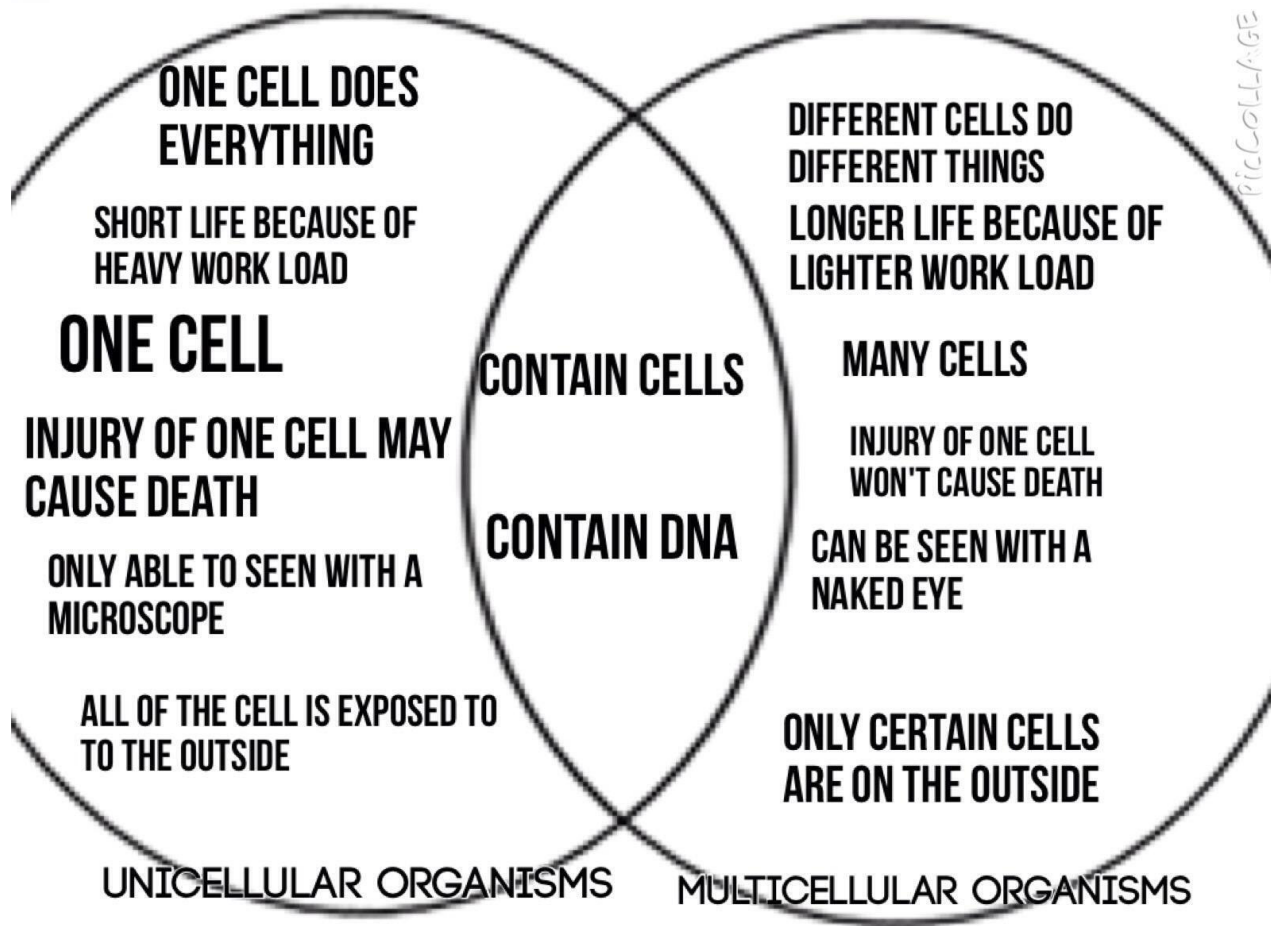


**2**

**Buněčný podklad nervového  
systému**



# Kompartmentalizace

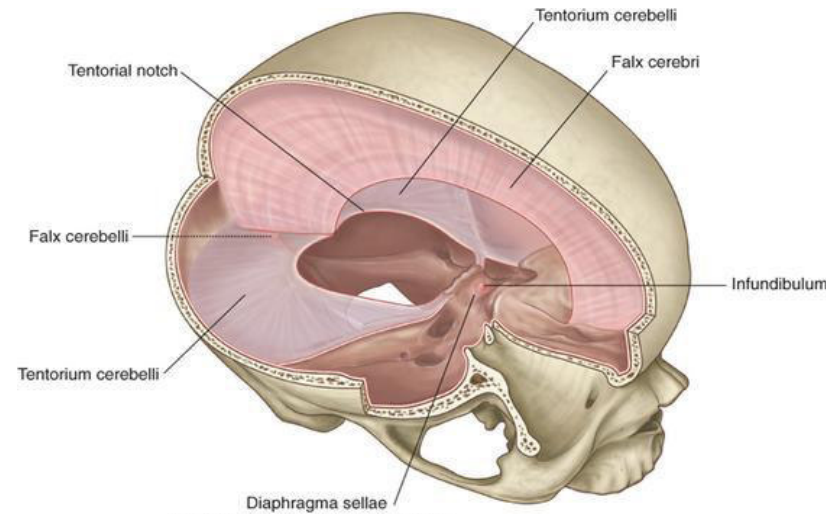
- Buněčná specializace vede u mnohobuněčných organismů ke kompartmentalizaci na různých úrovních
  - Tkáňová úroveň
  - Orgánová úroveň
  - Systémová úroveň

# 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

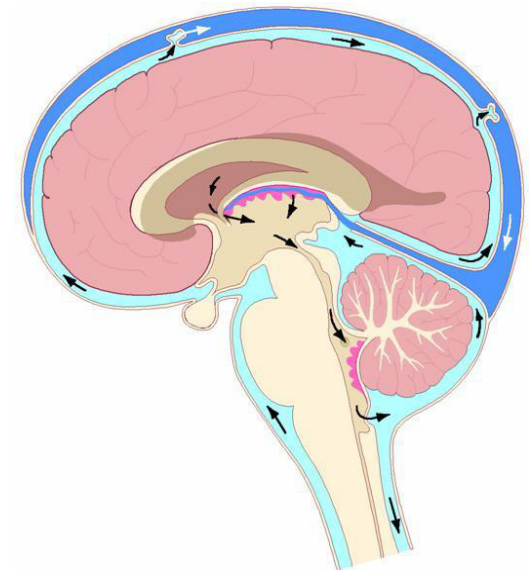
# Centrální nervový systém

- Velmi specifická oblast
- Kostní obal
- Pleny
- Likvor
- Bariéry vůči likvorovému a intravaskulárnímu kompartmentu
  - Meningeální
  - Hematolikvorová
  - Hematoencefalická



Drake: Gray's Anatomy for Students, 2nd Edition.  
Copyright © 2009 by Churchill Livingstone, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

