

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

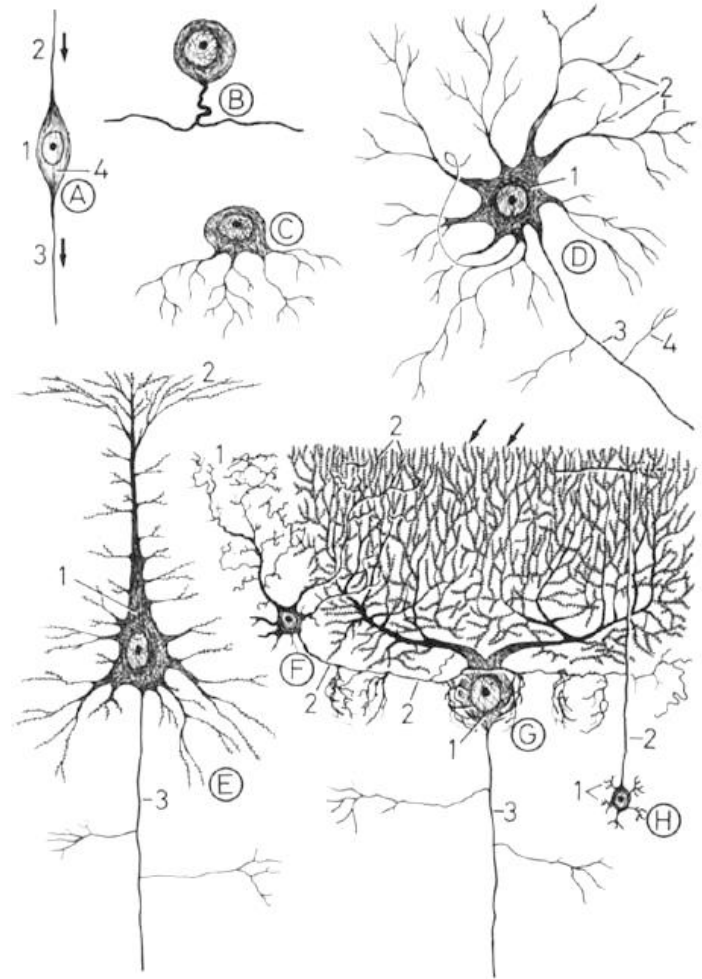
- Chrání všechny složky a je organizována do:
 - **pleny** – obdávají mozek a páteřní míchu
 - **epi-, peri- a endo-neurium** – pojivová tkáň uvnitř a na povrchu nervů
 - **tenkostěnná pouzdra** – obdávají sensitivní a autonomní ganglia

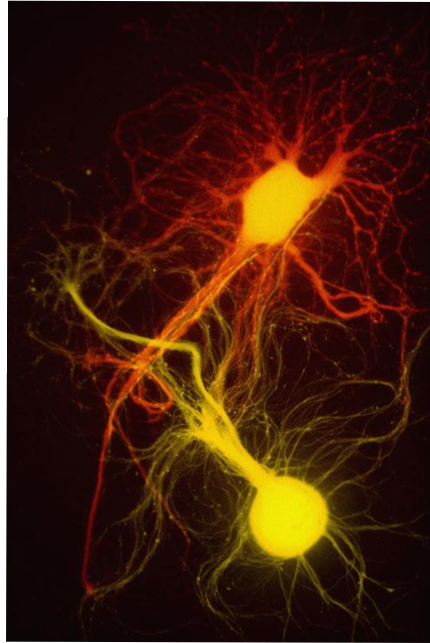
Nervová tkáň – Obecné znaky

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

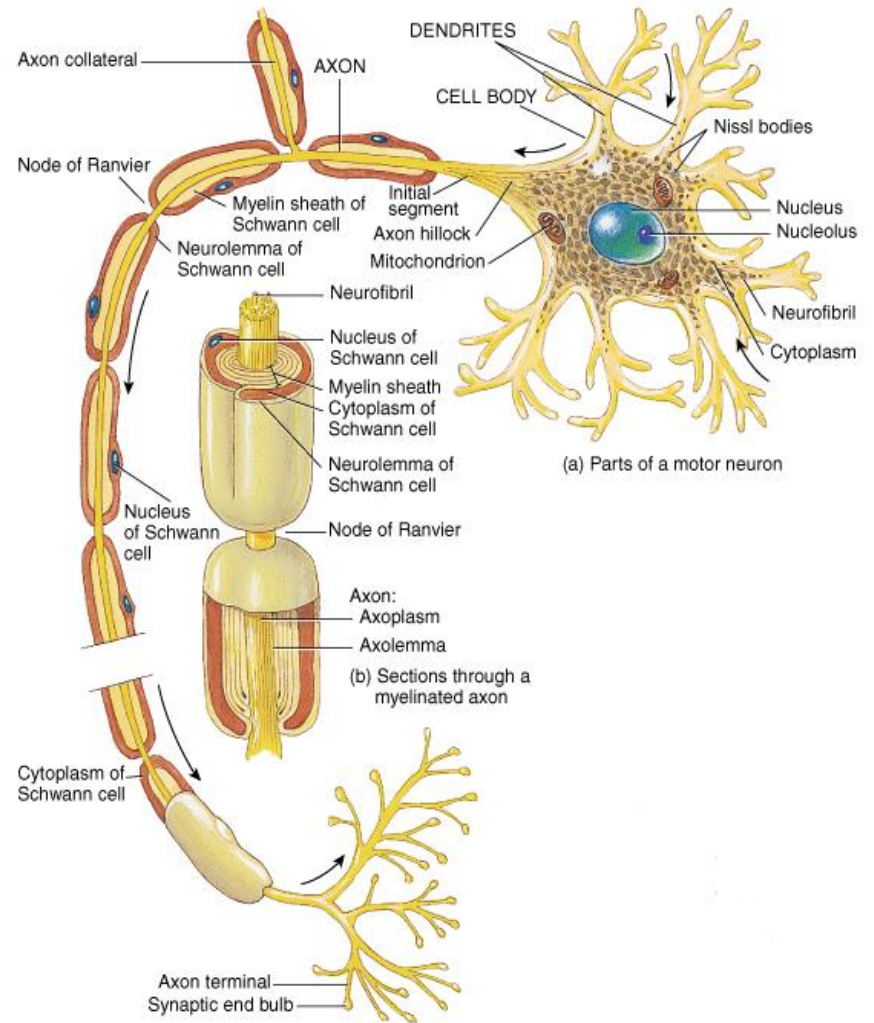
- **Neurony**
- **Neuroglie - gliové buňky** (podpůrné)

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:

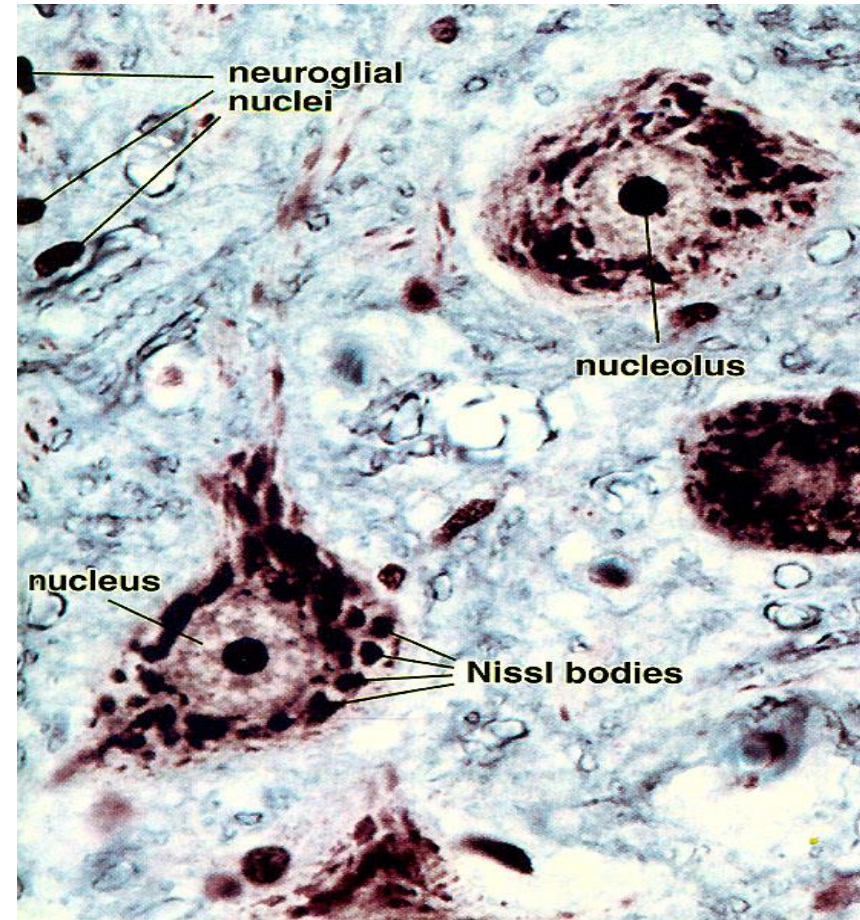
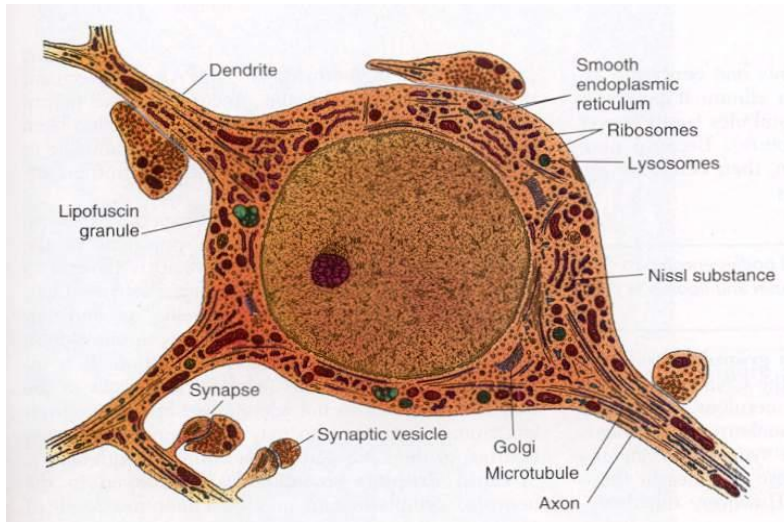
pyramidový, sférický, vejčitý, hruškovitý

Velikost:

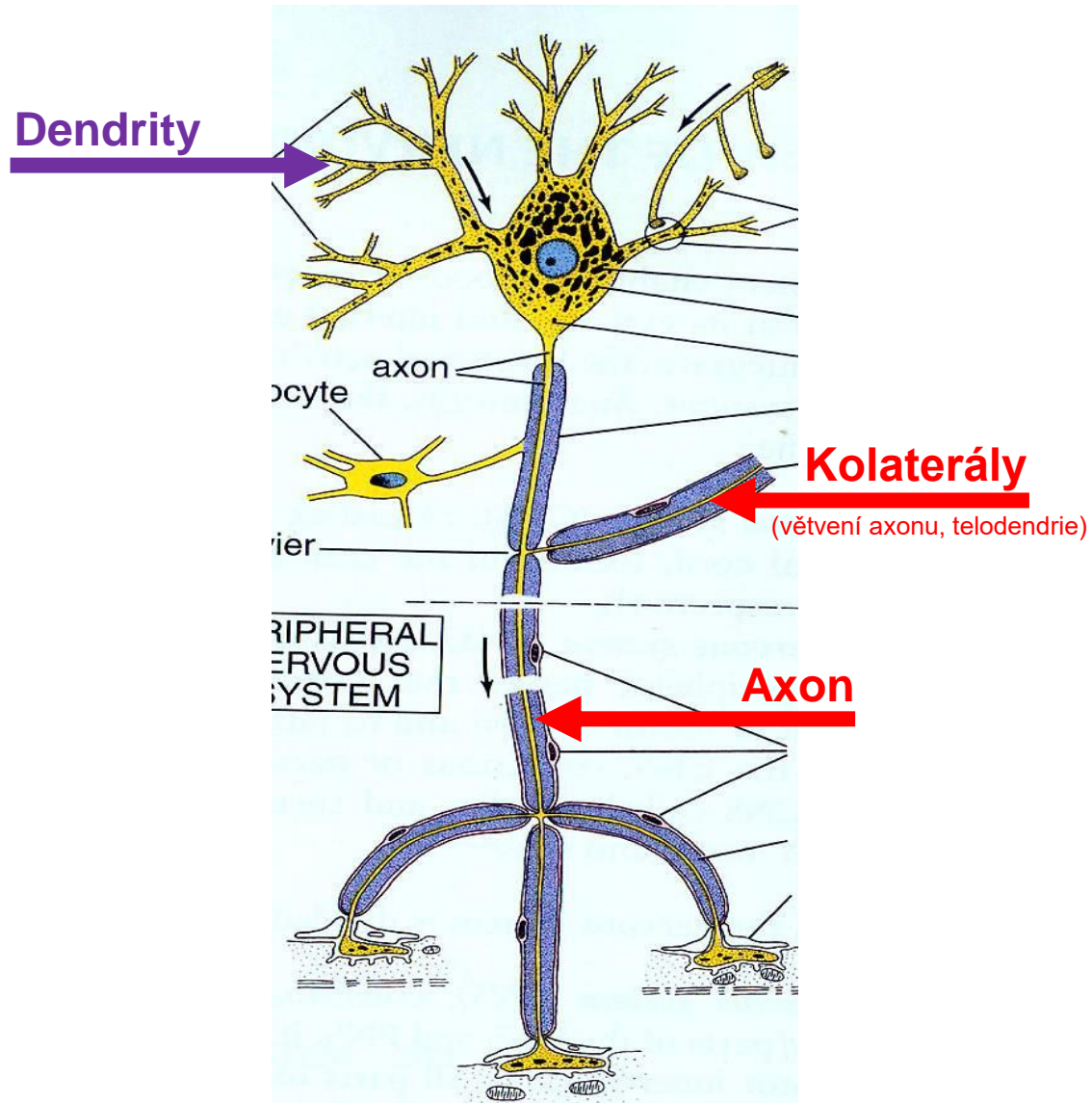
5 to 150 μm

Organely:

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



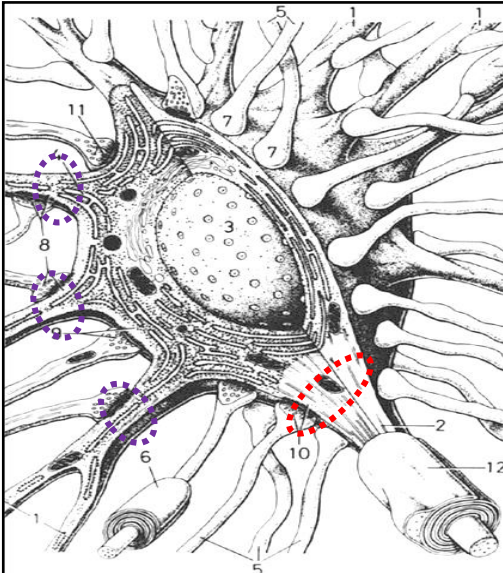
Neuron – Výběžky



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

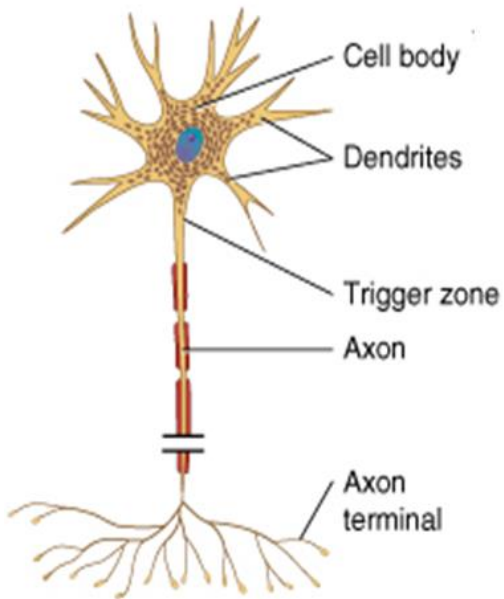
Šedá hmota: oblasti s nemyelinizovanými axony, těly buněk a dendrity

Neuron – Klasifikace 1

Podle počtu a uspořádání výběžků

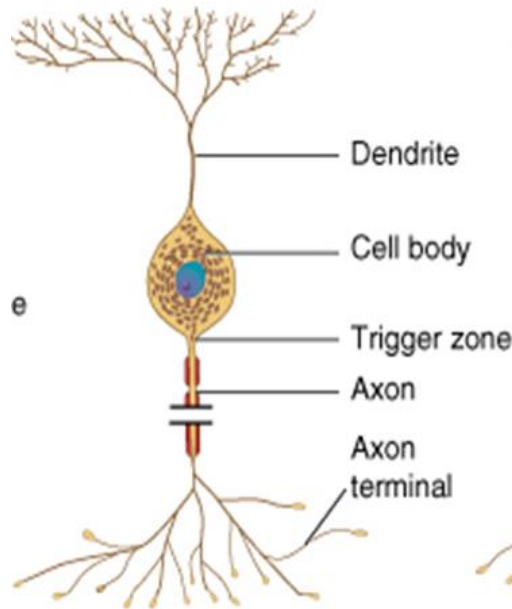
Multipolární

několik dendritů & jeden axon
(nejrozšířenější typ)



Bipolární

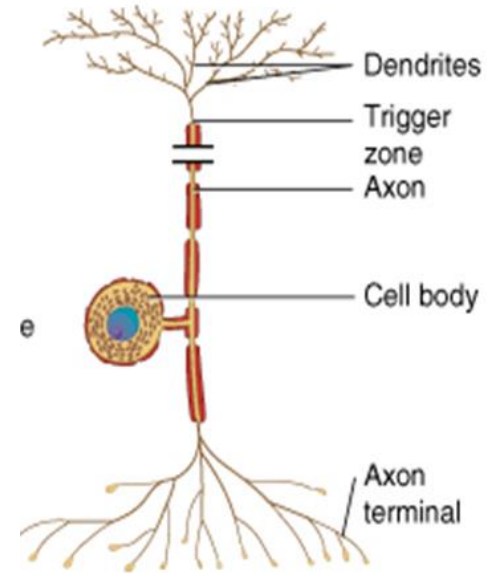
jeden dendrit & jeden axon
(retina, vestibulární a kochleární ganglia)



Unipolární

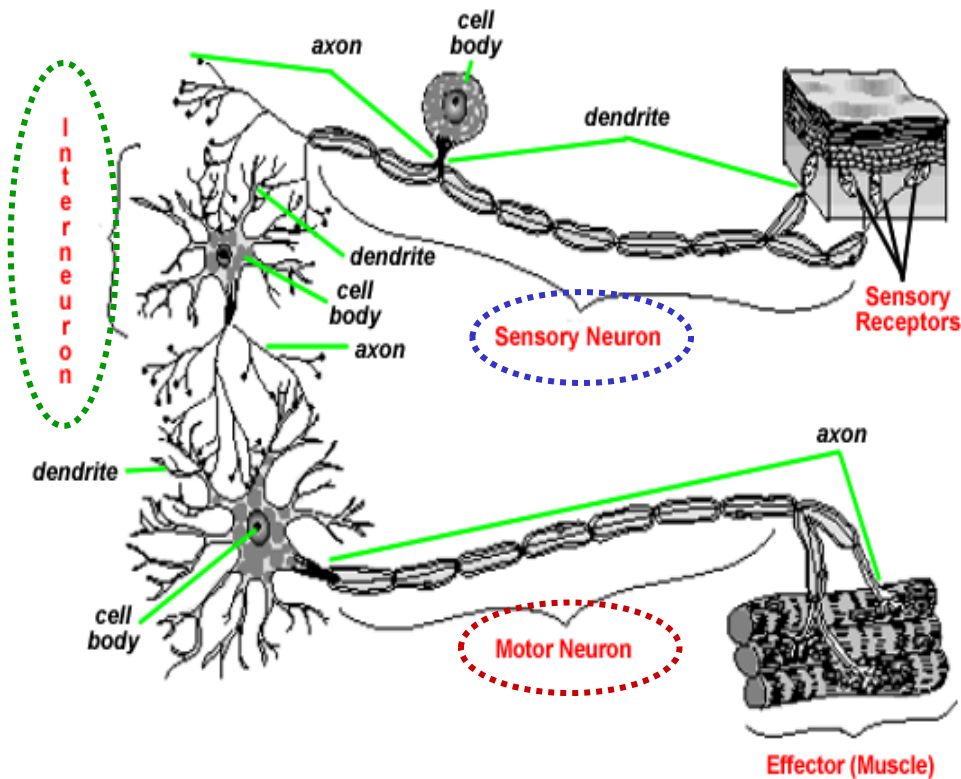
(pseudounipolární)

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

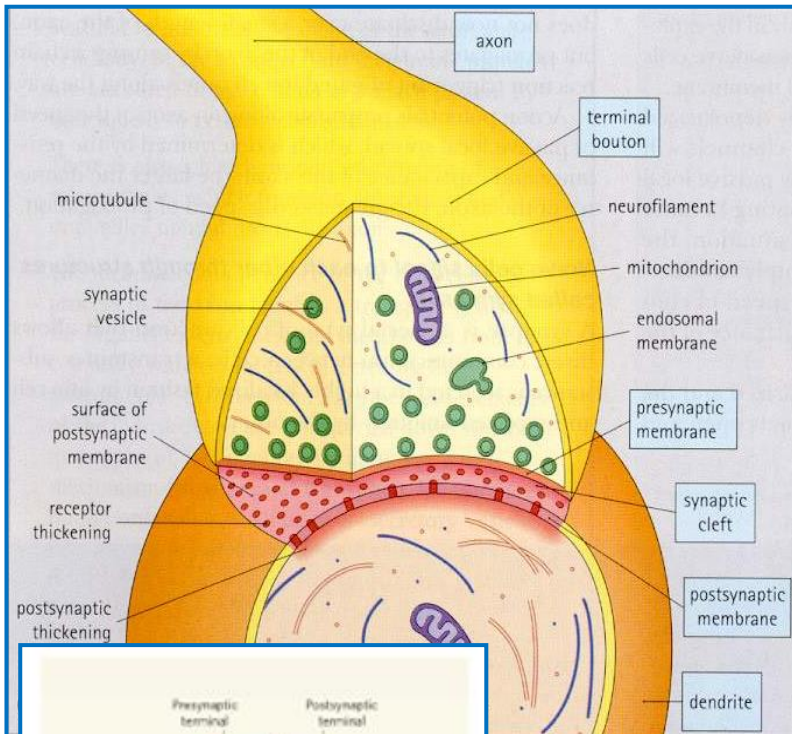
Interneurony:

- vytváří lokální síť

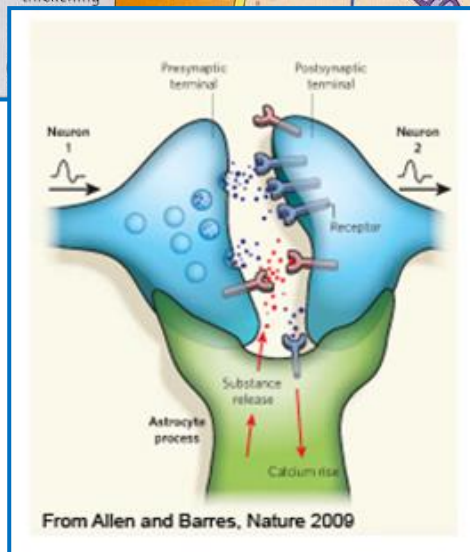
Synapse

Definice

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

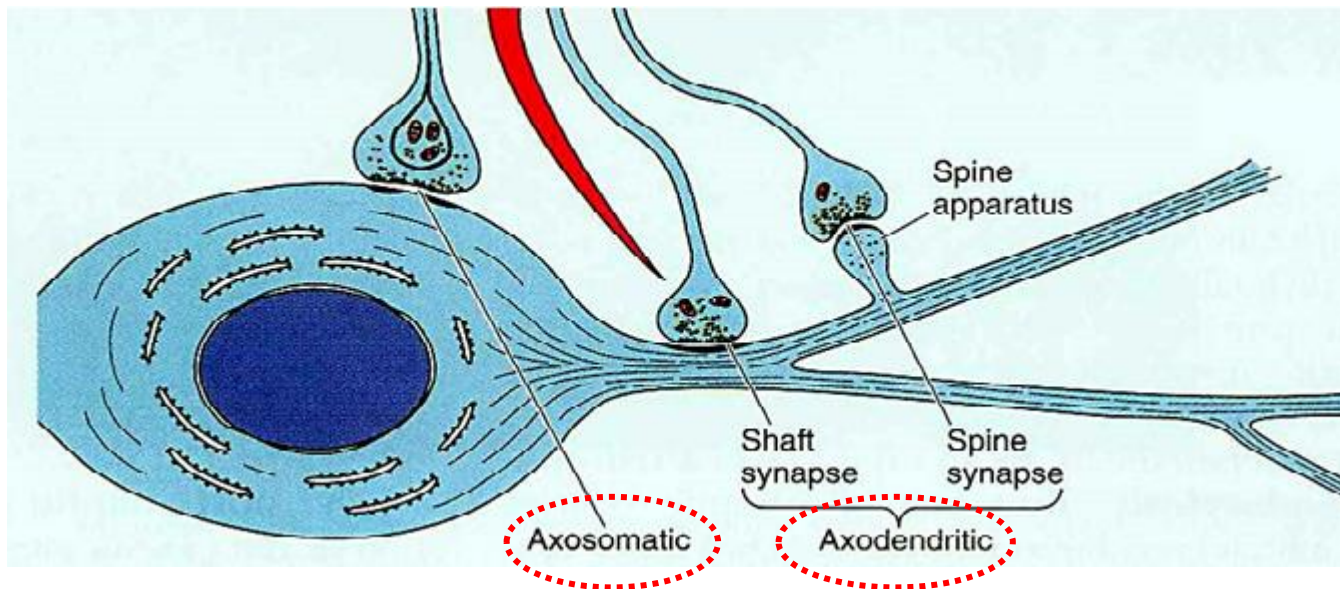


- **Terminální knoflík** – zakončení axonu
- **Presynaptická membrána** – obsahuje mitochondrie a synaptické váčky s neurotransmitery
- **Synaptické váčky** (menší + větší – zásobní)
- **Postsynaptická membrána** – nese receptory pro neurotransmitery a další denzní materiál
- **Synaptická štěrbina**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



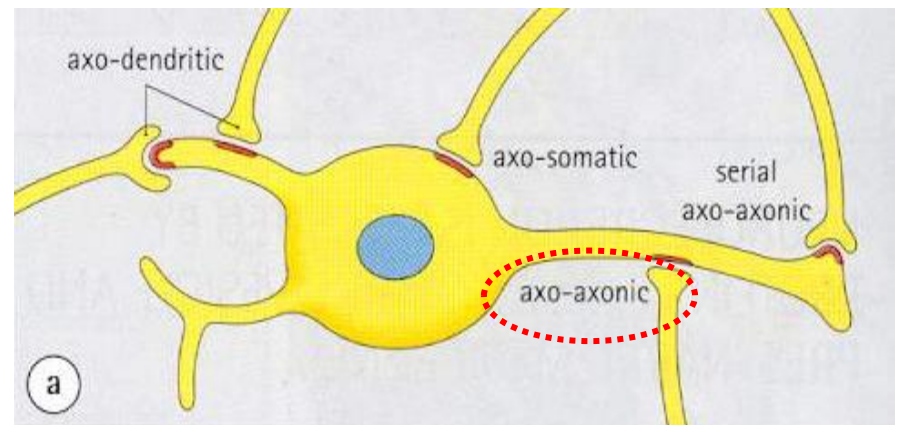
Synapse

Klasifikace podle **participujících struktur**



Axodendritické
Axosomatické
Axoaxonální

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



Neuroglie – Gliové buňky

Obecné vlastnosti

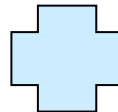
- **ne-neuronální buňky** – několik různých typů
- podporují a chrání neurony
- spojují neurony k sobě a tvoří podpůrnou **kostru nervové tkáně**
- během vývoje **navádějí migrující neurony** do jejich destinací
- zralé neurony, které nejsou v kontaktu synapsemi
- brání vzájemnému kontaktu mezi neurony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

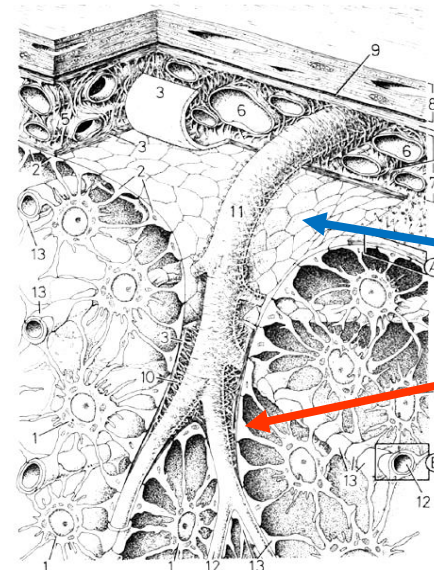
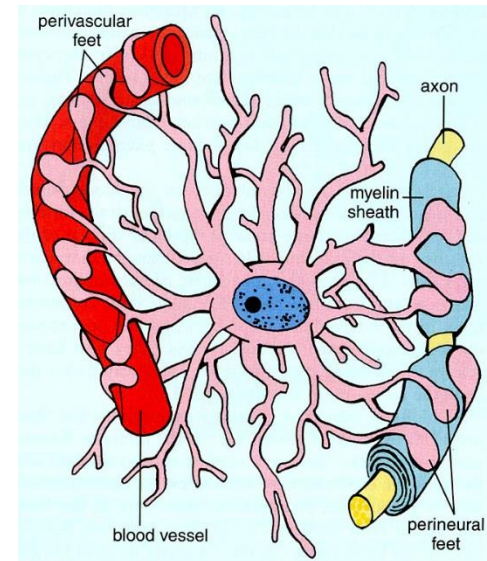


Periferní neuroglie

- 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**



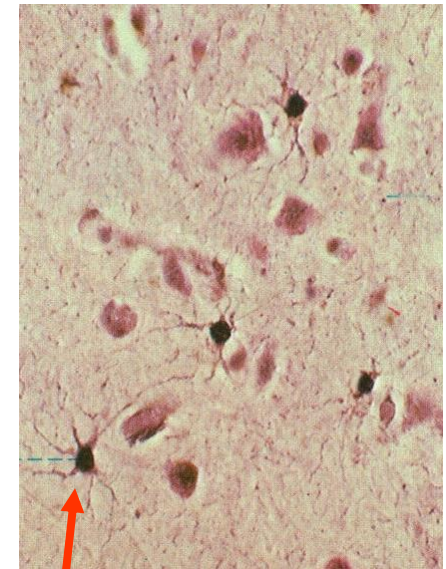
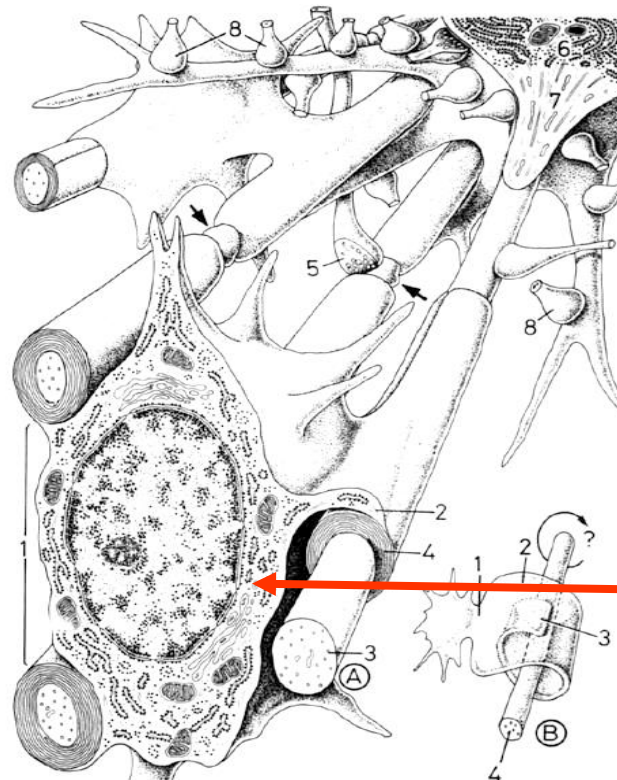
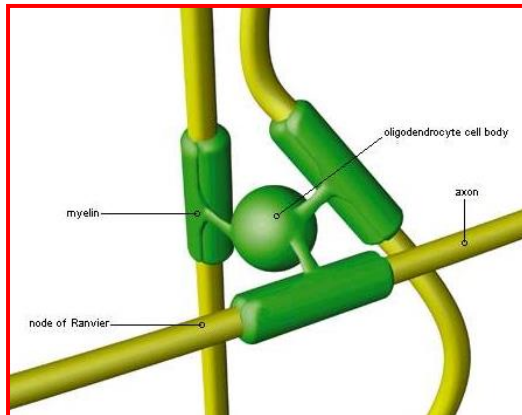
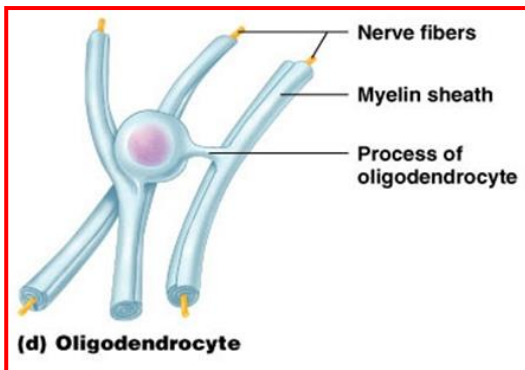
Membrana limitans gliae...

