

MUNI I

MED

# **Patofyziologie centrálního nervového systému**

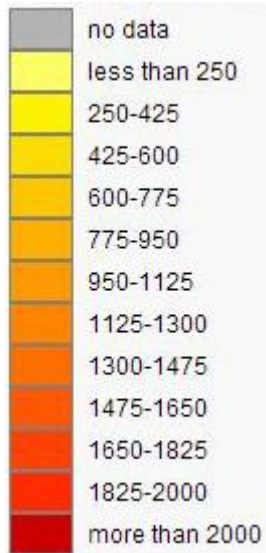
Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

Poranění míchy

# **Cévní mozkové příhody**

Cerebrovascular disease by country (per 100,000 inhabitants).



<http://wikipedia.org>

*Cévní mozková příhoda*  
*Celosvětově třetí nejčastější příčina*  
*smrti*  
*Ročně na celém světě cca 50 mil.*  
*nových případů, v ČR asi 30 tis.*  
*Úmrtnost kolem 25%*  
*V roce 2020 se v EU očekává nárůst*  
*výskytu o 30% oproti roku 2000*

# Definice a příčiny CMP

CMP je akutně vzniklá neurologická dysfunkce cévního původu s rychle se rozvíjejícími známkami ztráty mozkových funkcí

## Patologie cév

- Porucha permeability cévní stěny
- Porucha cévní kontraktility
- Okluze cévního lumen
  - ✓ Trombus
  - ✓ Embolus
- Ruptura cévy

## Ateroskleróza

### Typy cévních mozkových příhod

- Ischemické (70%)
- Hemoragické (30%)
  - ✓ Intracerebrální hematom
  - ✓ Subarachnoidální krvácení



# Ischemické CMP

## Kritické faktory

- Rozsah ischemického procesu
- Čas trvání

## Ateroskleróza

### Ischemické příhody fokální

- **Přechodné**
  - ✓ Tranzitorní ischemická ataka (TIA)
  - ✓ Protrahovaný reverzibilní neurologický deficit
- **S trvalými následky**
  - ✓ Mozkový infarkt
    - ❖ Embolie
    - ❖ Trombóza

### Ischemické příhody globální

- **Přechodné**
  - ✓ Synkopa
- **S trvalými následky**
  - ✓ Hypoxicko – ischemická encefalopatie



# Proč je mozek náchylný k ischemii?



<http://assassinscreed.ubi.com>

*Odolnost tkání vůči ischemii*

Mozek:	< 5 min
Játra a ledviny:	15-20 min
Kosterní sval:	60-90 min
Hladký sval:	24-72 h
Vlas:	několik dní

## Vysoká metabolická aktivita

- Udržení membránového potenciálu – repolarizace (Na/K pumpy)
- Téměř výhradně oxidativní fosforylace
- Spotřeba
  - ✓ Kyslík - 20% celkové tělesné spotřeby
  - ✓ Glukóza – 25% celkové tělesné spotřeby

## Malé energetické zásoby



# Mozková ischemie

## Jádro infarktu

- Neurony poškozené ireverzibilně
- Primární poškození

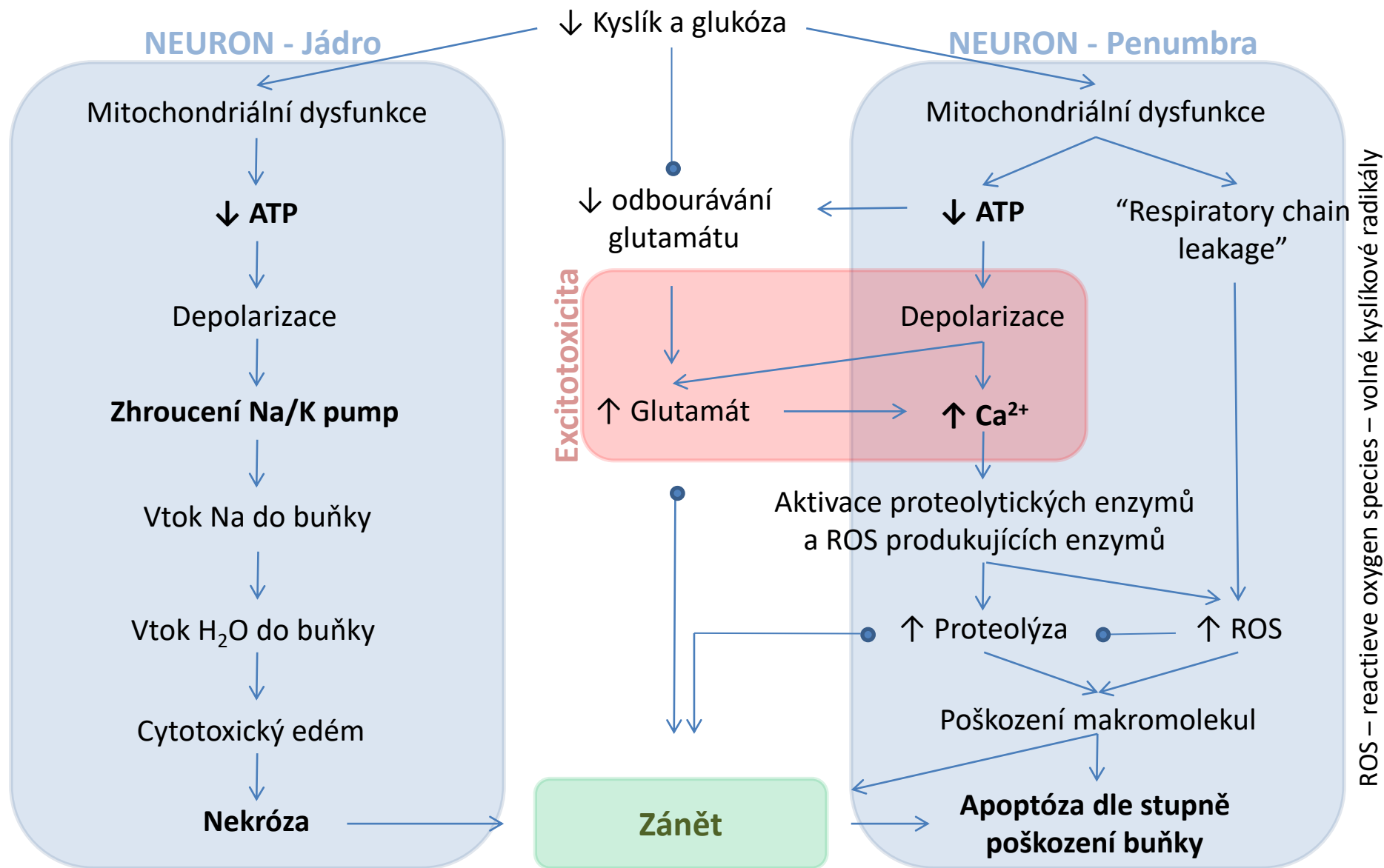
## Penumbra (okraj infarktu)

- Neurony poškozené reverzibilně
- Riziko sekundárního poškození

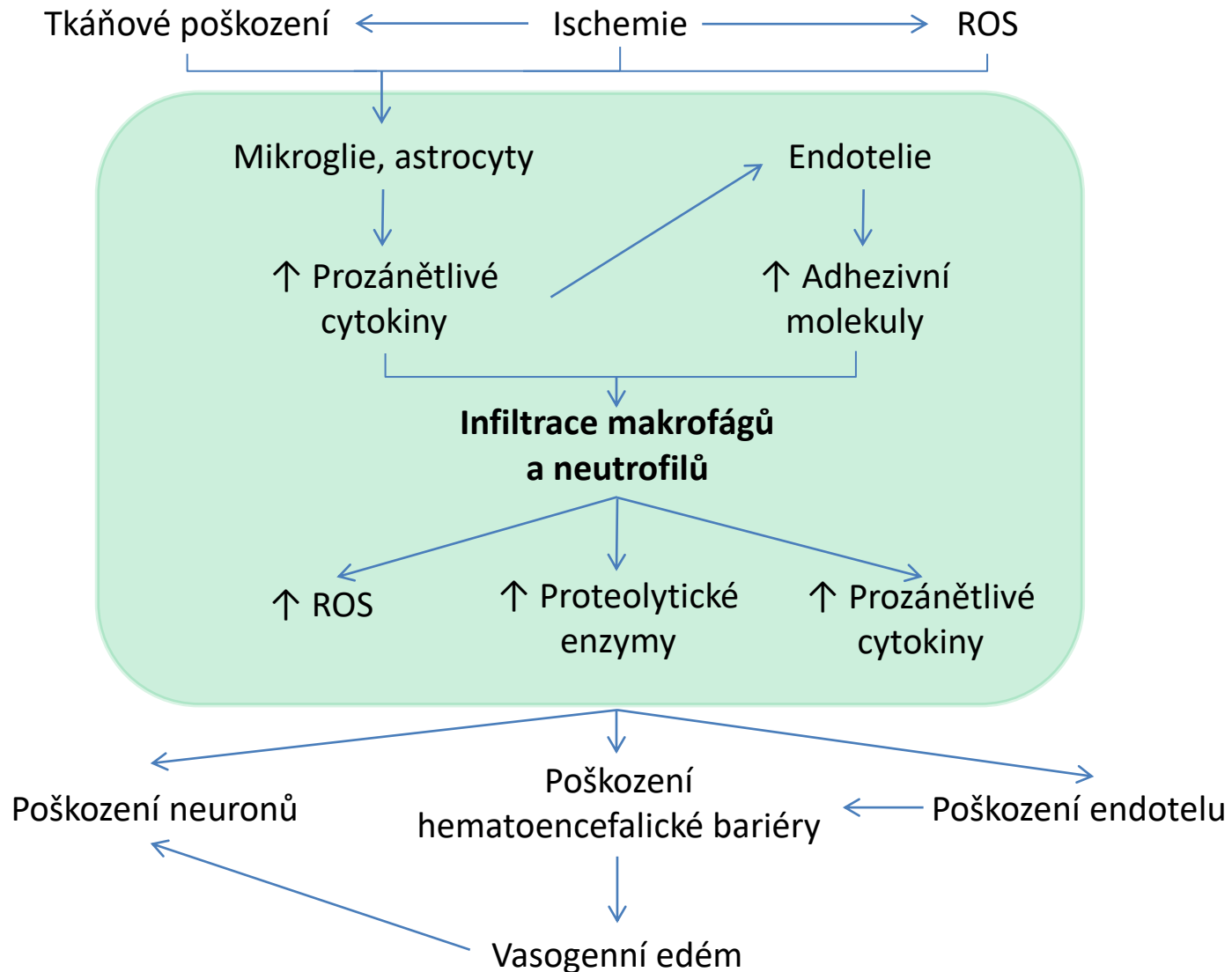
*Primární poškození mozku*  
Přímý důsledek infarktu  
Vzniká v době infarktu  
Terapeuticky neovlivnitelné

*Sekundární poškození mozku*  
Důsledek odpovědi organismu na  
primární infarkt  
Vzniká opožděně  
Terapeuticky ovlivnitelné

