

M U N I

M E D

Nitorlební kompartment, Buněčný podklad nervového systému

Kompartmentalizace

- Buněčná specializace vede u mnohobuněčných organismů ke kompartmentalizaci na různých úrovních
 - Tkáňová úroveň
 - Orgánová úroveň
 - Systémová úroveň
- Jednotlivé kompartmenty jsou od sebe odděleny bariérami
- Vlastnosti/složení obsahu jednotlivých kompartmentů se velmi liší

Kompartmentalizace

- Buněčná specializace vede u mnohobuněčných organismů k kompartmentalizaci na různých úrovních
 - Tkáňové
 - Orgánové
 - Systémové
- Jednotlivé kompartmenty jsou odděleny bariérami
- Vlastnosti/složení obsahu jednotlivých kompartmentů se velmi liší

Díky kompartmentalizaci a podpůrné činnosti neruoglie je udržována homeostáza CNS ve velmi úzkém rozmezí

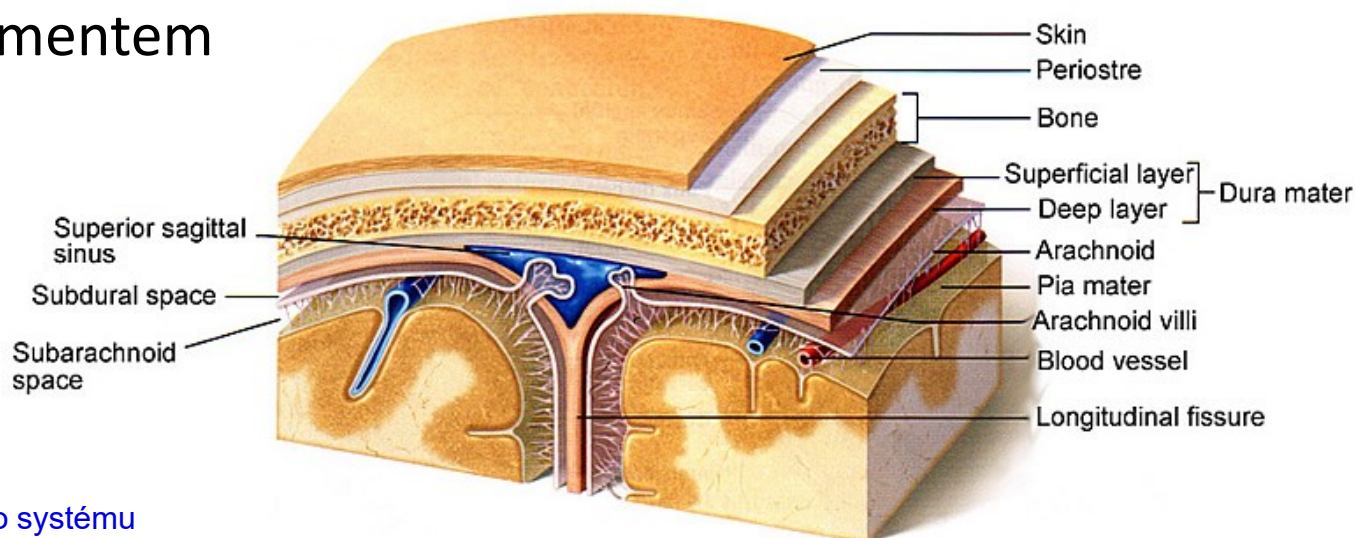
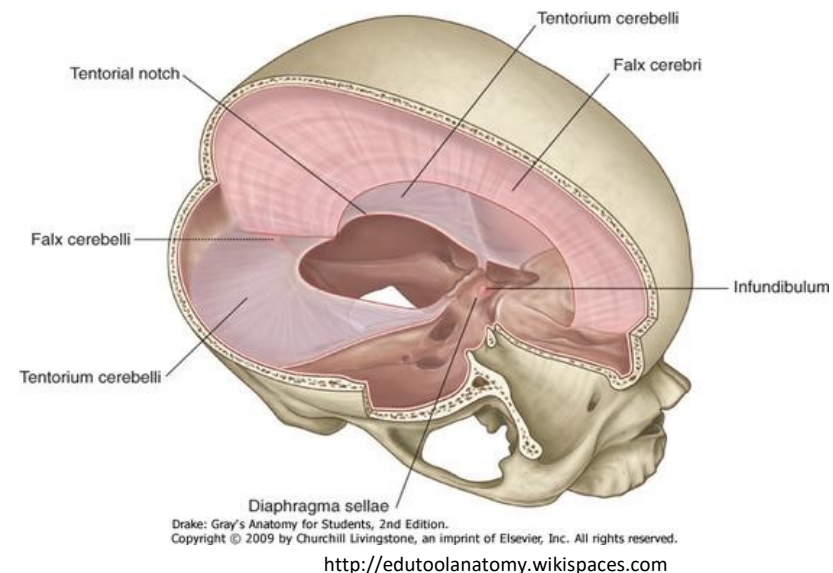
Kompartmentalizace

- Buněčná specializace vede u mnohobuněčných organismů ke kompartmentalizaci na různých úrovních
 - Tkáňové
 - Orgánové
 - Systémové
- Jednotlivé kompartmenty jsou odděleny bariérami
- Vlastnosti/složení obsahu jednotlivých kompartmentů se velmi liší

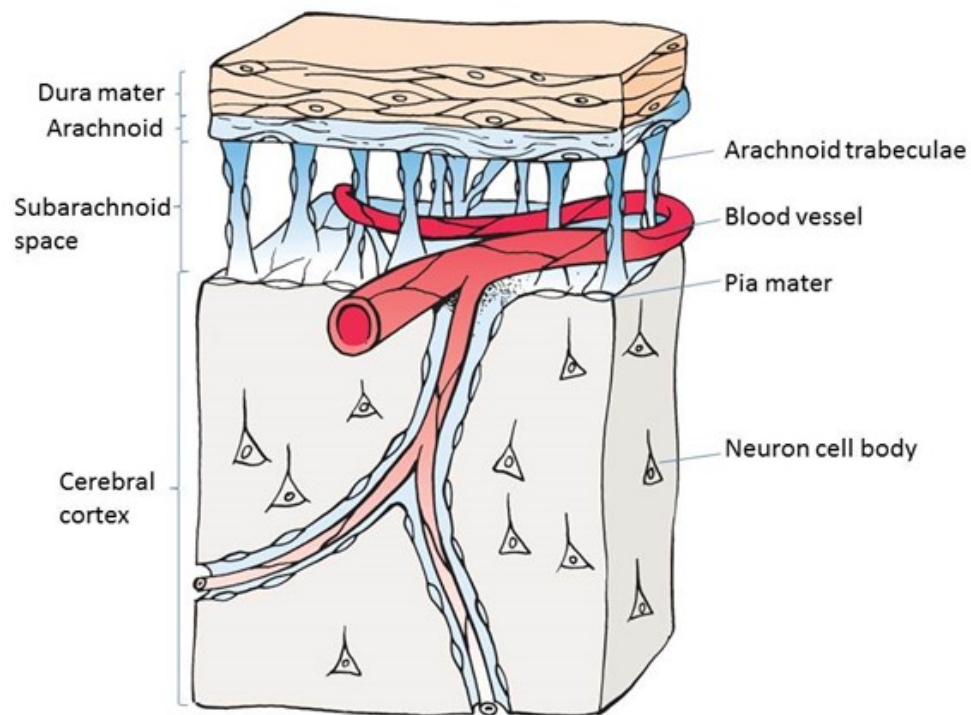
**Díky kompartmentalizaci a podpůrné činnosti neruoglie je udržována homeostáza CNS ve velmi úzkém rozmezí
To umožňuje žít neuronům po celý život jedince!**

Nitrolební kompartment

- „Velmi specifická oblast“
- Mozek
- Likvor
- Krev (v cévách)
- Bariéry mezi mozkem, likvorovým a intravaskulárním kompartmentem
 - Meningeální
 - Hematolikvorová
 - Hematoencefalická

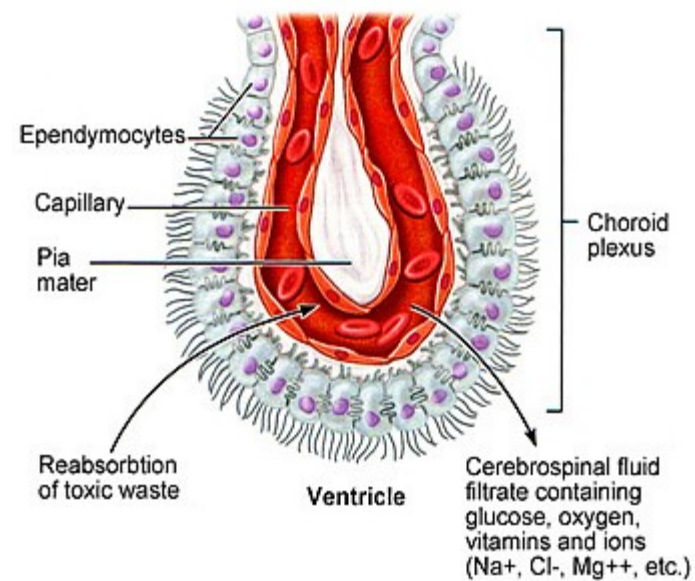


Meningeální a hematoliquorová bariéra



Adopted from: M.H.Ross and W. Pawlina. Histology: a text and atlas, Lippincott Williams & Wilkins, 2011

