

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 2022

Nervový systém - Histologicky

Sestává ze 3 strukturálně odlišných složek:

Nervová tkáň

Krevní cévy

kapiláry, arterioly a venuly, které hustě prostupují nervovou tkáň

Pojivová tkáň

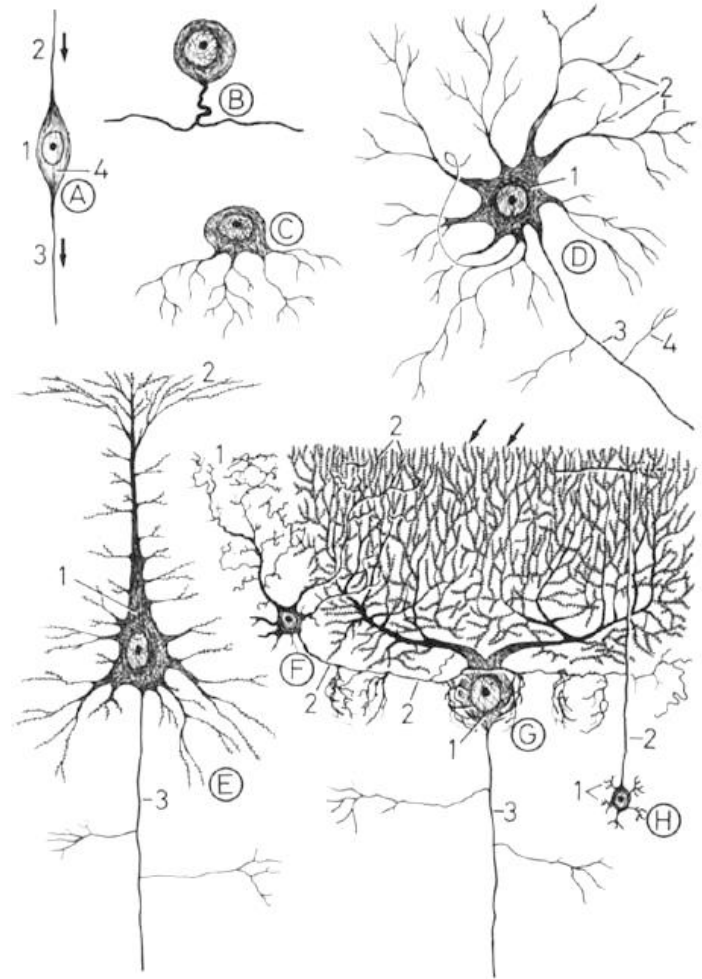
- Chrání všechny složky a je organizována do:
 - **pleny** – obdávají mozek a páteřní míchu
 - **epi-, peri- a endo-neurium** – pojivová tkáň uvnitř a na povrchu nervů
 - **tenkostěnná pouzdra** – obdávají sensitivní a autonomní ganglia

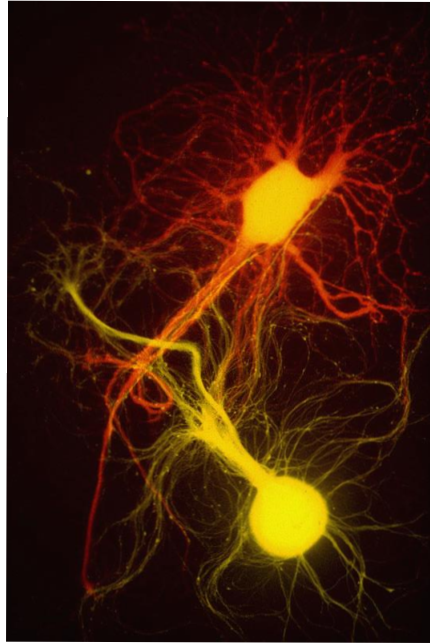
Nervová tkáň – Obecné znaky

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

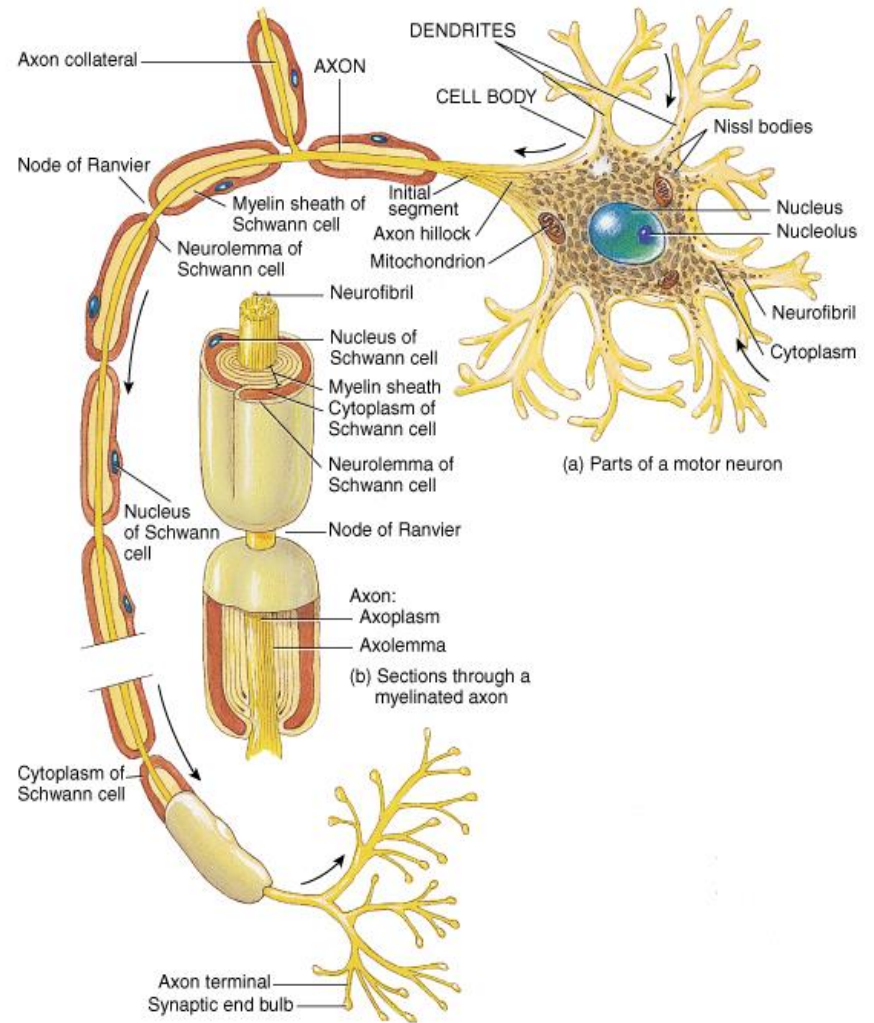
- **Neurony**
- **Neuroglie - gliové buňky** (podpůrné)

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:

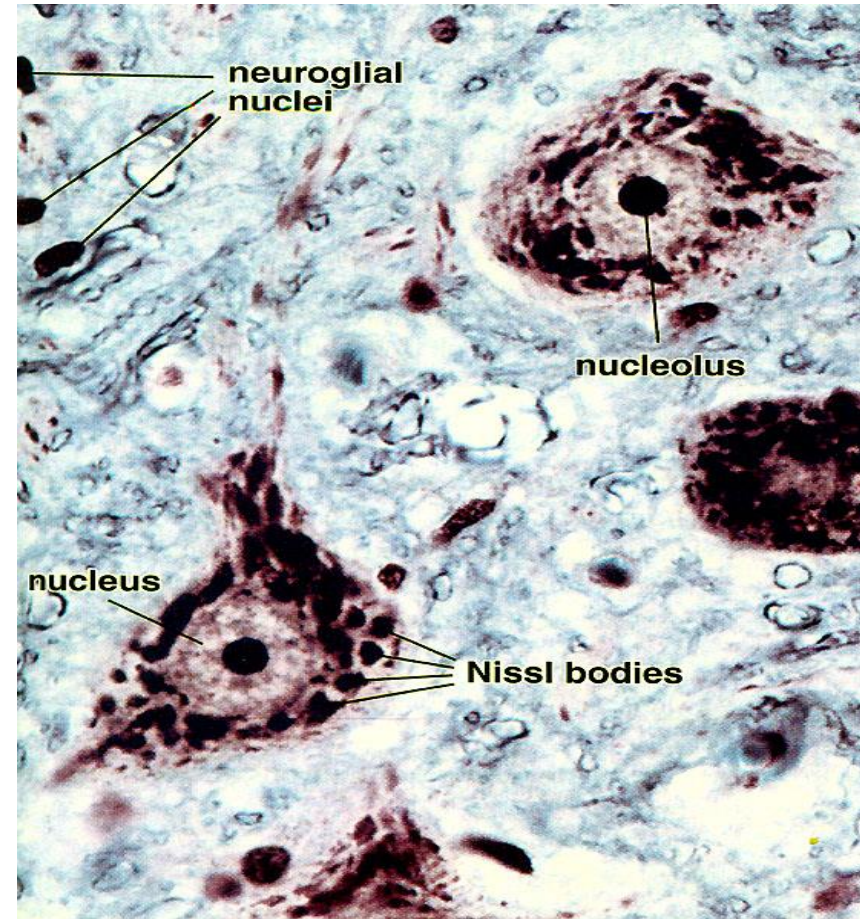
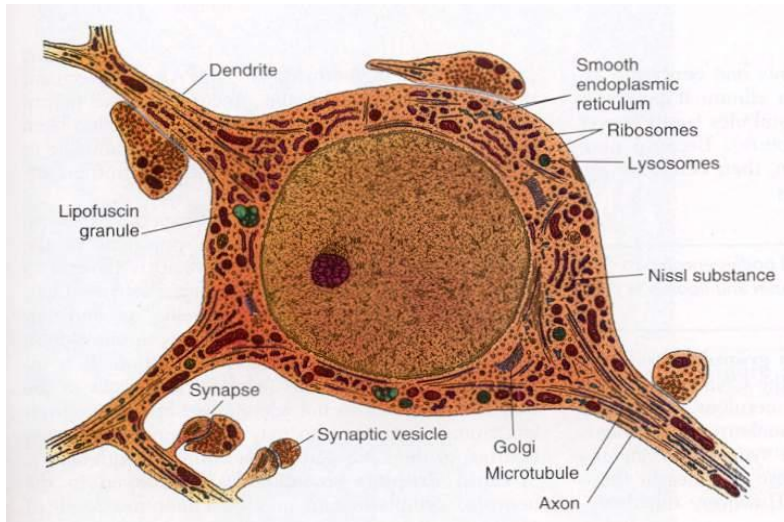
pyramidový, sférický, vejčitý, hruškovitý

Velikost:

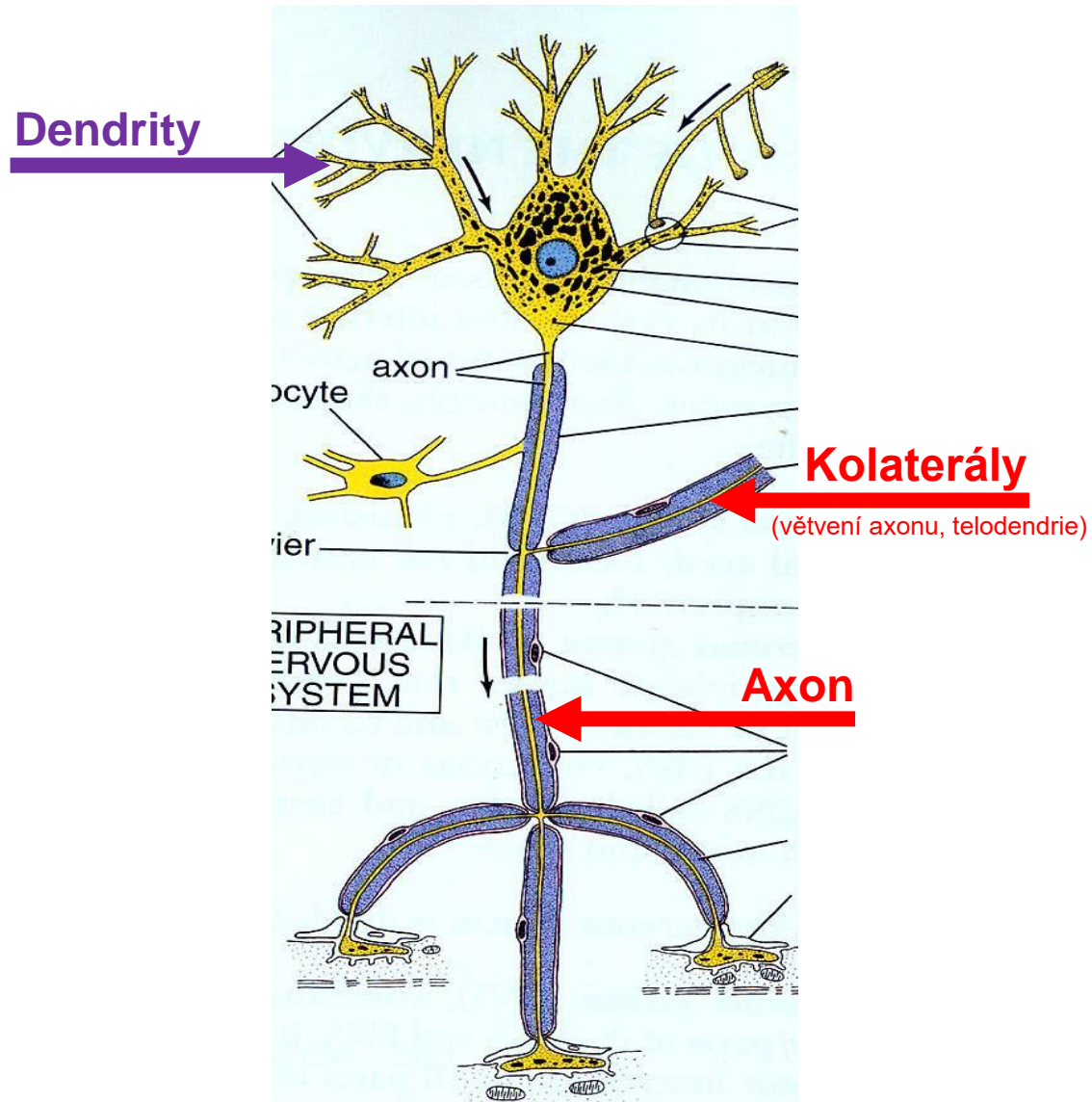
5 to 150 μm

Organely:

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



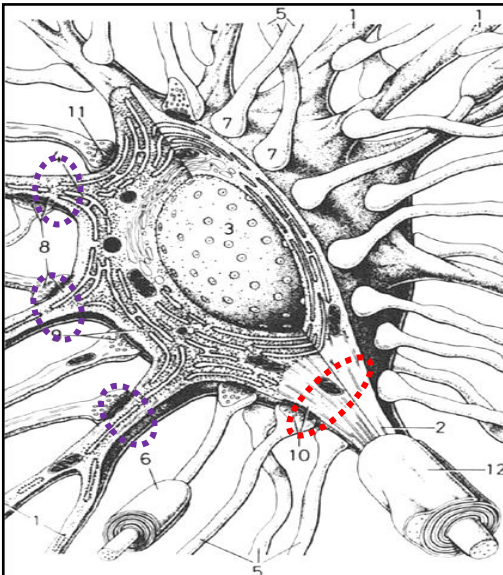
Neuron – Výběžky



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

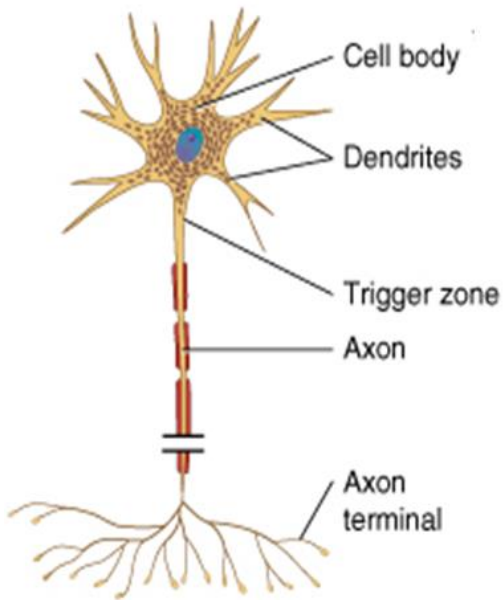
Šedá hmota: oblasti s nemyelinizovanými axony, těly buněk a dendrity

Neuron – Klasifikace 1

Podle počtu a uspořádání výběžků

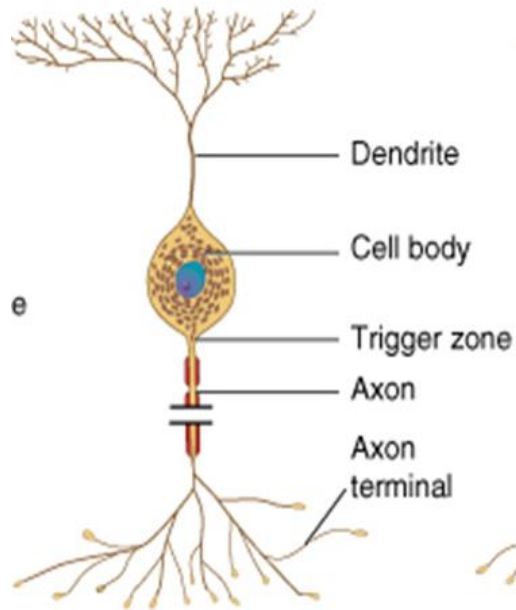
Multipolární

několik dendritů & jeden axon
(nejrozšířenější typ)



Bipolární

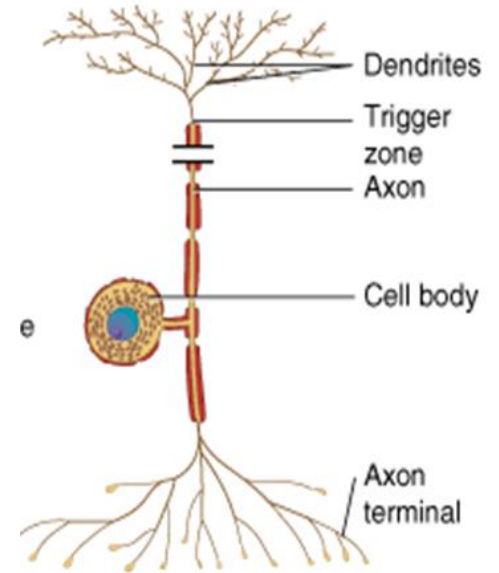
jeden dendrit & jeden axon
(retina, vestibulární a kochleární ganglia)



Unipolární

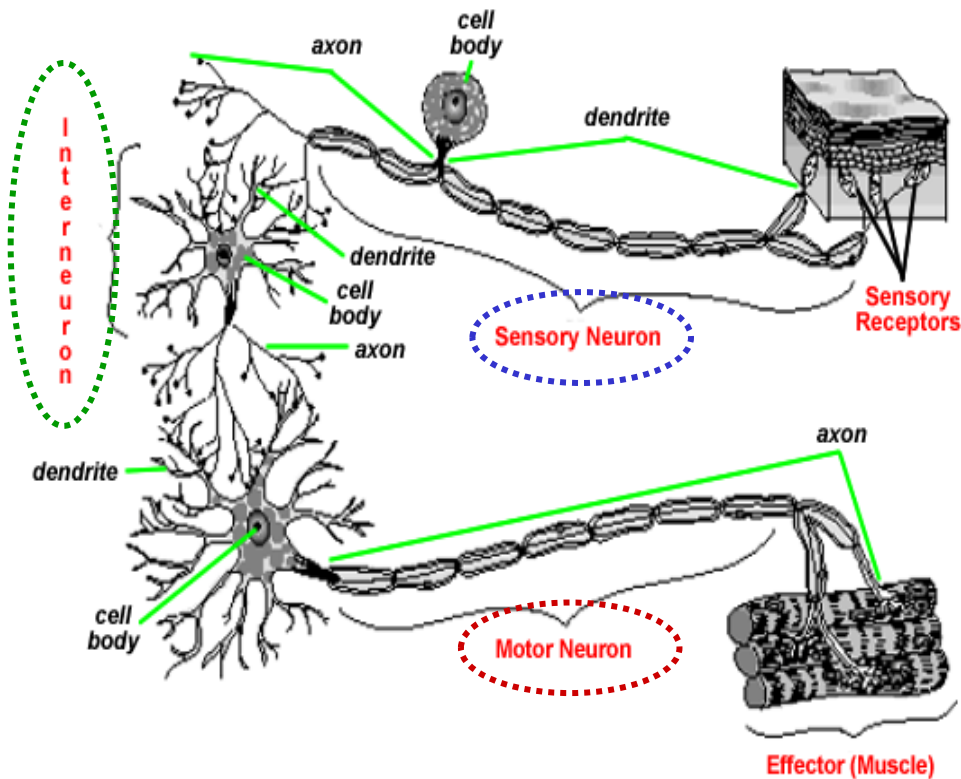
(pseudounipolární)

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

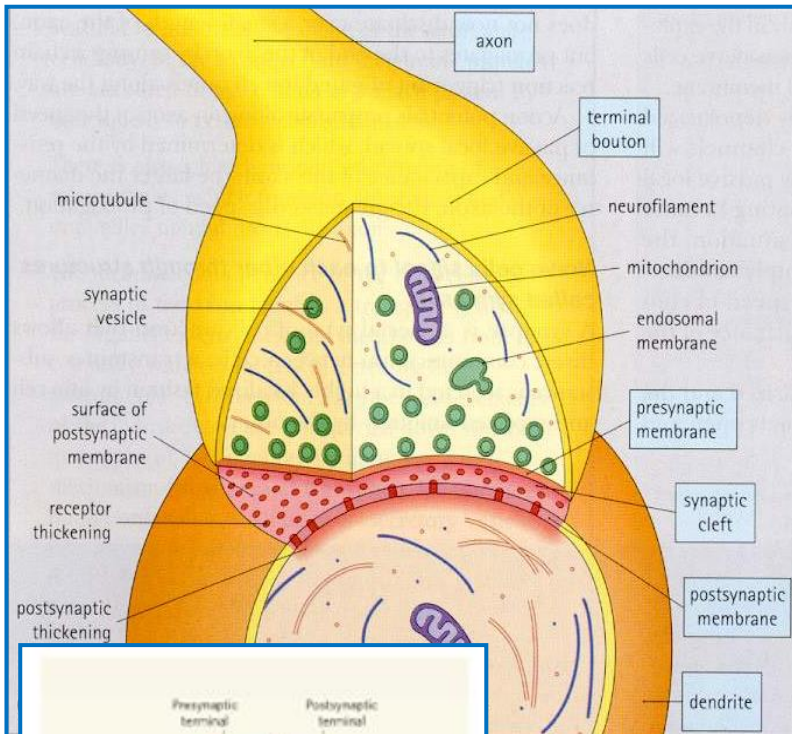
Interneurony:

- vytváří lokální síť

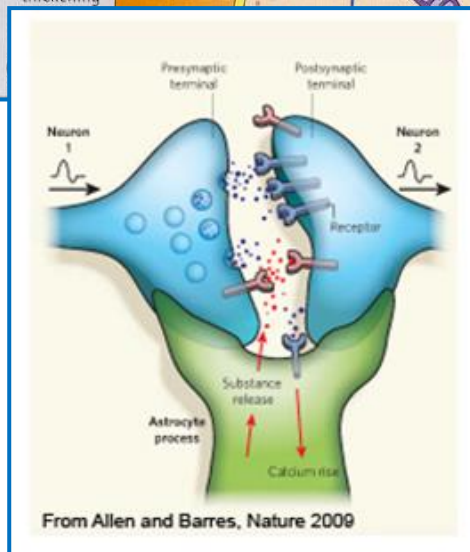
Synapse

Definice

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

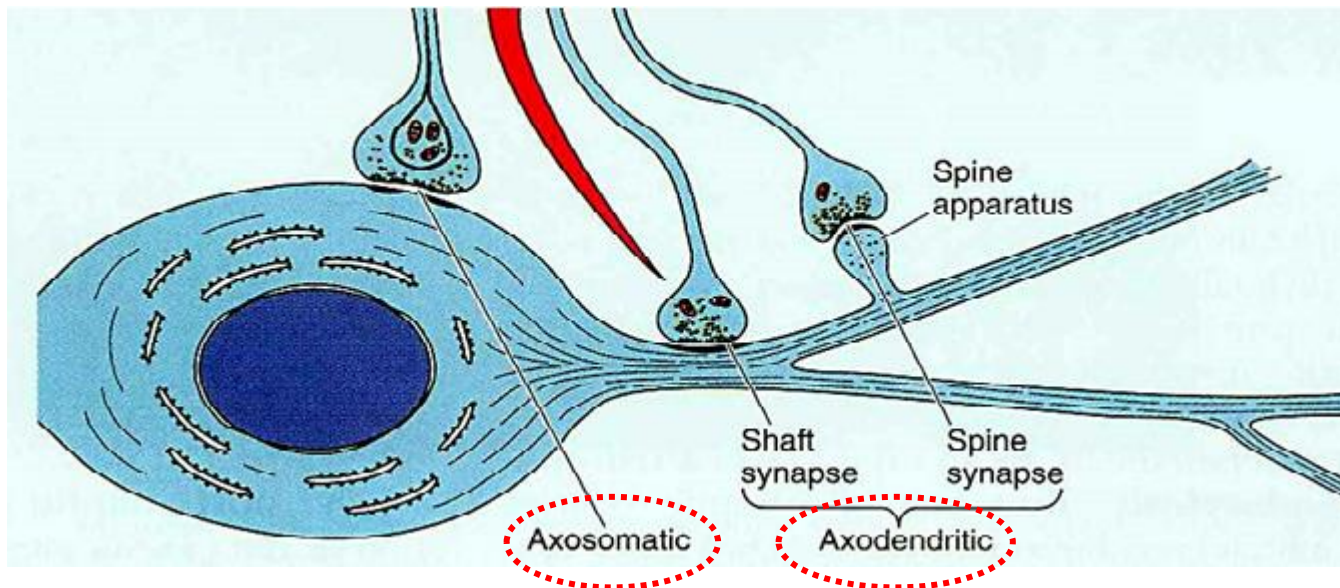


- **Terminální knoflík** – zakončení axonu
- **Presynaptická membrána** – obsahuje mitochondrie a synaptické váčky s neurotransmitery
- **Synaptické váčky** (menší + větší – zásobní)
- **Postsynaptická membrána** – nese receptory pro neurotransmitery a další denzní materiál
- **Synaptická štěrbina** - 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



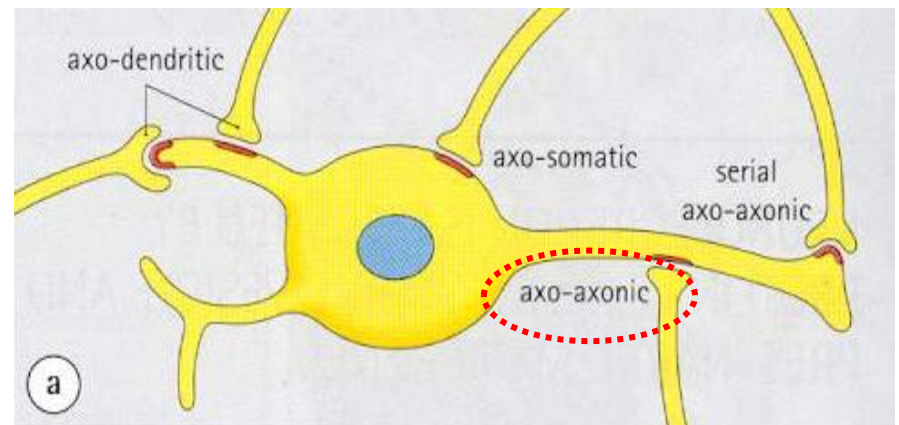
Synapse

Klasifikace podle **participujících struktur**



Axodendritické
Axosomatické
Axoaxonální

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



Neuroglie – Gliové buňky

Obecné vlastnosti

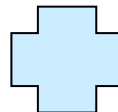
- **ne-neuronální buňky** – několik různých typů
- podporují a chrání neurony
- spojují neurony k sobě a tvoří podpůrnou **kostru nervové tkáně**
- během vývoje **navádějí migrující neurony** do jejich destinací
- zralé neurony, které nejsou v kontaktu synapsemi
- brání vzájemnému kontaktu mezi neurony (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

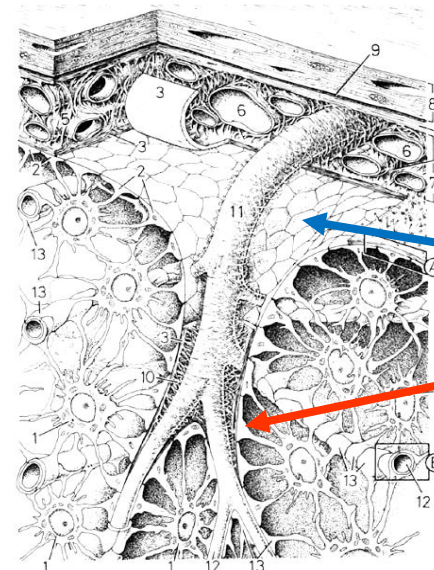
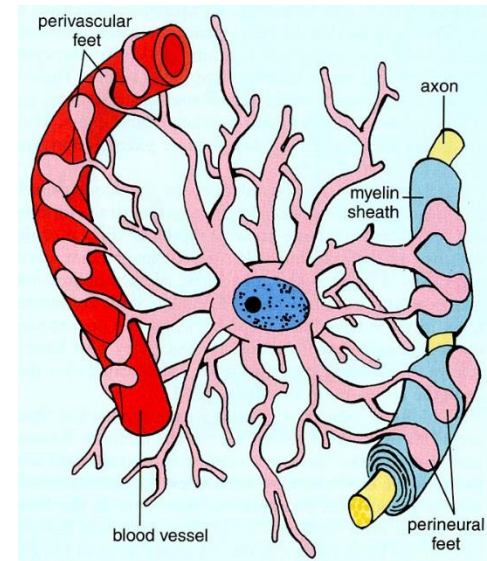


Periferní neuroglie

- 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**



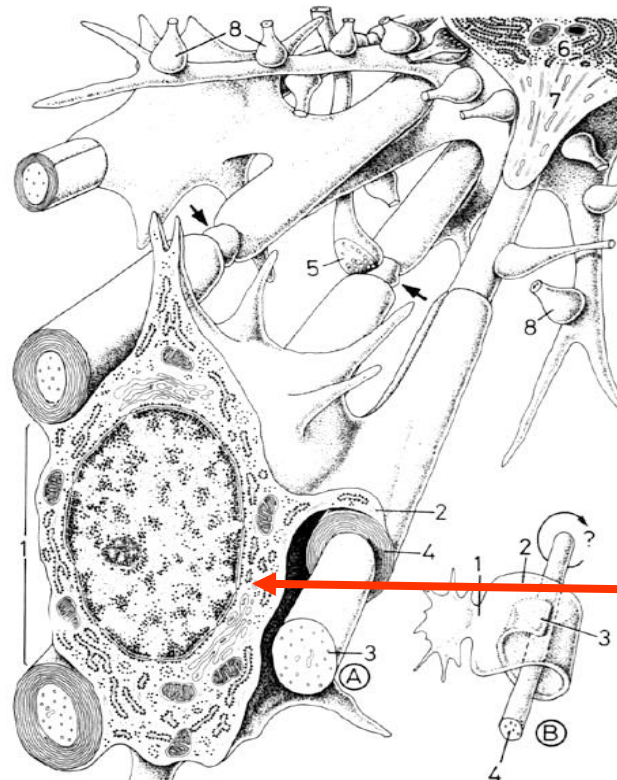
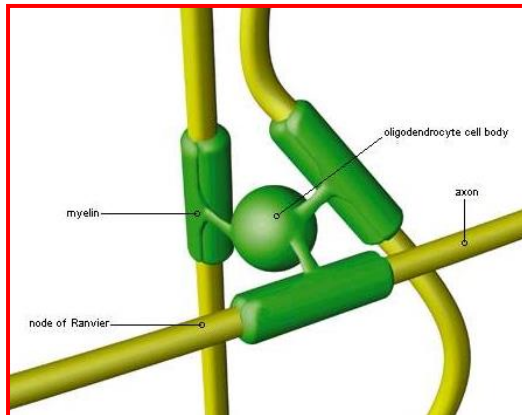
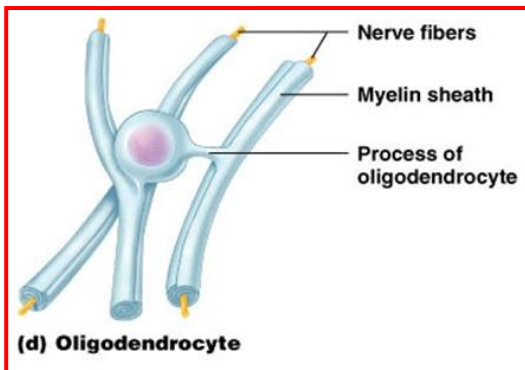
Membrana limitans gliae...

