

NERVOVÝ SYSTÉM

Neurony

Funkce v neuronální síti

Aferentní
Eferentní
Senzorické
Interneurony
Projekční
Senzitivní
Motorické
Asociační

Mediátor

Dopaminergní
Cholinergní
Serotonergní
Aminergní
GABAergní
Nitriergní (NO₂)
Peptidergní, ...

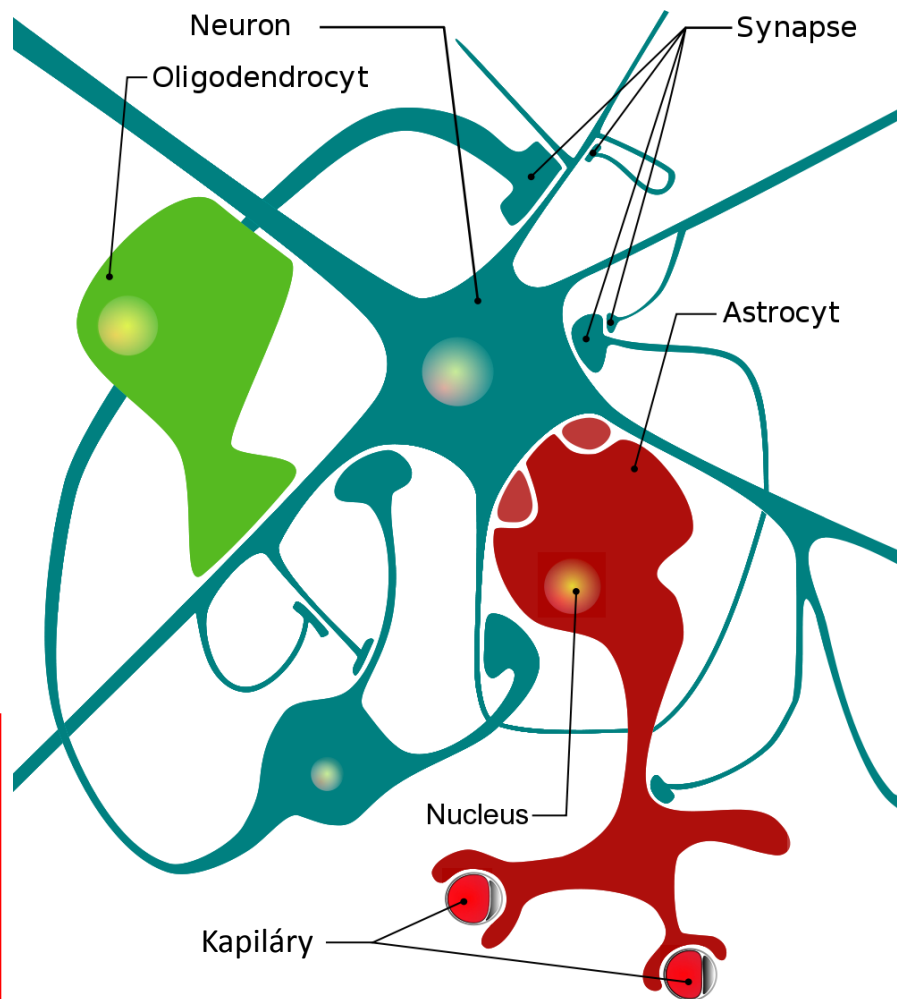
Morfologie těla

Unipolární
Bipolární
Multipolární
Pseudounipolární

Délka axonu

Golgi typ I (dlouhý)
Golgi typ II (krátký)

Gliové buňky



CNS

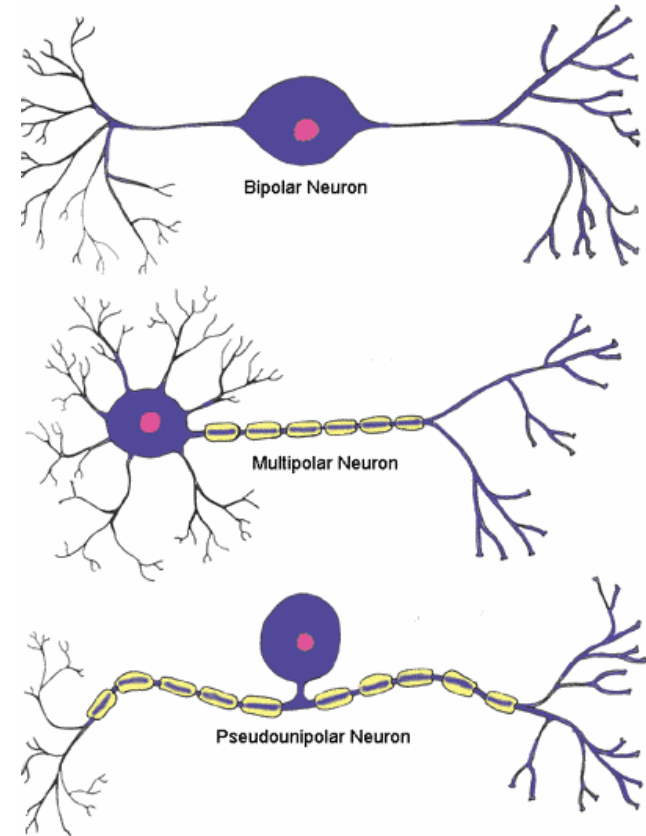
Astrocyty
- fibrózní (šedá hmota)
- protoplazmické (bílá hmota)
Oligodendrocyty
Mikroglie
Ependymové buňky

Periferie

Schwannovy buňky
Satelitní buňky (amficyty)

Klasifikace neuronů

- **Unipolární** – primární smyslové buňky (tyčinky, čípky)
- **Bipolární** – druhý neuron v retině, vestibulokochleární ganglion
- **Multipolární** - the most frequent – CNS, the autonomic ganglia
- **Pseudounipolární**
 - Jeden výběžek tvaru T
 - Axonální a dendritický výběžek
 - Kraniální nervy



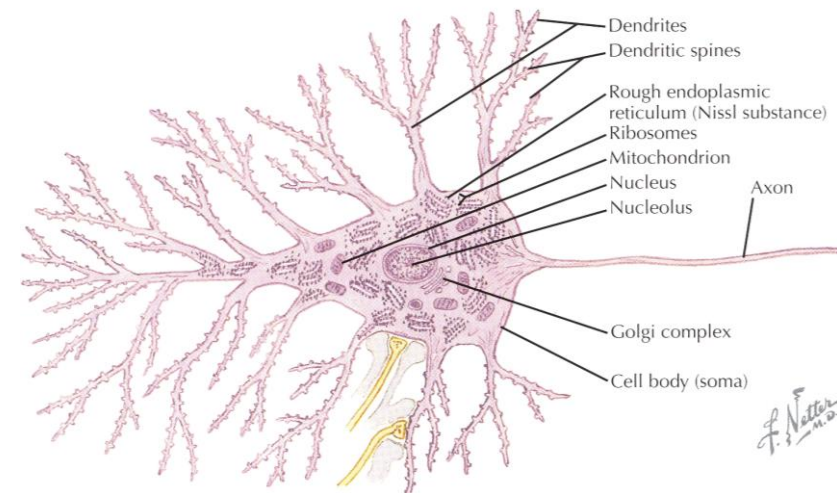
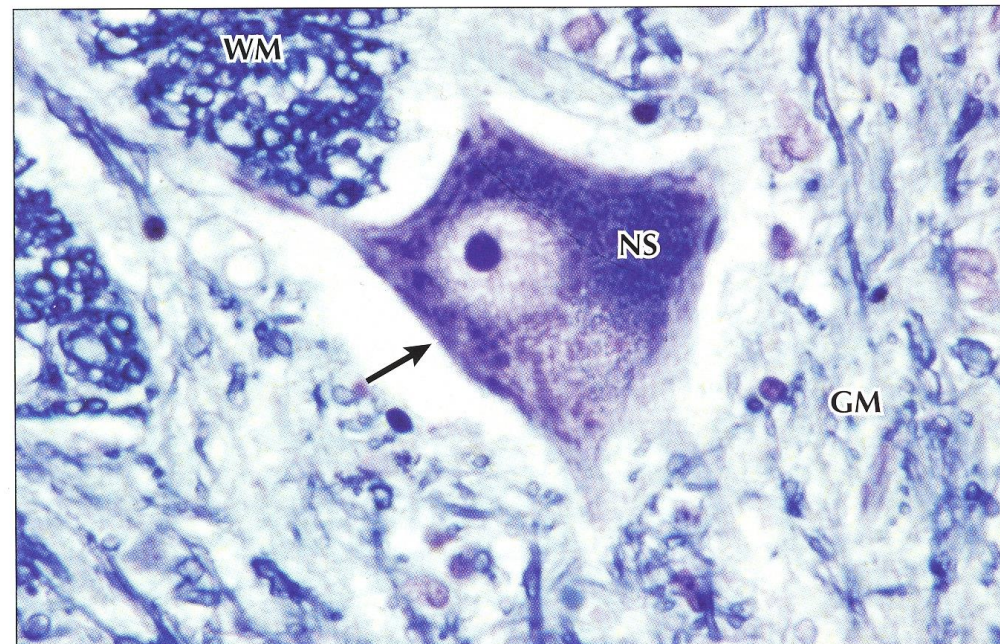
Délka axonu

Golgi typ I – projekční neurony, velké perikaryon, dlouhý axon, vedení na velké vzdálenosti

Golgi typ II – interneurony, malé perikaryon, axon neopouští oblast ve které je neuron lokalizován

MORFOLOGIE

Příklad: Pyramidální neuron cerebrálního kortexu
(vnitřní pyramidová vrstva, „motorcortex“)



Mišní multipolární neuron

10-100 μ m

Perikaryon

- kulaté jádro, dominantní jadérko
- bazofilní cytoplazma – tyčinkovité mitochondrie, GA, **GER**
- Nisslova substance
- neurofilamenta, neurotubuly
- lipofuscin

Dendrity, dendritické trny

Axon

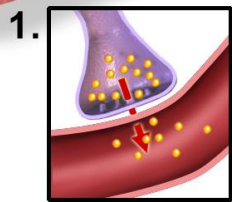
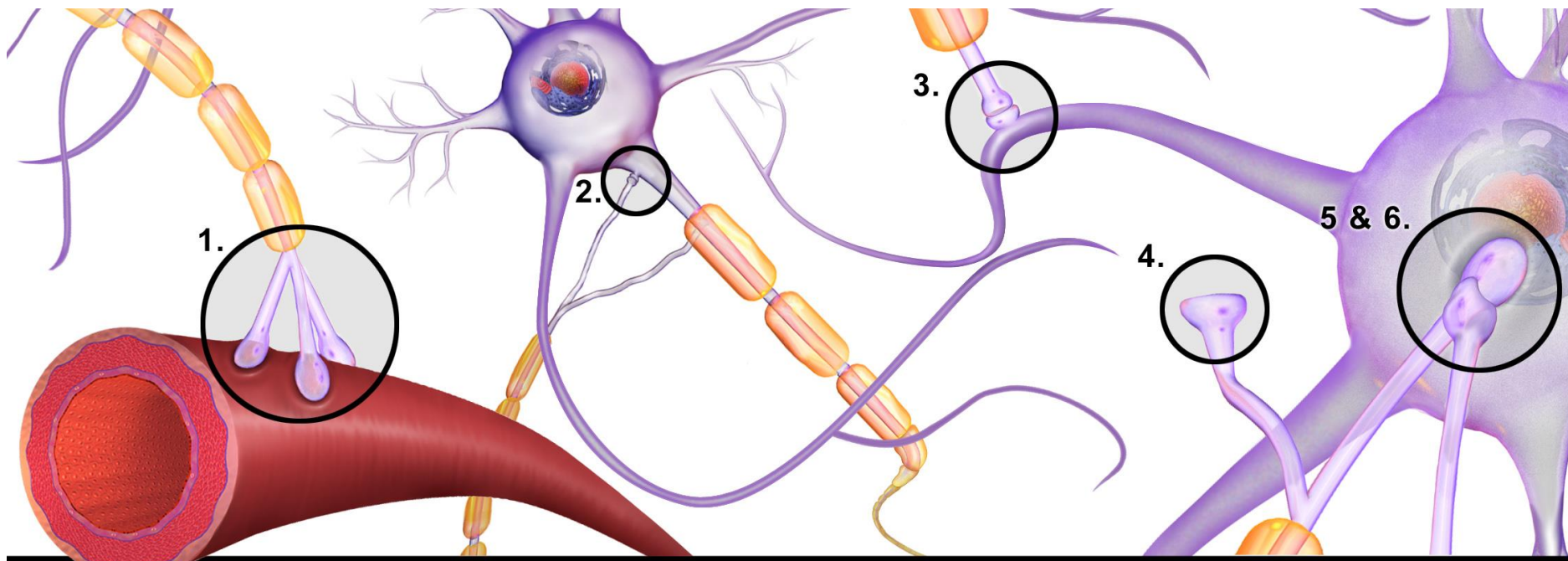
- odstupový konus
- iniciální segment
- axolema

Synapse

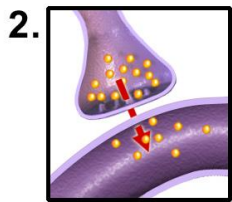
- presynaptické zakončení (terminální arborizace)
- synaptická štěrbina
- postsynaptická membrána

Motorická ploténka

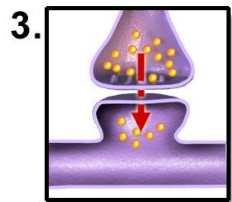
- velkoplošná cholinergní synapse



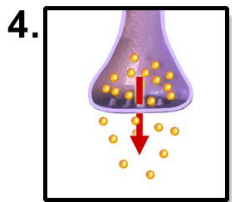
Axosecretory
Axon terminal secretes directly into bloodstream



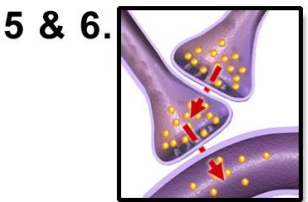
Axoaxonic
Axon terminal secretes into another axon



Axodendritic
Axon terminal ends on a dendrite spine



Axoextracellular
Axon with no connection secretes into extracellular fluid



Axosomatic
Axon terminal ends on soma
Axosynaptic
Axon terminal ends on another axon terminal

CNS – telencephalon - cortex cerebri, cerebellum, medulla spinalis

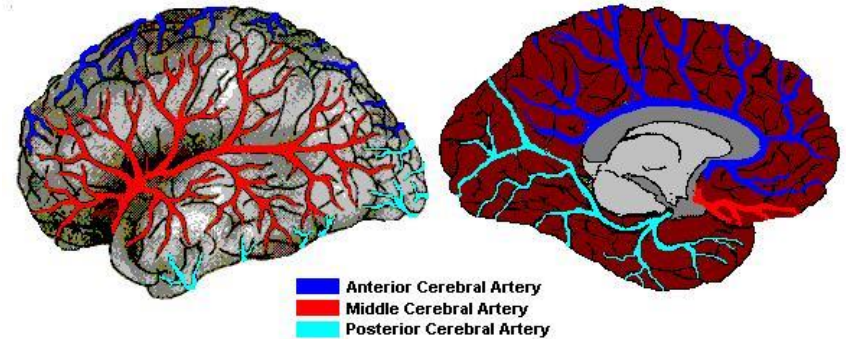
- **Šedá hmota**

- Těla neuronů
- Nemyelinizovaná vlákna
- Neurogliové buňky
- Bohatá kapilární síť



- **Bílá hmota**

- Myelinizované axony
- Neuroglie (oligodendrocyty)
- Vaskularizace



Telencephalon

Šedá hmota

1.5-5mm, 0.2-0.25m²

Povrch (*cortex cerebri*) + **oblasti v bílé hmotě**
(*ncl. caudatus, lentiformis, claustrum, amygdale*)

Isocortex 11/12 povrchu

- 8-9×10⁹ neuronů

Neurony

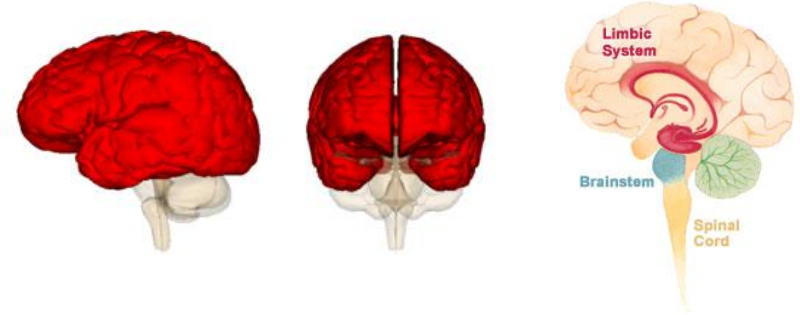
Pyramidální (motoneurony)
Granulární (hvězdicovité)
Fusiformní (bipolární)
Cajalovy (horizontální)
Martinottiho (vertikální)

Neuroglie

Astrocyty
Mikroglie

- 6 vrstev dle dominantního typu neuronů

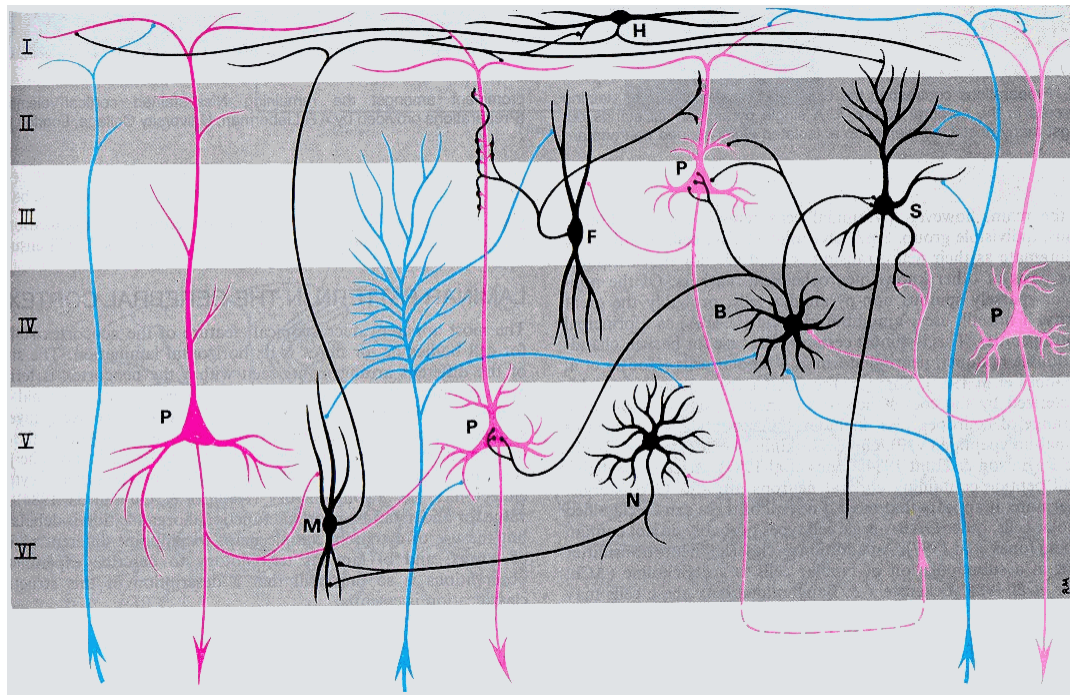
Allocortex 1/12 povrchu, rhinencephalon



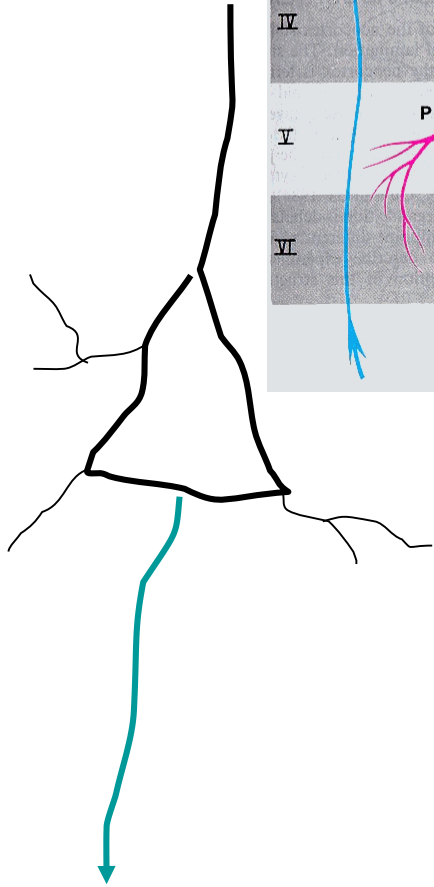
1. Lamina molecularis
2. Lamina granularis externa
3. Lamina pyramidalis
4. Lamina granularis interna
5. Lamina ganglionaris
6. Lamina multiformis

