

MUNI I

MED

Patofyziologie nervového systému

Nitrolební hypertenze

Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

Poškození míchy

Bolest

Nitrolební hypertenze

Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

Poškození míchy

Bolest

Intrakraniální tlak a cerebrální perfusní tlak

Mozek je uzavřen v lebce...

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

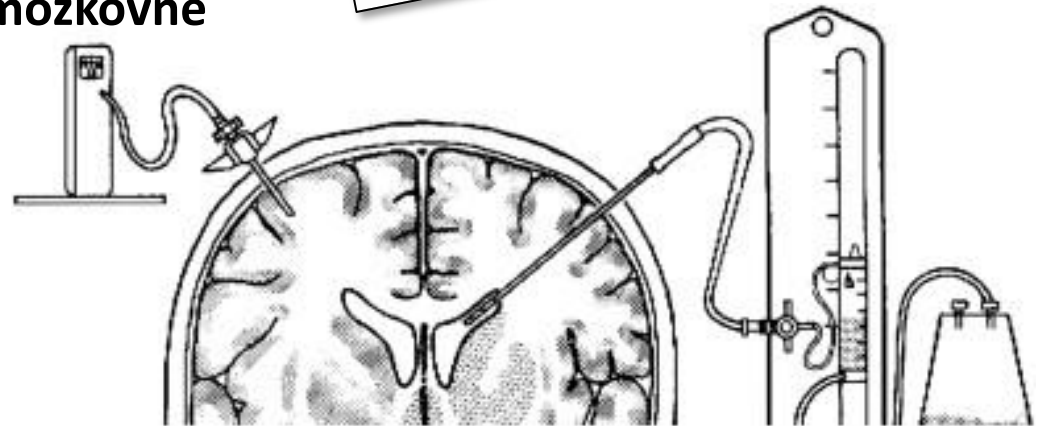
... ale velký problém, když se ně co stane.

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

Intrakraniální tlak (ICP) je tlak v mozku

Nitrolební kompartmenty

- Mozek
- Mozkomíšní mok
- Krev



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

Cerebrální perfuzní tlak

- Tlakový gradient díky kterému teče krev do mozku

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

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

Cerebrální perfusní tlak

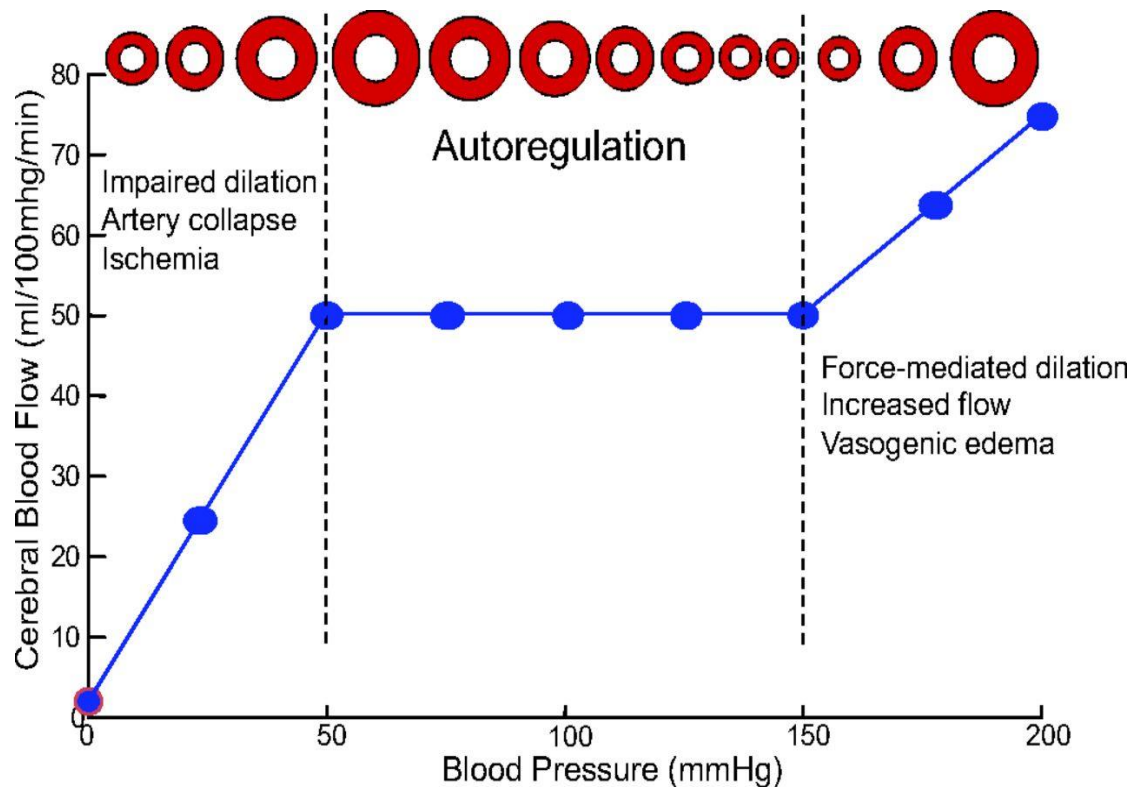
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

CPP je zásadní parametr určující CBF (cerebral blood flow)



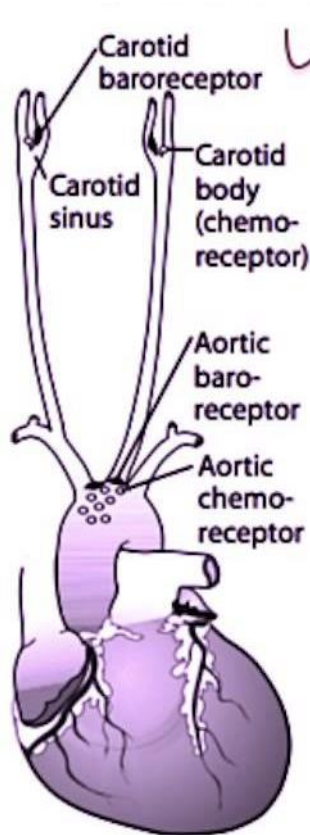
Cerebrální perfusní tlak

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

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak



Receptors:

1. Aortic arch transmits via vagus nerve to medulla (responds **only** to \uparrow BP)
2. Carotid sinus transmits via glossopharyngeal nerve to solitary nucleus of medulla (responds to \downarrow and \uparrow in BP).

Baroreceptors:

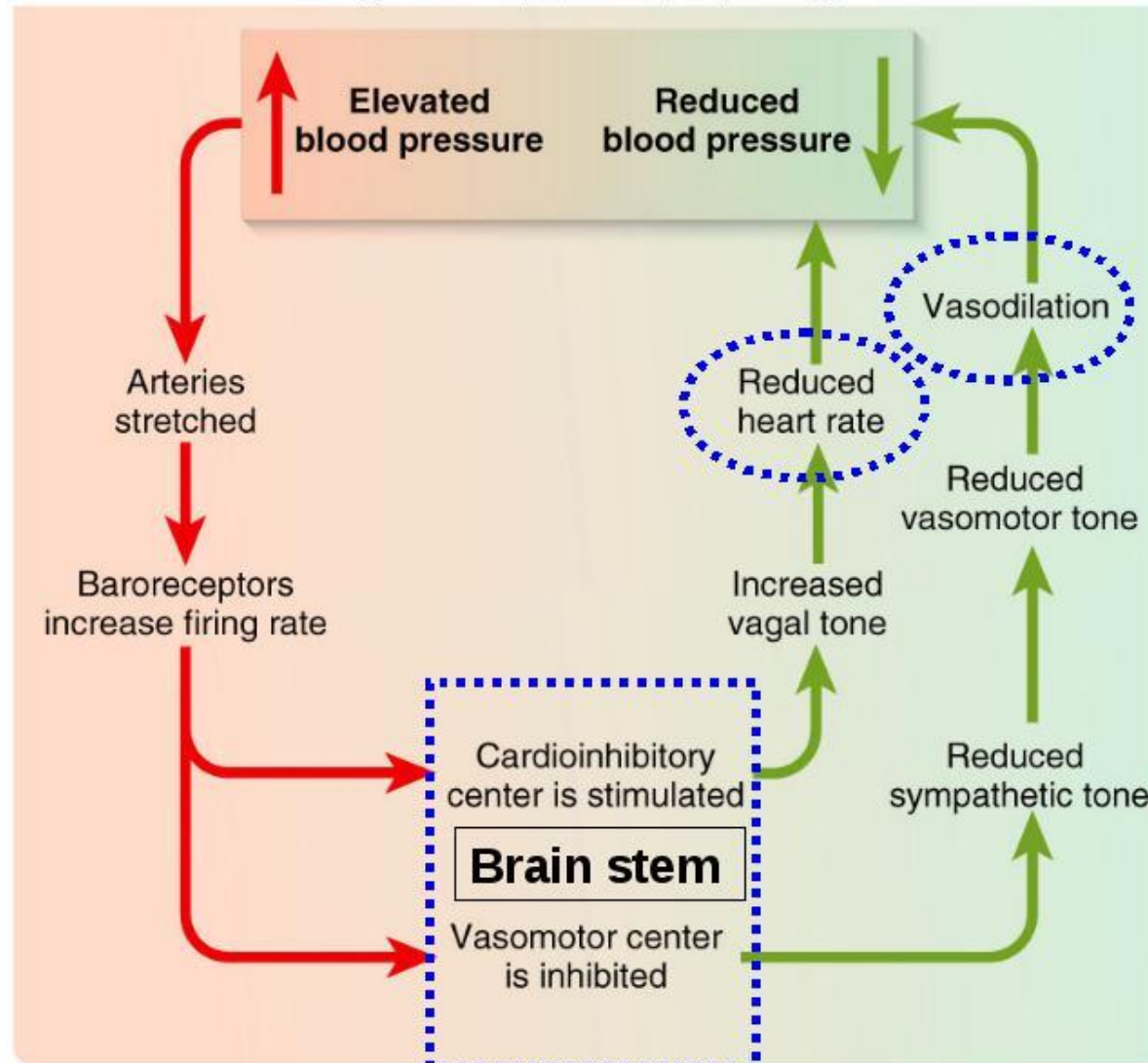
1. Hypotension — \downarrow arterial pressure \rightarrow \downarrow stretch \rightarrow \downarrow afferent baroreceptor firing \rightarrow \uparrow efferent sympathetic firing and \downarrow efferent parasympathetic stimulation \rightarrow vasoconstriction, \uparrow HR, \uparrow contractility, \uparrow BP. Important in the response to severe hemorrhage.
2. Carotid massage — \uparrow pressure on carotid artery \rightarrow \uparrow stretch \rightarrow \uparrow afferent baroreceptor firing \rightarrow \downarrow HR.

Chemoreceptors:

1. Peripheral — carotid and aortic bodies respond to \downarrow PO_2 (< 60 mmHg), \uparrow PCO_2 , and \downarrow pH of blood.
2. Central — respond to changes in pH and PCO_2 of brain interstitial fluid, which in turn are influenced by arterial CO_2 . Do not directly respond to PO_2 . Responsible for Cushing reaction — \uparrow intracranial pressure constricts arterioles \rightarrow cerebral ischemia \rightarrow hypertension (sympathetic response) \rightarrow reflex bradycardia. Note: Cushing triad = hypertension, bradycardia, respiratory depression.

Baroreflex

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Cerebrální perfusní tlak

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

Cerebrální perfúzní tlak

Střední arteriální tlak

Intrakraniální tlak

Intrakraniální tlak (ICP)

- Norma je 7-15mmHg
- Tolerovatelné do 25 mmHg
- Ztráta vědomí při 40-50 mmHg
- Nad 50 mmHg mozková ischemie

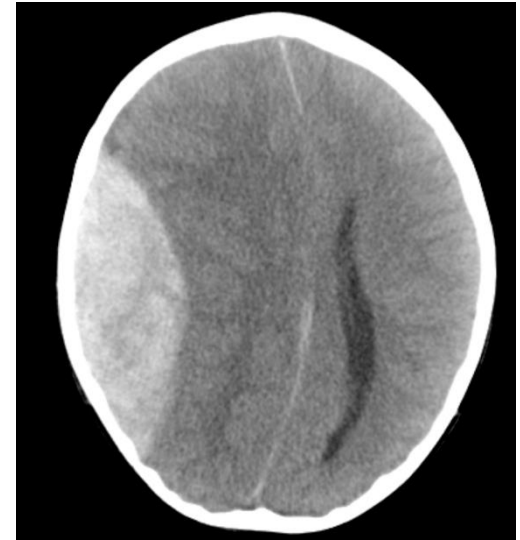
Rychlý nárůst ICP (př. Krvácení) X Pomalý nárůst ICP (př. Růst tumoru)

Příčiny intrakraniální hypertenze

Mozkový kompartment

- Edém
- Tumor
- Krvácení
- Infekce

Důležitou roli hraje časový faktor.



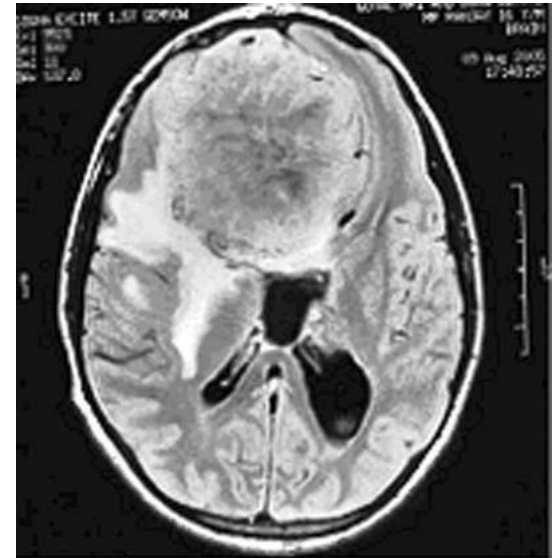
Kompartment mozkomíšního moku

- Hydrocefalus

Krevní kompartment

- Trombóza mozkového splavu
- Acidóza - ischemie

Intrakraniální hypertenze se projeví městnáním na očním pozadí.