# Ischemická kaskáda



# Role zánětu v ischemické kaskádě



# Hemoragické CMP

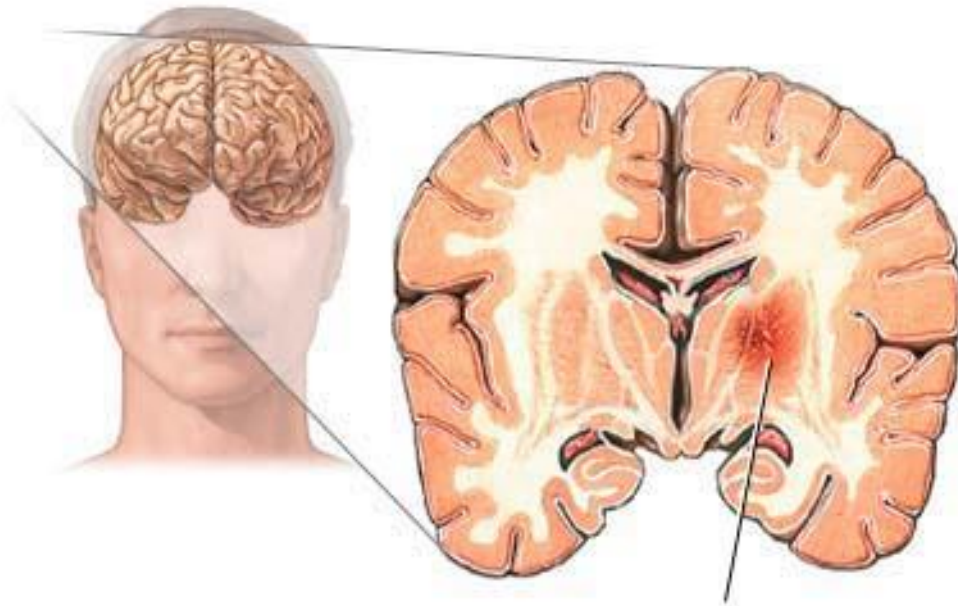
## Intracerebrální hematom (ICH)

Krvácení do mozkového parenchymu (intraaxiální)

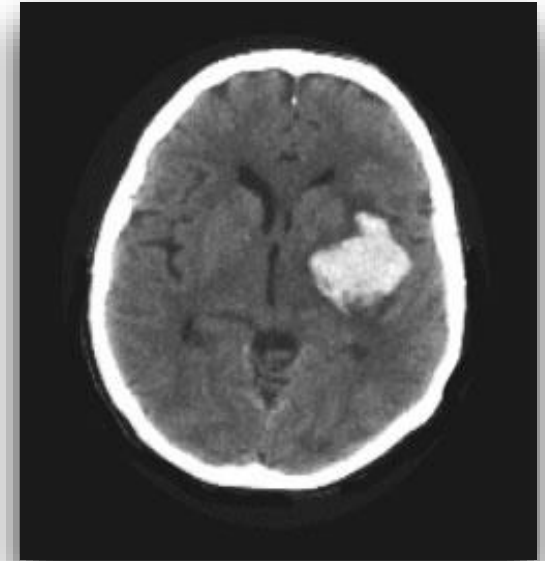
Nejčastější lokalizce

- Bazální ganglia
- Thalamus

*Hypertenze*



Intracerebral hemorrhage



# Patofyziologie ICH

Hematom

## Mass effect

Mechanické poškození parenchymu

↑ ICP

Ischemie

Záněť

Excitotoxicita

↑ ROS (v neuronech)

↑ Proteolýza (v neuronech)

## Cytotoxické komponenty krve

Komplement atd.

Hemoglobin

Fe<sup>2+</sup>

↑ ROS

## Záněť

↑ Prozánětlivé cytokiny

↑ Proteolytické enzymy

↑ ROS

Poškození endotelu

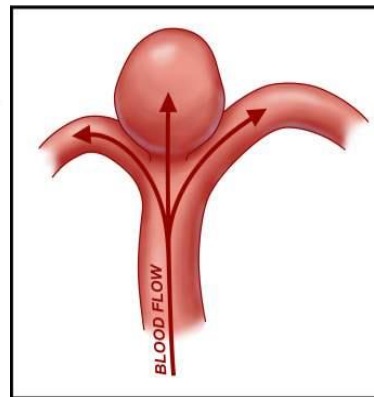
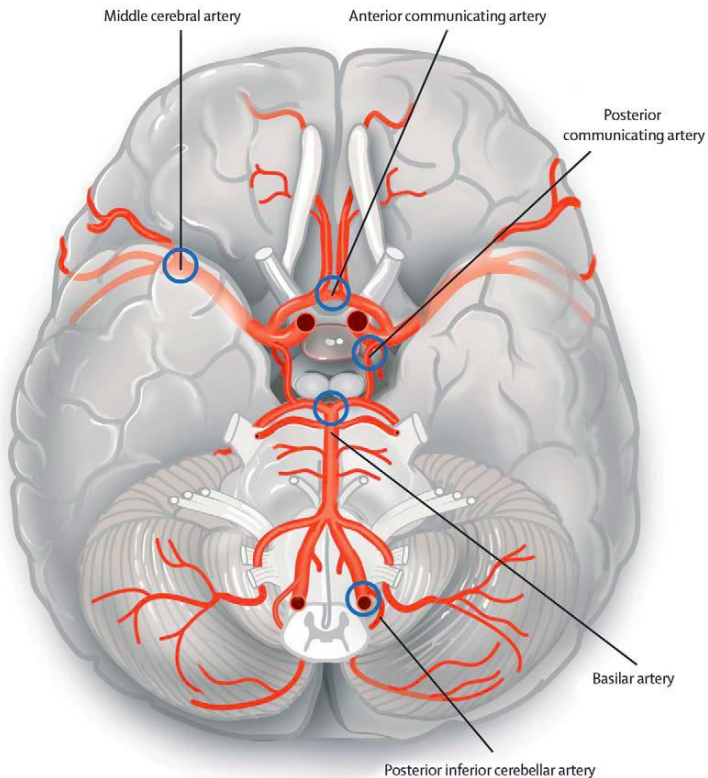
Poškození hematoencefalické bariéry

Edém

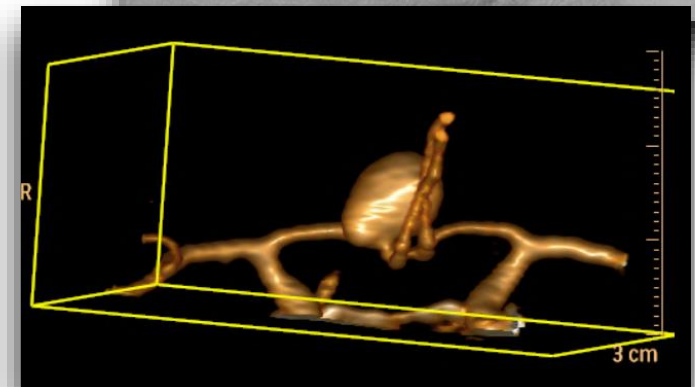
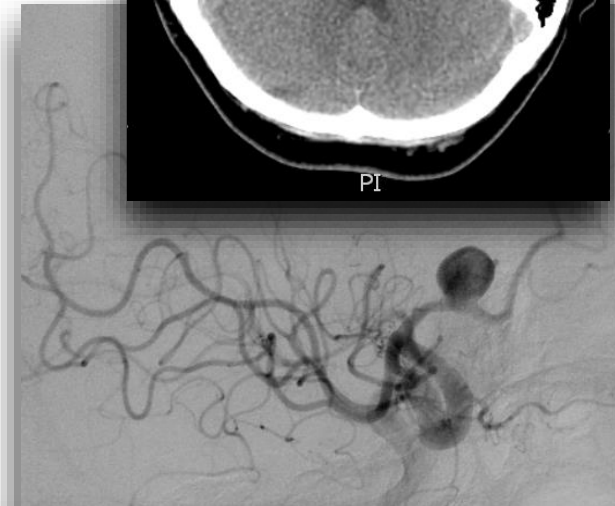
Poškození neuronů

# Hemoragické CMP Subarachnoidální krvácení (SAK)

Krvácení do subarachnoidálního prostoru (extraaxiální)  
Nejčastější příčina - ruptura aneuryzmatu mozkové tepny  
Nejčastější lokalizace aneuryzmat - Willisův okruh

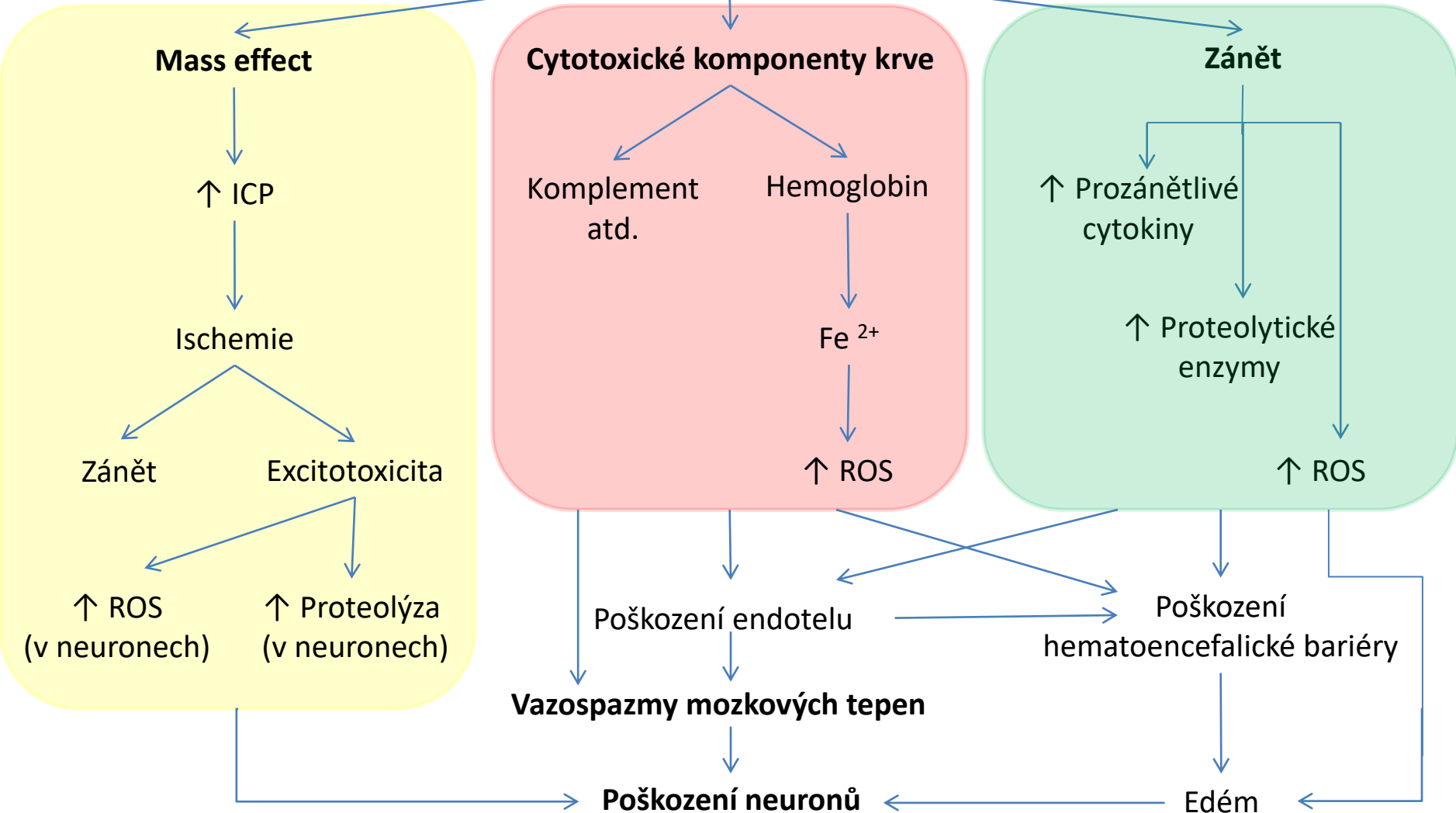


<http://chicago.medicine.uic.edu>



# Patofyziologie SAK

Akumulace krve v subarachnoidálním prostoru



# Cévní mozkové příhody - závěr

## Primární poškození

- Ischemie
- Hemoragie (mechanické poškození parenchymu)

## Sekundární poškození

### *Příčina*

- Totxicita (excito- , cyto-)
- Volné kyslíkové radikály (ROS)
- Záněť

### *Důsledek*

- Přímé poškození neuronů
- Vazospasmy
- Edém
- ✓ Ischemie

*Primární poškození mozku*  
Přímý důsledek infarktu  
Vzniká v době infarktu  
Terapeuticky neovlivnitelné

*Sekundární poškození mozku*  
Důsledek odpovědi organismu na  
primární infarkt  
Vzniká opožděně  
Terapeuticky ovlivnitelné



# Intrakraniální a cerebrální perfúzní tlak

**Mozek je uzavřen v lebce...**

... což je výhodné, než se něco stane...