Bílá hmota

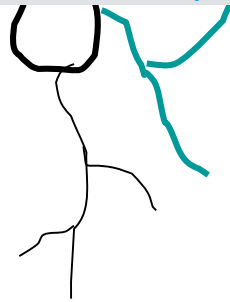
Corpus medullare telencephali



XU



pyramidové



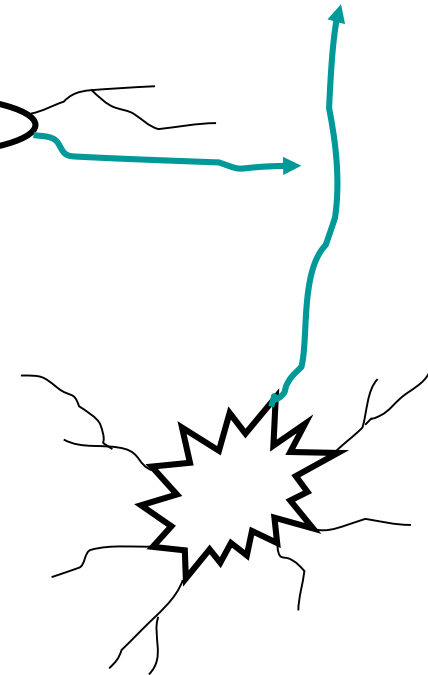
zrnité



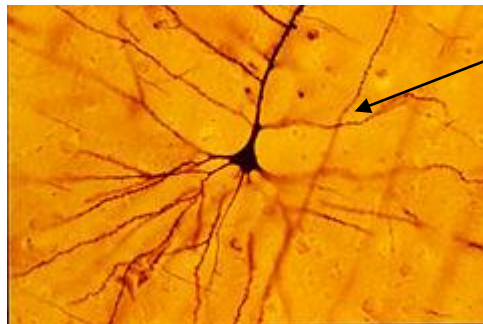
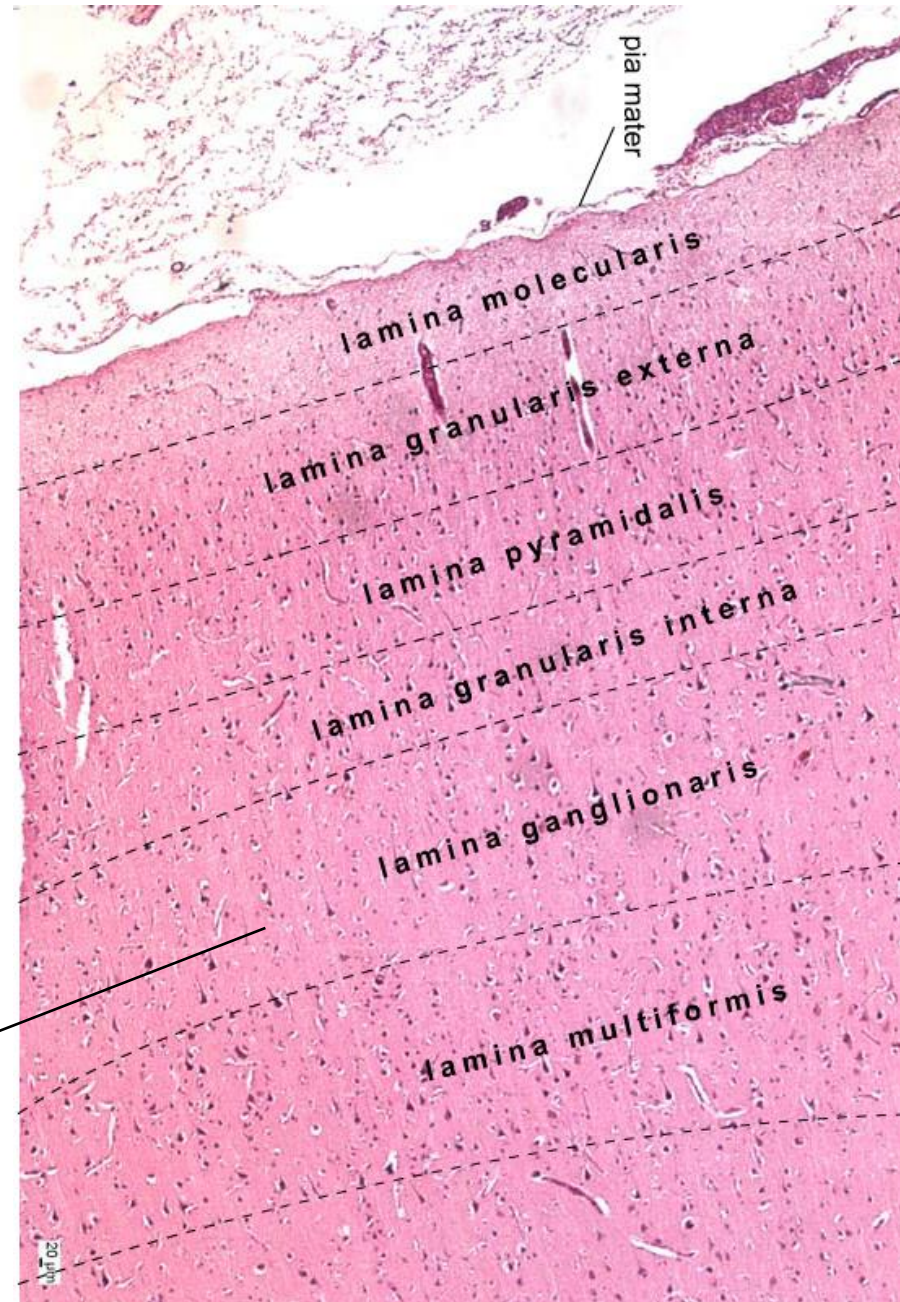
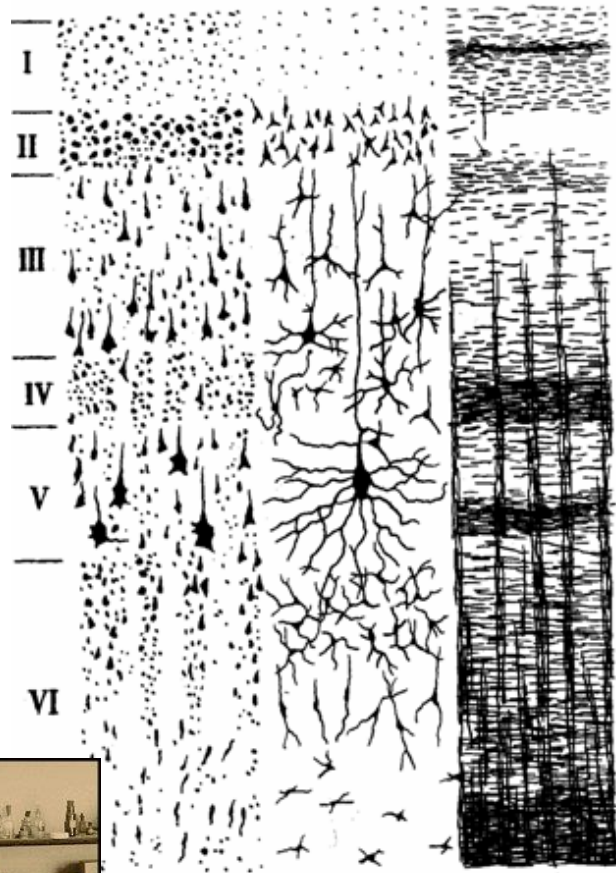
**vřetenovité
vertikální**



**vřetenovité
horizontální
Cajalovy**



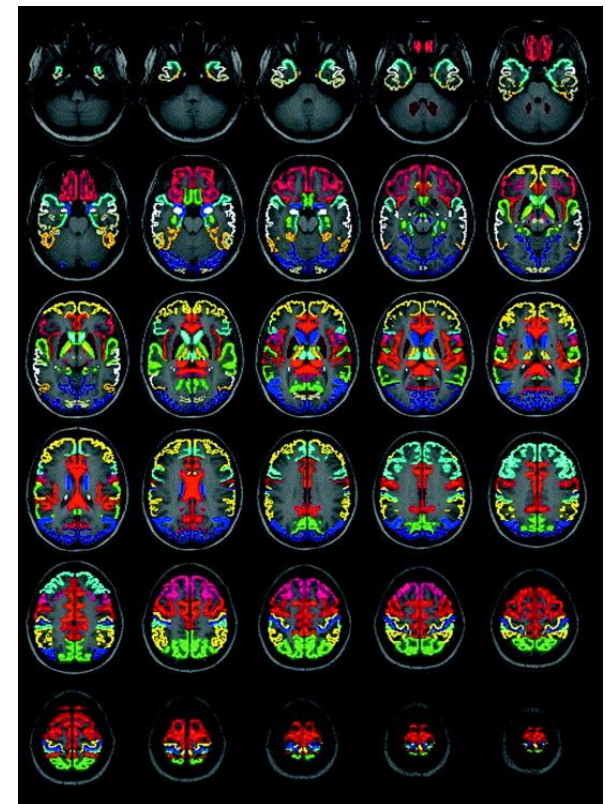
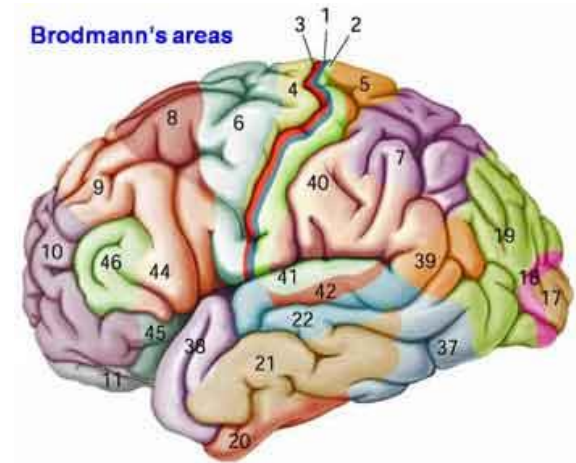
Martinottiho



Santiago R. Cajal
Nobel prize 1906

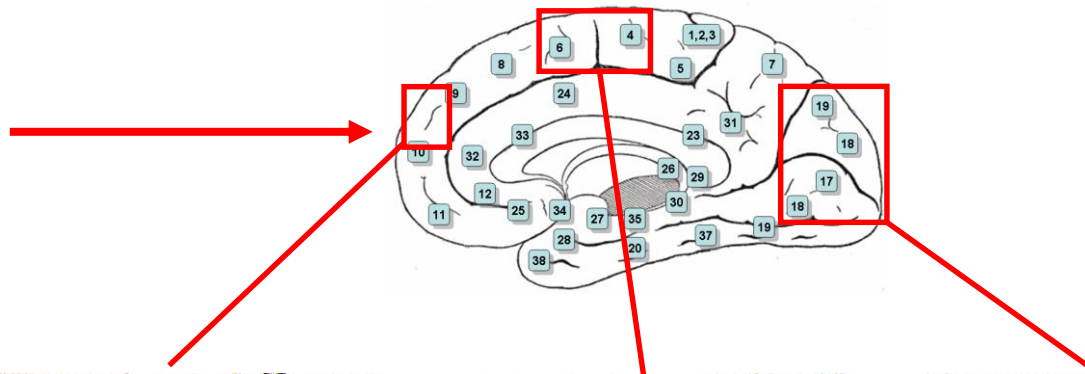
Brodmannovo členění mozkové kůry

| REGIO | AREAE | FUNKCE |
|------------------------|---|------------------------------|
| Postcentralis | 1,2,3,43,(2s) | somatosenzorická, chuťová |
| Praecentralis | 4,6, (4s) | motorická |
| Frontalis | 8,9,10,11,44, 45,46,47, (8s) | asociační |
| Insularis | 13,14,15,16 | integrační |
| Temporalis | 20,21,22,36,37,38,41,42,52 | sluchová |
| Parietalis | 5,7,39,40 | asociační |
| Occipitalis | 17,18,19,(19s) | zrková |
| Cingularis | 23,24,31,32,33 | mimovolní |
| Retrosplenialis | 26,29,30 | mimovolní |
| Hippocampica | 27,28,34,35,48,51 | čich (34),mimovolní paměť |
| Olfactoria | area olfactoria trigonum olfactorium | čichová |



Brodmanovo dělení mozkové kůry

| REGIO | AREAE | FUNKCE | POZNÁMKA |
|----------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Postcentralis | 1,2,3,43,(2s) | somatosenzorická, chuťová | zakončení thalamokortikálních vláken |
| Praecentralis | 4,6, (4s) | motorická | Betzovy pyramidové buňky |
| Frontalis | 8,9,10,11,44, 45,46,47, (8s) | asociační | volní úkony, vliv na mimovolní oblast |
| Insularis | 13,14,15,16 | integrační | |
| Temporalis | 20,21,22,36,37,38,41,42,52 | sluchová | rozdílly mezi druhy |
| Parietalis | 5,7,39,40 | asociační | vztah k somestézii |
| Occipitalis | 17,18,19,(19s) | zraková | k zrakové kůře patří i další oblasti |
| Cingularis | 23,24,31,32,33 | mimovolní | limbický systém |
| Retrospenialis | 26,29,30 | mimovolní | limbická, atokortex |
| Hippocampica | 27,28,34,35,48,51 | čich (34),mimovolní pamět | |
| Olfactoria | area olfactoria trigonum olfactorium | čichová | tzv. bazální čichová kůra |



I. Lamina molecularis

II. Lamina granularis externa

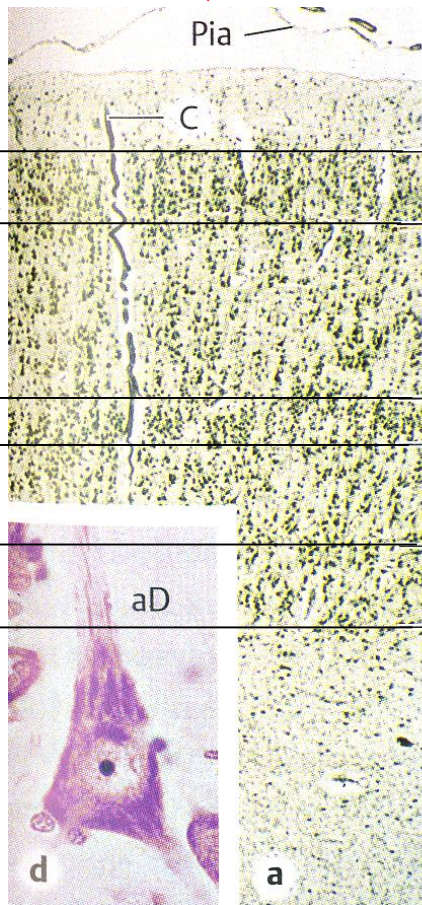
III. Lamina pyramidalis

IV. Lamina granularis interna

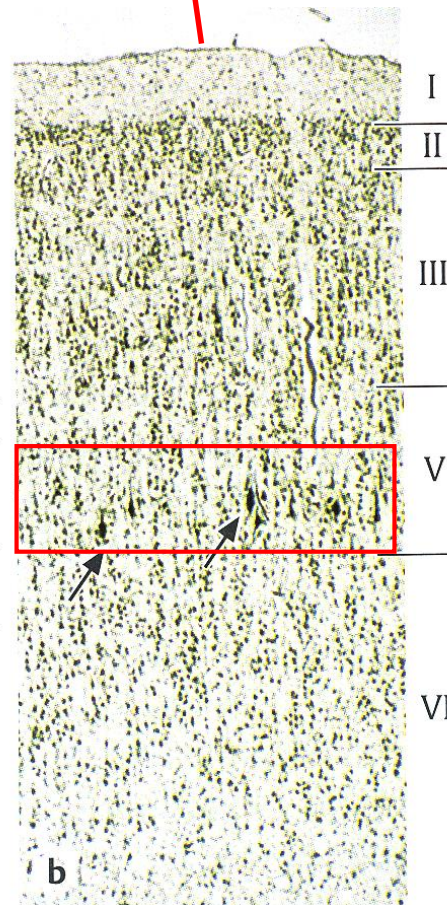
V. Lamina ganglionaris

VI. Lamina multiformis

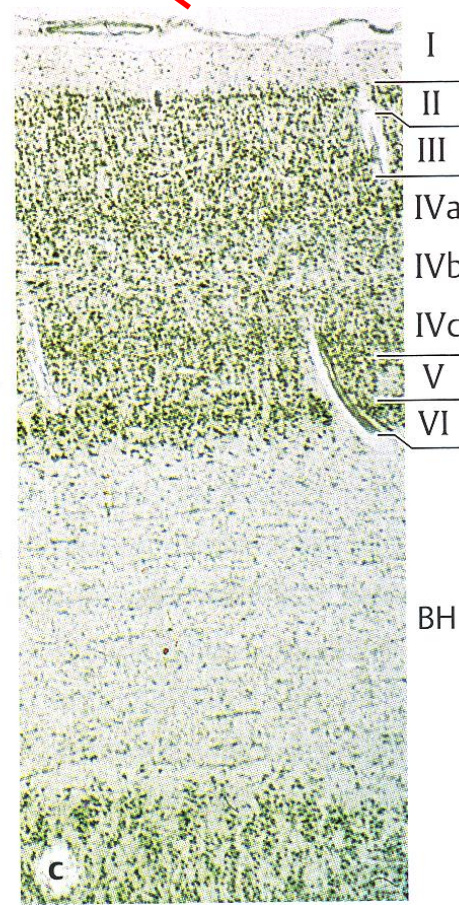
Bílá hmota



Homotypický isocortex



Primární motorická kůra



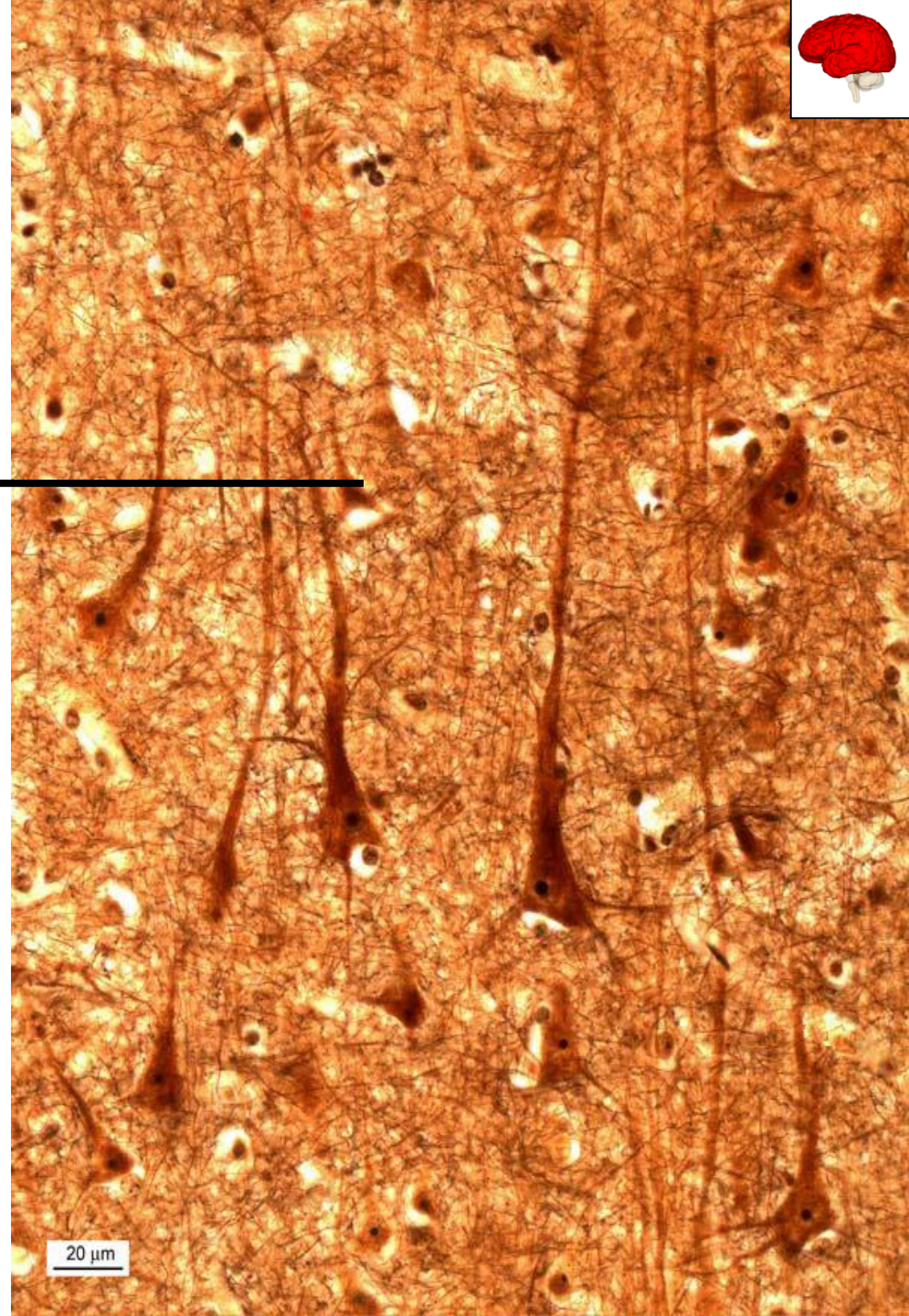
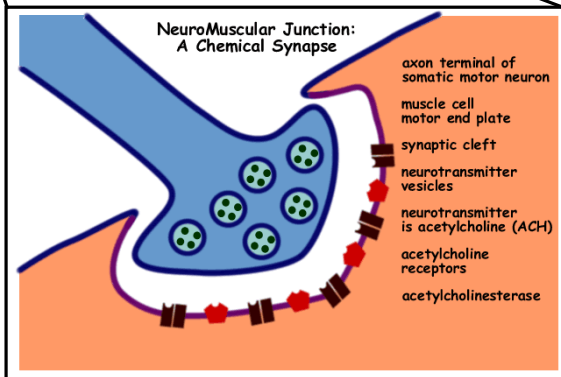
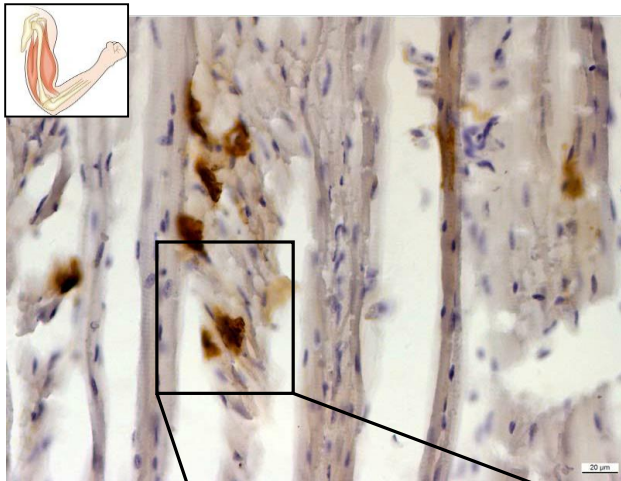
Primární zraková kůra



**Lamina ganglionaris (V) – Motoneurony =
Betzovy buňky (hnízda)**

Axony vedou mimo CNS – inervace svalových buněk

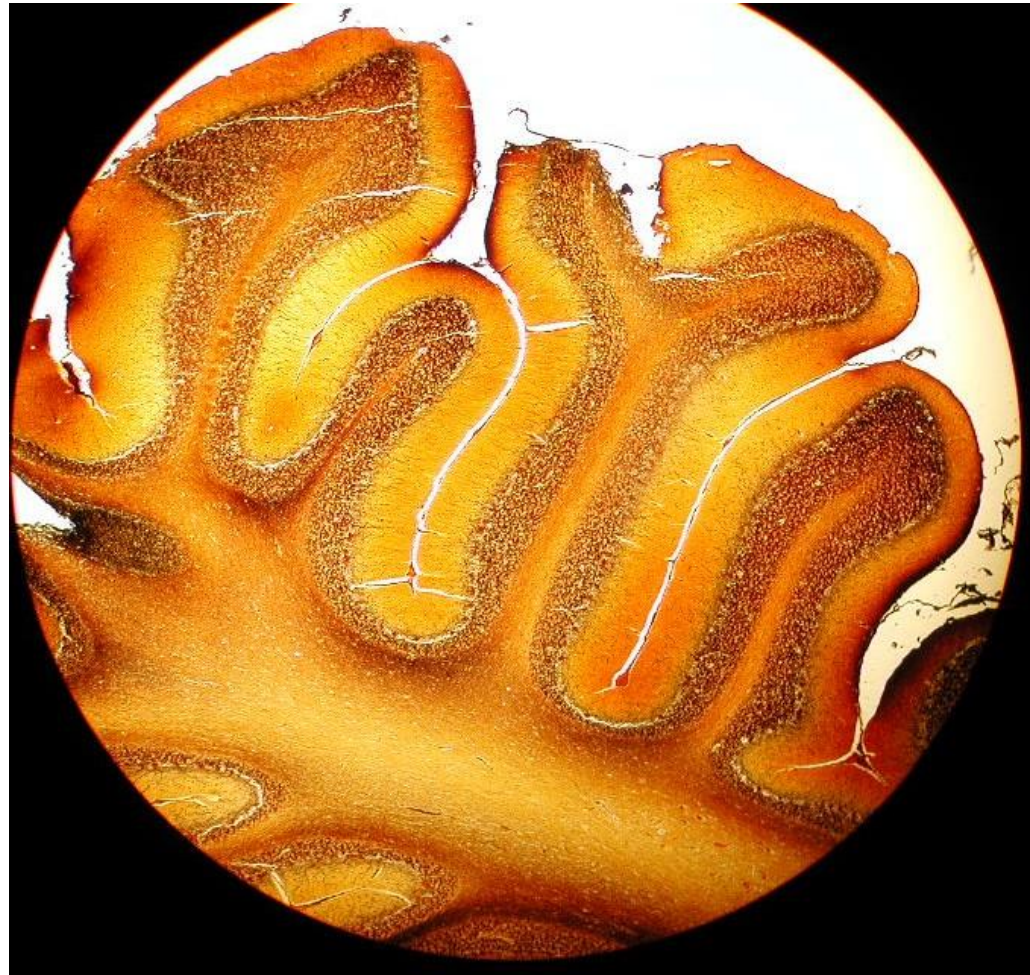
Cholinergní – neurotransmitter **acetylcholin**