Mozkový edém

Cytotoxický (intracelulární)

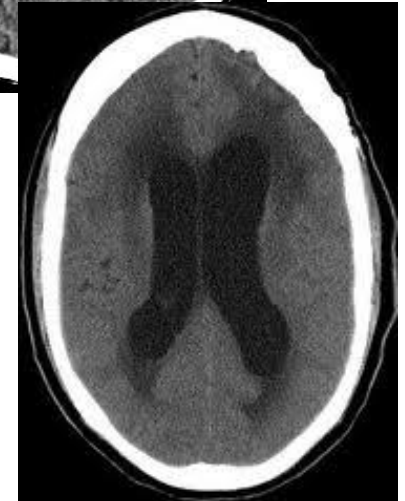
- Porucha membránových funkcí
- Akumulace Na nebo Ca v buňce
- Osmotický tok vody do buňky
- Zejména v prvních 24 hodinách po infultu

Vazogenní (extracelulární)

- Poškození endotelu a hematoencefalické bariéry
- Extravazace elektrolytů a proteinů do intersticiálního prostoru
- V pozdějších stádiích po infultu (od 24 hodin)
- Neplnohodnotné novotvořené cévy při růstu tumoru

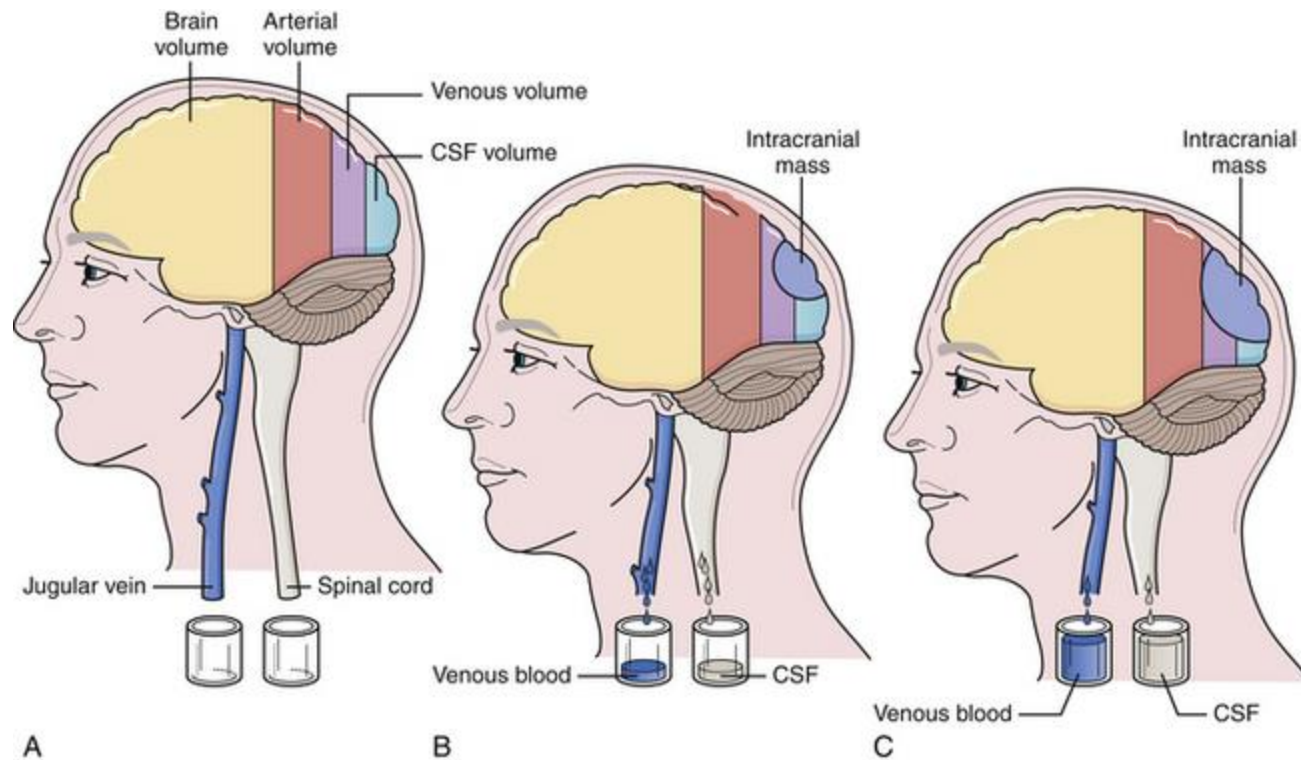
Intersticiální

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



Kompenzace (pomalého) nárůstu ICP

- Limitace objemem mozkomíšního moku (CSF) a venózní rezervou



Kompenzace/dekompenzace (rychlého) nárůstu ICP

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

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

CPP je zásadní parametr určující CBF –cerebral blood flow



Kompenzace/dekompenzace (rychlého) nárůstu ICP

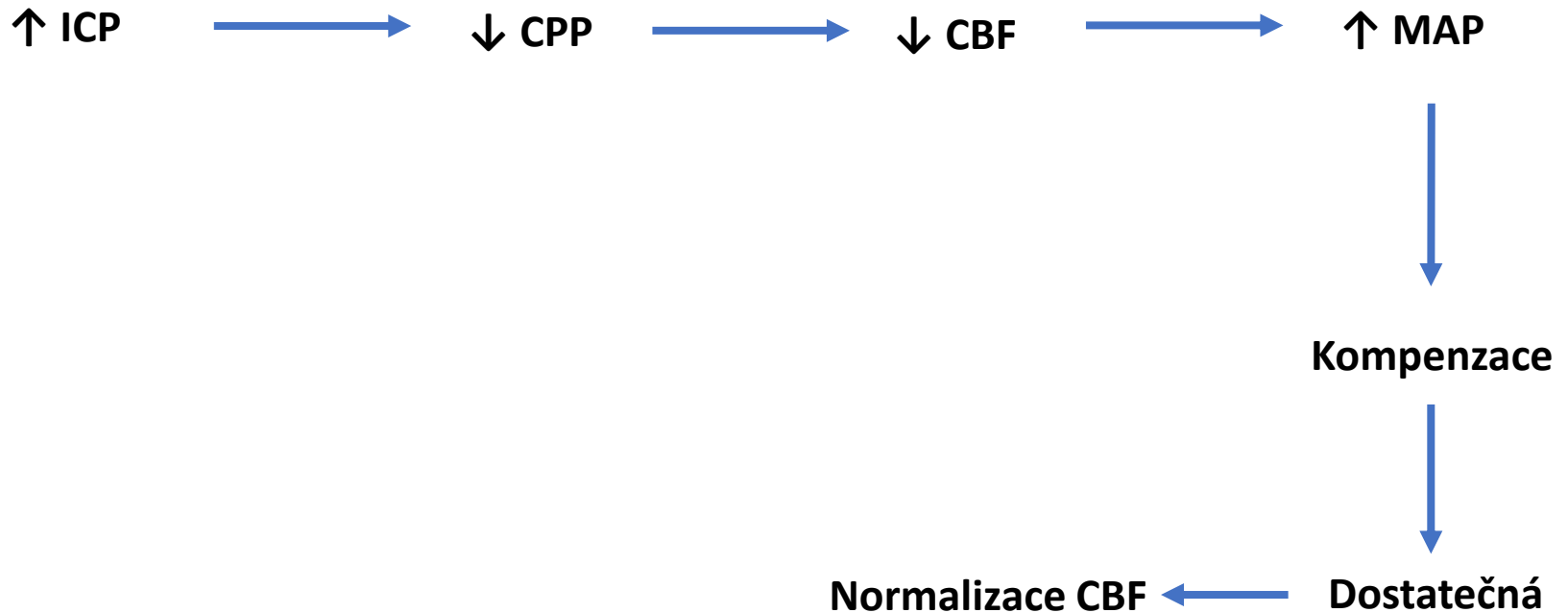
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

CPP je zásadní parametr určující CBF –cerebral blood flow



Kompenzace/dekompenzace (rychlého) nárůstu ICP

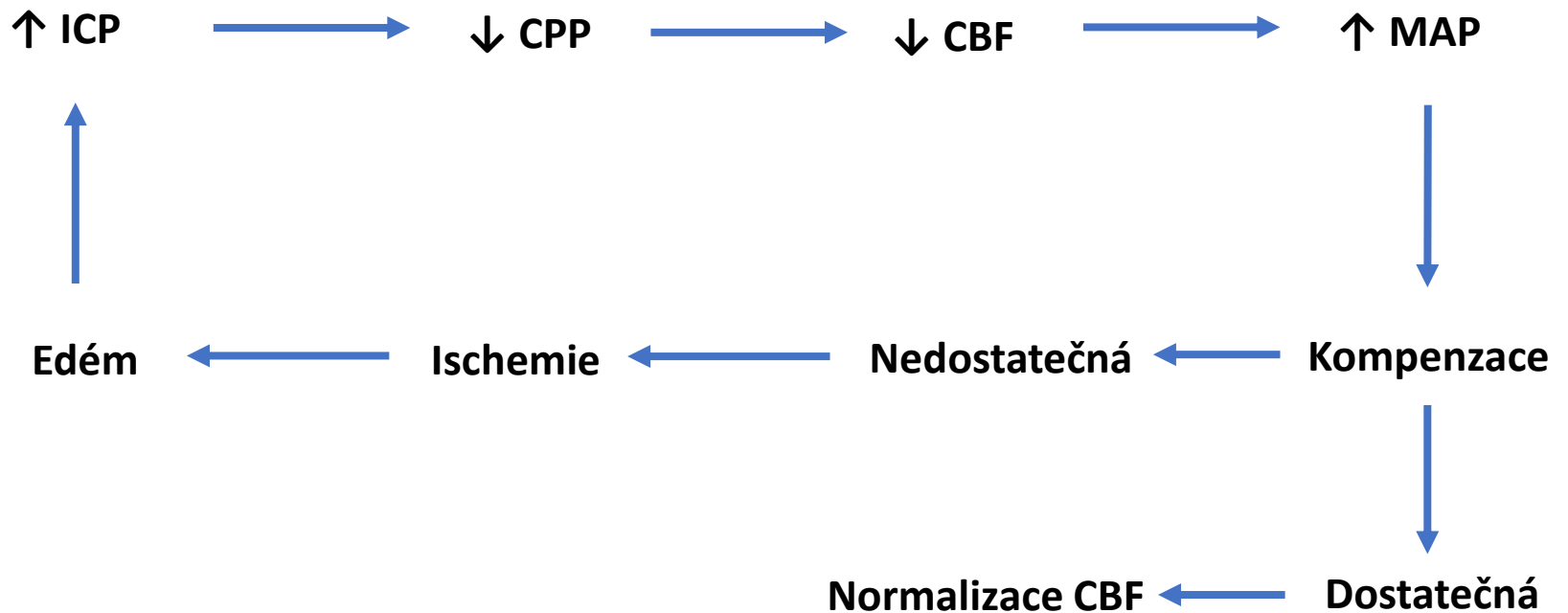
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

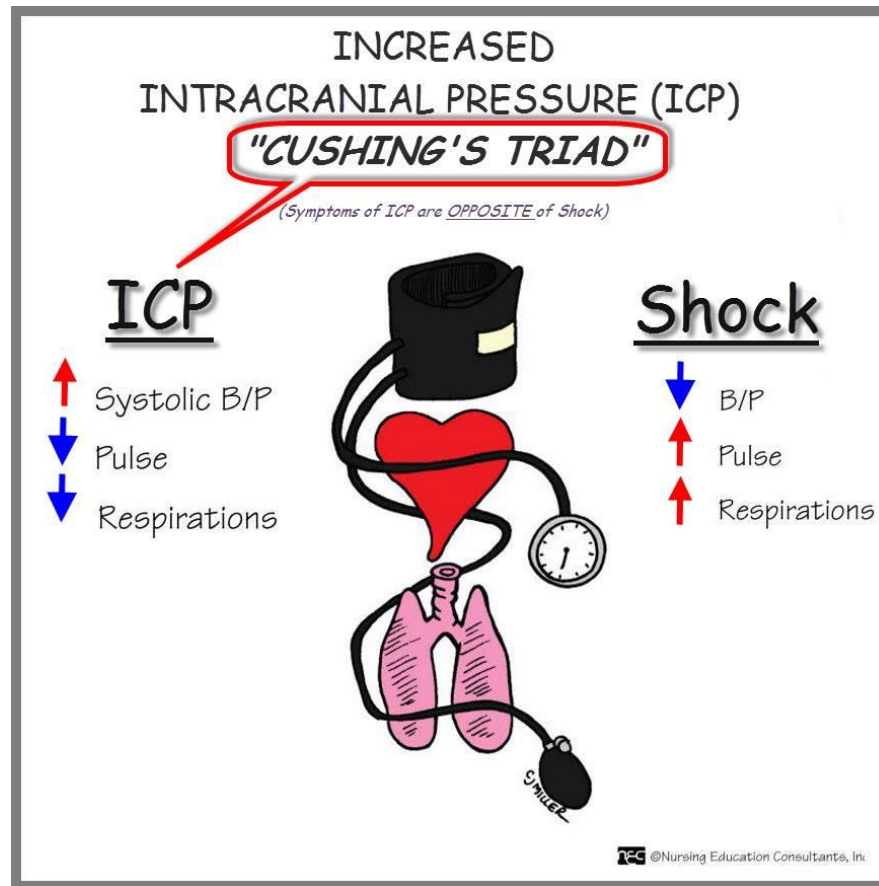
Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