... ale velký problém, když se ně co stane.

*Fyziologické hodnoty*  
ICP: 7 - 15 mmHg  
CPP: 70 - 90 mmHg

**Intrakraniální tlak (ICP) je tlak v mozkovně**

**Nitrolební kompartmenty**

- Mozek
- Mozkomíšní mok
- Krev

**Cerebrální perfúzní tlak**

- Tlakový gradient díky kterému teče krev do mozku

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

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak



<http://ars.els-cdn.com>

*Intrakraniální hypertenze se projeví městnáním na očním pozadí.*

# Příčiny intrakraniální hypertenze

## Mozkový kompartment

- Edém
- Tumor
- Krvácení
- Infekce

*Důležitou roli hraje časový faktor.*

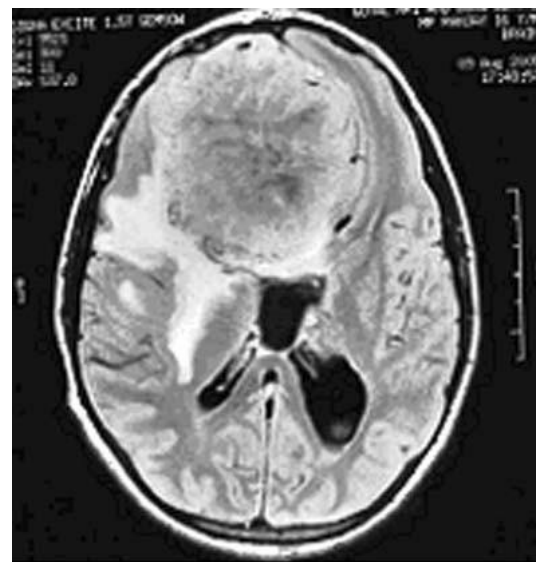
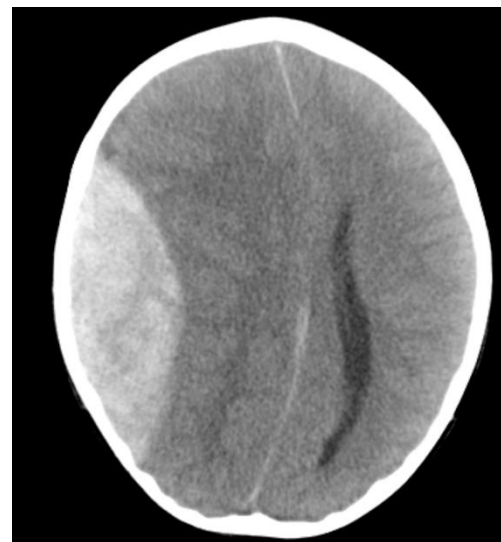
## Kompartment mozkomíšního moku

- Hydrocefalus

## Krevní kompartment

- Trombóza mozkového splavu
- Acidóza - ischemie

*Při intrakraniální hypertenzi je kontraindikována lumbální punkce z důvodu rizika vzniku centrální herniace*



# Příčiny zvýšeného ICP

## Mozkový edém

### Cytotoxický (intracelulární)

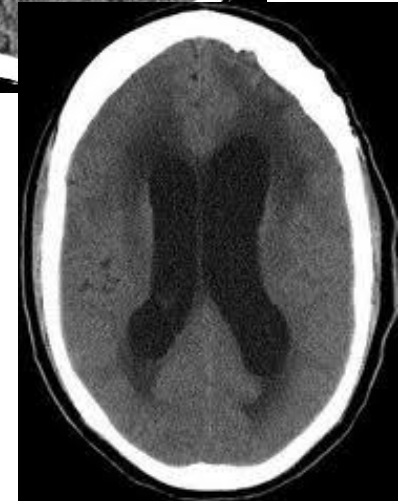
- Porucha membránových funkcí
- Akumulace Na nebo Ca v buňce
- Osmotický tok vody do buňky
- Zejména v prvních 24 hodinách po infultu

### Vazogenní (extracelulární)

- Poškození endotelu a hematoencefalické bariéry
- Extravazace elektrolytů a proteinů do intersticiálního prostoru
- V pozdějších stádiích po infultu (od 24 hodin)

### Intersticiální

- Obstrukce odtoku likvoru
- Mechanické porušení likvoro- mozkové bariéry
- Průnik likvoru do intersticia



# Příčiny zvýšeného ICP

## Hydrocefalus

**Abnormální akumulace mozkomíšního moku v likvorových cestách**

### Tvorba mozkomíšního moku

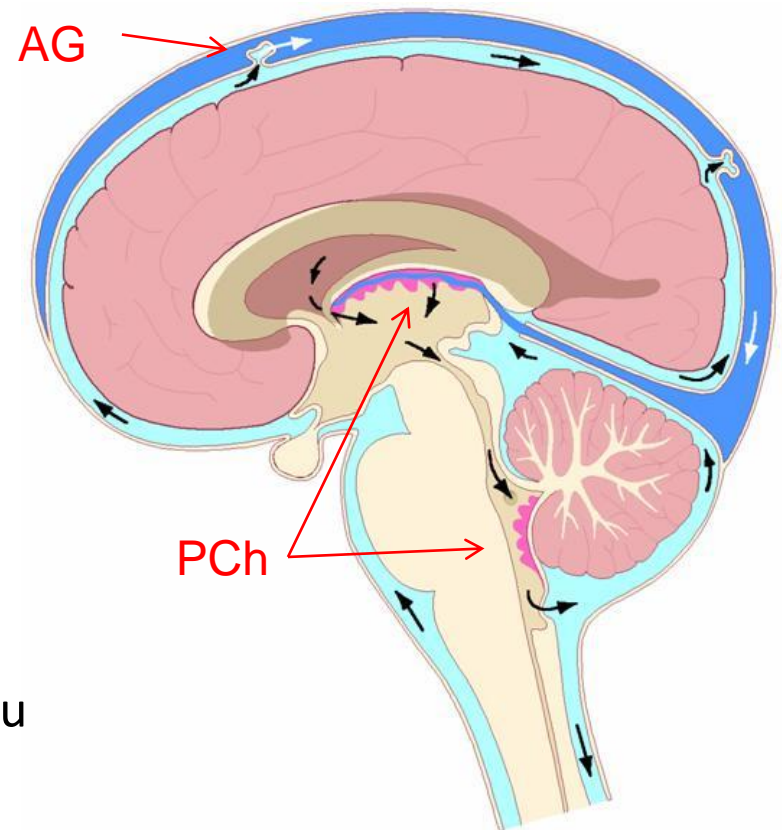
- Plexus choroideus (PCh)
- 450-750 ml/den

### Resorbce mozkomíšního moku

- Archoidální granulace (AG)

### Hydrocefalus

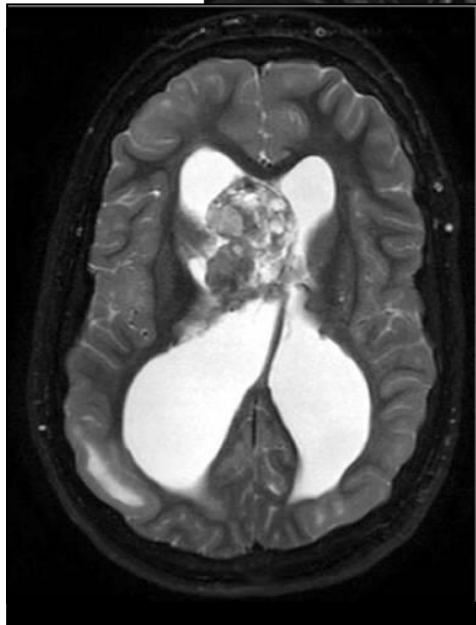
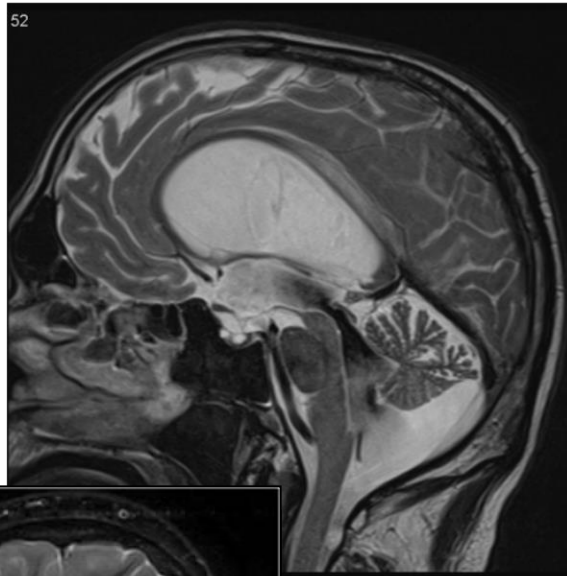
- Obstrukční (nekomunikující)
  - ✓ Blok před AG
  - ✓ Např. tumor komorového systému
- Neobstrukční (komunikující)
  - ✓ Blok na úrovni AG