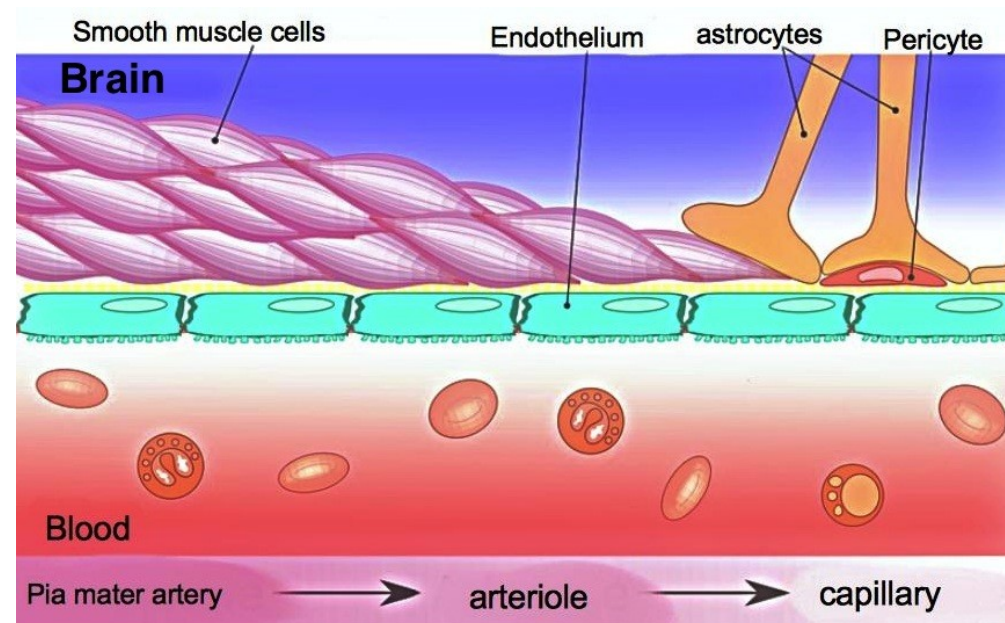
<https://sisu.ut.ee/histology/meninges>



<https://sisu.ut.ee/histology/meninges>

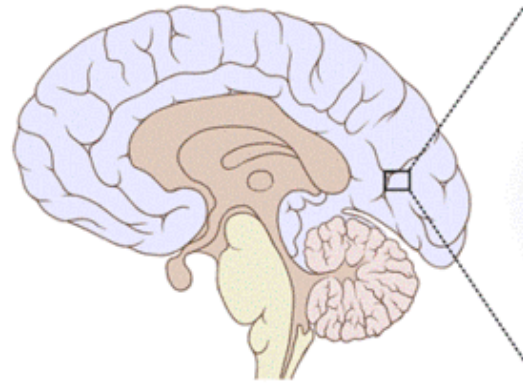
Hematoencefalická bariéra

- Vysoce organizovaná bariéra
 - Endotel (nízká propustnost díky zonula occludens)
 - Bazální membrána
 - Astrocyty
 - Pericyty

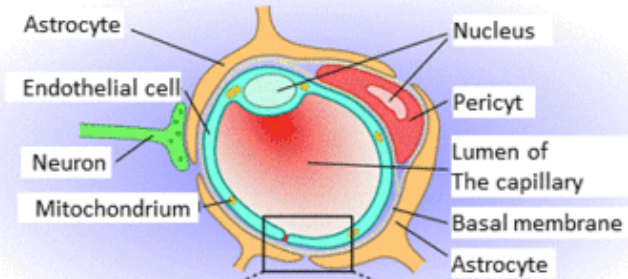


https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/12/Blood_vessels_brain_english.jpg

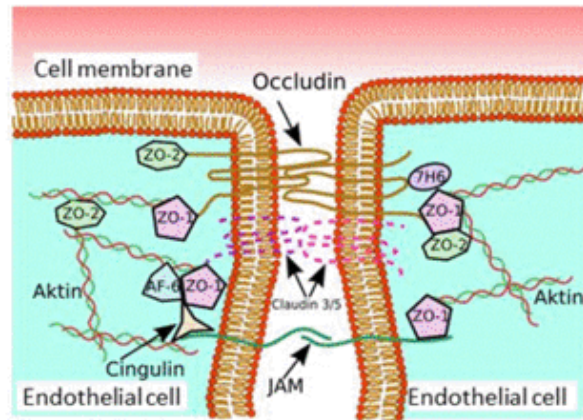
Hematoencefalická bariéra



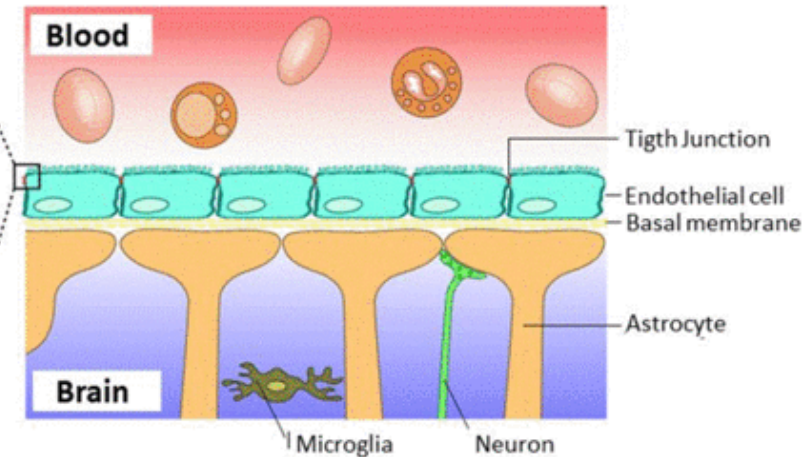
Cross section of blood vessel



Junction between Endothelial cells

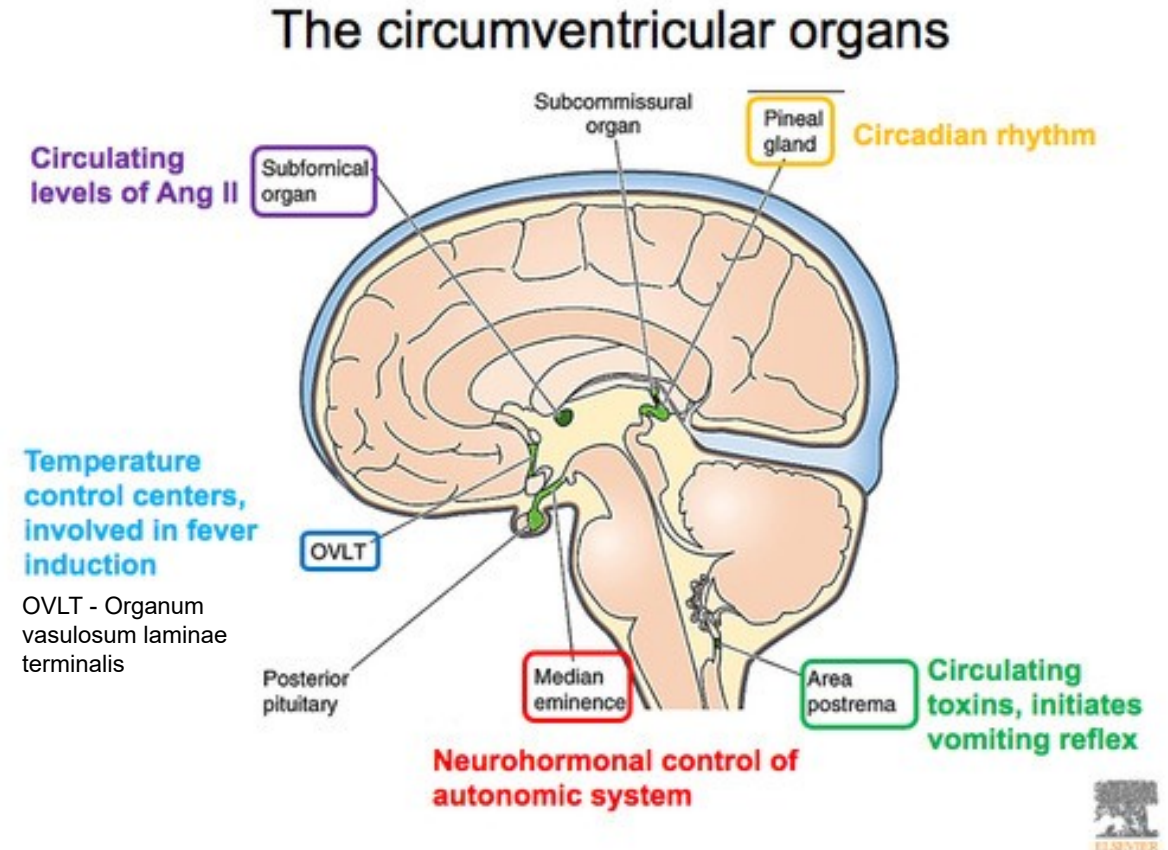


Longitudinal section of blood vessel



Cirkumventrikulární orgány

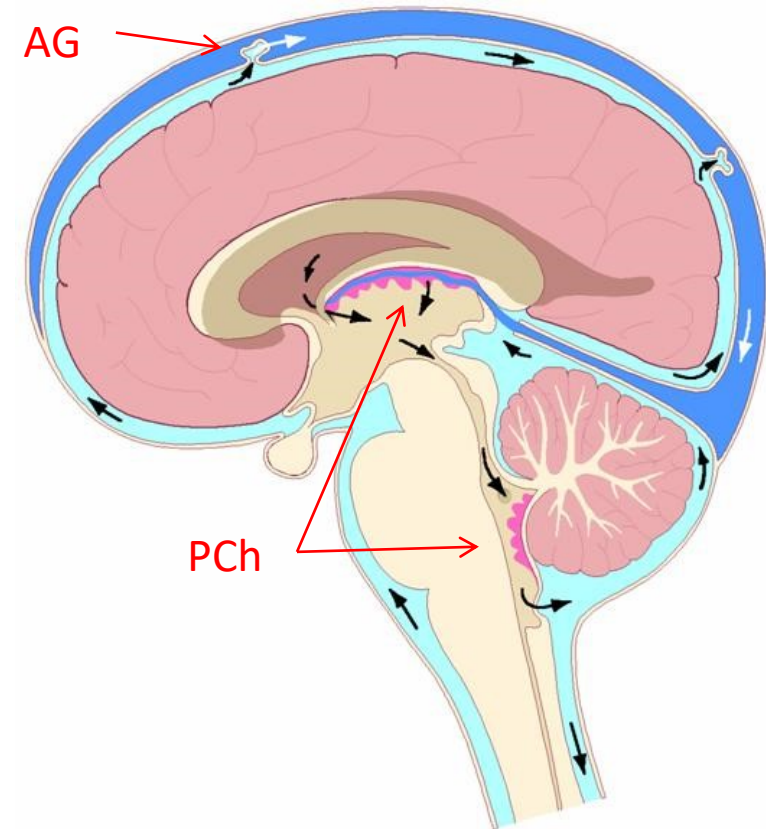
- Modifikovaná hematoencefalická bariéra
- Bohatá vaskularizace
- Senzory
- Sekrece



