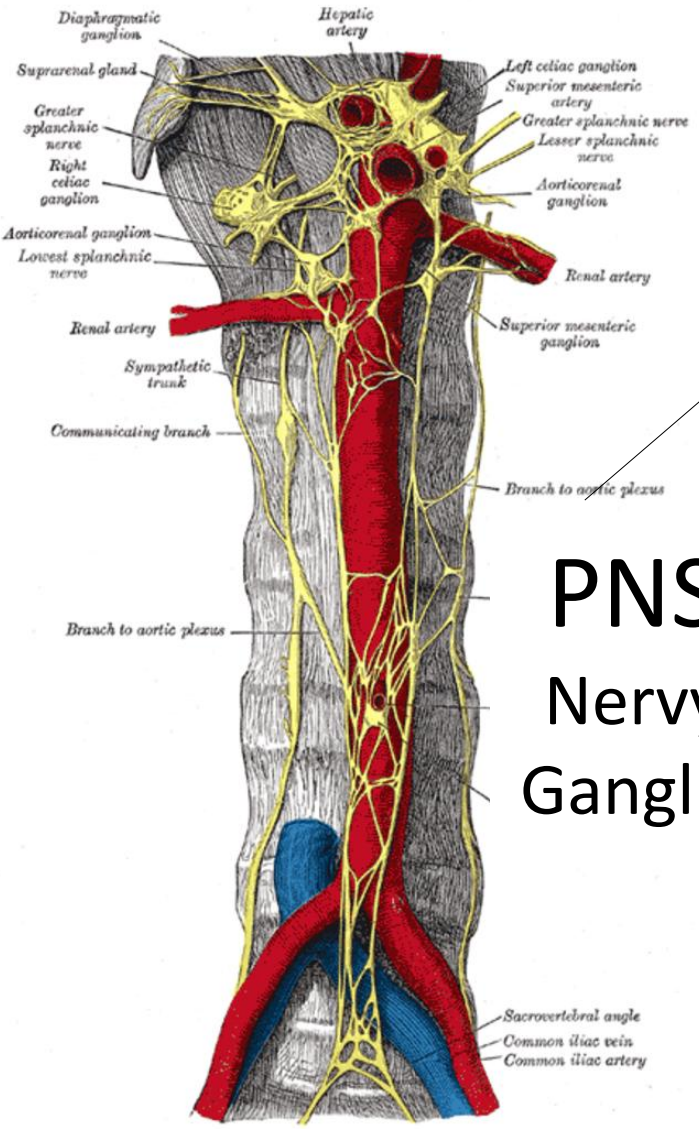
Nervový systém

MUDr. Pavel Roštok

Nervový systém



PNS

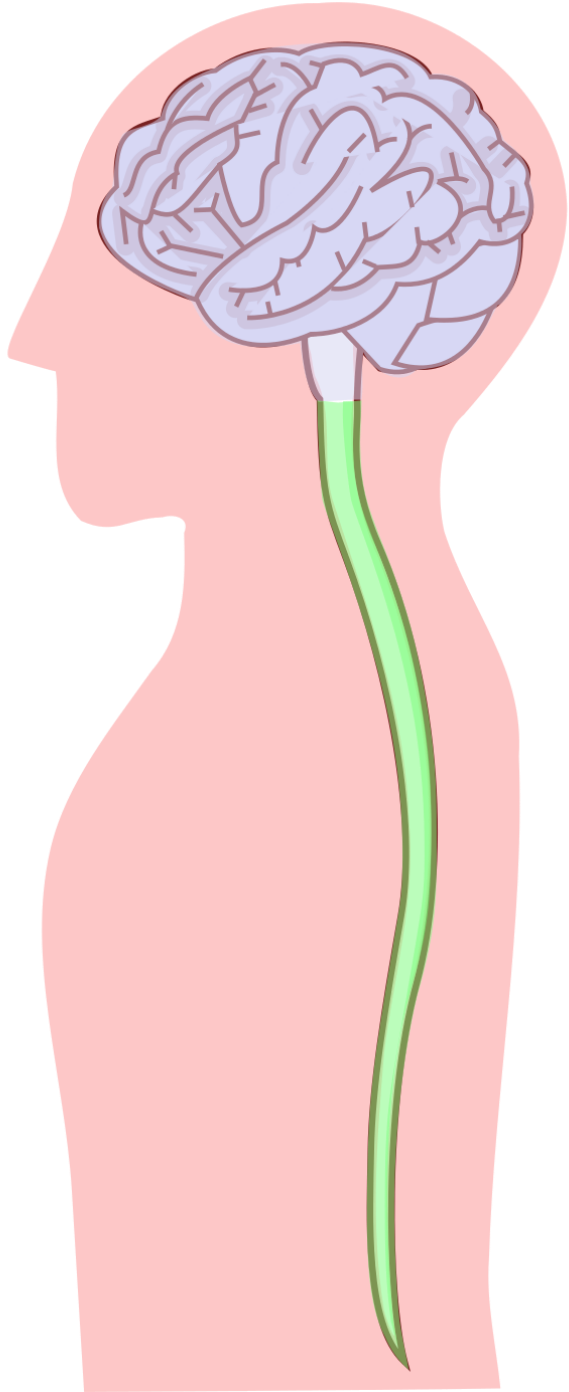
Nervy

Ganglia

CNS

Mozek

Mícha

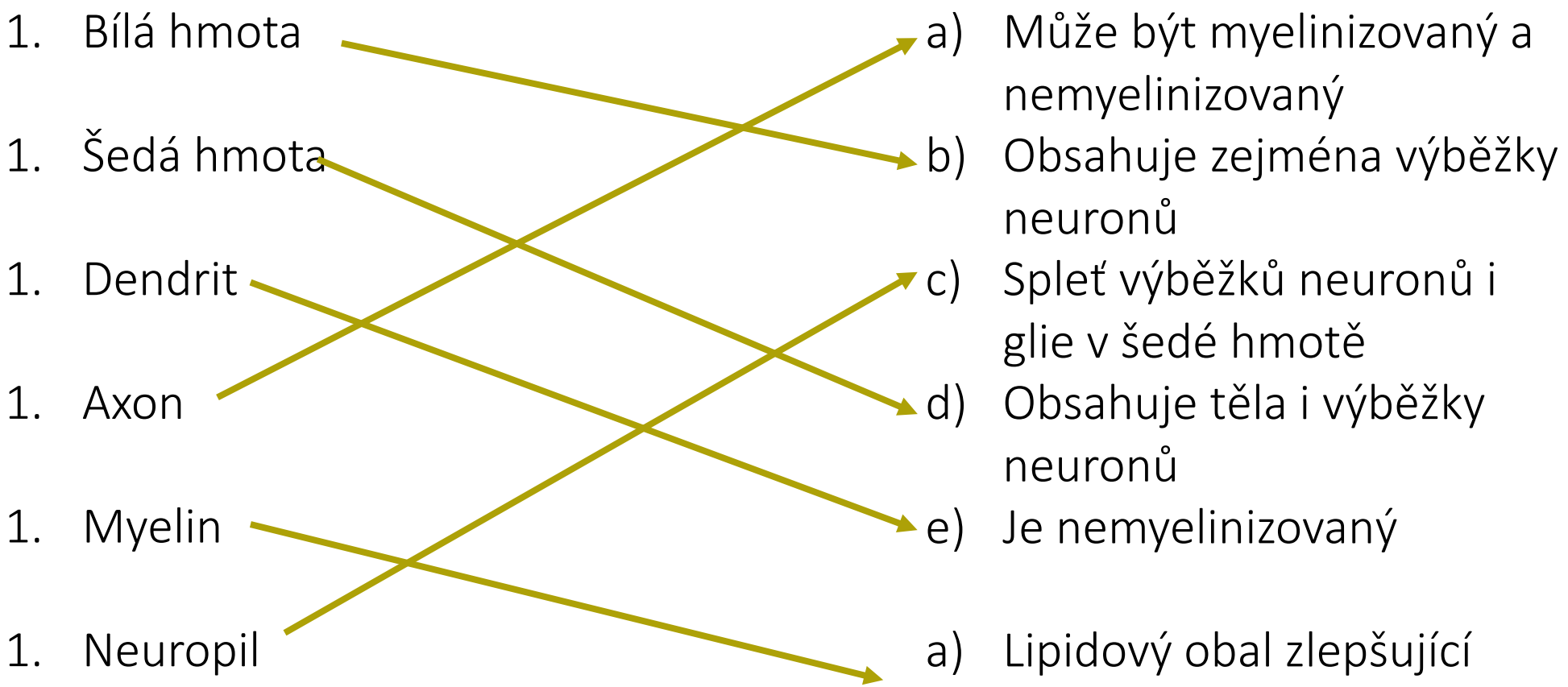


Přiřaďte odpovídající výroky k jednotlivým pojmům

1. Bílá hmota
1. Šedá hmota
1. Dendrit
1. Axon
1. Myelin
1. Neuropil

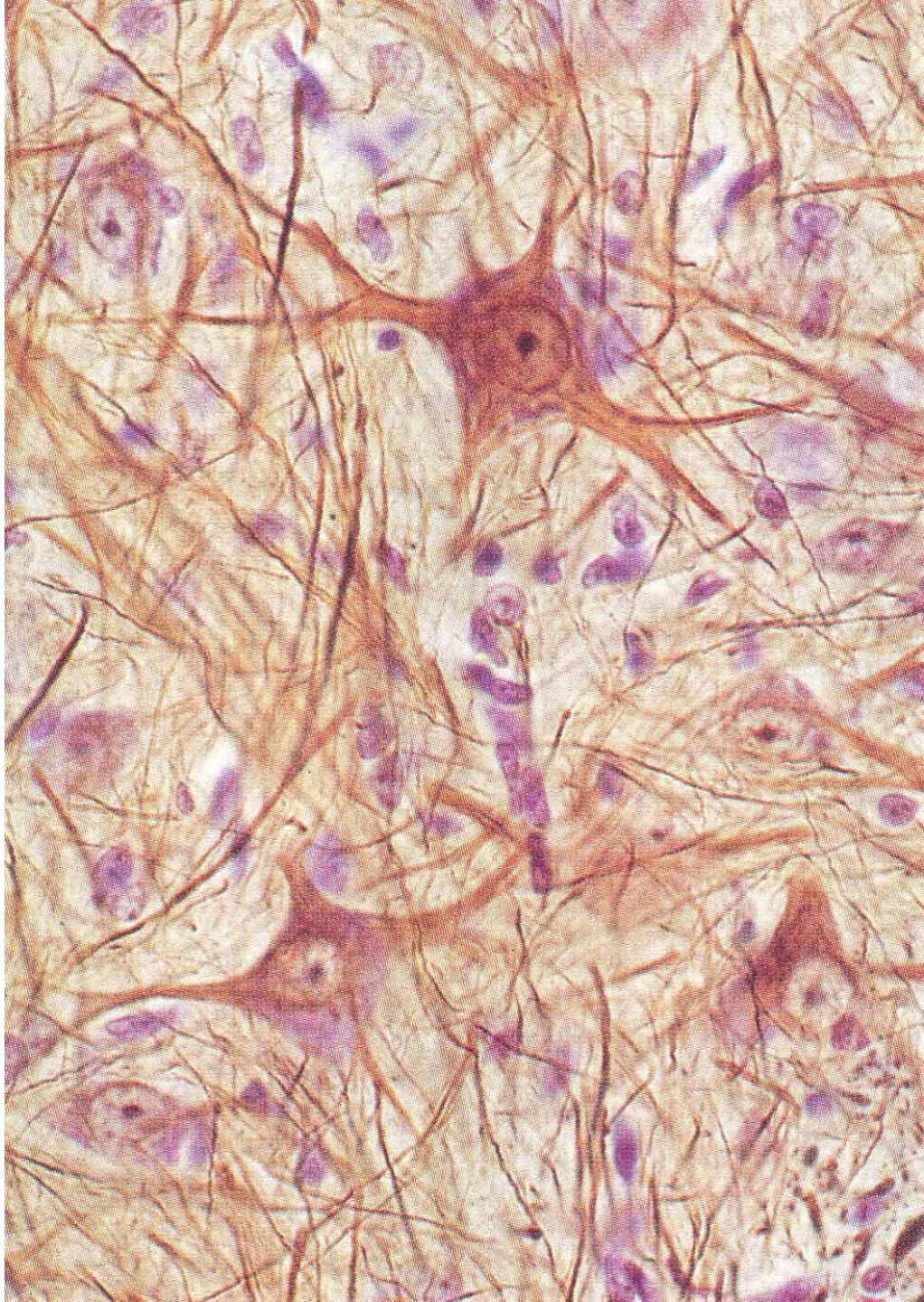
a) Může být myelinizovaný a nemyelinizovaný
b) Obsahuje zejména výběžky neuronů
c) Spleť výběžků neuronů i glie v šedé hmotě
d) Obsahuje těla i výběžky neuronů
e) Je prakticky vždy nemyelinizovaný
f) Lipidový obal zlepšující vedení signálu v axonu

1b; 2d; 3e; 4a; 5f; 6c



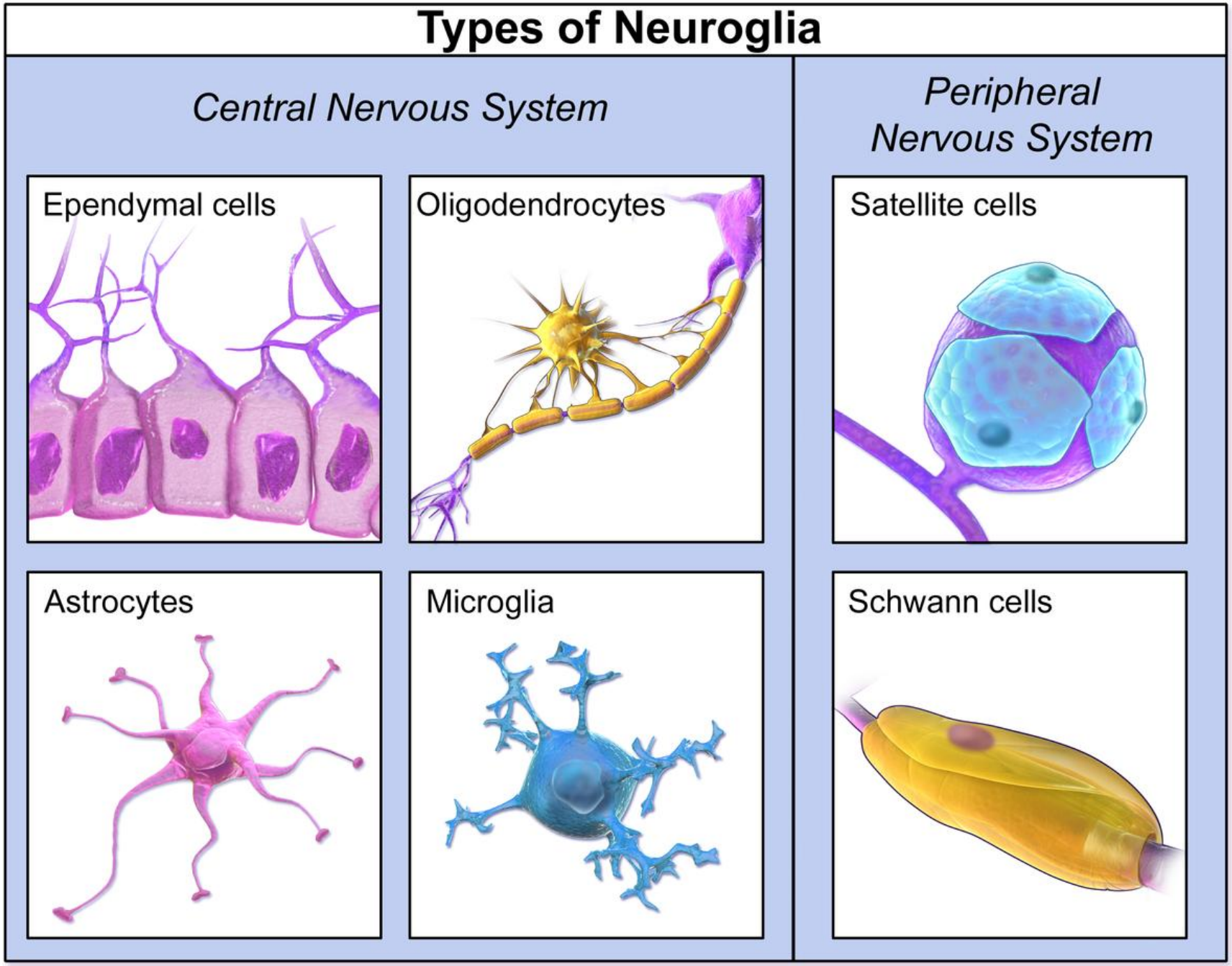
Složení nervové tkáně

- Buňky
  - Neurony (velmi heterogenní, schopnost tvorby vzruchu)
  - Glie (podpůrné funkce)
- Extracelulární matrix
  - Velmi malé množství

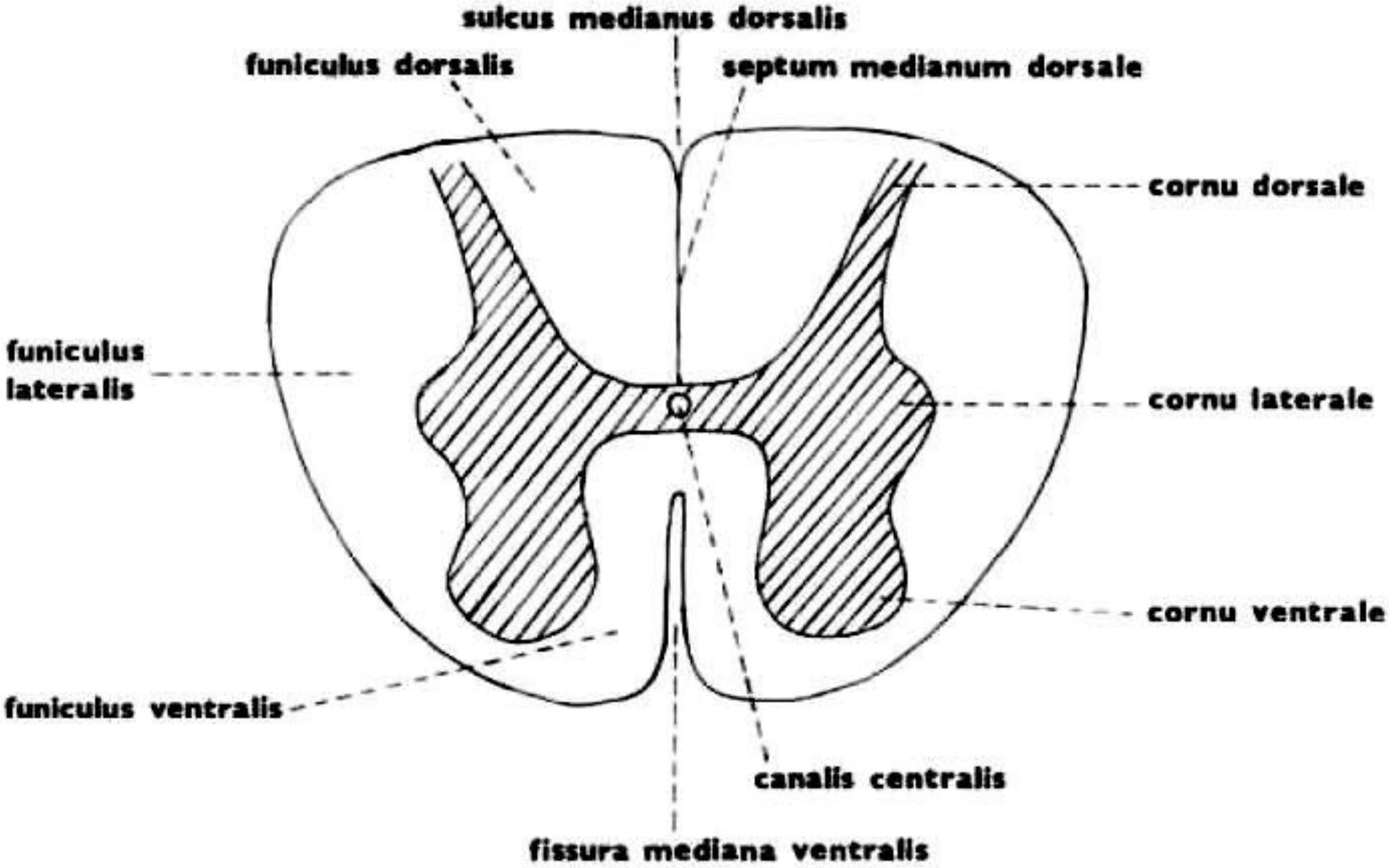


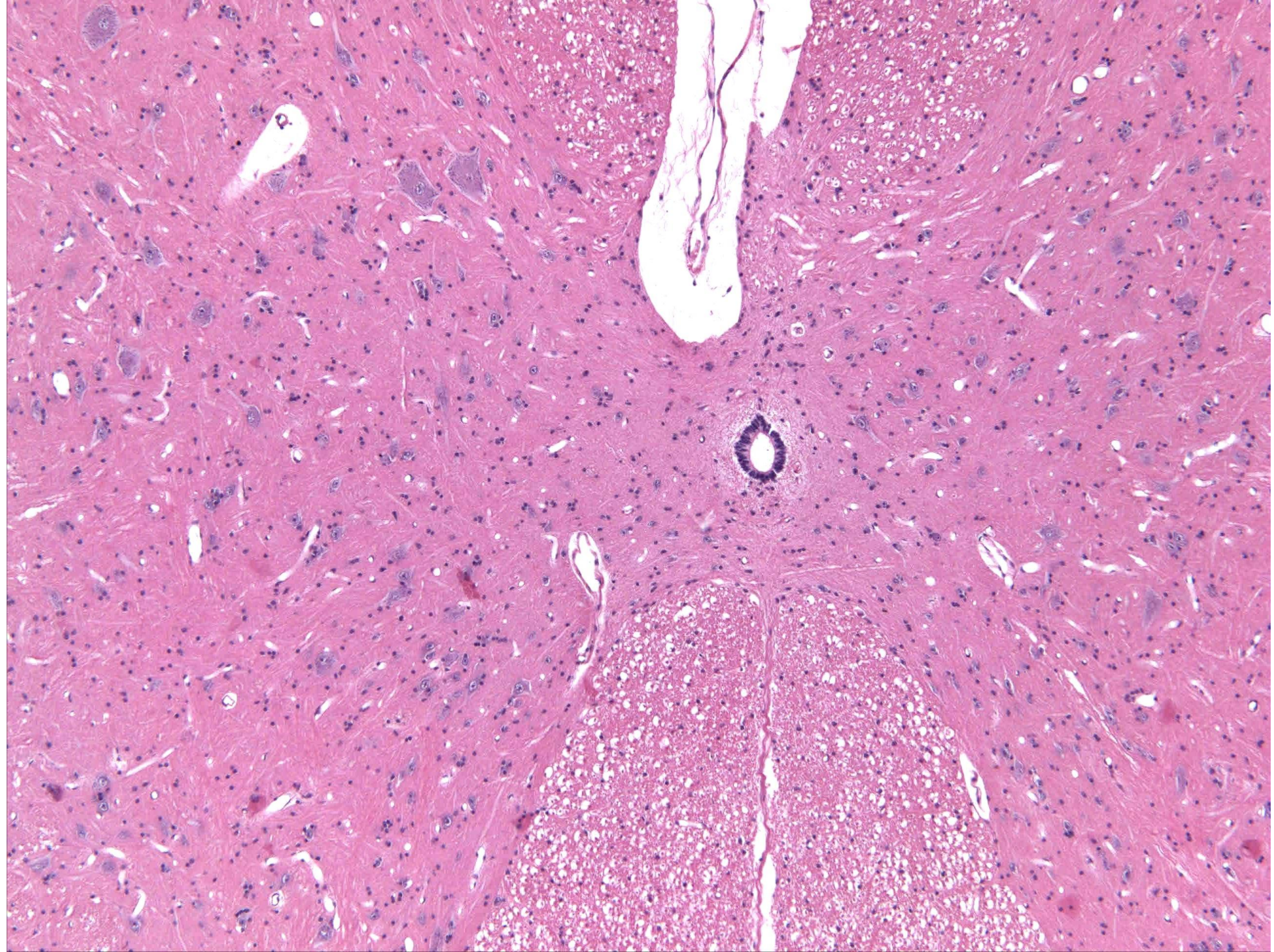
Neuroglie

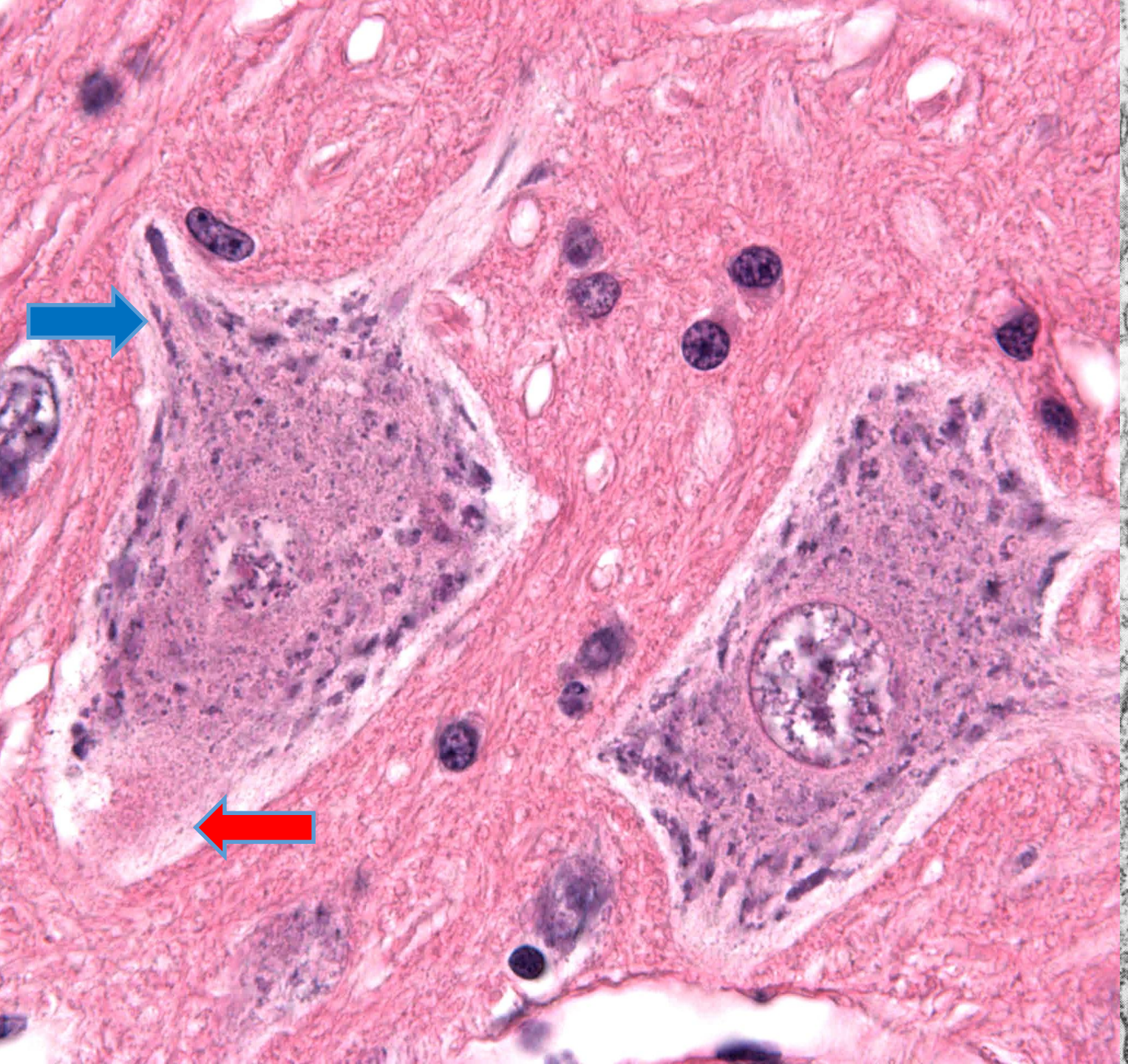
- CNS
  - Astrocyty
    - Fibrilární (bílá hmota)
    - Plasmatické (šedá hmota)
  - Oligodendrocyty
  - Mikroglie
  - Ependymové
- PNS
  - Schwannovy
  - Satelitové

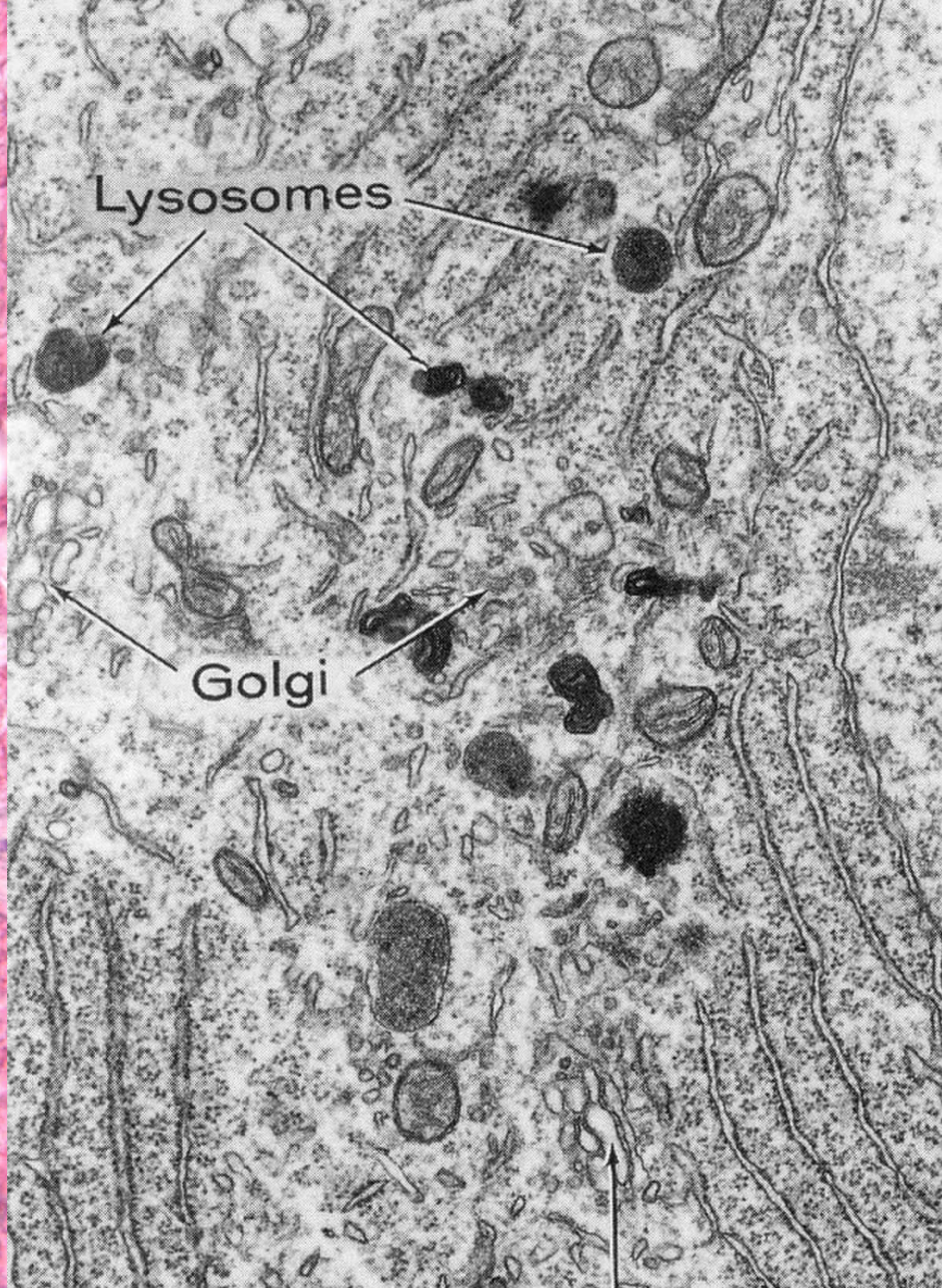


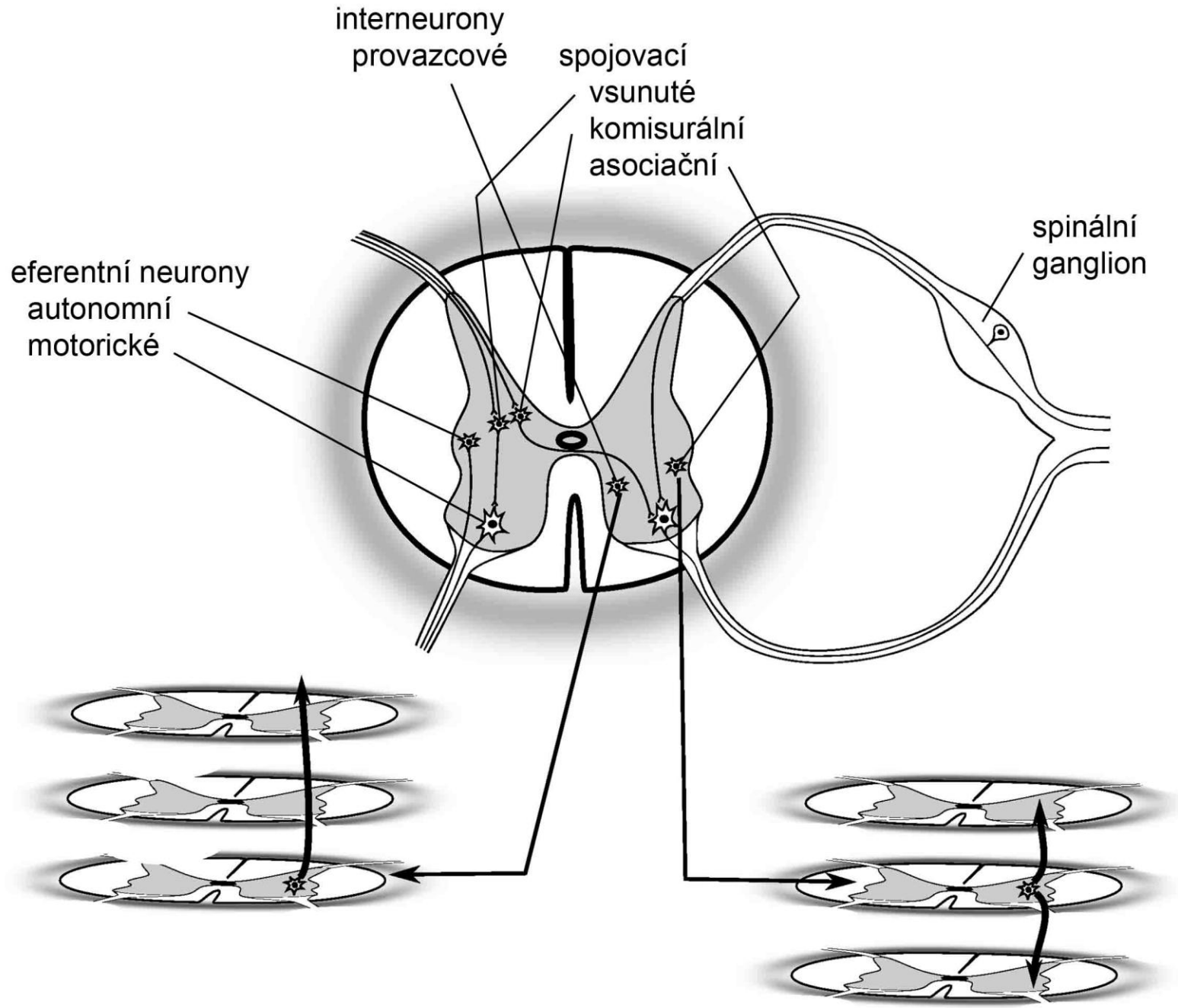
MEDULLA SPINALIS

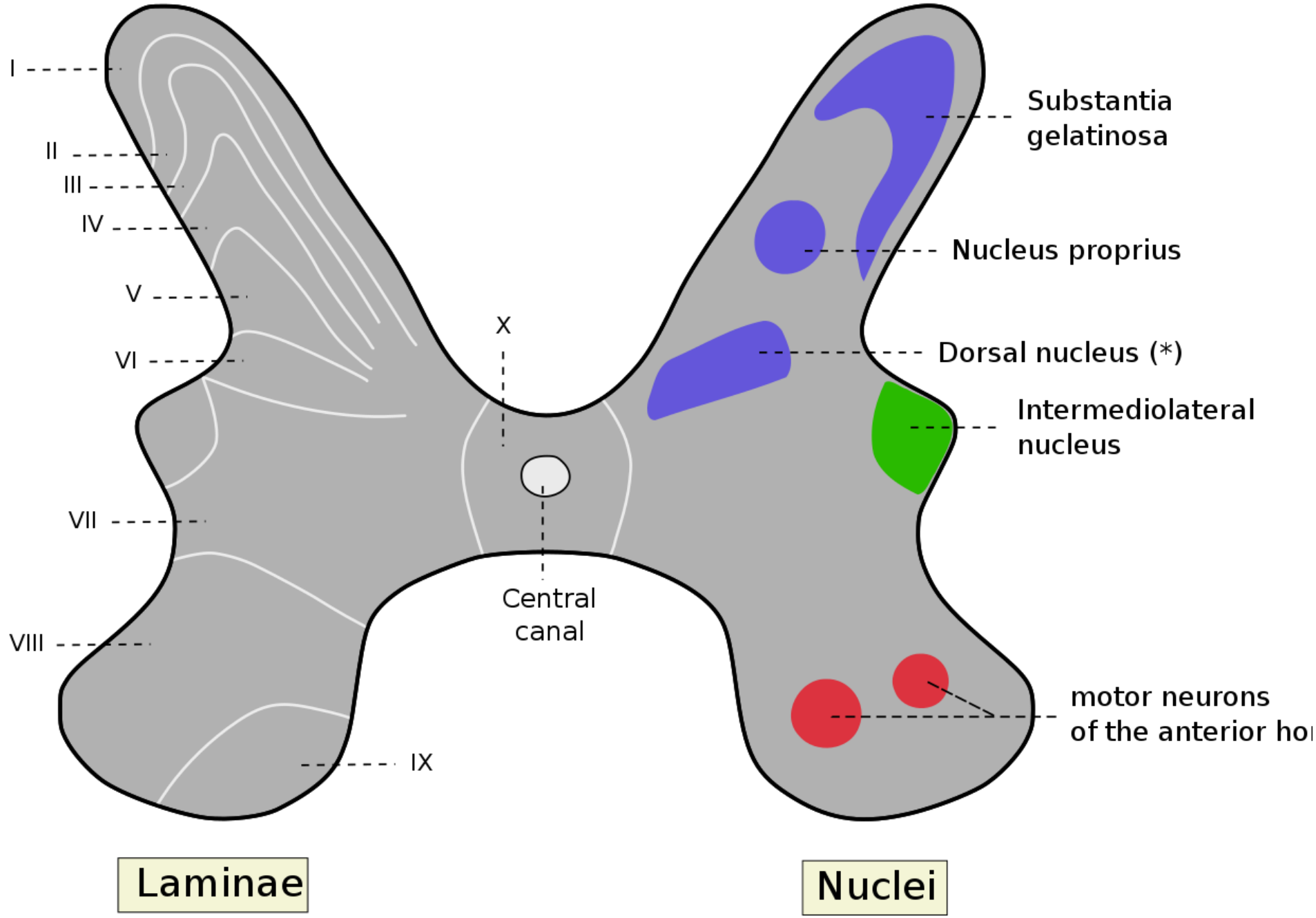







Lysosomes
Golgi


interneurony
provazcové
spojovací
vsunuté
komisurální
asociační
spinální
ganglion
eferentní neurony
autonomní
motorické