**Akutní X Chronický**

# Příčiny zvýšeného ICP

## Hydrocefalus

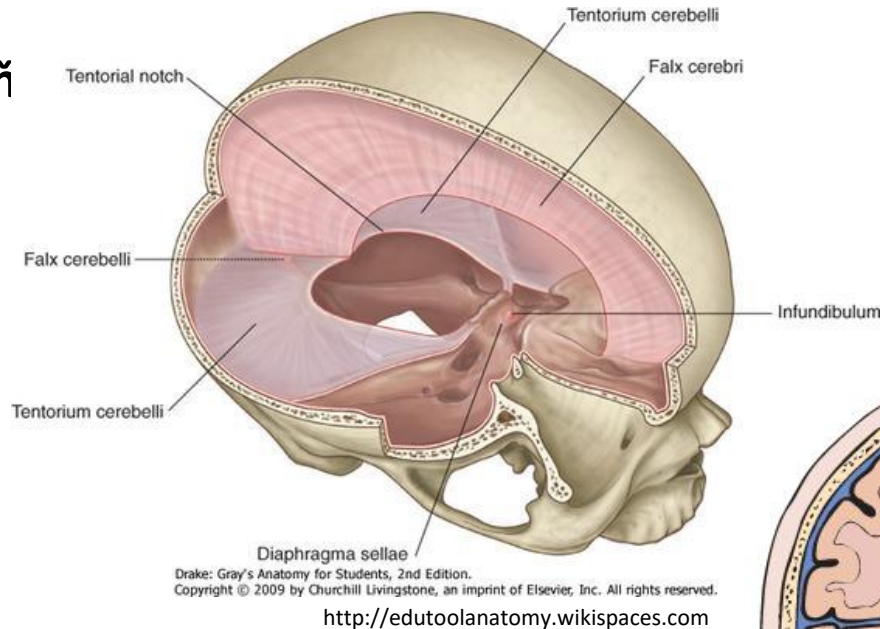


# Důsledky zvýšeného ICP

## Komprese okolní tkáň

## Infratentoriální léze

- Vždy akutní
- **Nebezpečí komprese mozkového kmene**

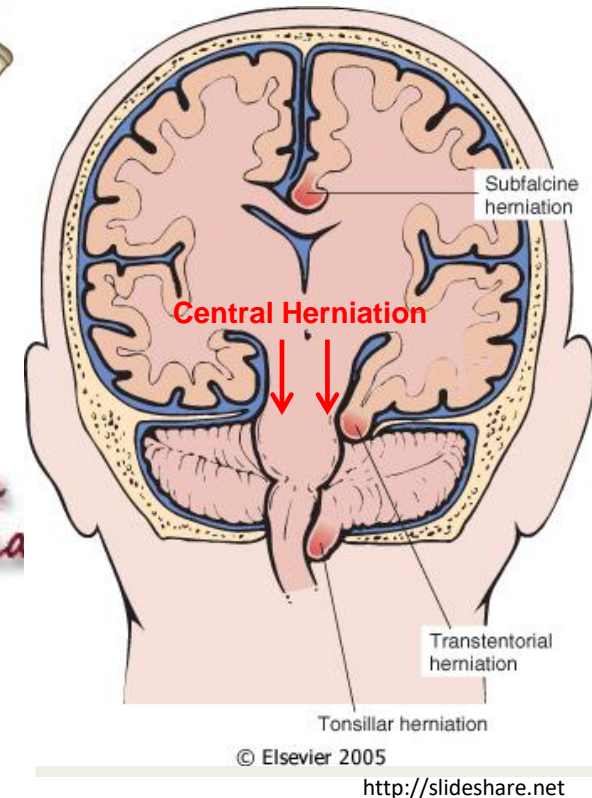


## Herniace

- Subfalcinní
- Tentoriální
- Tonsilární
- Centrální

*Při intrakraniální hypertenzi je kontraindikována lumbální punkce z důvodu rizika vzniku centrální herniace*

- ✓ Trvalé poškození mozku,
- ✓ Nebezpečí komprese mozkového kmene



# **Poranění mozku**

# Poranění mozku - úvod

## Nejčastější příčiny

- Dopravní nehody
- Pády
- Sport

*Poranění mozku  
150 případů / 100 000 obyvatel  
Nejčastější příčina smrti do 45 let*

## Klasifikace

- Primární
  - ✓ Vzniká v okamžiku úrazu...
- Sekundární
  - ✓ Vzniká opožděně...
  
- Fokální
- Difúzní





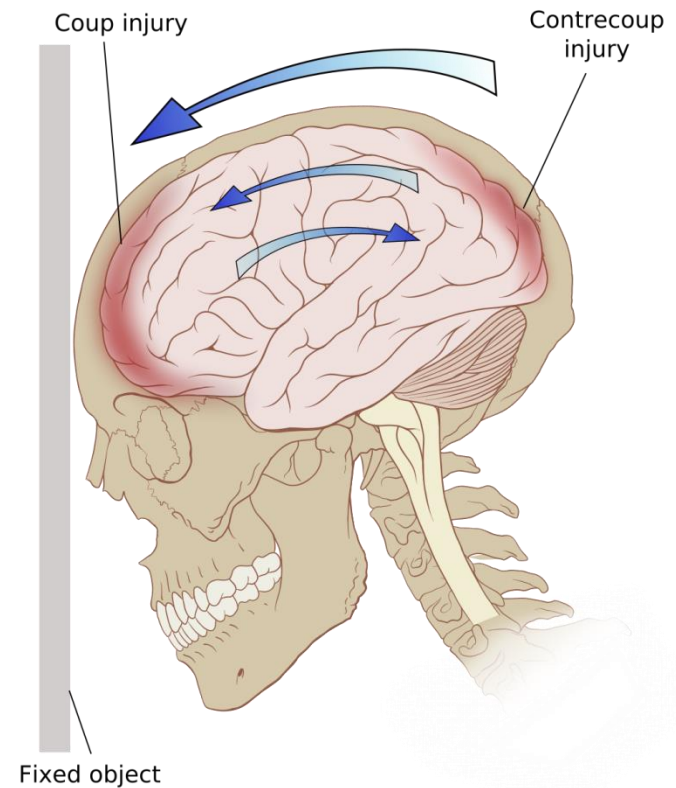
# Primární poranění mozku

## Mechanismus úrazu

- Kontaktní
  - ✓ Náraz předmětu do hlavy nebo hlavy do předmětu
  - ✓ Možnost vzniku fraktury lebni
    - ❖ Impresivní – malé předměty
    - ❖ Lineární – větší předměty
- Střelná poranění
  - Par coup
    - ✓ kontuze v místě nárazu
  - Par contre coup
    - kontuze na straně opačné k nárazu

## Nekontaktní

- Akceleračně – decelerační poranění



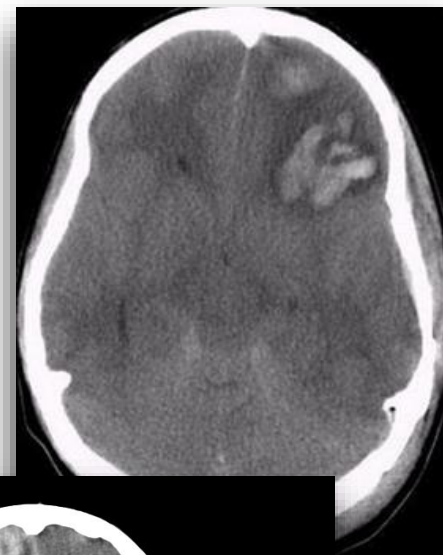
# Poranění fokální

## Kontuze

- Zhmoždění nervové tkáně, obaly intaktní
- Prokrvácení tkáně až intracerebrální hematom
- Nejčastěji postiženy póly frontálních laloků
  - ✓ Frontálních
  - ✓ Temporálních

## Lacerace

- Nejtěžší stupeň mozkové kontuze
- Poškození mozkové tkáně a mozkových plen
- Prokrvácení mozkové tkáně
- Traumatické krvácení
  - ✓ Subarachnoidální
  - ✓ Subdurální



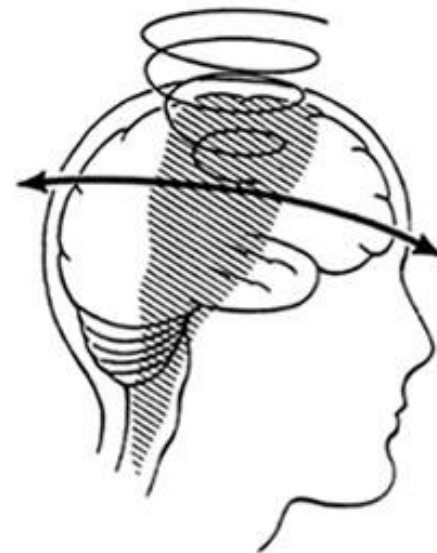
# Poranění difúzní

## Difusní axonální poranění

- Strukturální poškození axonů (bílá hmota)
- Působení rotačních a translačních sil
- Makroskopický vzhled normální
- Mikroskopicky retrakční kuličky
  - ✓ Herniovaná axoplazma
- Později Wallerova degenerace
  - ✓ Degenerace distální (oddělené) části axonu
  - ✓ Axony v CNS neregenerují

## Komoce mozková

- Nejlehčí forma difusního axonálního poranění
- Není strukturální poškození tkáně
- Přechodné funkční poškození (ztráta vědomí do 10 minut)



# Sekundární poranění

## Edém

- Cytotoxický
- Vazogenní

## Ischemie

### Mozková hyperemie (swelling)

- Příčina
  - ✓ Acidóza - vazodilatace
  - ✓ Difusní mikrovaskulární poškození
    - Porucha autoregulace cévního tonu
  - ✓ Poškození vasoregulačních center
    - Thalamus, mozkový kmen
    - Vasoparalýza

**Sekundární poranění vede k nárůstu ICP**

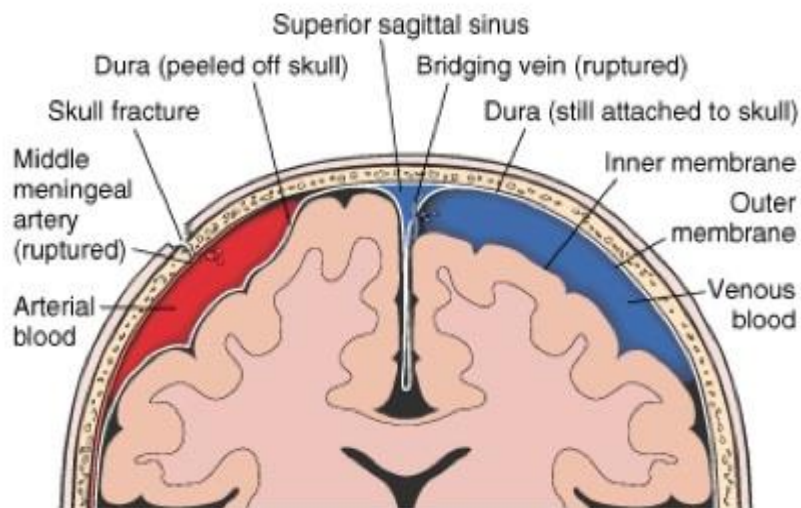
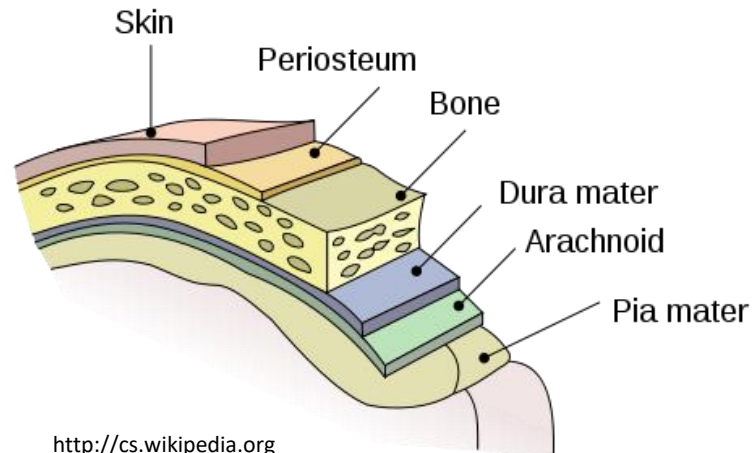
# Traumatický hematom