http://www.neuros.org/index.php?option=com_photos&view=photos&oid=hafizbilal

Mozkomíšní mok

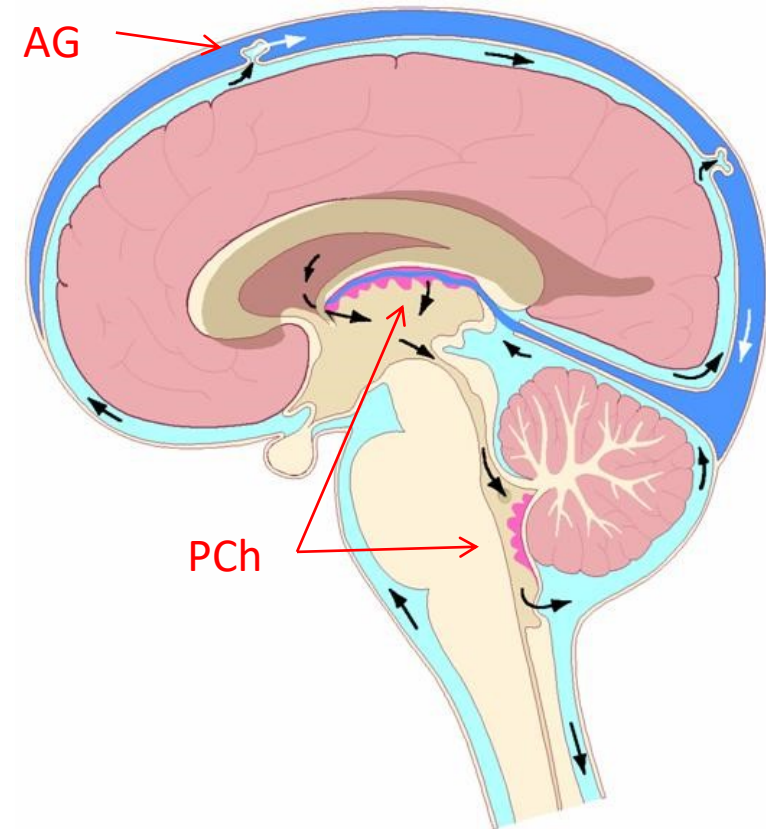
- Složení
 - ✓ Vysoký obsah Mg^{+} a Na^{+}
 - ✓ Nízký obsah K^{+} a Ca^{2+}
 - ✓ Minimum buněk (max 5/ml)
- Funkce
 - ✓ Ochrana
 - ✓ Funkce transportní,metabolická, imunologická



<http://www.control.tfe.umu.se>

Mozkomíšní mok

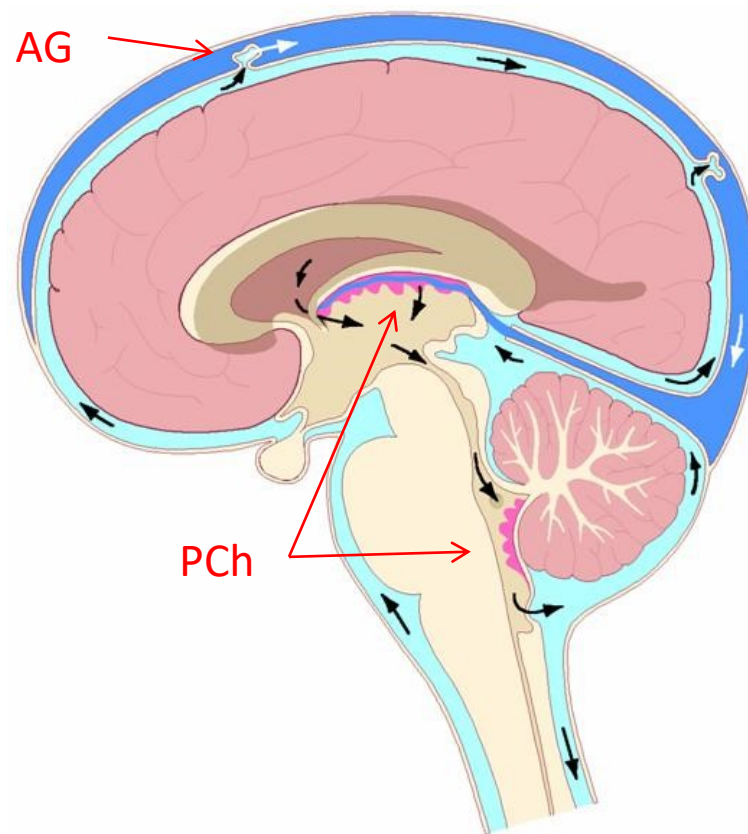
- Čirá tekutina vzniklá aktivní sekrecí
- Likvorový prostor
 - Vystlán ependymem
 - 150-250 ml



<http://www.control.tfe.umu.se>

Mozkomíšní mok

- Čirá tekutina vzniklá aktivní sekrecí
- Likvorový prostor
 - Vystlán ependymem
 - 150-250 ml
- Tvorba mozkomíšního moku
 - ✓ Plexus choroideus (PCh) -70%
 - ✓ Buněčný metabolismus
 - ✓ Kapilární ultrafiltrát
 - 450-750 ml/den
- Resorbce mozkomíšního moku
 - ✓ Archnoidální granulace (AG)

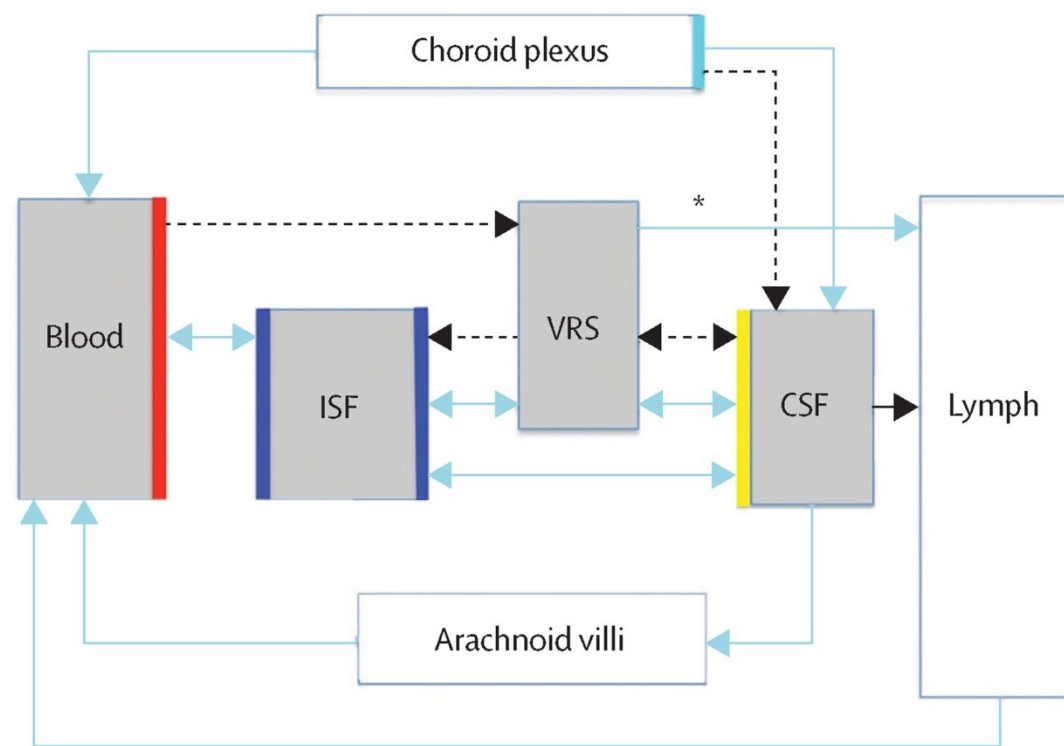


<http://www.control.tfe.umu.se>

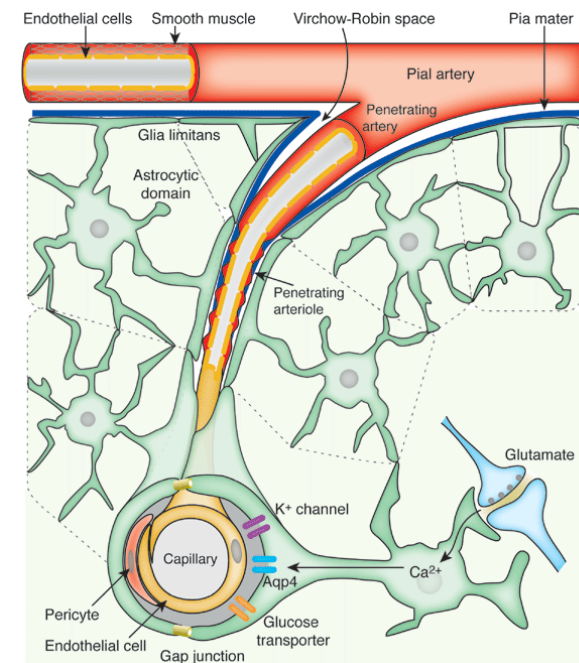
Nový pohled na produkci a vstřebávání mozkomíšního moku

Ducros A, Biousse V. Headache arising from idiopathic changes in CSF pressure. *The Lancet Neurology*. 2015;14:655–668.

