

Patofyziologie nervového systému II

Nitrolební hypertenze

Epilepsie

Bolest

Nitrolební hypertenze

Epilepsie

Bolest

Intrakraniální tlak a cerebrální perfusní tlak

Mozek je uzavřen v lebce...

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

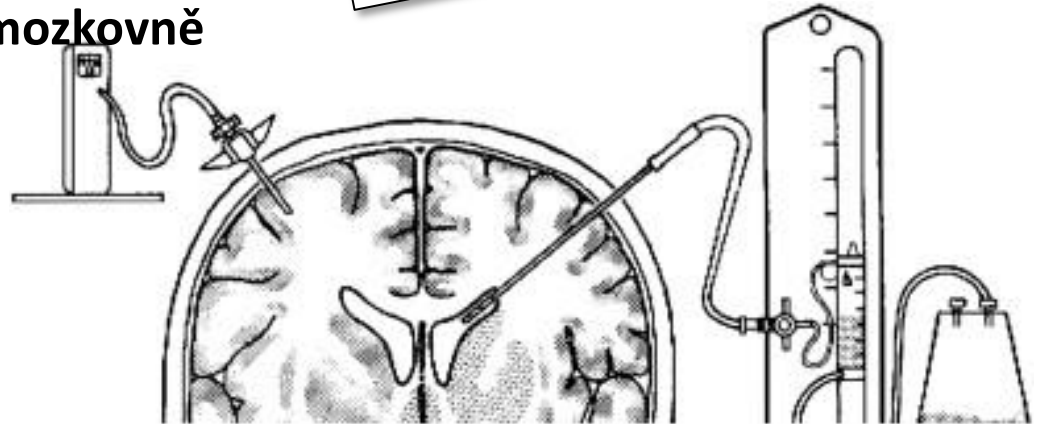
... ale velký problém, když se ně co stane.

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

Intrakraniální tlak (ICP) je tlak v mozkovně

Nitrolební kompartmenty

- Mozek
- Mozkomíšní mok
- Krev



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

Cerebrální perfusní 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

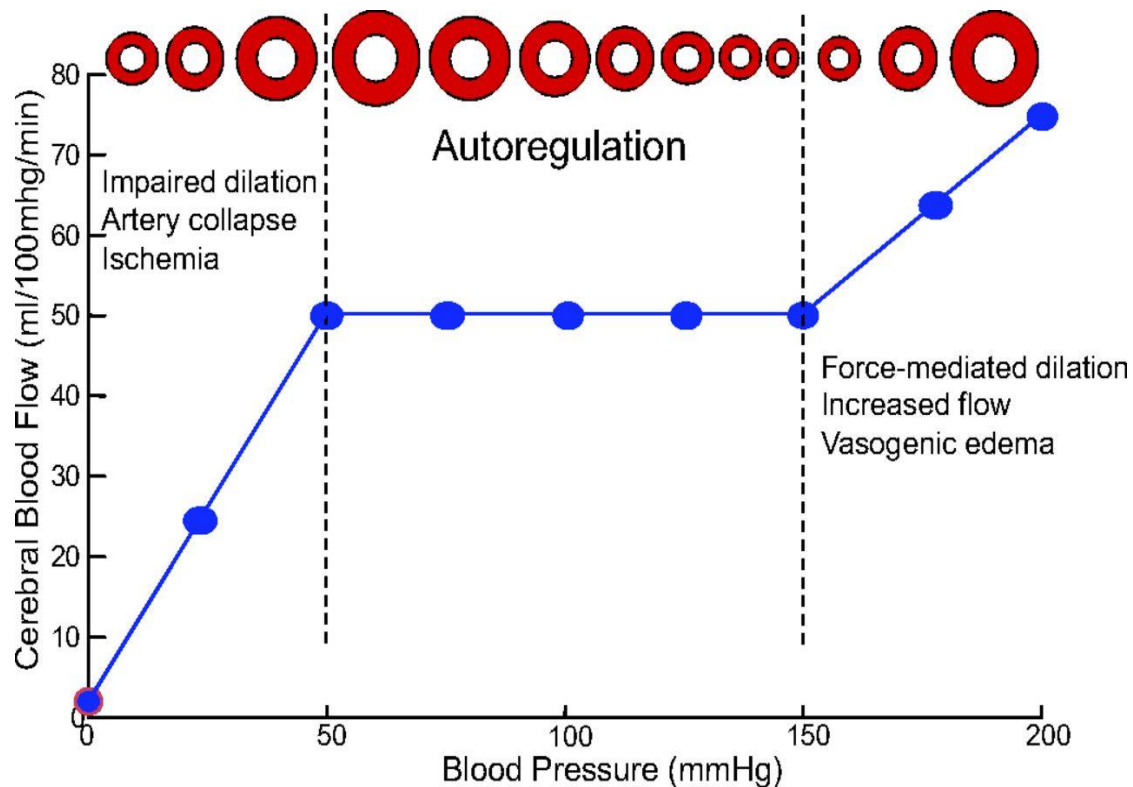
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