Cerebellum

- **Šedá hmota /cortex cerebelli/**
 - cca 1mm
 - 3 vrstvy
 - Stratum moleculare
 - Stratum gangliosum (→ Purkyňovy buňky)
 - Stratum granulosum
 - **Bílá hmota**
 - Eferentní vlákna
 - Aferentní vlákna

 - **Párová jádra mozečku**
(n. dentatus, n. emboliformis, n. fastigii)
- Spojení Purkyňových buněk s prodlouženou míchou a středním mozkem)

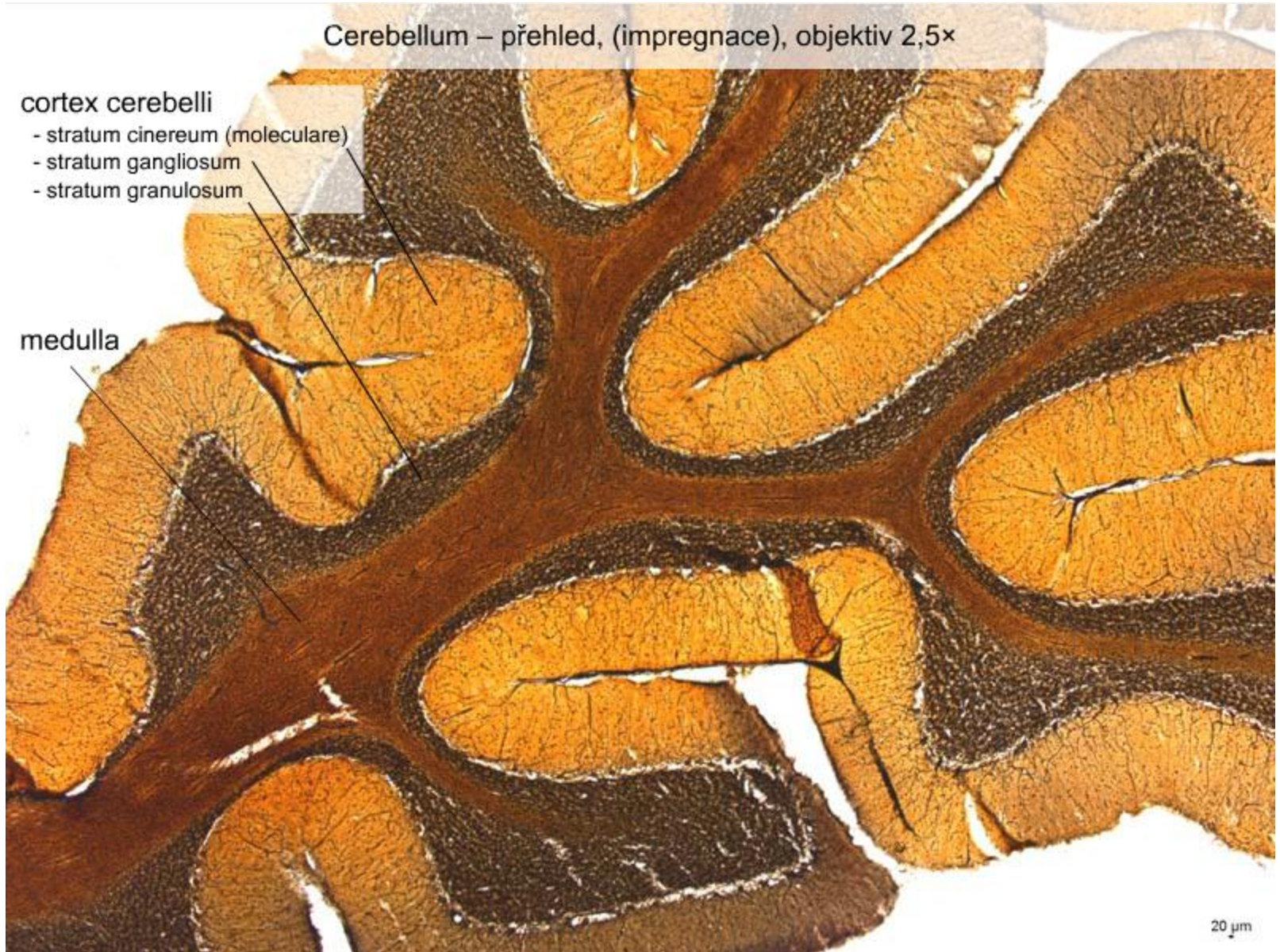


Cerebellum – přehled, (impregnace), objektiv 2,5×

cortex cerebelli

- stratum cinereum (moleculare)
- stratum gangliosum
- stratum granulosum

medulla



20 μ m

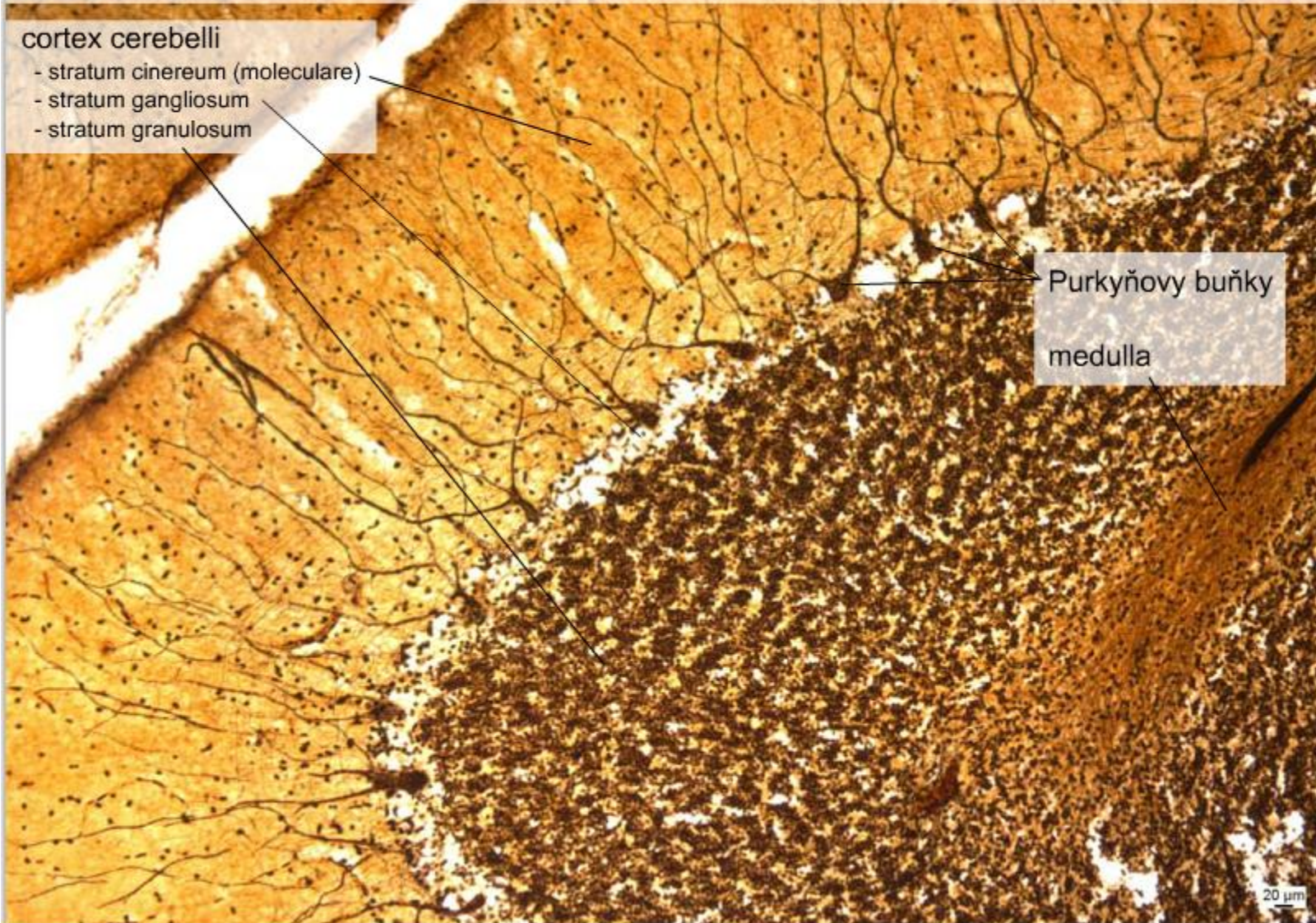
Cerebellum – cortex I, (impregnance), objektiv 10×

cortex cerebelli

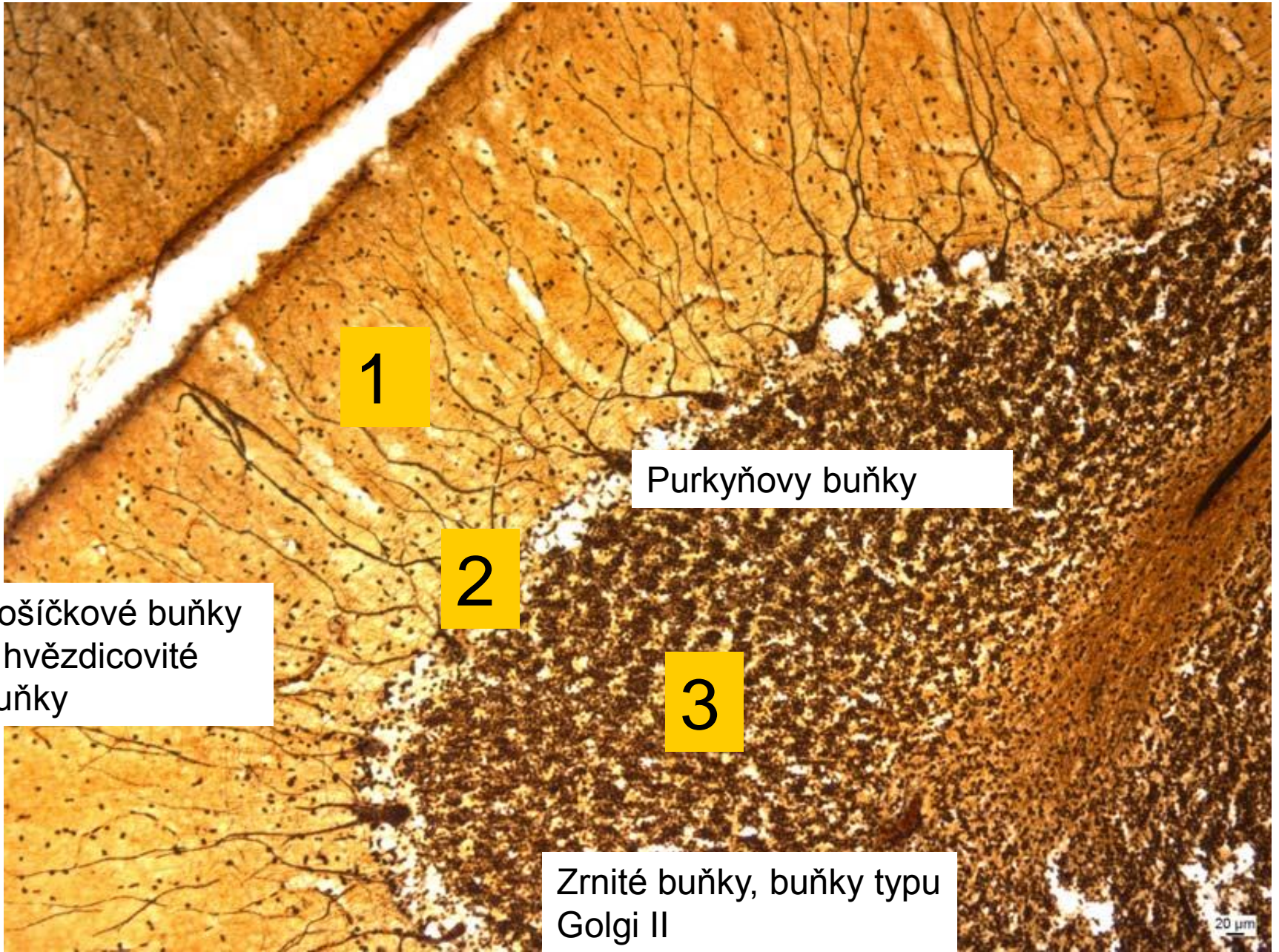
- stratum cinereum (moleculare)
- stratum gangliosum
- stratum granulosum

Purkyňovy buňky
medulla

20 μm



Cerebellum



1

Purkyňovy buňky

2

Košíčkové buňky
a hvězdicovité
buňky

3

Zrnité buňky, buňky typu
Golgi II

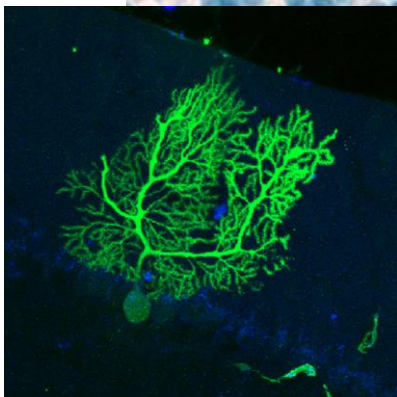
Cerebellum – cortex II, (Nissl), objektiv 40×

cortex cerebelli

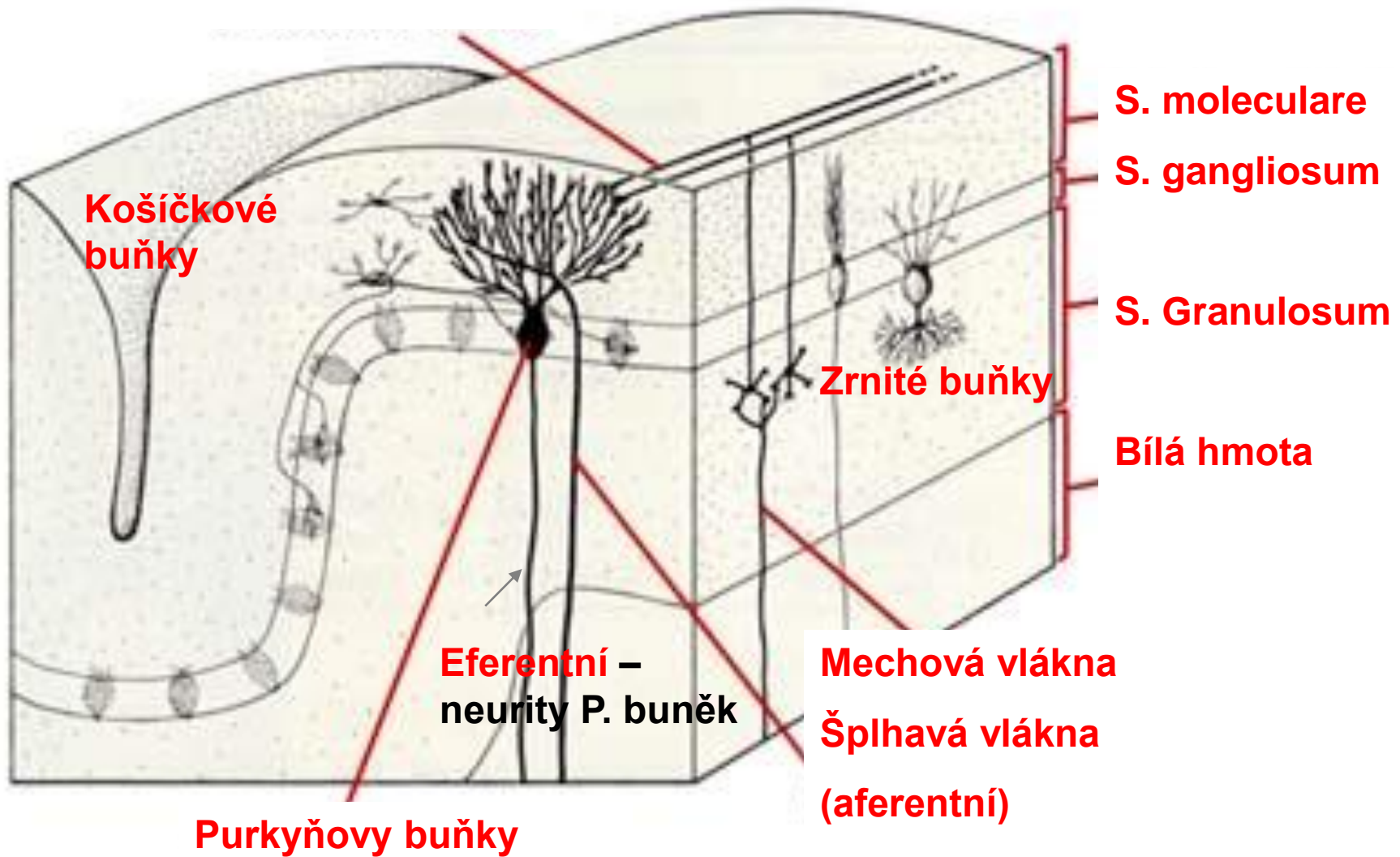
- stratum cinereum (moleculare)
- stratum gangliosum
- stratum granulosum

Purkyňovy buňky

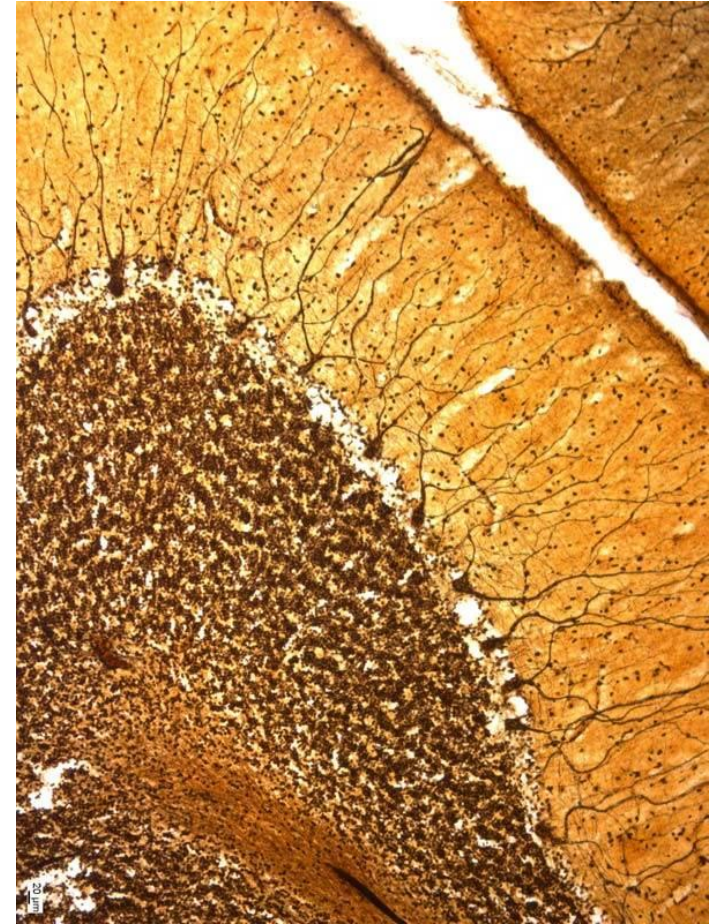
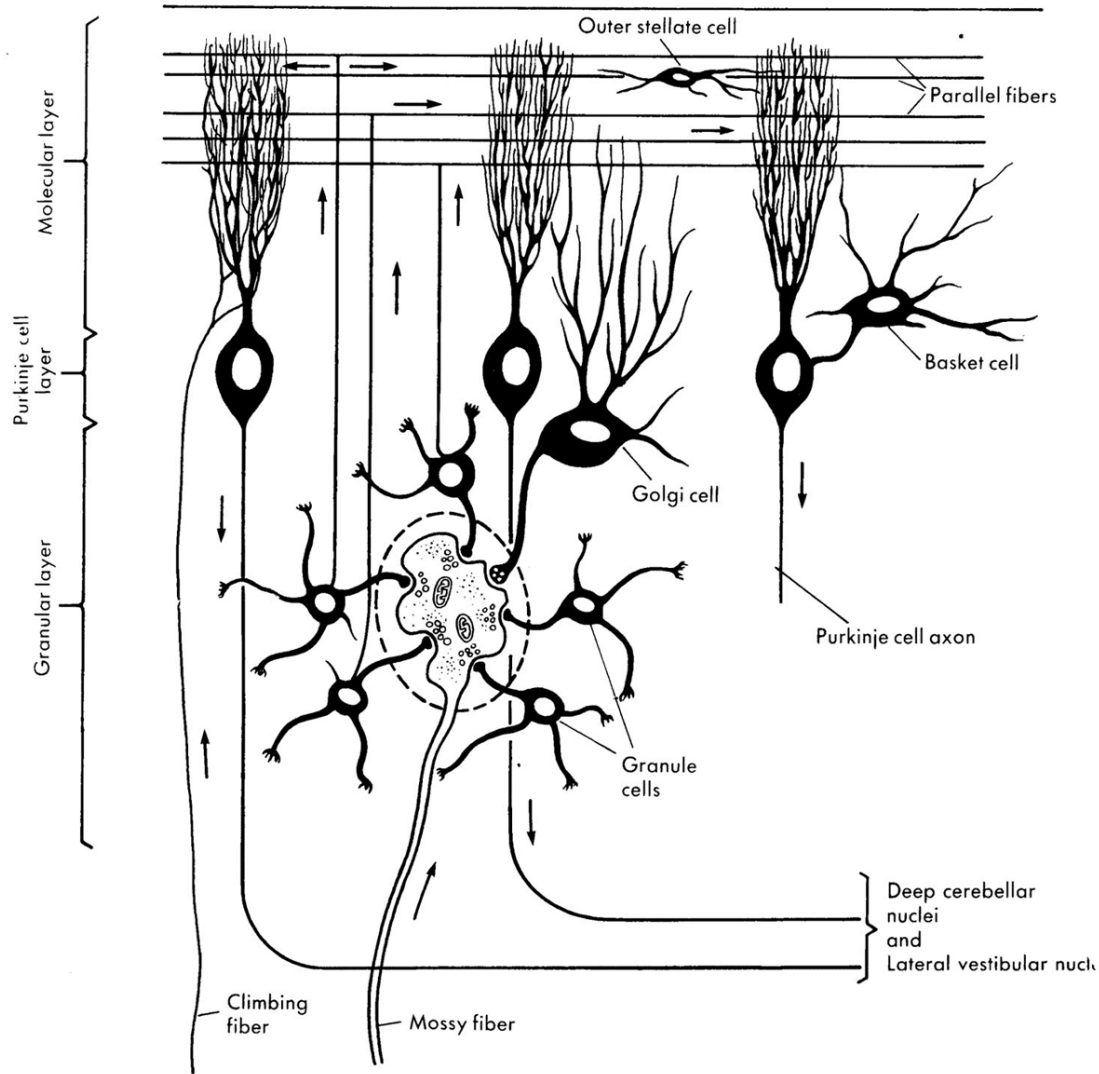
20 μm