...superficialis

...perivascularis

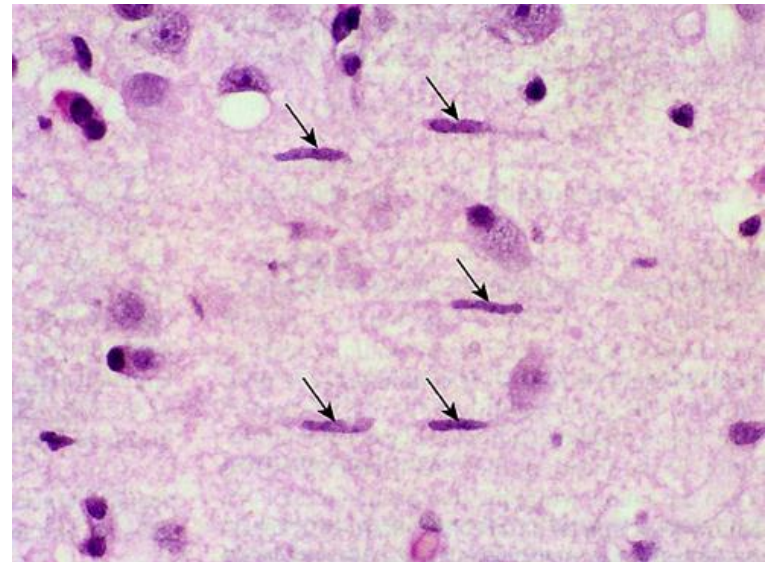
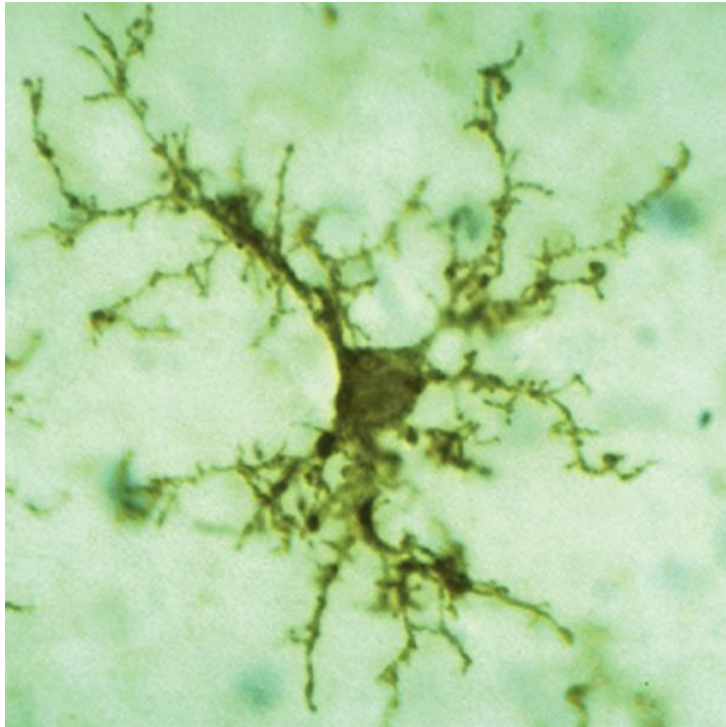
Neuroglie - Oligodendrocyty

- ✓ 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



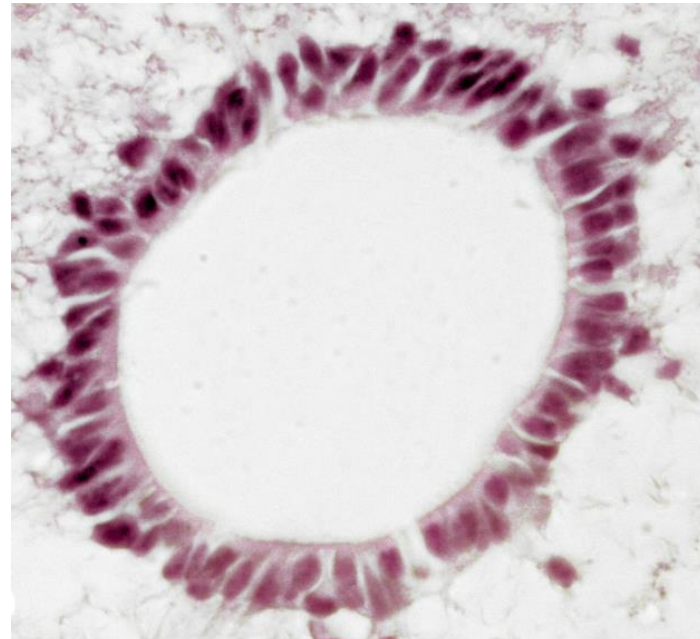
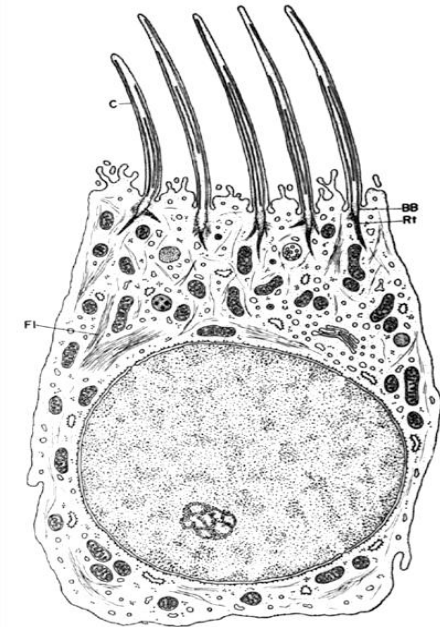
Neuroglie - Mikroglie

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

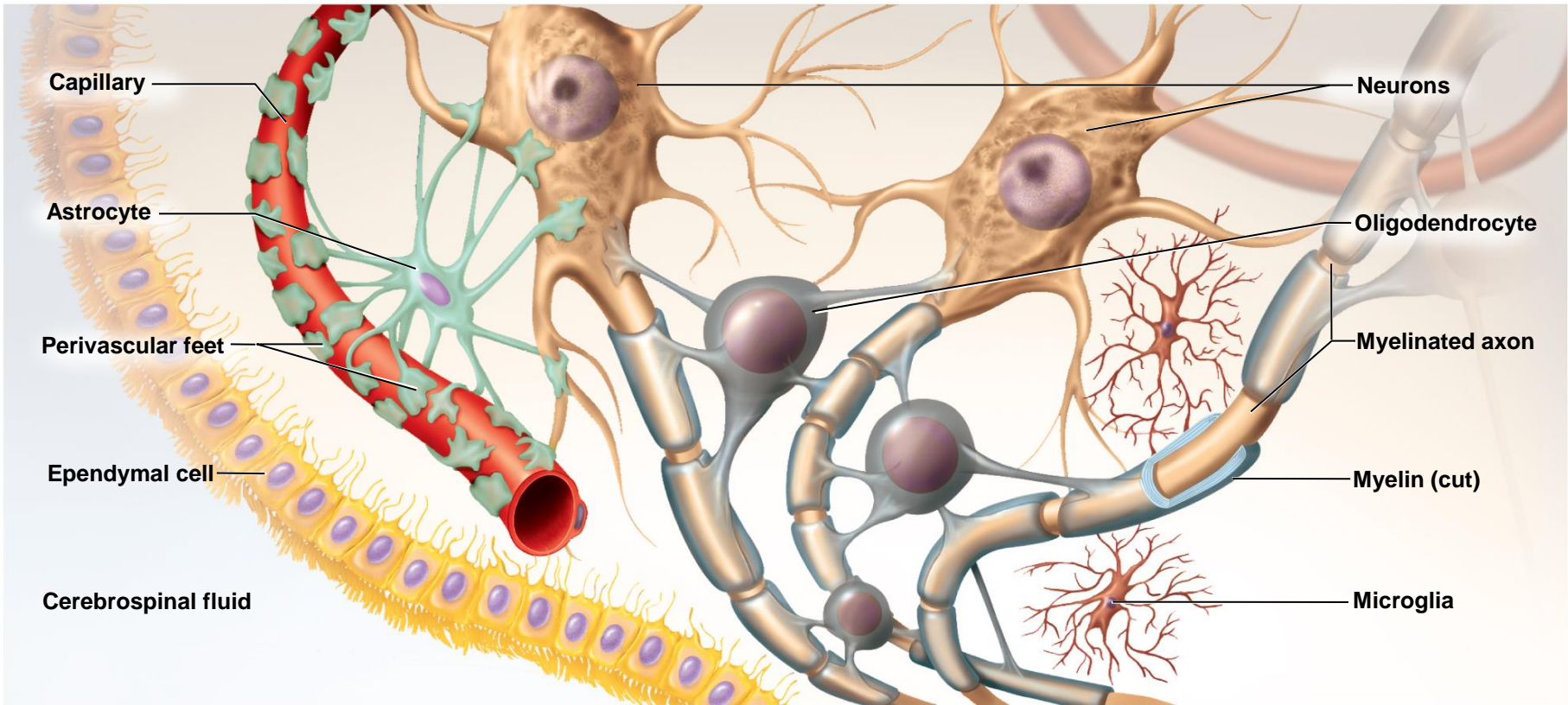


Neuroglie – Ependymové buňky

- ✓ 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

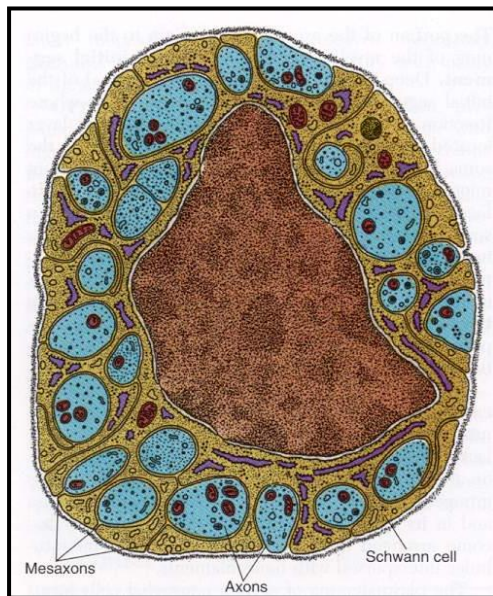


Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.

Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

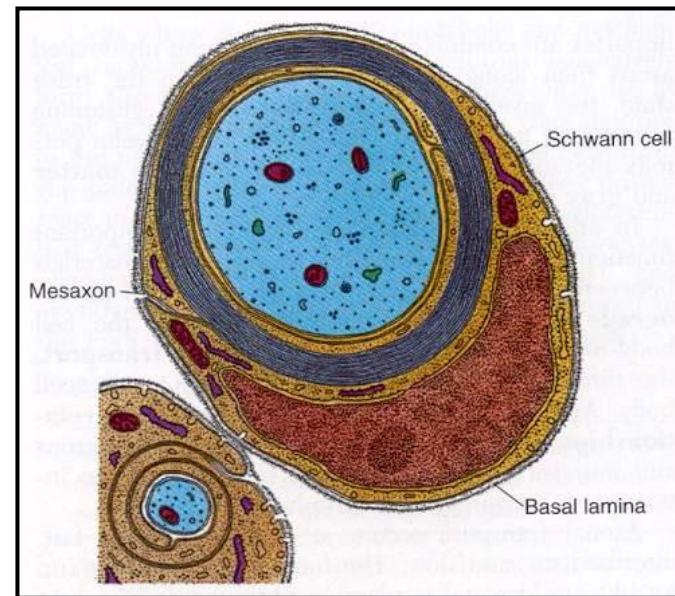
- buňky, které ovinují všechny axony v PNS
- poskytují strukturální a metabolickou podporu axonům
- poskytují vedení (navigaci) pro růst axonů

Axony malého průměru Obdávají je cytoplasmou



pouze Schwannova pochva – šedá vlákna

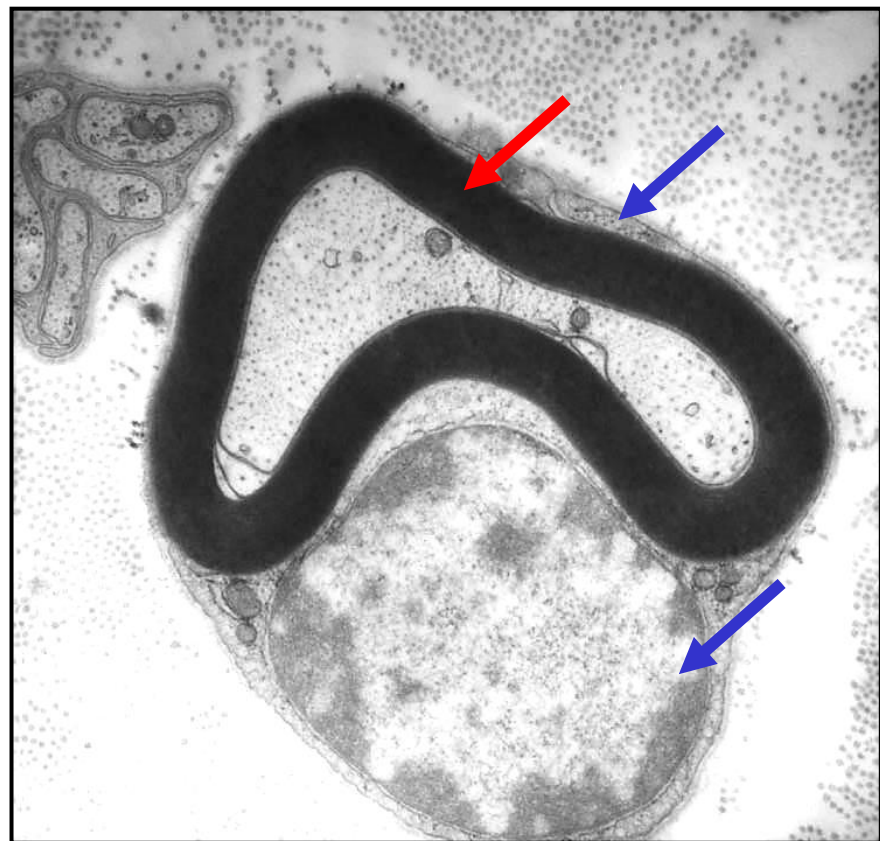
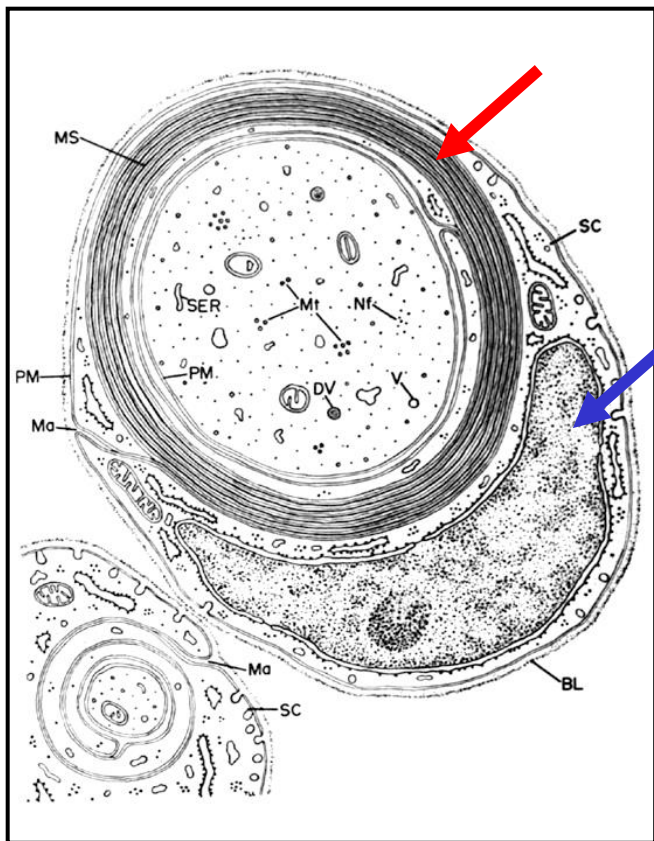
Axony velkého průměru Obtáčejí je myelinovou pochvou



Schwannova + myelinová pochva – dvojité konturovaná vlákna

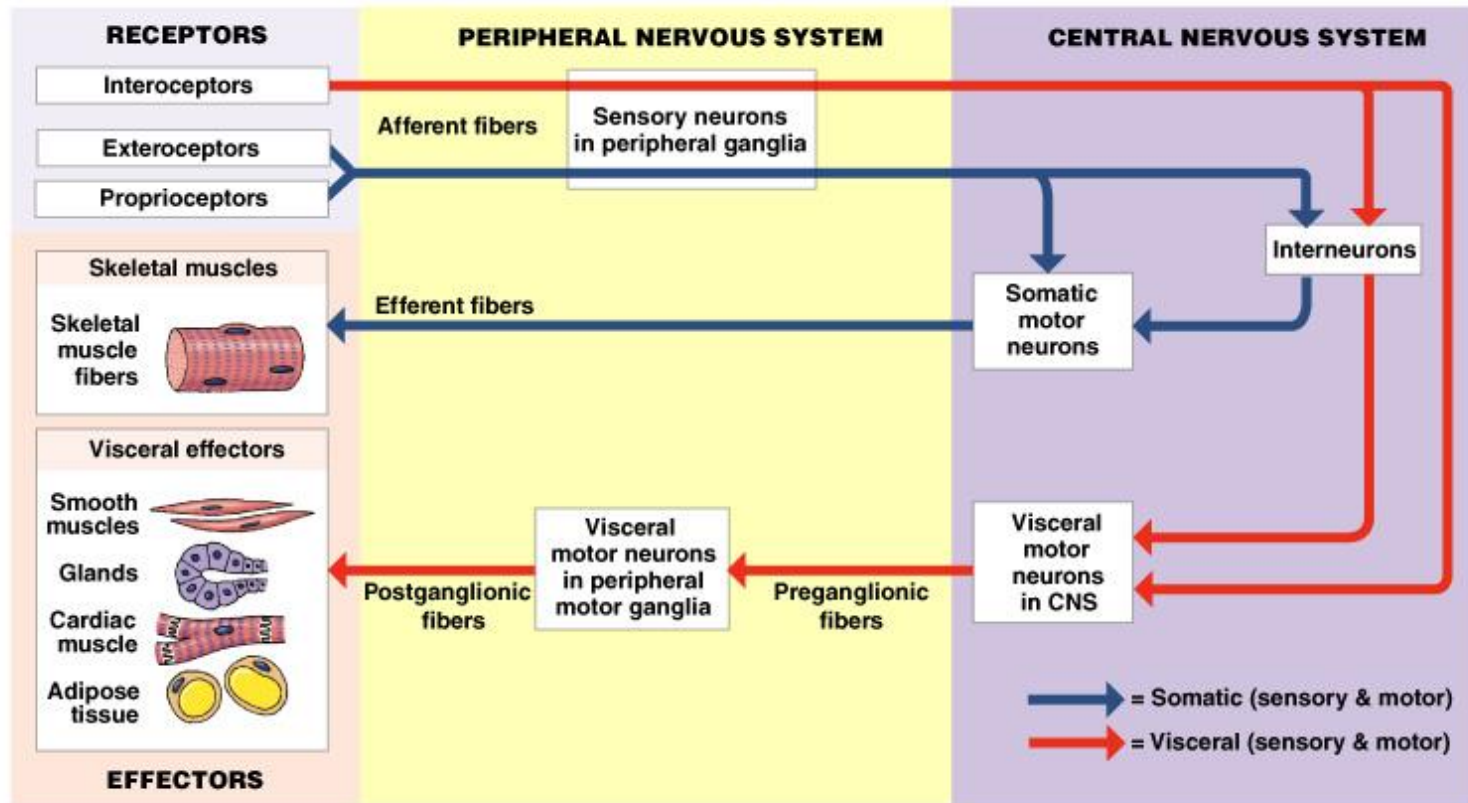
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

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

Posteriorní

Anteriorní

Telencephalon

Diencephalon – Thalamus + Hypothalamus

Mozeček

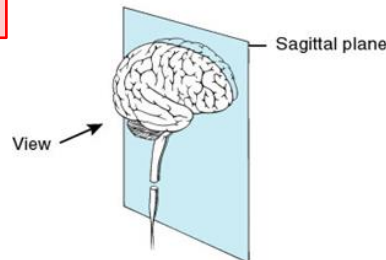
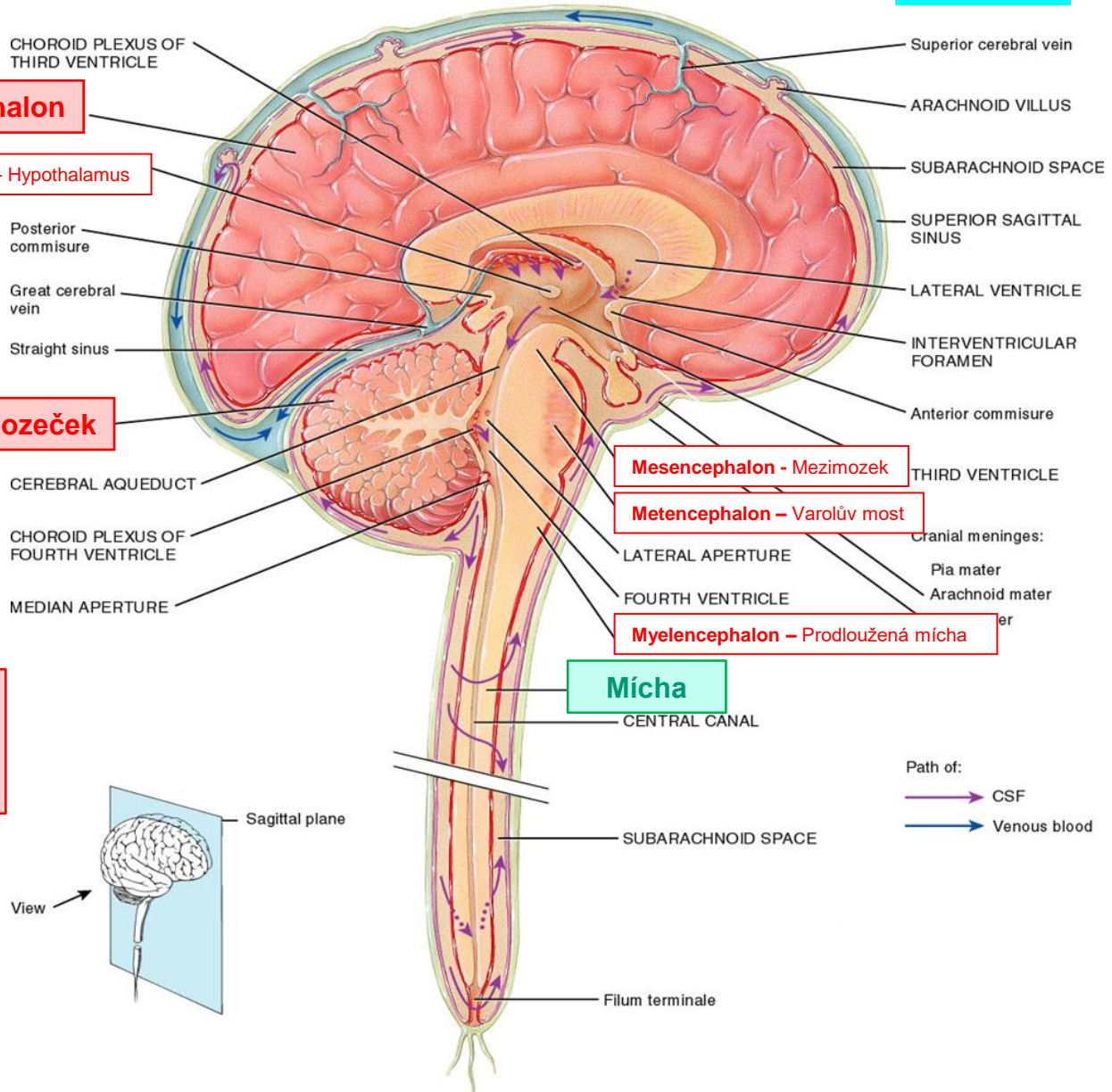
Mesencephalon - Mezimozek

Metencephalon – Varolův most

Myelencephalon – Prodloužená mícha

Mozkový kmen

- Diencephalon
- Mesencephalon
- Metencephalon
- Myelencephalon



Path of:
 → CSF
 → Venous blood

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

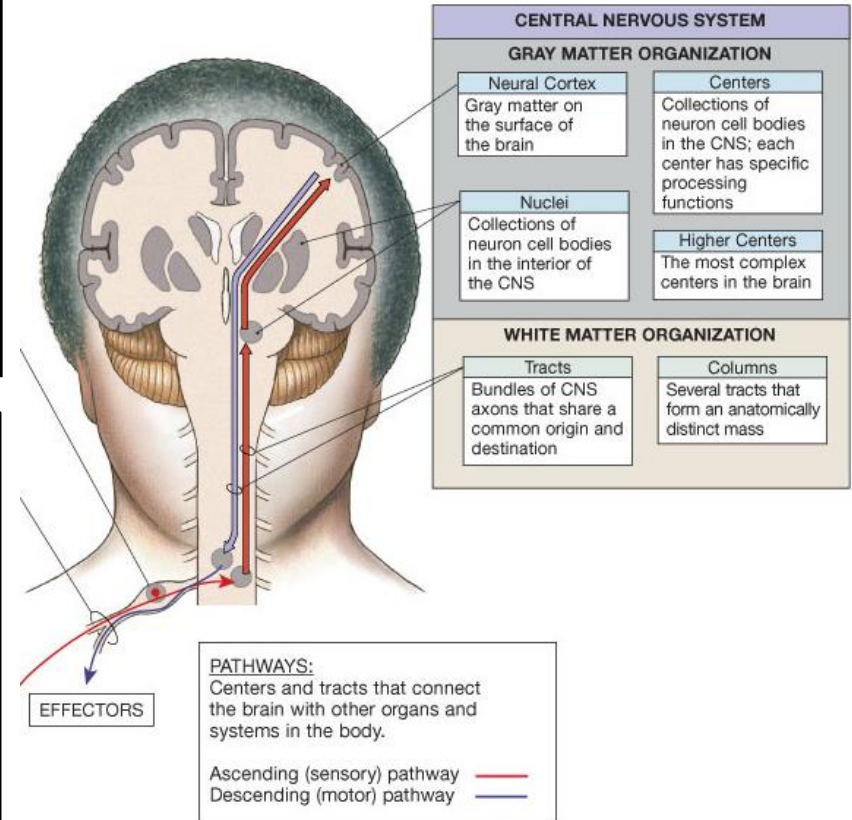
- **Myelinizované axony neuronů**
- **Neuroglie** (oligodendrocyty, fibrilární astrocyty)
- **Krevní cévy** (nižší hustota než v šedé hmotě)

Mozek

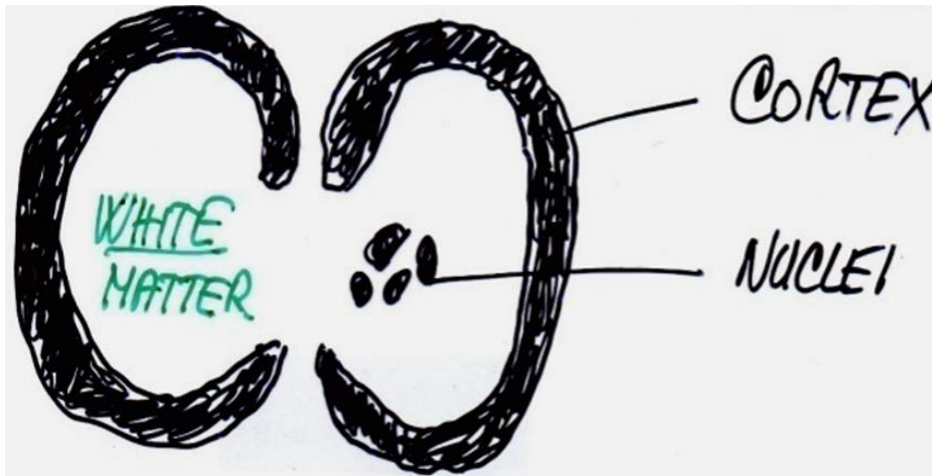
- axony se spojují dohromady a vytváří **trakty bílé hmoty**, které přenáší signály mezi oblastmi šedé hmoty
- 3 typy traktů (**comisurální, asociační, projekční**)

Mícha

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



Centrální nervový systém – Distribuce šedé a bílé hmoty



Telencephalon + Cerebellum

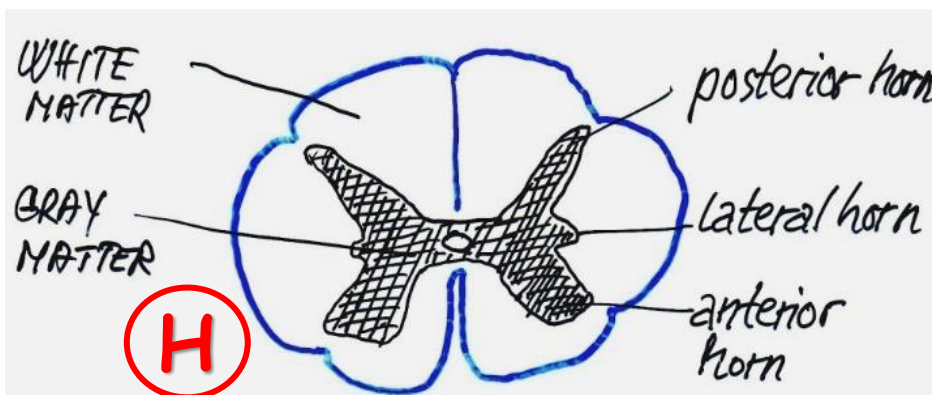
Šedá hmota:

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

Bílá hmota:

- zaujímá vnitřní prostor hemisfér

X

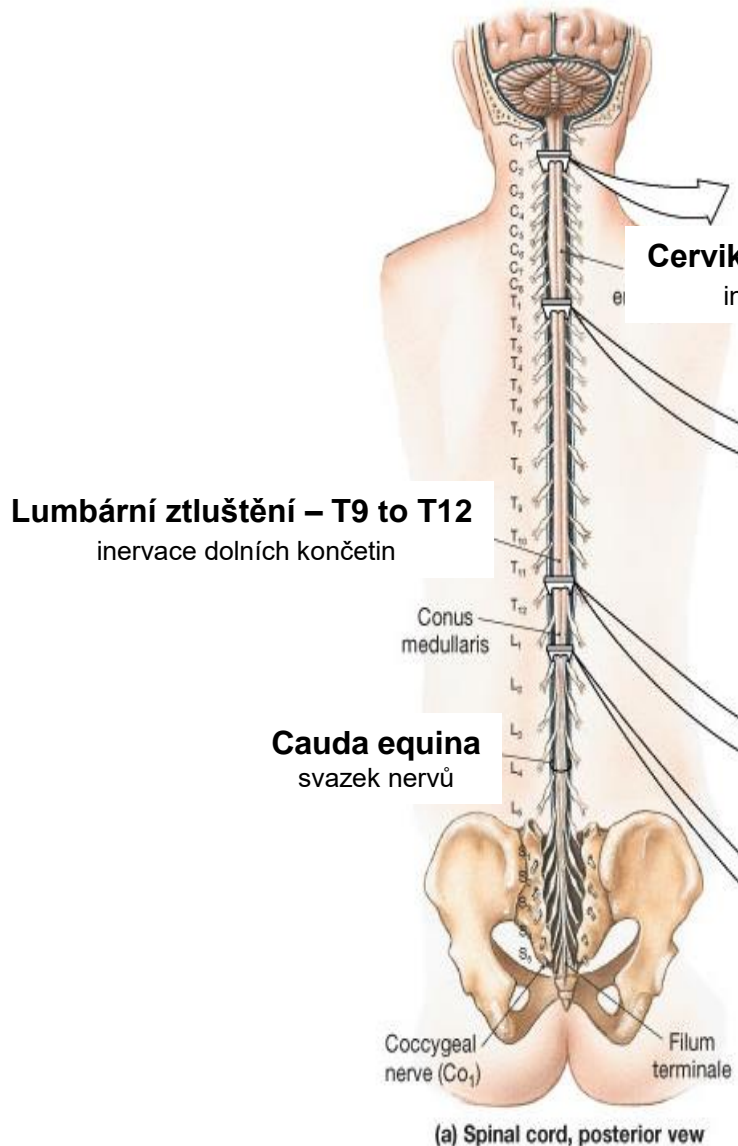


Mícha

Šedá hmota :

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

Centrální nervový systém – Mícha - Anatomie

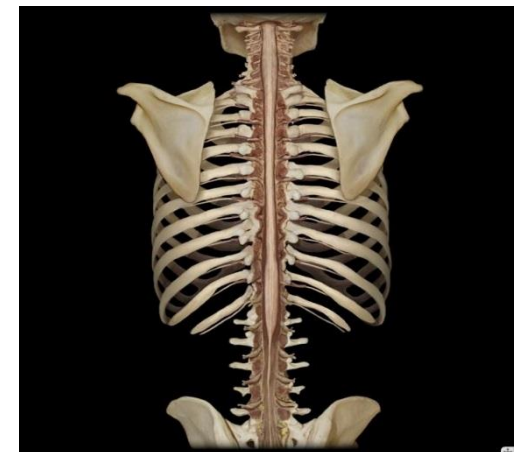


Délka cca. 40-50 cm



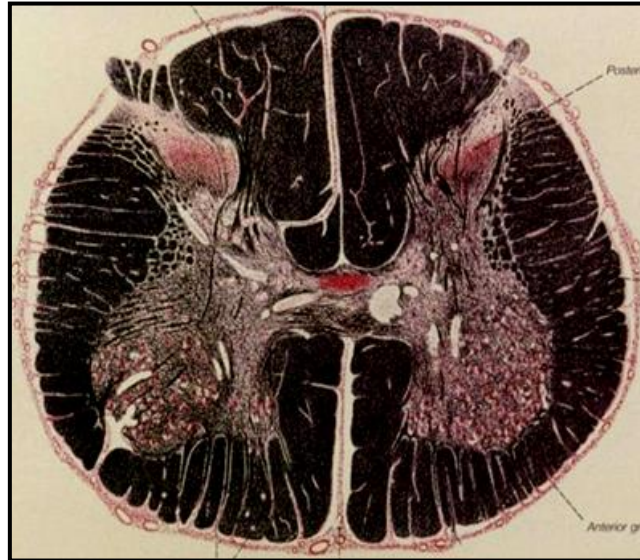
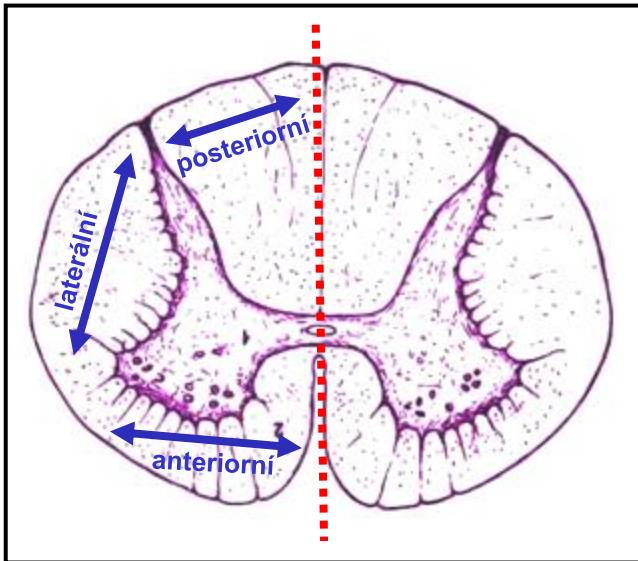
- Válcovitý útvar
- Kónicky se zužuje
- Bilaterálně symetrická
- Centrální kanál

31 segmentů
+
31 párů *spinálních nervů*



Centrální nervový systém – Mícha – Bílá hmota

POSTERIORNÍ



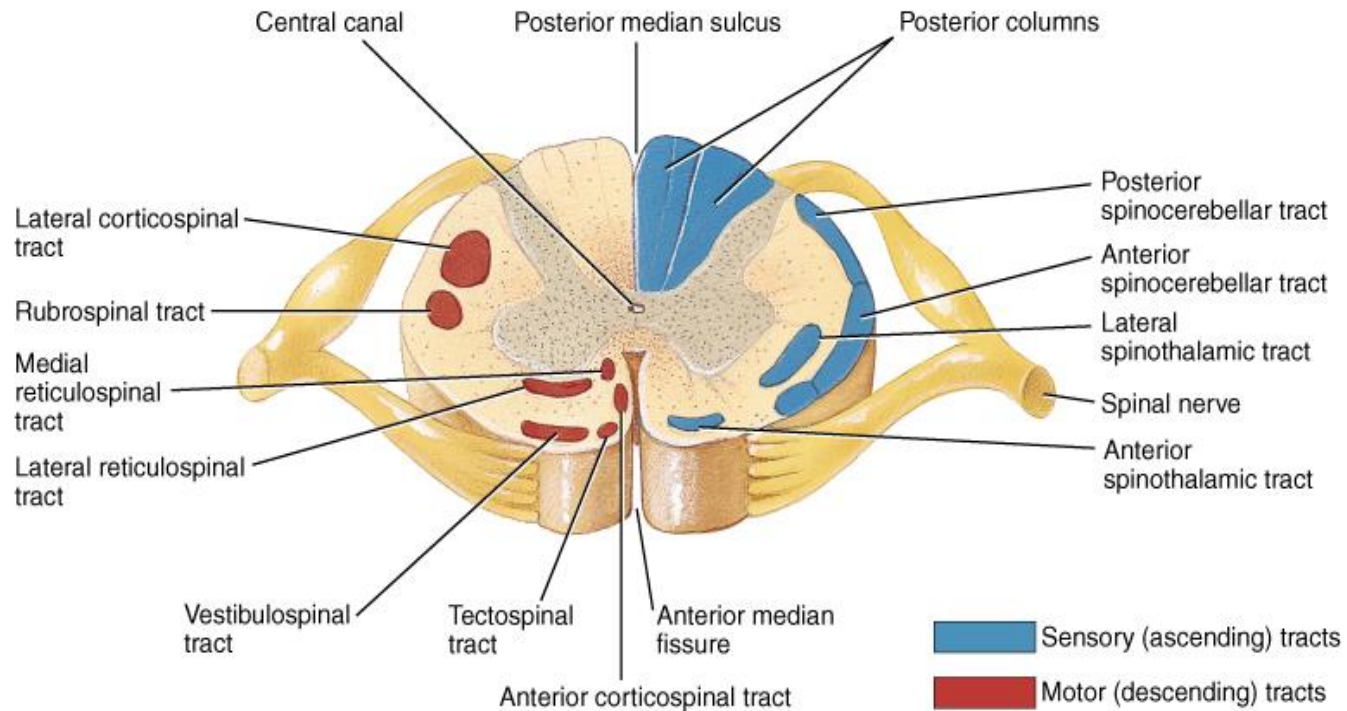
Provazce (*Fasciculi = Funiculi* (= Sloupce)

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

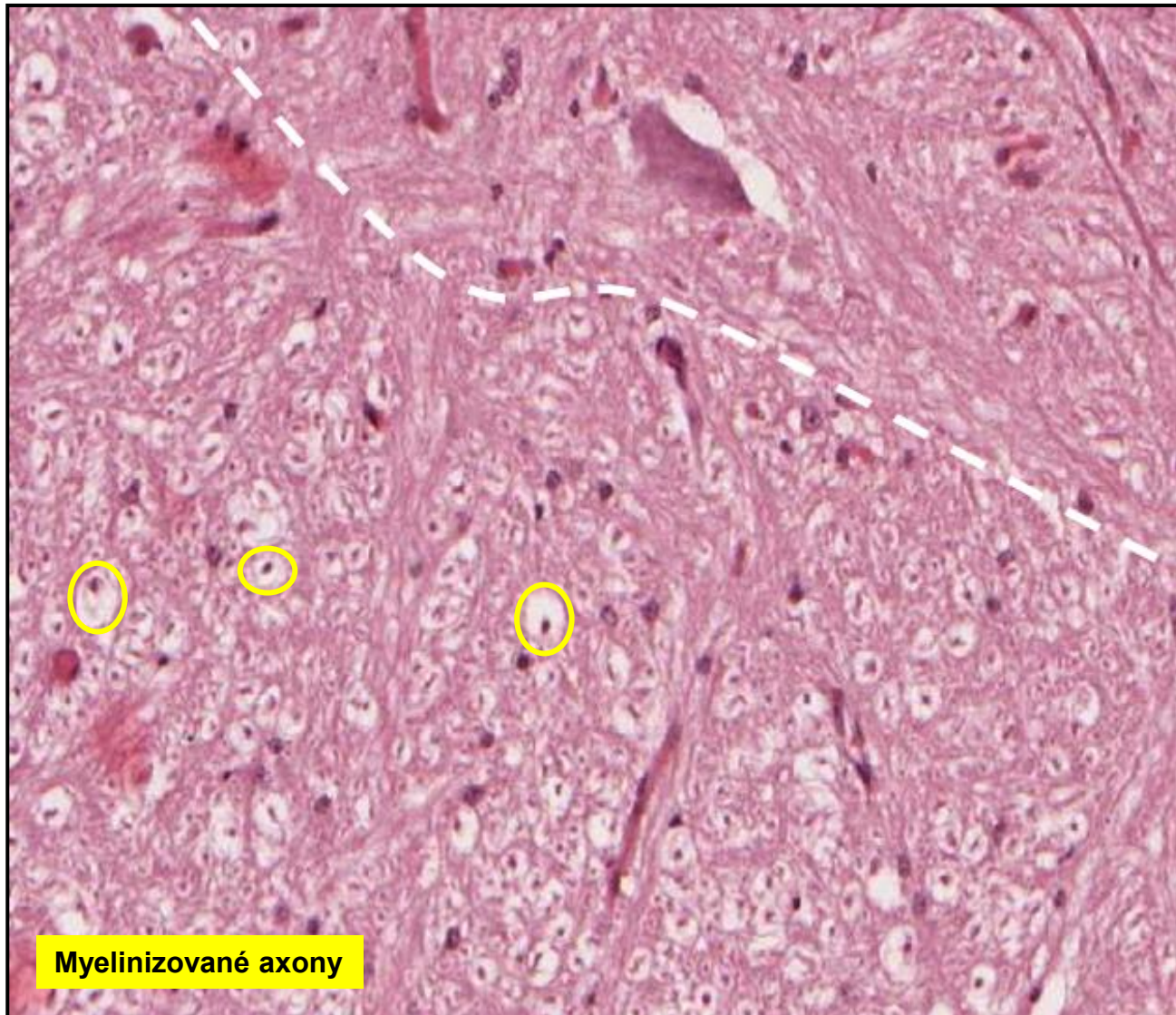
Sensitivní = Vzestupné
Motorické = Sestupné