- CSF – cerebrospinal fluid
- ISF – interstitial fluid
- VRS – Virchow Robin space (prostor mezi pia mater a cévou – arterií, vénou, ale netýká se kapilár)



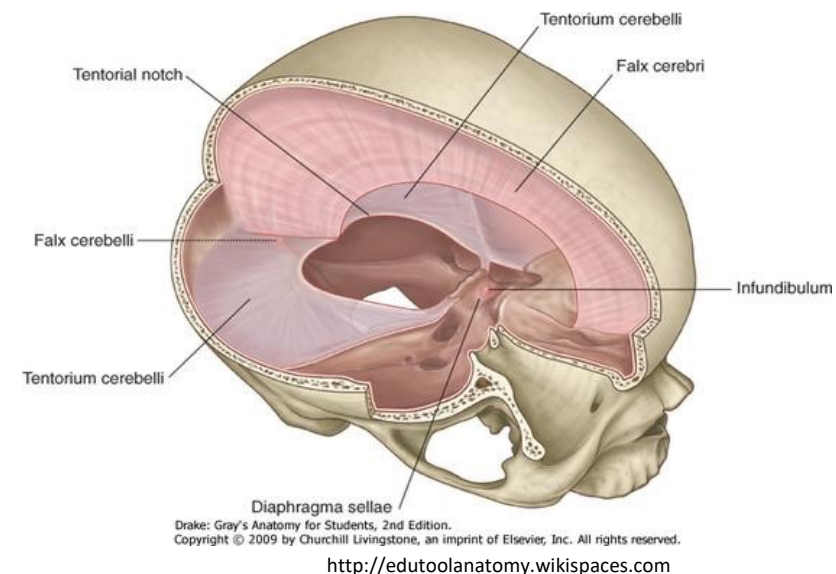
- BBB
- CP barrier
- Fluid movements
- Glia limitans
- Ependyma/pia mater
- Cellular movements



<http://visnu528.blogspot.cz/2014/09/glymphatics-and-virchow-robin-space.html>

Nitrolební kompartment

- Mozek
- Likvor
- Krev (v cévách)
- Intrakraniální tlak (ICP)
 - ✓ Tlak v nitrolebí
 - ✓ Kritický parametr spoludeterminující mozkovou perfúzi
- Cerebrální perfusní tlak (CPP)
tlakový gradient díky kterému teče krev do mozku



$$\mathbf{!!! \text{ CPP } = \text{ MAP } - \text{ ICP } \mathbf{!!!}}$$

Cerebrální perfúzní tlak Střední arteriální tlak Intrakraniální tlak

Buněčný podklad nervové soustavy

- Neurony
 - Příjem, integrace a šíření informace
 - Unikátní, nenahraditelné
- Neuroglie
 - Podpůrná činnost
 - Nahraditelné

Buněčný podklad nervové soustavy

- Neurony
 - Příjem, integrace a šíření informace
 - Unikátní, nenahraditelné
- Neuroglie
 - Podpůrná činnost
 - Nahraditelné
- Počet neuronů cca. 100 miliard (10^{11})
- Poměr neuron/glie
 - 1/10 - 50 (Principles of Neural Science, 4th ed., 2000)
 - 1/2 – 10 (Principles of Neural Science, 5th ed., 2012)
 - 1/1 (Nolte's Human Brain, 7th ed., 2015)

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku
- Oligodendrocyty
 - Myelinový obal

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku
- Oligodendrocyty
 - Myelinový obal
- Mikroglie
 - Imunita

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku
- Oligodendrocyty
 - Myelinový obal
- Mikroglie
 - Imunita
- Ependymální buňky
 - Choroidní plexus
 - (hemato-likvorová bariéra)
 - Výstelka komorového systému
(likvoro-encefalická bariéra)

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku
- Oligodendrocyty
 - Myelinový obal
- Mikroglie
 - Imunita
- Ependymální buňky
 - Choroidní plexus
 - (hemato-likvorová bariéra)
 - Výstelka komorového systému
(likvoro-encefalická bariéra)

Periferní nervový systém

- Satelitní buňky
 - Podpůrná funkce v periferních gangliích

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku
- Oligodendrocyty
 - Myelinový obal
- Mikroglie
 - Imunita
- Ependymální buňky
 - Choroidní plexus
 - (hemato-likvorová bariéra)
 - Výstelka komorového systému
(likvoro-encefalická bariéra)

Periferní nervový systém

- Satelitní buňky
 - Podpůrná funkce v periferních gangliích
- Schwanovy buňky
 - Myelinový obal

Neuroglie

Centrální nervový systém

- Astrocyty
 - Hematoencefalická b.
 - Udržování homeostázy
 - Metabolismus neurotransmiterů
 - Důležité také při vývoji mozku

• Oligodendrocyty

- Myelinový obal

• Mikroglie

- Imunitní buňky

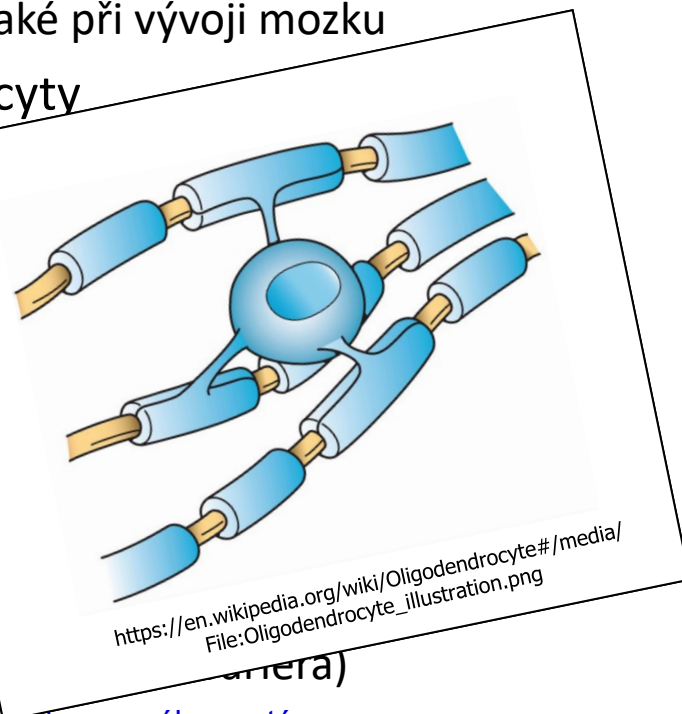
• Ependymocyty

- Choroidální plexy

- (hematoencefalická b.)

- Výstelka

- (likvorová kmera)