## Intraaxiální

- Intracerebrální

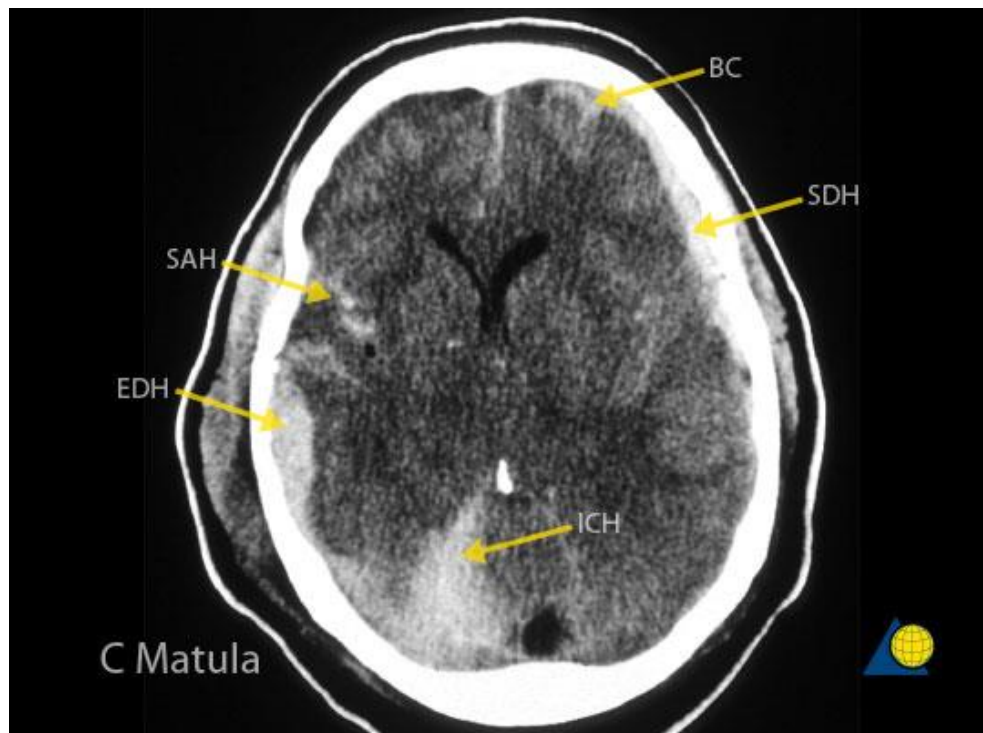
## Extraaxiální

- Epidurální
- Subdurální
- Subarachnoidální



A. Epidural hematoma

B. Subdural hematoma

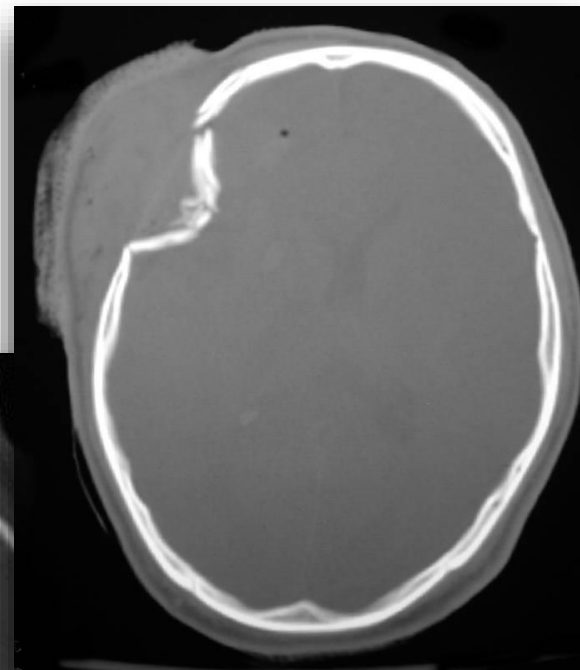
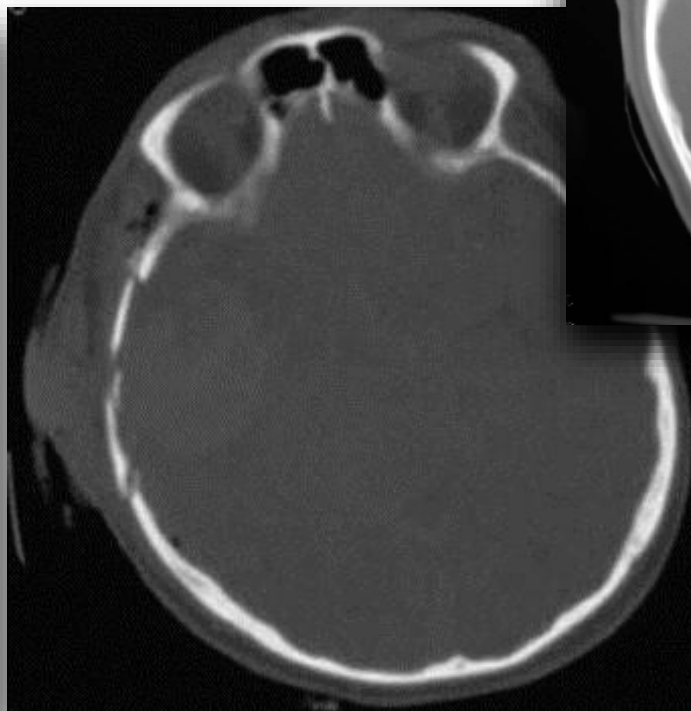


# Intracerebrální hematom

- Dle tíže poranění plynulý přechod mezi kontuzí a intracerebrálním hematomem

## Nejčastější lokalizace

- Temporálně
- Frontálně

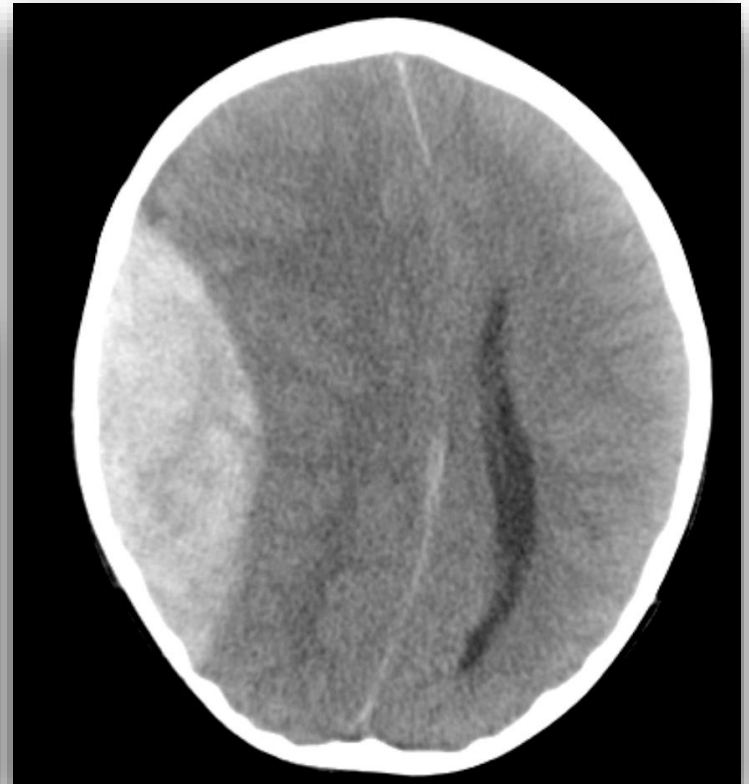
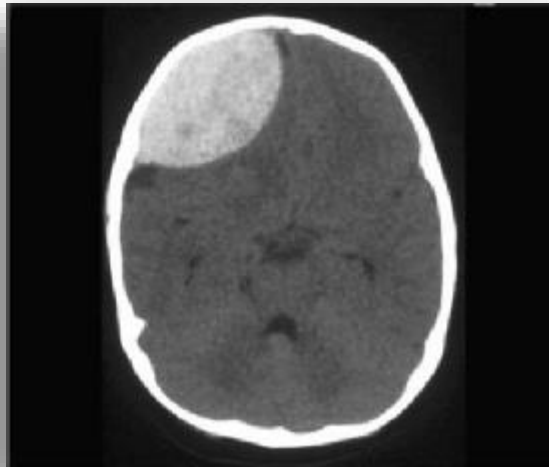


# Epidurální hematom

- Kolekce krve mezi kalvou a durou mater
- Nejčastěji j příčinou zlomenina kalvy, která poruší a. meningea (kontaktní poranění)
- Odloučení dury od kalvy - čočkovitý tvar

## Nejčastější lokalizace

- Temporo - bazálně
- Temporo - parietálně

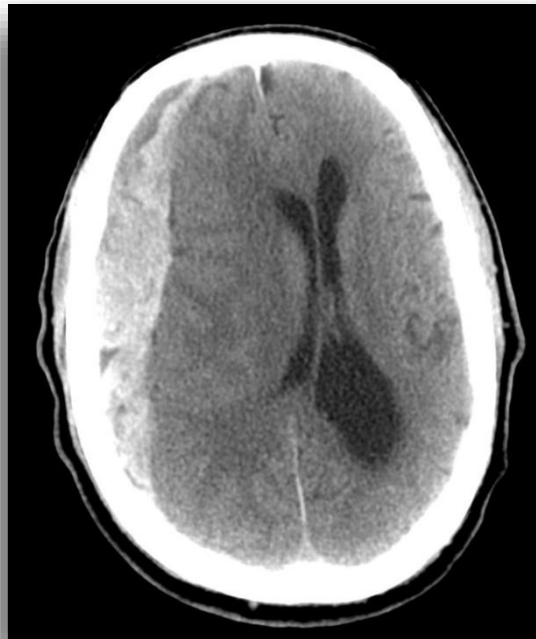


# Subdurální hematom

- Kolekce krve mezi durou mater a arachnoideou
- Nejčastější příčinou je přetržení přemostujících žil (akceleračně decelerační poranění)

