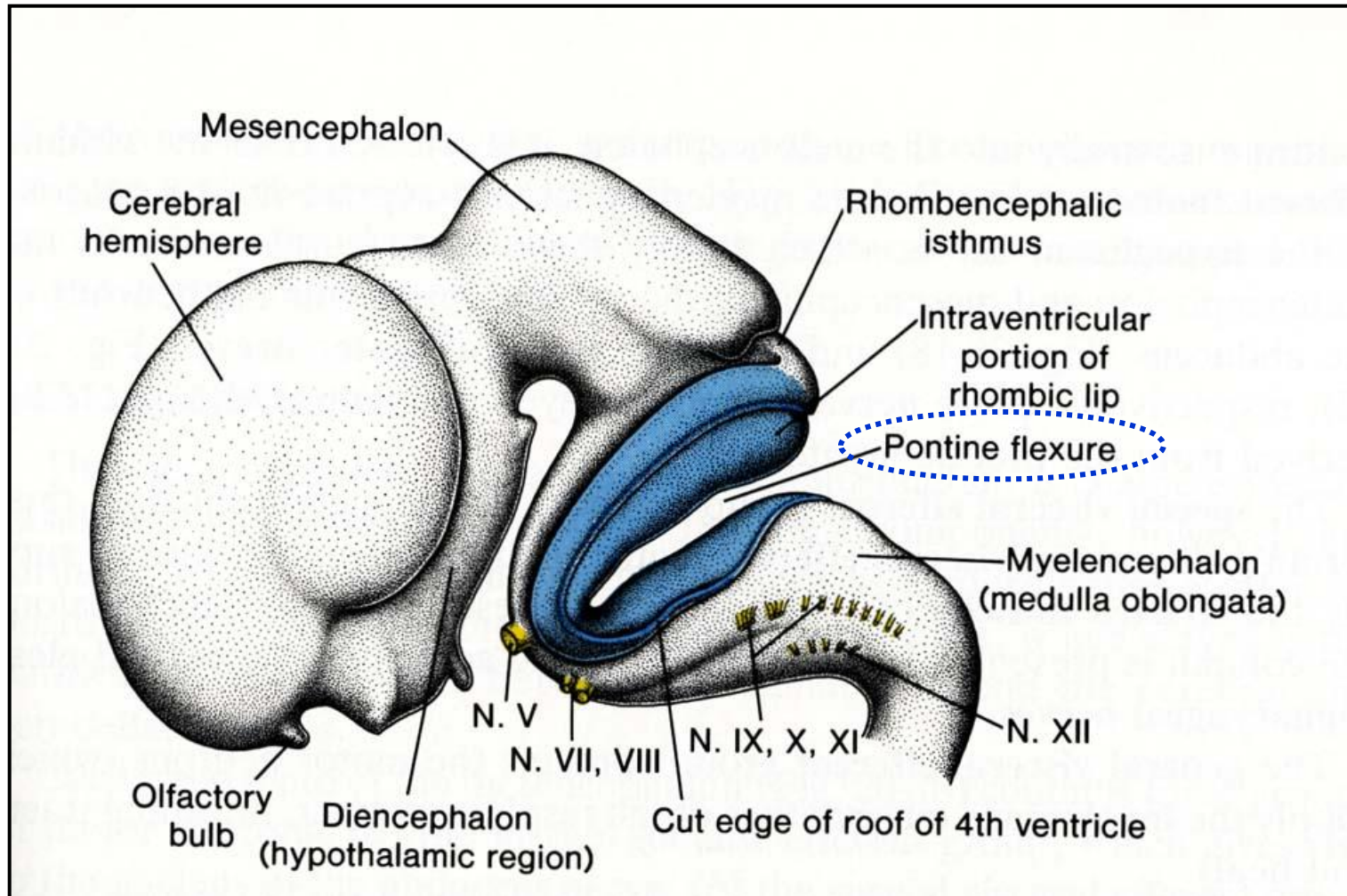


# Nervový systém – Vývoj mozku

- 5-tý týden
- 5 sekundárních váčků
- Flexura pontina – přetrvává