* Posterior thoracic nucleus or Column of Clarke

Otázky

1. Víte, jaké virové onemocnění postihuje motoneurony? Setkáváme se s ním často?

1. Jaké dva neurony se podílejí na nejjednodušších míšních reflexech?

1. Jakou část míchy a mozku postihuje roztroušená skleróza? Víte, který z hlavových nervů bývá často postižen?

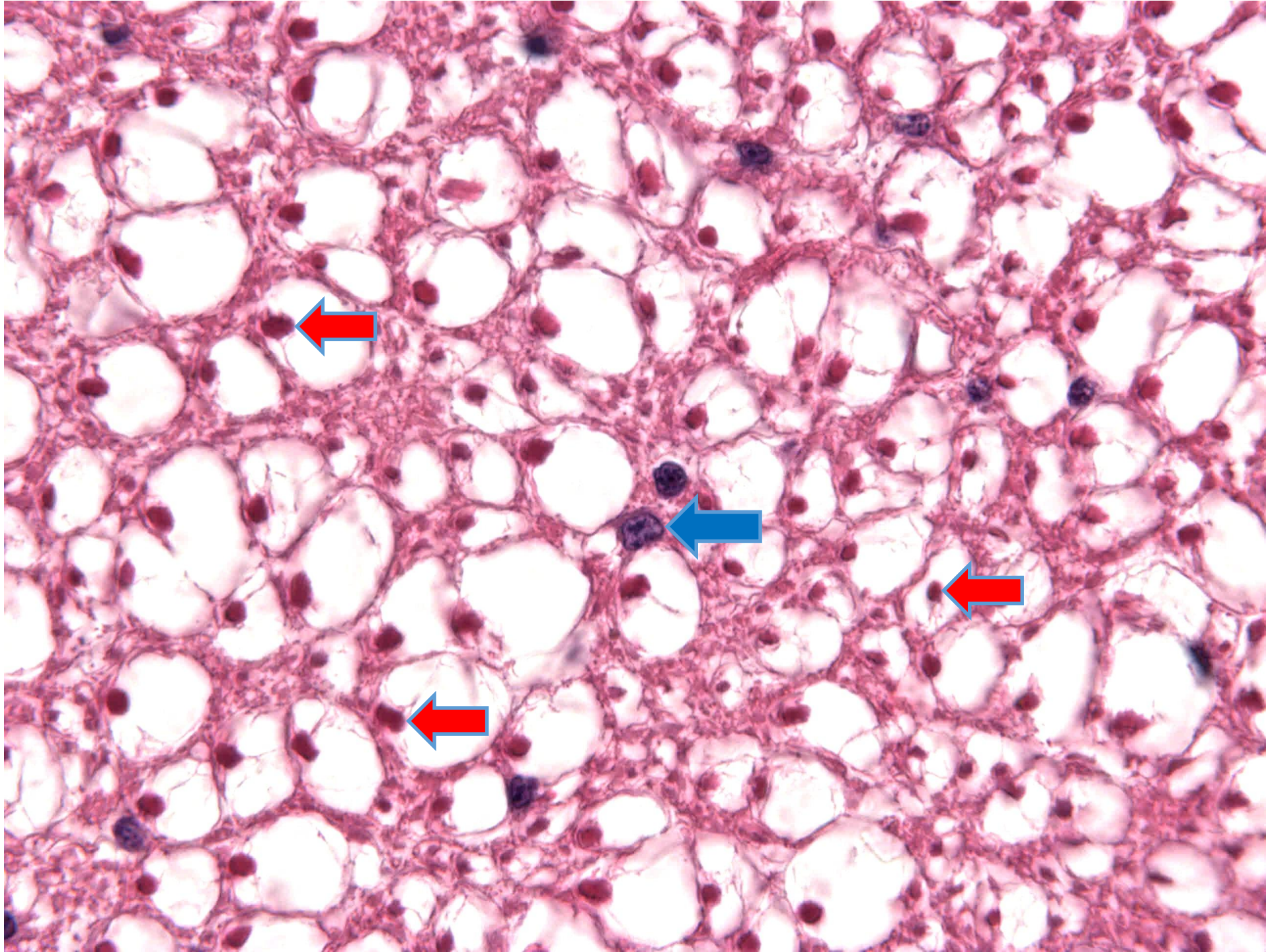
Otázky

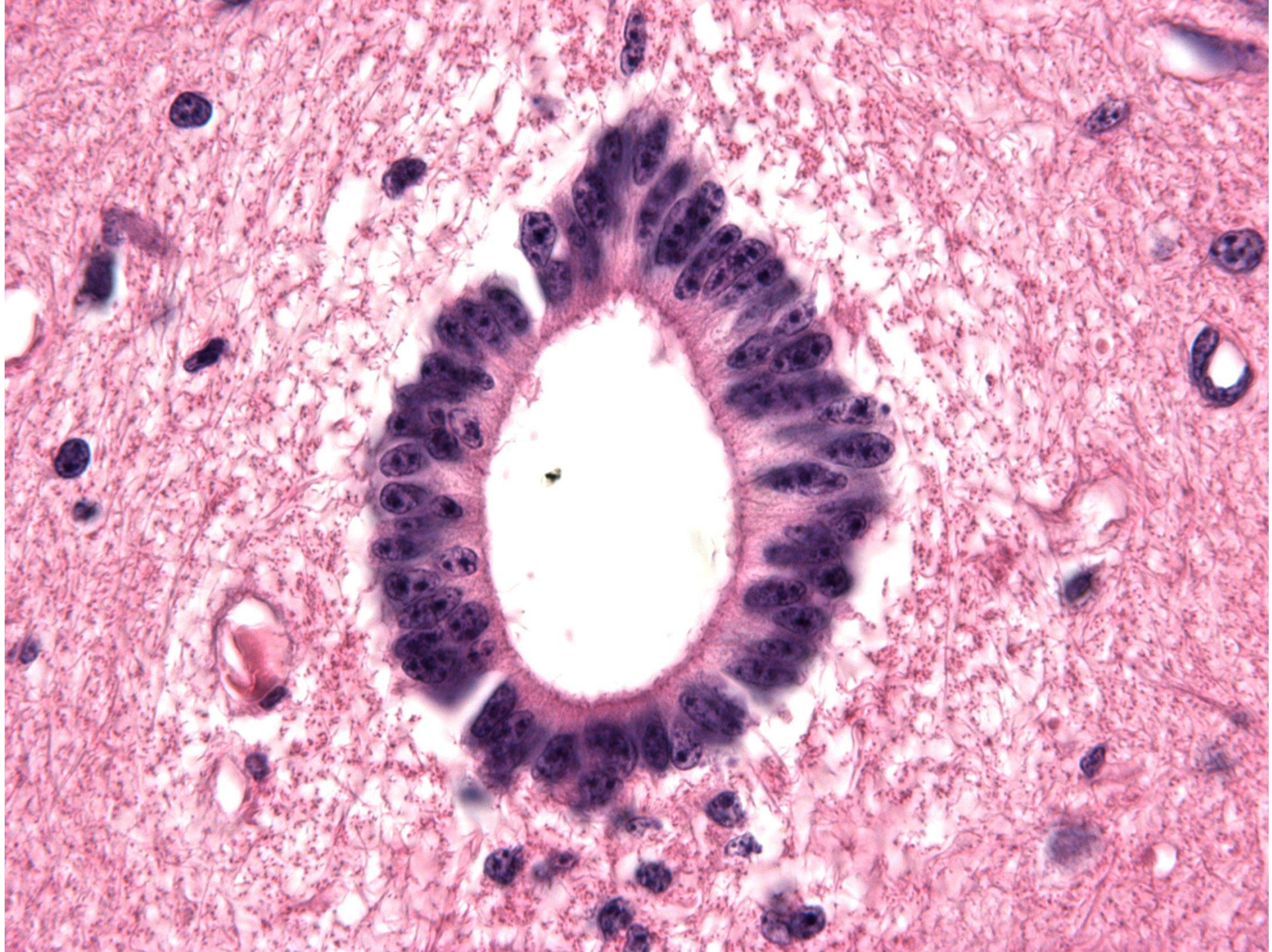
1. Poliomyelitida (dětská obrna) je virové onemocnění s fekálně-orálním přenosem, jehož nejzávažnější forma způsobuje paralýzu. Nemoc byla téměř vymýcena očkováním.

1. Nejjednodušší reflexní oblouky (např. patelární) se skládají z pseudounipolárního neuronu dorsálního míšního ganglia a alfa-motoneuronu. U složitějších se zapojují také interneurony.

1. RS je autoimunitní zánětlivé demyelinizační onemocnění postihující nejvíce bílou hmotu CNS (šedá hmota může být také ovlivněna) a velmi často postihující nervus opticus. Podobným onemocněním s odlišným patofyziologickým podkladem je neuromyelitis optica (Devicova choroba).

Červená (axony)
Modrá (oligodendrocyt)





Mícha – shrnutí

- **Bílá hmota** míchy je rozdělena průběhem axonů míšních kořenů na **funiculi** dorsales, laterales a ventrales
- **Šedá hmota** obsahuje těla neuronů, a to jak motoneuronů, tak nejrůznějších interneuronů, popisujeme zde přední, zadní a laterální rohy a commusurae griseae, podrobnější dělení představují Rexedovy lamely či míšní jádra
- **Interneurony** plní celou řadu funkcí, např. se podílejí na míšních reflexech, zajišťují koordinaci svalových skupin či předávají senzitivní informaci do mozku (např. tractus spinothalamicus), dělíme je tedy na **spojovací** (asociační, komisurální a vsunuté) a **provazcové**
- **Centrální kanál** je vystlán ependymovými buňkami, podobajícími se svým uspořádáním epitelu, ovšem v mnohém se od epitelu liší, např. nemají basální laminu

Pojmy embryologie

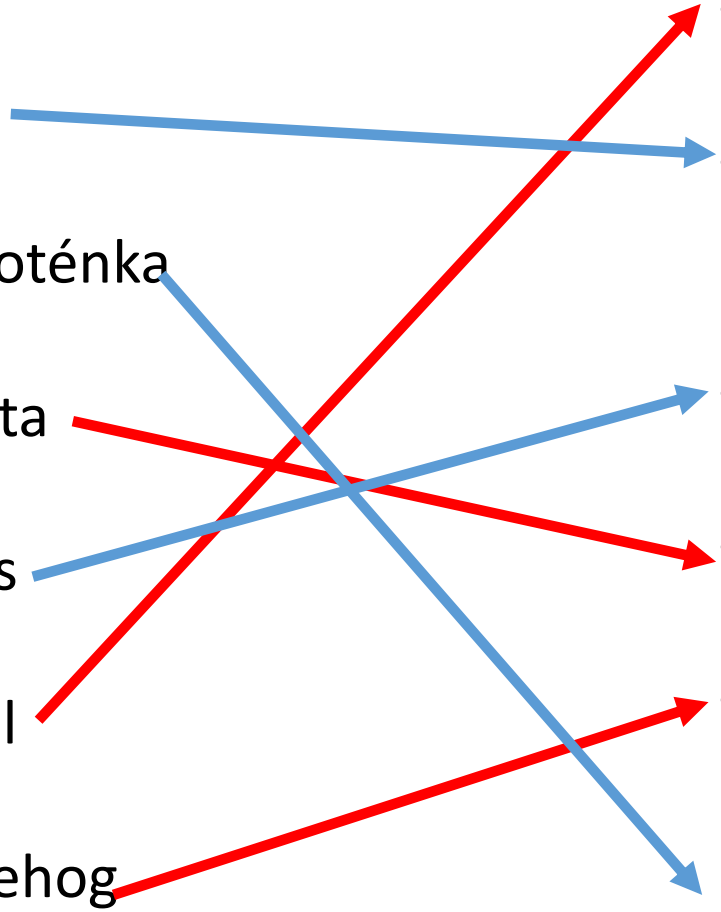
1. Notochord
1. Neurální ploténka
1. Neurální lišta
1. Neuroporus
1. Neuroepitel
1. Sonic hedgehog

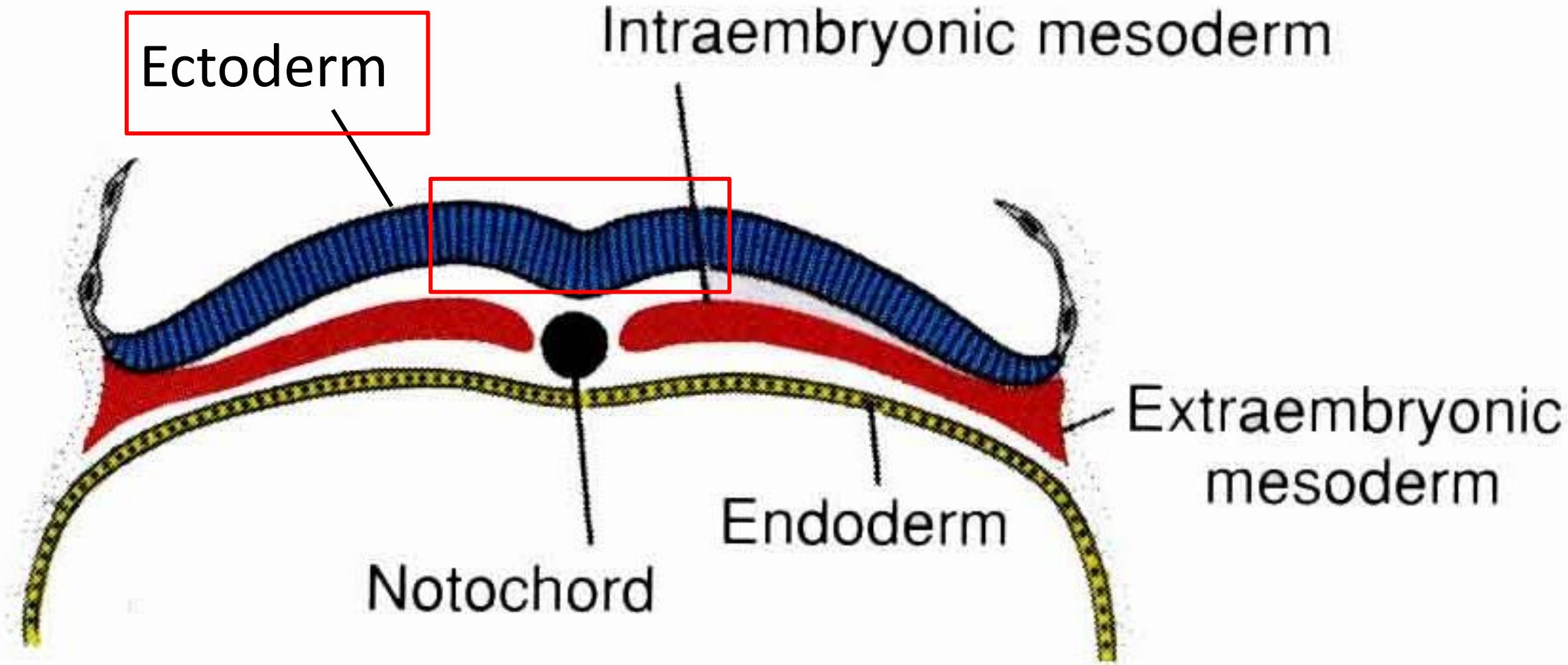
a) Uspořádání buněk v nervové trubici
a) Struktura ve středu těla důležitá pro signalizaci
a) Otvory na koncích nervové trubice
a) Buněčná populace oddělující se při neurulaci
a) Signalizační molekula podílející se na téměř všem
a) Část ektodermu, ze které se vyvíjí nervový systém

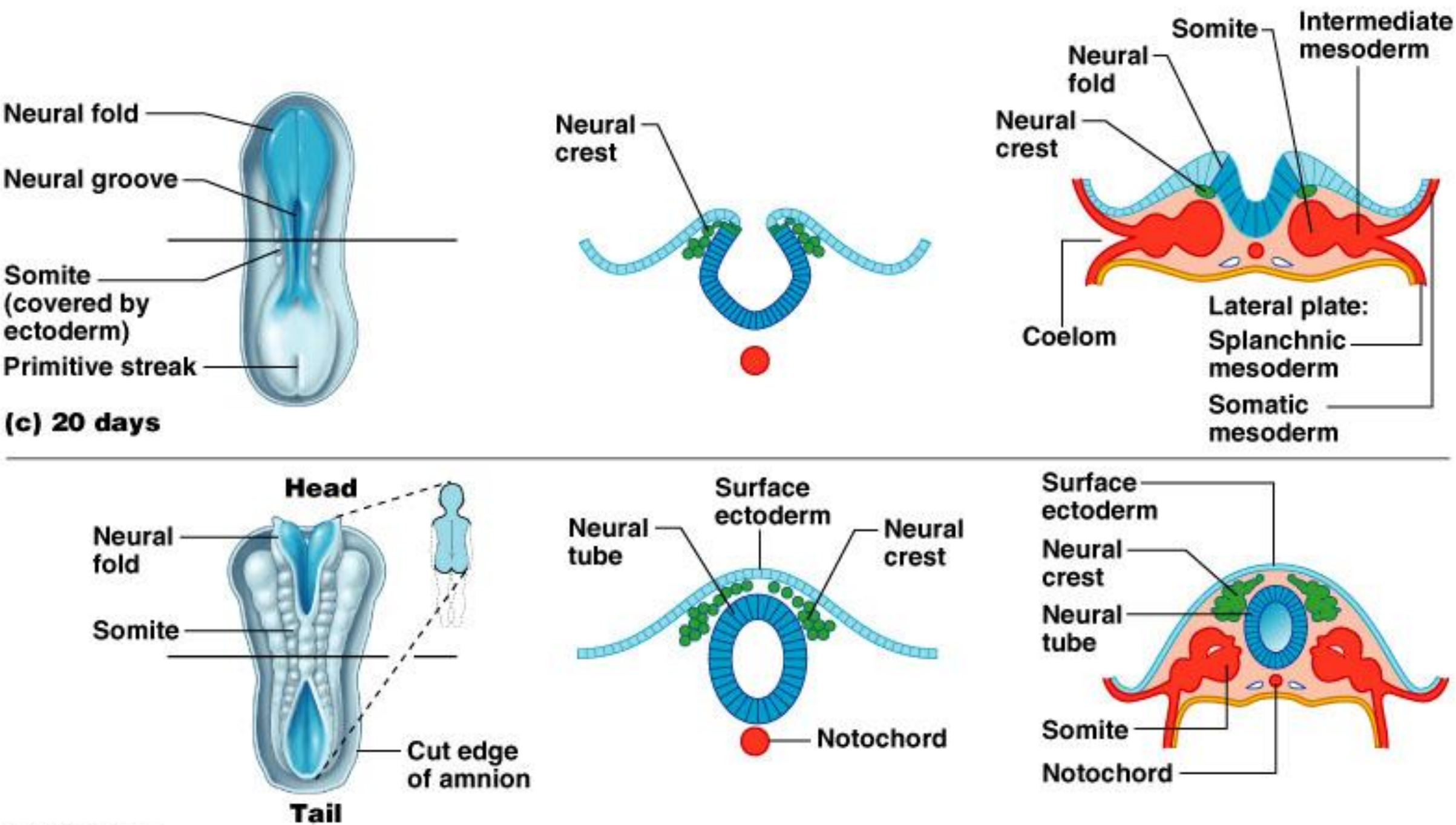
1b; 2f; 3d; 4c; 5a; 6e

1. Notochord
1. Neurální ploténka
1. Neurální lišta
1. Neuroporus
1. Neuroepitel
1. Sonic hedgehog

a) Uspořádání buněk v nervové trubici
a) Struktura ve středu těla důležitá pro signalizaci
a) Otvory na koncích nervové trubice
a) Buněčná populace oddělující se při neurulaci
a) Signalizační molekula podílející se na téměř všem
a) Část ektodermu, ze které se vyvíjí nervový systém

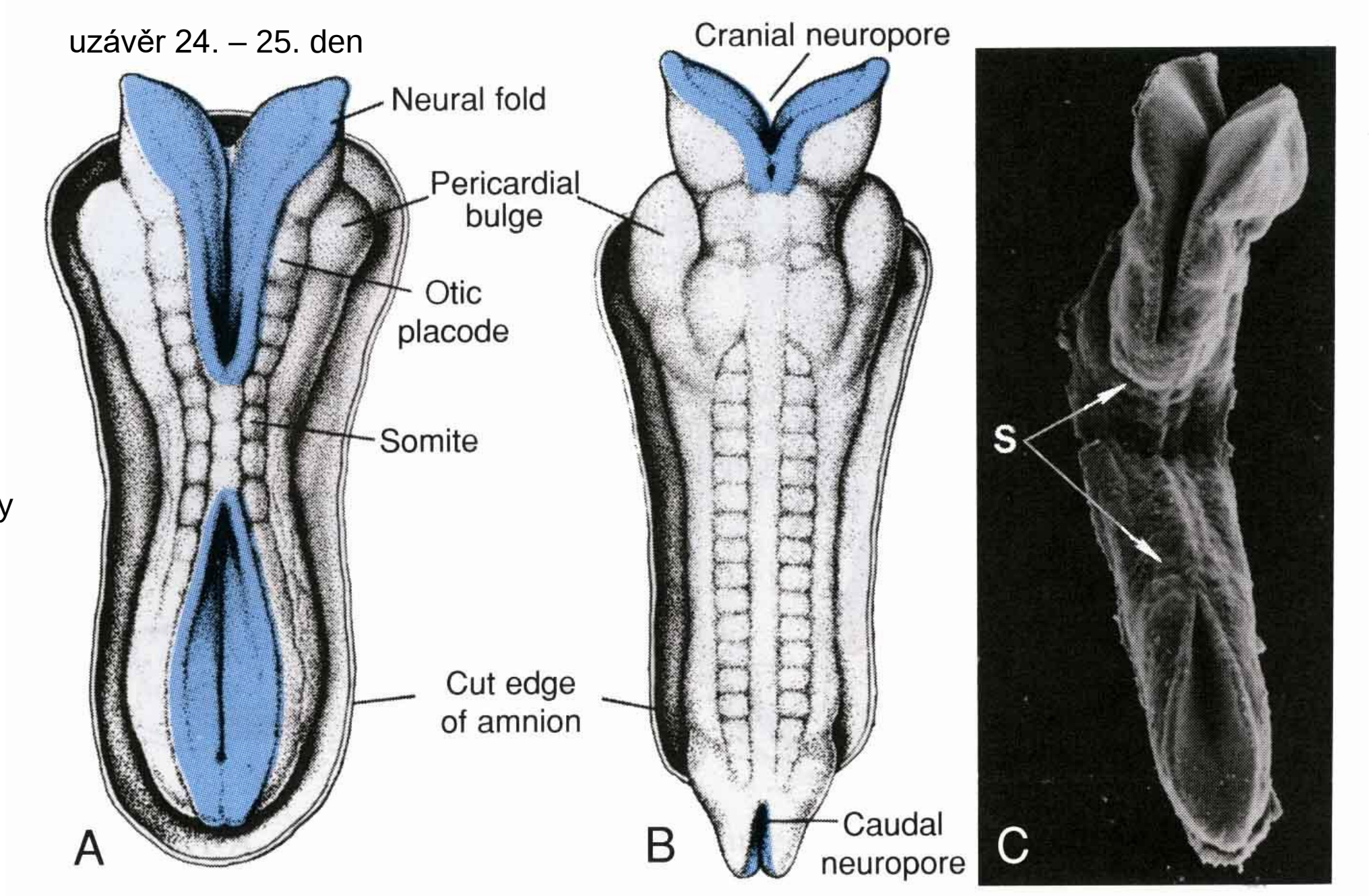



Ectoderm
Intraembryonic mesoderm
Extraembryonic mesoderm
Endoderm
Notochord


Neural fold
Neural groove
Somite (covered by ectoderm)
Primitive streak
(c) 20 days
Neural crest
Somite
Intermediate mesoderm
Neural fold
Neural crest
Coelom
Lateral plate:
Splanchnic mesoderm
Somatic mesoderm
Head
Neural fold
Somite
Cut edge of amnion
Tail
(d) 22 days
Surface ectoderm
Neural tube
Neural crest
Notochord
Surface ectoderm
Neural crest
Neural tube
Somite
Notochord

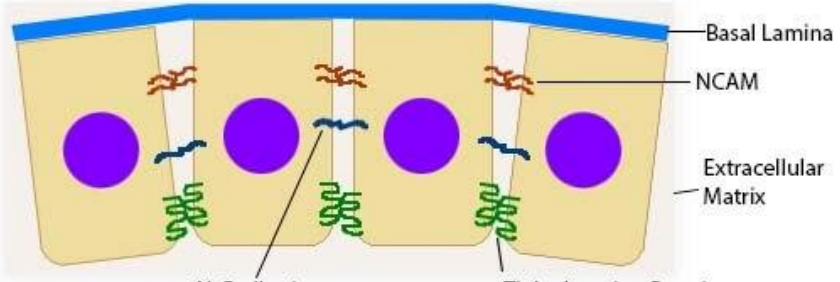
uzávěr 24. – 25. den

22nd day



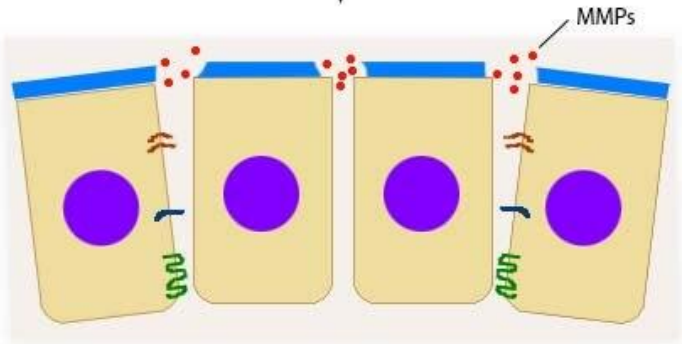
uzávěr 26. – 28. den

DORSAL

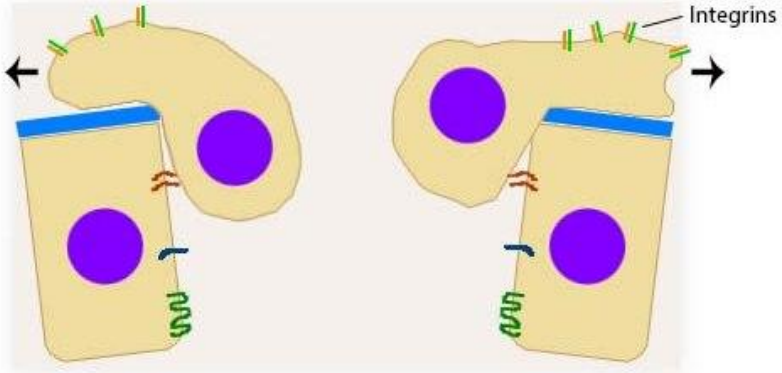


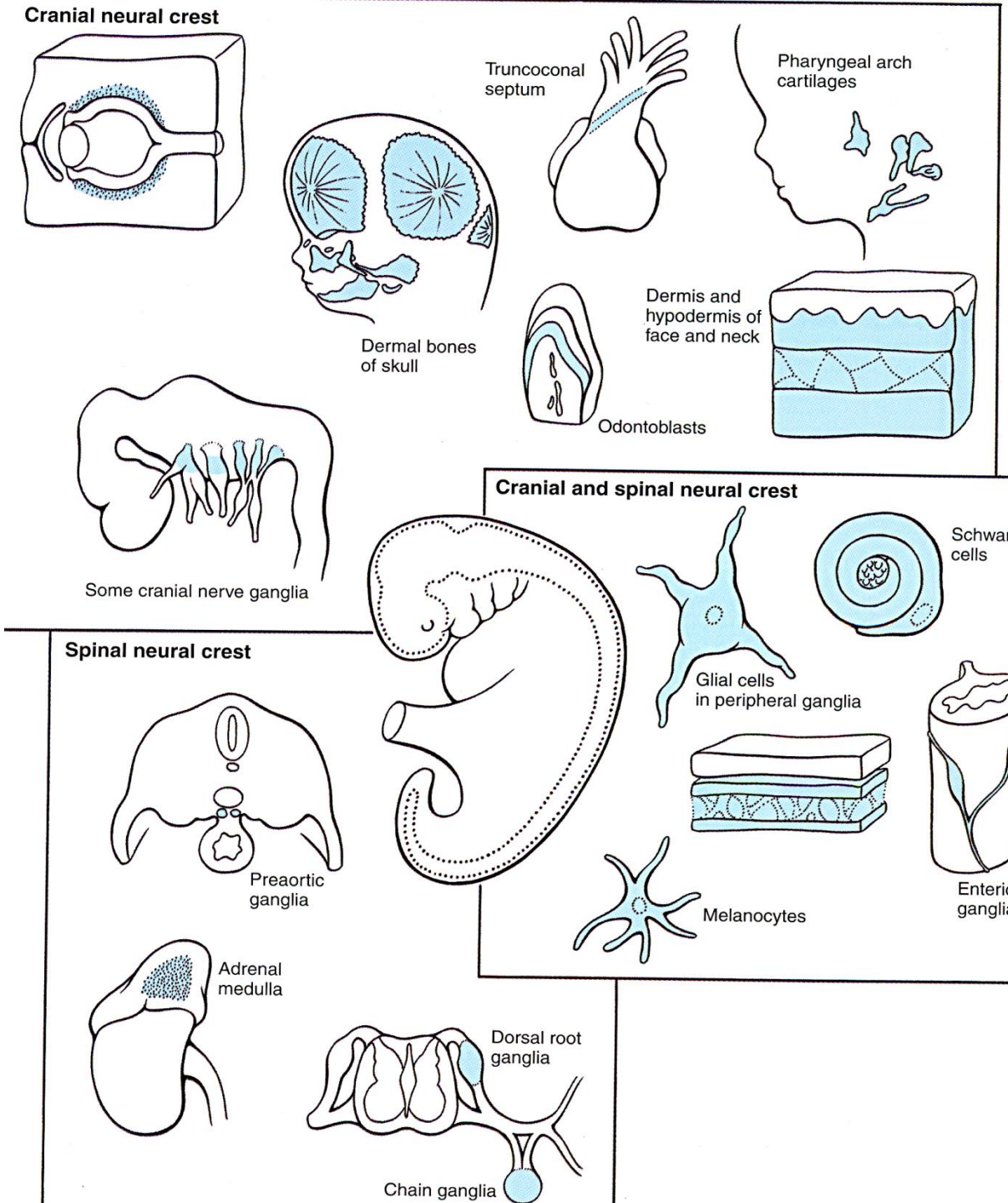
VENTRAL

Downregulation of CAMs and tight junction proteins and secretion of MMPs to degrade basal lamina



Completion of epithelial-mesenchymal transition leads to delamination and migration