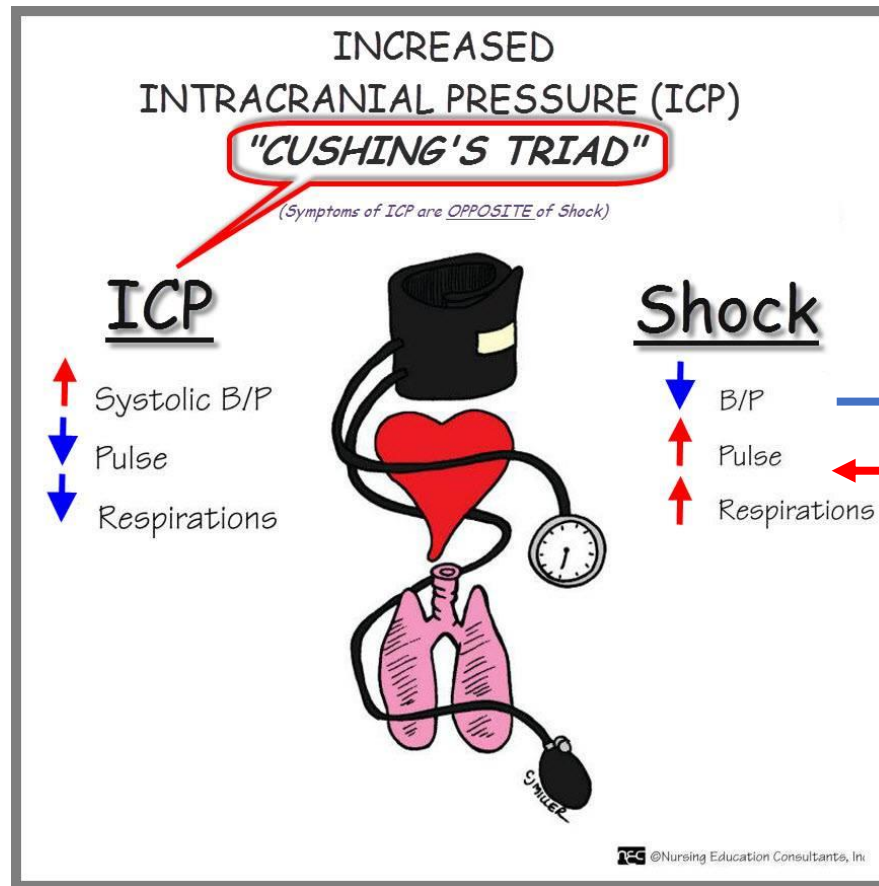
CPP je zásadní parametr určující CBF –cerebral blood flow



Cushingova triáda

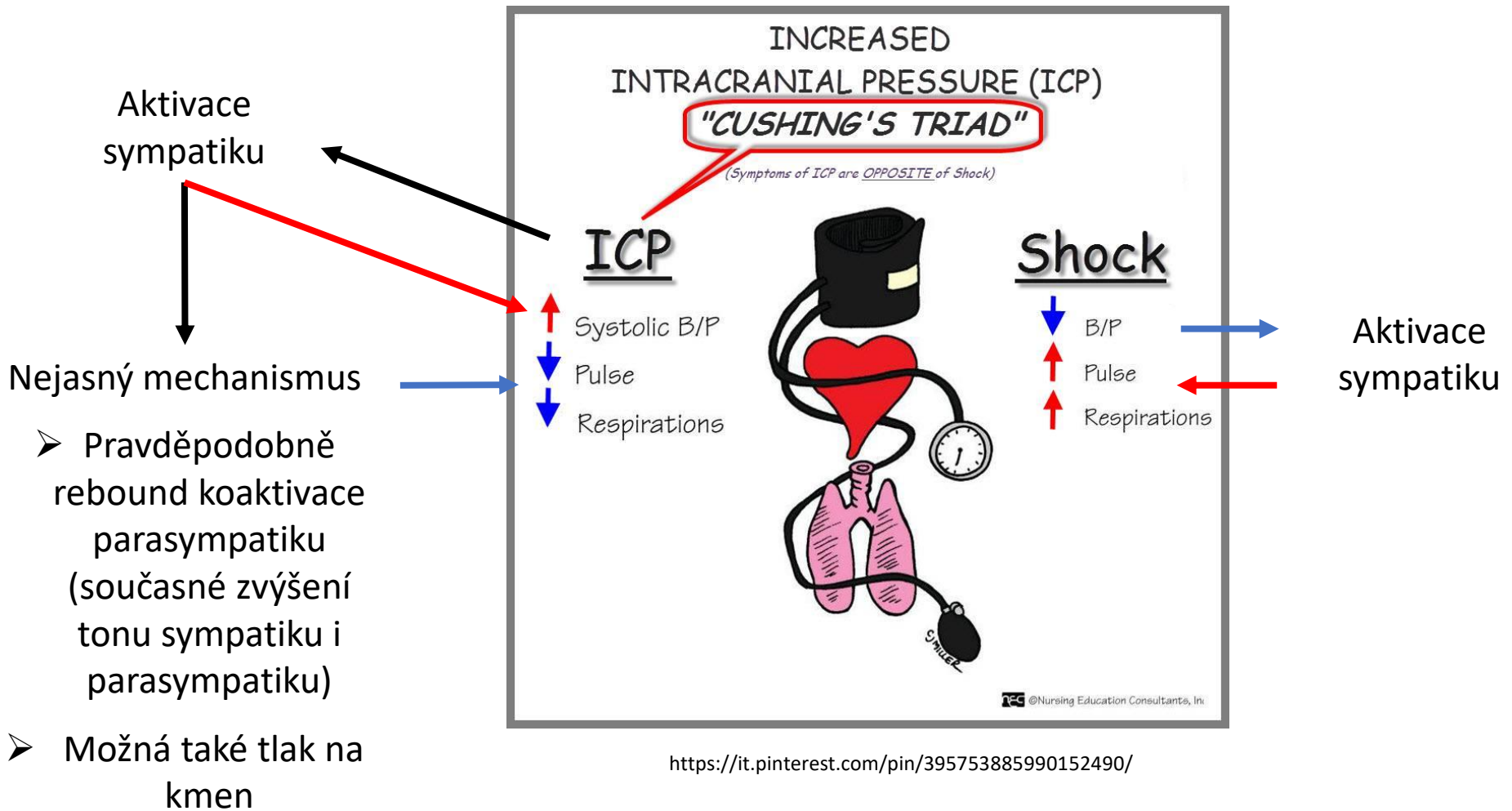


Cushingova triáda



<https://it.pinterest.com/pin/395753885990152490/>

Cushingova triáda



Důsledky zvýšeného ICP

Komprese okolní tkáňe

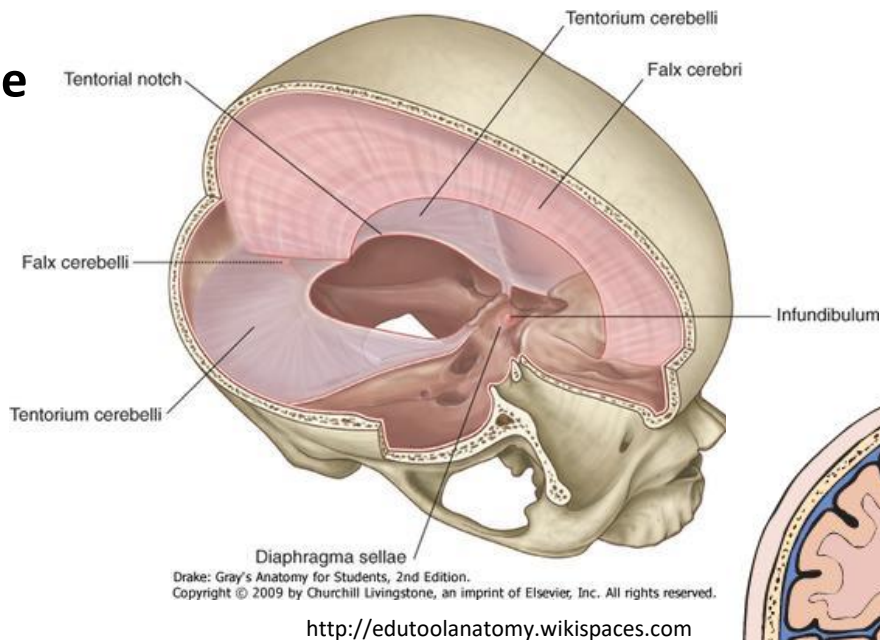
- ✓ Ischemizace
- ✓ Herniace

Infratentoriální léze

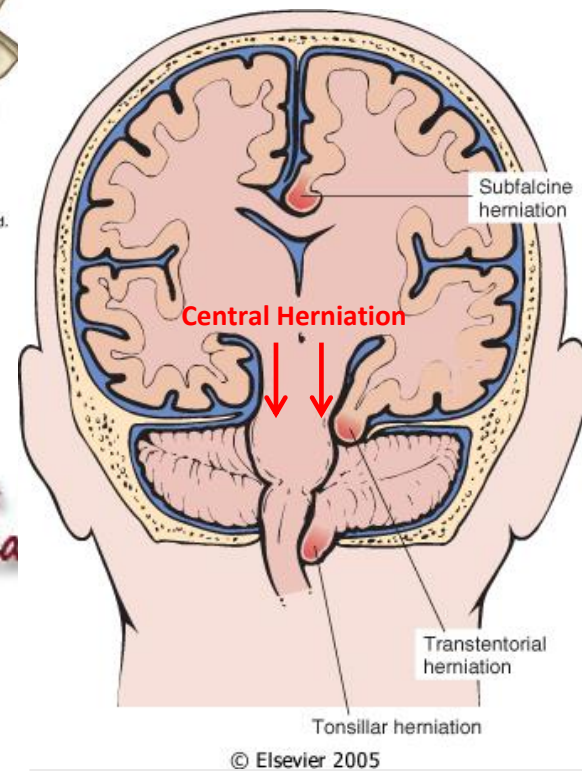
- Vždy akutní
- **Nebezpečí komprese mozkového kmene**

Herniace

- Subfalcinní
- Tentoriální
- Tonsilární
- Centrální
- ✓ Trvalé poškození mozku,
- ✓ Nebezpečí komprese mozkového kmene



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



Nitrolební hypertenze

Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

Poškození míchy

Bolest

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

Možek:	< 5 min
Játra a ledviny:	15-20 min
Kosterní svaly:	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

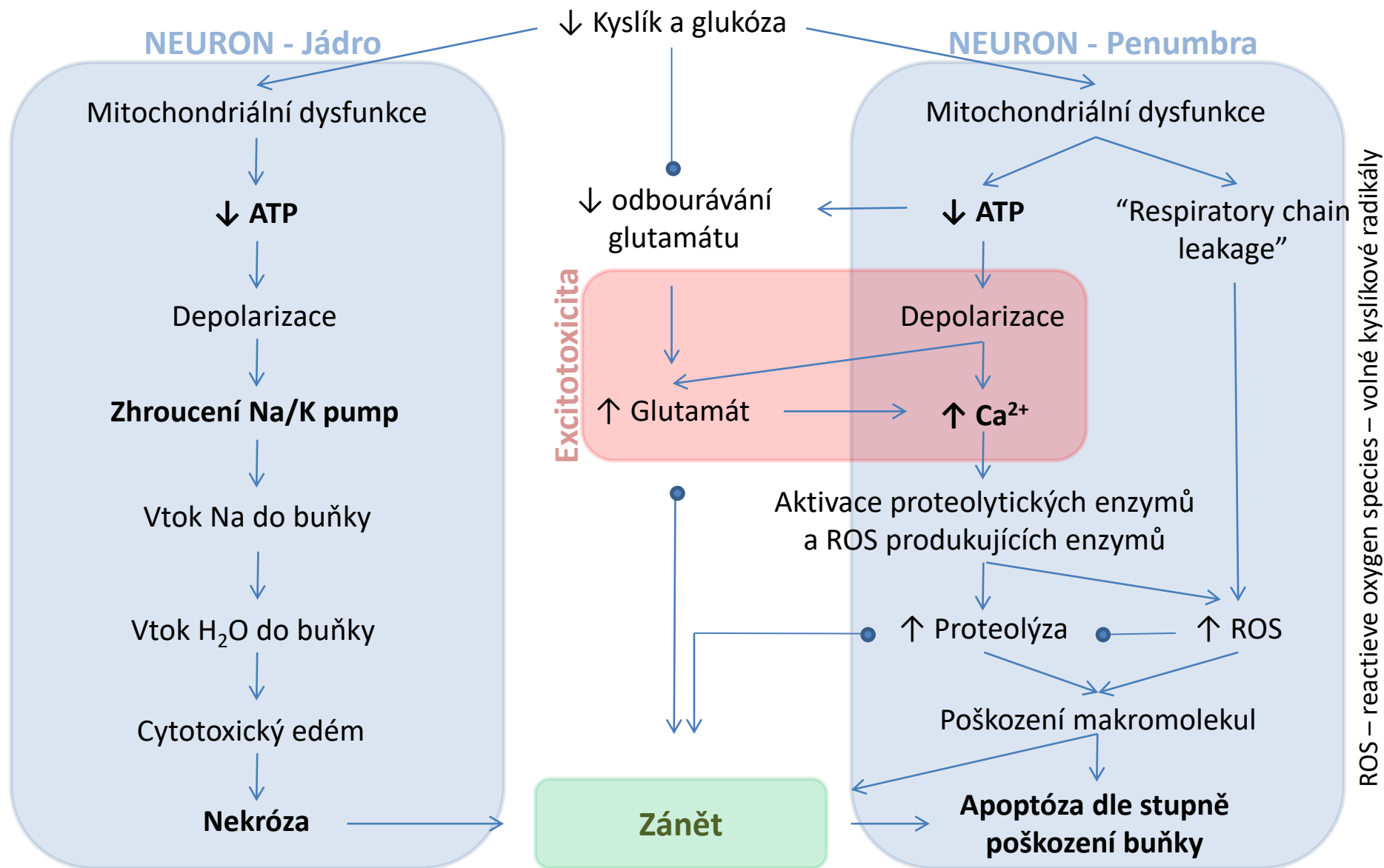
Penumbra (okraj infarktu)