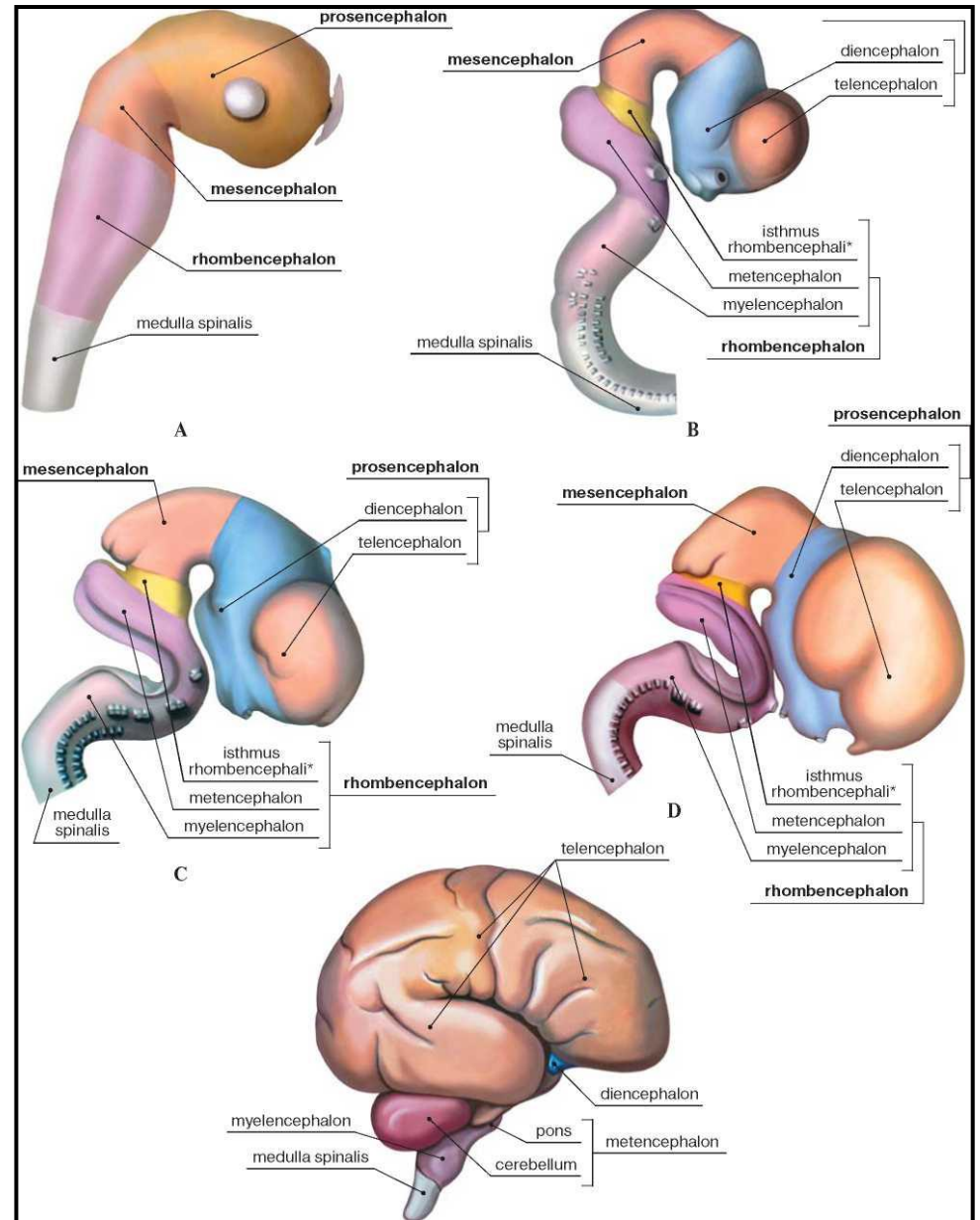
# Nervový systém – Vývoj mozku



# Nervový systém – Vývoj mozku

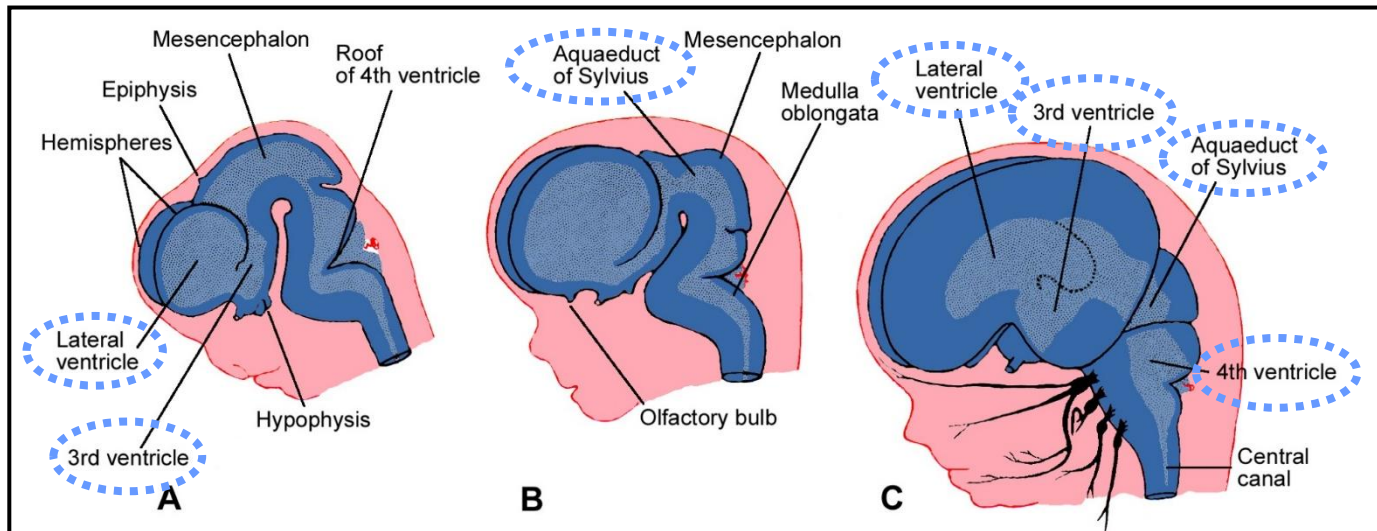