**Akutní** – čerstvá krev

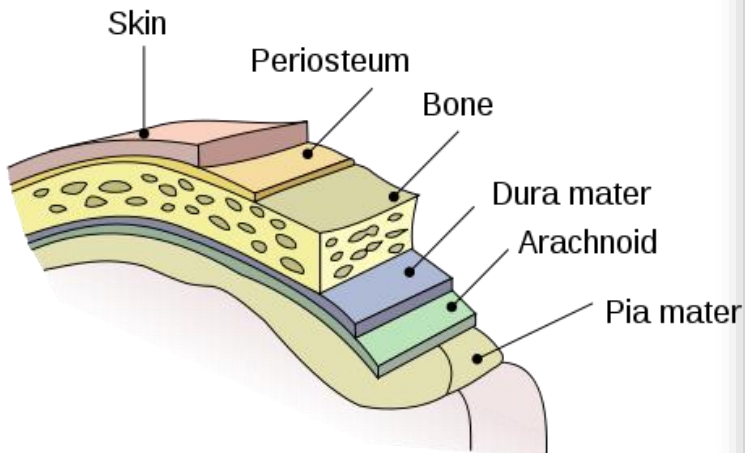
**Chronický** – kolikvovaná krev



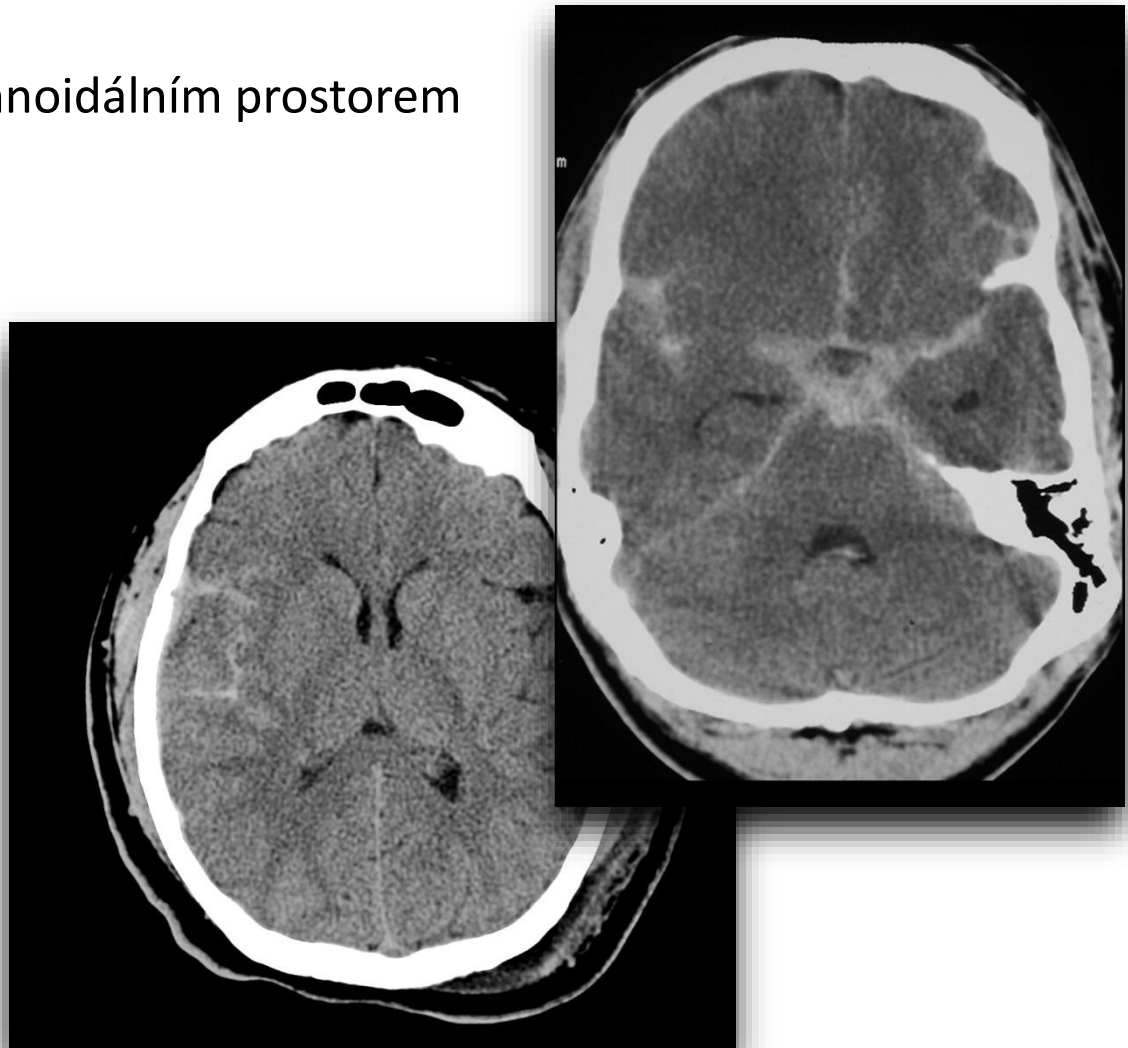


# Traumatické a subarachnoidální krvácení

- Kolekce krve mezi arachnoideou a pia mater
- Často spojené s lacerací
- Krev se volně šíří subarachnoidálním prostorem
- Vazospazmy se nevyvíjí



<http://cs.wikipedia.org>



# Následky poškození mozku

- Porucha vědomí
- Fokální neurologický deficit

## Poruchy vědomí

### Kvalitativní

- Zachována vigilita, porušen obsah
- Dezorientace (osobou, místem, časem)

### Kvantitativní porucha vědomí

- Snížená vigilita
- **Somnolence** - spavost, probudnost
- **Sopor** - probudnost pouze na algický podmět
- **Koma** - neprobudnost
  - ✓ Povrchové - zachovány obranné reakce
  - ✓ Hluboké - obranné reakce chybí

# Glasgow Coma Scale

Otevření očí	Slovní odpověď	Motorická odpověď
1 - bez reakce	1 - bez reakce	1 - bez reakce
2 - na bolestivý podnět	2 - nesrozumitelné zvuky	2 - necílená extenze (napřímení) končetiny (decerebrační rigidita)
3 - na slovní podnět	3 - jednotlivá nesouvisející slova	3 - necílená flexe (ohnutí) končetiny (dekortikační rigidita)
4 - spontánní	4 - zmatená	4 - úniková reakce (pobyb směřuje od podnětu)
	5 - normální	5 - lokalizace podnětu (pohyb směřuje k podnětu)
		6 - cílený pohyb podle instrukcí

## Glasgow Coma Scale

Norma: GCS 15

Lehká porucha vědomí: GCS 14 - 13

Středně těžká porucha vědomí: GCS 12 - 9

Těžká porucha vědomí: GCS 8 - 3

# Fokální neurologický deficit

## Frontální lalok (FL)

- ✓ Chování
- ✓ Pohyb
- ✓ Řeč

## Parietální lalok (PL)

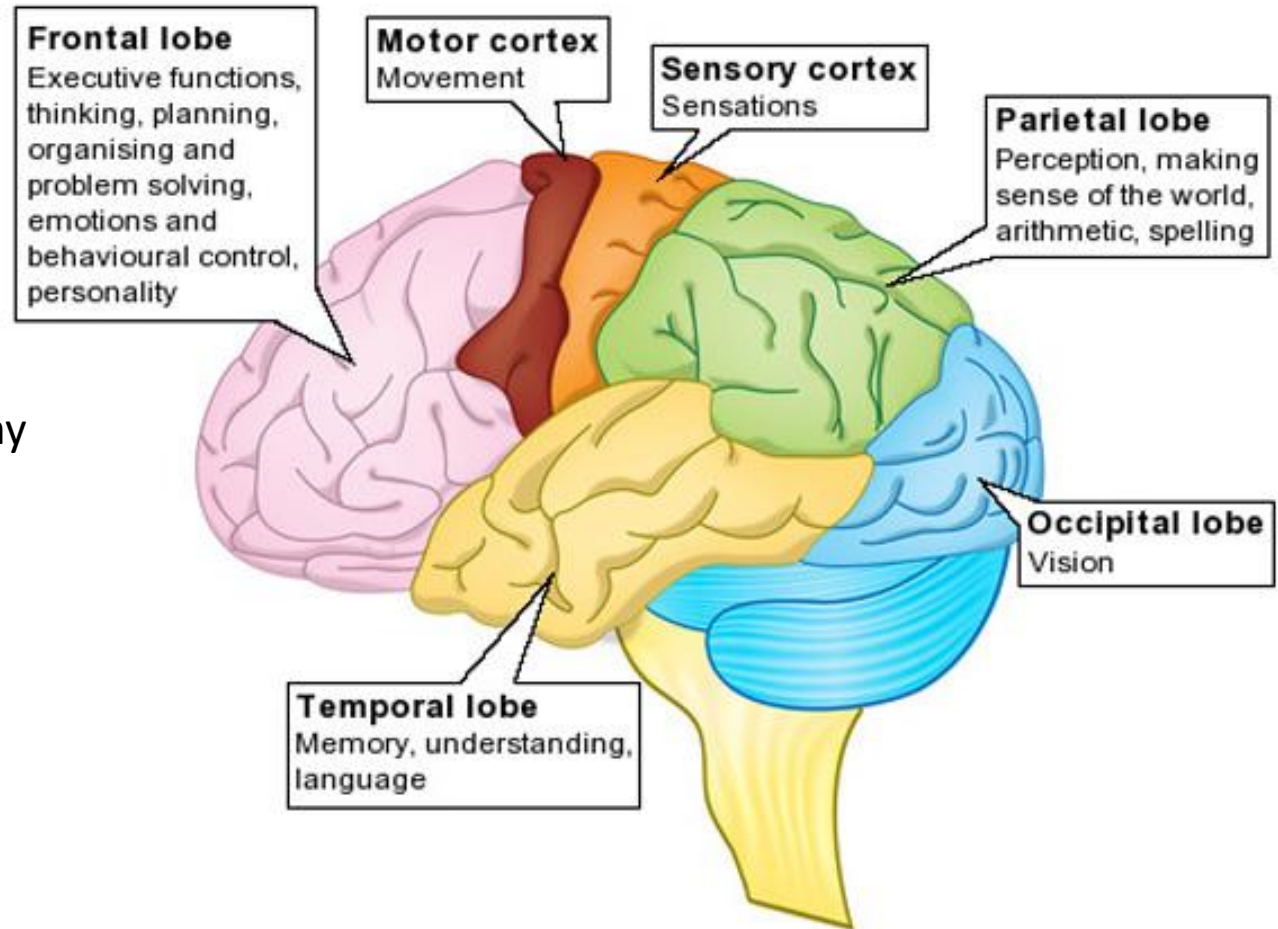
- ✓ Senzitivní aferentace
- ✓ Uvědomění si celkového tělesného schématu
- ✓ Vizuálně prostorové vztahy
- ✓ Pozornost