...superficialis

...perivascularis

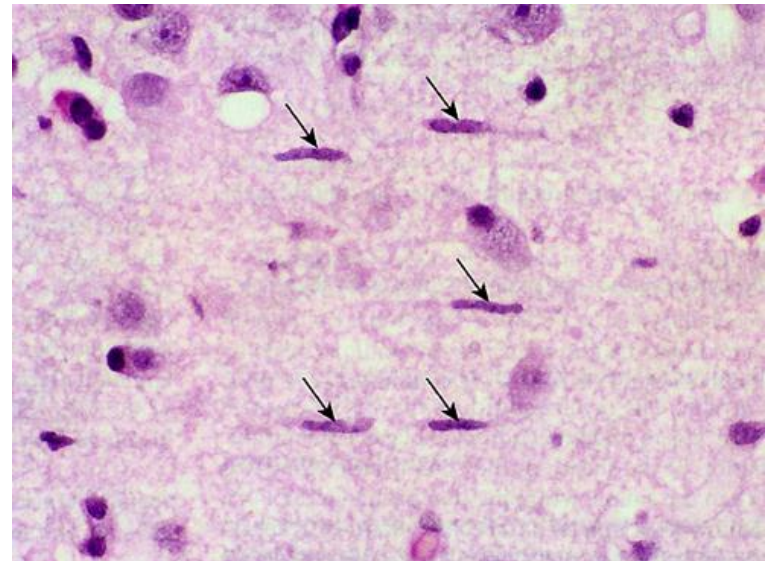
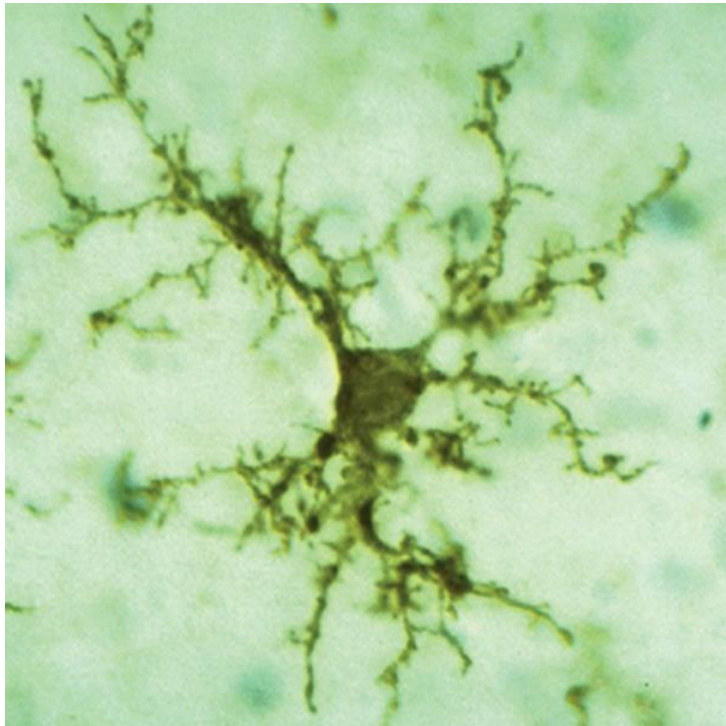
Neuroglie - Oligodendrocyty

- ✓ 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



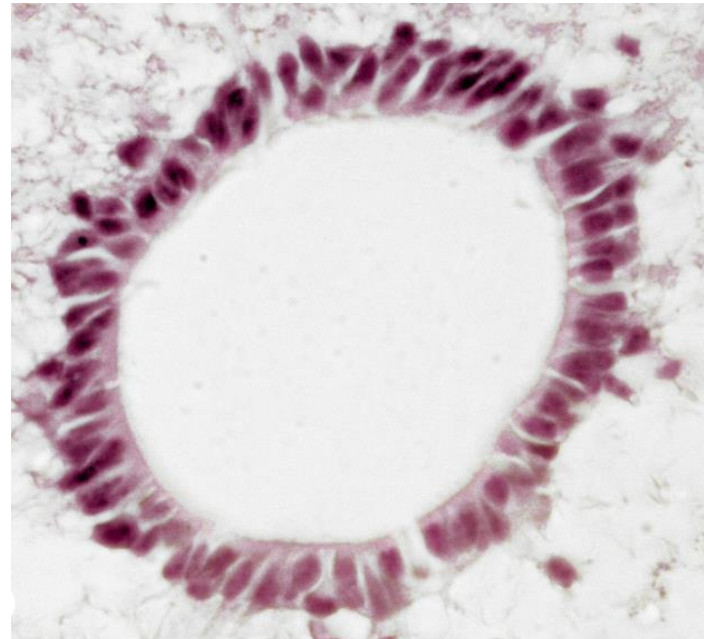
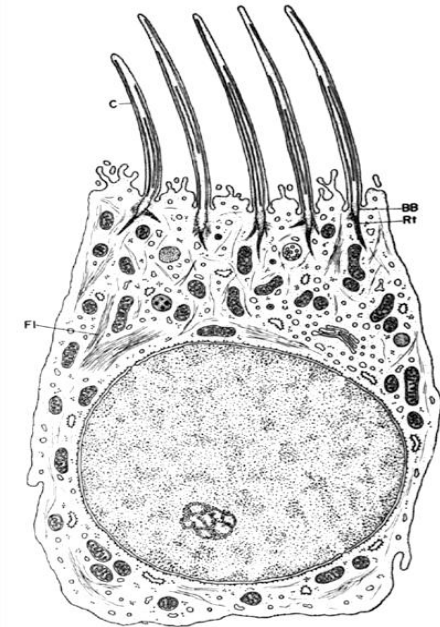
Neuroglie - Mikroglie

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

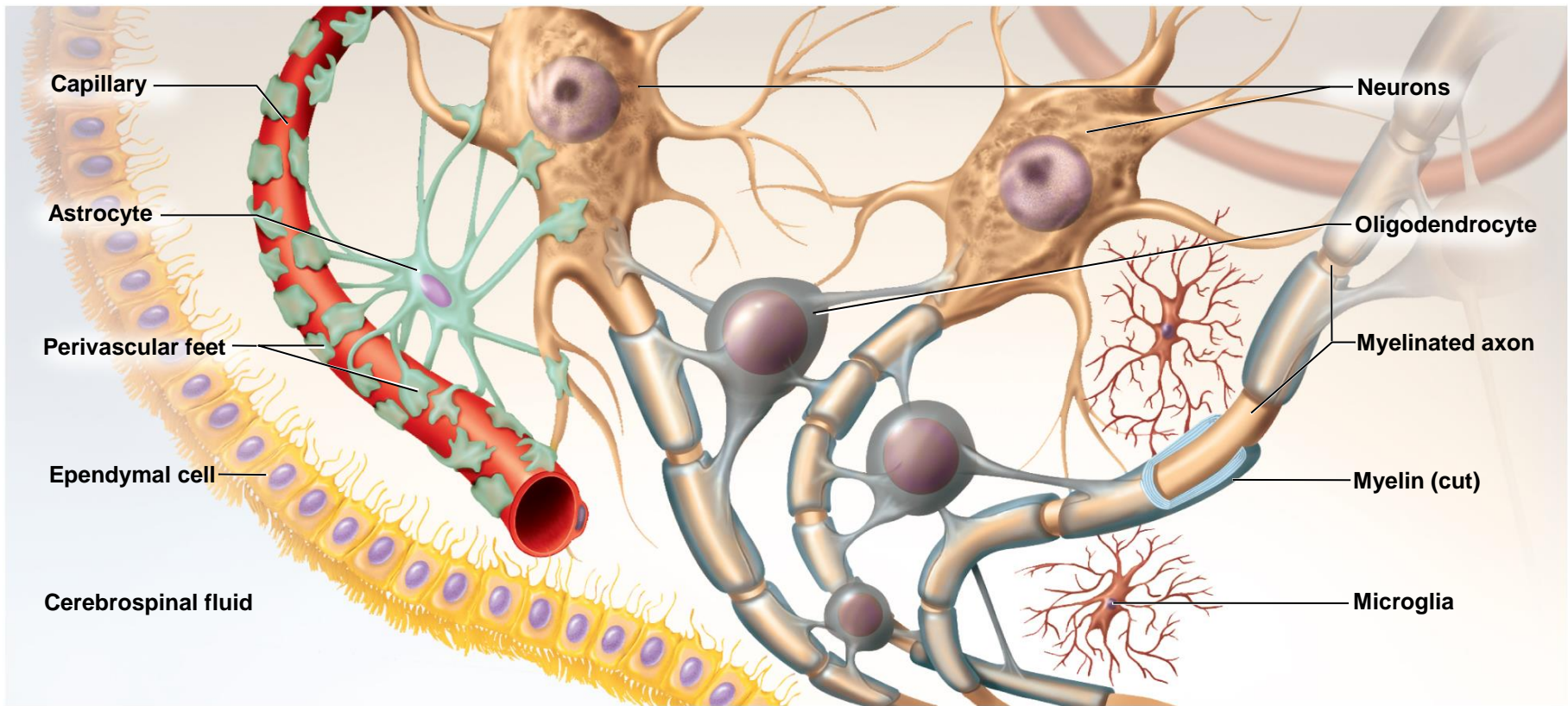


Neuroglie – Ependymové buňky

- ✓ 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

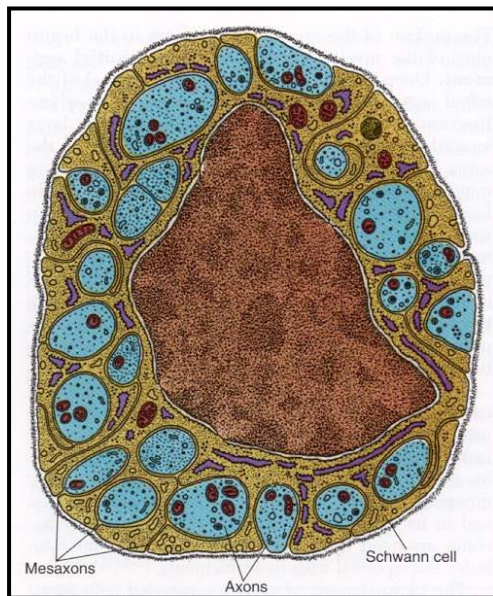


Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

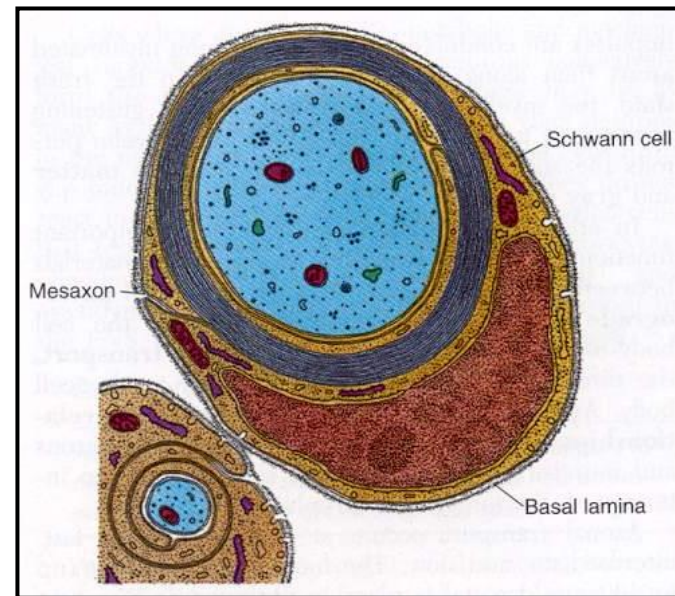
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

- 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



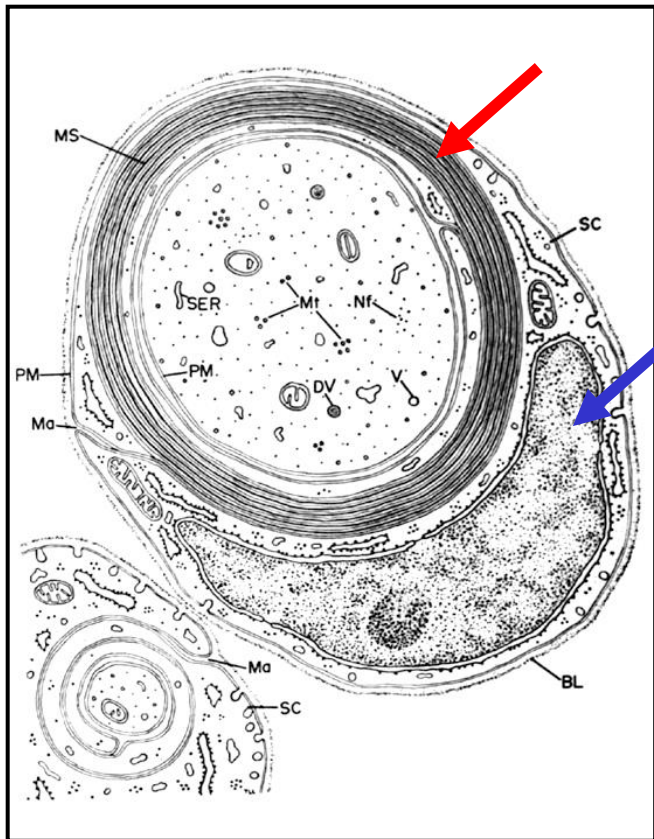
X

pouze Schwannova pochva – šedá vlákna

Schwannova + myelinová pochva – dvojité konturovaná vlákna

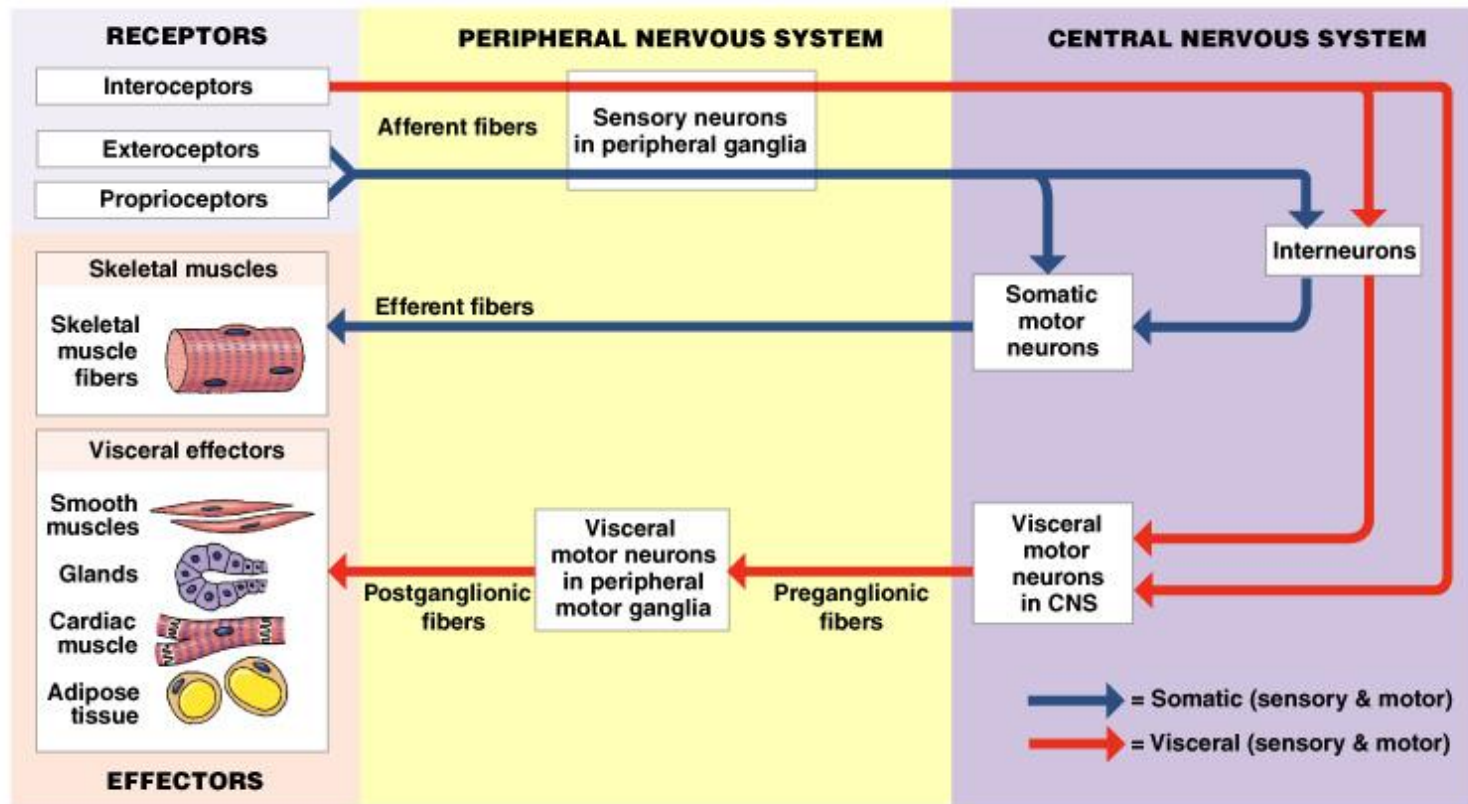
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

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

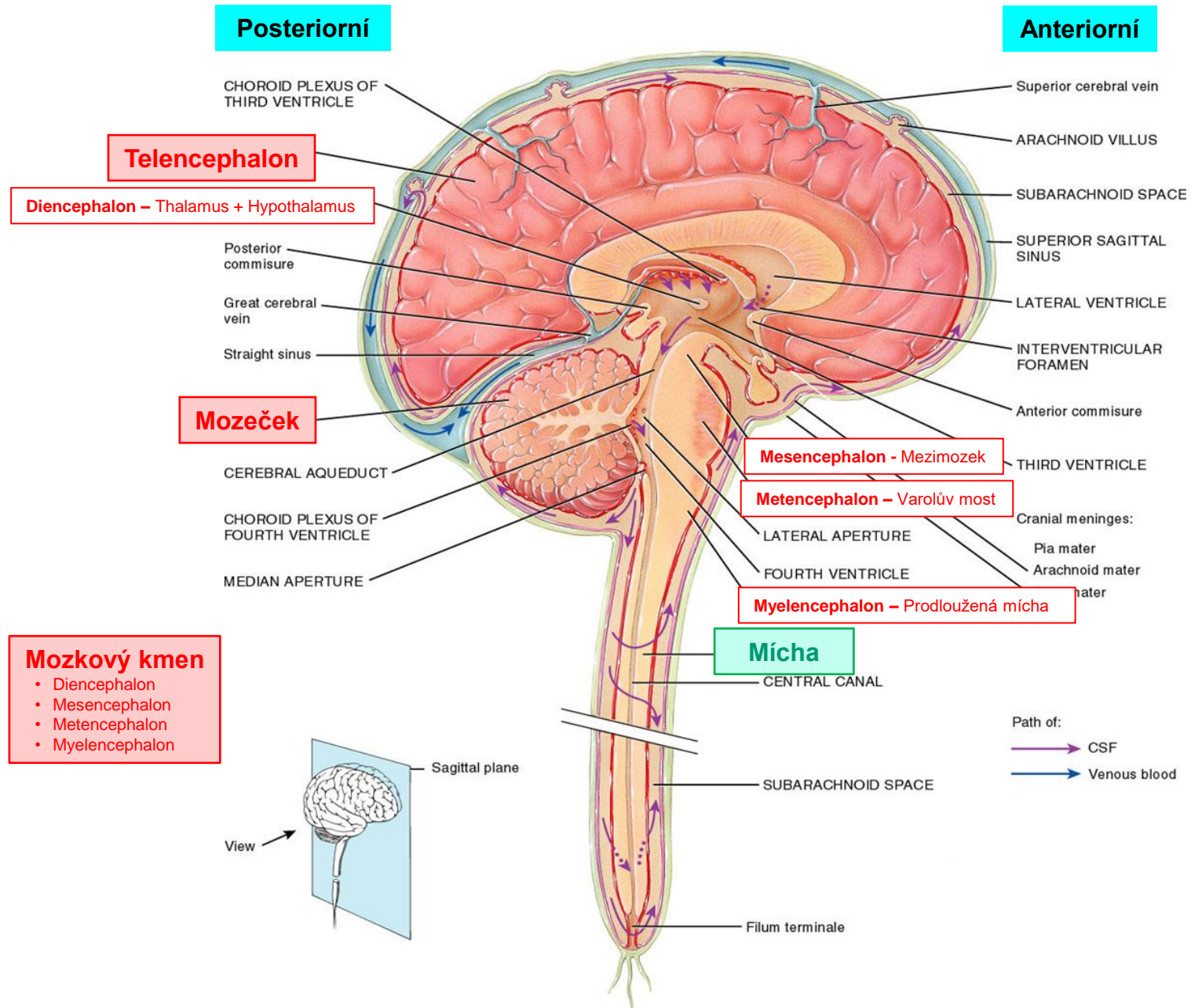


Nervový systém – Periferní x Centrální

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



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

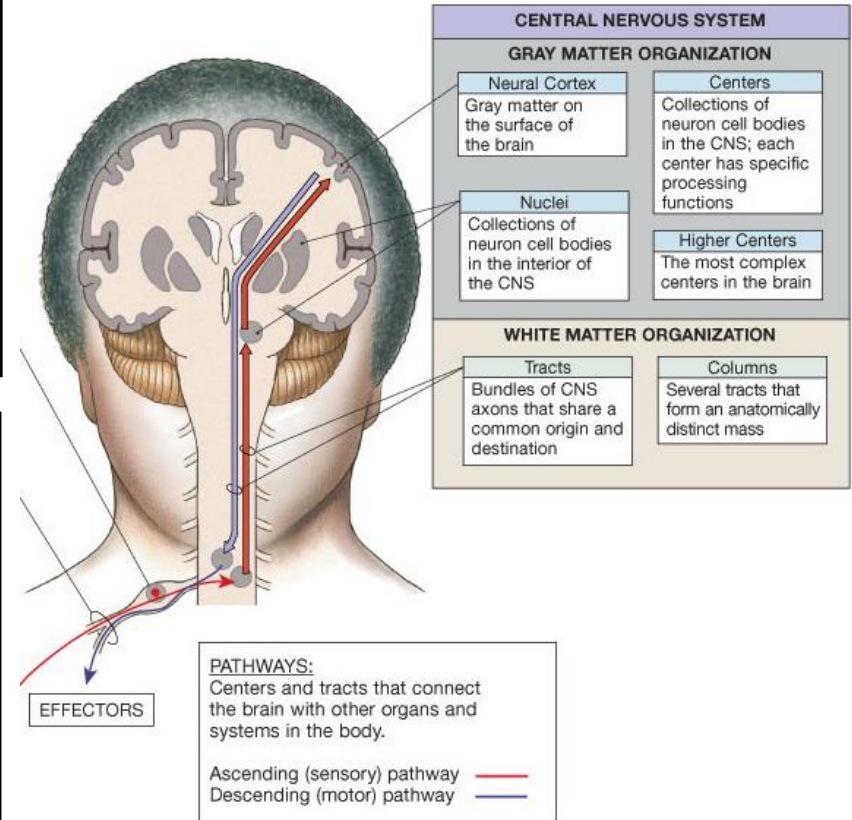
- **Myelinizované axony neuronů**
- **Neuroglie** (oligodendrocyty, fibrilární astrocyty)
- **Krevní cévy** (nižší hustota než v šedé hmotě)

Mozek

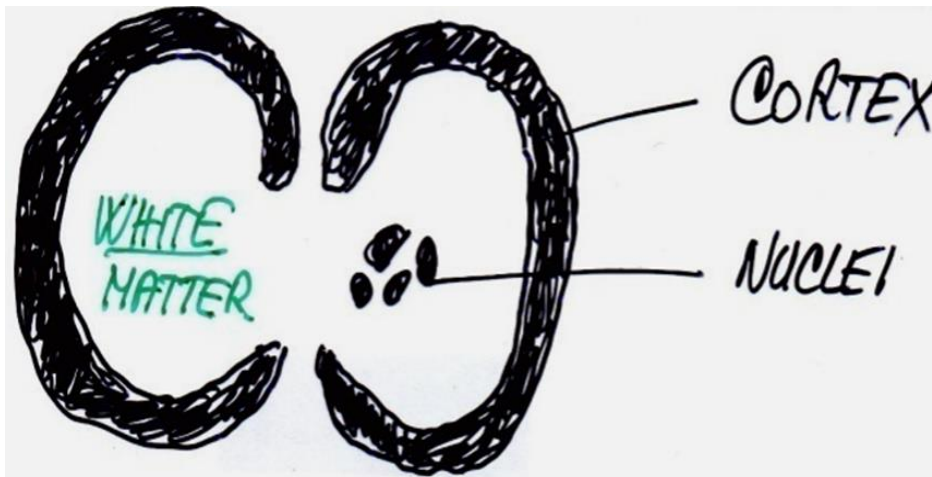
- axony se spojují dohromady a vytváří **trakty bílé hmoty**, které přenáší signály mezi oblastmi šedé hmoty
- 3 typy traktů (**comisurální, asociační, projekční**)

Mícha

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



Centrální nervový systém – Distribuce šedé a bílé hmoty



Telencephalon + Cerebellum

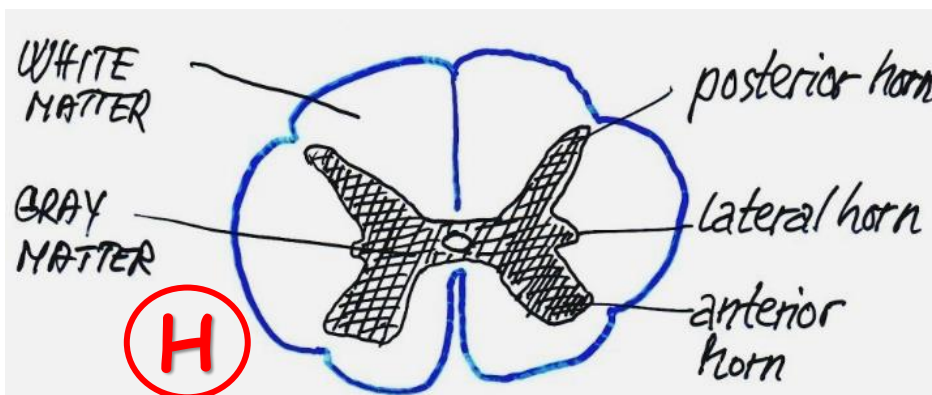
Šedá hmota:

- 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

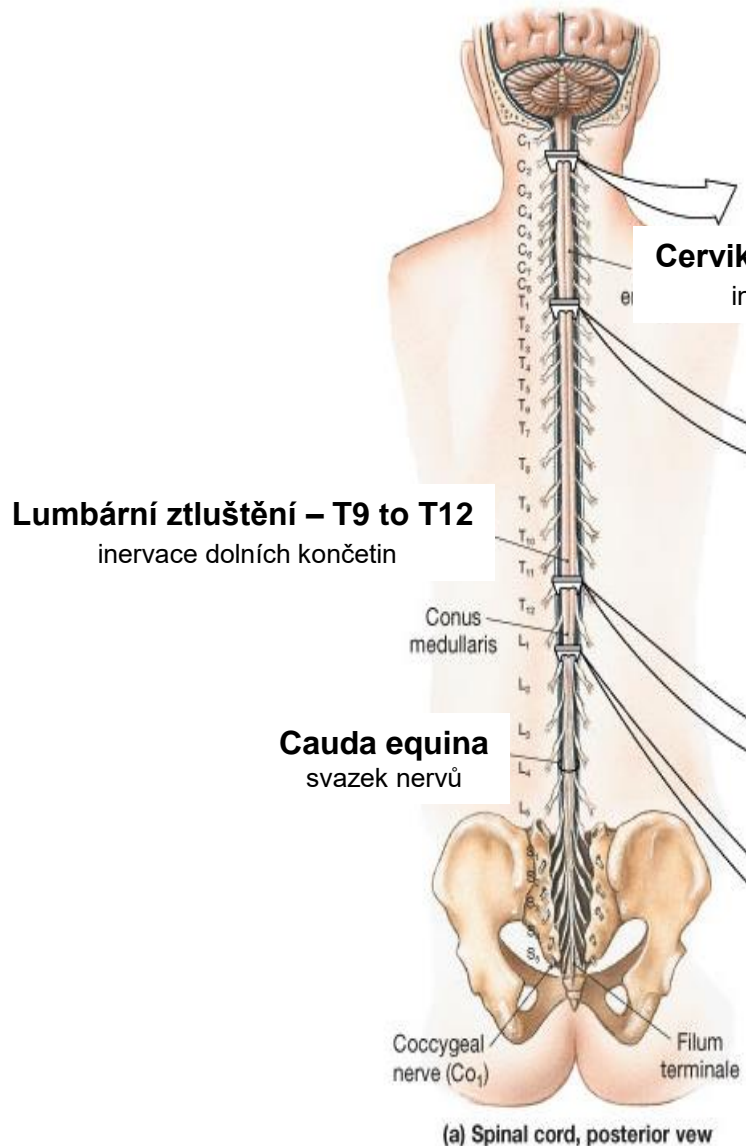


Mícha

Šedá hmota :

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

Centrální nervový systém – Mícha - Anatomie

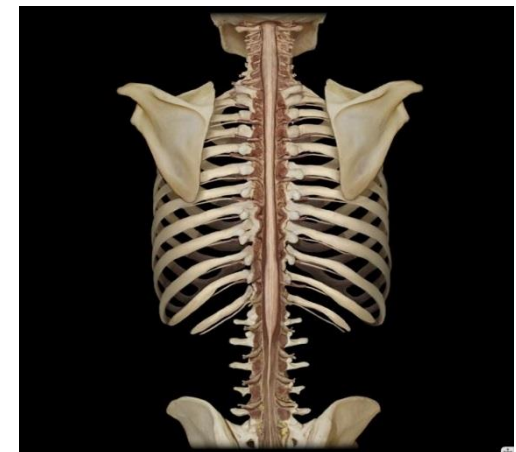


Délka cca. 40-50 cm



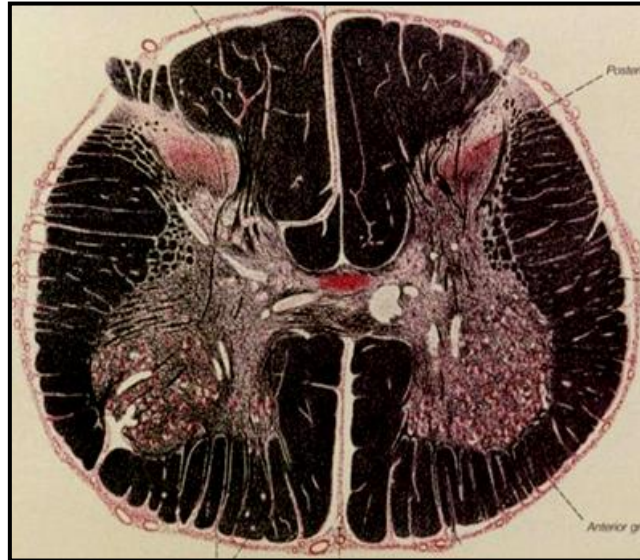
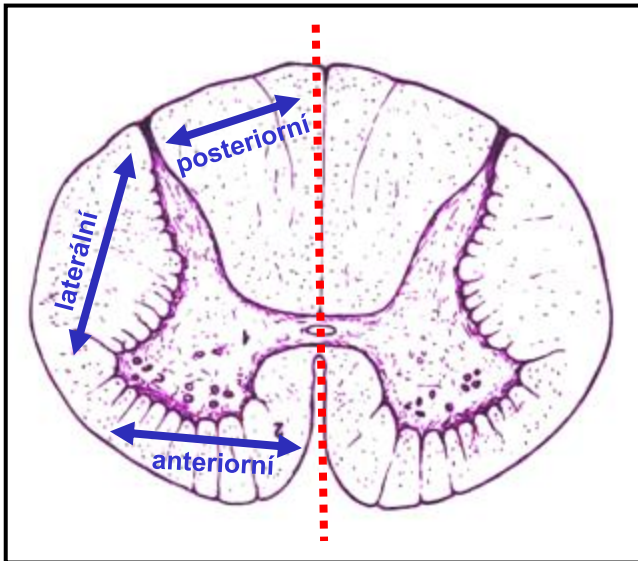
- Válcovitý útvar
- Kónicky se zužuje
- Bilaterálně symetrická
- Centrální kanál

31 segmentů
+
31 párů *spinálních nervů*



Centrální nervový systém – Mícha – Bílá hmota

POSTERIORNÍ



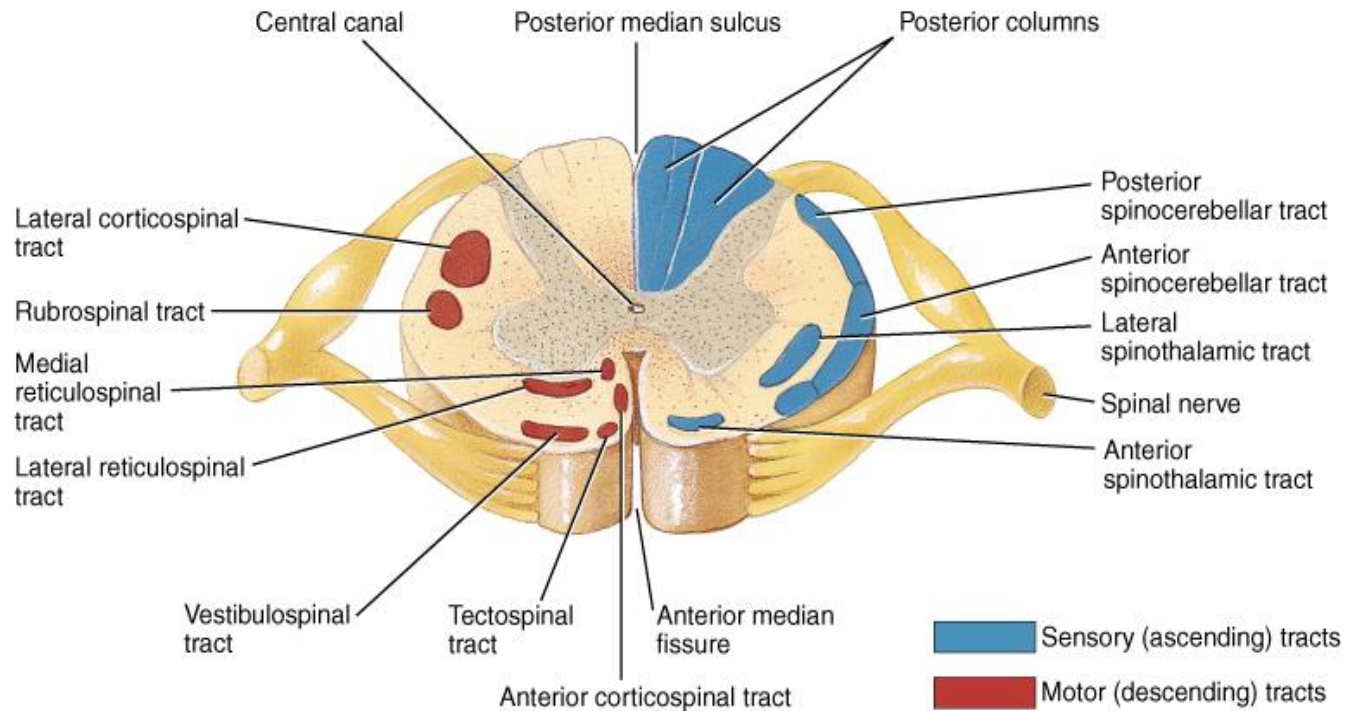
Provazce (*Fasciculi = Funiculi* (= Sloupce)

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

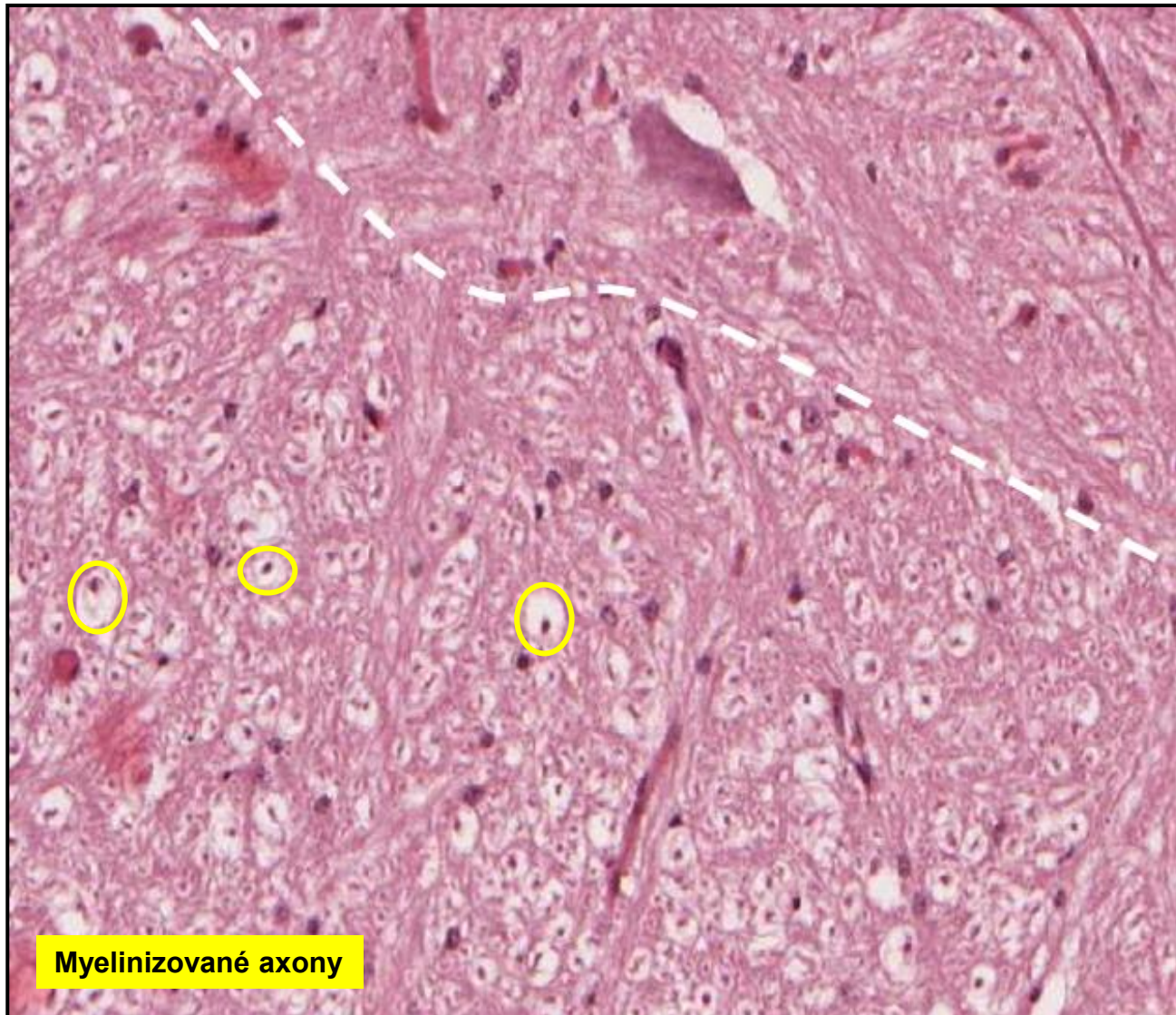
Sensitivní = Vzestupné
Motorické = Sestupné