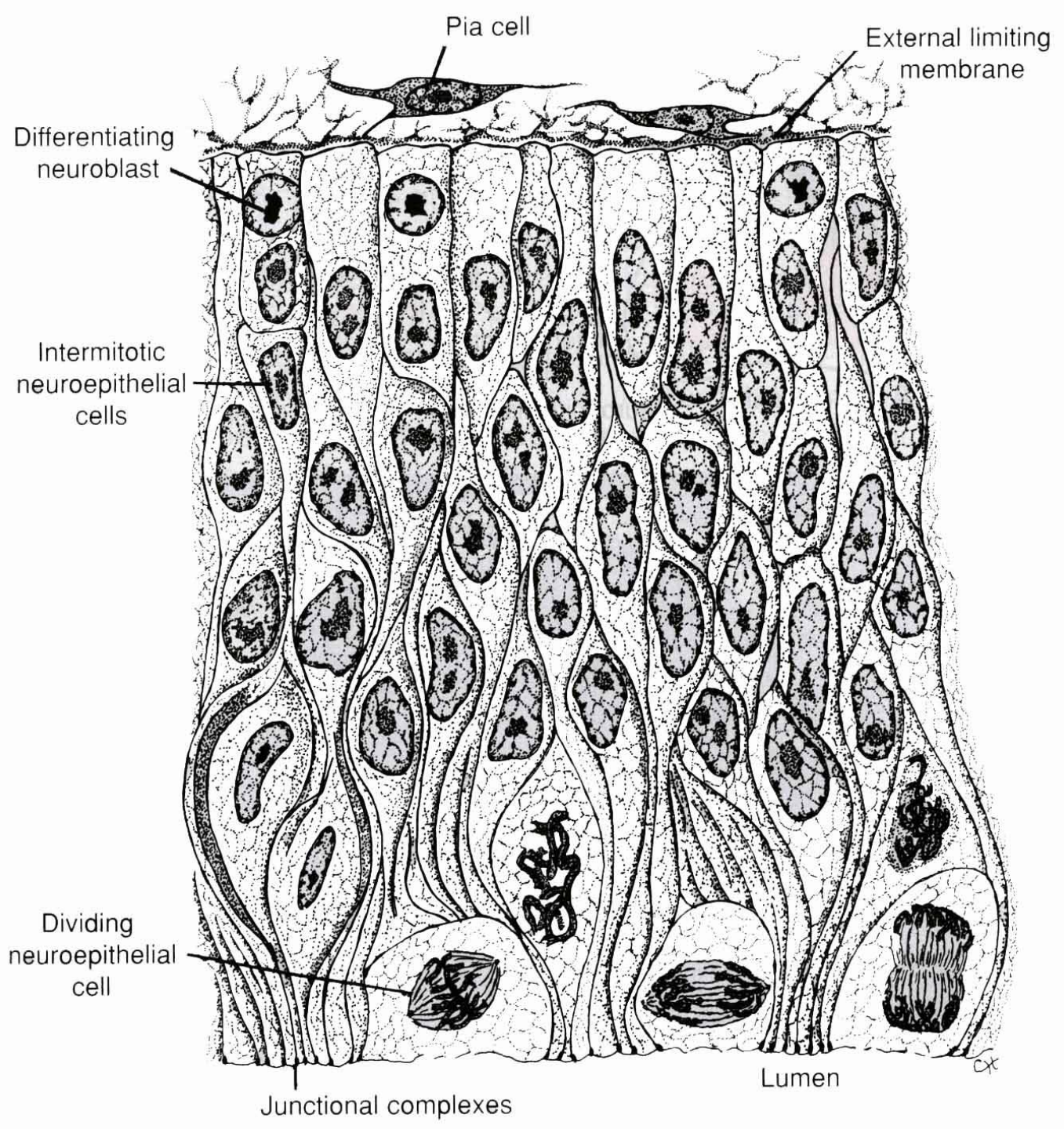


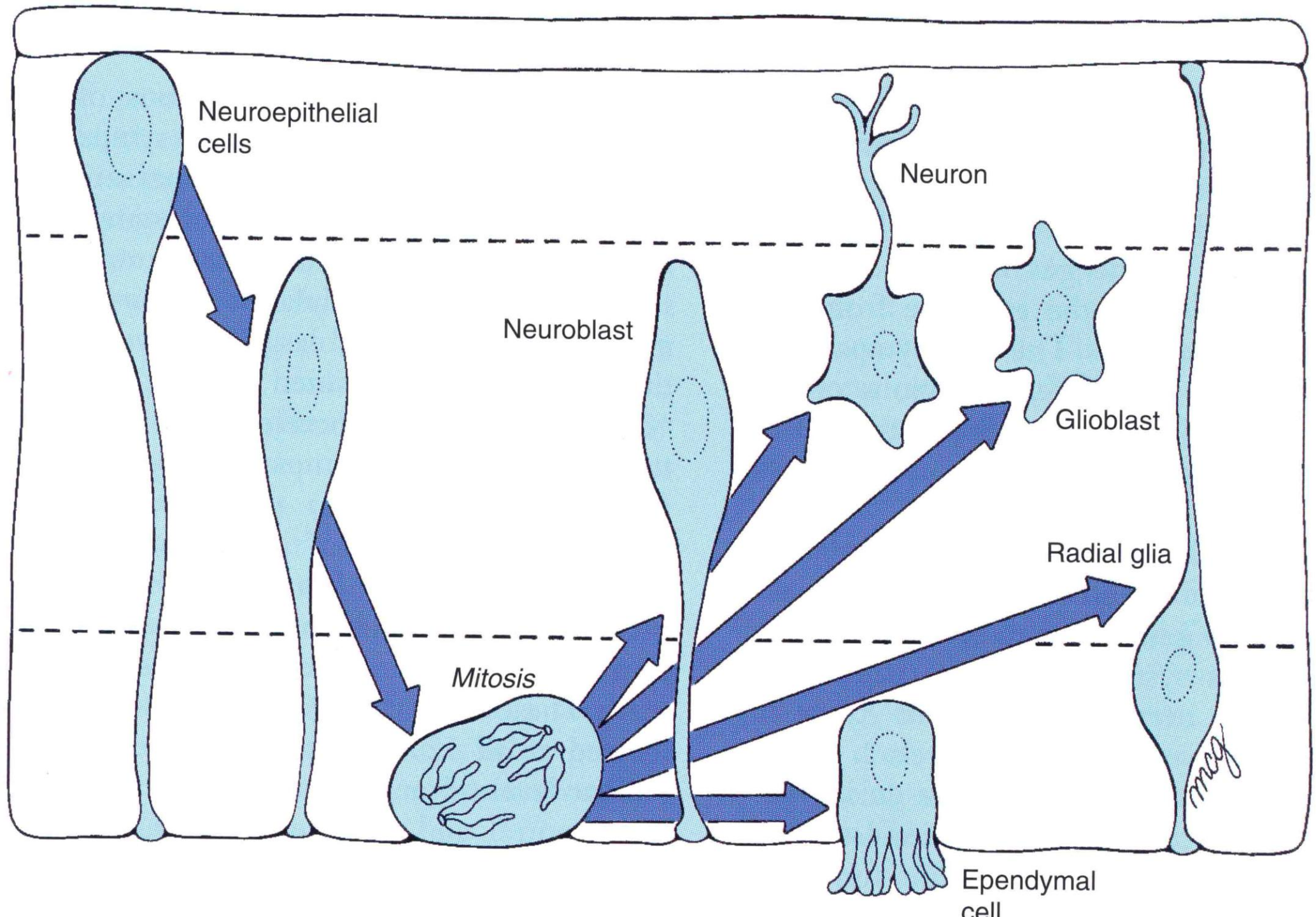


Vznik nervové trubice - **neurulace**

- Po gastrulaci se část ektodermu blízká střední čáře diferencuje v **nervovou ploténku**
- Laterální okraje nervové ploténky se zvyšují za vzniku **nervových valů**, naopak ve středu se prohlubuje **nervová brázda**
- Tento proces pokračuje až do spojení nervových valů dorzálně – vzniká stropní ploténkou uzavřená **neurální trubice**
- Nejdříve se uzavírá v okcipitocervikální oblasti (rhombencefalon a cervikální mícha), poté se uzávěr šíří kaudálně a kraniálně, jako poslední se uzavírá **kaudální neuroporus** (26. – 28. den)
- Část buněk nervových valů prochází epitelo-mezenchymovou transformací za vzniku **neurální lišty**, tato důležitá populace pak přispívá např. k PNS, pojivu hlavy a krku, srdeční septaci, mění se v odontoblasty, melanocyty kůže, dřeň nadledvin…

Histogeneze nervového systému - neuroepitel

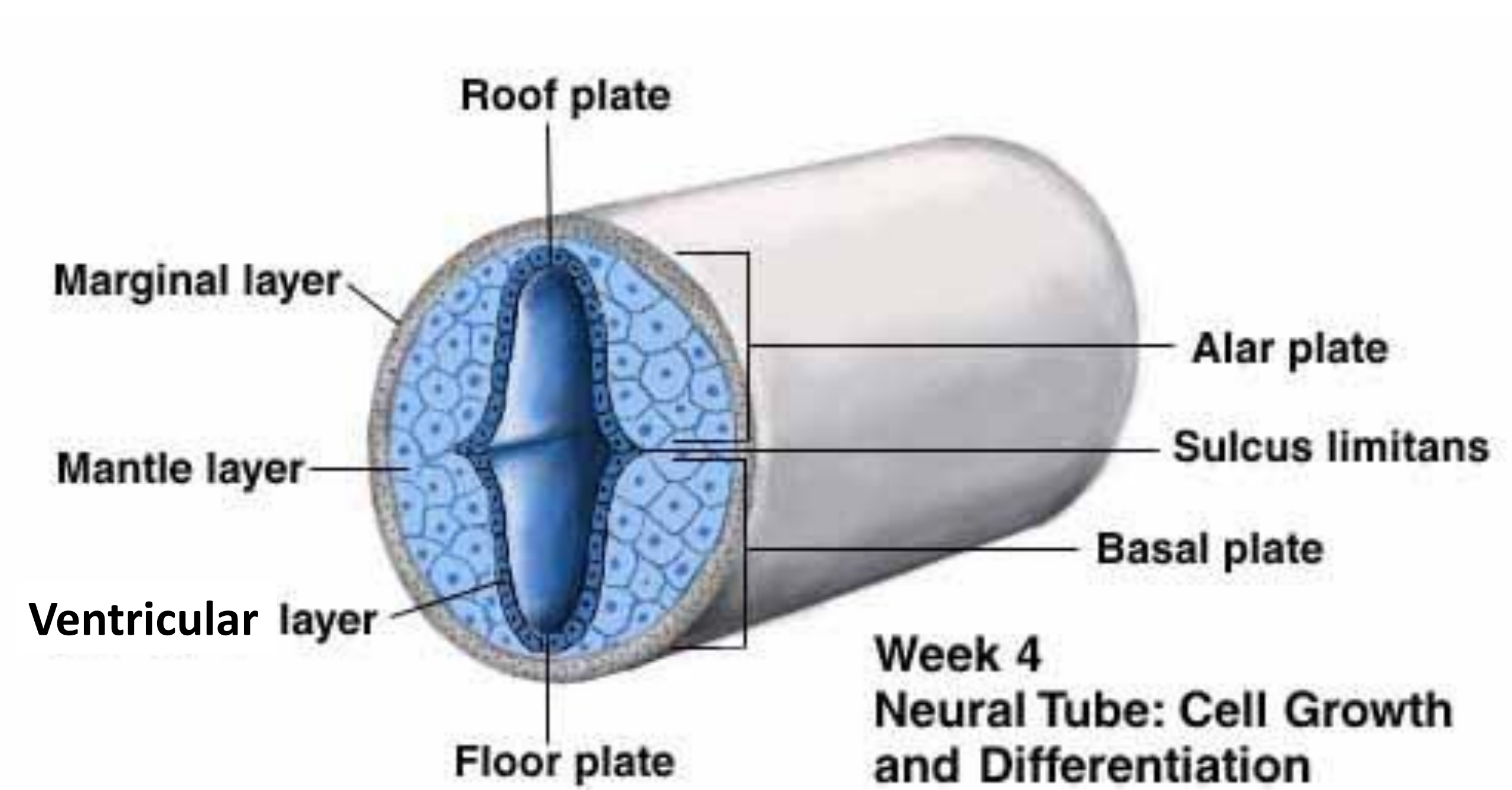




Marginal layer marginální vrstva (okrajová)

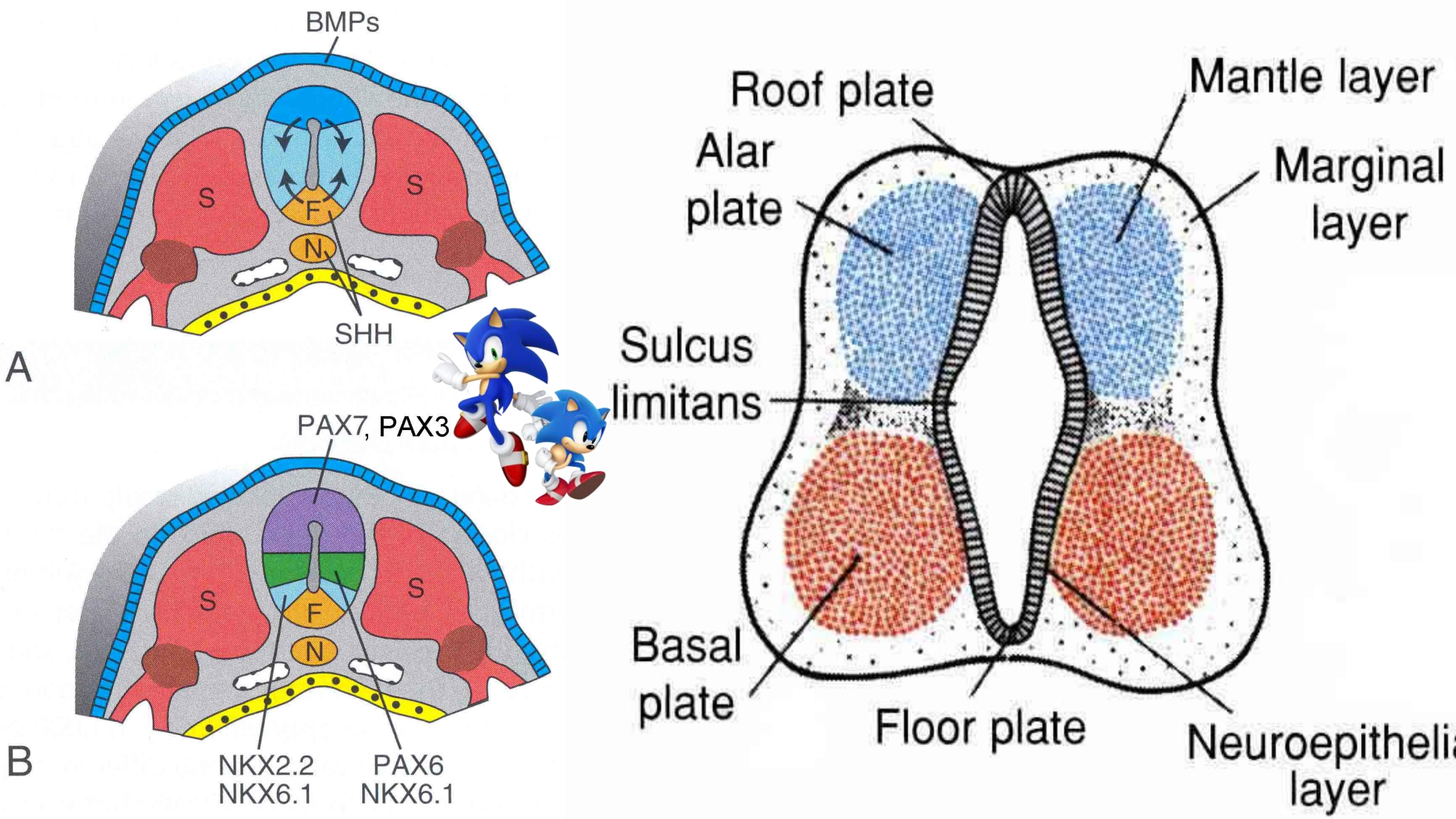
Mantle layer plášťová vrstva (intermediární)

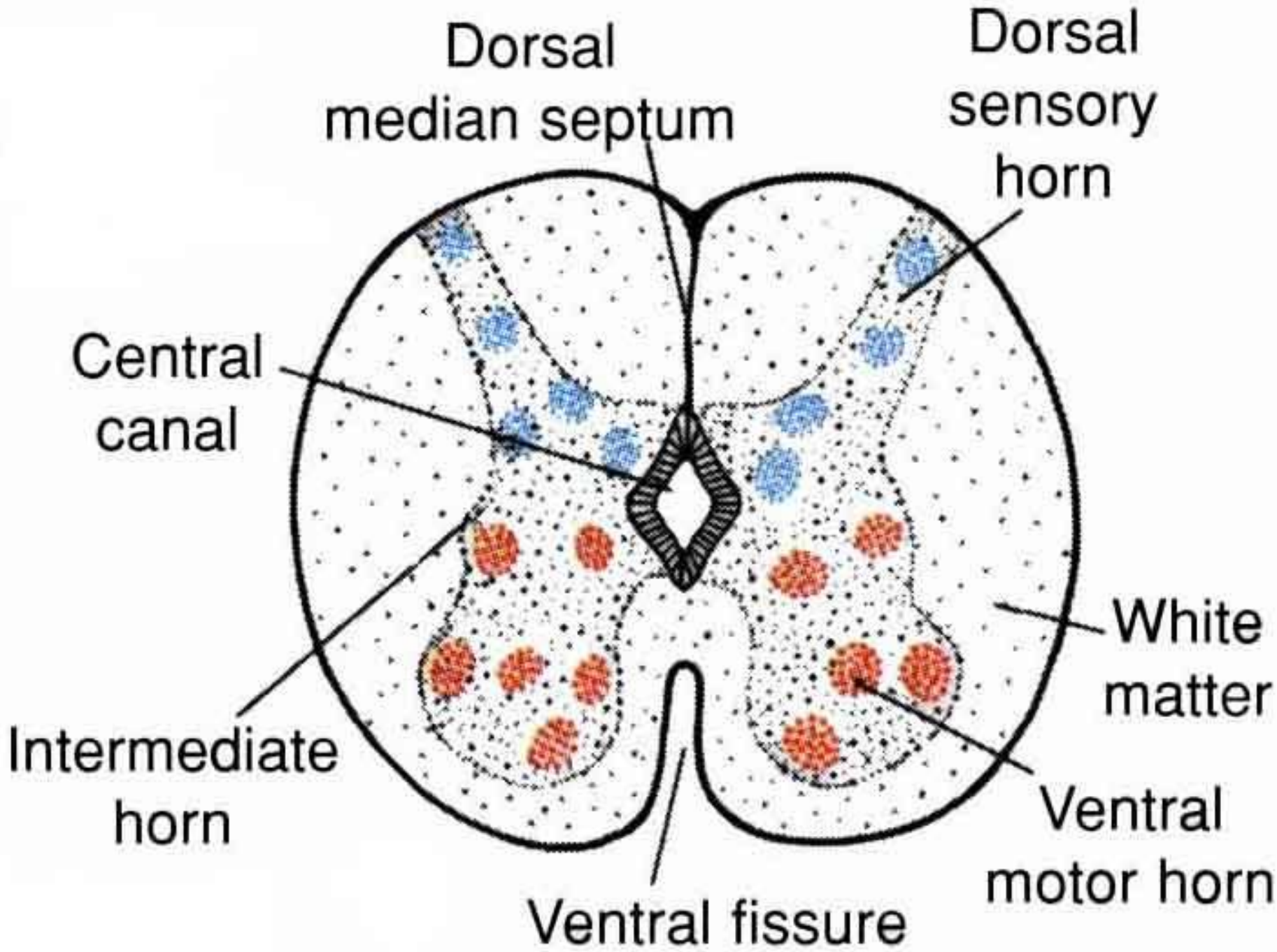
Ventricular layer ventrikulární vrstva neuroepitelová vrstva


Roof plate
Marginal layer
Alar plate
Mantle layer
Sulcus limitans
Basal plate
Ventricular layer
Floor plate
Week 4
Neural Tube: Cell Growth
and Differentiation

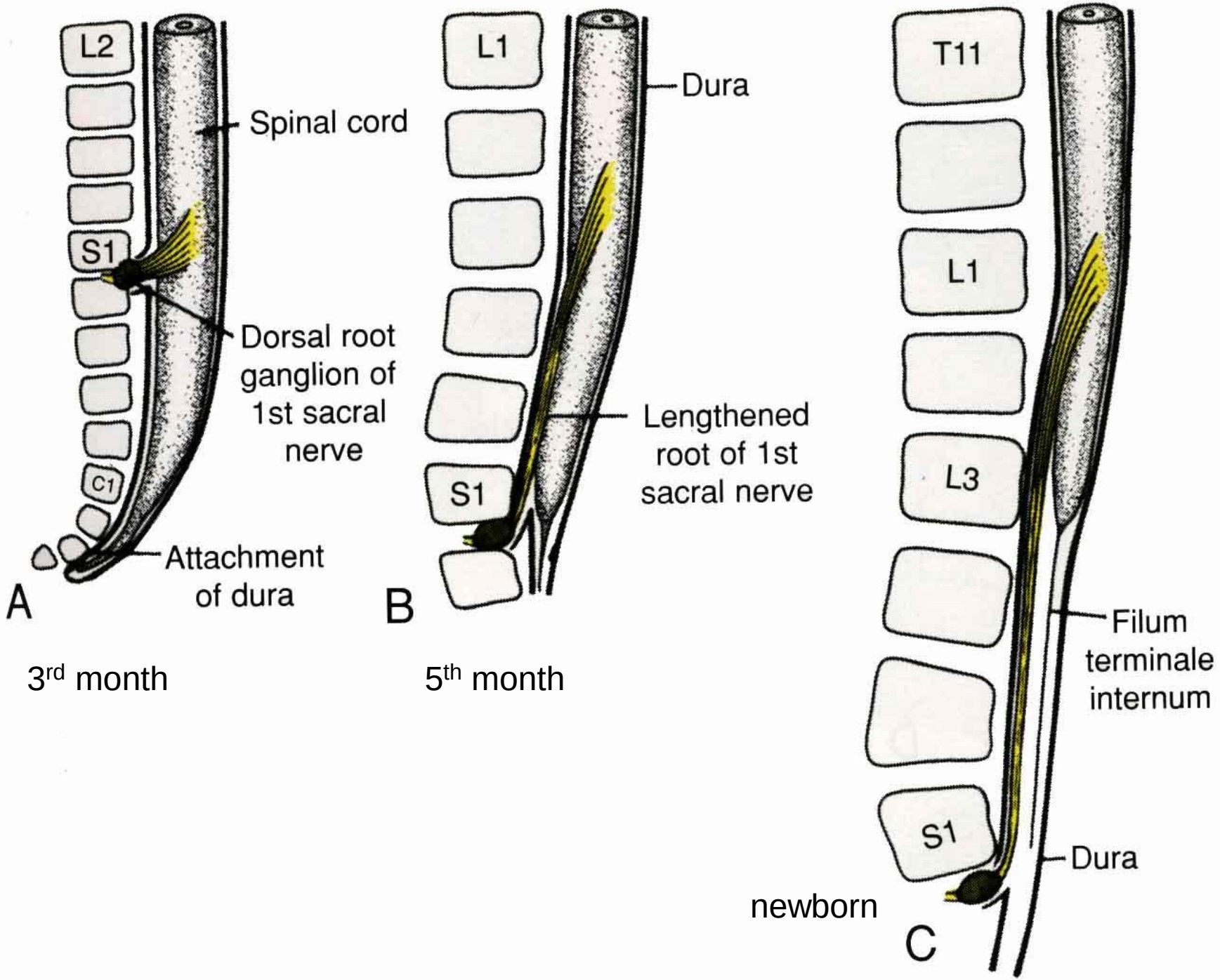
Cytodiferenciace v CNS

- Začíná po uzavření nervové trubice (první se uzavře rozhraní krční a okcipitální oblasti)
- Stěna této trubice je počátečně tvořena vrstvou neuroepitelu
- Mitóza probíhá ve **ventrikulární zóně** (vnitřní zóna blízká centrálnímu kanálu)
- První nově vzniklou populací jsou **neuroblasty** (mladé neurony) migrující do **plášťové zóny**, která je předchůdcem šedé hmoty
- Neuroblasty dále vytvářejí svými výběžky **marginální zónu**, která se posléze vyvíjí v bílou hmotu
- Migraci neuronů napomáhá **radiální glie**
- Další (tedy později tvořenou) populací jsou **glioblasty**, které dávají vznik oligodendrocytům a astrocytům
- **Mikroglie** jsou buňky příbuzné makrofágům, nevznikají tedy z neuroepiteliových buněk


BMPs
S
S
F
N
SHH
A
PAX7, PAX3
S
S
F
N
NKX2.2
NKX6.1
PAX6
NKX6.1
B
Roof plate
Alar
plate
Mantle layer
Marginal
layer
Sulcus
limitans
Basal
plate
Floor plate
Neuroepitheli
layer

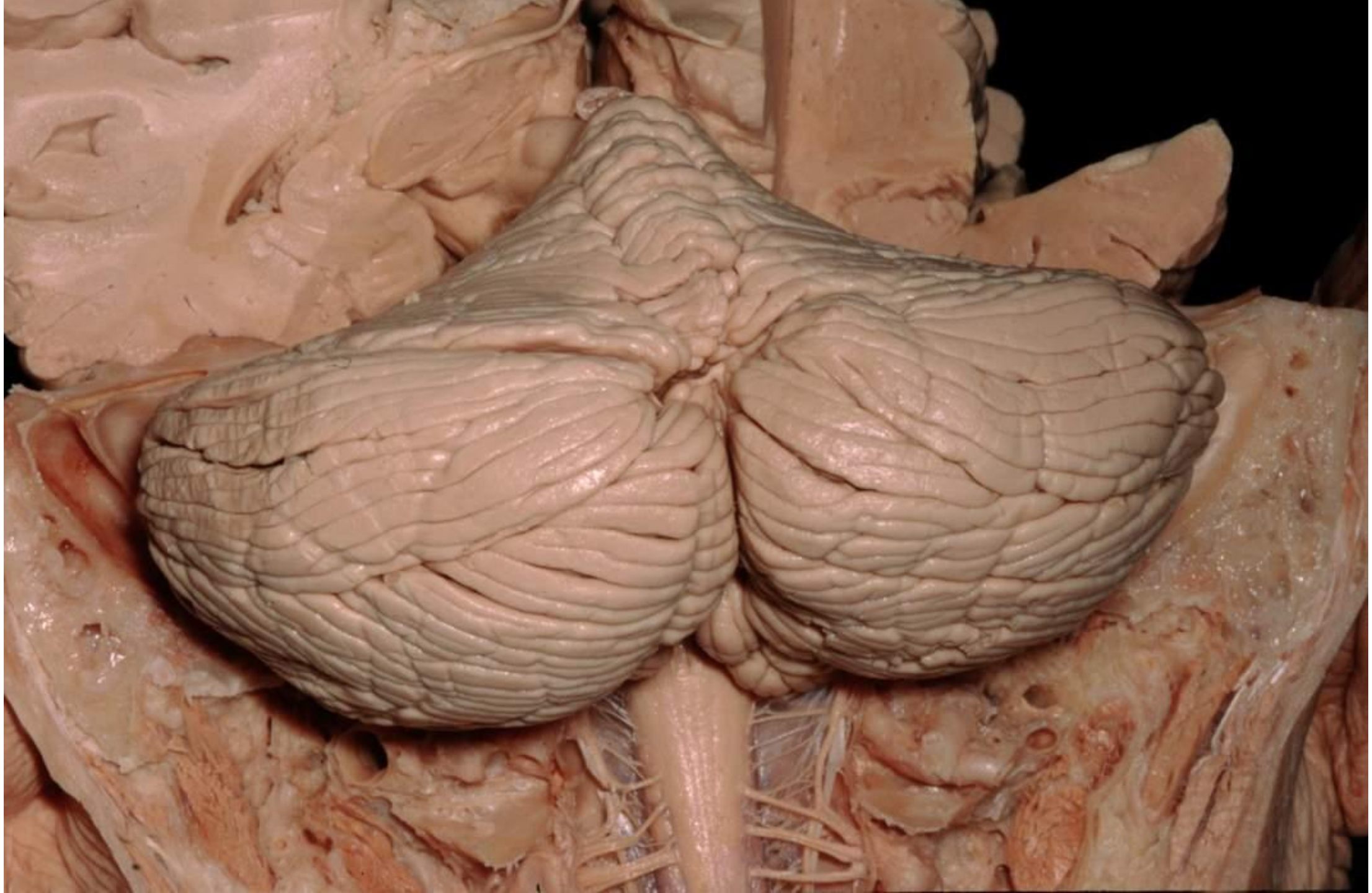

Dorsal
median septum
Dorsal
sensory
horn
Central
canal
White
matter
Intermediate
horn
Ventral
motor horn
Ventral fissure

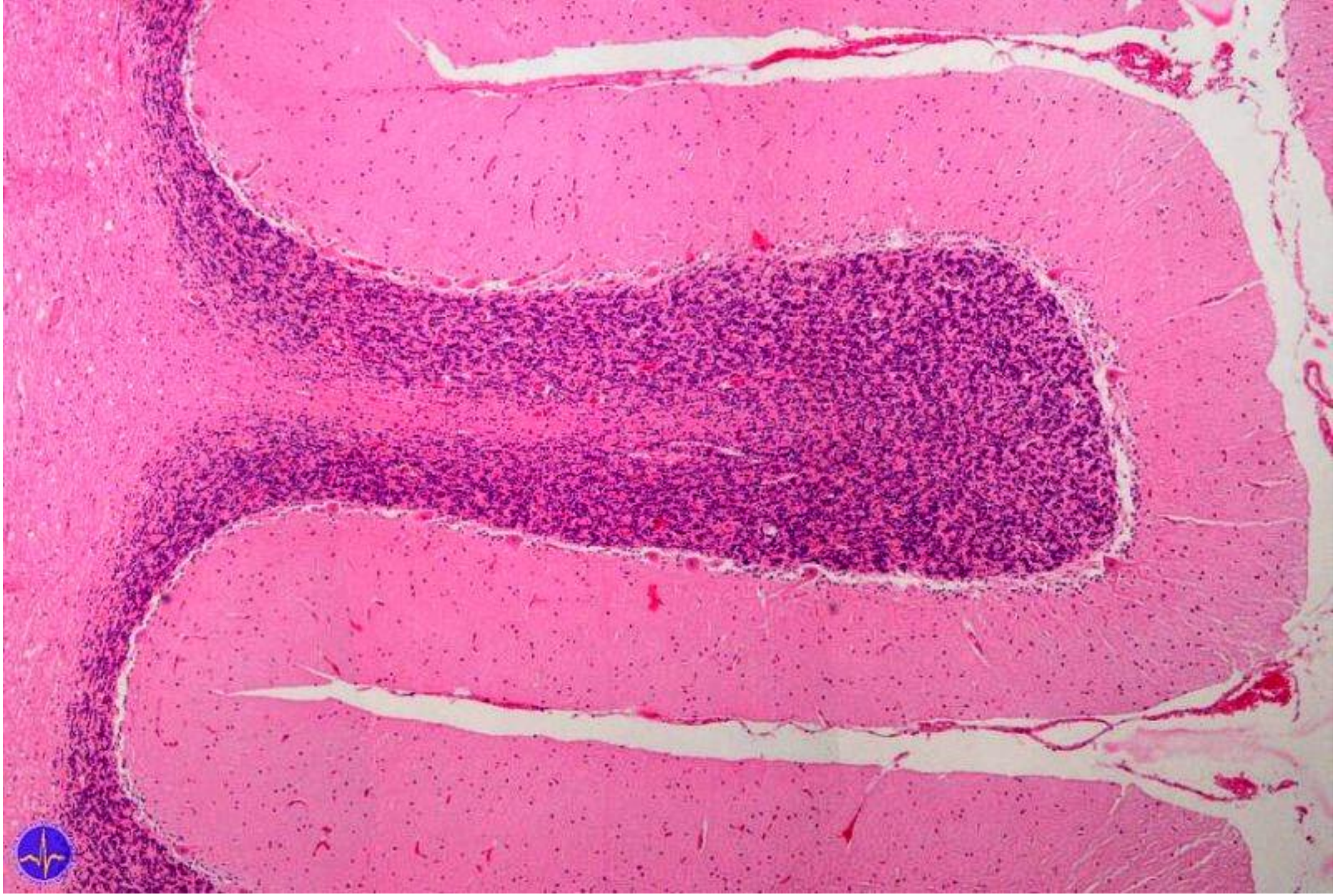
Vztah míchy a páteře

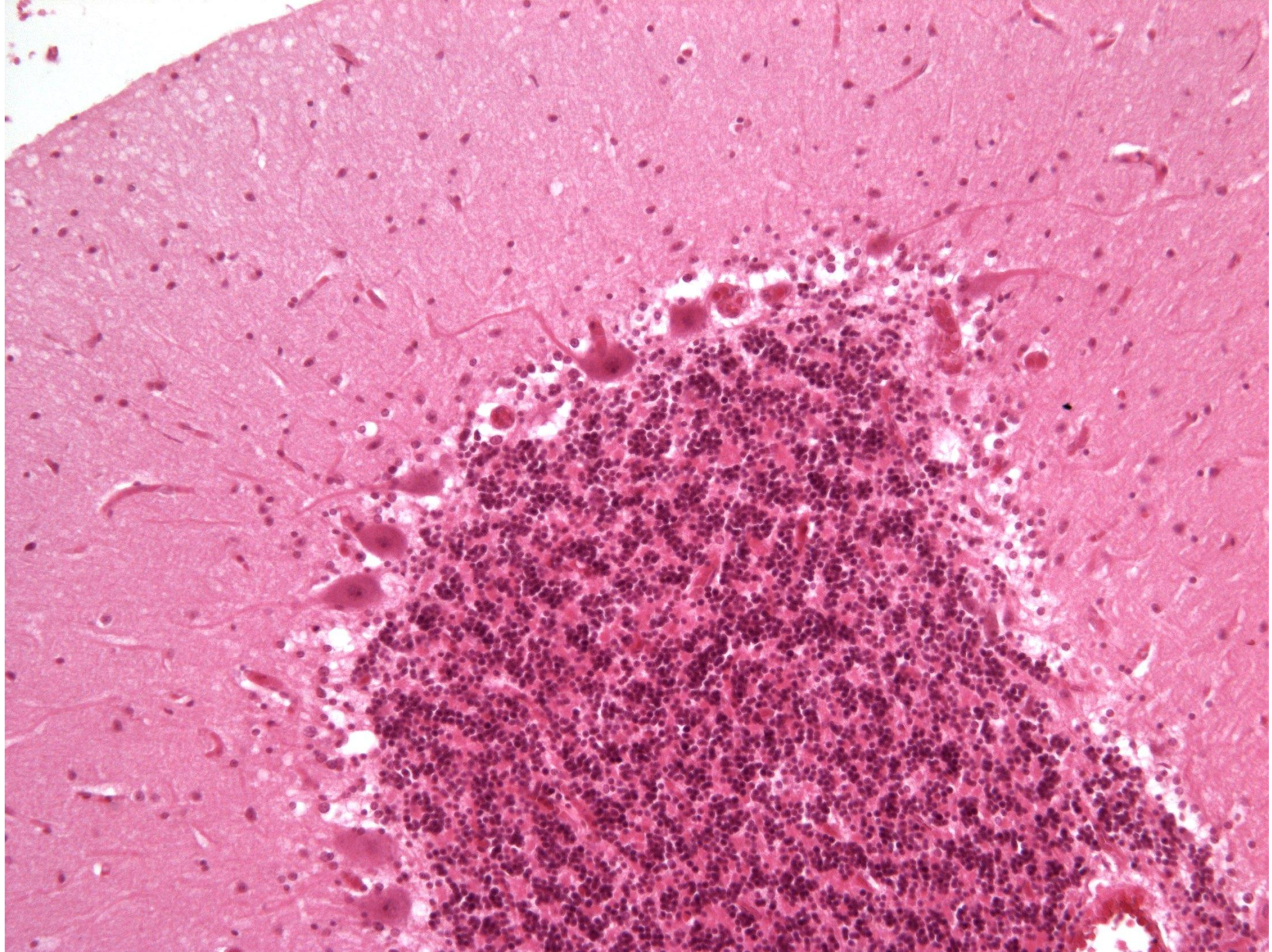


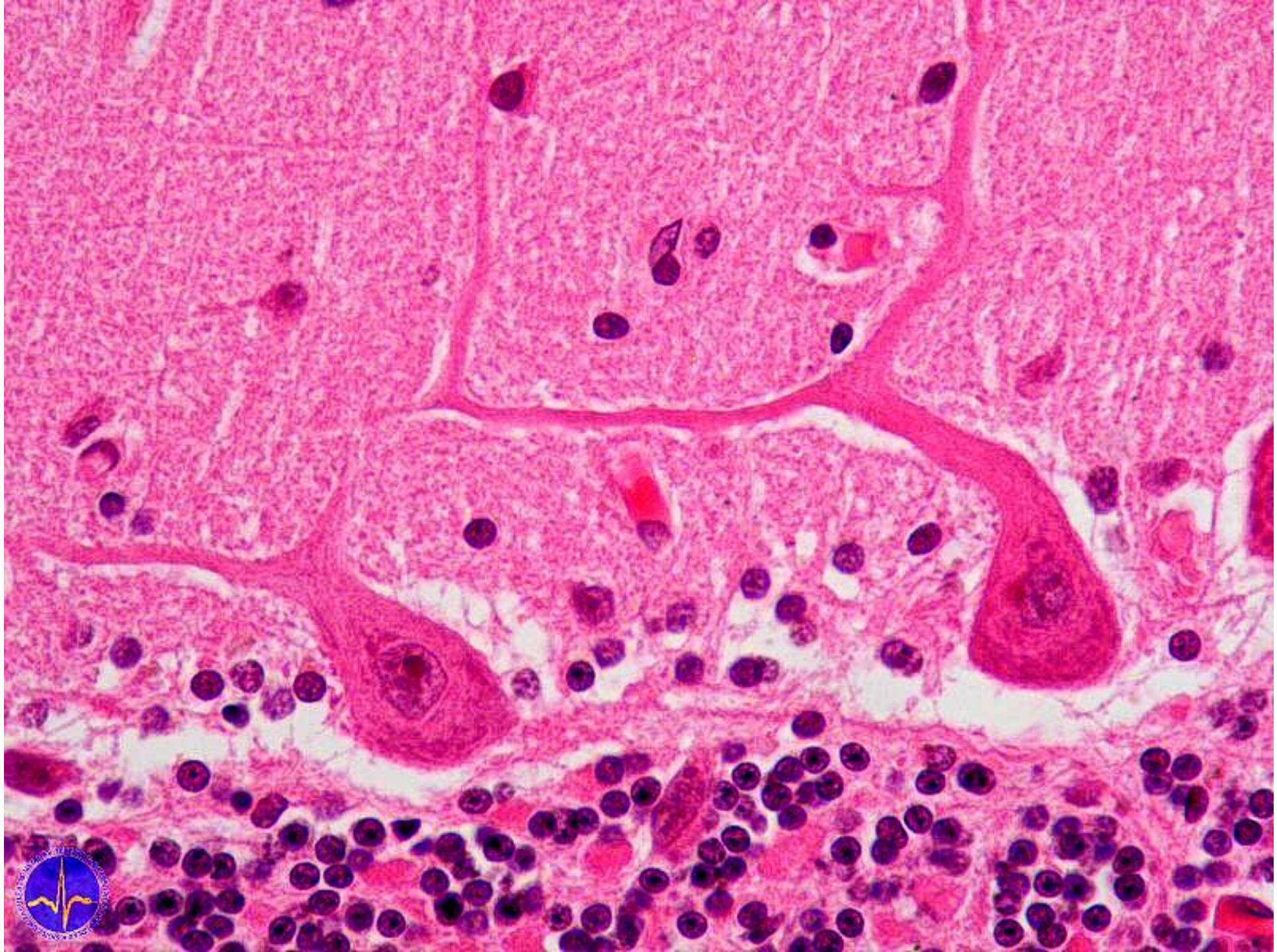
Vývoj míchy – přehled

- Na konci 4. týdne se neurony plášťové zóny rozčlení do párových **basálních** (ventrálních) a **alárních** (dorsálních) plotének, které jsou odděleny sulcus limitans
- Dorsálně je pak nervová trubice uzavřena **stropní ploténkou**, ventrálně **spodinovou ploténkou**
- **Motoneurony** se vyvíjejí z **basální** ploténky, její dorsálněji uložená část dává v oblasti thorakolumbální a sakrální vzniknout eferentním neuronům **sympatiku**, resp. **parasympatiku**
- **Alární** ploténka se mění v **interneurony**
- Zjednodušeně tedy vznikají **zadní** míšní rohy z **alární**, zatímco **přední** míšní rohy z **basální** ploténky
- **Bílá hmota** vzniká z **marginální** zóny a obsahuje výběžky neuronů