- Neurony poškozené reverzibilně
- Riziko sekundárního poškození

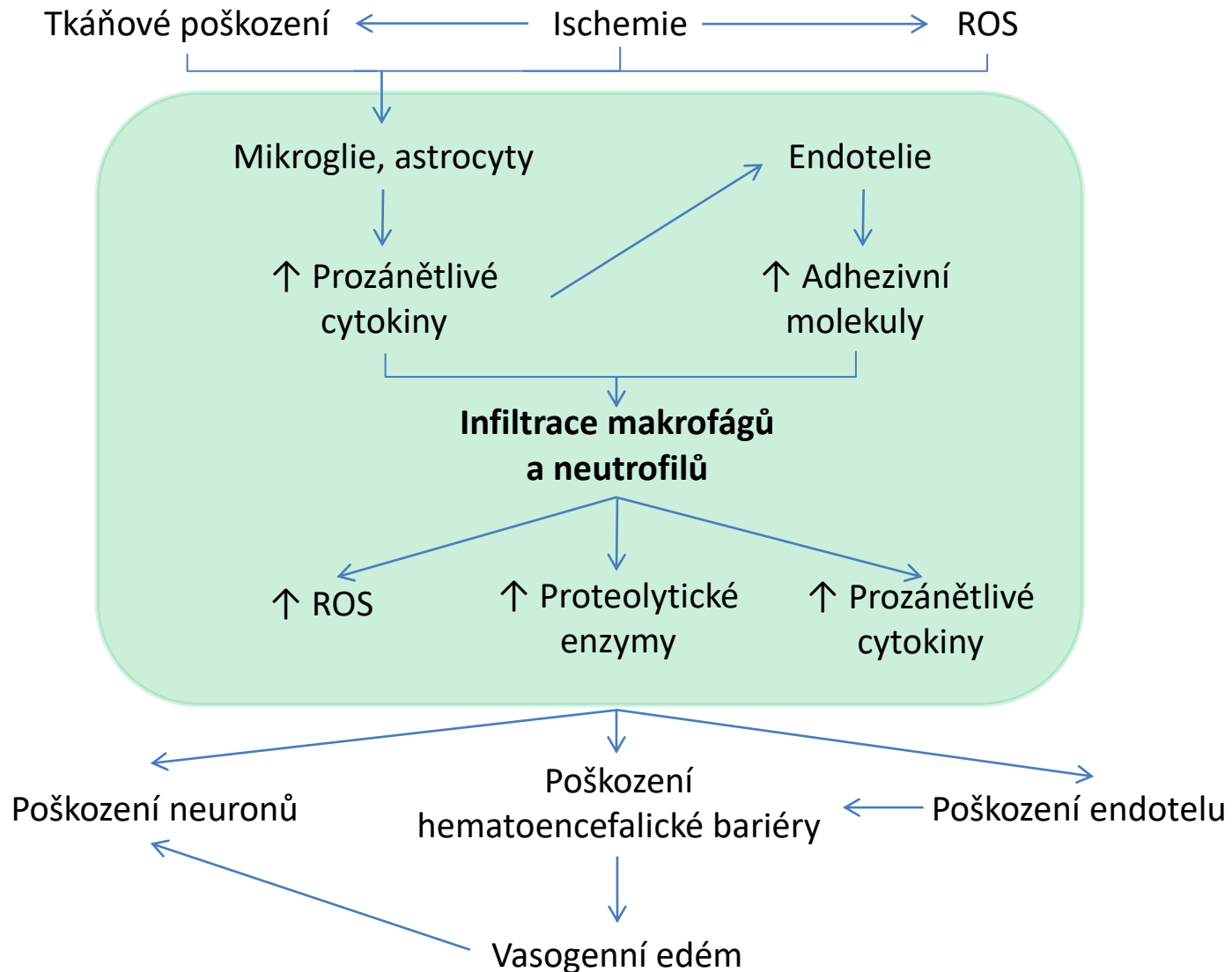
Primární poškození mozku
Přímý důsledek infarktu
Vzniká v době infarktu
Terapeuticky neovlivnitelné

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

Ischemická kaskáda



Role zánětu v ischemické kaskádě



Hemoragické CMP

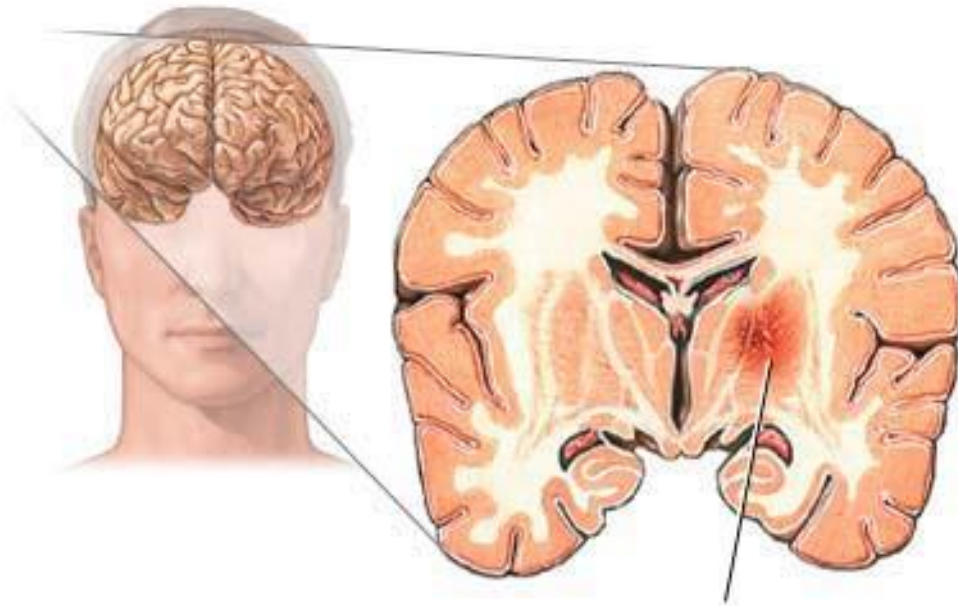
Intracerebrální hematom (ICH)

Krvácení do mozkového parenchymu (intraaxiální)

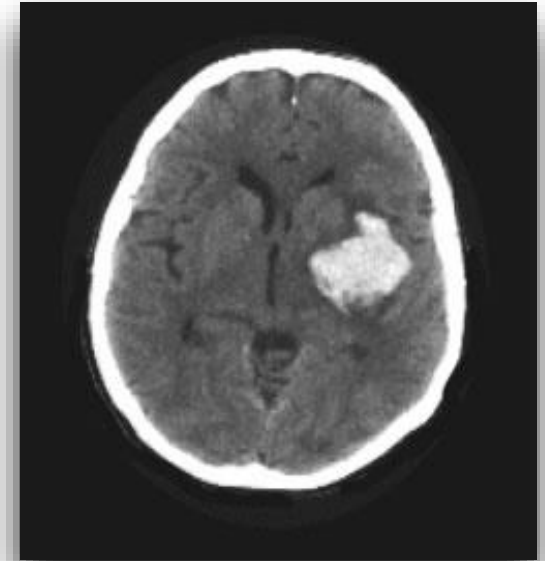
Nejčastější lokalizce

- 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

Fe²⁺

↑ ROS

Záněť

↑ Prozánětlivé cytokiny

↑ Proteolytické enzymy

↑ ROS

Poškození endotelu

Poškození hematoencefalické bariéry

Edém

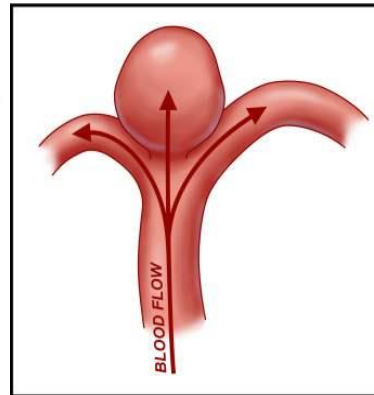
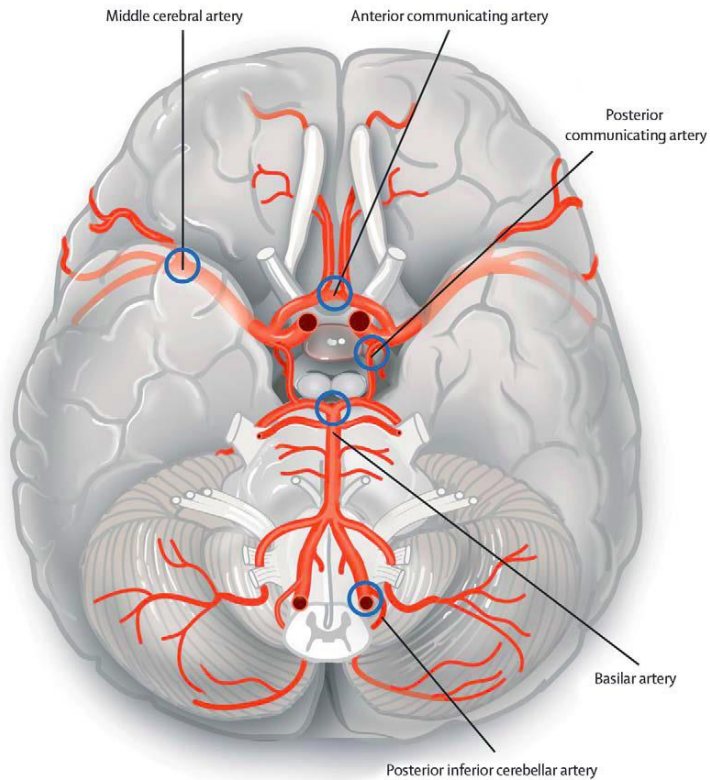
Poškození neuronů

Hemoragické CMP Subarachnoidální krvácení (SAK)

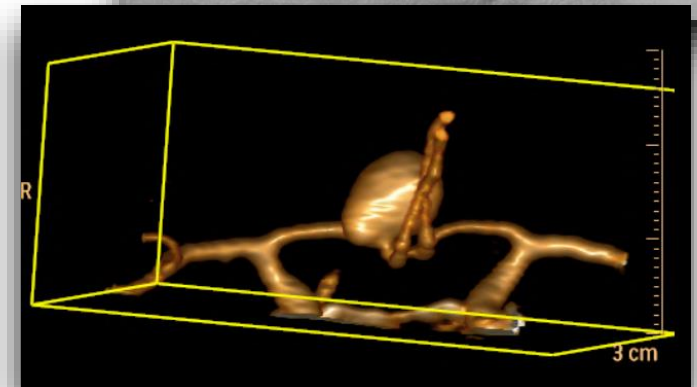
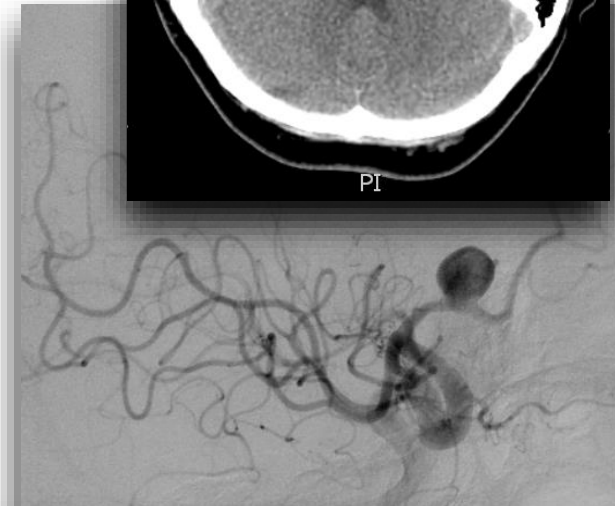
Krvácení do subarachnoidálního prostoru (extraaxiální)