Mícha – Bílá hmota - Trakty

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



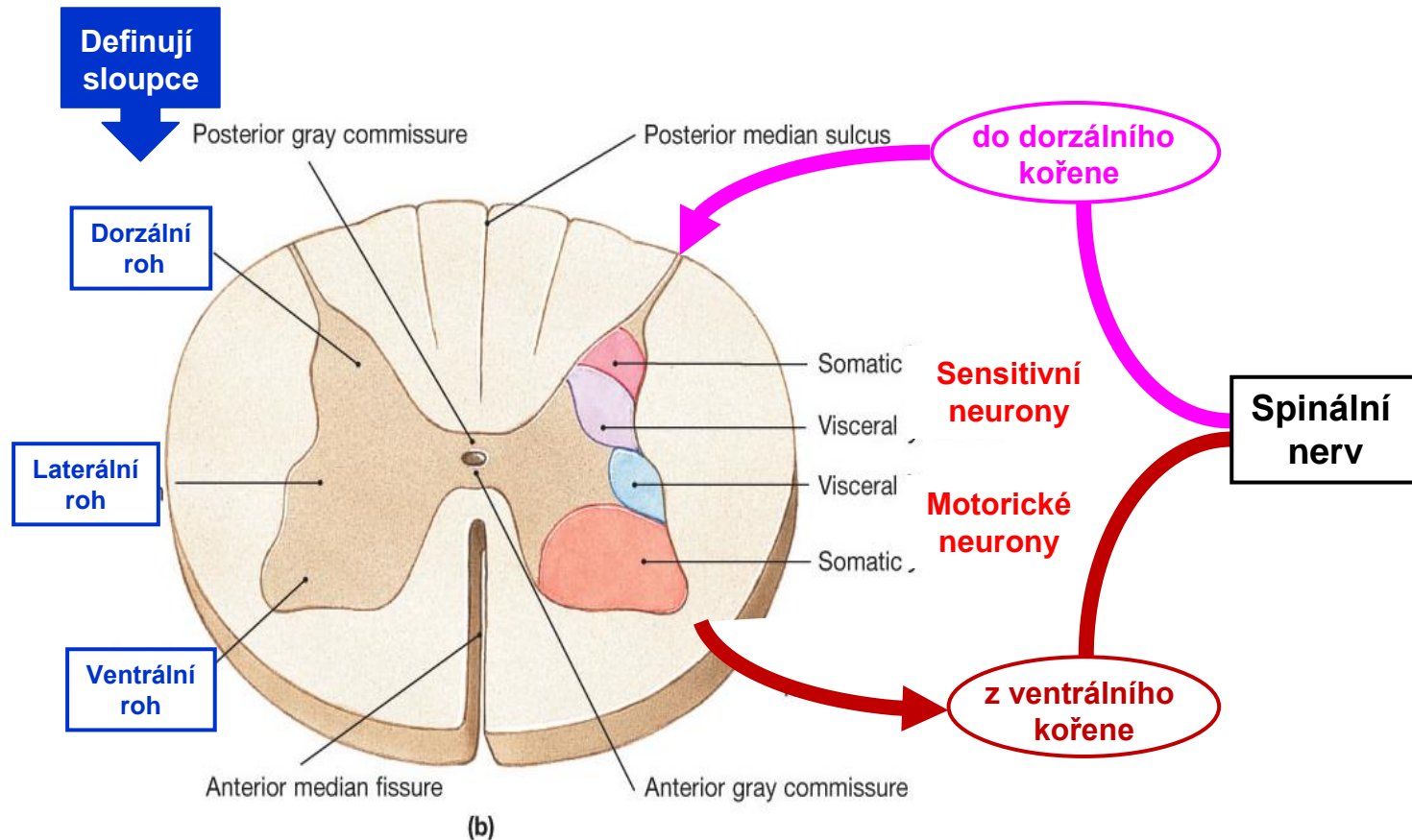
Mícha – Bílá hmota



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 μm
- vysílají dlouhé myelinizované axony ke svalovým vláknům

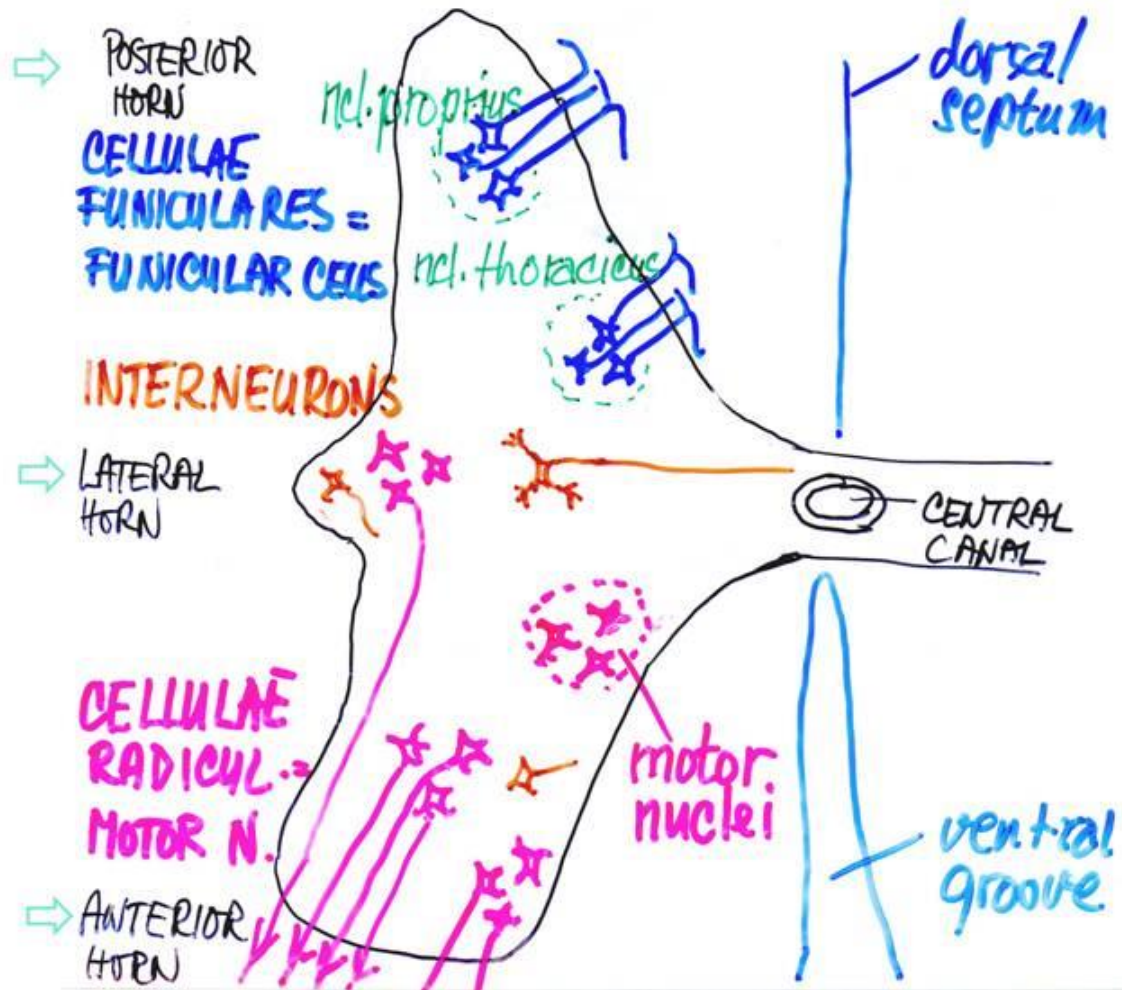
Buňky provazců (funikulární)

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

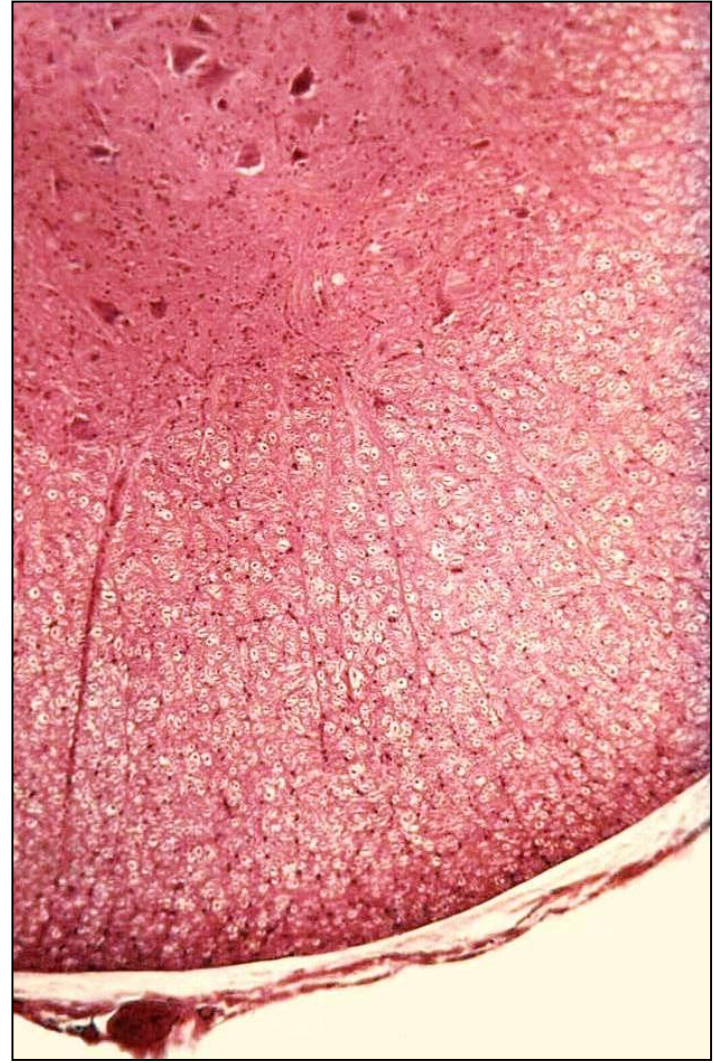
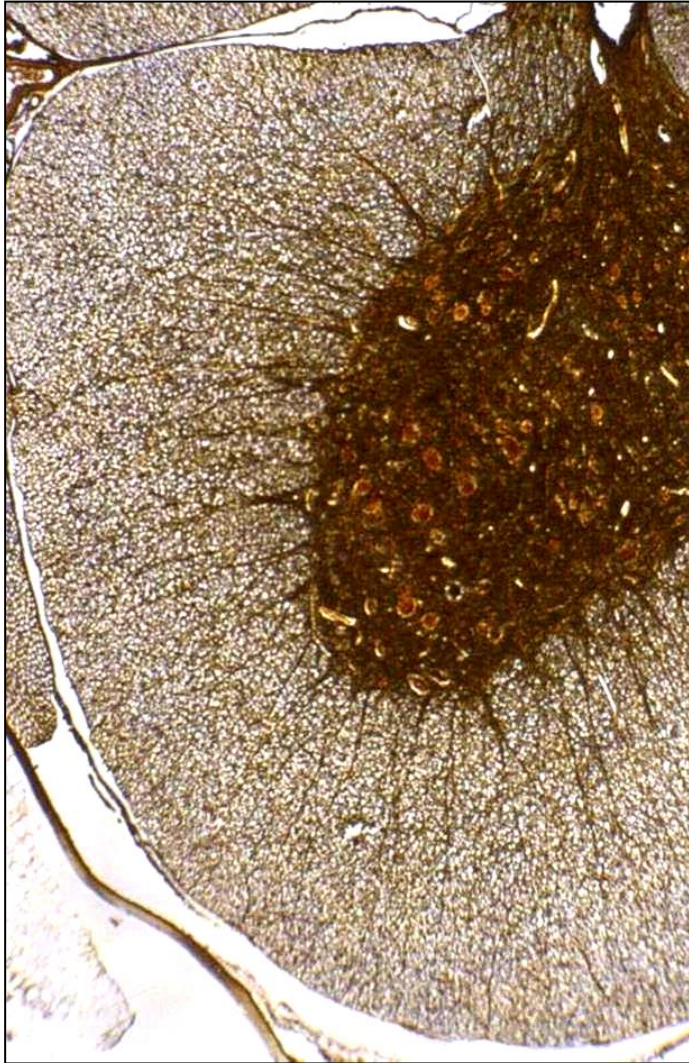
Interneurony

- malé neurony
- difúzně rozmístěny mezi motoneurony a funikulárními buňkami

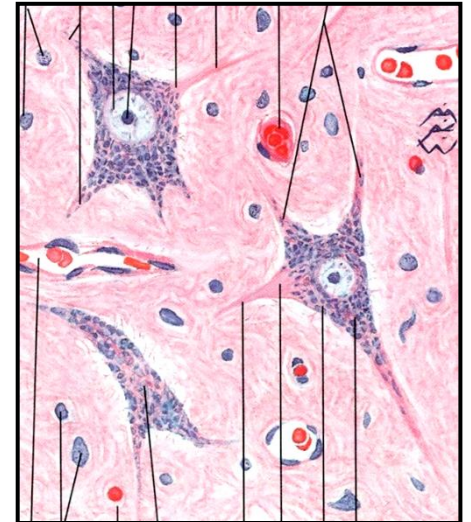
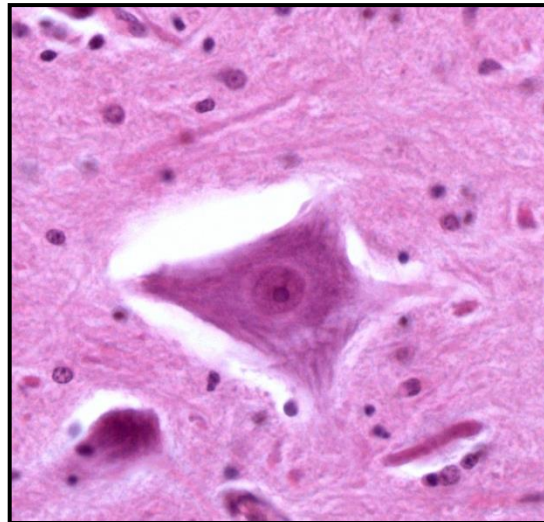
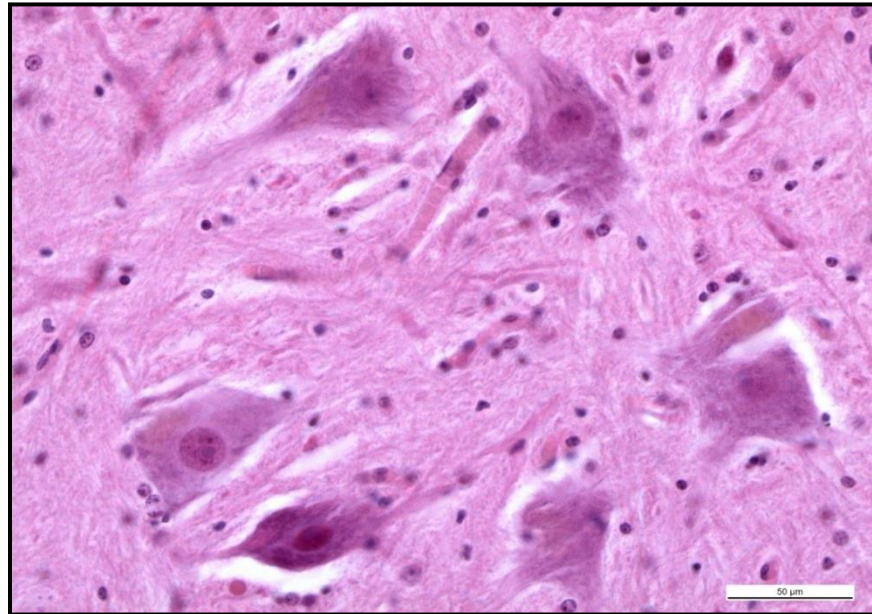
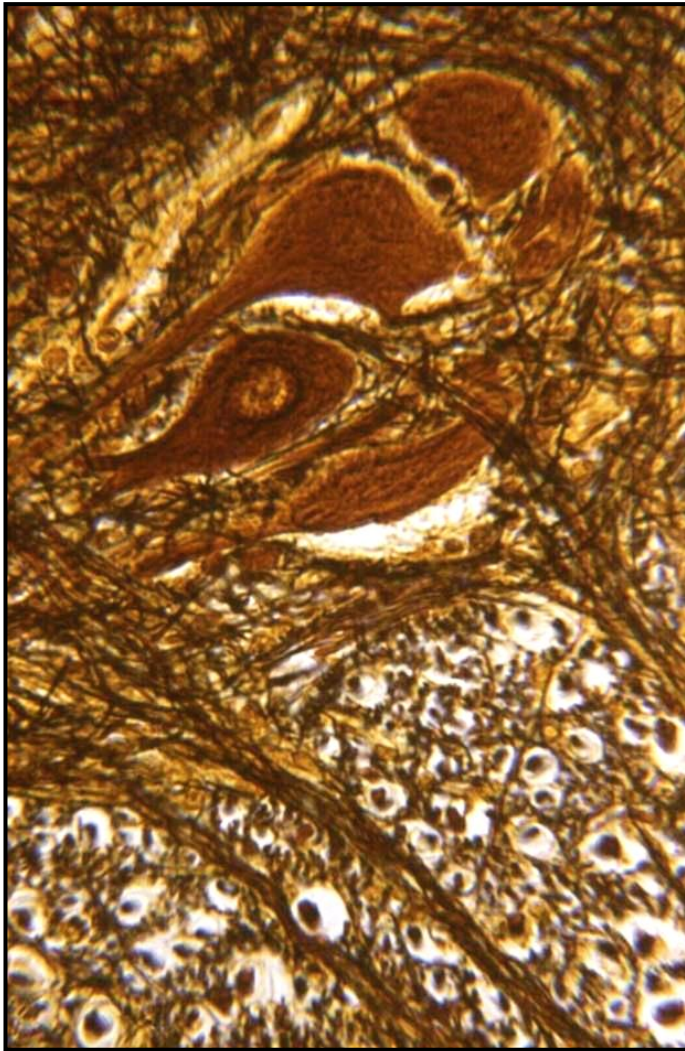
Mícha – Šedá hmota – Organizace



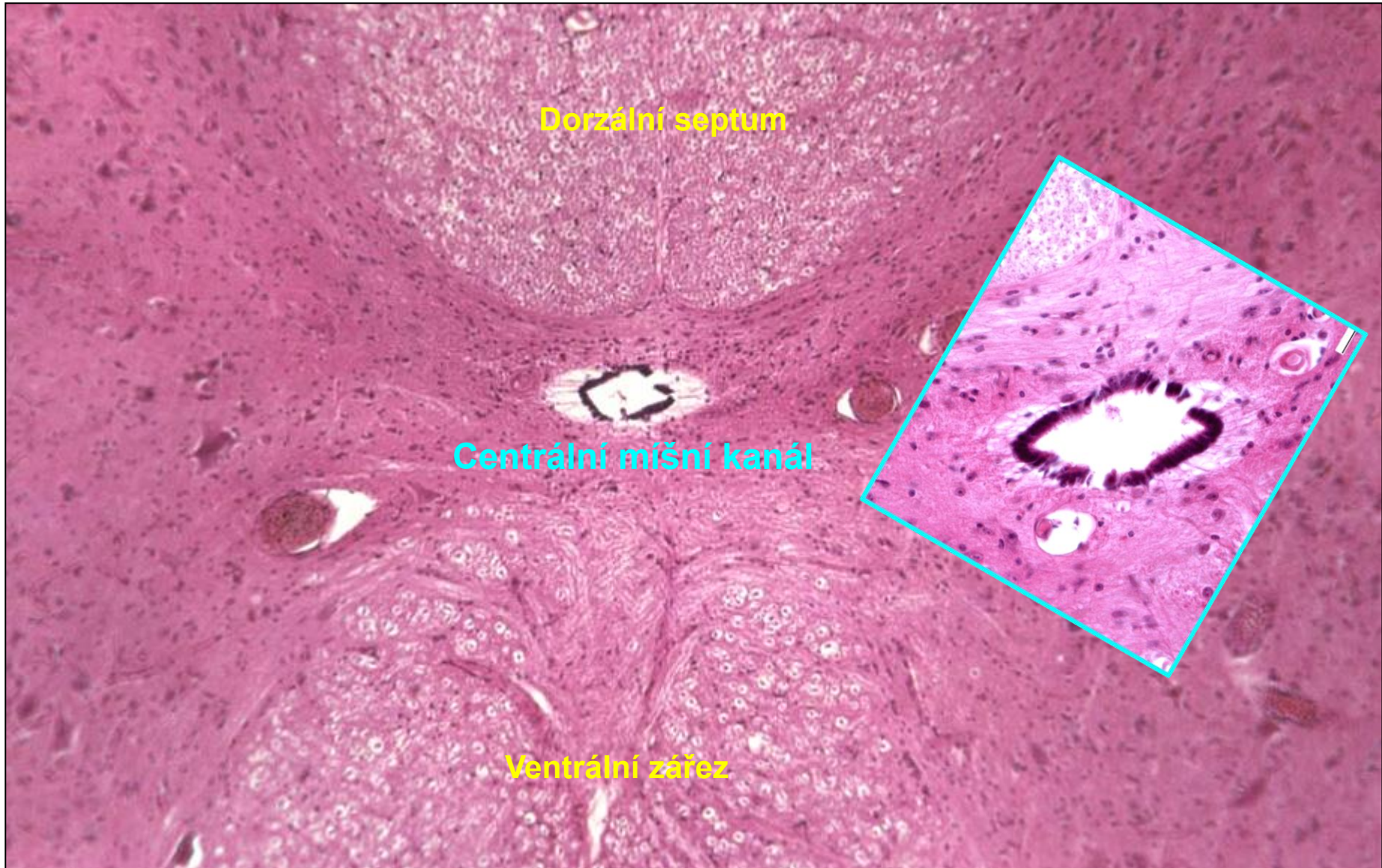
Mícha – Šedá hmota



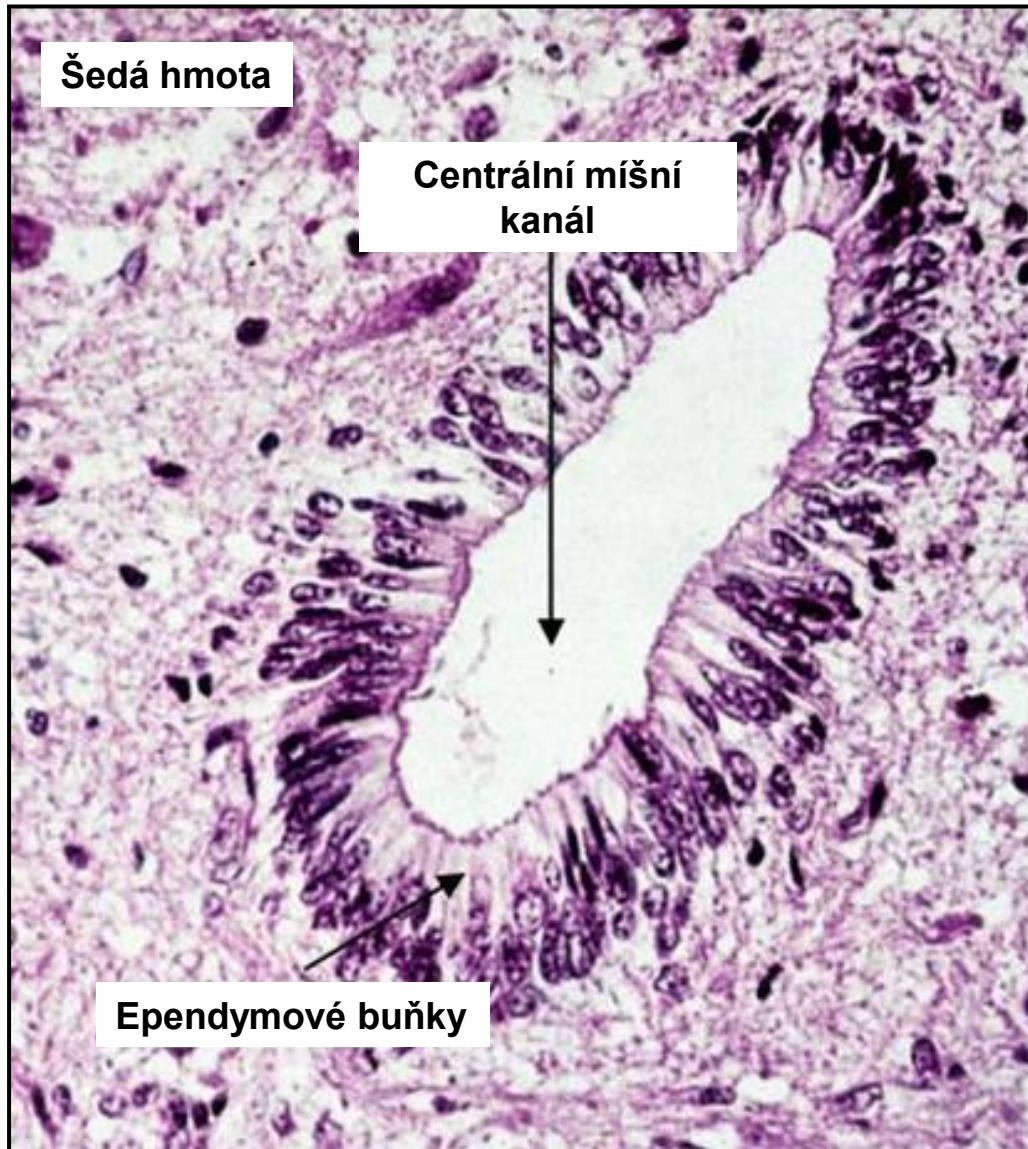
Mícha – Šedá hmota – Organizace - Motoneurony



Mícha – Centrální míšní kanál



Mícha – Centrální míšní kanál

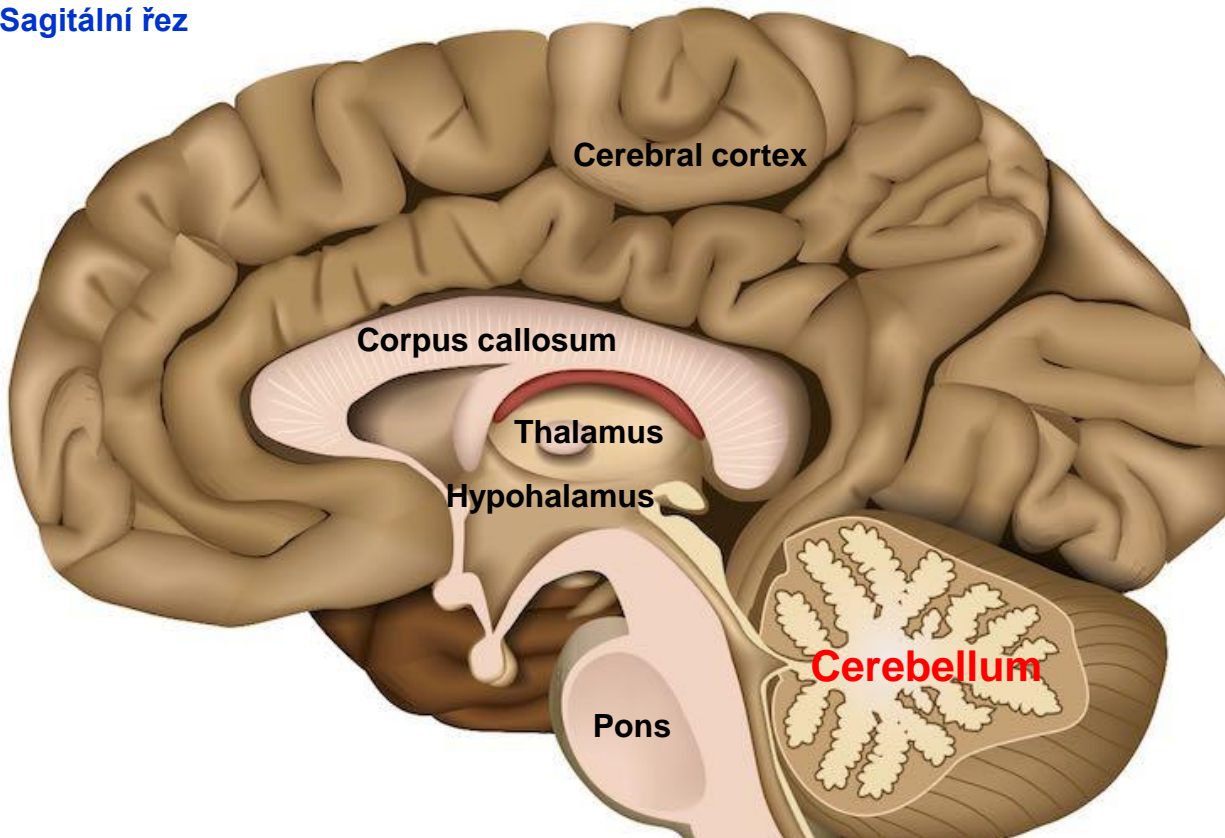


Cerebellum - Mozeček

Funkce

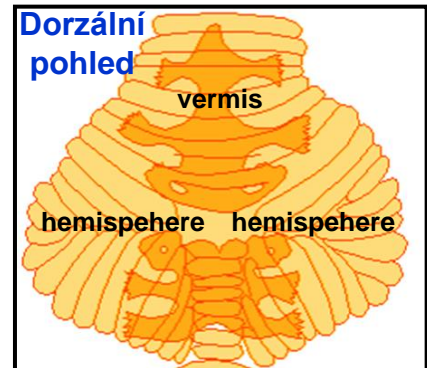
- koordinace volných pohybů a udržování rovnováhy
- umožňuje hladké, koordinované pohyby trvalým udržováním napětí a pozice svalů

Sagitální řez

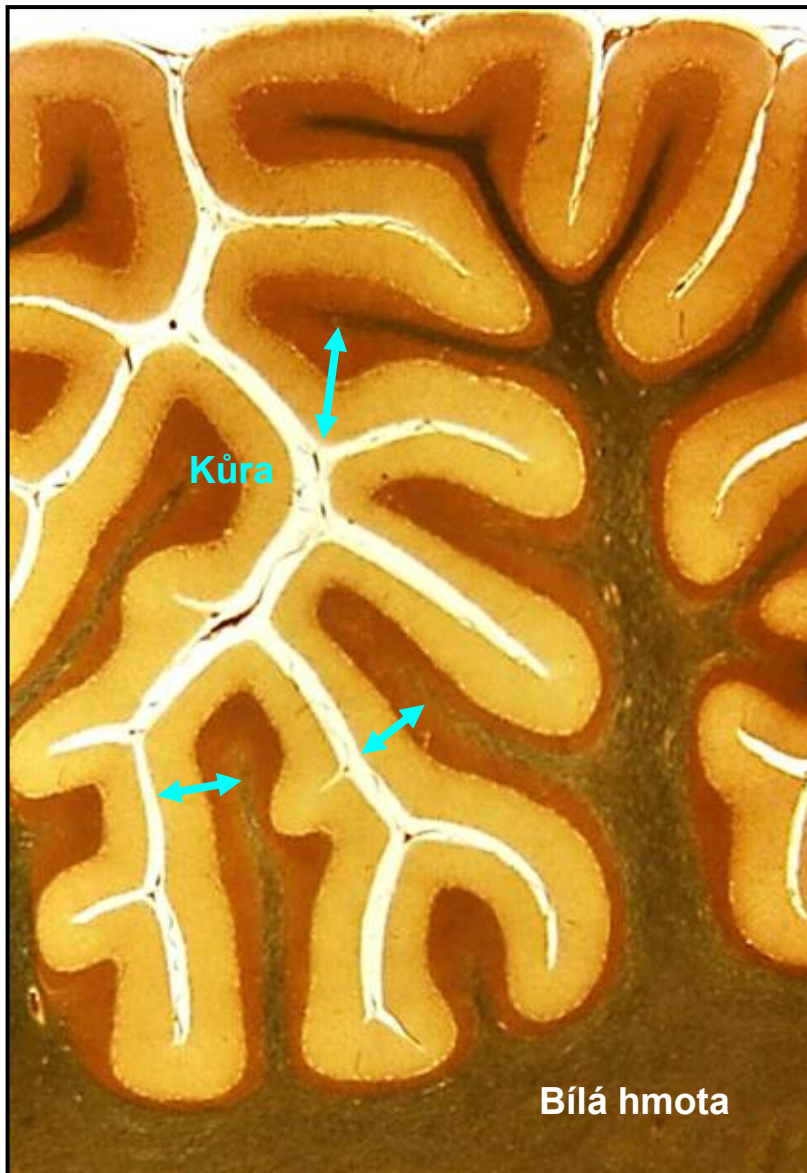


Hmotnost: 130 gramů
Povrch: 0,10 - 0,15 m²

Dorzální
pohled



Cerebellum – Šedá hmota



Šedá hmota

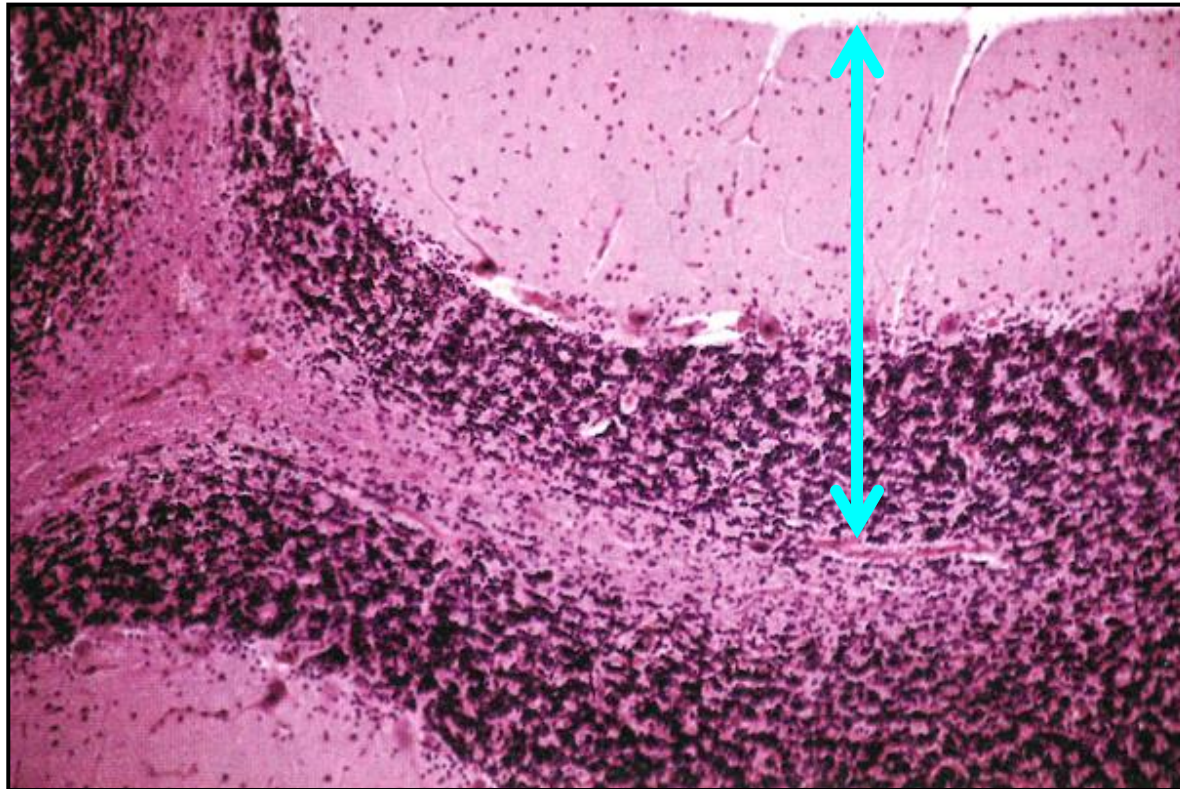
- **Kůra na povrchu** (tloušťka 1 mm)
- **Jádra v bílé hmotě** (nucleus dentatus, emboliformis, globosus, and fastigii)