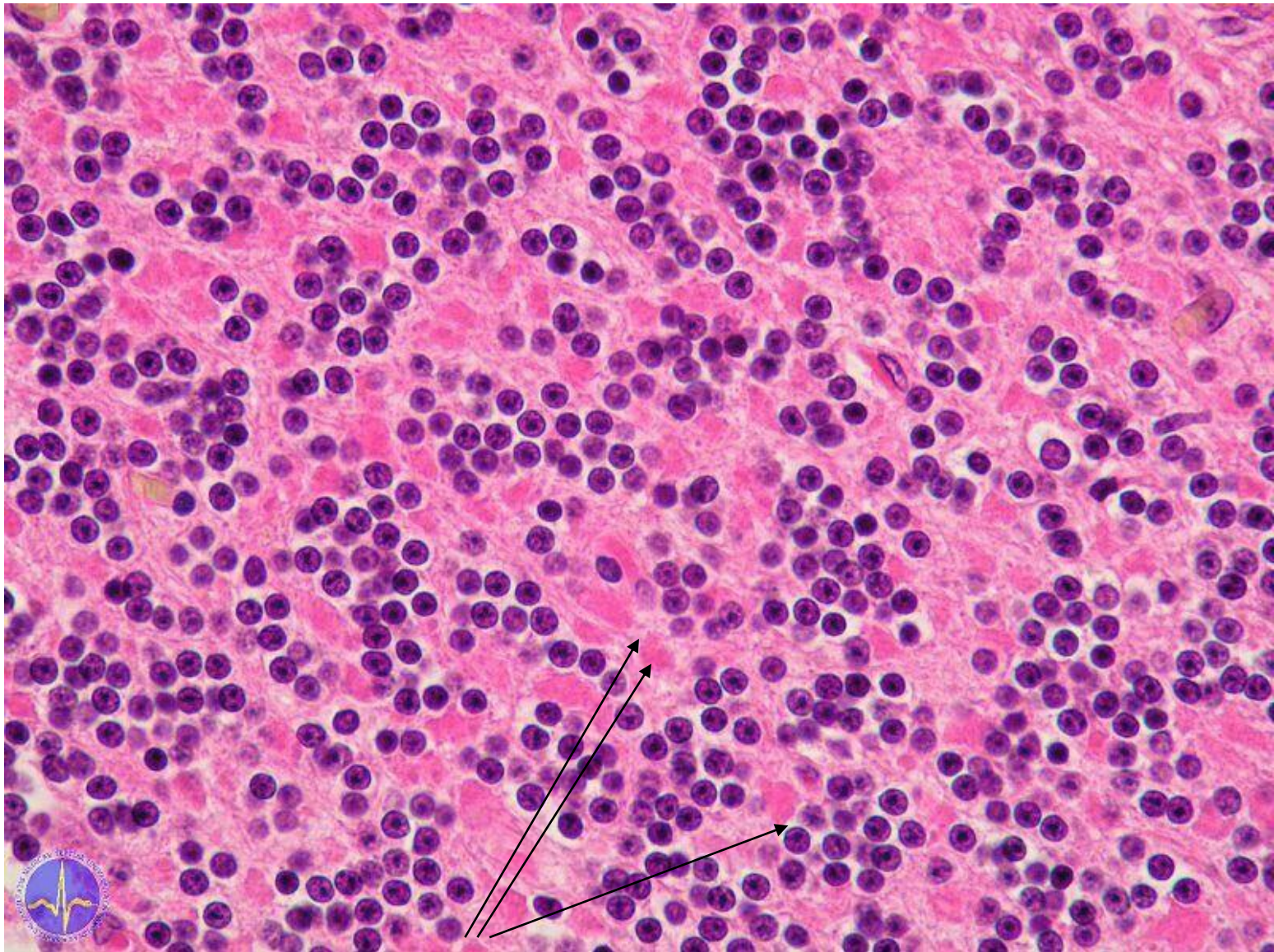
Cerebellum



Cerebellum

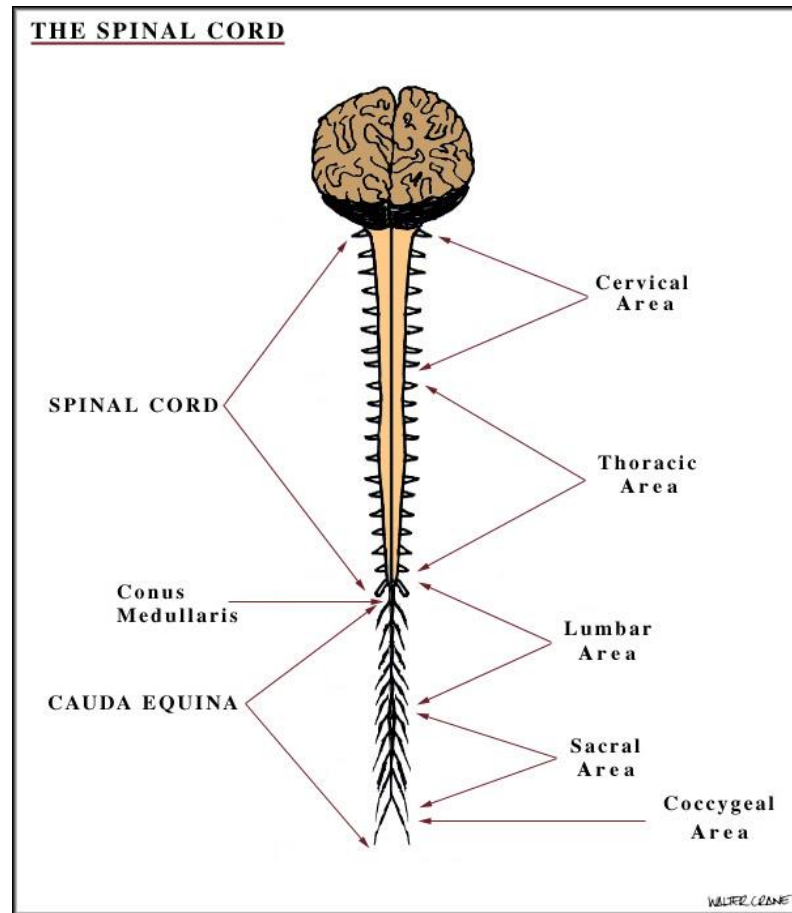


Cerebellum – stratum granulare

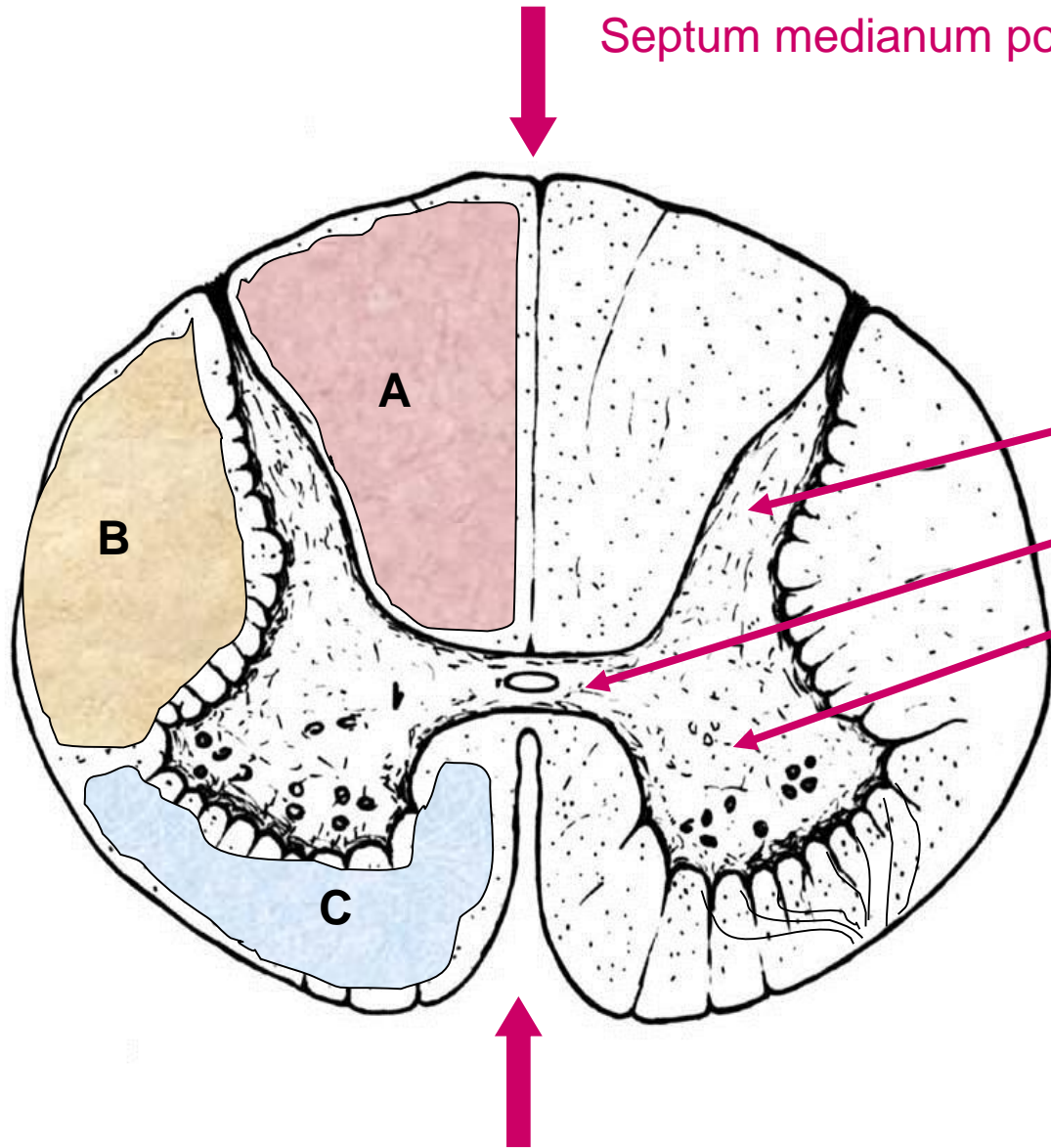
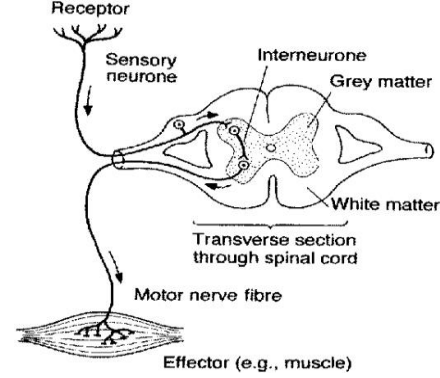


glomeruli cerebellares – synapse mechových vláken a zrnitých buněk

Medulla spinalis



Medulla spinalis



Septum medianum posterior

Šedá hmota rohy

- posterior
- (lateral)
- canalis centralis
- anterior

Bílá hmota Funiculi:

- A – dorsal
- B – lateral
- C – ventral

Fissura mediana anterior

Medulla spinalis – přehled, (HE), objektiv 2,5×

šedá hmota

- dorzální roh
- ventrální roh

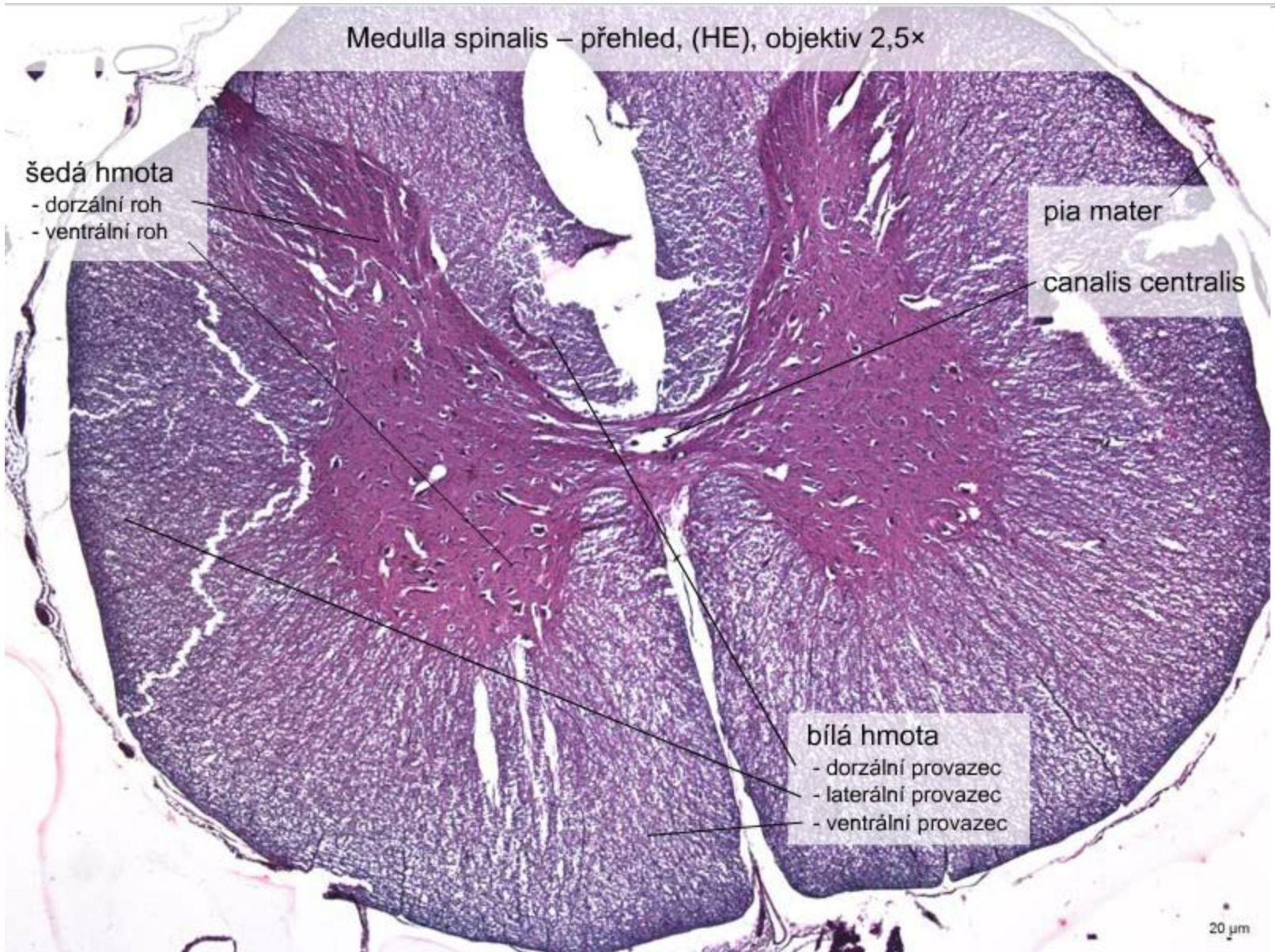
pia mater

canalis centralis

bílá hmota

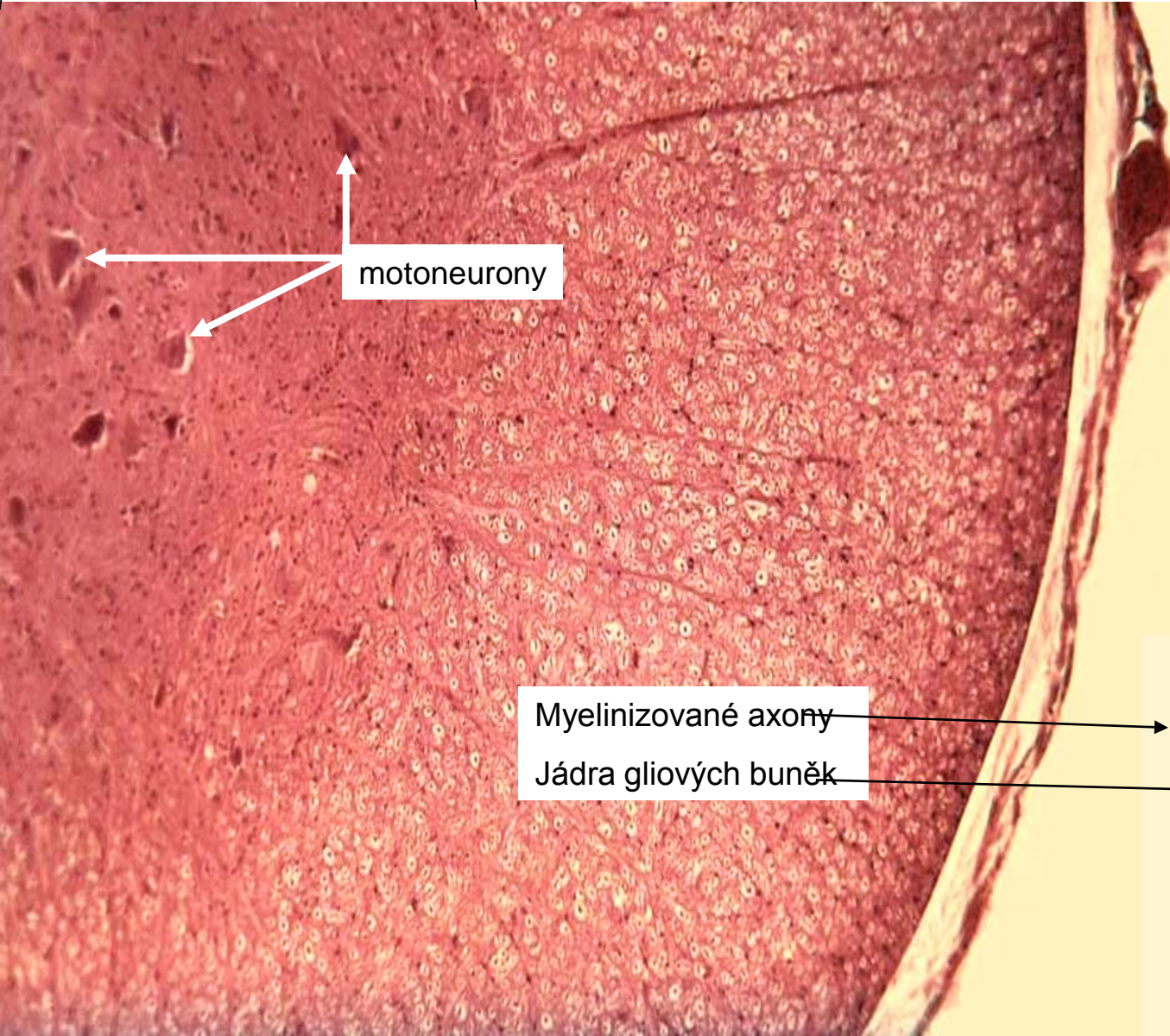
- dorzální provazec
- laterální provazec
- ventrální provazec

20 μm



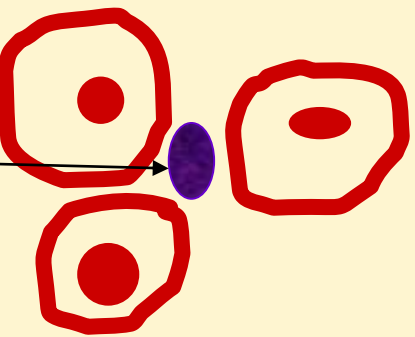
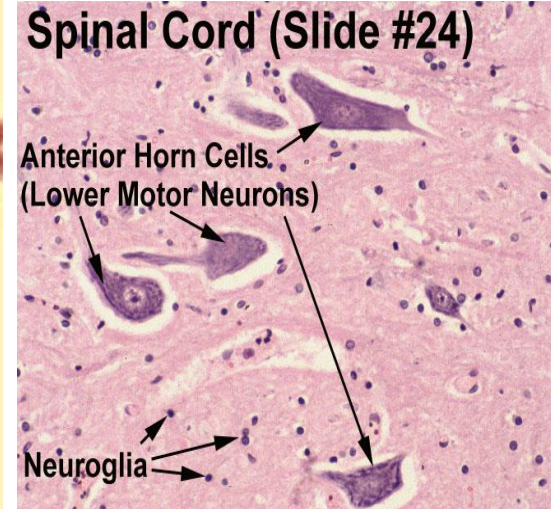
Medulla spinalis (HE) – anteriorní roh a provazec