Nejčastější příčina - ruptura aneuryzmatu mozkové tepny

Nejčastější lokalizace aneuryzmat - Willisův okruh

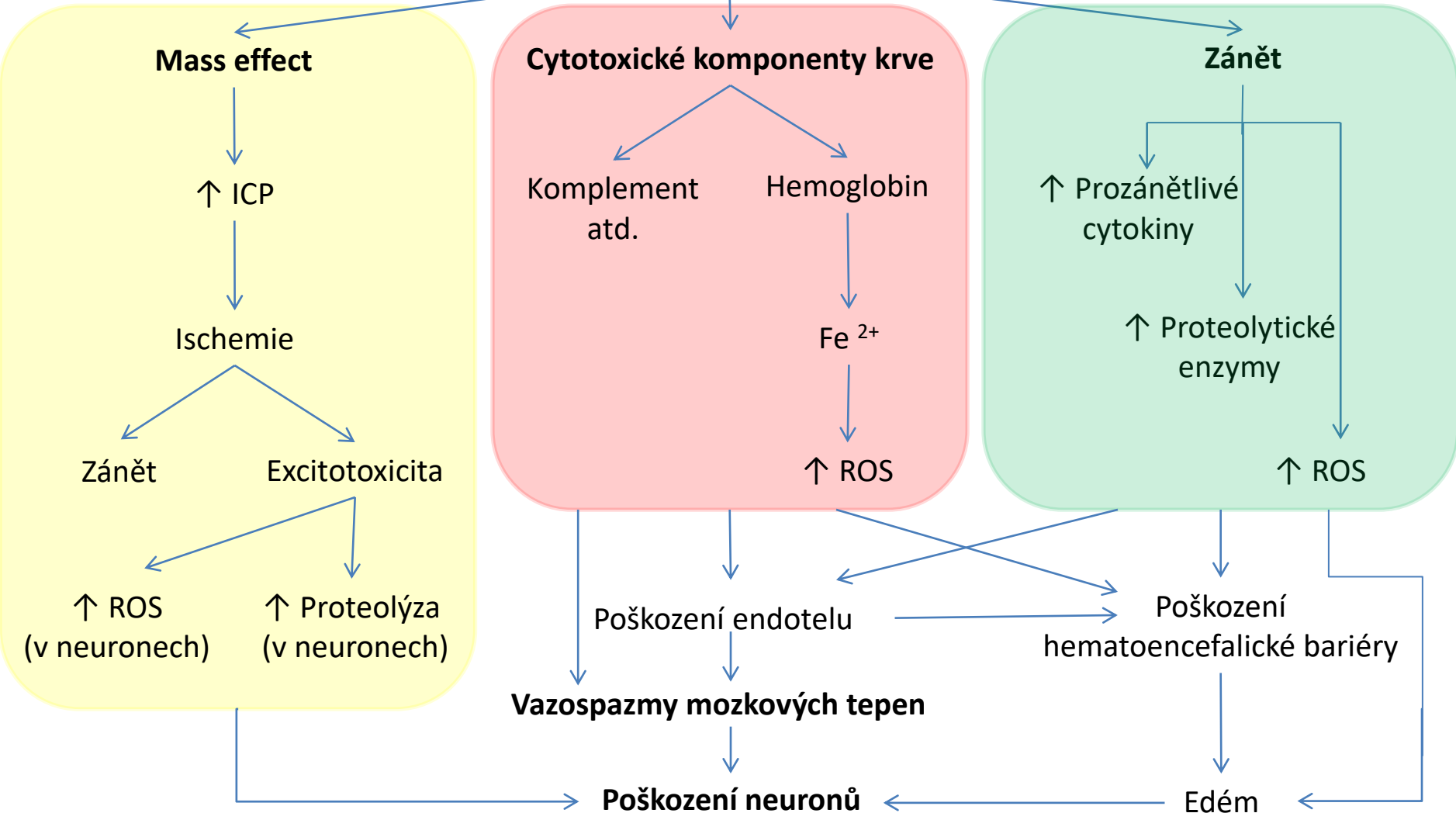


<http://chicago.medicine.uic.edu>



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)
- Zánět

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

Nitrolební hypertenze

Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

Poškození míchy

Bolest

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



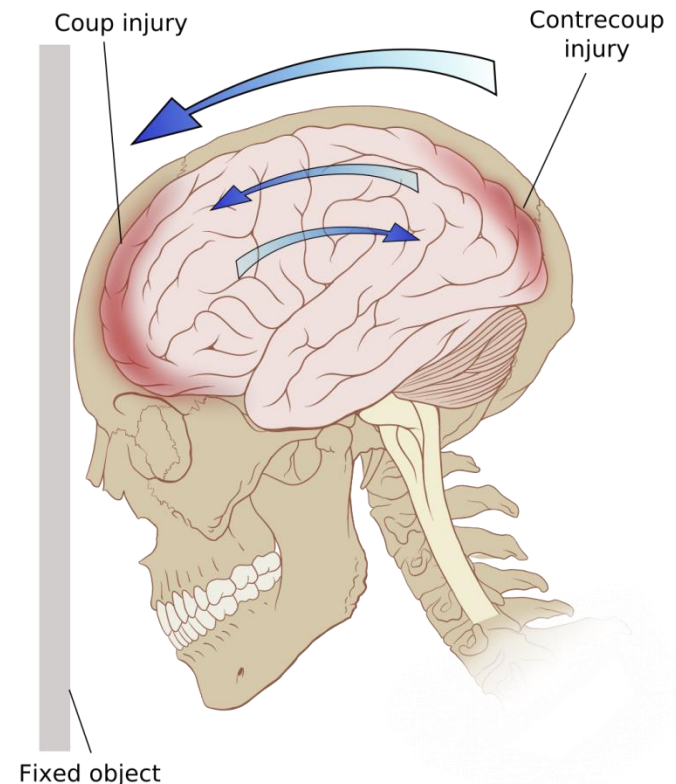
Primární poranění mozku

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



<http://www.yalescientific.org>

Sekundární poranění mozku – viz výše

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



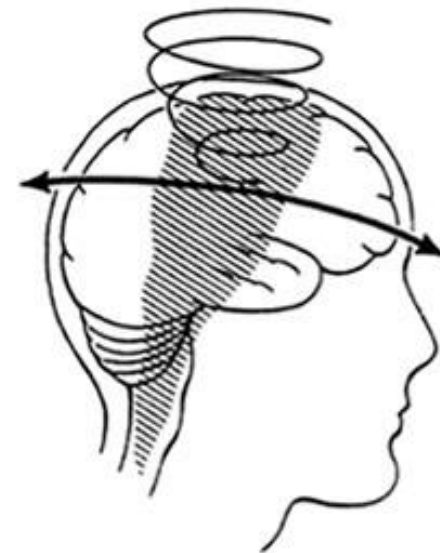
Poranění difúzní

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)



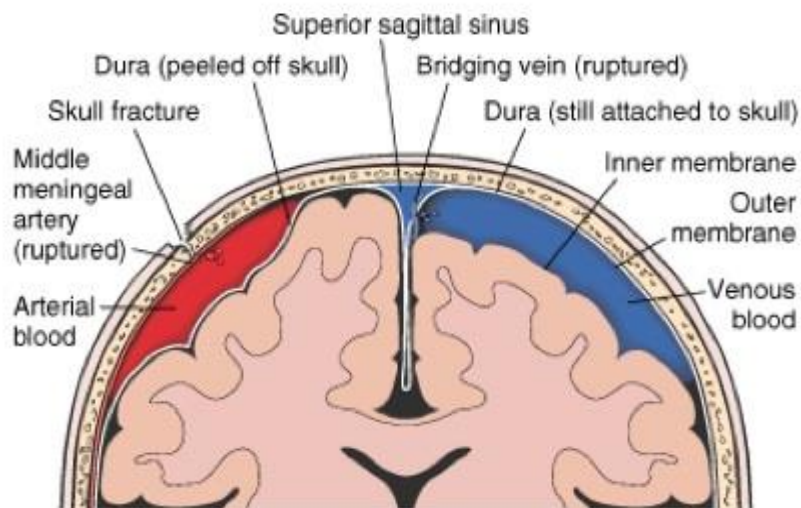
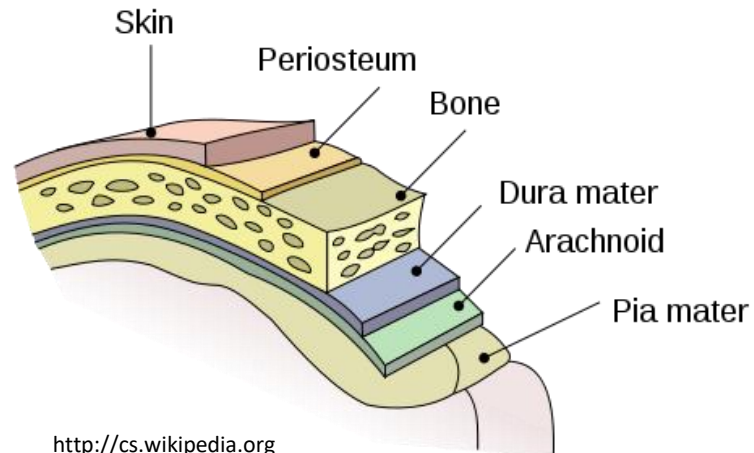
Traumatický hematom

Intraaxiální

- Intracerebrální

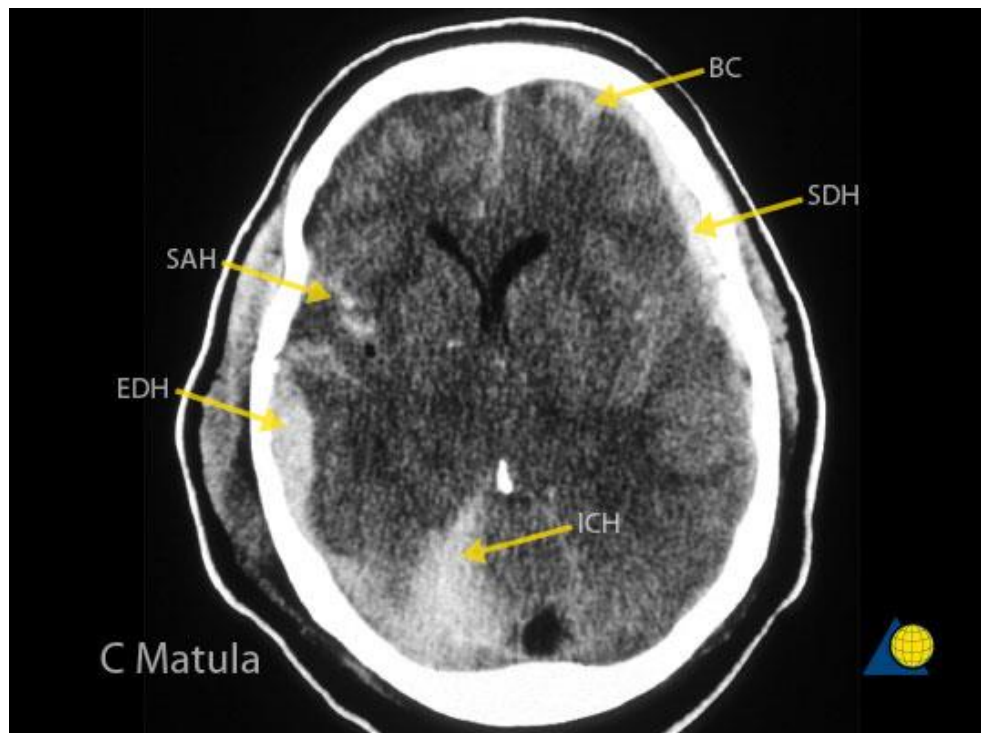
Extraaxiální

- Epidurální
- Subdurální
- Subarachnoidální



A. Epidural hematoma

B. Subdural hematoma

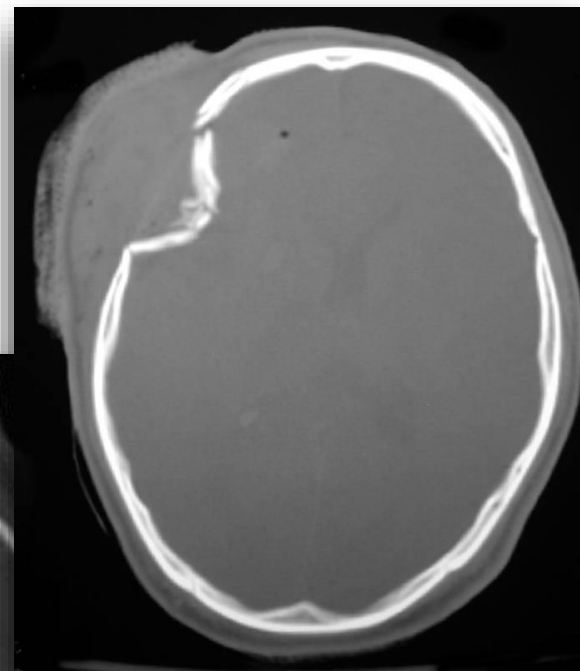
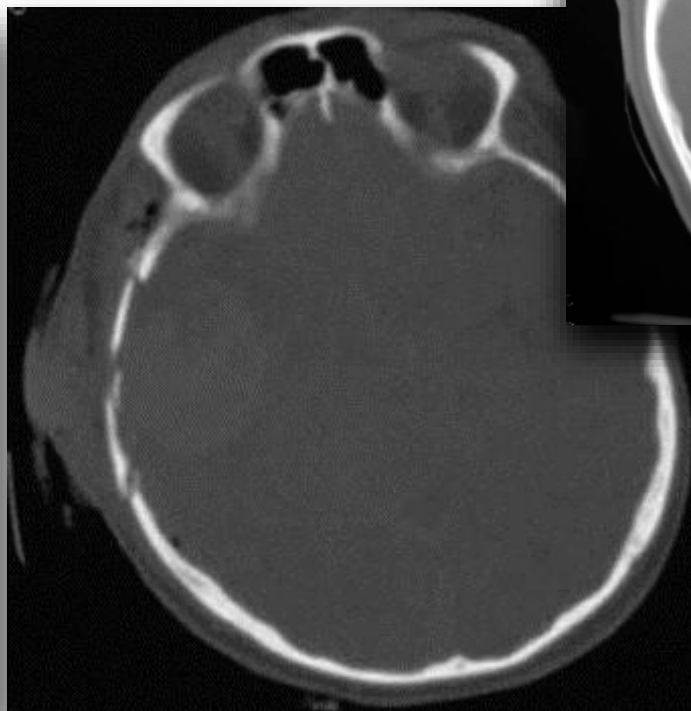


Intracerebrální hematom

- Dle tíže poranění plynulý přechod mezi kontuzí a intracerebrálním hematomem

Nejčastější lokalizace

- Temporálně
- Frontálně

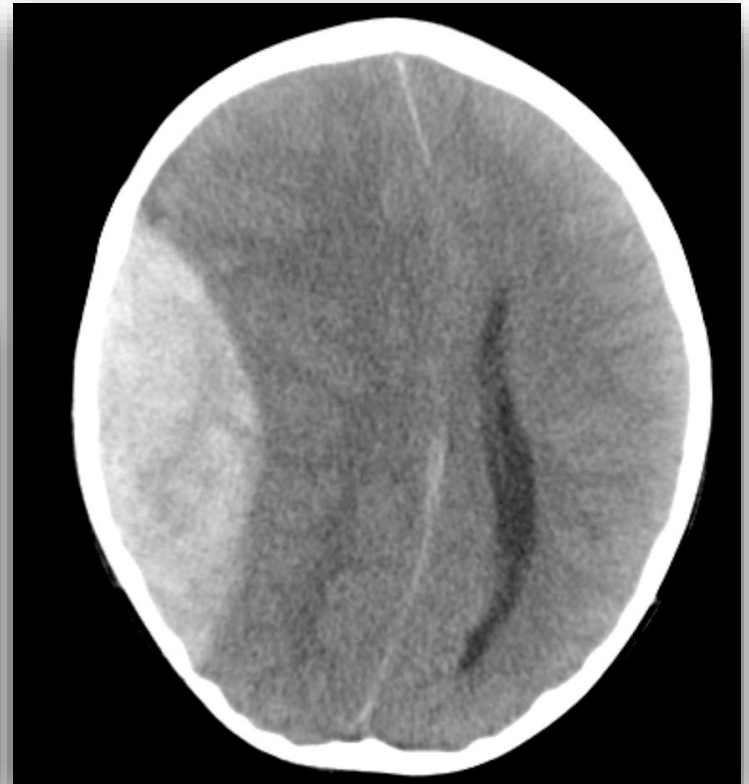
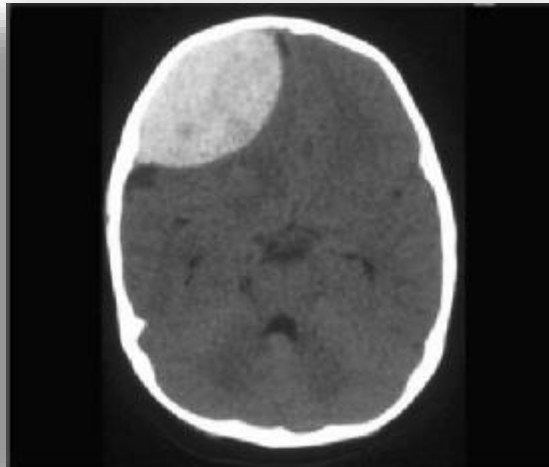