Cerebellum – Bílá hmota



„Arbor vitae“ – bílá hmota

Cerebellum – Kůra

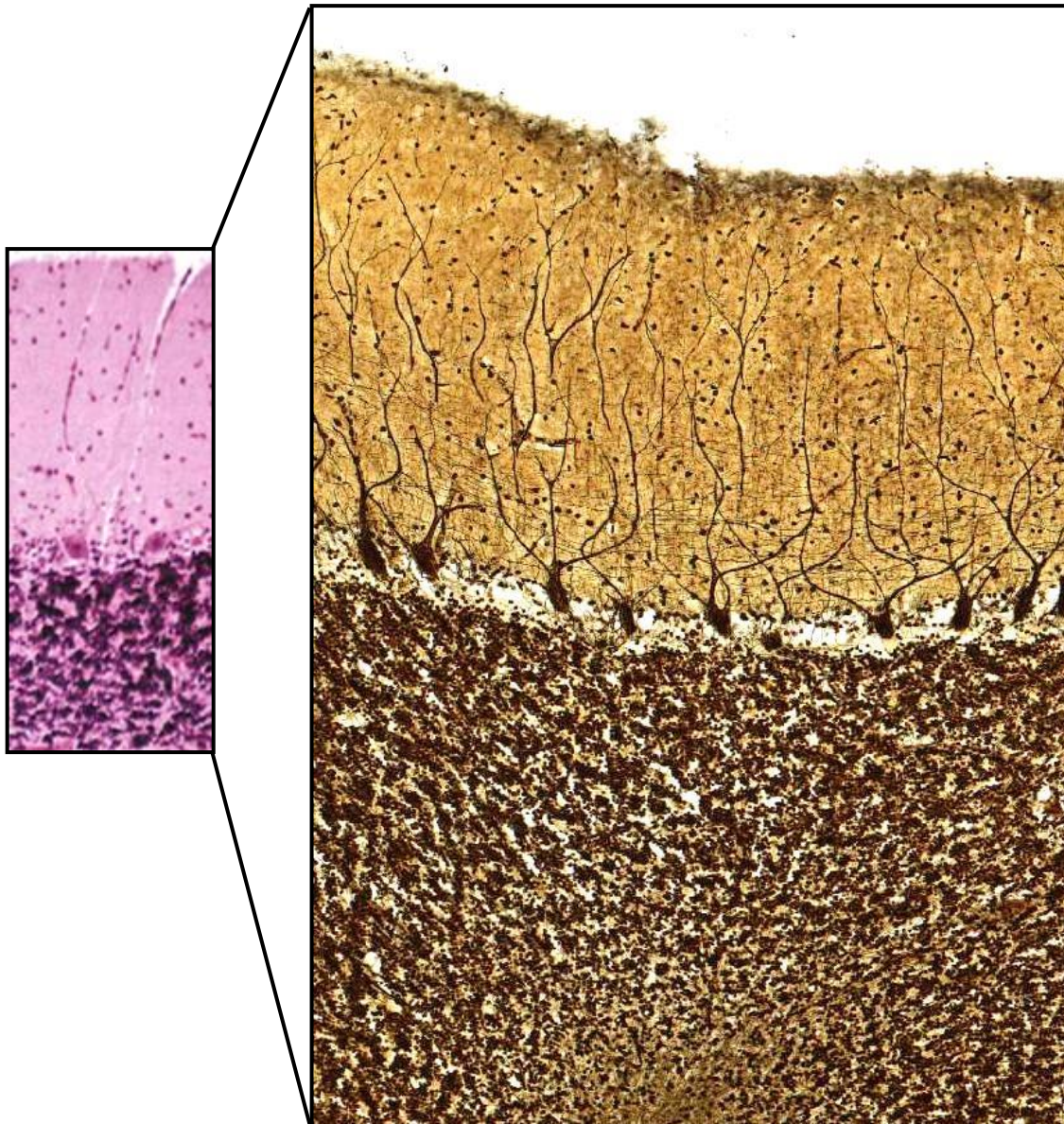


Molekulární vrstva
(*stratum moleculare*)

Vrstva Purkyňových buněk
(*stratum gangliosum*)

Granulární vrstva
(*stratum granulosum*)

Cerebellum – Kůra - Buňky



Molekulární vrstva (*stratum moleculare*)

- Košíčkové buňky
- Hvězdicové buňky

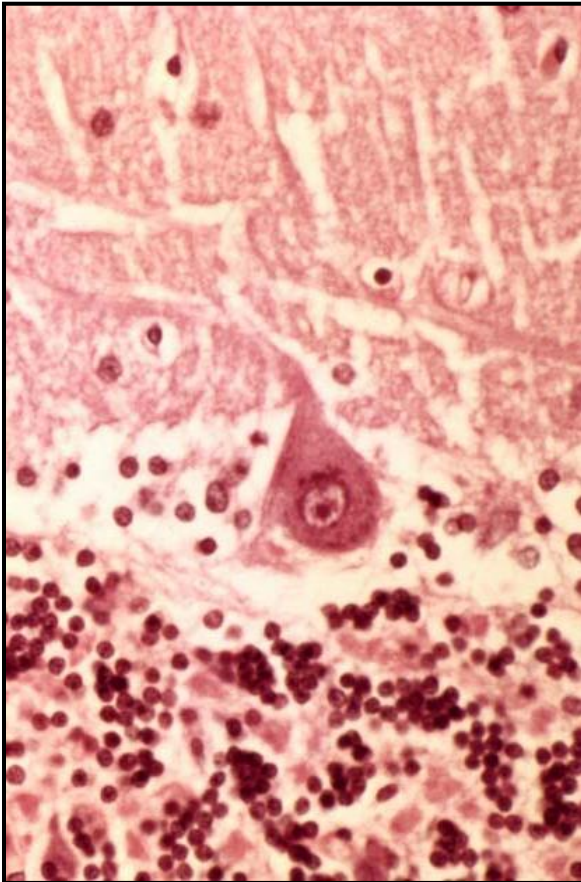
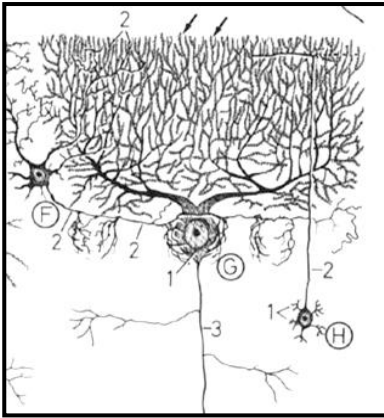
Vrstva Purkyňových buněk (*stratum gangliosum*)

- Perikarya Purkyňových buněk
- Golgiho (Bergmanova) glie

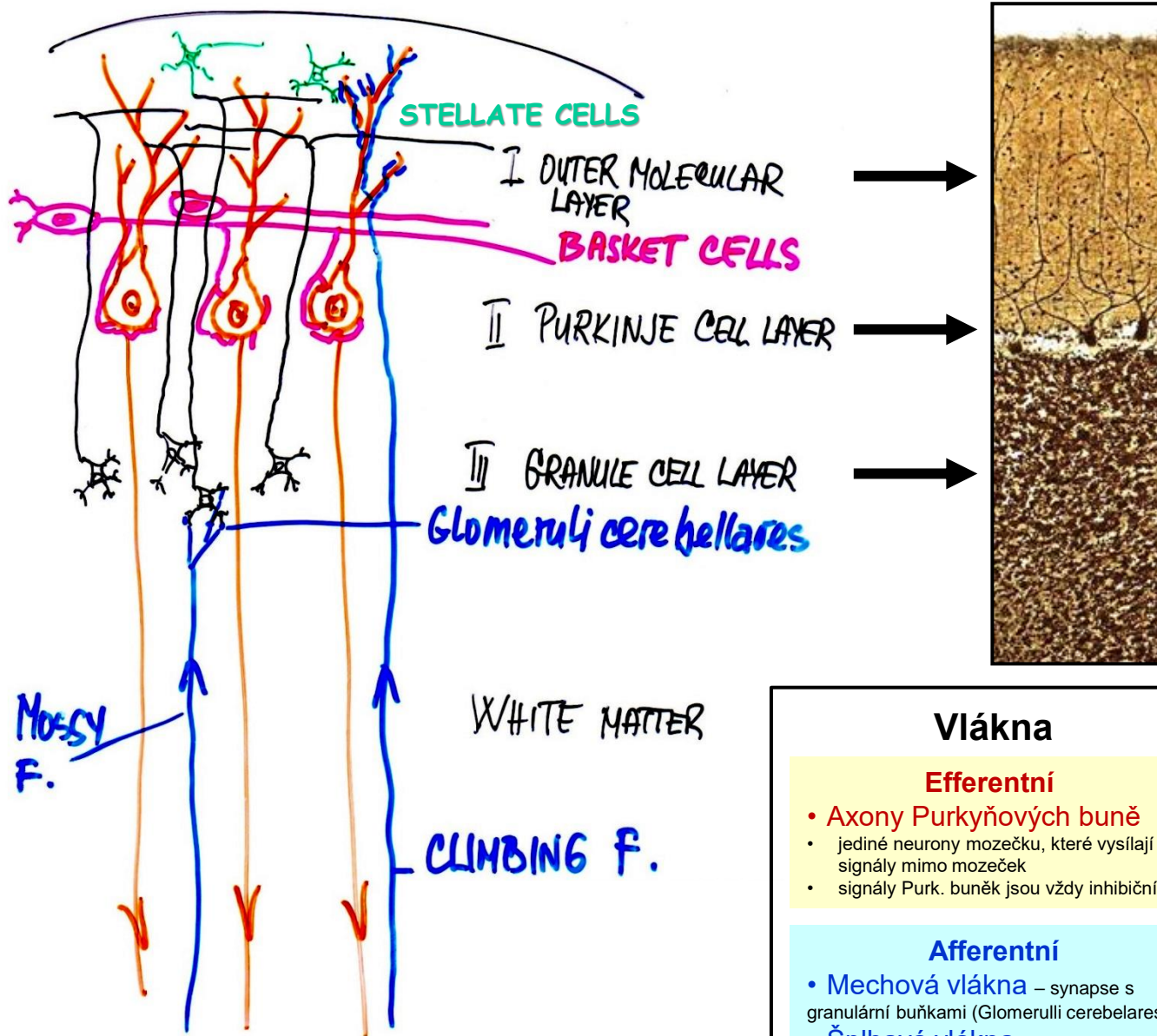
Granulární vrstva (*stratum granulosum*)

- Granulární buňky
- Golgiho (Bergmanova) glie

Cerebellum – Purkyňovy buňky



Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Vlákna

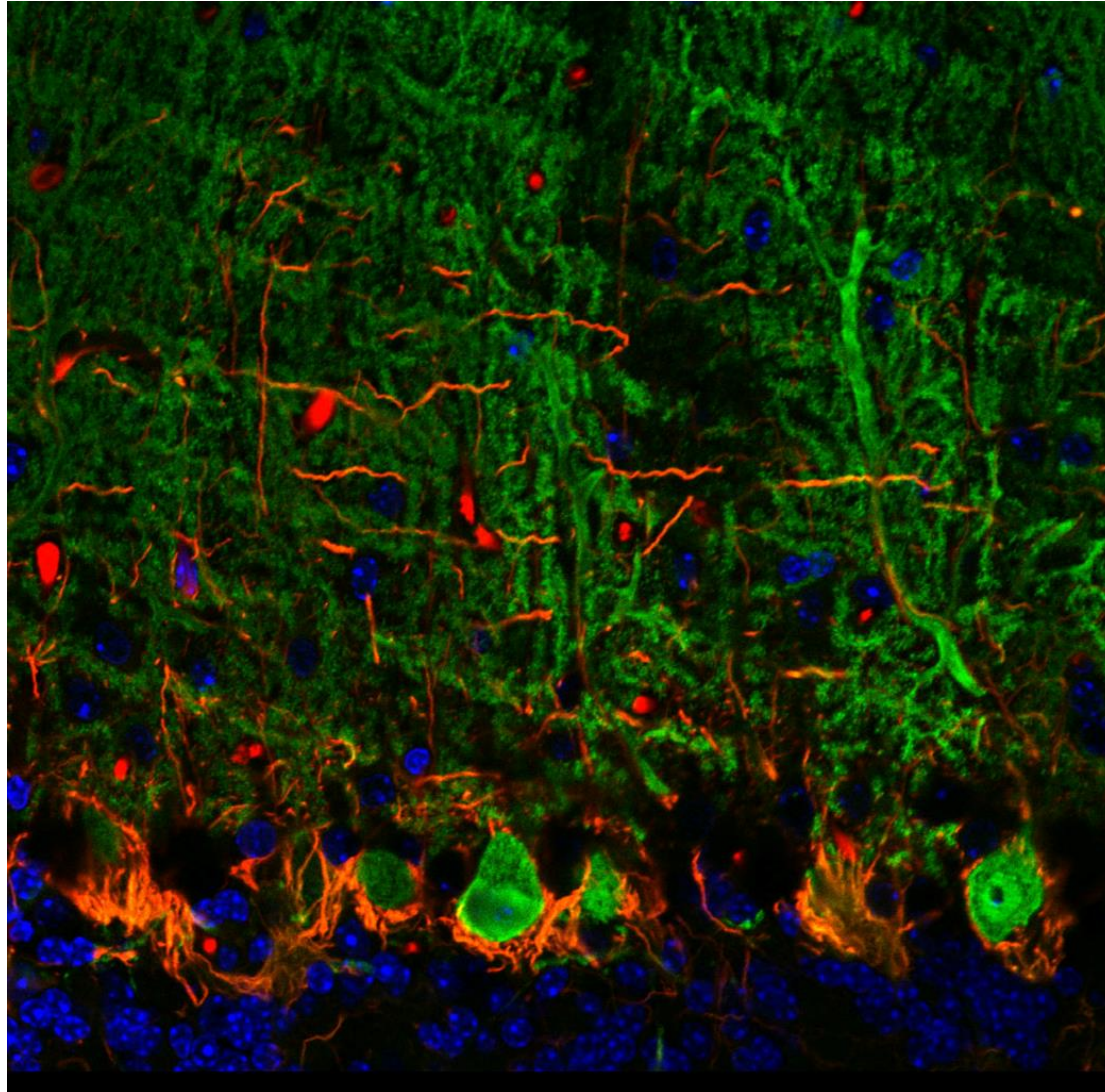
Efferentní

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

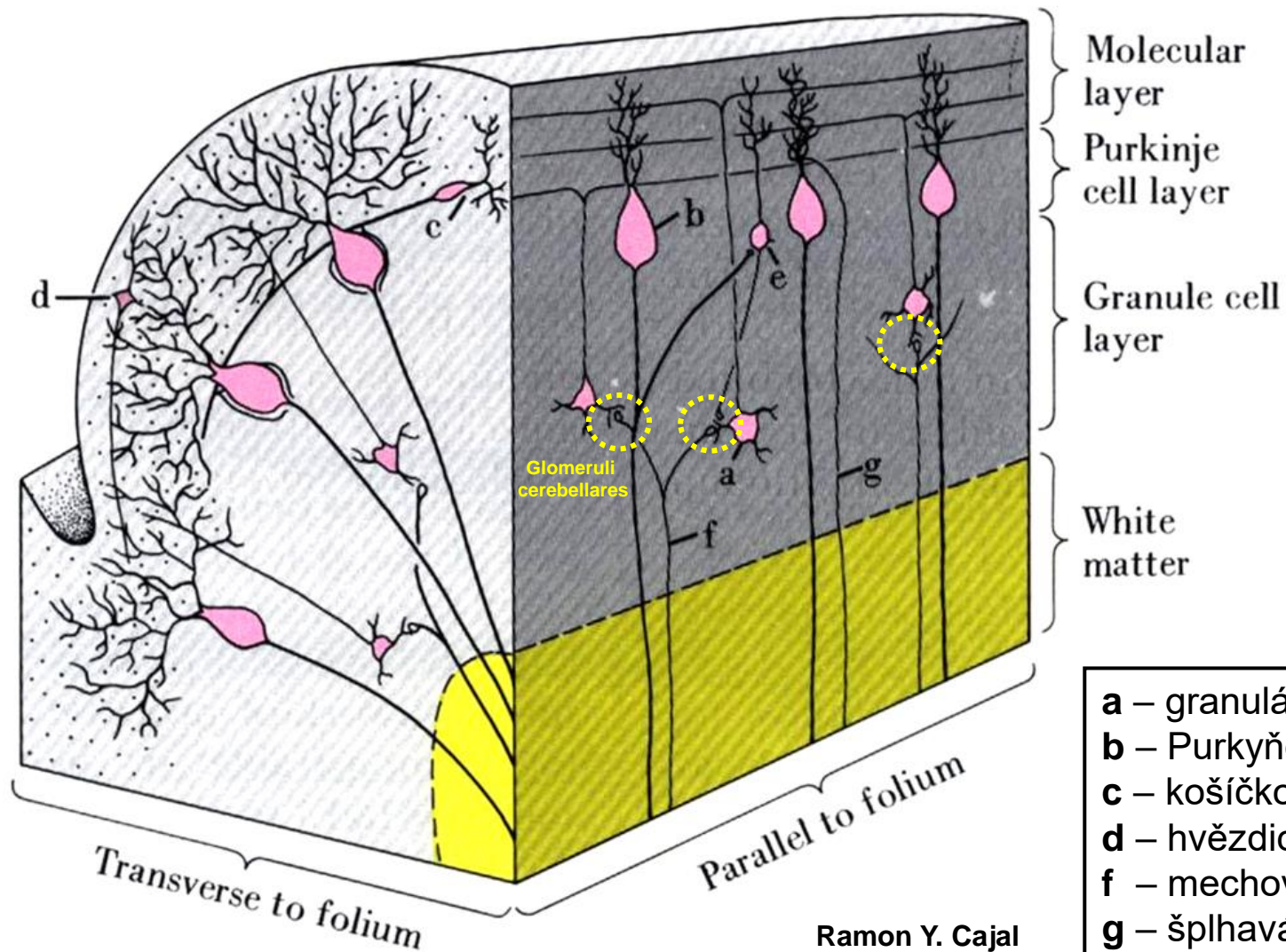
Afferentní

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

Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna

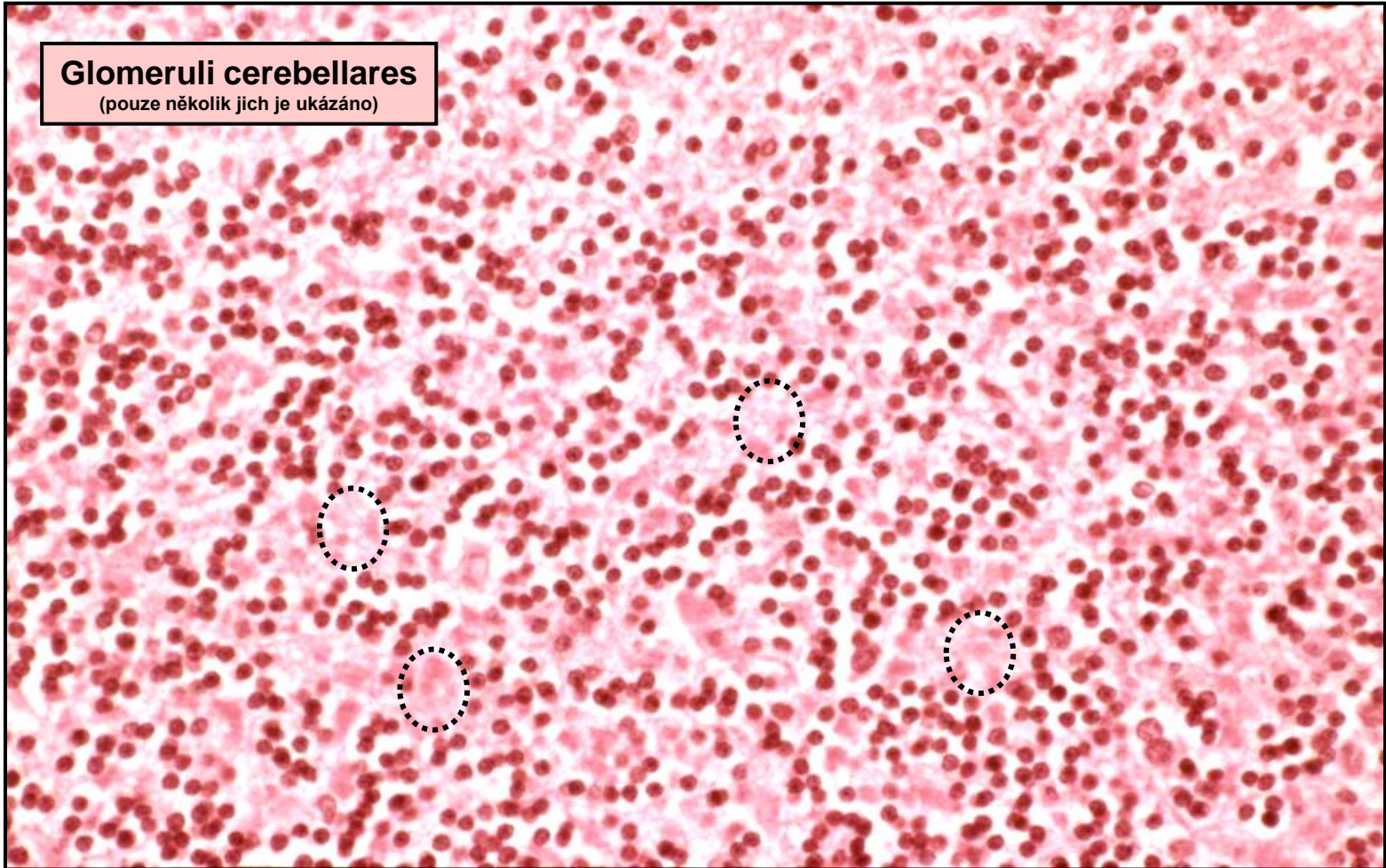


Ramon Y. Cajal

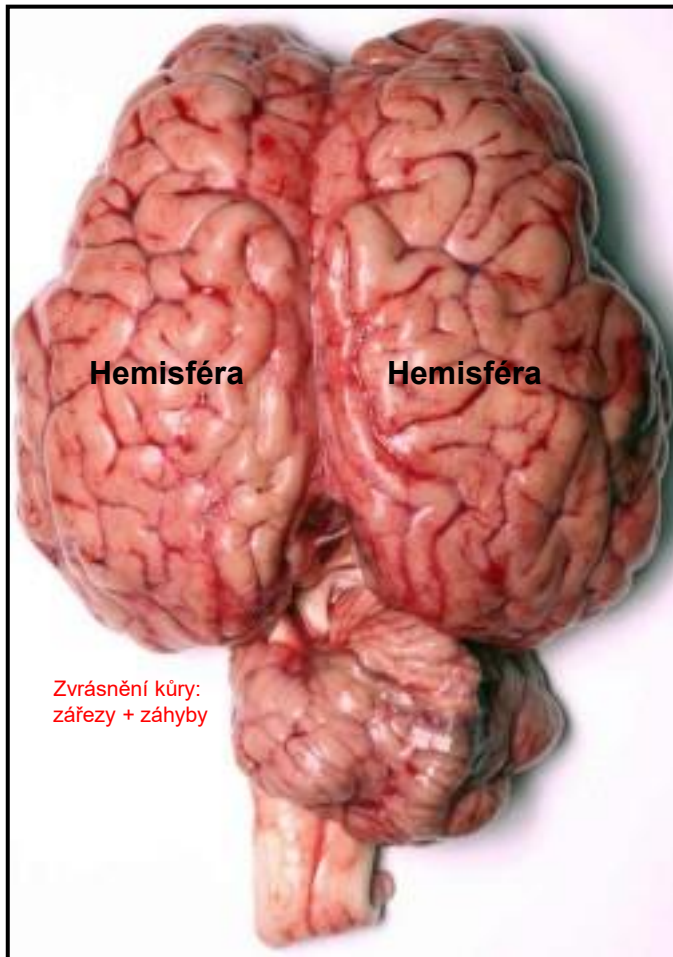
Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna

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 m²
- 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

Nepyrmidové

- 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

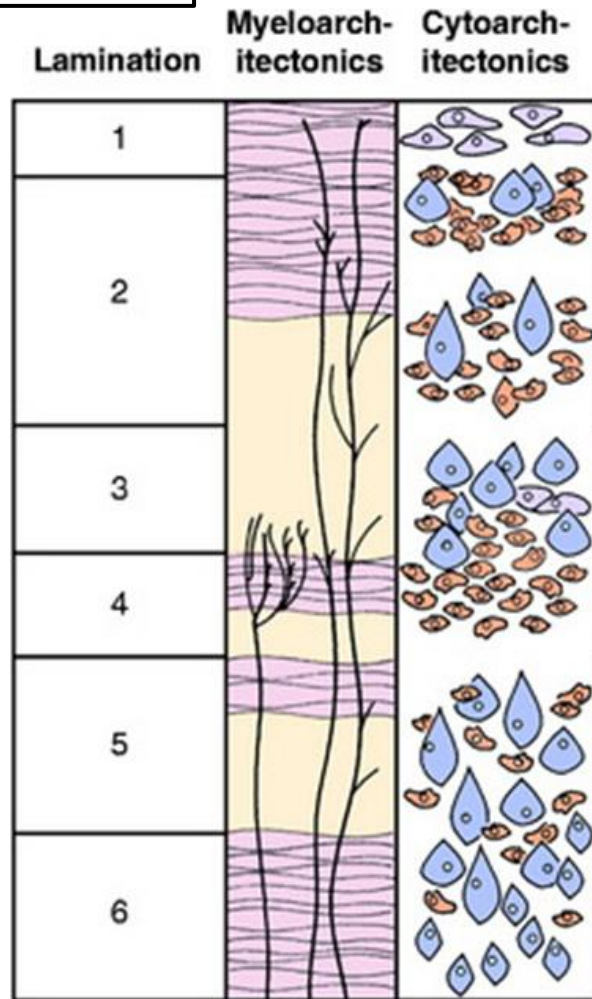
- malé zrnité (hvězdicové) buňky

5. Lamina pyramidalis int. (ganglionaris)

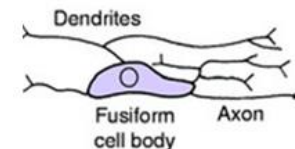
- velké pyramidové buňky

6. Lamina multiformis

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

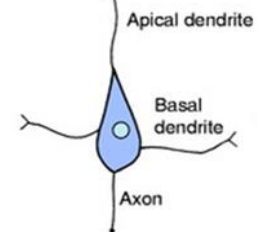


Horizontal neuron of Cajal

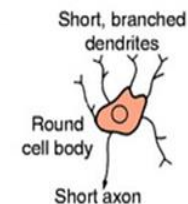


Processes parallel to the surface of the cortex

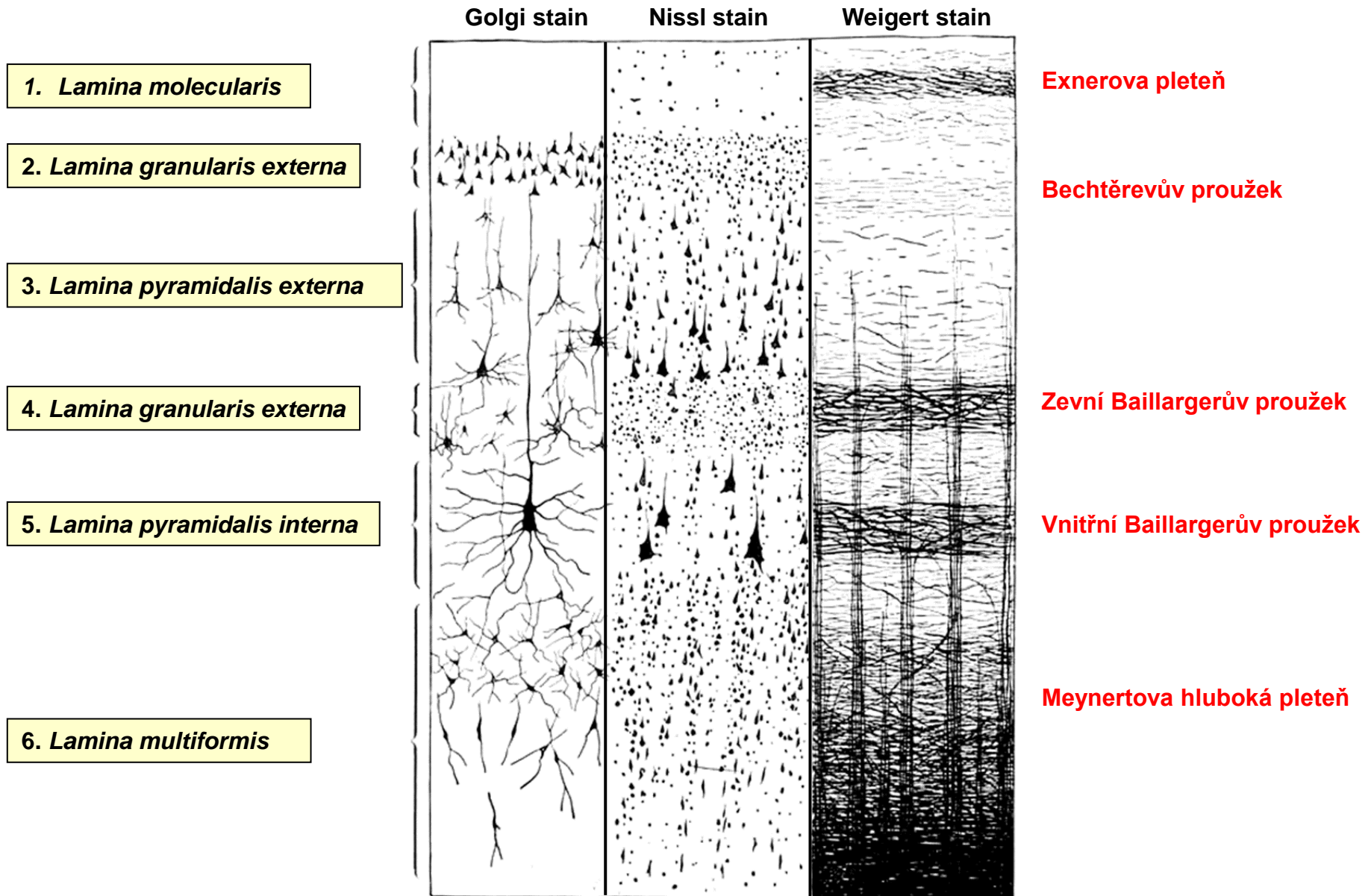
Pyramidal neuron
10-50 μm



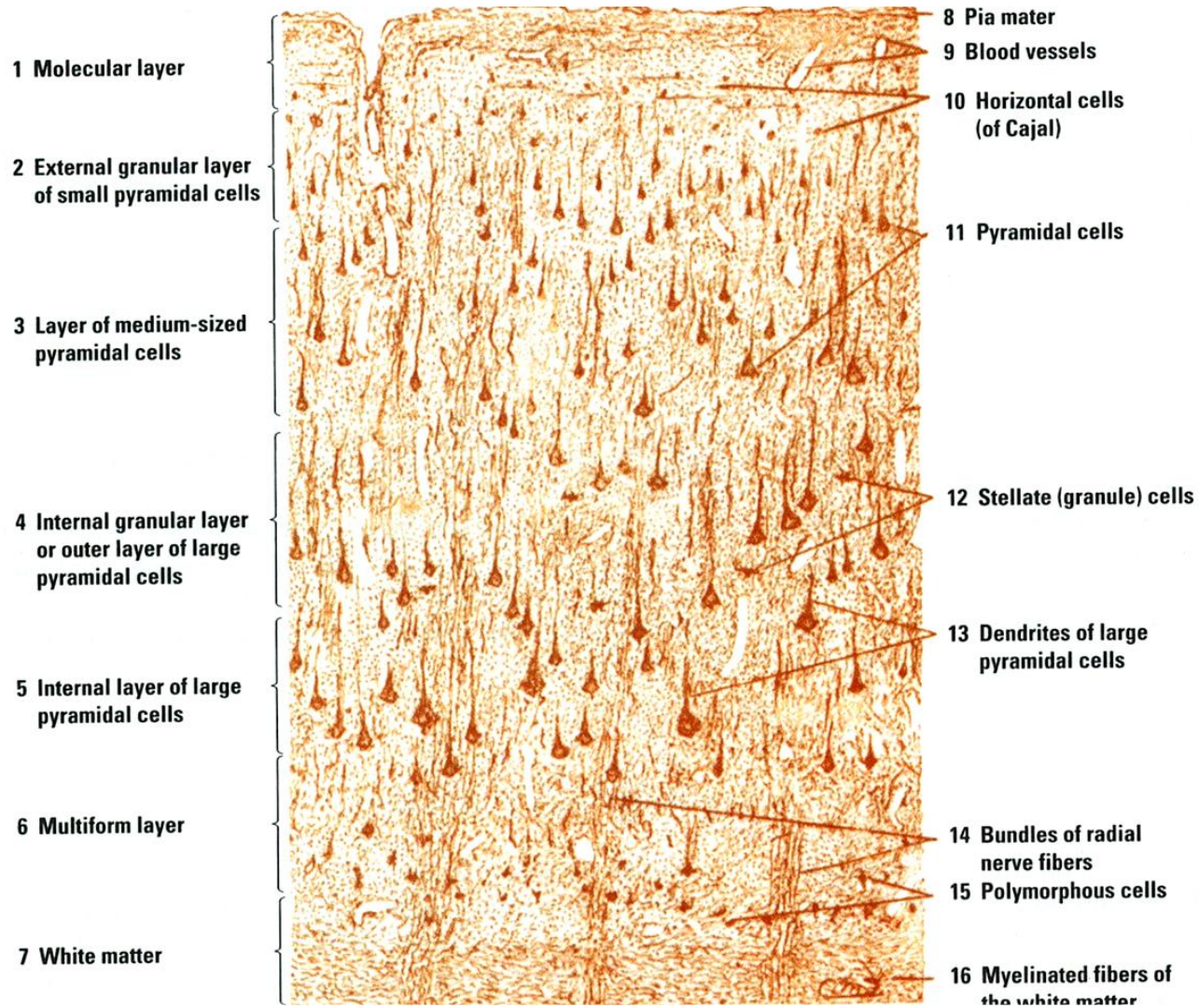
Stellate (granular) neuron



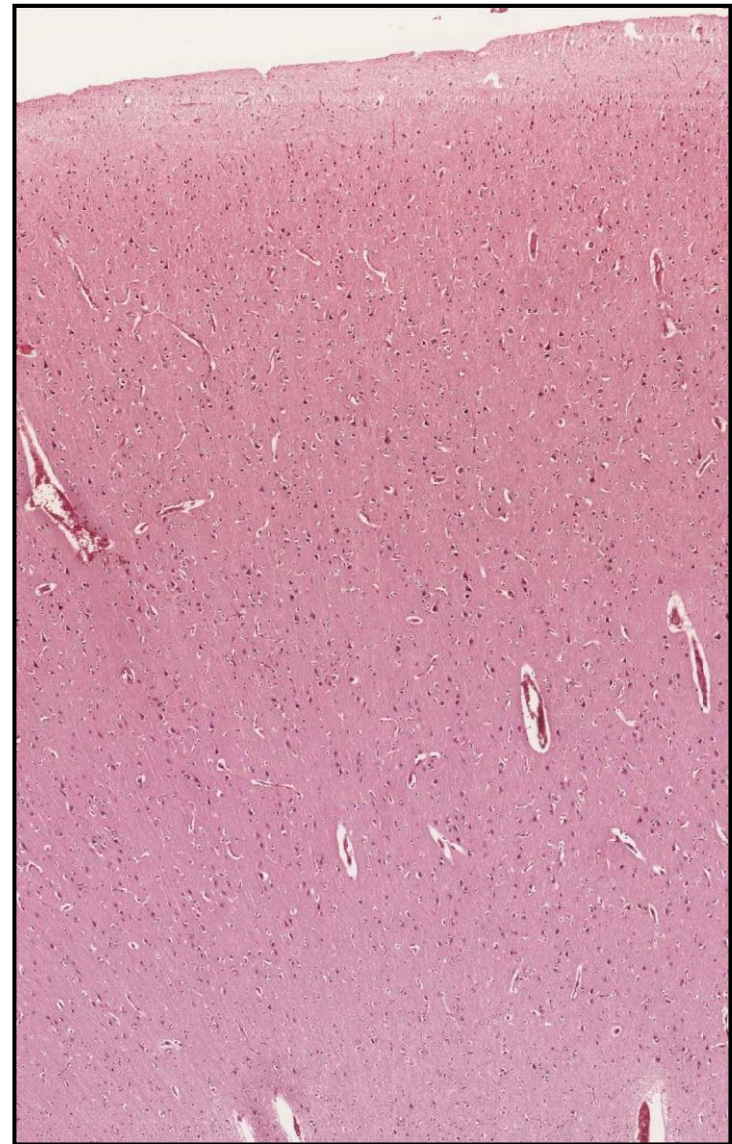
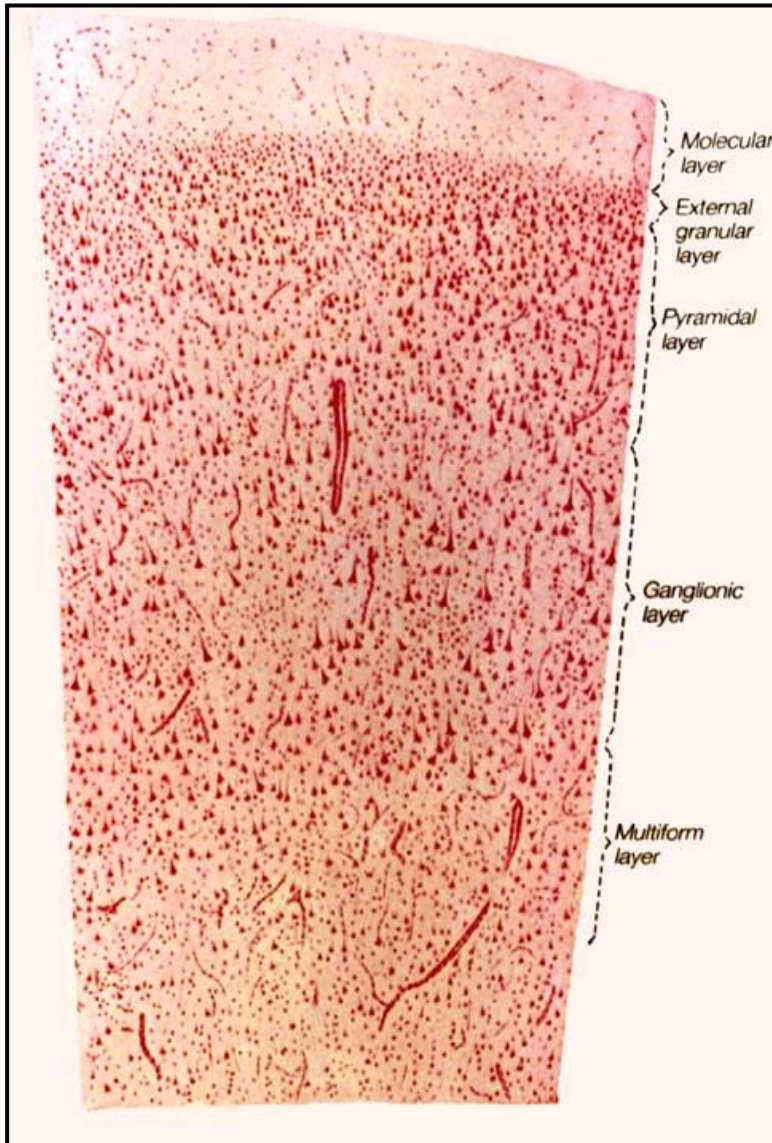
Telencephalon – Kůra – Typy neuronů + Pleteně