pia mater

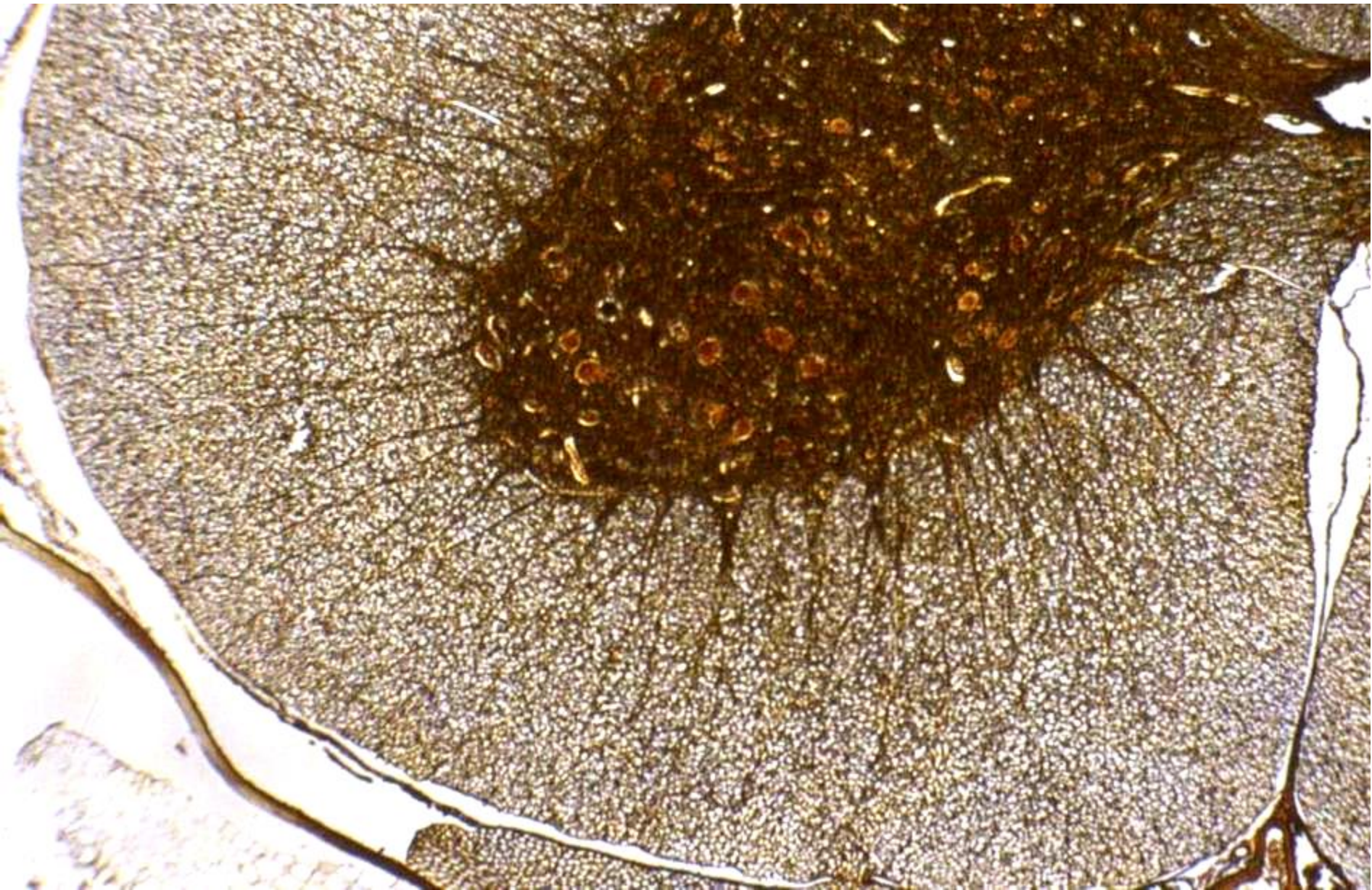


motoneurony

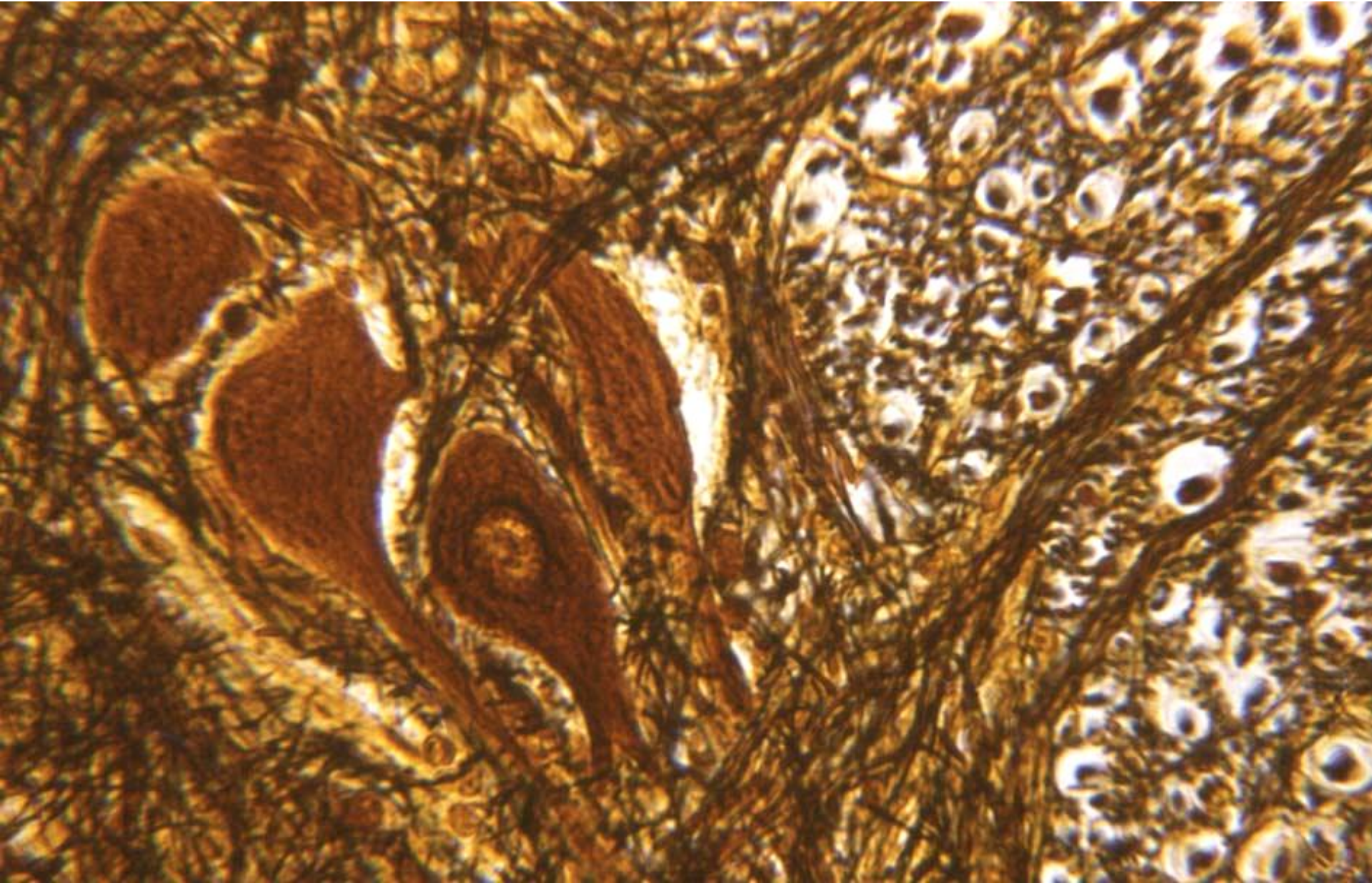
Myelinizované axony
Jádra gliových buněk



Medulla spinalis (impregnation) – ventrální roh



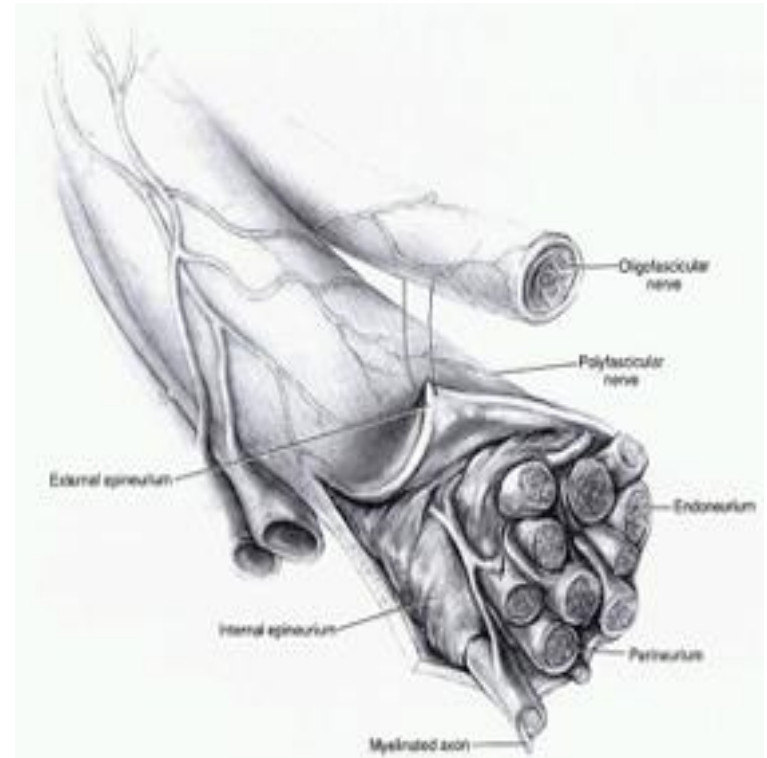
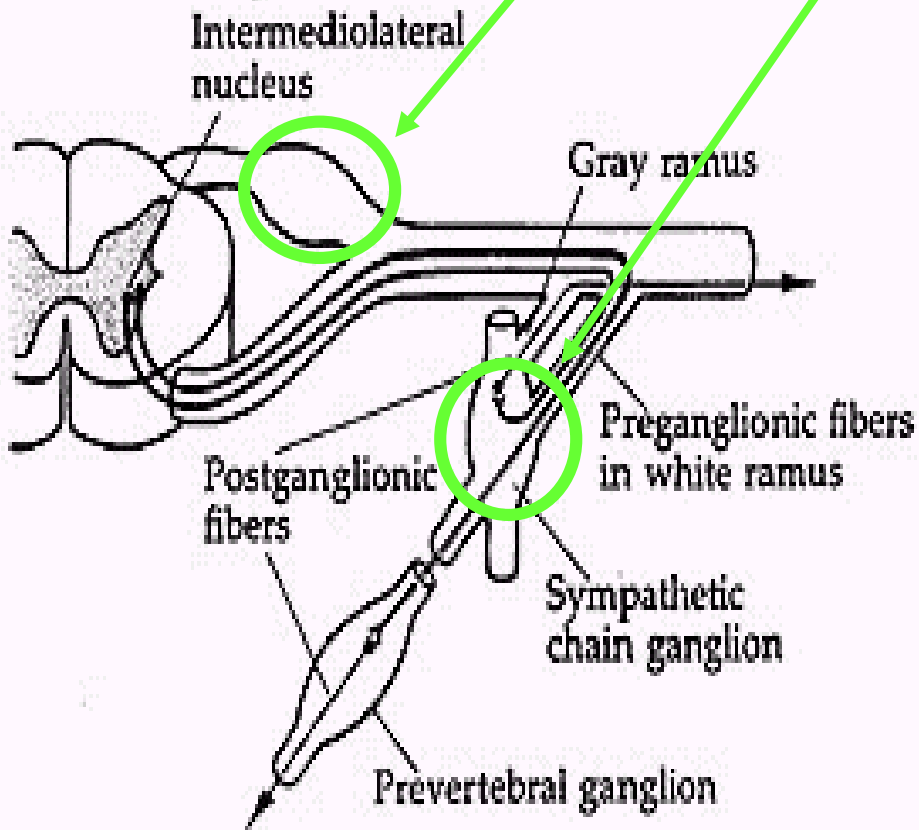
Medulla spinalis (impregnation) – motoneurony



PNS ganglia a nervy

spinální

autonomní



Spinální ganglion (HE)

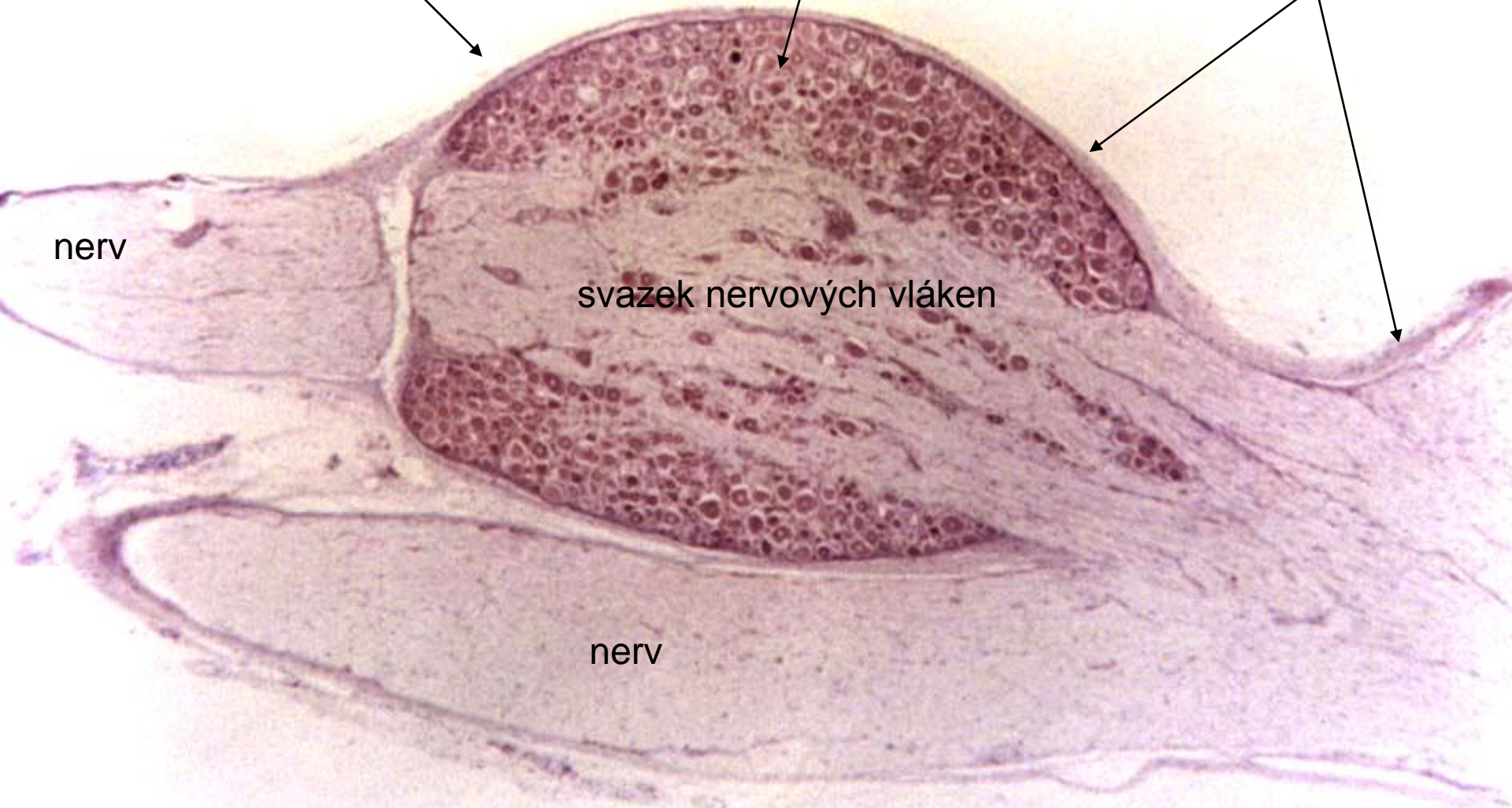
pseudounipolární neurony

epineurium

nerv

svazek nervových vláken

nerv





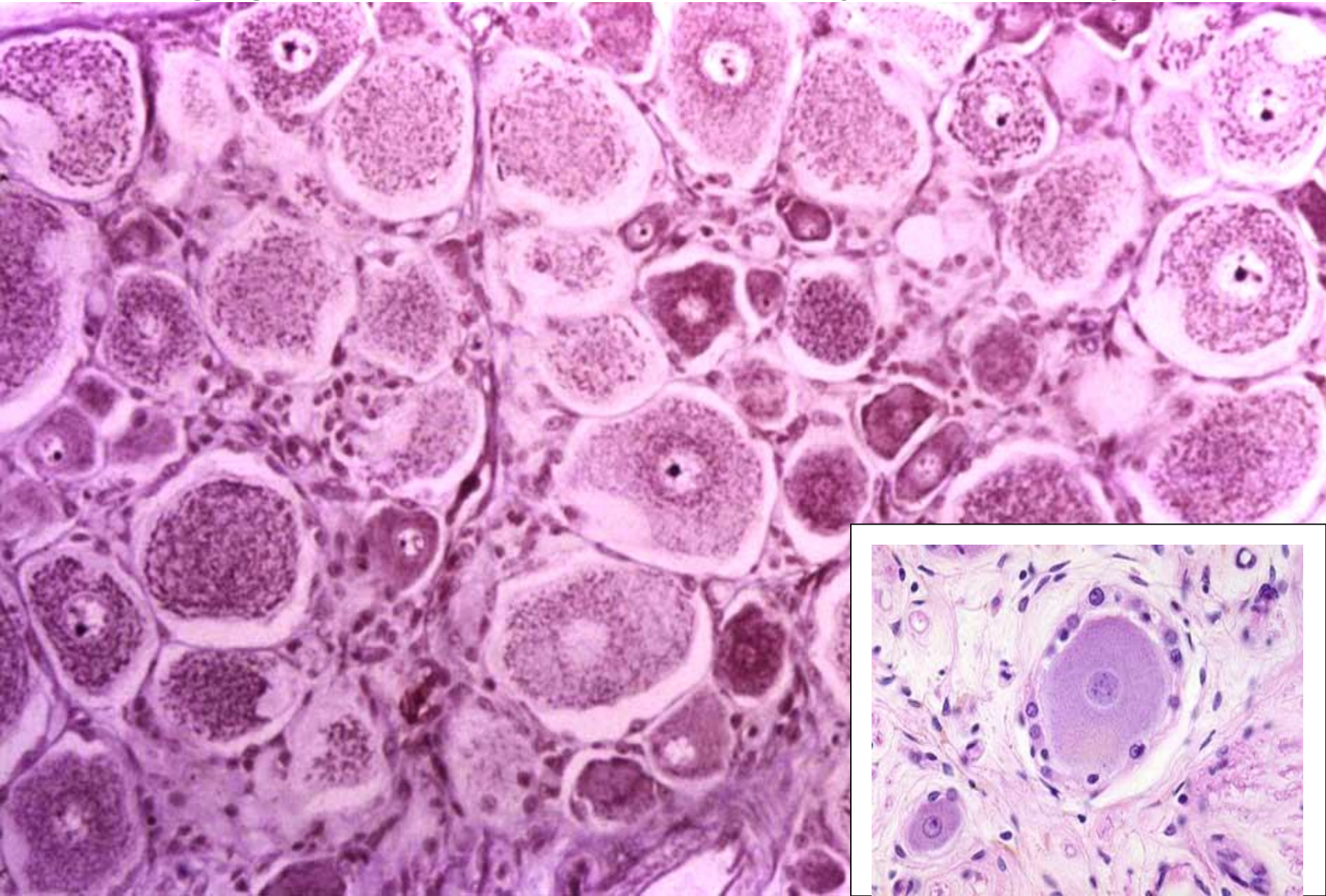
c. t.