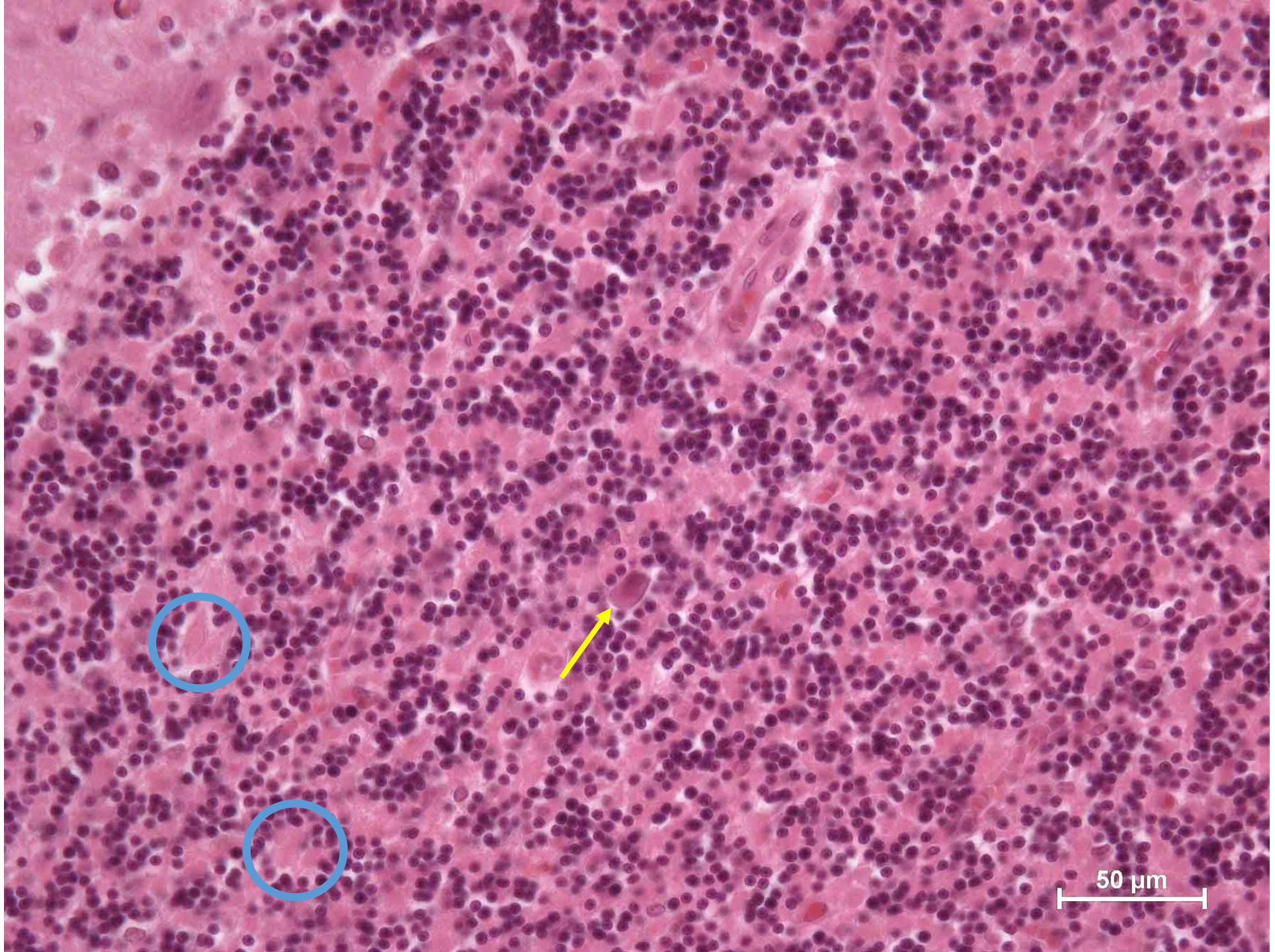




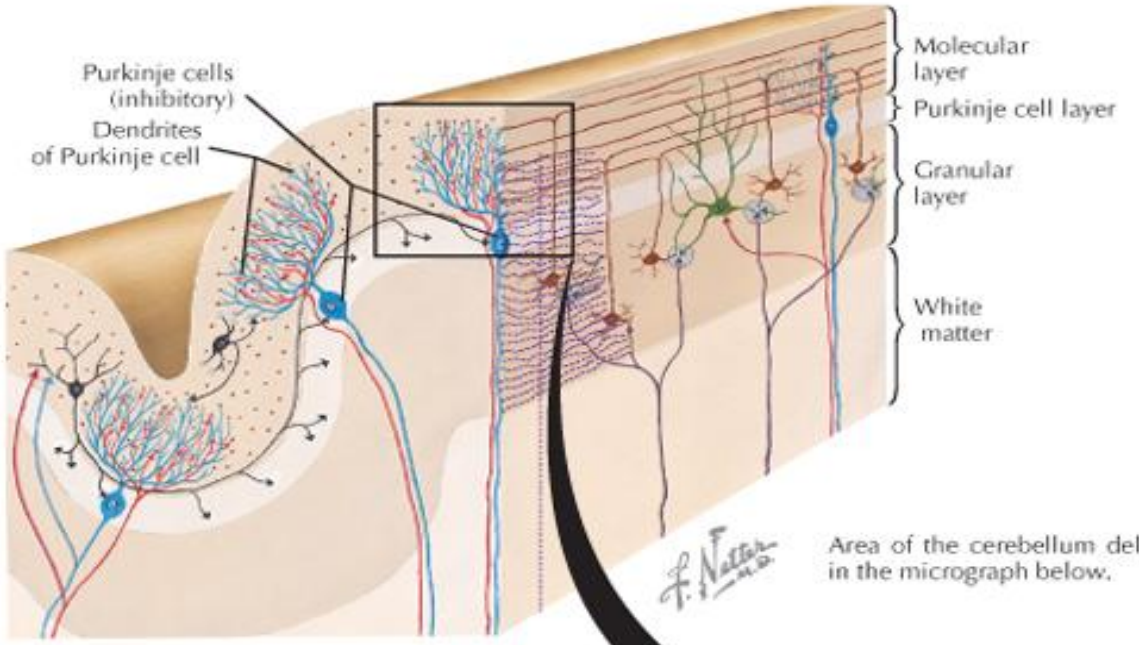


Golgiho neuron (žlutá)

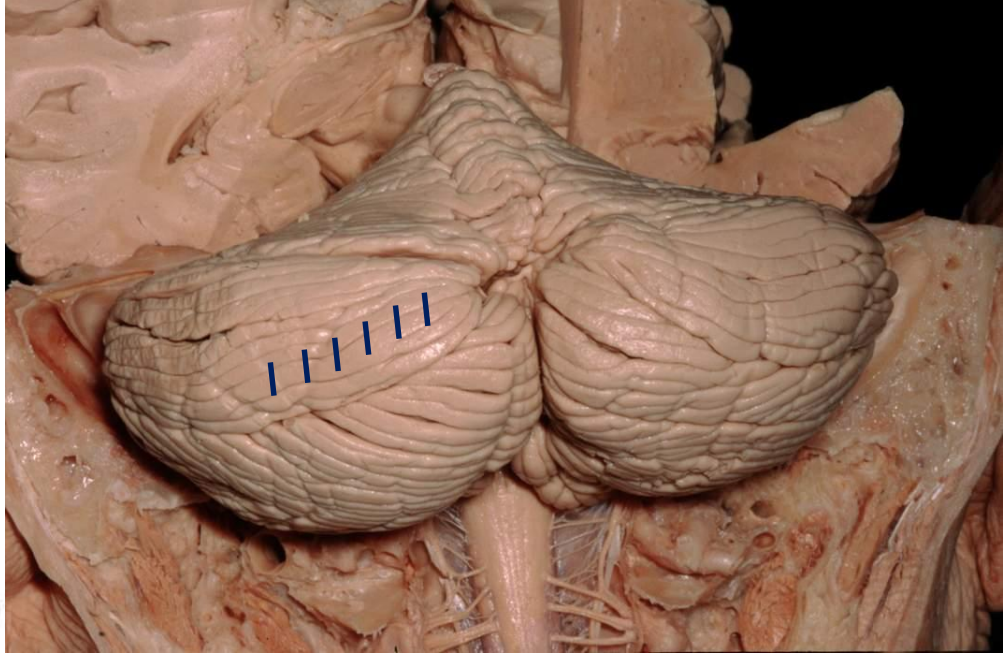
Mozečkové glomeruly (modrá)



▼ **Types of neurons in the cerebellar cortex.**



Area of the cerebellum delineated by the rectangle is seen in the micrograph below.



► **Immunocytochemical staining of Purkinje cells in the cerebellar cortex.** An antibody to parvalbumin selectively labels Purkinje cells, so that their cell bodies, basal axons, and elaborate apical fan-like dendritic tree are clear. 135×. *Immunoperoxidase-diaminobenzidine. (Courtesy of Dr. K. G. Baimbridge)*

SCI

CountryLife
Bio
PŠENICE
OZIMÁ

Přehled mozečku

Kůra

- Stratum **moleculare** – košíčkové, hvězdicovité bb.
- Stratum **gangliosum** – Purkyňovy bb.
- Stratum **granulare** – Golgiho bb., granulární neurony

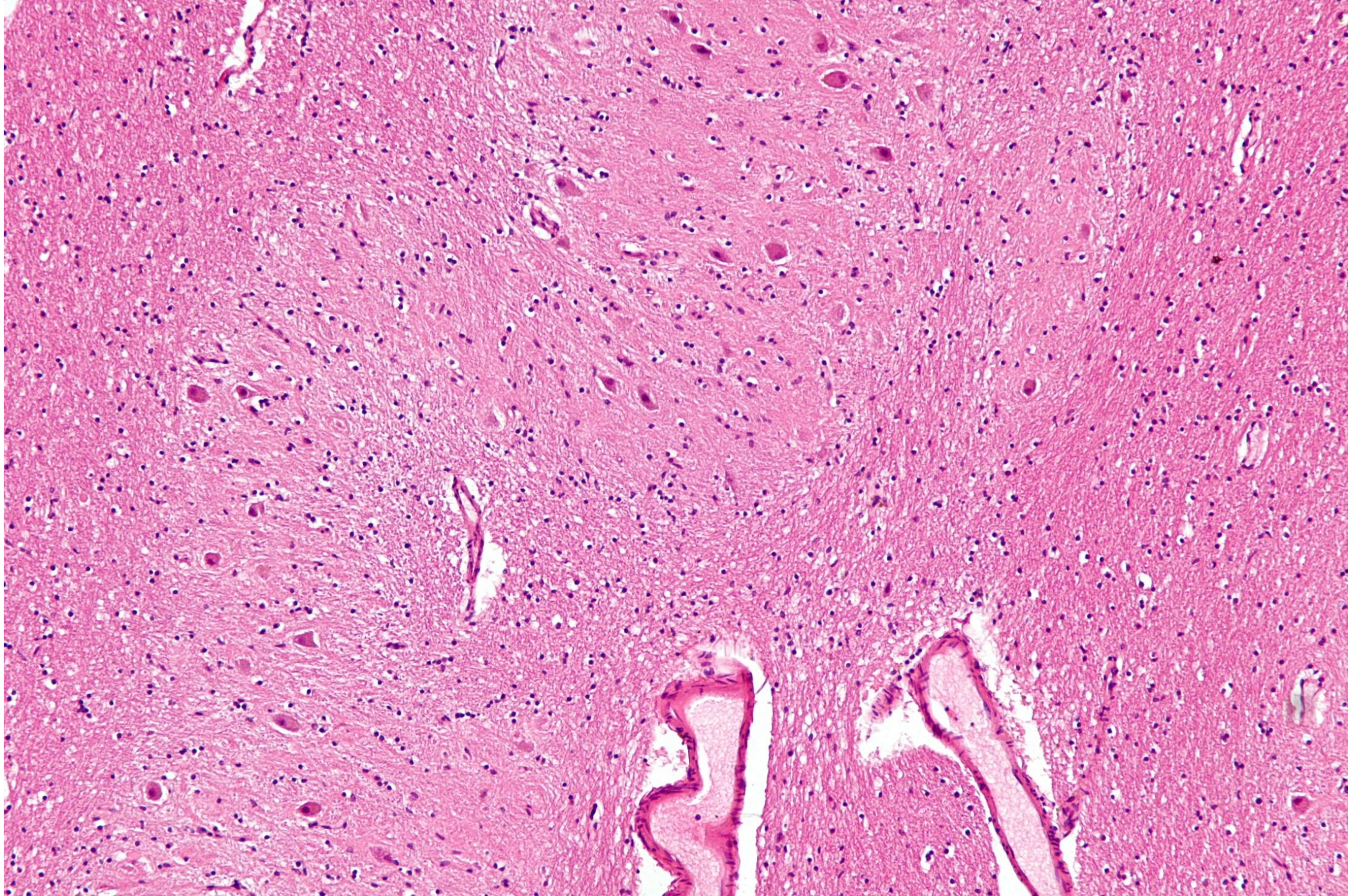
Bílá hmota

- **Vlákna mechová** (z nuclei pontis a dalších jáder) a **vlákna šplhavá** (z oliva inferior)
- **Axony Purkyňových buněk** končící v jádrech mozečku
- Axony neuronů jader

Jádra mozečku

- Nucleus fastigii, nc. emboliformis, nc. globosus, nc. dentatus

5 neurony, 4 jádra, 3 vrstvy, 2 vlákna, 1 výstup



Úkoly a otázky:

1. Seřaďte vzestupně následující struktury podle počtu Purkyňových buněk, se kterými vytváří synaptické kontakty: vlákna šplhavá, košíčkové buňky, vlákna mechová, paralelní vlákna

1. Jak se projeví poškození mozečku? Víte, jaká často užívaná návyková látka vyvolává mozečkový syndrom?

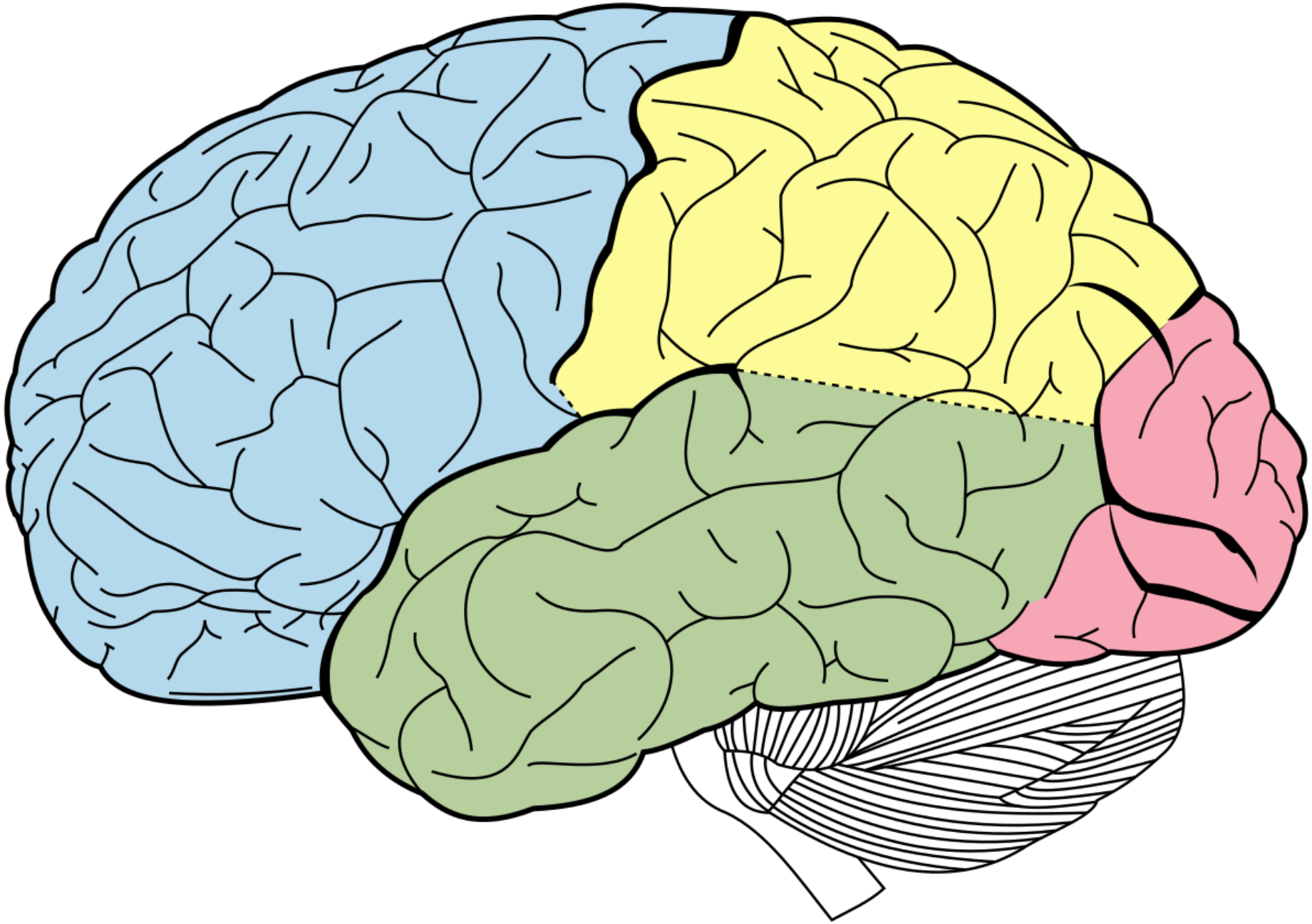
1. Co znamenají slova glomus a glomerulus? Zkuste vypsat struktury lidského těla s tímto jménem.

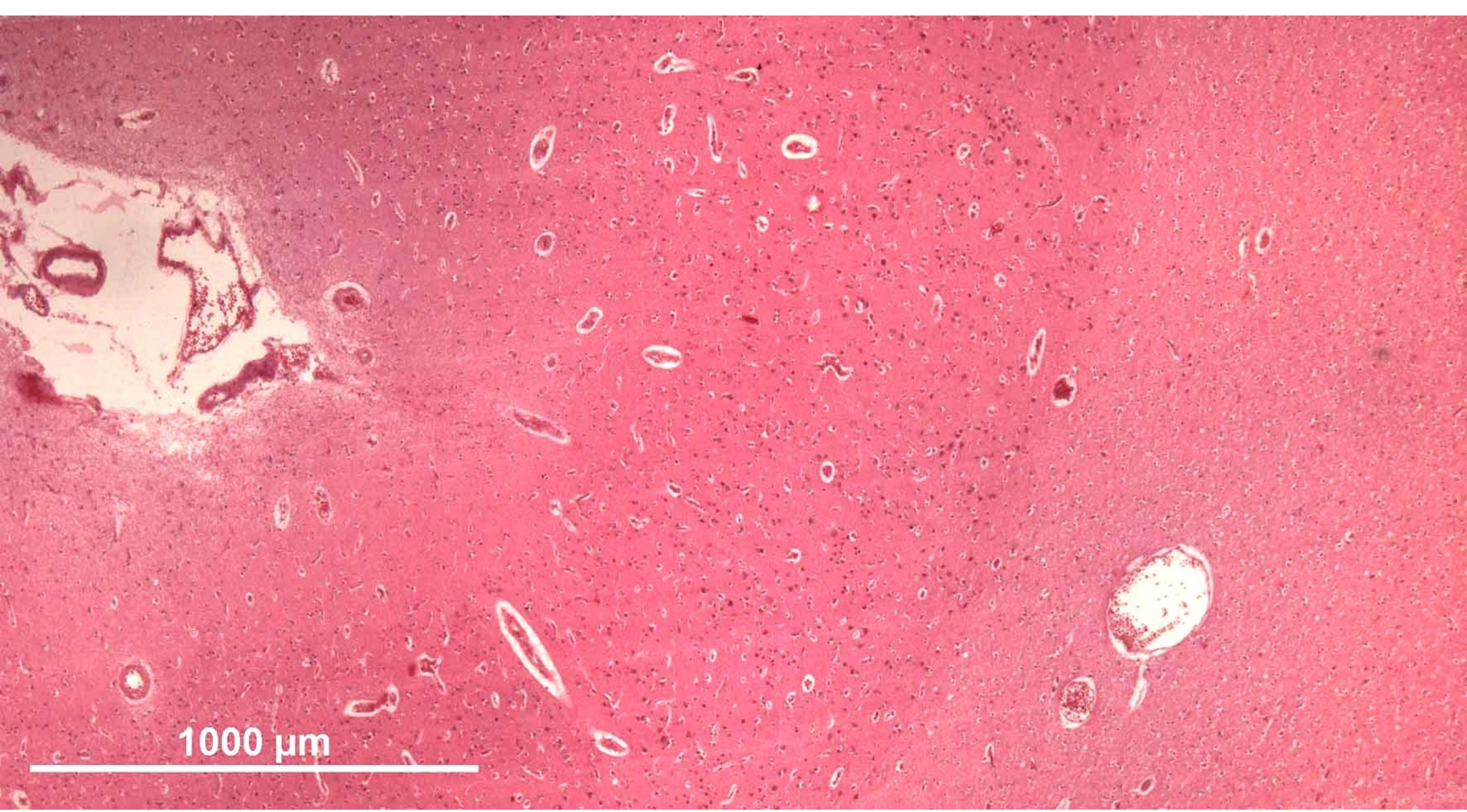
Úkoly a otázky:

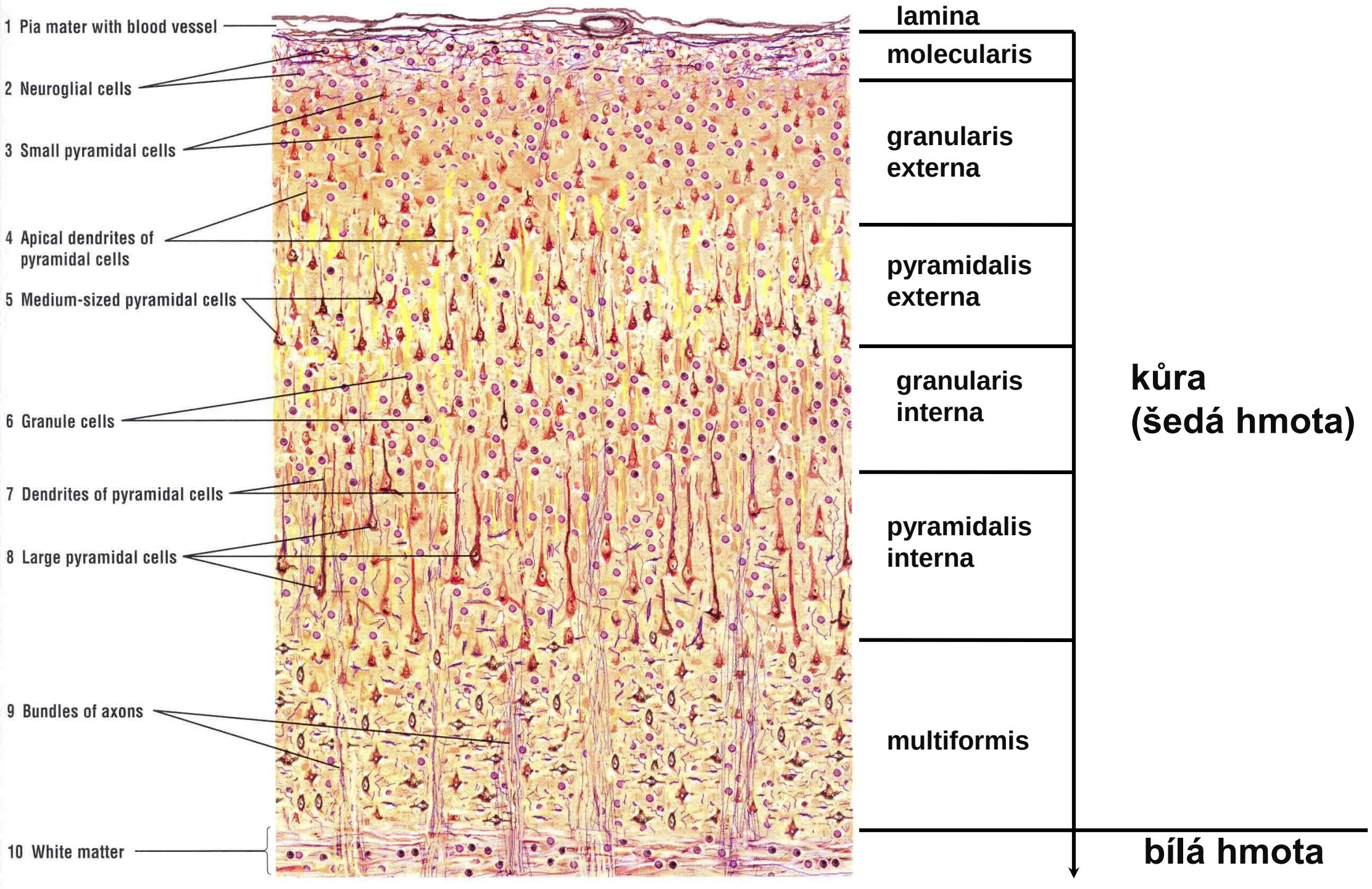
1. Vlákna mechová (0), vlákna šplhavá (1), košíčkové buňky (10-12), paralelní vlákna (až 500)

1. Poškození mozečku se projeví zhoršenou stabilitou, nerovnováhou, zhoršenou koordinací pohybů (mezi symptomy patří ataxie, adiadochokineze, rebound fenomén, tremor, dysartrie…). Alkohol má negativní efekt na mozeček jak při akutní intoxikaci, tak při dlouhodobém užívání.

1. Klubko a klubíčko, např. glomus caroticum (chemoreceptor v arteria carotis), glomerulus ledviny, mozečkový glomerulus, glomerulus ofactorius (kontakt axonů neuroepitelových čichových buněk a mitrálních buněk v bulbus olfactorius)

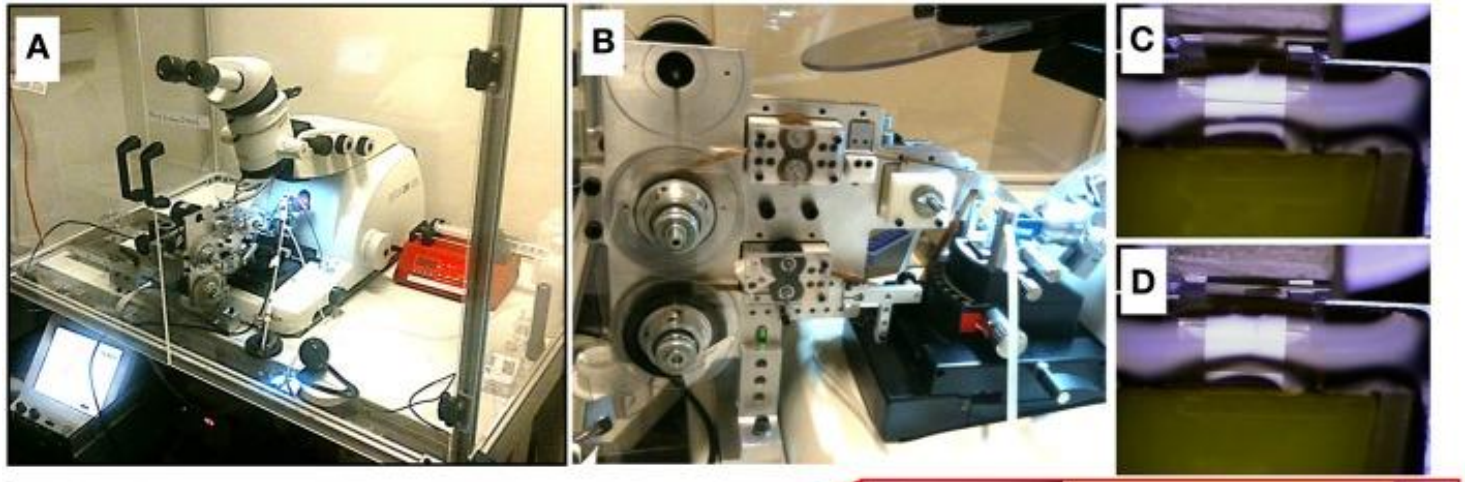


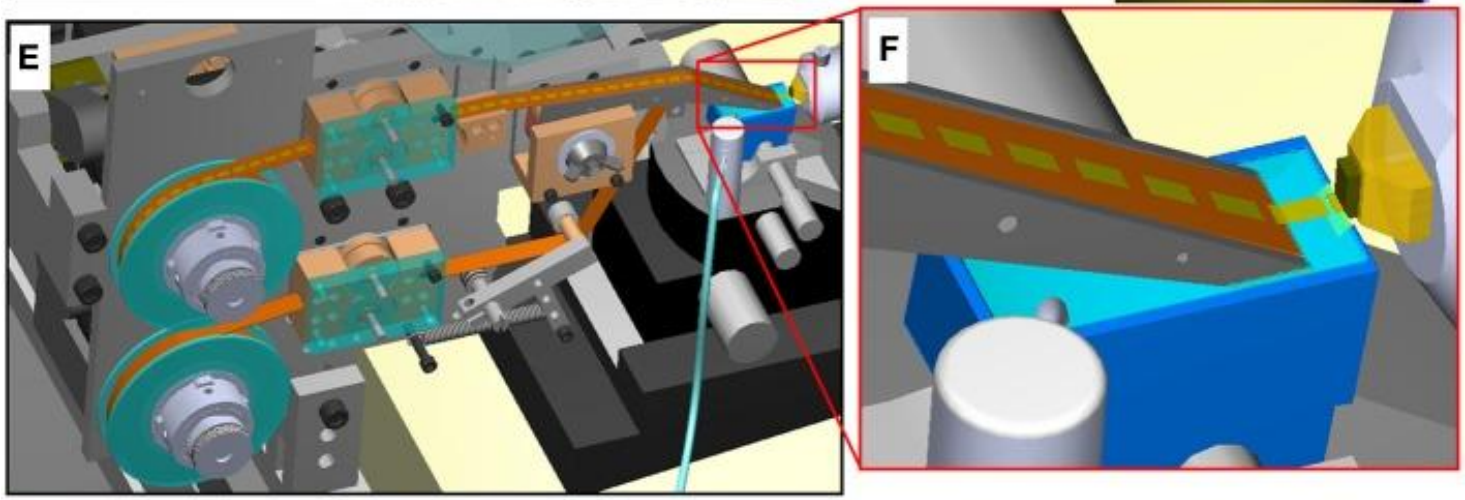

1000 µm

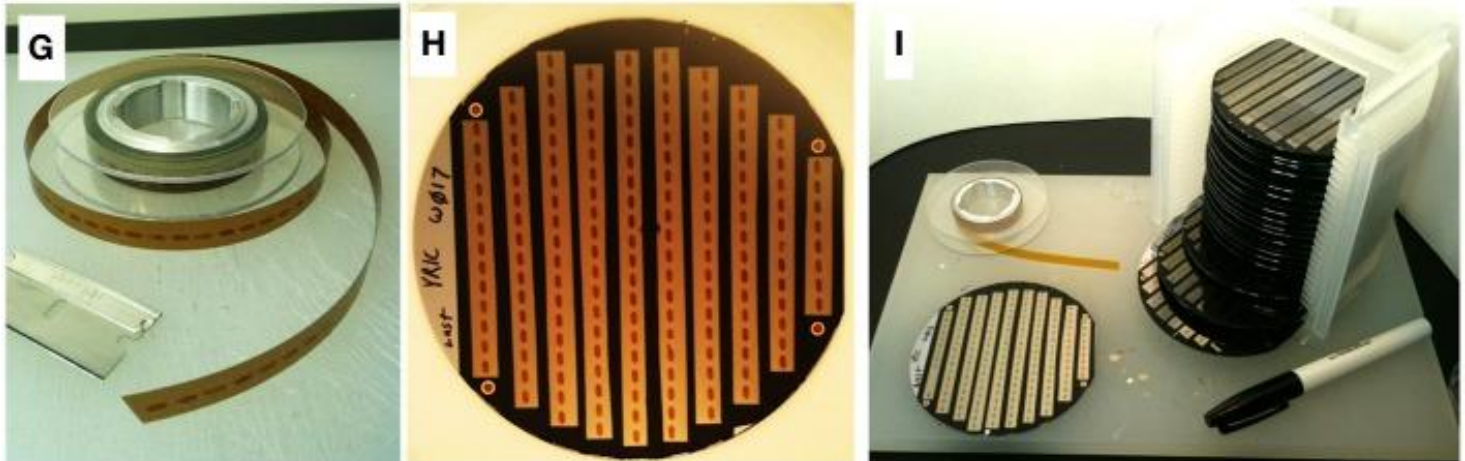

1 Pia mater with blood vessel
2 Neuroglial cells
3 Small pyramidal cells
4 Apical dendrites of pyramidal cells
5 Medium-sized pyramidal cells
6 Granule cells
7 Dendrites of pyramidal cells
8 Large pyramidal cells
9 Bundles of axons
10 White matter
lamina
molecularis
granularis externa
pyramidalis externa
granularis interna
pyramidalis interna
multiformis
kůra (šedá hmota)
bílá hmota

Mapa 1 krychlového milimetru kůry

https://h01-release.storage.googleapis.com/gallery.html





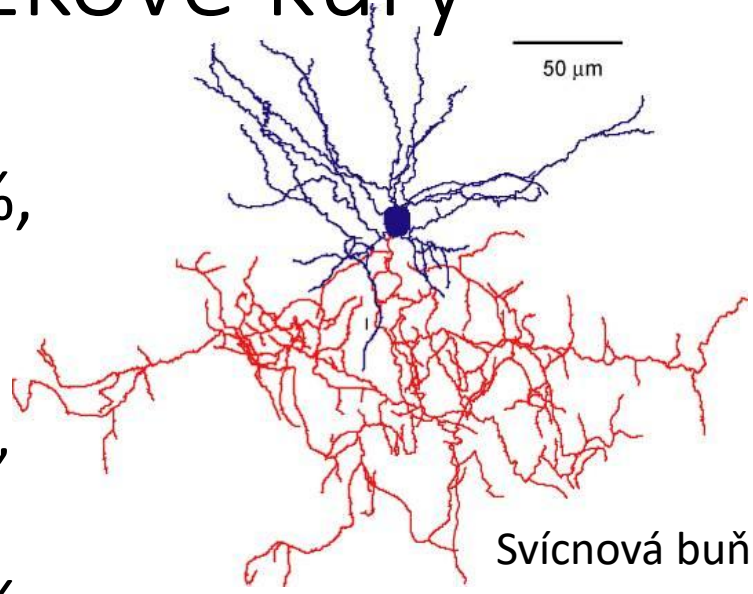


Shapson-Coe A, Januszewski M, Berger DR, Pope A, Wu Y, Blakely T, Schalek RL, Li PH, Wang S, Maitin-Shepard J, Karlupia N, Dorkenwald S, Sjostedt E, Leavitt L, Lee D, Troidl J, Collman F, Bailey L, Fitzmaurice A, Kar R, Field B, Wu H, Wagner-Carena J, Aley D, Lau J, Lin Z, Wei D, Pfister H, Peleg A, Jain V, Lichtman JW. A petavoxel fragment of human cerebral cortex reconstructed at nanoscale resolution. Science. 2024 May 10;384(6696):eadk4858. doi: 10.1126/science.adk4858. Epub 2024 May 10. PMID: 38723085; PMCID: PMC11718559.