Epidurální hematom

- 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

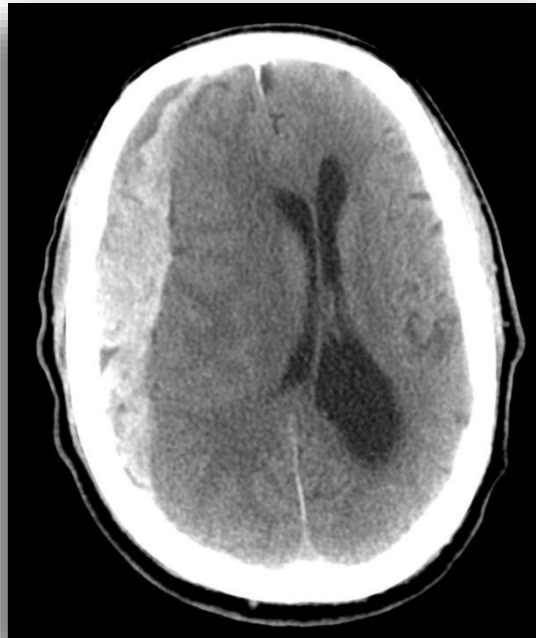


Subdurální hematom

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

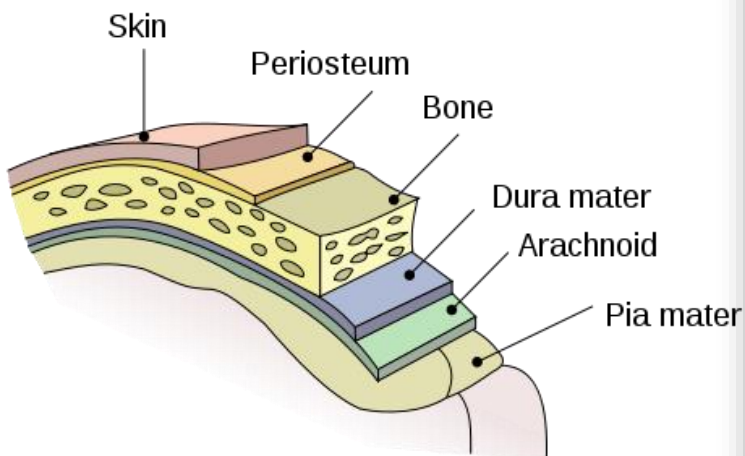
Akutní – čerstvá krev

Chronický – kolikvovaná krev

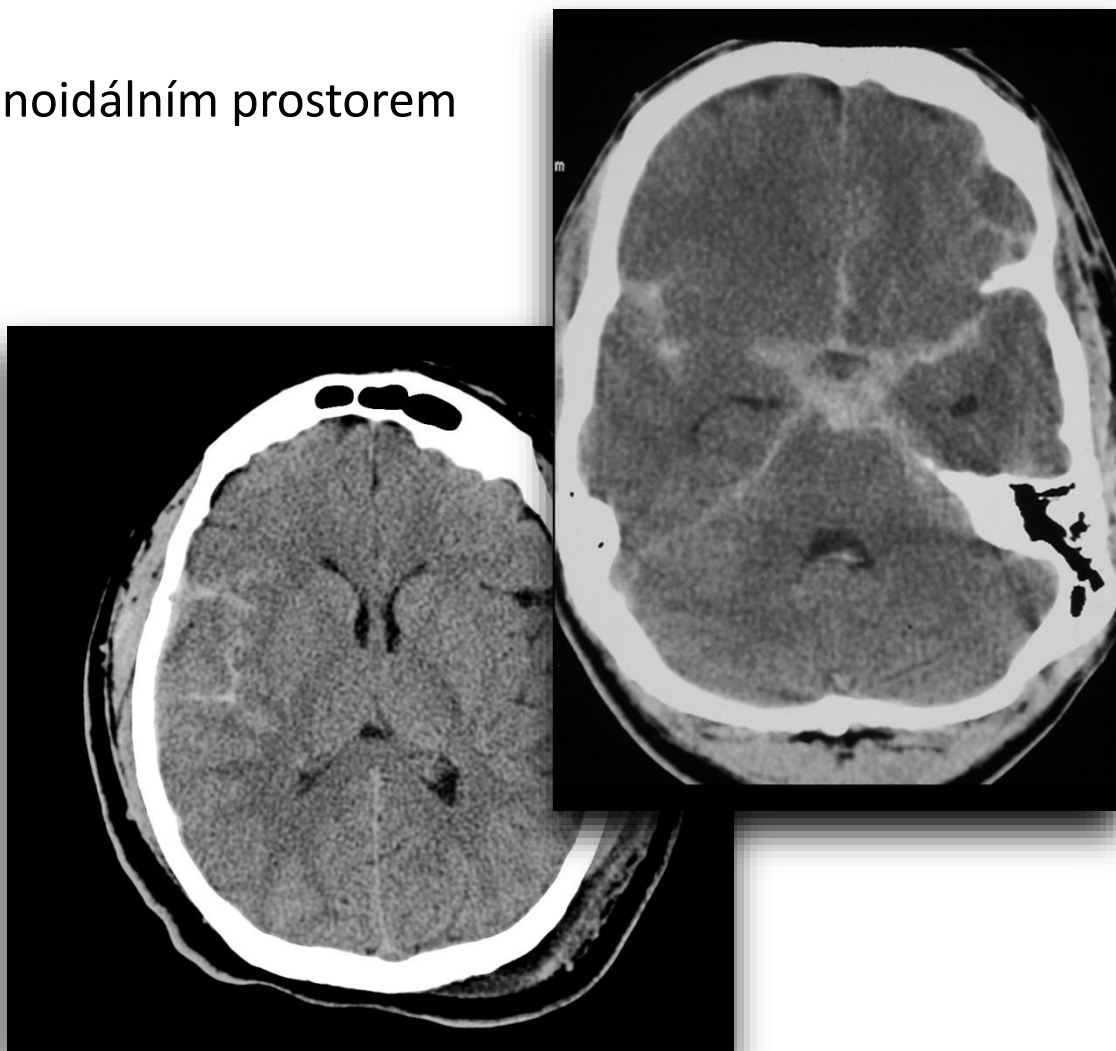


Traumatické a subarachnoidální krvácení

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



<http://cs.wikipedia.org>



Nitrolební hypertenze

Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

Poškození míchy

Bolest

Poškození míchy

Paralýza

➤ Ztráta schopnosti provést volní pohyb

Plegie

- Úplná paralýza

Paréza

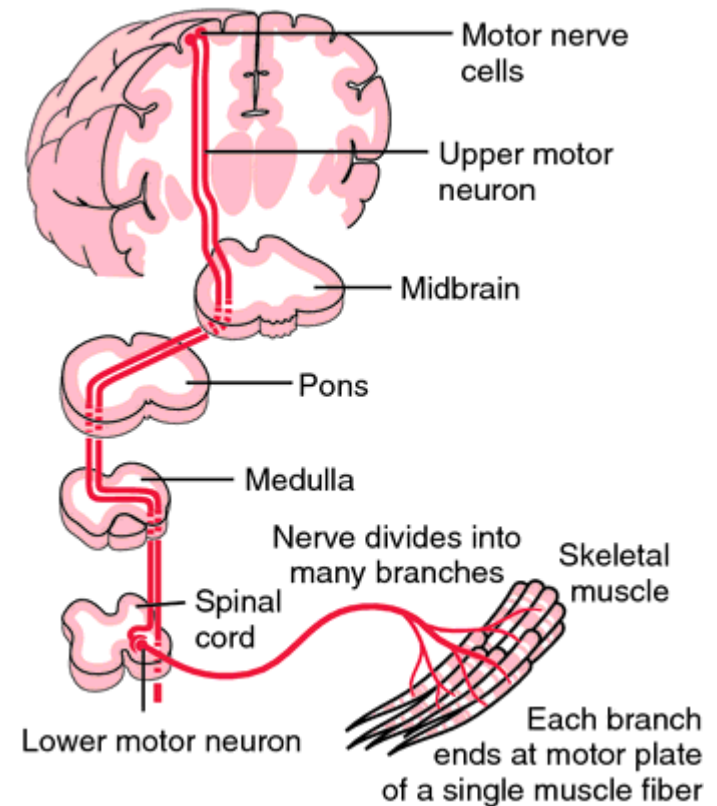
- Neúplná paralýza
- Mono-, di-, kvadru-, para-, hemi-

- **Centrální**

- ✓ Poškození 1. motoneuronu
- ✓ Nejprve chabá
 - ❖ Spinální šok
- ✓ Potom spastická
 - ❖ Aktivita 2. motoneuronu

- **Periferní**

- ✓ Poškození 2. motoneuronu
- ✓ Chabá



<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com>

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**

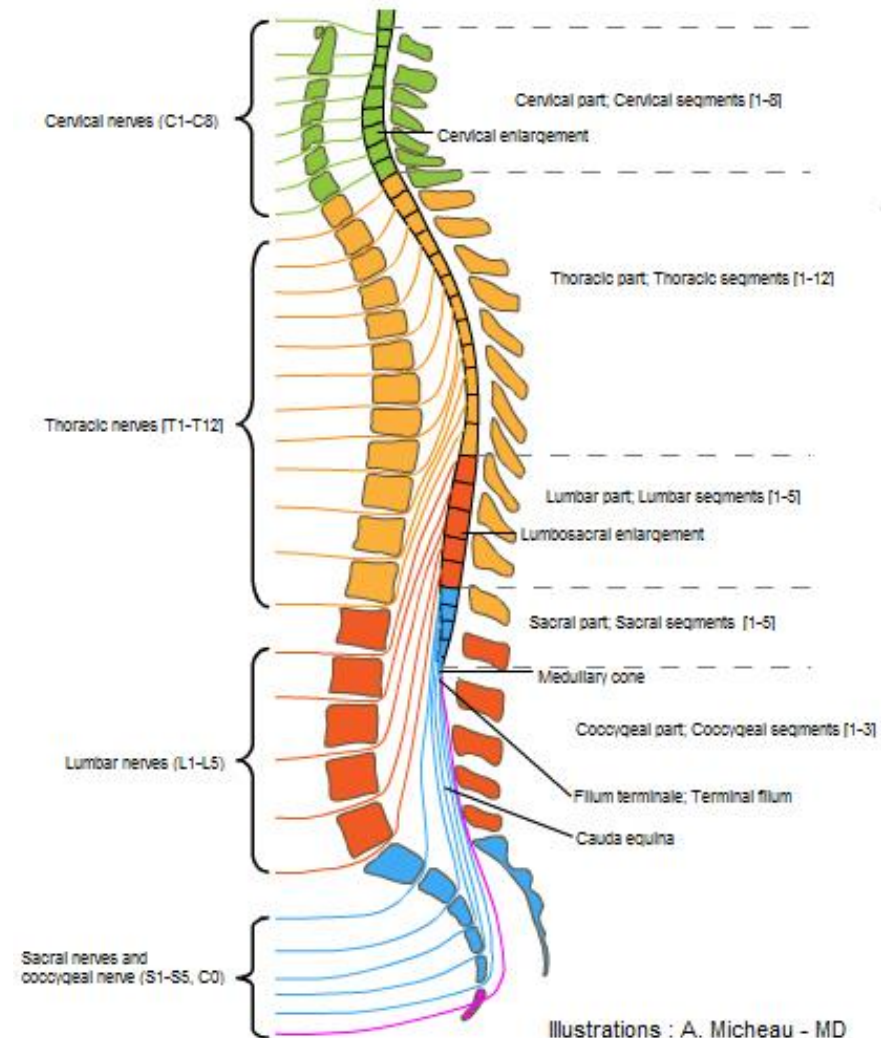
Plexus cervicalis: C1-C4

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

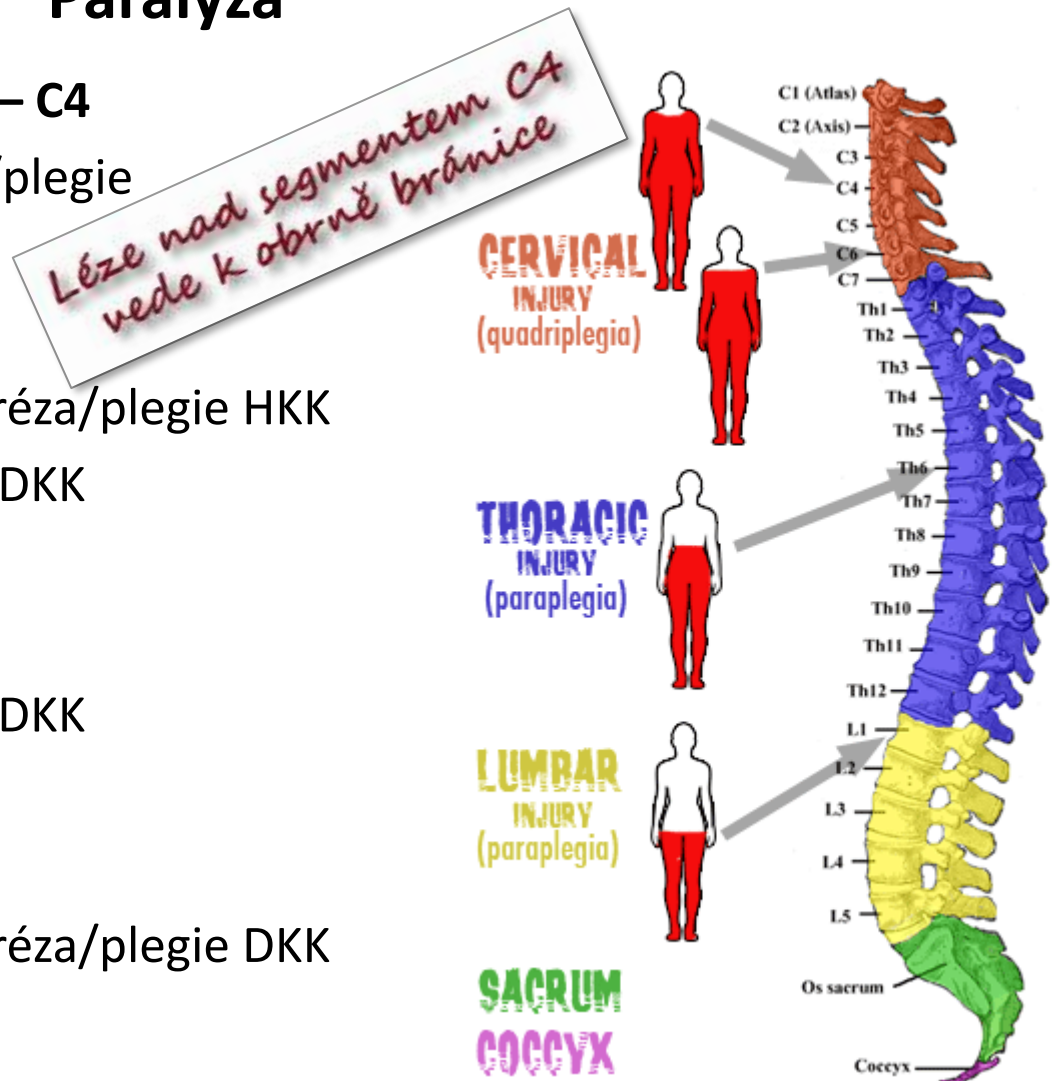
- ✓ Spastická paréza/plegie DKK
- ✓ Poruchy sfinkterů