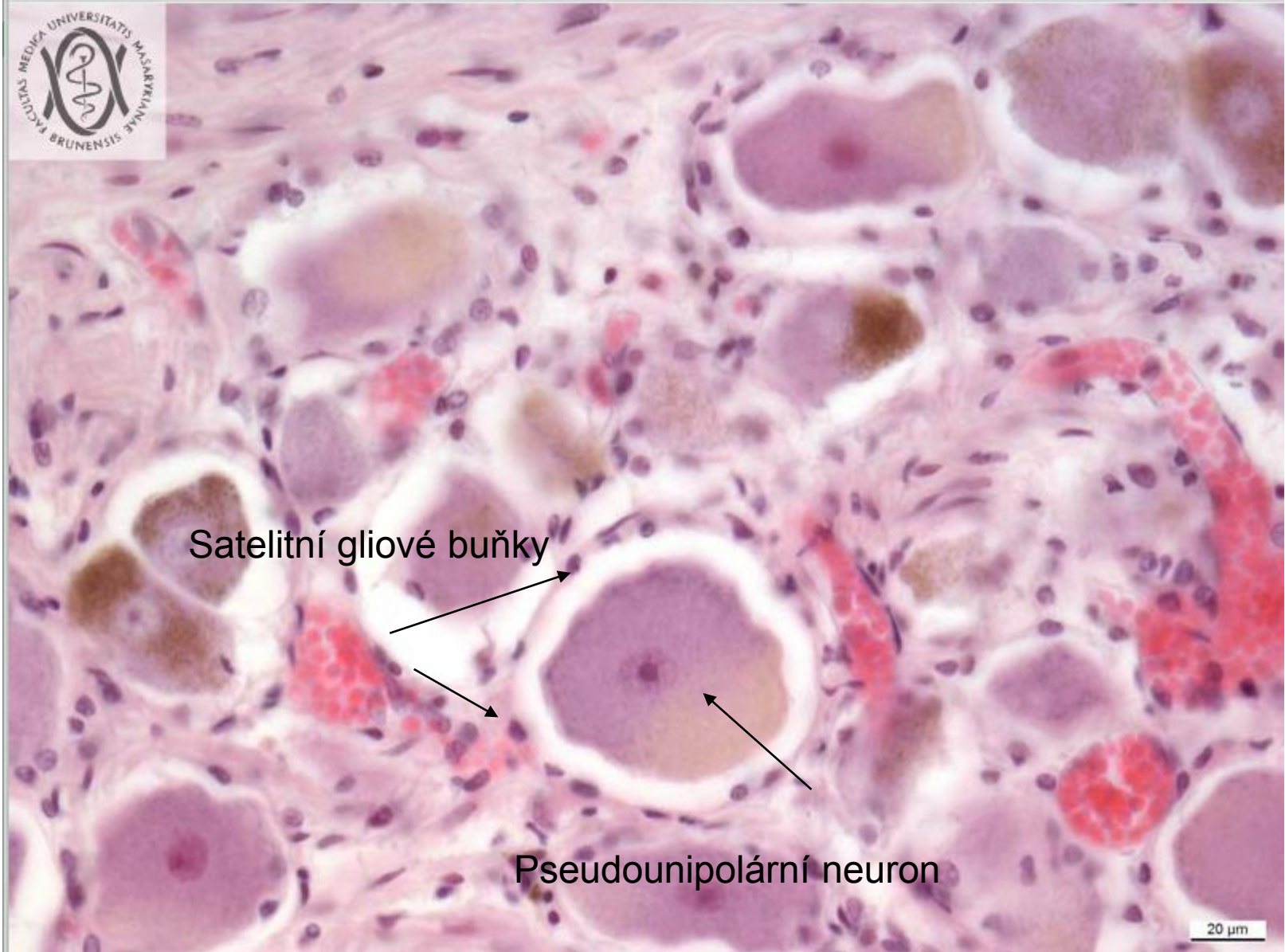
Gangliové buňky

svazek nervových vláken

20 μm

Spinální ganglion (HE) – pseudounipolární neurony + satelitní buňky



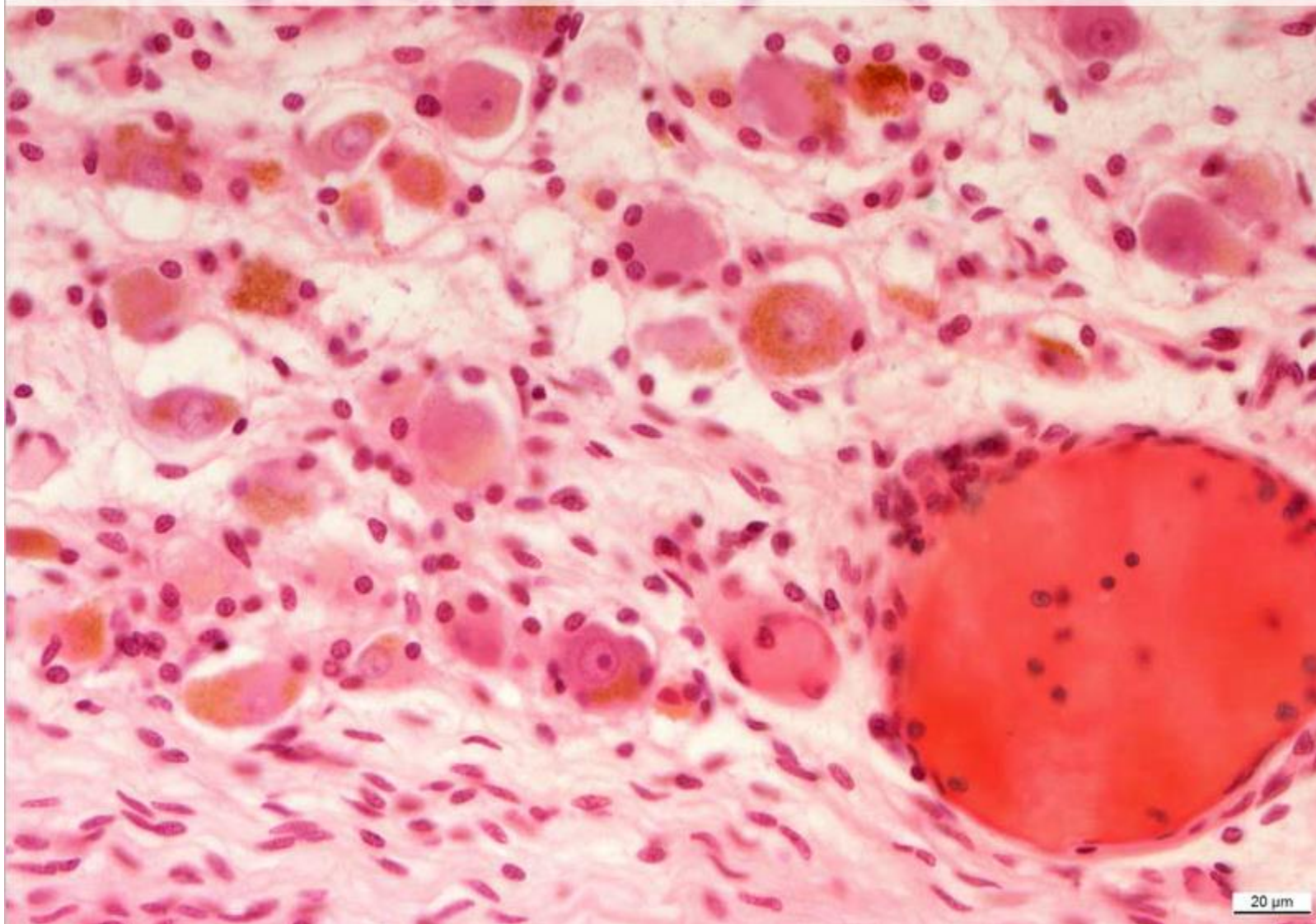


Satelitní gliové buňky

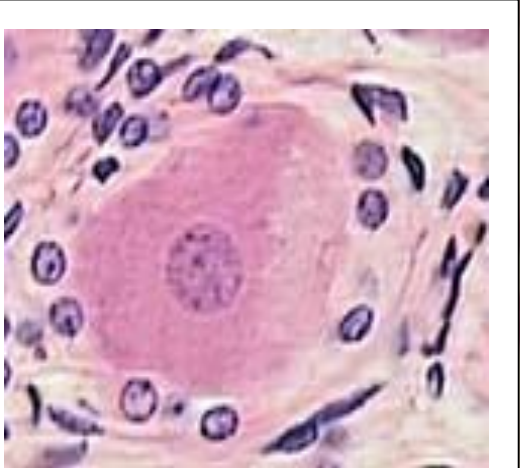
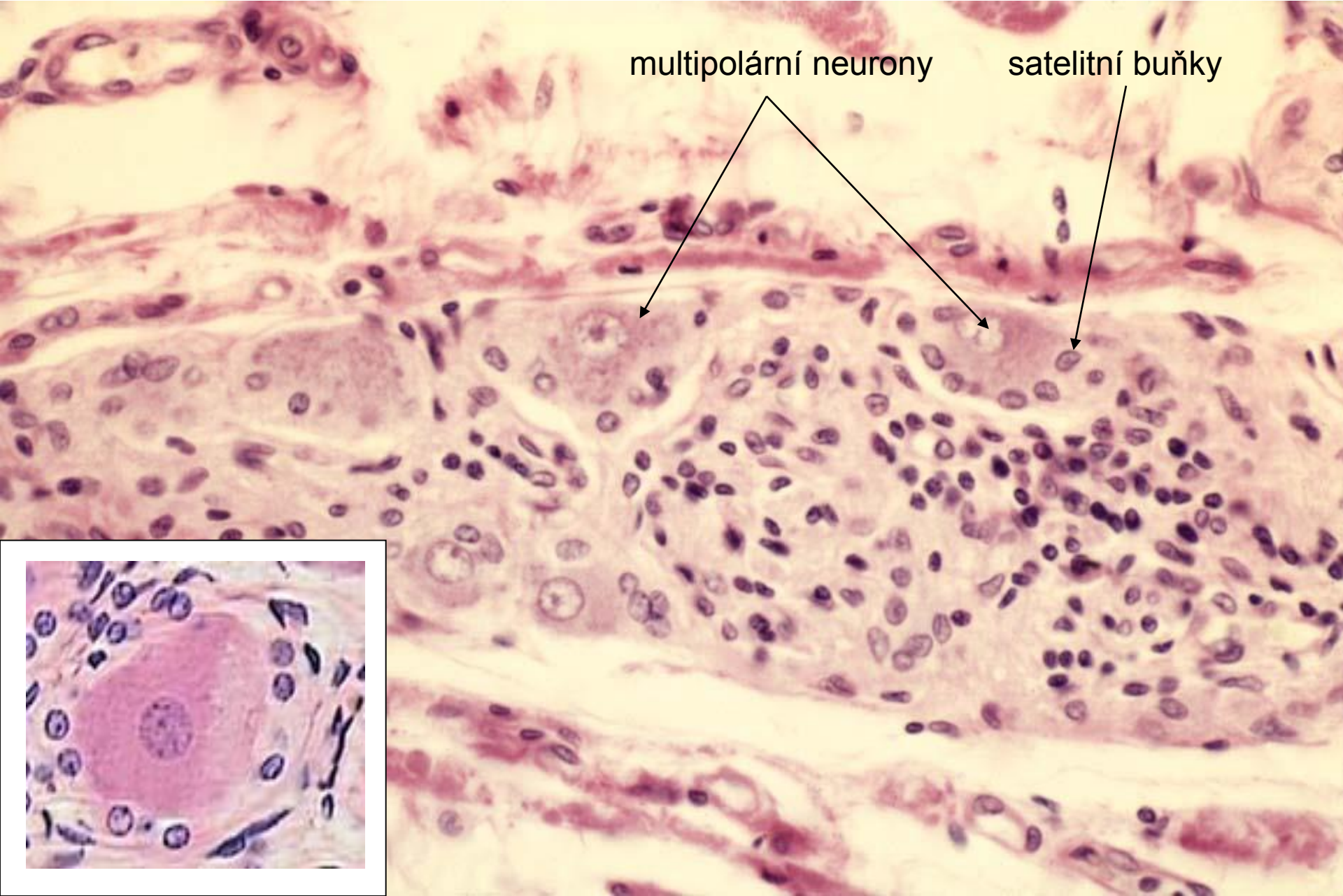
Pseudounipolární neuron

20 μm

Ganglion spinale – lipofuscin v gangliových buňkách, (HE), objektiv 40×



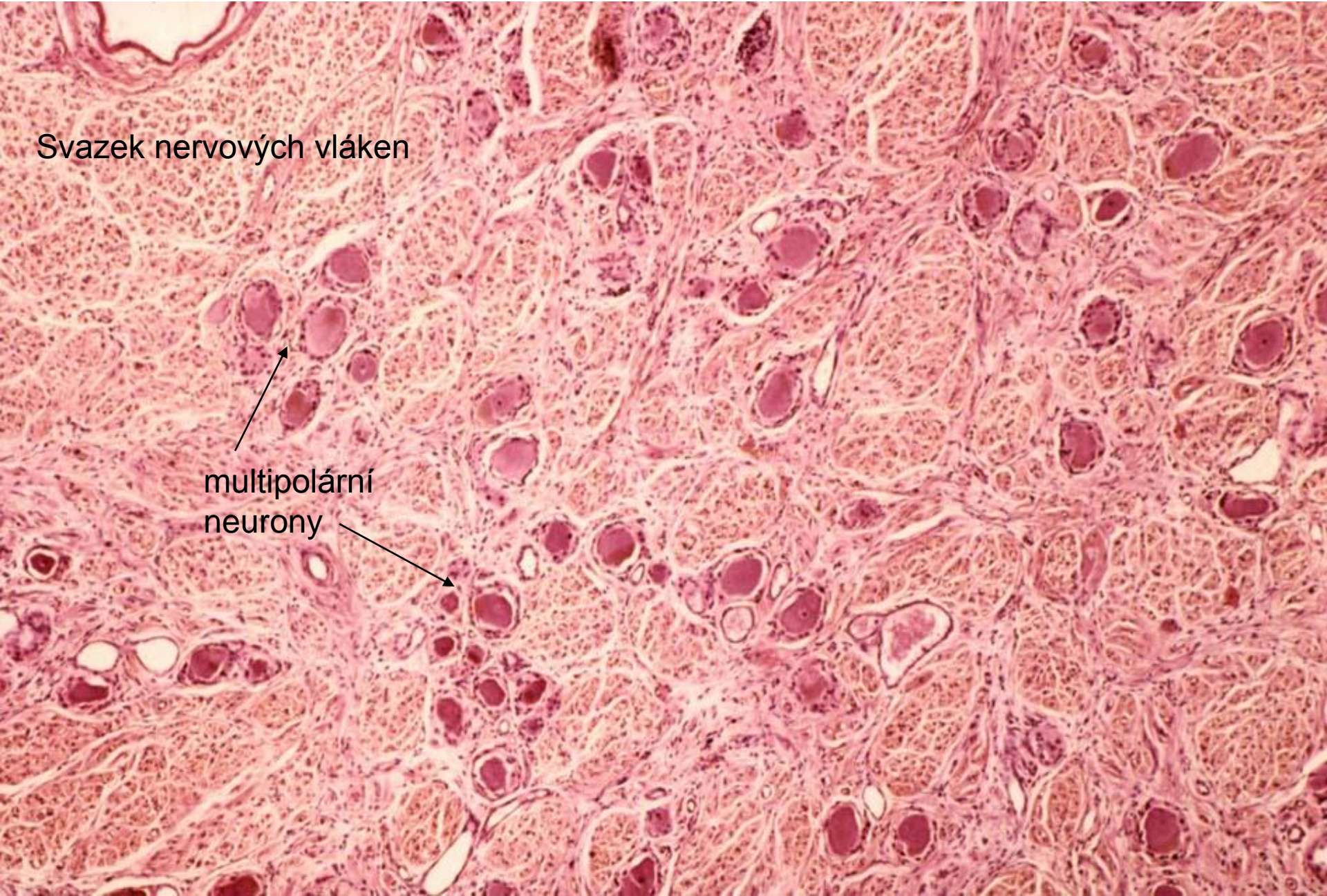
Autonomní ganglion (HE)



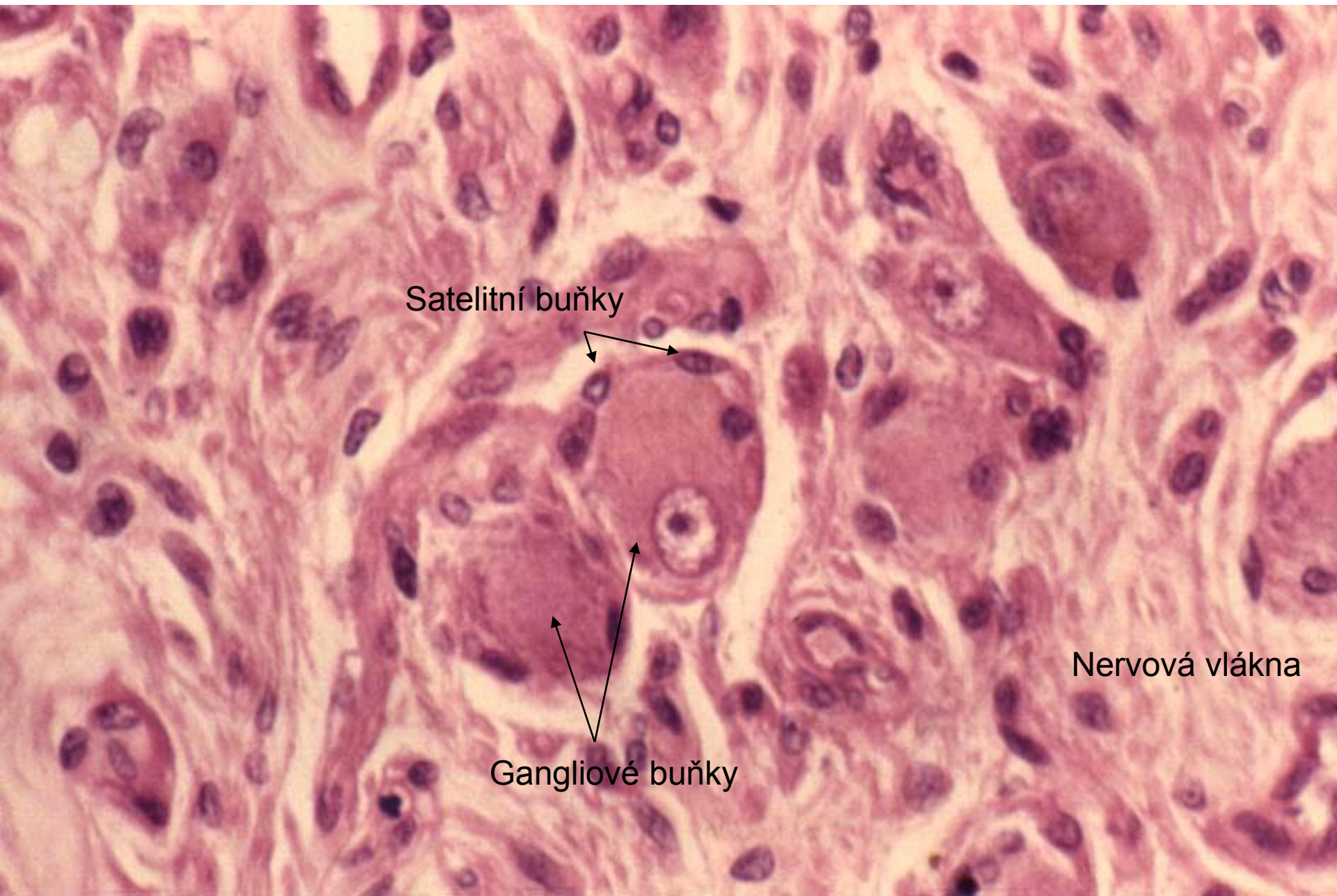
Autonomní ganglion (HE)

Svazek nervových vláken

↑
multipolární
neurony



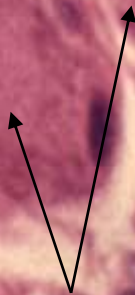
Autonomní ganglion (HE)



Satelitní buňky

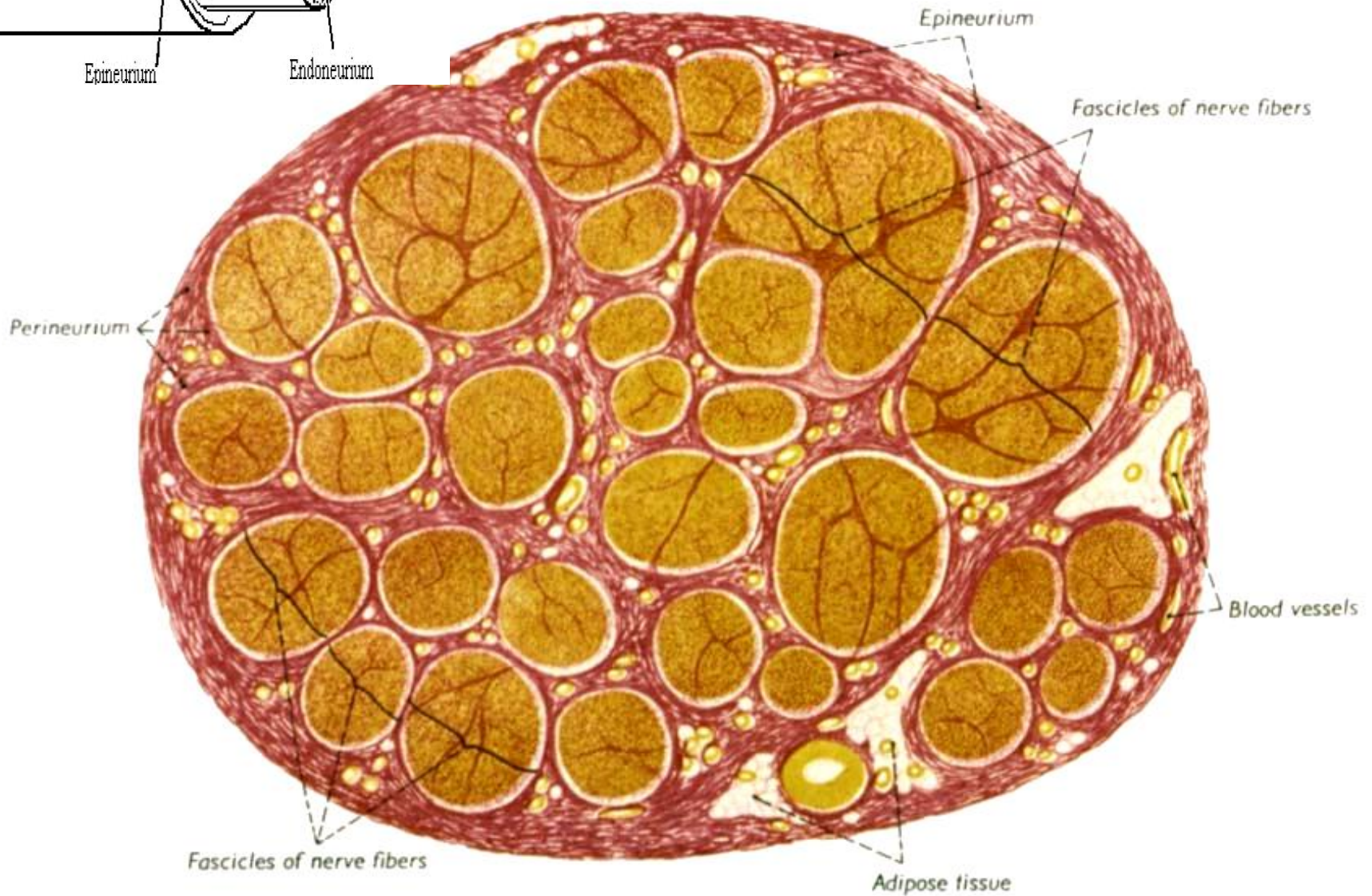
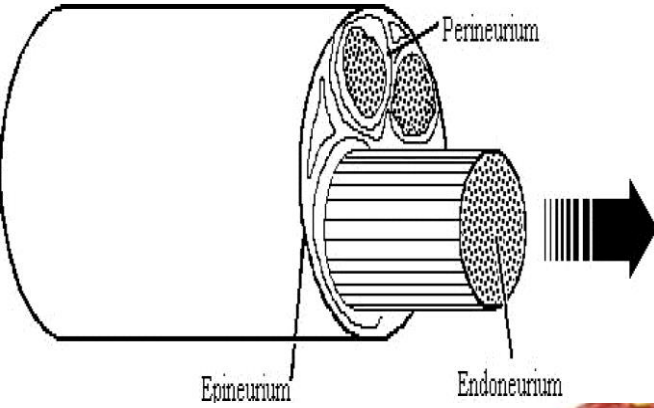


Gangliové buňky

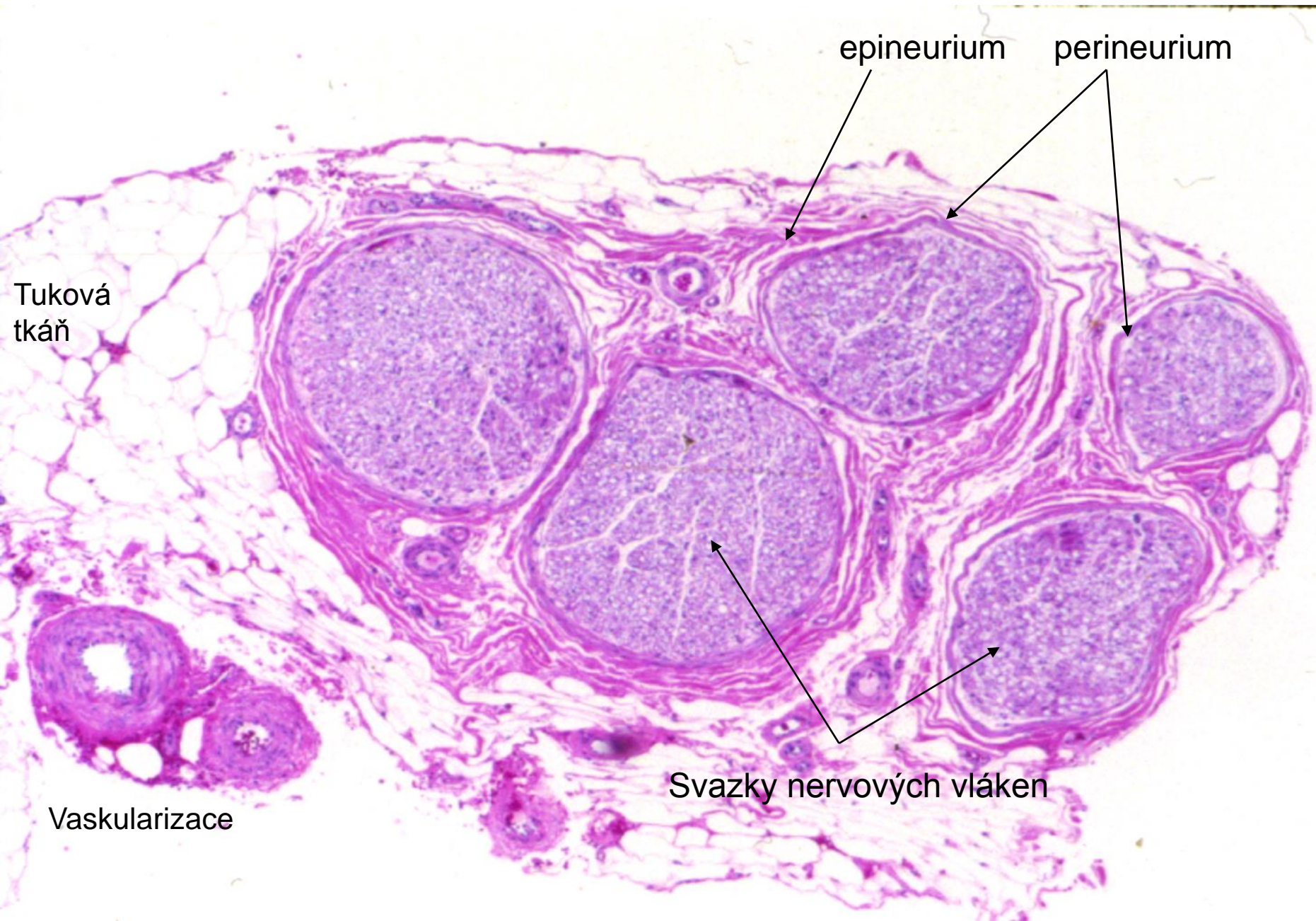


Nervová vlákna

Periferní nerv



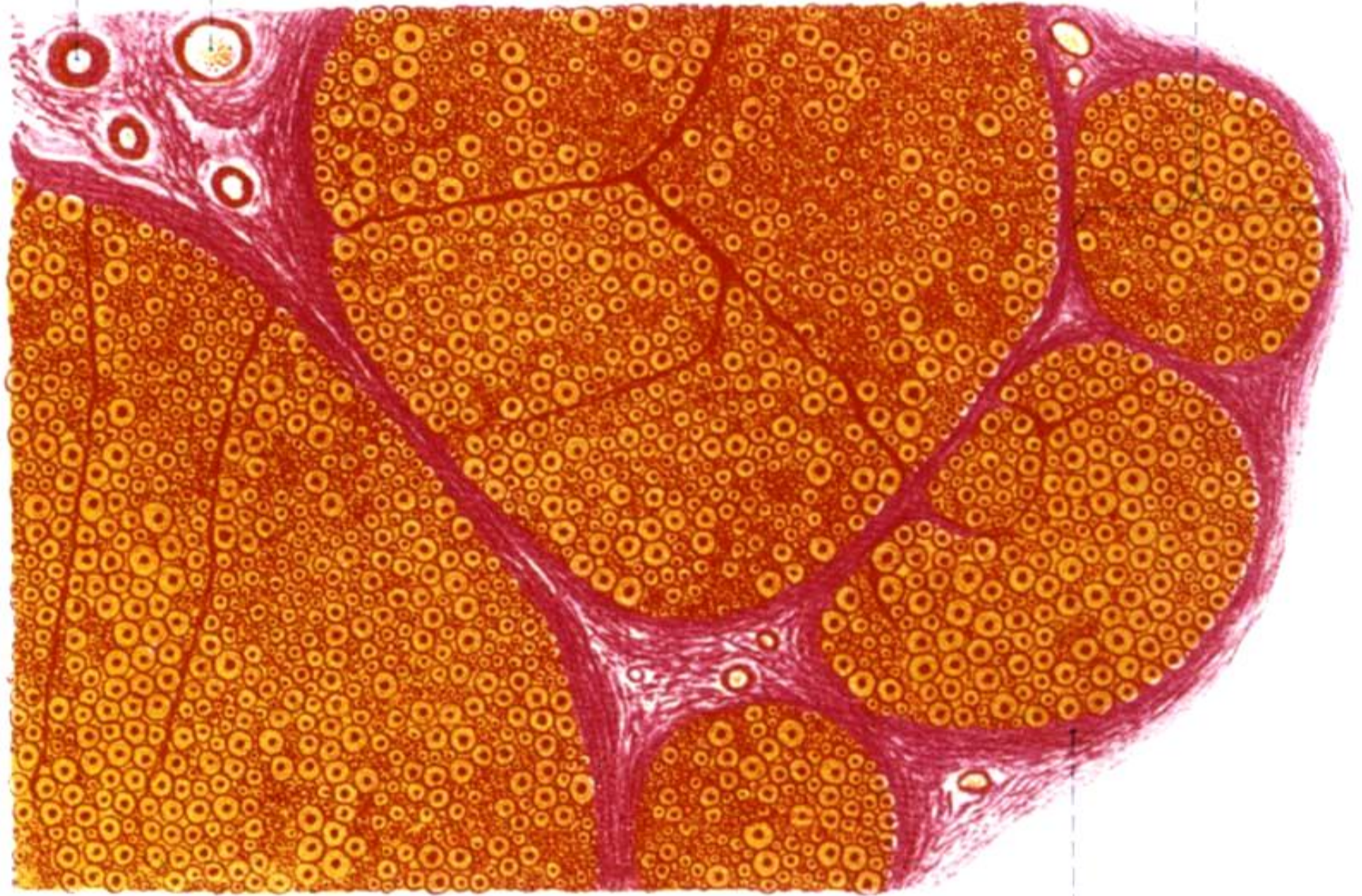
Periferní nerv (HE)