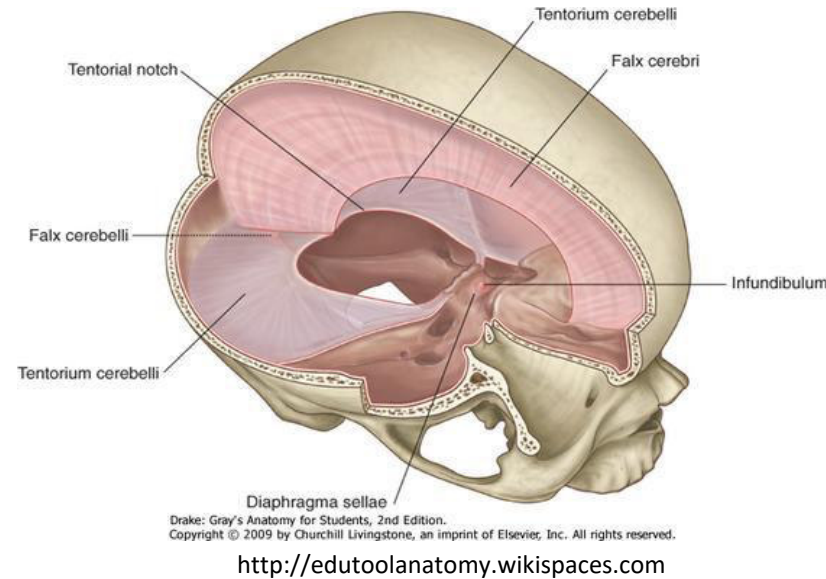
<http://edutoolanatomy.wikispaces.com>



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

# Nitrolební kompartment

- Mozek
- Likvor
- Krev (v cévách)
- Intrakraniální tlak (ICP) tlak v nitrolebí
- Cerebrální perfusní tlak (CPP) tlakový gradient díky kterému teče krev do mozku



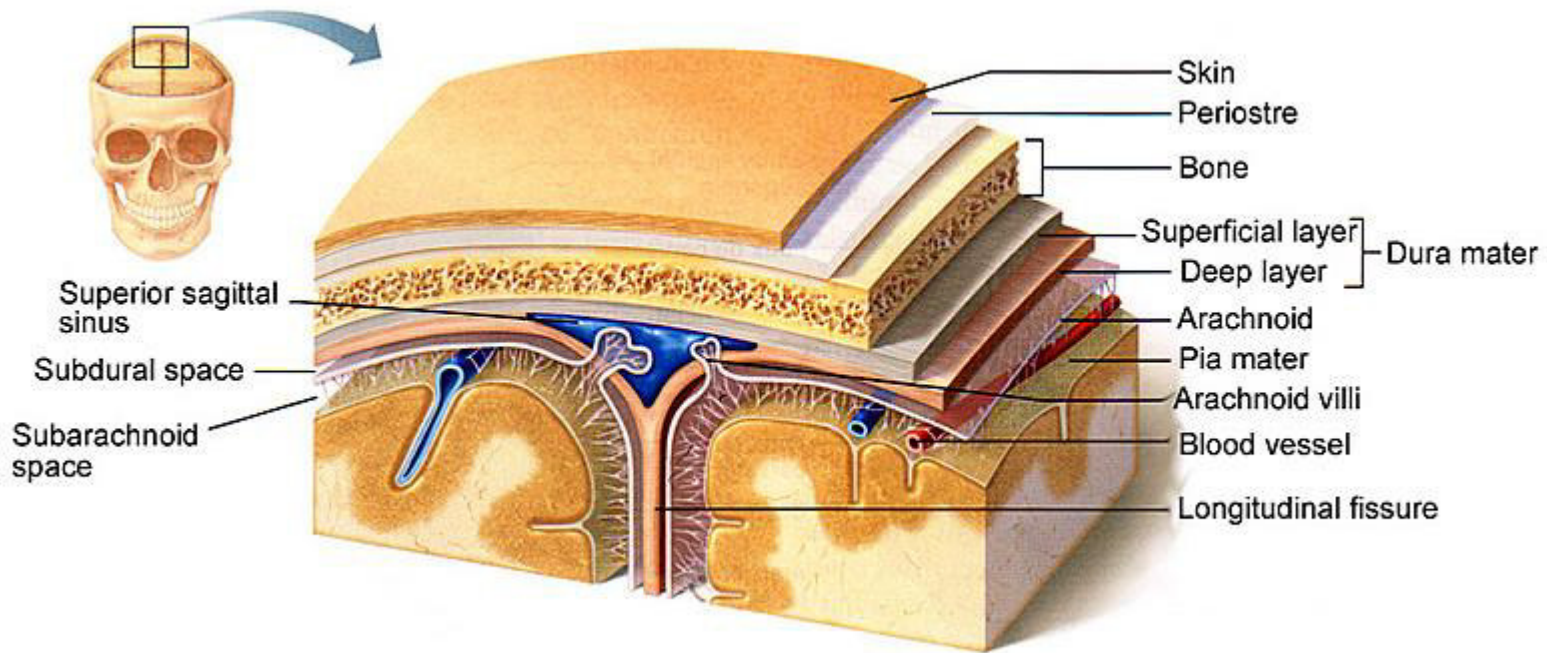
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

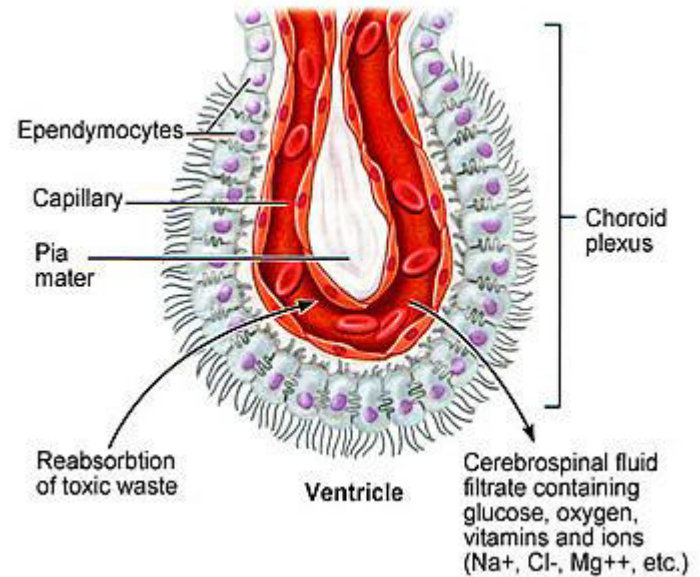
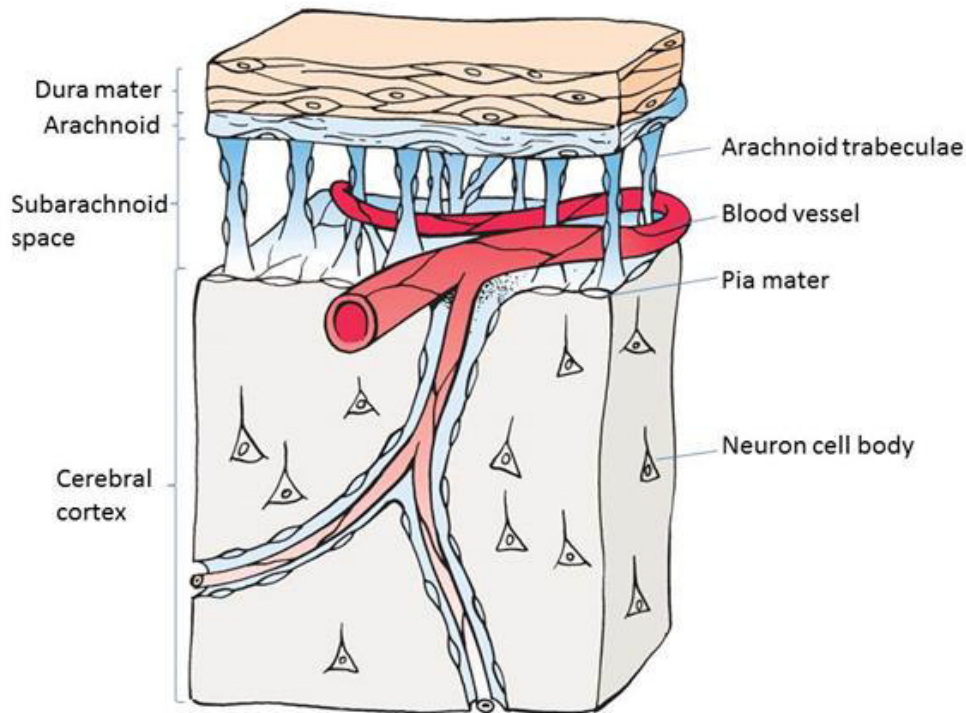
Střední arteriální tlak