Léze v segmentech Th9 – L2

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

Léze segmentů L3 – S5

- ✓ Poruchy sfinkterů



Našledky poranění míchy

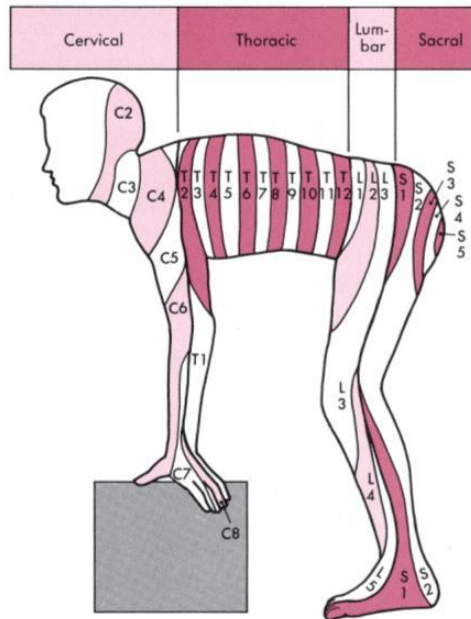
Poruchy senzitivity

Hypestézie

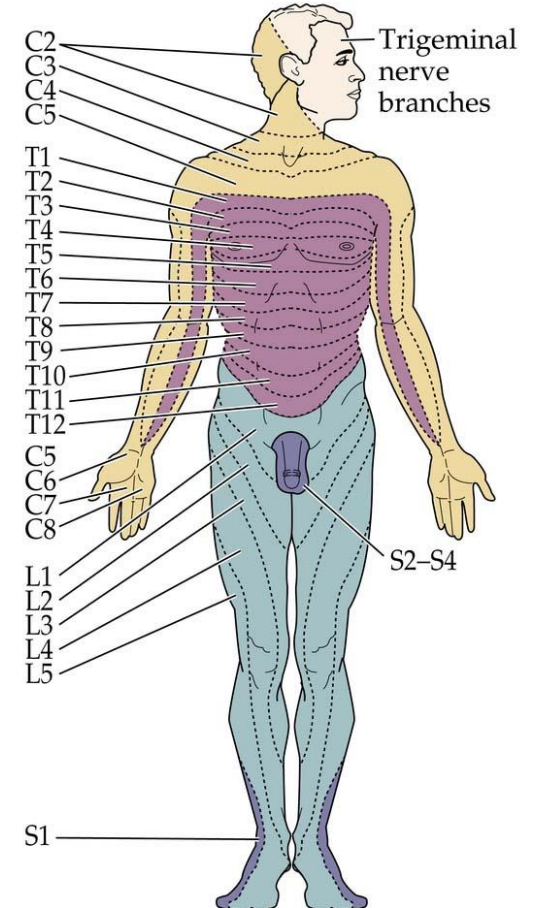
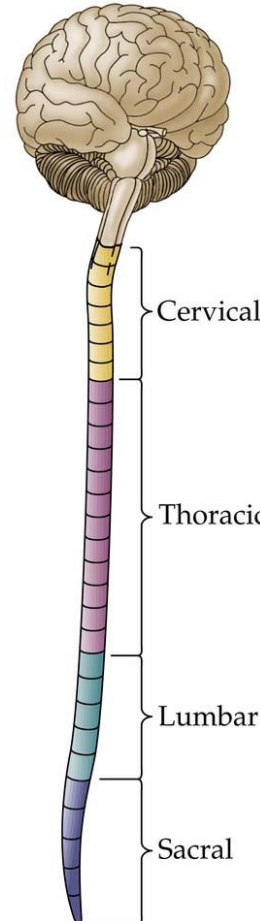
- Snížení vnímání určité kvality

Anestézie

- Vymizení vnímání určité kvality



<http://www.mybodybuildingguide.com>



<http://www.rci.rutgers.edu>

Poranění míchy

Nejčastější příčiny

- Dopravní úrazy
- Pracovní a sportovní úrazy

Mechanismus úrazu

- Nadměrná flexe, extenze, rotace páteře
- Přímý úder

Poškození páteře

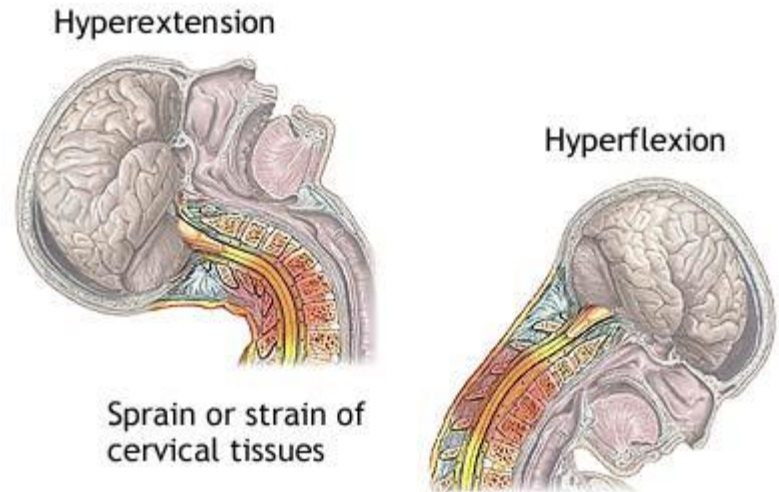
- Obratle
 - ✓ Zlomeniny
 - ✓ Luxace
- Ligamenta
- Meziobratlové disky

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*



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

Nitrolební hypertenze

Cévní mozkové příhody

Poranění mozku

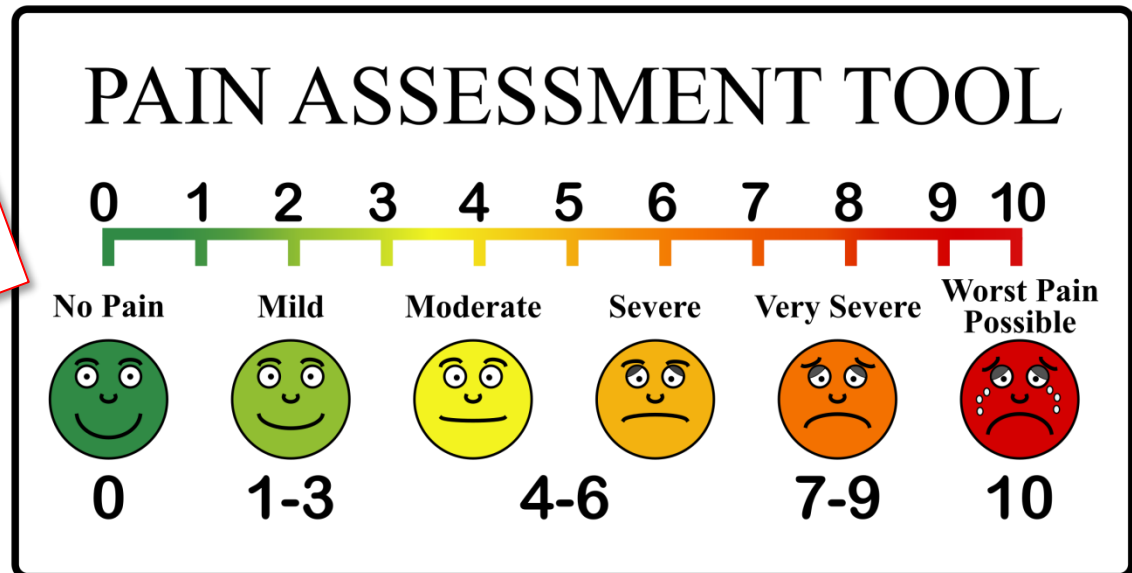
Poškození míchy

Bolest

Bolest

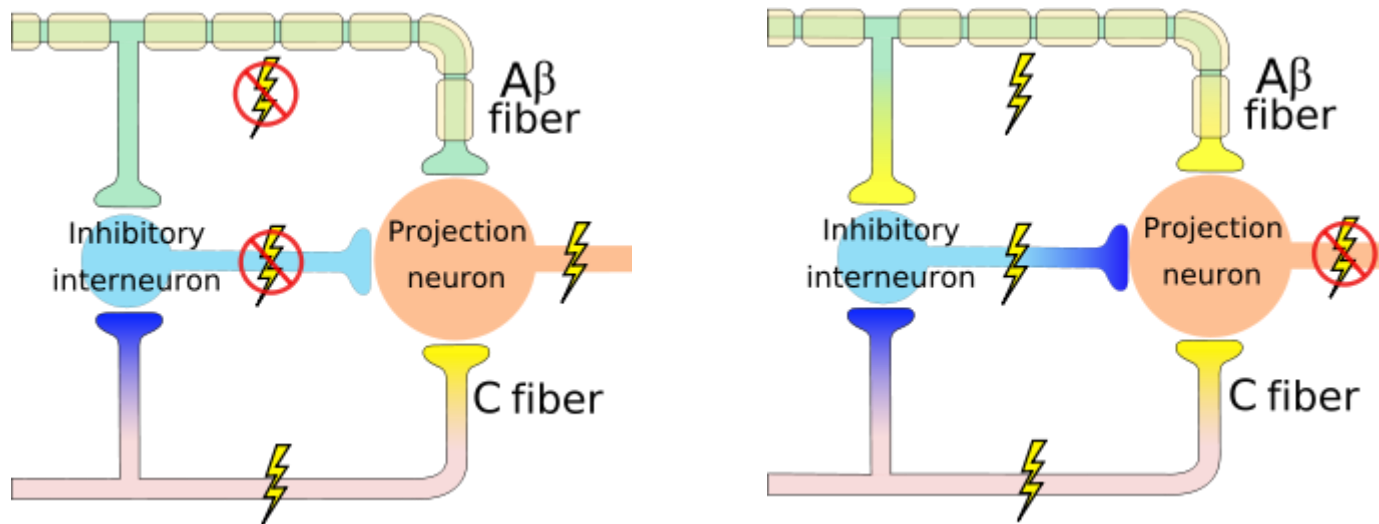
- Nepříjemný smyslový a pocitový zážitek spojený s reálným nebo potenciálním poškozením organismu
- Senzorická x psychologická komponenta
- Fyziologická x patologická bolest
- Akutní x chronická

**Subjektivní
charakter**



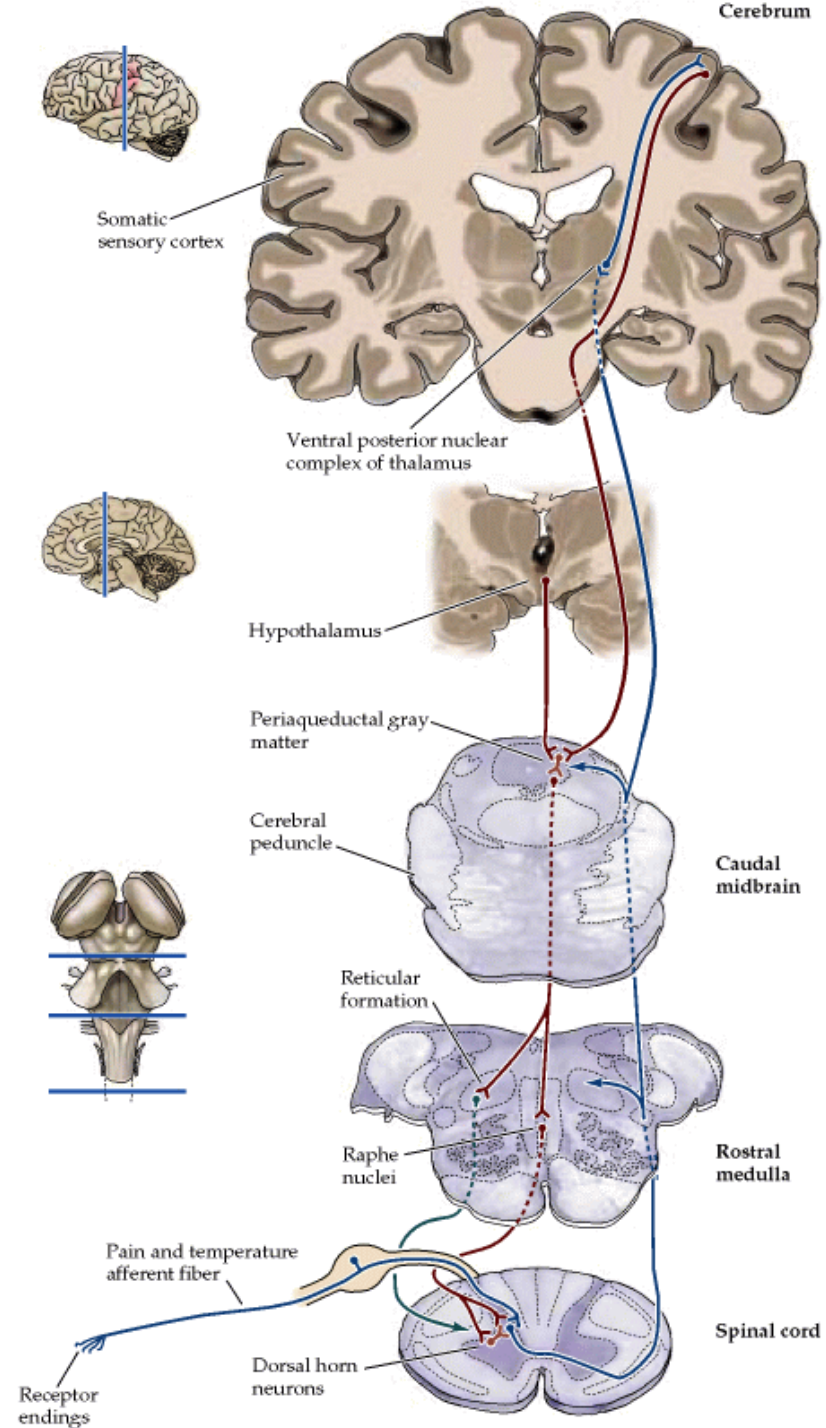
Modulace bolesti na spinální úrovni

Vrátkování bolesti



Descendentní dráhy modulující bolest

- Somatosenzorický kortex
- Hypotalamus
- Periaquaeduktální šed'
- Nuclei raphe



Bolest

Fyziologická

- Aktivace nociceptorů
- Informace o (potenciálním) nebezpečí/poškození

Patologická

- Není vázána na nociceptory
- Poškození struktur zapojenných do vedení nebo zpracování bolestivého podnětu
 - Nerv (neuropatie)
 - Plexus (plexopatie)
 - Kořen (radikulopatie)
 - Míšní dráha (myelopatie)
 - Mozek (např. thalamus)
- Mechanismus
 - Např. tlak, krvácení, metabolické postižení