Fascicles of nerve fibers

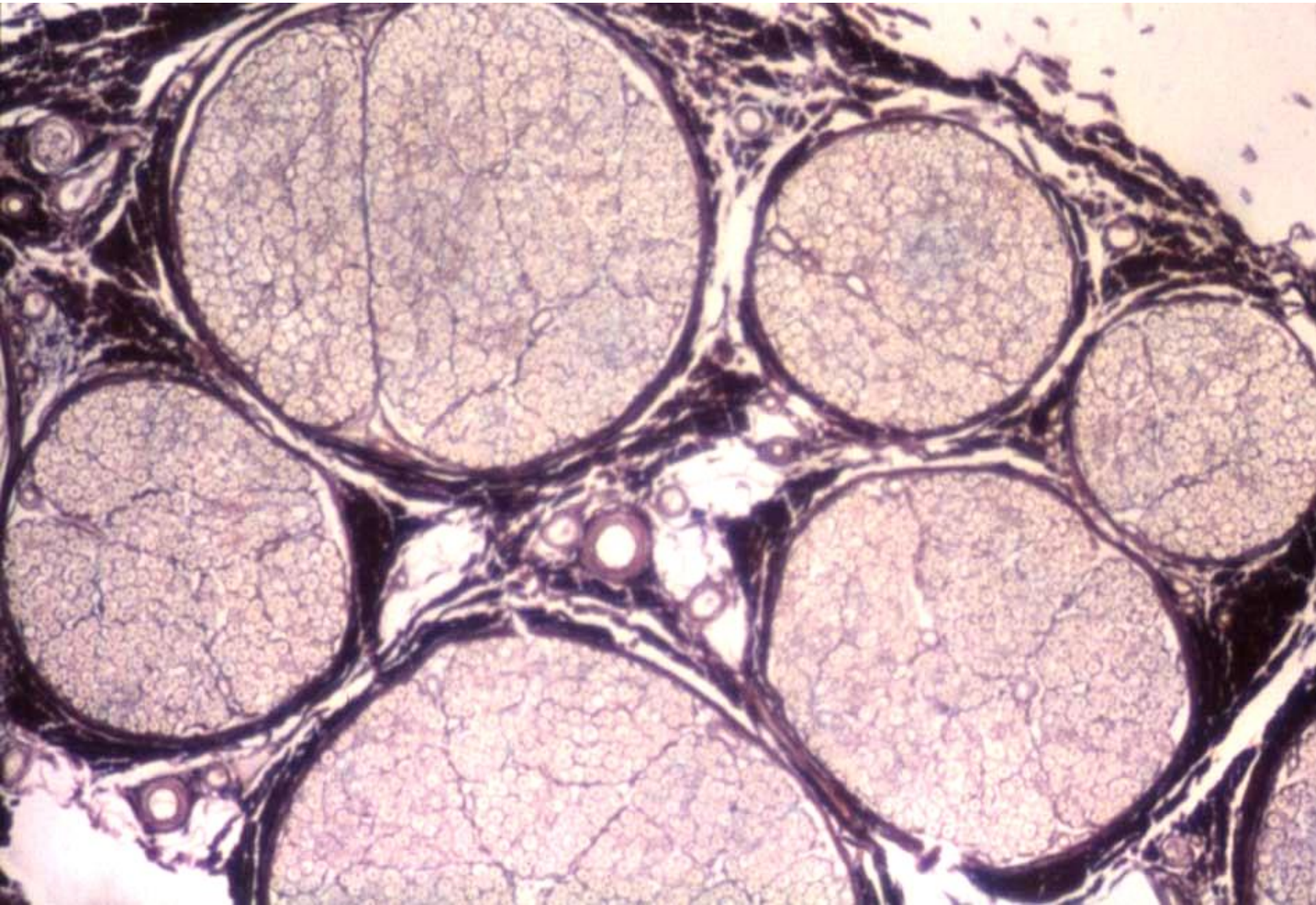
Artery

Vein

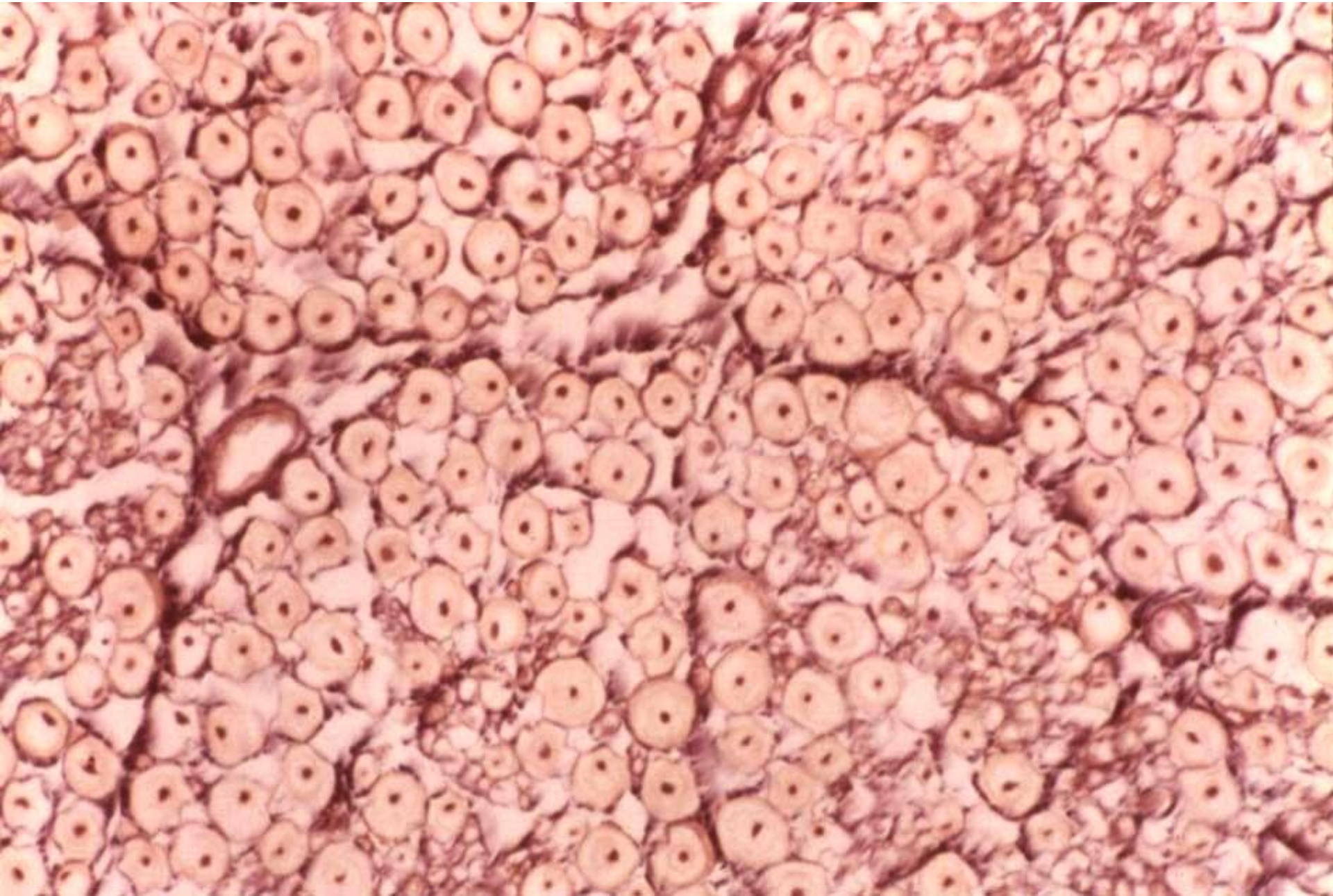


Perineurium

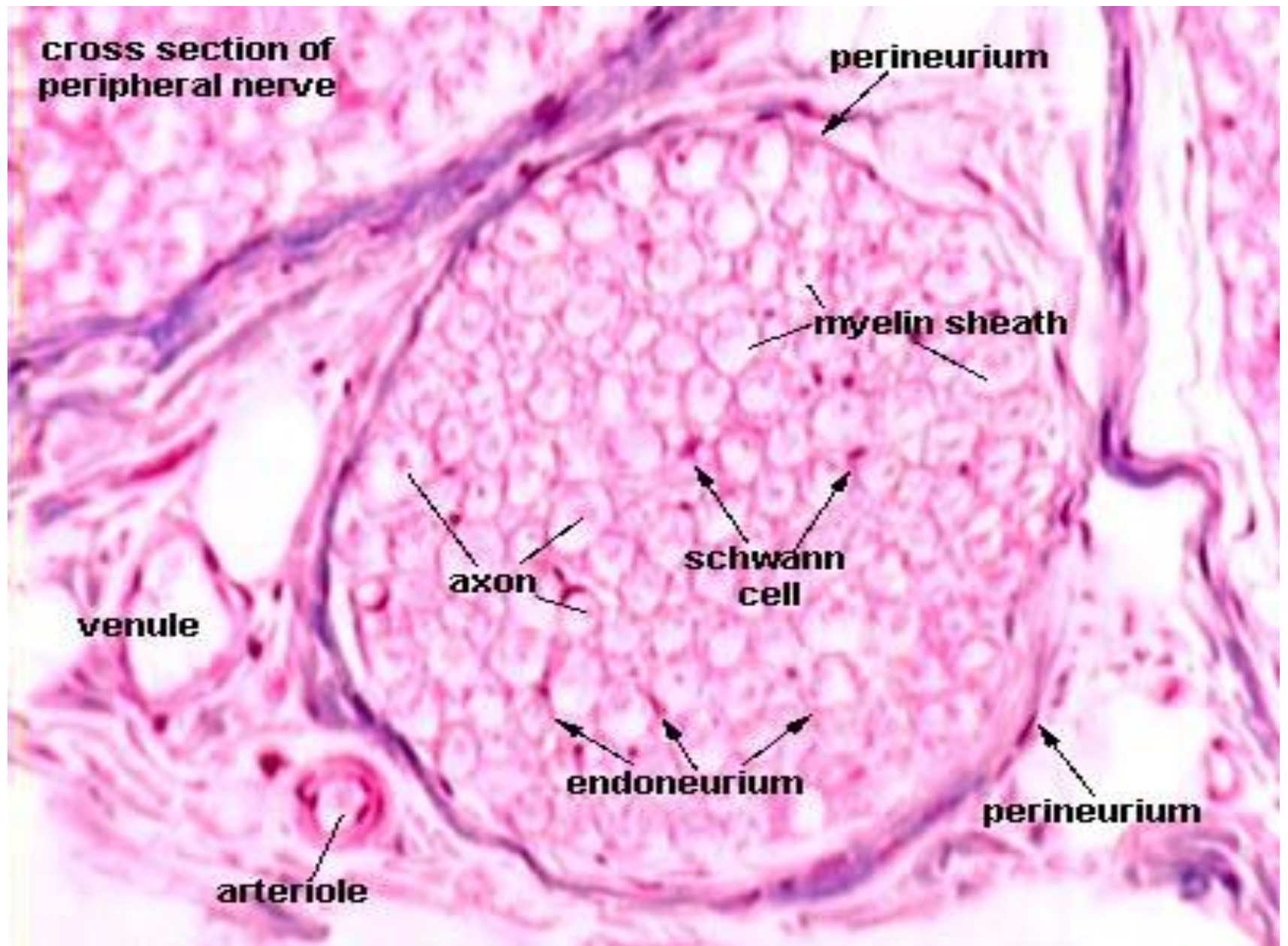
Periferní nerv (myelin)



Periferní nerv (HE)