## Okcipitální lalok (OL)

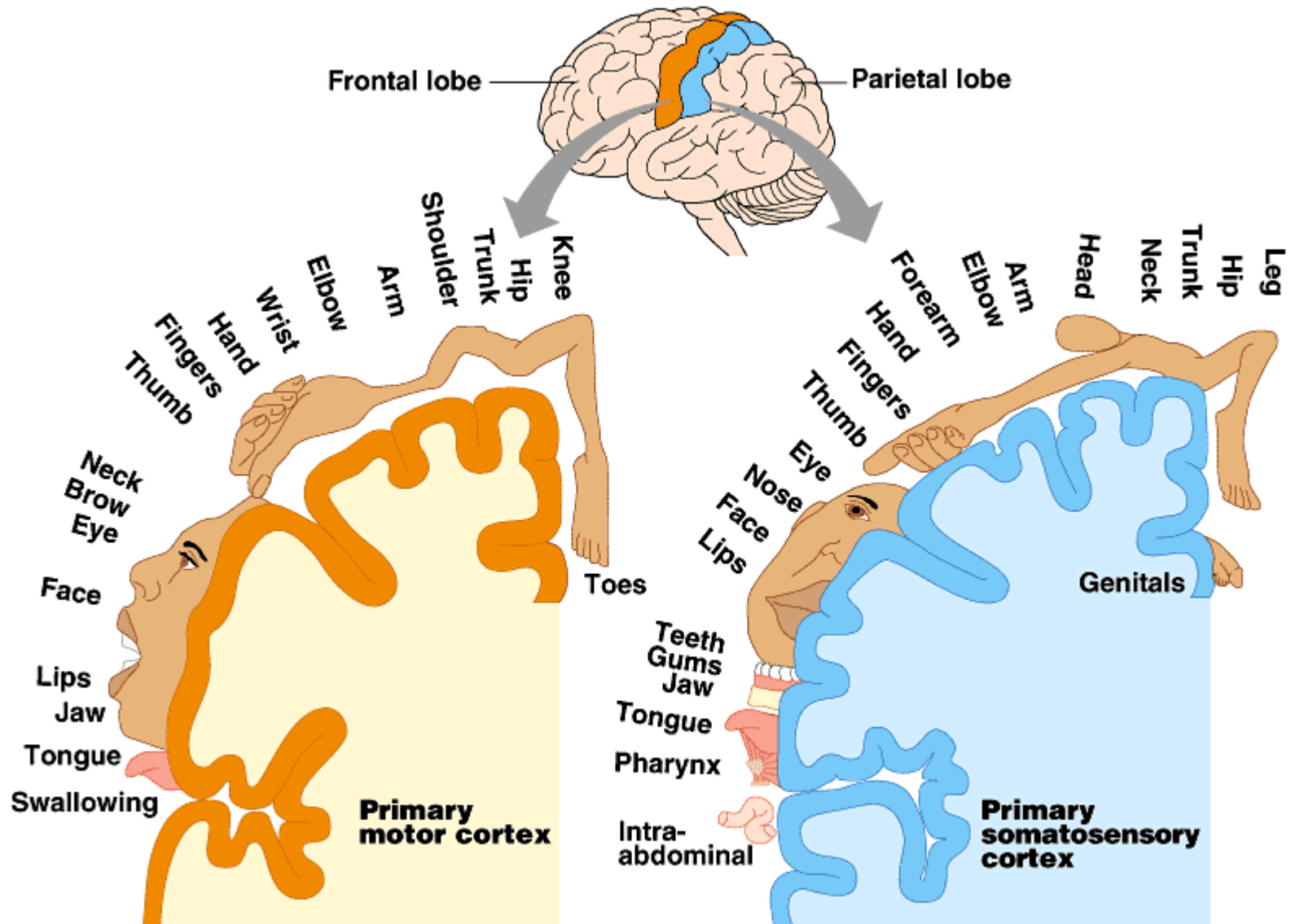
- ✓ Zrakové vnímání

## Temporální lalok (TL)

- ✓ Řeč
- ✓ Sluch
- ✓ Paměť
- ✓ Limbický systém
  - Afektivita
  - Sexualita



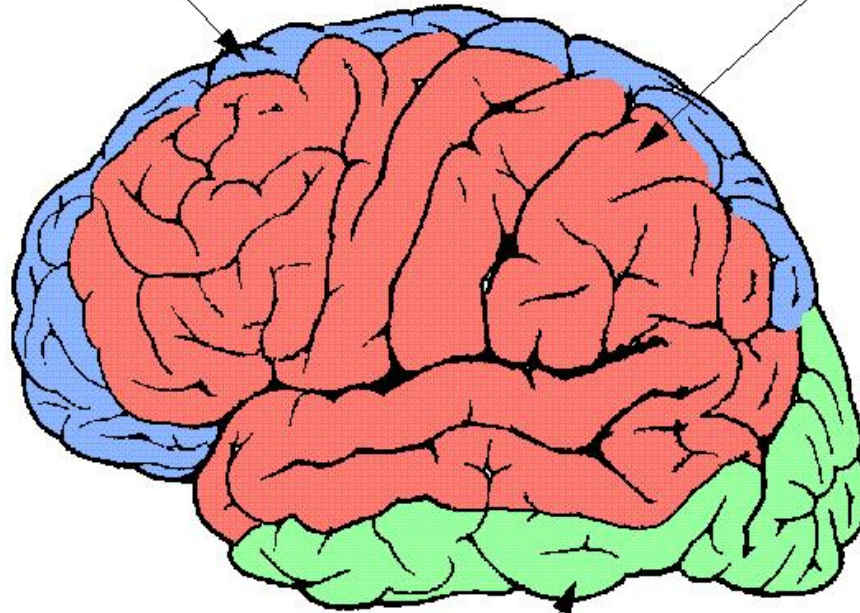
# Fokální neurologický deficit



# Fokální neurologický deficit

Arteria cerebri anterior

Arteria cerebri media



Arteria cerebri posterior

# Fokální neurologický deficit na příkladu ischemie

## Arteria cerebri anterior

- ✓ Kontralaterální hemiparéza výraznější na DK (FL)
- ✓ Poruchy chování při oboustranném uzávěru (FL)

## Arteria cerebri media

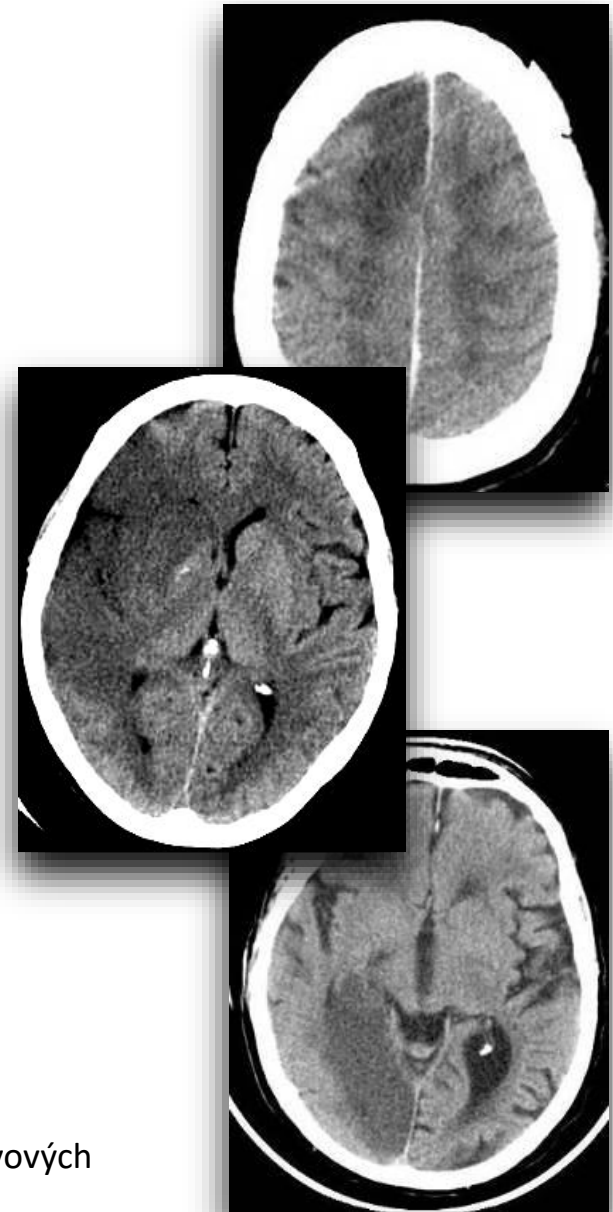
- ✓ Kontralaterální hemiparéza výraznější na HK (FL)
- ✓ Poruchy řeči při levostranném uzávěru (FL, TL)
- ✓ Poruchy psaní, počítání , pravolevé orientace (TL)
- ✓ Poruchy prostorové orientace při postižení nedominantního parietálního laloku

## Arteria cerebri posterior

- ✓ Poruchy zraku (OL)
- ✓ Poruchy čtení (Corpus callosum, PL)

## Vertebrobasilární povodí

- ✓ Mozečková symptomatologie
- ✓ Kmenová symptomatologie
  - ✓ Vertigo, nystagmus, diplopie, oboustranné hemiarézy, parézy hlavových nervů, poruchy dýchání



# Poranění míchy



# Poranění míchy - úvod

## Nejčastější příčiny

- Dopravní úrazy
- Pracovní a sportovní úrazy

## Mechanismus úrazu

- Nadměrná flexe, extenze, rotace páteře
- Přímý úder

## Poškození páteře

- Obratle
  - ✓ Zlomeniny
  - ✓ Luxace
- Ligamenta
- Meziobratlové disky

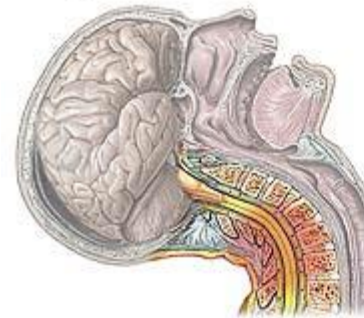
## Poškození míchy

- Nadměrným natažením
- Tlakem

Nejčastěji postižené oblasti C4-C6 a Th11-L2

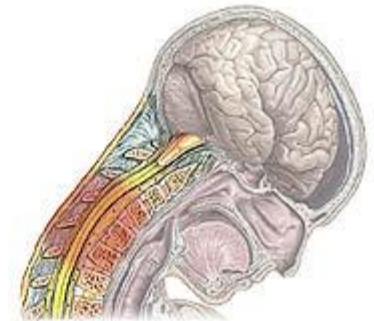
*Poranění míchy  
3-4/100 000 obyvatel  
Polovina postižených  
je ve věku do 25 let*

Hyperextension



Sprain or strain of  
cervical tissues

Hyperflexion



# Druhy poranění míchy

## Komoce

- Dočasné funkční postižení míchy
- Plně reverzibilní

## Kontuze

- Inkompletní léze míšní
- Komplettní tranzverzální léze míšní
  - ✓ Úplné přerušení míchy
  - ✓ 1. Fáze – spinální šok
    - ❖ Atonie pod místem postižení, areflexie, ztráta volní pohybové aktivity, anestzie
    - ❖ Atonie detrusoru močového měchýře s retencí moči a paradoxní ischurií
  - ✓ 2. Fáze – míšní automatismy
    - ❖ Hypertonie pod místem postižení, hyperreflexie, trvá úplná ztráta volní pohybové aktivity a anestzie
    - ❖ Spastický reflexní měchýř

# Našledky poranění míchy

## Paralýza

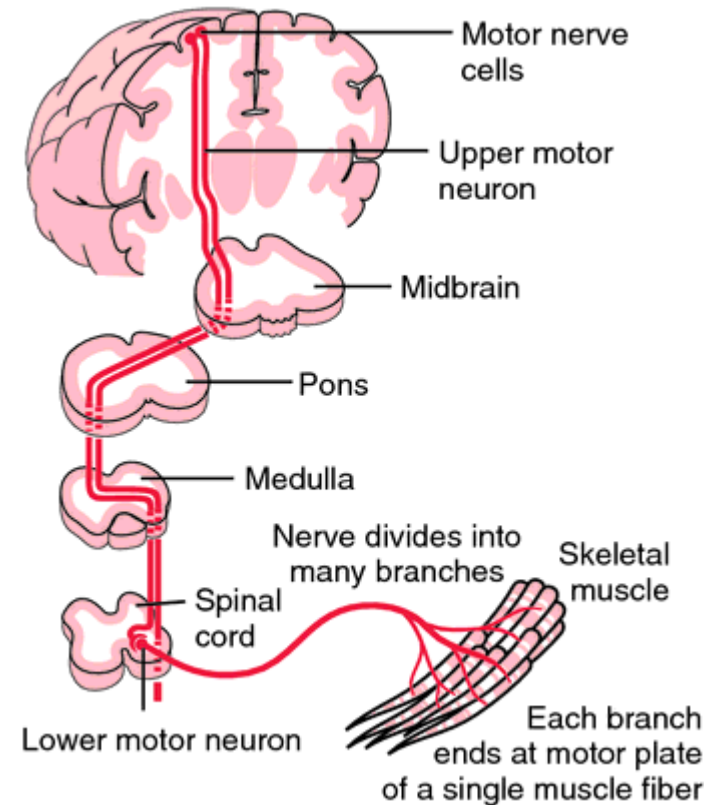
➤ Ztráta schopnosti provést volní pohyb

### Plegie

- Úplná paralýza

### Paréza

- Neúplná paralýza
- Mono-, di-, kvadru-, para-, hemi-
- **Centrální**
  - ✓ Poškození 1. motoneuronu
  - ✓ Nejprve chabá
    - ❖ Spinální šok
  - ✓ Potom spastická
    - ❖ Aktivita 2. motoneuronu
- **Periferní**
  - ✓ Poškození 2. motoneuronu
  - ✓ Chabá



# Našledky poranění míchy

## Paralýza

Míšní segment není vždy na úrovni odpovídajícího páteřního segmentu

- **Horní krční úsek:** PS=MS
- **Dolní krční a horní hrudní:** PS=MS+1
- **Střední hrudní:** PS=MS+2
- **Dolní hrudní:** PS=MS+3
- **Mícha končí v oblasti L1 –L2**