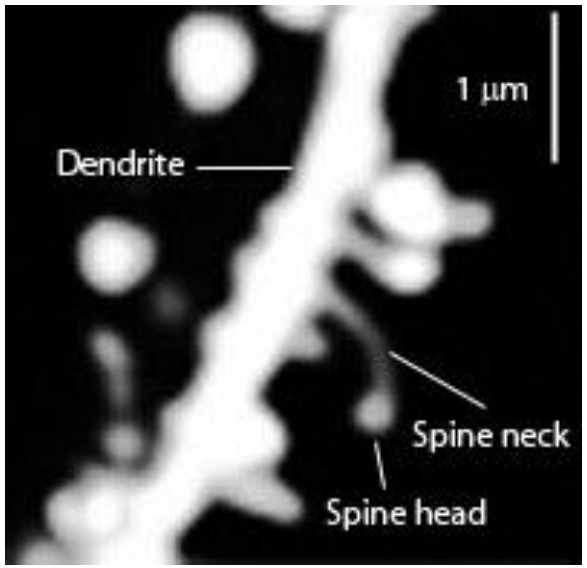
Hayworth KJ, Morgan JL, Schalek R, Berger DR, Hildebrand DG, Lichtman JW. Imaging ATUM ultrathin section libraries with WaferMapper: a multi-scale approach to EM reconstruction of neural circuits. Front Neural Circuits. 2014 Jun 27;8:68. doi: 10.3389/fncir.2014.00068. PMID: 25018701; PMCID: PMC4073626.

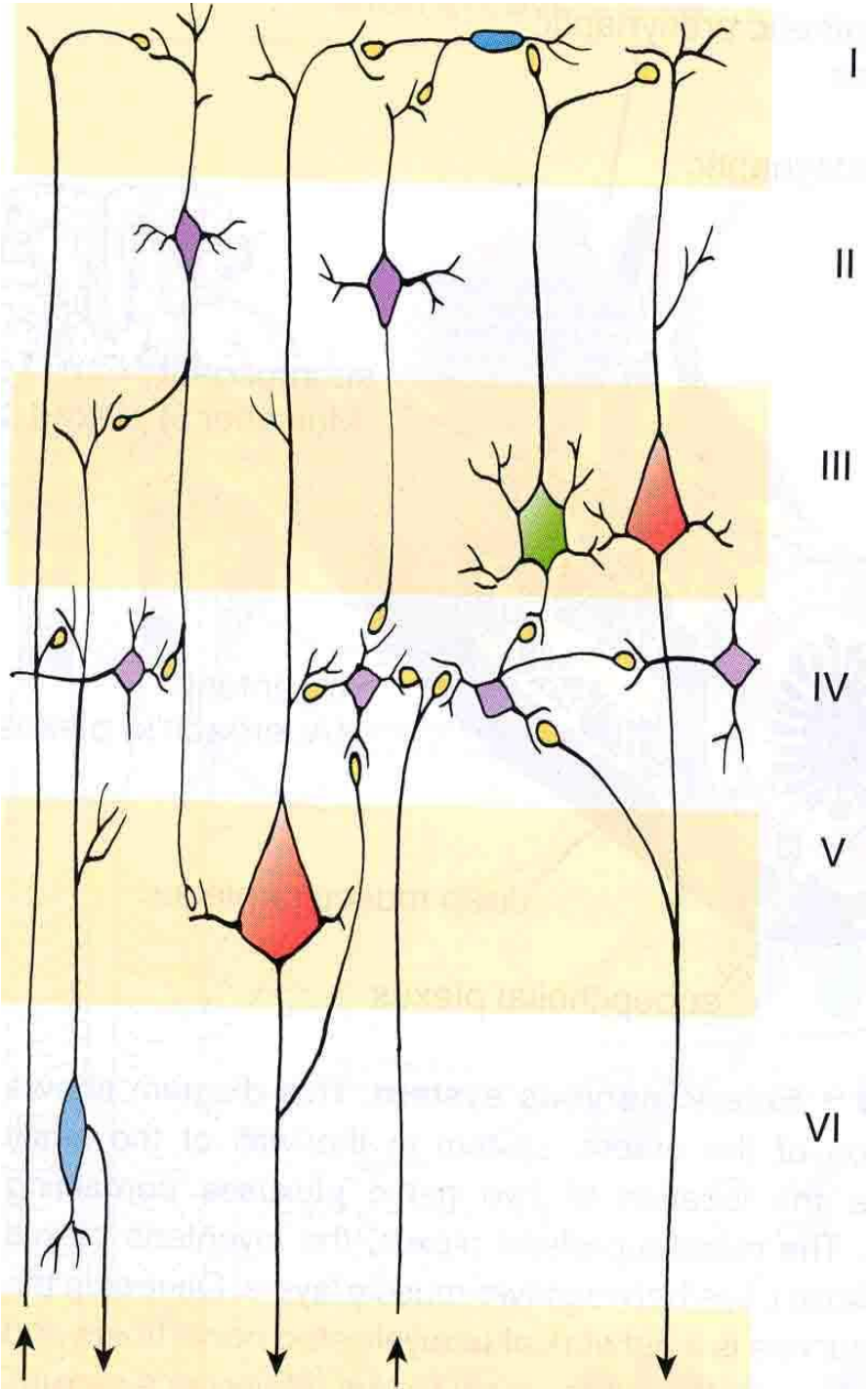
Neurony mozkové kůry

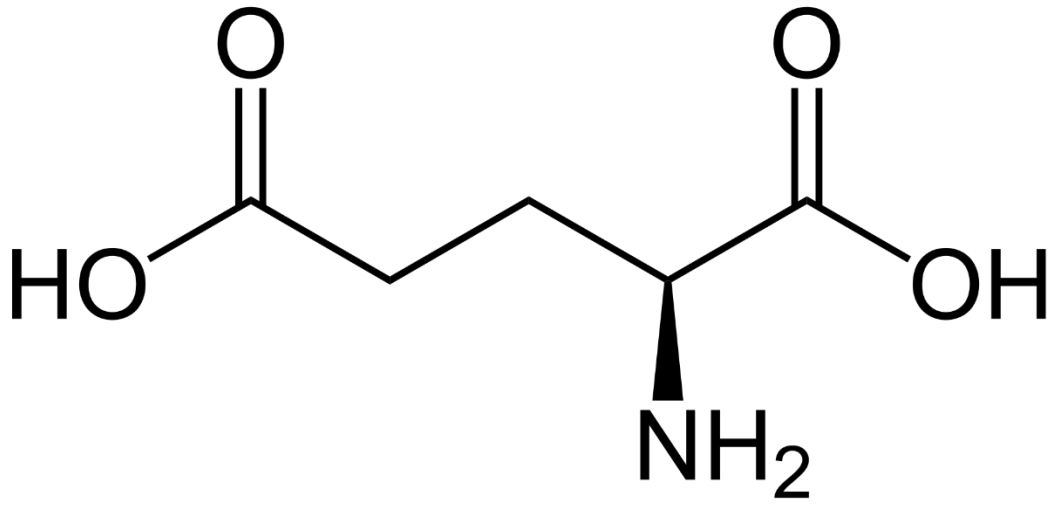
- Inhibiční (20 – 30%, **GABA**)
  - Množství typů (např. košíčkovité, svícnové…)
- Excitační (70 – 80%, **glutamát**)
  - Pyramidové
  - Hvězdicovité s dendritickými trny

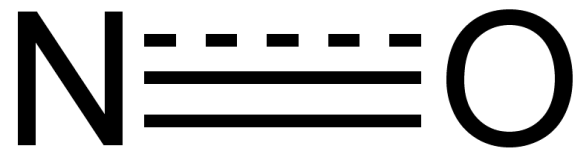


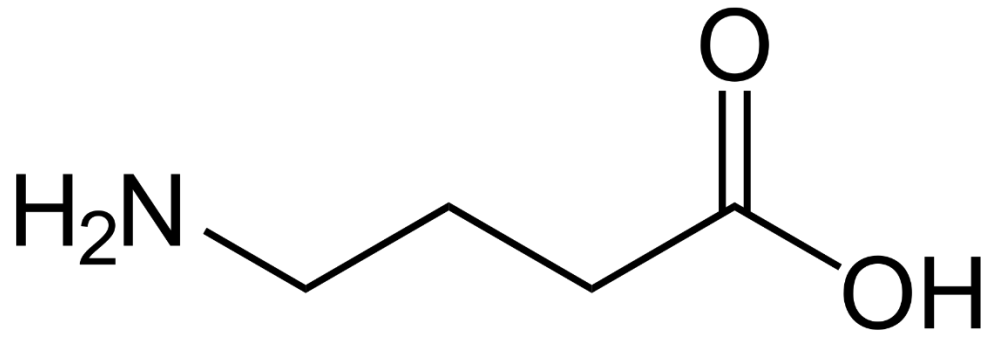
Svícnová buňka

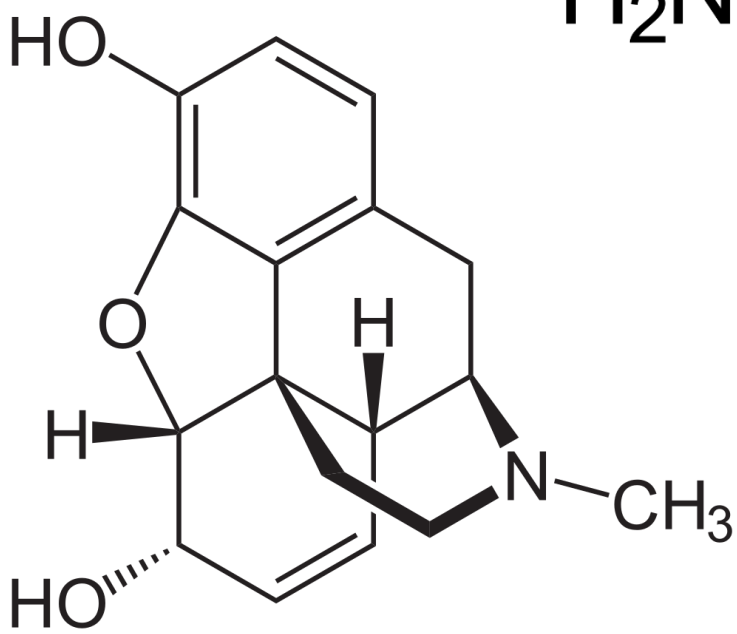


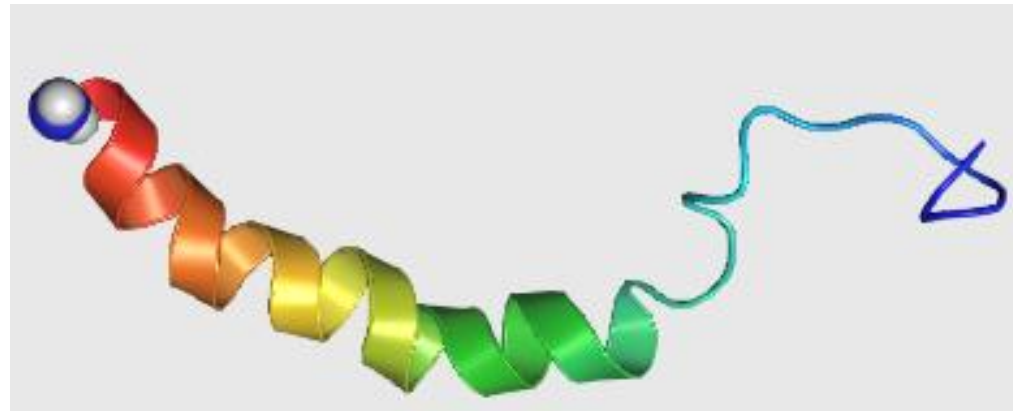



O
O
HO
OH
NH2


N
O


O
H2N
OH


HO
O
H
H
N
CH3
HO



Otázky k zamyšlení:

1. Jaký myslíte, že je poměr excitačních a inhibičních neuronů u myši? Je tam více nebo méně inhibičních neuronů než u člověka?

1. Jakou funkci mají košíčkové neurony v mozečku? Ve které vrstvě se nacházejí?

1. Nacházejí se pyramidové neurony i v jiných vrstvách, než lamina pyramidalis externa et interna?

1. Co je hlavním výstupem mozkové kůry směrem k nižším částem CNS a k jiným oblastem kůry?

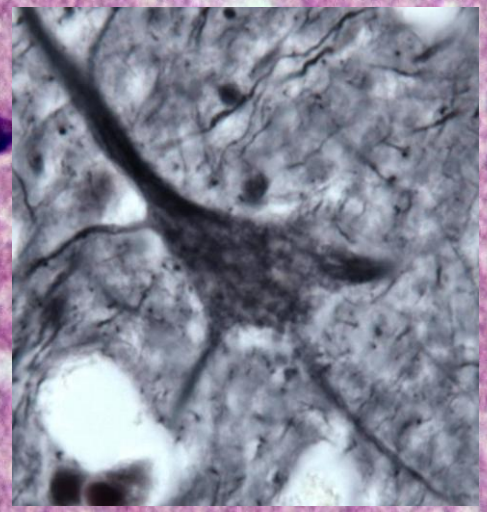
Otázky k zamyšlení:

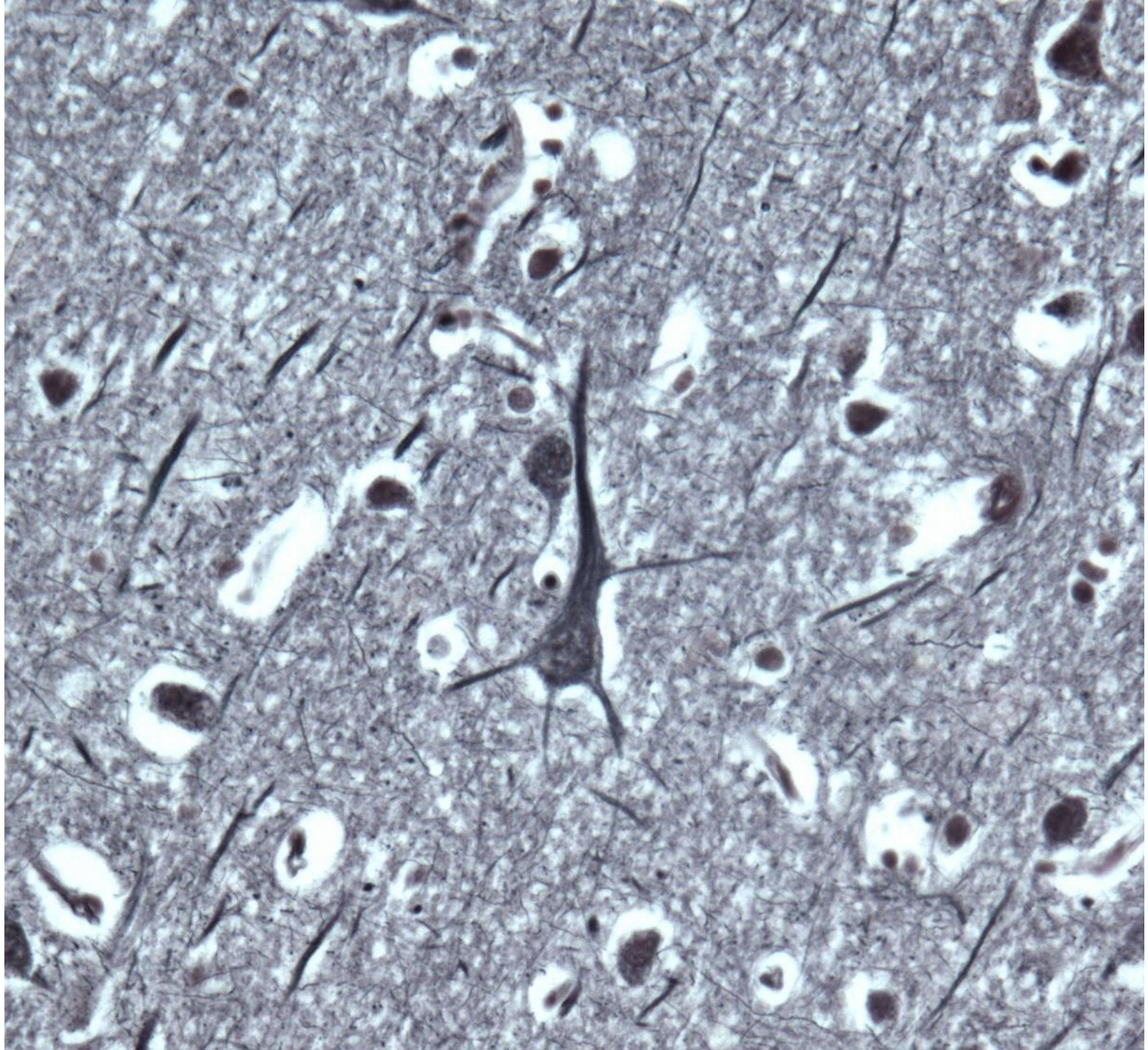
1. Většinou se udává podíl okolo 15 procent u myši, u primátů se podíl celkově pohybuje mezi 20 a 30 procenty, v některých specifických částech bylo zjištěno až okolo 40 procent inhibičních neuronů.

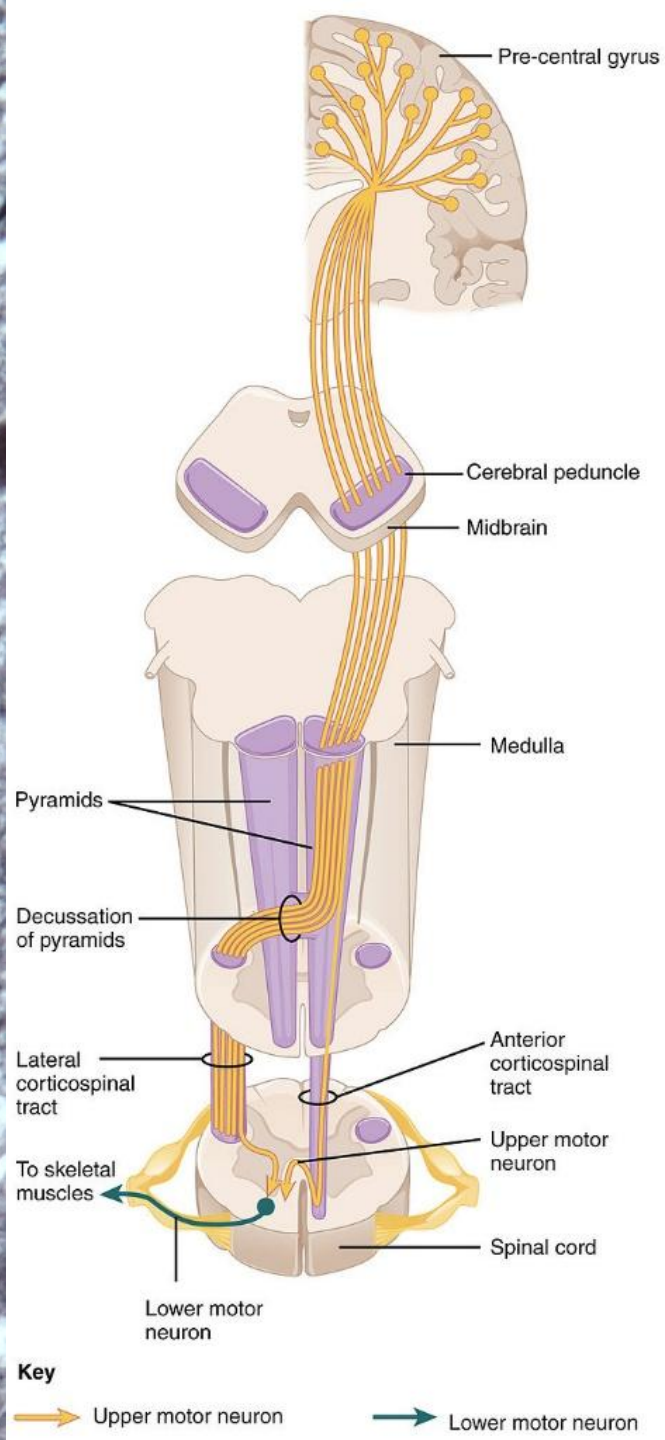
1. Inhibují vždy několik Purkyňových buněk a tím modulují jejich funkci. Nacházejí se ve stratum moleculare.

1. Ano, menší pyramidové neurony se nacházejí v obou granulárních laminách i v lamina multiformis.

1. Jsou to zejména axony velkých pyramidových buněk v lamina V a VI, zatímco spoje s jinými oblastmi kůry (asociační či komisurální) pocházejí nejčastěji z lamina II. a III.





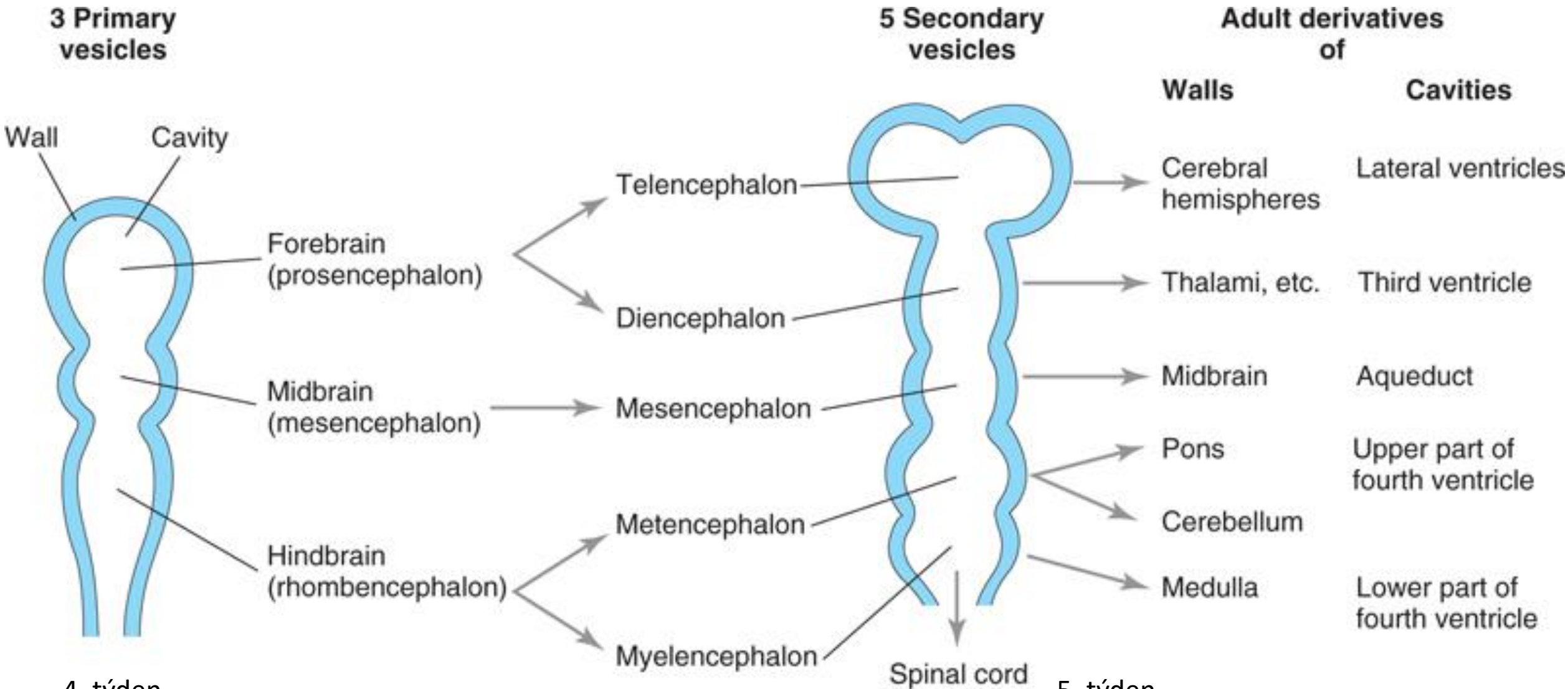

Pre-central gyrus
Cerebral peduncle
Midbrain
Medulla
Pyramids
Decussation of pyramids
Lateral corticospinal tract
Anterior corticospinal tract
Upper motor neuron
To skeletal muscles
Spinal cord
Lower motor neuron
Key
Upper motor neuron
Lower motor neuron

Mozková kůra – přehled

- Nachází se na povrchu mozku a člení se na **paleocortex** a **archicortex**, které se skládají ze tří vrstev, a šestivrstevný **neocortex,** struktura se tedy značně liší v jednotlivých oblastech kůry

Kůra je **vrstevnatá**, neocortex se člení na 6 vrstev:

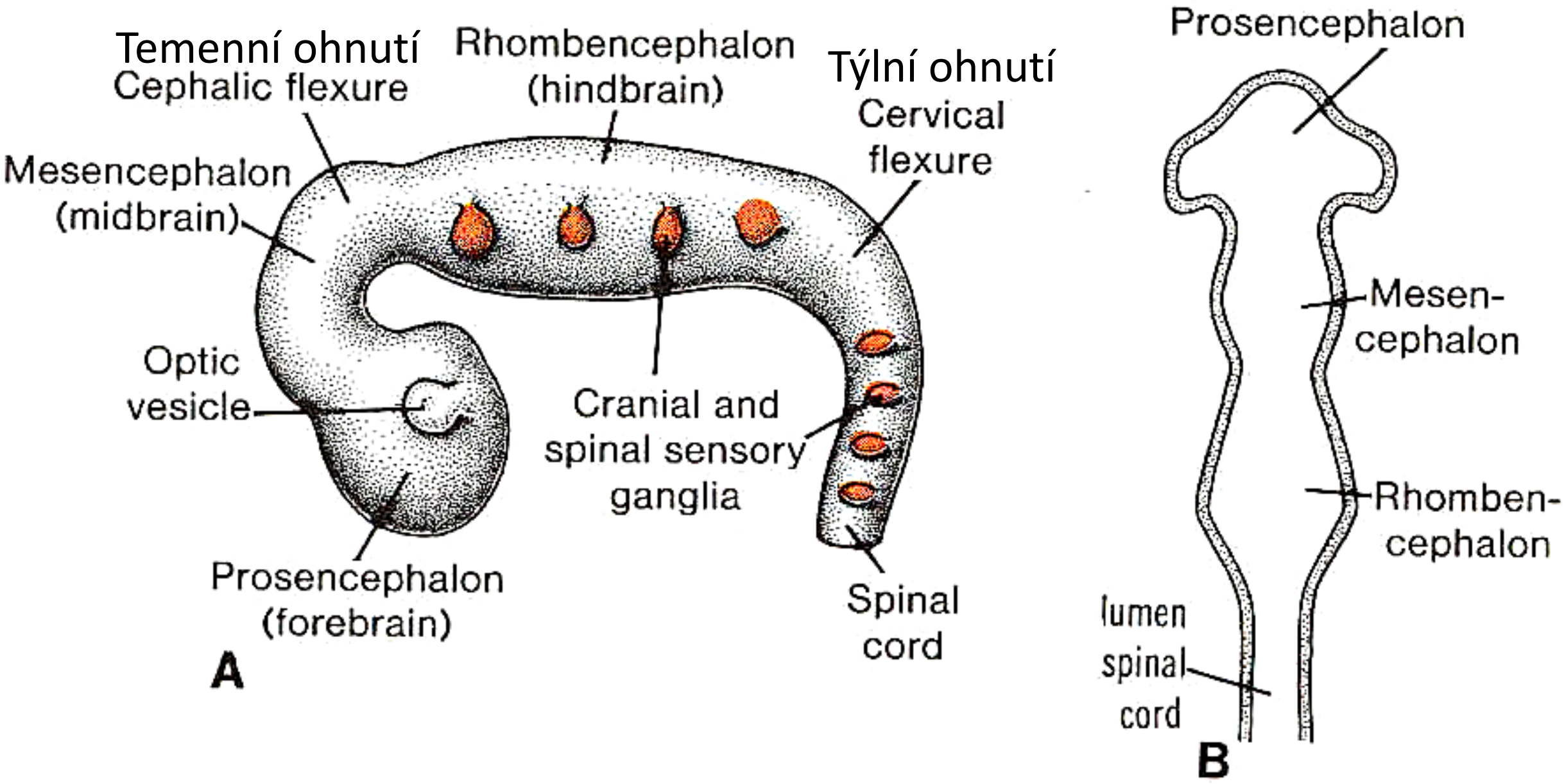
- Lamina **molecularis**: poměrně málo buněčná vnější vrstva, obsahuje však četná vlákna
- Lamina **granularis externa**: malé bb.
- Lamina **pyramidalis externa**: dominantní jsou středně velké pyramidové bb.
- Lamina **granularis interna**: malé neurony jak excitační, tak inhibiční
- Lamina **pyramidalis interna**: až 100 mikrometrů velké pyramidové neurony **Betzovy** (jejich axony tvoří pyramidové dráhy)
- Lamina **multiformis**: směs mnoha neuronálních typů
- Všechny vrstvy obsahují velmi rozmanitou populaci inhibičních neuronů
- Obě granulární vrstvy jsou charakteristické přítomností neuronů menší velikosti
- Pozor, pyramidové buňky se nevyskytují výlučně v pyramidových vrstvách
- MGP GPM

