

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 2019

Nervový systém - Histologicky

Made of 3 structurally different components:

Nervová tkáň

Krevní cévy

capillaries, arterioles and venules that densely penetrate the nerve tissue

Pojivová tkáň

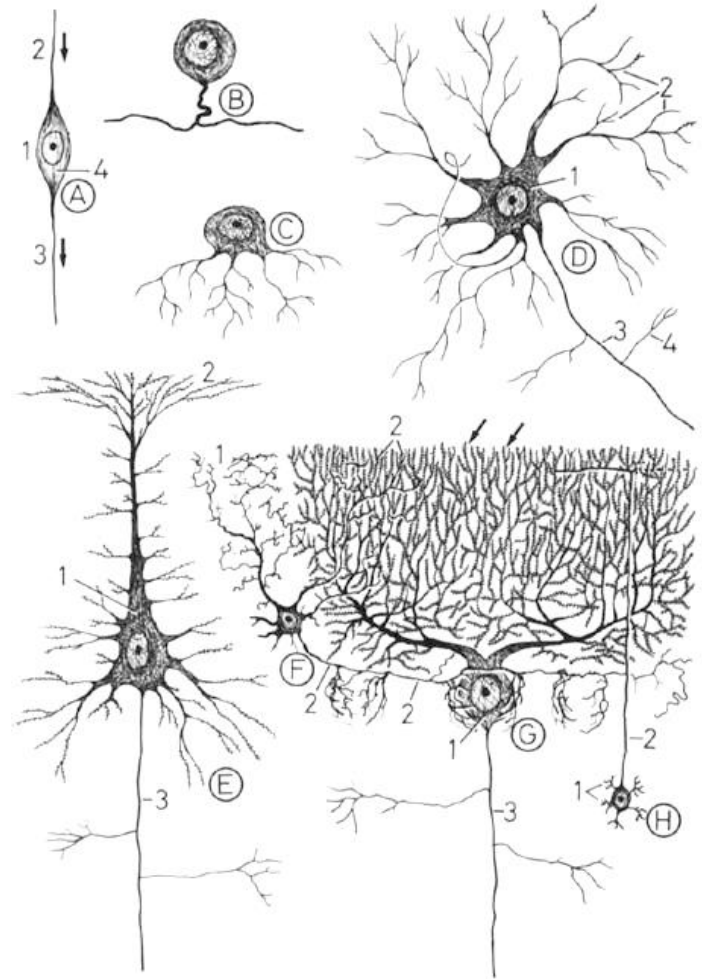
- provides protection of both previous components is organized into:
 - meninges - envelope the brain and spinal medulla
 - epi-, peri- and endoneurium - connective tissue within nerves or on their surfaces
 - thin capsules - surround the cerebrospinal and autonomic ganglia

Nervová tkáň – Obecné znaky

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

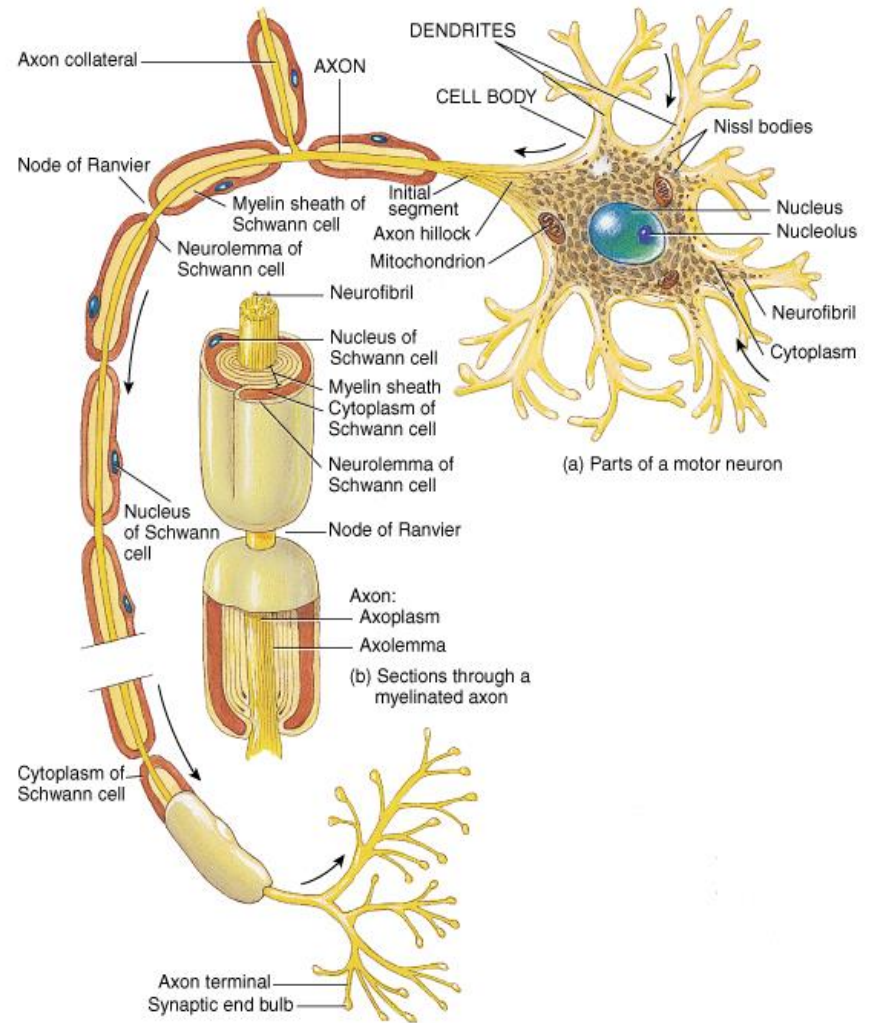
- **Neurony**
- **Neuroglie - gliové buňky** (podpůrné)

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:

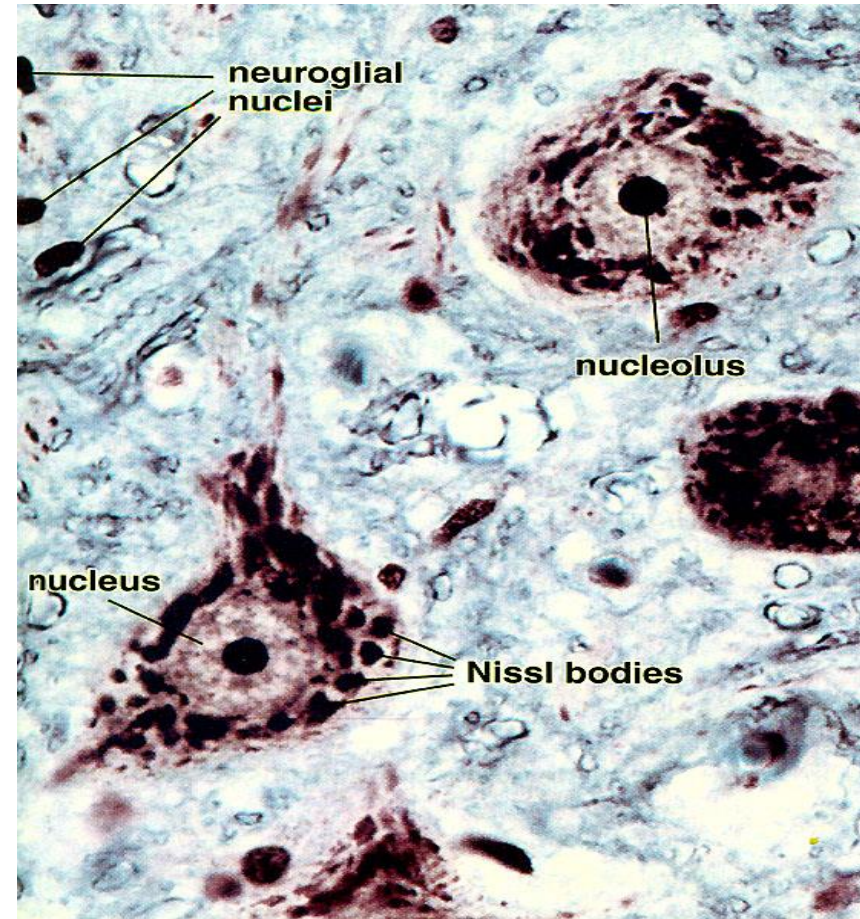
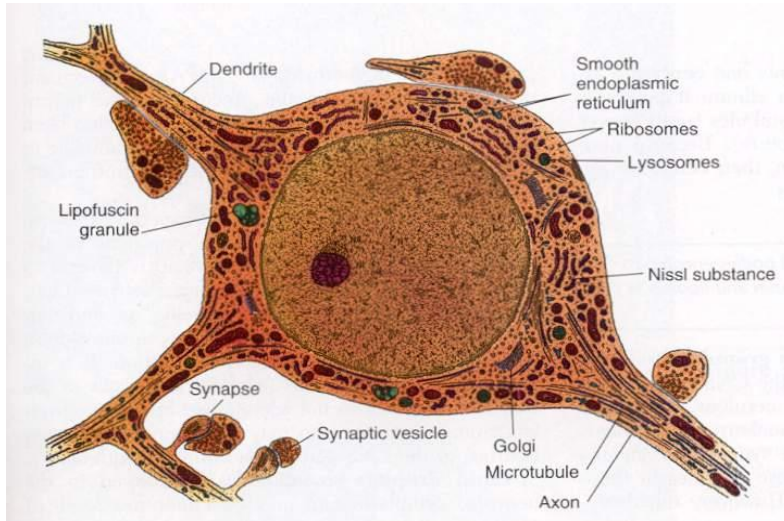
pyramidový, sférický, vejčitý, hruškovitý

Velikost:

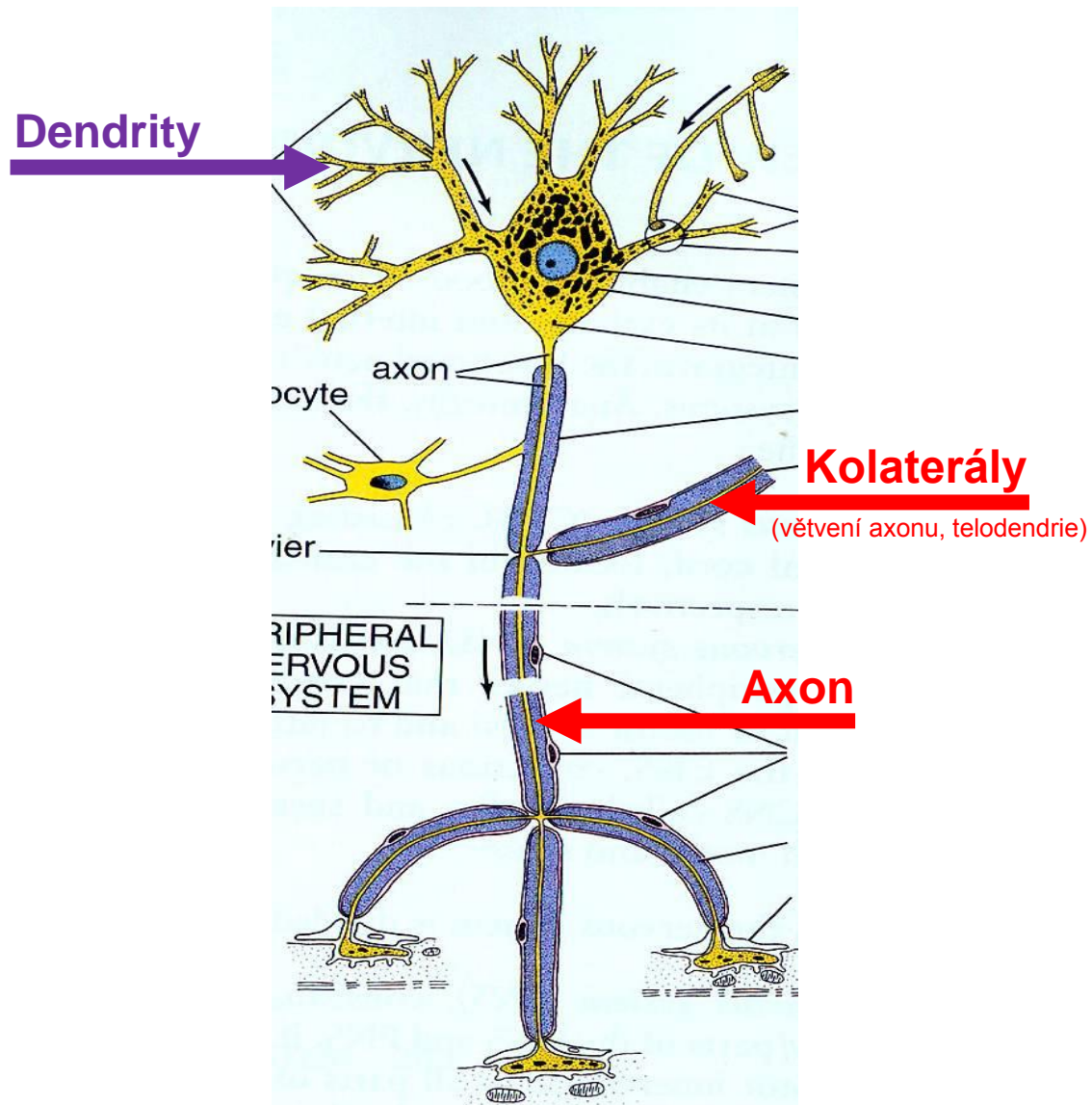
5 to 150 μm

Organely:

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



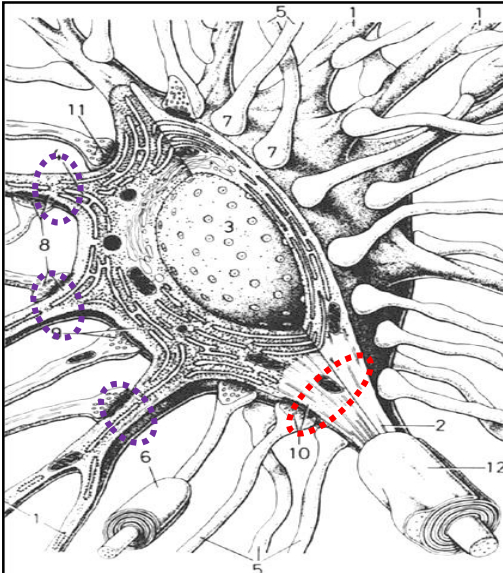
Neuron – Výběžky



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

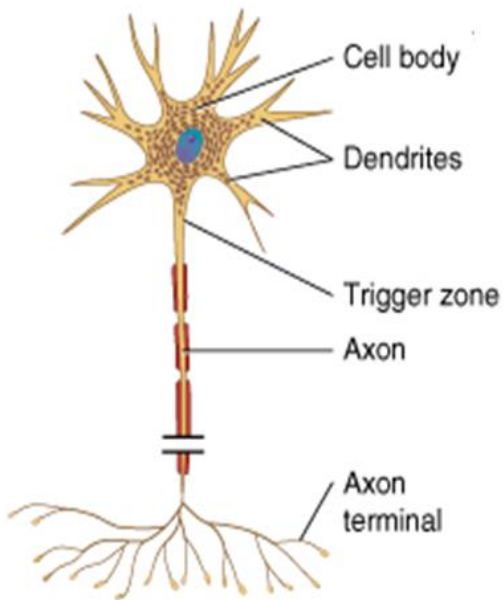
Šedá hmota: oblasti s nemyelinizovanými axony, těly buněk a dendrity

Neuron – Klasifikace 1

Podle počtu a uspořádání výběžků

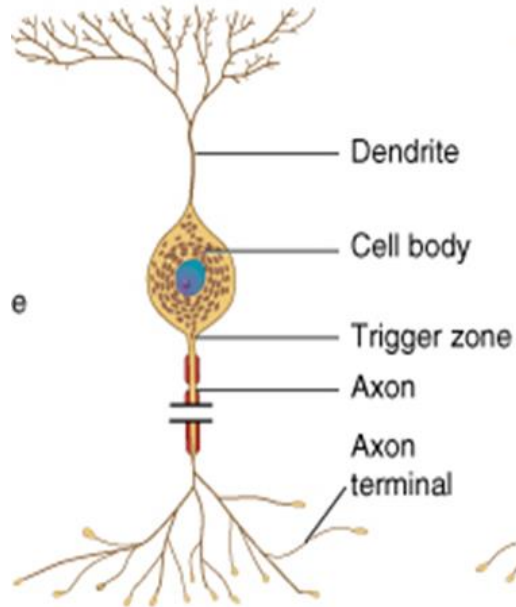
Multipolární

několik dendritů & jeden axon
(nejrozšířenější typ)



Bipolární

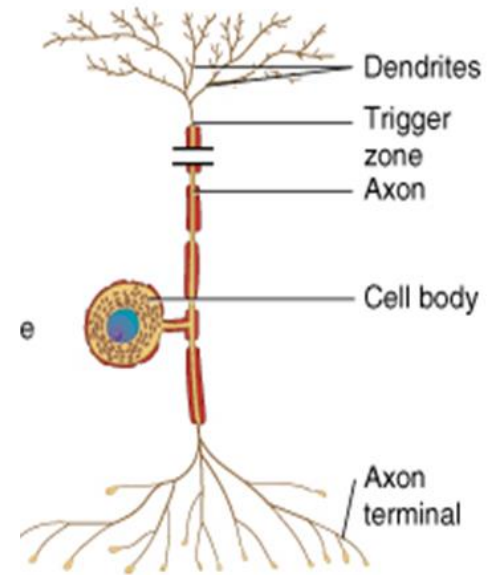
jeden dendrit & jeden axon
(retina, vestibulární a kochleární ganglia)



Unipolární

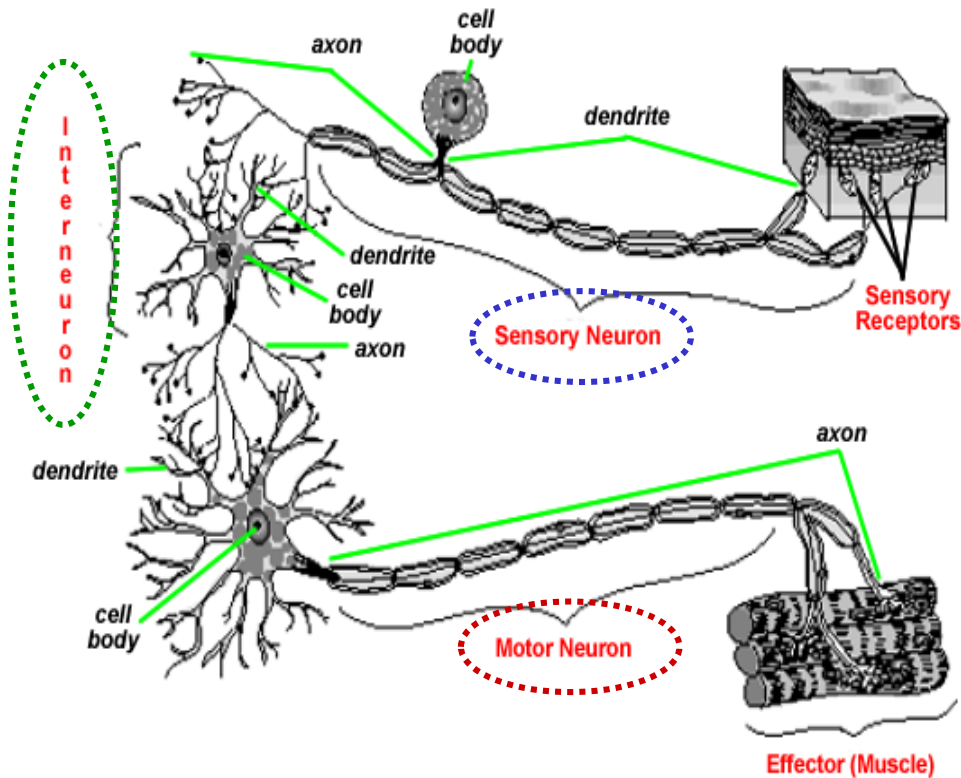
(pseudounipolární)

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

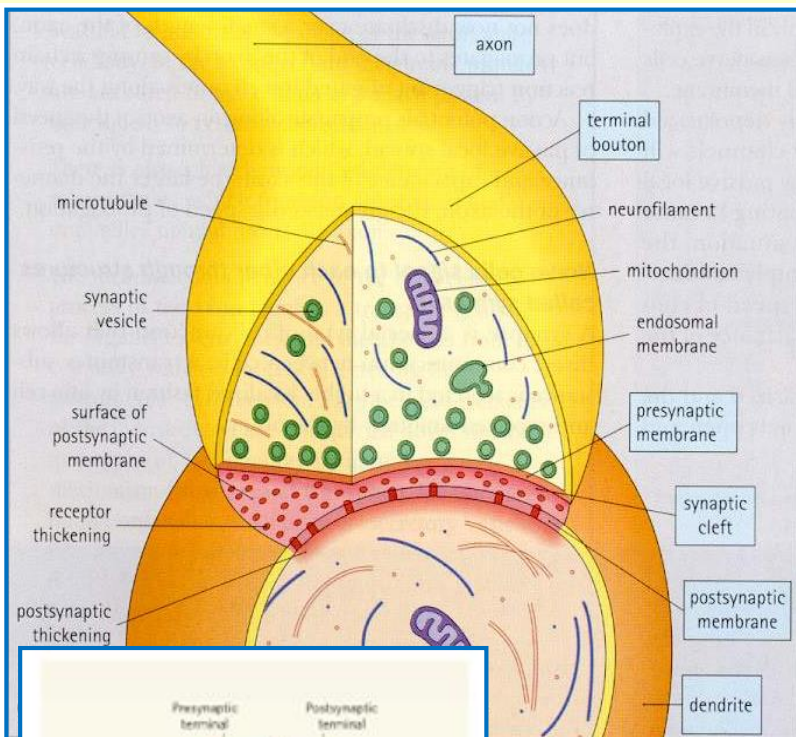
Interneurony:

- vytváří lokální síť

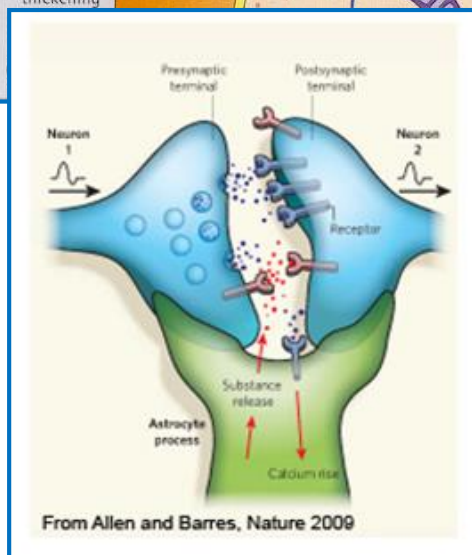
Synapse

Definice

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

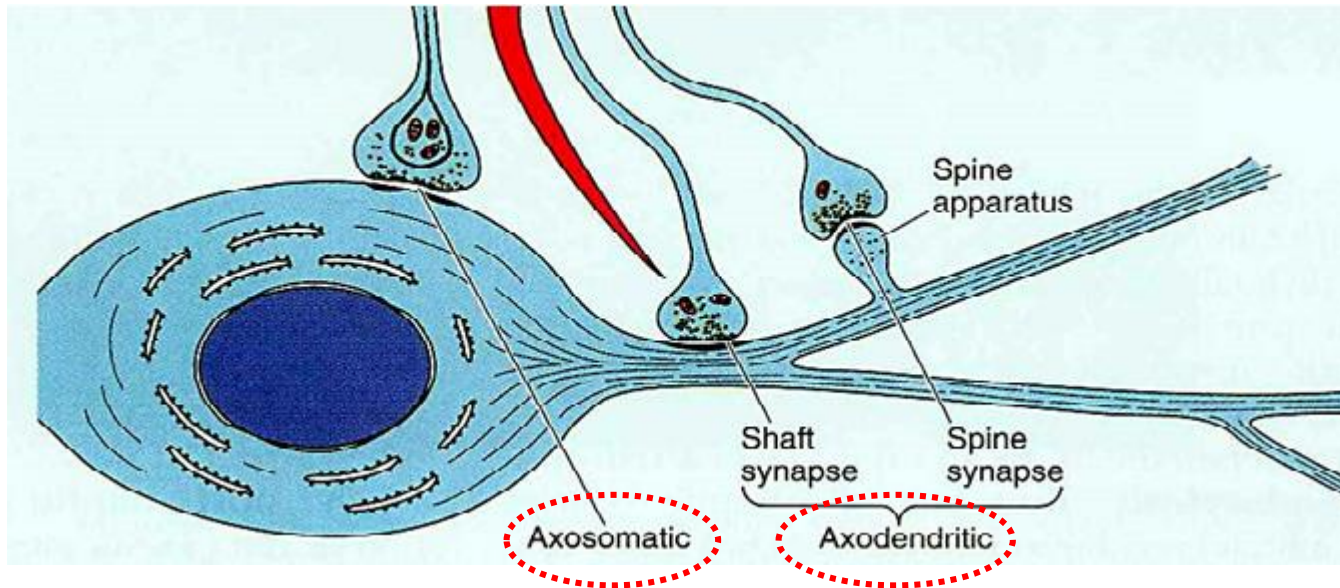


- **Terminální knoflík** – zakončení axonu
- **Presynaptická membrána** – obsahuje mitochondrie a synaptické váčky s neurotransmitery
- **Synaptické váčky** (menší + větší – zásobní)
- **Postsynaptická membrána** – nese receptory pro neurotransmitery a další denzní materiál
- **Synaptická štěrbina**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



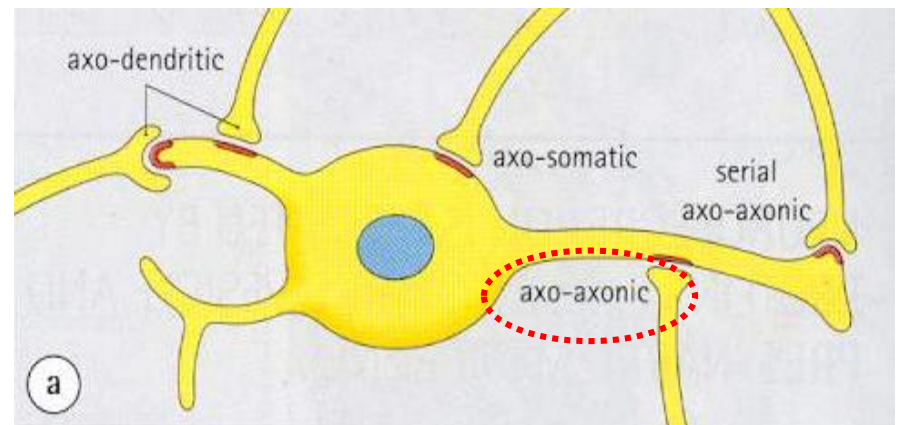
Synapse

Klasifikace podle **participujících struktur**



Axodendritické
Axosomatické
Axoaxonální

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



Neuroglie – Gliové buňky

Obecné vlastnosti

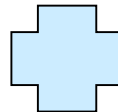
- **ne-neuronální buňky** – několik různých typů
- podporují a chrání neurony
- spojují neurony k sobě a tvoří podpůrnou **kostru nervové tkáně**
- během vývoje **navádějí migrující neurony** do jejich destinací
- zralé neurony, které nejsou v kontaktu synapsemi
- brání vzájemnému kontaktu mezi neurony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

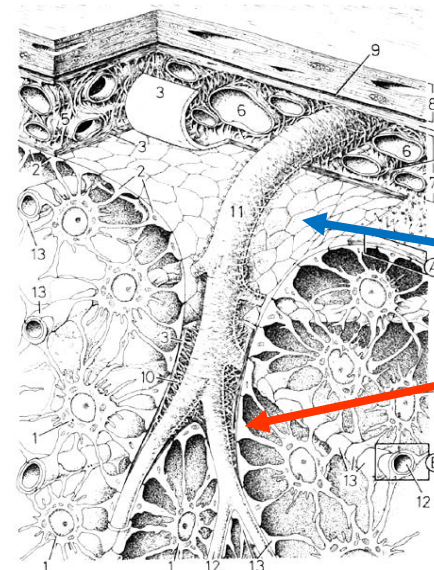
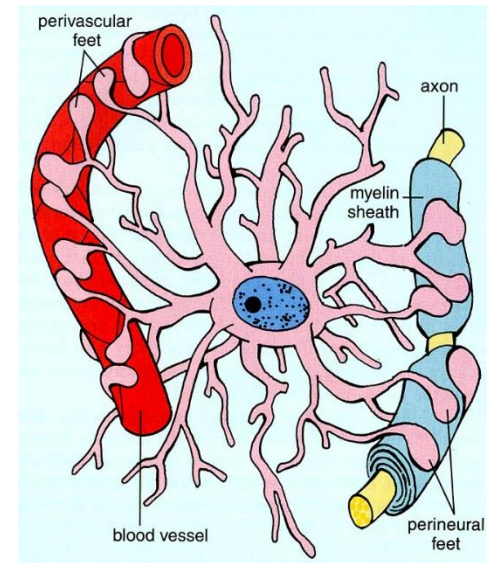


Periferní neuroglie

- 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 „**nerve growth factors**“, 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**



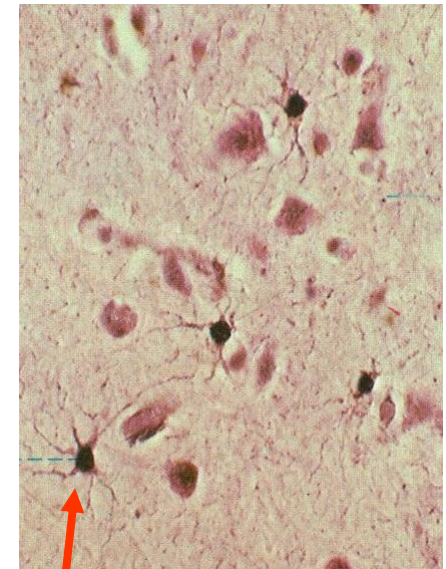
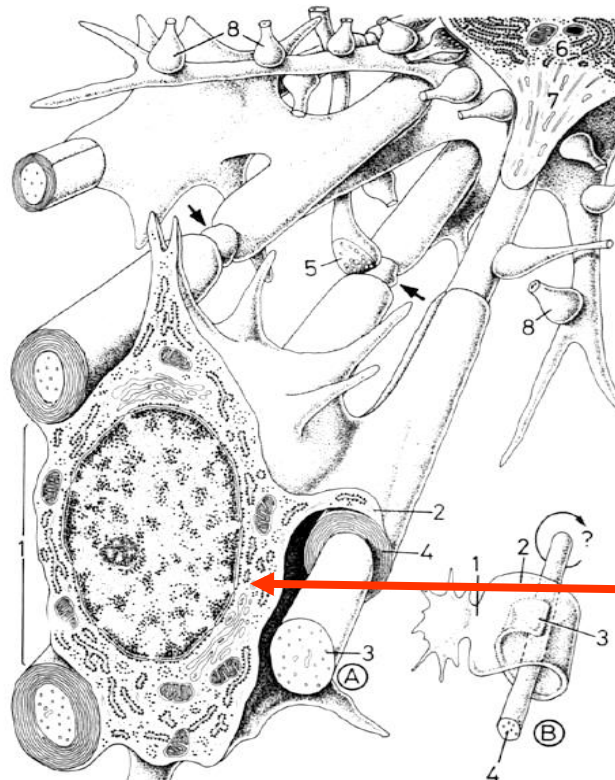
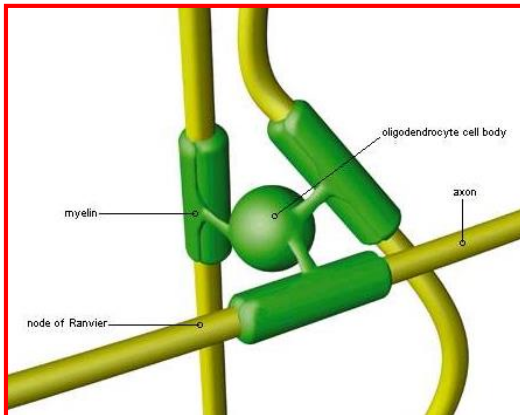
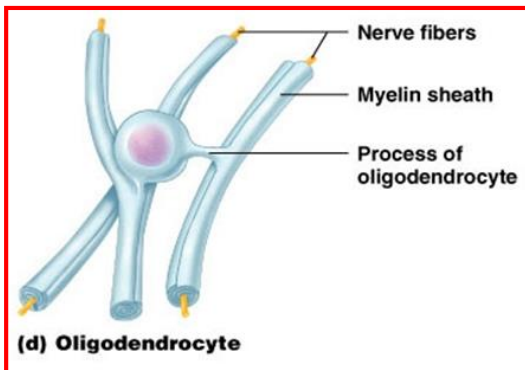
Membrana limitans gliae...