Bolest

Fyziologická

- Aktivace nociceptorů
- Informace o (potenciálním) nebezpečí/poškození

Akutní

- Do 6 měsíců
- Většinou odeznění po odstranění příčiny
- Vegetativní odpověď
 - Aktivace sympatiku
- Psychologická komponenta
 - Úzkost

Patologická

- Není vázána na nociceptory
- Poškození struktur zapojenných do vedení nebo zpracování bolestivého podnětu
 - Nerv (neuropatie)
 - Plexus (plexopatie)
 - Kořen (radikulopatie)
 - Míšní dráha (myelopatie)
 - Mozek (např. thalamus)
- Mechanismus
 - Např. tlak, krvácení, metabolické postižení

Chronická

- Nad 6 měsíců
- Obtížně léčitelná
- Vegetativní odpověď chybí
- Psychologická komponenta
 - Deprese, podráždění

Parestézie = Spontánně vyvolané subjektivní kožní vjemy,
které jsou nebolestivé a nejsou vyvolány stimulací

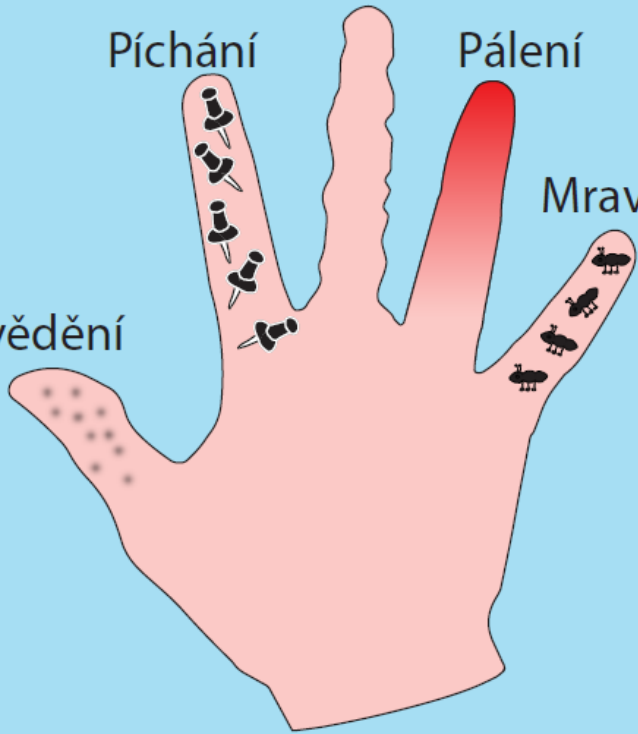
Brnění

Píchání

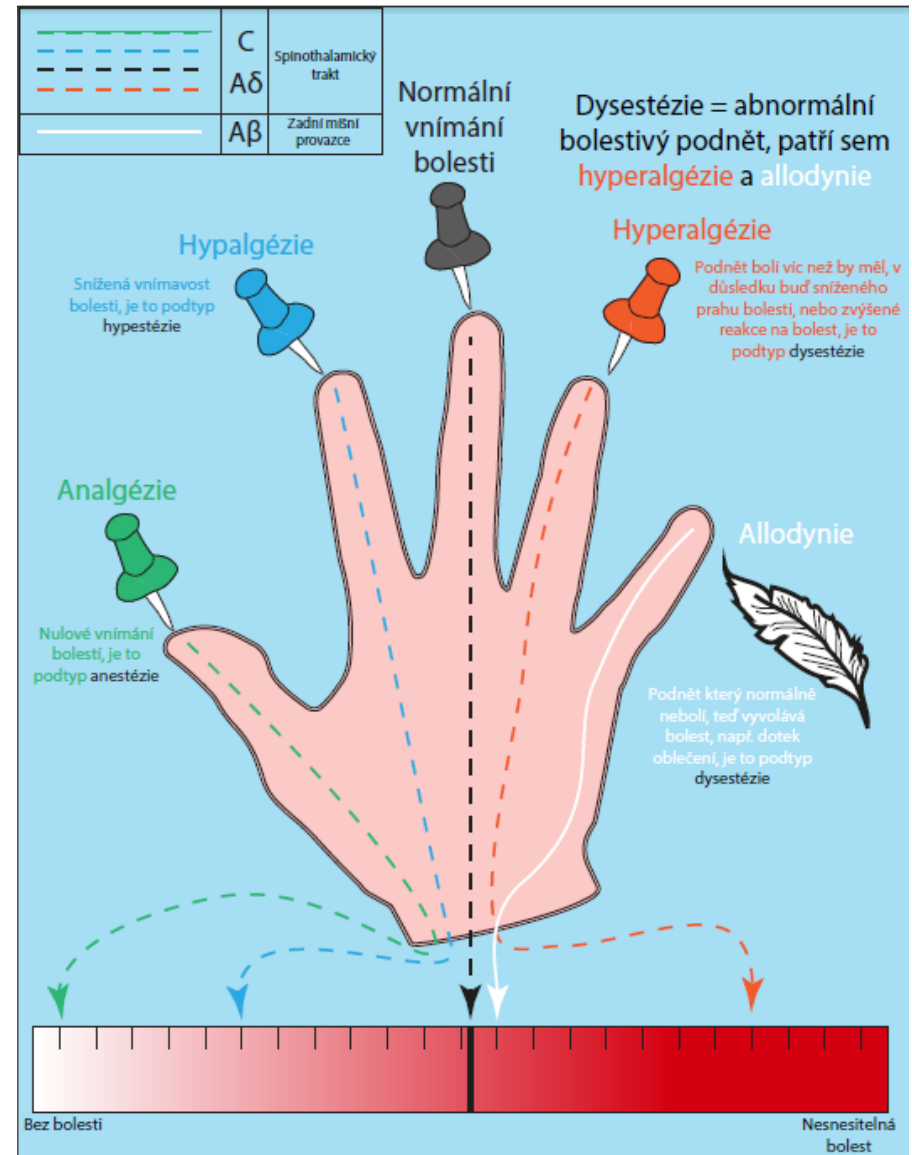
Pálení

Mravenčení

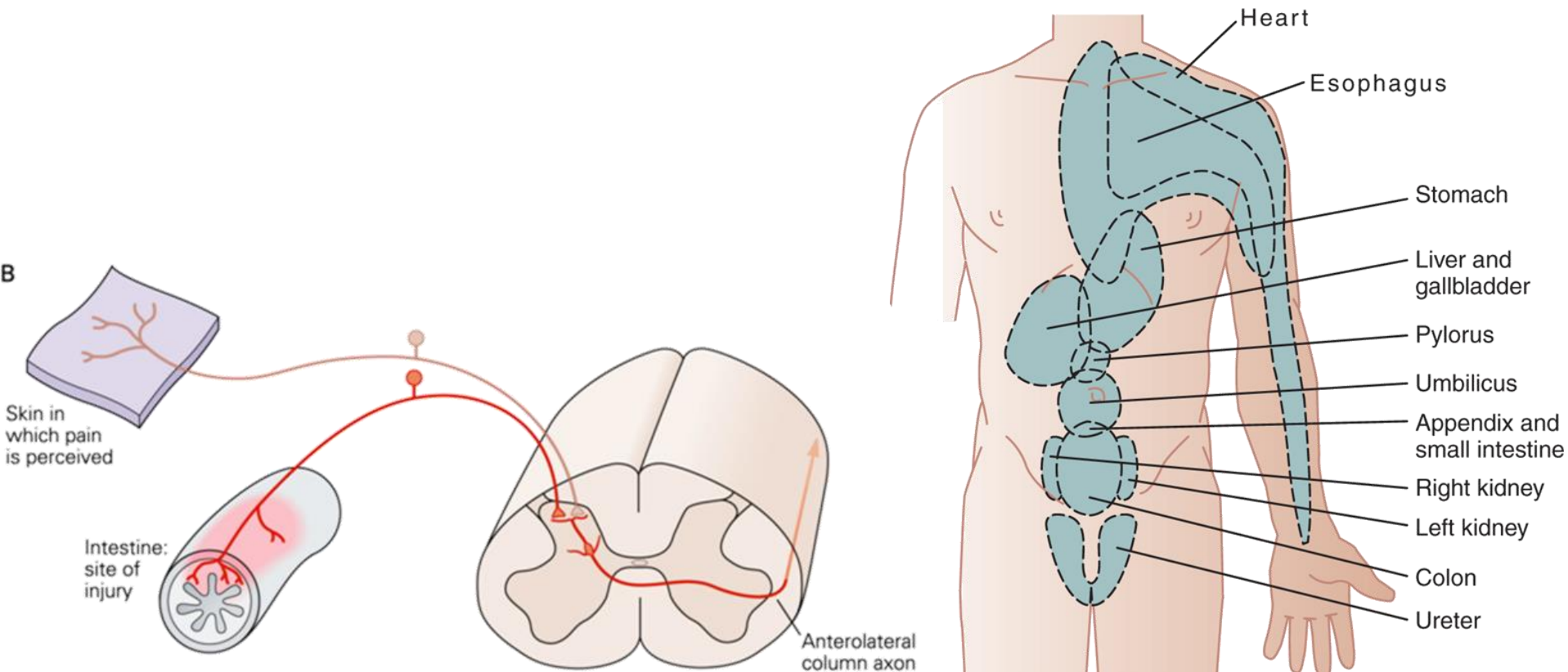
Svědění



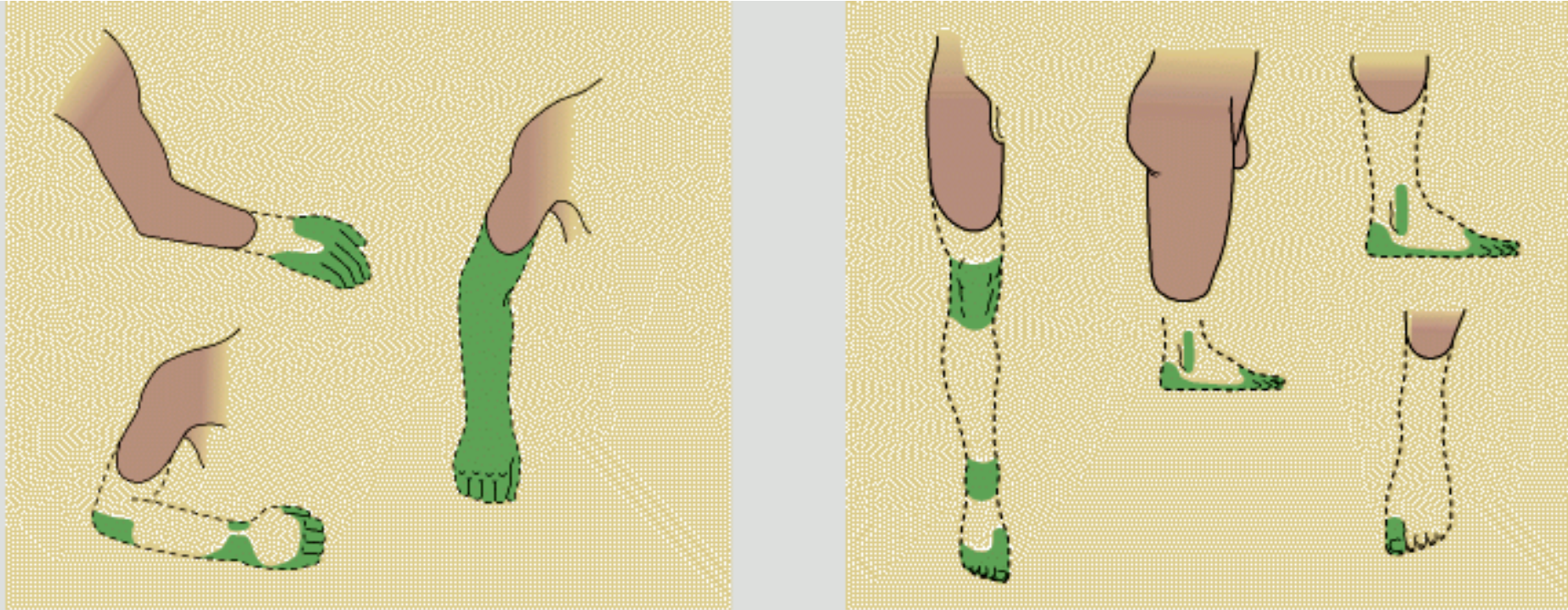
Parestézie = Spontánně vyvolané subjektivní kožní vjemy, které jsou nebolestivé a nejsou vyvolány stimulací



Přenesená bolest



Fantomová bolest



Děkuji za pozornost