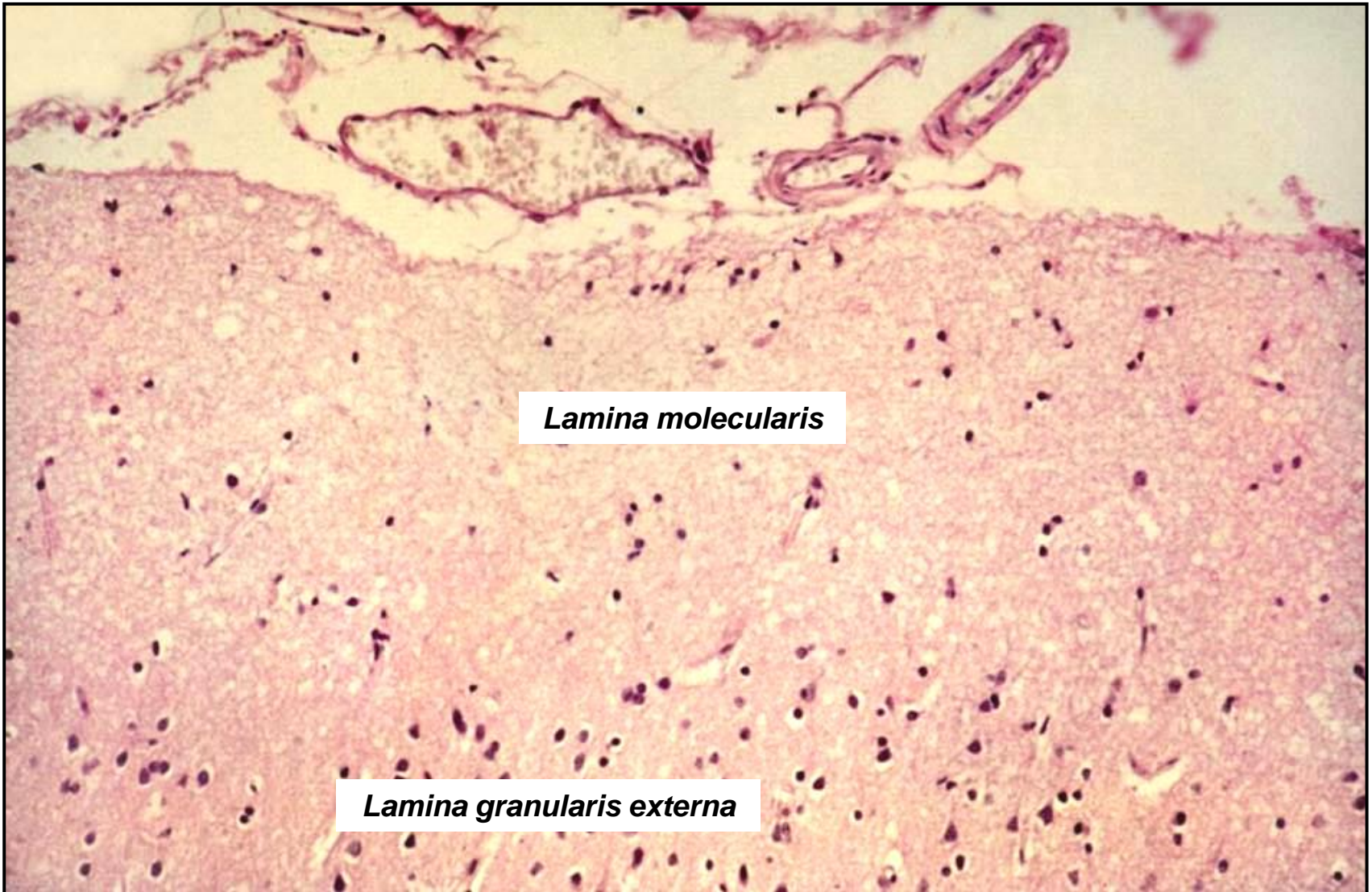
Telencephalon - Isocortex



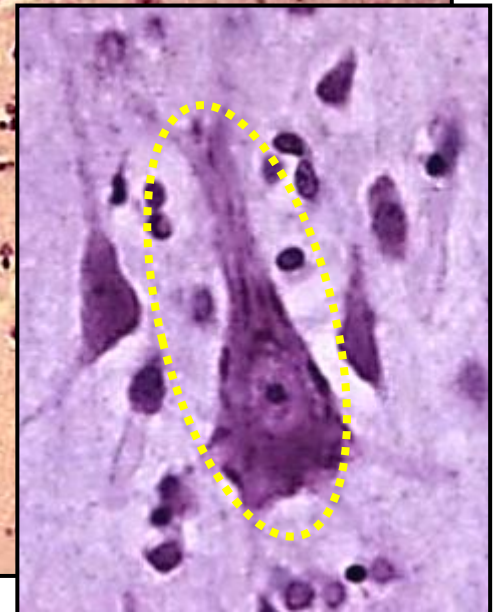
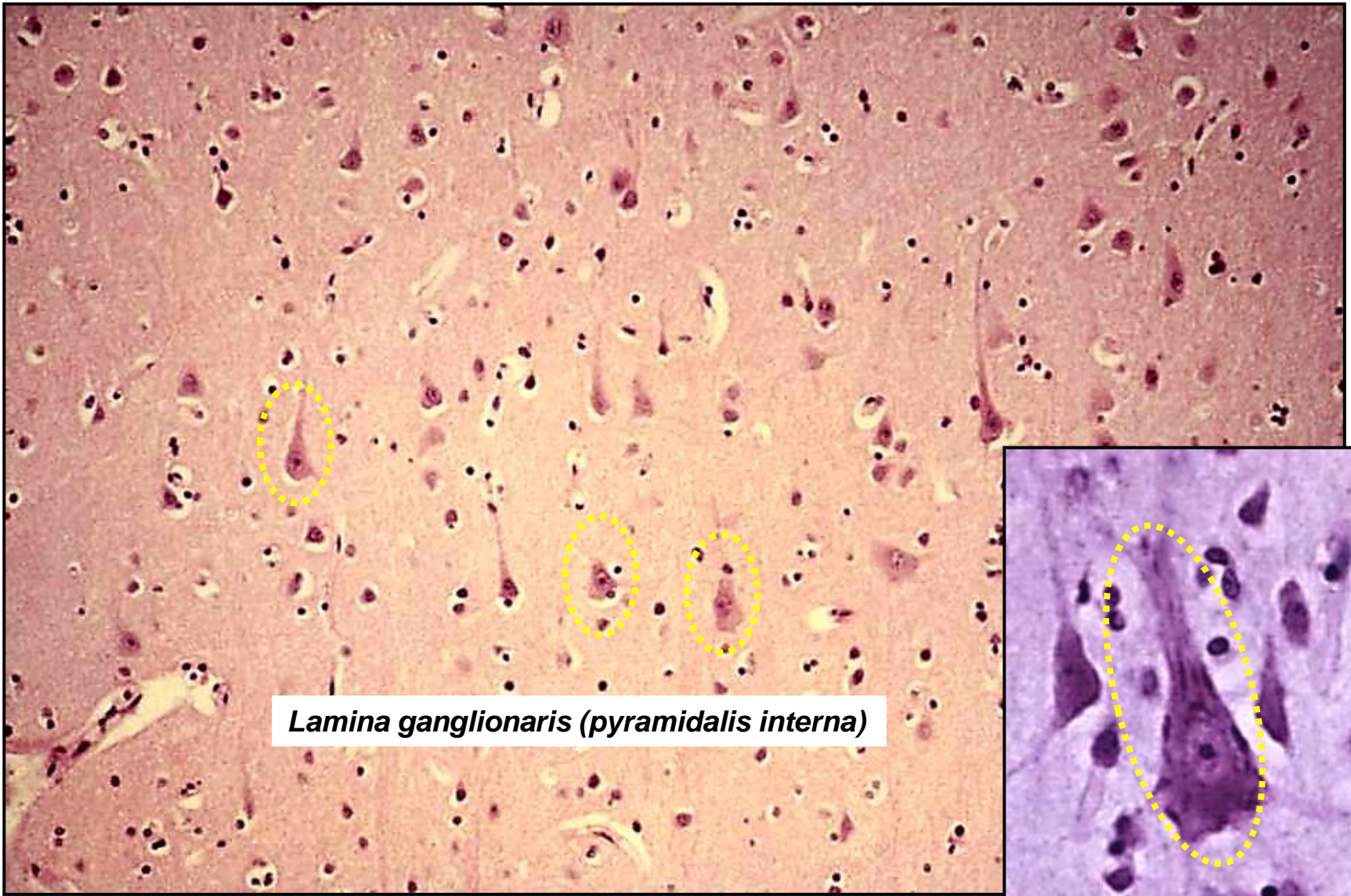
Telencephalon - Isocortex



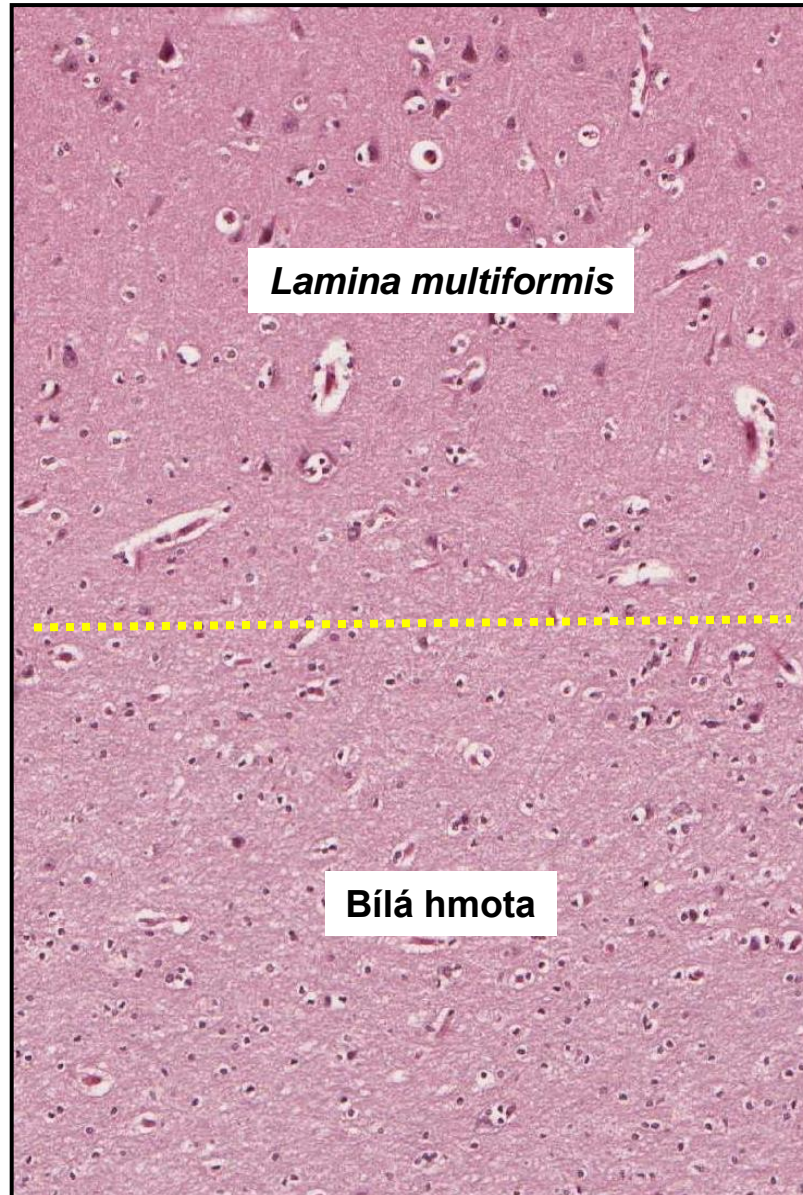
Telencephalon - Isocortex



Telencephalon - Isocortex



Telencephalon - Isocortex



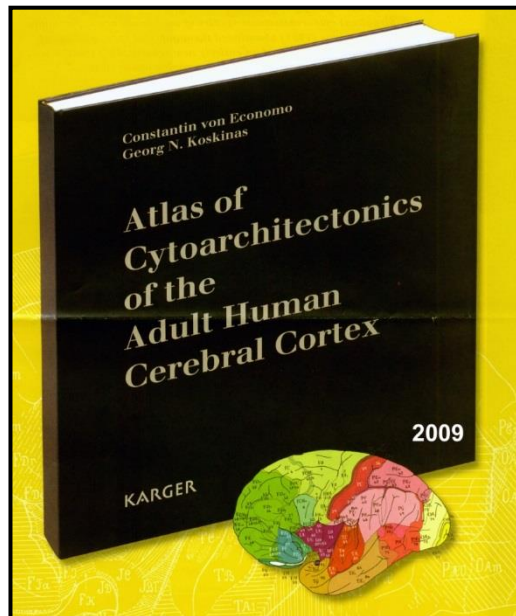
Telencephalon - Isocortex

Homotypický
typická 6-ti vrstvá architektura

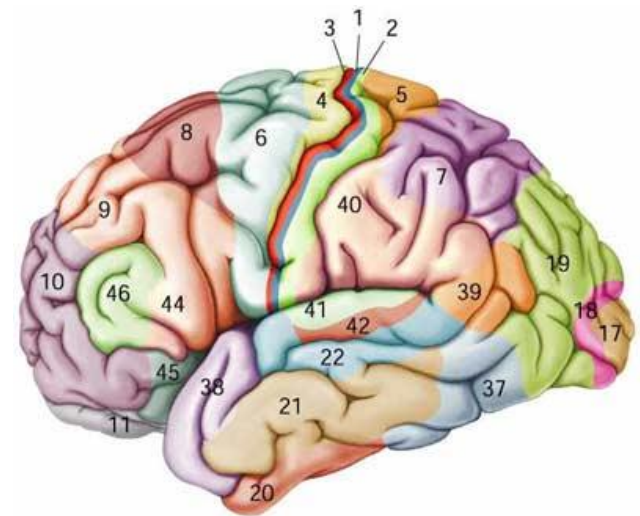
Heterotypický
různé odchylky od typické architektury
(cell numbers/density, relative proportions, thickness, fibers, vessels, ...)

Mapy

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

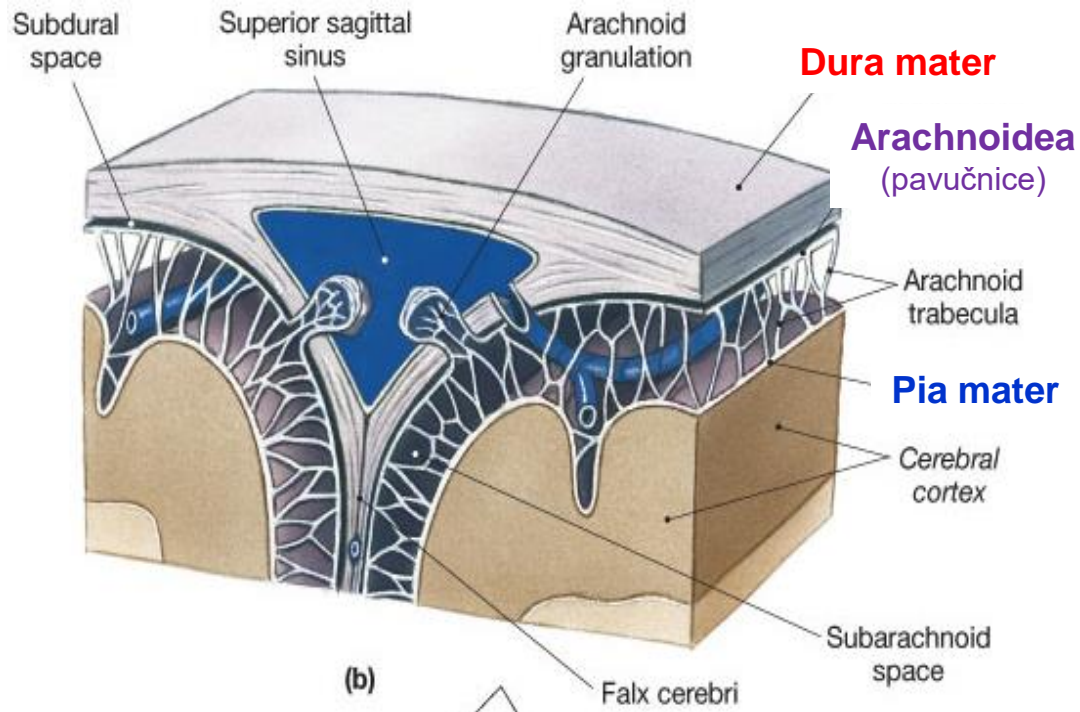


1909 - K. Brodman
11 regions and 52 areas



Meningy – Pleny mozkové

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



Pachymeninx (tvrdá plena)

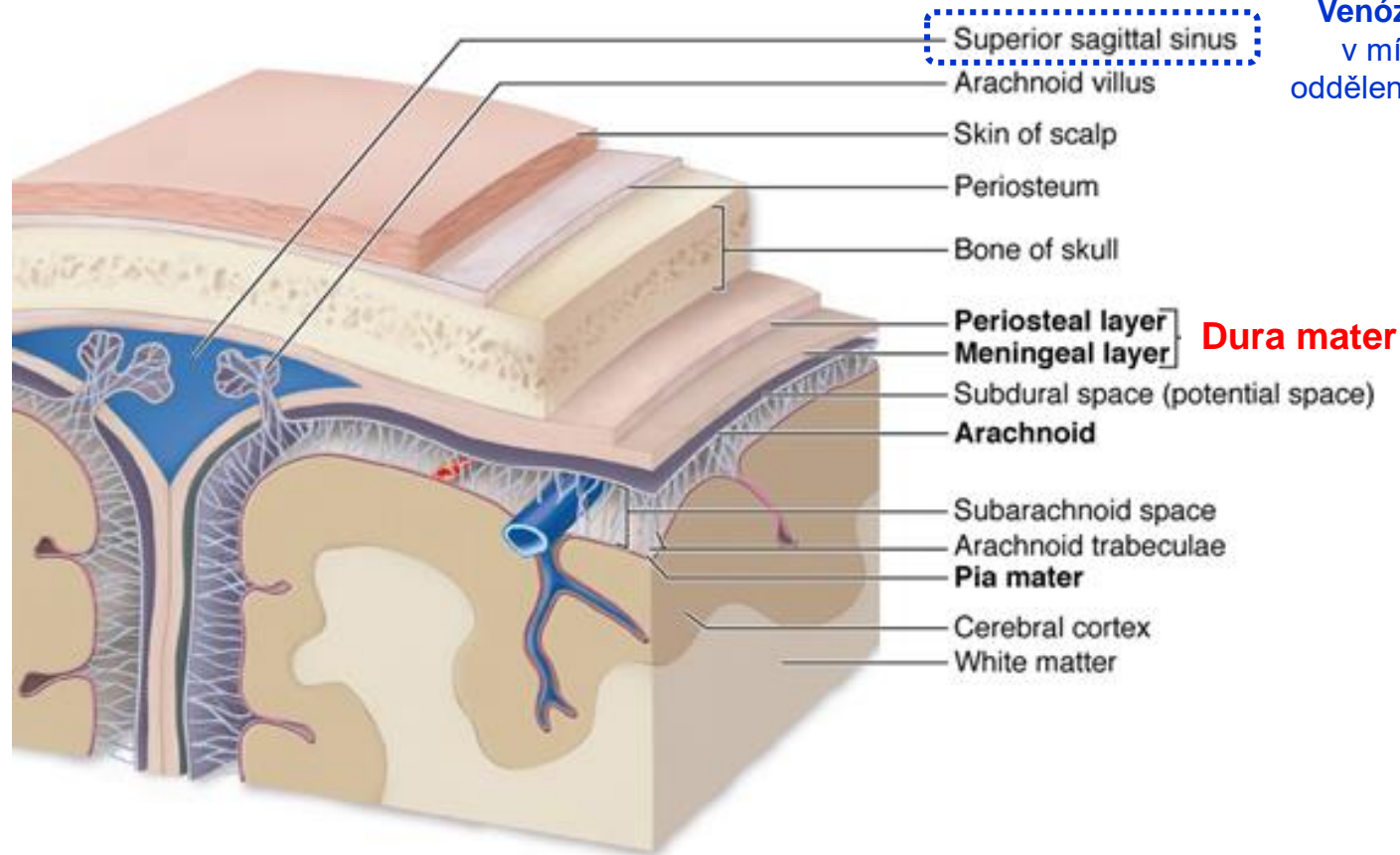
Dura mater

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

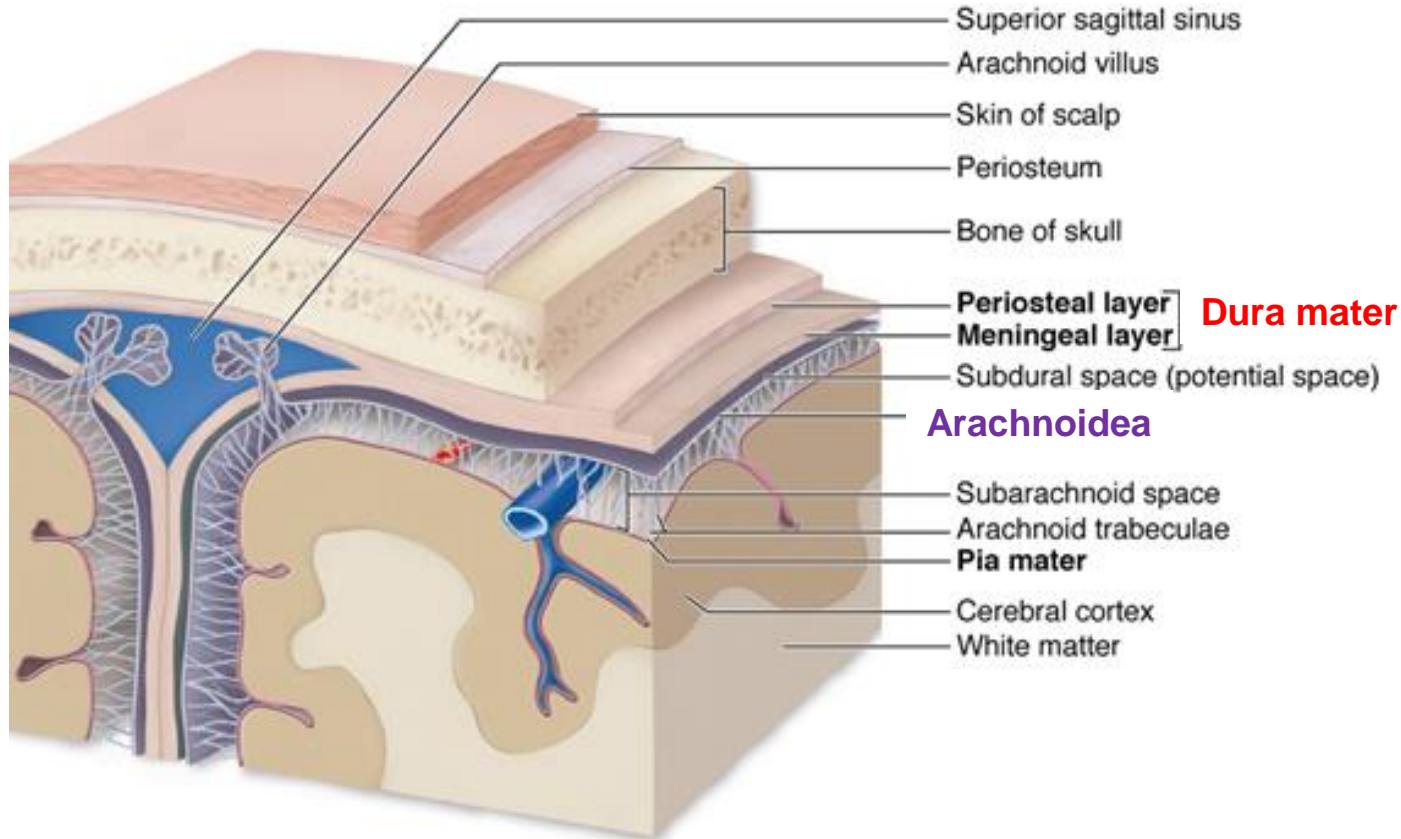
- **Endostální vrstva (periostální; zevní)** – přiložena k vnitřní straně kostí lebky – splývá s periostem
- **Meningeální vrstva (vnitřní)** – tenká fibrózní blána, vnitřní povrch kryt neurotelem (modifikované fibroblasty)

Spinální dura

- pokračování **vnitřní vrstvy** kraniální tvrdé pleny

Meningy – Arachnoidea

střední + uspořádání pavoučí sítě + avaskulární



Arachnoidea

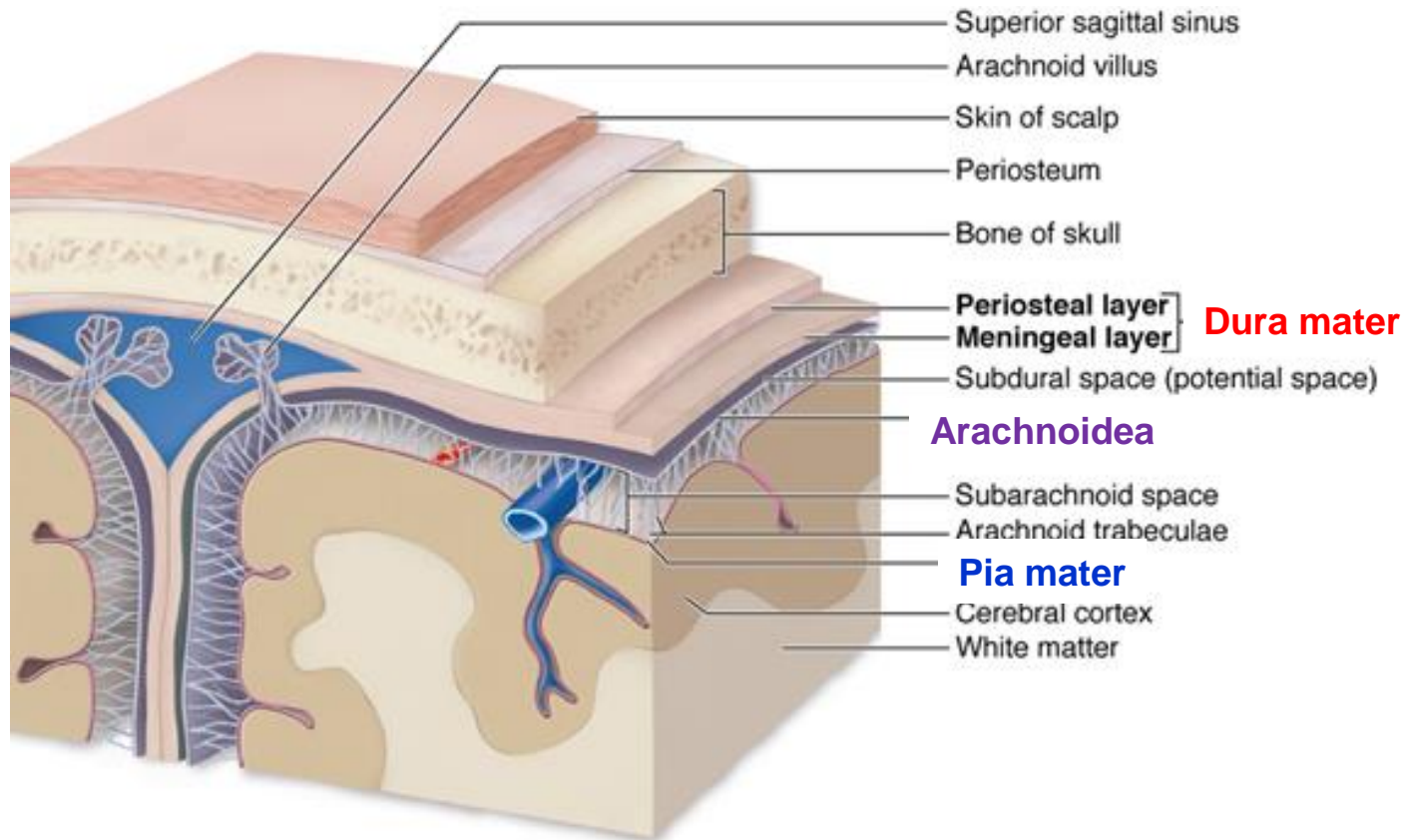
- **Neurotel (*lamina neurothelialis*)** – adhezuje k vnitřní vrstvě dura mater, **těsné spoje – bariéra mezi cerebrospinálním mokem a krví v dura mater**
- **Trabekuly (trámce)** – jemná fibrózní vlákna pokrytá plochými (meningeálními) buňkami

Subarachnoideální prostor

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

Meningy – Pia mater

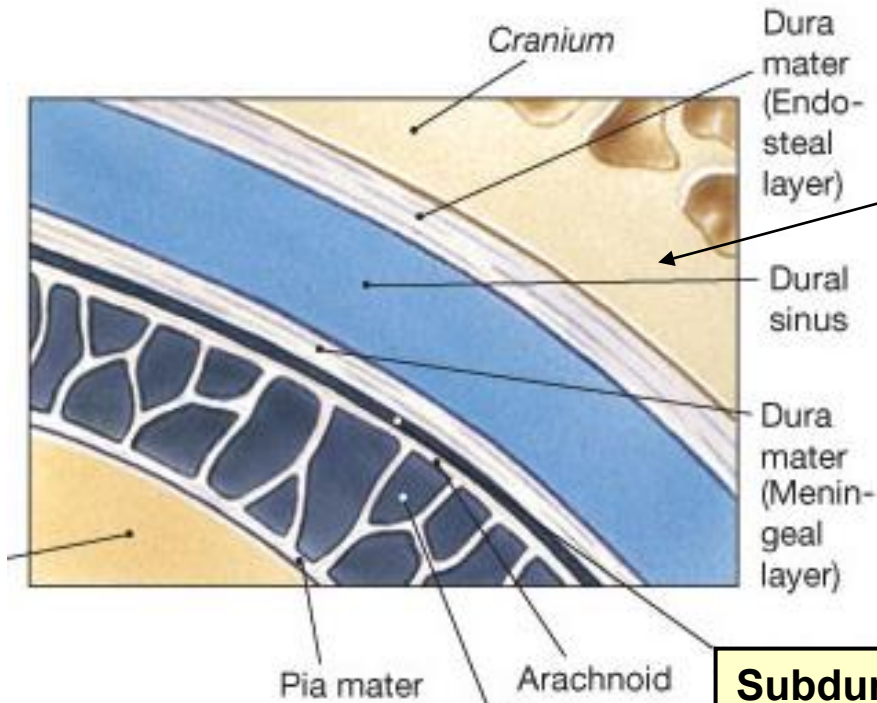
vnitřní + jemná + vaskularizovaná + těsně přiložena na povrchu mozku



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)