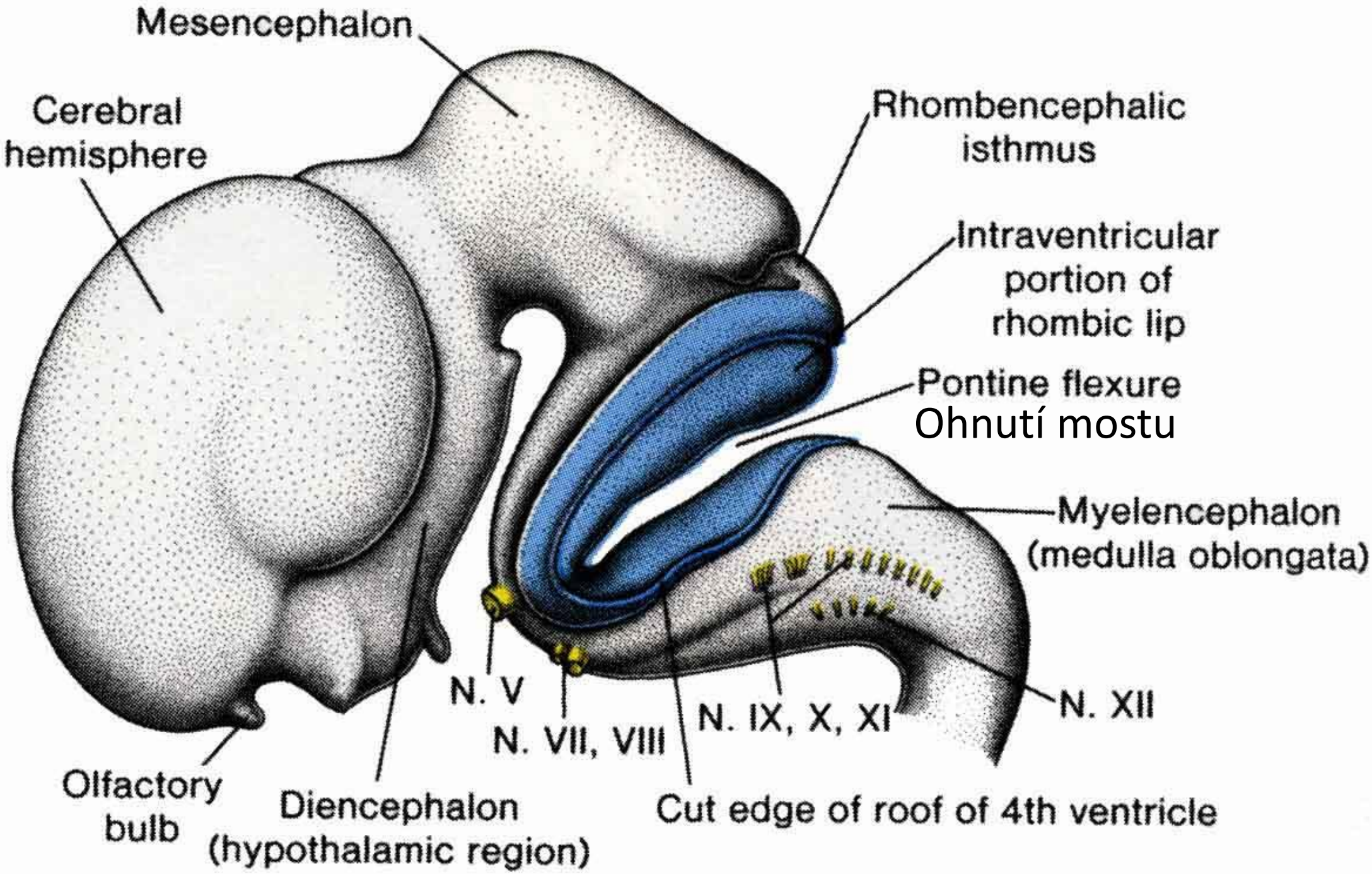


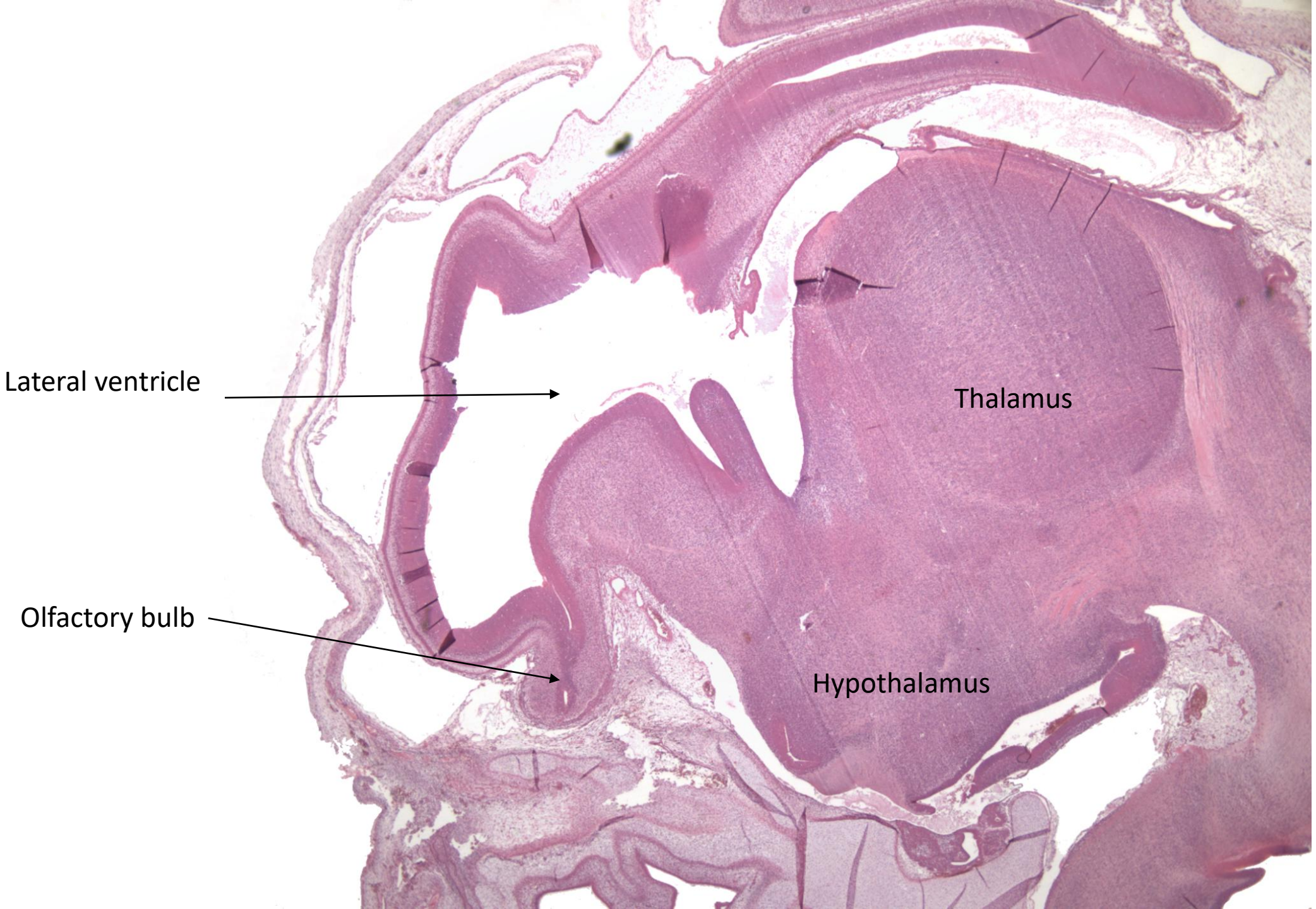
4. týden

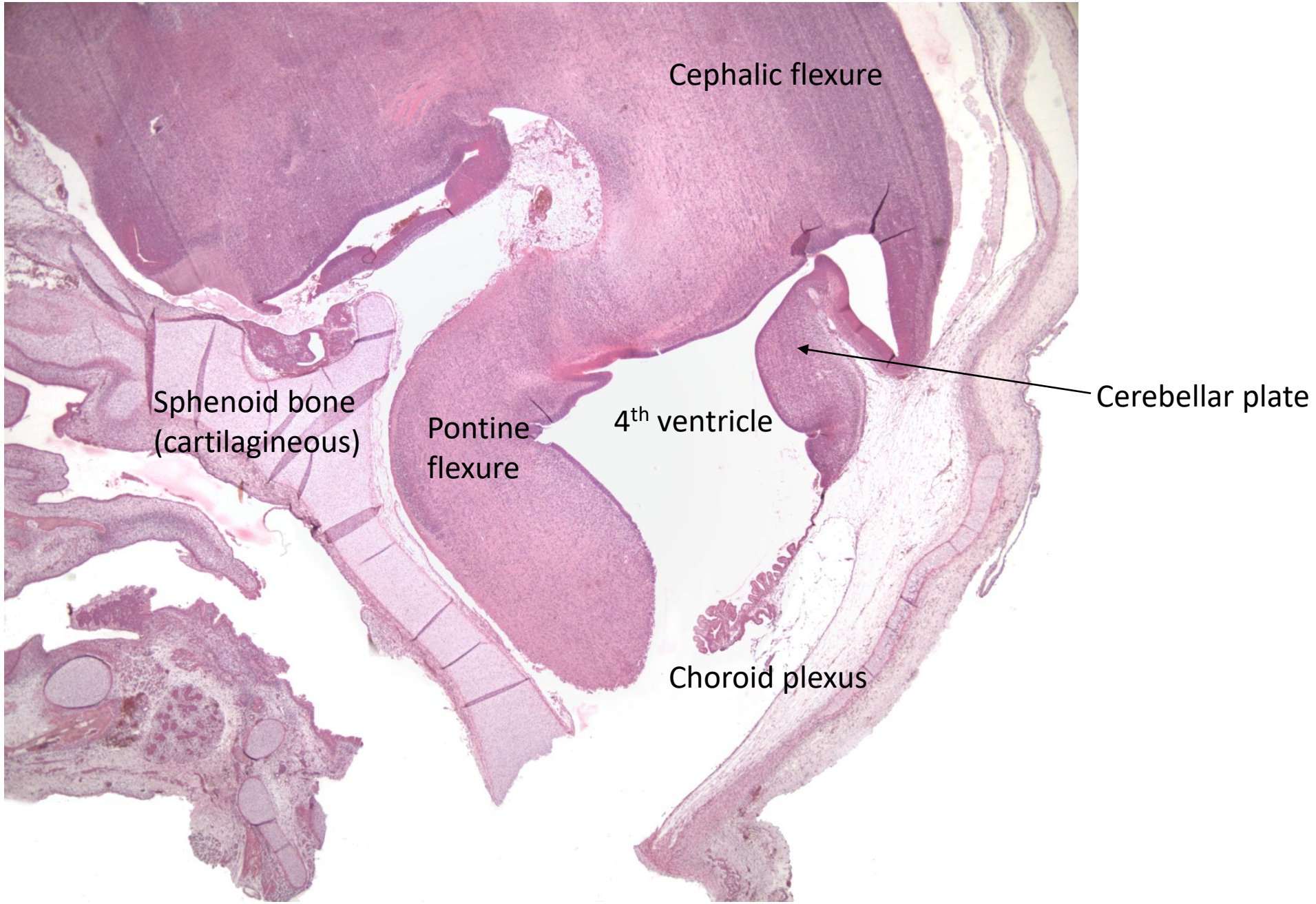
5. týden

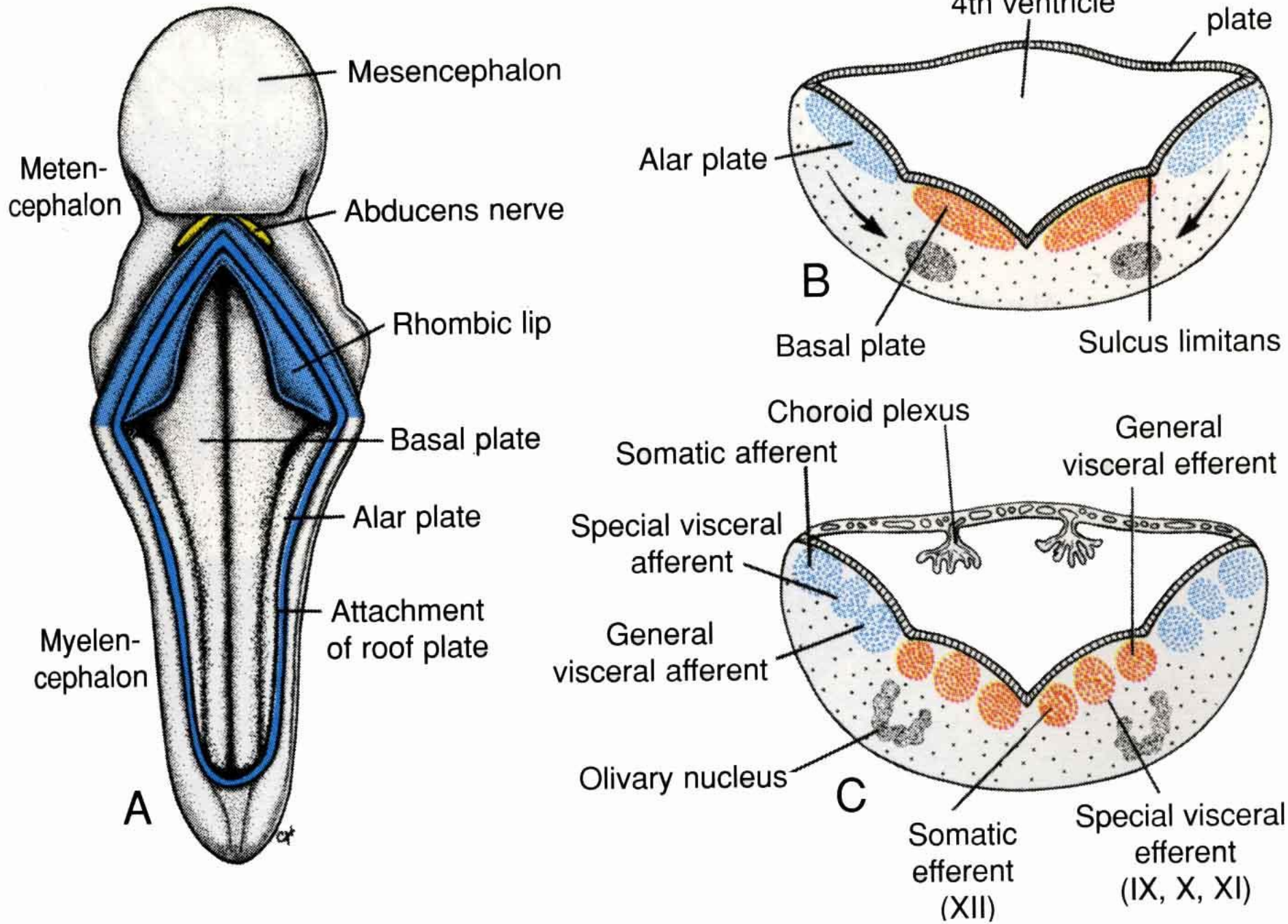
Moore et al: Before We Are Born, 8e
Copyright © 2013 by Saunders, an imprint of Elsevier Inc.

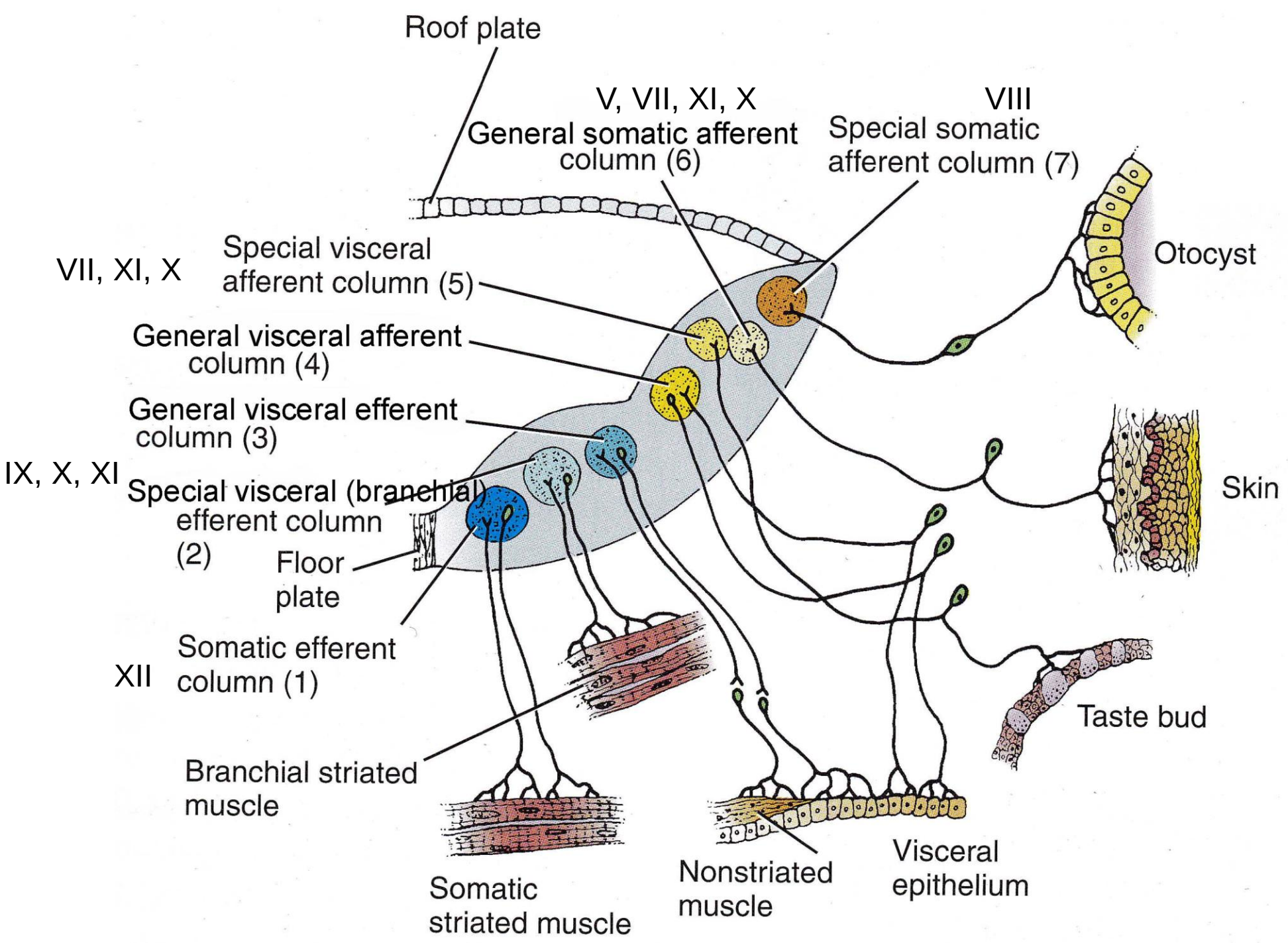

Temenní ohnutí
Cephalic flexure
Rhombencephalon
(hindbrain)
Týlní ohnutí
Cervical
flexure
Mesencephalon
(midbrain)
Optic
vesicle
Cranial and
spinal sensory
ganglia
Prosencephalon
(forebrain)
Spinal
cord
A
Prosencephalon
Mesen-
cephalon
Rhomben-
cephalon
lumen
spinal
cord
B

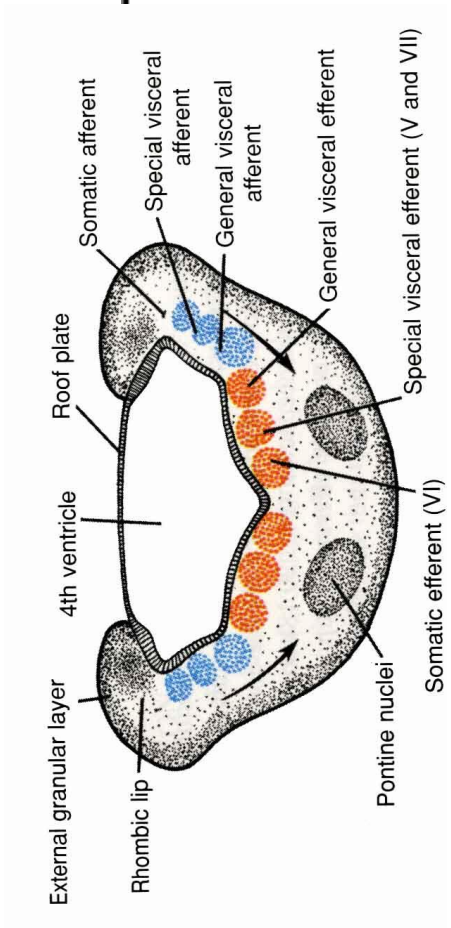

Mesencephalon
Cerebral hemisphere
Rhombencephalic isthmus
Intraventricular portion of rhombic lip
Pontine flexure
Ohnutí mostu
Myelencephalon (medulla oblongata)
N. V
N. VII, VIII
N. IX, X, XI
N. XII
Olfactory bulb
Diencephalon (hypothalamic region)
Cut edge of roof of 4th ventricle

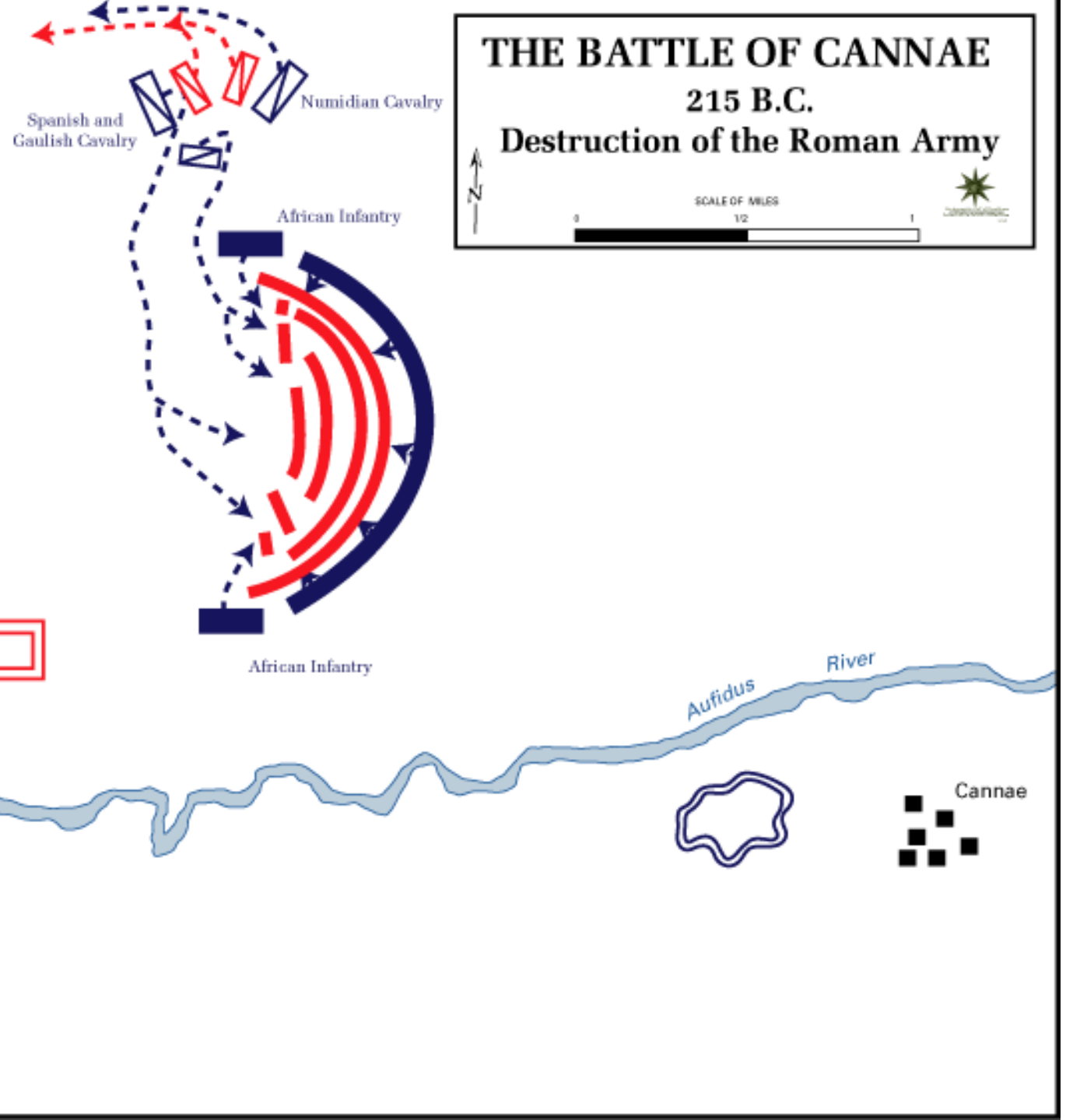

Lateral ventricle
Thalamus
Olfactory bulb
Hypothalamus


Cephalic flexure
Sphenoid bone
(cartilagineous)
Pontine
flexure
4th ventricle
Cerebellar plate
Choroid plexus

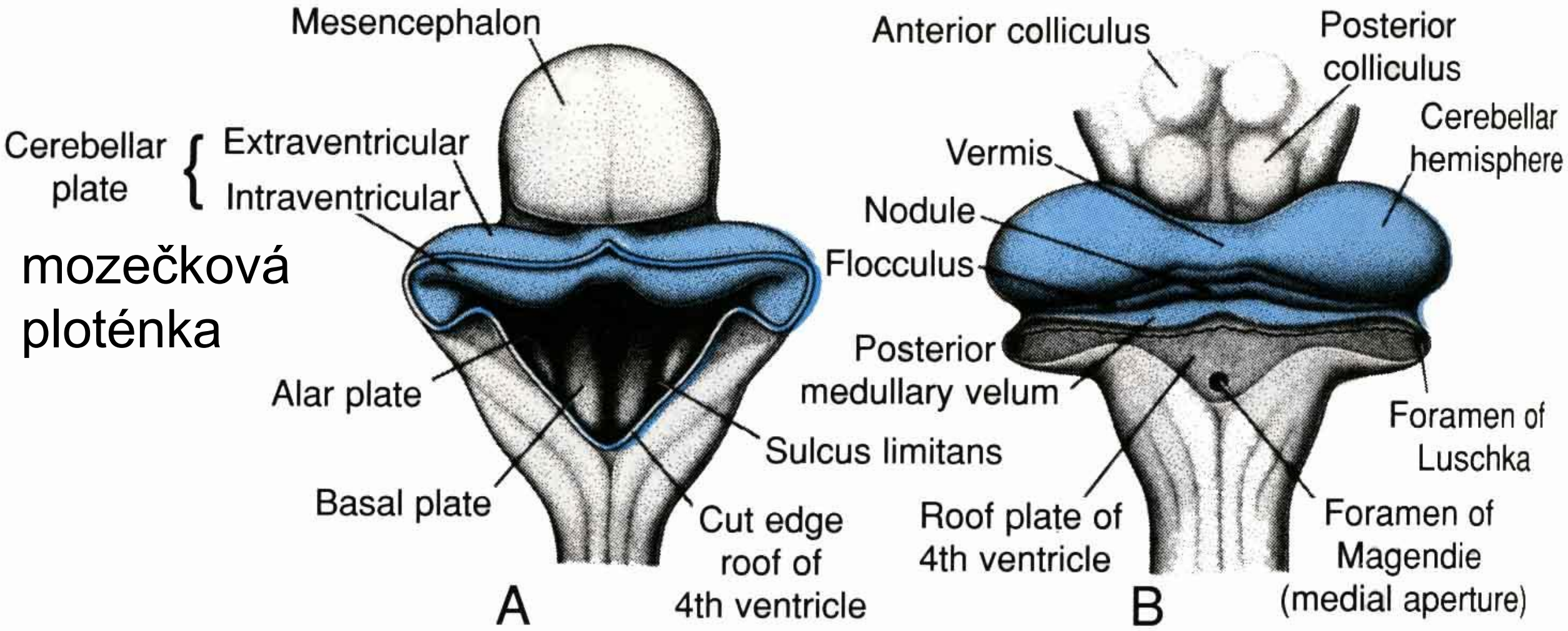

Mesencephalon
Meten-
cephalon
Abducens nerve
Rhombic lip
Basal plate
Alar plate
Attachment
of roof plate
Myelen-
cephalon
A
4th ventricle
Roof
plate
Alar plate
B
Basal plate
Sulcus limitans
Choroid plexus
Somatic afferent
General
visceral efferent
Special visceral
afferent
General
visceral afferent
Olivary nucleus
C
Somatic
efferent
(XII)
Special visceral
efferent
(IX, X, XI)

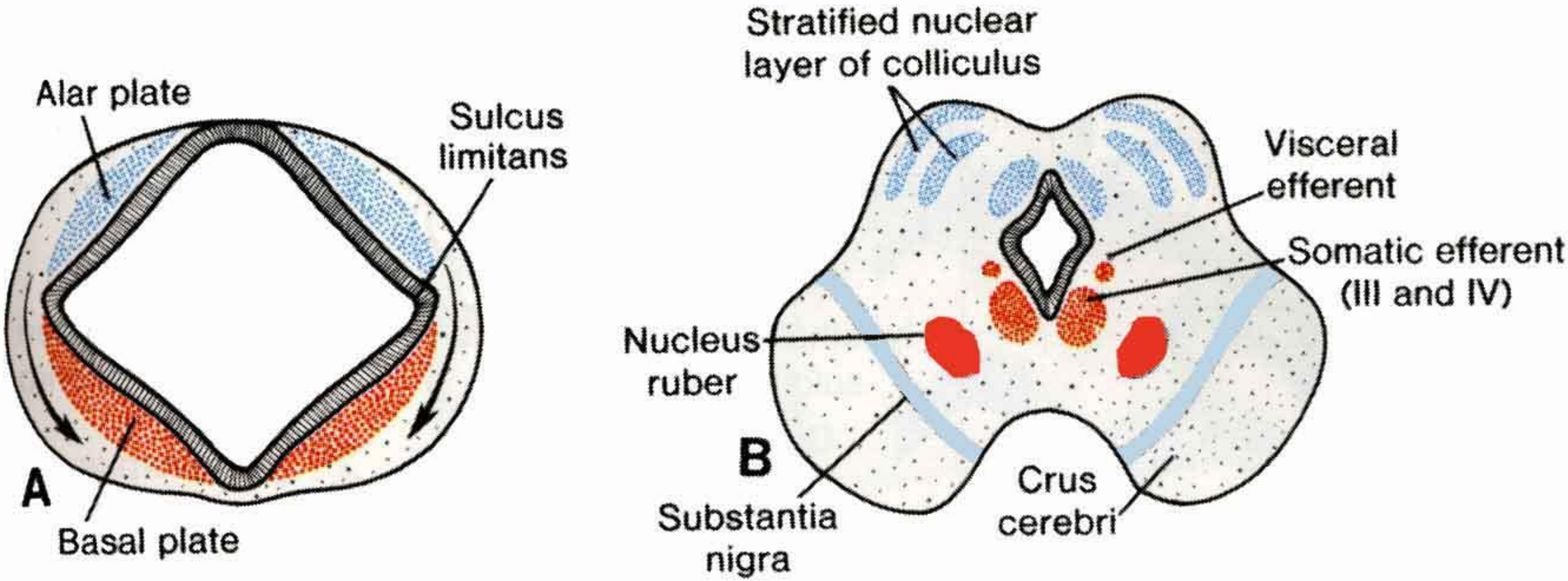

Roof plate
V, VII, XI, X
General somatic afferent column (6)
VIII
Special somatic afferent column (7)
VII, XI, X
Special visceral afferent column (5)
Otocyst
General visceral afferent column (4)
General visceral efferent column (3)
IX, X, XI
Special visceral (branchial) efferent column (2)
Skin
Floor plate
Somatic efferent column (1)
XII
Taste bud
Branchial striated muscle
Somatic striated muscle
Nonstriated muscle
Visceral epithelium

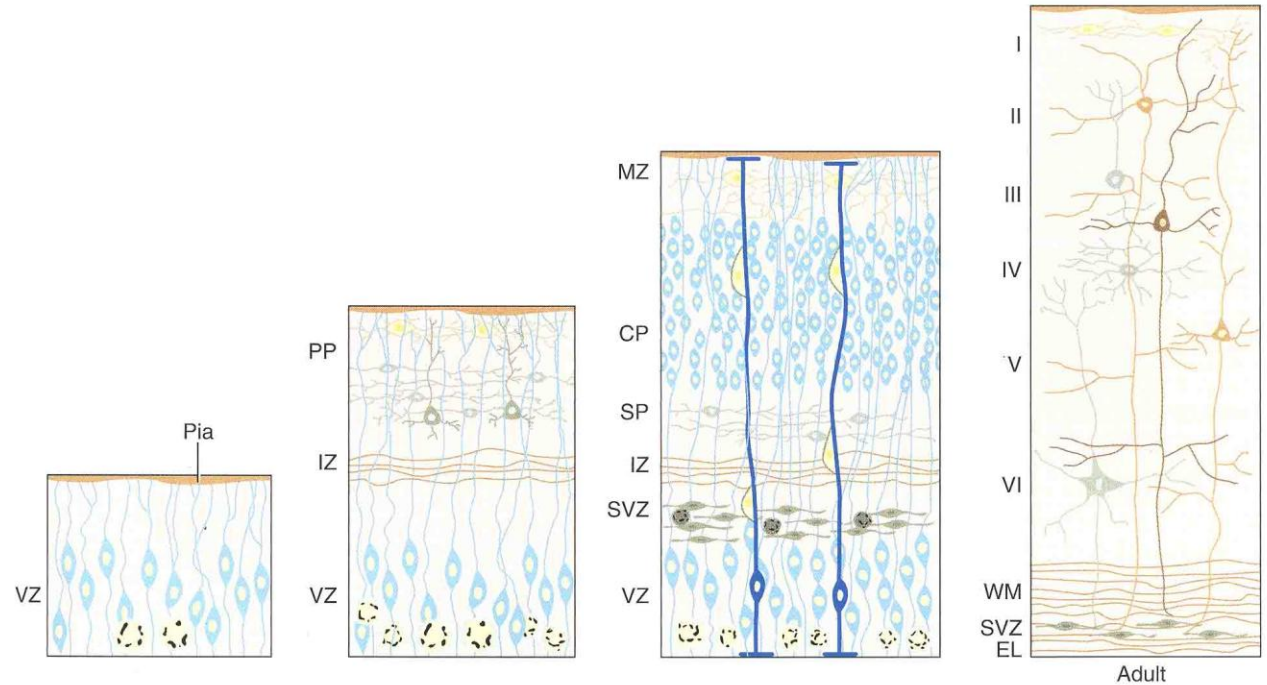

Somatic afferent
Special visceral afferent
General visceral afferent
General visceral efferent
Special visceral efferent (V and VII)
Roof plate
4th ventricle
Somatic efferent (VI)
Pontine nuclei
External granular layer
Rhombic lip


THE BATTLE OF CANNAE
215 B.C.
Destruction of the Roman Army
SCALE OF MILES
0
1/2
1
N
Spanish and Gaulish Cavalry
Numidian Cavalry
African Infantry
African Infantry
Aufidus River
Cannae

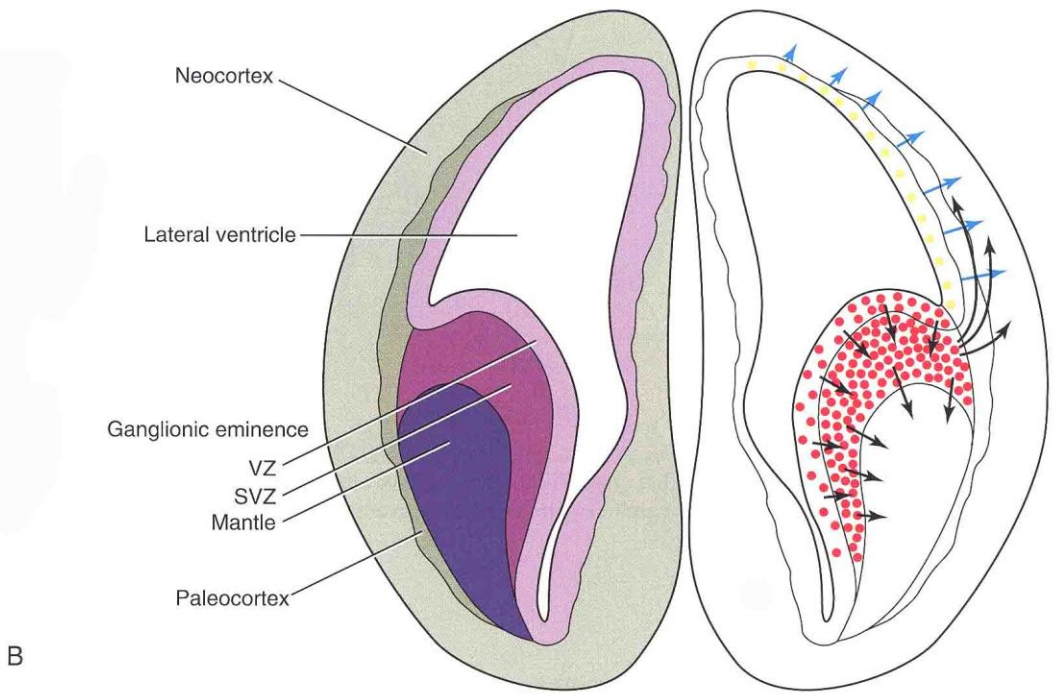
mozečková ploténka



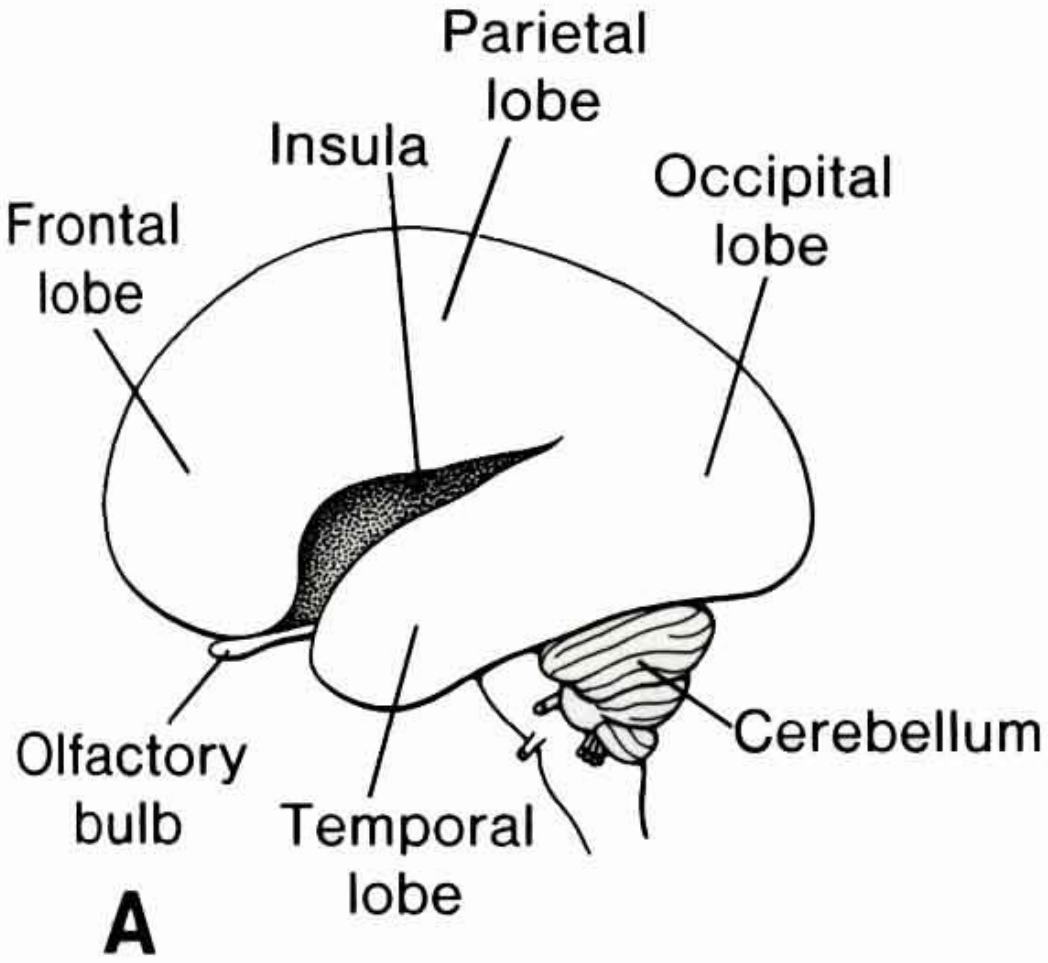

Alar plate
Sulcus limitans
A
Basal plate
Stratified nuclear layer of colliculus
Visceral efferent
Somatic efferent (III and IV)
Nucleus ruber
B
Substantia nigra
Crus cerebri