...superficialis

...perivascularis

Neuroglie - Oligodendrocyty

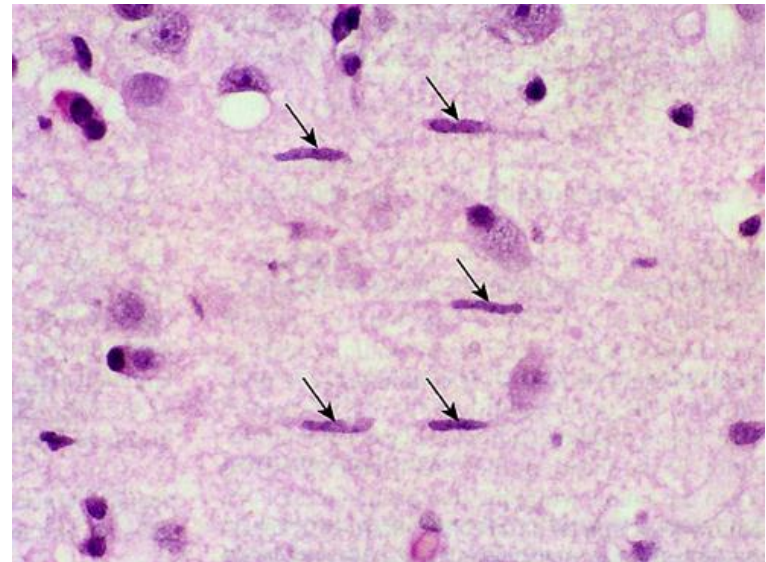
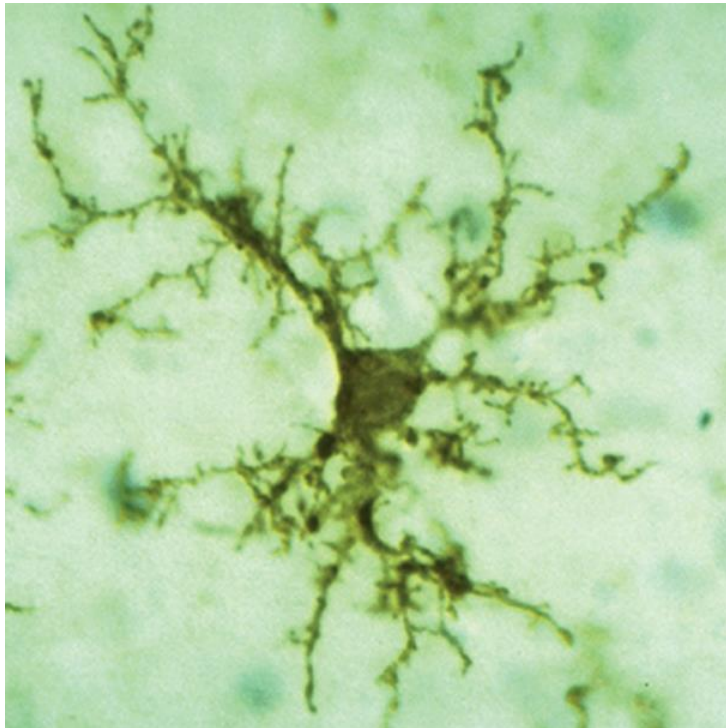
- ✓ menší než astrocyty; tmavší, okrouhlé jádro, hojně RER, hojný golgiho aparát
- ✓ tvoří **myelinové pochvy v CNS**
- ✓ jedna buňka obsluhuje **více jak jeden axon**
- ✓ **nemohou migrovat kolem axonů** (na rozdíl od Schwannových buněk) – vtlačují nové vrstvy myelinu pod již existující směrem k nervovému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



oligodendrocyt

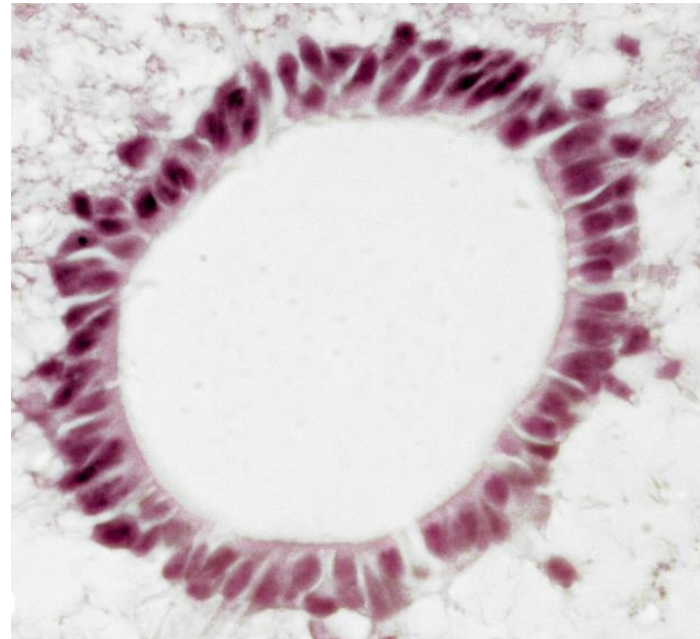
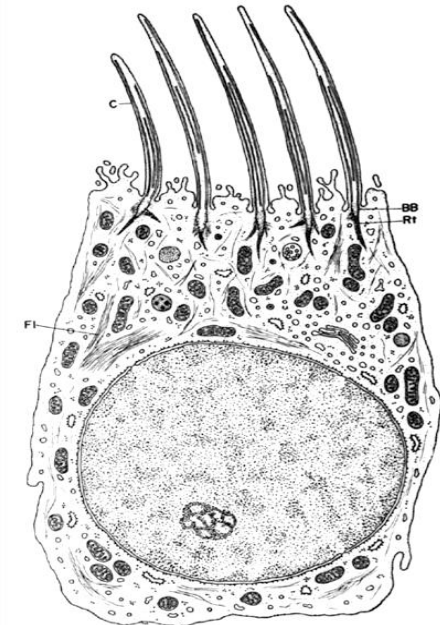
Neuroglie - Mikroglie

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

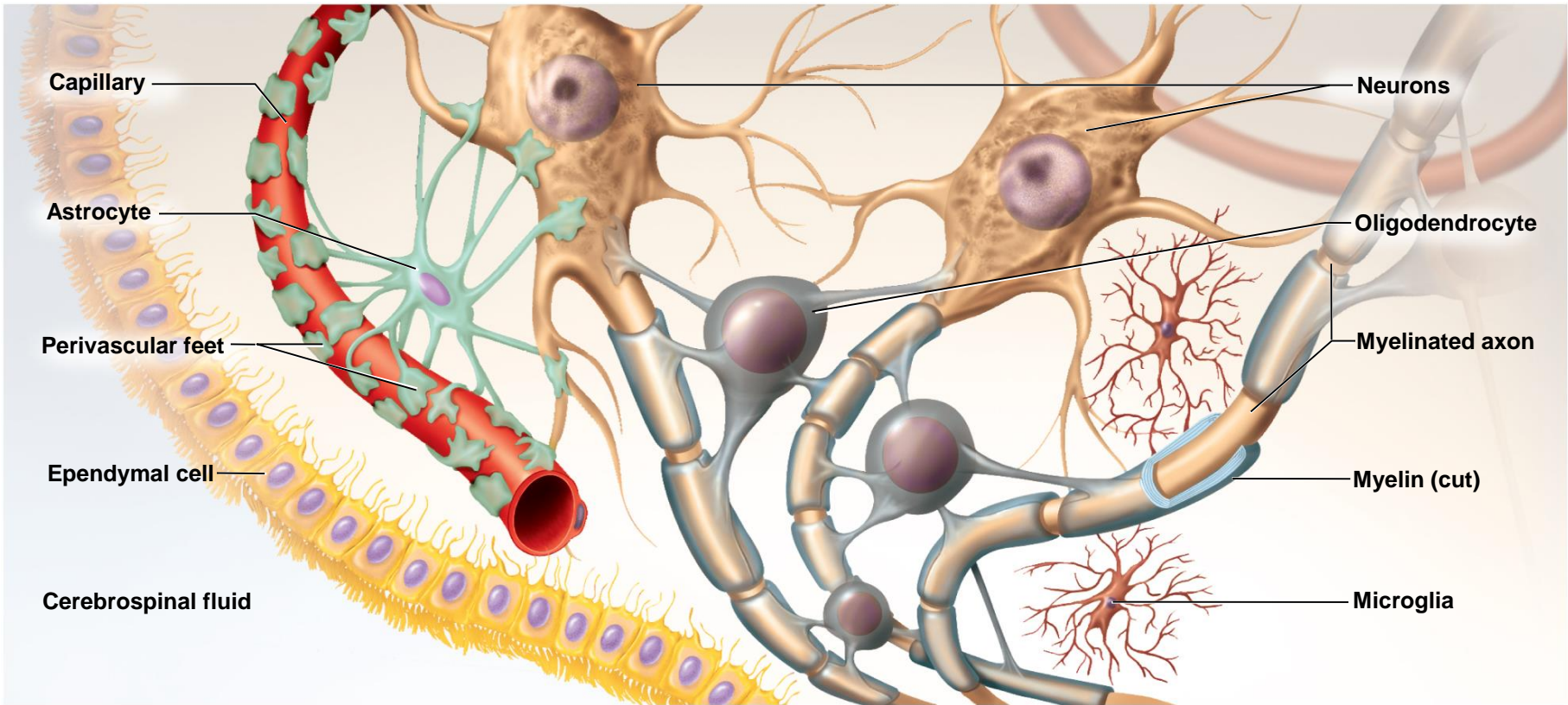


Neuroglie – Ependymové buňky

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



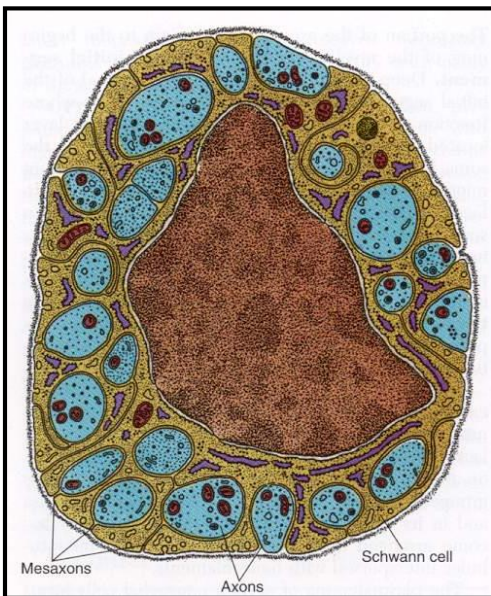
Neuroglie – CNS - Sumarizace



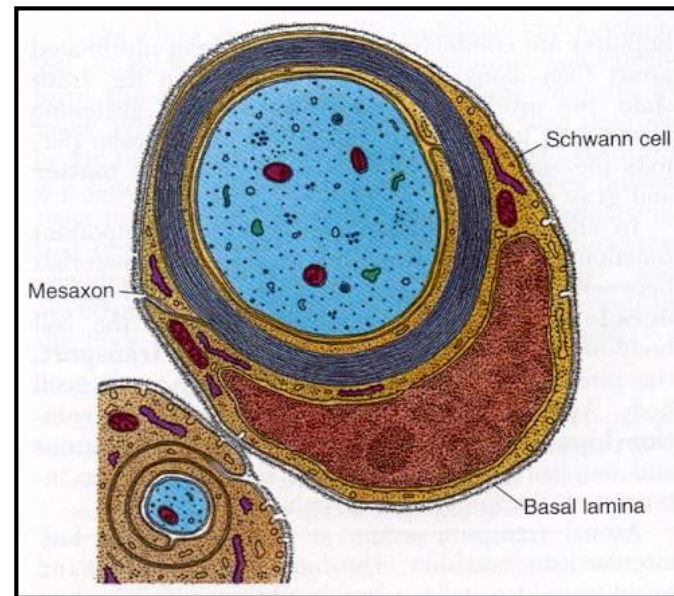
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

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

Axony malého průměru Obdávají je cytoplasmou



Axony velkého průměru Obtáčejí je myelinovou pochvou



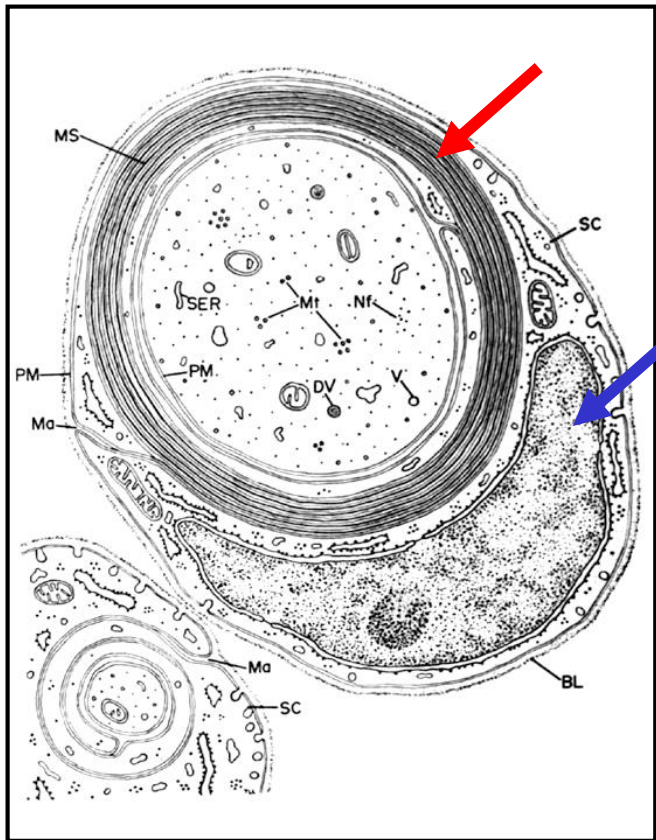
X

pouze Schwannova pochva – šedá vlákna

Schwannova + myelinová pochva – dvojité konturovaná vlákna

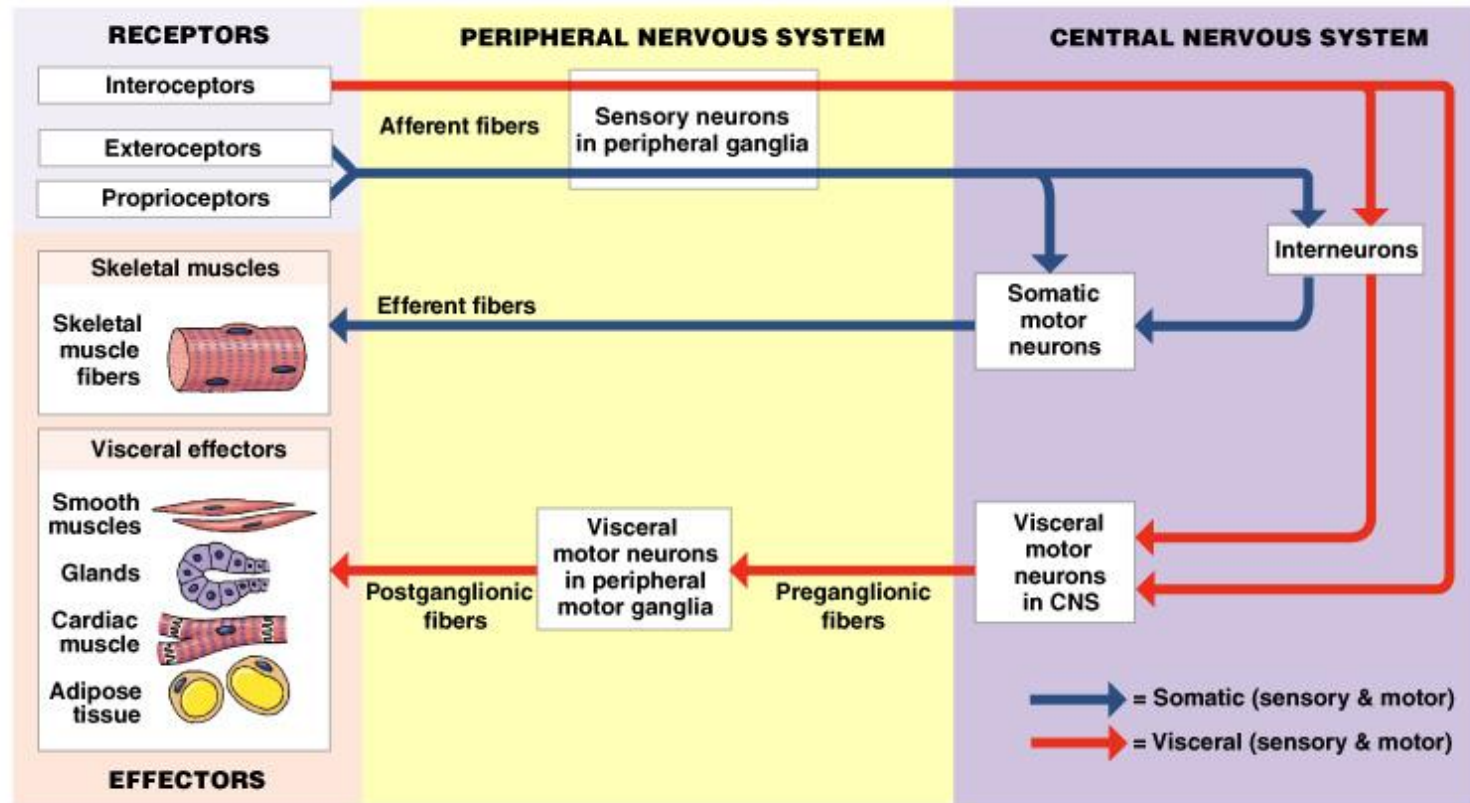
Neuroglie PNS – Schwannovy buňky

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

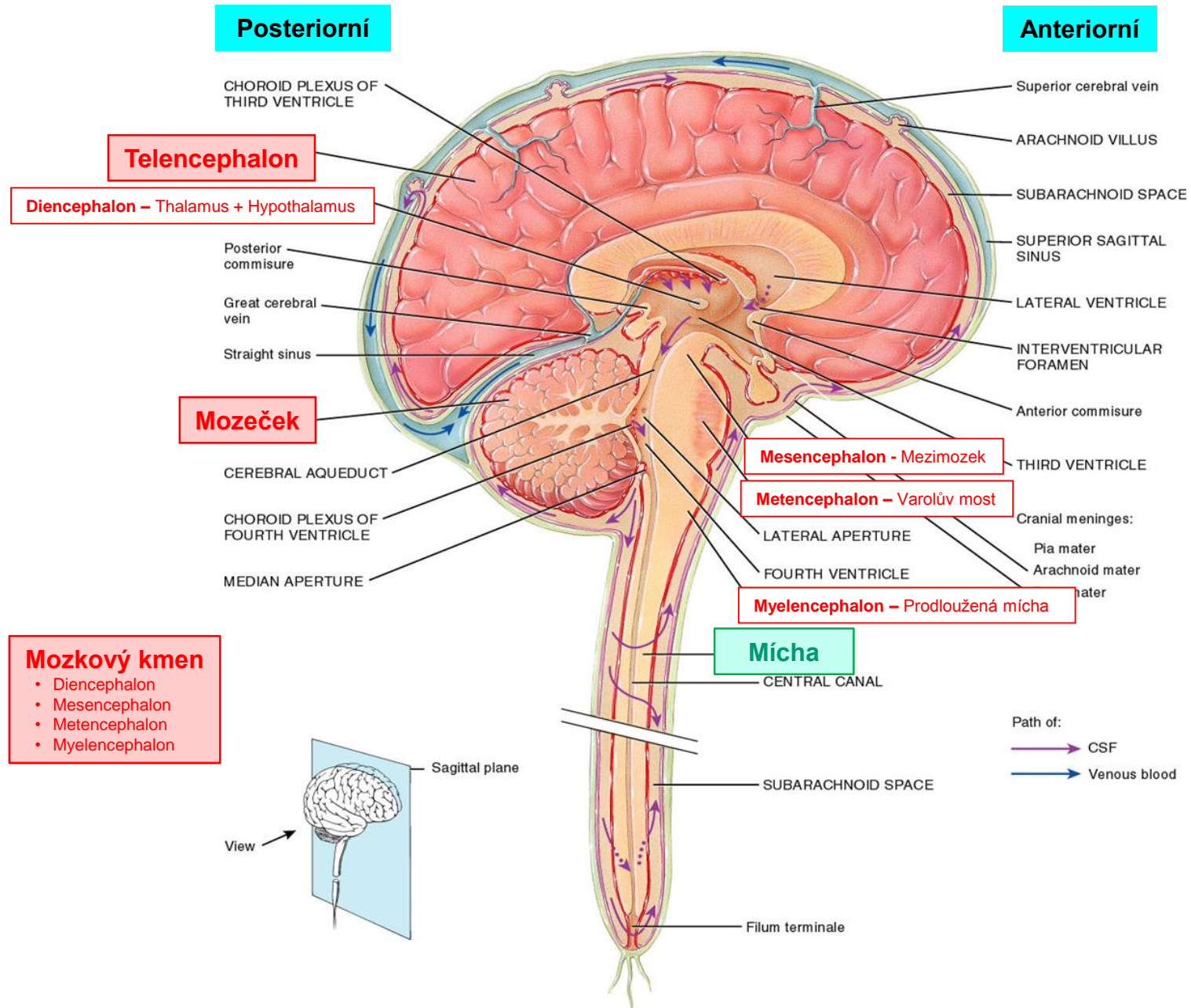


Nervový systém – Periferní x Centrální

CNS je mozek a mícha + PNS je vše ostatní



Centrální nervový systém – Mozek + Mícha



Centrální nervový systém – Organizace

Šedá hmota

- **Těla buněk**
- **Nemyelinizovaná vlákna** (dendrites, proximal + distal ends of axons)
- **Neuroglie** (plasmatic astrocytes, microglia)
- **Kapiláry** (Blood-Brain barrier)

- forms the outer layer of the cerebrum – **kůra mozku**
- also forms **jádra** deep in the brain = clusters of neuronal cell bodies in CNS
- collections of nuclei can form a **centra** (higher brain function)

Bílá hmota

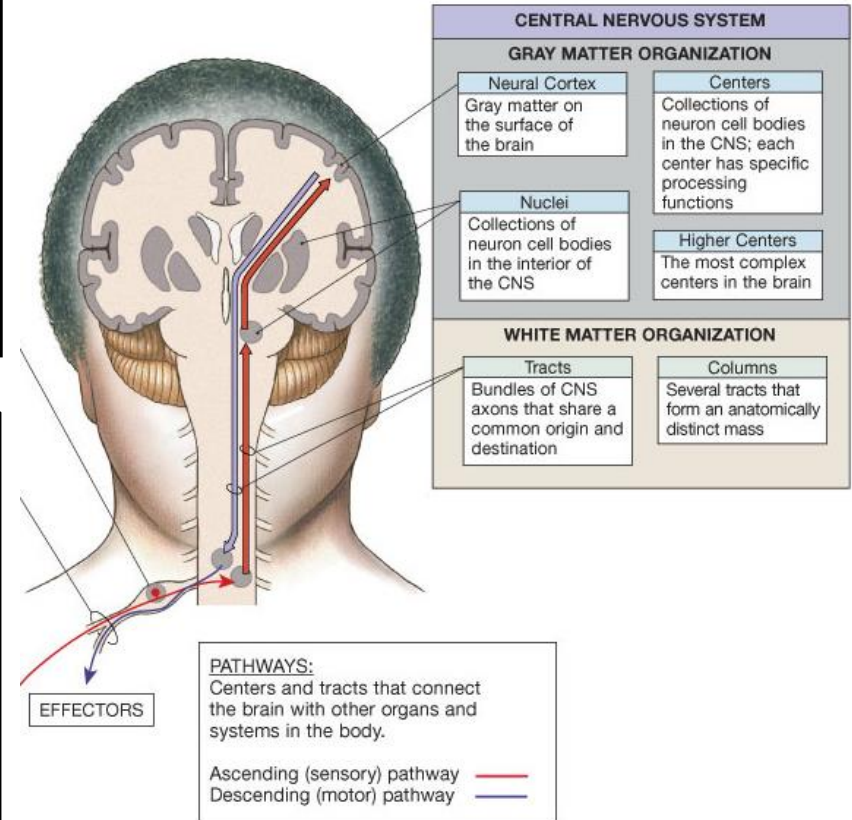
- **Myelinizované axony neuronů**
- **Neuroglie** (oligodendrocytes, fibrilar astrocytes)
- **Krevní cévy** (lesser density than in the gray matter)

Mozek

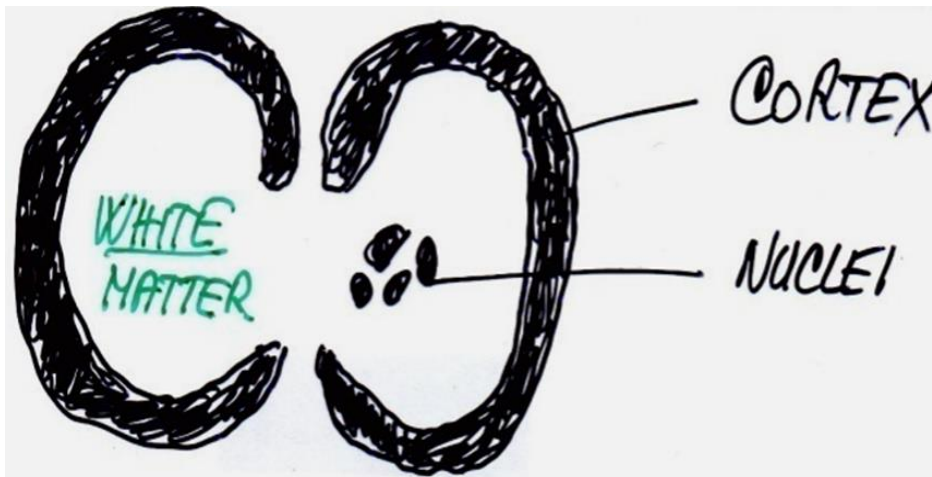
- axons are bundled together to form **trakty bílé hmoty** conduct nerve impulses from gray region to gray region
- three types of tracts (**comisurální, asociační, projekční**)

Mícha

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



Centrální nervový systém – Distribuce šedé a bílé hmoty



Telencephalon + Cerebellum

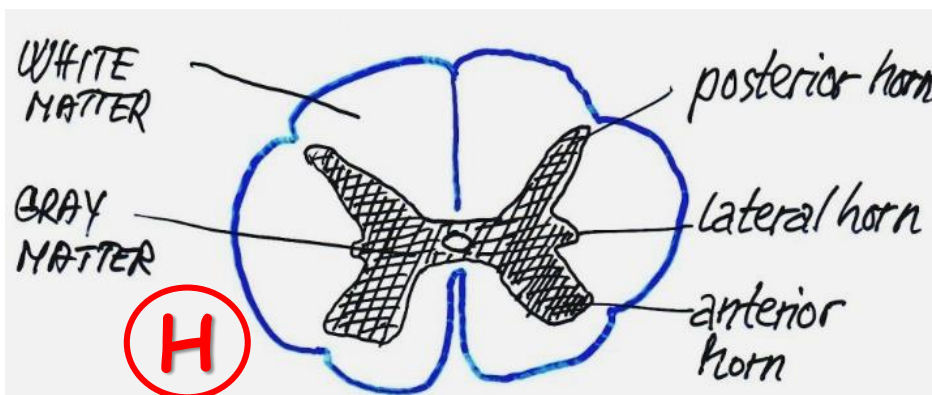
Šedá hmota:

- covers surface of both hemispheres forming the folded plate - **kůra**
- forms islands nearby ventricular system – **telencefalická a mozečková jádra**
- centrally located **also in brain stem**

Bílá hmota:

- occupies the interior of hemispheres

X

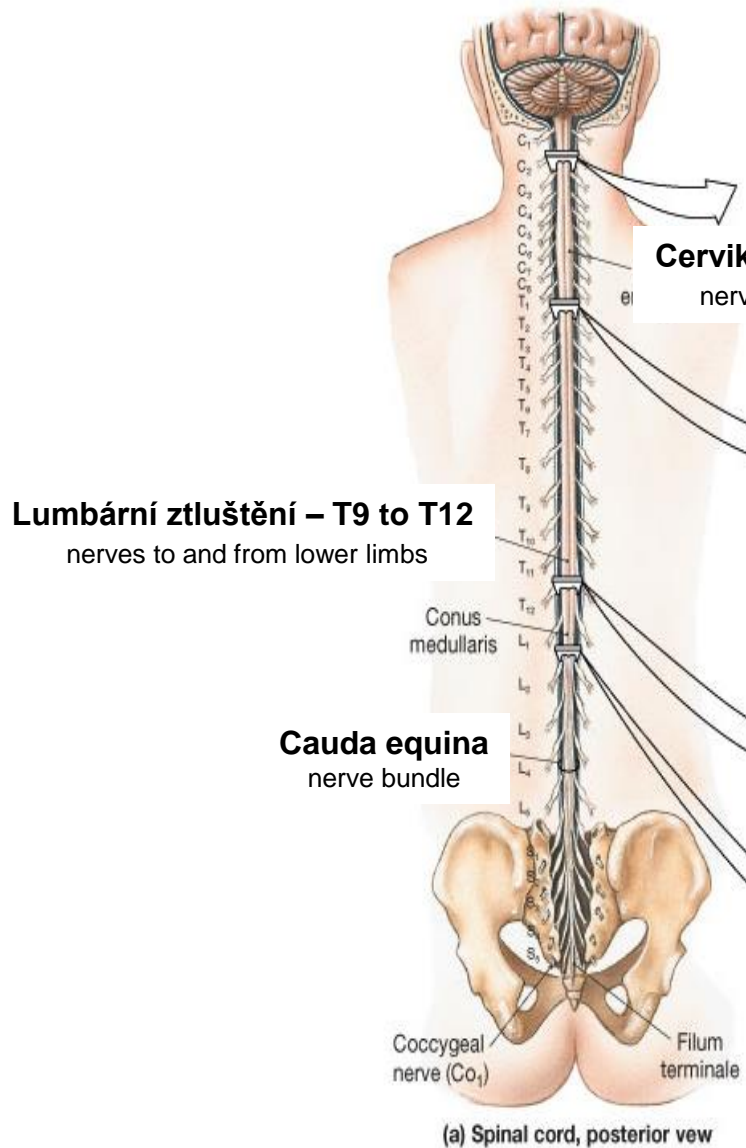


Mícha

Šedá hmota :

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

Centrální nervový systém – Mícha - Anatomie

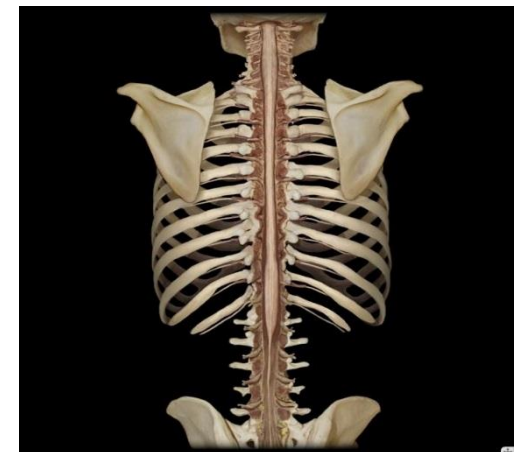


Approx. 40-50 cm



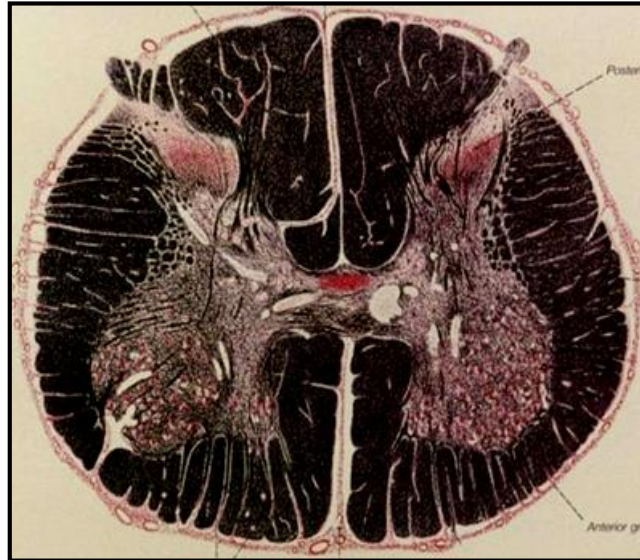
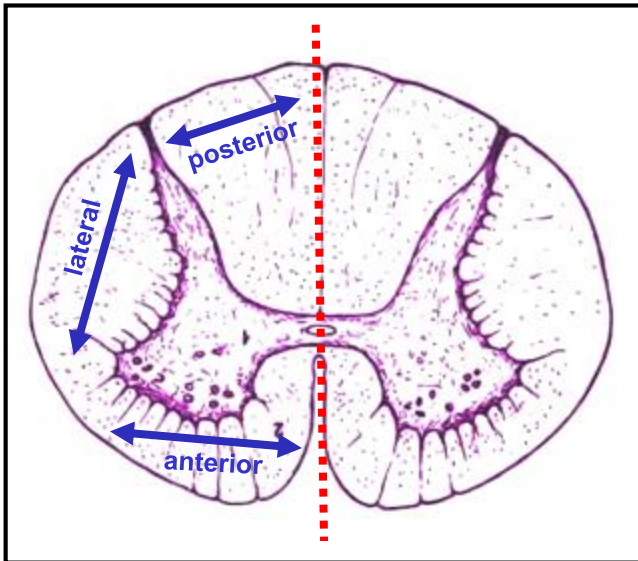
- Cylindrical strand
- Narrowed conically
- Bilaterally symmetrical
- Central canal

31 segments
+
31 pairs of *spinal nerves*



Centrální nervový systém – Mícha – Bílá hmota

POSTERIORNÍ



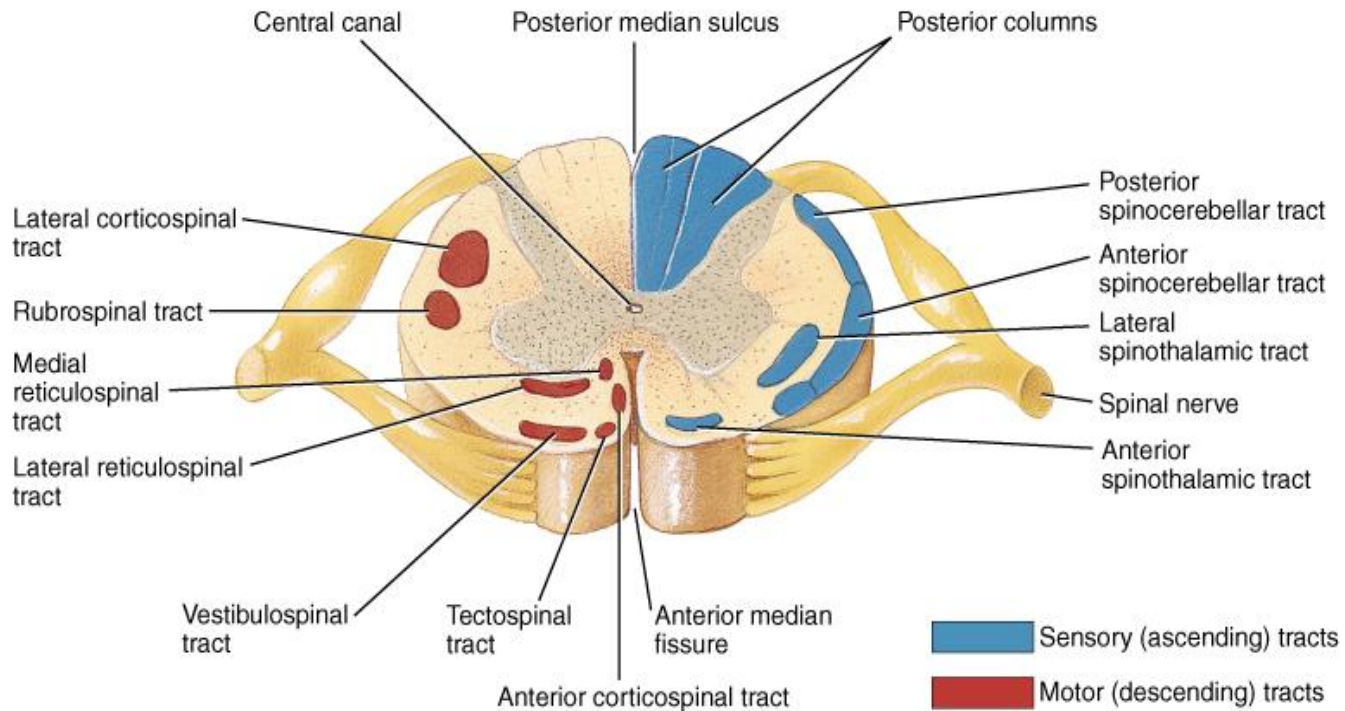
Provazce (*Fasciculi = Funiculi* (= Sloupce)

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

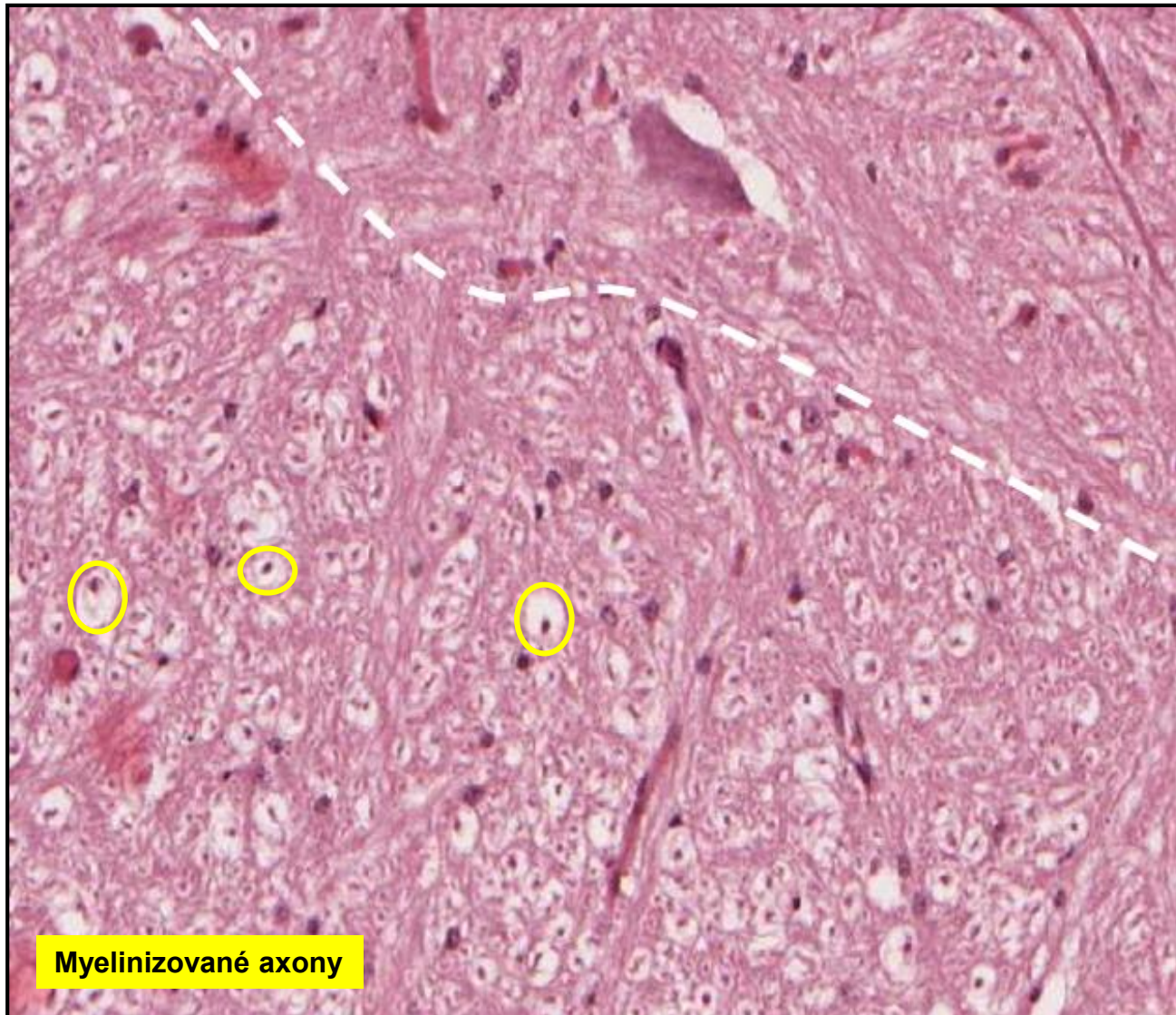
Sensitivní = Vzestupné
Motorické = Sestupné

Mícha – Bílá hmota- Trakty

Only for demonstration purpose – no need of memorizing !!!