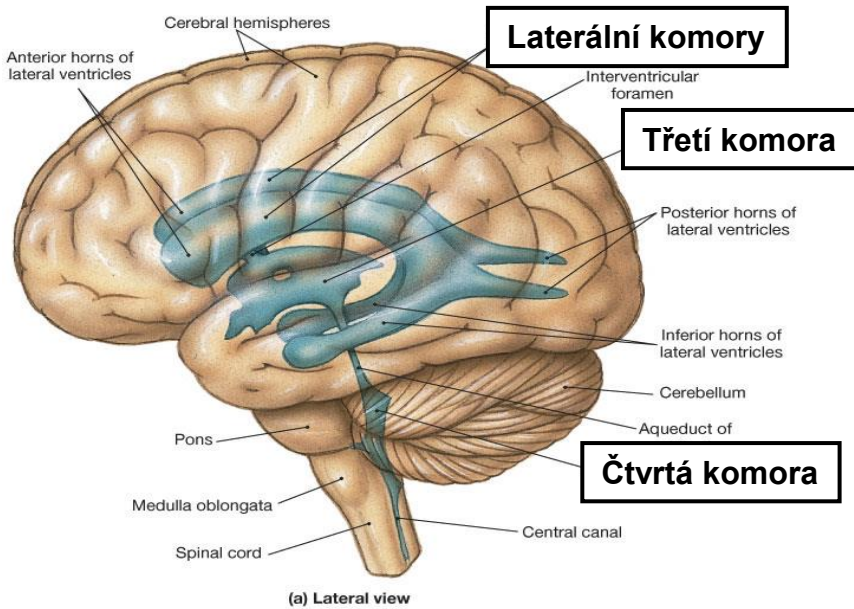
Subdurální prostor

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*)

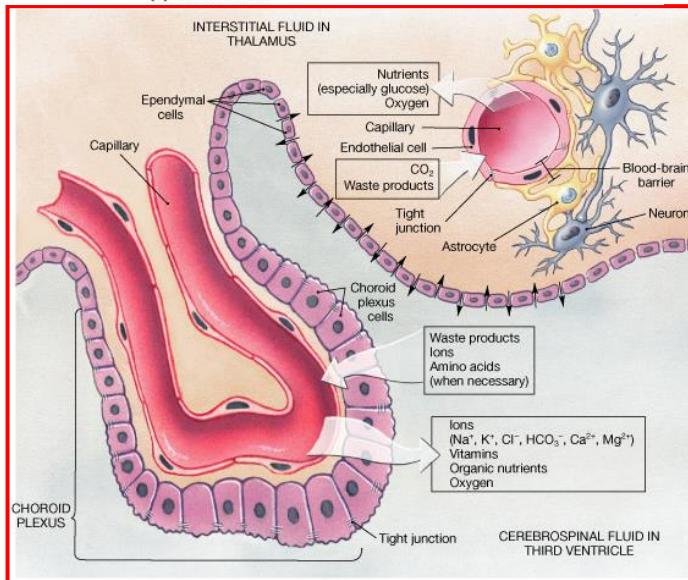
Cerebrospinální mok



Mozkové komory

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

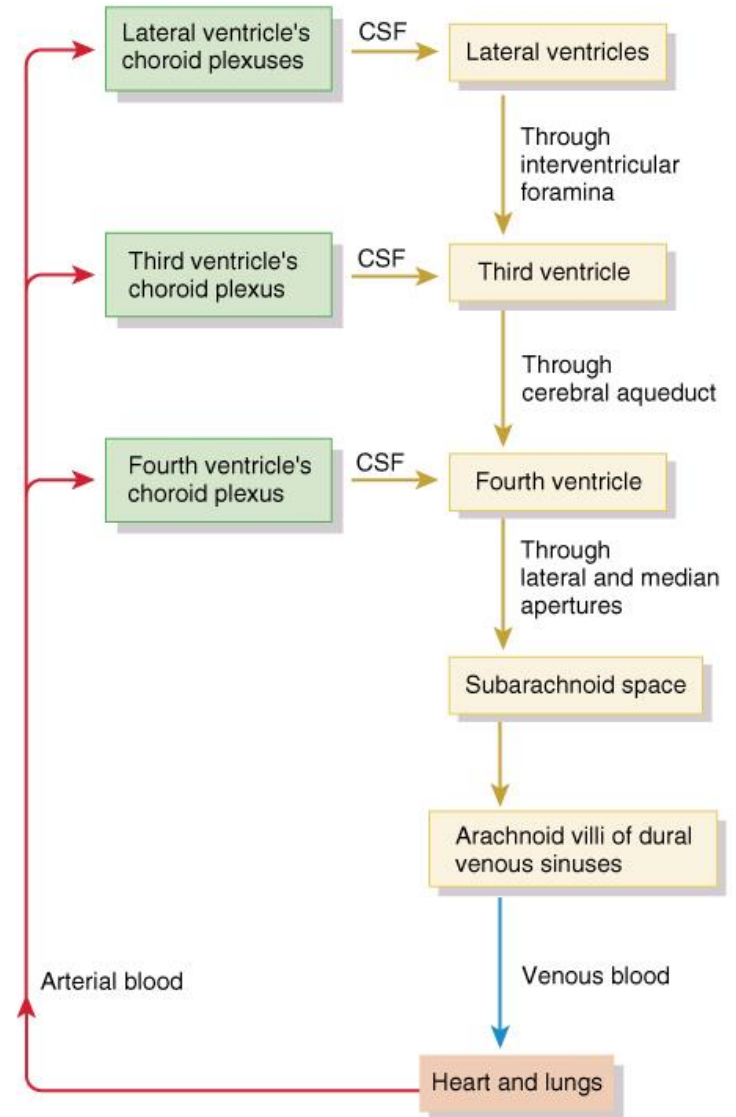
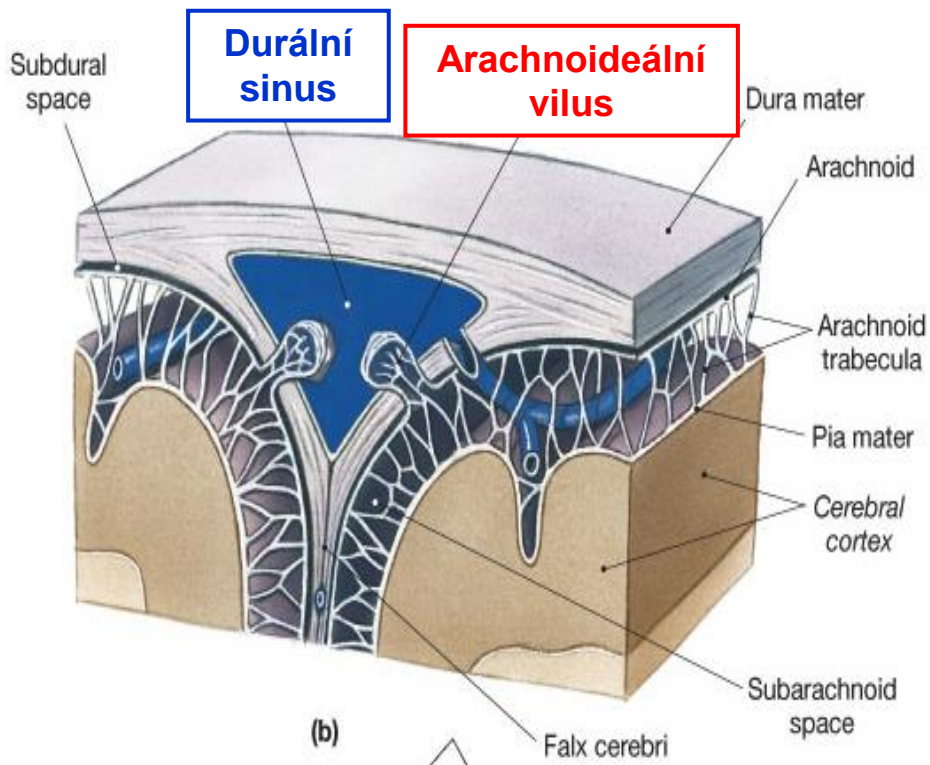
- spojeny s centrálním míšním kanálem
- obsahuje cerebrospinální mok (CSF)
- CSM je tvořen **ependymovými bmi. plexus choroideus**



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:

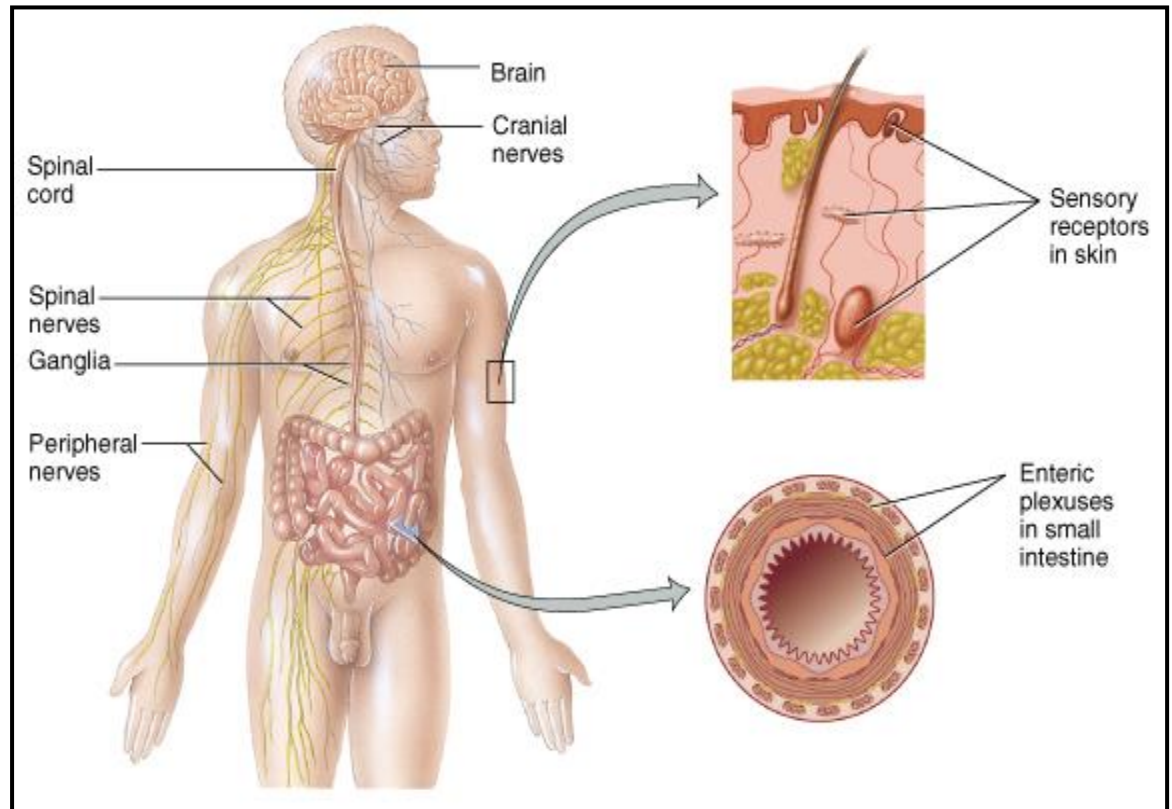
Přenos informace z periferie do CNS.

Eferentní (motorické) dráhy:

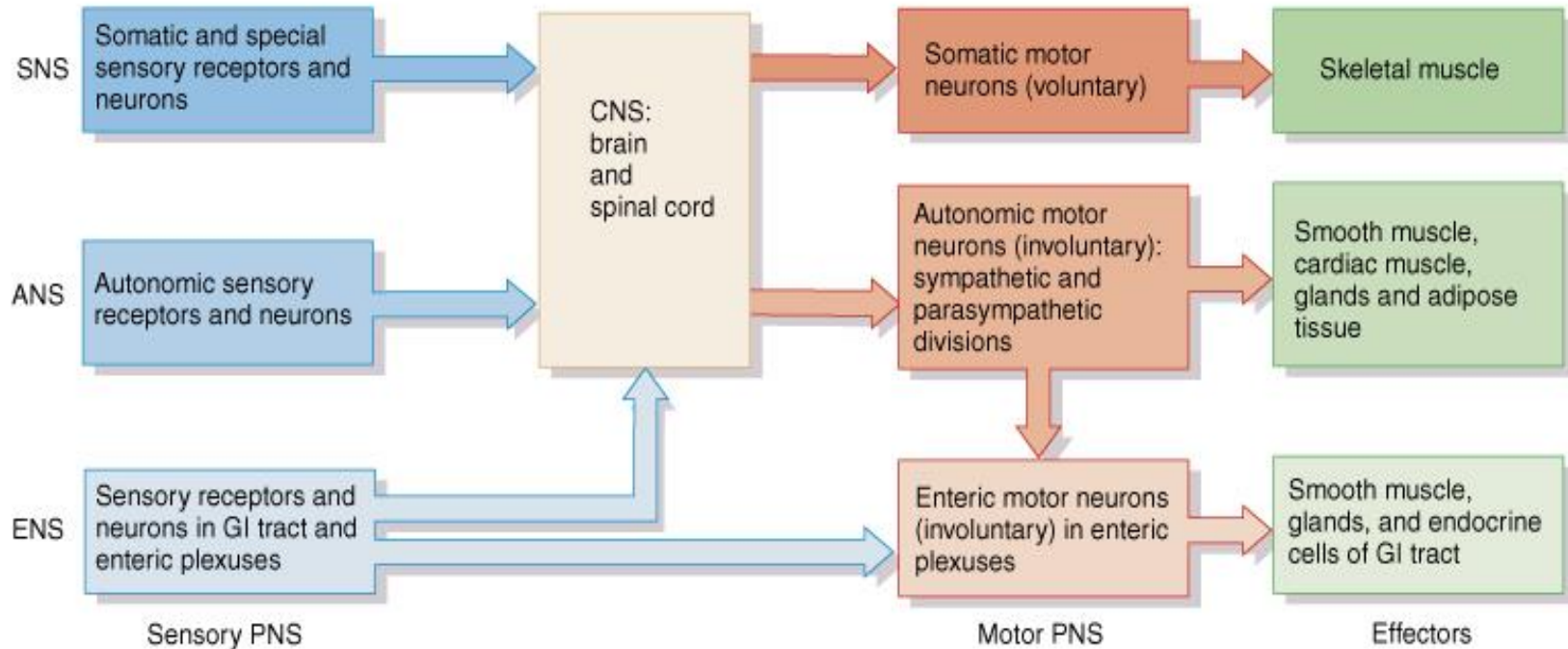
Přenos informace z CNS do periferie.

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)

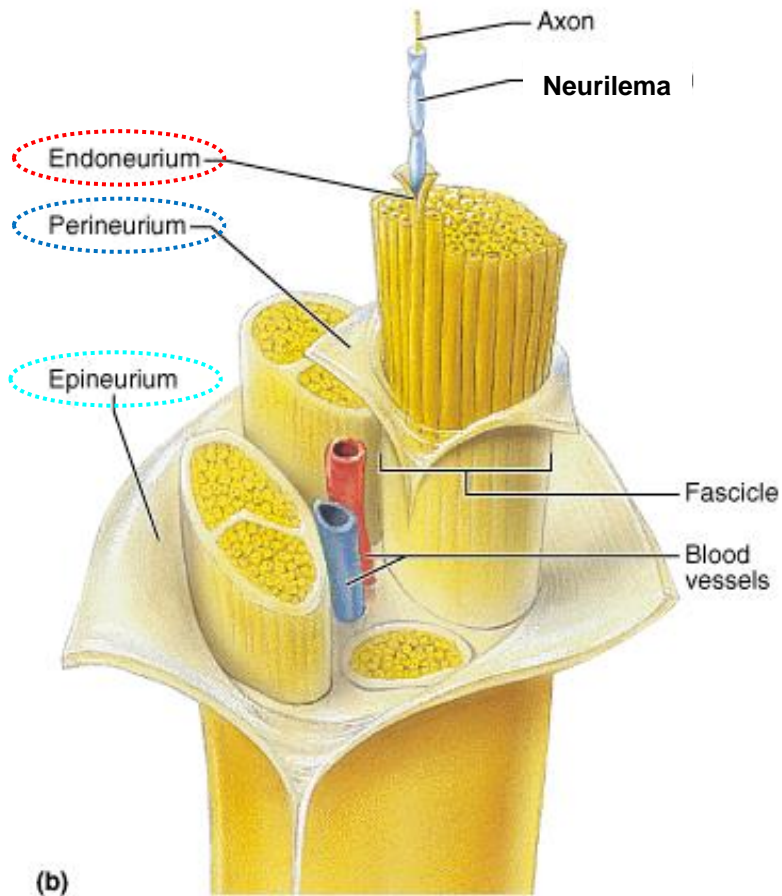
- sensorické neurony viscerálních orgánů do CNS
 - motorické neurony k hladké & srdeční svalovině a žlázám
1. *sympaticus*
 2. *parasympaticus*

Enterický nervový systém (ENS)

- autonomní senzitivní & motorické neurony řídící trávicí trakt
- neurons function independently of ANS & CNS

Periferní nervový systém - Nervy

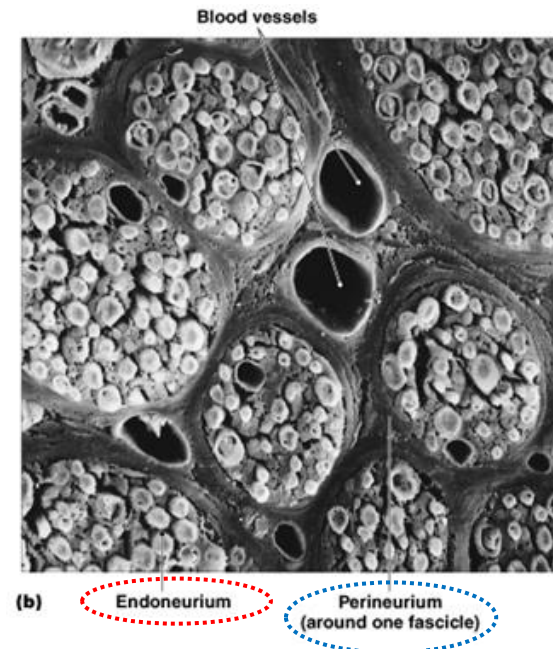
Sestává ze 100 a 100 000 tisíc myelinizovaných a nemyelinizovaných axonů (nervových vláken)



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

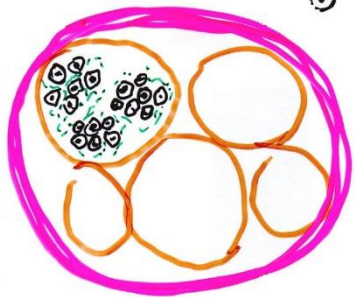
Pojivová tkáň spoluvytvářející nerv:

- **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

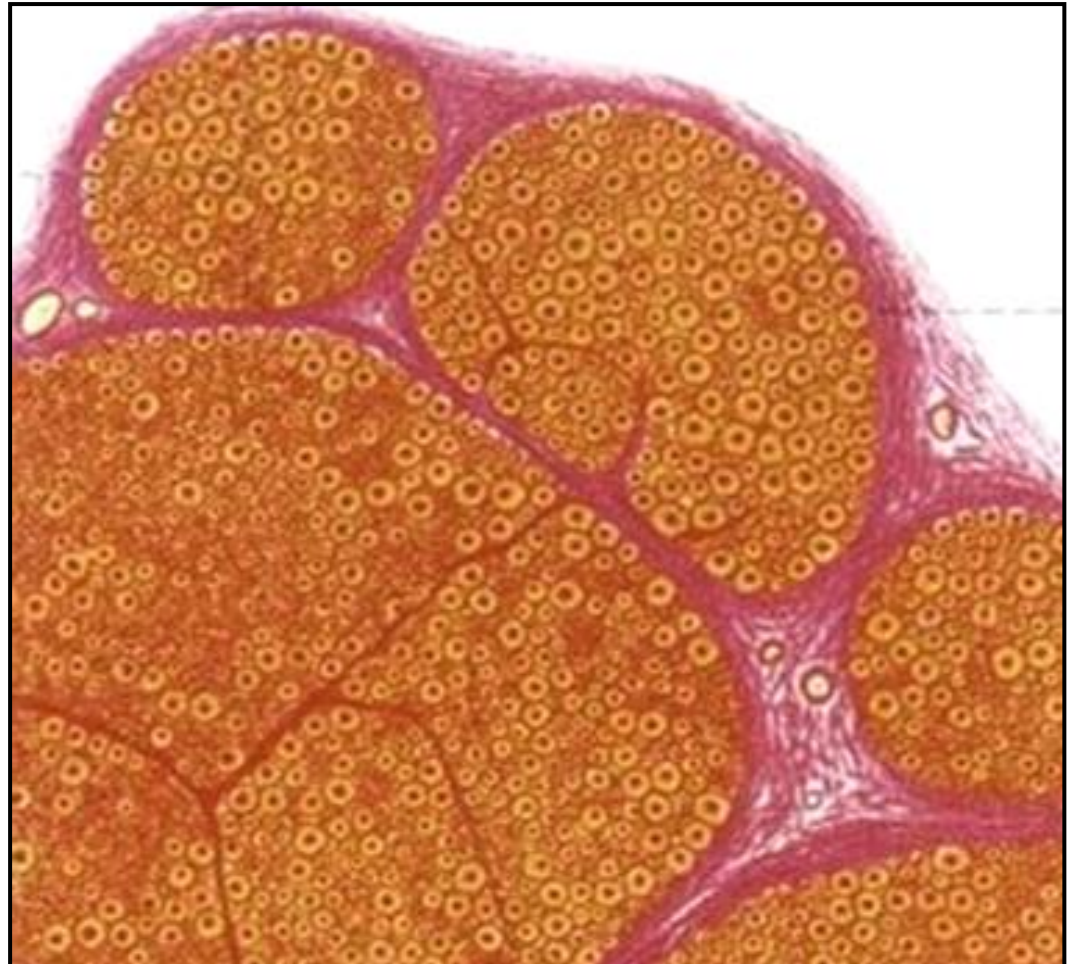
⊙ PRIMARY N.B.

ENDONEURIUM

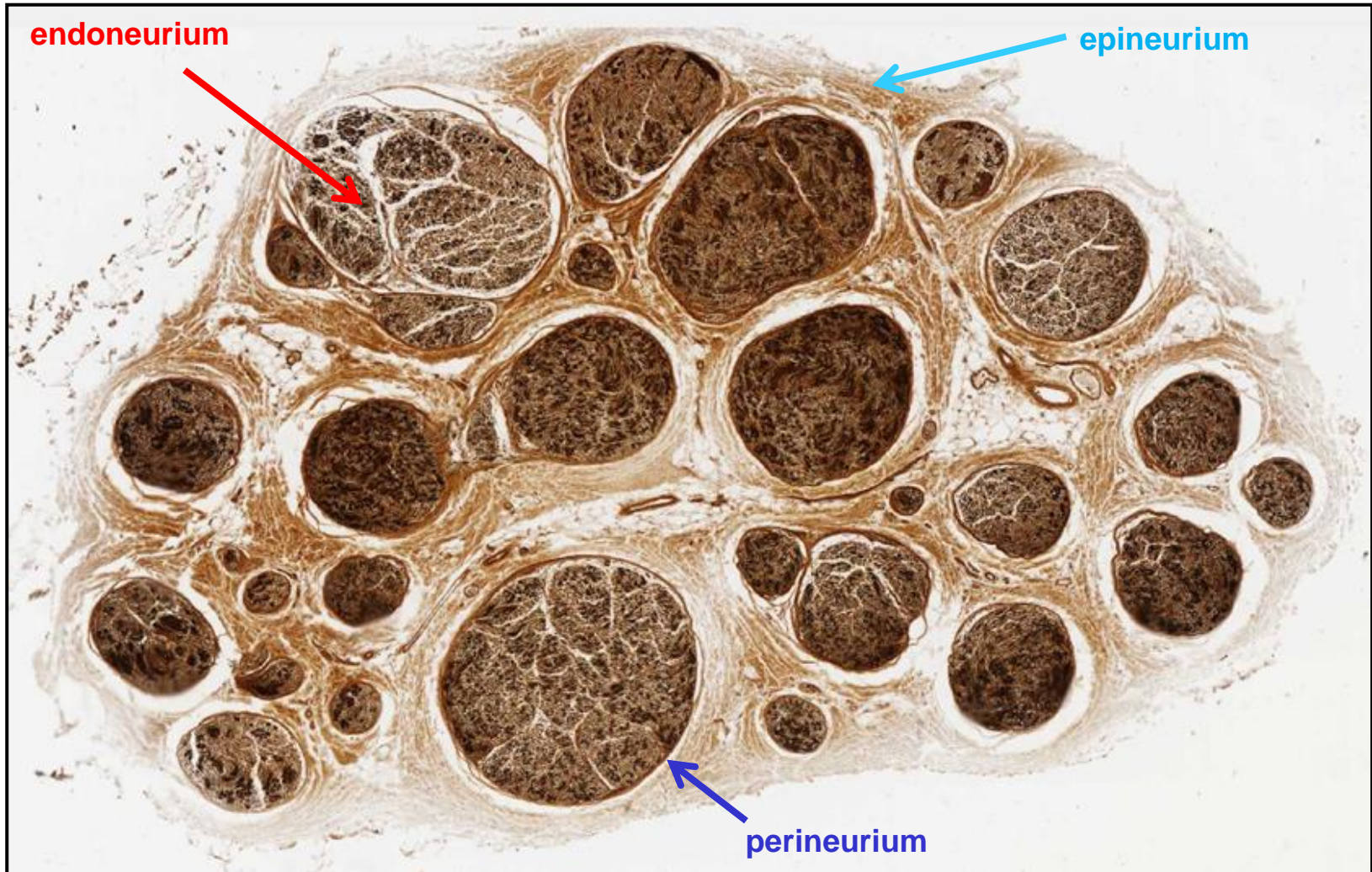
SECONDARY N.B.

PERINEURIUM

EPINEURIUM



Periferní nervový systém - Nervy



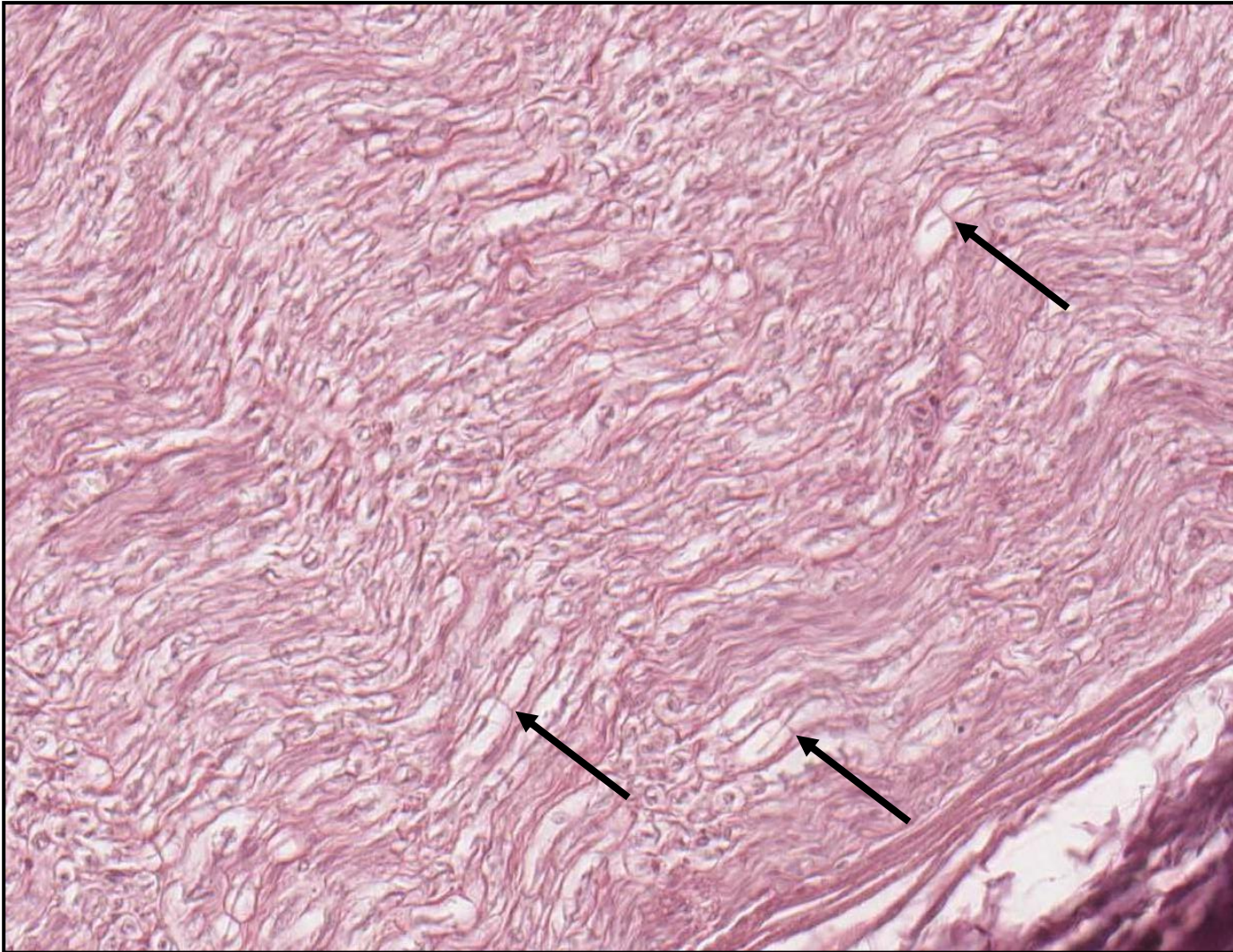
Periferní nervový systém - Nervy



axony

Myelinové pochvy

Periferní nervový systém - Nervy



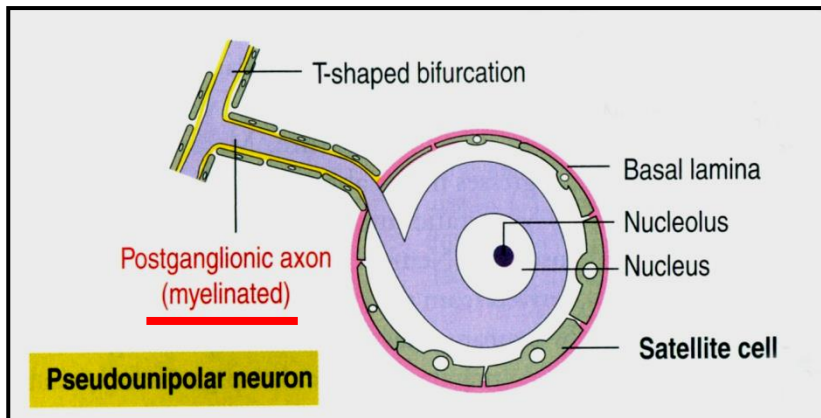
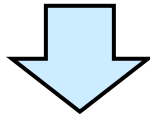
Ranvierovy zářezy

Periferní nervový systém - Ganglia

= agregace těl neuronů mimo CNS

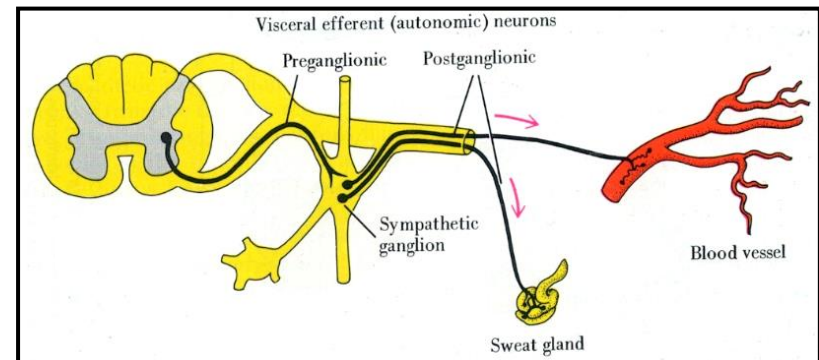
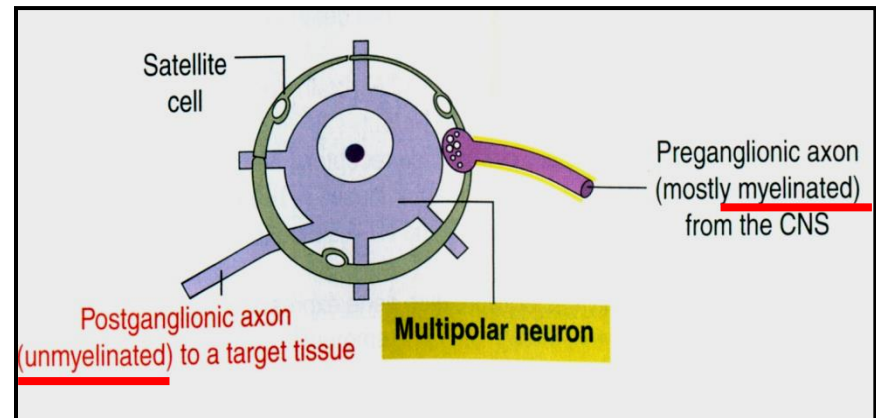
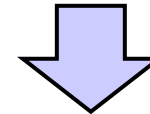
Sensitivní ganglia

- 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**



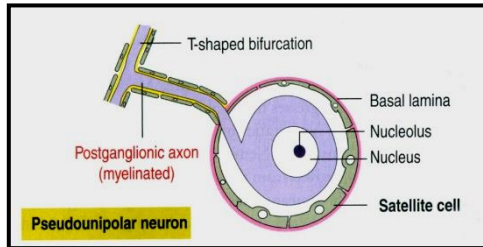
Autonomní ganglia

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

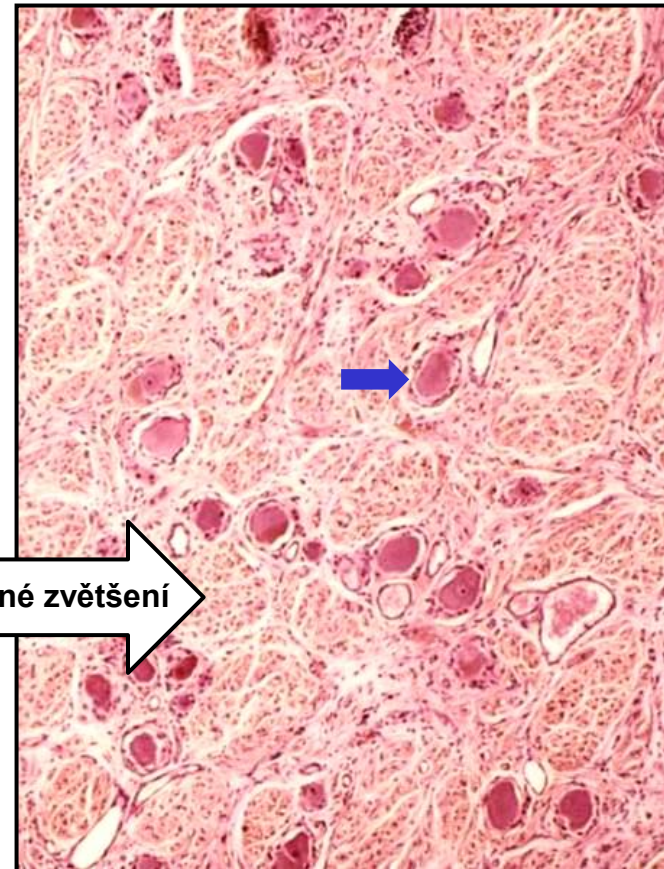
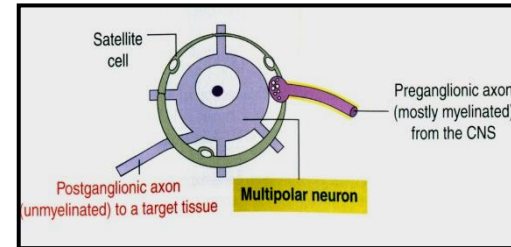