**cross section of
peripheral nerve**



perineurium

myelin sheath

**schwann
cell**

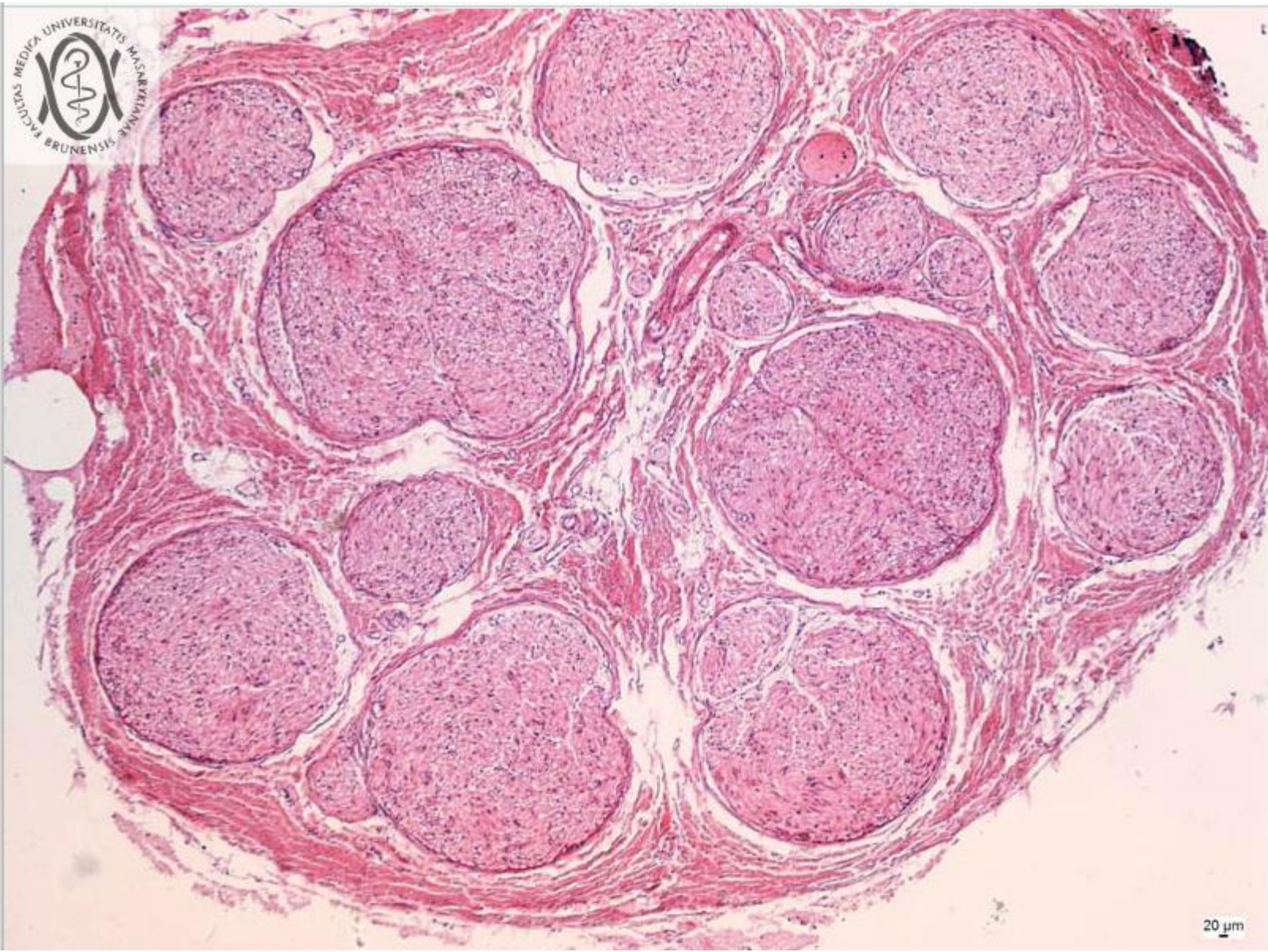
axon

venule

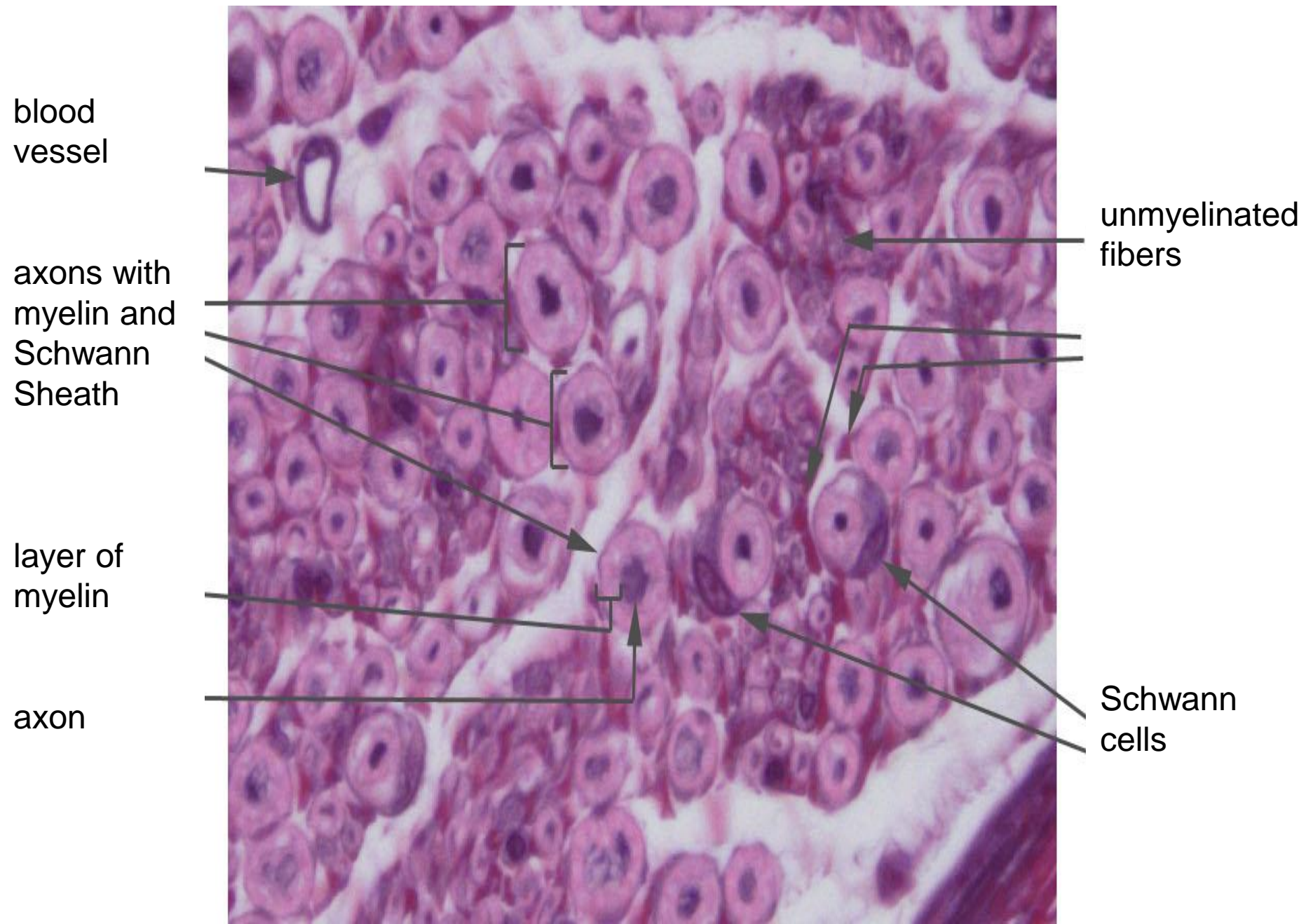
endoneurium

perineurium

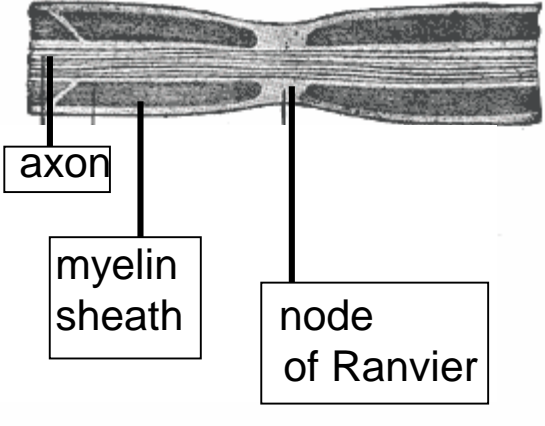
arteriole



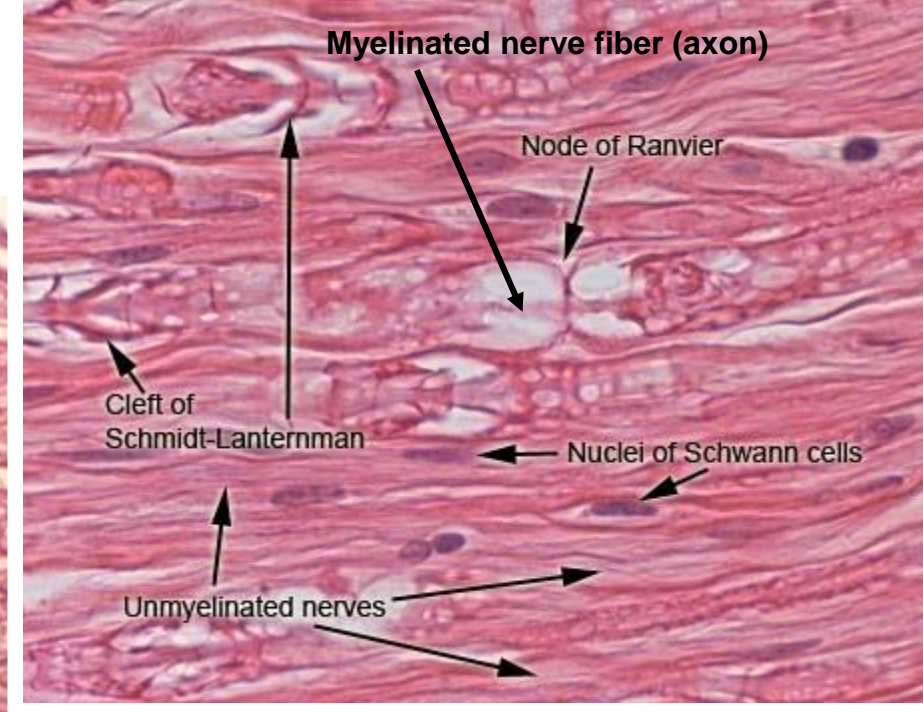
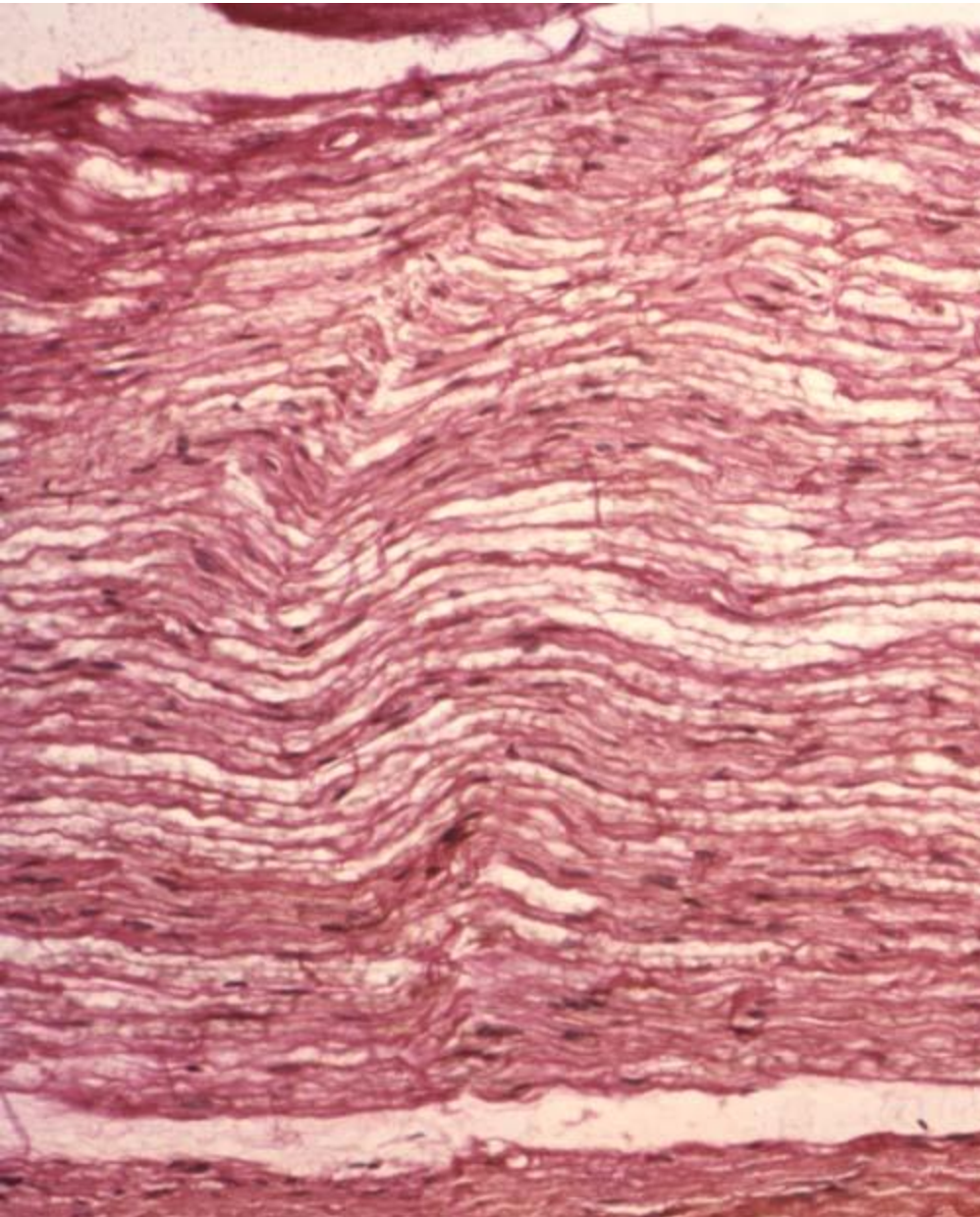
Periferní nerv - detail



Peripheral nerve – myelin, longitudinal section



Peripheral nerve (HE) longitudinal section



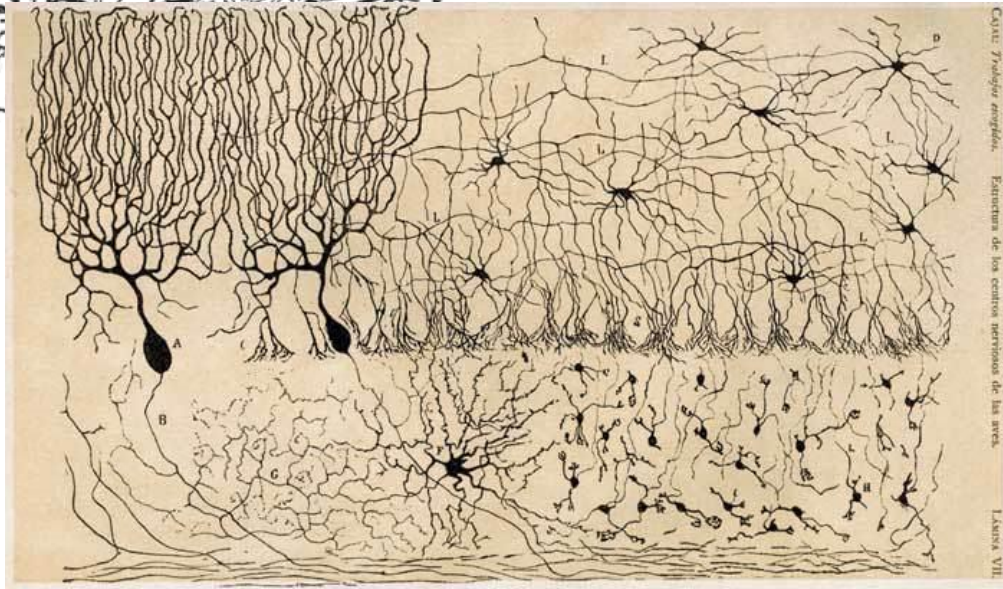
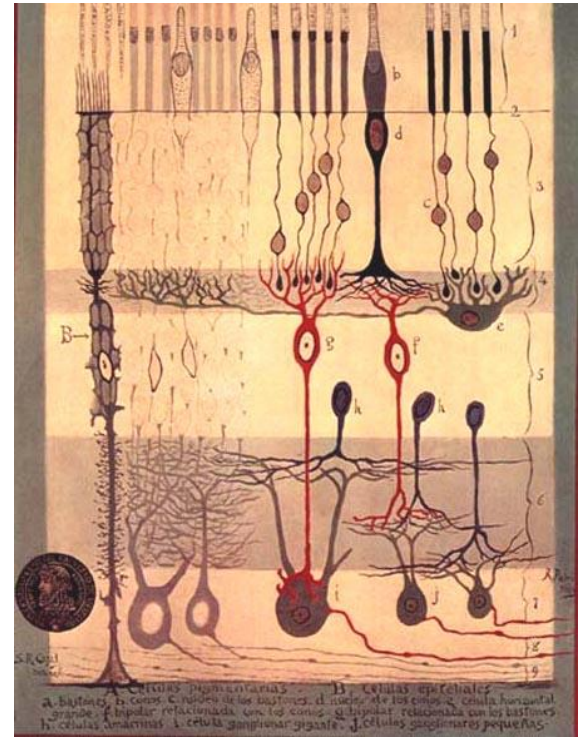
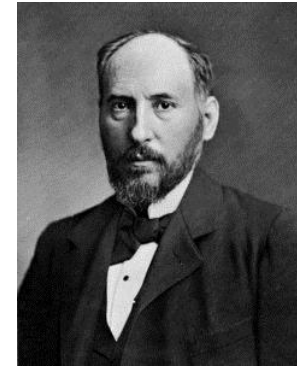
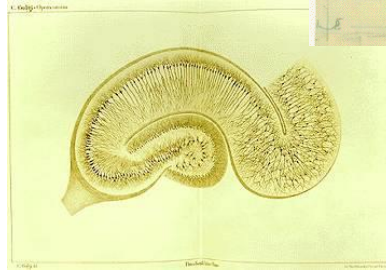
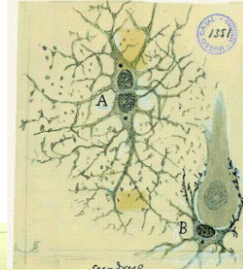
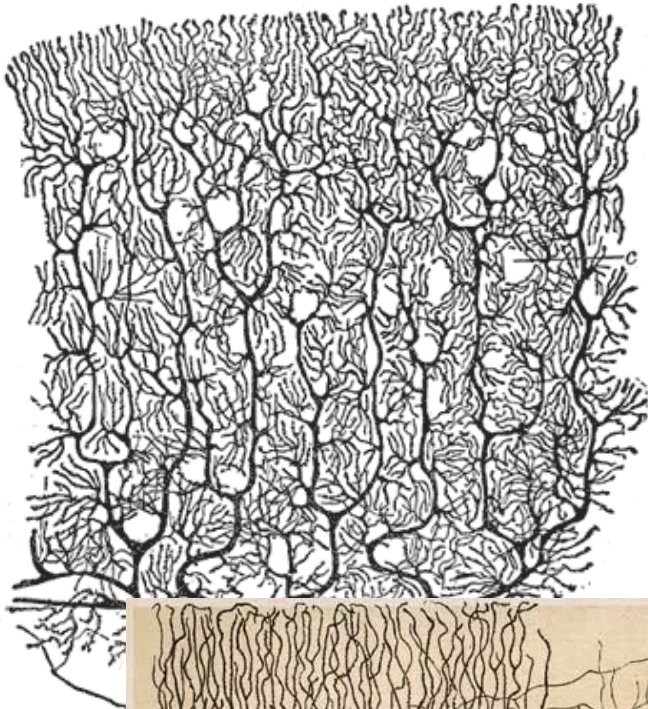
Periferní nerv – podélný řez, (luxolová modř), objektiv 40×

Ranvierův zářez



20 μm

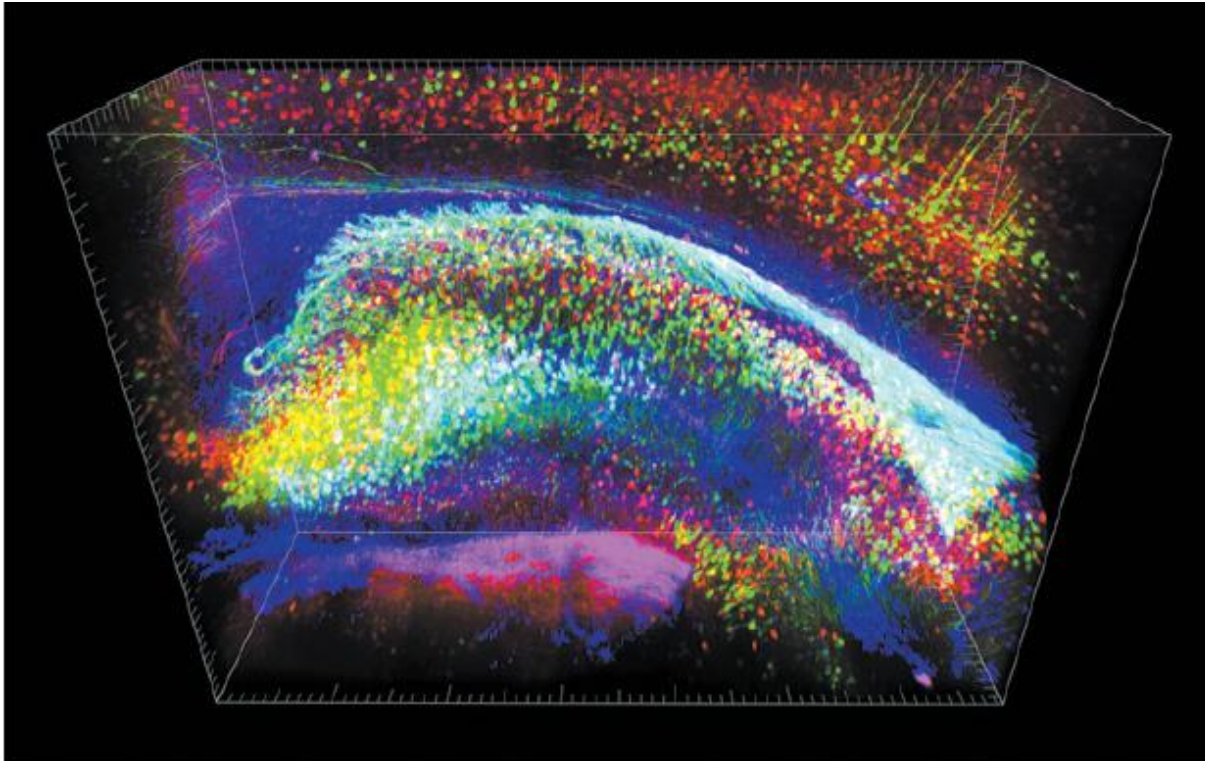
Takto viděli strukturu nervové tkáně Golgi a Cajal před více než 100 lety



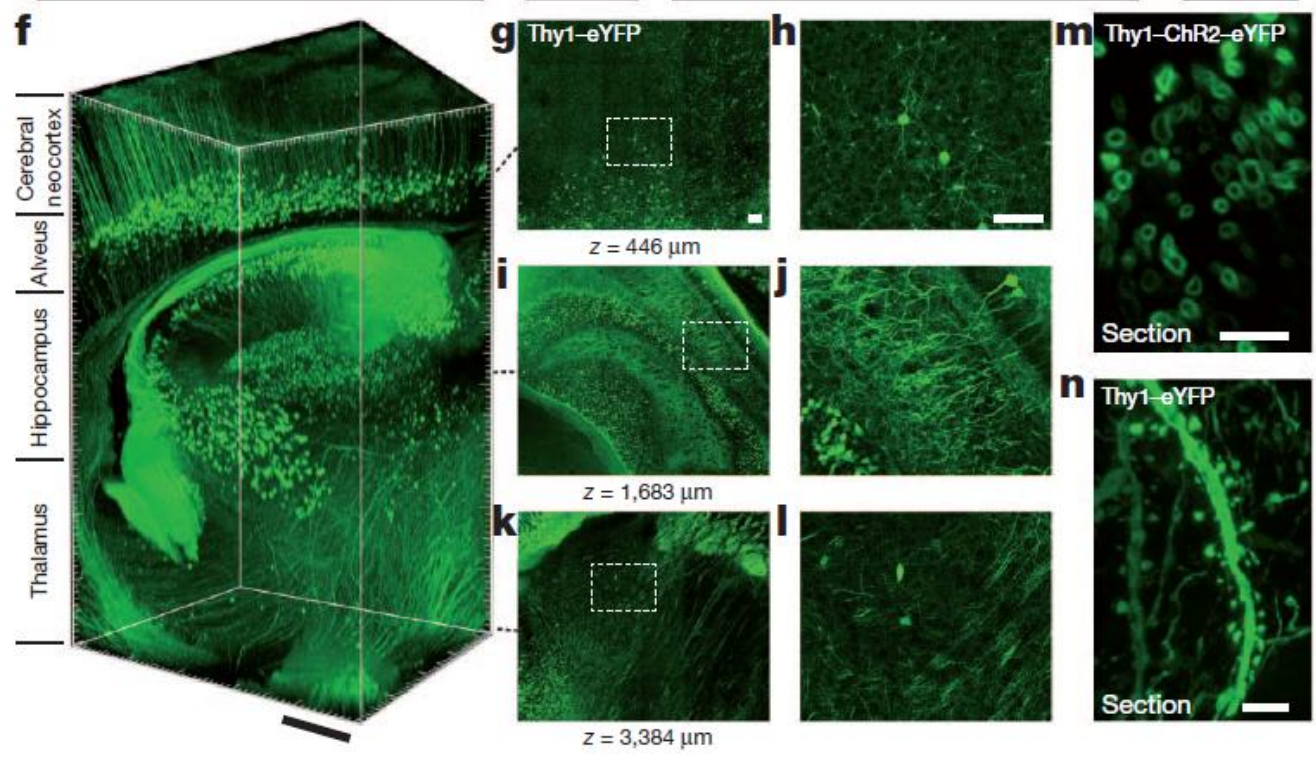
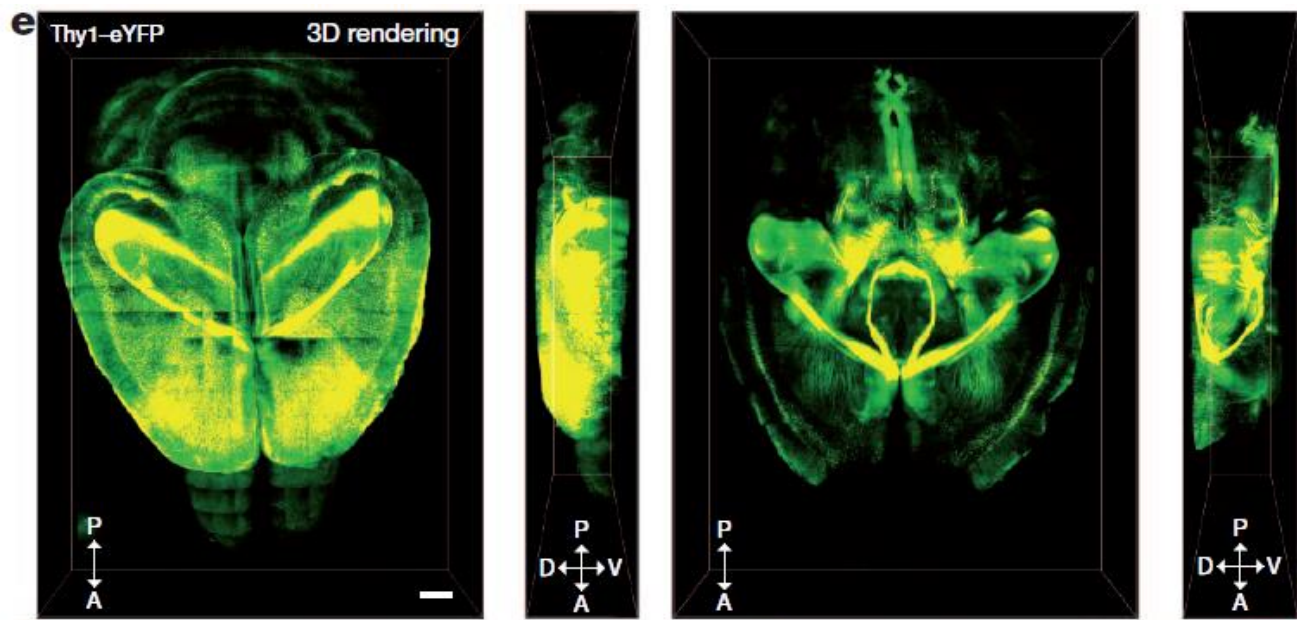
Jak můžeme studovat nervové struktury dnes?

- 3D, vzájemné vztahy a fyzické interakce mezi neurony
- „connectomics“ v kontextu velkých částí mozku
- Sledování průběhu nervových vláken

- Zachování biomolekul (proteiny, DNA, RNA, glykanové a oproteinové motivy)
- Zprůhlednění tkáně – hydrogel (akrylamidy) – použití fluorescenčních značek

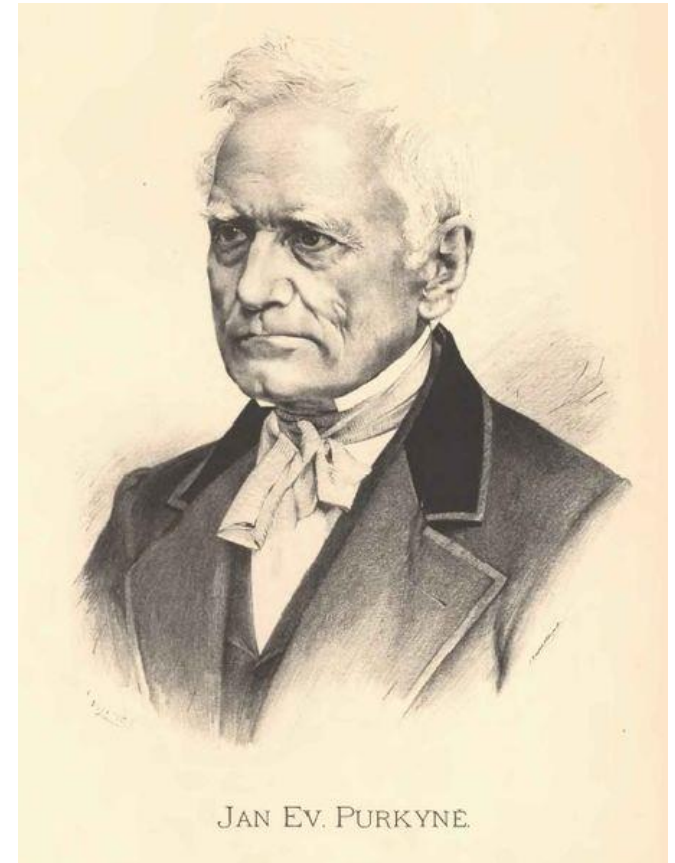


Neurons in an intact mouse hippocampus visualized using CLARITY and fluorescent labelling.



Mikroskopická stavba centrální a periferní nervové soustavy

- **75. Cortex cerebri**
- **76. Cortex cerebri (impregnace)**
- **77. Cerebellum (impregnace)**
- **78. Cerebellum (Nisslova substance)**
- **79. Medulla spinalis**
- **80. Plexus choroideus**
- **81. Spinální ganglion**
- **82. Spinální ganglion (impregnace)**
- **83. Autonomní ganglion**
- **84. Periferní nerv**
- **85. Periferní nerv (myelin)**
- **86. Periferní nerv – podélně**
- **87. Periferní nerv – podélně (myelin)**



J.E.P. (1787-1869)