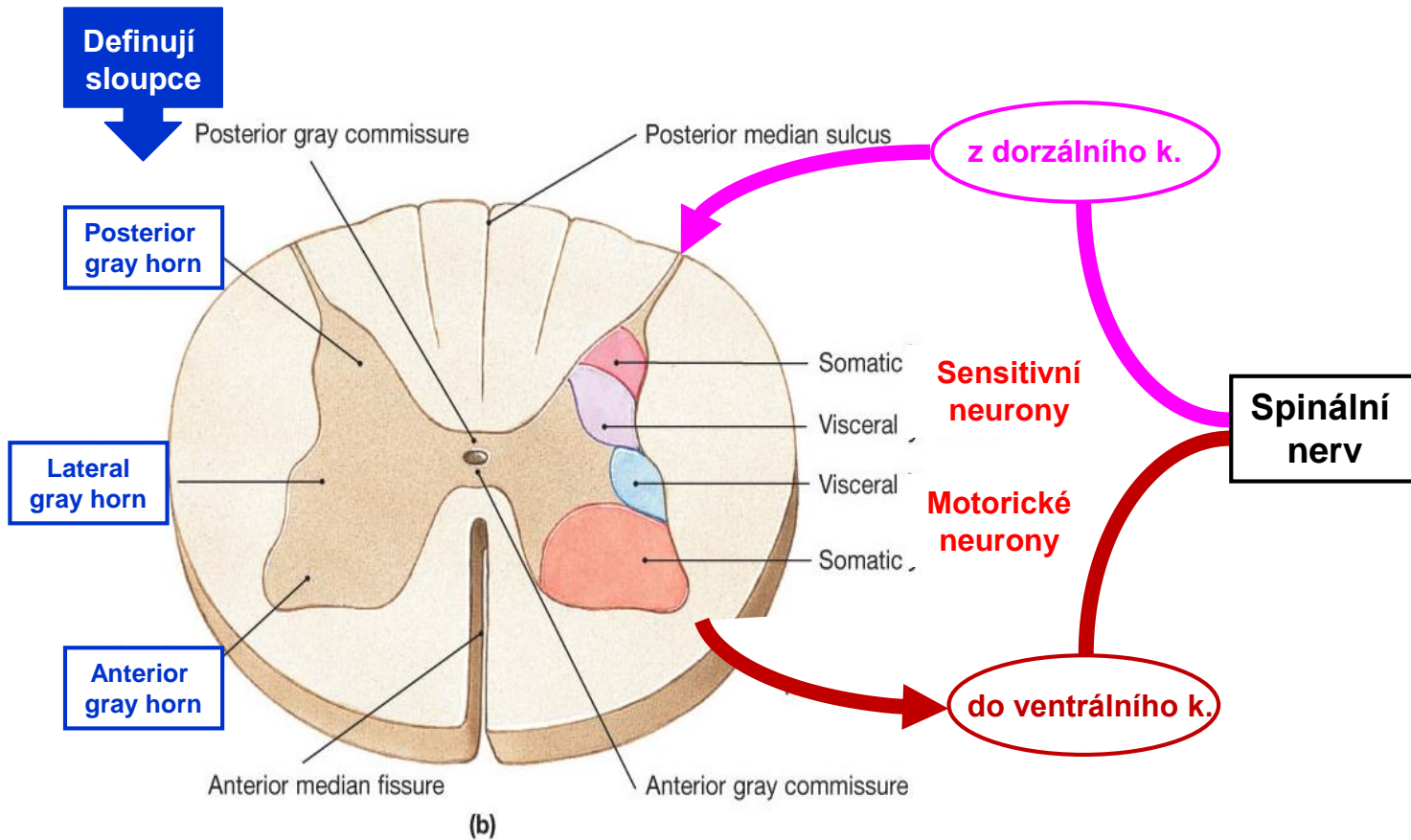
Mícha – Bílá hmota



Šedá hmota

Bílá hmota

Mícha – Šedá hmota – Organizace



Neurons in gray matter – all are multipolar

Motorické neurony (kořenové)

- in the anterior (ventral) horns
- stellate shape, 150 μm in diameter
- send off long myelinated axons ending on muscle fibres

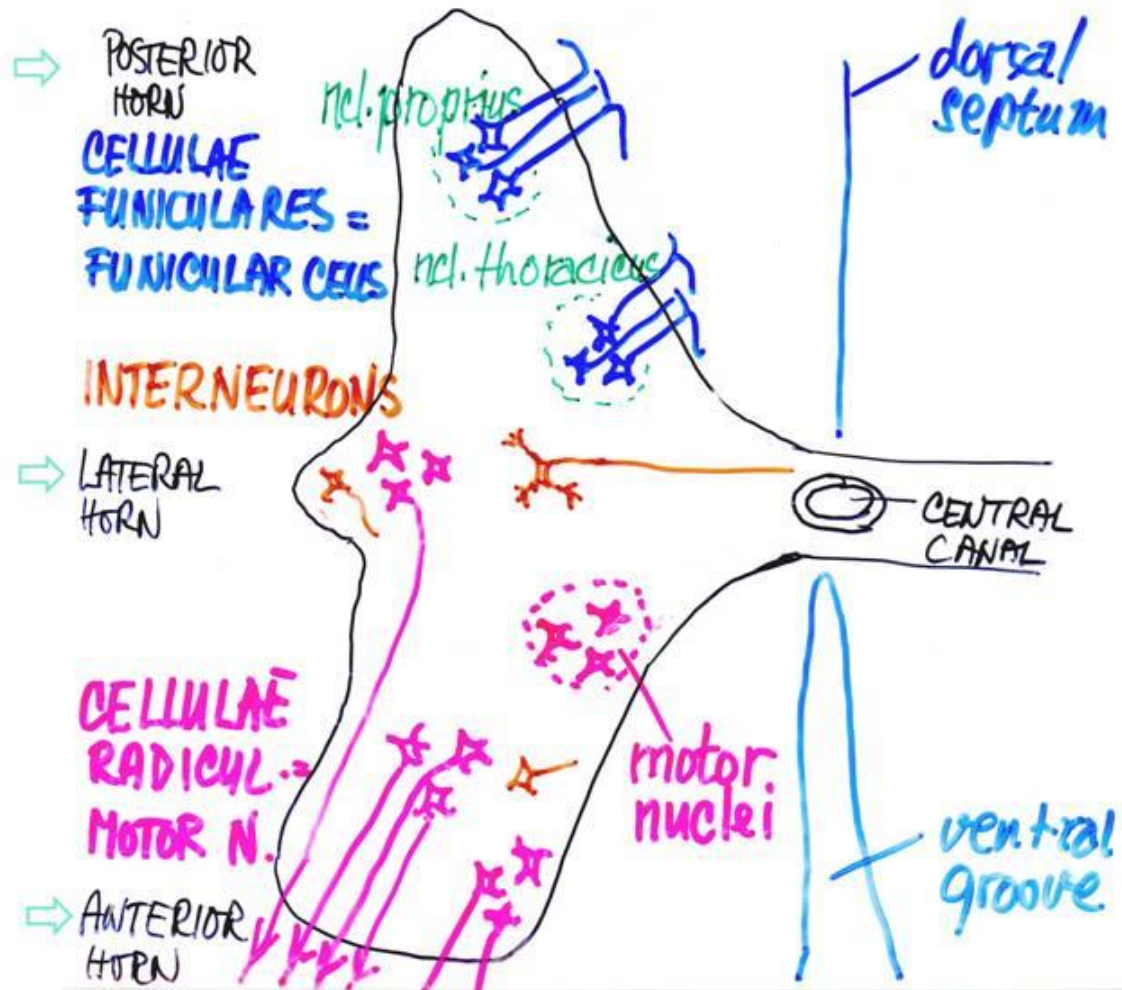
Buňky provazců (funikulární)

- mainly in the posterior horns
- their axons enter the white matter and connect to other segments of SC and to brain stem

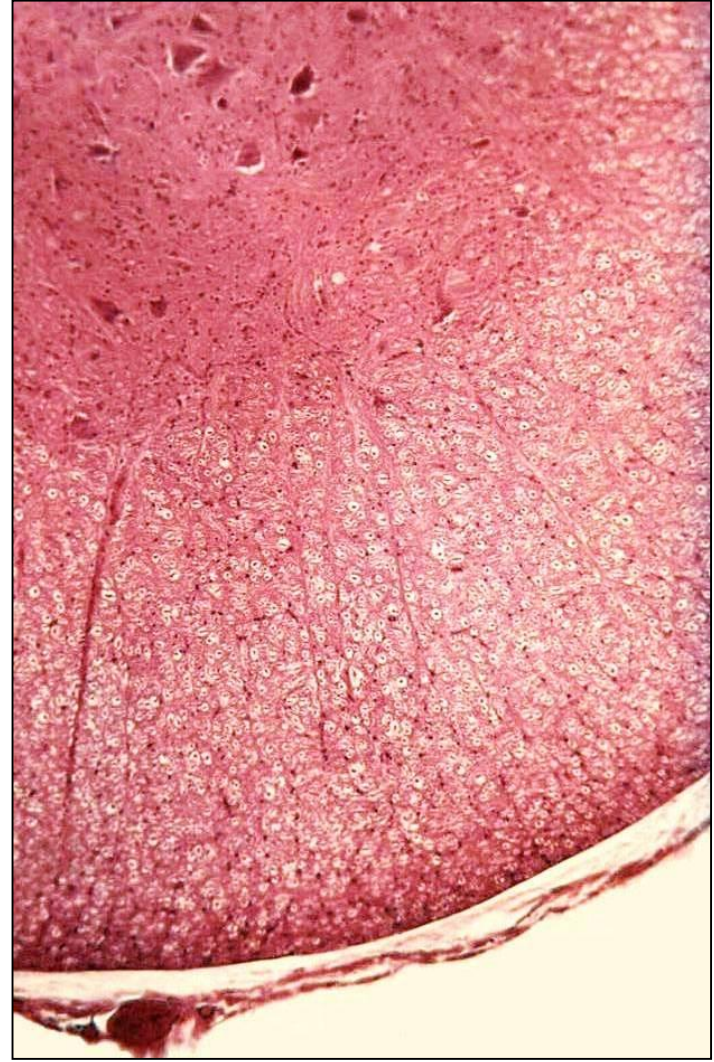
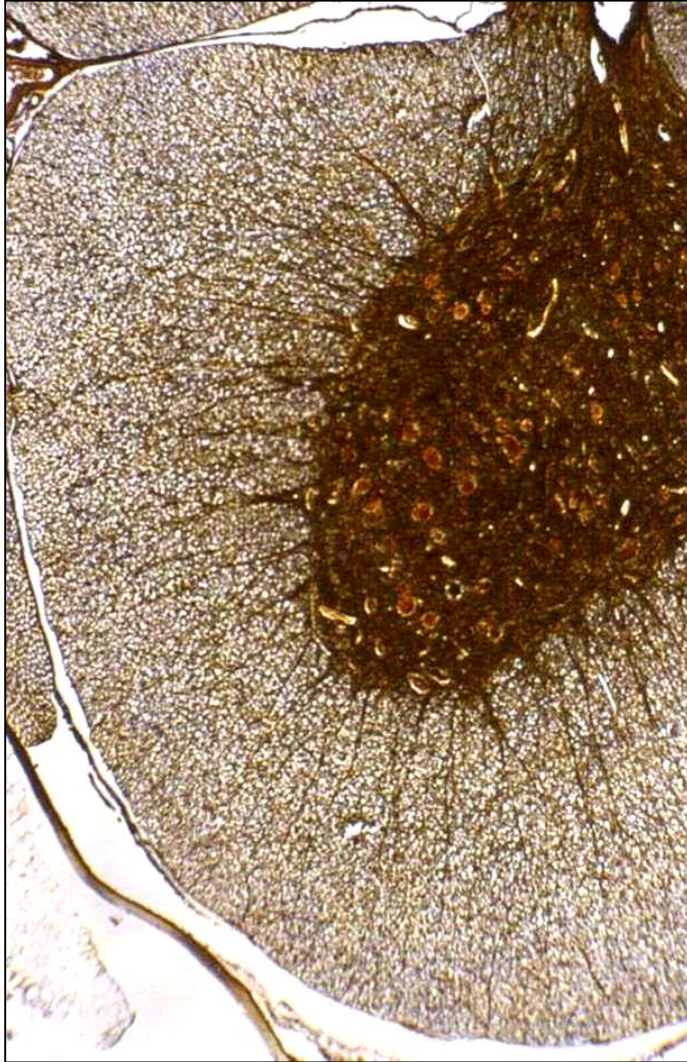
Interneurony

- small neurons
- diffusely distributed among motor and funicular cells

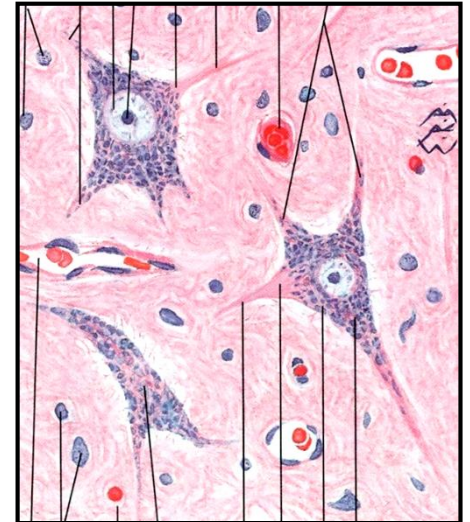
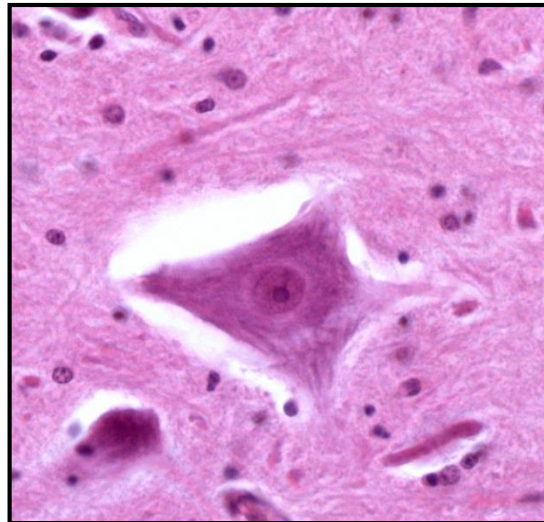
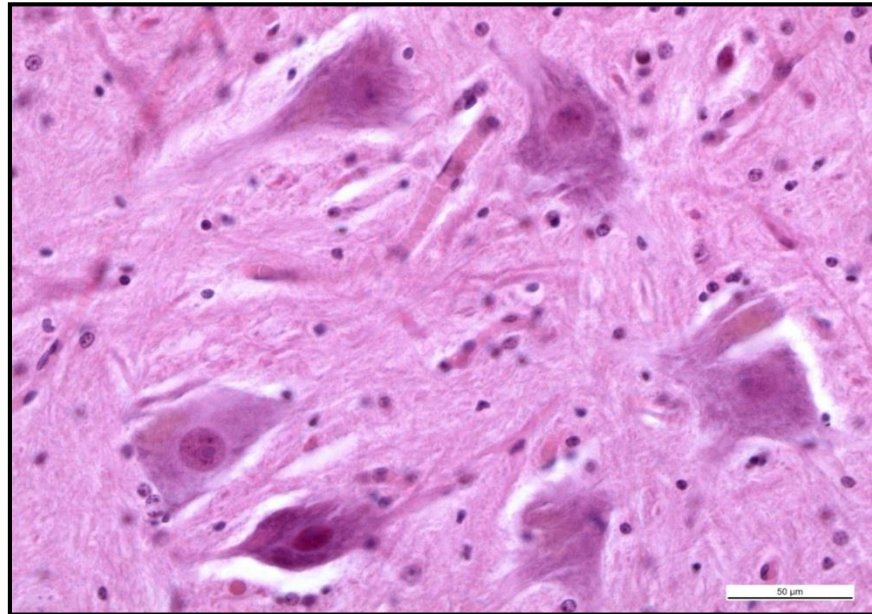
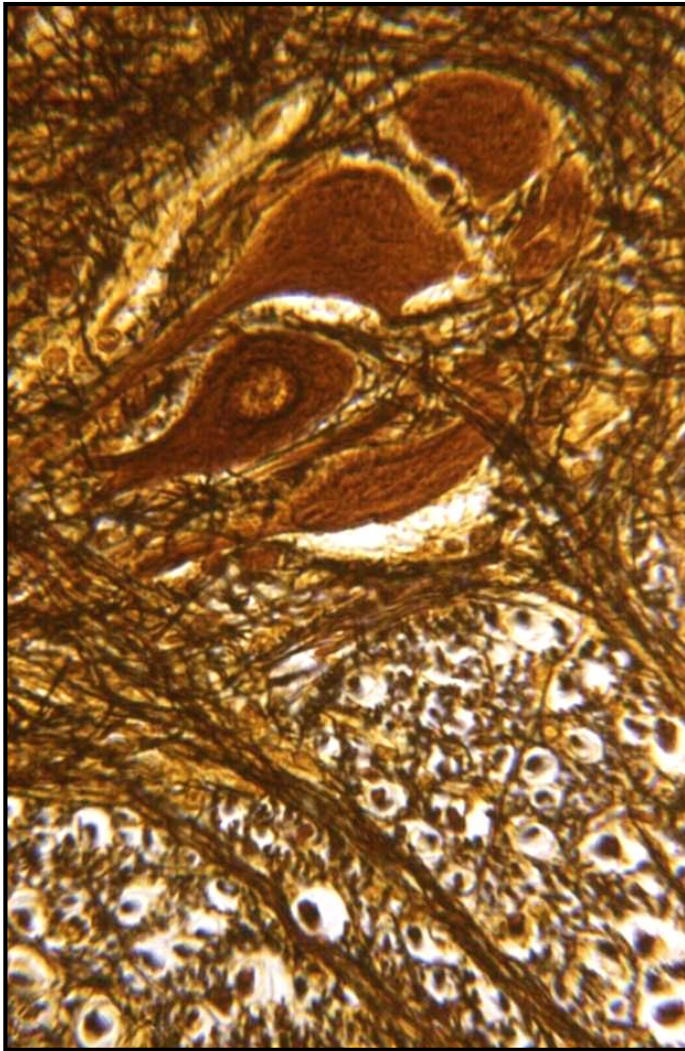
Mícha – Šedá hmota – Organizace



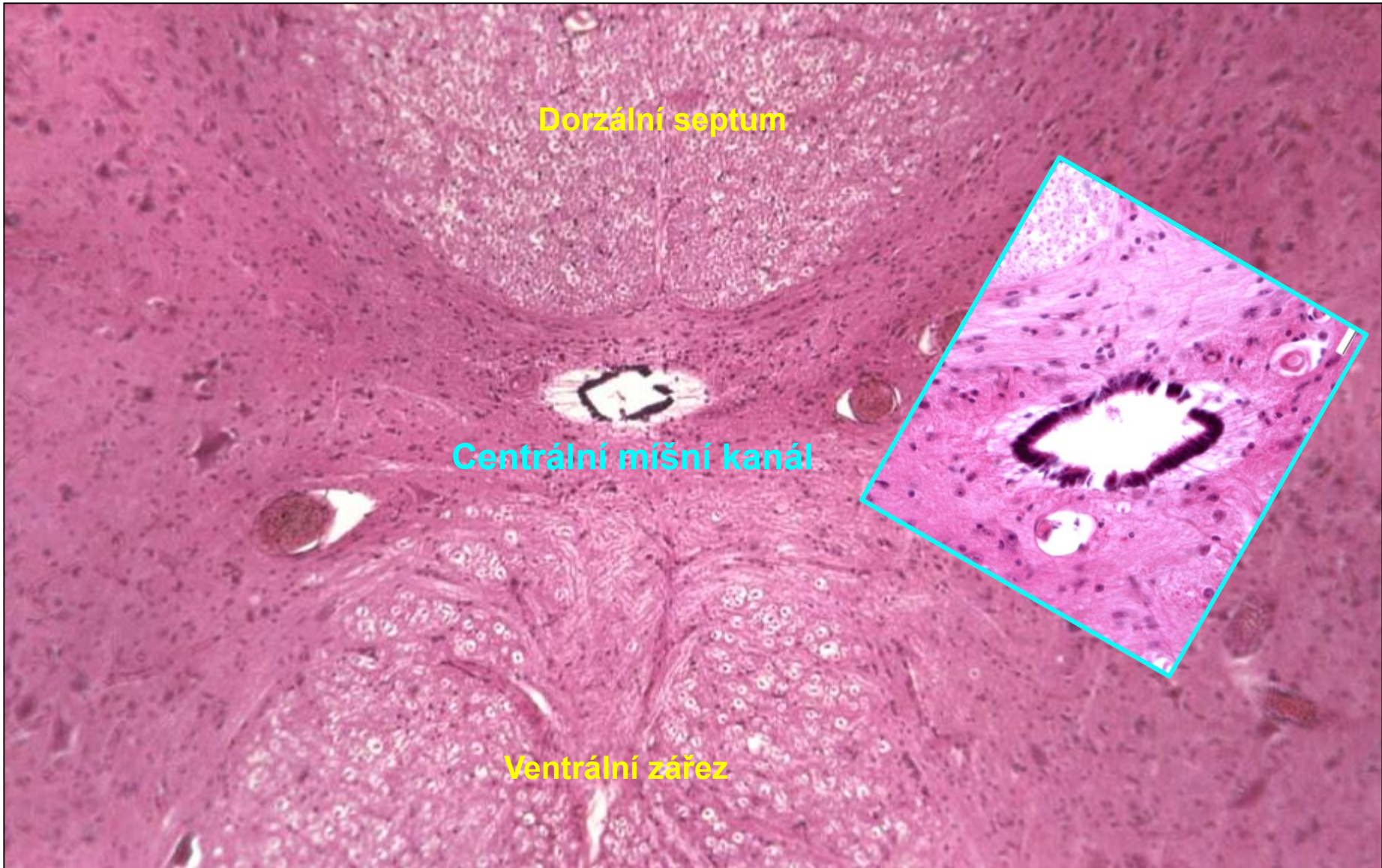
Mícha – Šedá hmota



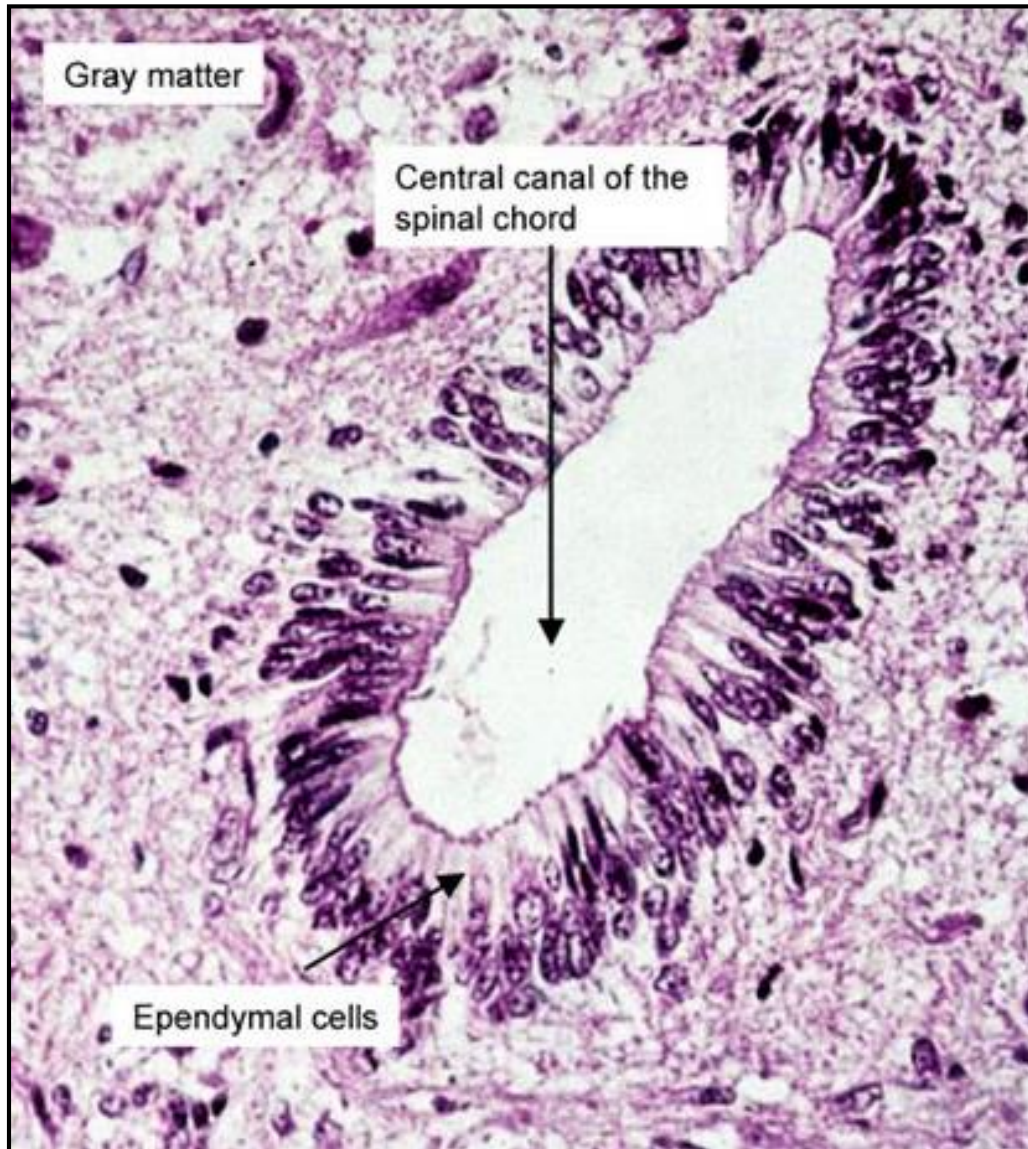
Mícha – Šedá hmota – Organizace - Motoneurony



Mícha – Centrální míšní kanál



Mícha – Centrální míšní kanál

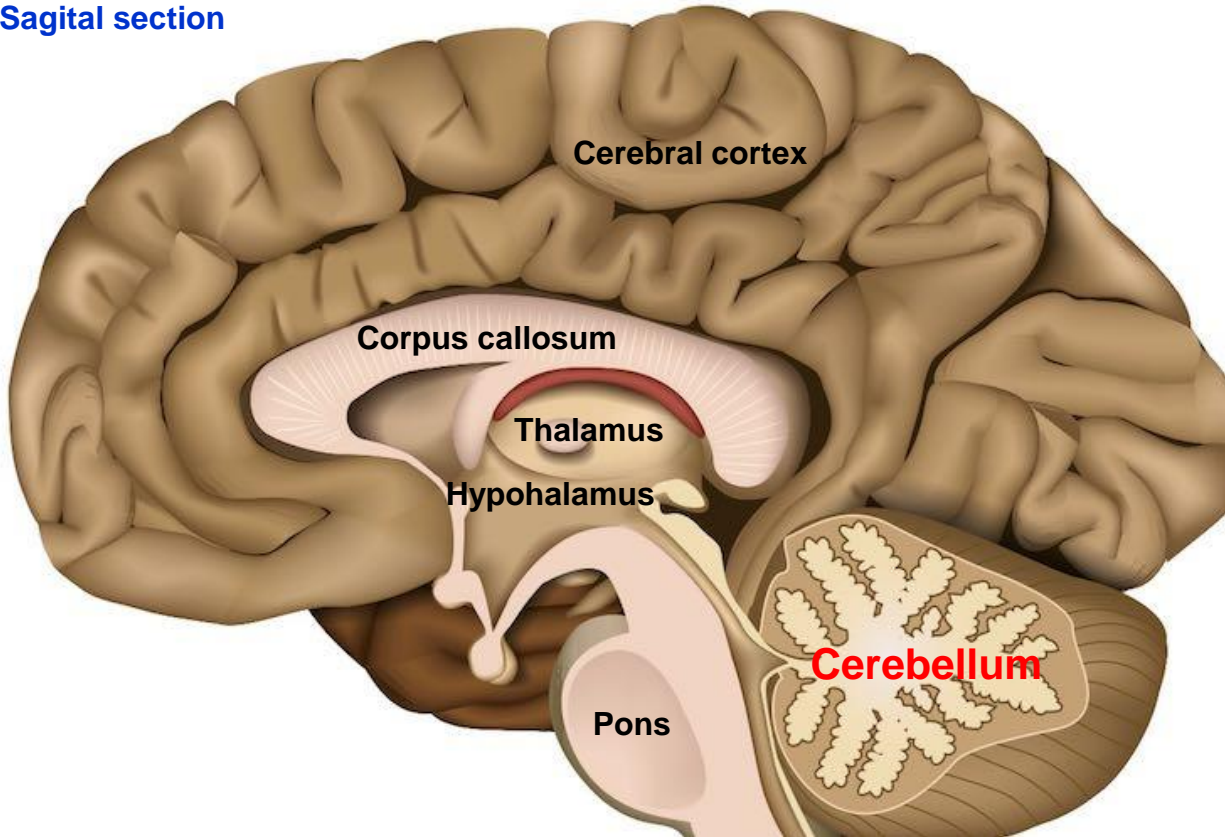


Cerebellum - Mozeček

Function

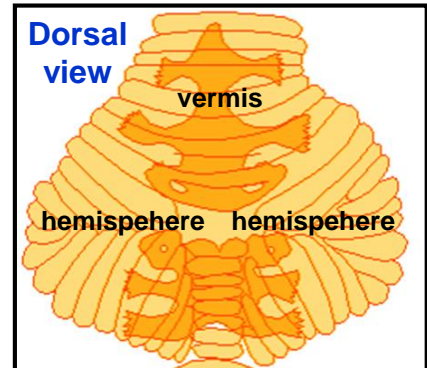
- co-ordination of voluntary movements and helping to maintain balance
- allows for smooth, co-ordinated movements by constantly adjusting muscle tone and posture

Sagittal section

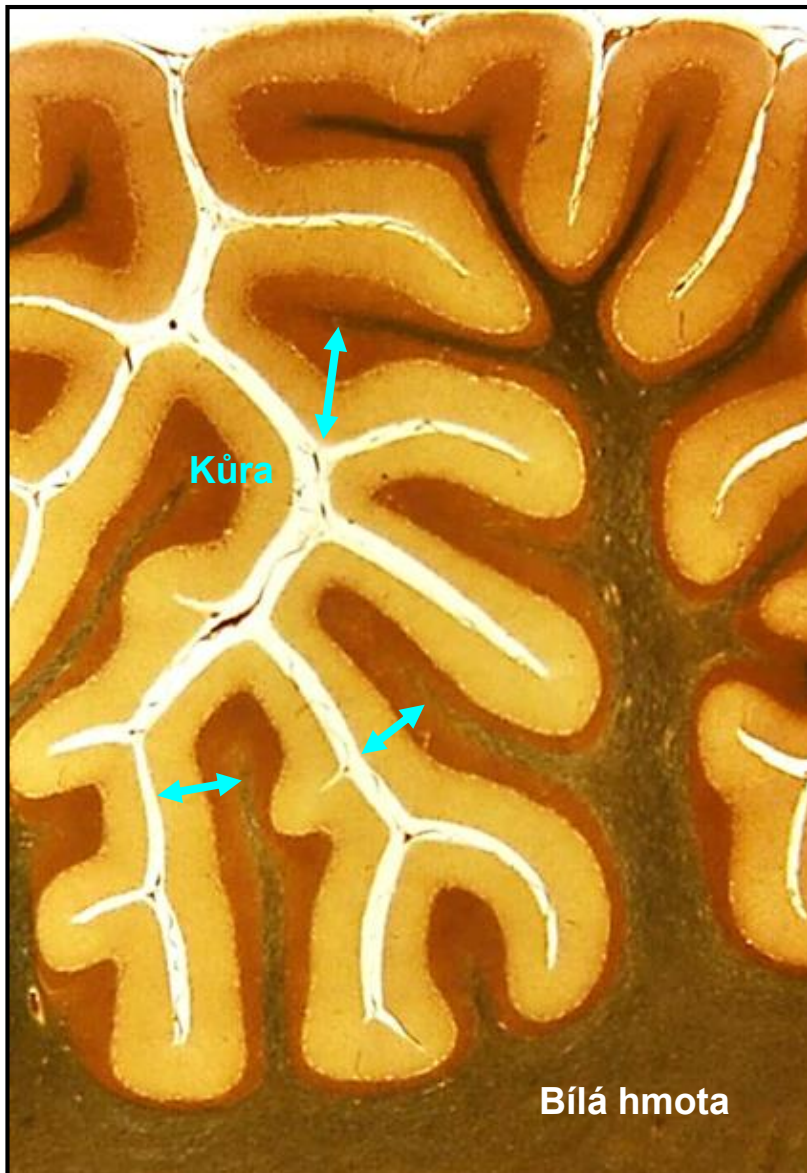


Weight: 130 grams
Surface area: 0,10 - 0,15 m²

Dorsal view



Cerebellum – Šedá hmota



Šedá hmota

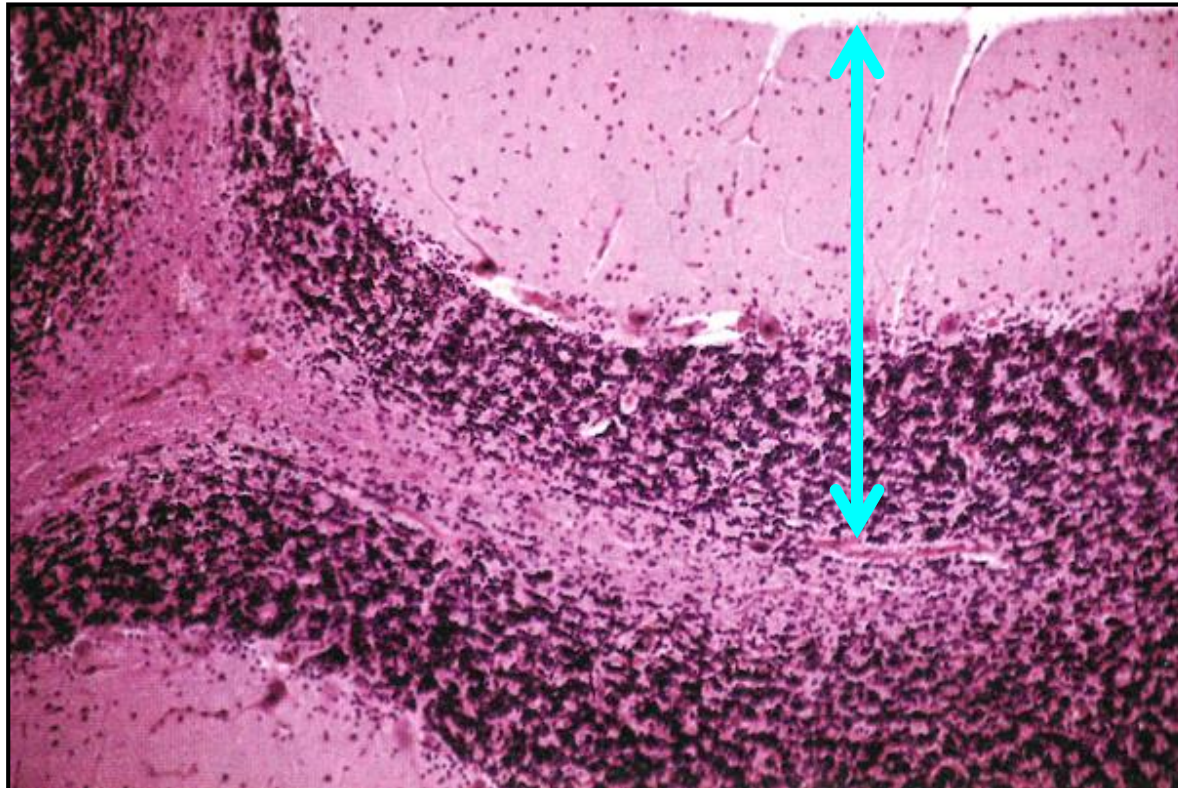
- **Kůra na povrchu** (1 mm thick)
- **Jádra v bílé hmotě** (nucleus dentatus, emboliformis, globosus, and fastigii)