Intrakraniální tlak

# Mozkové pleny



# Meningeální a hematolikvorová bariéra

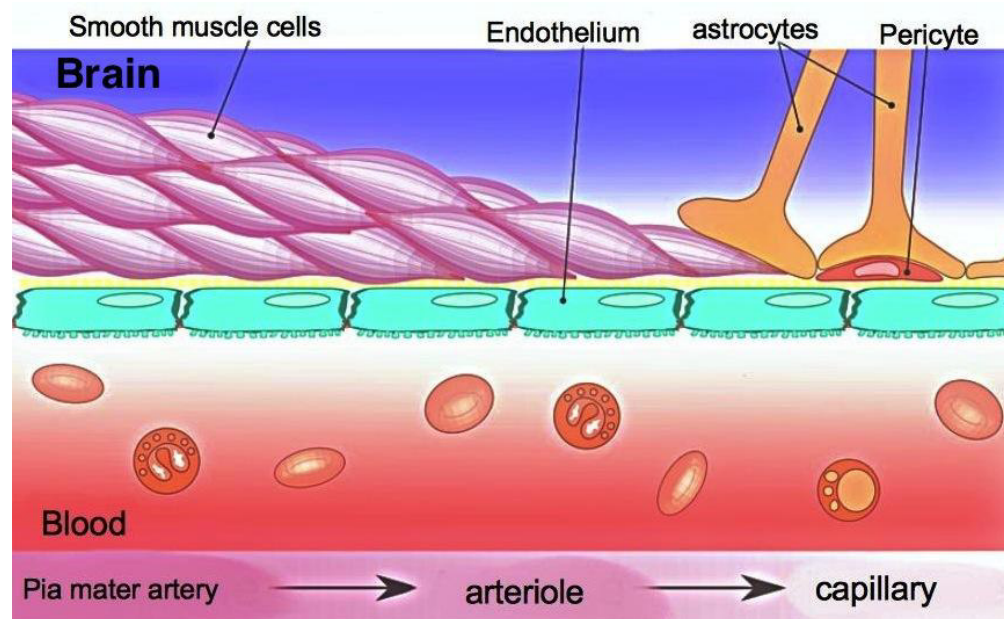


Adopted from: M.H.Ross and W. Pawlina. Histology: a text and atlas, Lippincott Williams & Wilkins, 2011

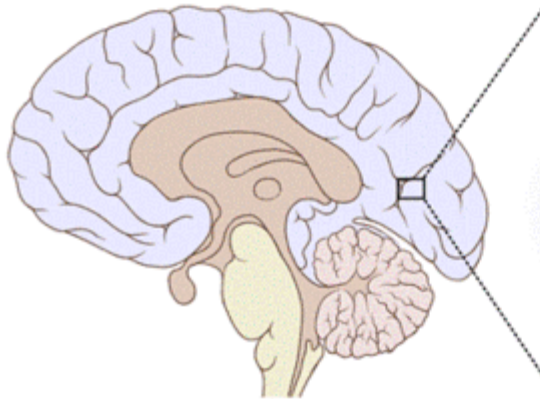


# Hematoencefalická bariéra

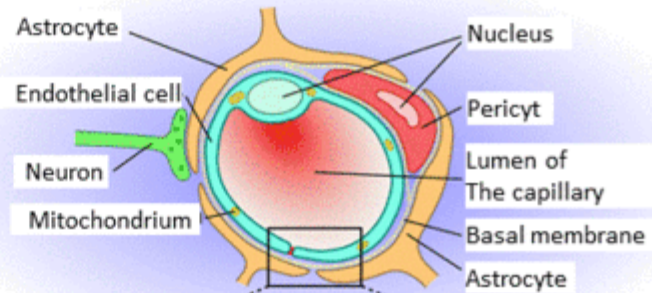
- Vysoce organizovaná bariéra
  - Endotel (nízká propustnost díky zonula occludens)
  - Lamina basalis
  - Astrocyty