Periferní nervový systém - Ganglia

Sensitivní ganglion

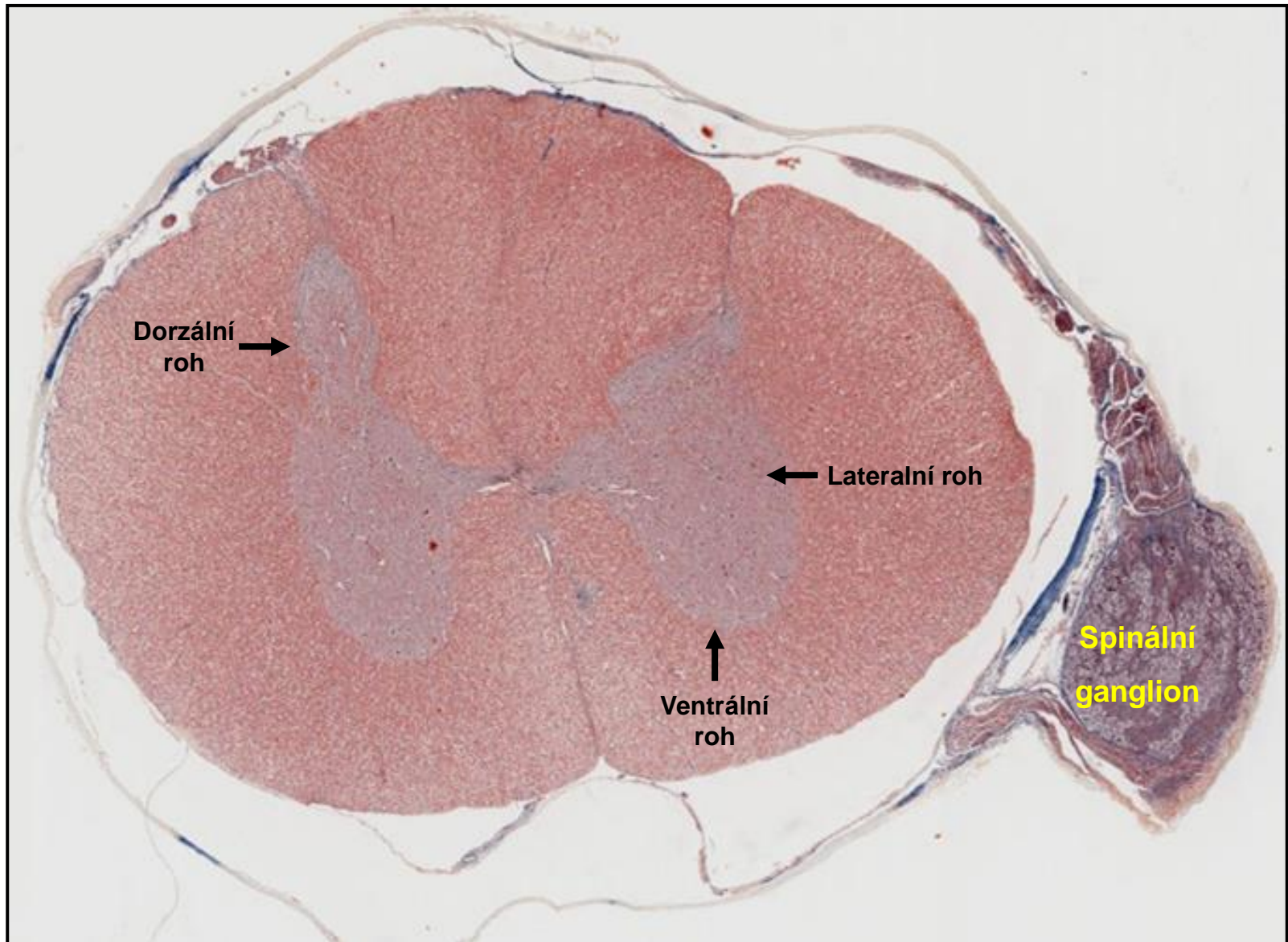


Autonomní ganglion

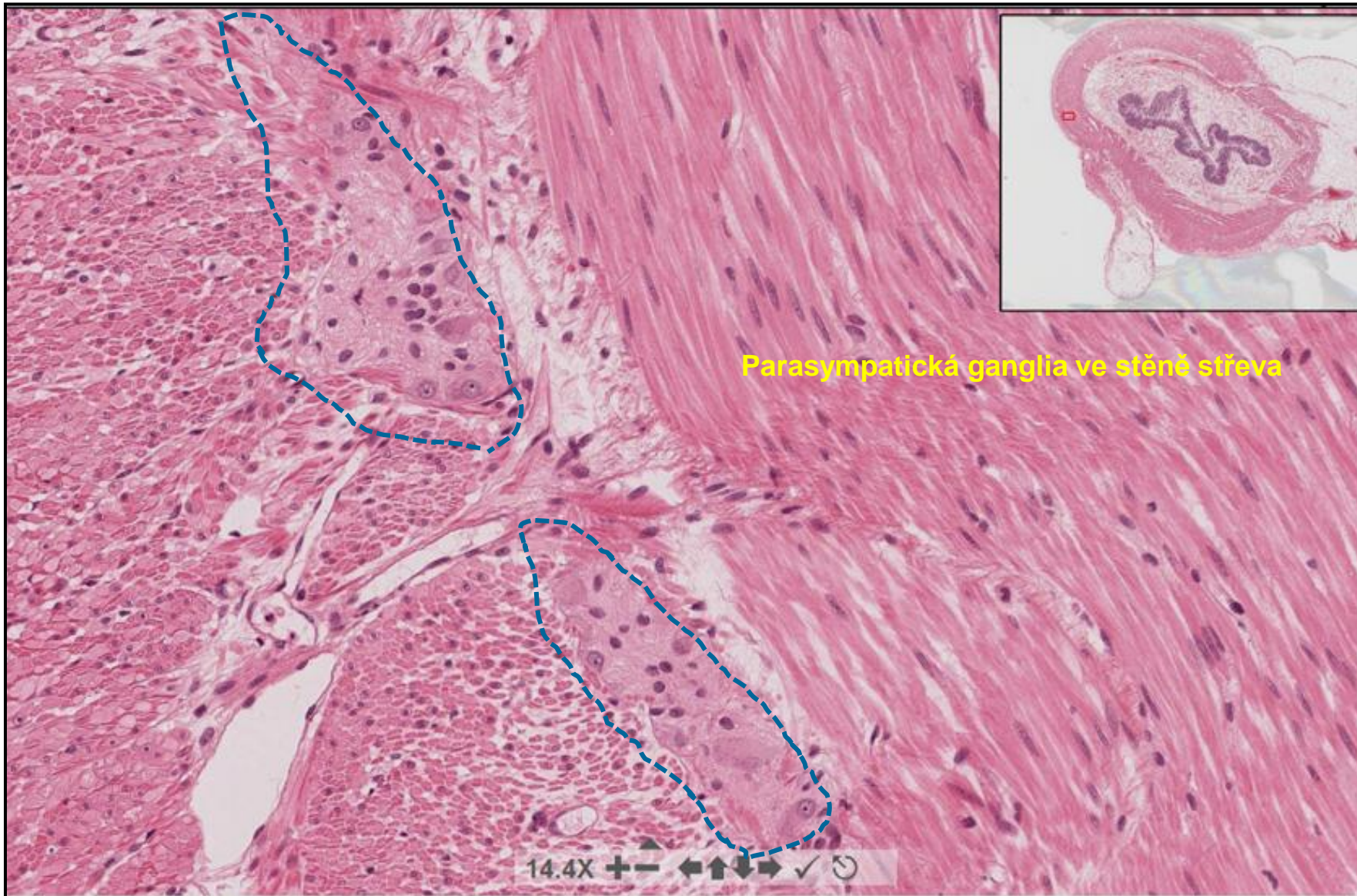


← Přibližně stejné zvětšení →

Mícha + Spinální ganglion



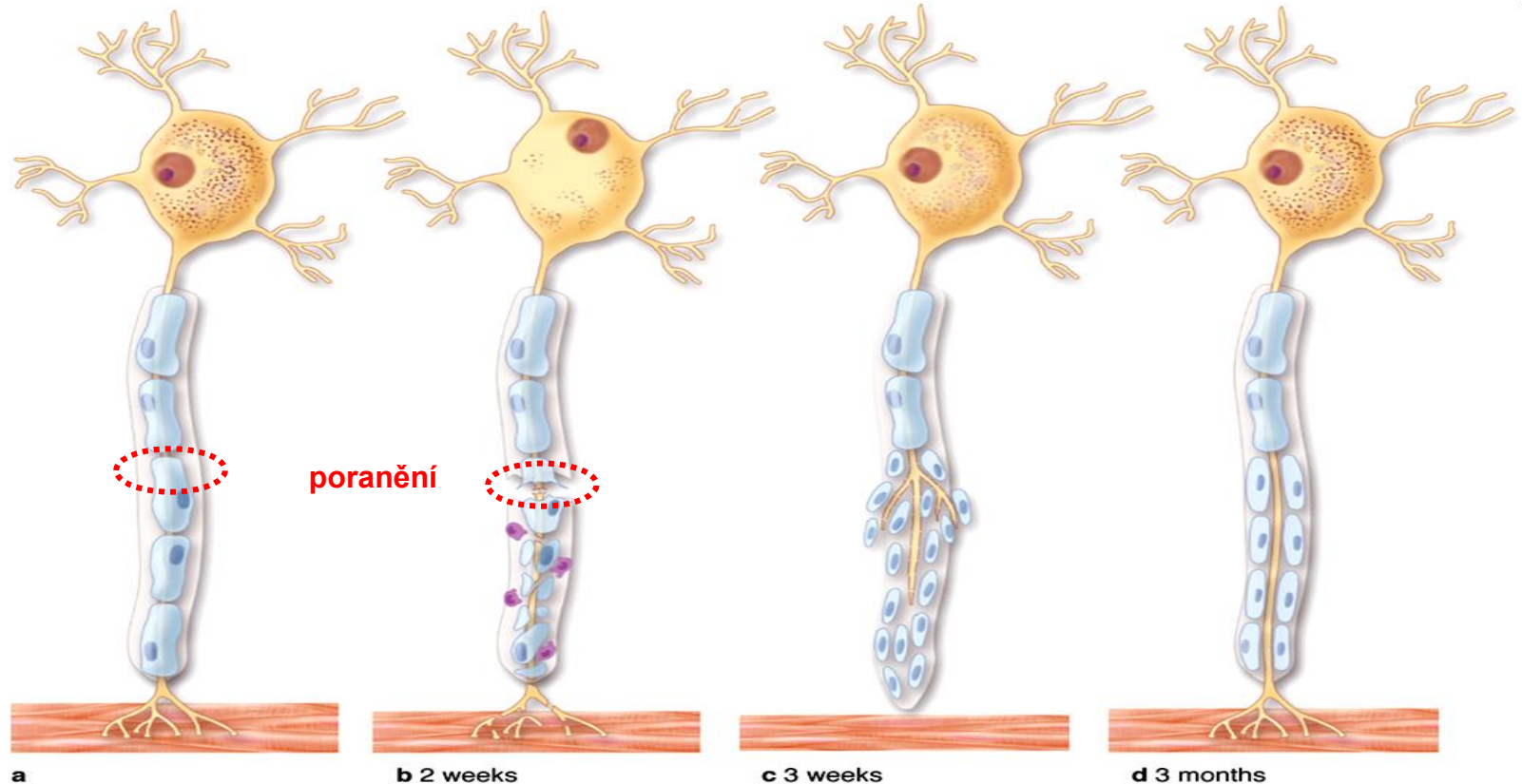
Autonomní ganglion



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

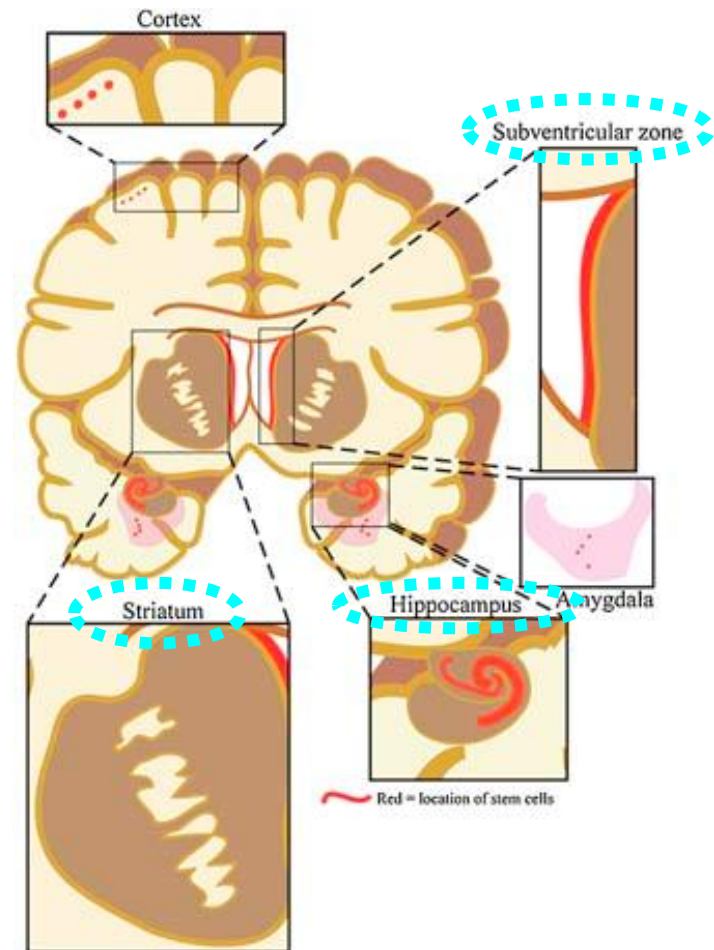
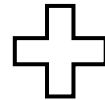
Dělení Schwannových buněk
Růst axonu
(1.5 mm/day)
Navigace Schwannovými buňkami
Zánik kolaterální axonů

Regenerace nervové tkáně - CNS

Kmenová / progenitorové buňky přítomné v různých oblastech mozku

Celoživotní plasticita CNS

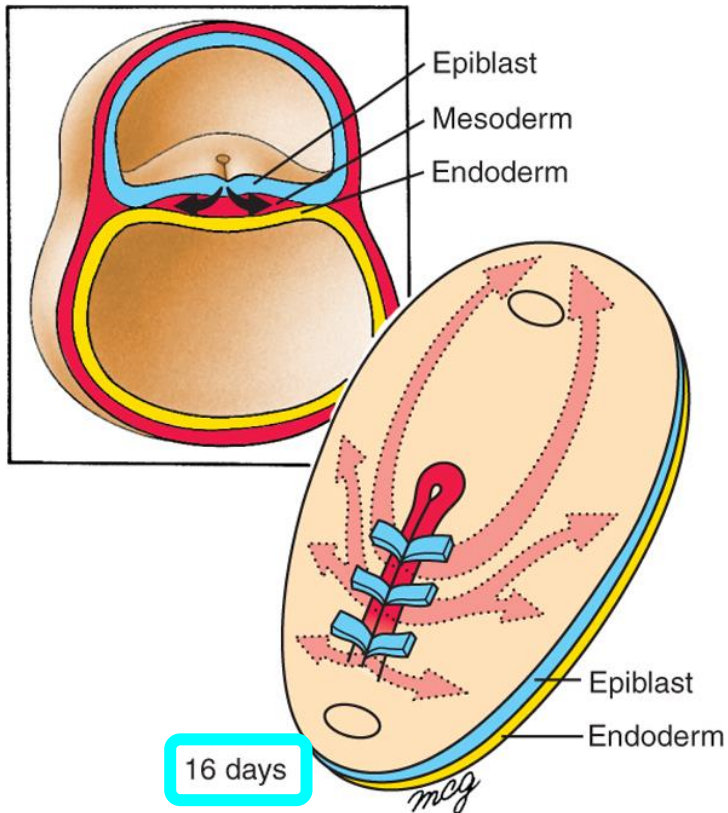
- Vývoj nových dendritů a jejich větvení
- Syntéza nových proteinů
- Změny v synaptických kontaktech



Nervová tkáň – Vývoj

Gastrulace

Vznik tří zárodečných listů



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

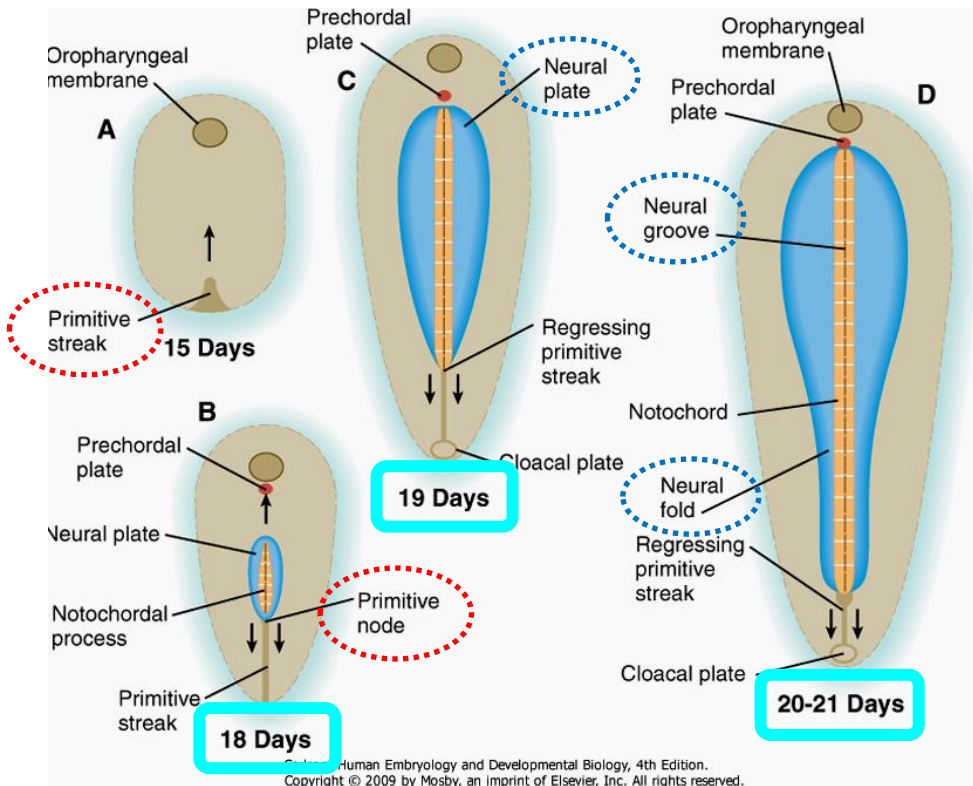
Mezoderm:

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

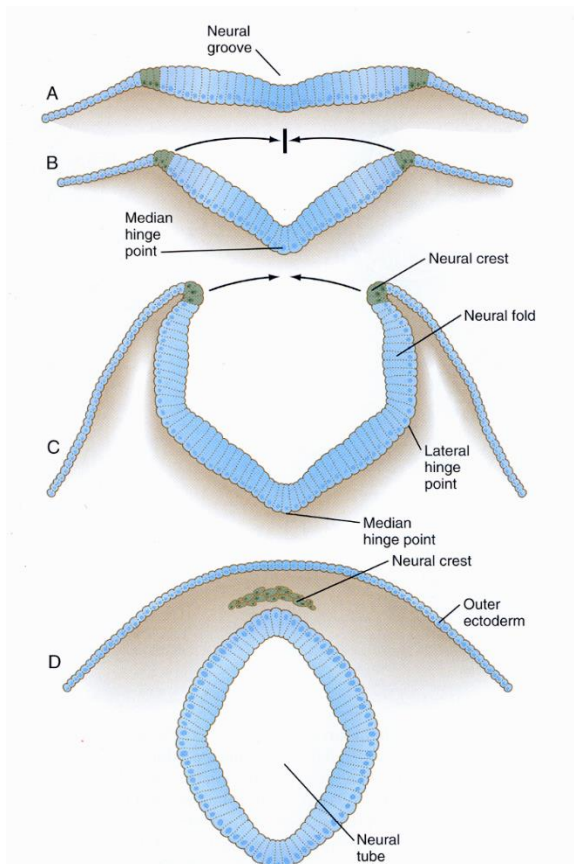
BMP-4 antagonisti

Ektoderm dif. na Nervovou tkáň

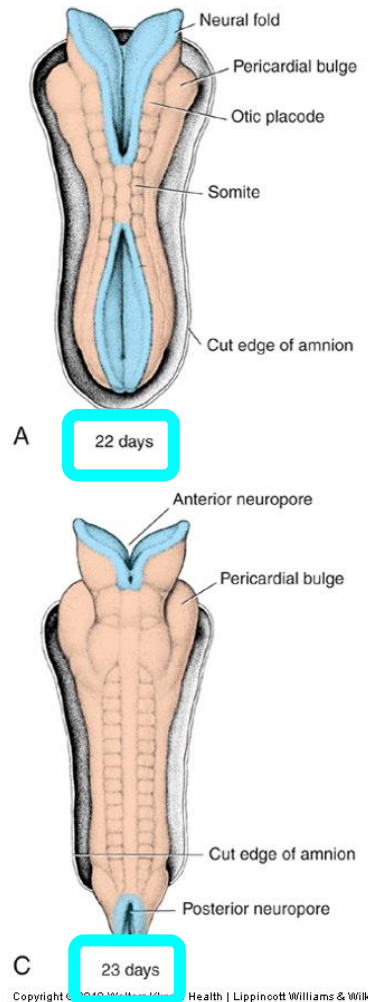
Nervová tkáň – Vývoj

Neurulace

Skládání a uzavírání neurální ploténky



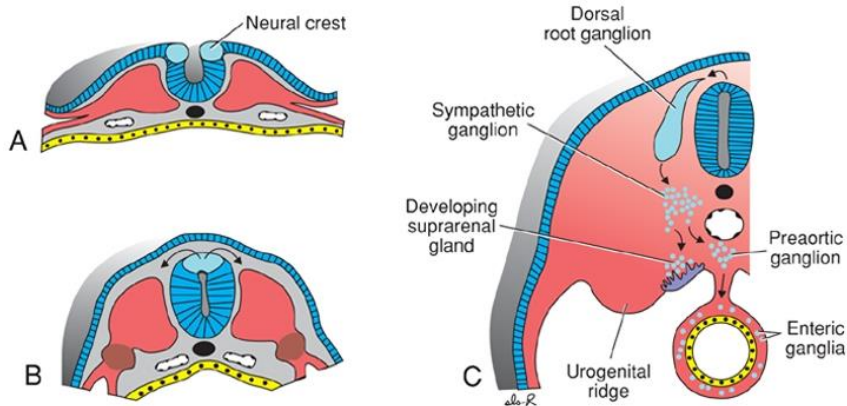
- **neurální valy se uzavírají**
- **buňky neurální lišty delaminují z neuroektodermu a migrují do vzdálených destinací**
- neurální trubice **se uzavírá nejprve uprostřed** a potom zřívově směrem kranálním a kaudálním
- **kranální neuropor** se uzavírá cca ve dni **25**
- **kaudální neuropor** se uzavírá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



Nervová tkáň – Vývoj

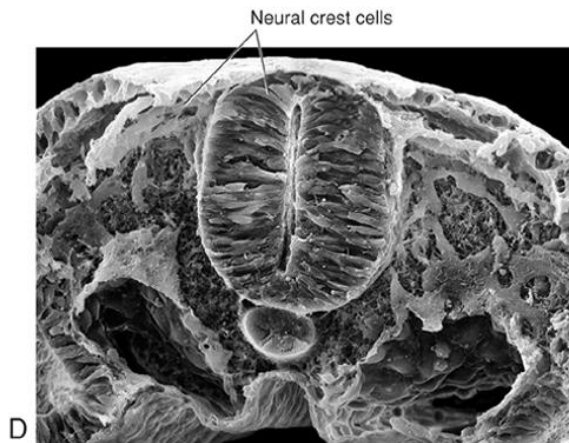
Neurální lišta

“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

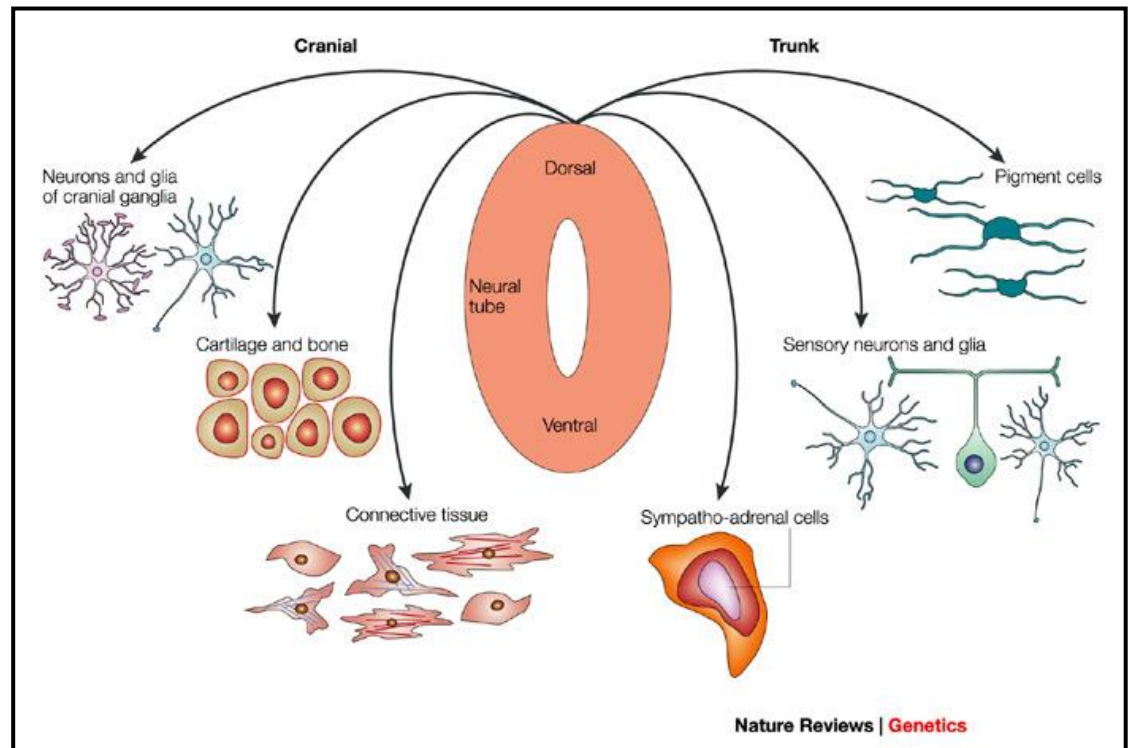
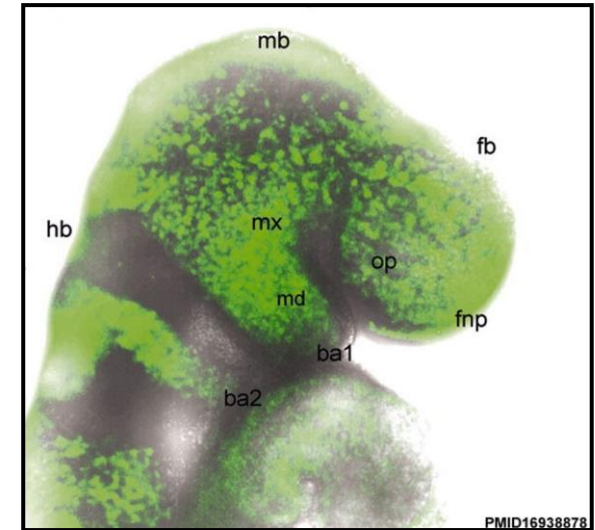
- **Schwannovy buňky**
- **satelitní buňky**

Melanocyty

- migrují do epidermis

Ektomezenchymocyty

- migrují do branchiálních oblouků
- nahradí mezenchym mezodermálního původu

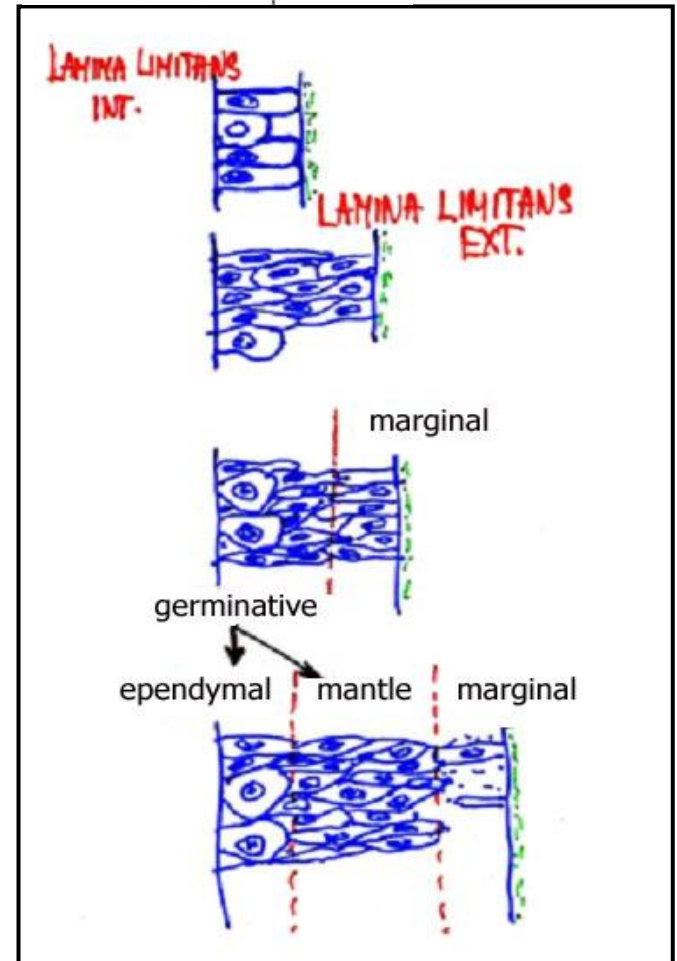
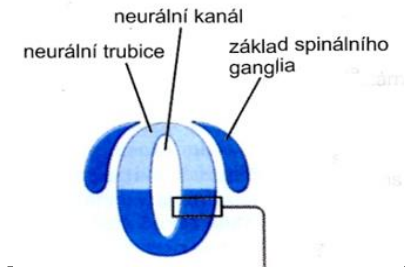


Nervová tkáň – Histogeneze nervové trubice

- 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**

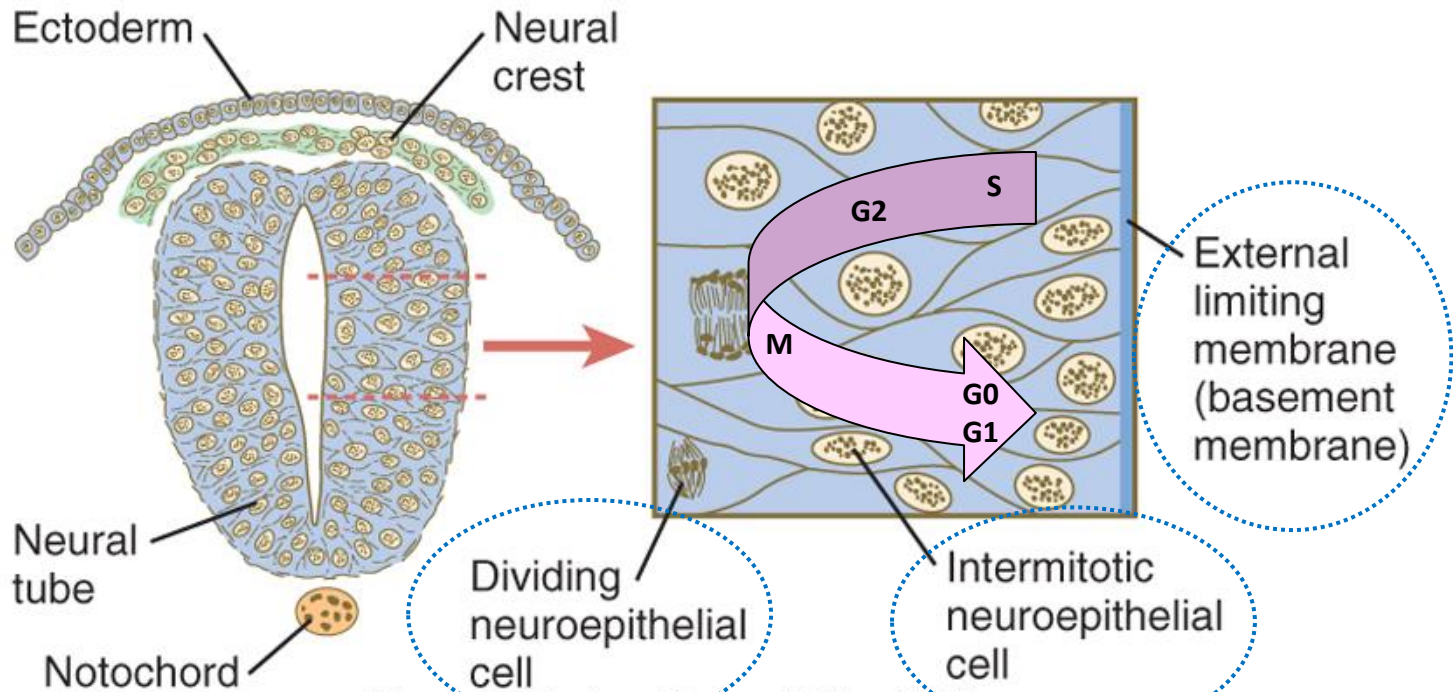
- **ependymová** vrstva = **ependym**
- **plášťová** vrstva = **šedá hmota** – diferencuje do primitivních neuronů (neuroblasty) and spongioblastů (glioblasty)
- **okrajová** vrstva = **bílá hmota** (žádné buňky)



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:

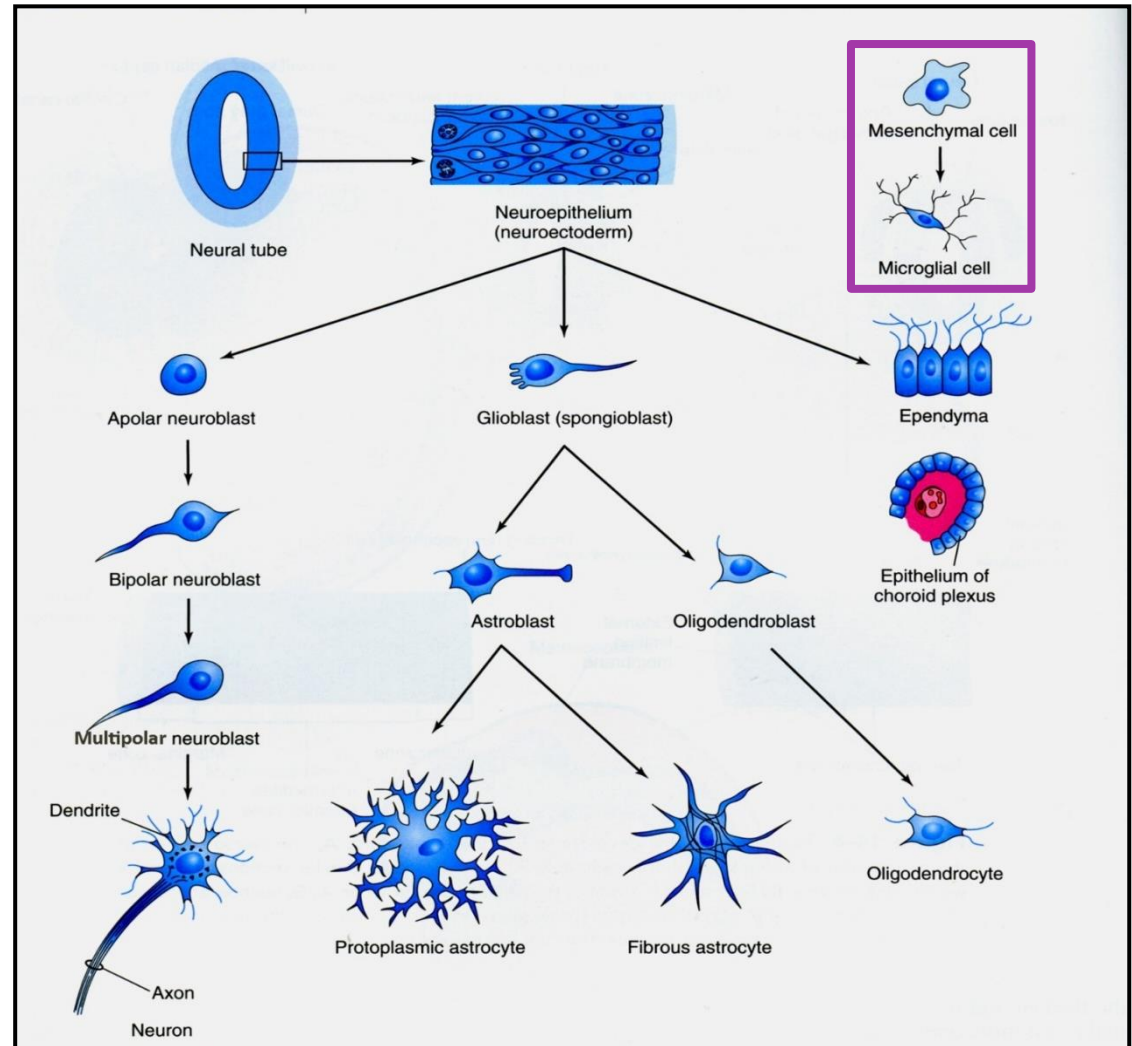
- Ependymové bn. (ependymocyty)