CPP je zásadní parametr určující CBF (cerebral blood flow)



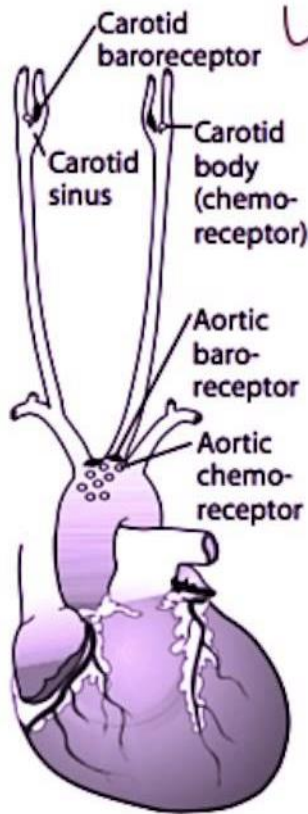
Cerebrální perfusní tlak

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

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:

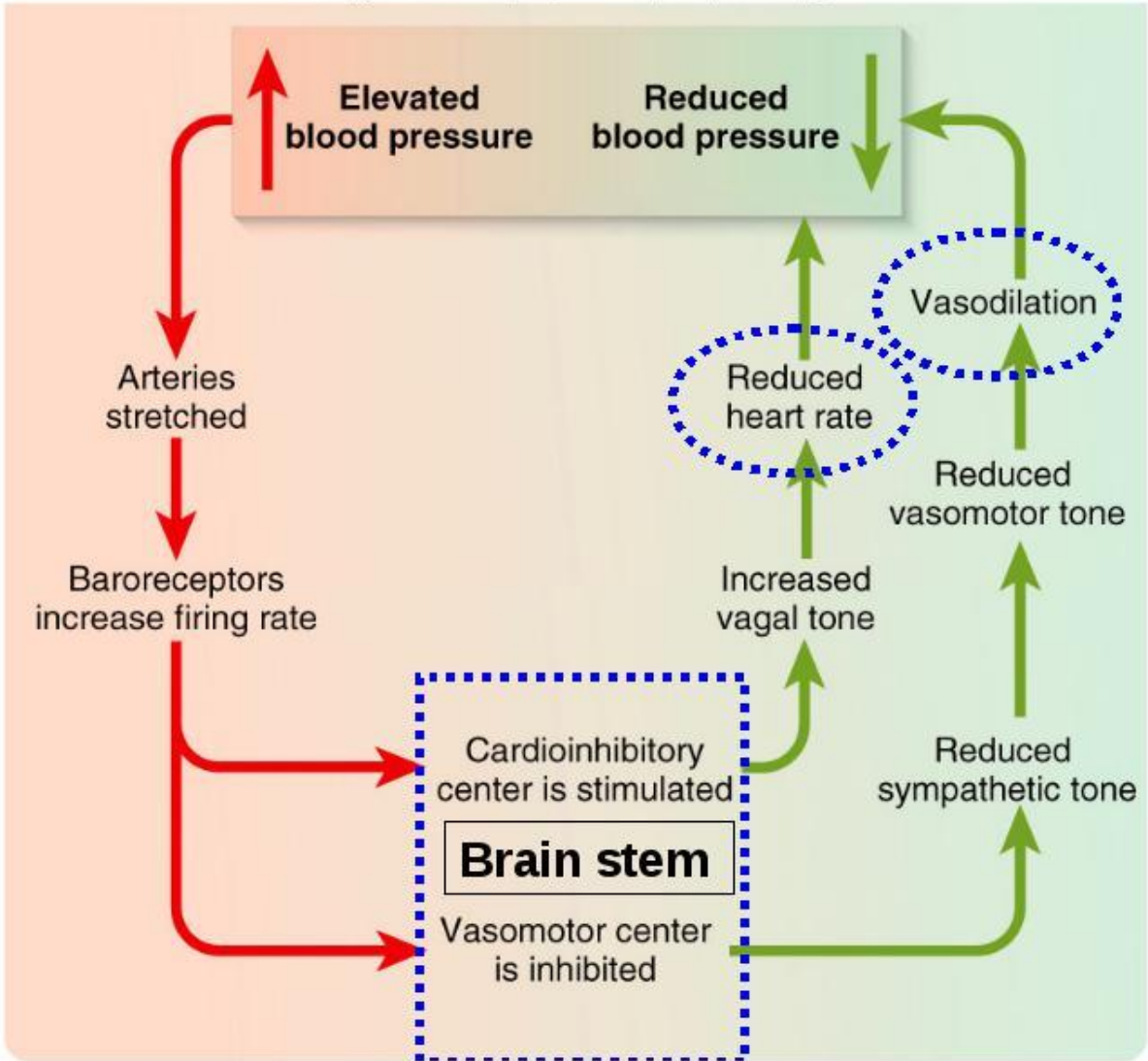
1. Hypotension — \downarrow arterial pressure \rightarrow \downarrow stretch \rightarrow \downarrow afferent baroreceptor firing \rightarrow \uparrow efferent sympathetic firing and \downarrow efferent parasympathetic stimulation \rightarrow vasoconstriction, \uparrow HR, \uparrow contractility, \uparrow 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