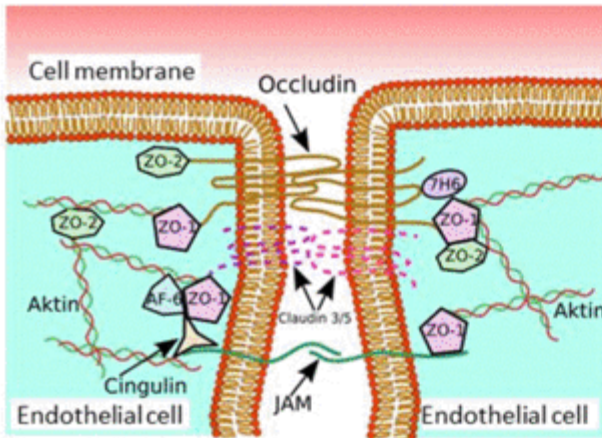
# Hematoencefalická bariéra



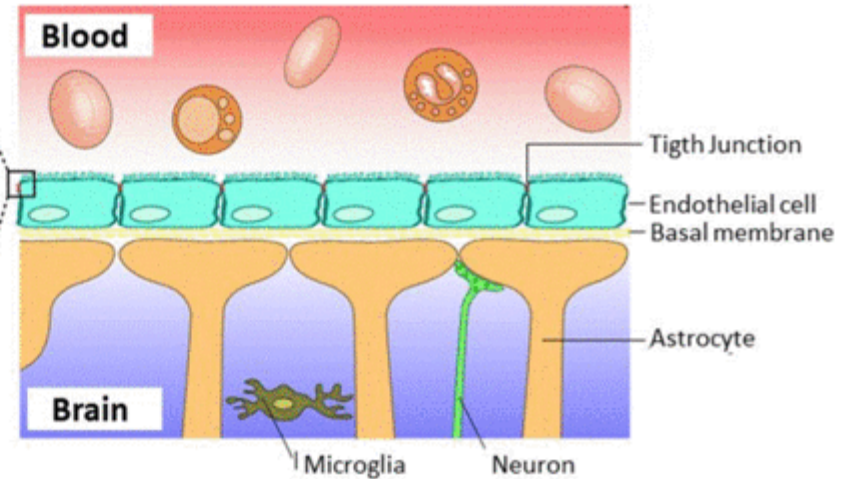
## Cross section of blood vessel



## Junction between Endothelial cells



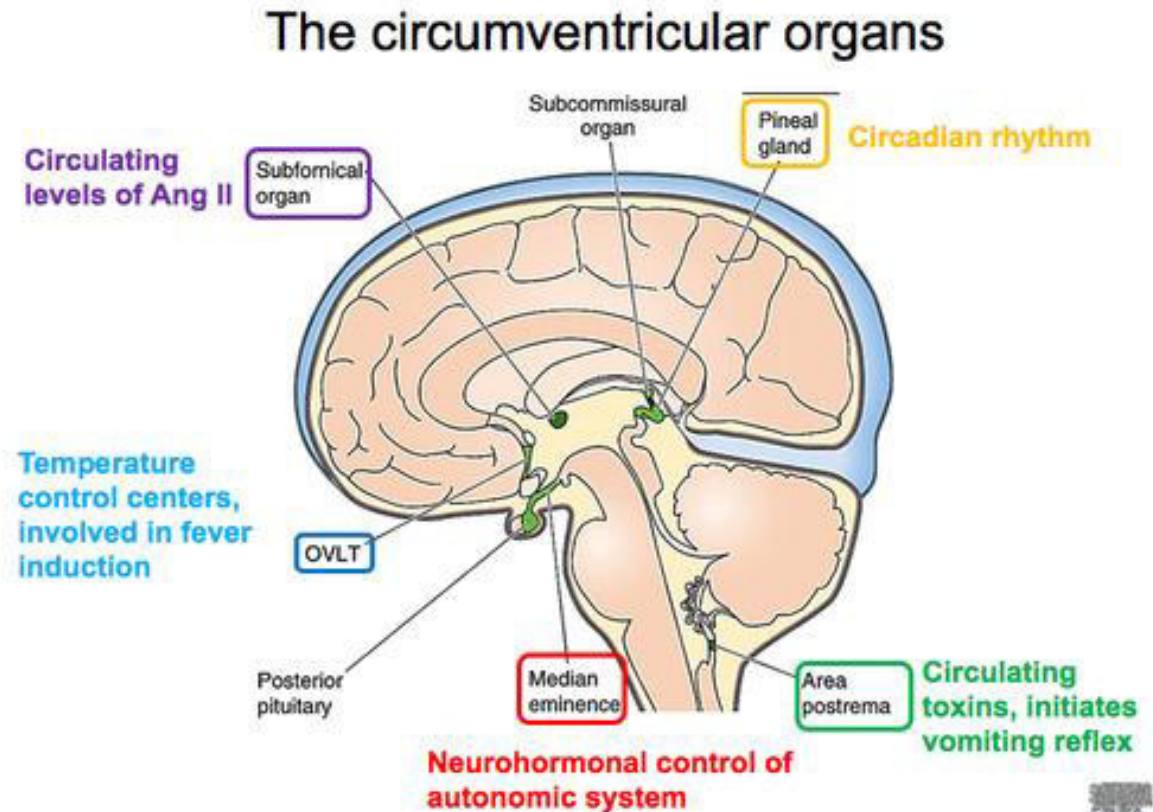
## Longitudinal section of blood vessel



FSM (basic artwork: wikimedia commons)

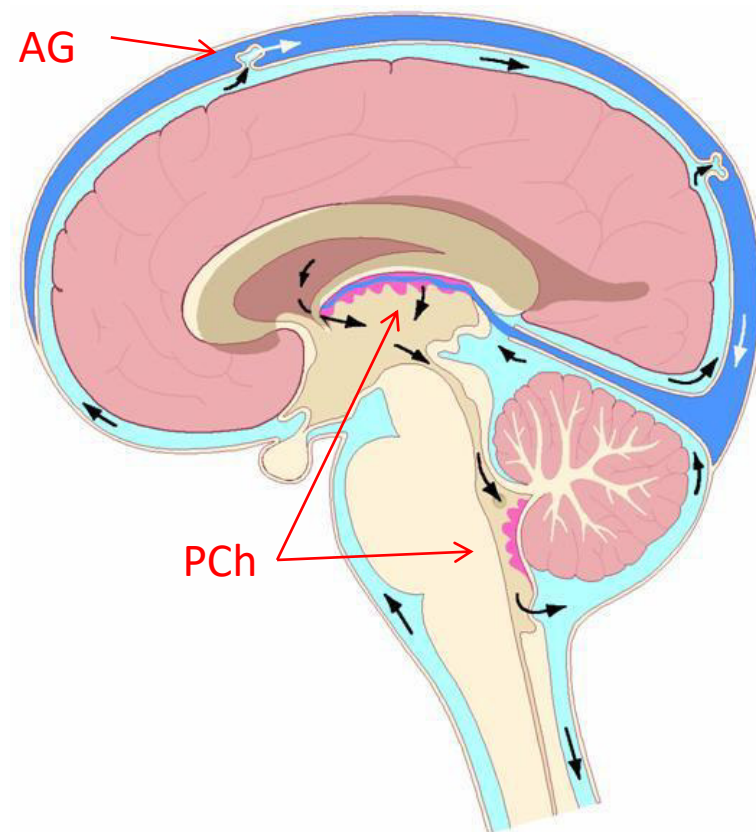
# Cirkumventrikulární orgány

- Bohatě vaskularizované
- Modifikovaná hematoencefalická bariéra
- Senzory
- Sekrece



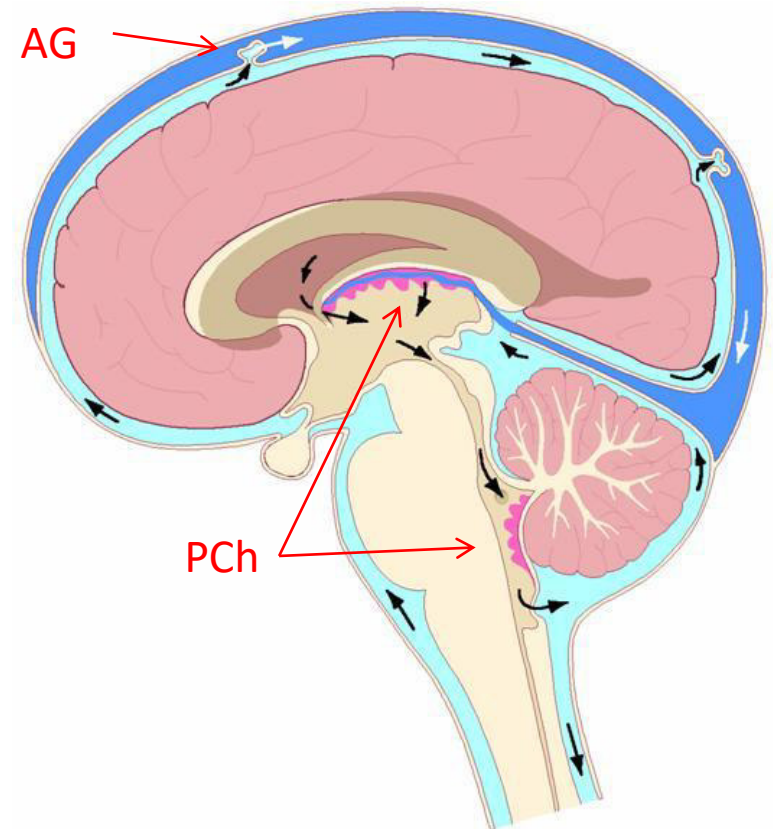
# Mozkomíšní mok

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



# Mozkomíšní mok

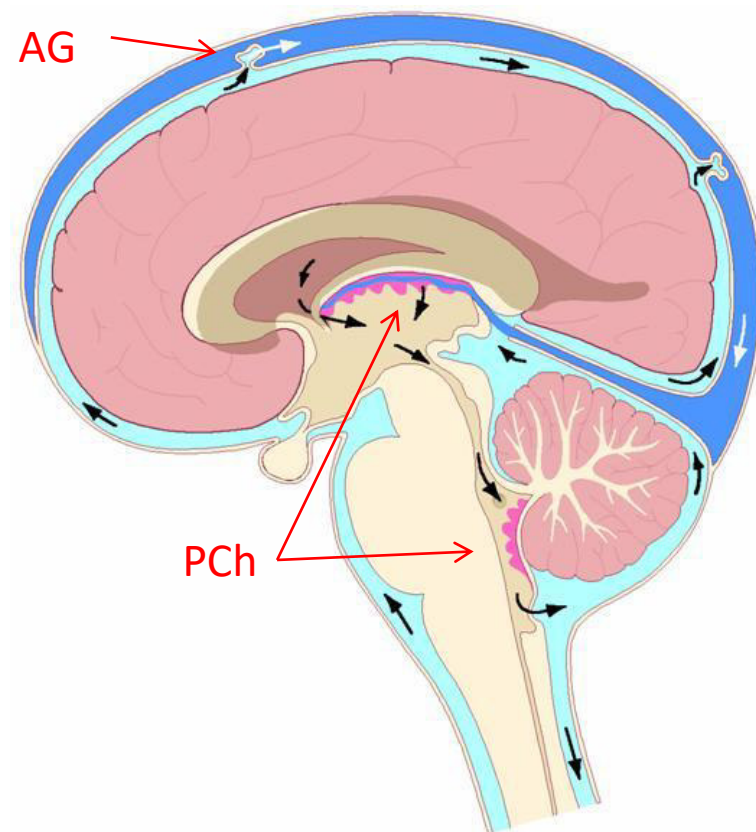
- Čirá tekutina vzniklá aktivní sekrecí
- Likvorový prostor
  - Vystlán ependymem
  - 150-250 ml
- Tvorba mozkomíšního moku
  - ✓ Plexus choroideus (PCh) -70%
  - ✓ Buněčný metabolismus
  - ✓ Kapilární ultrafiltrát
  - 450-750 ml/den
- Resorbce mozkomíšního moku
  - ✓ Archnoidální granulace (AG)