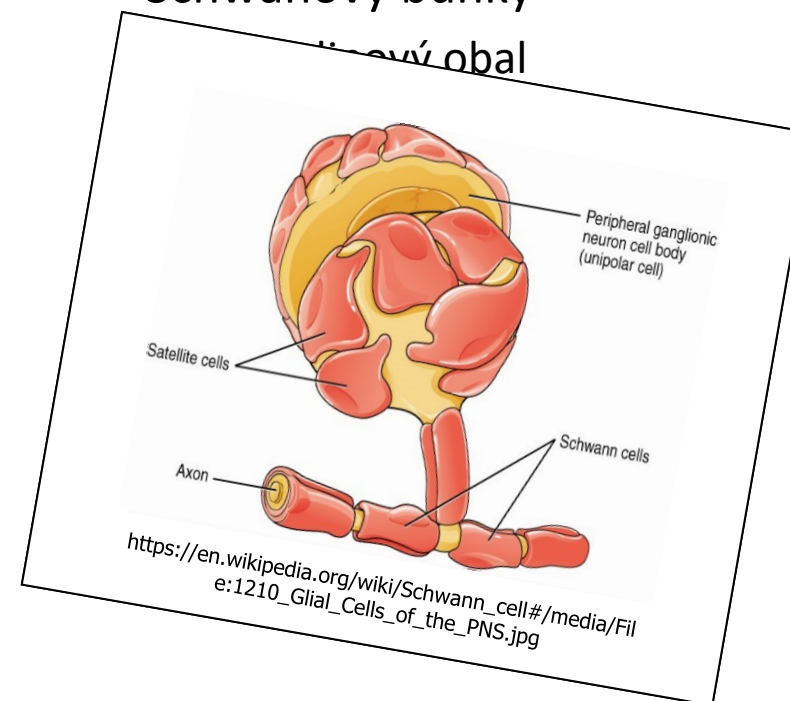


Periferní nervový systém

- Satelitní buňky
 - Podpůrná funkce v periferních gangliích

• Schwanovy buňky

- Myelinový obal



Neuron

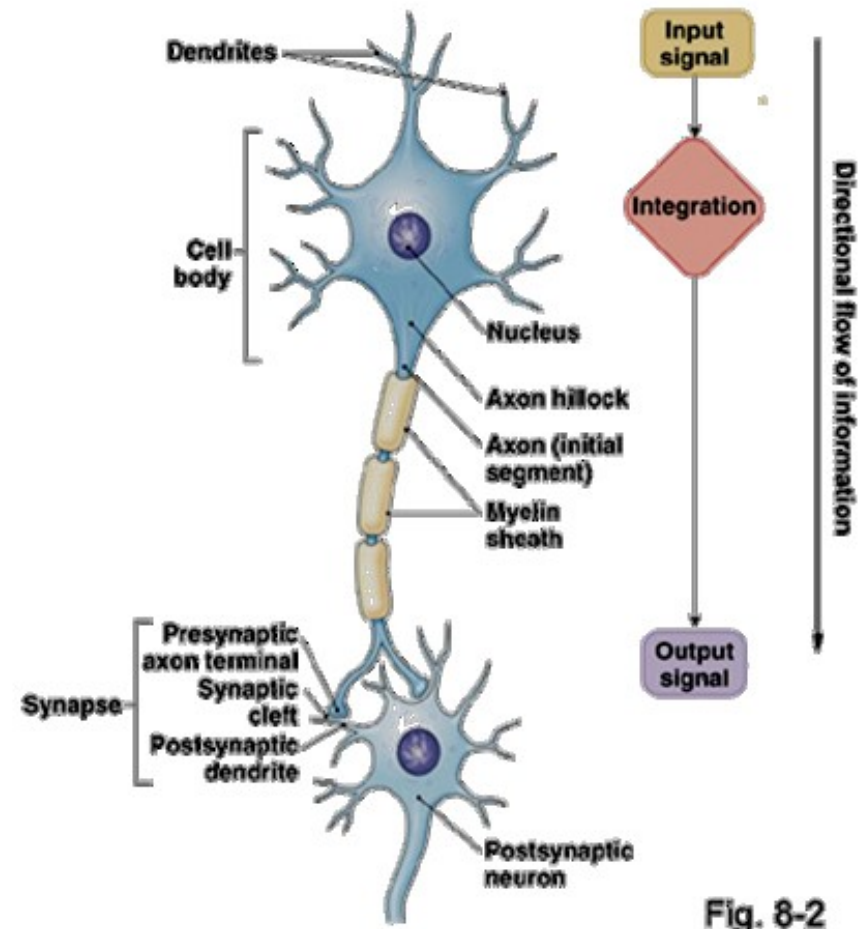


Fig. 8-2

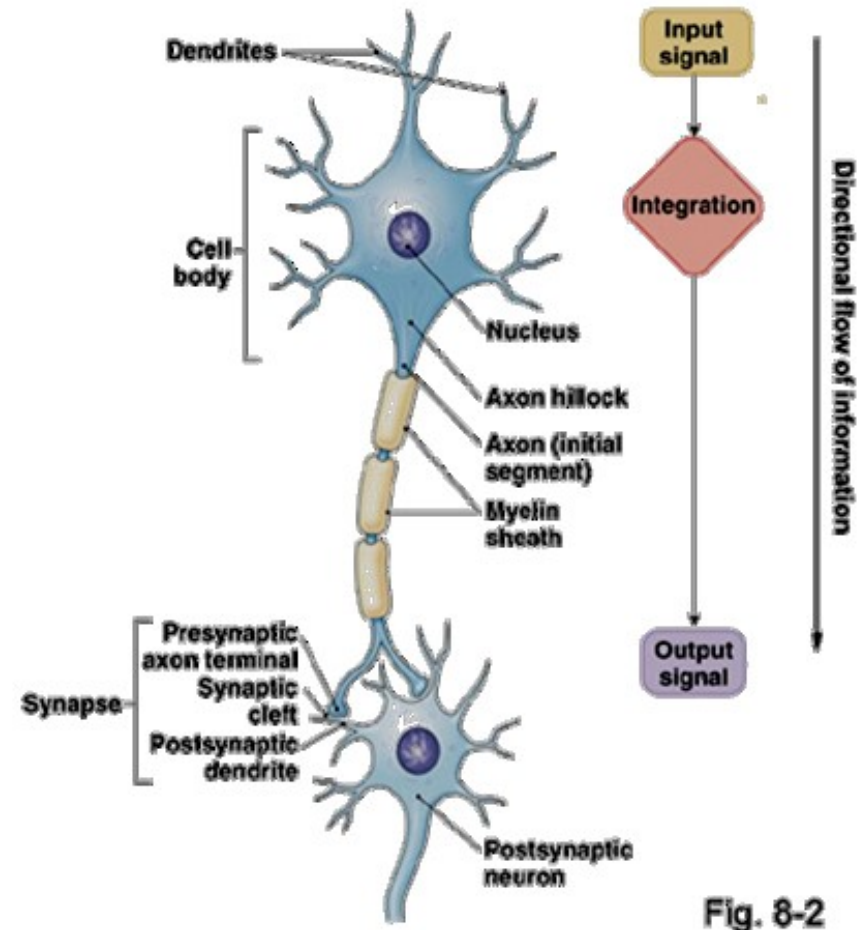
<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

Udržovací aktivity

„Uvnitř“ neuronu

- ✓ ...
- ✓ Syntéza
- ✓ Transport
- ✓ ...