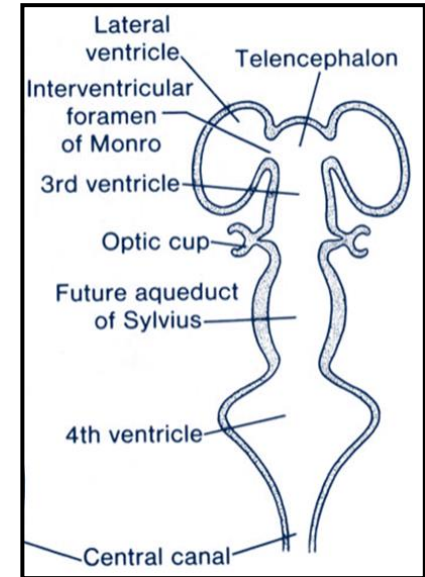
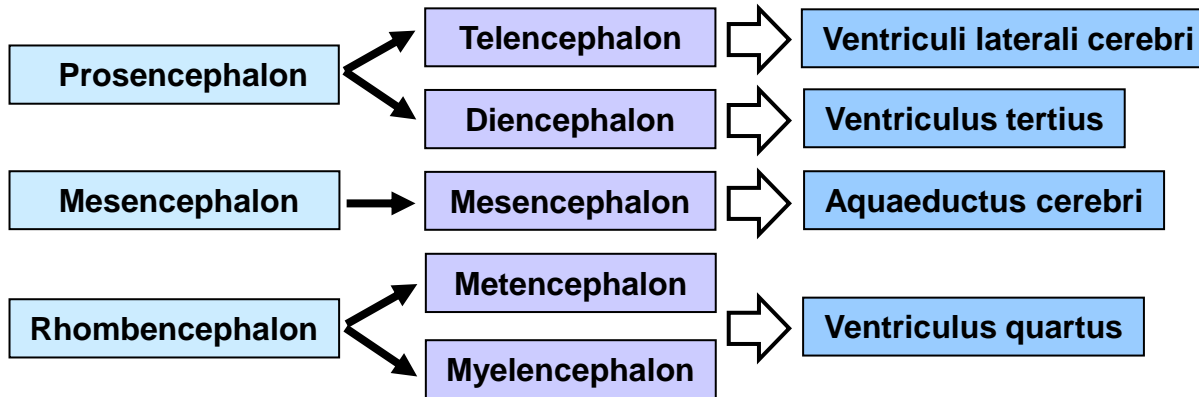
Výsledkem časného vývoje mozku je:

- deflekce báze mozku
- vytvoření 5-ti oddílů mozku



# Nervový systém – Vývoj mozku – Mozkové komory

Je nutné si pamatovat !



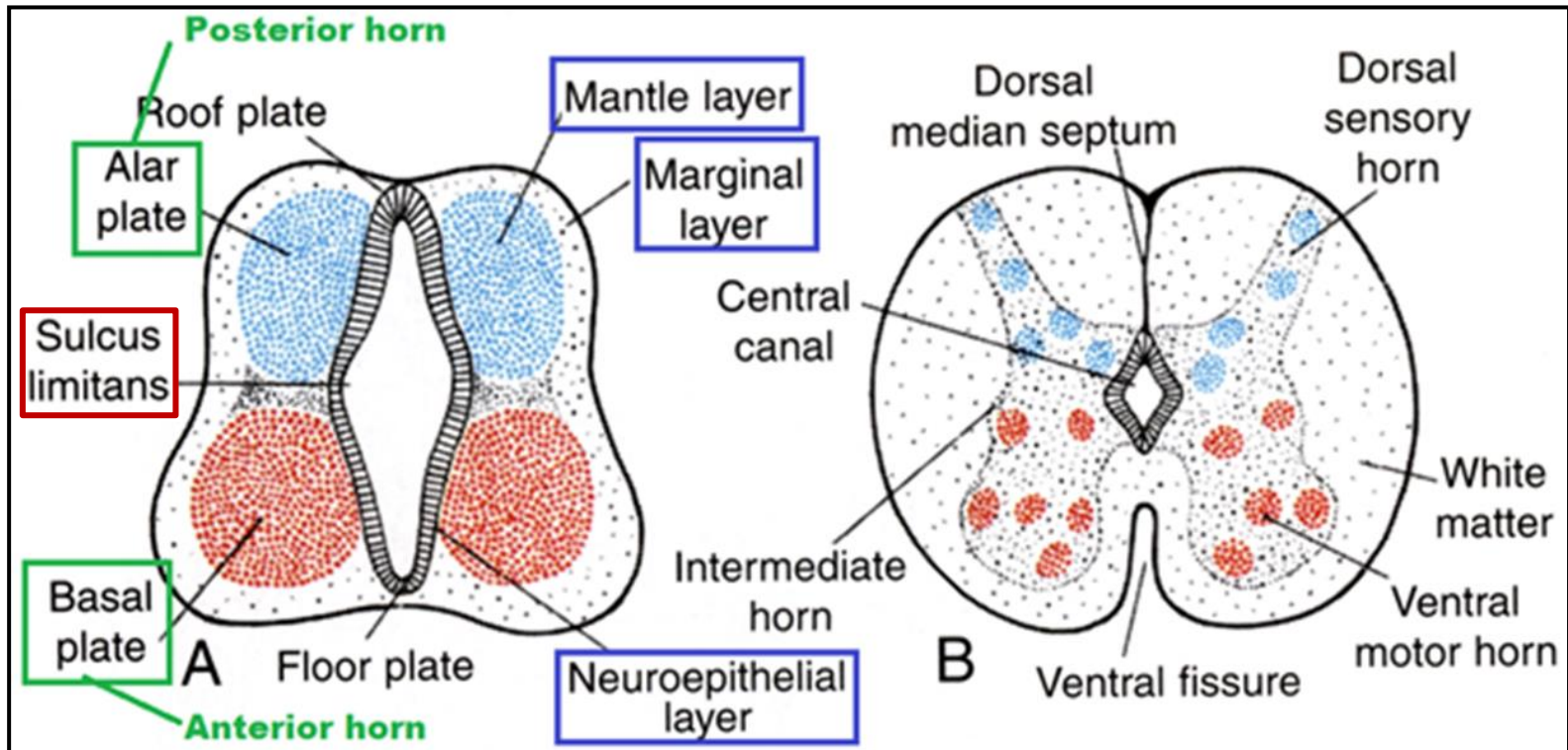


# Nervový systém – Vývoj míchy

- Mícha se vyvíjí z kaudální části nervové trubice
- Buňky plášťové vrstvy prolifерují a