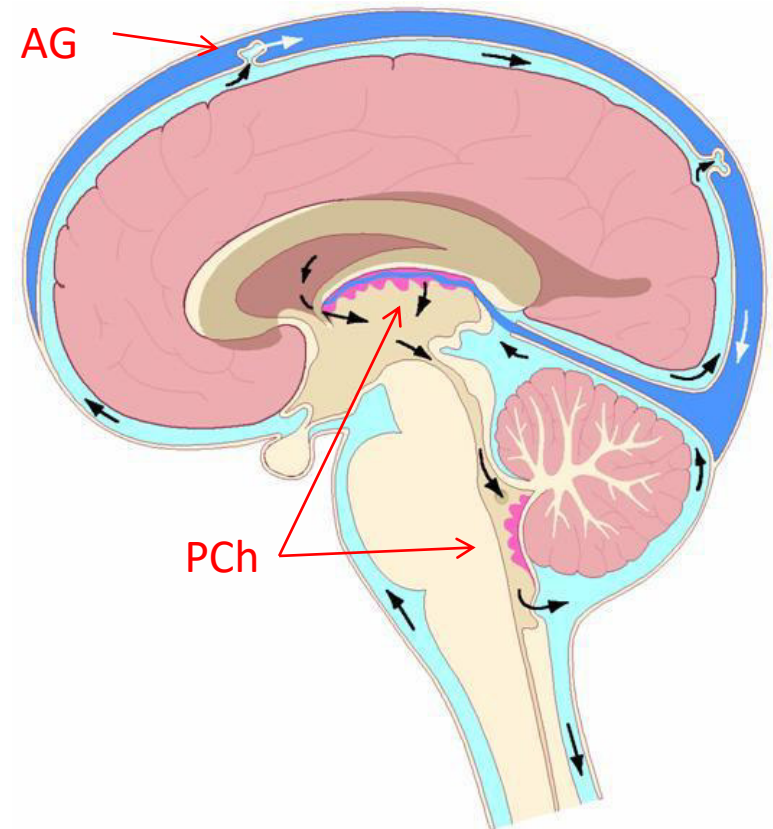
# Mozkomíšní mok

- Složení
  - ✓ Vysoký obsah  $Mg^{+}$  a  $Na^{+}$
  - ✓ Nízký obsah  $K^{+}$  a  $Ca^{2+}$
  - ✓ Minimum buněk (max 5/ml)

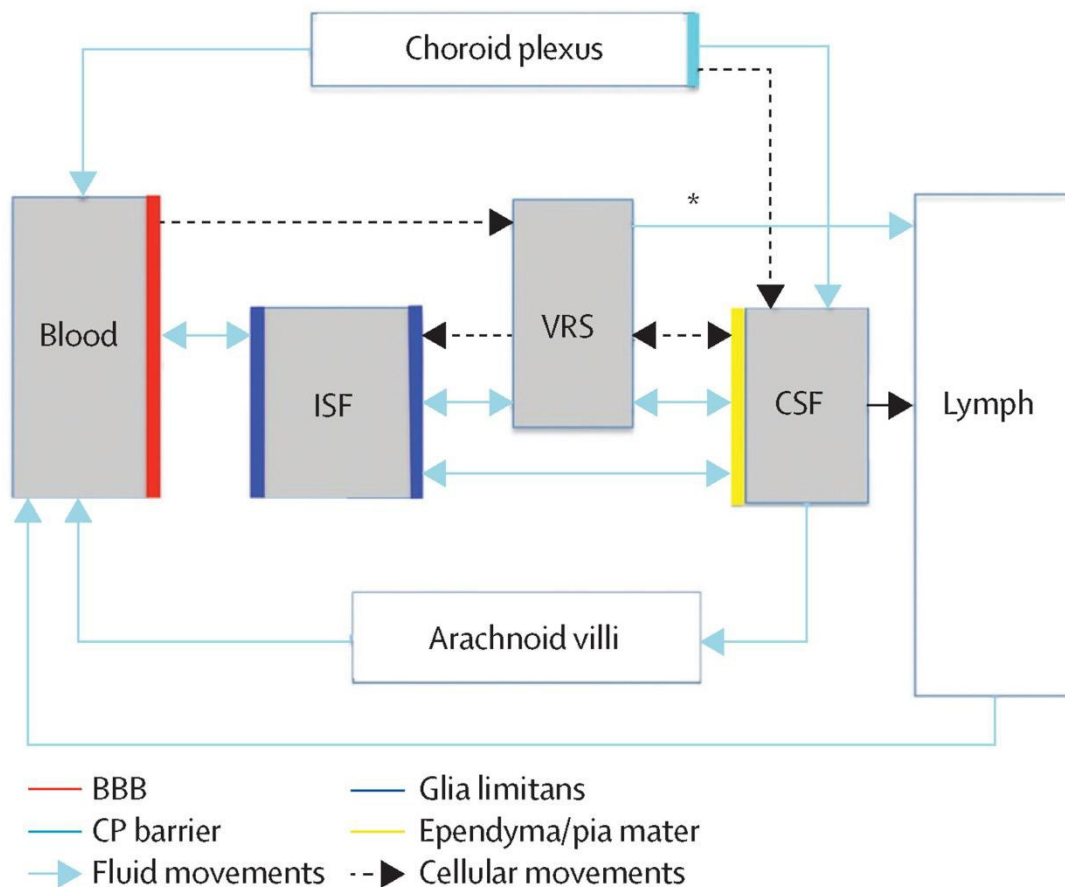


# Mozkomíšní mok

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



# Nový pohled na produkci a vstřebávání mozkomíšního moku



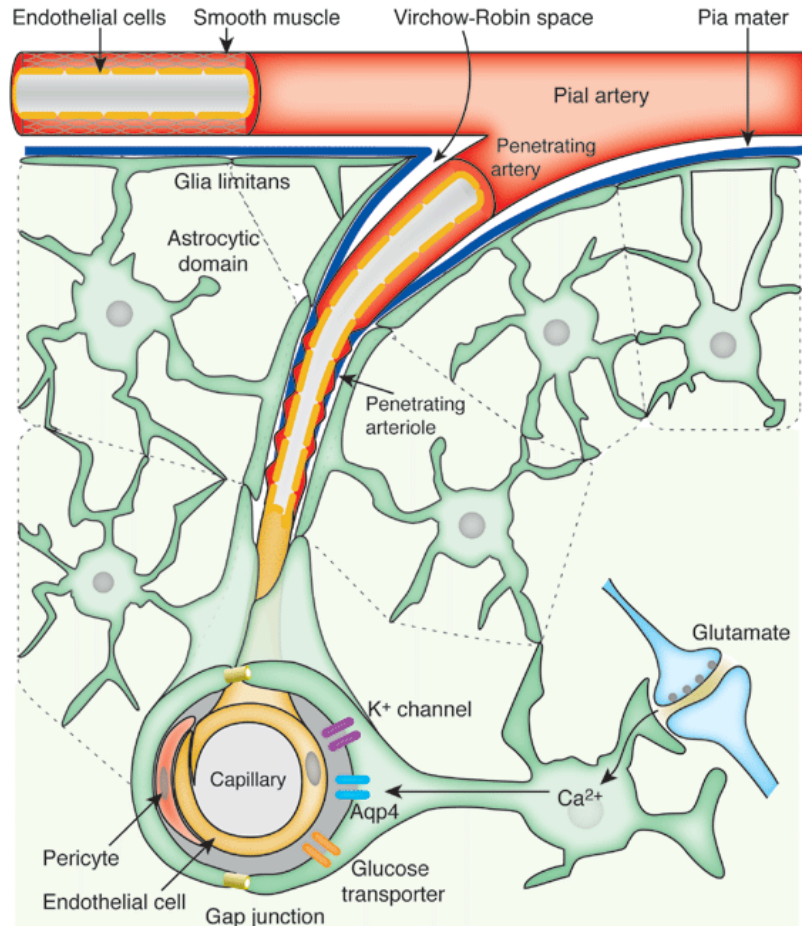
- CSF – cerebrospinal fluid
- ISF – interstitial fluid
- VRS – Virchow Robin space (prostor mezi pia mater a cévou – arterií, vénou, ale netýká se kapilár)