Cerebellum – Bílá hmota



„Arbor vitae“ – bílá hmota

Cerebellum – Kůra

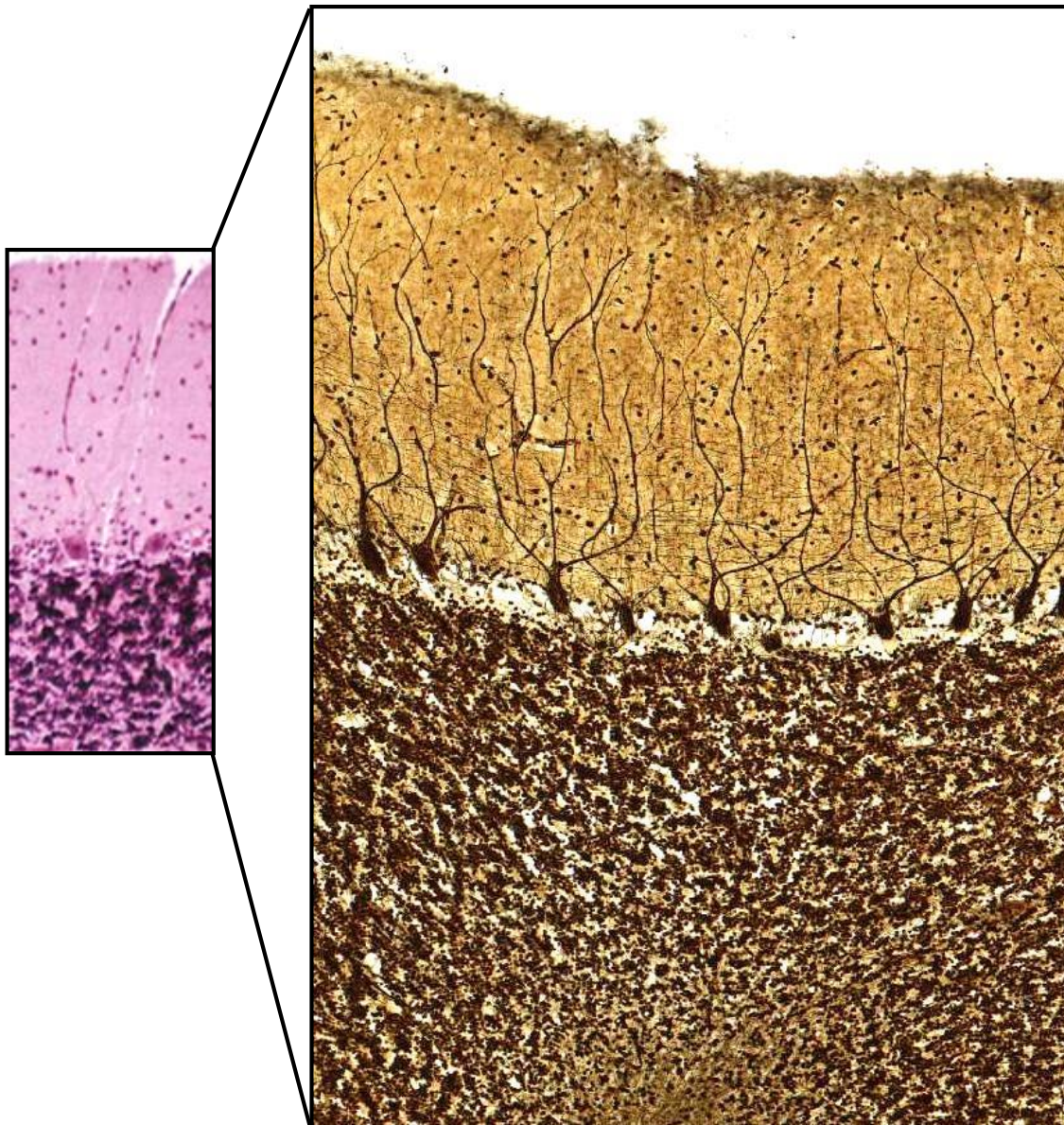


Molekulární vrstva
(*stratum moleculare*)

Vrstva Purkyňových buněk
(*stratum gangliosum*)

Granulární vrstva
(*stratum granulosum*)

Cerebellum – Cortex - Cells



Molekulární vrstva (*stratum moleculare*)

- Košíčkové buňky
- Hvězdicové buňky

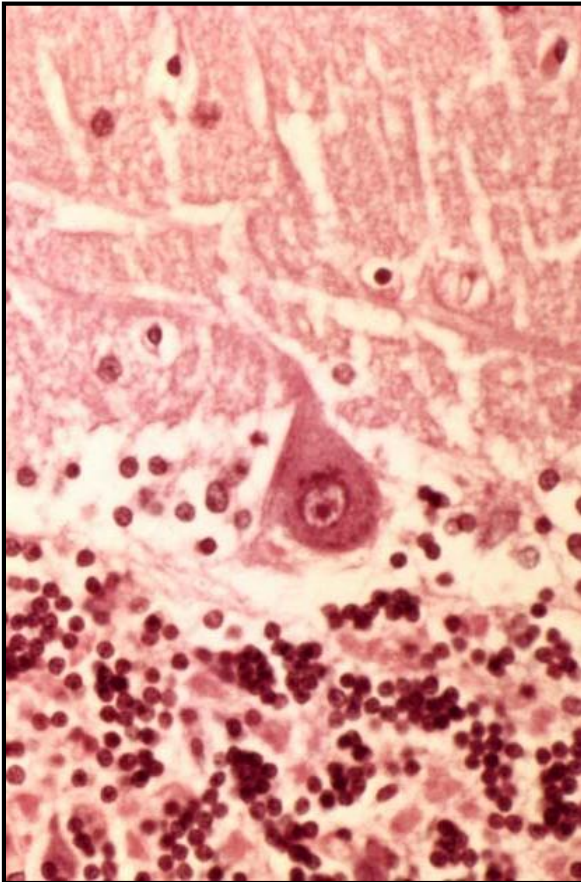
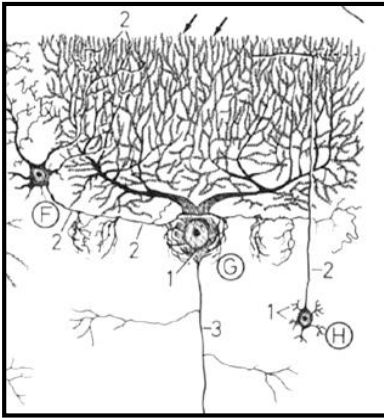
Vrstva Purkyňových buněk (*stratum gangliosum*)

- Perikarya Purkyňových buněk
- Golgi (Bergman) glie

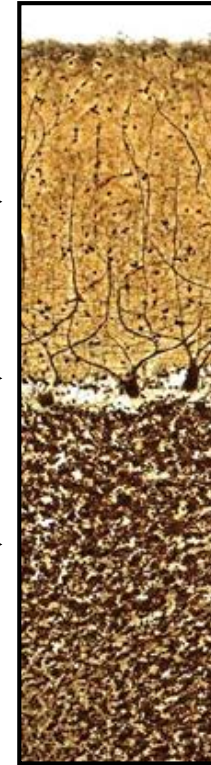
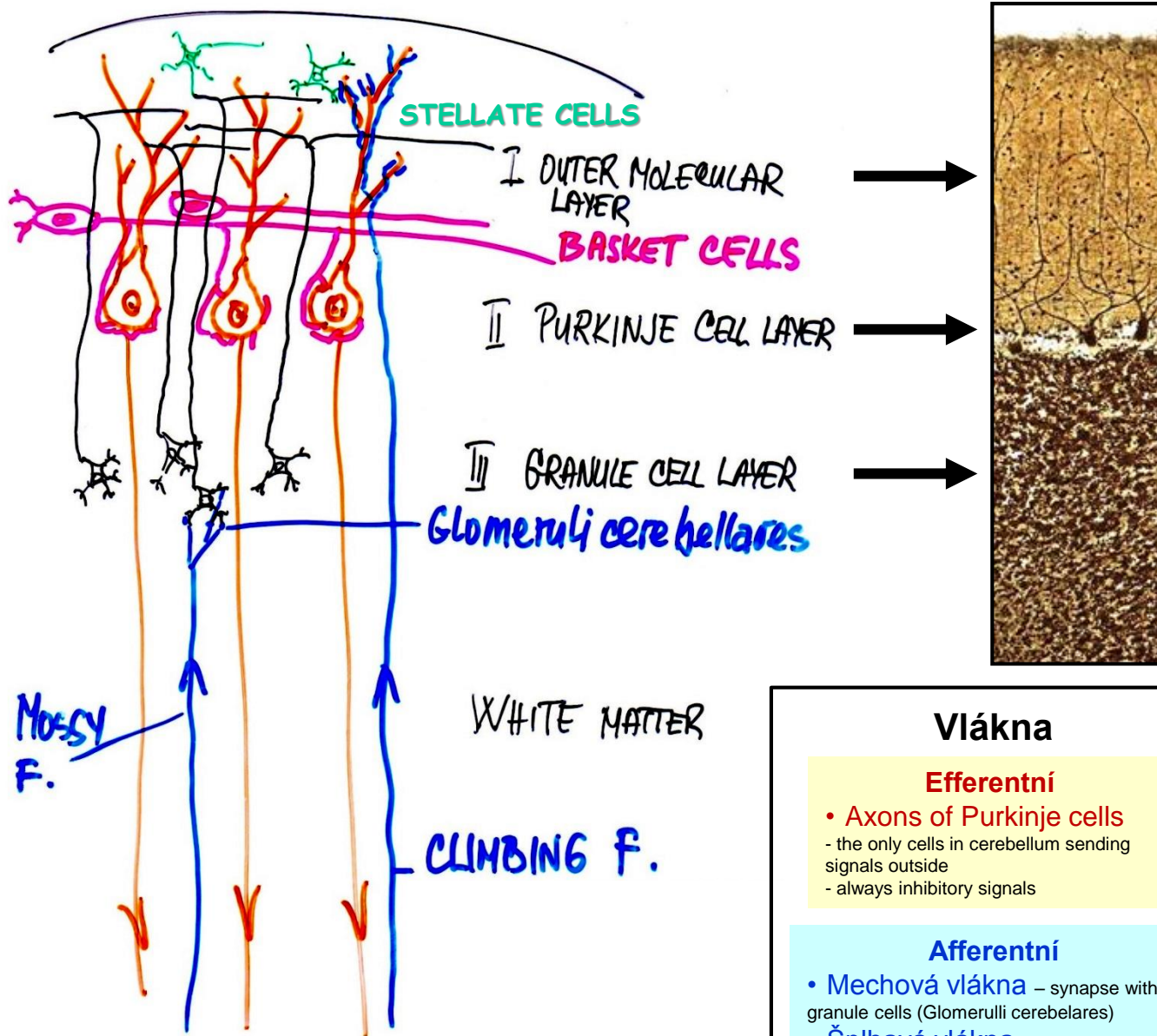
Granulární vrstva (*stratum granulosum*)

- Granulární buňky
- Golgi (Bergman) glie

Cerebellum – Purkyňovy buňky



Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Vlákna

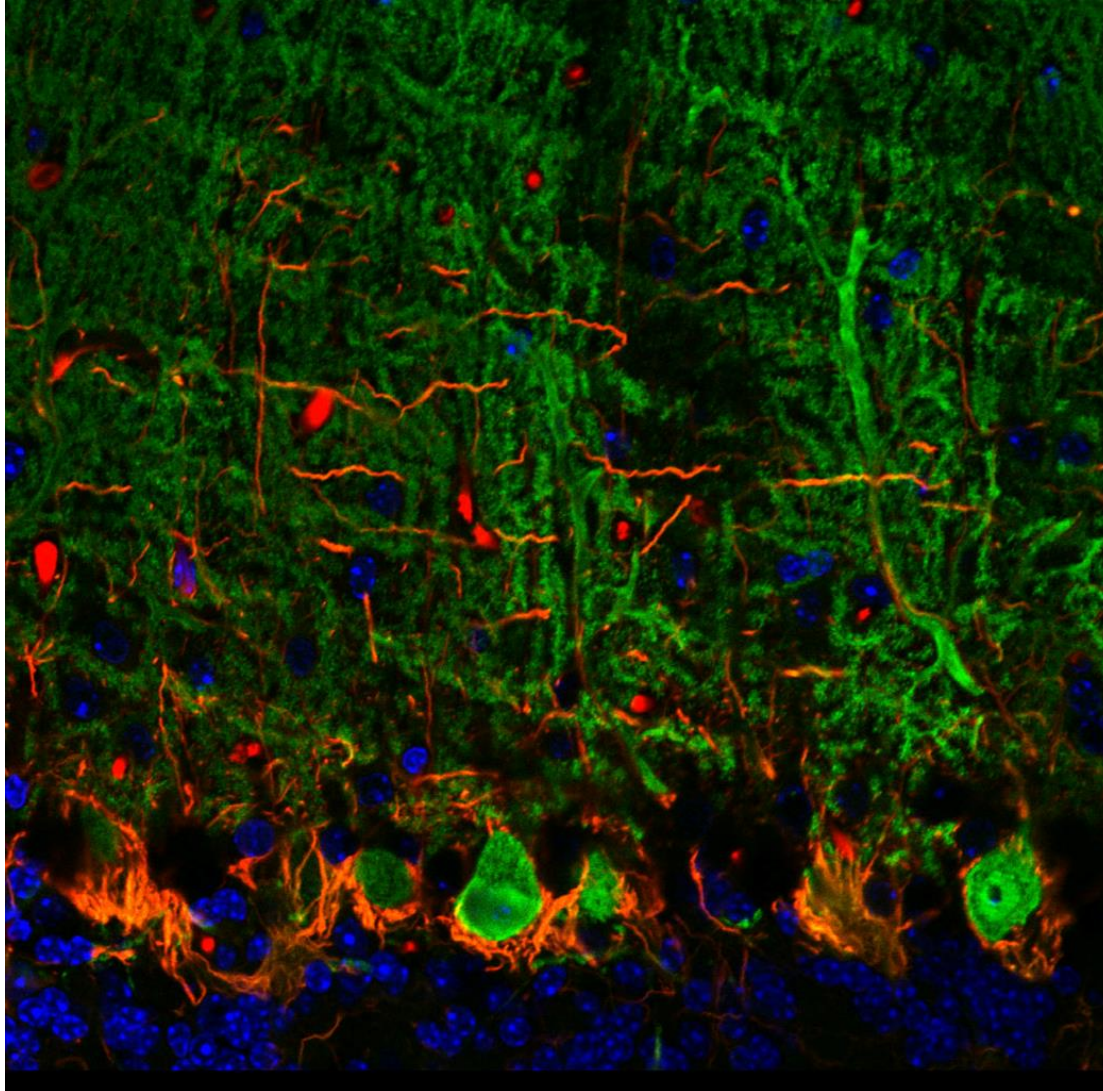
Efferentní

- **Axons of Purkinje cells**
 - the only cells in cerebellum sending signals outside
 - always inhibitory signals

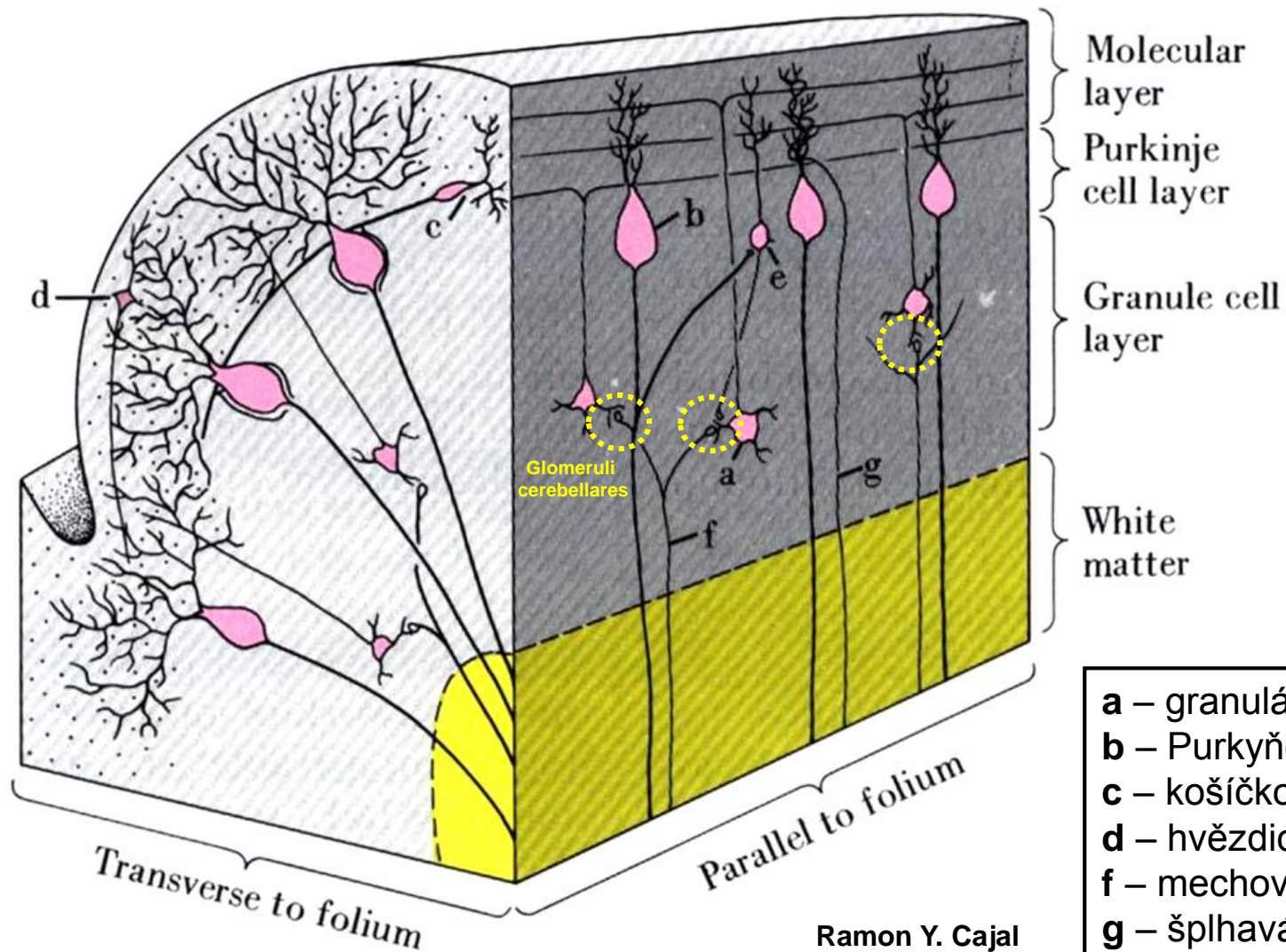
Afferentní

- **Mechová vlákna** – synapse with granule cells (Glomeruli cerebellares)
- **Šplhavá vlákna** – synapse with dendrites of Purkinje cells

Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna



Molecular layer

Purkinje cell layer

Granule cell layer

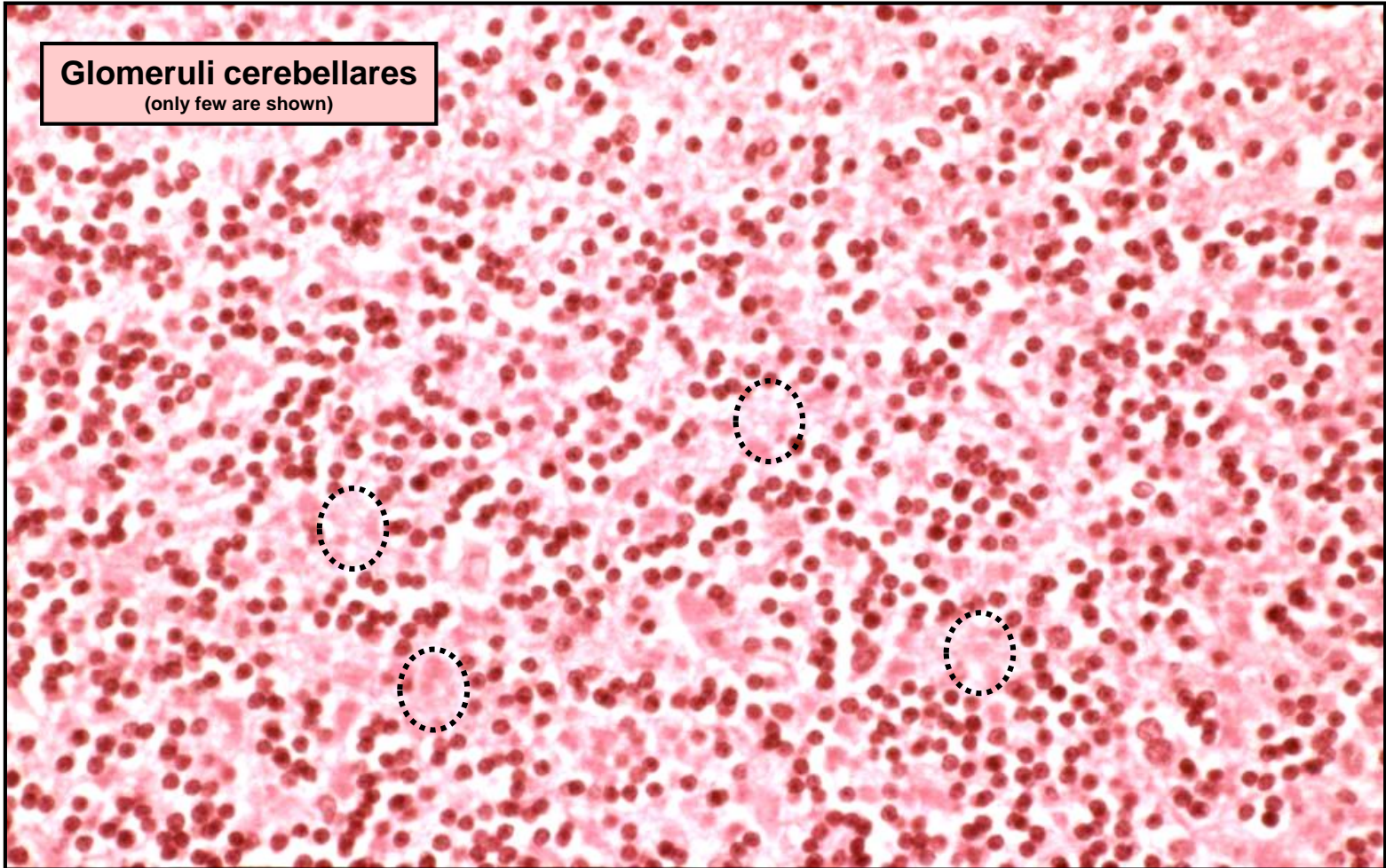
White matter

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

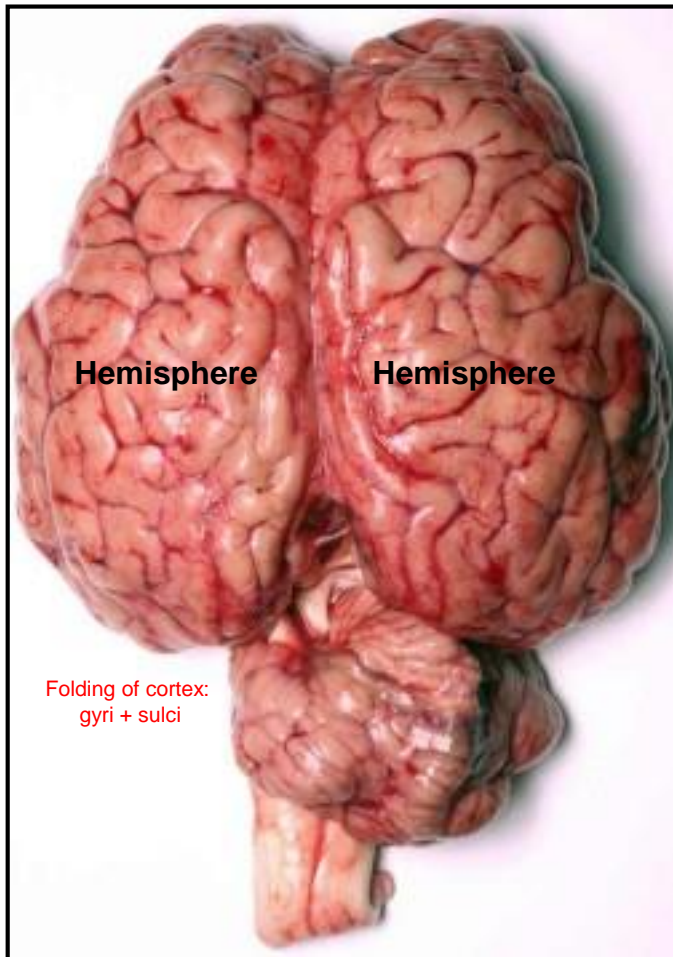
Ramon Y. Cajal

Cerebellum – Kůra – Buňky + Vlákna

Glomeruli cerebellares
(only few are shown)



Telencephalon – Koncový mozek



Šedá hmota

- Kůra na povrchu
- Jádra v bílé hmotě

Bílá hmota

- Prostor mezi kůrou a jádry

Telencephalon – Kůra mozku

Functions:

- perception and conscious understanding of all sensations
- integration of different sensory modalities
- higher cognitive and advanced intellectual functions
- responsible for features such as emotion, personality and intellect
- involved in planning and executing complex motor activities

Overall characteristics:

- about 80% of the mass of the brain
- surface area about 0.20 – 0.25 m²
- thickness about 2 - 5 mm
- contains about 10 billion neurons

Isocortex:

- = **neocortex** (phylogenetically youngest)
- only in mammals
- 90% of the cortex in humans
- **6 distinguishable layers of cells**

Allocortex:

- = **archicortex** + **paleocortex**
- less layers of cells
(e.g. olfactory cortex – 3 layers, hippocampus – 1 layer)

Telencephalon – Cerebral cortex – Neuron types + layers

Pyramidové

- efferent – projecting neurons
- triangular perikaryon (different size)
- axons with myelin sheets
- axons travel to different cortical layers and to subcortical areas

Nepyrmidové

- variety of different cells
- act as interneurons
- axons stay in the layer with their perikaryons
(e.g. fusiform cells, granule (stellate) cells, horizontal cells (Cajal), vertical cells (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

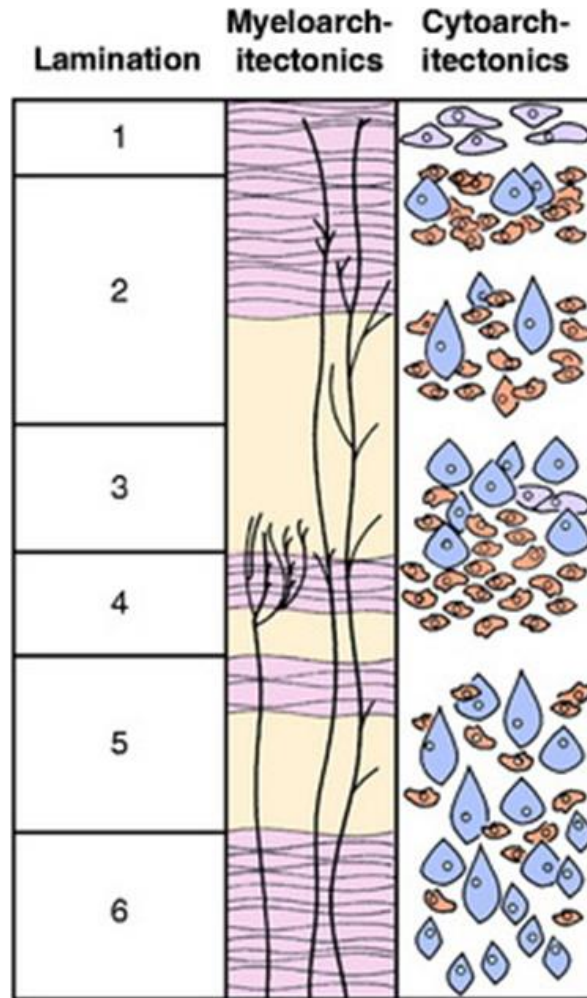
- malé zrnité (hvězdicové) buňky

5. Lamina ganglionaris (pyramidalis. int.)

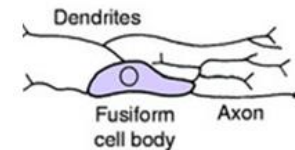
- velké pyramidové buňky

6. Lamina multiformis

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

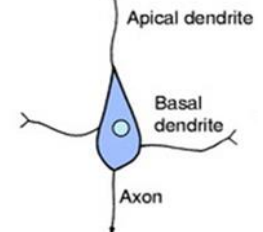


Horizontal neuron of Cajal

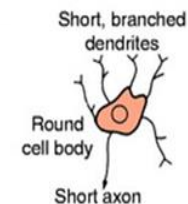


Processes parallel to the surface of the cortex

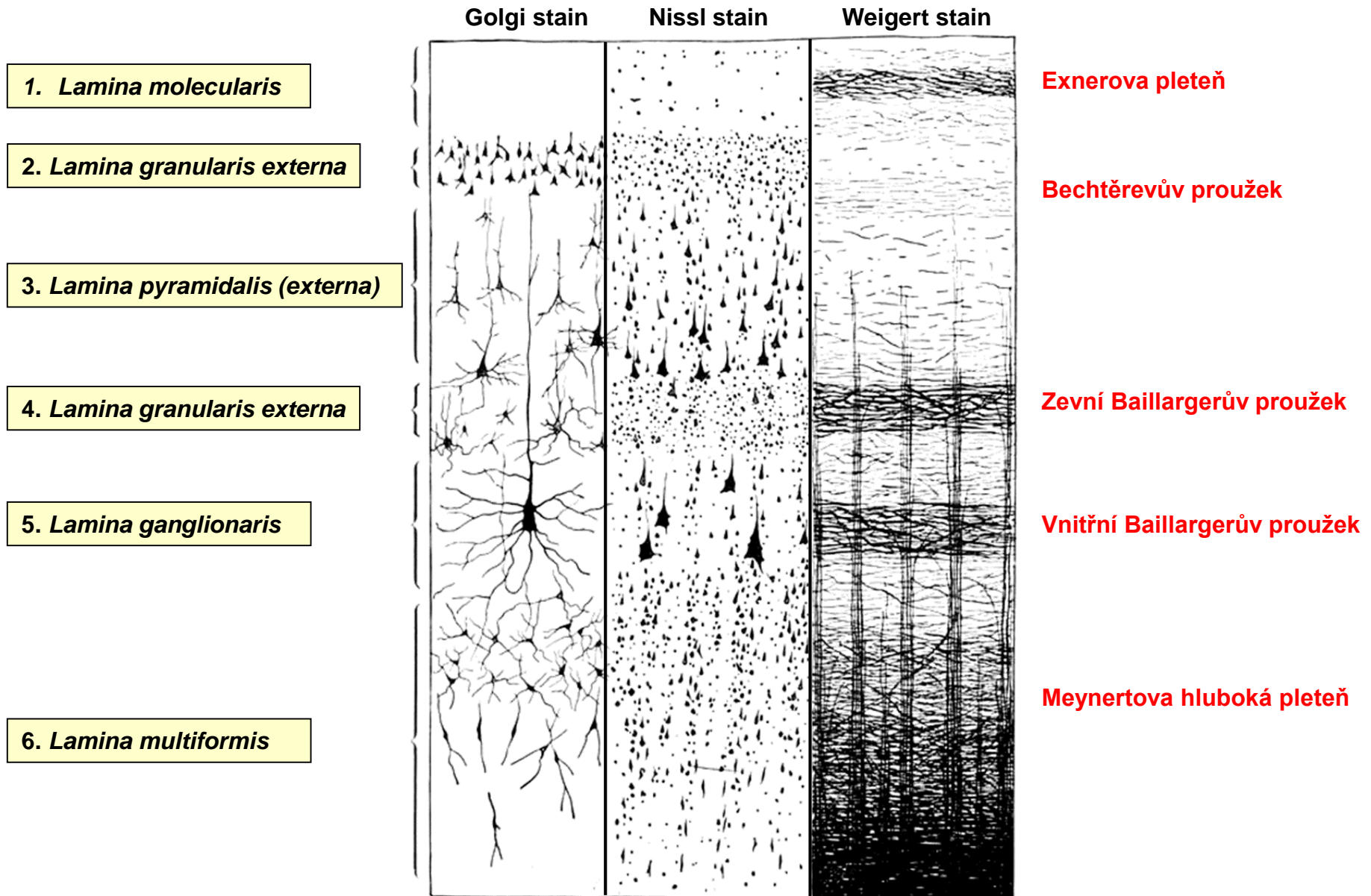
Pyramidal neuron
10-50 μm



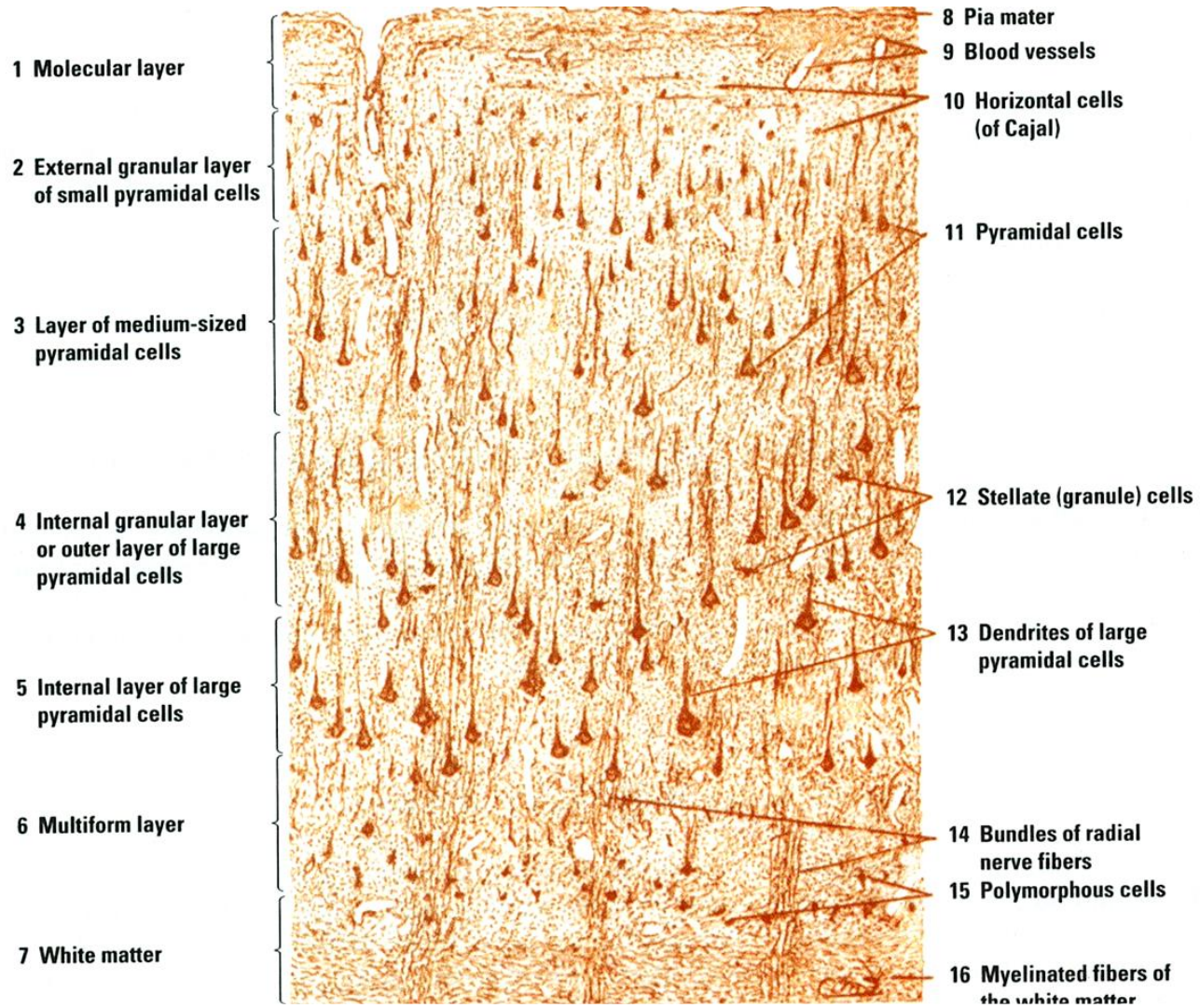
Stellate (granular) neuron



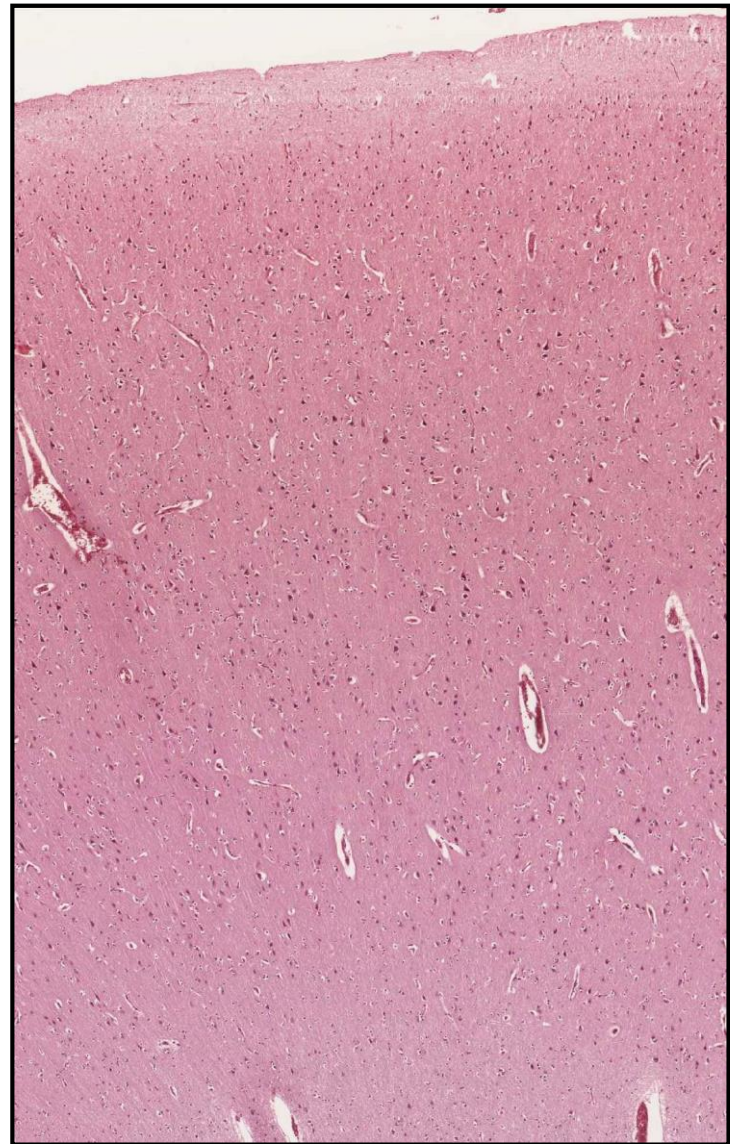
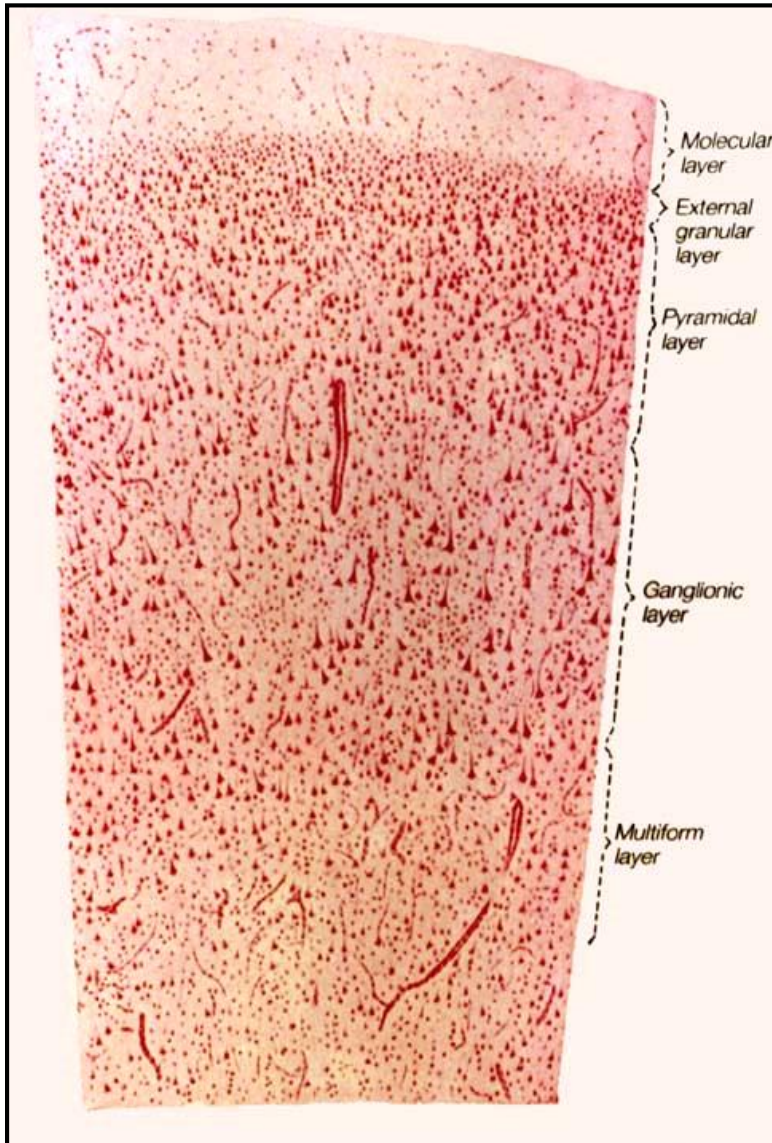
Telencephalon – Cerebral cortex – Cell types + Plexuses