- produkují 2 ploténky – dorzální **alární ploténku** a ventrální **bazální ploténku**, které jsou odděleny podélně probíhající rýhou - **sulcus limitans**

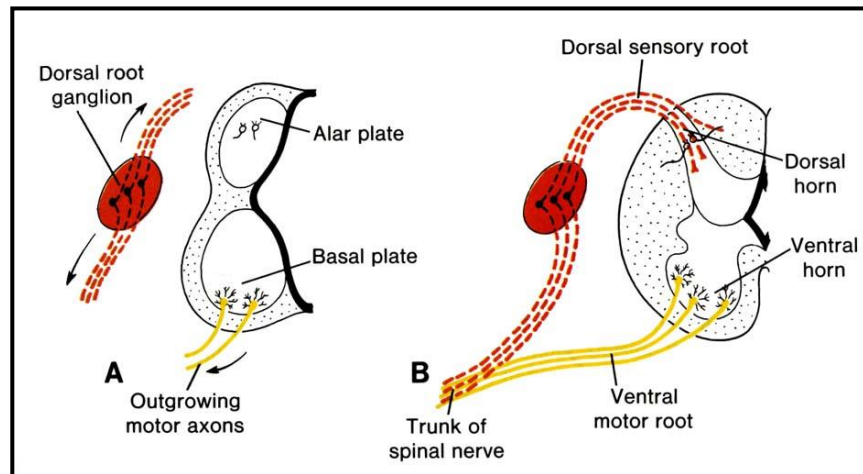
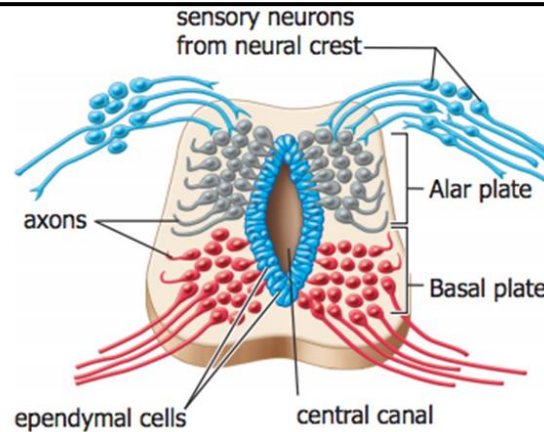
## Je nutné si pamatovat:

- **alární ploténka** - vyvine se v **dorzální rohy**
- **bazální ploténka** - vyvine se ve **ventrální rohy**