Mícha – Bílá hmota - Trakty

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



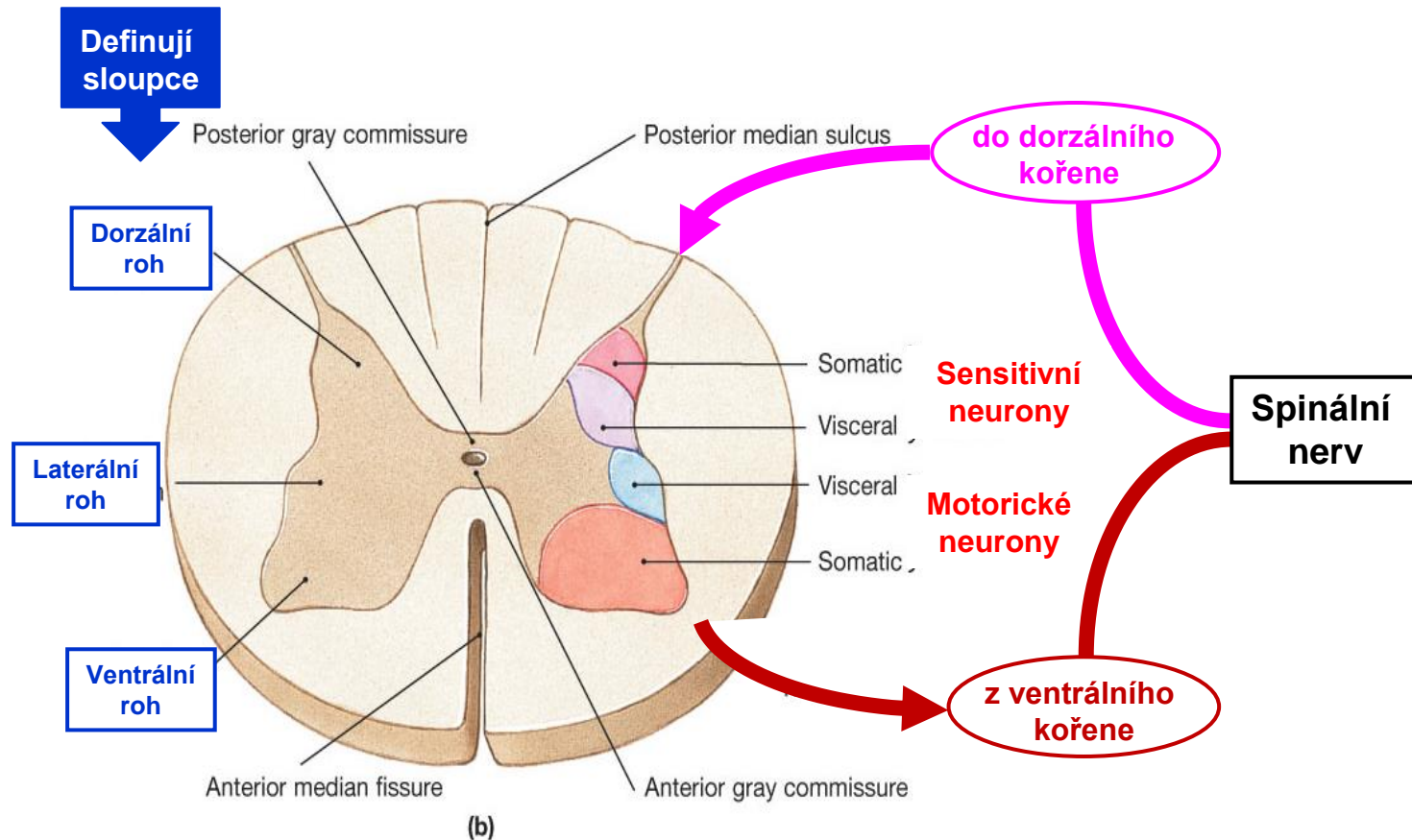
Mícha – Bílá hmota



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

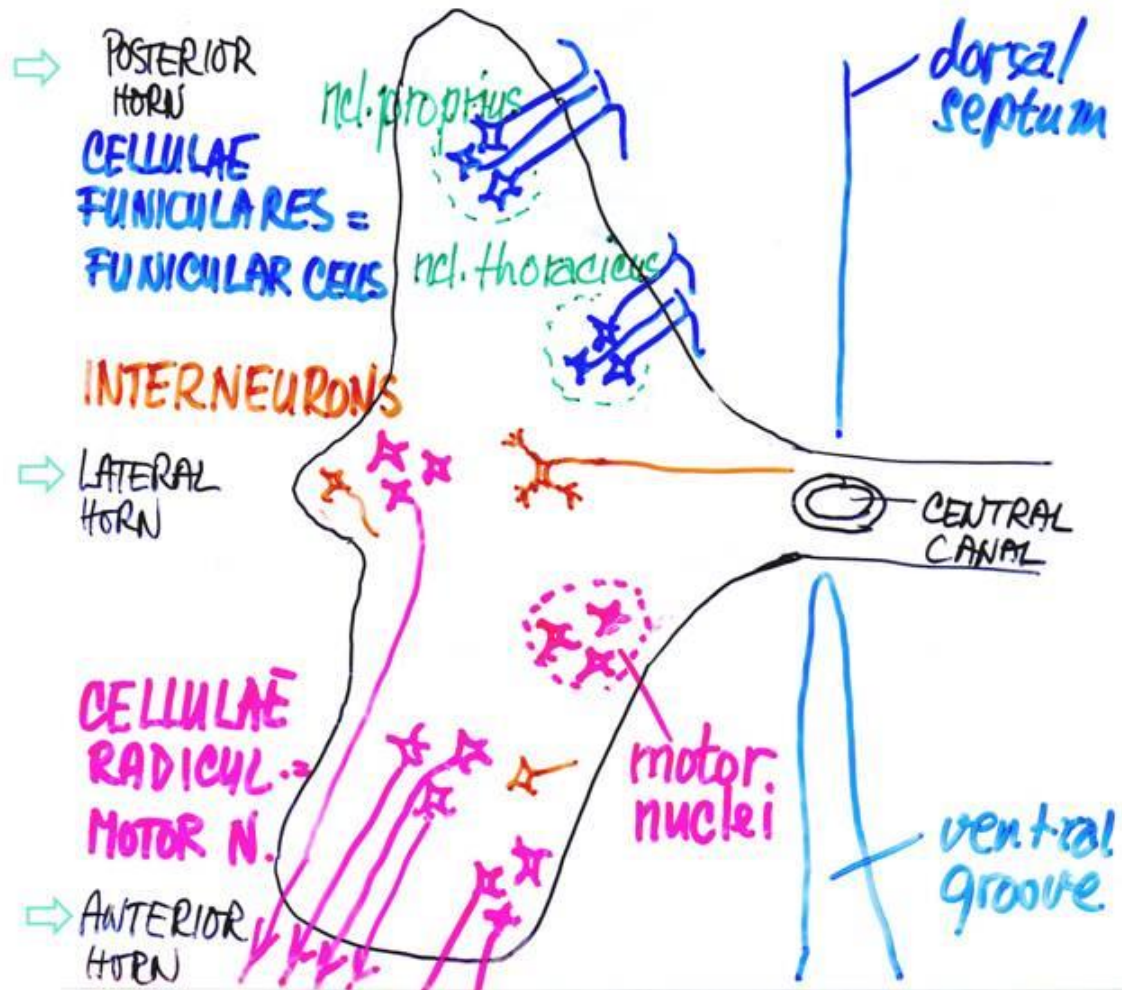
Buňky provazců (funikulární)

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

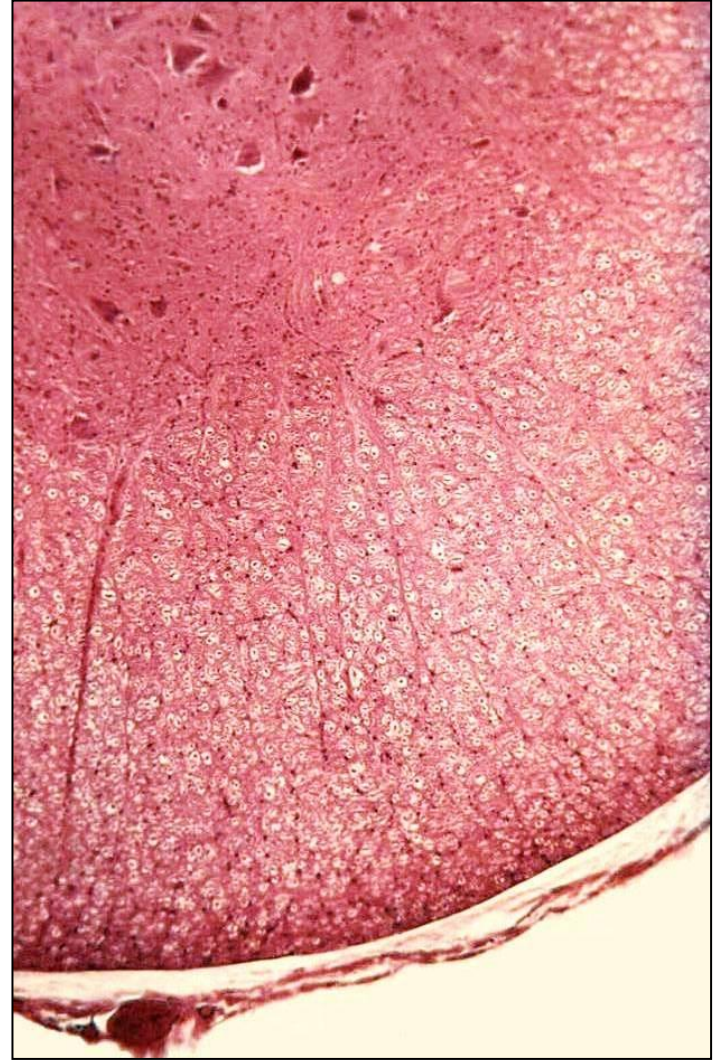
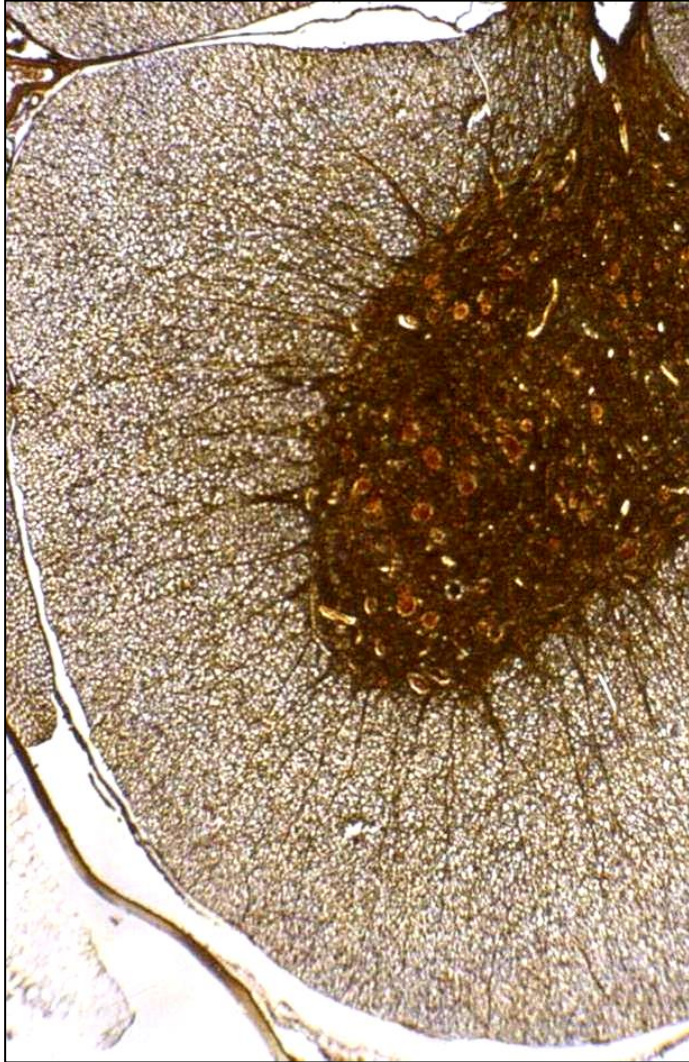
Interneurony

- malé neurony
- difúzně rozmístěny mezi motoneurony a funikulárními buňkami

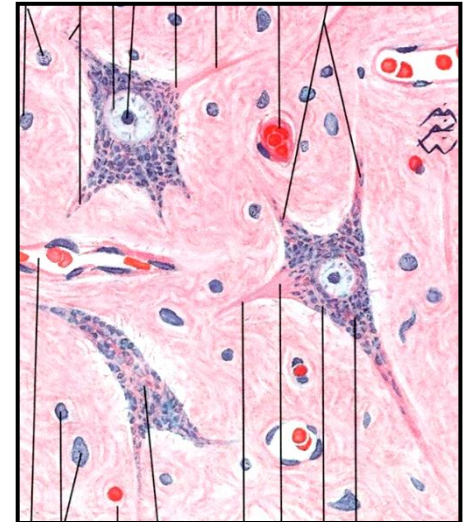
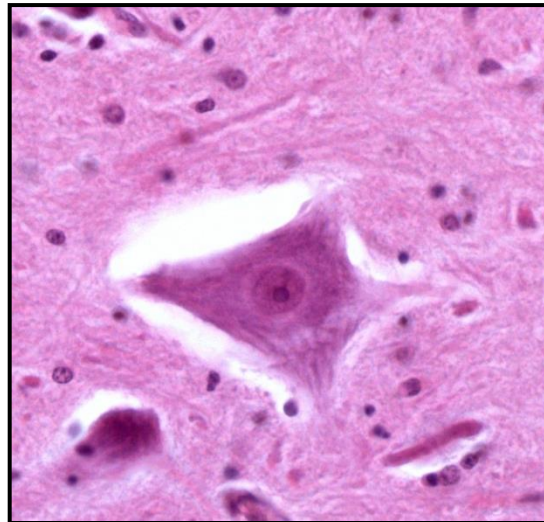
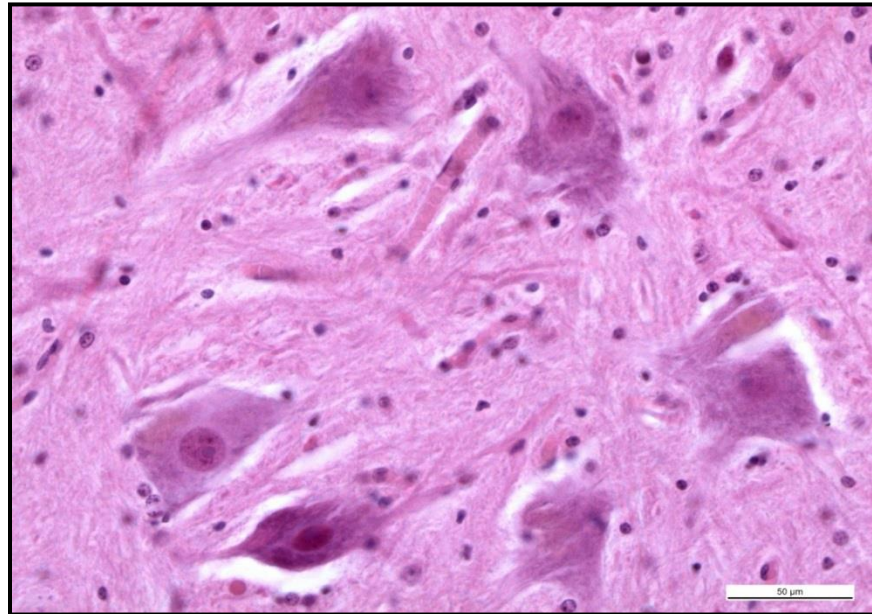
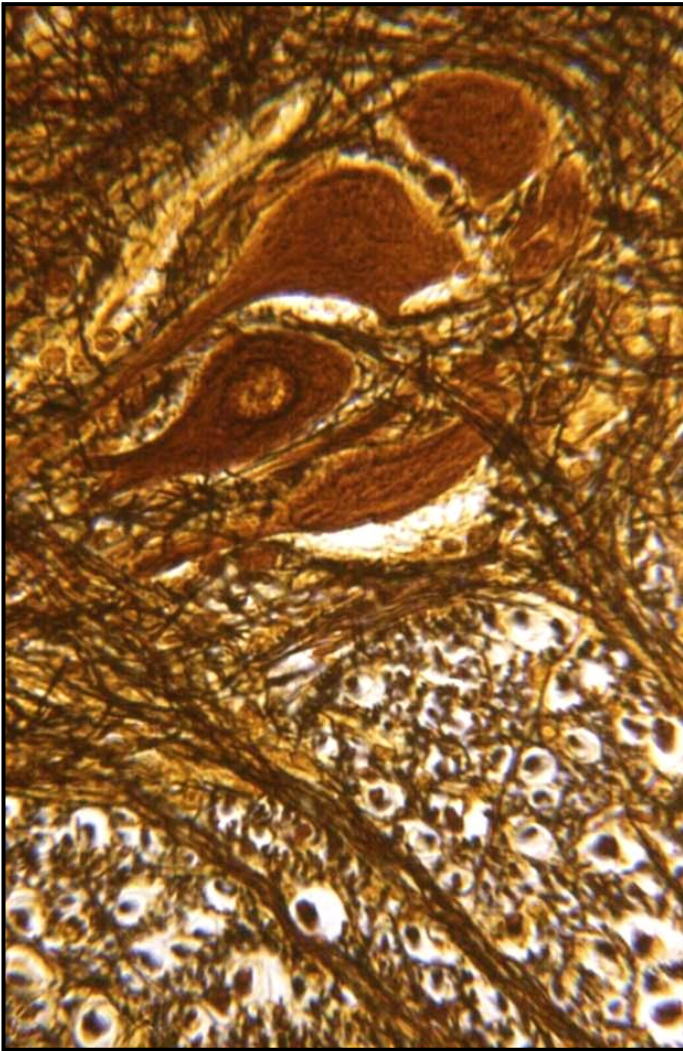
Mícha – Šedá hmota – Organizace



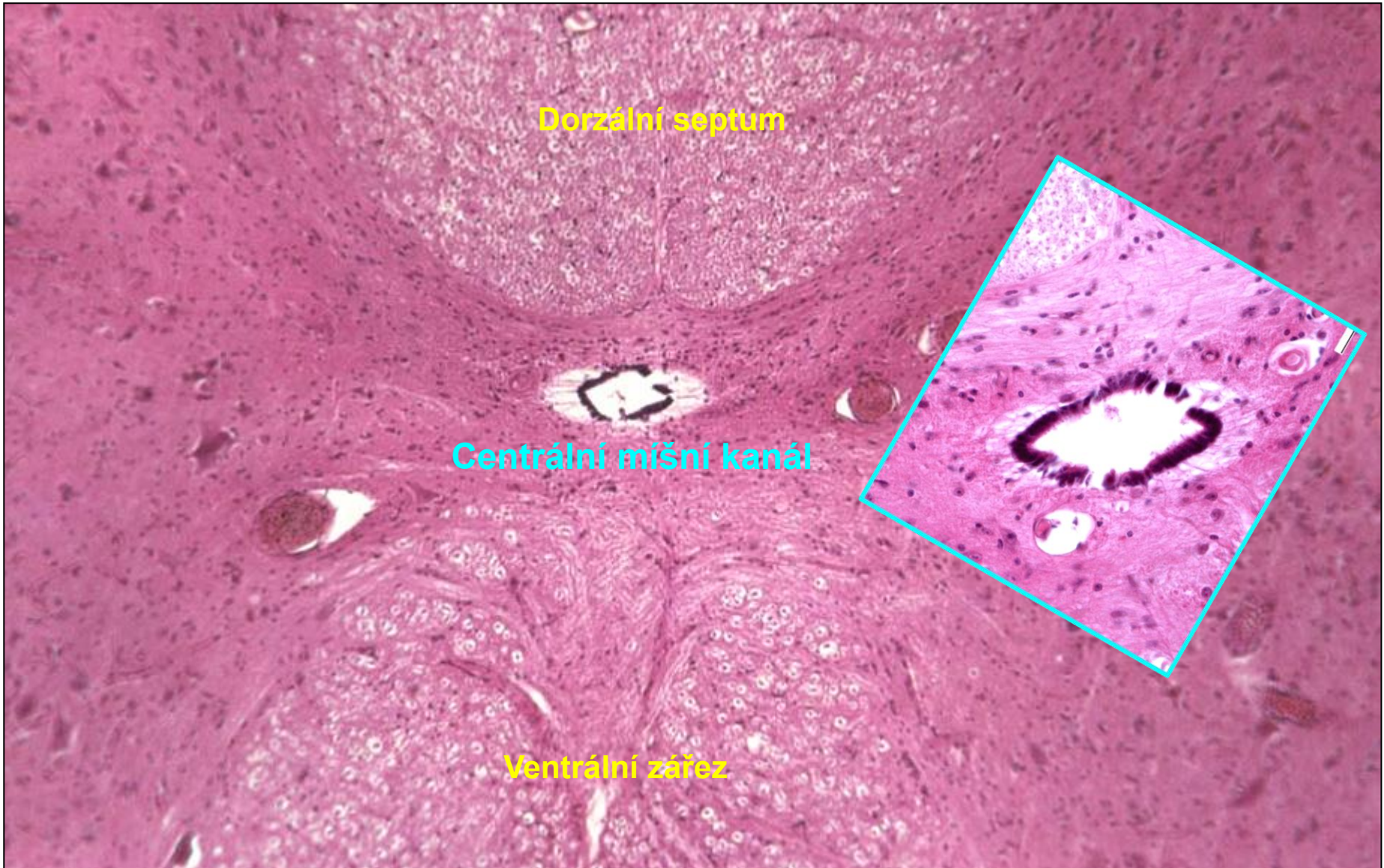
Mícha – Šedá hmota



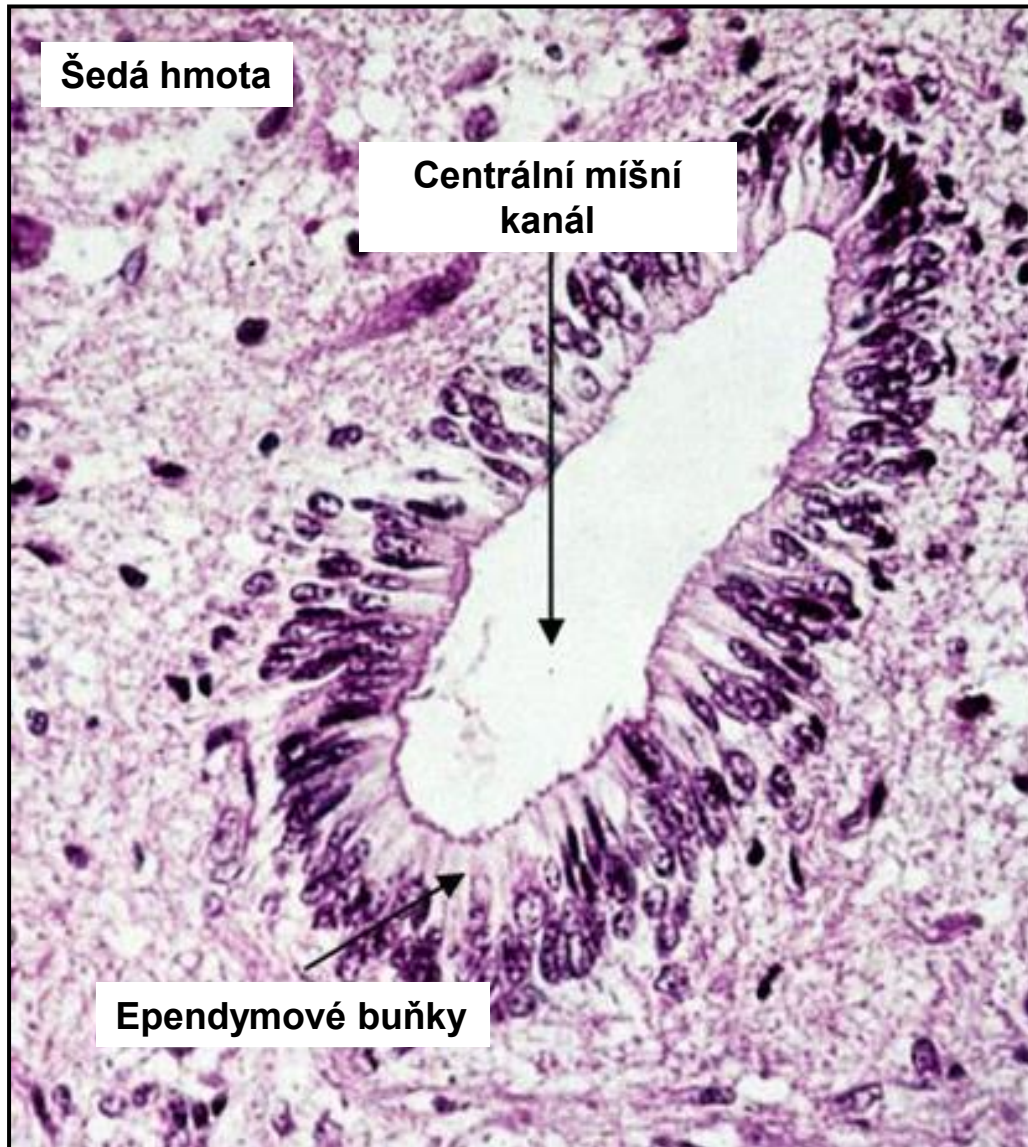
Mícha – Šedá hmota – Organizace - Motoneurony



Mícha – Centrální míšňí kanál



Mícha – Centrální míšní kanál

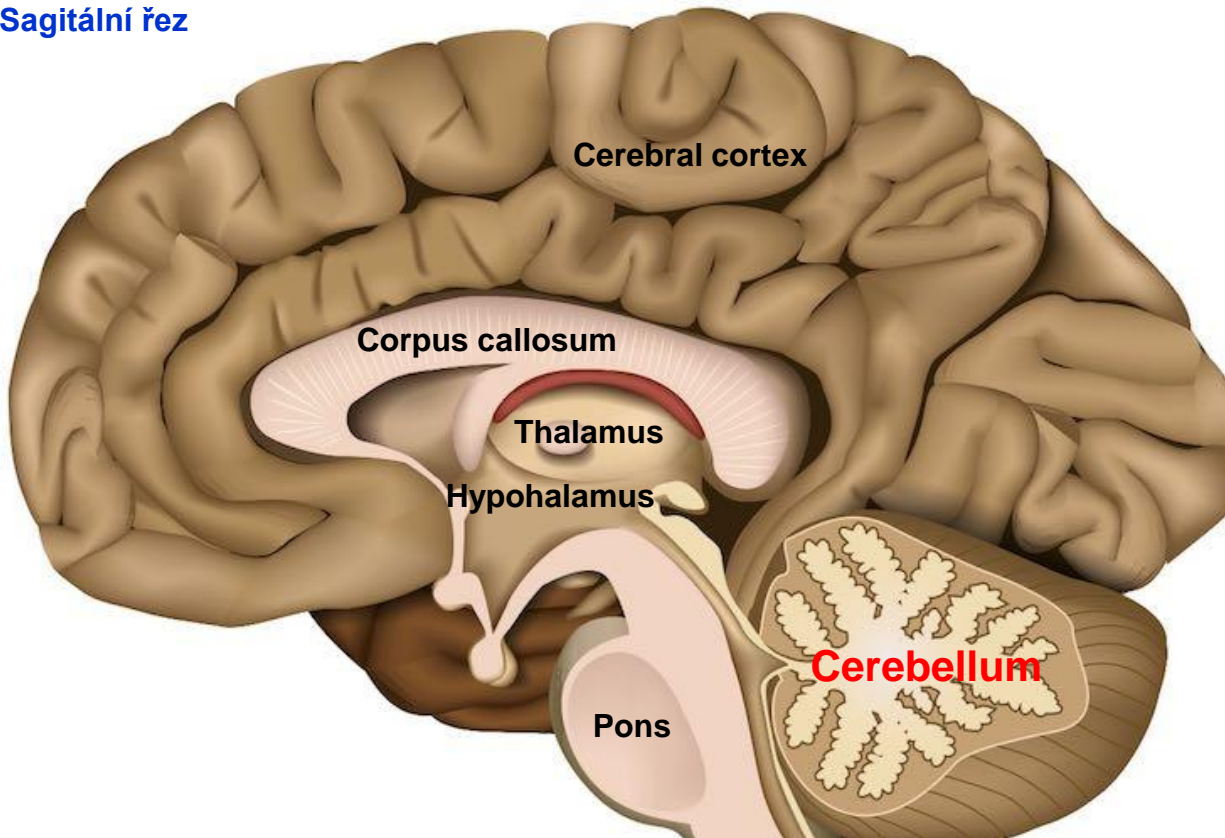


Cerebellum - Mozeček

Funkce

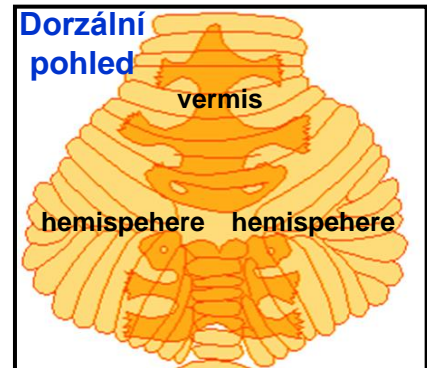
- koordinace volných pohybů a udržování rovnováhy
- umožňuje hladké, koordinované pohyby trvalým udržováním napětí a pozice svalů

Sagitální řez

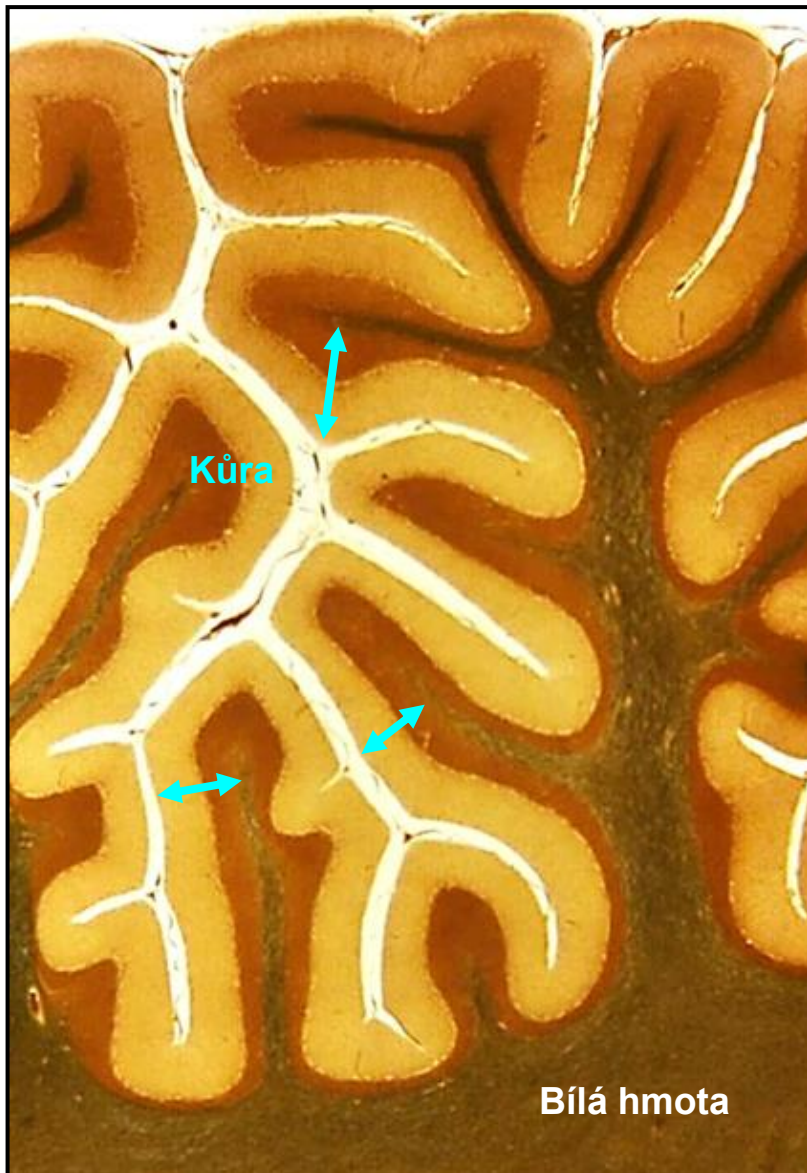


Hmotnost: 130 gramů
Povrch: 0,10 - 0,15 m²

Dorzální
pohled



Cerebellum – Šedá hmota



Šedá hmota

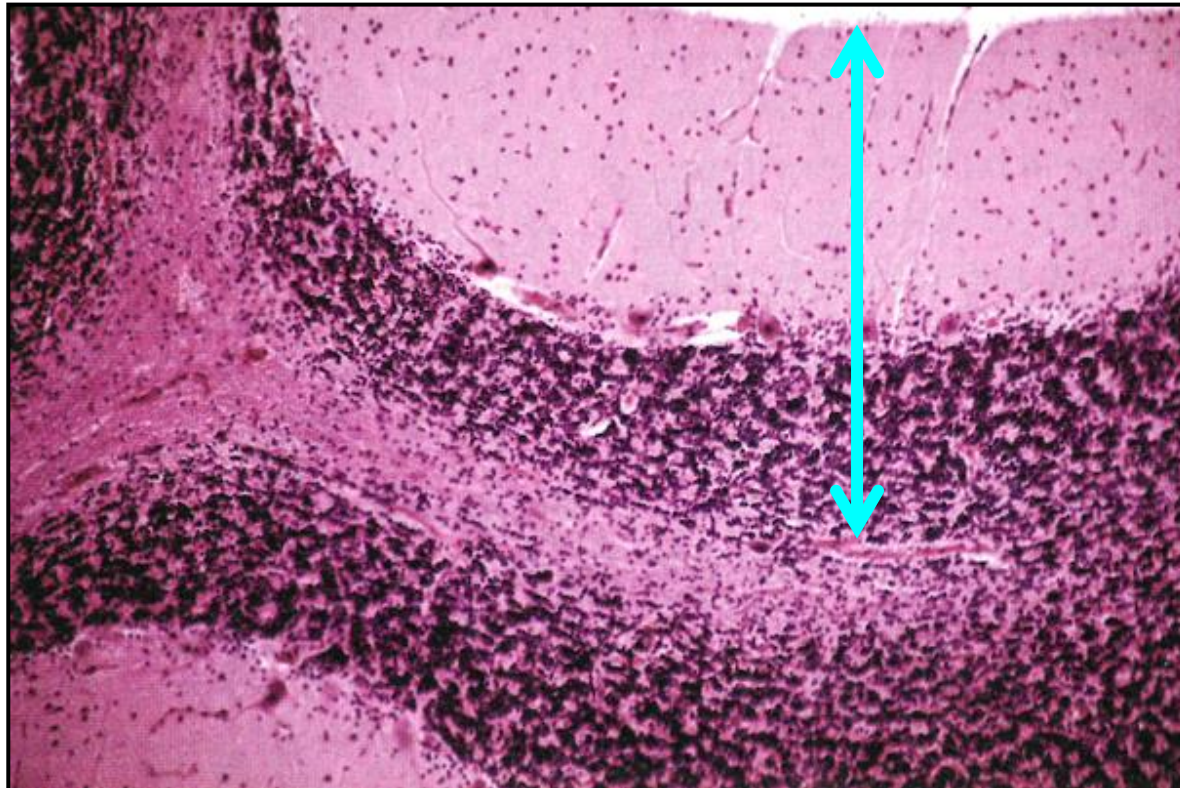
- **Kůra na povrchu** (tloušťka 1 mm)
- **Jádra v bílé hmotě** (nucleus dentatus, emboliformis, globosus, fastigii)