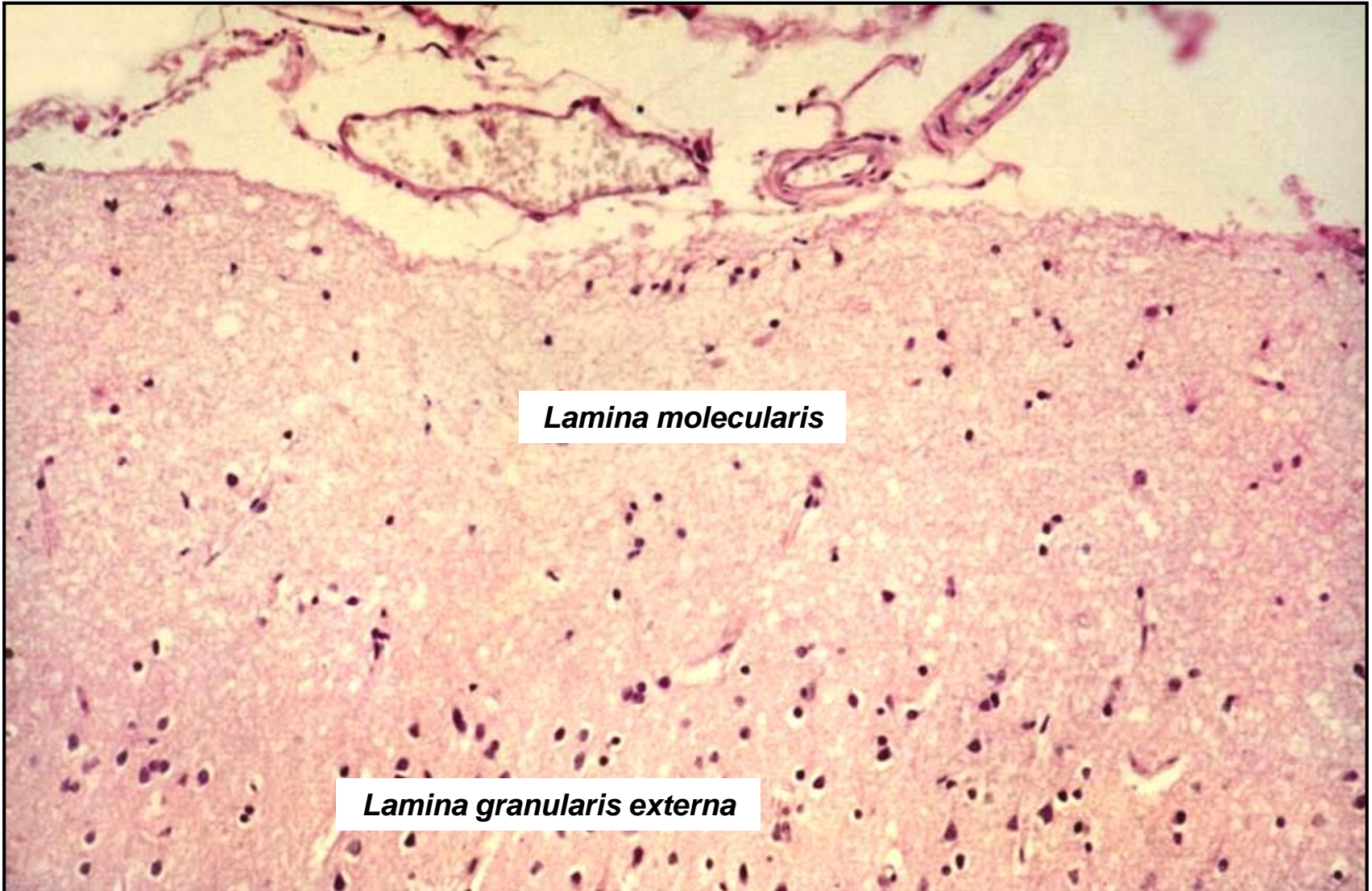
Telencephalon - Isocortex



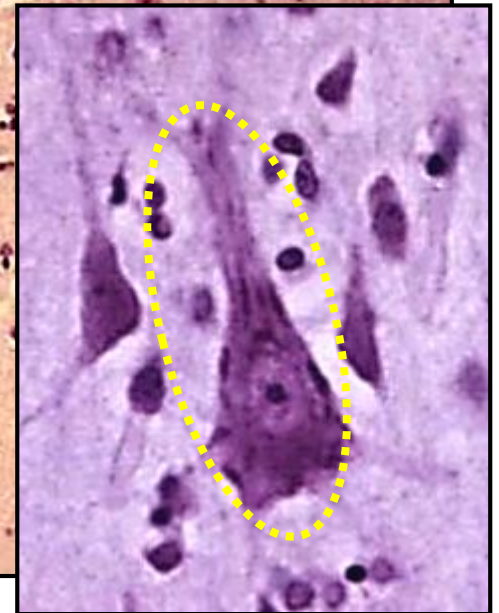
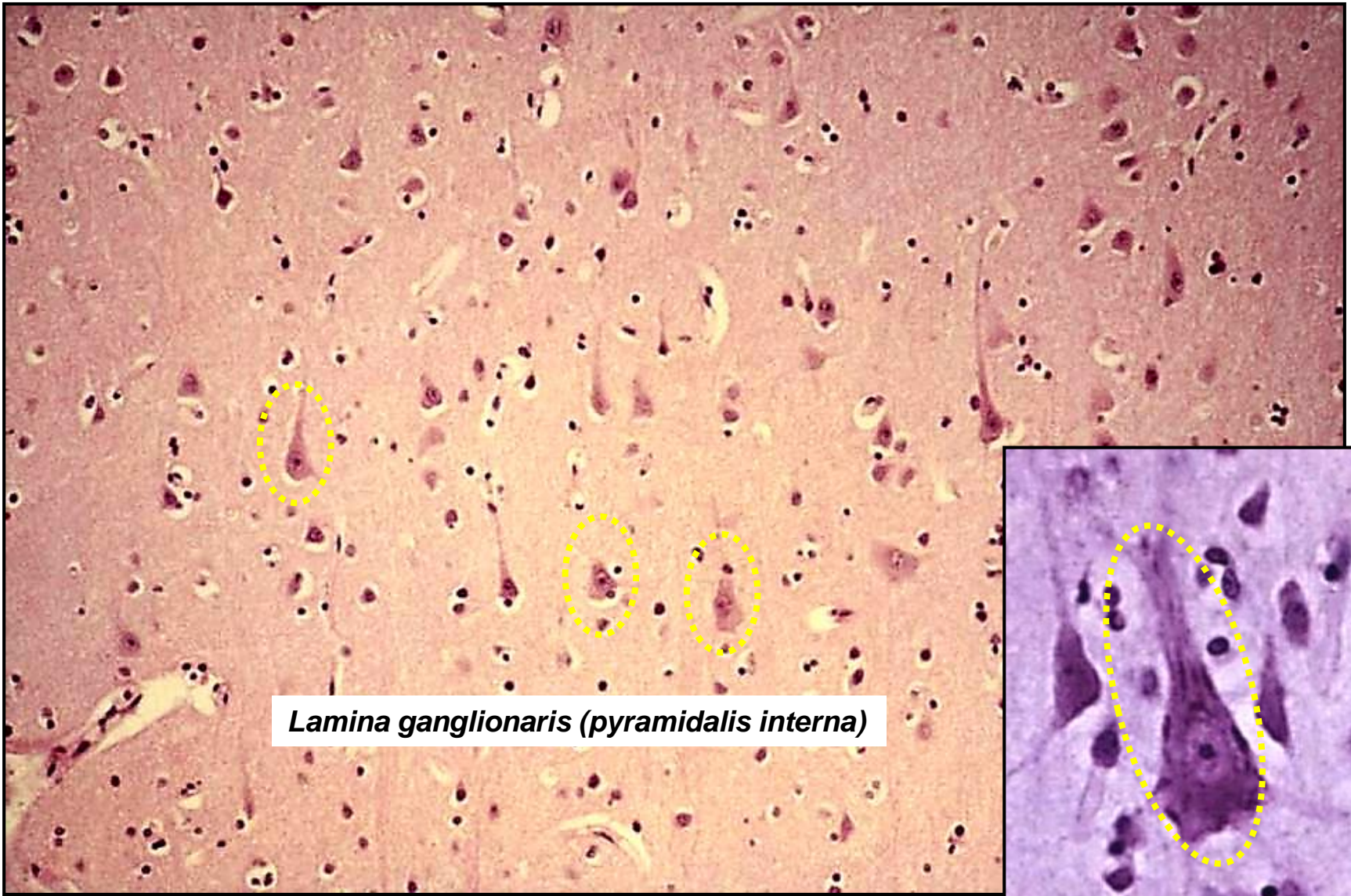
Telencephalon - Isocortex



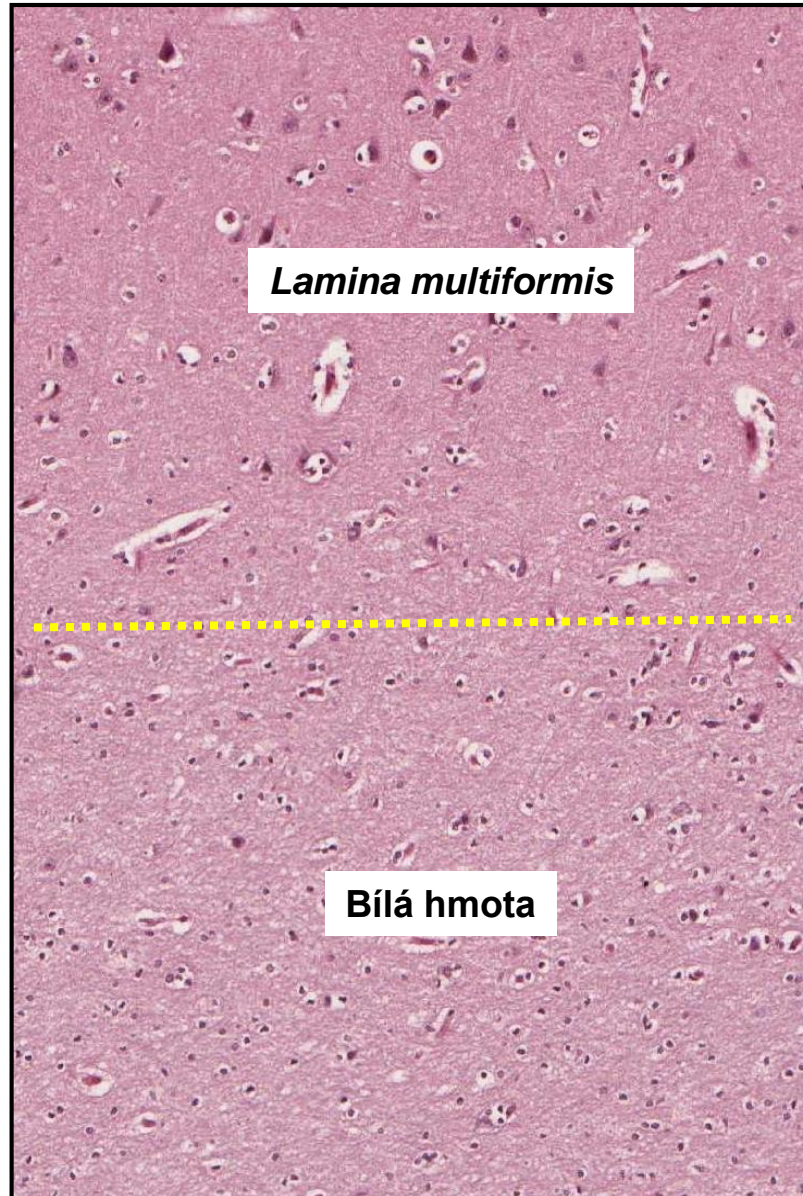
Telencephalon - Isocortex



Telencephalon - Isocortex



Telencephalon - Isocortex



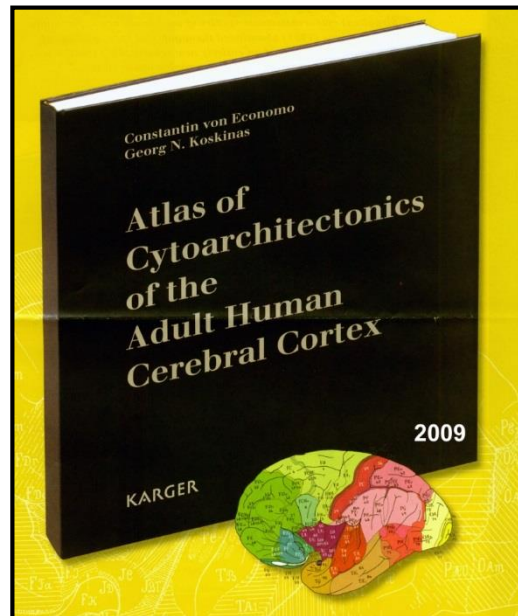
Telencephalon - Isocortex

Homotypický
typical 6-layered architecture

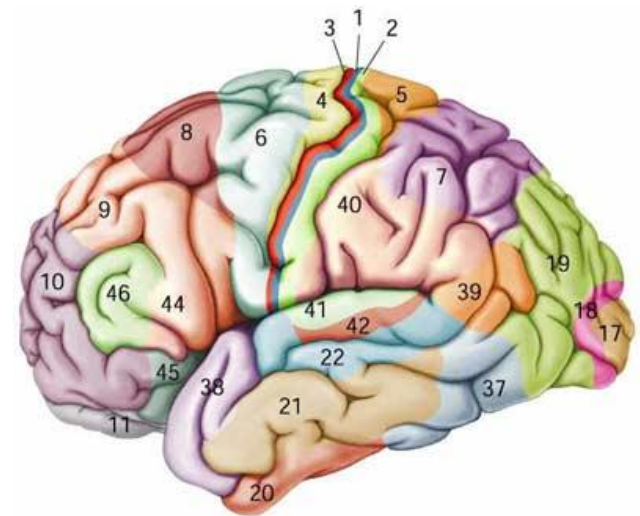
Heterotypický
various divergences from the typical architecture
(cell numbers/density, relative proportions, thickness, fibers, vessels, ...)

Mapy

- **cytoarchitectonic** - the density of perikarya
- **myeloarchitectonic** - the density of myelinated fibers
- **glioarchitectonic** - the type and density of glial cells
- **angioarchitectonic** - the density of blood capillaries or vascularization
- **synptoarchitectonic** - the density synapses in the isocortex

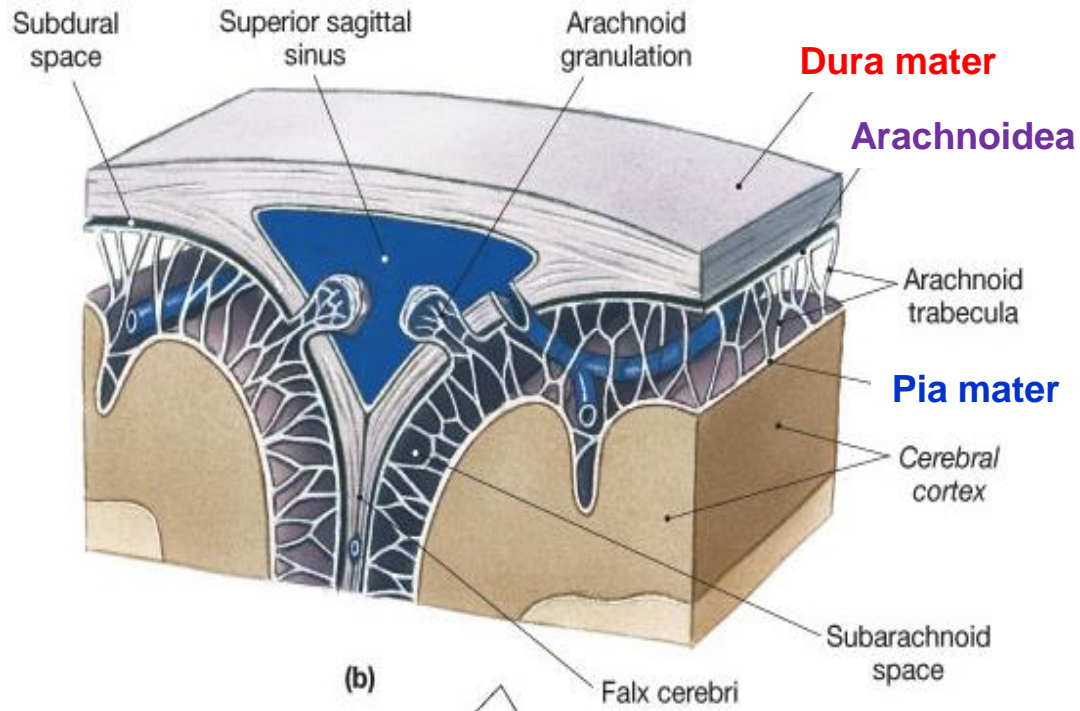


1909 - K. Brodman
11 regions and 52 areas



Meningy – Pleny mozkové

- membranes
- protect CNS + contribute to distribution of liquor
- cover both brain and spinal cord (are continuous)



Pachymeninx (tvrdá plena)

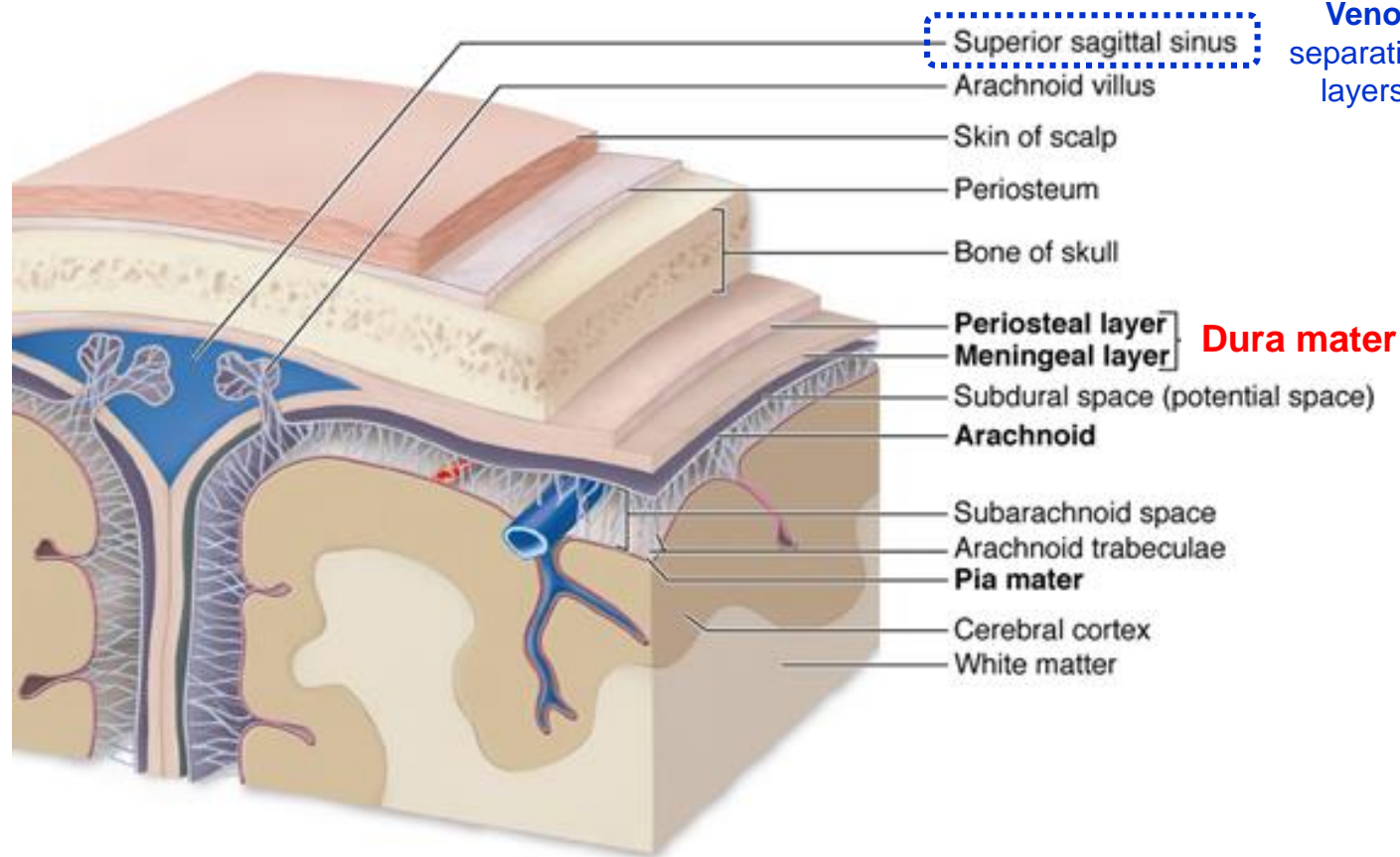
Dura mater

Leptomeninges (měkká plena)

Arachnoidea + Pia mater

Meningy – Dura mater

vnější + pevná (fibrózní)



Kraniální dura

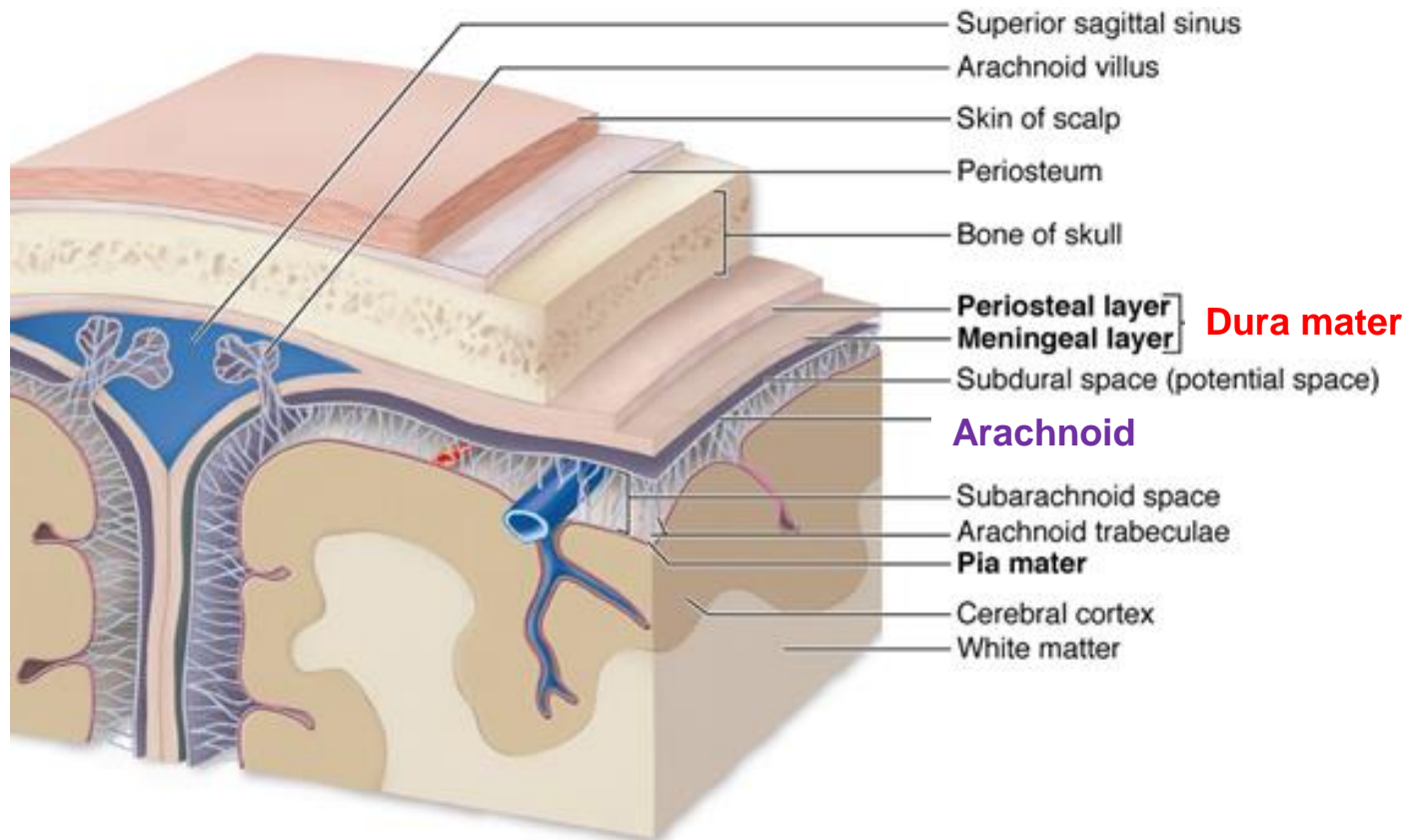
- **Endostální vrstva (periostální; vnější)** - adhering to the inner surface of the bones of the skull
- **Meningeální vrstva (vnitřní)** - thinner fibrous tissue membrane, inner surface covered by mesothelial cells

Spinální dura

- pokračování vnitřní vrstvy kraniální tvrdé pleny

Meningy – Arachnoidea

střední + uspořádání pavoučí sítě + avaskulární



Arachnoidea

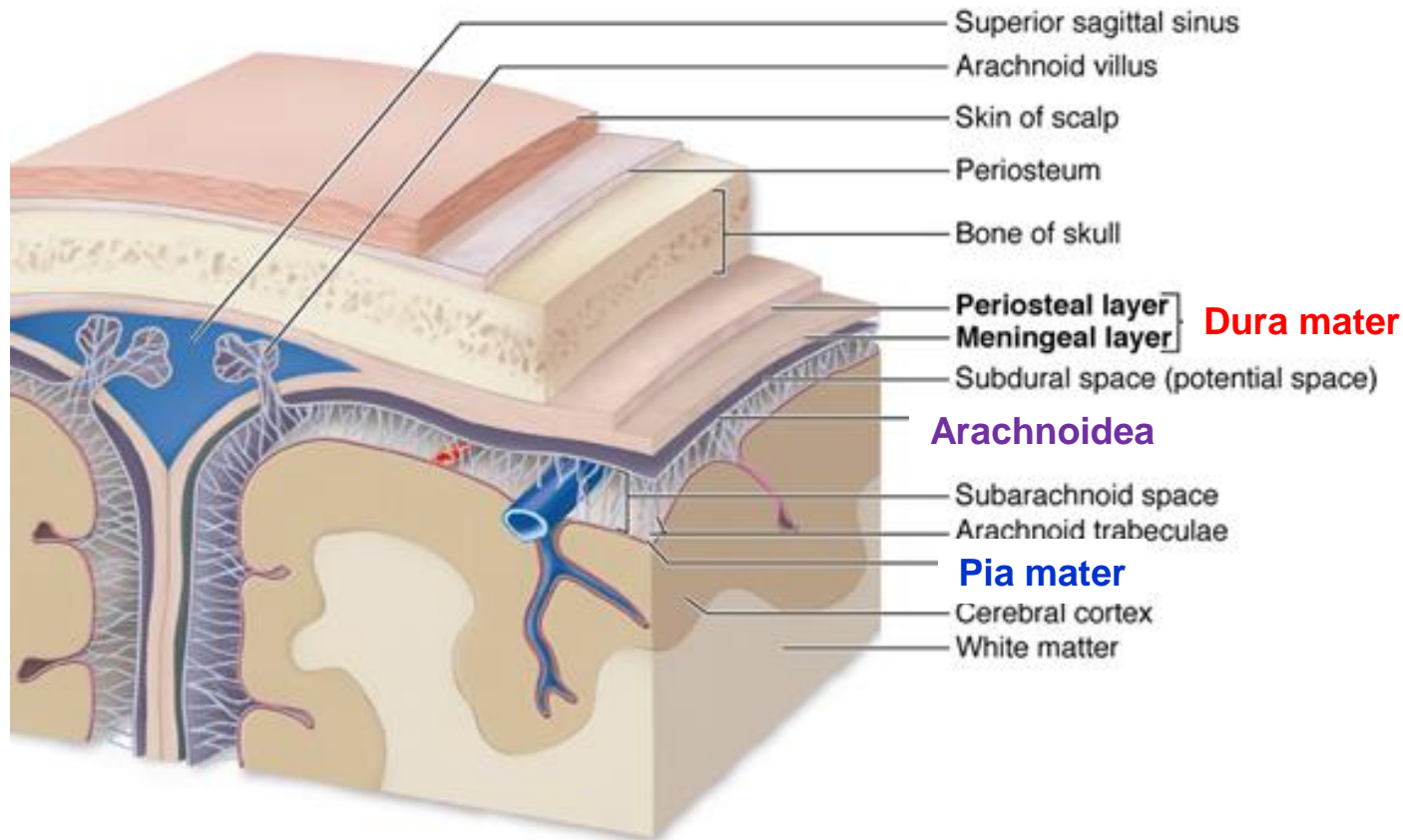
- **Neurotel (*lamina neurothelialis*)** - adhering to the inner layer of dura mater, tight junctions – barrier between CSF and blood in dura mater
- **Trabekuly (trámce)** – delicate fibers covered by flat (meningeal) cells

Subarachnoideální prostor

- enclosed between the arachnoid and pia mater
- vyplněn **cerebrospinálním mokem (CSM)**

Meningy – Pia mater

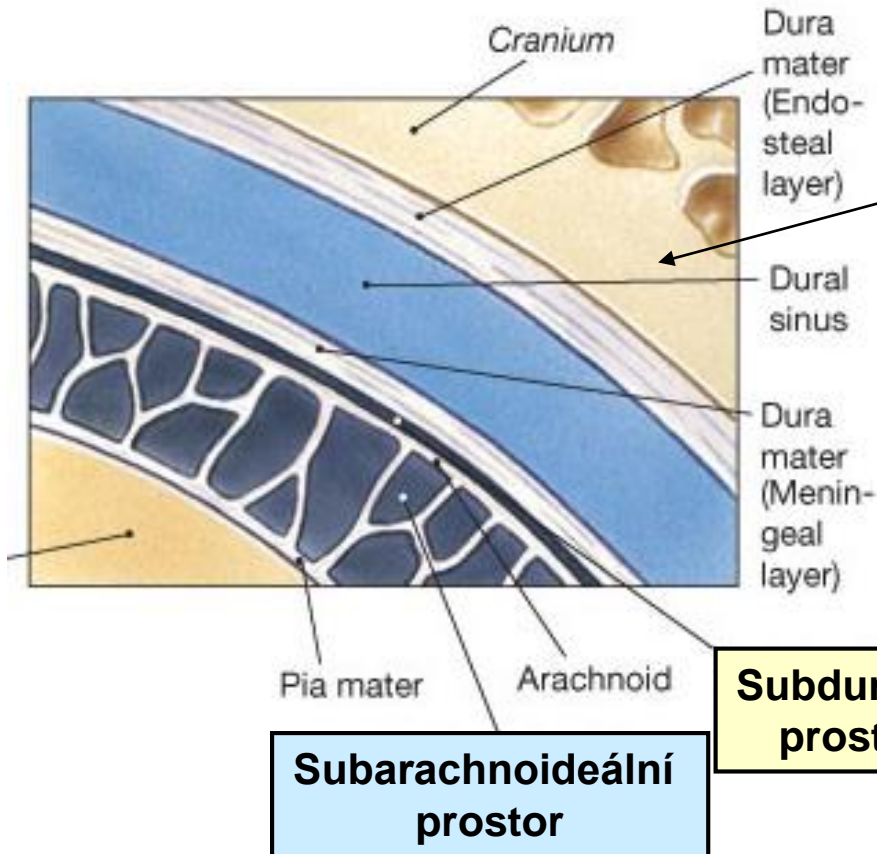
vnitřní + jemná + vaskularizovaná + těsně přiložena na povrchu mozku



Pia mater

- **povrchová vrstva** - receives trabeculae of the arachnoid
- **vnitřní vrstva** – elastic and reticular fibers, firmly attached to the under-lying nervous tissue, covered from outside with simple squamous cells of mesodermal origin

Meningy – Prostory mezi membránami



Epidurální prostor

Epidurální prostor
• between the **dura mater** and the **vertebral canal** in the spinal column
(potential space in the cranial region)

Subdurální prostor

• between the **arachnoid** and the **dura mater**
(potential space in the cranial region)

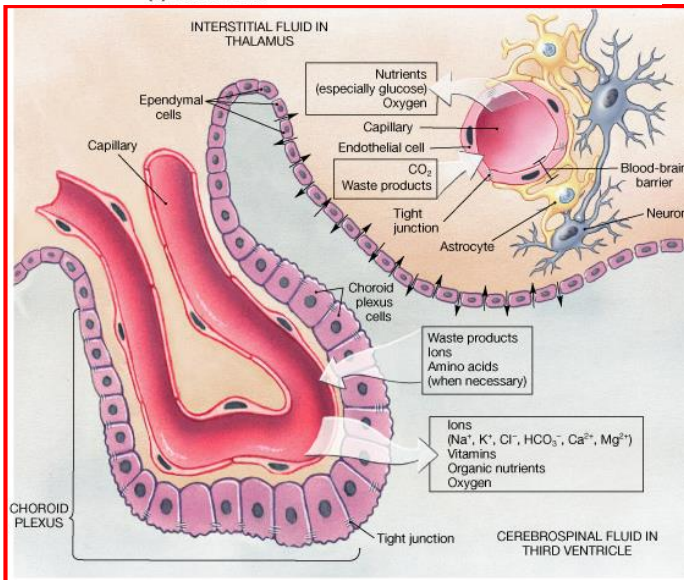
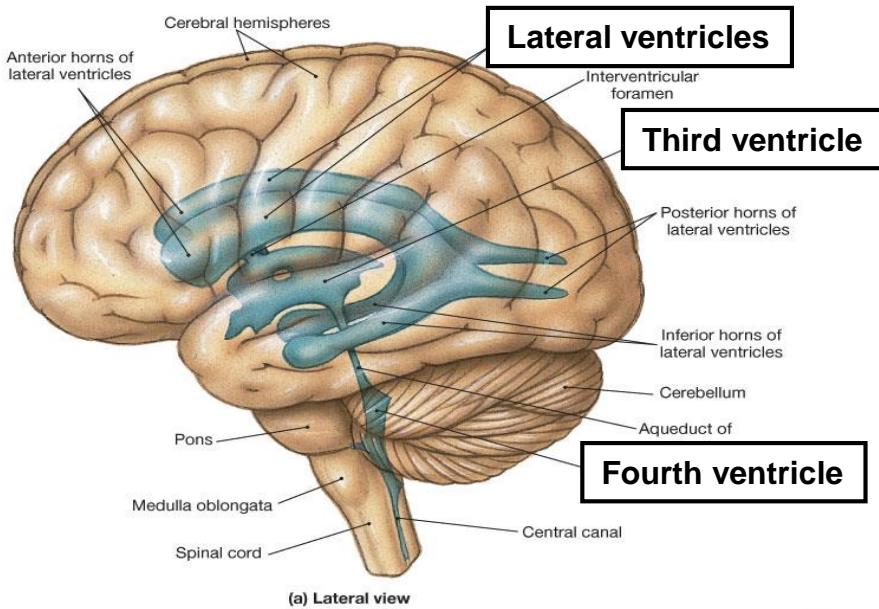
Subdurální prostor