Neuron

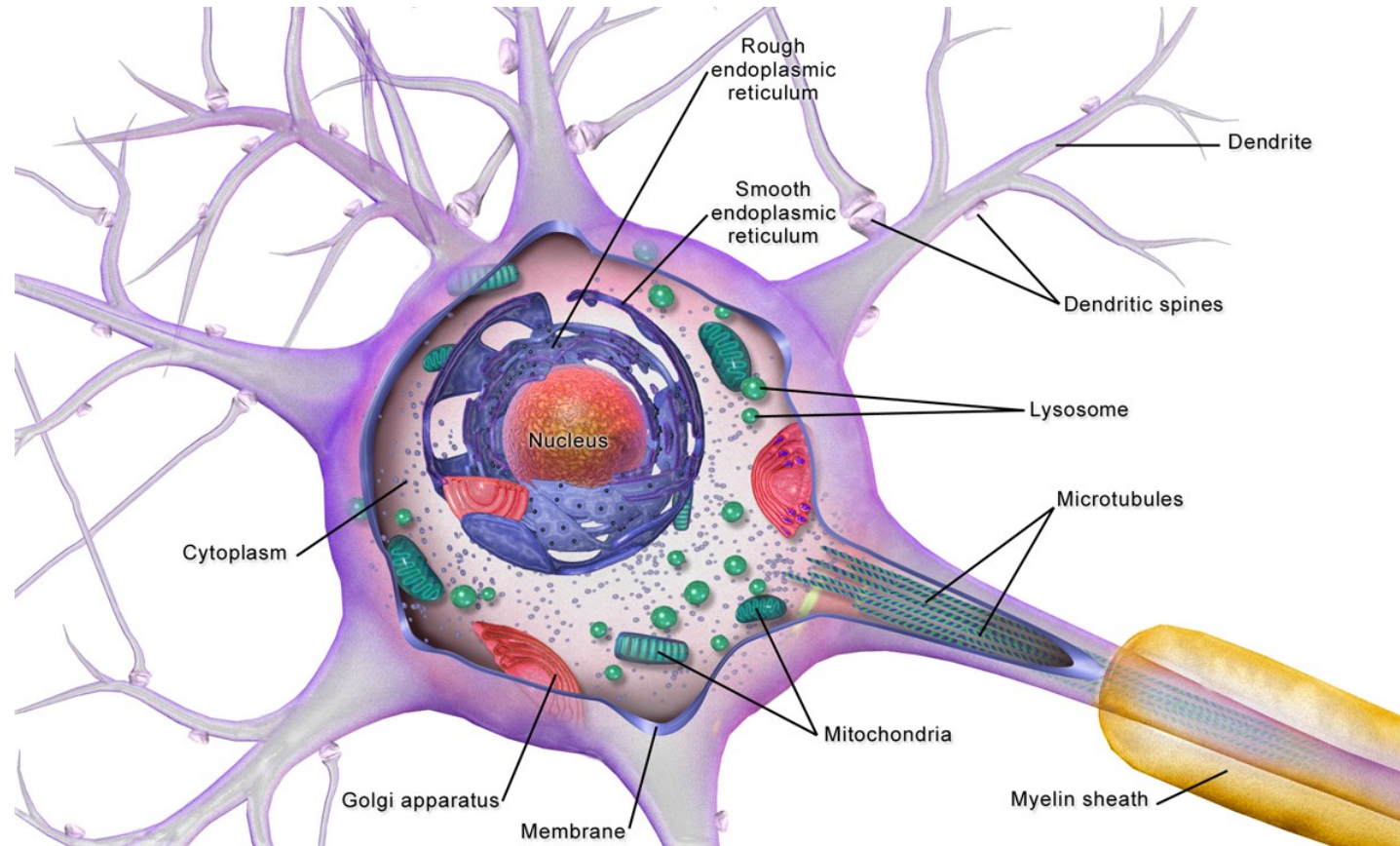


Zpracování a přenos informace

Membrána neuronu

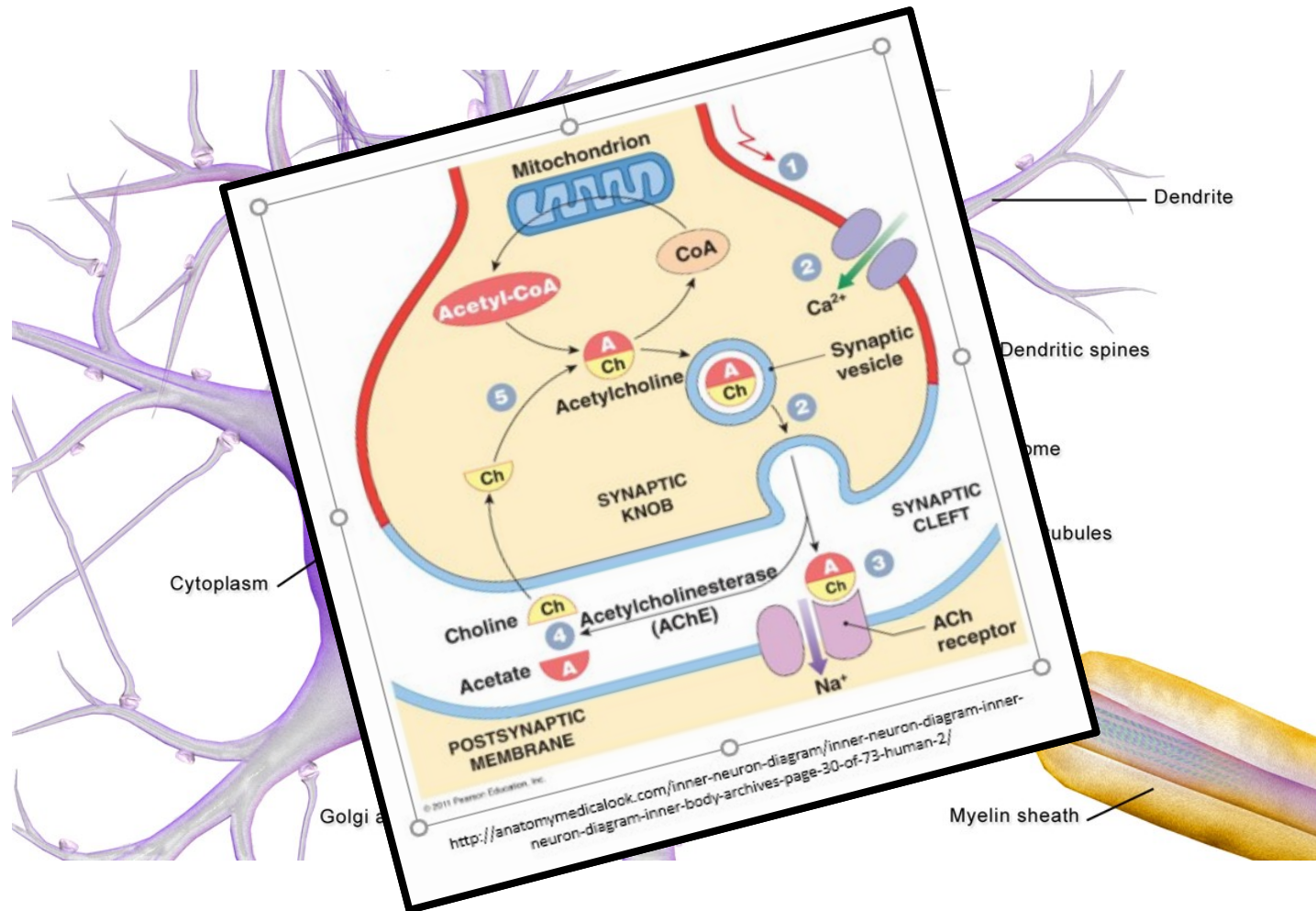
- ✓ Recepce signálu
- ✓ Integrace signálu
- ✓ Generování AP
- ✓ Vedení AP
- ✓ Přenos signálu

Udržovací aktivity



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Neuron_Cell_Body.png

Udržovací aktivity



https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ed/Neuron_Cell_Body.png

Udržovací aktivity

Fast axonal transport

- bidirectional
- ATP dependant
- associated with microtubules: dynein and kinesin

Fast axonal transport

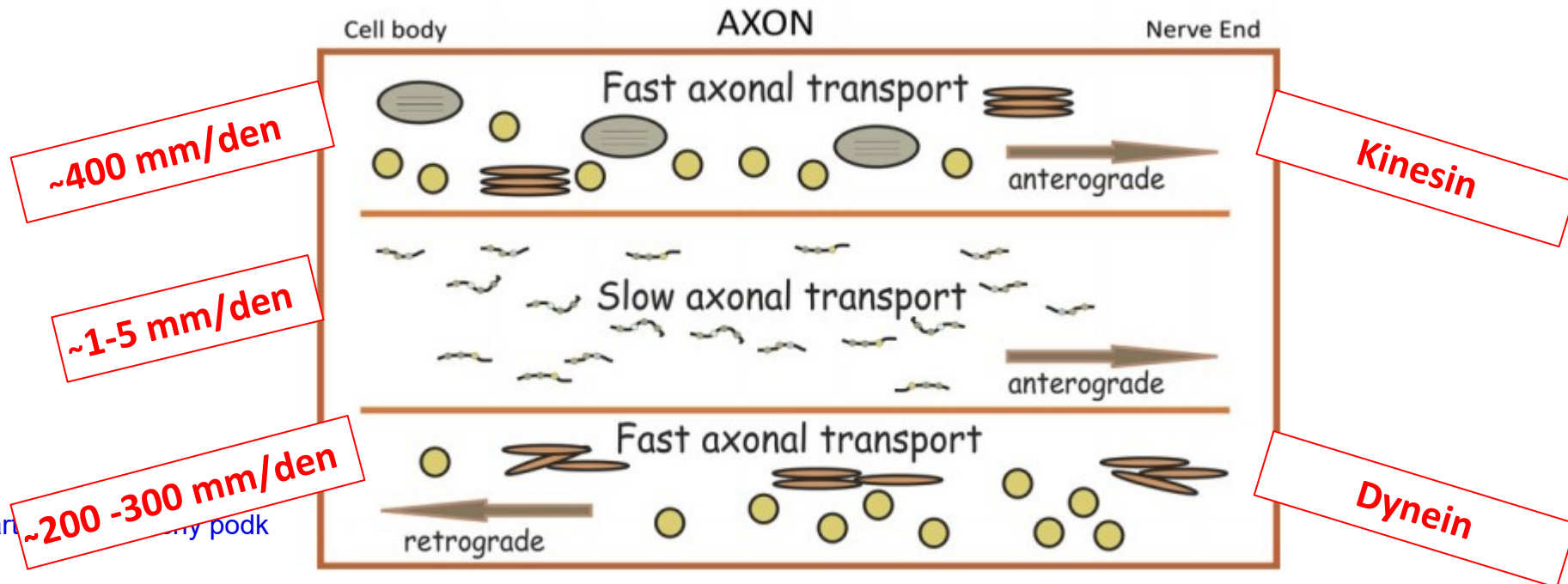
Golgi derived vesicles
lysosomes, mitochondria
structural elements of
endoplasmic reticulum

Slow axonal transport

- unidirectional,
- ATP independant
- conducted by sliding, polymerizing and protein interacting

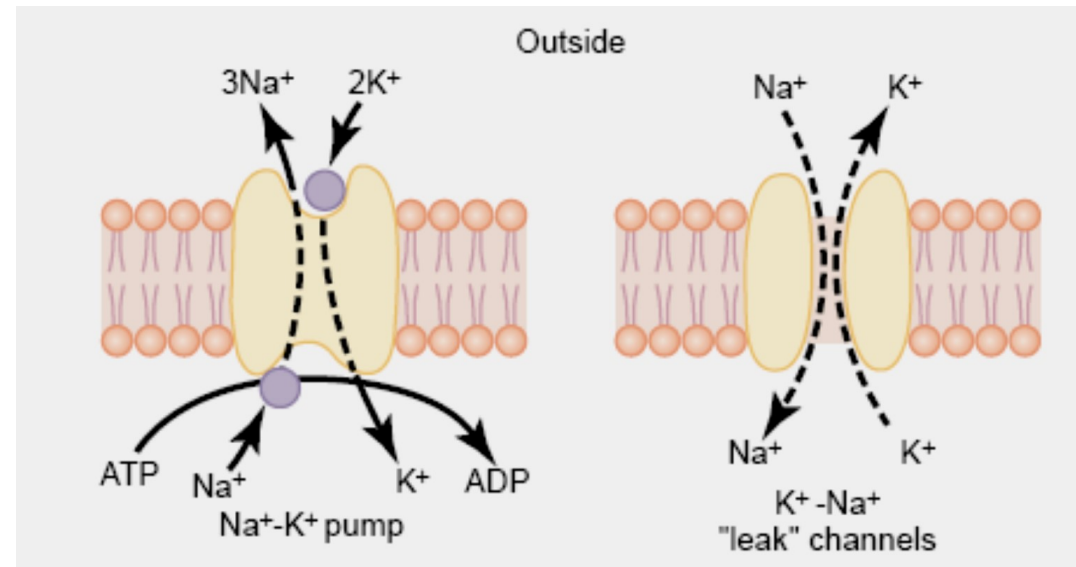
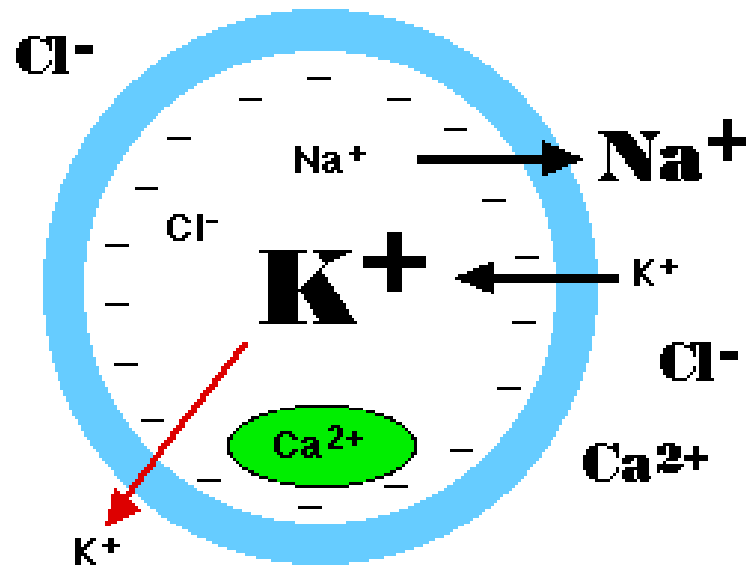
Slow axonal transport

microfilaments, microtubules
neurofilaments
cytosolic protein complexes



Membránový potenciál

- Vzniká díky rozdílům v koncentracích iontů na opačných stranách semipermeabilní membrány