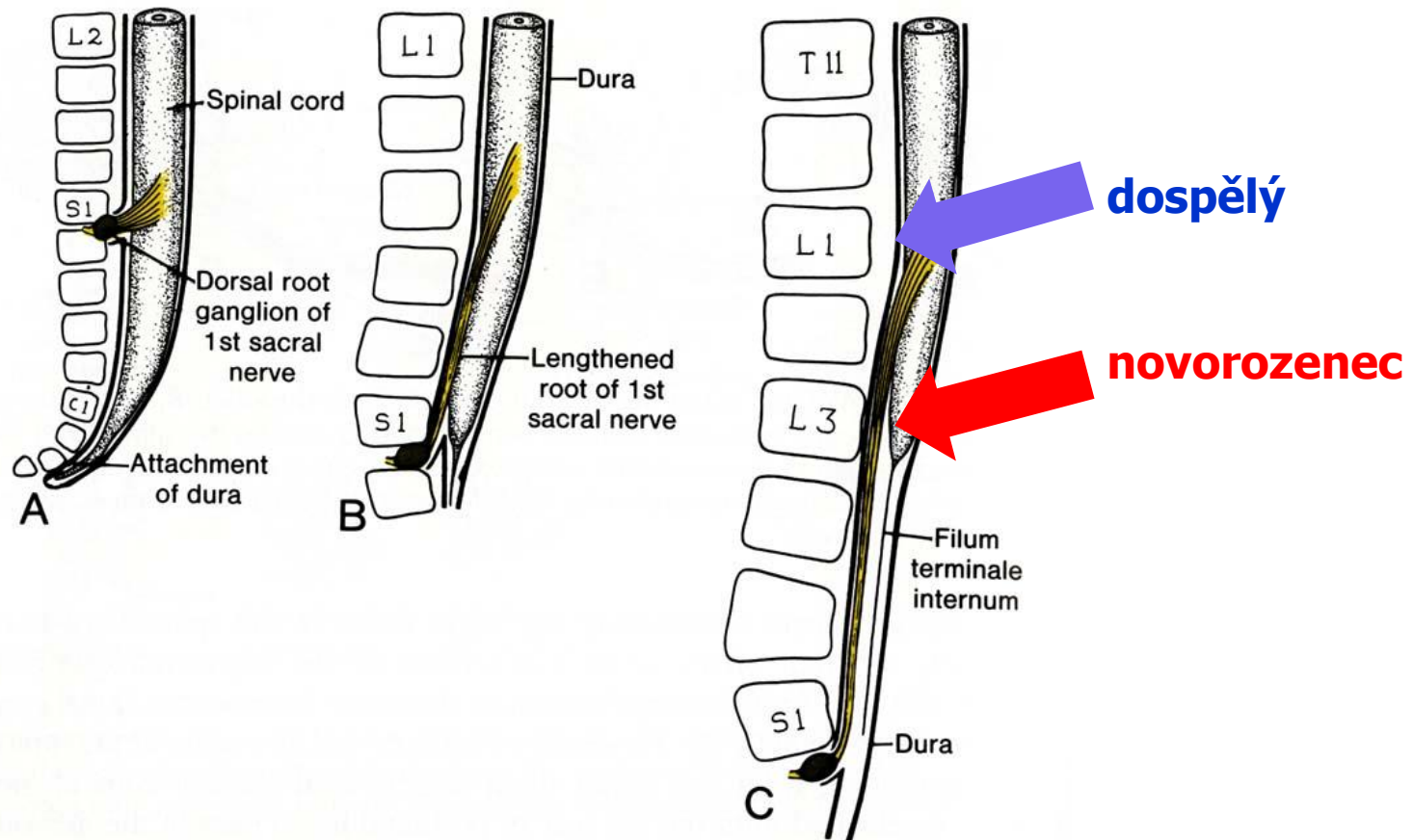
# Nervový systém – Vývoj míchy

- Alar plate
  - Dorsal neuroblasts form sensory interneurons
- Basal plate
  - Ventral neuroblasts form **motor** neurons
- Axons form white matter.



# Nervový systém – Vývoj míchy

- nejprve délka míchy koresponduje s délkou páteřního kanálu
- během dalšího vývoje, páteřní kanál roste rychleji než mícha



**Děkuji za pozornost!**

**Otázky a komentáře na:  
ahampl@med.muni.cz**