Subarachnoideální prostor

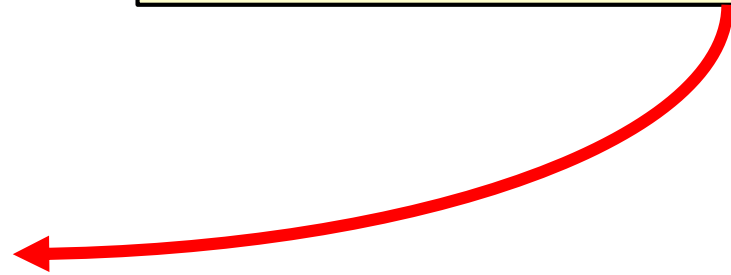
Subarachnoideální prostor

• between the **arachnoid** and **pia mater**
(large veins run through the subarachnoid space - e.g. cerebral veins)

Cerebrospinální mok



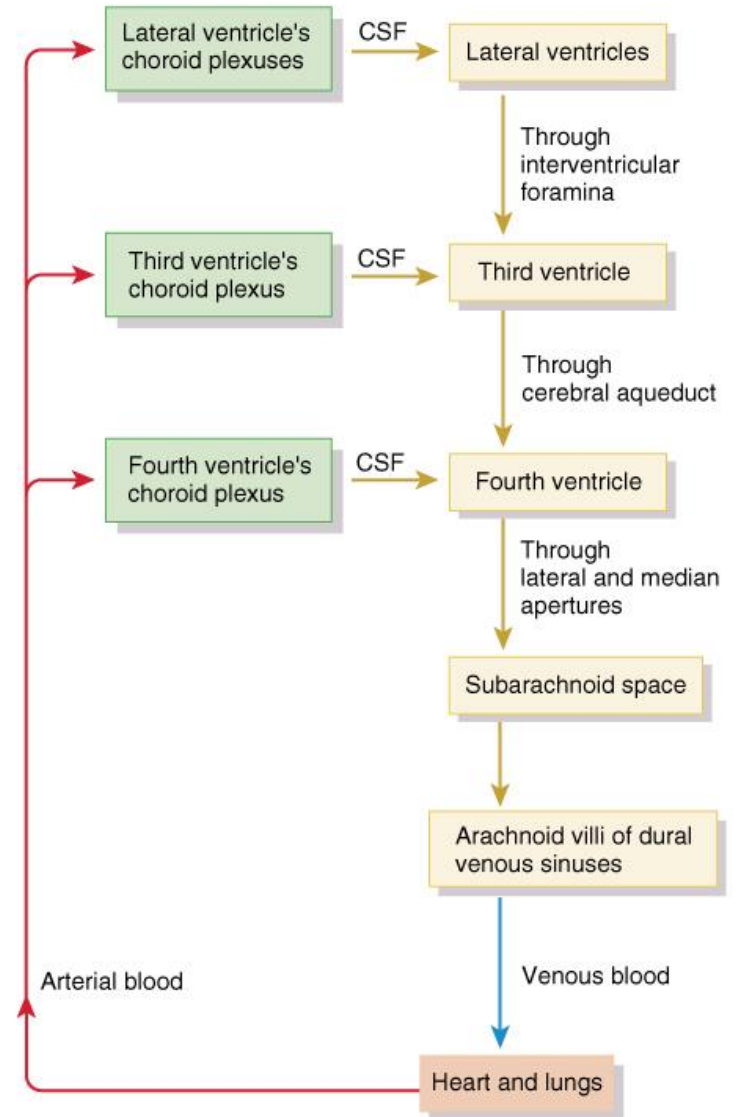
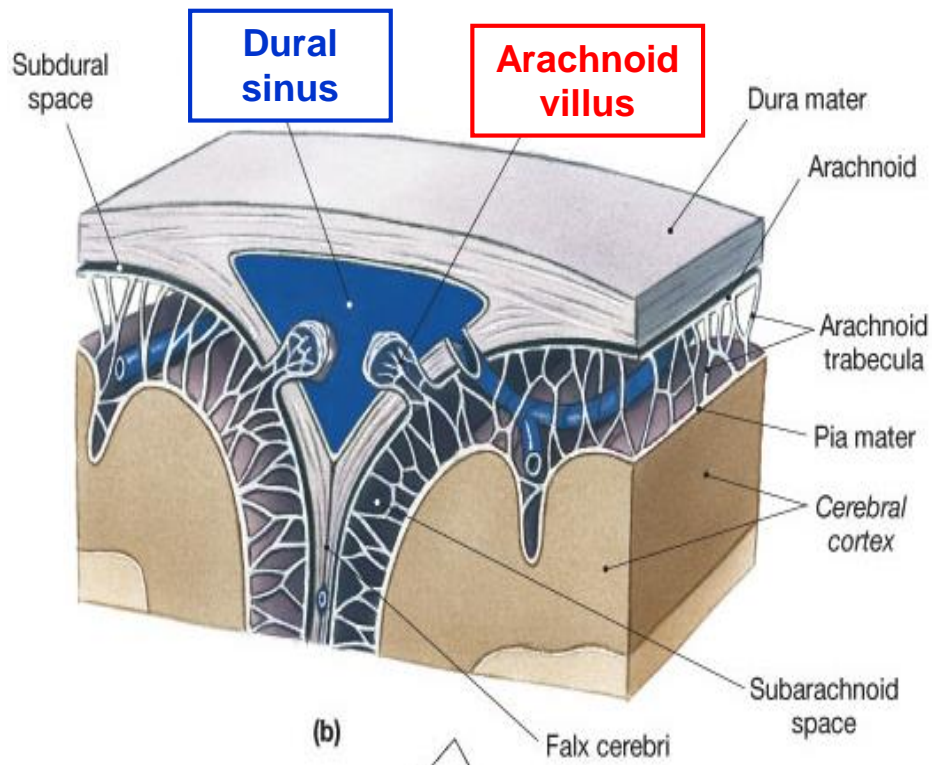
- ## Mozkové komory
- 2x lateral ventricles + 1x third ventricle + 1x fourth ventricle
- connect to central canal which runs to spinal cord
 - contain cerebrospinal fluid (CSF)
 - CSM je tvořen **ependymovými bmi. plexus choroideus**



Cerebrospinaální mok - Cirkulace

Arachnoideální klky (villi)

- fingerlike projections into the dural venous sinuses
- mediate gradual reabsorption of CSF into the blood



Periferní nervový systém - Součásti

Definice:

Made up of transmission pathways carrying information between the CNS and external/internal environments.

Aferentní (senzitivní) dráhy:

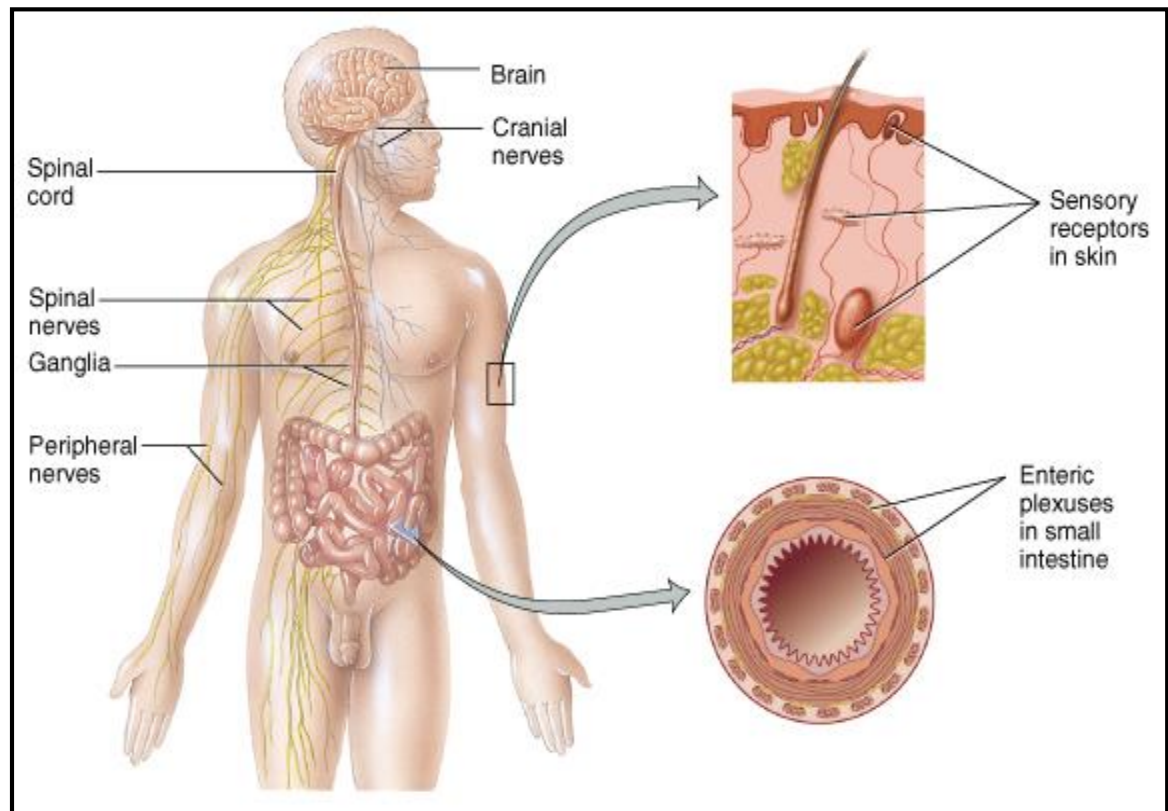
Carry information to the CNS.

Eferentní (motorické) dráhy:

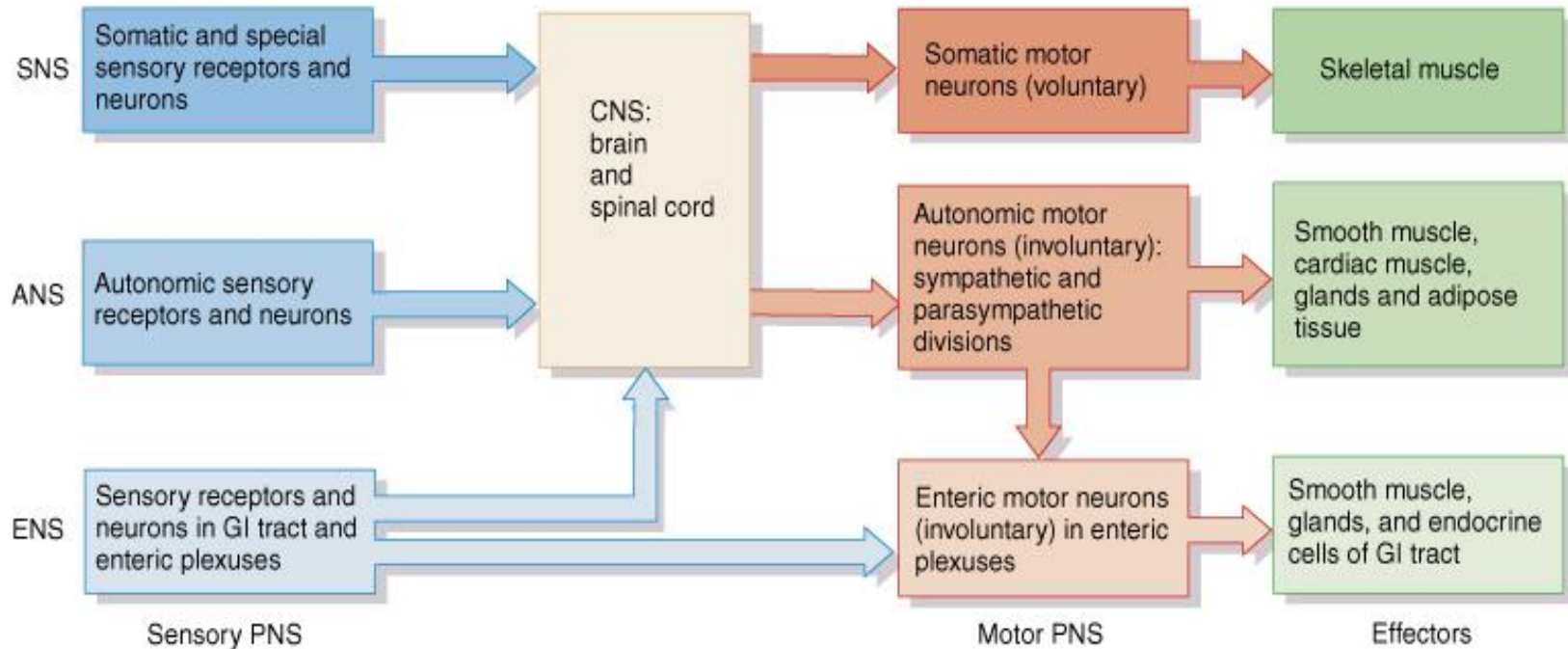
Carry information from the CNS.

Zahrnuje:

- Cranial nerves (12 pairs)
- Spinal nerves (31 pairs)
- Peripheral nerves
- Ganglia
- Sensory receptors



Periferní nervový systém – Organizace



Somatický (volní) nervový systém (SNS)

- neurons from cutaneous and special sensory receptors to the CNS
- motor neurons to skeletal muscle tissue

Autonomní (vegetativní) nervový systém (ANS)

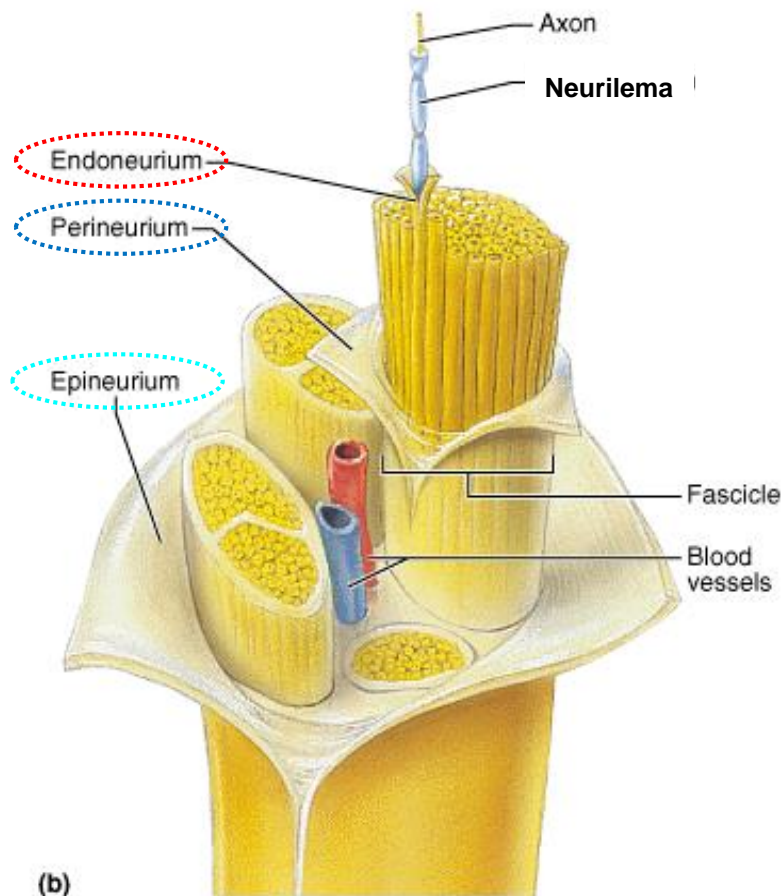
- sensory neurons from visceral organs to CNS
- motor neurons to smooth & cardiac muscle and glands
 1. *sympathicus* (speeds up heart rate)
 2. *parasympathicus* (slow down heart rate)

Enterický nervový systém (ENS)

- involuntary sensory & motor neurons control GI tract
- neurons function independently of ANS & CNS

Periferní nervový systém - Nervy

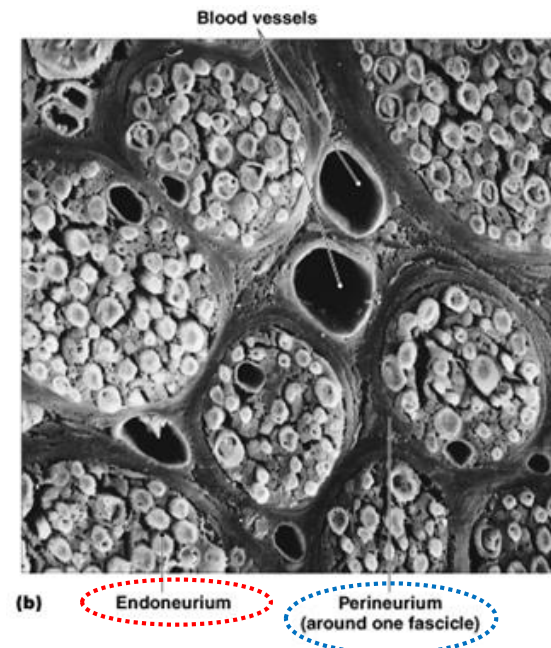
Sestává ze 100 a 100 000 tisíc myelinizovaných a nemyelinizovaných axonů (nervových vláken)



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

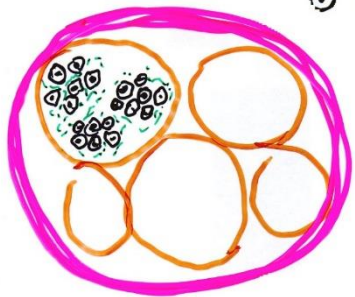
Pojivová tkáň spoluvytvářející nerv:

- **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

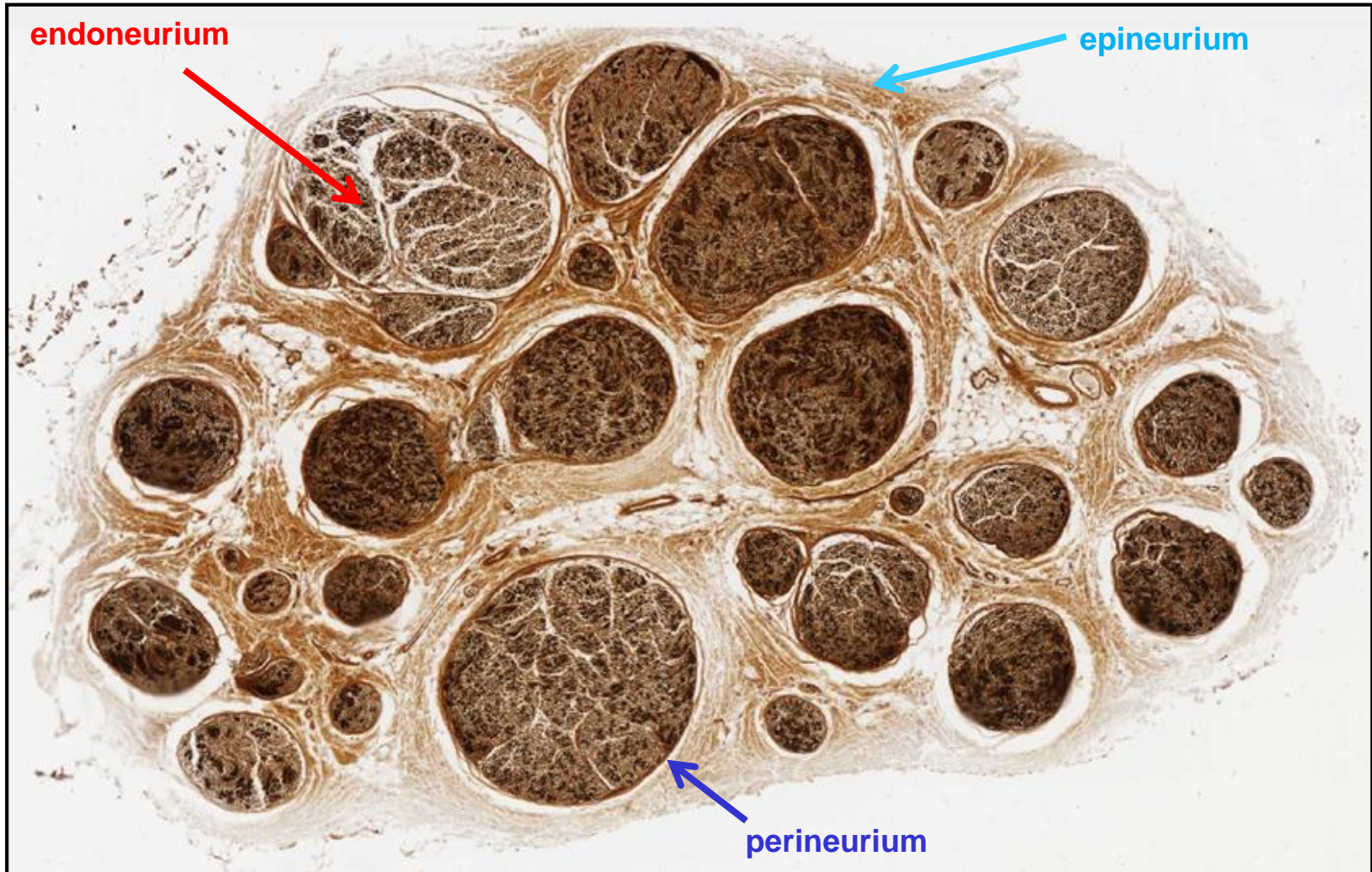
SECONDARY N.B.

PERINEURIUM

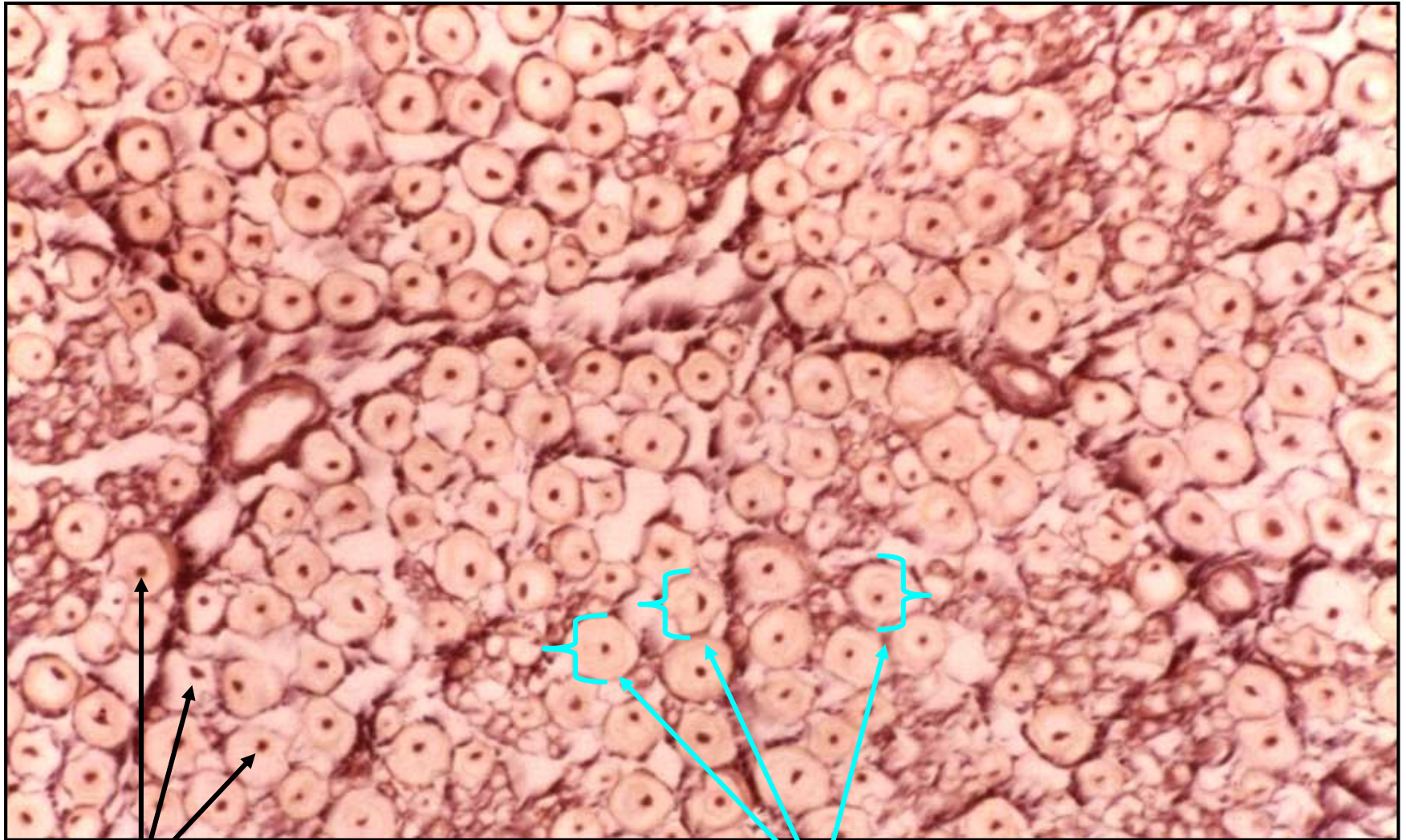
EPINEURIUM



Periferní nervový systém - Nervy



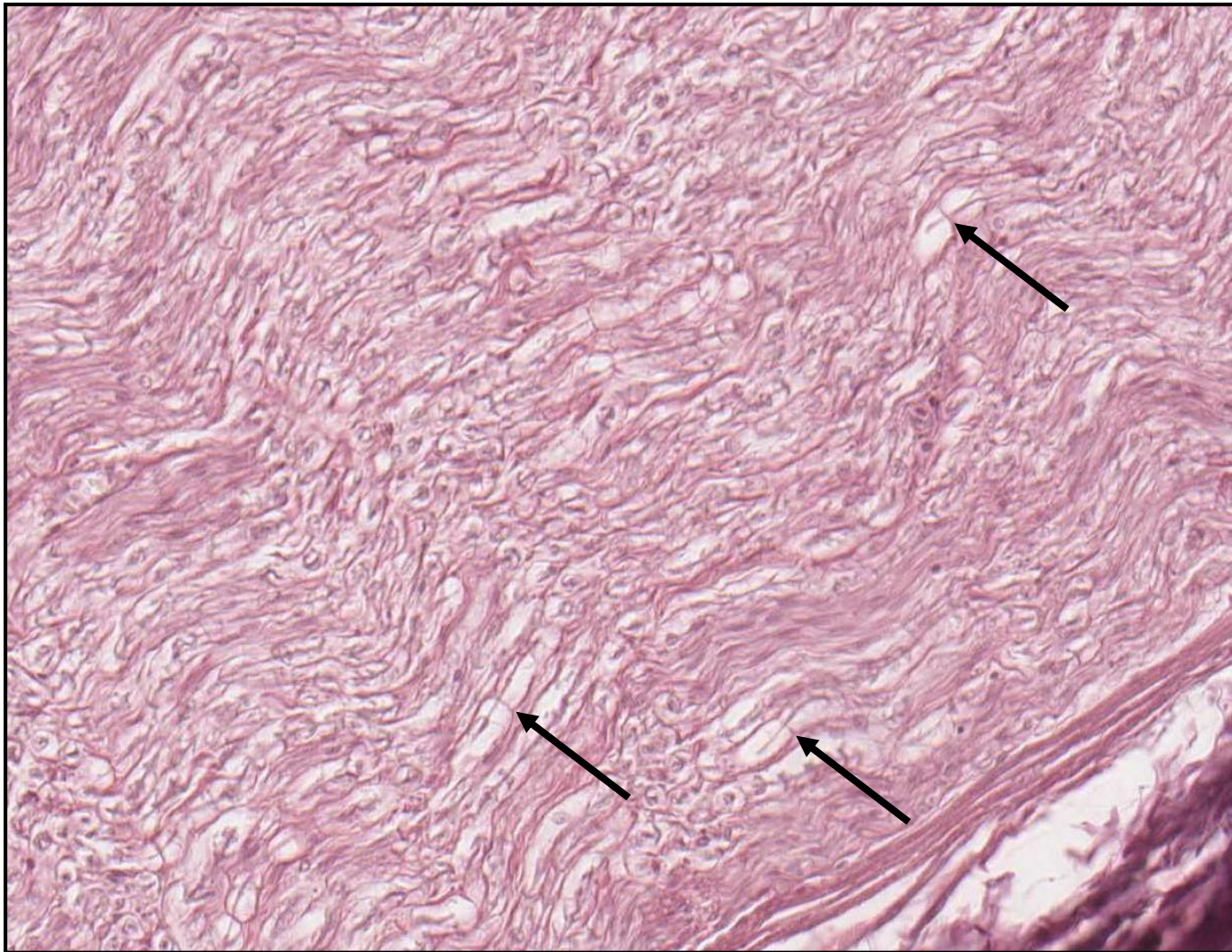
Periferní nervový systém - Nervy



axons

myelin sheets

Periferní nervový systém - Nervy



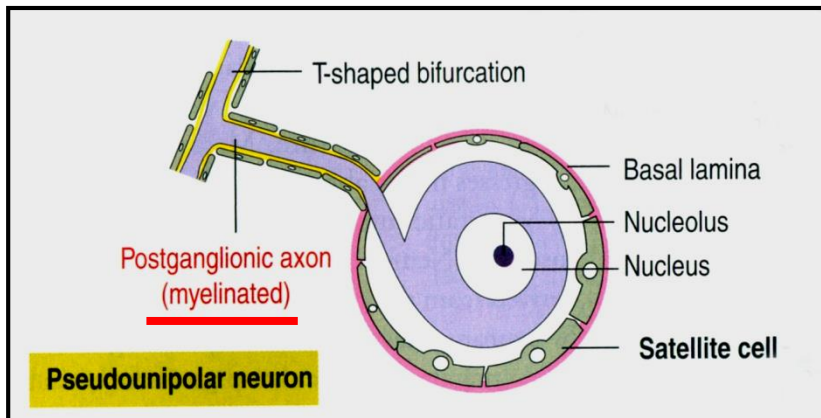
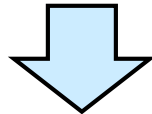
Ranvierovy zářezy

Periferní nervový systém - Ganglia

= agregace těl neuronů mimo CNS

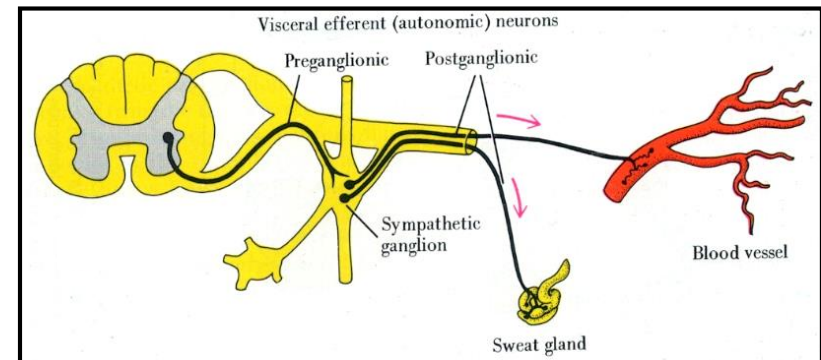
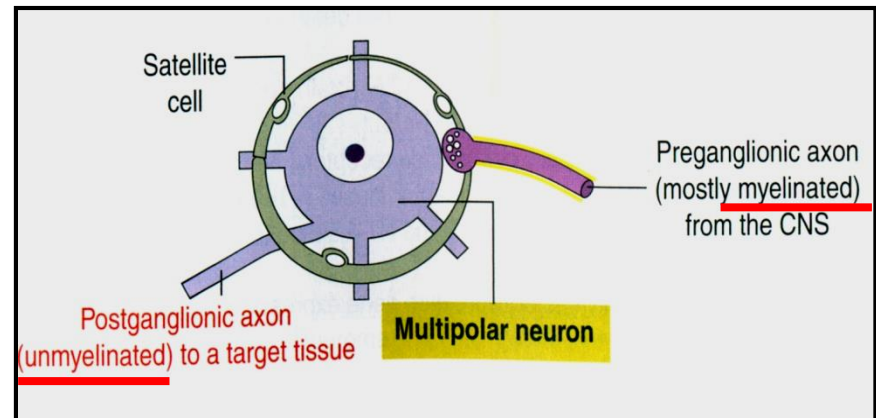
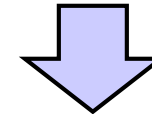
Sensitivní ganglia

- associated with cranial nerves (V, VII, IX, X; *cranial ganglia*) and with all spinal nerves (*spinální ganglia*)
- contain **pseudounipolar neurons**
- neurons are enveloped by **satellite cells**



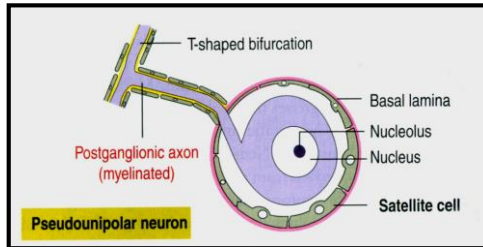
Autonomní ganglia

- associated with nerves of the autonomic nervous system
- contain medium-sized **multipolar neurons**
- neurons are **motor** by function (smooth and cardiac muscle, glands)
- neurons are enveloped by **satellite cells**

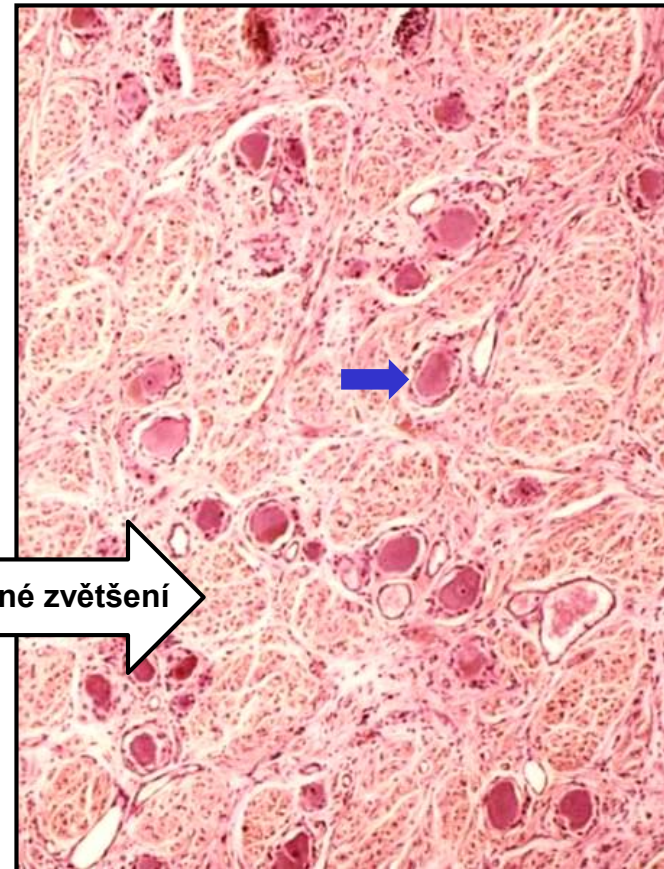
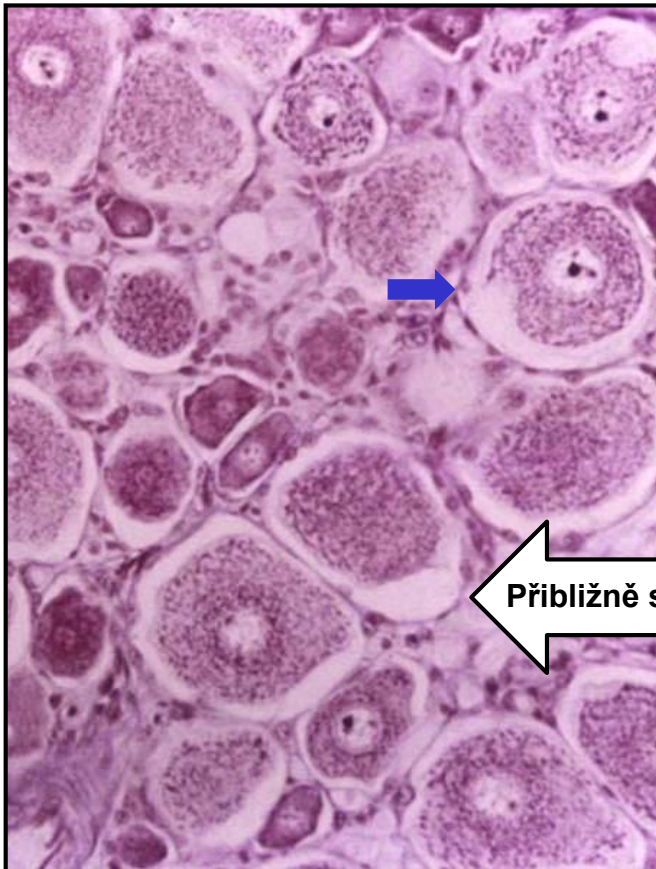
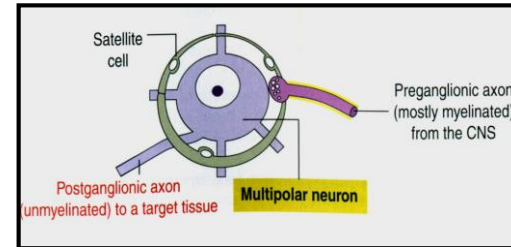