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

Klidový membránový potenciál neuronu



<http://assassinscreed.ubi.com>

Klidový potenciál
cca. -70 mV

- Vysoce nestabilní stav membrány
- Proč? – Rychlost!
- Energetická náročnost
 - ✓ Kyslík - 20% celkové tělesné spotřeby
 - ✓ Glukóza – 25% celkové tělesné spotřeby

Akční potenciál

- Rychlá změna napětí na membráně
- Vznik na axonovém hrbolu nebo iniciálním segmentu
- Šíří se membránou
- Princip vše nebo nic

Prahový potenciál
cca. -55 mV

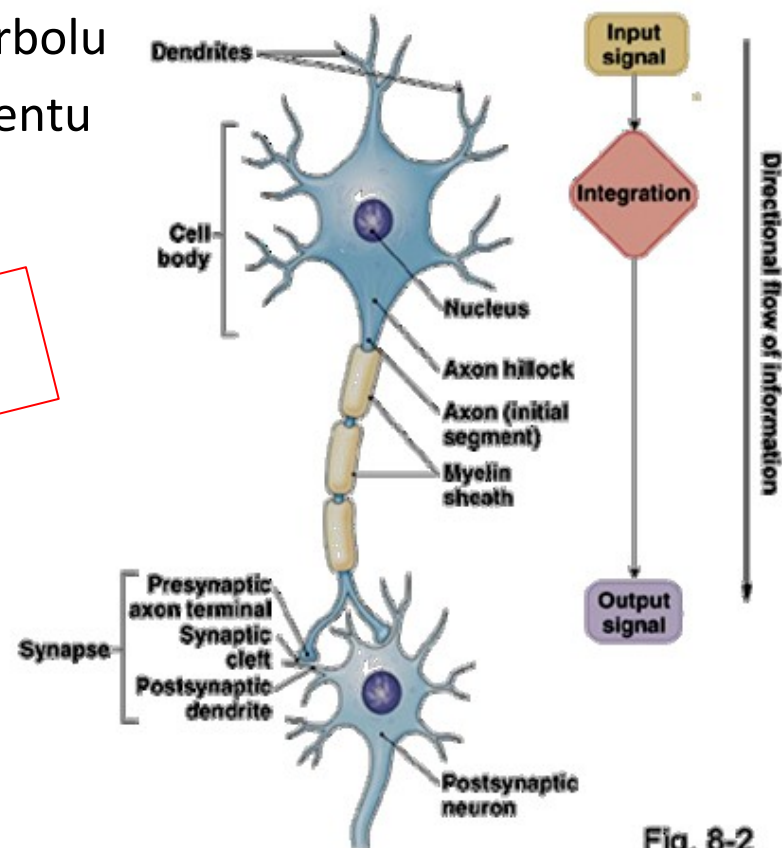
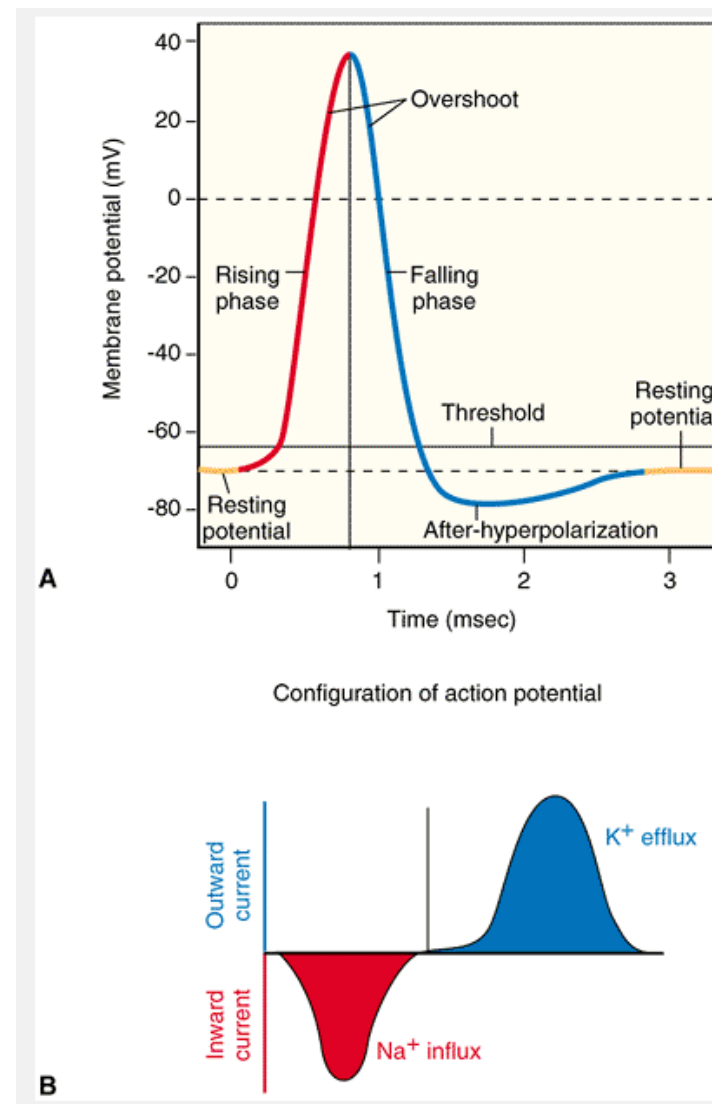
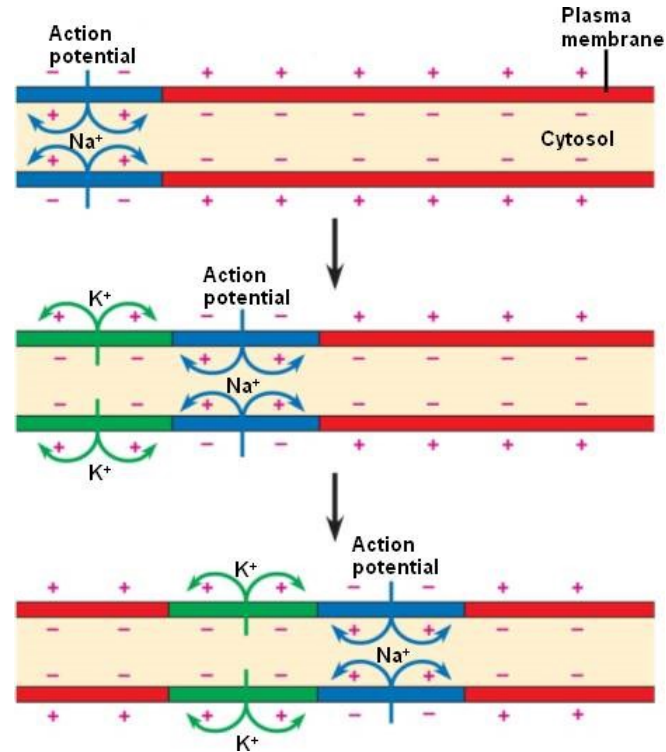
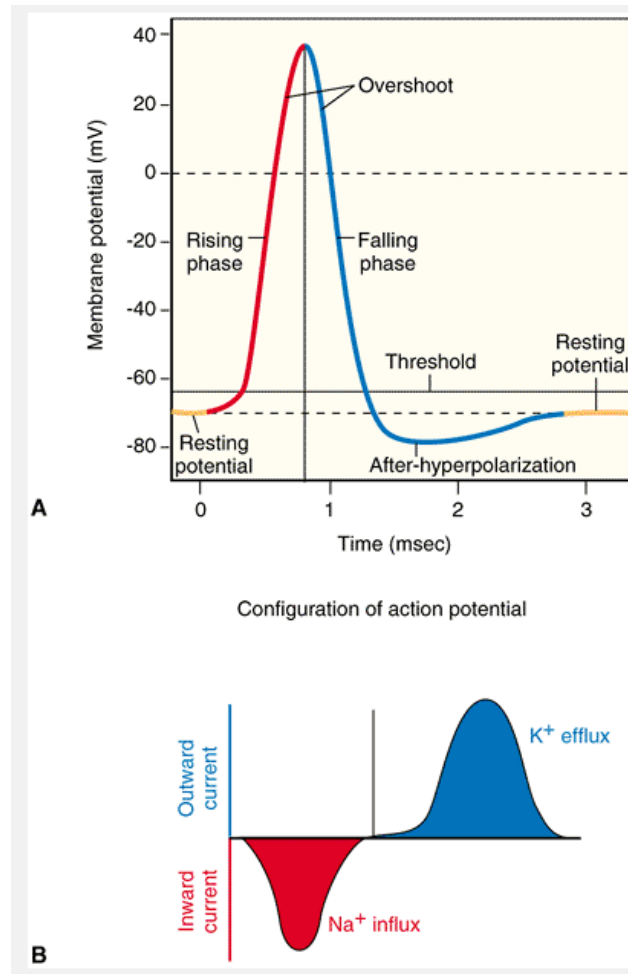