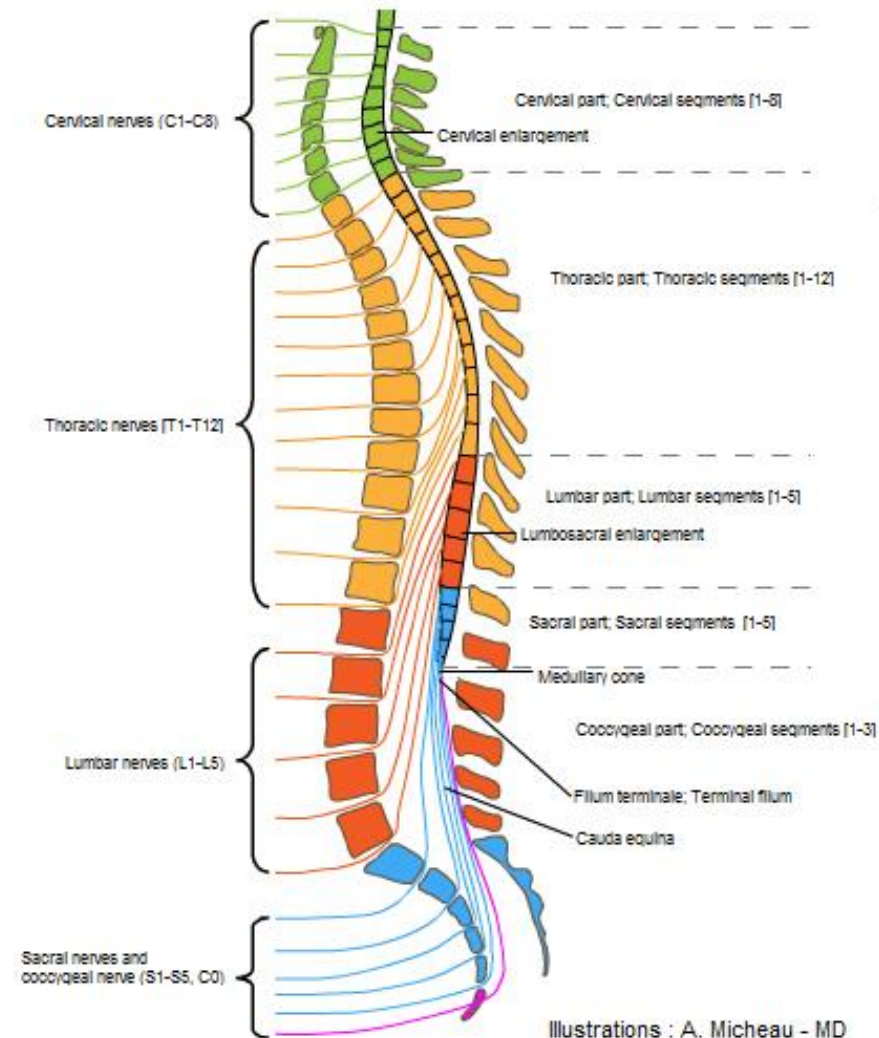
***Plexus cervicalis:*** C1-C4

C4 – nervus phrenicus

***Plexus brachialis:*** C5 – Th1

***Plexus lumbalis:*** L1-L4 (+spojka z Th12)

***Plexus sacralis:*** S1-S5 (+spojky z L4-5)



# Našledky poranění míchy

## Paralýza

### Léze v míšních segmentech C1 – C4

- ✓ Spastická kvadraparéza/plegie
- ✓ Porucha sfinkterů

### Léze v segmentech C5 – Th2

- ✓ Smíšená nebo chabá paréza/plegie HKK
- ✓ Spastická paréza/plegie DKK
- ✓ Poruchy sfinkterů

### Léze v segmentech Th3 – Th10

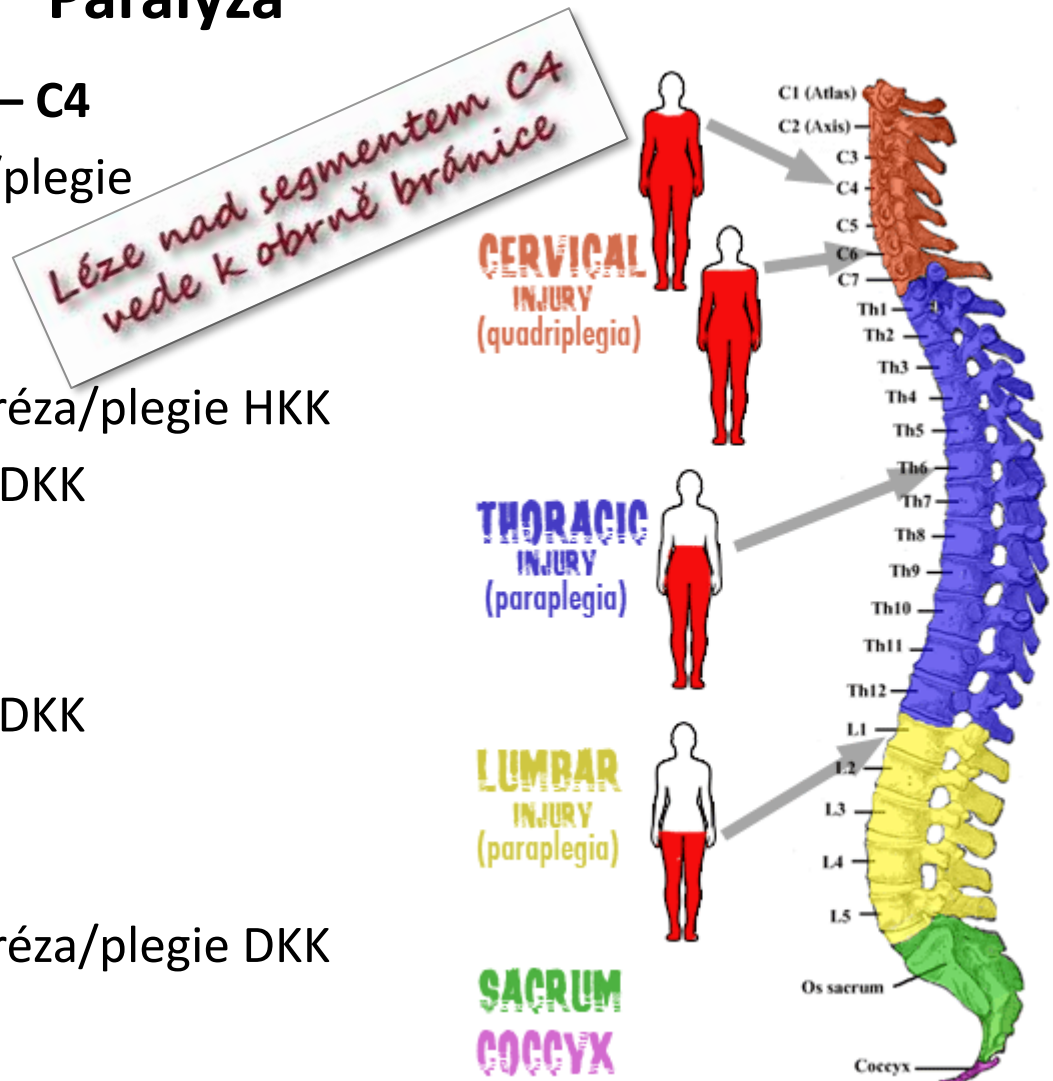
- ✓ Spastická paréza/plegie DKK
- ✓ Poruchy sfinkterů

### Léze v segmentech Th9 – L2

- ✓ Smíšená nebo chabá paréza/plegie DKK
- ✓ Poruchy sfinkterů

### Léze segmentů L3 – S5

- ✓ Poruchy sfinkterů



# Našledky poranění míchy

## Poruchy senzitivity

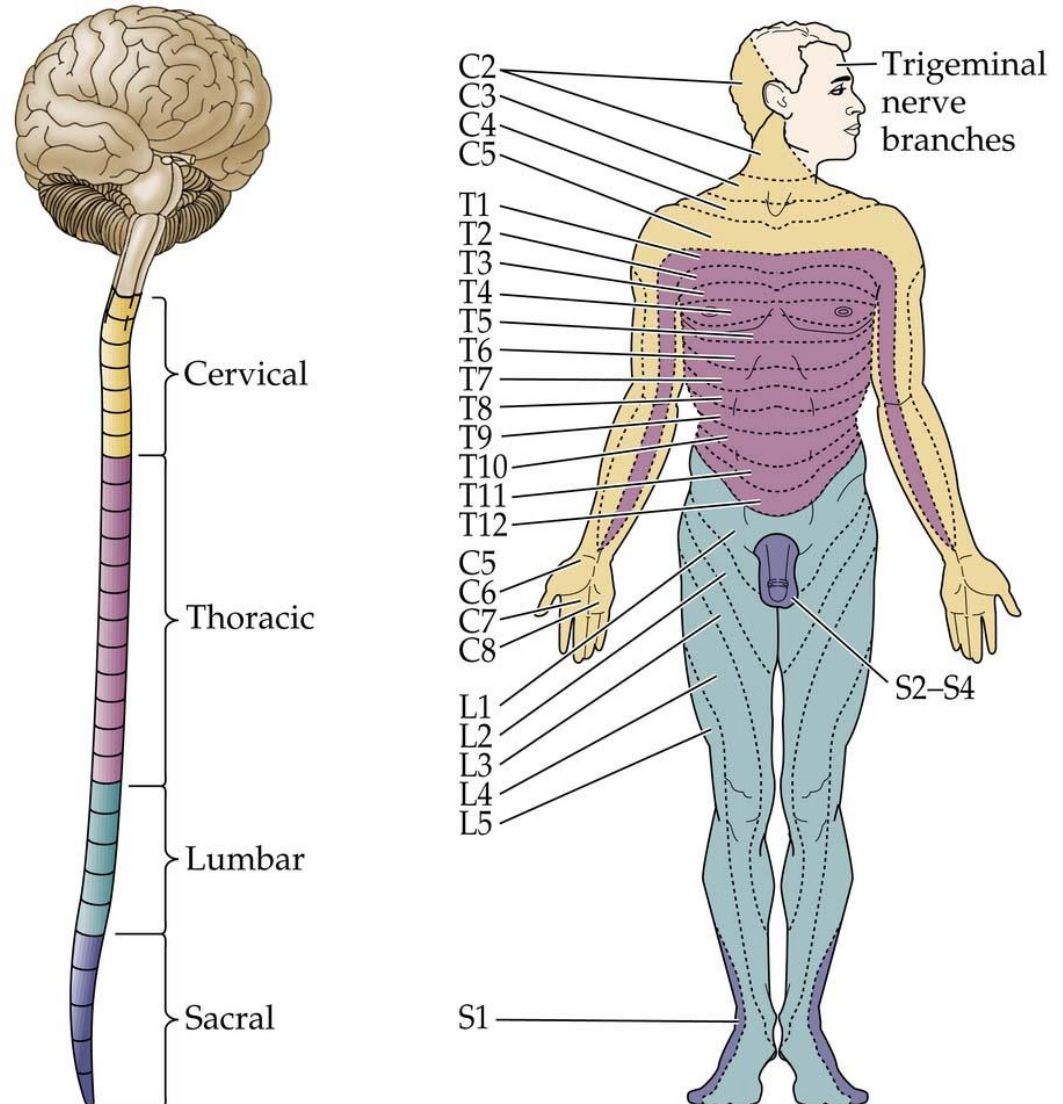
### Hypestézie

- Snížení vnímání určité kvality

Např. thermohypestézie,  
taktilní hypestézie

### Anestézie

- Vymizení vnímání určité kvality



**Děkuji za pozornost**

MUNI I

MED