Periferní nervový systém - Ganglia

Sensitivní ganglion

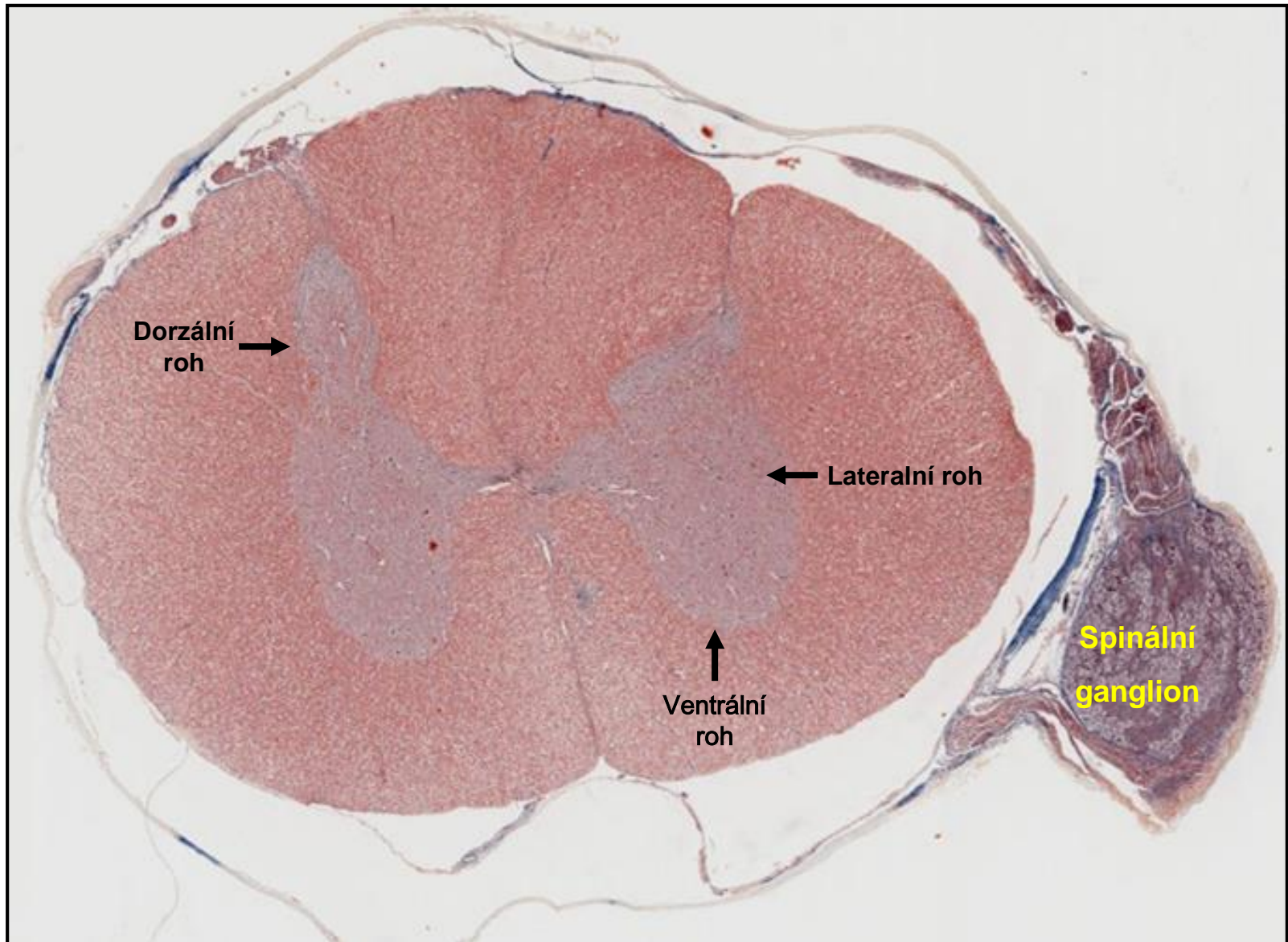


Autonomní ganglion

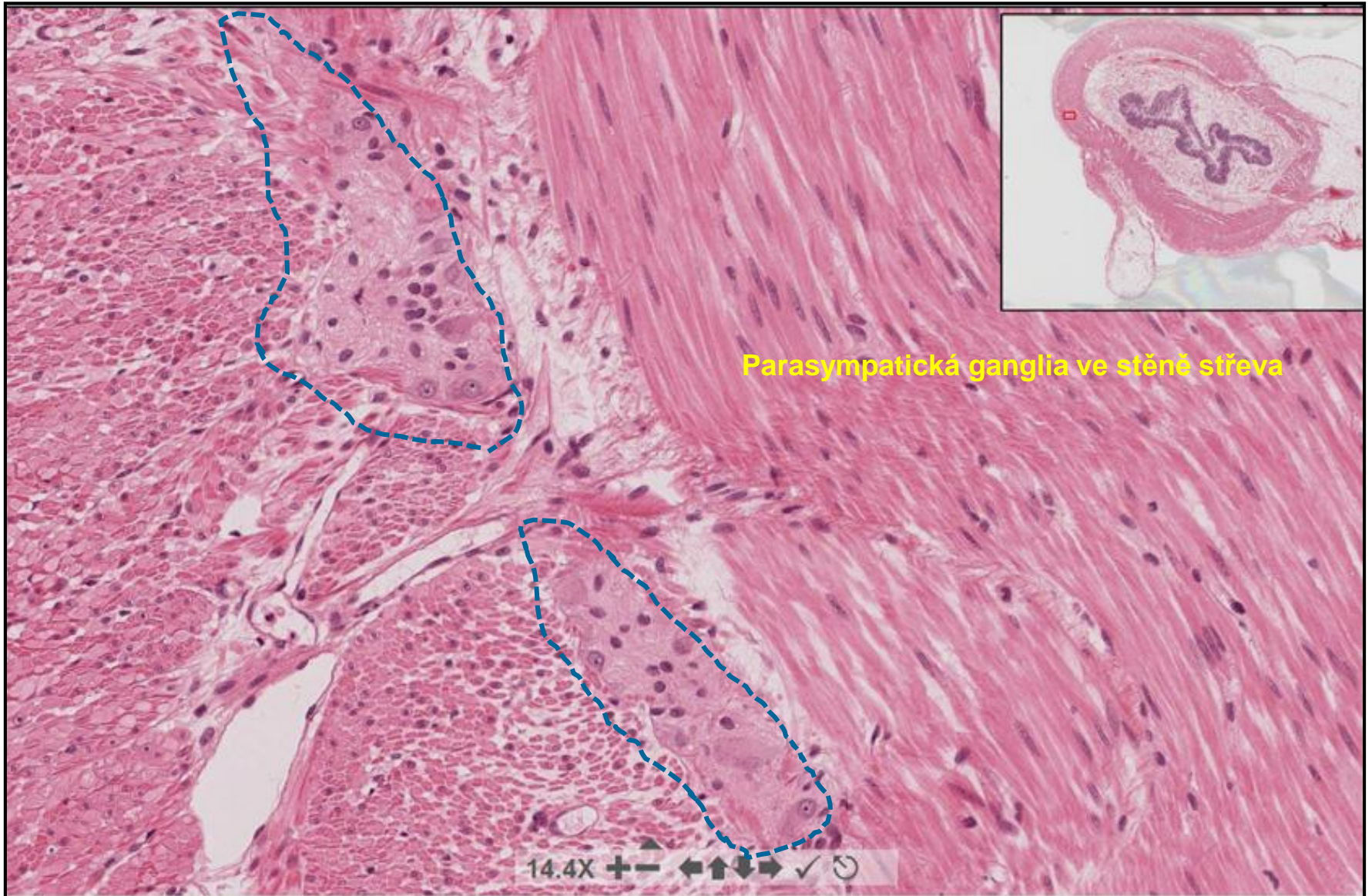


← Přibližně stejné zvětšení →

Mícha + Spinální ganglion



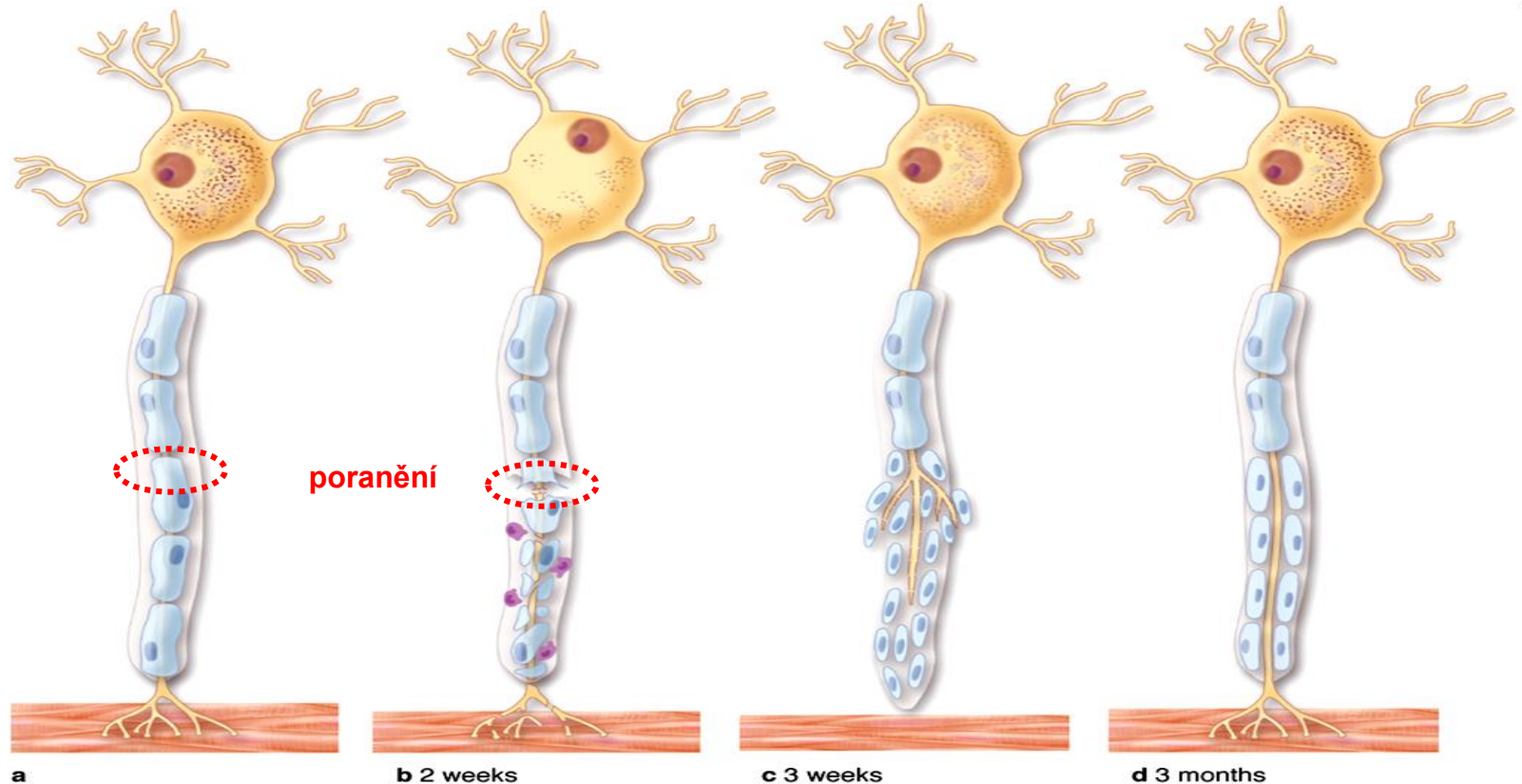
Autonomní ganglion



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

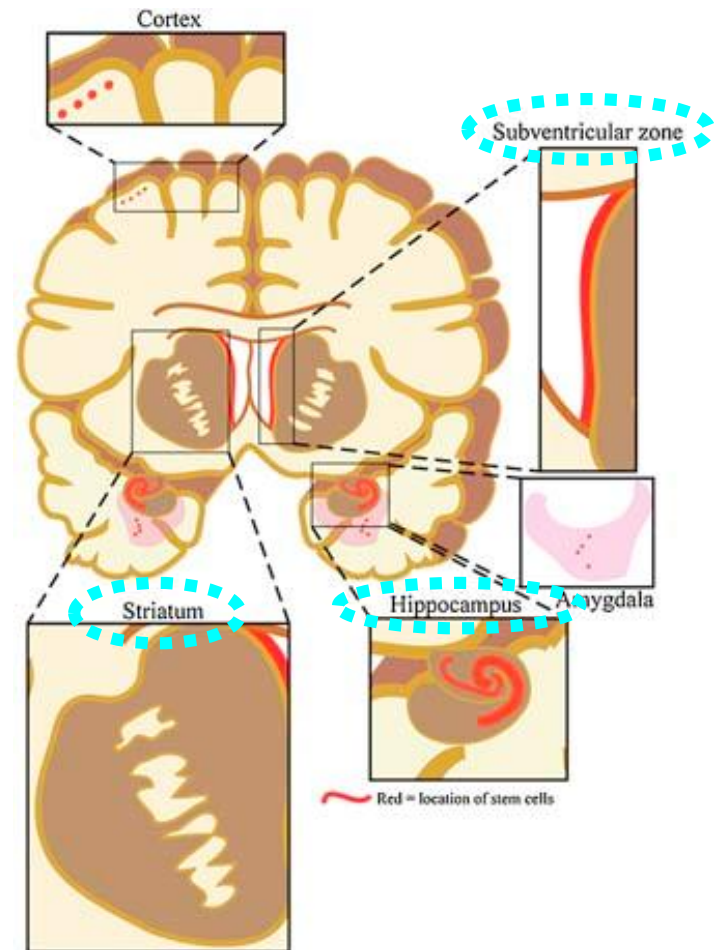
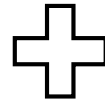
Dělení Schwannových buněk
Růst axonu
(1.5 mm/day)
Navigace Schwannovými buňkami
Zánik kolaterální axonů

Regenerace nervové tkáně - CNS

Kmenová / progenitorové buňky přítomné v různých oblastech mozku

Celoživotní plasticita CNS

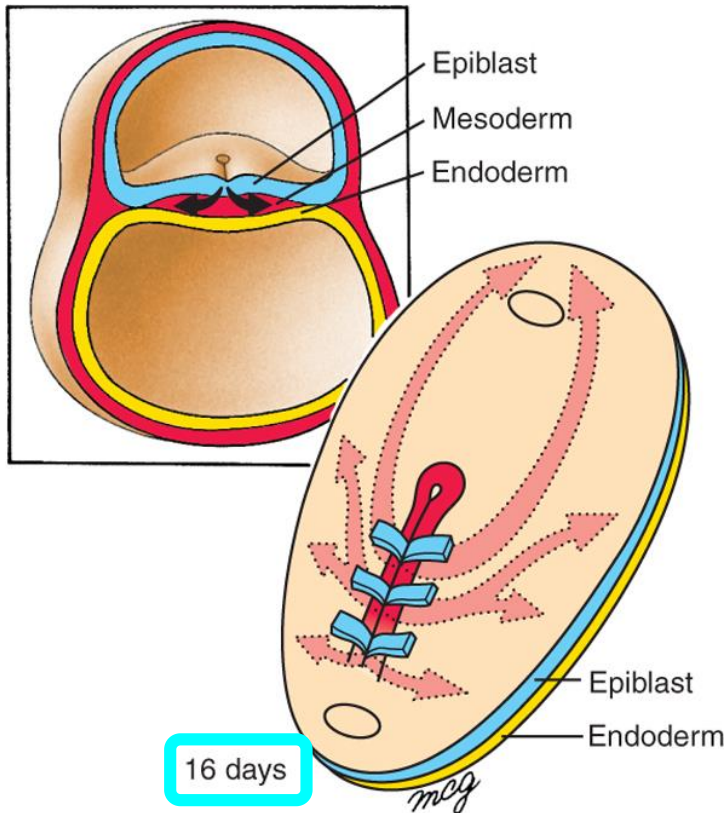
- Vývoj nových dendritů a jejich větvení
- Syntéza nových proteinů
- Změny v synaptických kontaktech



Nervová tkáň – Vývoj

Gastrulace

Vznik tří zárodečných listů



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

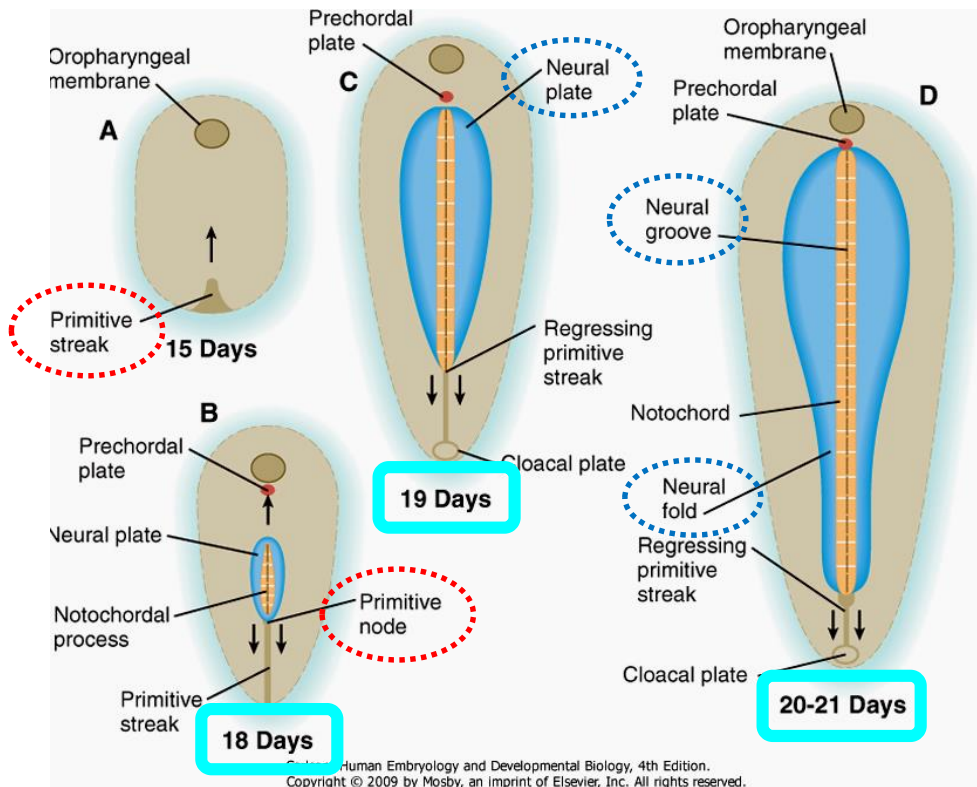
Mesoderm: middle layer, generates most of the **muscle, blood** and **connective tissues** of the body and placenta.

Endoderm: eventually most interior of embryo, generates the **epithelial lining** and associated **glands** of the **gut, lung,** and **urogenital tracts**.

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

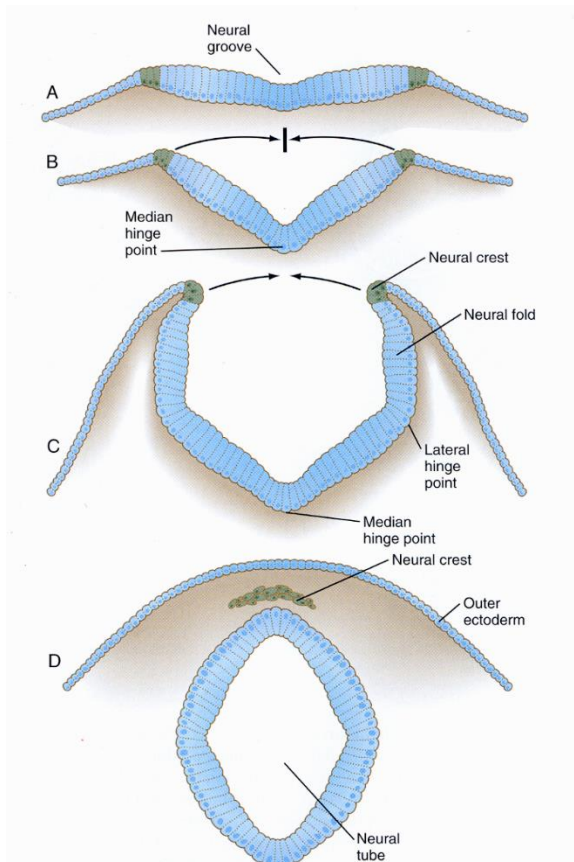
BMP-4 antagonisti

Ektoderm dif. na Nervovou tkáň

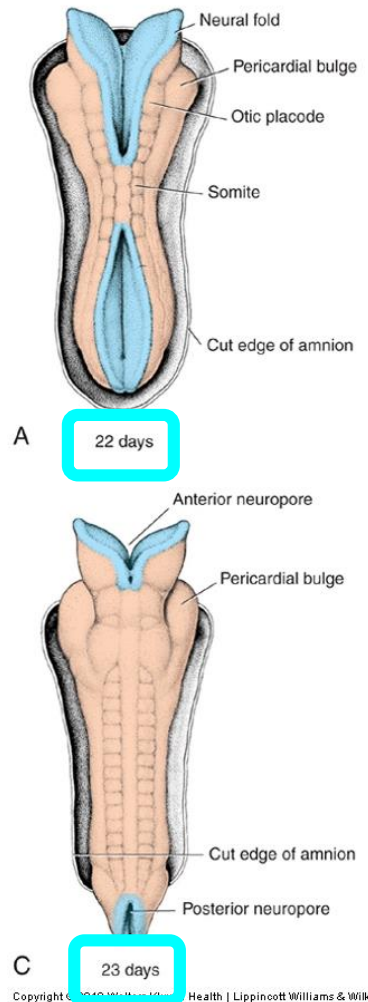
Nervová tkáň – Vývoj

Neurulace

Skládání a uzavírání neurální ploténky



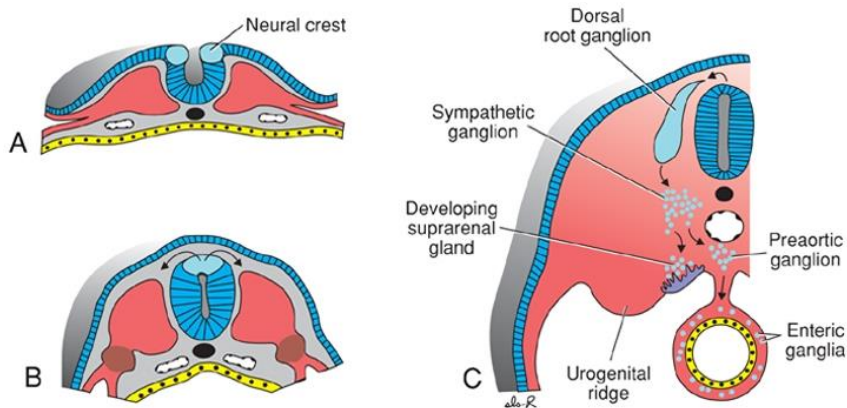
- **neurální valy se uzavírají**
- **buňky neurální lišty** delaminují z neuroektodermu a **migrují** do vzdálených destinací
- neurální trubice **se uzavírá nejprve uprostřed** a potom zřívově směrem kраниálním a kaudálním
- **kраниální neuropor** se uzavírá cca ve dni **25**
- **kaudální neuropor**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



Nervová tkáň – Vývoj

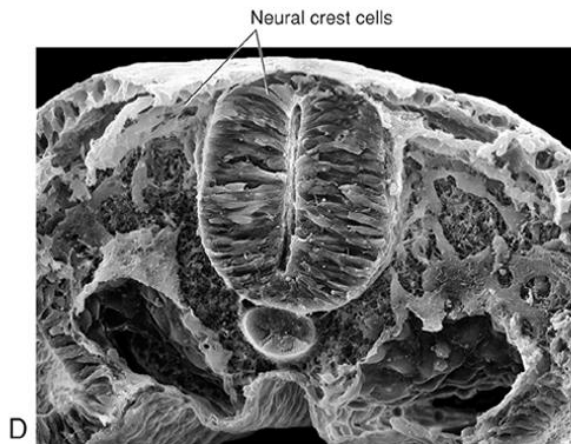
Neurální lišta

“4th 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.
- **multipolární** neurony autonomních g.
- **chromafinní buňky** dřeně nadledvin

Spongioblasty

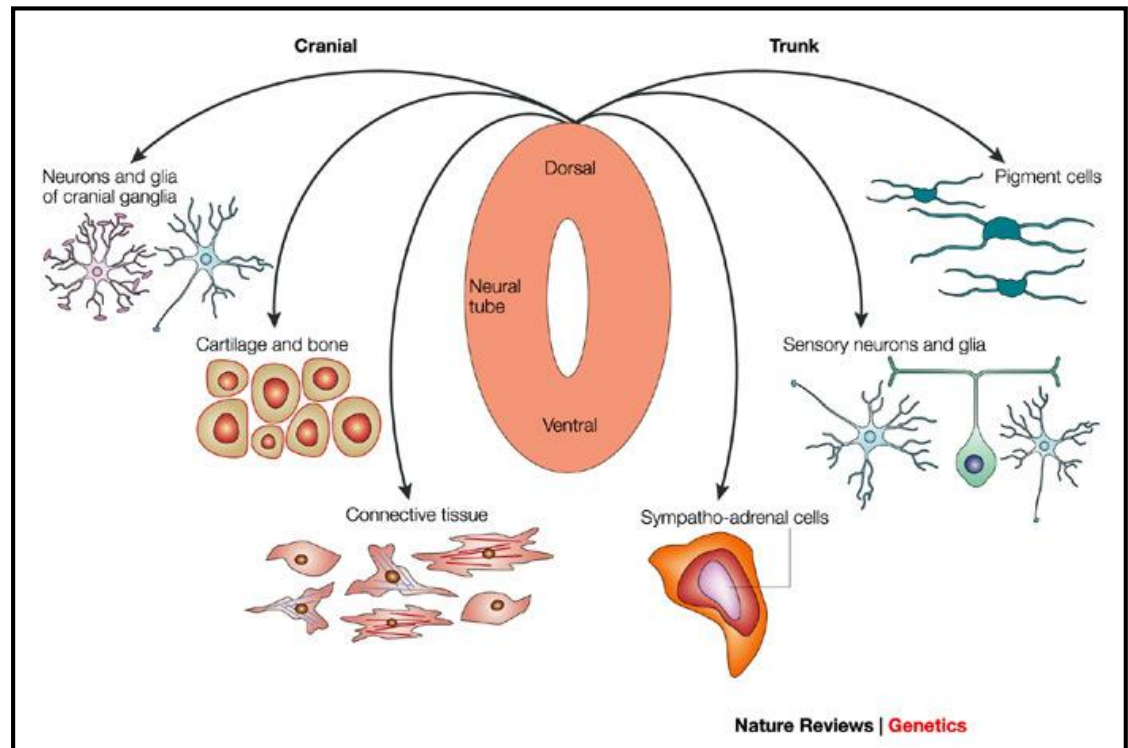
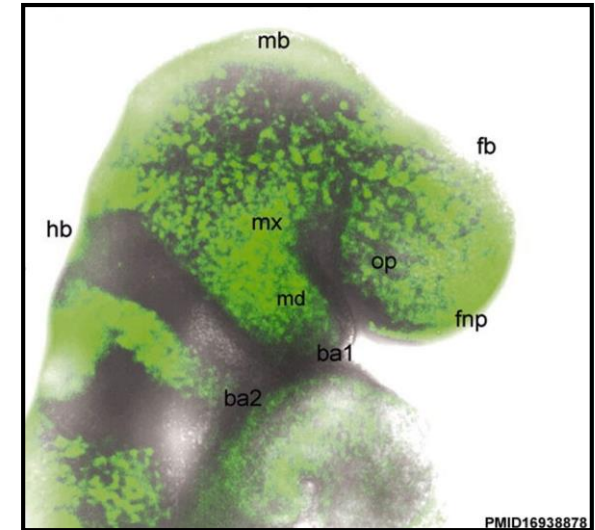
- **Schwannovy buňky**
- **satelitní buňky**

Melanocyty

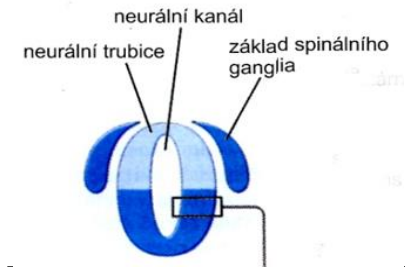
- migrují do epidermis

Ektomezenchymocyty

- migrují do branchiálních oblouků
- nahradí mezenchym mezodermálního původu



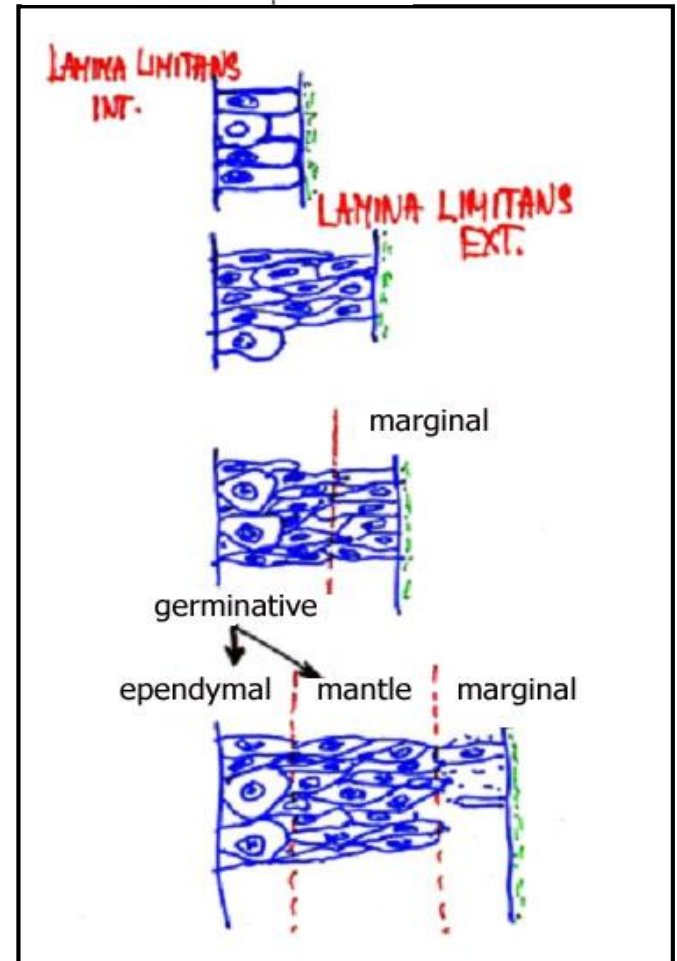
Nerve tissue – Histogenesis of neural tube



- initial state – **víceřadý cylindrický** epitel
- initially cells divide in whole thickness of the wall
- later mitotic activity is reduced only to cells situated near the luminal aspect of the neural tube

- neural tube develops 2 zones: **germinativní** (vnitřní) + **okrajová** (vnější)
- cells of the germinative zone continue dividing and migrate peripherally to form **plášťová vrstva**

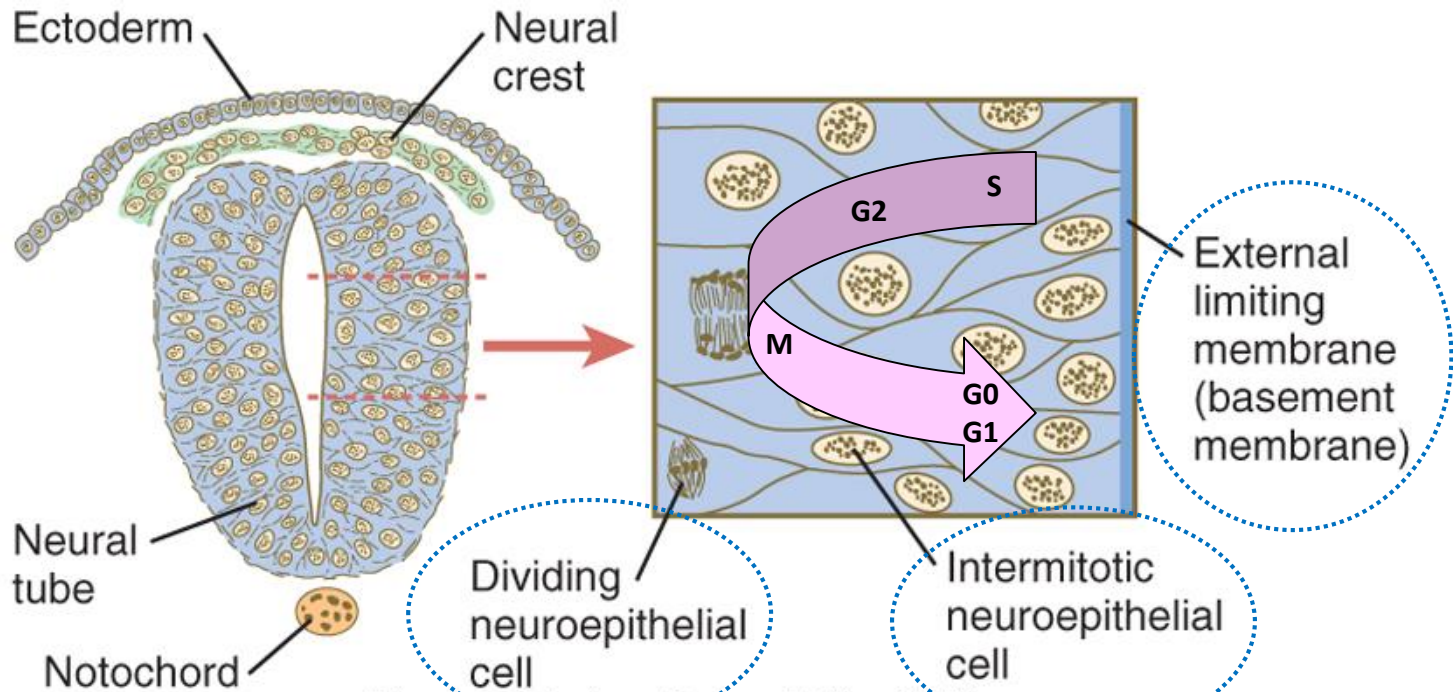
- **ependymová** vrstva = **ependym**
- **plášťová** vrstva = **šedá hmota** - differentiate into primitive neurons (neuroblasts) and spongioblasts (glioblasts)
- **okrajová** vrstva = **bílá hmota** (žádné buňky)



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:

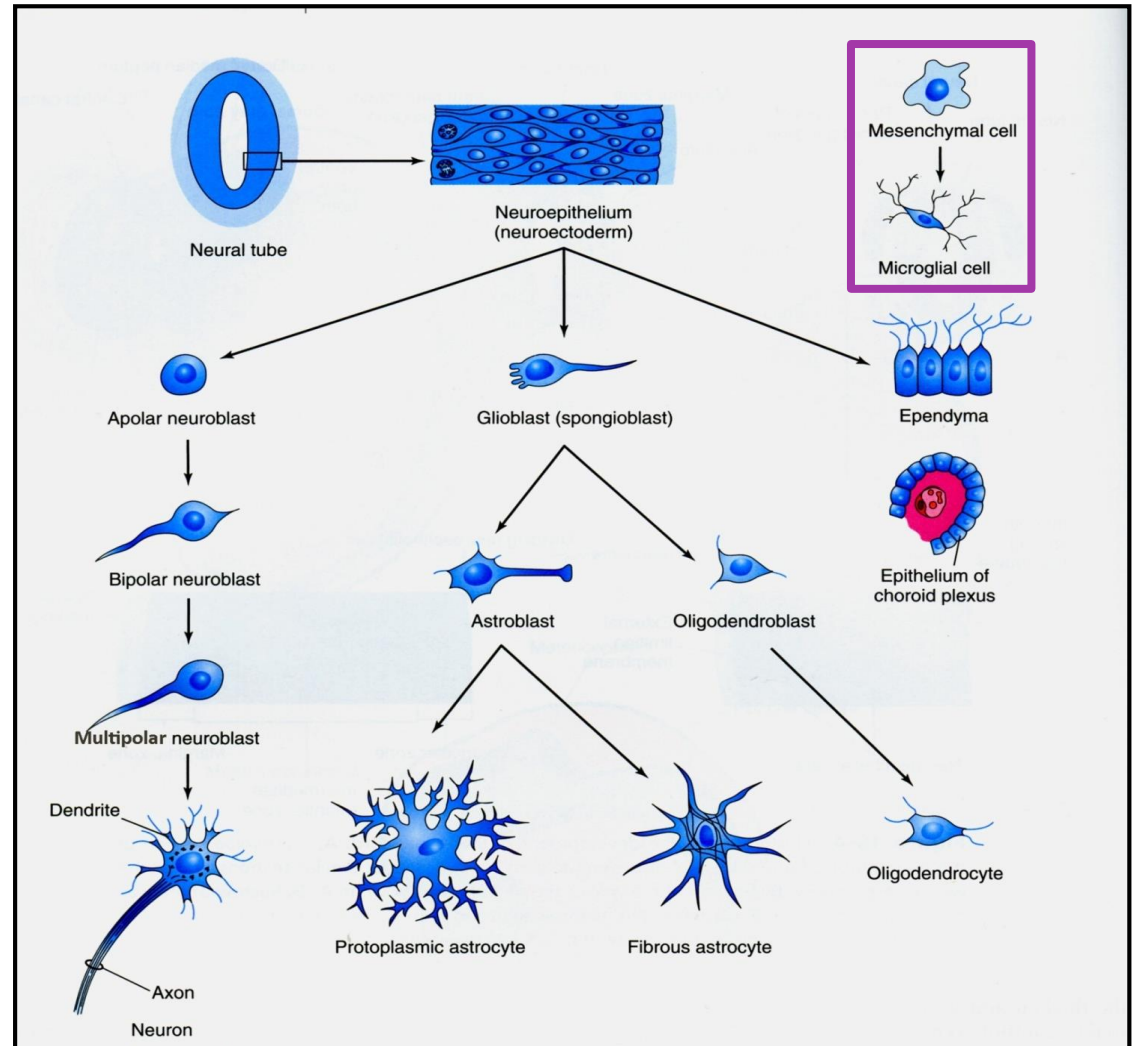
- **ependymal cells** (ependymocytes)