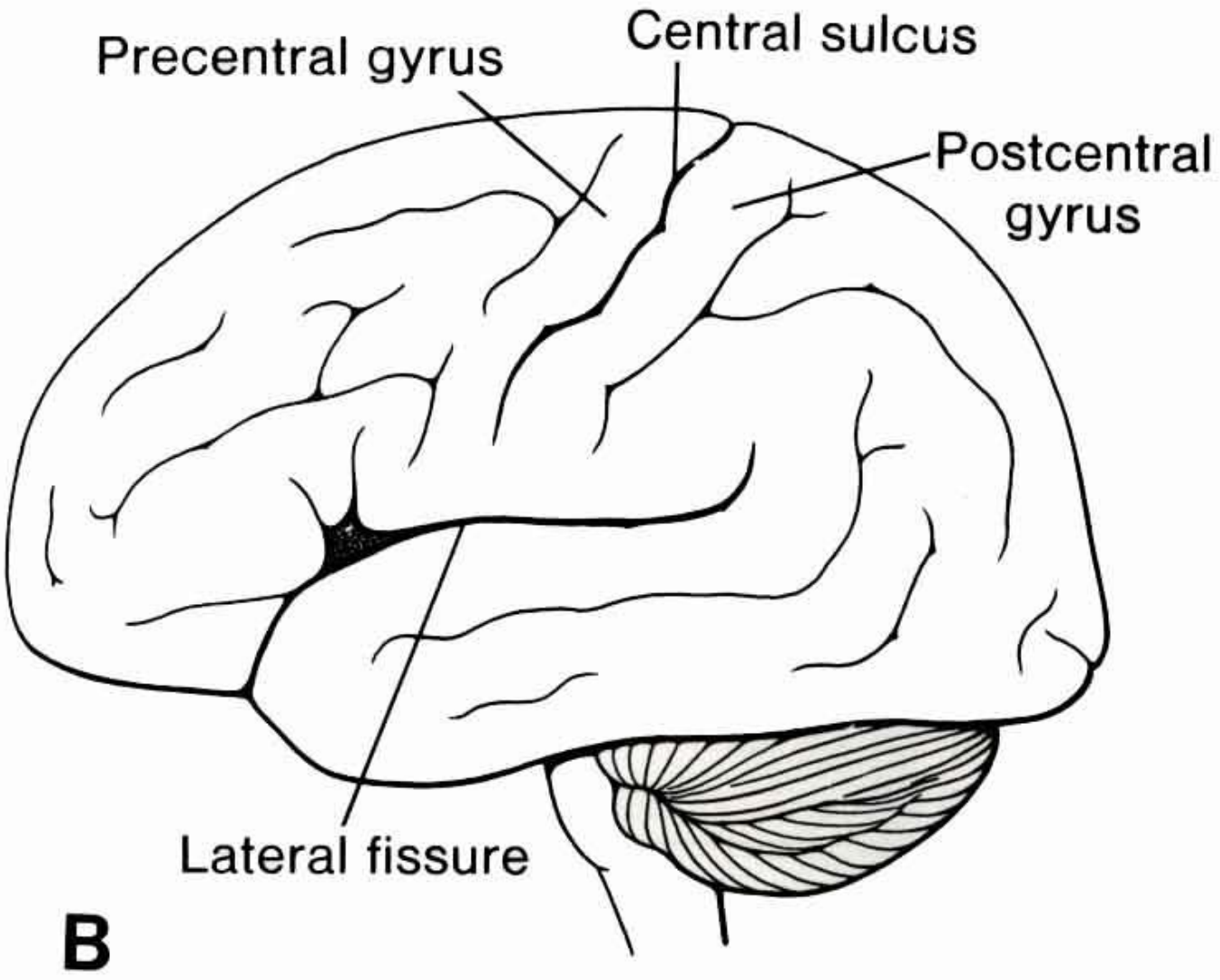

Pia
VZ
PP
IZ
VZ
MZ
CP
SP
IZ
SVZ
VZ
I
II
III
IV
V
VI
WM
SVZ
EL
Adult

A


Neocortex
Lateral ventricle
Ganglionic eminence
VZ
SVZ
Mantle
Paleocortex

B





7 months

9 months

Vývoj mozku – přehled

- **3 primární mozkové váčky** (rhombencephalon, mesencephalon a prosencephalon) se dělí v **5 sekundárních mozkových váčků** (myelencephalon, metencephalon, mesencephalon, diencephalon, telencephalon)
- Také se vytváří **flexura cervicalis** a **flexura cephalica**, k nimž se později přidává opačně směřující **flexura pontina**

Rhombencephalon

- Stropní ploténka rhombencephala tvoří široký strop čtvrté komory
- **Myelencephalon** odpovídá prodloužené míše, **basální ploténka a alární ploténka** v se zde každá mění ve 3 skupiny neuronů, které se stávají základy příslušných jader hlavových nervů a dalších asociačních jader
- **Metencephalon** se dělí na **pons**, který je základní organizací podobný prodloužené míše, a **cerebellum**, které je derivátem alární ploténky a postupně přerůstá nad stropní ploténku

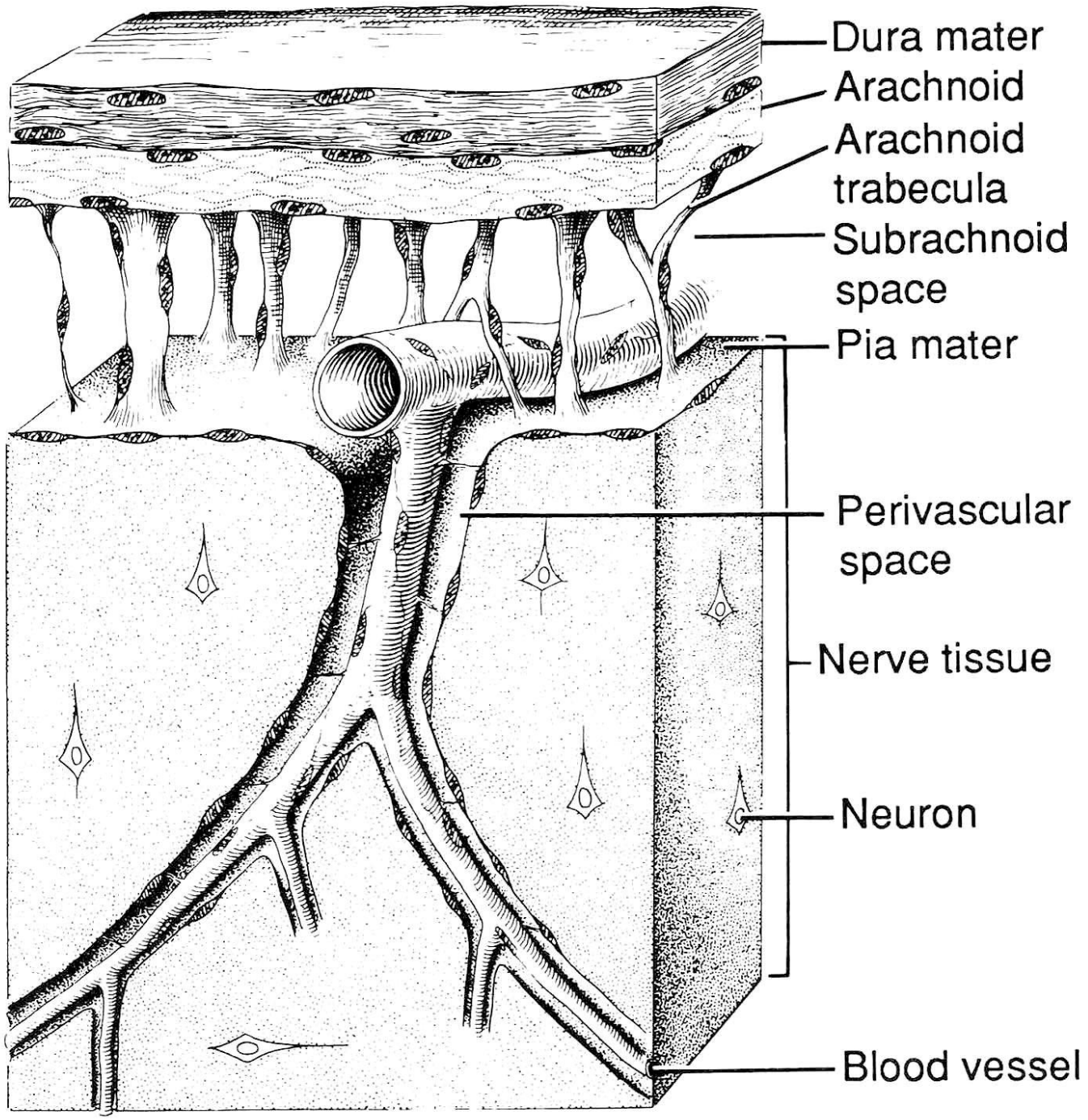
Mesencephalon

- I v mesencephalu je přibližně zachováno základní členění na deriváty basální a alární ploténky
- Z **basální ploténky** se vyvíjí **tegmentum**, obsahující somato- a visceromotorická jádra okohybných **nervů III. a IV.**
- **Alární ploténka** se mění v tectum s prominujícími dvěma páry **colliculi** (corpora quadrigemina)

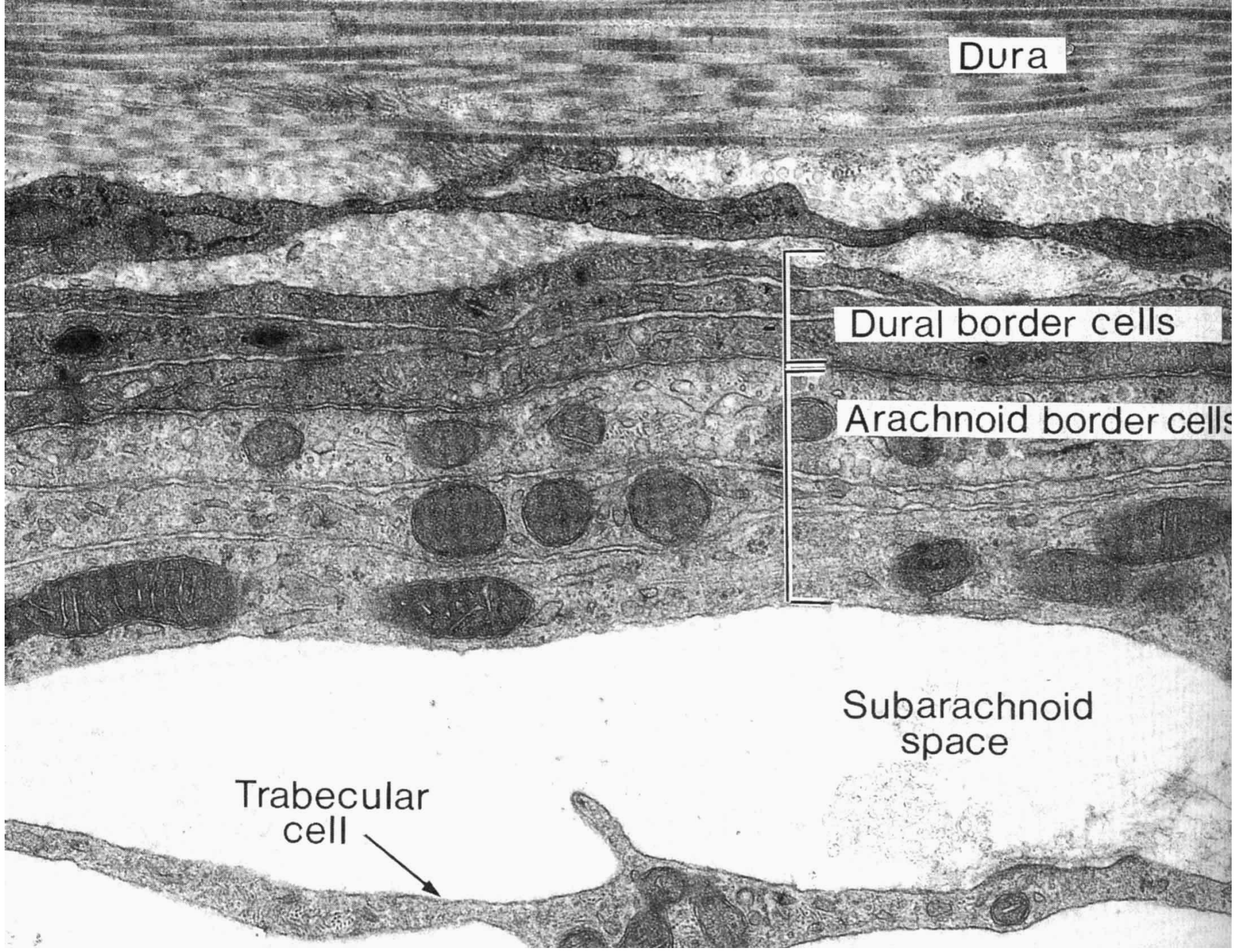
Prosencephalon

- Soudí se, že prosencephalon je derivátem zejména alární ploténky bez významného podílu basální ploténky
- Z rostrální části **diencephala** se vytváří **hypothalamus**, za nimi vznikají **thalamus** a **epithalamus** (k němu patří glandula pinealis)
- **Thalamus** roste nejvíce ze všech těchto částí, protější masy se dokonce spojí tzv. thalamickými adhesemi (massa intermedia)
- Z diencephala vyrůstají také dva **oční pohárky** (základ sítnice) a **infundibulum** – základ **neurohypofýzy**, který se spojuje s **Rathkeho výchlipkou** stomodea – základem **adenohypofýzy**
- **Telencephalon** vzniká ze dvou kulovitých zduření na stranách prosencephala, která postupně přerůstají diencephalon a stávají se tak **mozkovými hemisférami**
- **Postranní mozkové komory** zpočátku zabírají většinu objemu hemisfér, avšak s růstem telencephala se jejich podíl snižuje
- Na mediální straně hemisféry zůstává **fissura choroidea**, kde se vchlipuje pia mater do plexus choroideus postranní komory
- **Histogeneze cortex cerebri** je složitým procesem zahrnujícím několik migračních vln z ventrikulární a subventrikulární zóny směrem k povrchu hemisféry za pomoci **radiální glie**, ke kterým se ještě přidávají další neurony migrující z gangliových eminencí uložených na ventrální straně hemisféry
- V 7. měsíci je již hemisféra ve stadiu lobace a v následujících měsících dochází ke gyrifikaci hemisfér, mozek doroste do finální velikosti asi v 7 letech

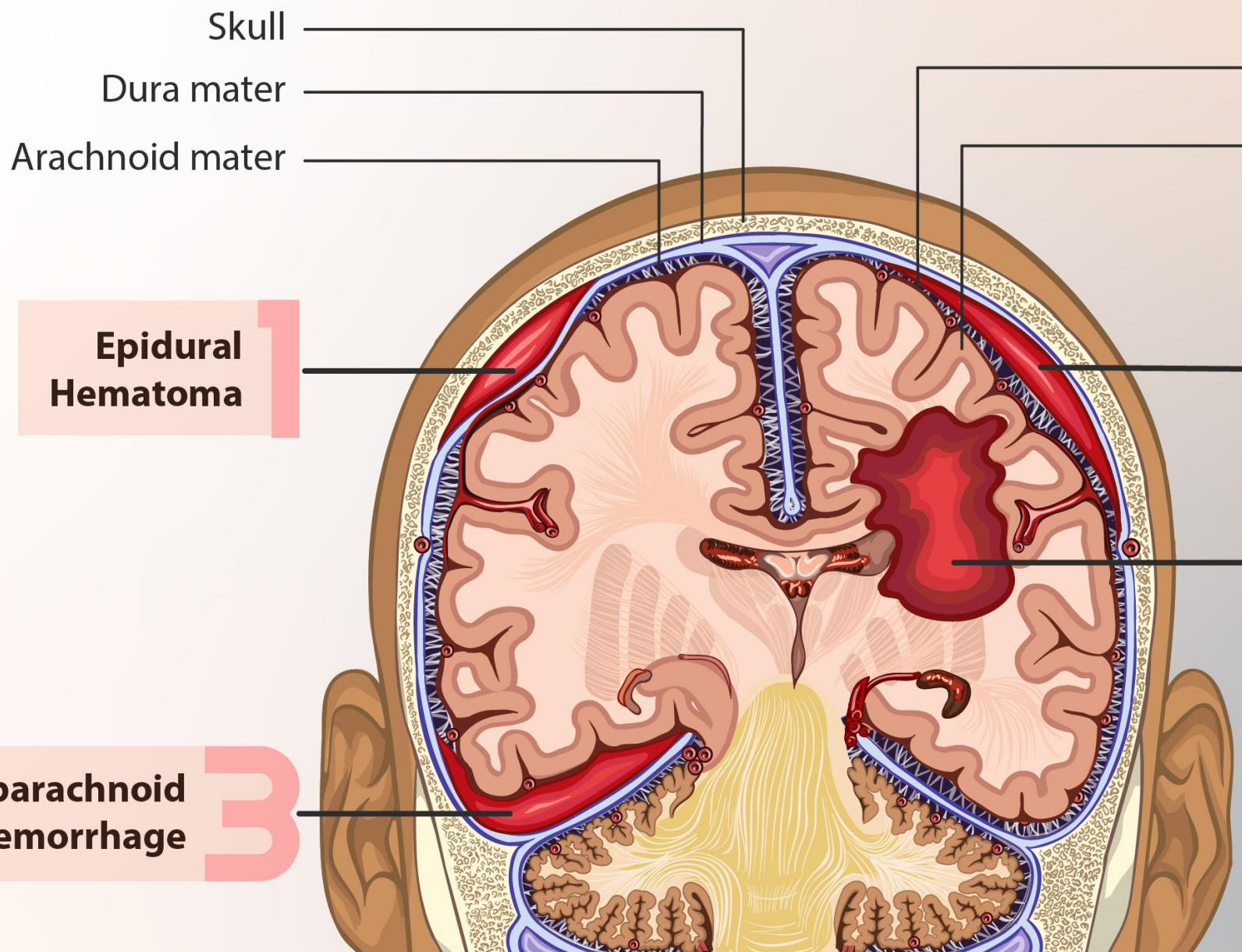
Meningy


Dura mater
Arachnoid
Arachnoid trabecula
Subrachnoid space
Pia mater
Perivascular space
Nerve tissue
Neuron
Blood vessel

mícha


Dura
Dural border cells
Arachnoid border cells
Subarachnoid space
Trabecular cell

Types of brain hemorrhage



Otázky k zamyšlení:

1. Co je to meningitida? Jak se projevuje? Co ji může způsobit?

1. Víte, jak se projevuje subarachnoideální krvácení?

1. Zkuste odhadnout, jaké skupiny lidí jsou nejvíce náchylné k subdurálnímu krvácení? Proč?

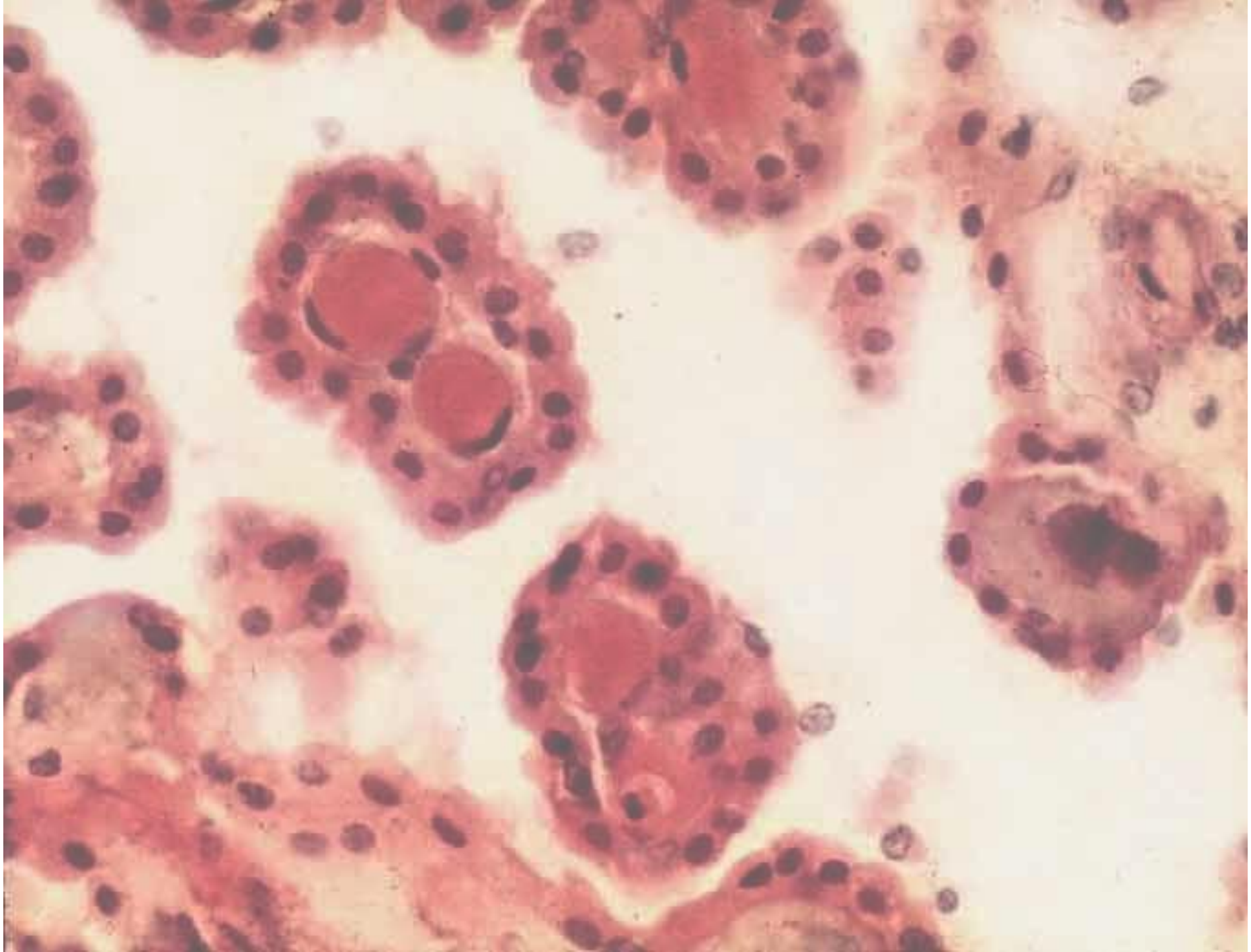
Otázky k zamyšlení:

1. Jedná se o zánět mozkových obalů projevující se například ztuhlostí šíje, bolestí hlavy, horečkou či fotofobií. Může ji způsobovat celá řada patogenů, zejména virových a bakteriálních. Proti některým (např. Streptococcus pneumoniae, Neisseria meningitidis, Haemophilus influenzae) se dá očkovat.

1. Náhle vzniklou bolestí hlavy vedoucí až ke ztrátě vědomí, často v návaznosti na zvýšení tlaku (zvedání těžkých předmětů, kašel, defekace).

1. Větší náchylnost mají zejména senioři, neboť kombinují větší riziko pádu a atrofii mozku, která napíná cévy v subdurálním prostoru. Dalšími skupinami jsou sportovci, lidé s poruchami krevní srážlivosti, alkoholici a týrané děti.

Plexus choroideus



Otázky a úkoly:

1. Co tvoří hematolikvorovou bariéru? Porovnejte průchodnost této bariéry s hematoencefalickou bariérou.

1. Popište cirkulaci likvoru. Která struktura se stará o vstřebávání likvoru zpět do krve? Co se stane při poruše cirkulace likvoru?

1. Víte, co je to lumbální punkce? Jaké parametry při ní sledujeme?

Otázky a úkoly:

1. Hematolikvorová bariéra je zajišťována zejména spojovacími komplexy mezi epitelovými buňkami choroidálního plexu. Je relativně propustná ve srovnání s hematoencefalickou bariérou.

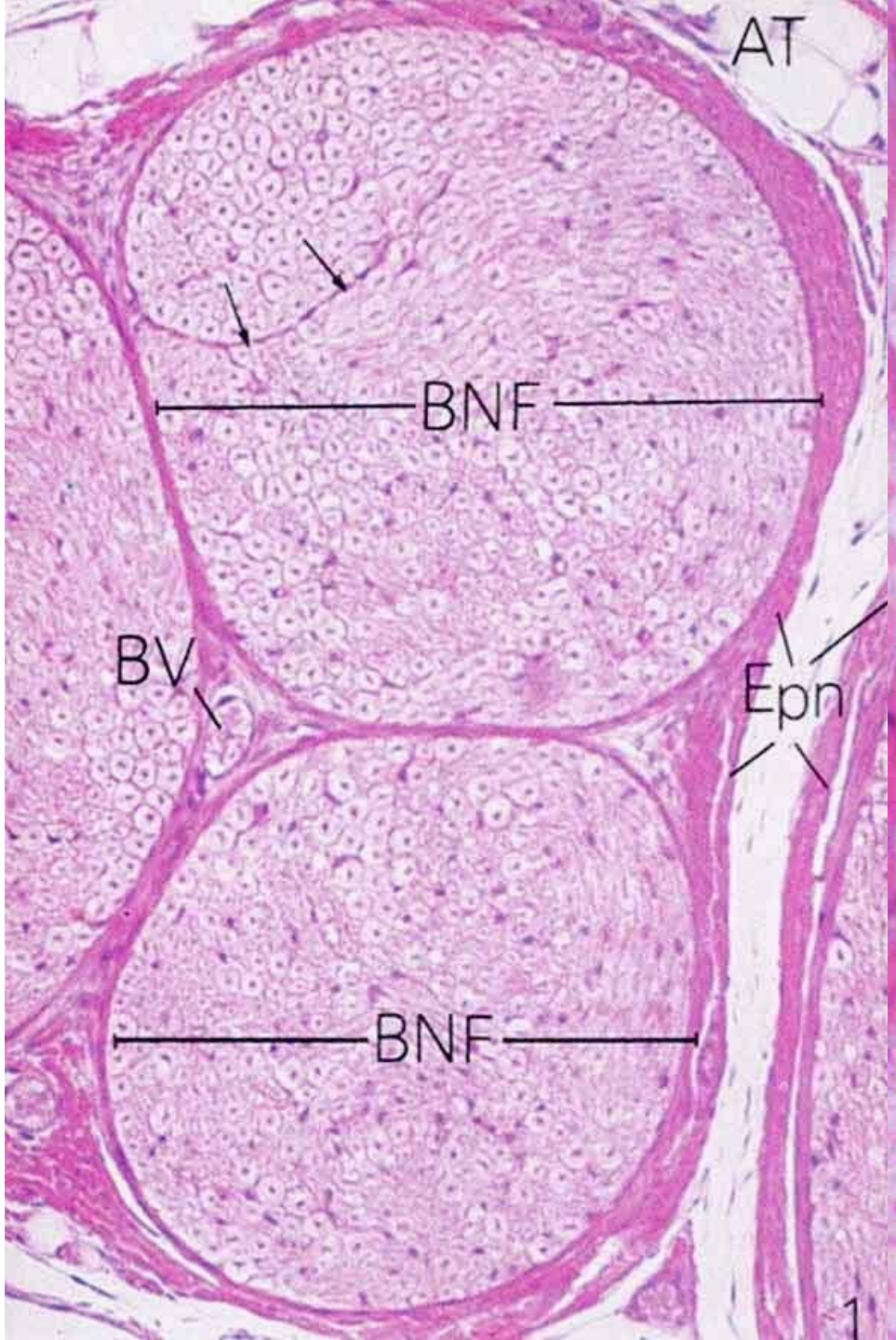
1. Po produkci v choroidálním plexu postranních komor se likvor přesouvá přes foramina Monroi do třetí a skrz canalis Sylvii do čtvrté mozkové komory a odtud se dostává přes foramen Magendii a foramina Luschkae do subarachnoidálního prostoru, kde se vstřebává do krve pomocí Pacchioniho granulací. Při poruše může vznikat hydrocefalus.

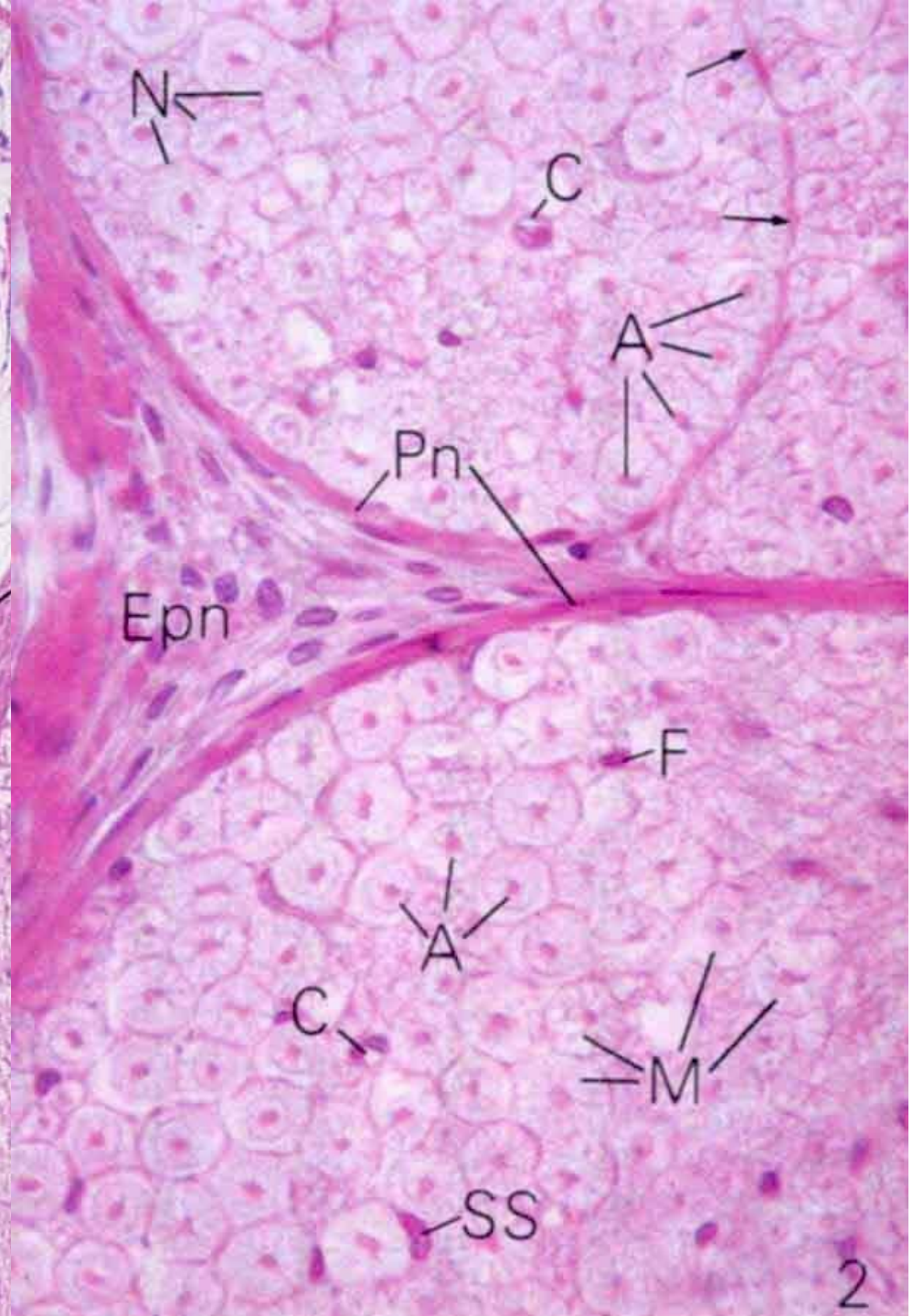
1. Punkce páteřního kanálu za účelem odběru likvoru. Vyšetřujeme jej zejména cytologicky, mikrobiologicky a biochemicky.