Cerebellum – Bílá hmota



„Arbor vitae“ – bílá hmota

Cerebellum – Kůra

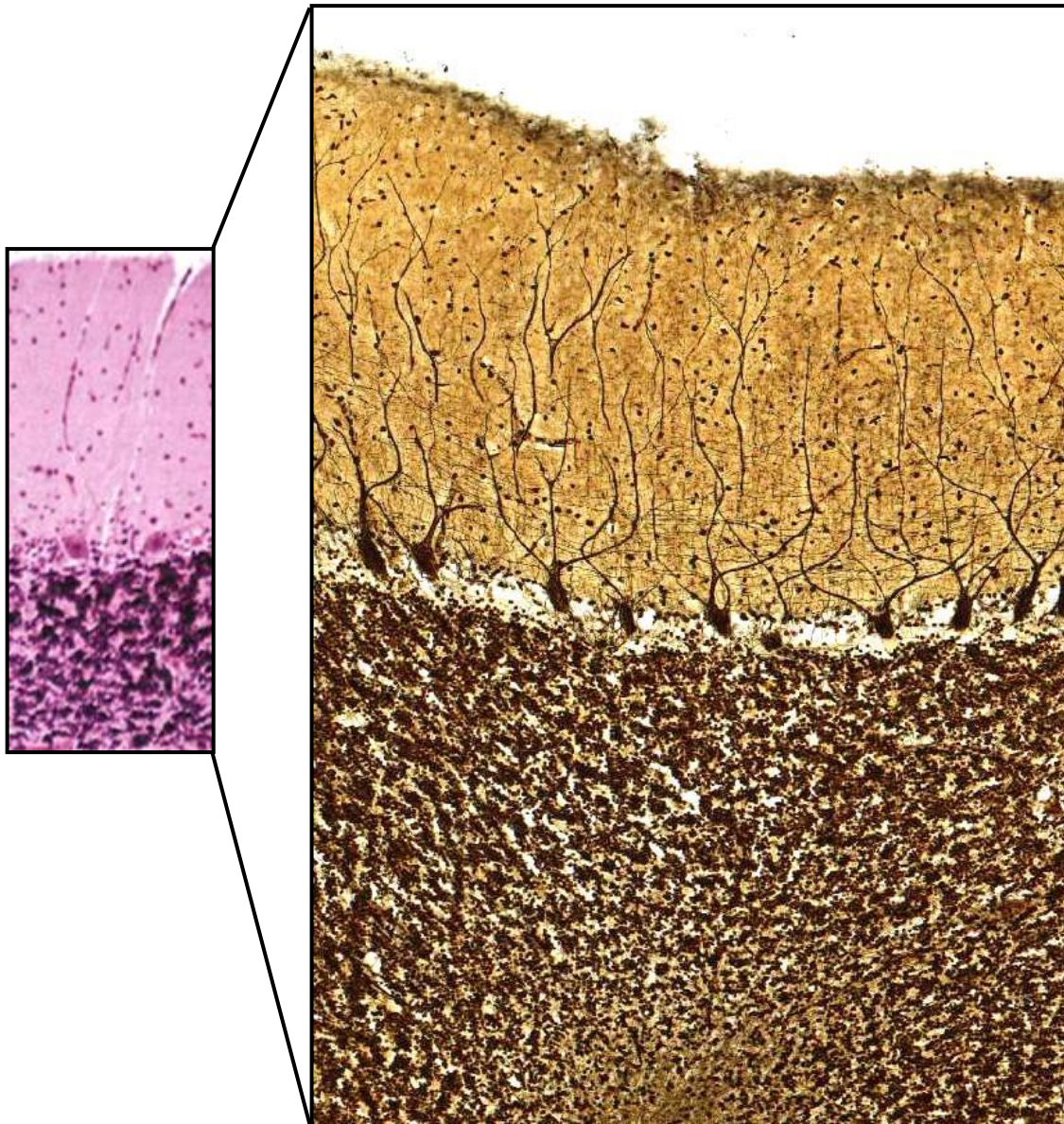


Molekulární vrstva
(*stratum moleculare*)

Vrstva Purkyňových buněk
(*stratum gangliosum*)

Granulární vrstva
(*stratum granulosum*)

Cerebellum – Kůra - Buňky



Molekulární vrstva (*stratum moleculare*)

- Košíčkové buňky
- Hvězdčkové buňky

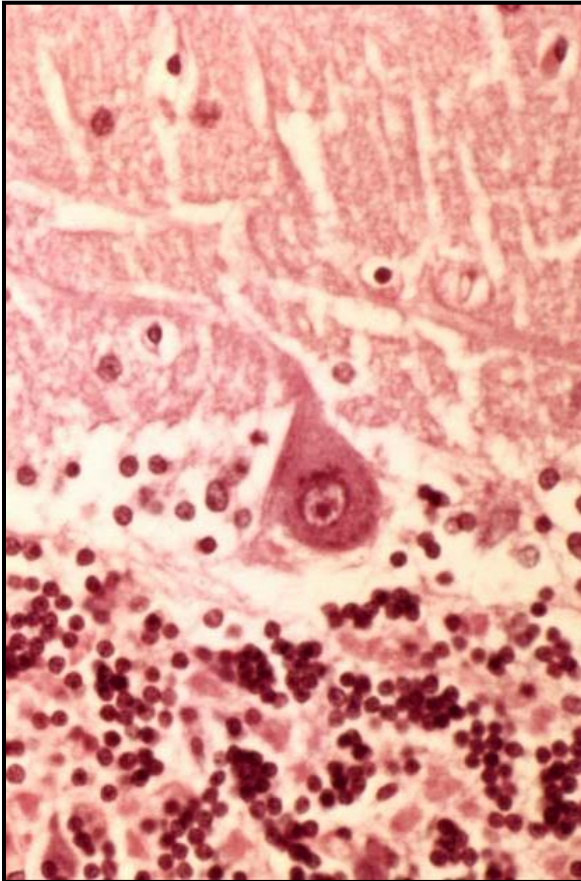
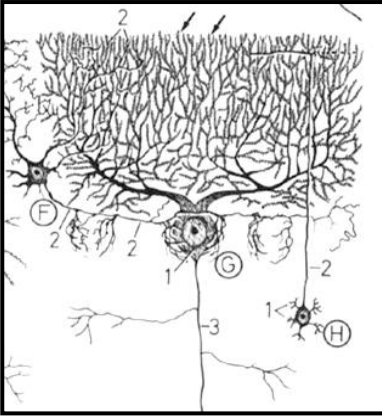
Vrstva Purkyňových buněk (*stratum gangliosum*)

- Perikarya Purkyňových buněk
- Golgiho (Bergmanova) glie

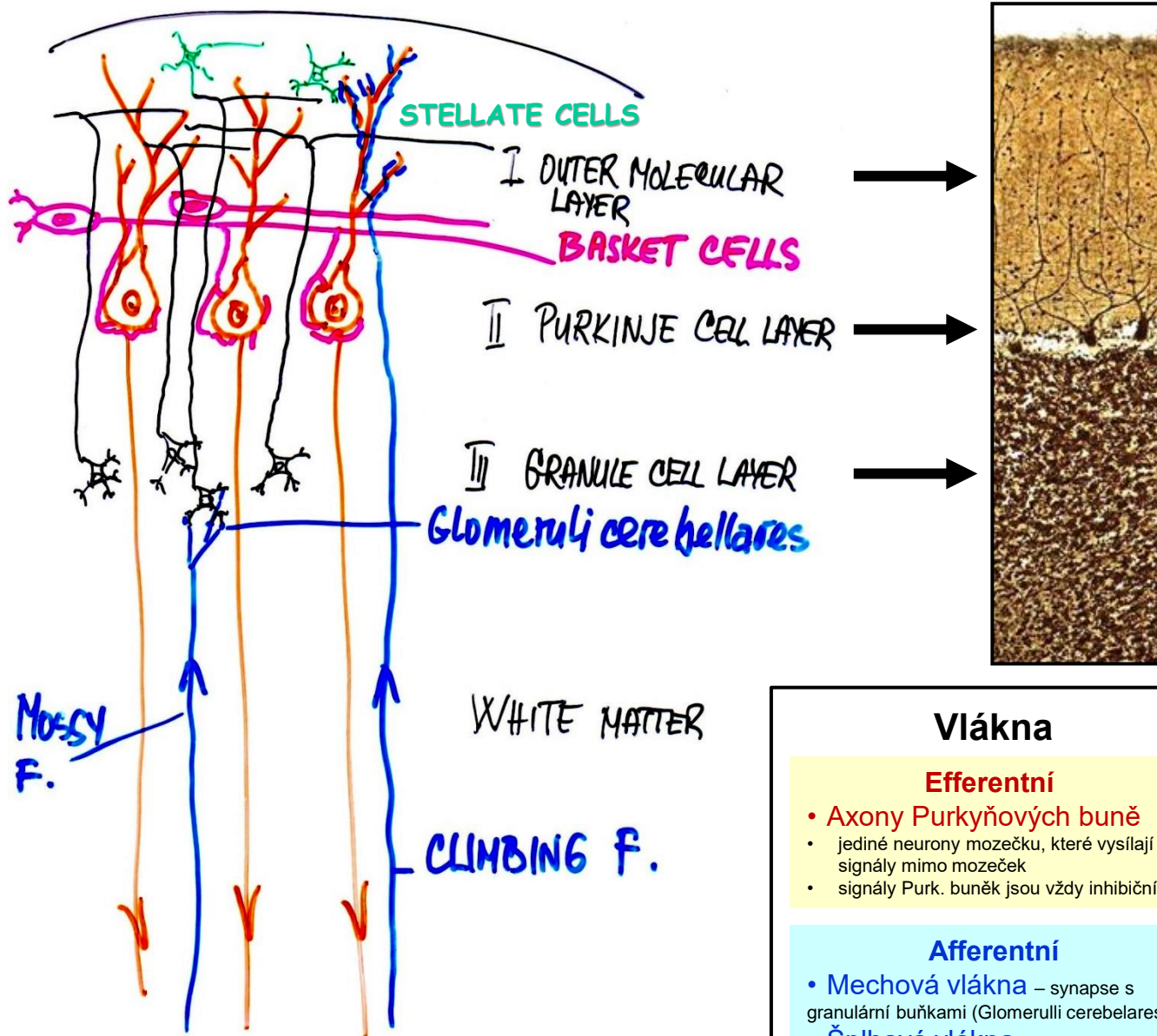
Granulární vrstva (*stratum granulosum*)

- Granulární buňky
- Golgiho (Bergmanova) glie

Cerebellum – Purkyňovy buňky



Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Vlákna

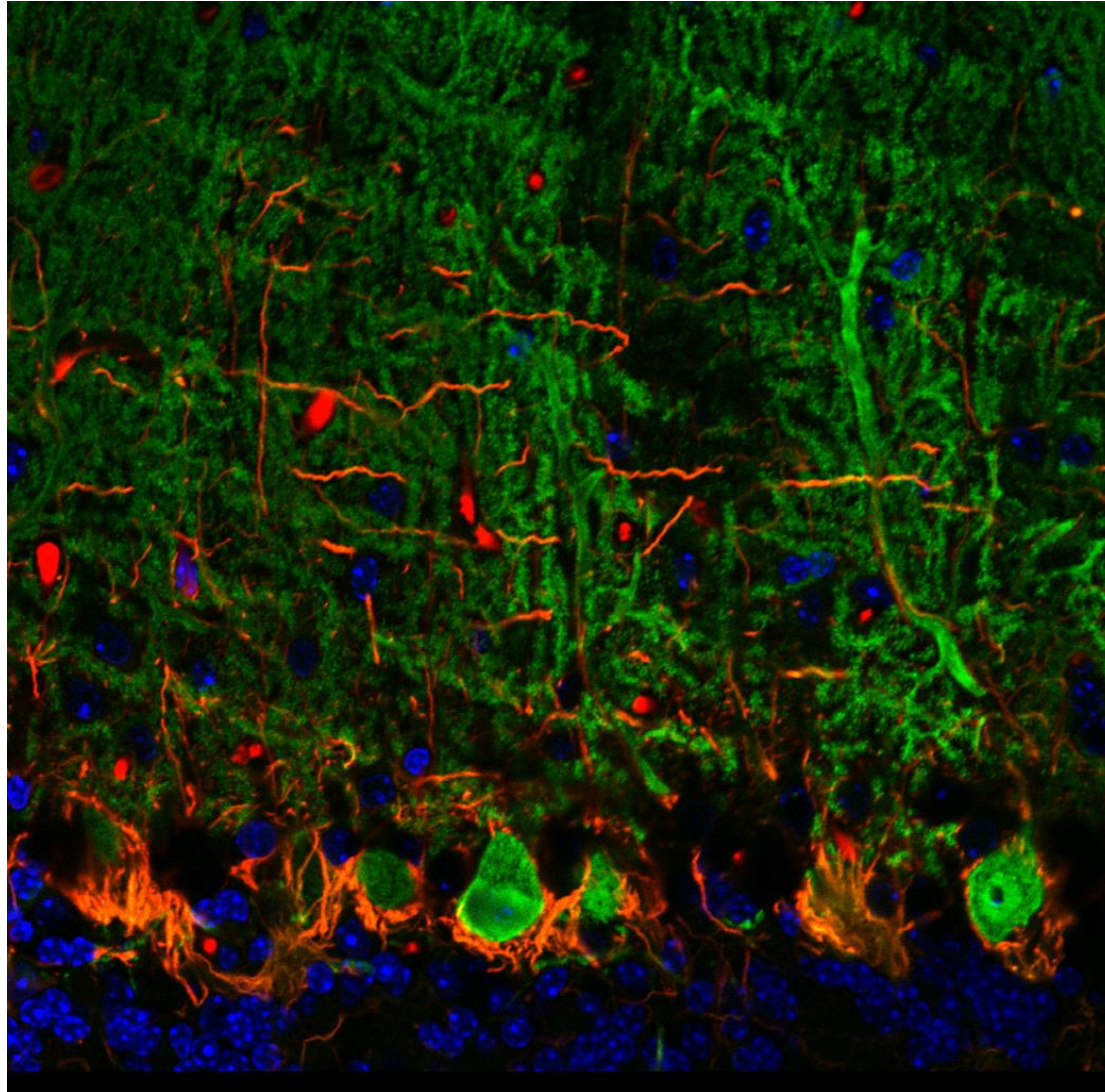
Efferentní

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

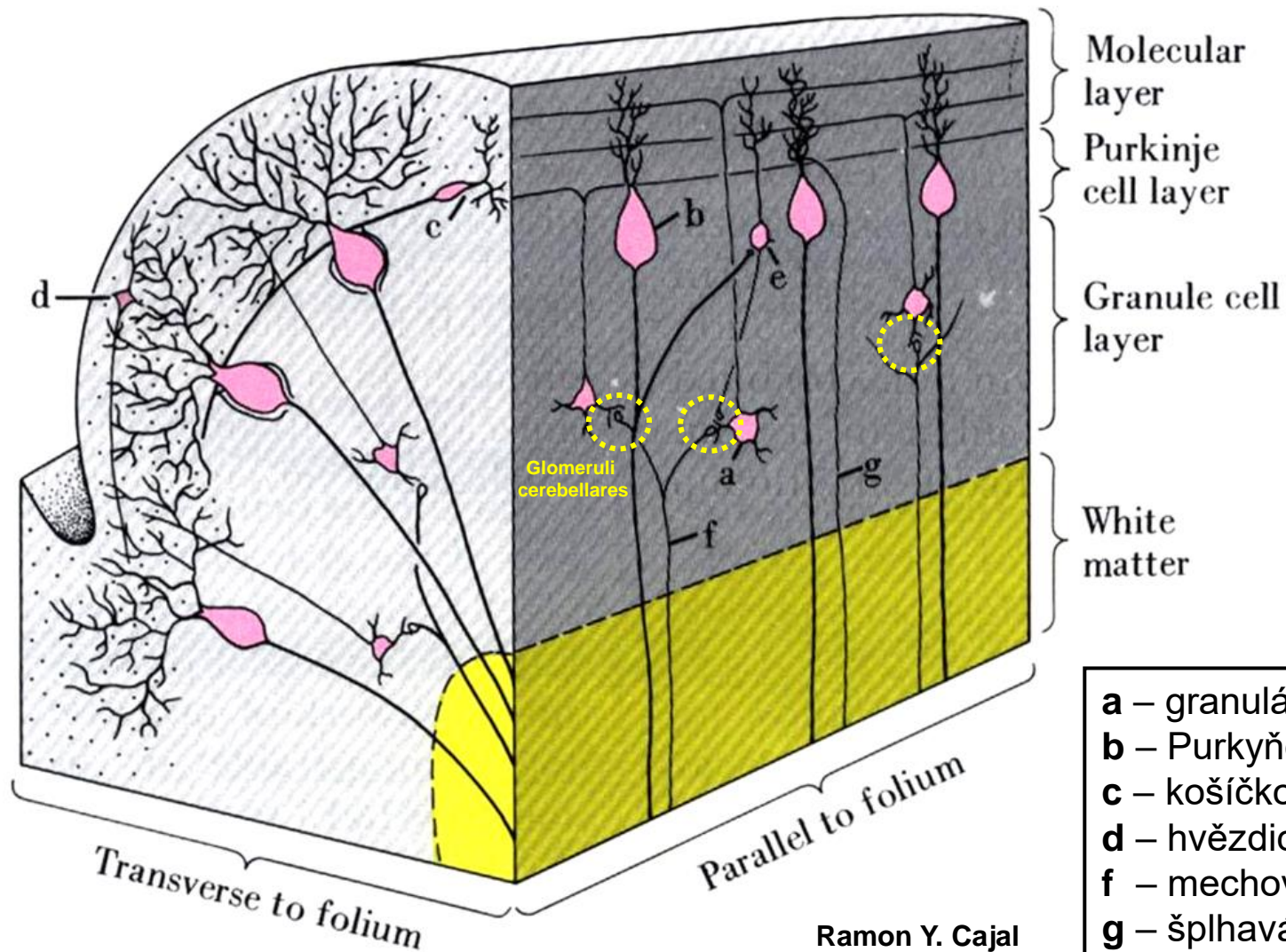
Afferentní

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

Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



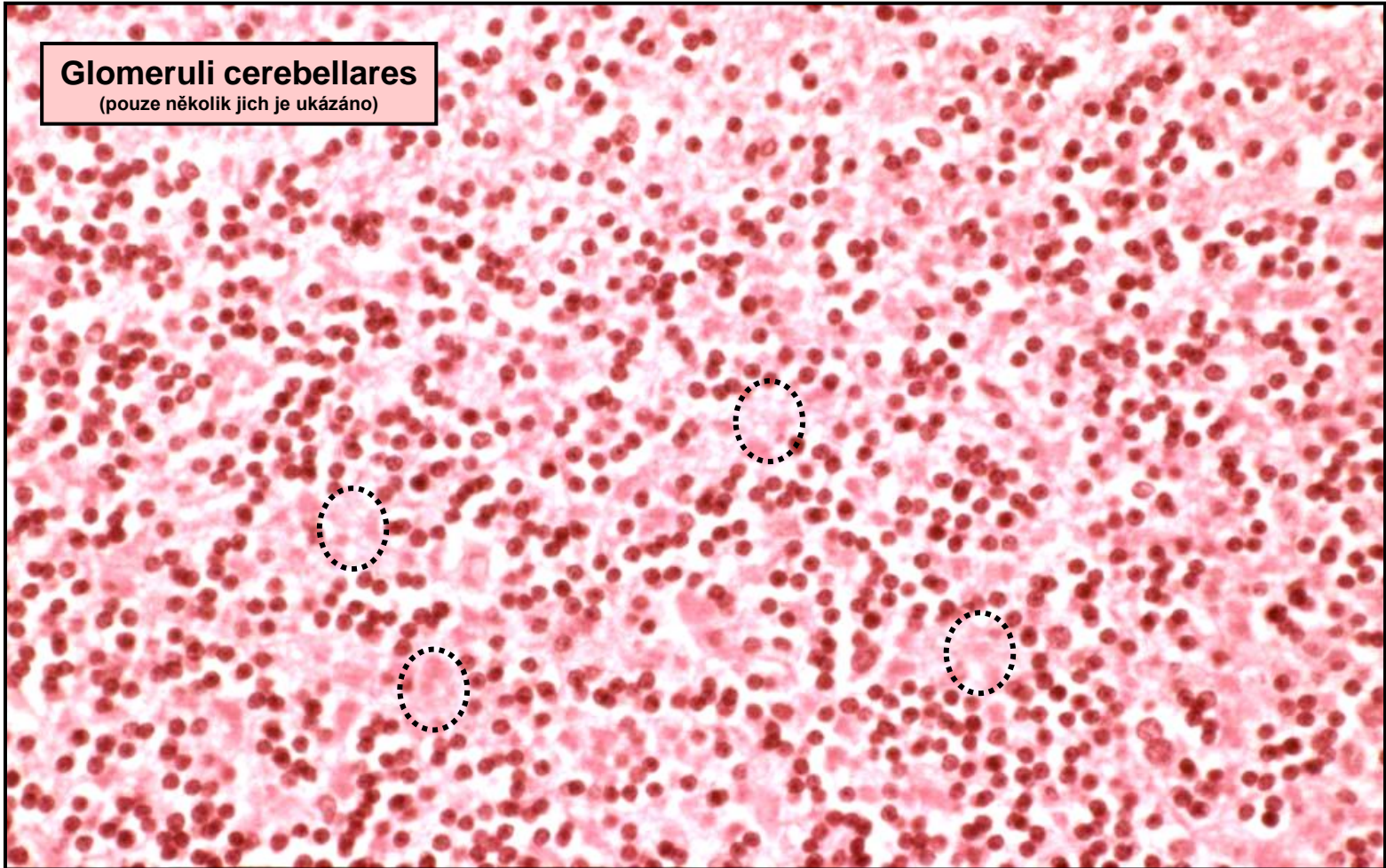
Ramon Y. Cajal

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

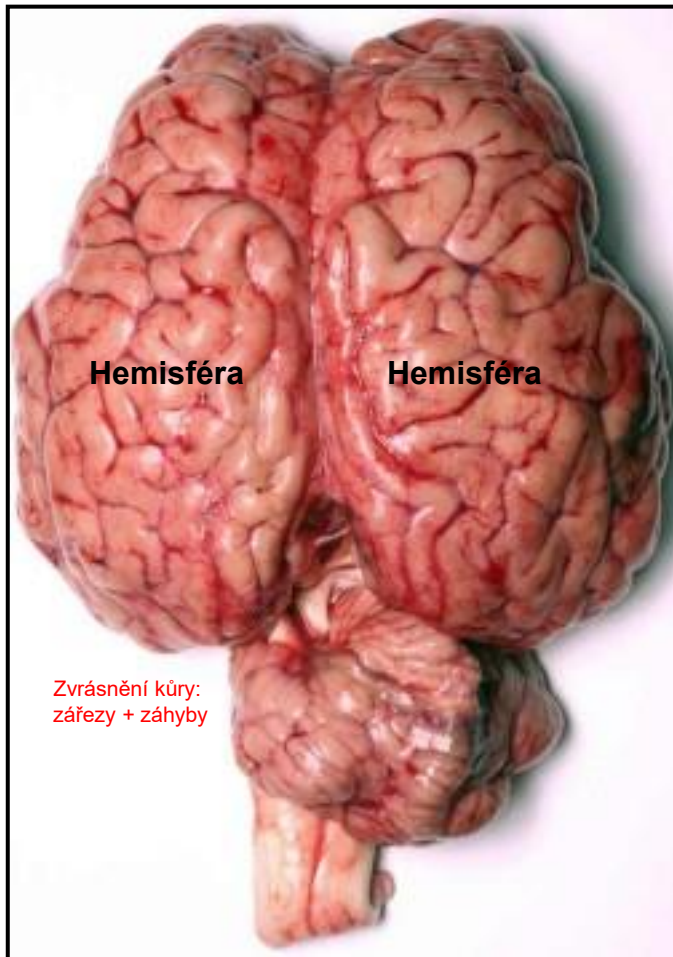
Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna

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

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

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

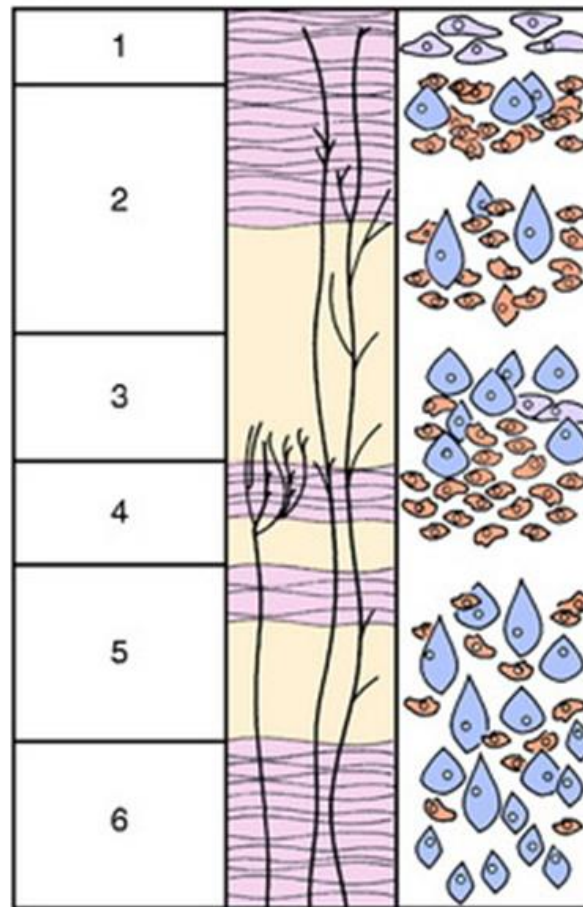
6. Lamina multiformis

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

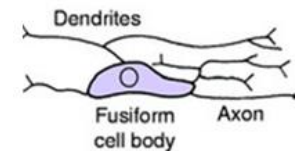
Nepyrámidové

- 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))

Lamination Myeloarchitectonics Cytoarchitectonics

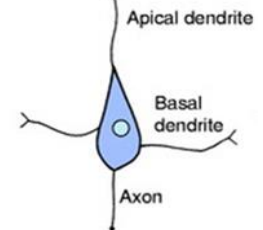


Horizontal neuron of Cajal

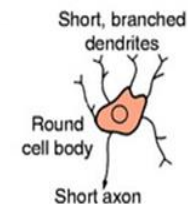


Processes parallel to the surface of the cortex

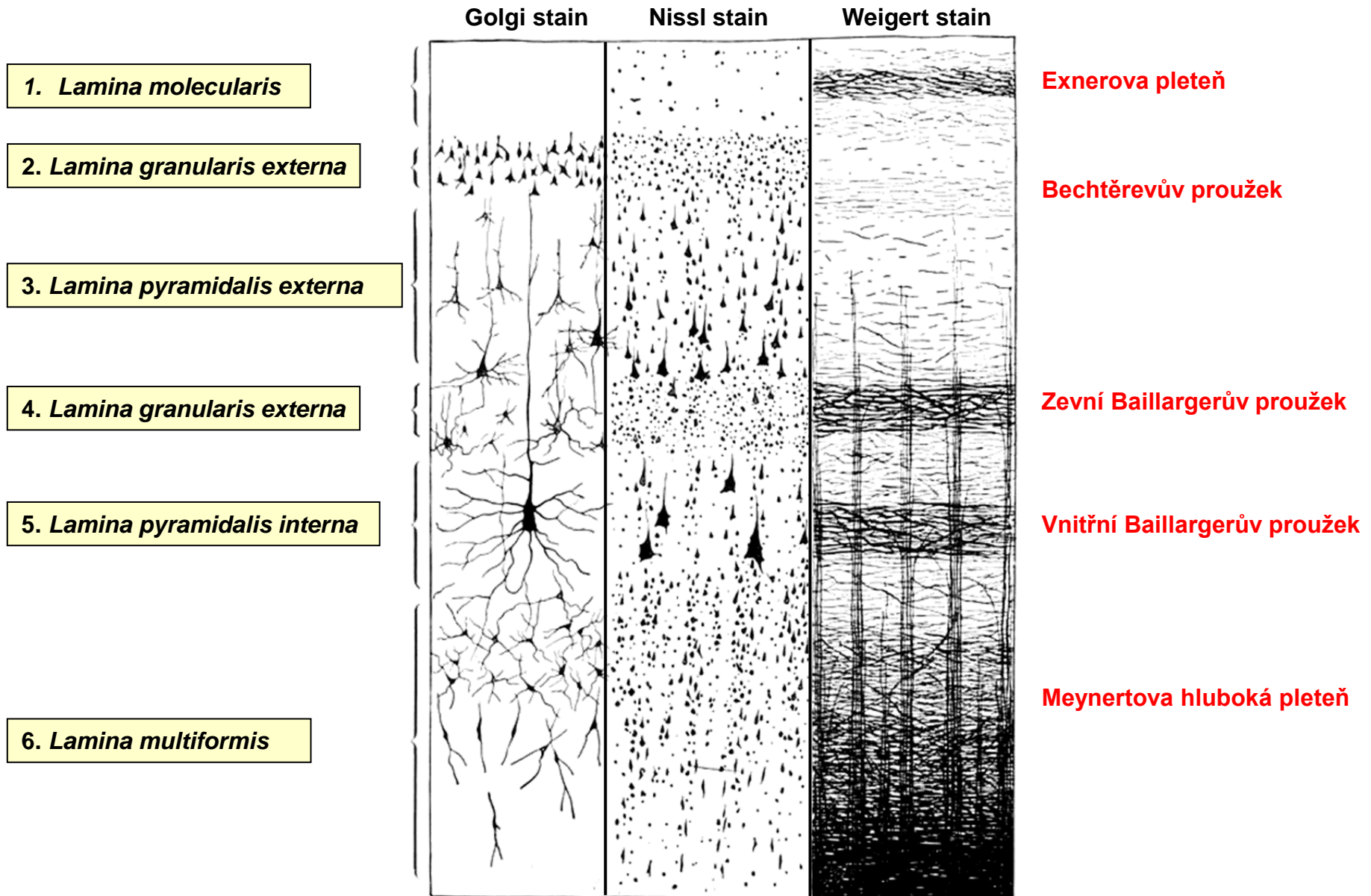
Pyramidal neuron 10-50 μm



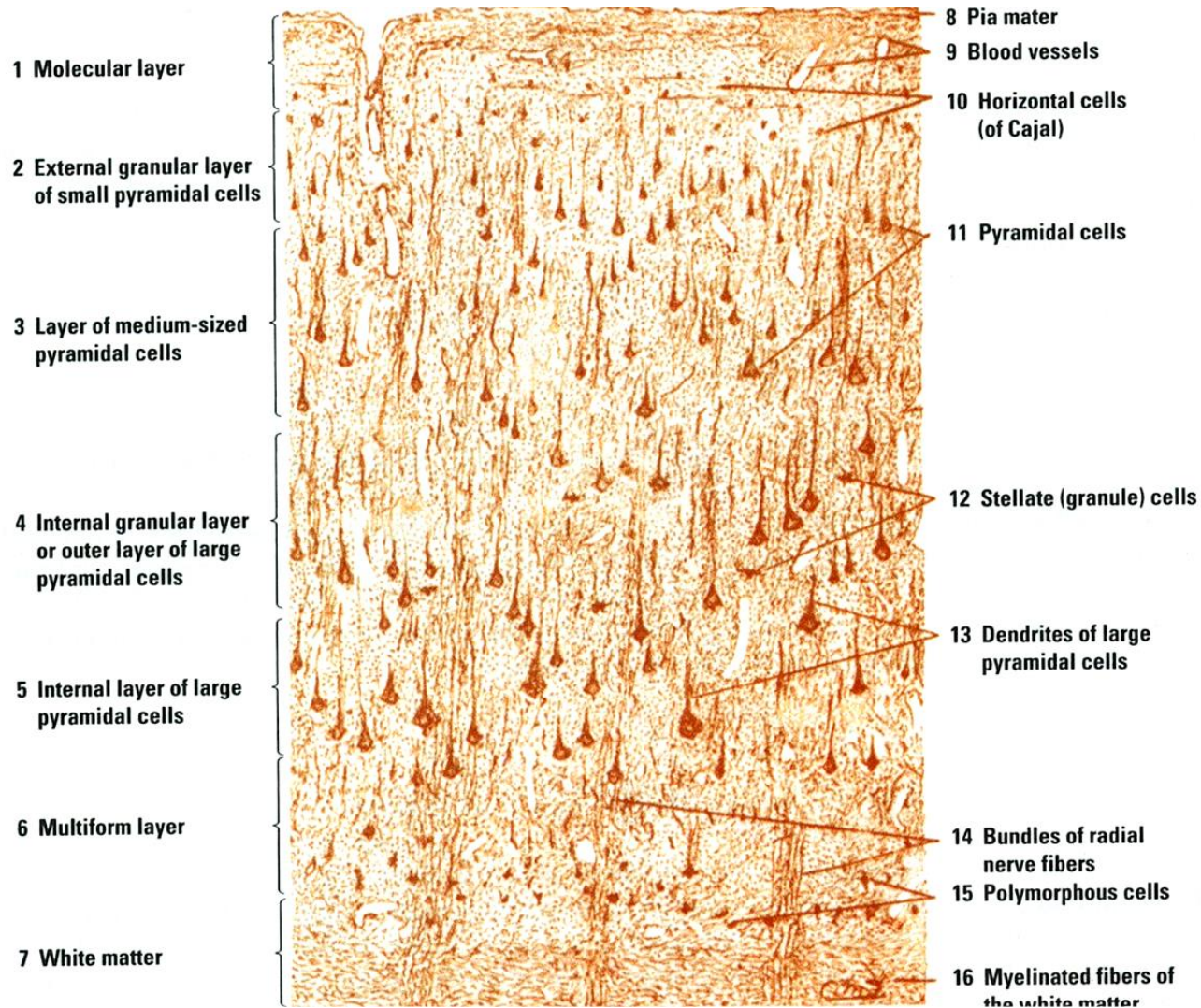
Stellate (granular) neuron



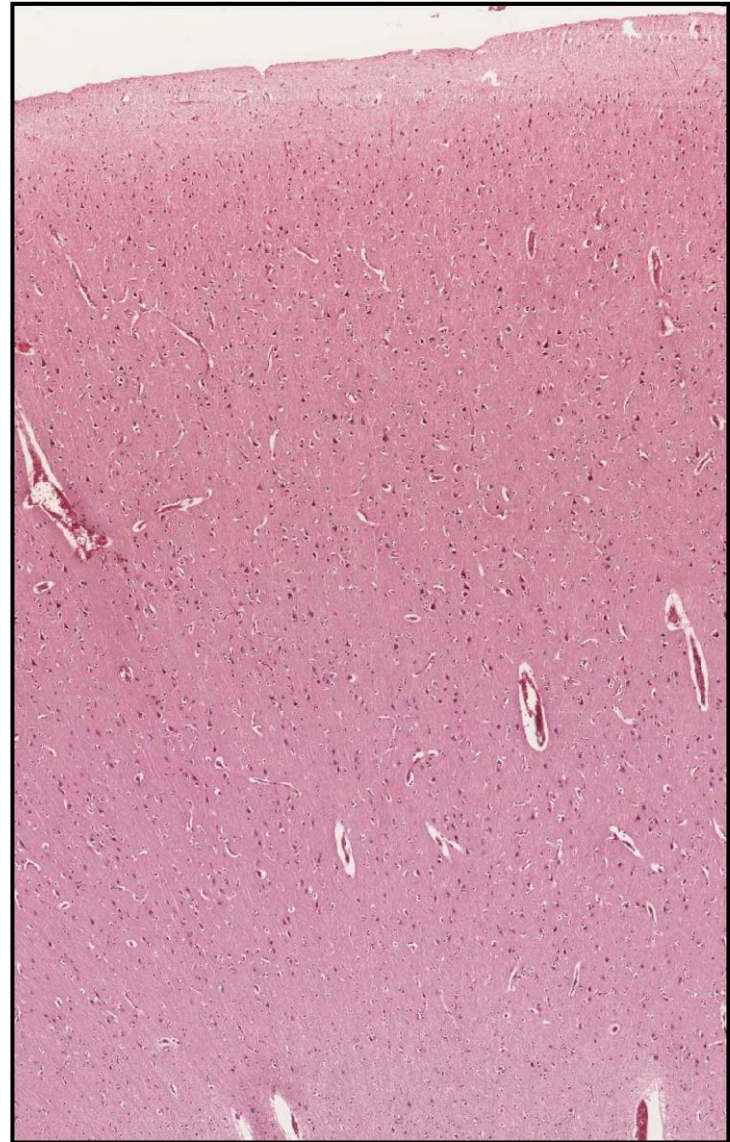
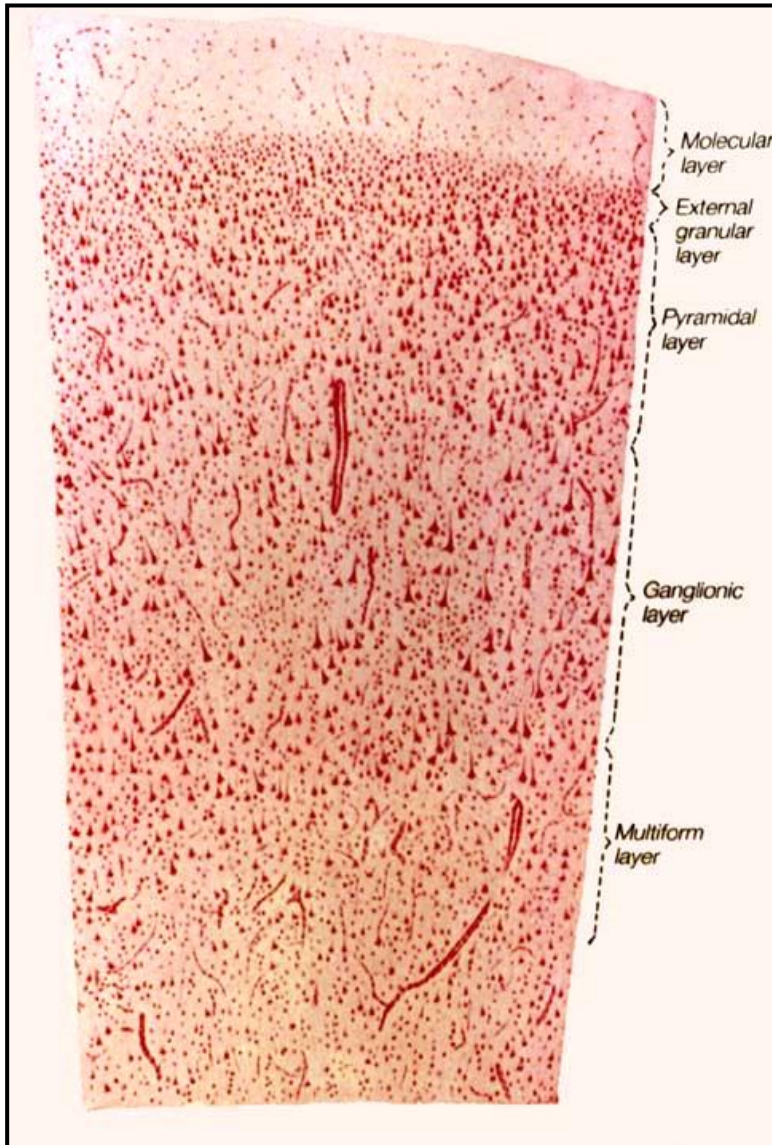
Telencephalon – Kůra – Typy neuronů + Pleteně