Plášťová lavrtsva:

- **neuroblasts** - to neurons
- **spongioblasts (glioblasts)** – to:
 - astrocytoblasts
 - oligodendrocytoblasts

Okrajová vrstva:

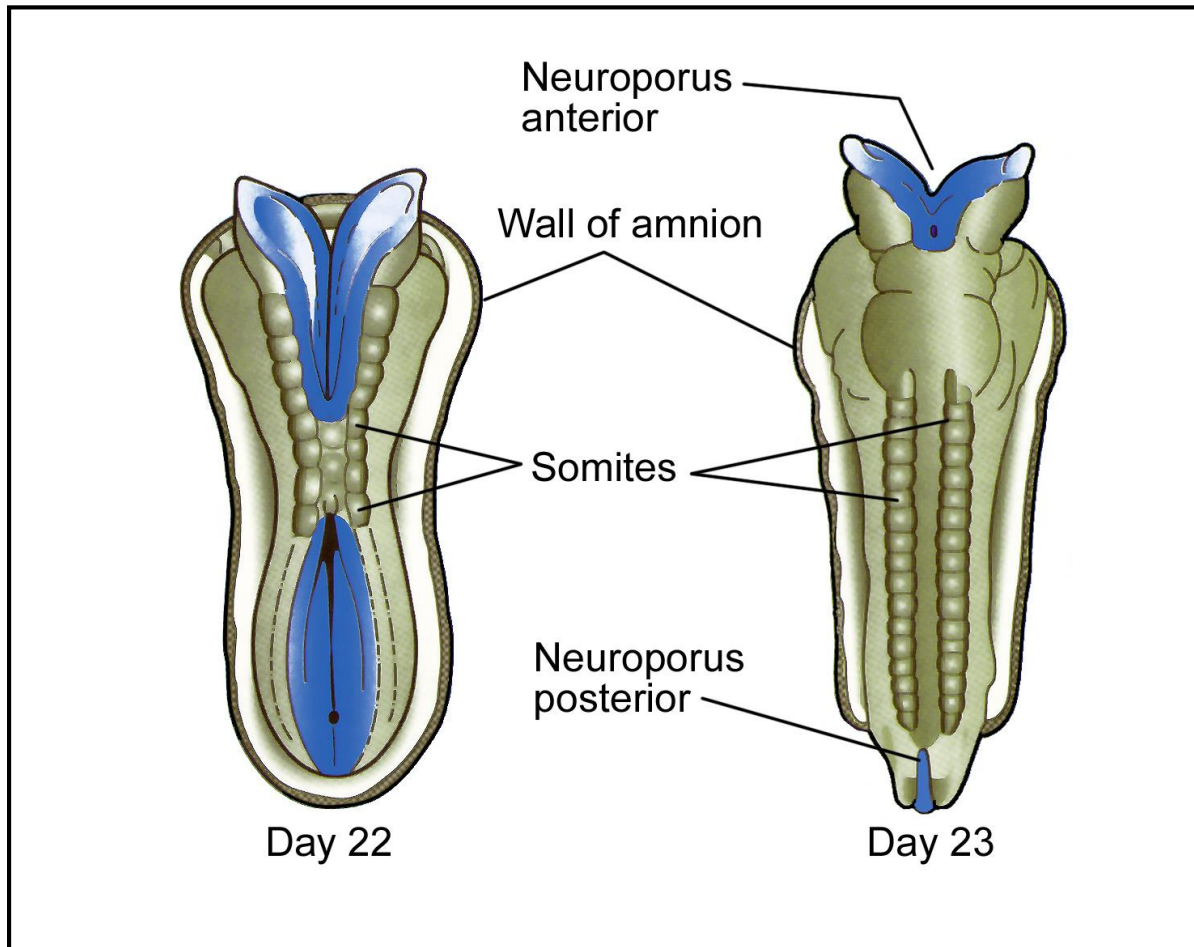
- no cells



Nervová tkáň– Morfogeneze

Možek – develops from the proximal segment of the neural tube that is broadened from the very beginning

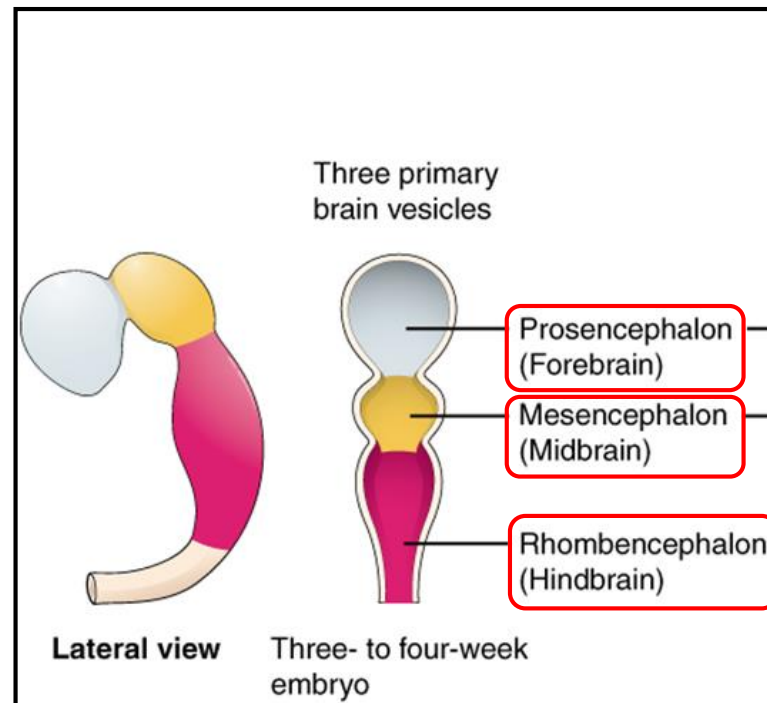
Mícha – develops from the narrower caudal segment of the neural tube



Nervový systém – Vývoj mozku

Brain develops from the cranial part of the neural tube at **4th week** - **3 primární mozkové váčky**

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

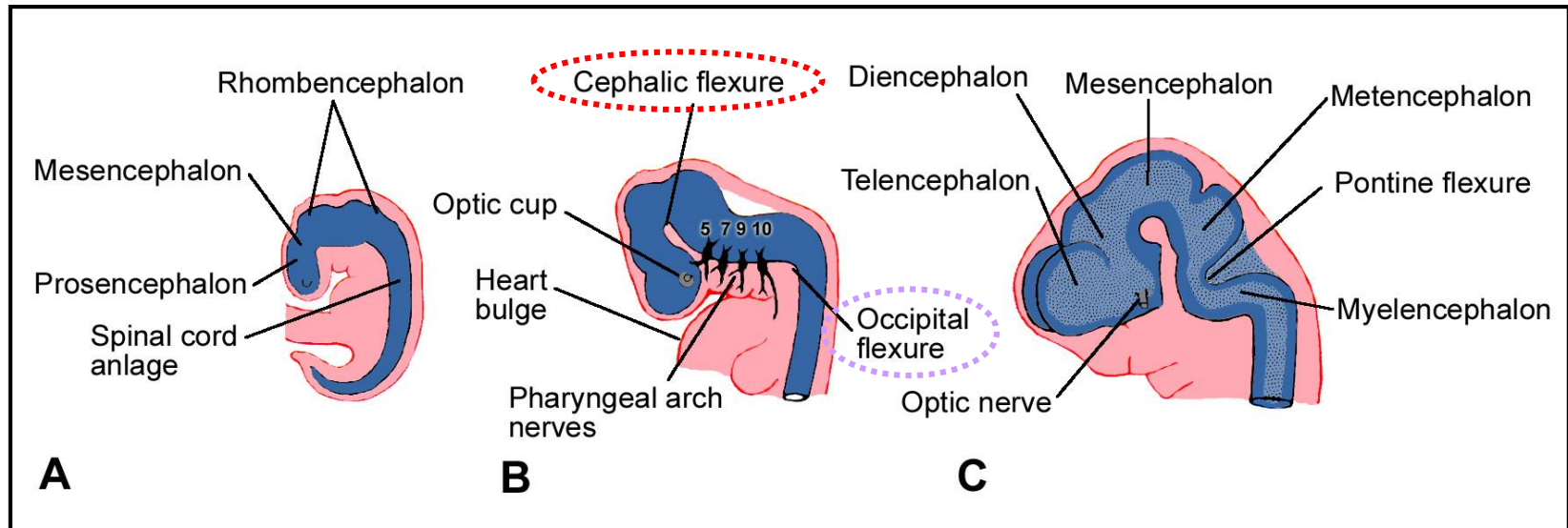


Nervový systém – Vývoj mozku

vesicles are not followed each to other linearly, but are bent in the sagittal plane

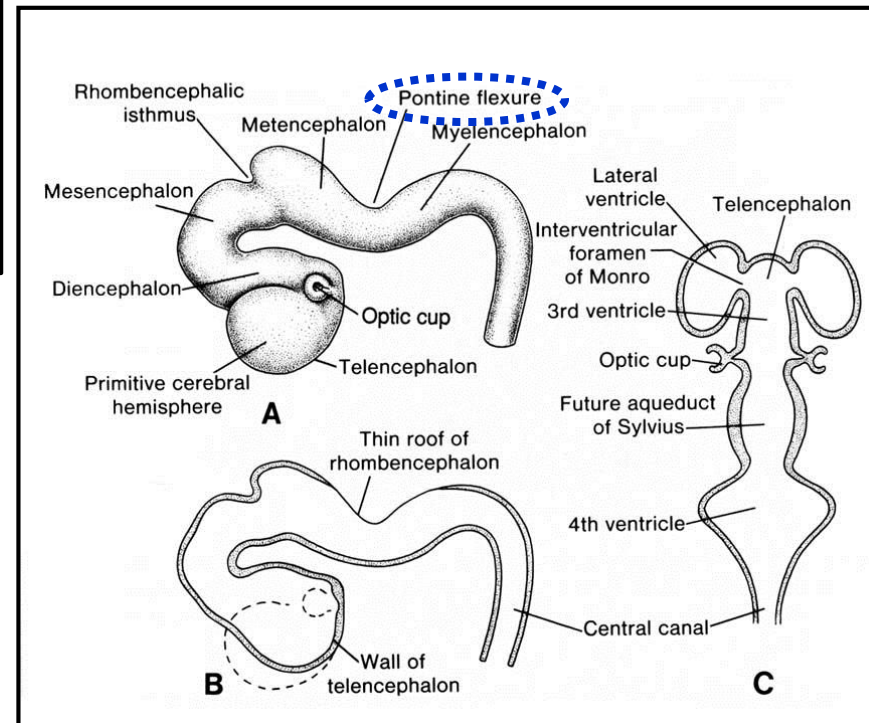
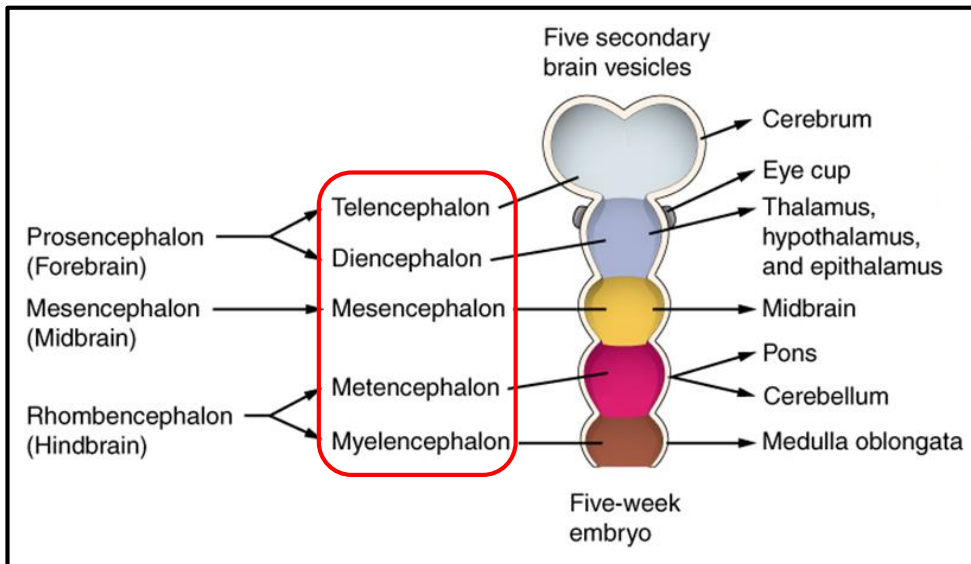
Flexura cephalica - permanent

Flexura occipitalis (cervicalis) - after 2 months it is on straightening, so is not evident in the adulthood

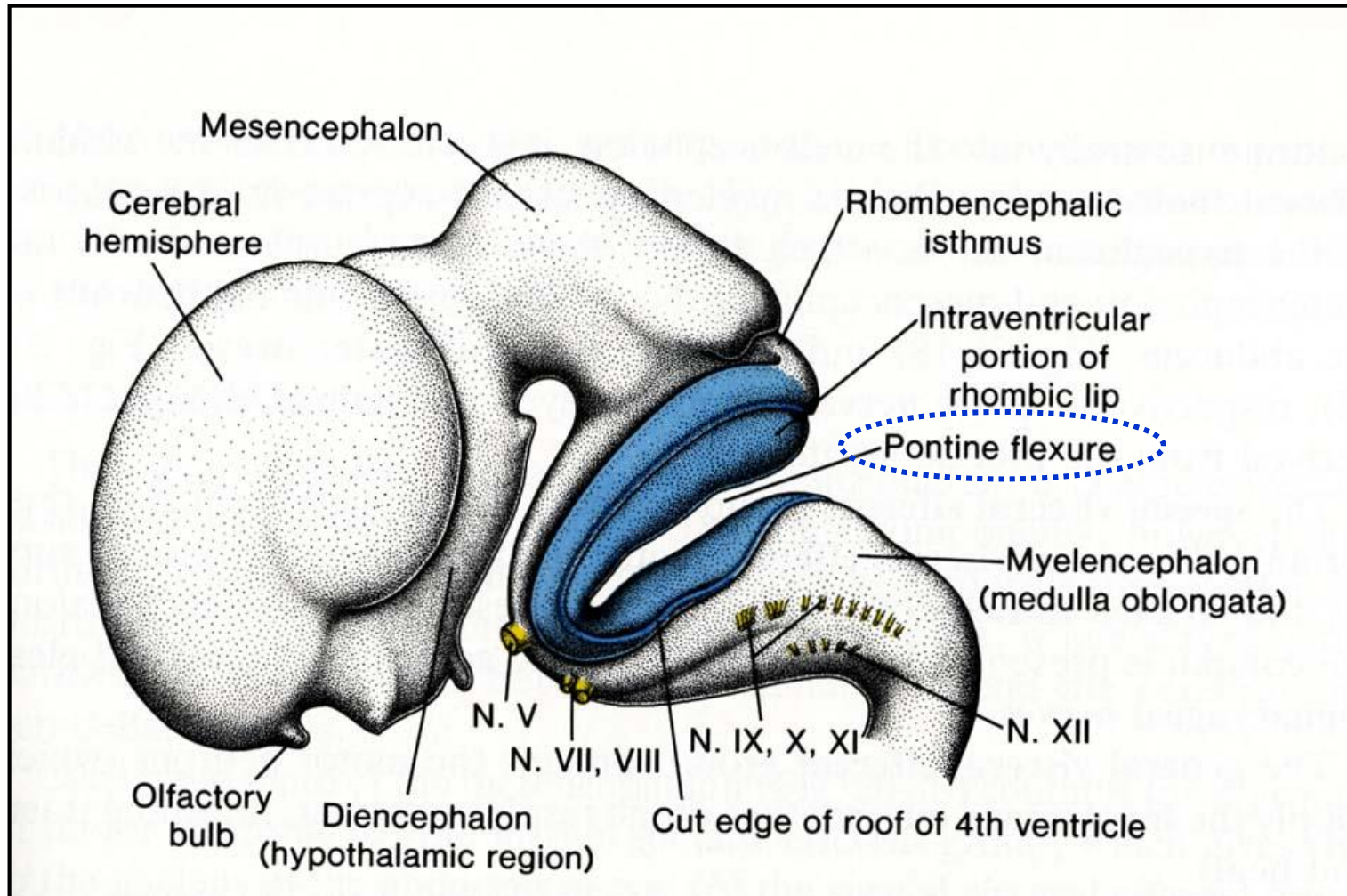


Nervový systém – Vývoj mozku

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



Nervový systém – Vývoj mozku

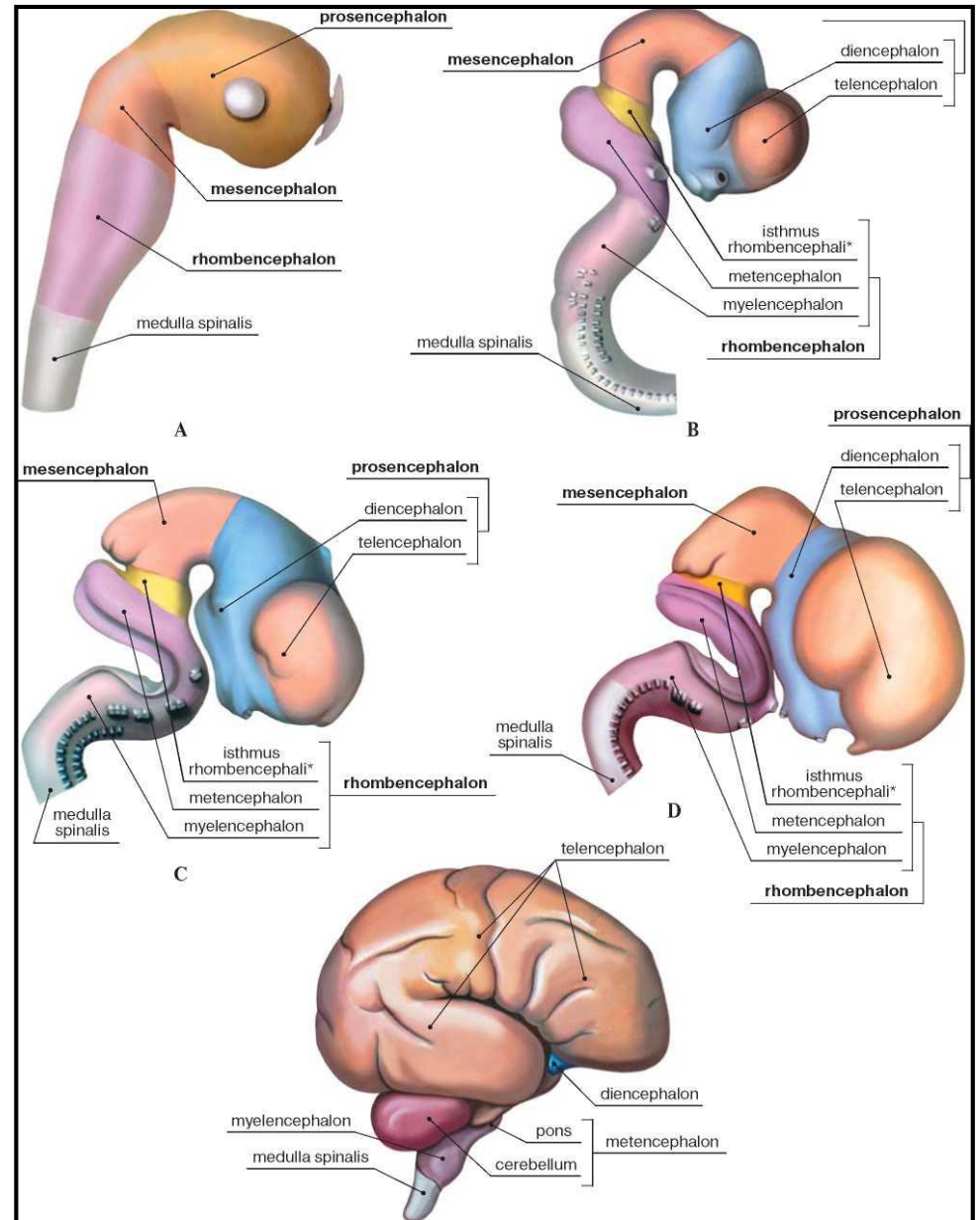


Nervový systém – Vývoj mozku

Early brain development results in:

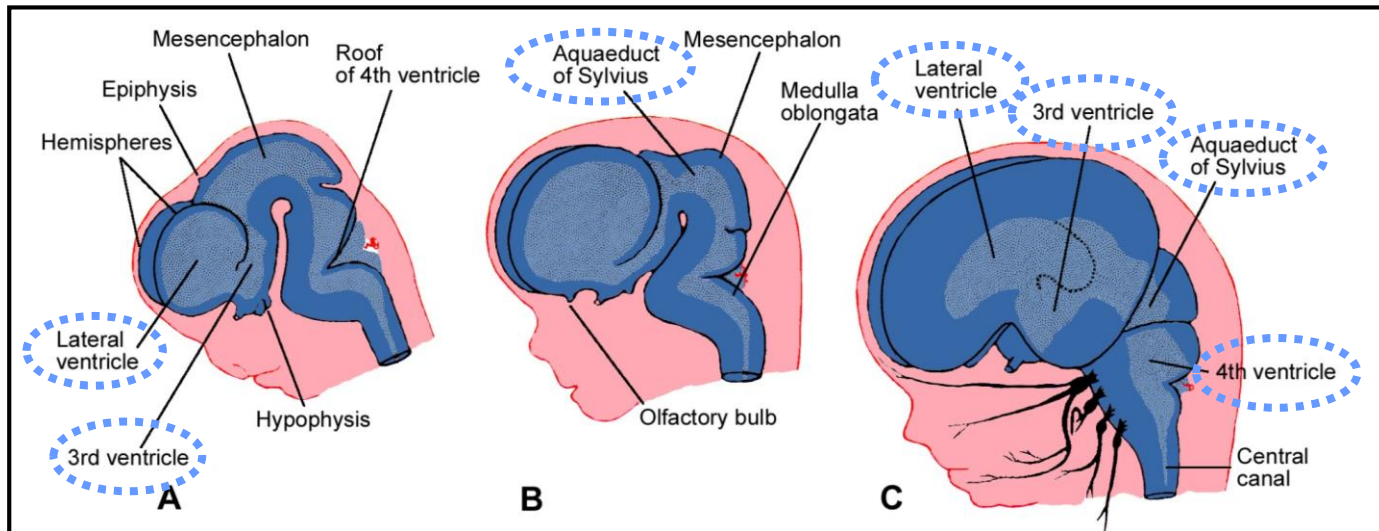
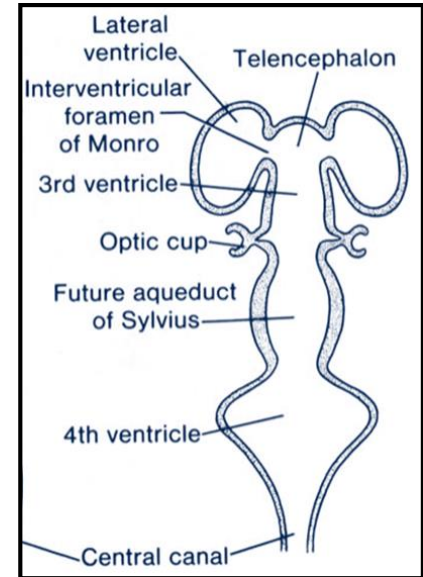
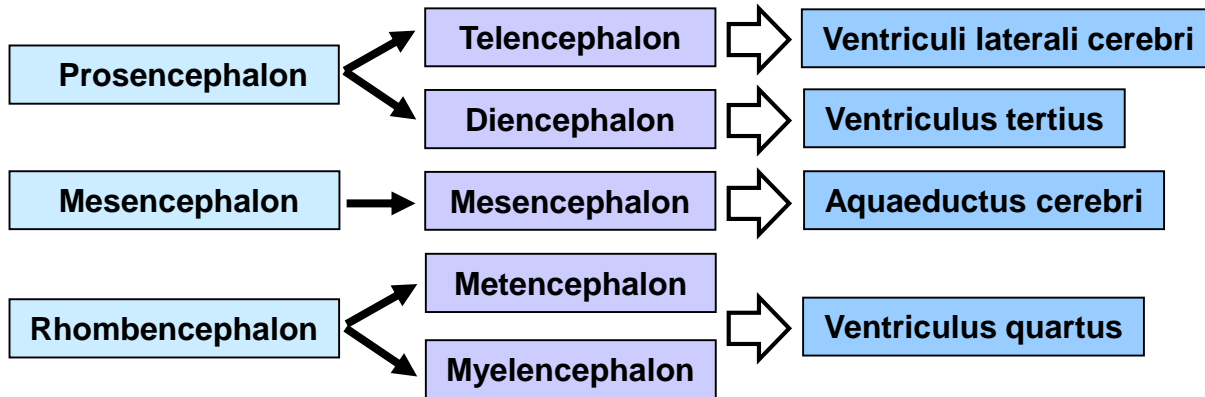
- deflection of the brain base
- constitution of five final brain sections

Definitive position compared to the baseline situation is highly complicated due to different growth rates of individual sections.



Nervový systém – Vývoj mozku – Mozkové komory

You must memorize !

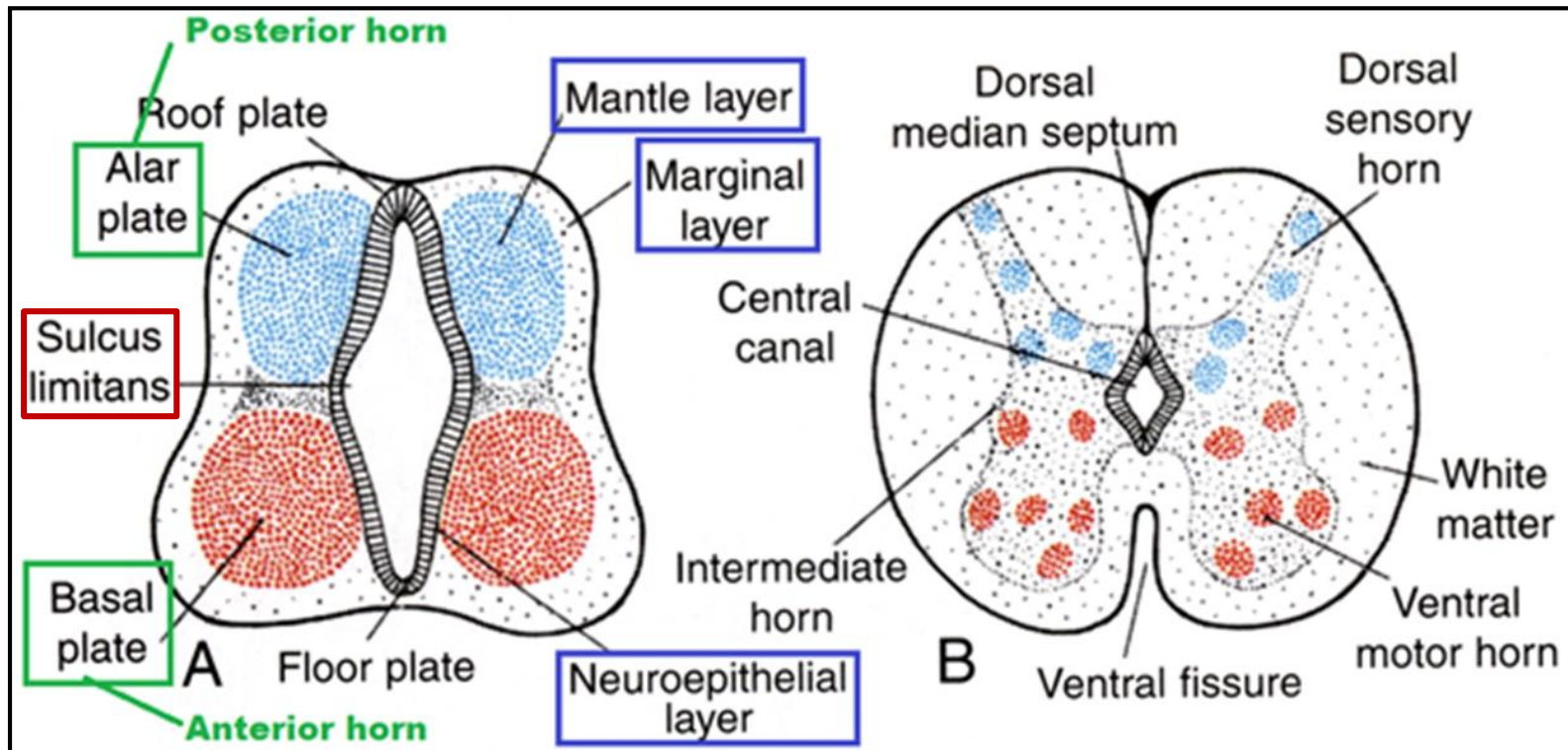


Nervový systém – Vývoj míchy

- it develops from the caudal part of neural tube
- cells of mantle layer proliferate and produce 2 sheets - the dorsal **alární ploténka** and ventral **bazální ploténka**, which are separated by longitudinal groove called the **sulcus limitans**

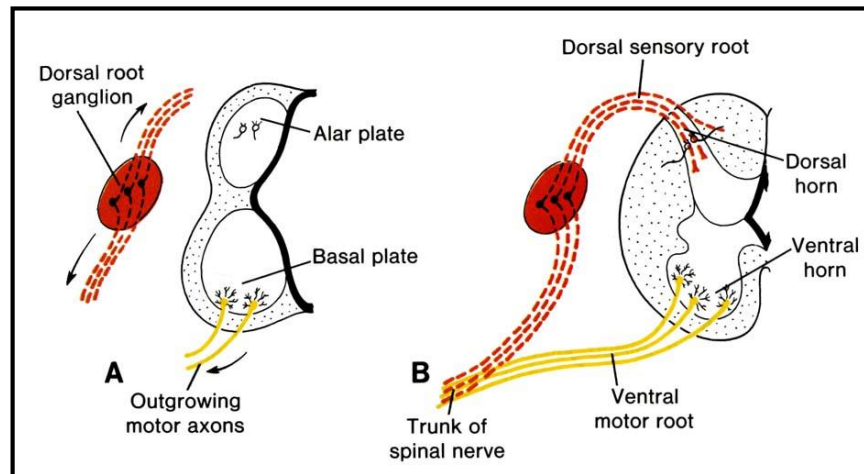
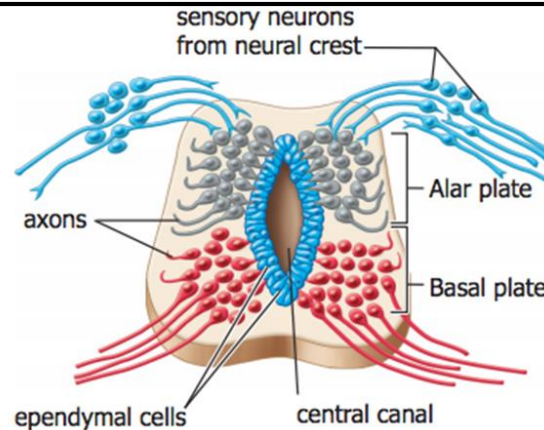
Nutné si pamatovat:

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



Nervový systém – Vývoj míchy

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

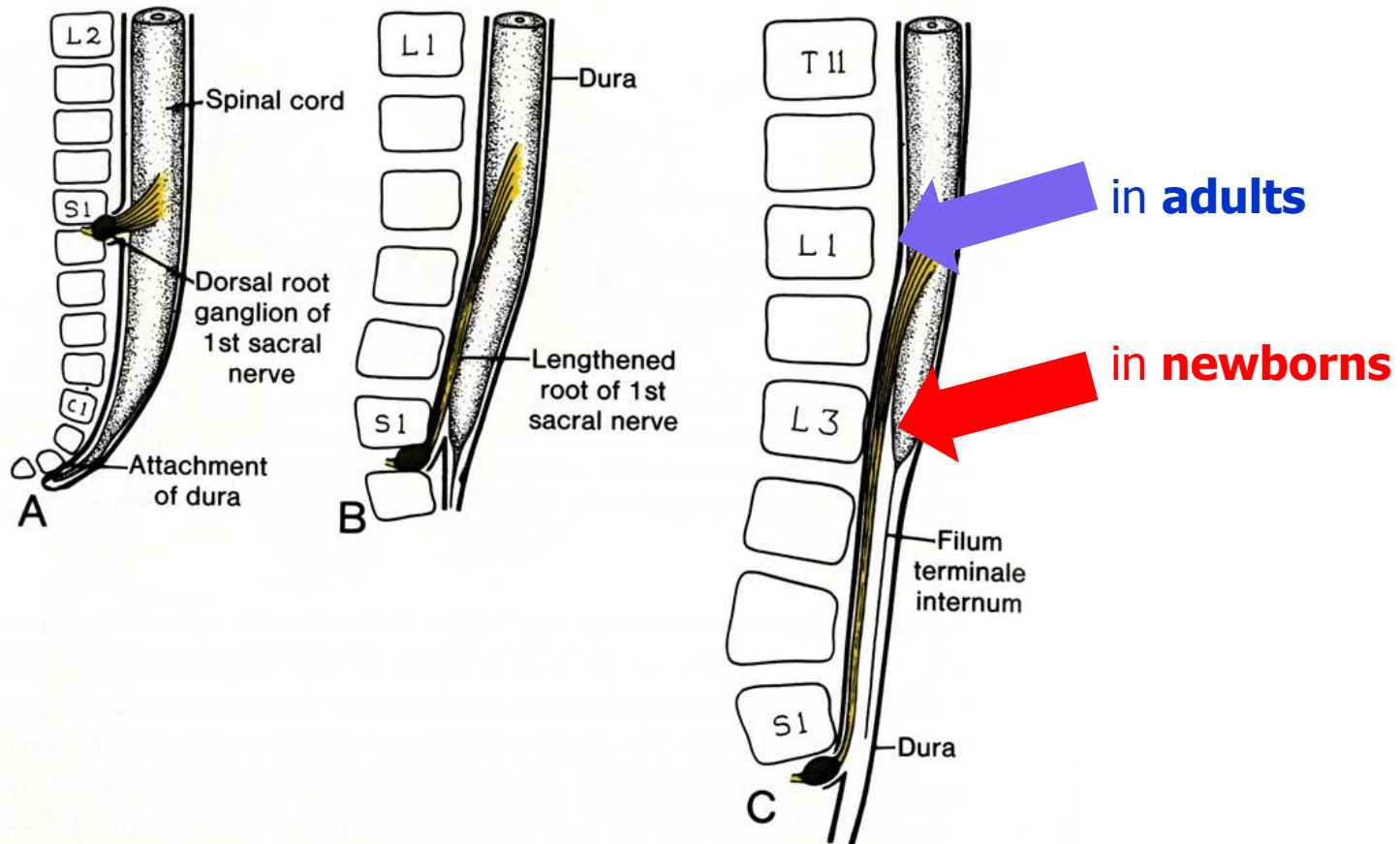


Axons of neuroblasts of anterior horns unite with peripheral processes of corresponding spinal ganglia neuroblasts and together leave the spinal canal as a trunk of **spinal nerve**.

Nervový systém – Vývoj míchy

Positional changes of the spinal cord

- initially, length of spinal cord correlates with length of the vertebral canal
- during further development, the vertebral canal grows more rapidly than spinal cord so that its caudal end gradually comes to lie at relatively higher levels of the canal
- in adults, it usually terminates at the inferior border of the first lumbar vertebra



Děkuji za pozornost!

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