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



# Virchow Robin space

Prostor mezi pia mater a cévou – arterií, vénou, ale netýká se kapilár



# Stavba nervové soustavy

- Neurony
  - Příjem, integrace a šíření informace
- Neuroglie
  - Podpůrná činnost

# Stavba nervové soustavy

- Neurony
  - Příjem, integrace a šíření informace
- Neuroglie
  - Podpůrná činnost
- Počet neuronů cca. 100 miliard
- Poměr neuron/glie
  - 1/10 - 50 (Principles of Neural Science, 4th ed., 2012)
  - 1/1 (Nolte's Human Brain, 7th ed., 2015)

# Stavba nervové soustavy

Díky hematoencefalické bariéře a podpůrné činnosti neruoglie je udržována homeostáza ve velmi úzkém rozmezí

# Stavba nervové soustavy

Díky hematoencefalické bariéře a podpůrné činnosti neruoglie je udržována homeostáza ve velmi úzkém rozmezí

Vysoký stupeň organizace CNS a regulace umožňuje žít neuronům po celý život jedince!

# 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
- Schwannovy buňky
  - Myelinový obal

# Neuron

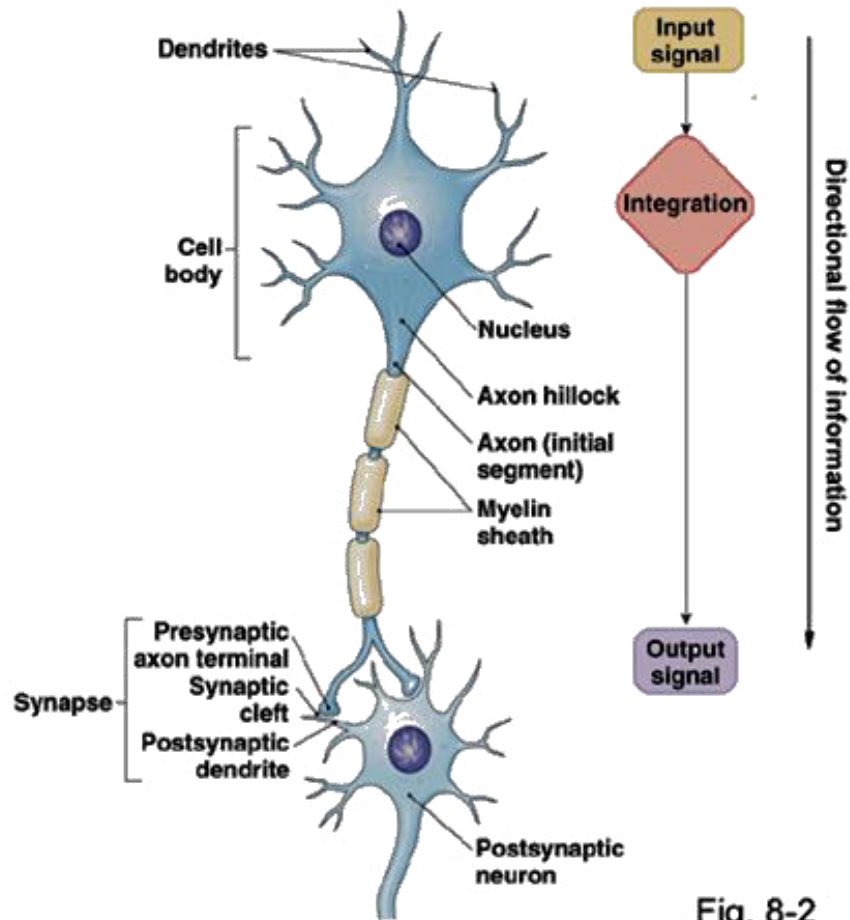
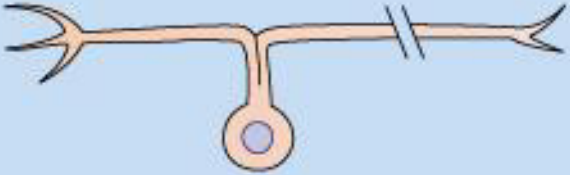

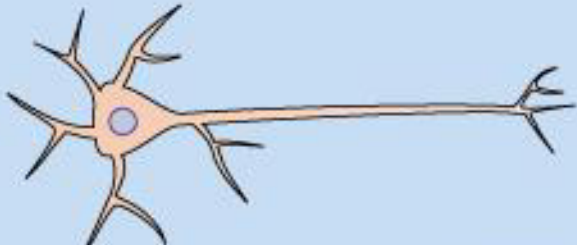
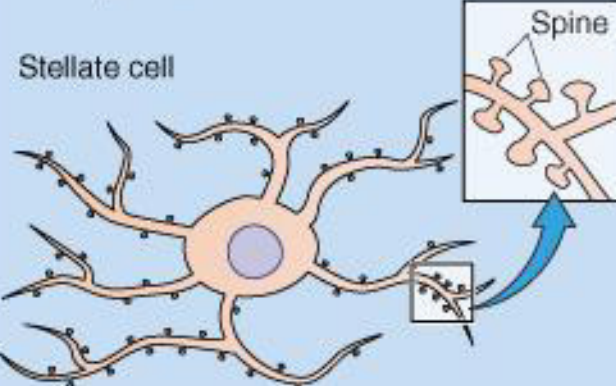