Plášťová vrstva:

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

Okrajová vrstva:

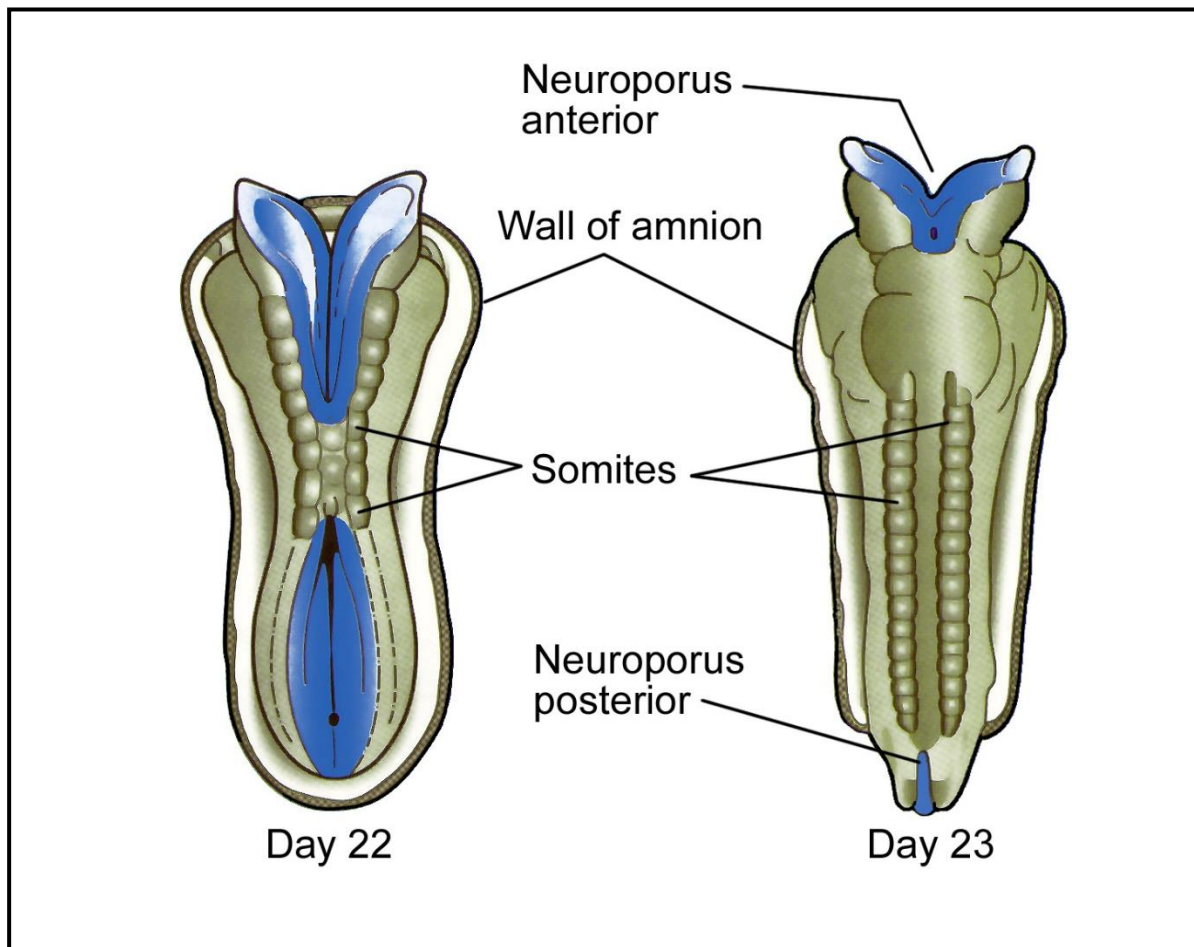
- bez buněk (bílá hmota)



Nervová tkáň– Morfogeneze

Možek – vyvíjí se z rozšířeného kranálního segmentu nervové trubice

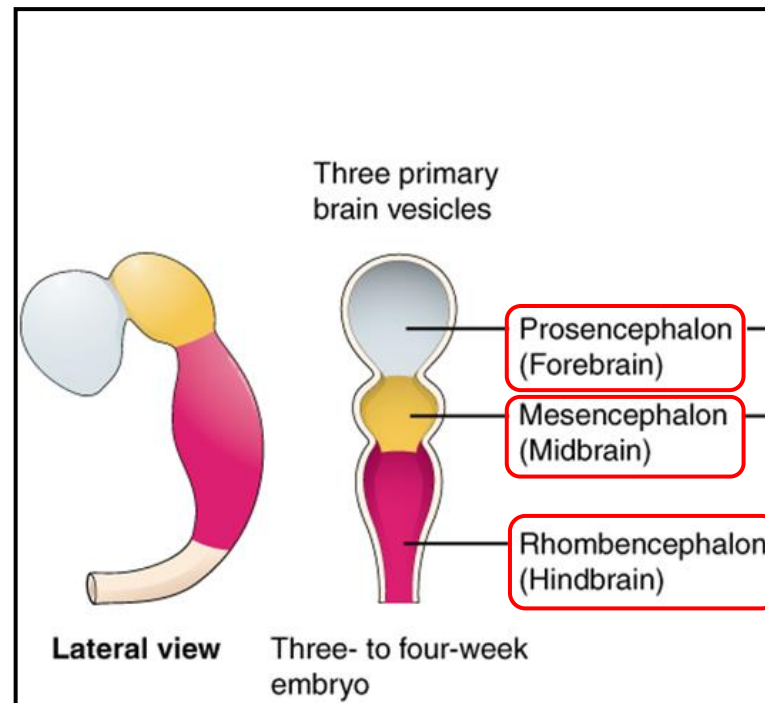
Mícha – vyvíjí se ze zúženého kaudálního segmentu nervové trubice



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**

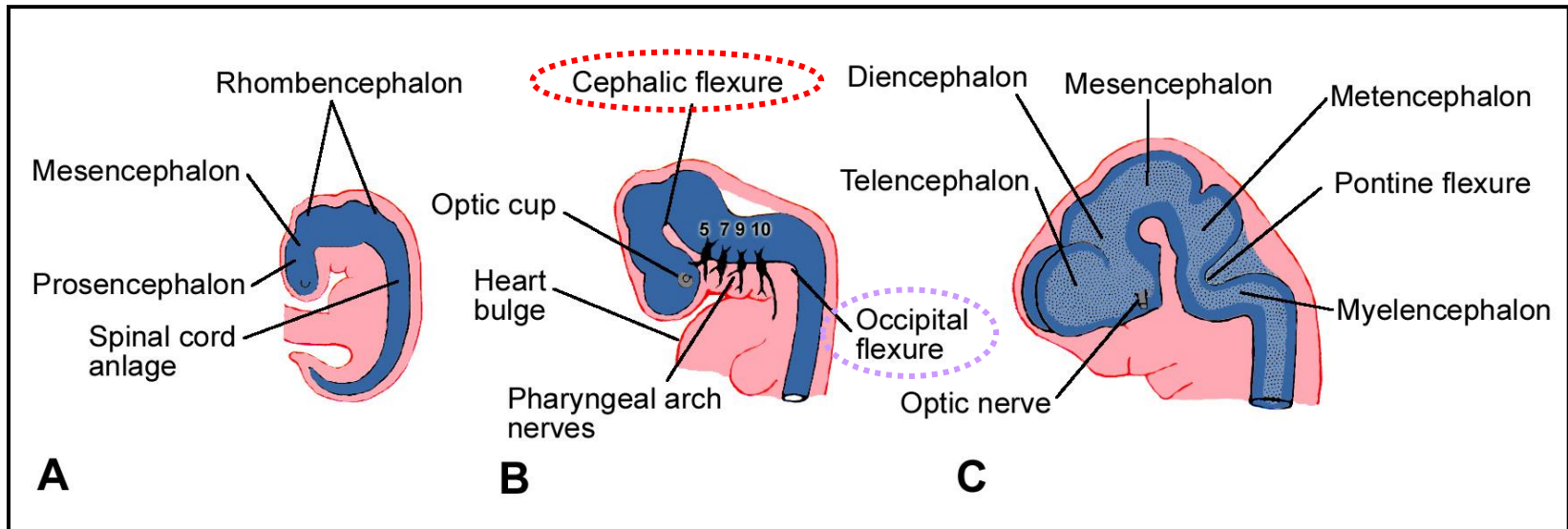


Nervový systém – Vývoj mozku

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

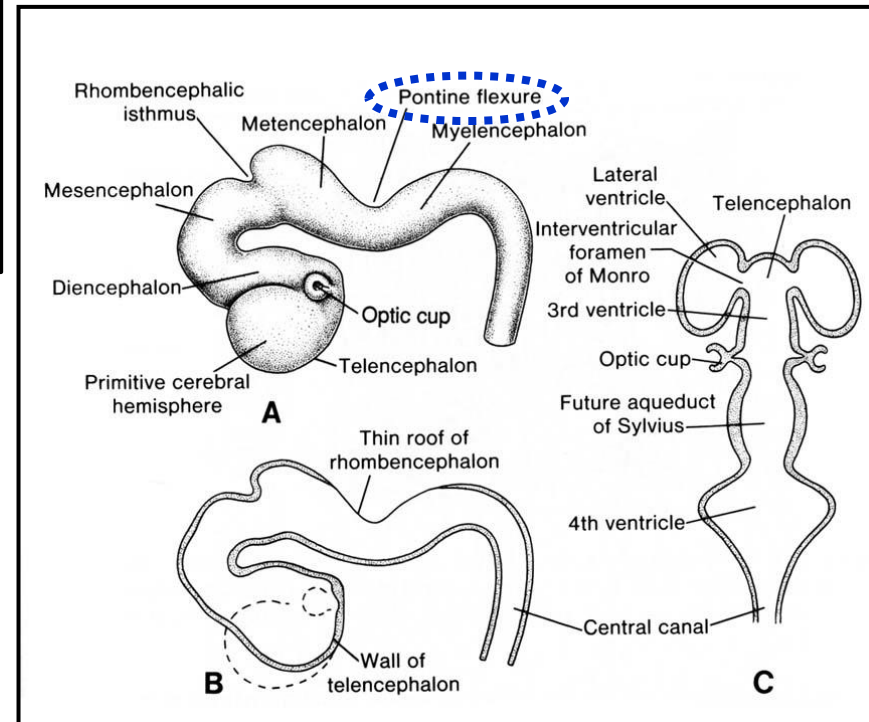
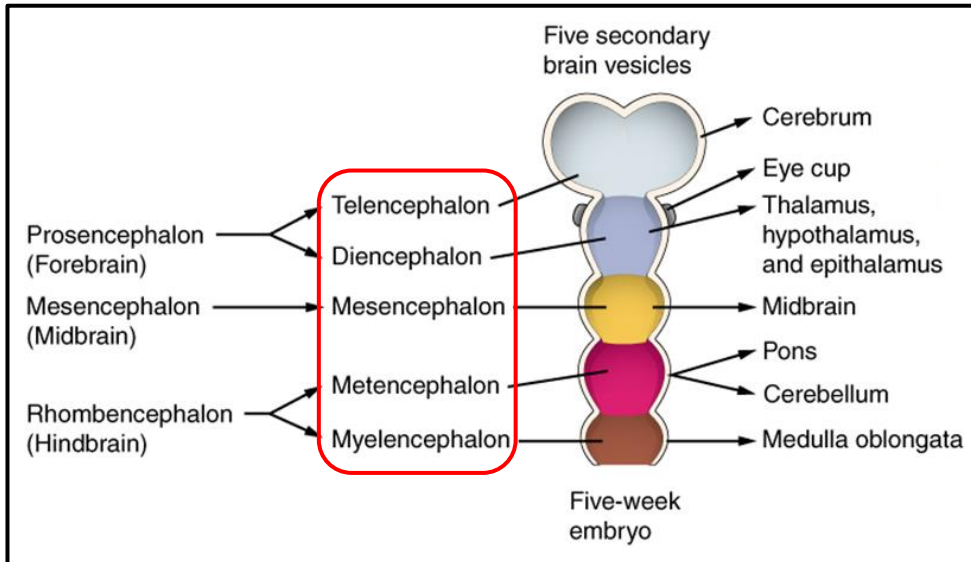
Flexura cephalica – zůstává zachována

Flexura occipitalis (cervicalis) – mizí po dvou měsících vývoje

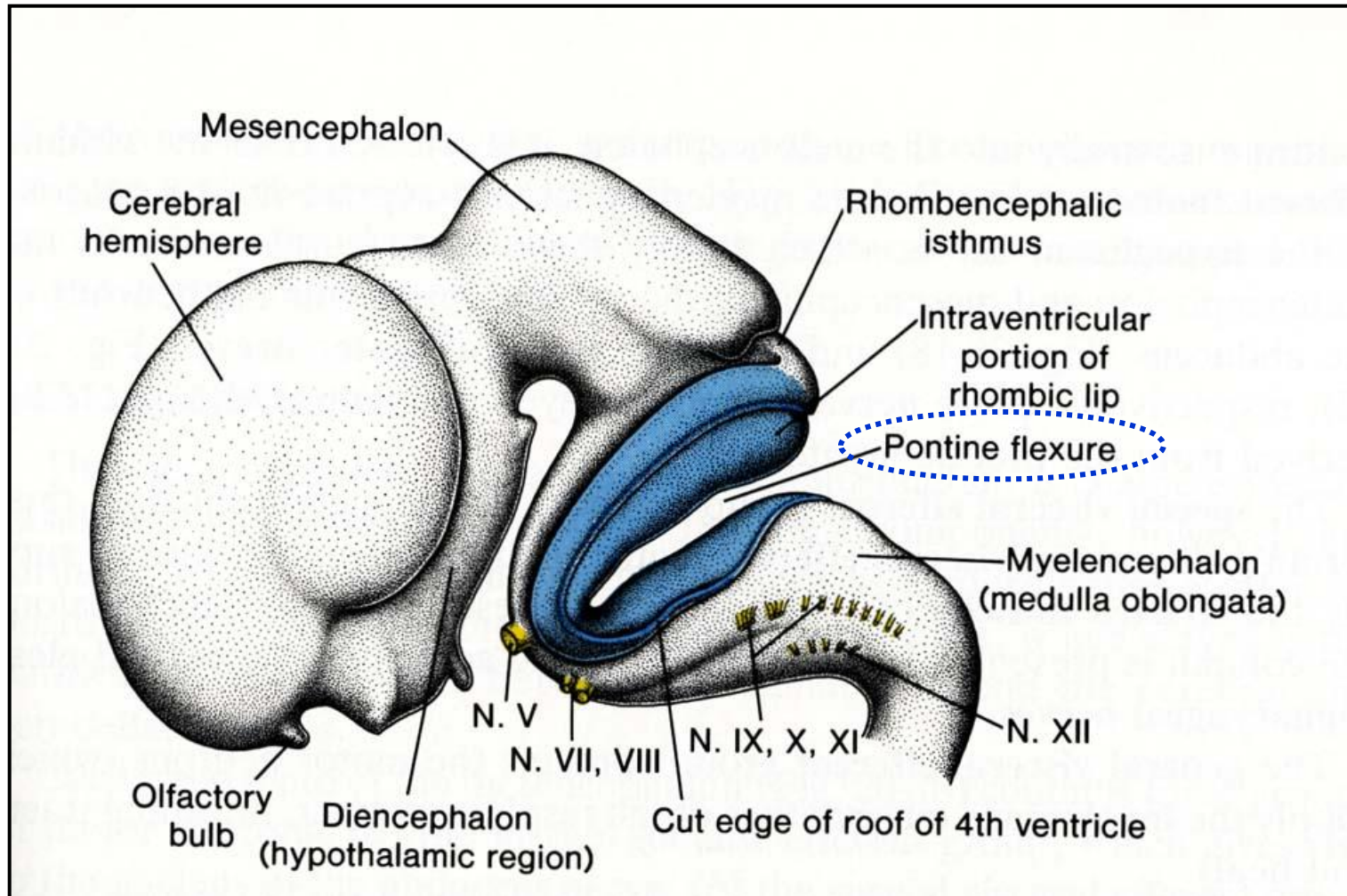


Nervový systém – Vývoj mozku

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



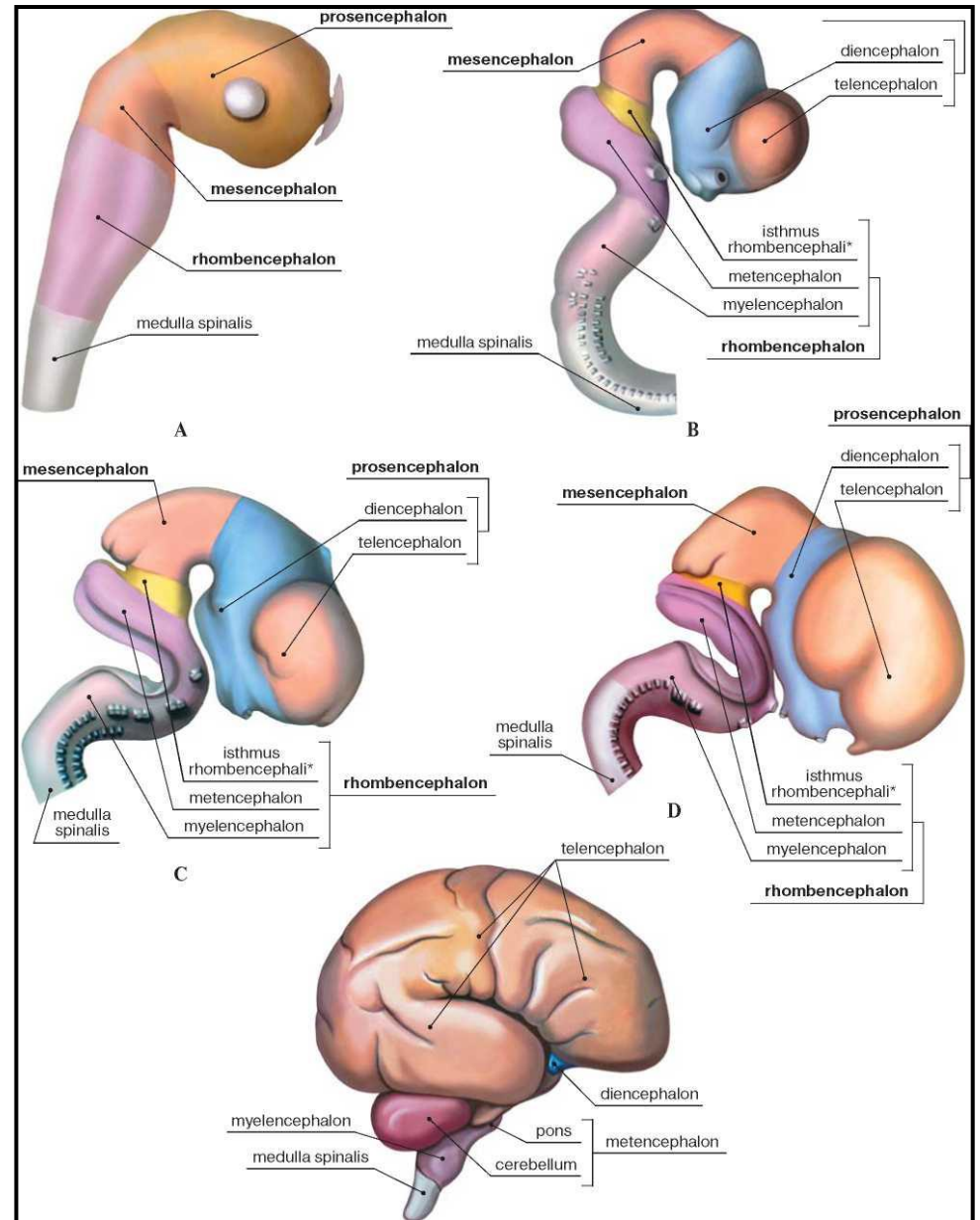
Nervový systém – Vývoj mozku



Nervový systém – Vývoj mozku

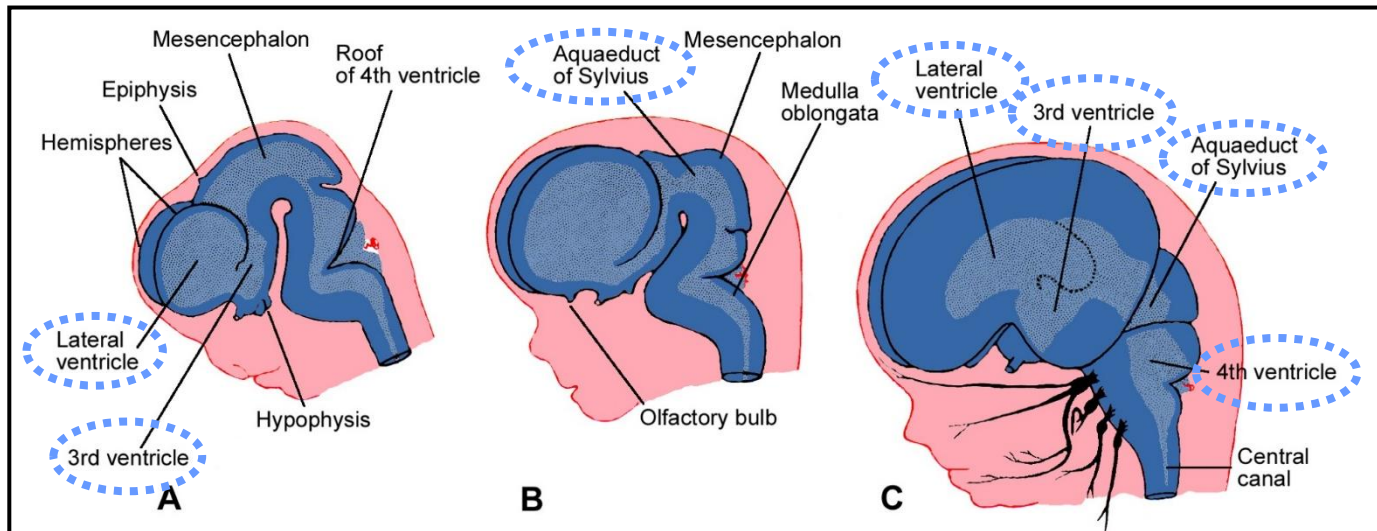
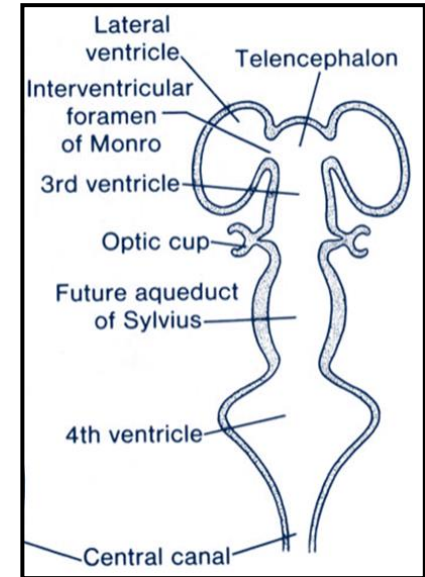
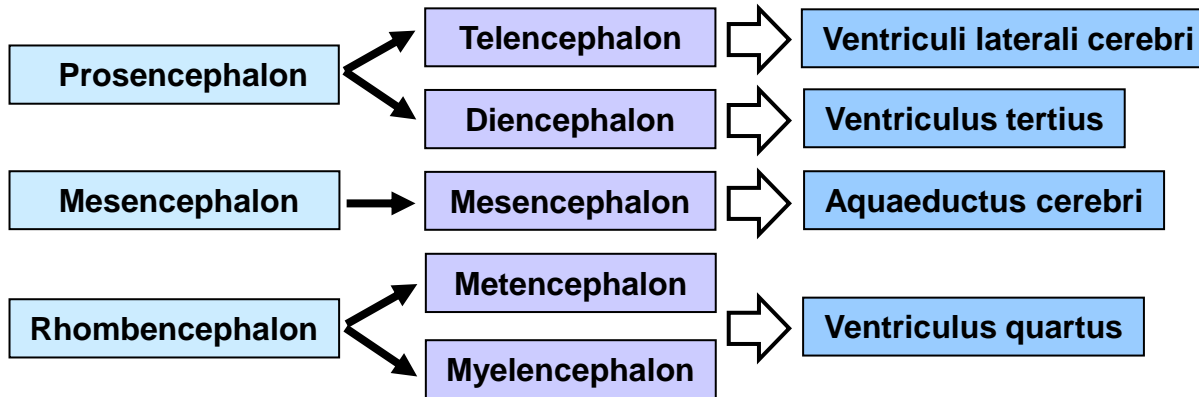
Výsledkem časného vývoje mozku je:

- deflekce báze mozku
- vytvoření 5-ti oddílů mozku



Nervový systém – Vývoj mozku – Mozkové komory

Je nutné si pamatovat !

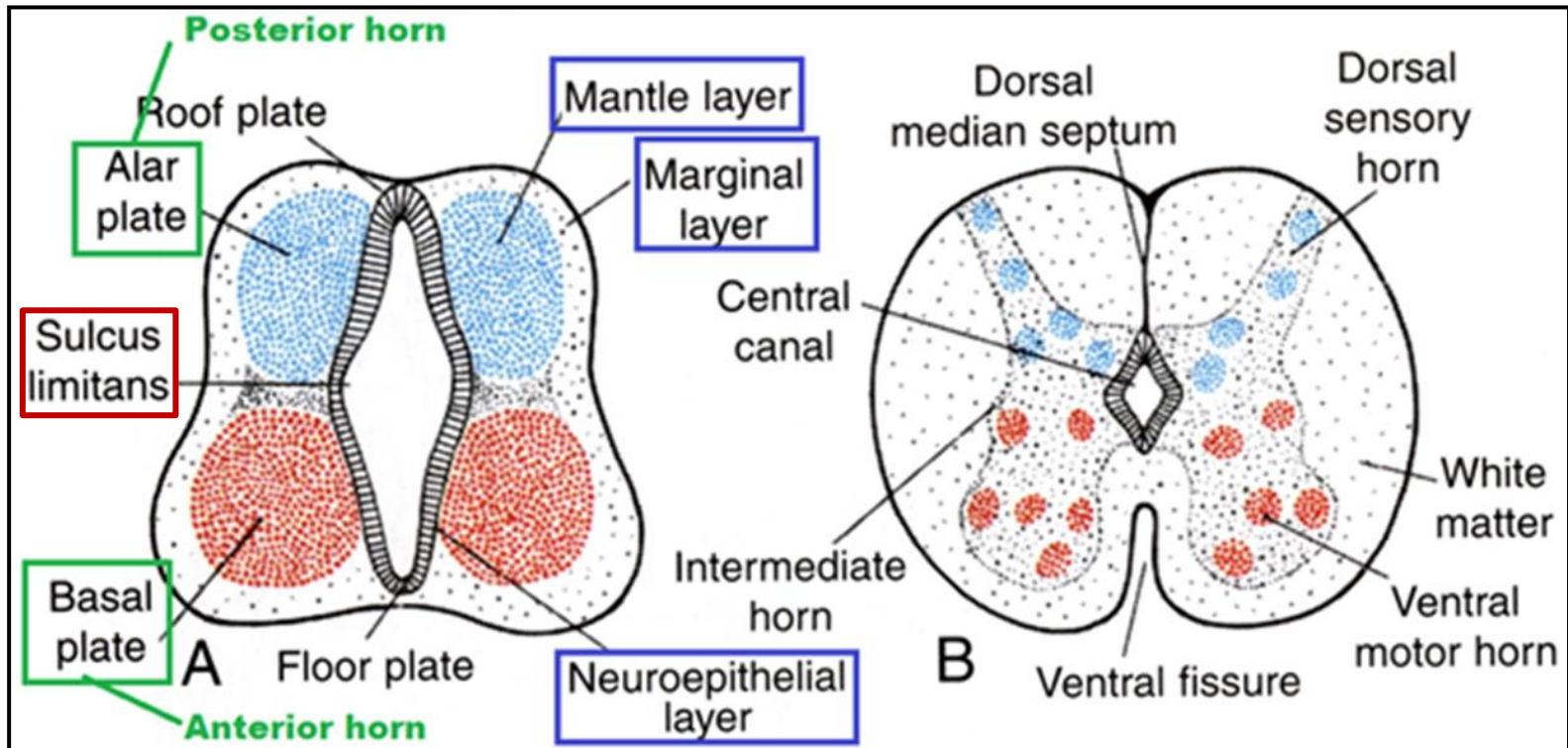


Nervový systém – Vývoj míchy

- 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**

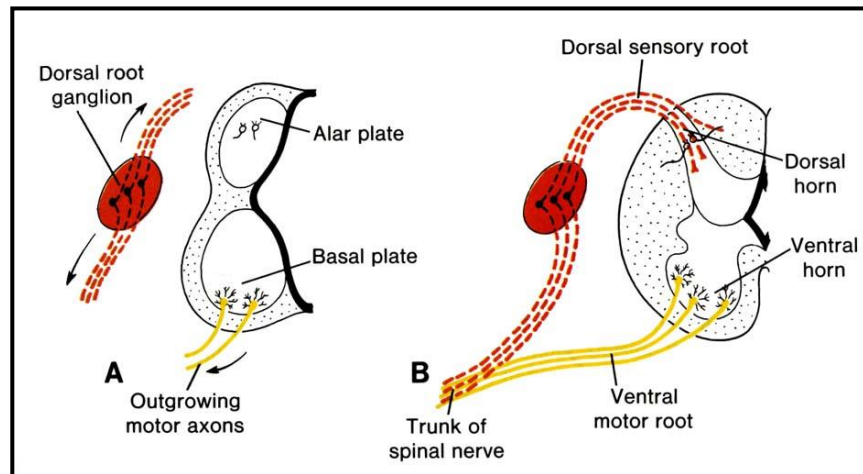
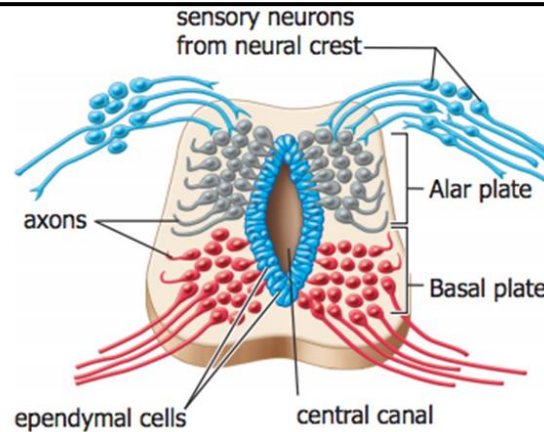
Je nutné si pamatovat:

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



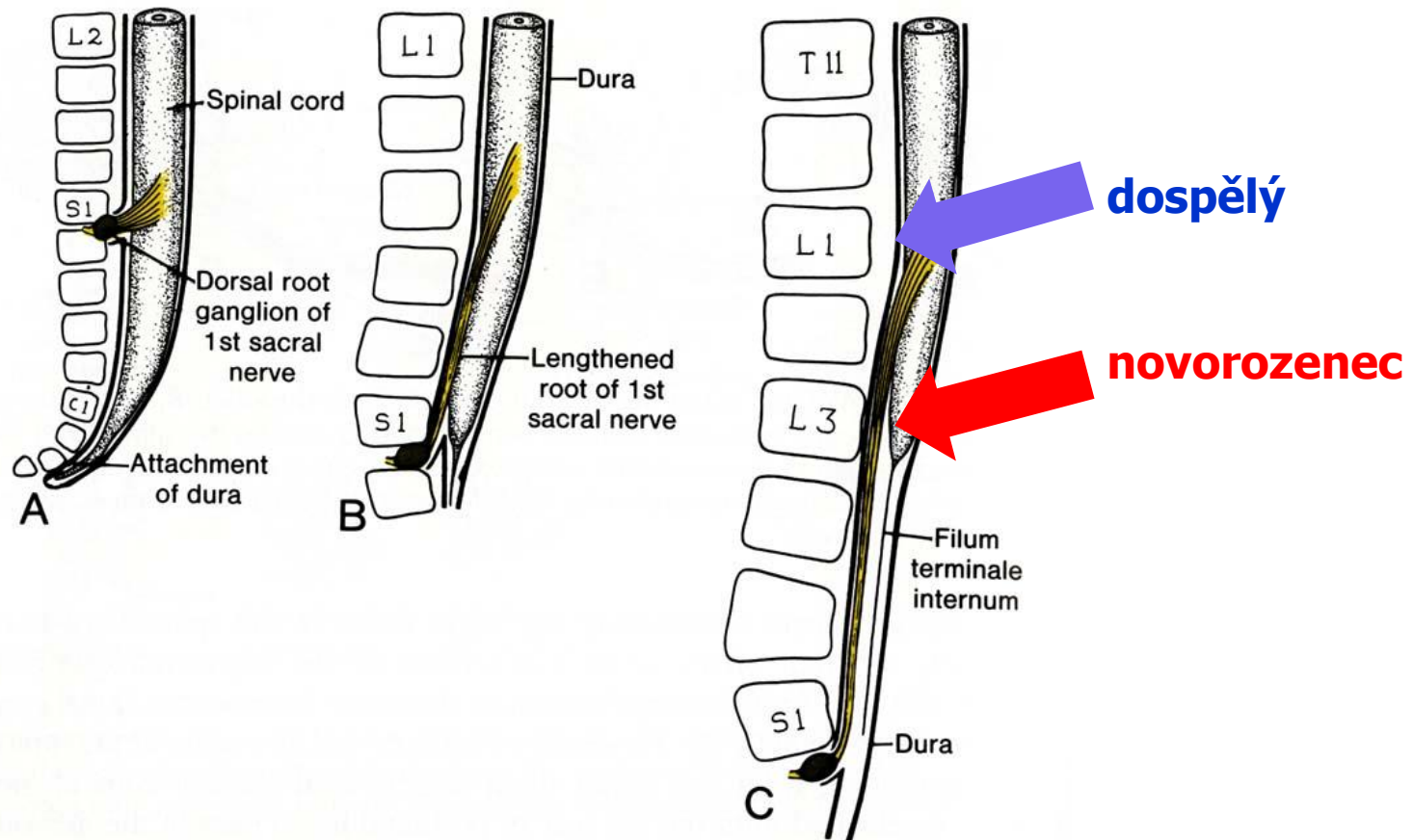
Nervový systém – Vývoj míchy

- 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**