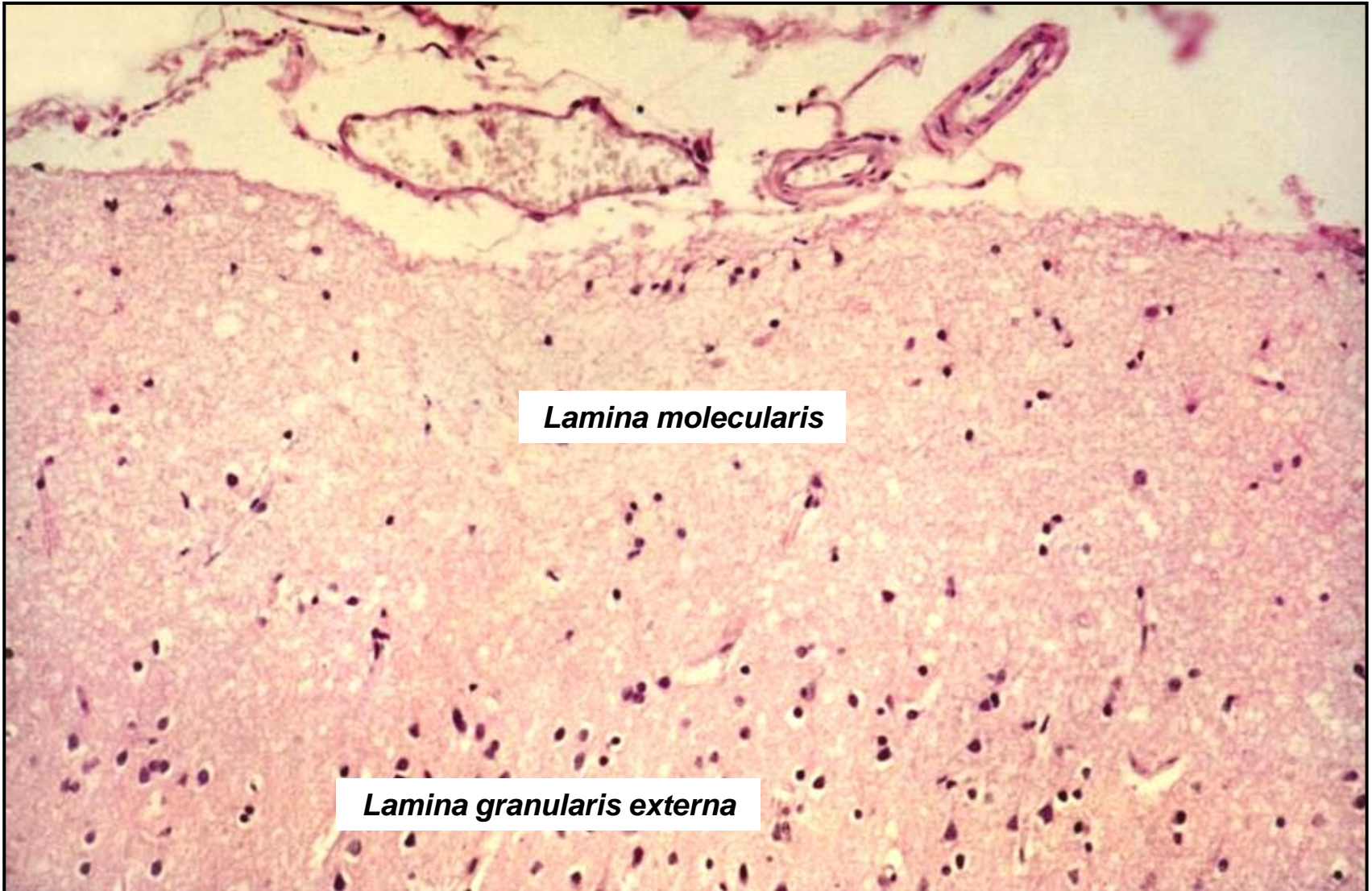
Telencephalon - Isocortex



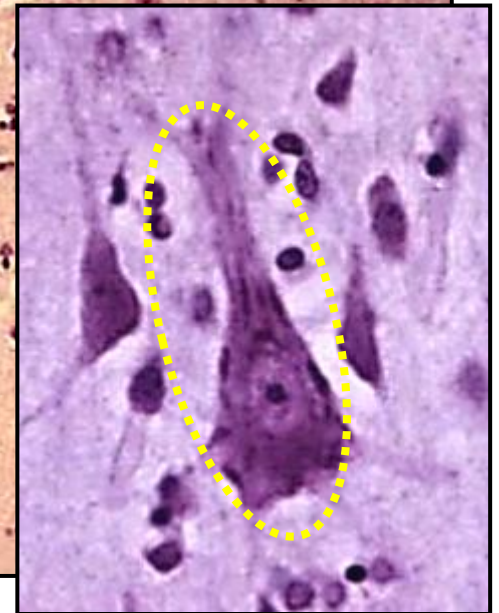
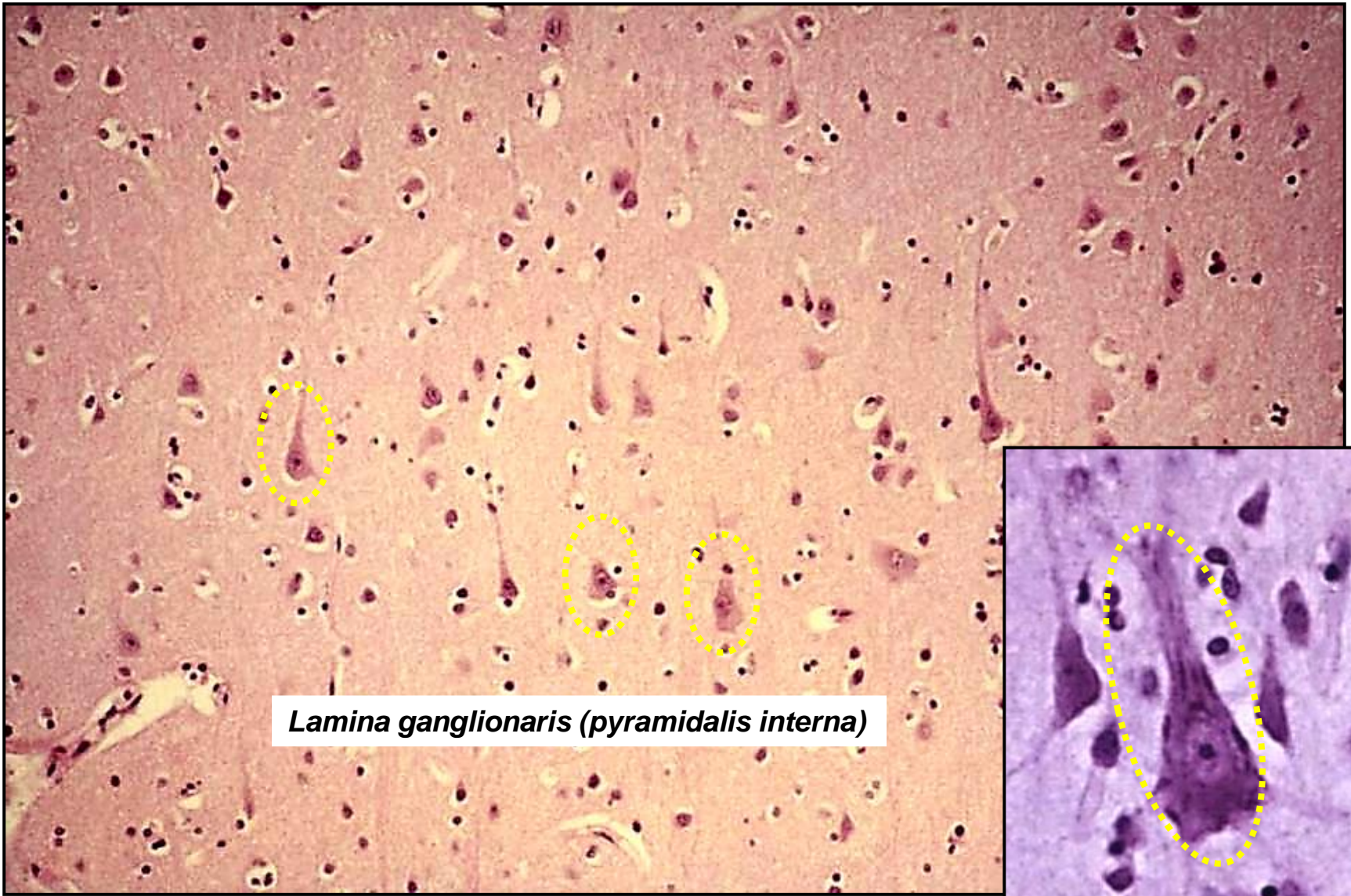
Telencephalon - Isocortex



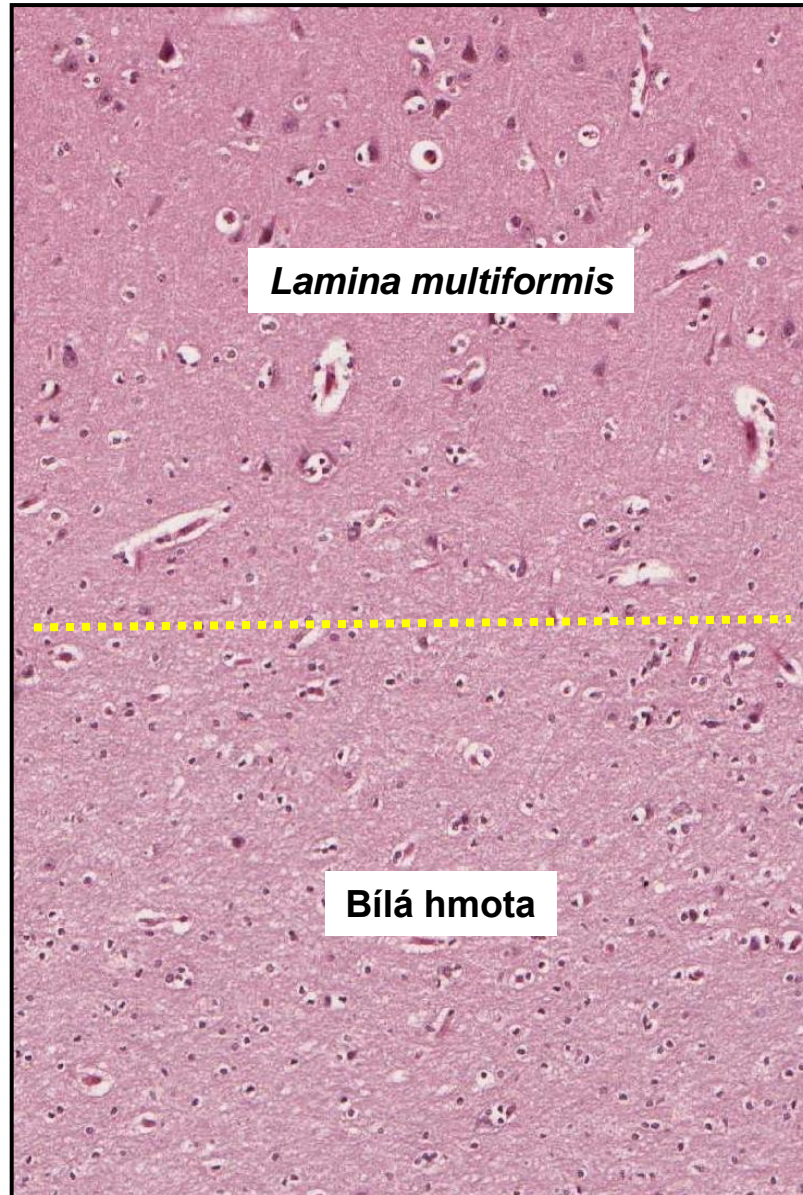
Telencephalon - Isocortex



Telencephalon - Isocortex



Telencephalon - Isocortex



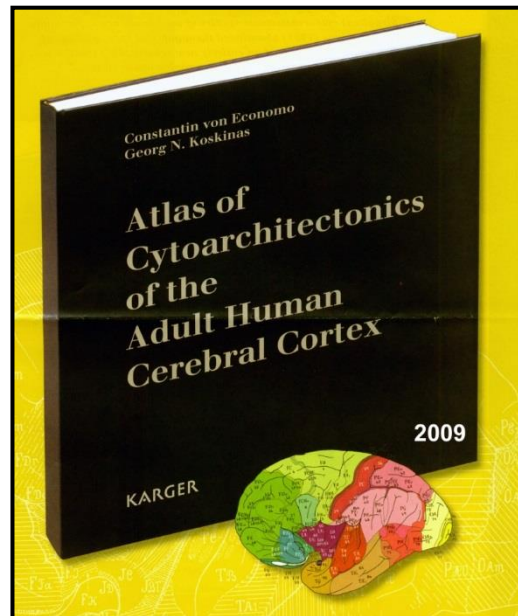
Telencephalon - Isocortex

Homotypický
typická 6-ti vrstvá architektura

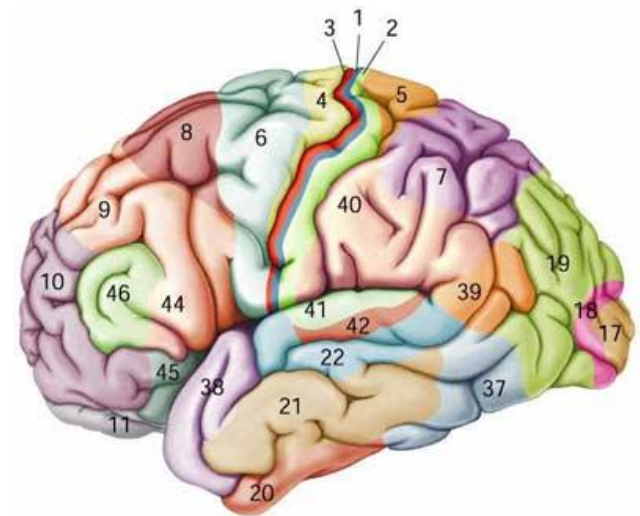
Heterotypický
různé odchylky od typické architektury
(cell numbers/density, relative proportions, thickness, fibers, vessels, ...)

Mapy

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

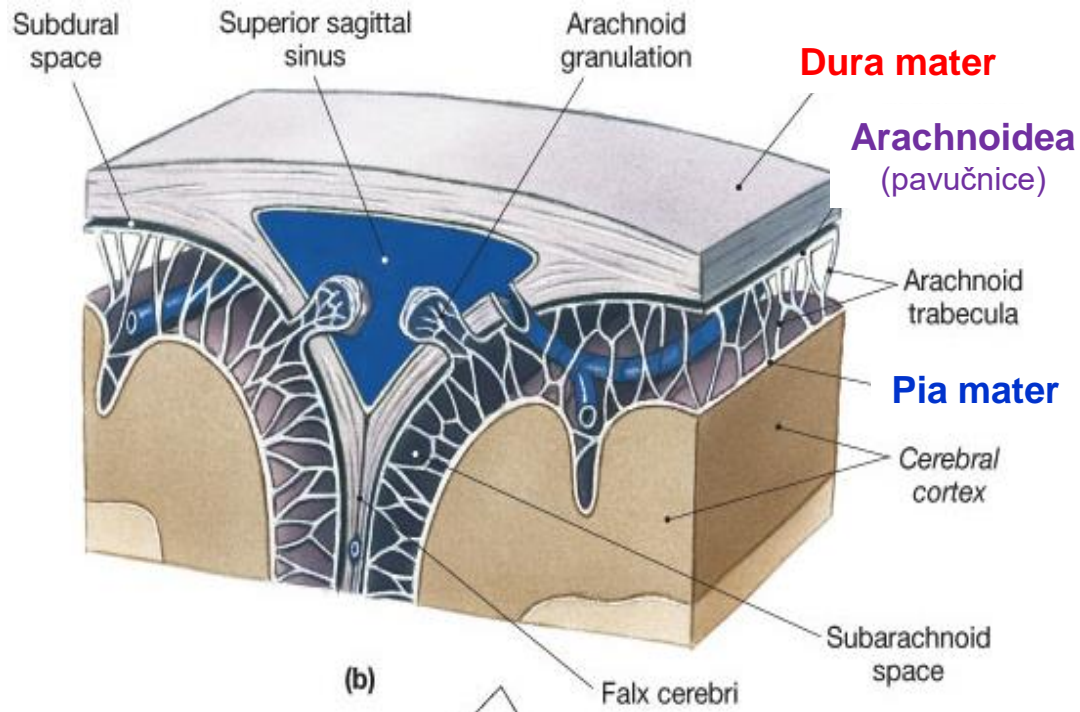


1909 - K. Brodman
11 regions and 52 areas



Meningy – Pleny mozkové

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



Pachymeninx (tvrdá plena)

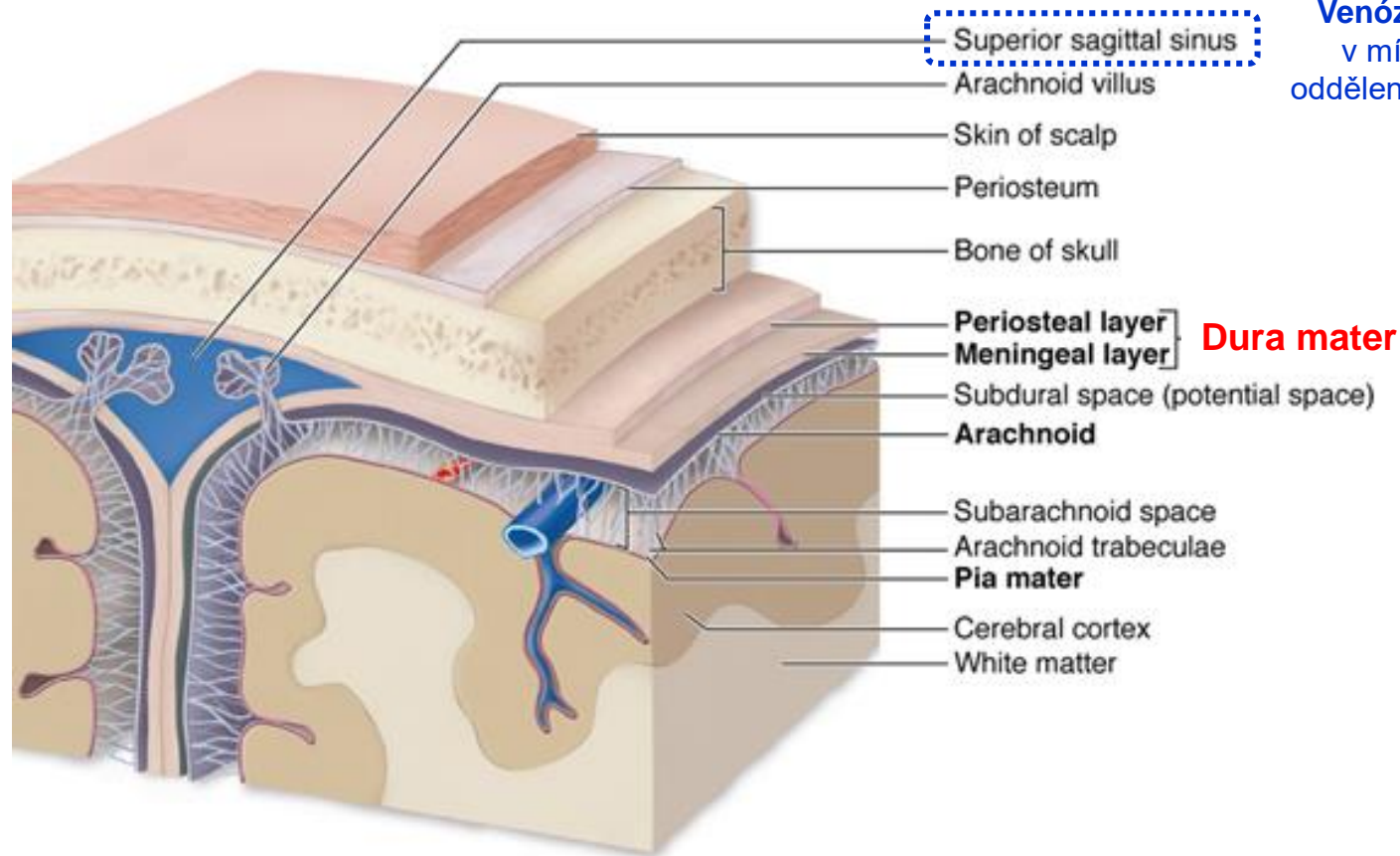
Dura mater

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

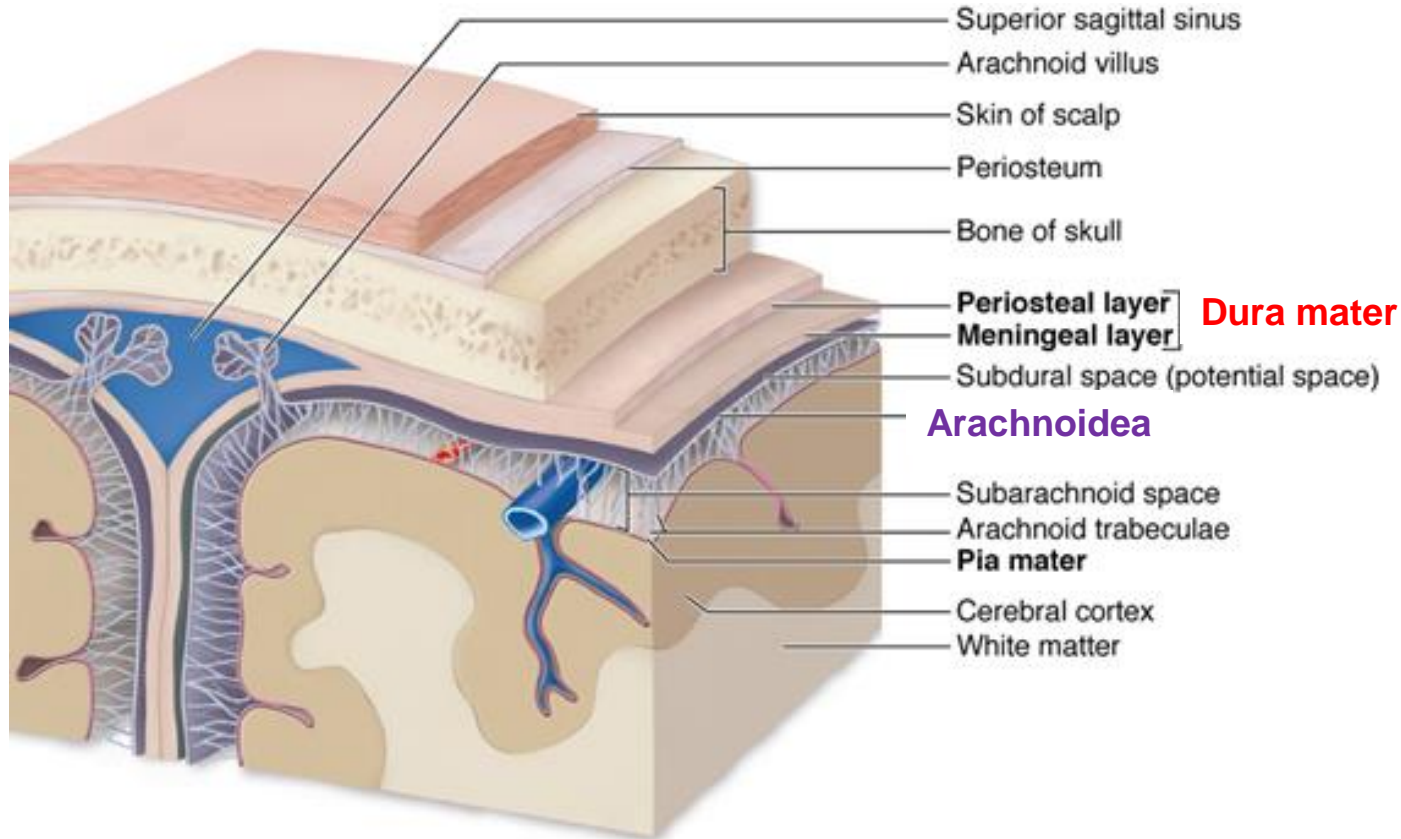
- **Endostální vrstva (periostální; zevní)** – přiložena k vnitřní straně kostí lebky – splývá s periostem
- **Meningeální vrstva (vnitřní)** – tenká fibrózní blána, vnitřní povrch kryt neurotelem (modifikované fibroblasty)

Spinální dura

- pokračování **vnitřní vrstvy** kraniální tvrdé pleny

Meningy – Arachnoidea

střední + uspořádání pavoučí sítě + avaskulární



Arachnoidea

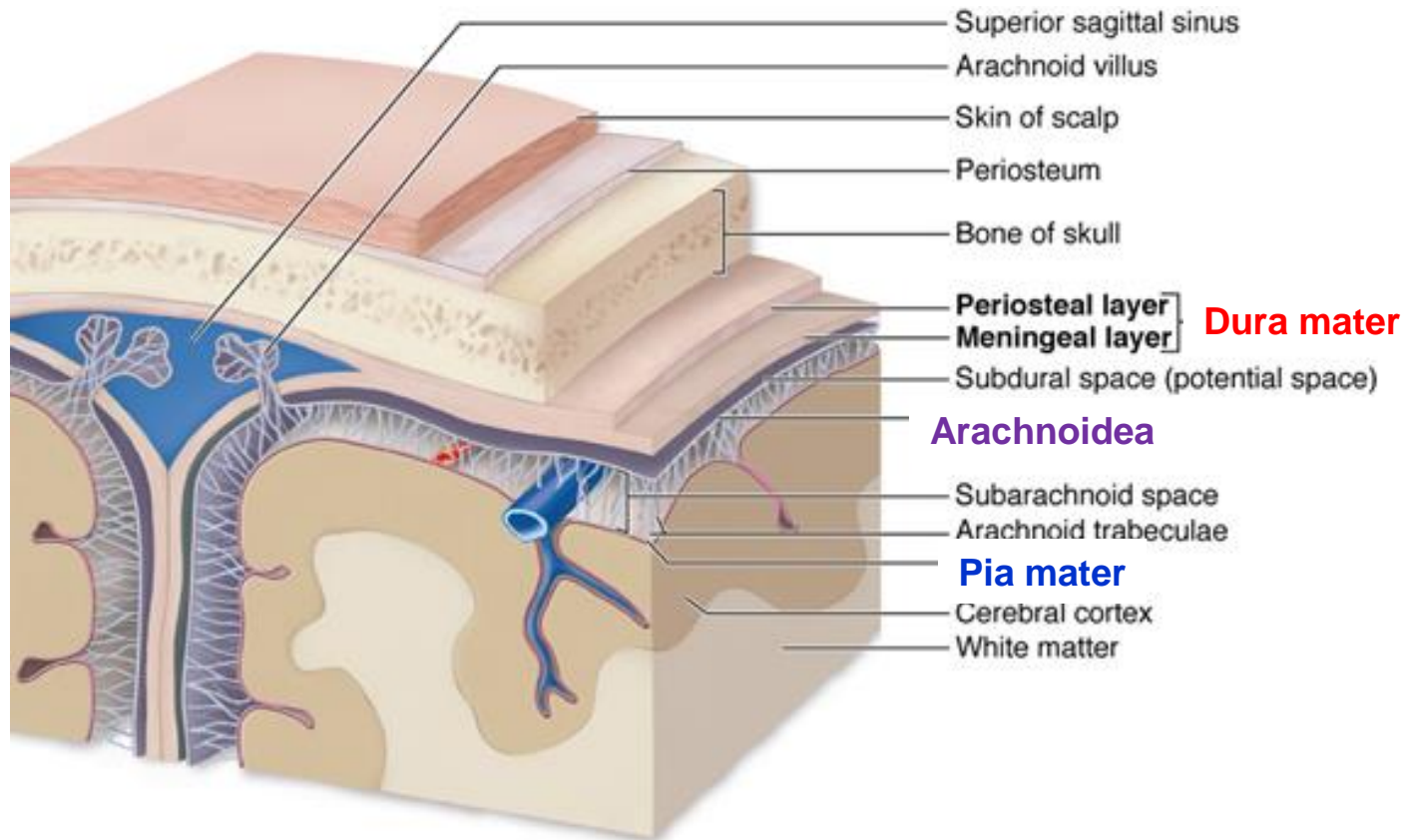
- **Neurotel (*lamina neurothelialis*)** – adhezuje k vnitřní vrstvě dura mater, **těsné spoje – bariéra mezi cerebrospinálním mokem a krví v dura mater**
- **Trabekuly (trámce)** – jemná fibrózní vlákna pokrytá plochými (meningeálními) buňkami

Subarachnoideální prostor

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

Meningy – Pia mater

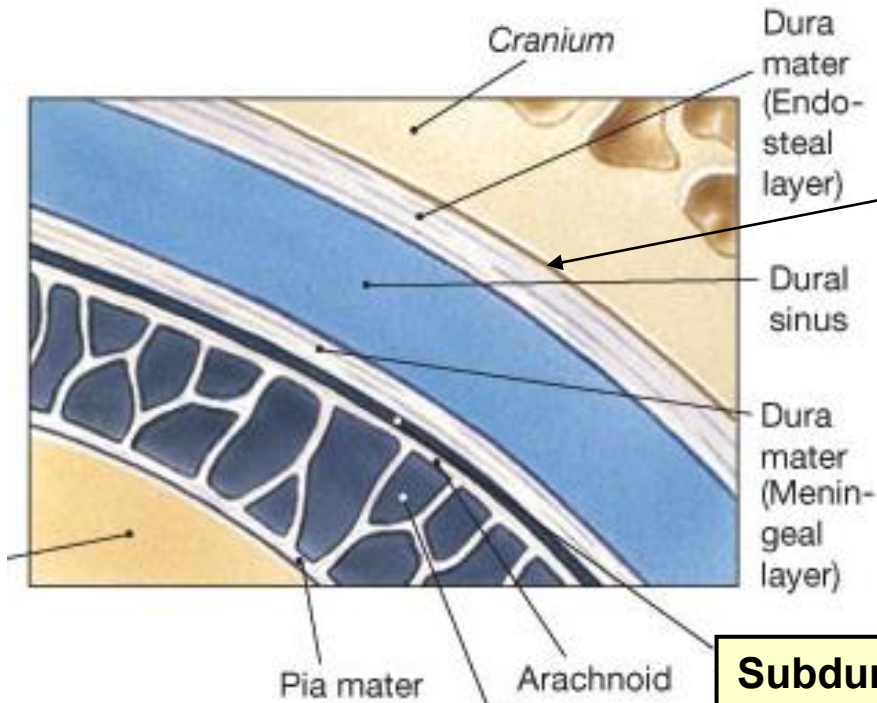
vnitřní + jemná + vaskularizovaná + těsně přiložena na povrchu mozku



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

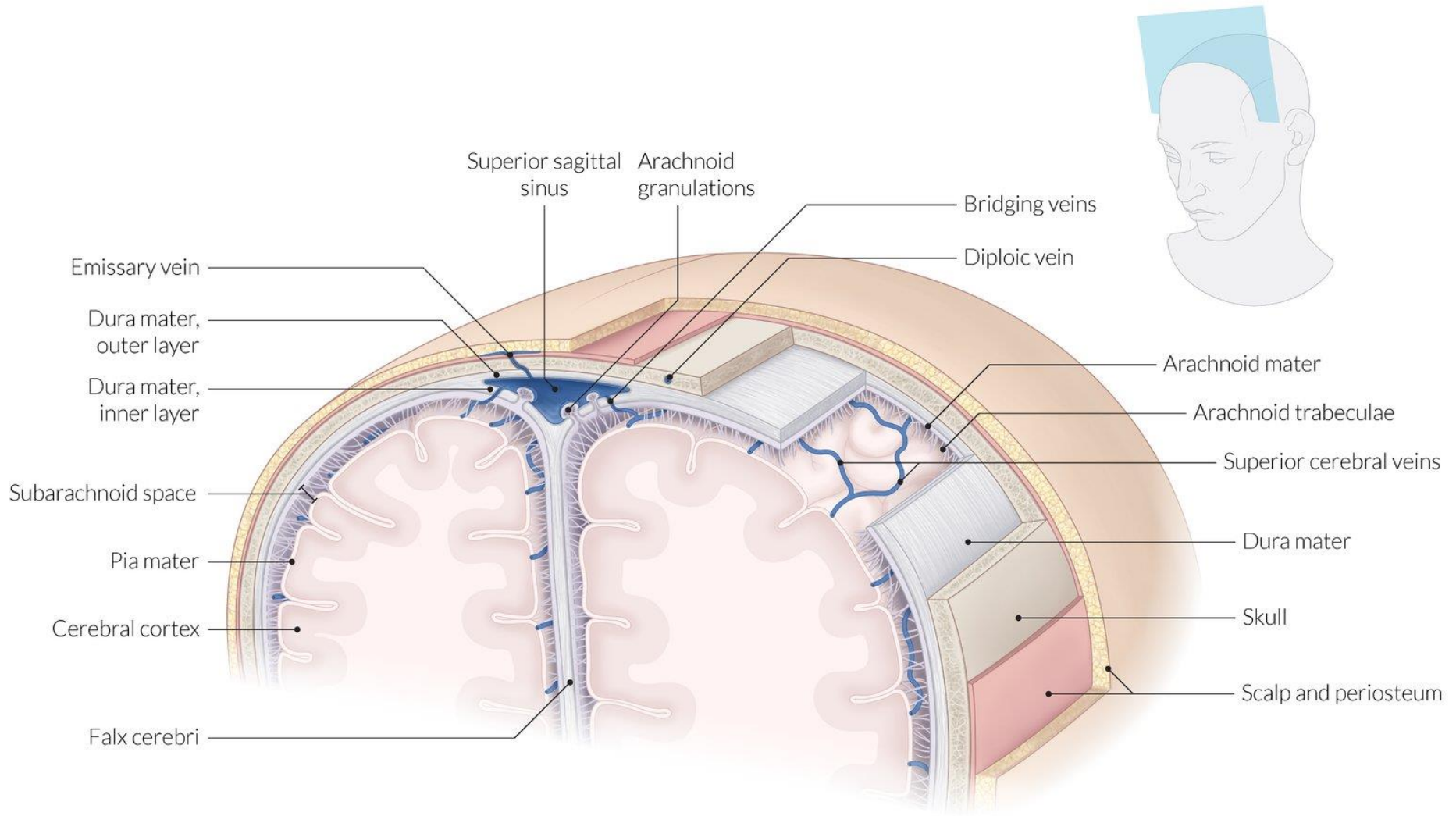
Epidurální prostor
• mezi dura mater a vnitřním povrchem páteřního kanálu
(potenciálně v kraniální oblasti)