Fig. 8-2

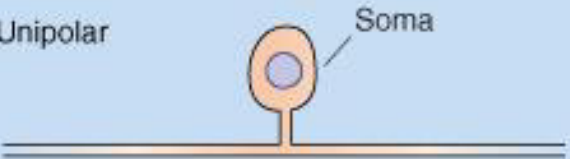

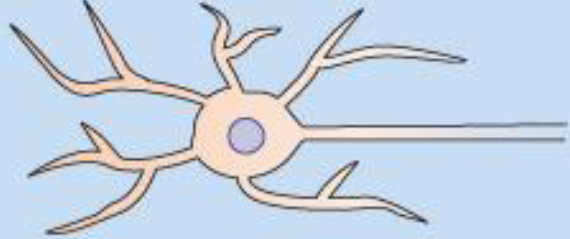
# Klasifikace neuronů

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

# Klasifikace neuronů

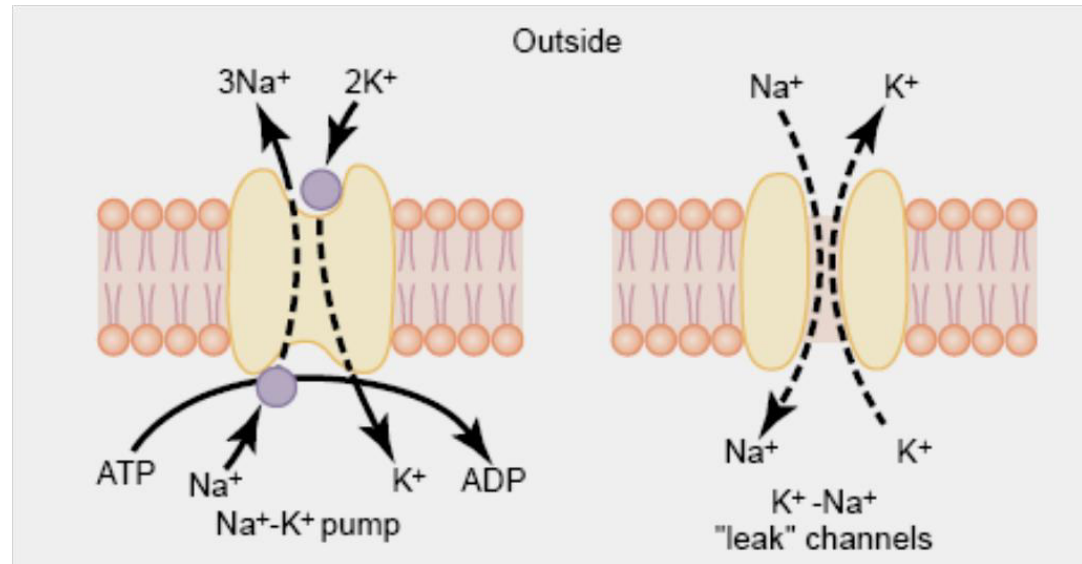
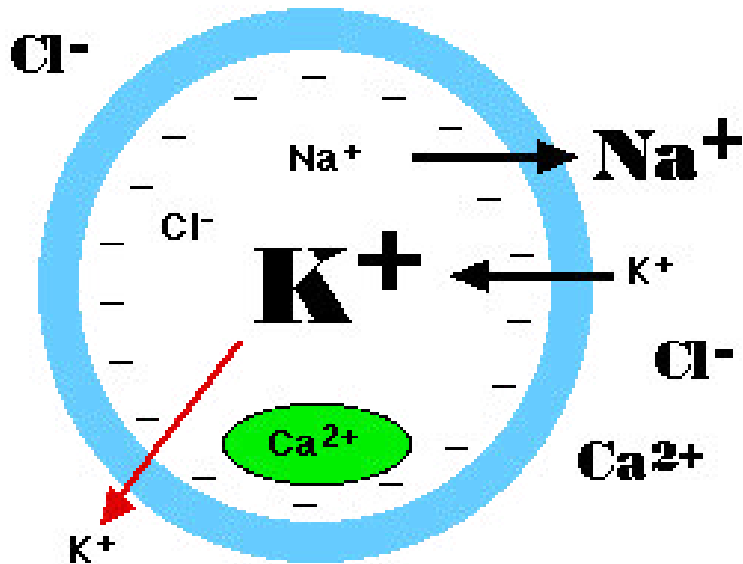
Basis for classification	Example	Functional implication	Structure
<p><b>2. Dendritic pattern</b></p> <p>Pyramid-shaped spread of dendrites</p> <p>Radial-shaped spread of dendrites</p>	<p>Pyramidal cell (hippocampal pyramidal neuron)</p> <p>Stellate cell (cortical stellate cell)</p>	<p>Large area for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

# Klasifikace neuronů

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

# Membránový potenciál

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





# Klidový membránový potenciál neuronu



<http://assassinscreed.ubi.com>

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

# Akční potenciál

- Rychlá změna napětí na membráně
- Šíří se membránou
- Princip vše nebo nic

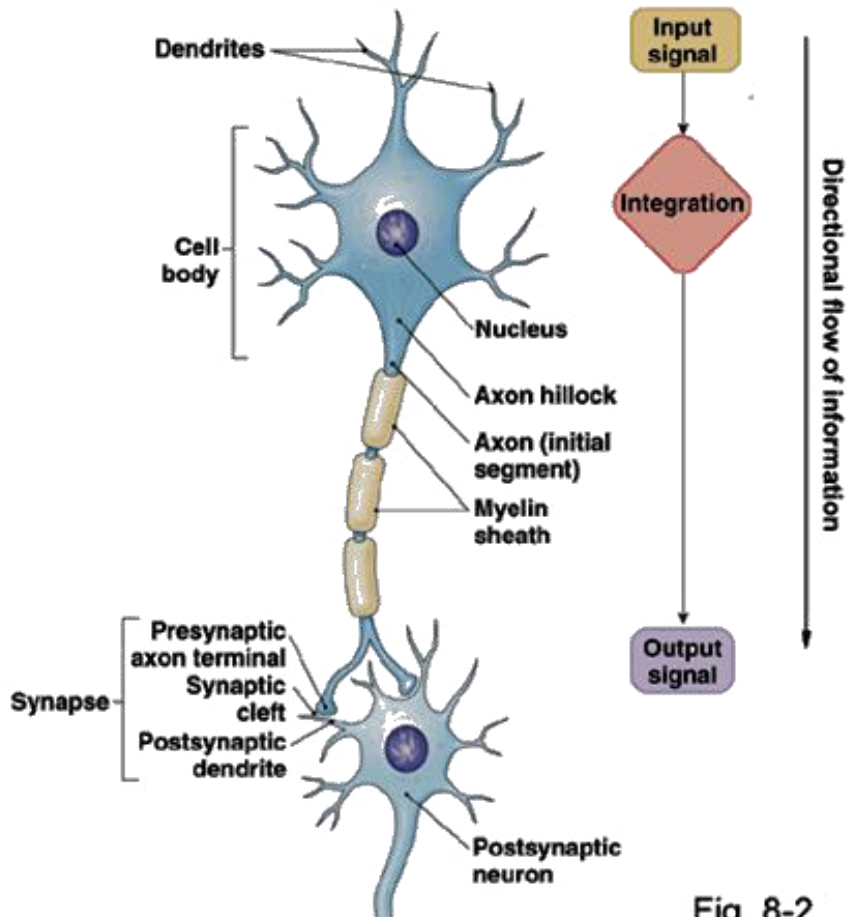
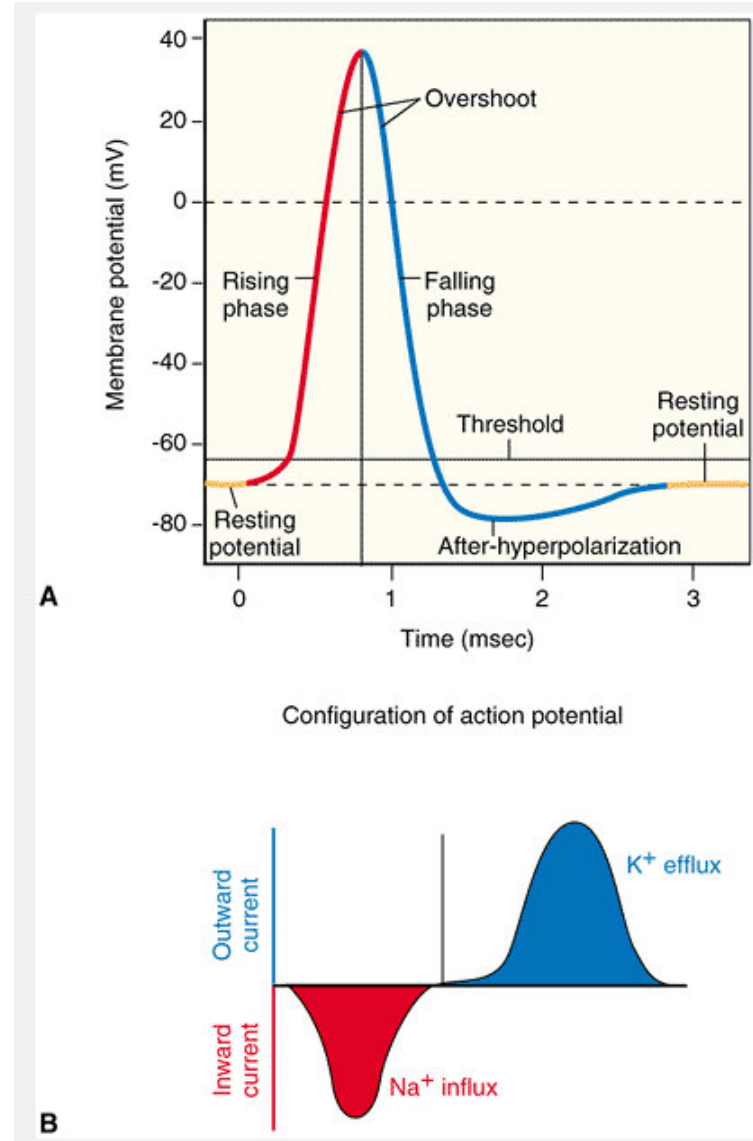
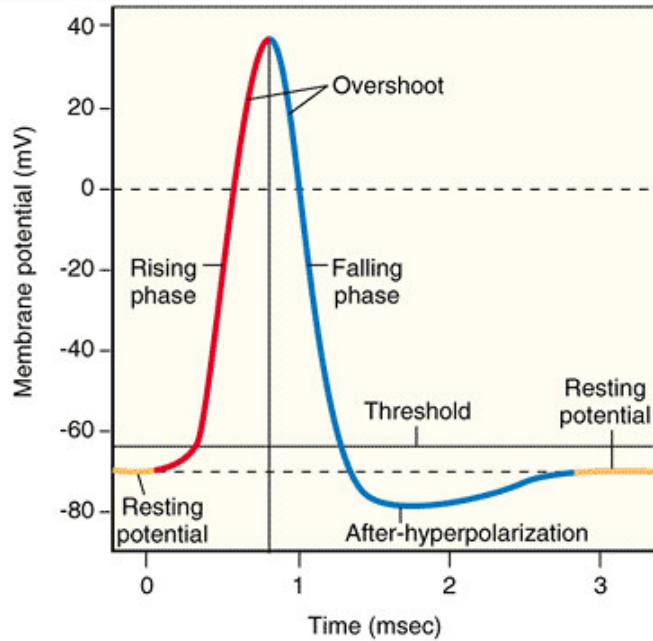