Fig. 8-2



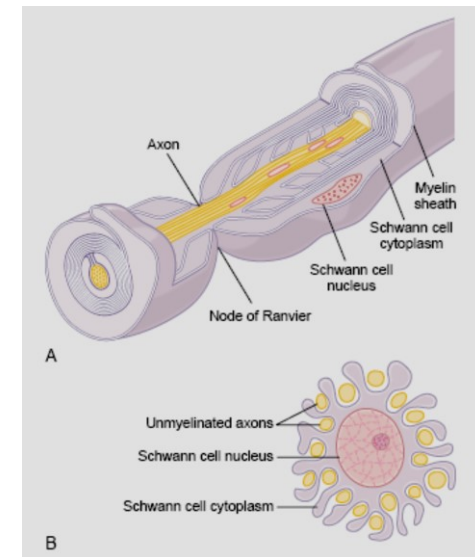
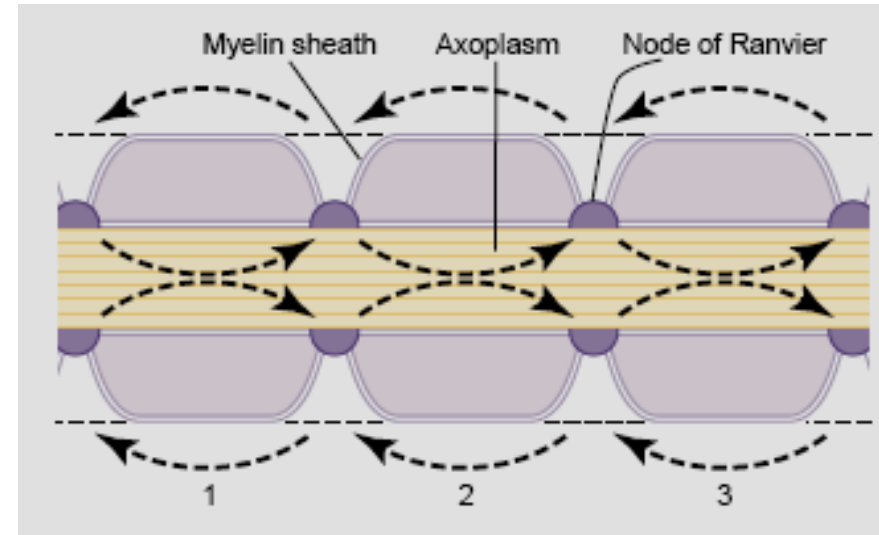
Šíření akčního potenciálu



- Lokální proudy
- Anterográdní směr

Saltatorní vedení

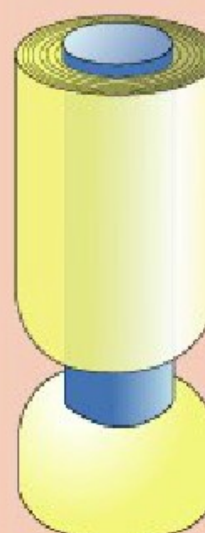
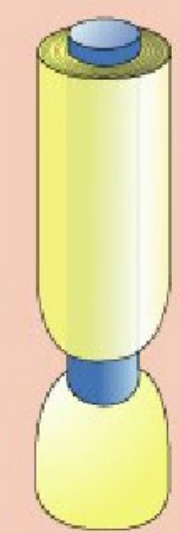


- Myelinová pochva
- Ranvierovy zářezy
- Energetická úspora
- Rychlost
- Rychlost vedení dále ovlivněna průřezem vlákna
 - elektrický odpor nepřímo úměrný průřezu



<http://www.slideshare.net/drpsdeb/presentations>

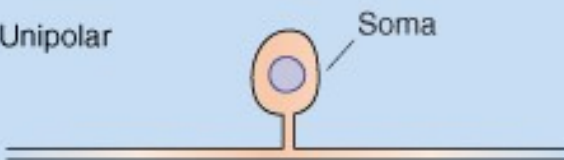

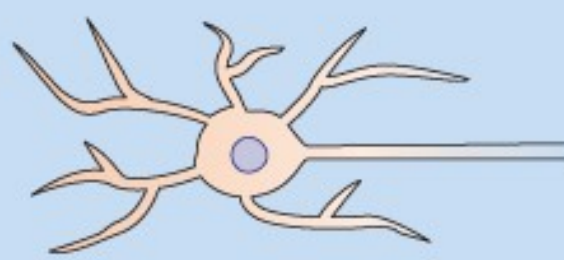
Klasifikace nervových vláken

- Axony
- U člověka většina myelinizovaná (V CNS všechna)
- Nemyelinizovaná pouze evolučně nejstarší vlákna

| | A α | A β | A δ | C |
|-------------------------------|--|--|--|--|
| 1 ^o Axon to skin | | | | |
| 1 ^o Axon to muscle | | | | |
| | Group I | Group II | Group III | Group IV |
| |  |  |  |  |
| Diameter (um) | 12-20 | 6-12 | 1-6 | 0.2-1.5 |
| Speed(m/sec) | 70-170 | 30-70 | 5-30 | 0.5-2 |
| Sensory receptors | Proprioceptors of skeletal muscle | Mechanoreceptors of skin | Pain, temperature | Temp, pain, itch |

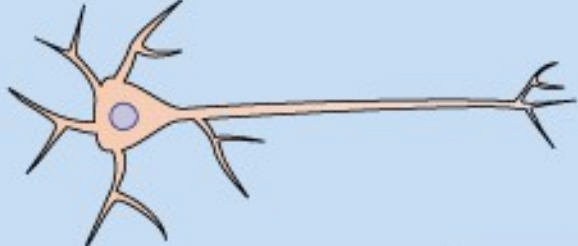
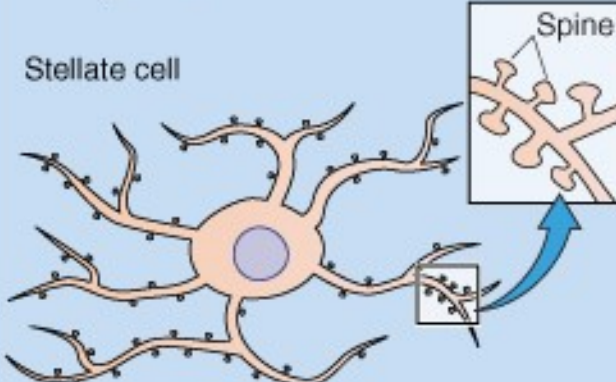
<http://neuroscience.uth.tmc.edu/s2/chapter04.html>

Klasifikace neuronů

| Basis for classification | Example | Functional implication | Structure |
|---|--|--|---|
| <p>3. Number of processes</p> <p>One process exits the cell body</p> | <p>Unipolar neuron (dorsal root ganglion cell)</p> | <p>Small area for receiving synaptic input: highly specialized function</p> | <p>Unipolar</p>  <p>Soma</p> |
| <p>Two processes exit the cell body</p> | <p>Bipolar neuron (retinal bipolar cell)</p> | <p>Small area for receiving synaptic input: highly specialized function</p> | <p>Bipolar</p>  |
| <p>Many processes exit the cell body</p> | <p>Multipolar neuron (spinal motor neuron)</p> | <p>Large area for receiving synaptic input; determines the pattern of incoming axons that can interact with the cell</p> | <p>Multipolar</p>  |

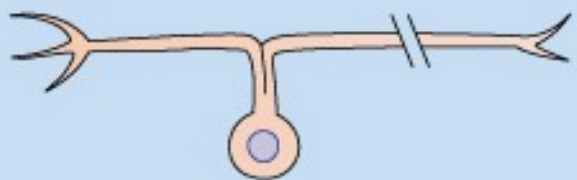

<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

Klasifikace neuronů

| Basis for classification | Example | Functional implication | Structure |
|---|--|--|---|
| 2. Dendritic pattern Pyramid-shaped spread of dendrites | Pyramidal cell (hippocampal pyramidal neuron) | Large area for receiving synaptic input; determines the pattern of incoming axons that can interact with the cell (i.e., pyramid-shaped) | Pyramidal cell  |
| Radial-shaped spread of dendrites | Stellate cell (cortical stellate cell) | Large area for receiving synaptic input; determines pattern of incoming axons that can interact with the cell (i.e., star-shaped) | Stellate cell  |

<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

Klasifikace neuronů

| Basis for classification | Example | Functional implication | Structure |
|--|--|-------------------------------|--|
| <p>1. Axonal projection</p> <p>Goes to a distant brain area</p> | Projection neuron or Principal neuron or Golgi type I cell (cortical motor neuron) | Affects different brain areas | <p>Dorsal root ganglion cell</p>  |
| <p>Stays in a local brain area</p> | Intrinsic neuron or Interneuron or Golgi type II cell (cortical inhibitory neuron) | Affects only nearby neurons | <p>Retinal bipolar cell</p>  |

<http://www.slideshare.net/CsillaEgri/presentations>

68. Buňky nervového systému

- ✓ Neuroglie
 - Klasifikace a funkční přehled
- ✓ Neurony
 - Charakteristika, stavba, klasifikace
 - Funkce neuronů
 - Udržovací aktivita
 - Syntéza – tělo
 - Transport (klasifikace, charakteristiky)
 - Zpracování a přenos informace – membrána
 - Stručně ot. 70

69. Nitrolební kompartment, intrakraniální tlak

- ✓ Obsah nitrolebního kompartmentu (mozek, krev, likvor)
- ✓ Bariéry mezi kompartmenty (meningeální, hematoencefalická, hematolikvorová)
 - Popis hematoencefalické bariéry
 - Cirkumventrikulární orgány
- ✓ Likvor
 - Tvorba, cirkulace, odtok
- ✓ Nitrolební tlak
 - $CPP = MAP - ICP$
 - Klinický význam

70. Klidové membránové napětí, akční napětí - vznik a šíření nervovým vláknem

- ✓ Membránový potenciál
 - Obecná charakteristika a popis iontových mechanismů
- ✓ Klidový membránový potenciál neuronu (charakteristika)
- ✓ Akční potenciál
 - Charakteristika
 - Iontové mechanismy
 - Vedení akčního potenciálu
 - Lokální proudy
 - Anterográdní směr
 - Role myelinu a saltatorní vedení
- Stručná klasifikace nervových

M U N I

M E D