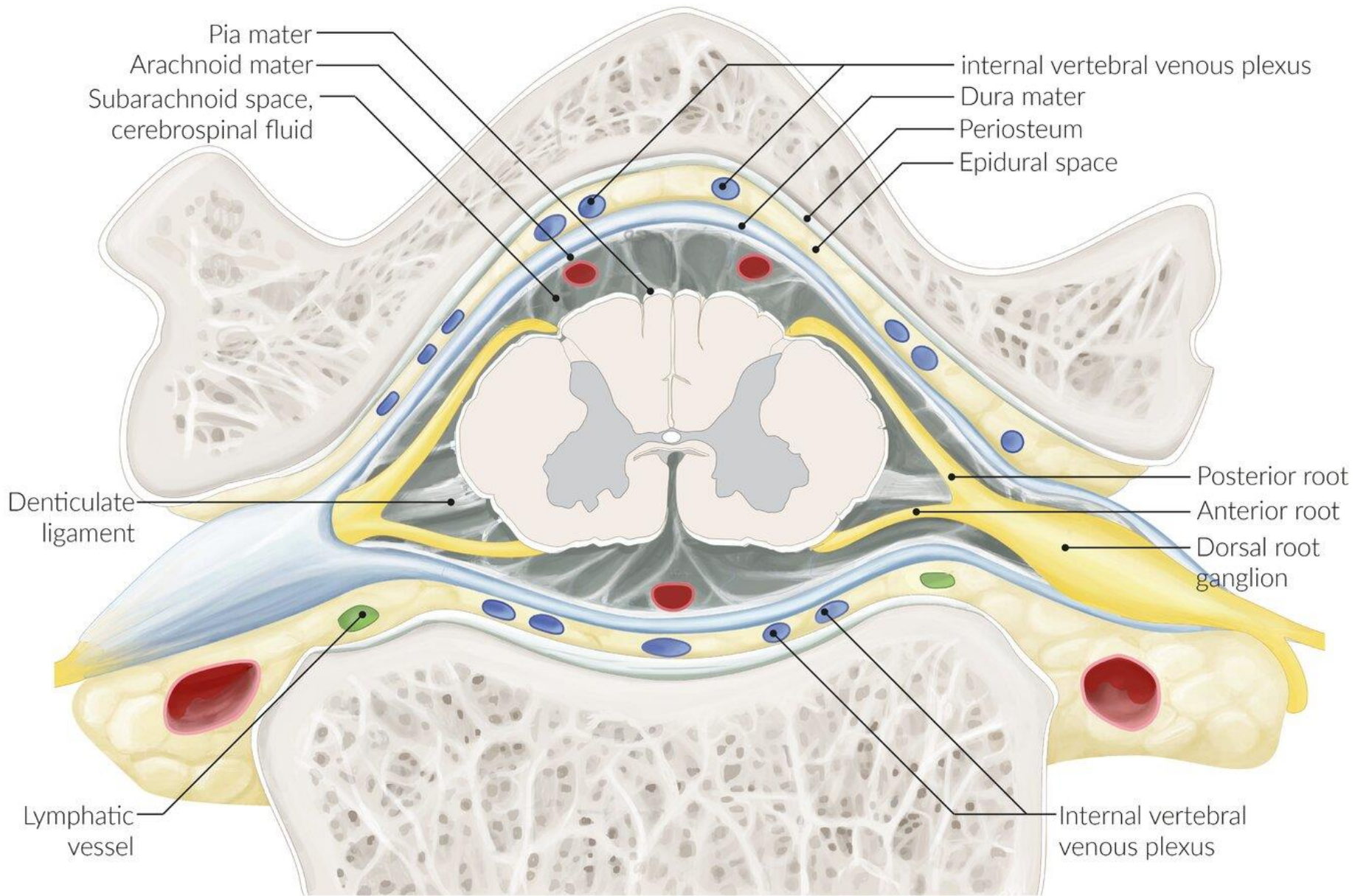
Subdurální prostor
• mezi pavučnicí a dura mater
(potenciálně v kraniální oblasti)

Subarachnoideální prostor

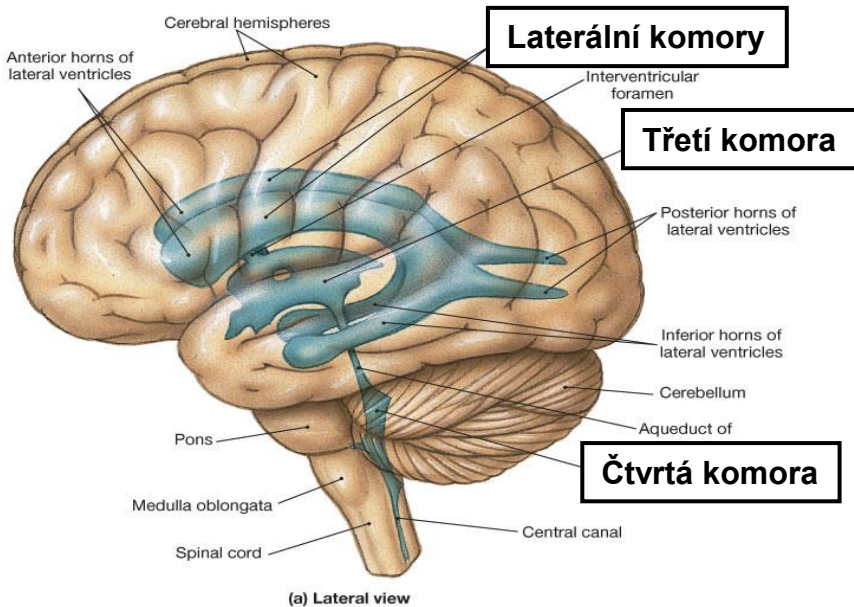
Subdurální prostor

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

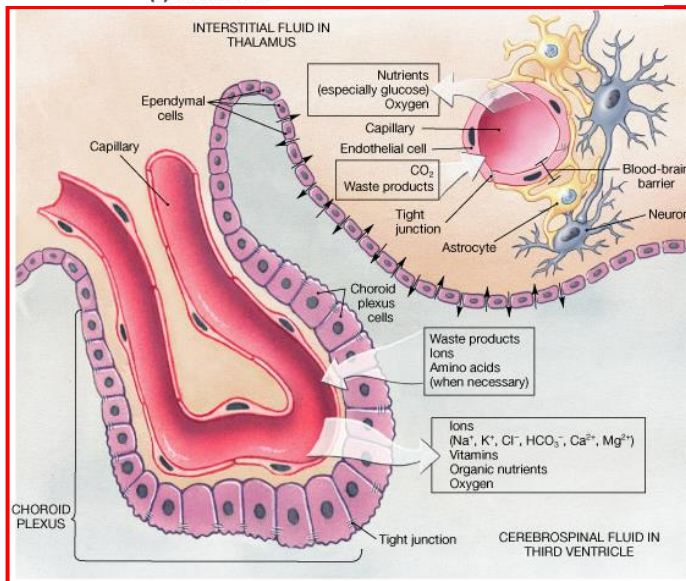




Cerebrospinální mok



(a) Lateral view

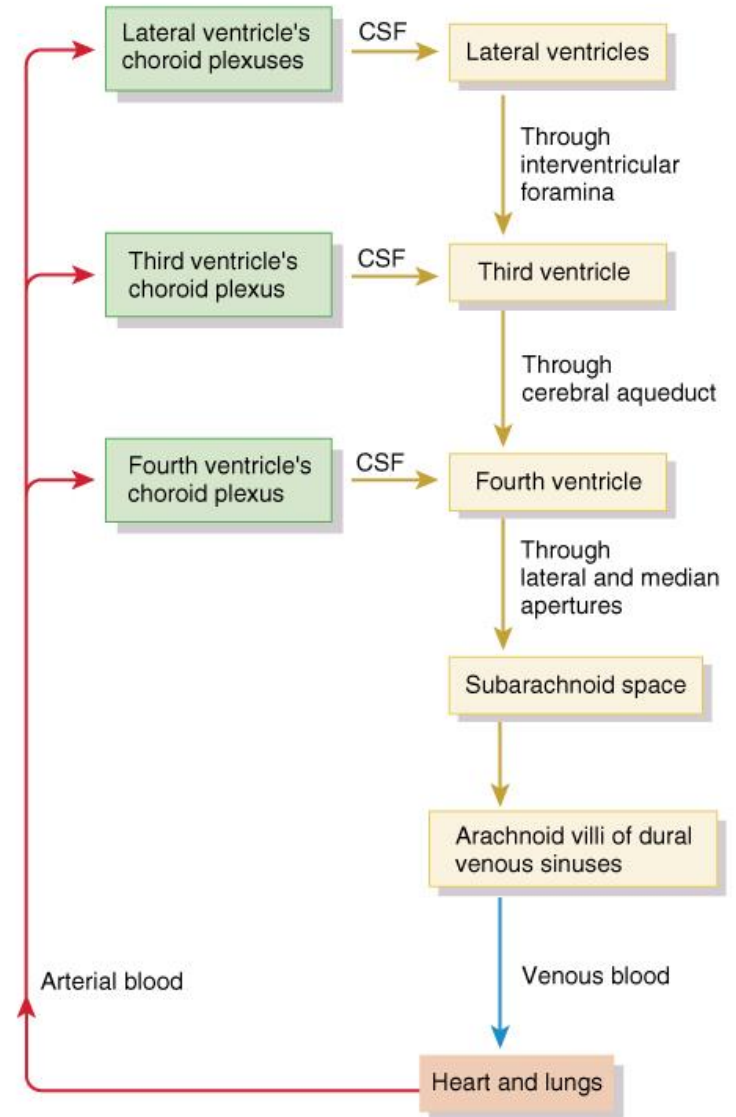
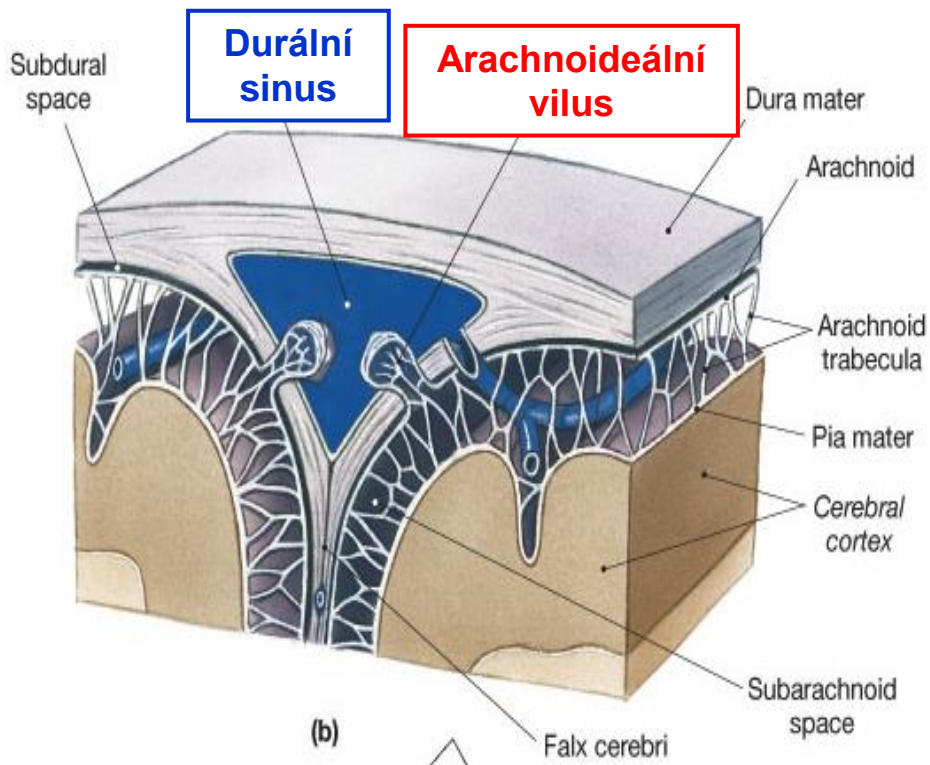


- ## Mozkové komory
- 2x laterální komory + 1x třetí komora + 1x čtvrtá komora
- spojeny s centrálním míšním kanálem
 - obsahuje cerebrospinální mok (CSF)
 - CSM je tvořen **ependymovými bmi. plexus choroideus**

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:

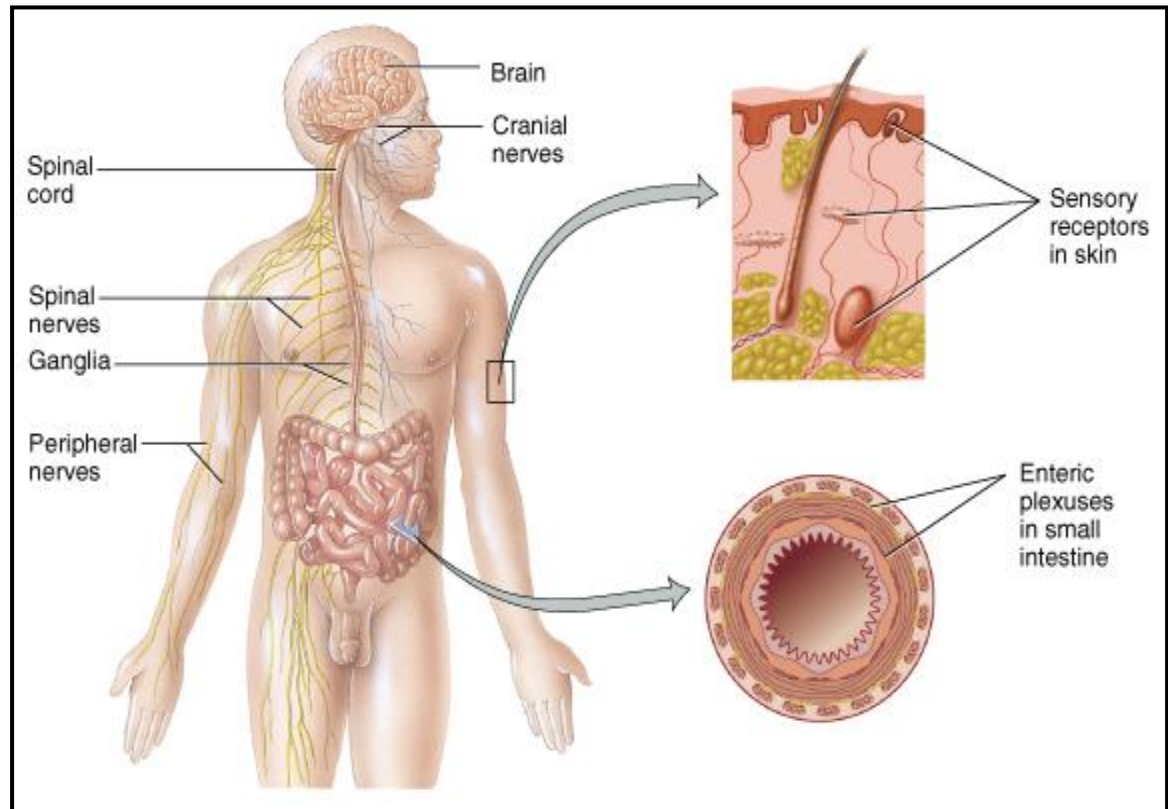
Přenos informace z periferie do CNS.

Eferentní (motorické) dráhy:

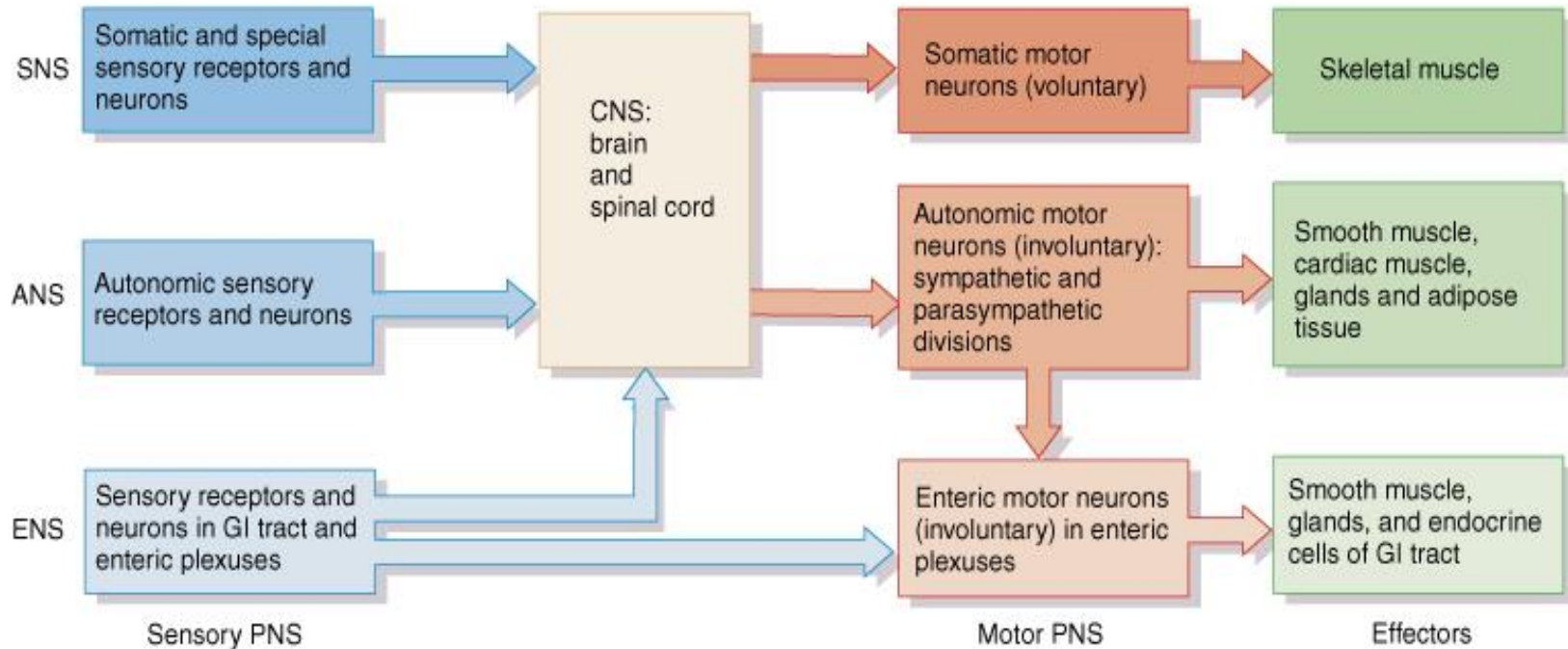
Přenos informace z CNS do periferie.

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)

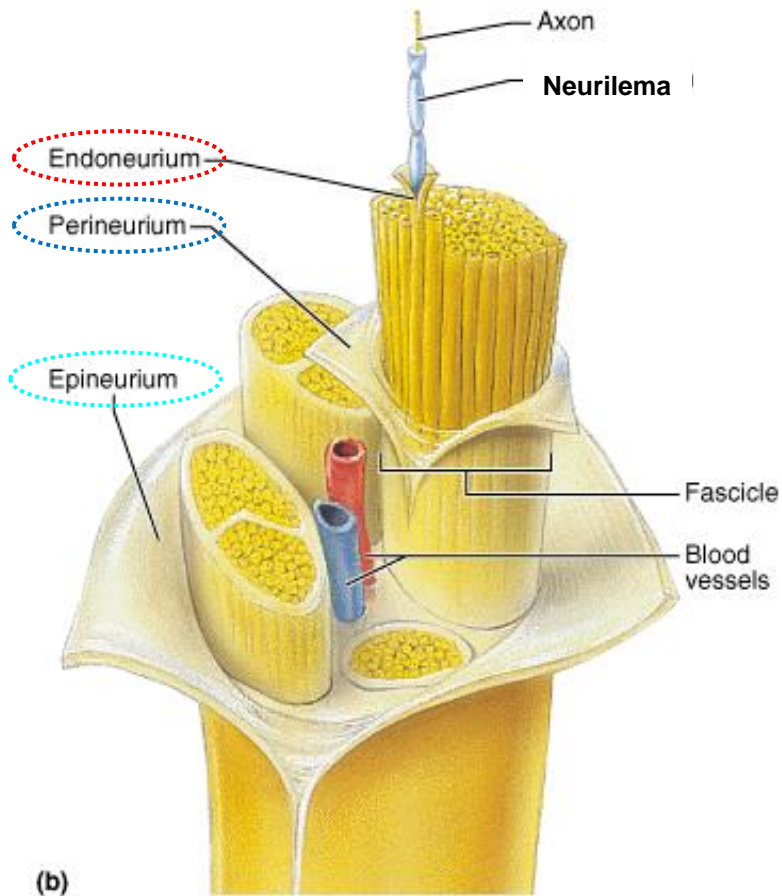
- sensorické neurony viscerálních orgánů do CNS
 - motorické neurony k hladké & srdeční svalovině a žlázám
- 1. sympatheticus**
2. parasympatheticus

Enterický nervový systém (ENS)

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

Periferní nervový systém - Nervy

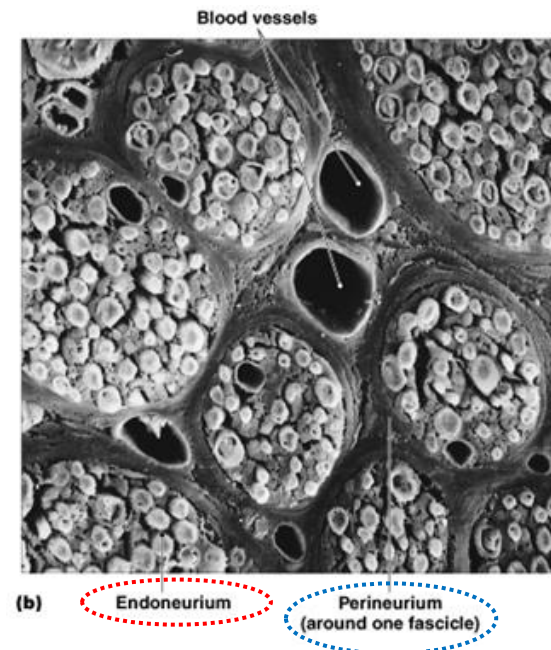
Sestává ze 100 a 100 000 tisíc myelinizovaných a nemyelinizovaných axonů (nervových vláken)



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

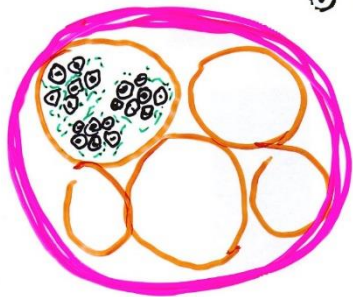
Pojivová tkáň spoluvytvářející nerv:

- **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

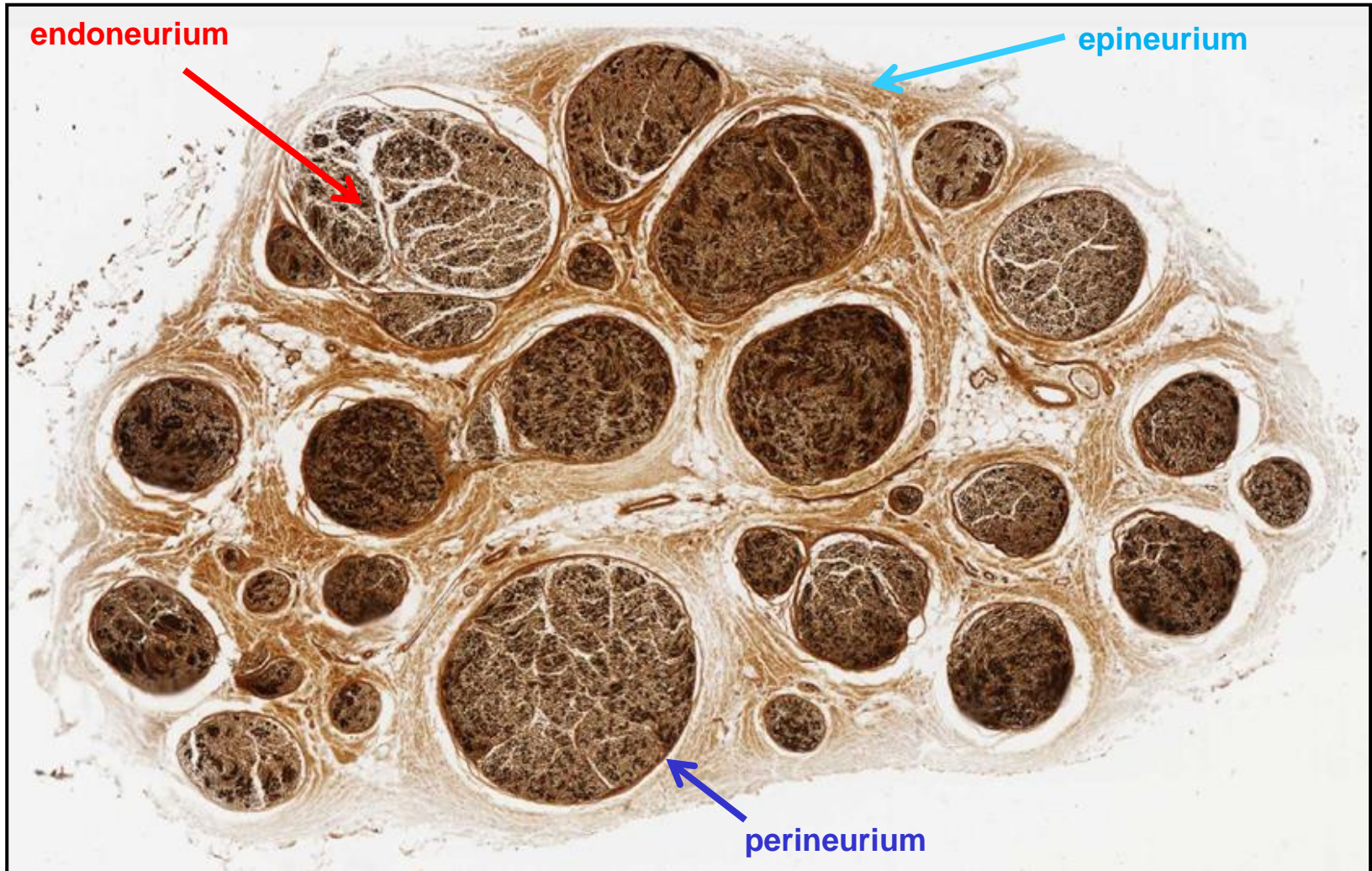
SECONDARY N.B.

PERINEURIUM

EPINEURIUM



Periferní nervový systém - Nervy



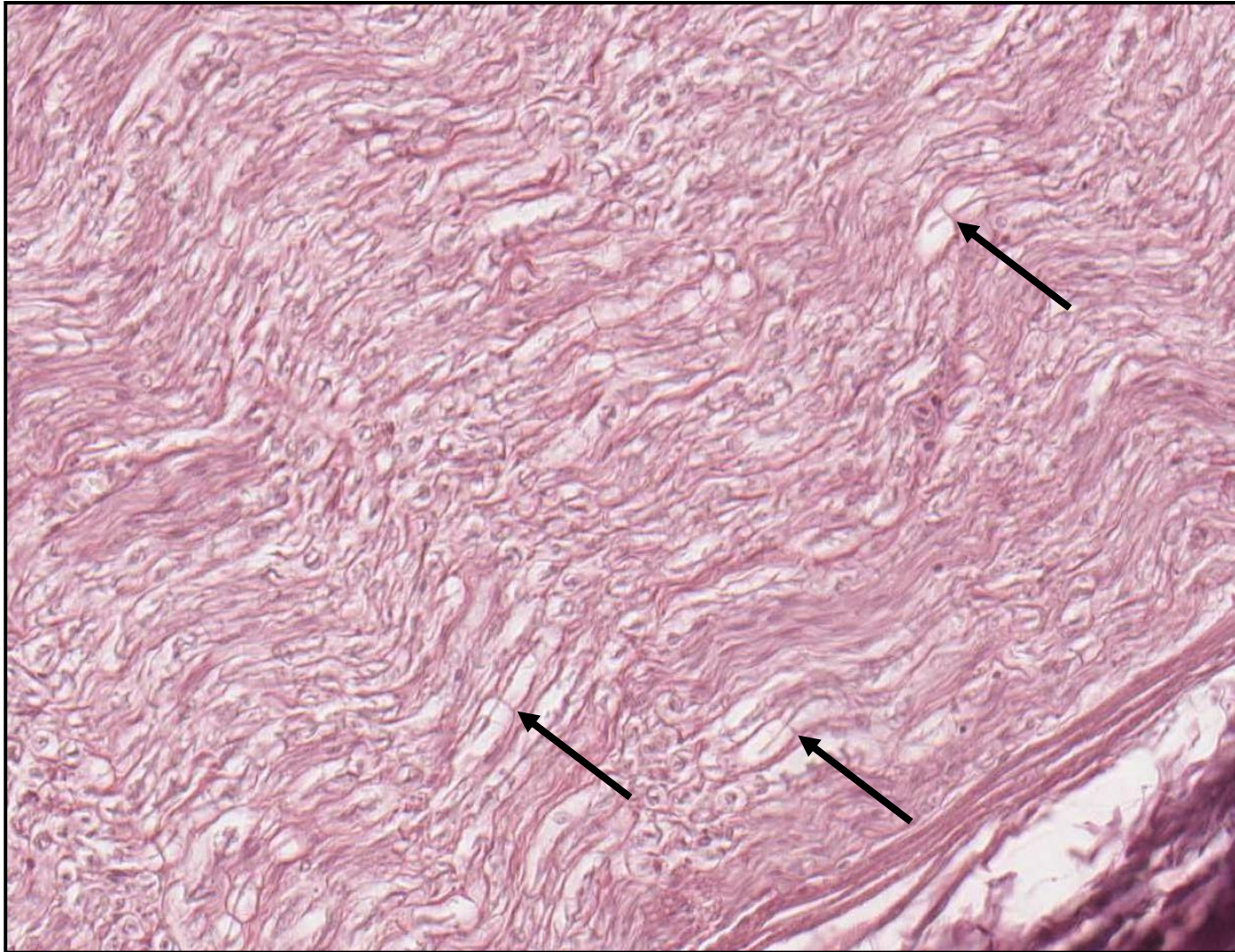
Periferní nervový systém - Nervy



axony

Myelinové pochvy

Periferní nervový systém - Nervy



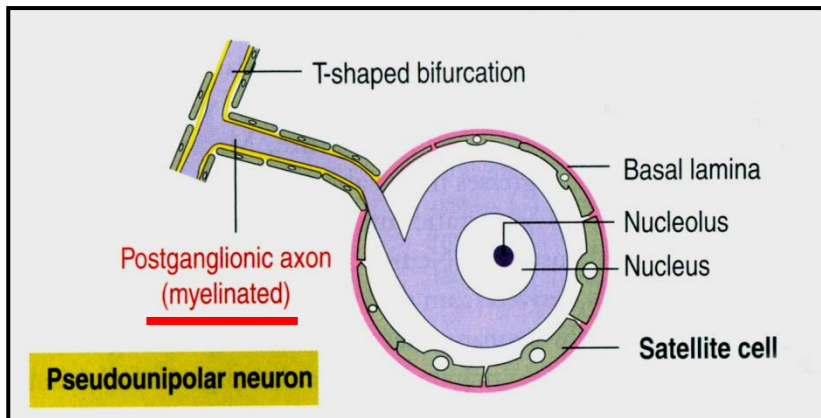
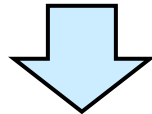
Ranvierovy zářezy

Periferní nervový systém - Ganglia

= agregace těl neuronů mimo CNS

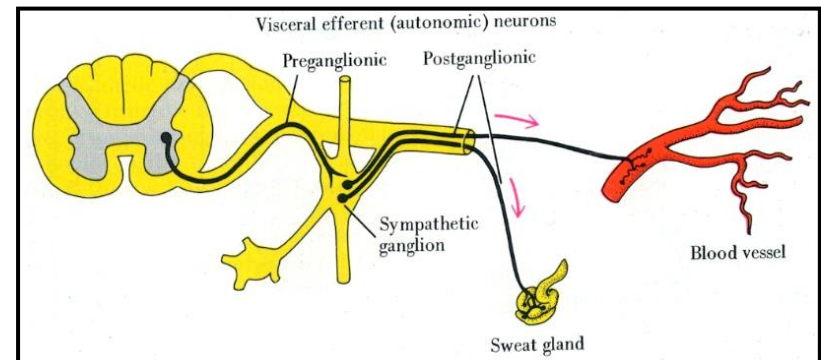
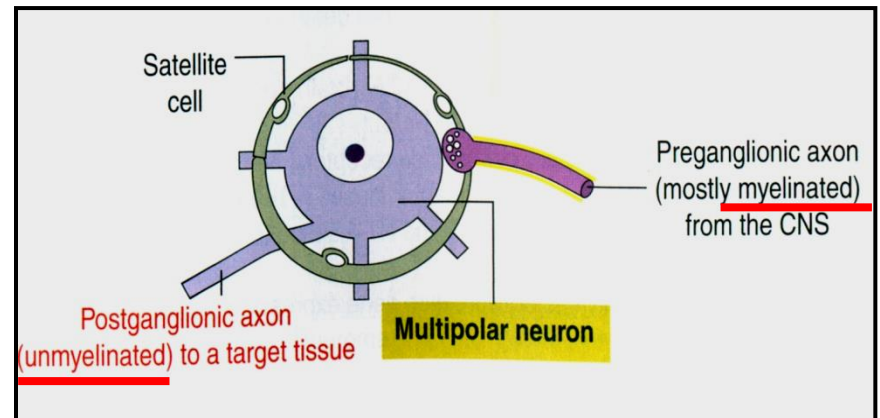
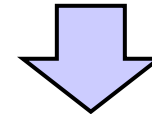
Sensitivní ganglia

- 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**



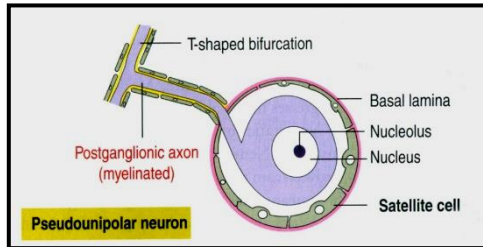
Autonomní ganglia

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

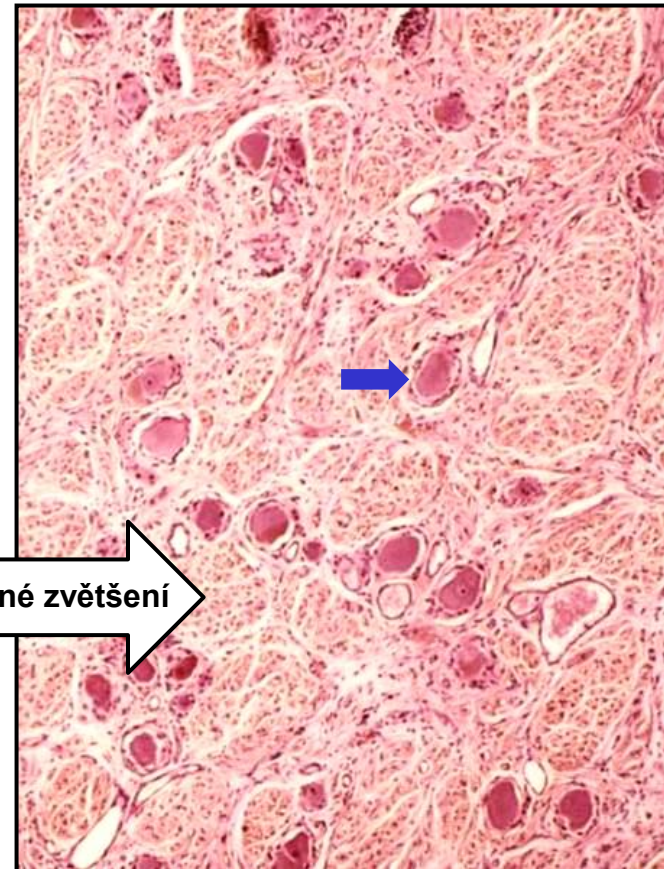
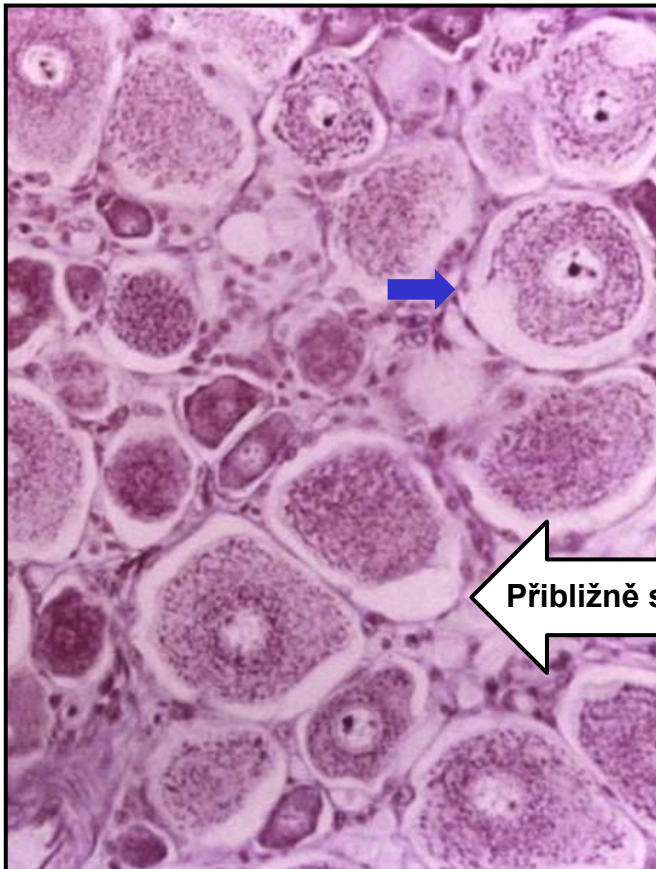
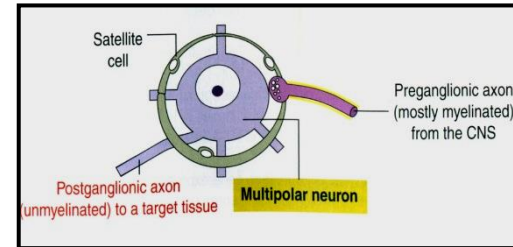