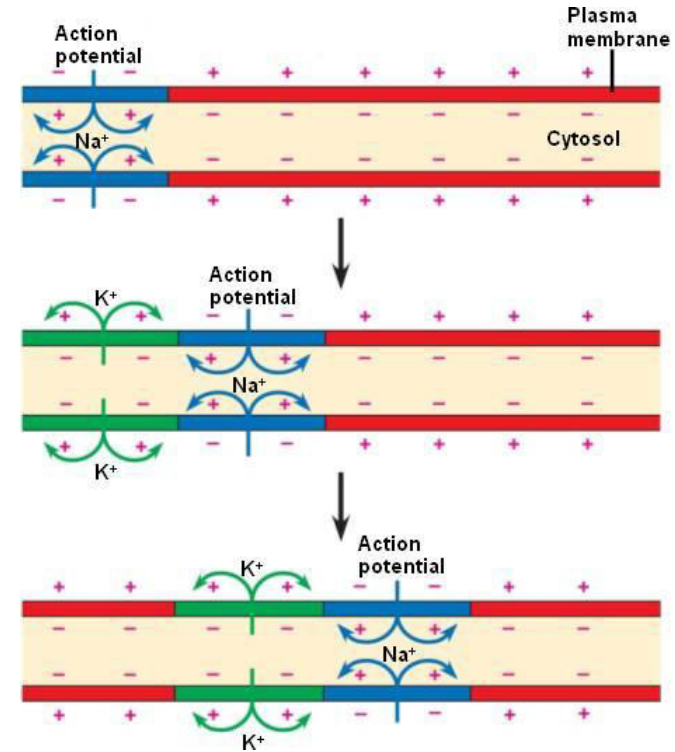
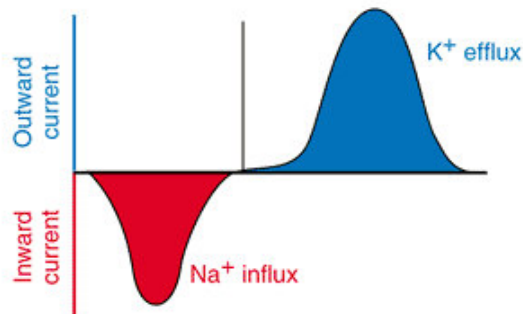
Fig. 8-2



# Šíření akčního potenciálu



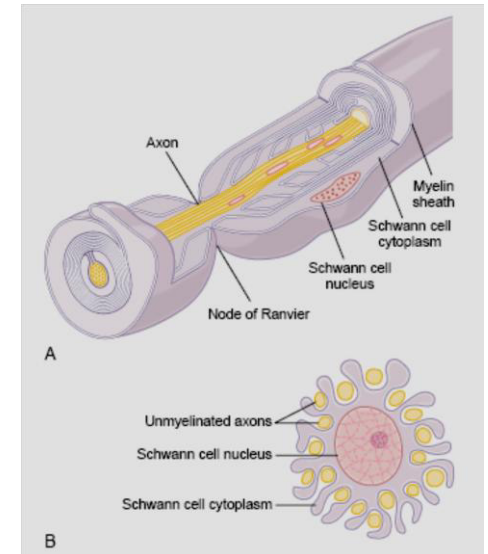
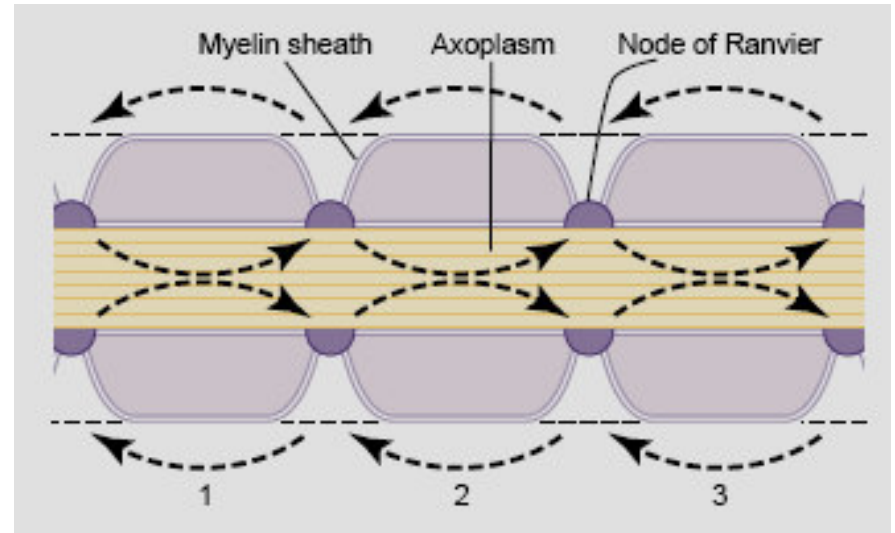
Configuration of action potential



- Lokální proudy
- Anterográdní směr

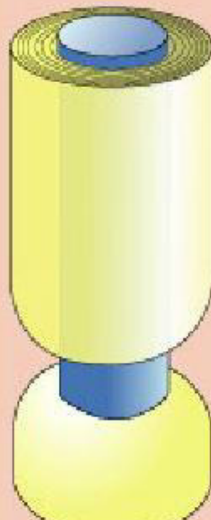

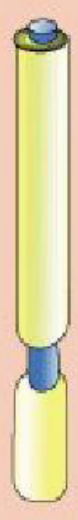
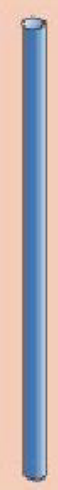
# Saltatorní vedení

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



# Klasifikace nervových vláken

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

	A $\alpha$	A $\beta$	A $\delta$	C
1 <sup>o</sup> Axon to skin				
1 <sup>o</sup> 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