Obaly CNS a plexus choroideus – přehled

- **Dura mater** je tvořena **hustým kolagenním vazivem** a vnitřněji uloženou vrstvou plochých durálních hraničních buněk
- V lebce plynule přechází do periostu lebečních kostí a obsahuje **venózní sinusy**, v oblasti páteřního kanálu je vytvořen **epidurální prostor** obsahující tuk a cévní pleteně
- **Arachnoidea** je tvořena bezcévnou vazivovou tkání, na hranici s dura mater obsahuje **arachnoidální hraniční buňky**, pod touto tenkou vrstvou odstupují směrem k pia mater **trabekuly**
- **Pia mater** se nachází na povrchu CNS a sleduje také průběh cév, od CNS je oddělena pomocí **lamina limitans gliae superficialis**, skládá se z **bohatě vaskularizovaného řídkého kolagenního vaziva**
- **Plexus choroideus** je výchlipka pia mater do mozkových komor tvořená **řídkým kolagenním vazivem** s četnými kapilárami, na povrchu nacházíme **jednovrstevný kubický až nízce cylindrický epitel**

Periferní nervy

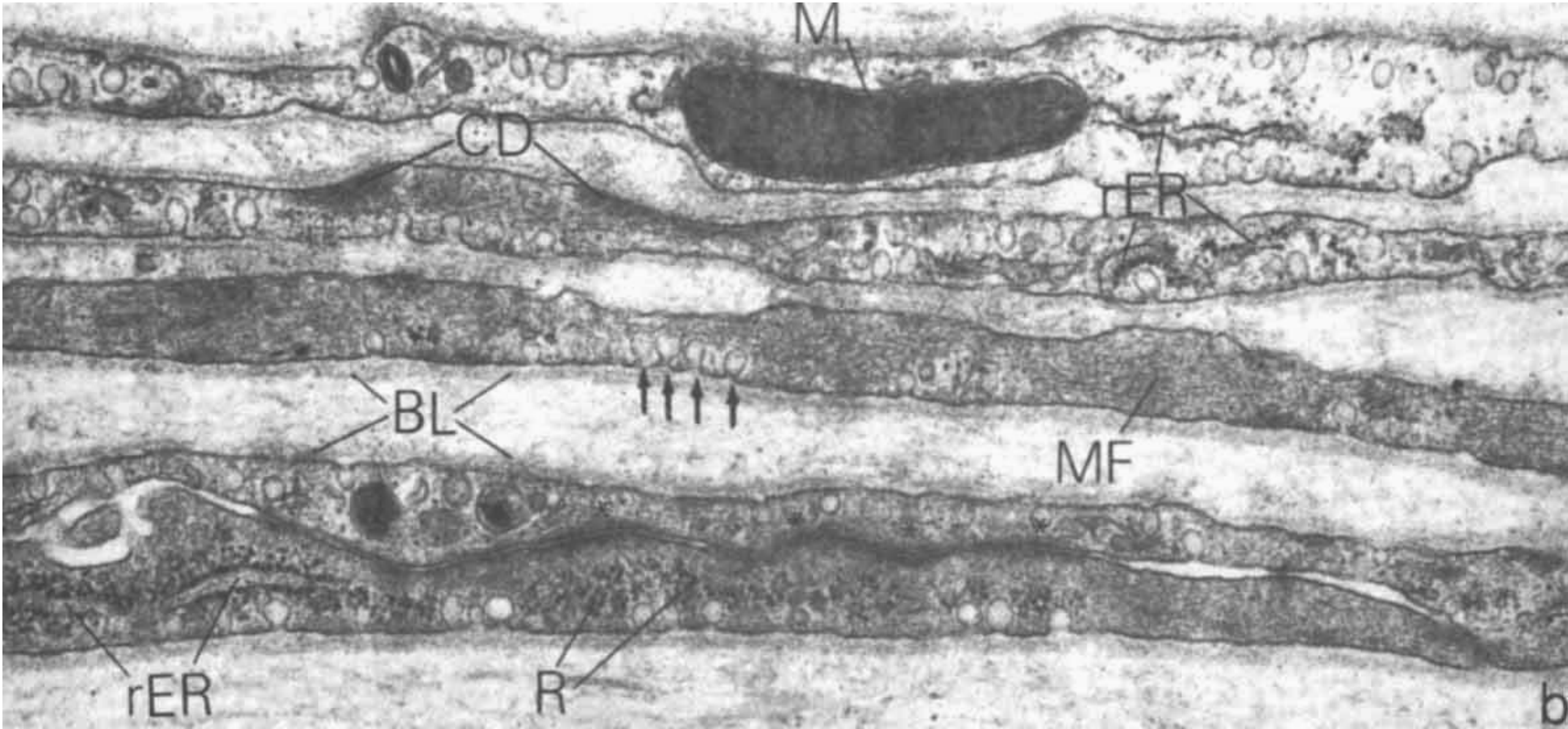

AT
BNF
BV
Epn
BNF
1


N
C
A
Pn
Epn
F
A
C
M
SS
2

F
S
F

500 nm

Perineurium



Otázky a úkoly

1. Co se stane s neurony, pokud je nerv přerušen? Může nastat regenerace? Co se stane s inervovaným svalem?

1. Co je to schwannom? Který hlavový nerv bývá typicky postižen?

Otázky a úkoly

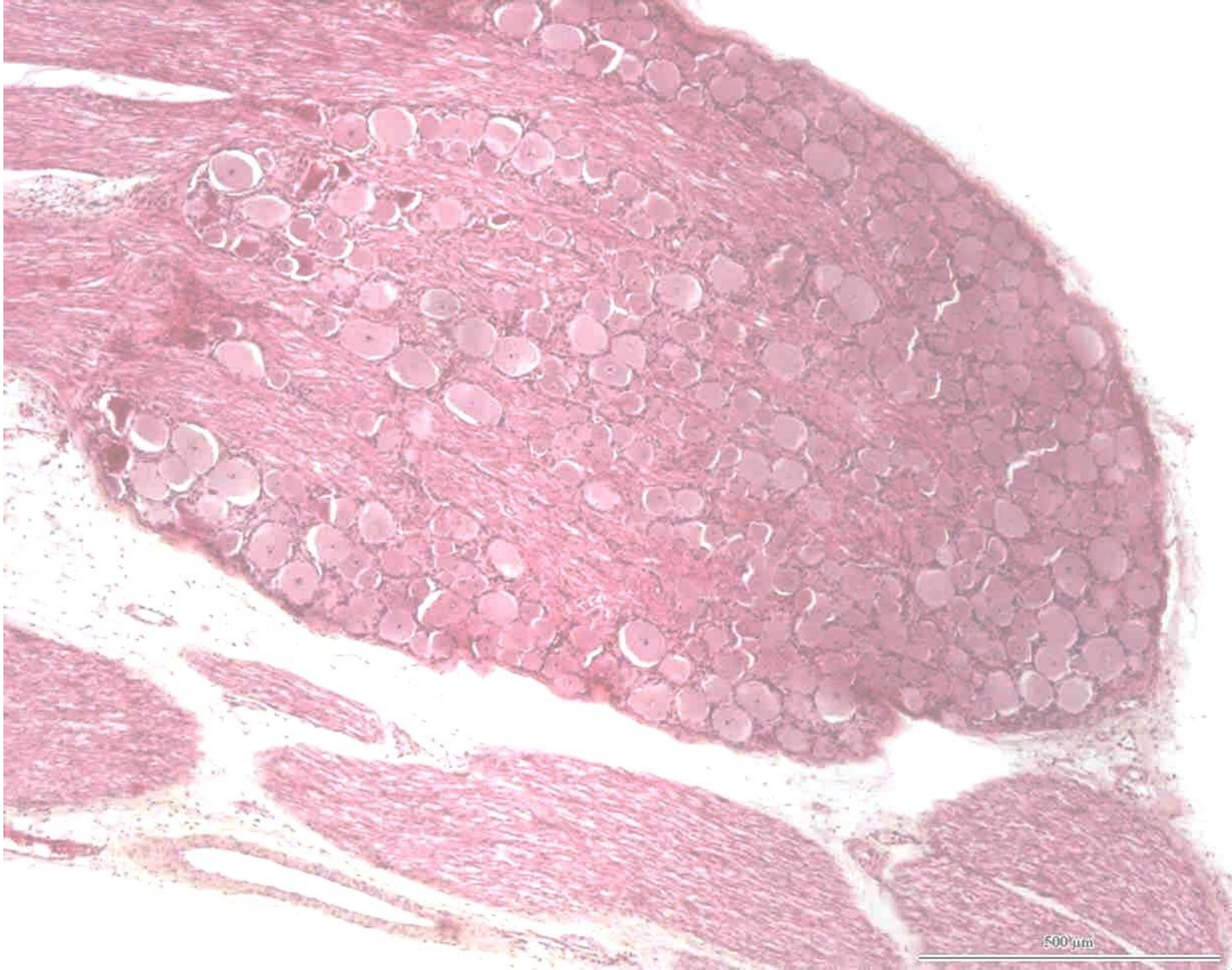
1. Při porušení axonu nastává tzv. **Wallerova degenerace**. Dochází k desintegraci cytoskeletu axonu a myelinové pochvy. V těle také dochází ke změnám, jako je například chromatolýza (ztráta Nisslovy substance). Schwannovy buňky vytvoří dráhu, kudy prorůstají výběžky z proximálního pahýlu axonu rychlostí asi 3 mm/den. Inervovaný sval atrofuje.

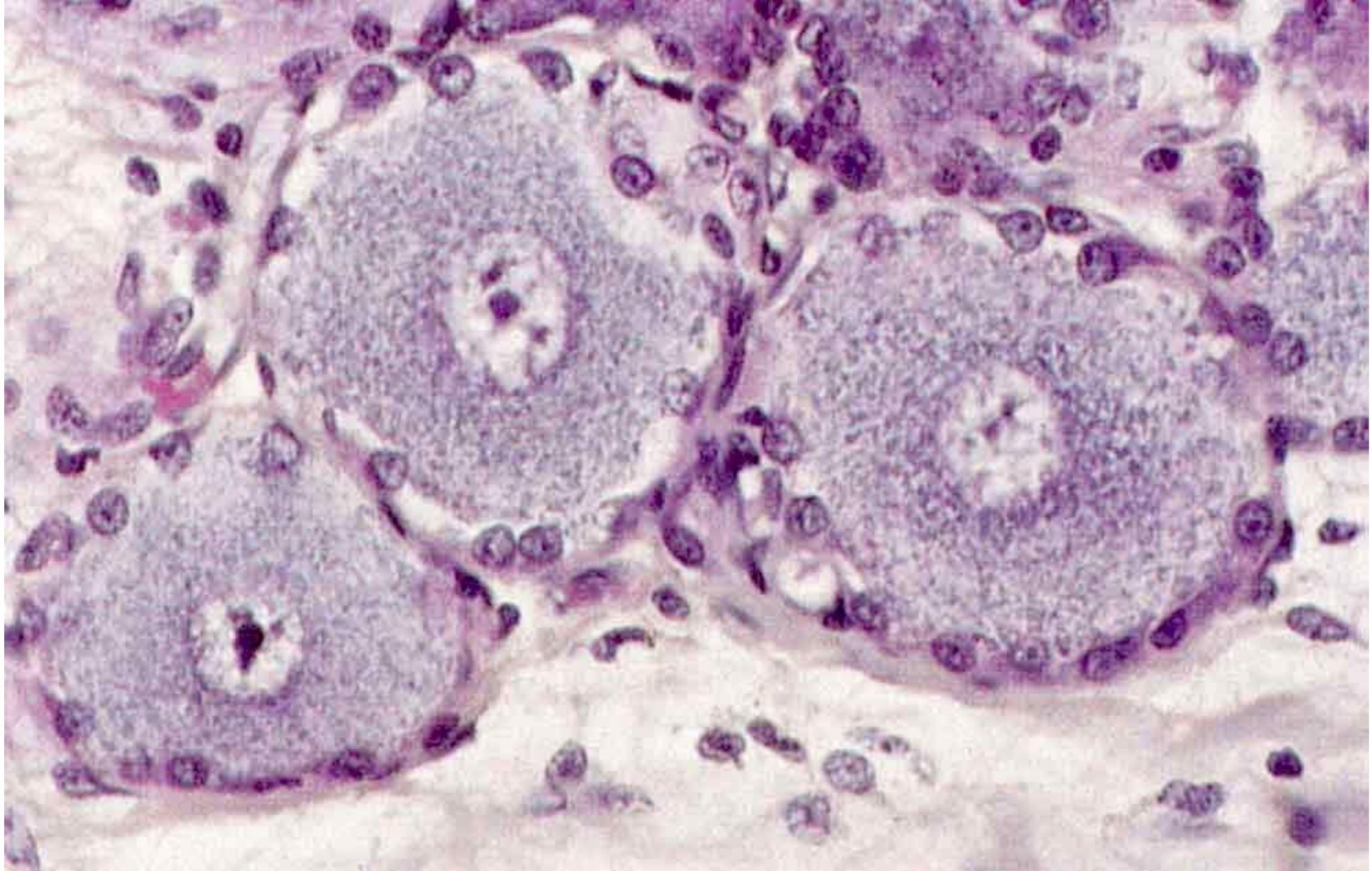
1. Je to benigní nádor ze Schwannových buněk. Nejtypičtější je vestibulární schwannom postihující VIII. hlavový nerv. Může být asociován s genetickým onemocněním – neurofibromatózou 2. typu.

Nervy – přehled

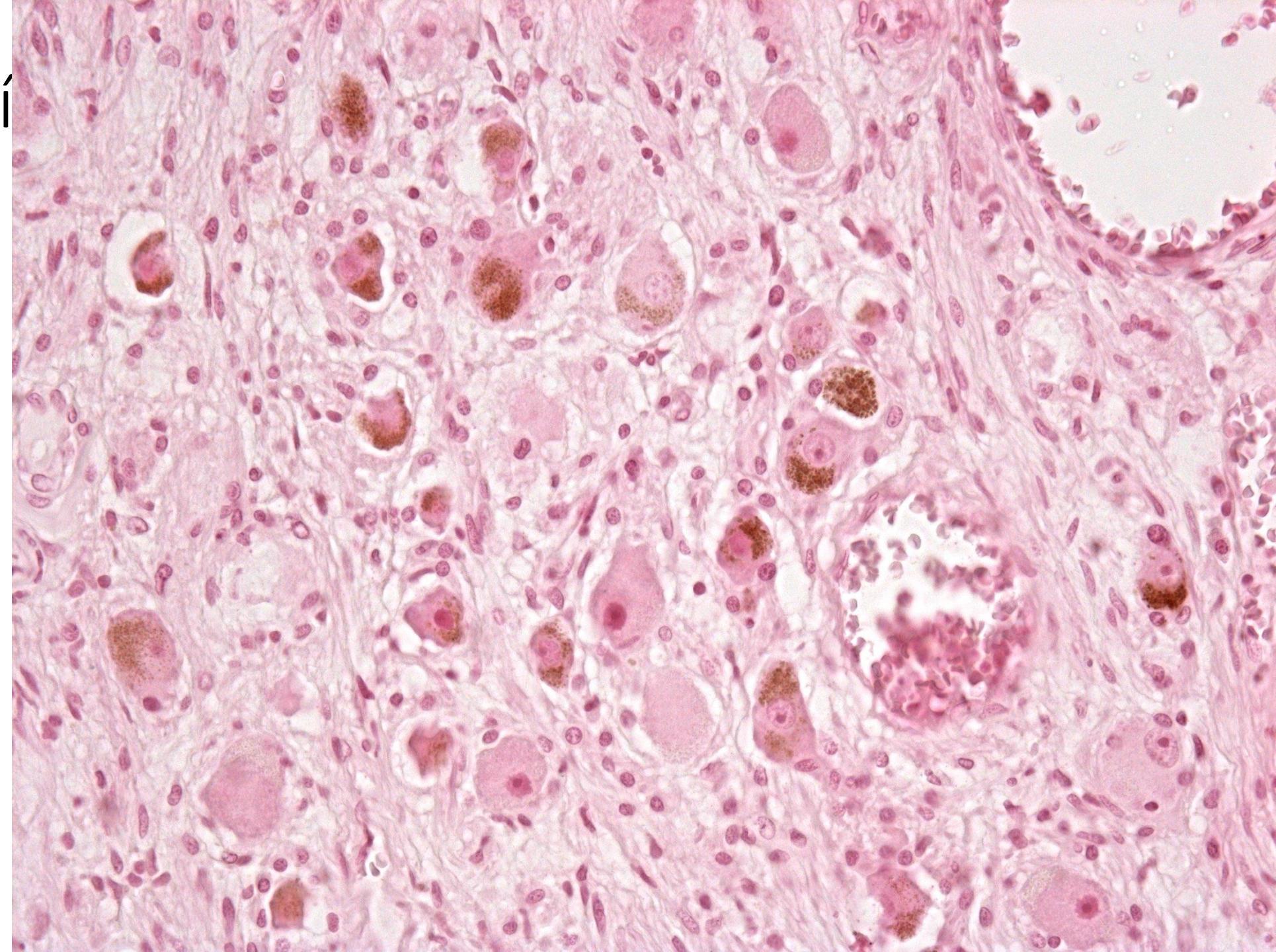
- Skládají se ze **svazků axonů** doprovázených **Schwannovými buňkami** a obalů
- Axony periferních nervů mohou být jak **myelinizované**, tak **nemyelinizované,** periferní myelin se trochu liší od centrálního
- Těla neuronů jsou v CNS, nebo v gangliích, v periferních nervech se jejich těla nenacházejí, zastižená jádra patří jiným buňkám
- Uvnitř jednotlivých axonálních svazků se nachází **endoneurium** (retikulární vlákna a amorfní hmota) a jsou obaleny **perineuriem** (několik vrstev zvláštních oploštělých buněk se znaky epitelu i pojiva, společně s fibroblasty a extracelulární matrix včetně kolagenních a retikulárních vláken)
- **Epineurium** se nachází na povrchu nervu a mezi jednotlivými svazky nervových vláken, je tvořeno **kolagenním vazivem** s poměrně četnými **cévami**

Spinální ganglion



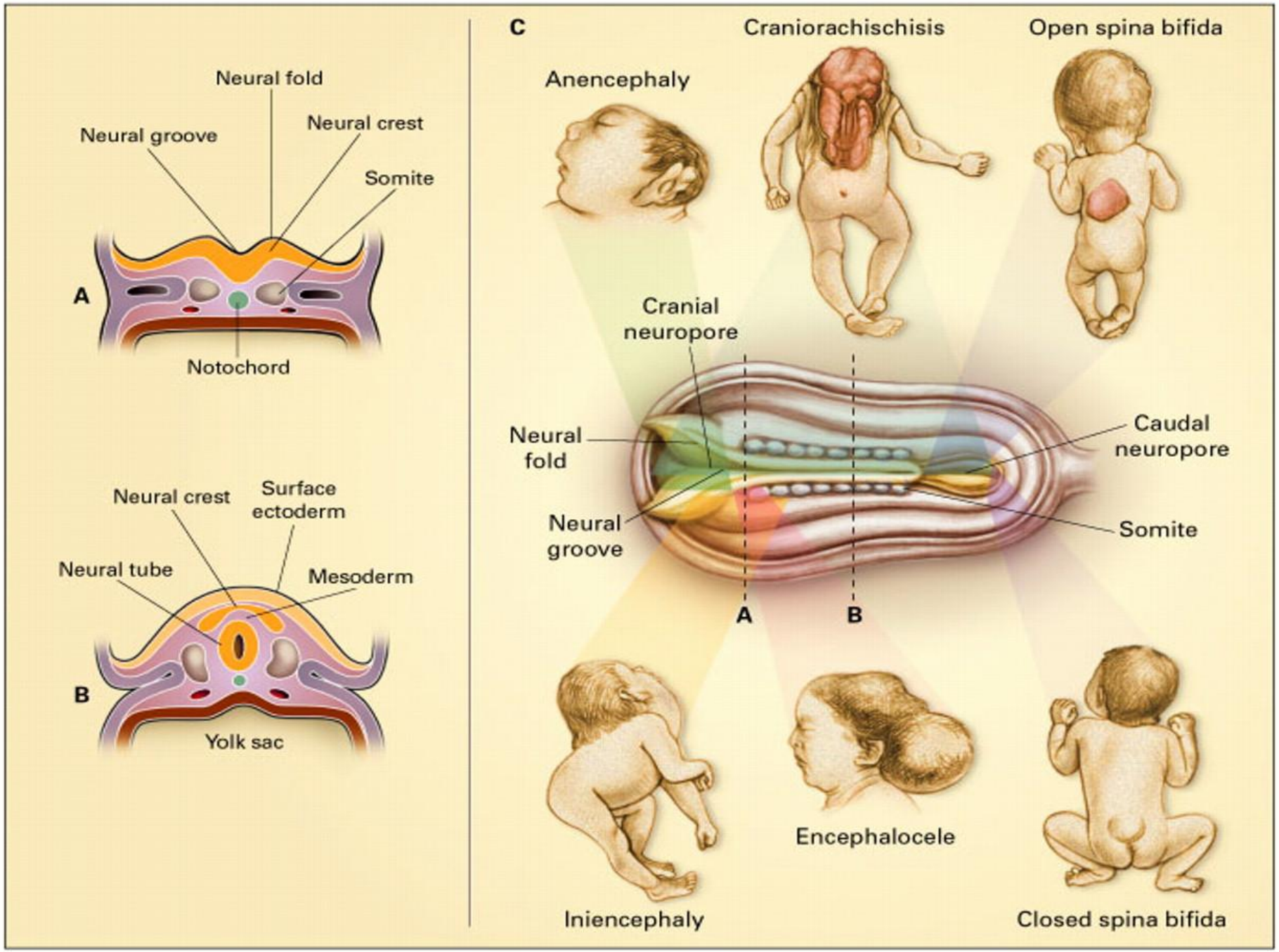


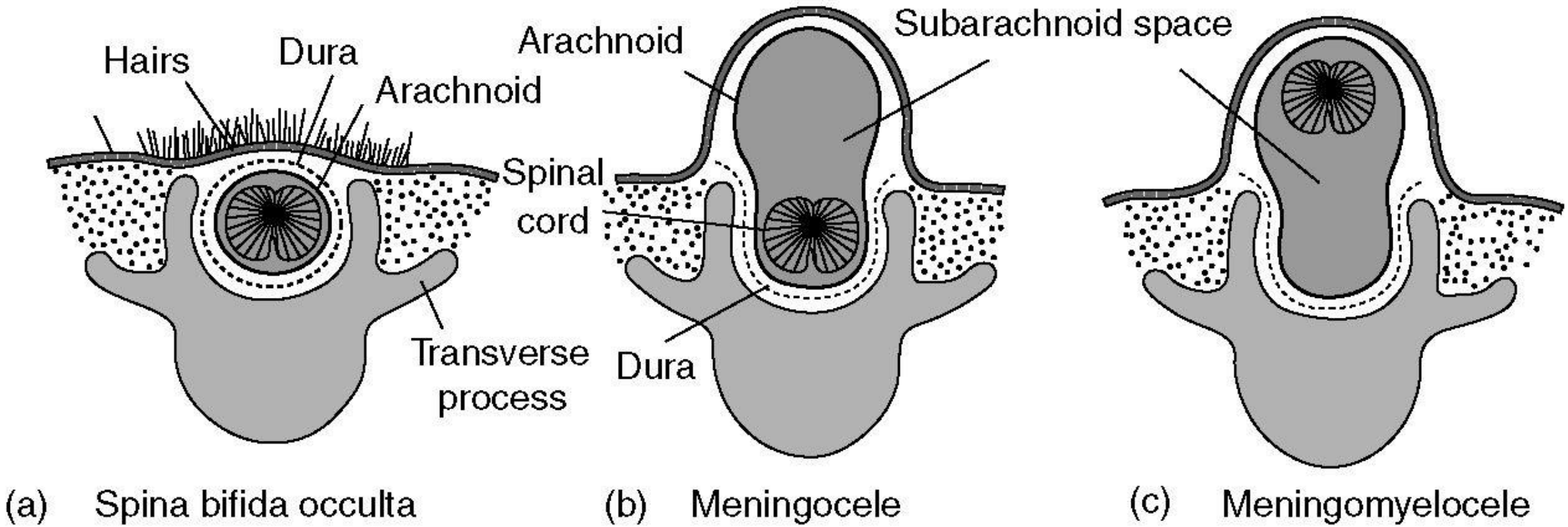
Vegetativní ganglion

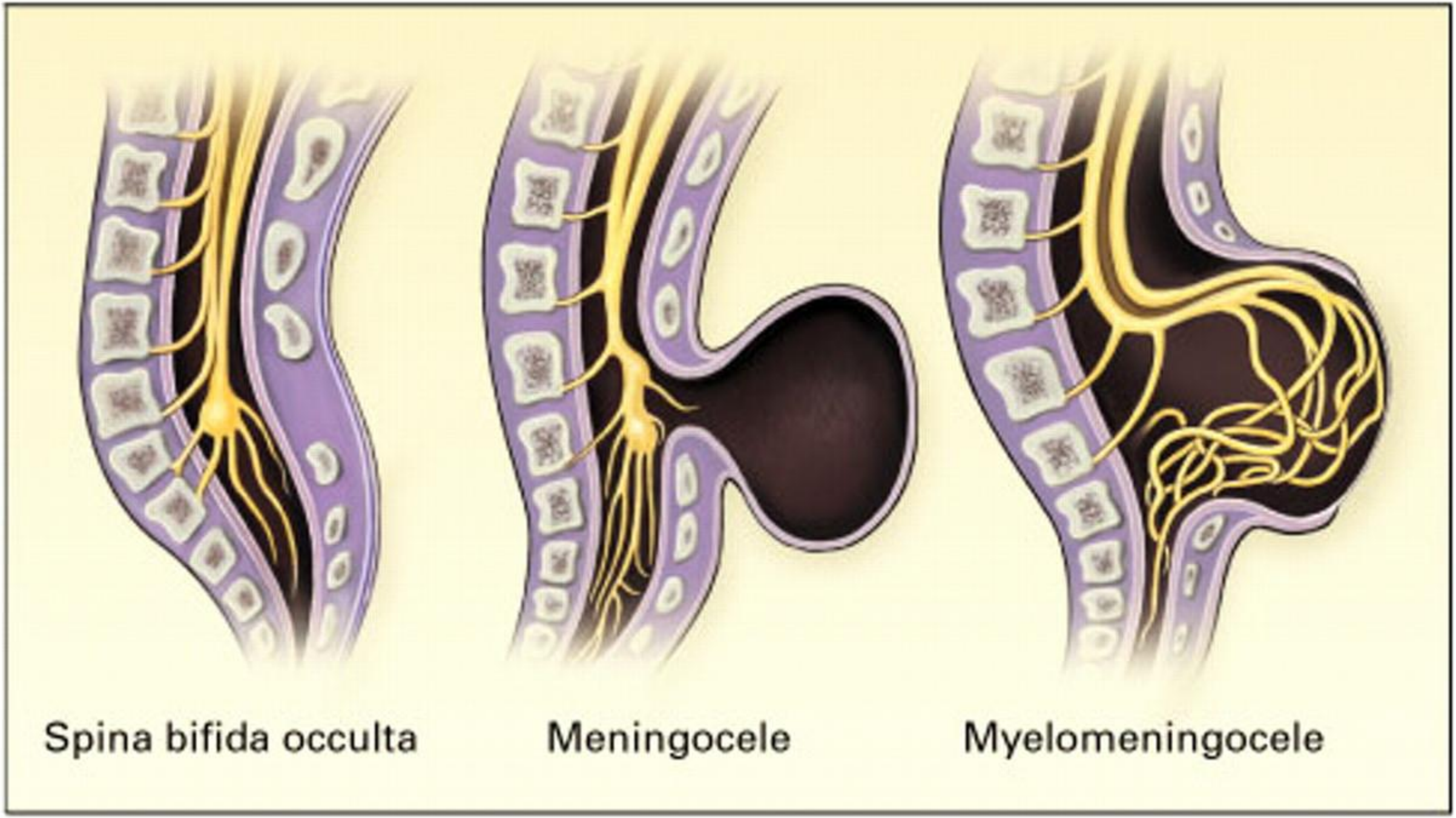


Ganglia – přehled

- **Skupiny neuronů** mimo CNS uložené v opouzdřených strukturách podél průběhu periferního nervu
- Těla neuronů jsou obklopena speciálními gliovými buňkami, nazývanými **satelitové buňky**
- **Senzitivní ganglia** obsahují aferentní pseudounipolární neurony a jsou uložena ve foramina intervertebralia u zadních míšních kořenů, nebo v průběhu hlavových nervů
- Ganglia VIII. hlavového nervu obsahují neurony bipolární
- **Autonomní ganglia** obsahují eferentní multipolární neurony
- **Sympatická** ganglia jsou větší a nacházejí se v blízkosti páteře (**paravertebrální a prevertebrální**)
- **Parasympatická** ganglia jsou v hlavové části umístěna v průběhu nervů **III., VII., IX., X.,** ostatní drobná ganglia bývají uložena **v blízkosti cílových orgánů**, často dokonce **intramurálně**
- Jako zvláštní část ANS se někdy vyčleňuje mohutný **enterický nervový systém**

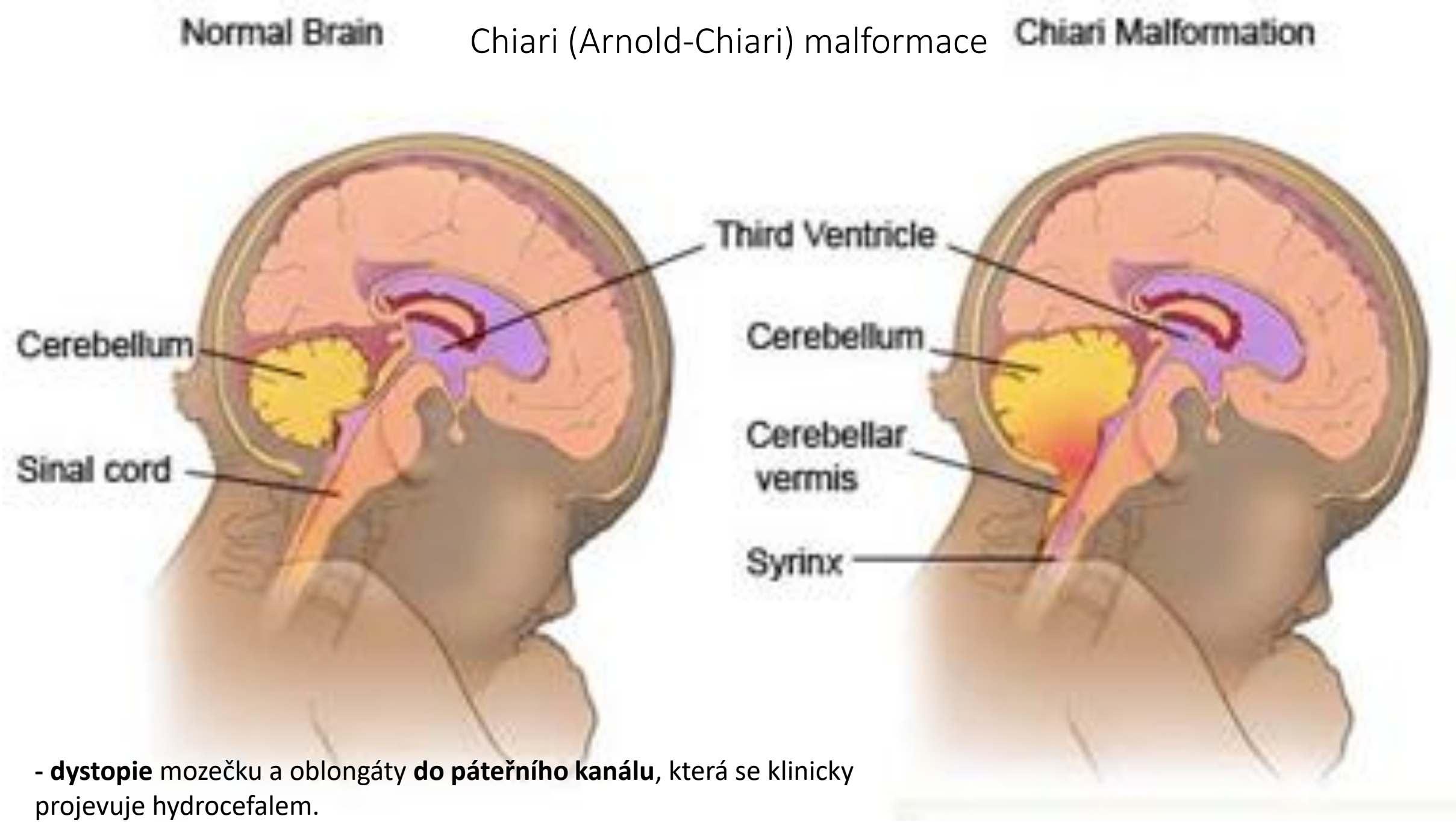

A
Neural fold
Neural groove
Neural crest
Somite
Notochord
B
Neural crest
Surface ectoderm
Neural tube
Mesoderm
Yolk sac
C
Anencephaly
Craniorachischisis
Open spina bifida
Cranial neuropore
Neural fold
Neural groove
Caudal neuropore
Somite
A
B
Iniencephaly
Encephalocele
Closed spina bifida


Hairs
Dura
Arachnoid
Spinal cord
Transverse process
Arachnoid
Subarachnoid space
Dura
(a) Spina bifida occulta
(b) Meningocele
(c) Meningomyelocele

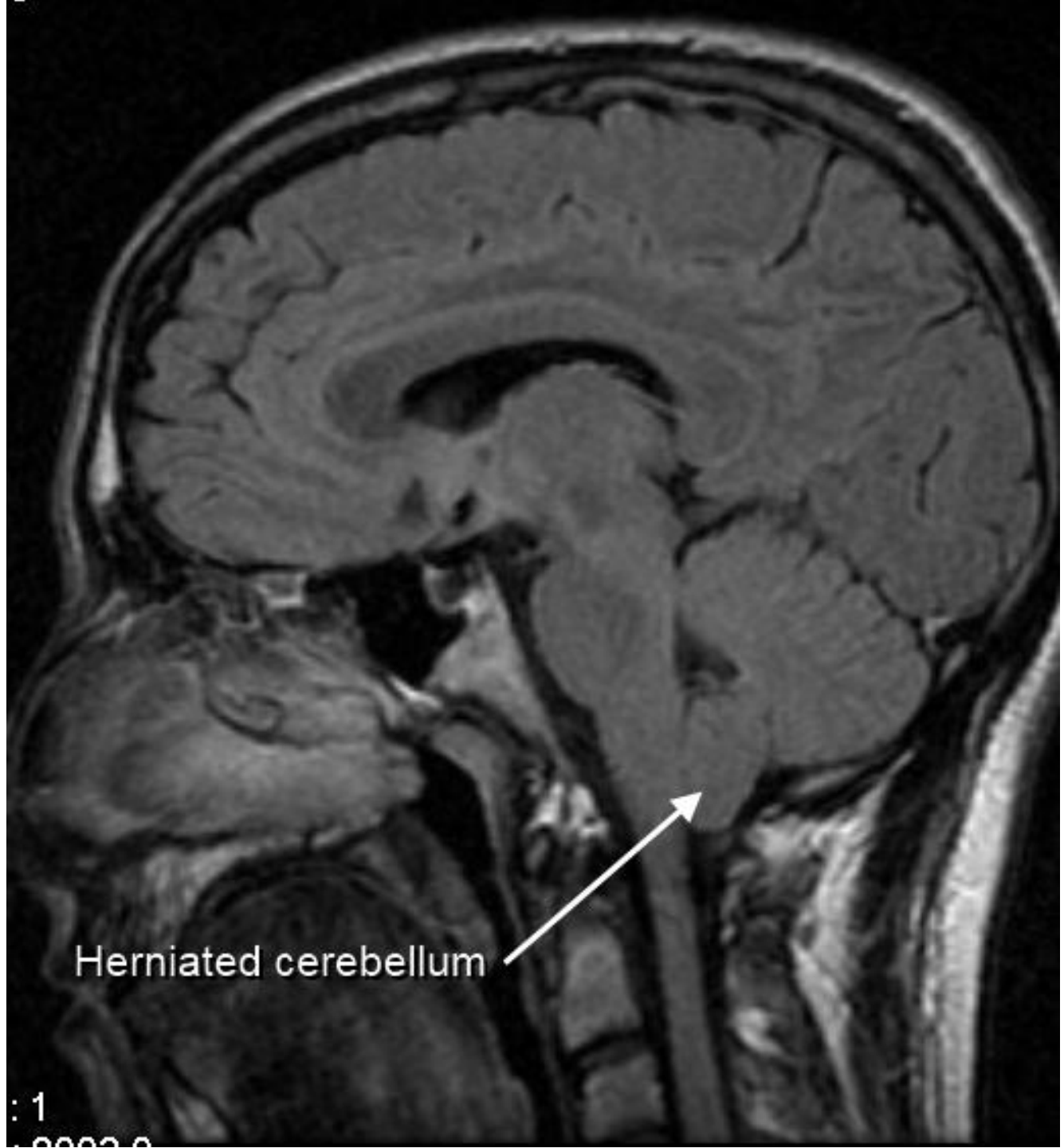

Spina bifida occulta
Meningocele
Myelomeningocele

A

Chiari (Arnold-Chiari) malformace



- dystopie mozečku a oblongáty **do páteřního kanálu**, která se klinicky projevuje hydrocefalem.


Herniated cerebellum

VVV nervového systému – rozštěpové vady

- **Anencefalie, kraniorachischíza a myeloschíza** tvoří skupinu defektů uzavření nervové trubice, jsou velmi závažné a přežití je značně limitováno
- Další vadou je **spina bifida**, kdy není uzavřen páteřní kanál a na povrch proniká mícha či jen její obaly ve formě **meningomyelokély** či **meningokély**, tyto vady jsou obvykle spojeny s neurologickým postižením různého stupně
- **Encefalokéla** známená vyhřeznutí mozku z neuzavřené lebky, prognóza i zde závisí na velikosti defektu
- Při prenatální diagnostice hraje roli mj. i zvýšená hladina **alfa-fetoproteinu** v krevním séru matky
- **Spina bifida occulta** je vadou, při které je defekt páteřního kanálu jen málo patrný, v oblasti léze můžeme nalézt tzv. neurokutánní známky (pigmentace, ochlupení, angiom, vtažená kůže…), vyskytuje se až u 2% lidí

VVV nervového systému - holoprosencefalie

- **Holoprosencefalie** je způsobena nerozdělením prosencephala na dvě poloviny, projevuje se **neurologickým deficitem** a **kraniofaciálními malformacemi** (kyklopie, synoftalmie, proboscis), smrt nastává ve většině případů v prvním roce života
- Vyskytují se i lehčí varianty s neúplným rozdělením hemisfér a lehčí stigmatizací, zde je prognóza lepší, ovšem z těžkým neurologickým a kognitivním deficitem
- Četnost vady se udává kolem 1:10000 narozených, ale až 1:250 u spontánních abortů

VVV nervového systému – Chiariho malformace

- **Chiariho malformace** je charakterizována **herniací mozečkových tonsil** a někdy i části kmene do foramen magnum, často bývá doprovázena **hydrocefalem** či **syringomyelií**
- Existuje několik anatomicky a klinicky odlišných subtypů, mnohdy doprovázených dalšími defekty (např. meningomyelokélou)