Periferní nervový systém - Ganglia

Sensitivní ganglion

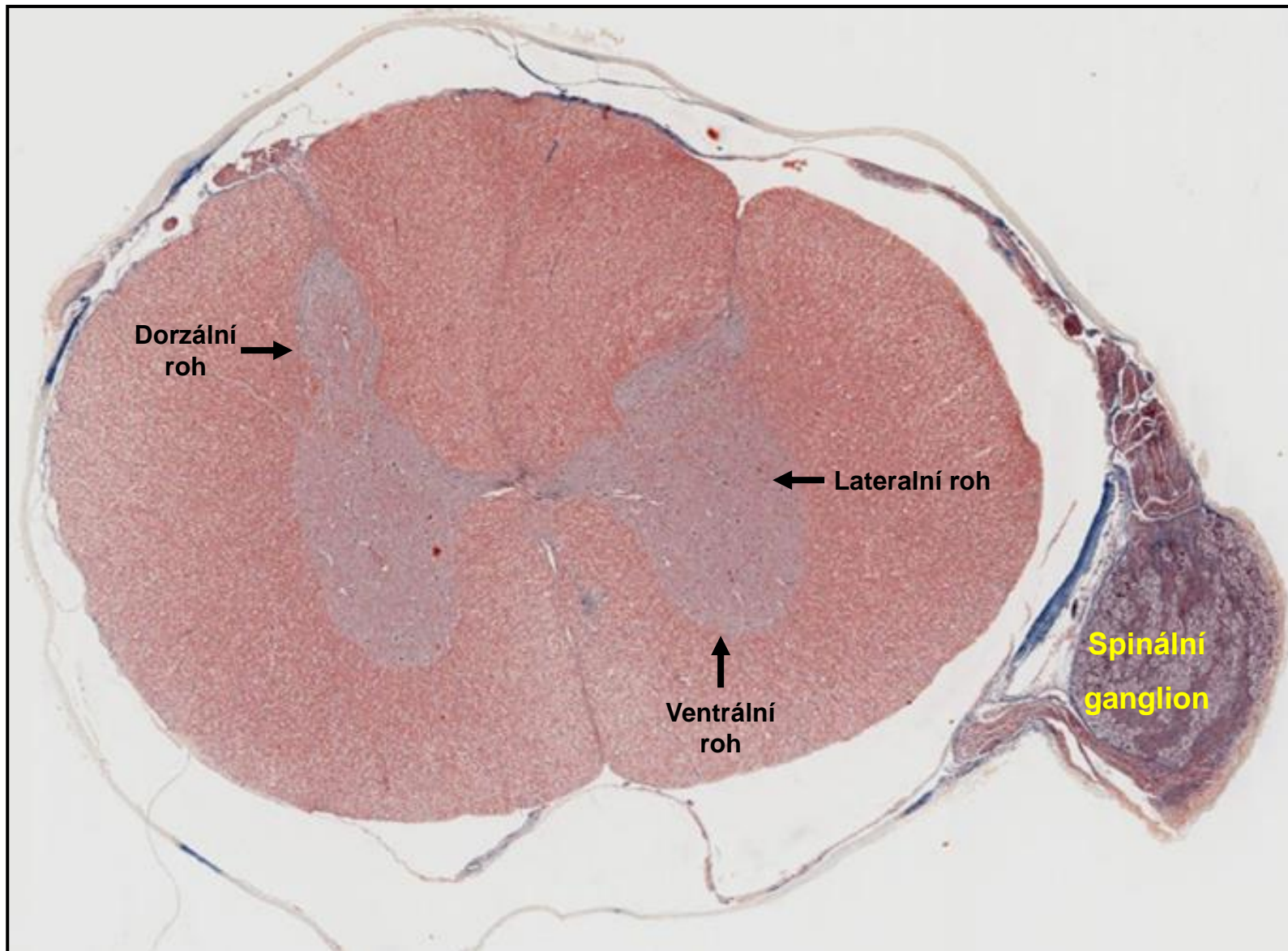


Autonomní ganglion

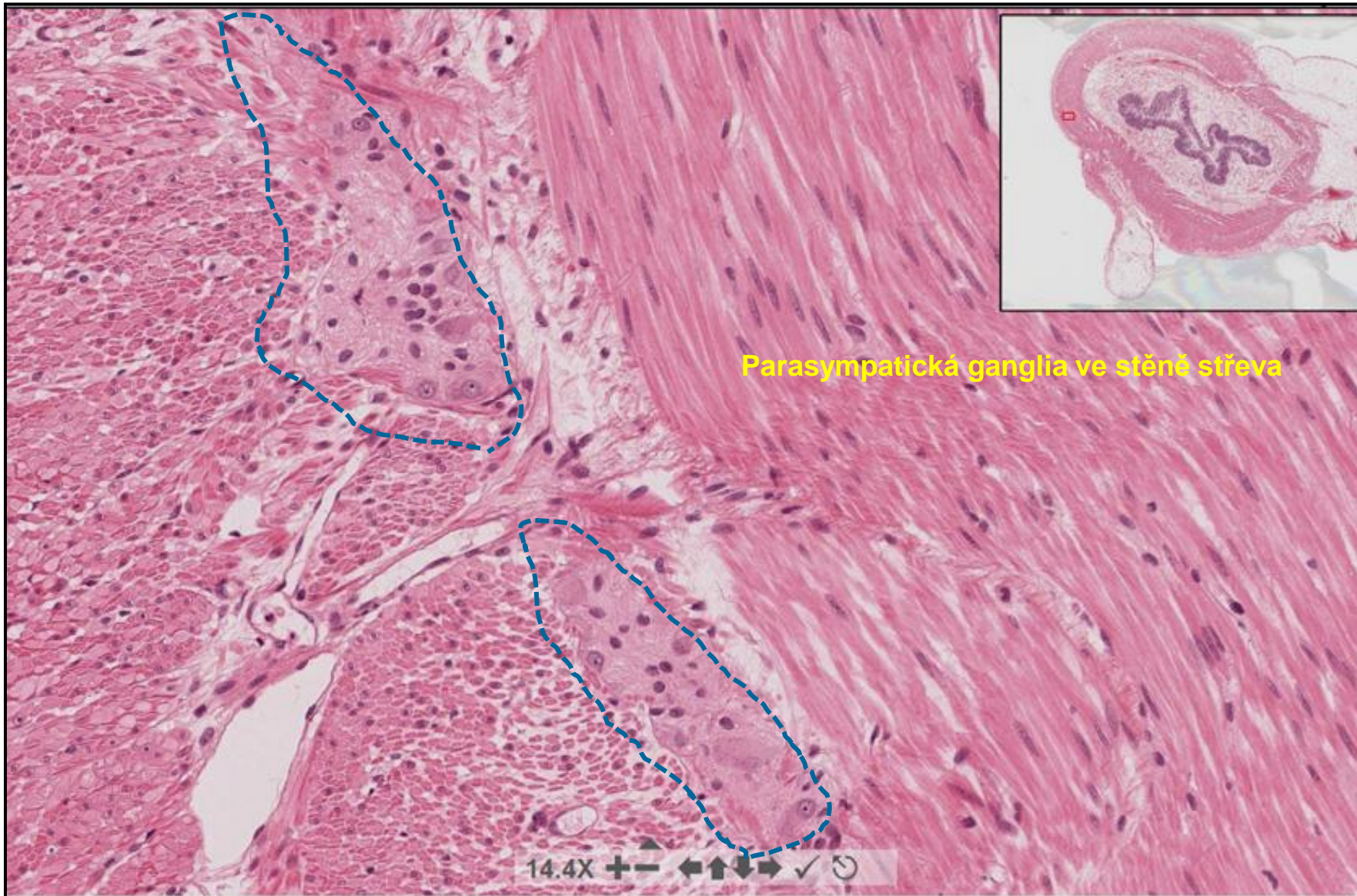


← Přibližně stejné zvětšení →

Mícha + Spinální ganglion



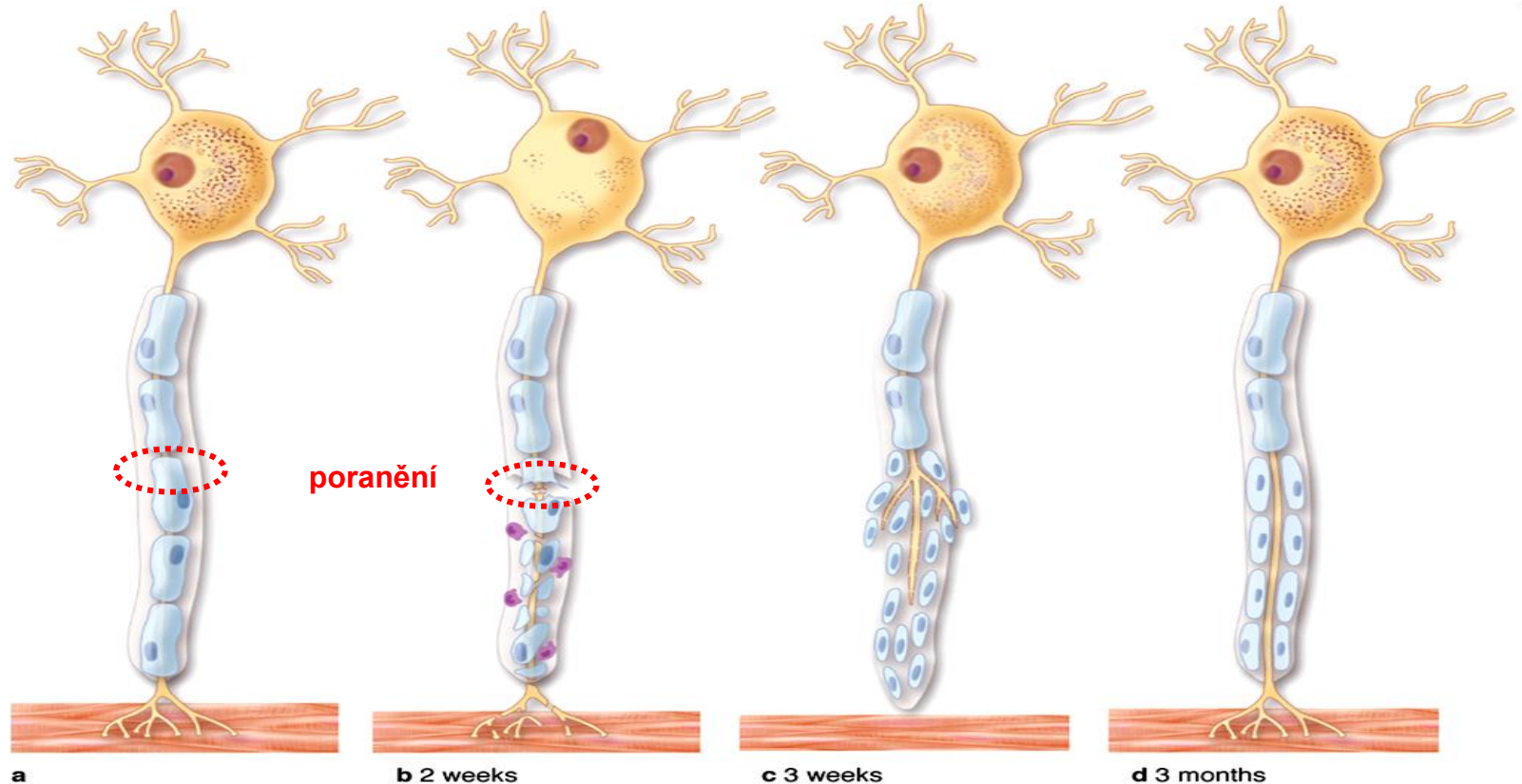
Autonomní ganglion



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

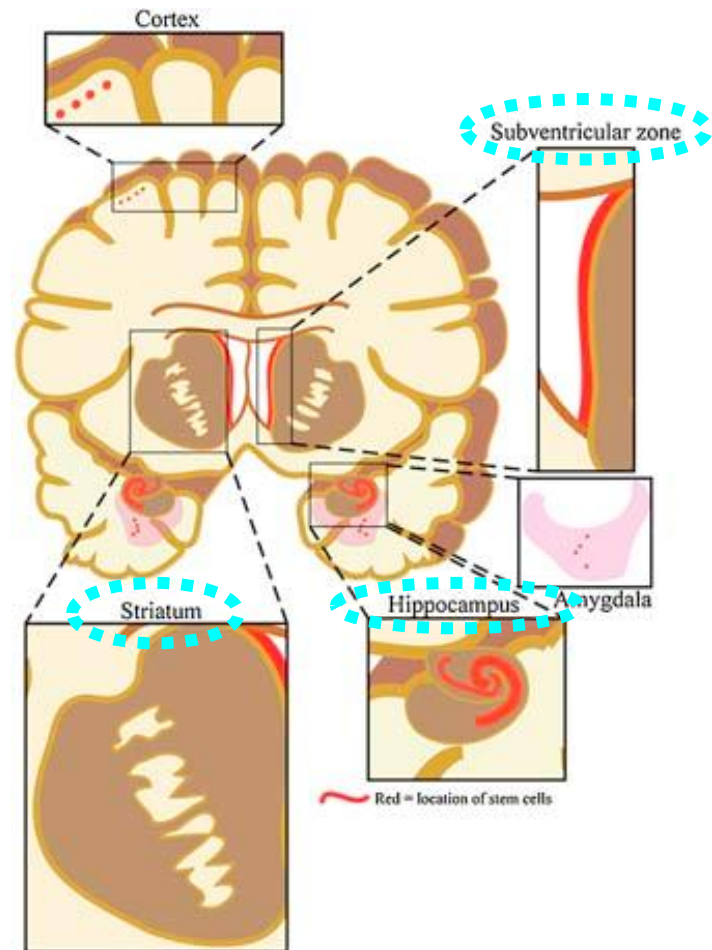
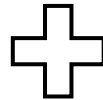
Dělení Schwannových buněk
Růst axonu
(1.5 mm/day)
Navigace Schwannovými buňkami
Zánik kolaterální axonů

Regenerace nervové tkáně - CNS

Kmenová / progenitorové buňky přítomné v různých oblastech mozku

Celoživotní plasticita CNS

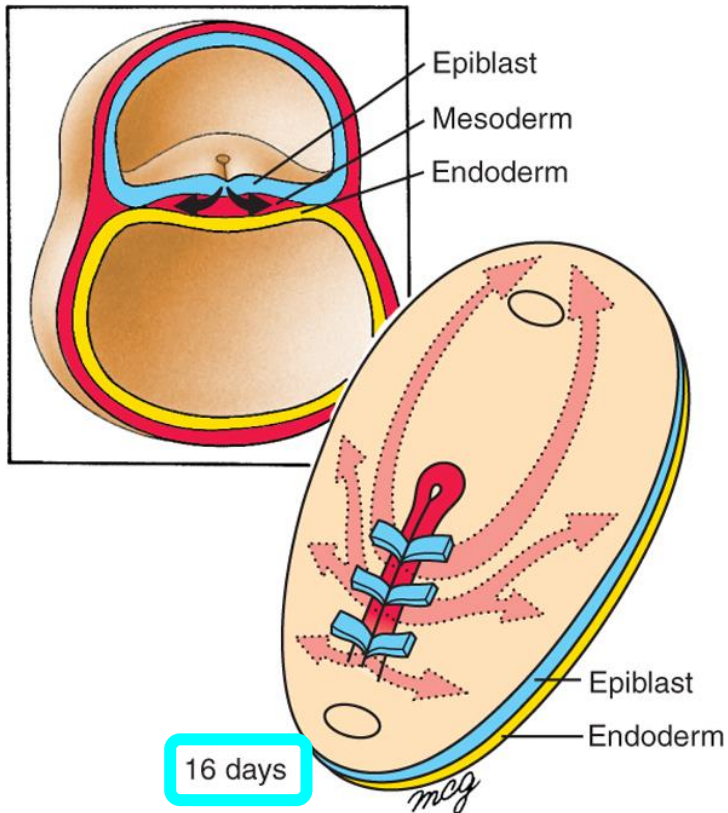
- Vývoj nových dendritů a jejich větvení
- Syntéza nových proteinů
- Změny v synaptických kontaktech



Nervová tkáň – Vývoj

Gastrulace

Vznik tří zárodečných listů



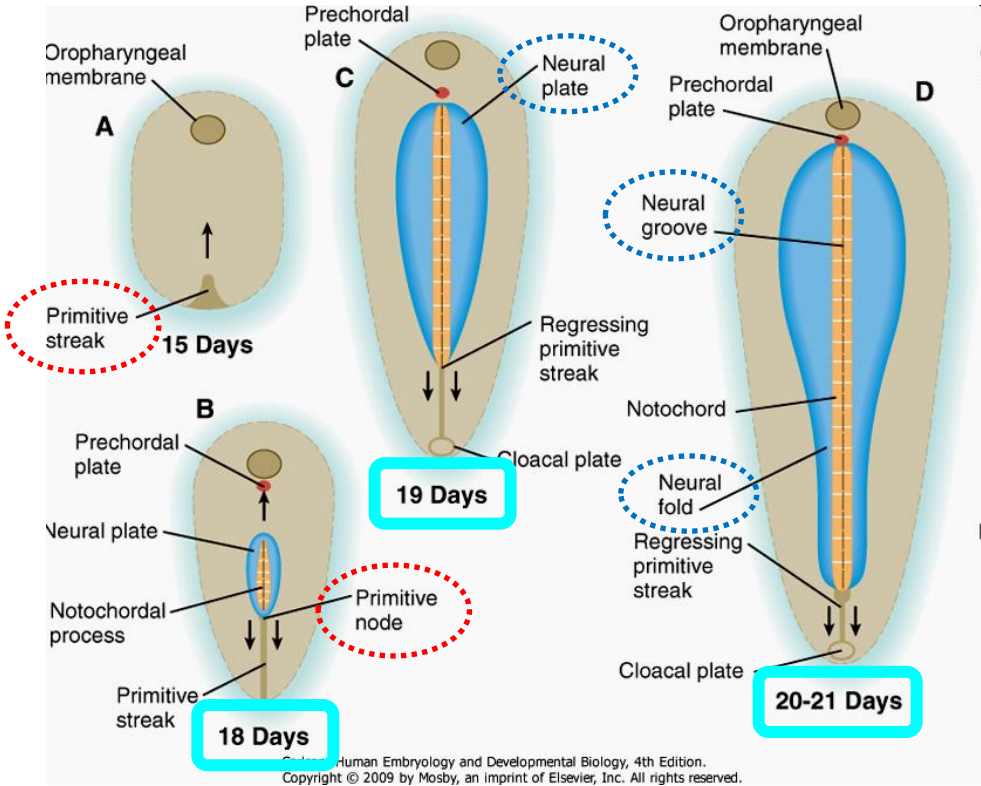
Ektoderm: vně, překrývá další zárodečné listy, dává vznik **kůži** a **nervové tkáni**.

Mezoderm:

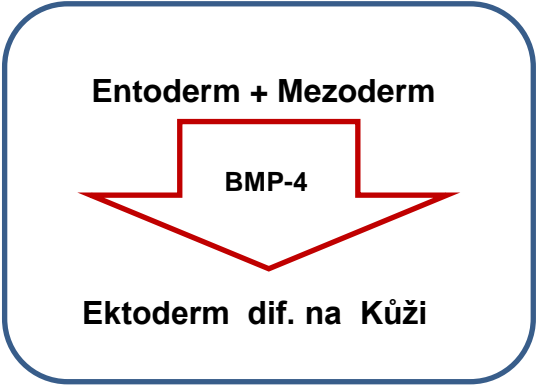
Entoderm:

Nervová tkáň – Vývoj

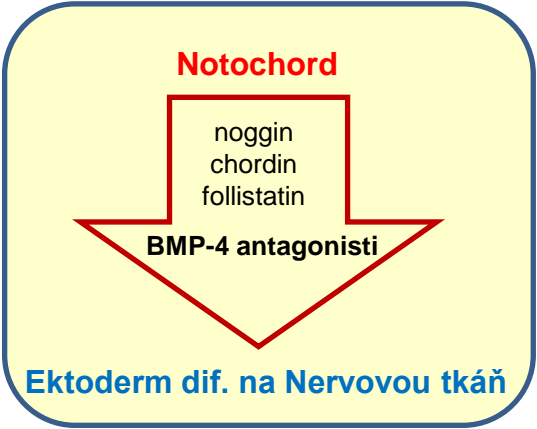
Neurální indukce
Signály z **primitivního uzlu** indukují vznik **neurální ploténky**



Human Embryology and Developmental Biology, 4th Edition.
Copyright © 2009 by Mosby, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.



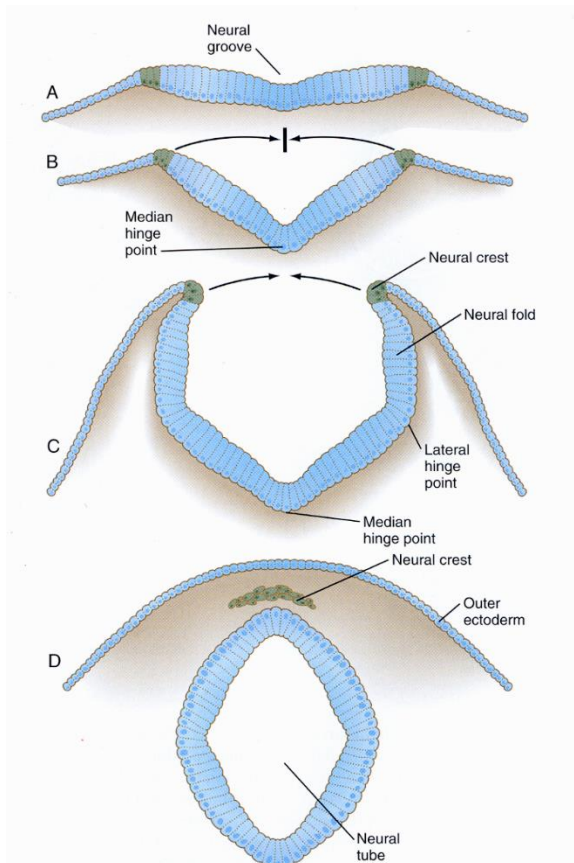
X



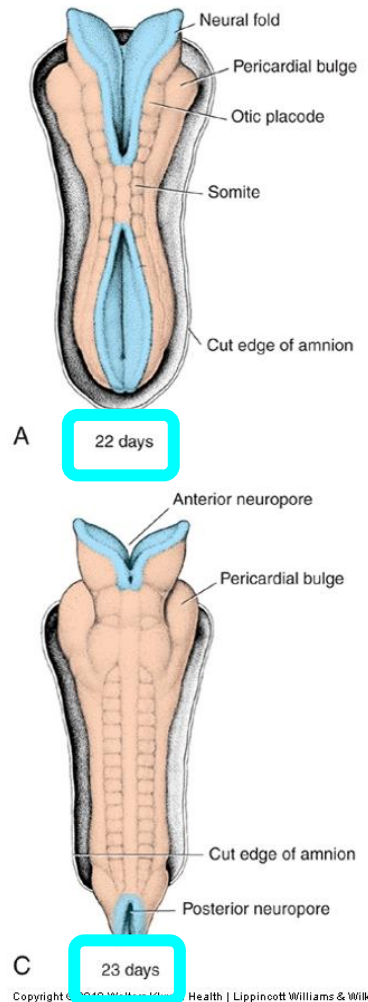
Nervová tkáň – Vývoj

Neurulace

Skládání a uzavírání neurální ploténky



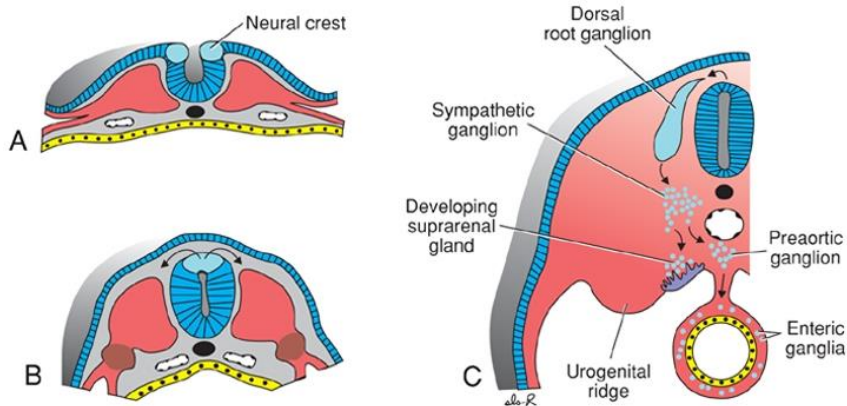
- **neurální valy se uzavírají**
- **buňky neurální lišty delaminují z neuroektodermu a migrují do vzdálených destinací**
- neurální trubice **se uzavírá nejprve uprostřed** a potom zřívově směrem kраниálním a kaudálním
- **kраниální neuropor** se uzavírá cca ve dni **25**
- **kaudální neuropor** se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



Nervová tkáň – Vývoj

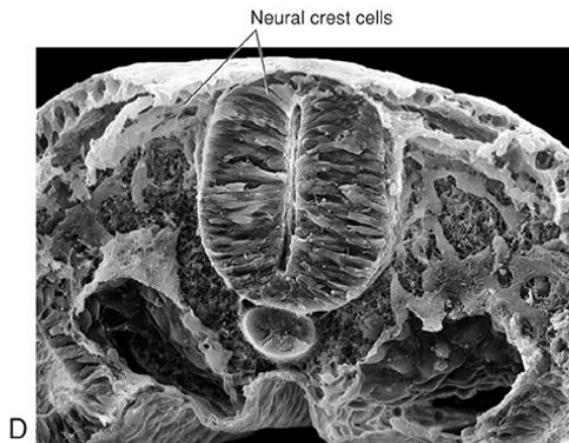
Neurální lišta

“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

- **pseudounipolární** neurony spinálních g.
- **multipolární** neurony autonomních g.
- **chromafinní buňky** dřeně nadledvin

Spongioblasty

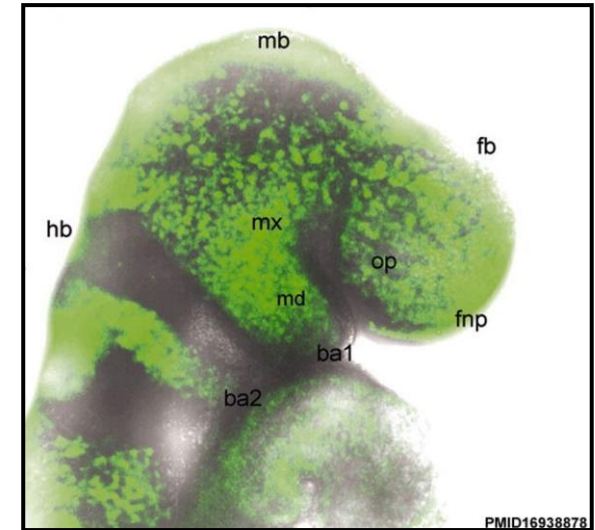
- **Schwannovy buňky**
- **satelitní buňky**

Melanocyty

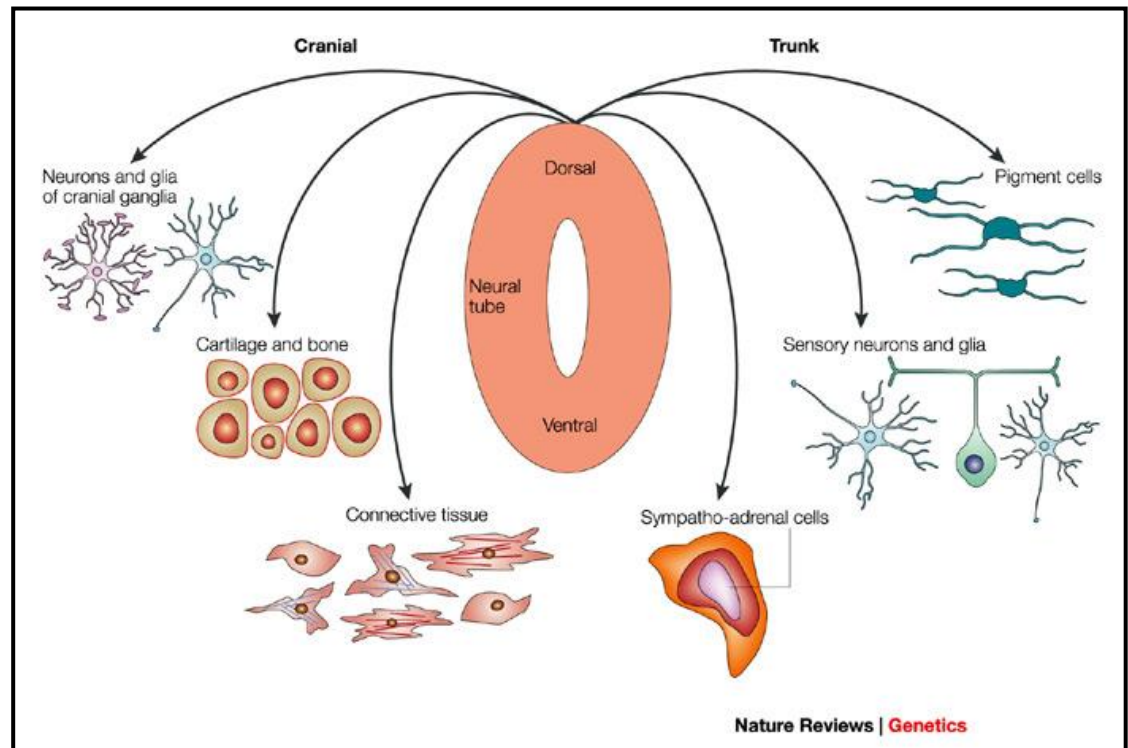
- migrují do epidermis

Ektomezenchymocyty

- migrují do branchiálních oblouků
- nahradí mezenchym mezodermálního původu



PMID16938878

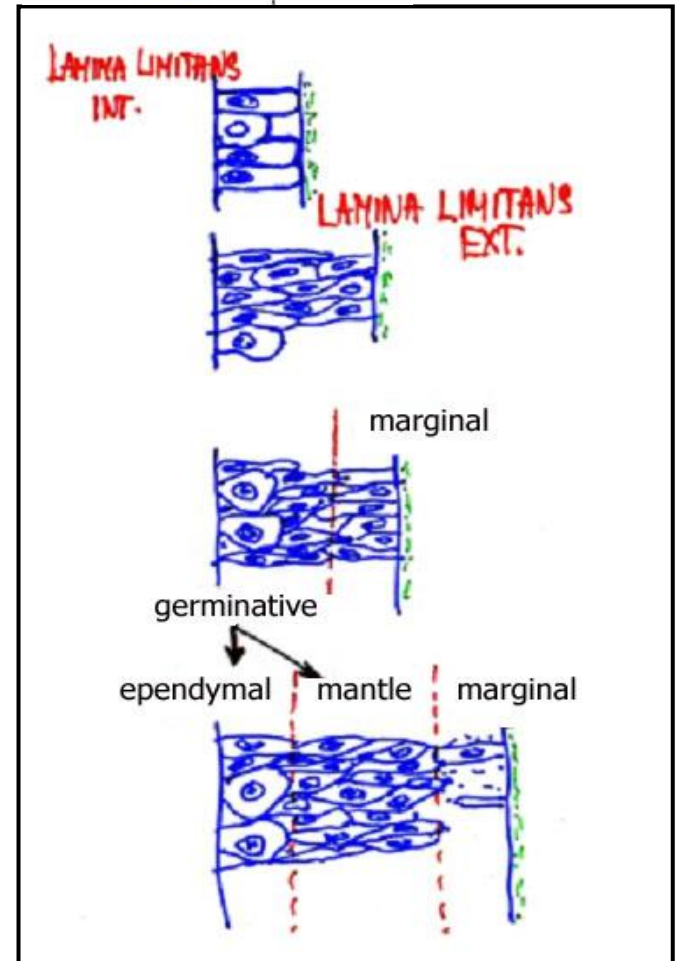
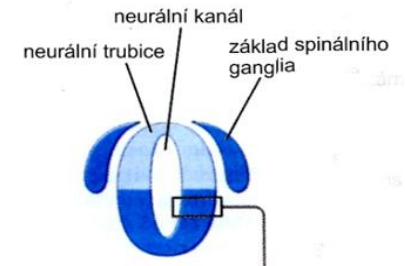


Nervová tkáň – Histogeneze nervové trubice

- 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**

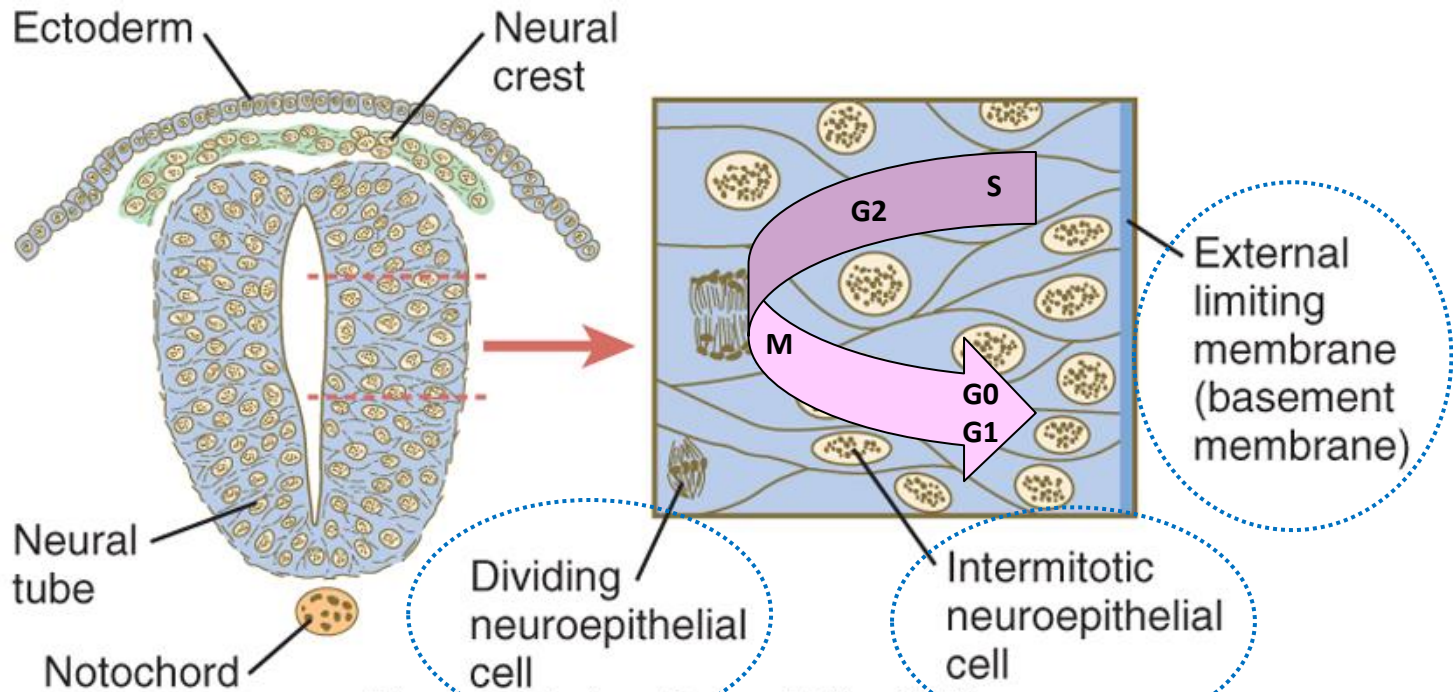
- **ependymová** vrstva = **ependym**
- **plášťová** vrstva = **šedá hmota** – diferencuje do primitivních neuronů (neuroblasty) and spongioblastů (glioblasty)
- **okrajová** vrstva = **bílá hmota** (žádné buňky)



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:

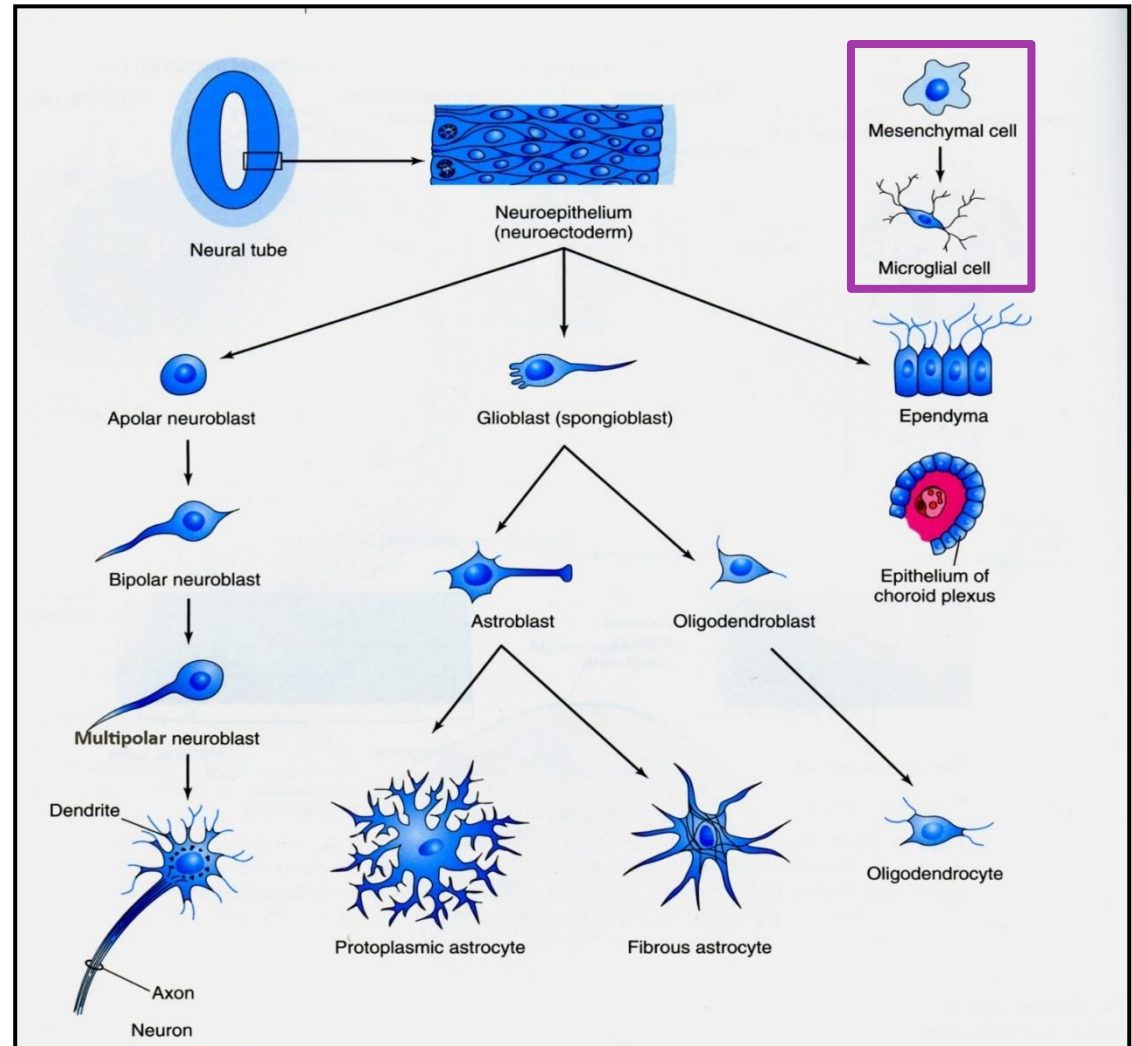
- Ependymové bn. (ependymocyty)

Plášťová vrstva:

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

Okrajová vrstva:

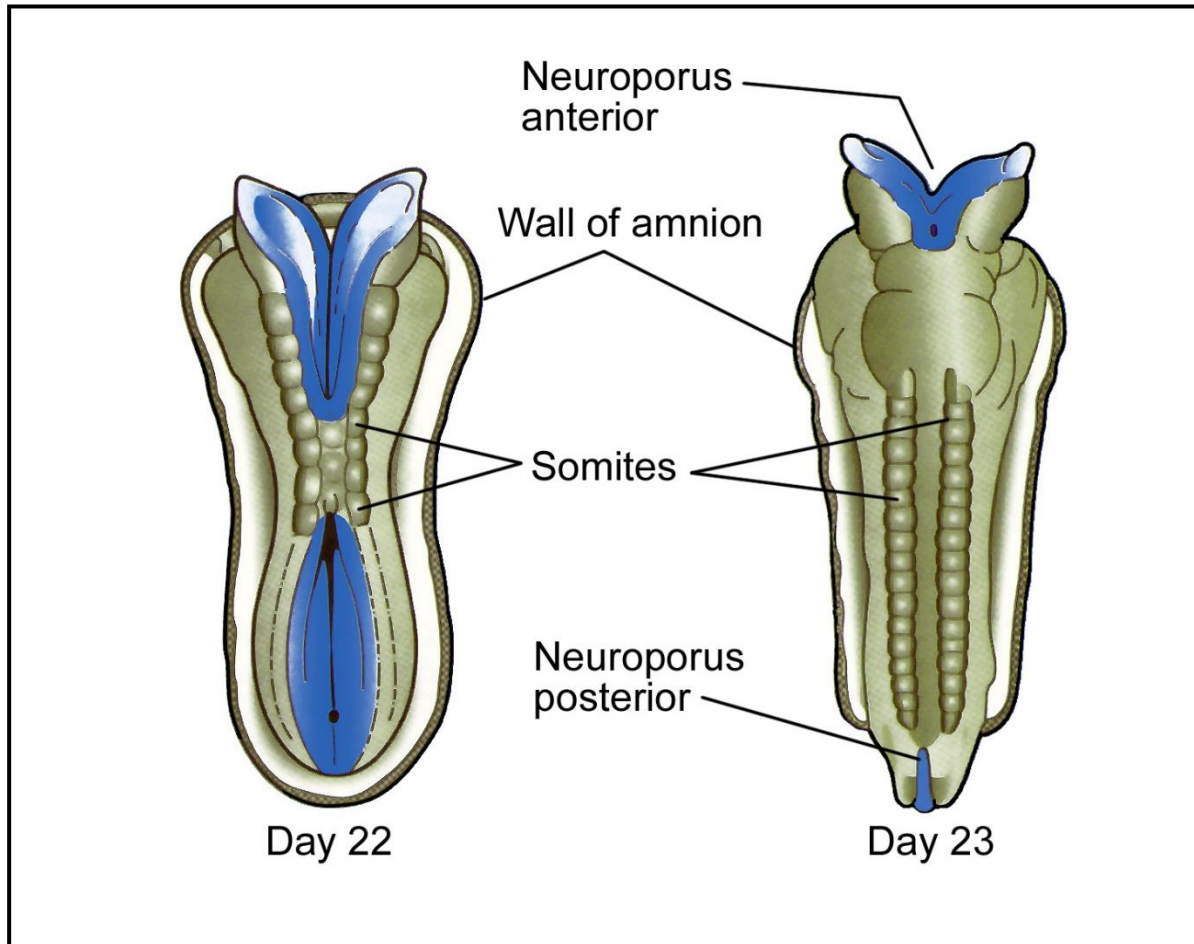
- bez buněk (bílá hmota)



Nervová tkáň– Morfogeneze

Možek – vyvíjí se z rozšířeného kranálního segmentu nervové trubice

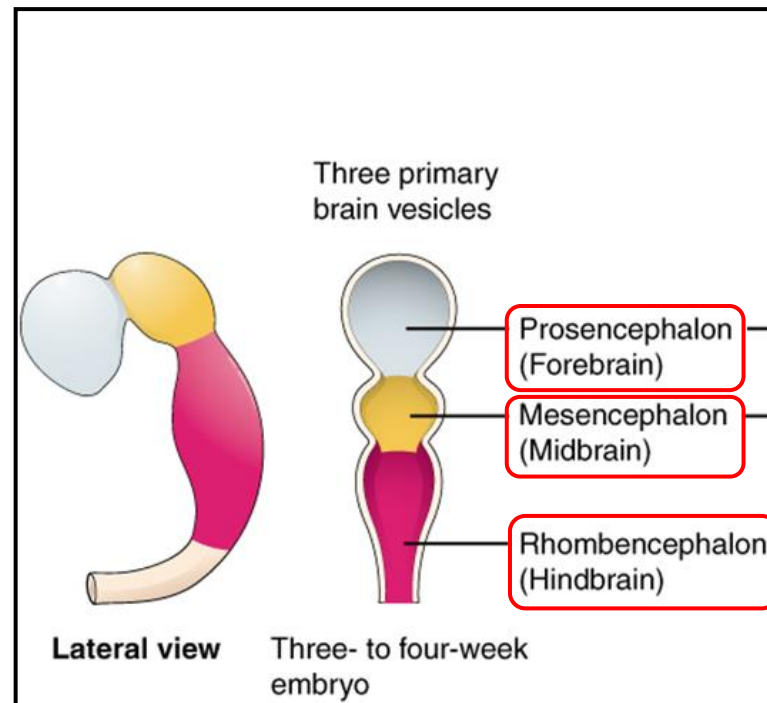
Mícha – vyvíjí se ze zúženého kaudálního segmentu nervové trubice



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

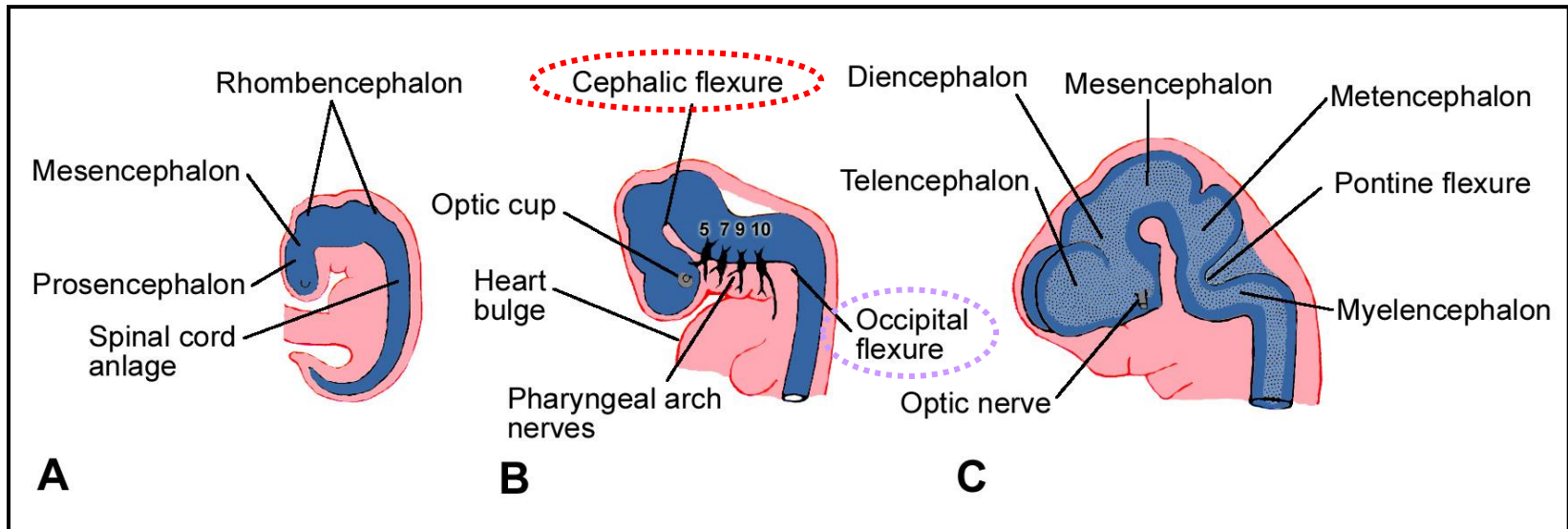


Nervový systém – Vývoj mozku

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

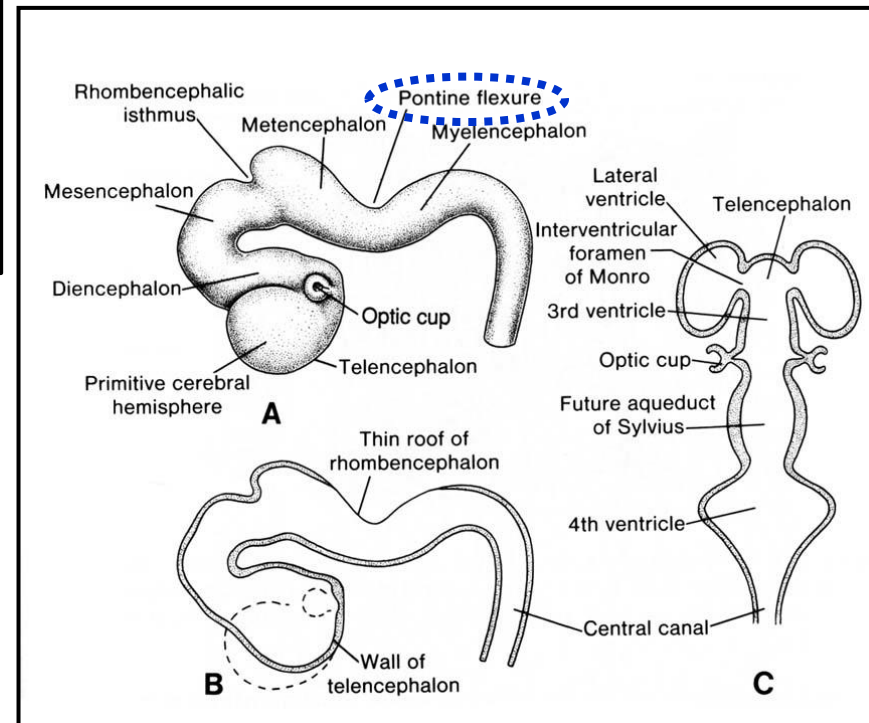
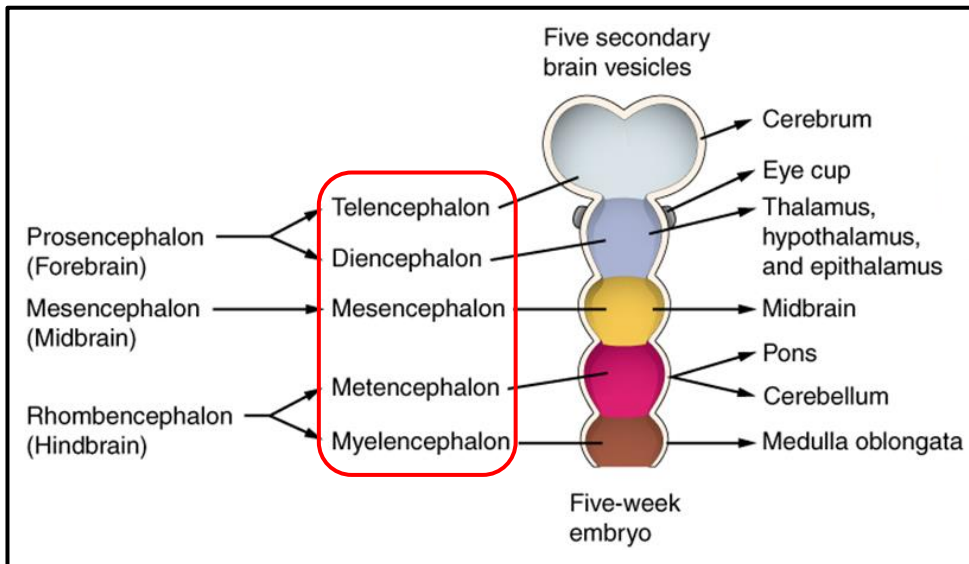
Flexura cephalica – zůstává zachována

Flexura occipitalis (cervicalis) – mizí po dvou měsících vývoje

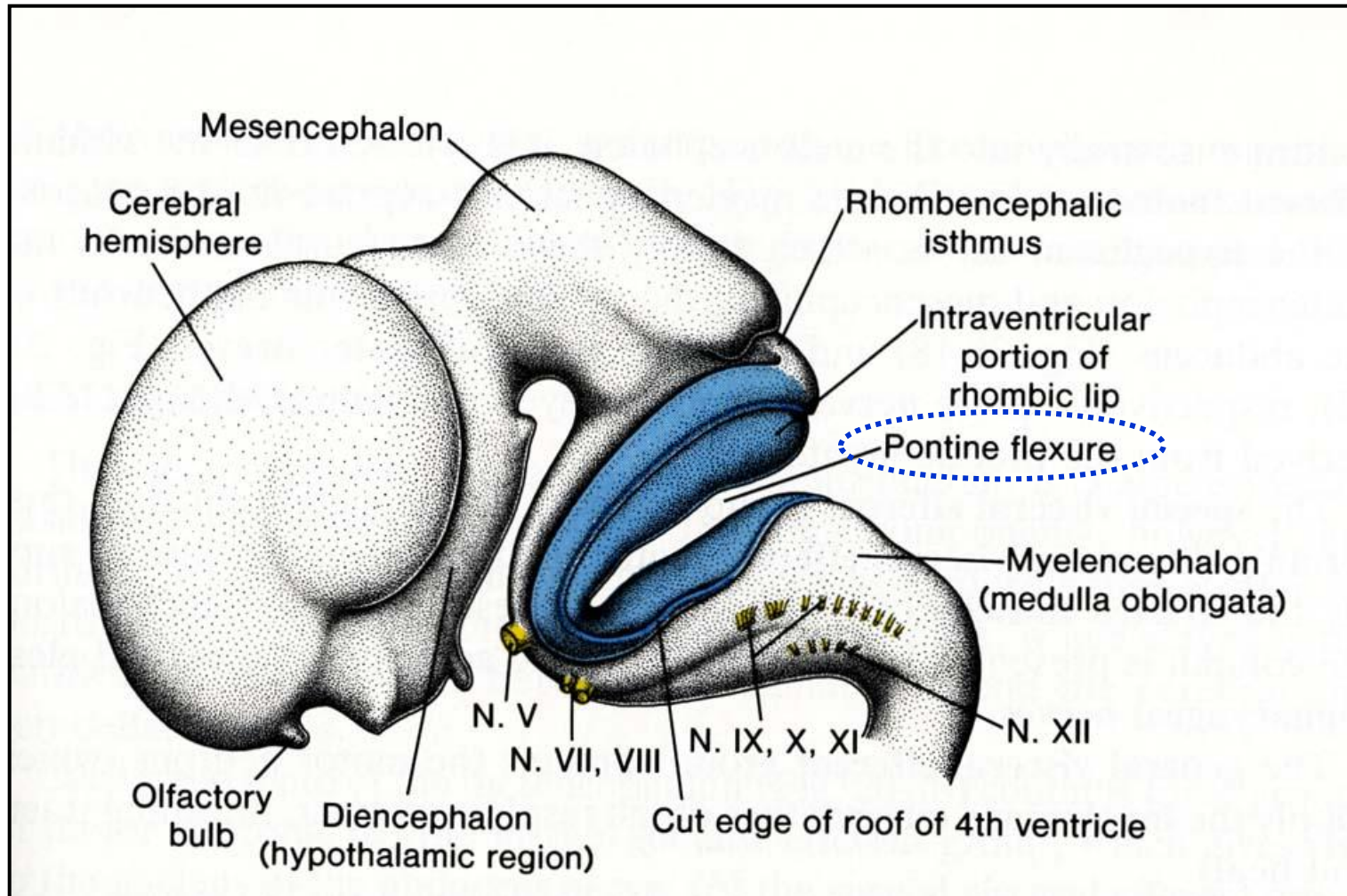


Nervový systém – Vývoj mozku

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



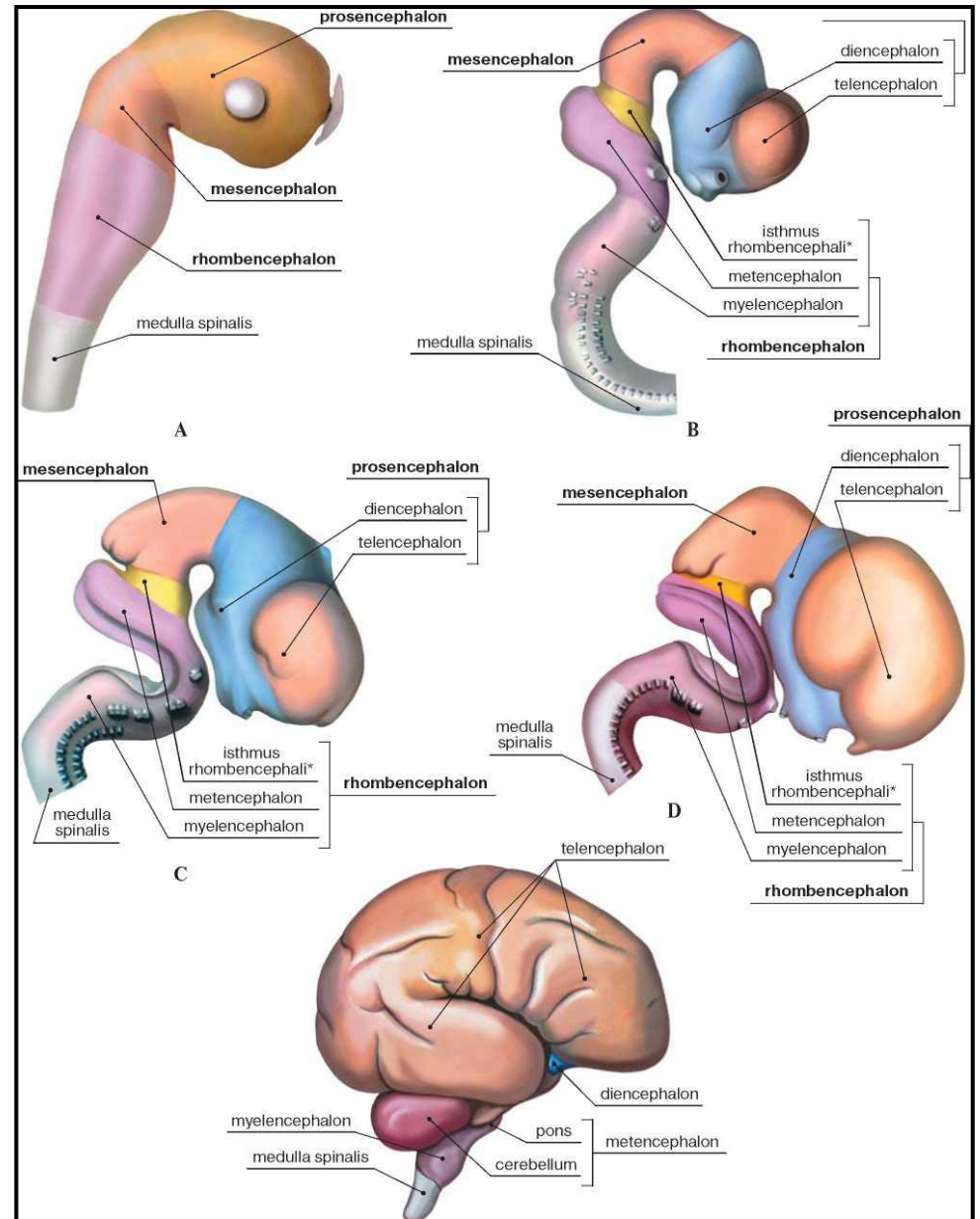
Nervový systém – Vývoj mozku



Nervový systém – Vývoj mozku

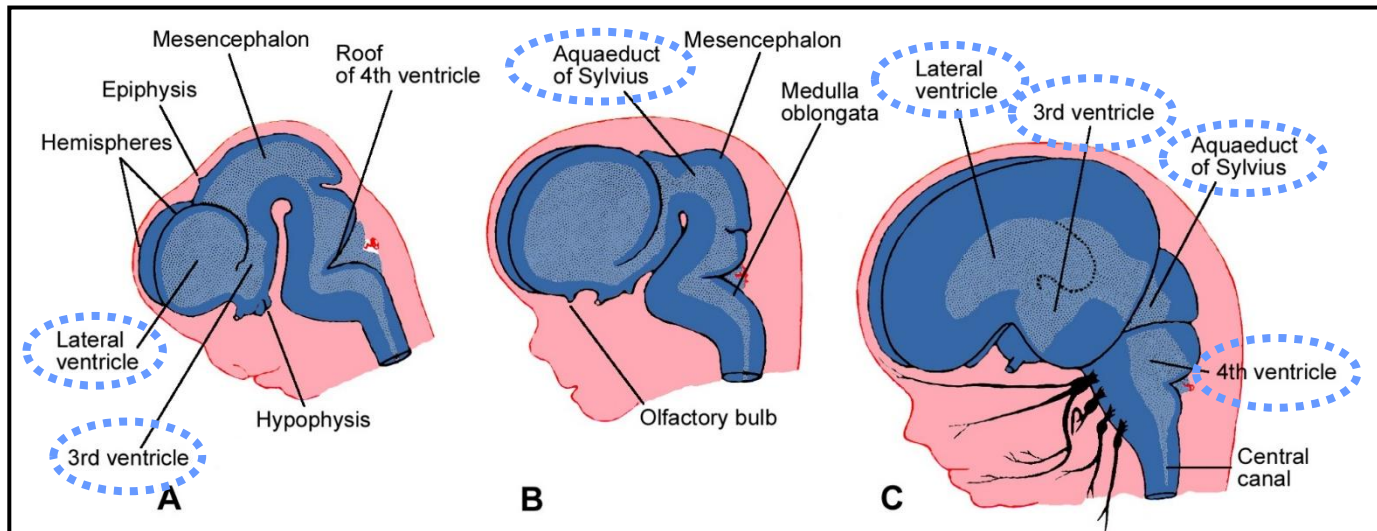
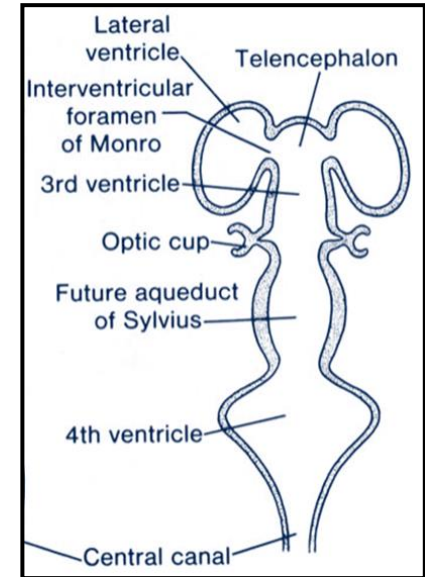
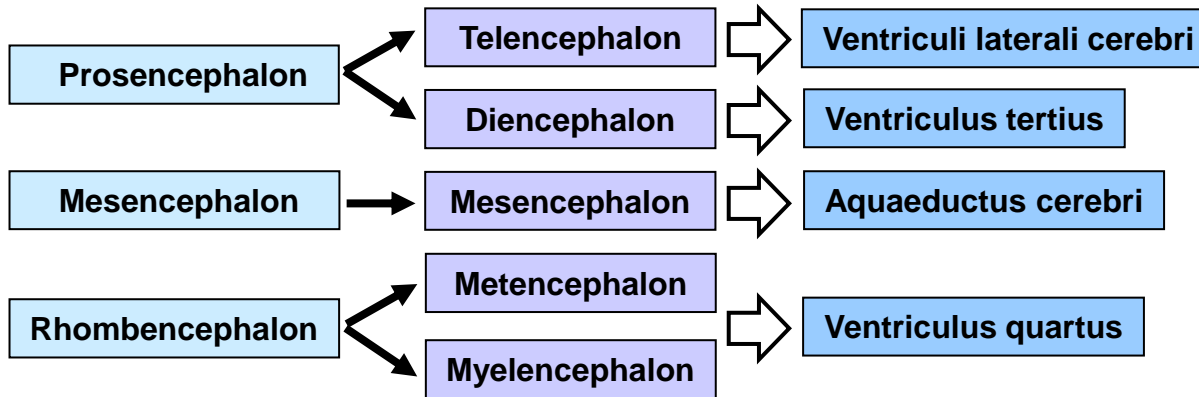
Výsledkem časného vývoje mozku je:

- deflekce báze mozku
- vytvoření 5-ti oddílů mozku



Nervový systém – Vývoj mozku – Mozkové komory

Je nutné si pamatovat !

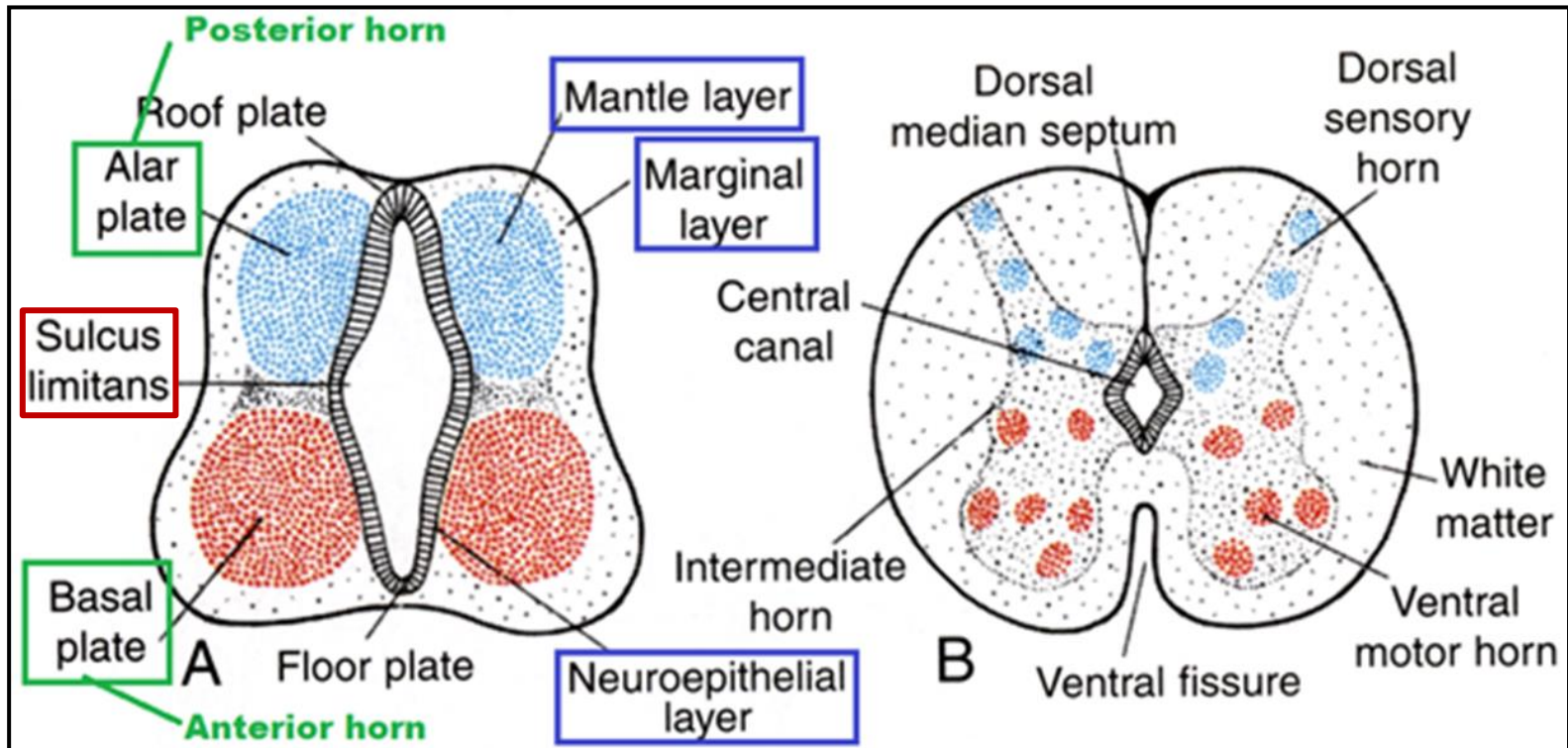


Nervový systém – Vývoj míchy

- 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**

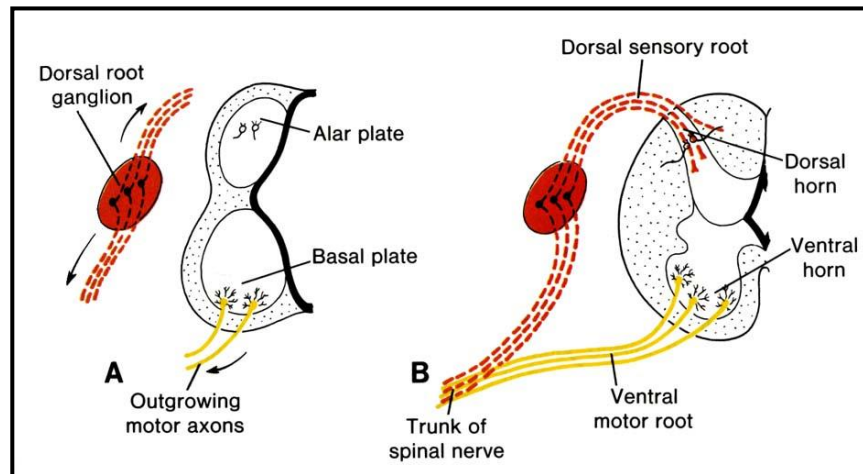
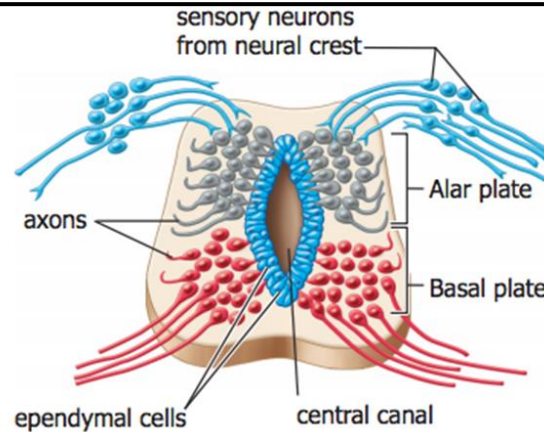
Je nutné si pamatovat:

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



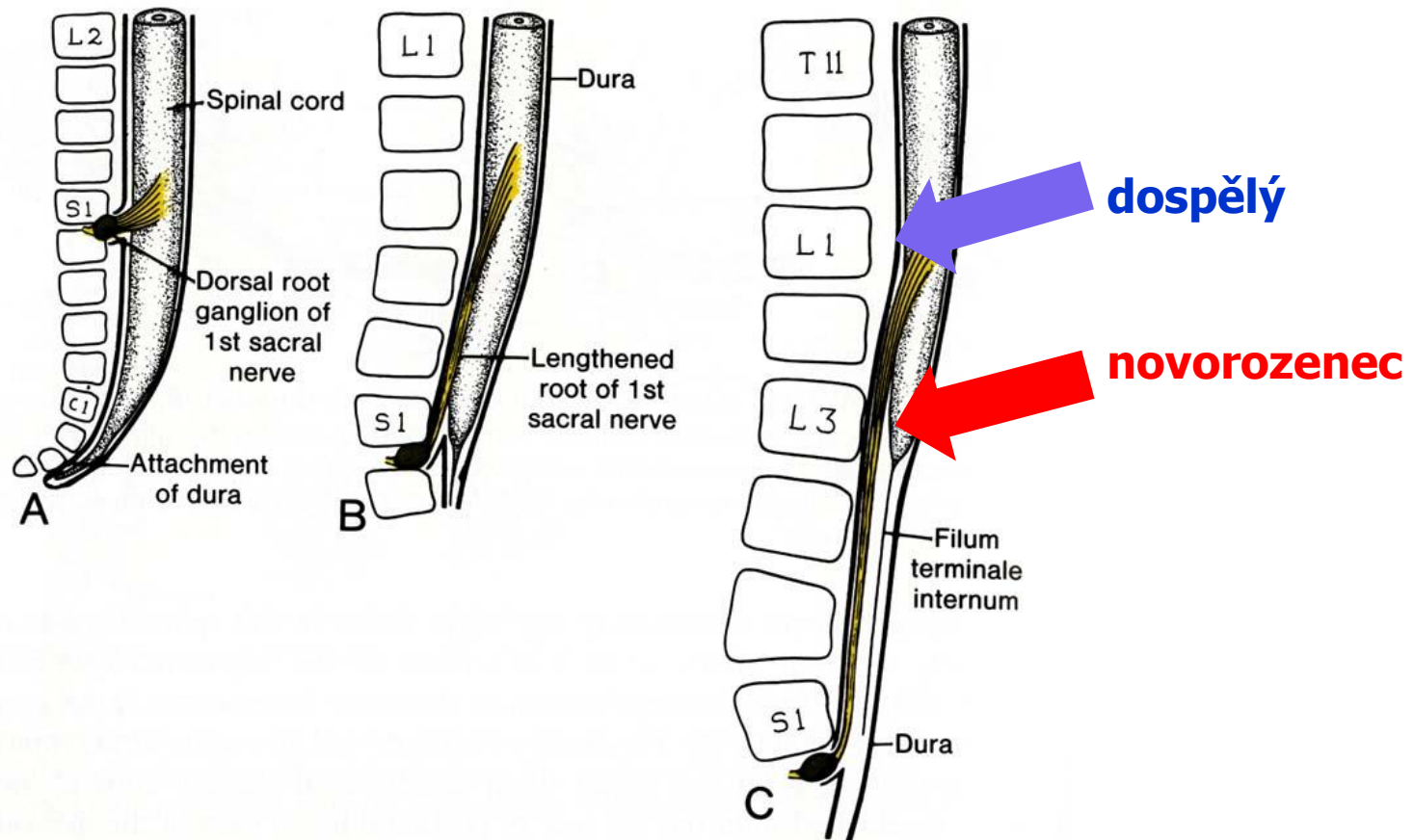
Nervový systém – Vývoj míchy

- 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**