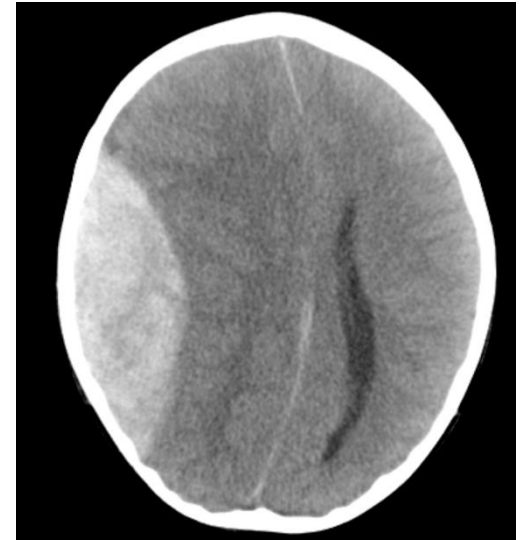
Rychlý nárůst ICP (př. Krvácení) X Pomalý nárůst ICP (př. Růst tumoru)

Příčiny intrakraniální hypertenze

Mozkový kompartment

- Edém
- Tumor
- Krvácení
- Infekce

Důležitou roli hraje časový faktor.



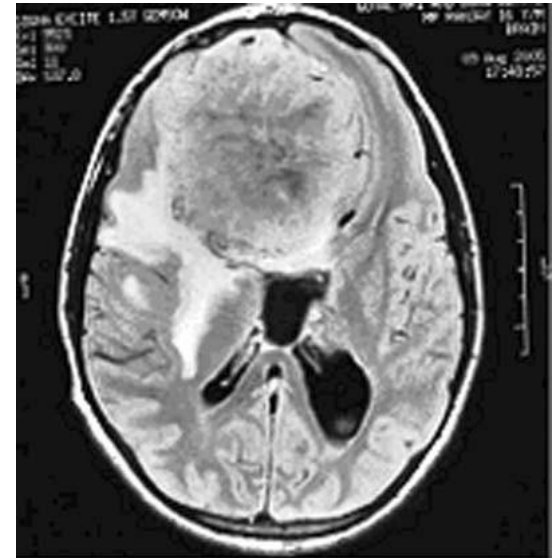
Kompartment mozkomíšního moku

- 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

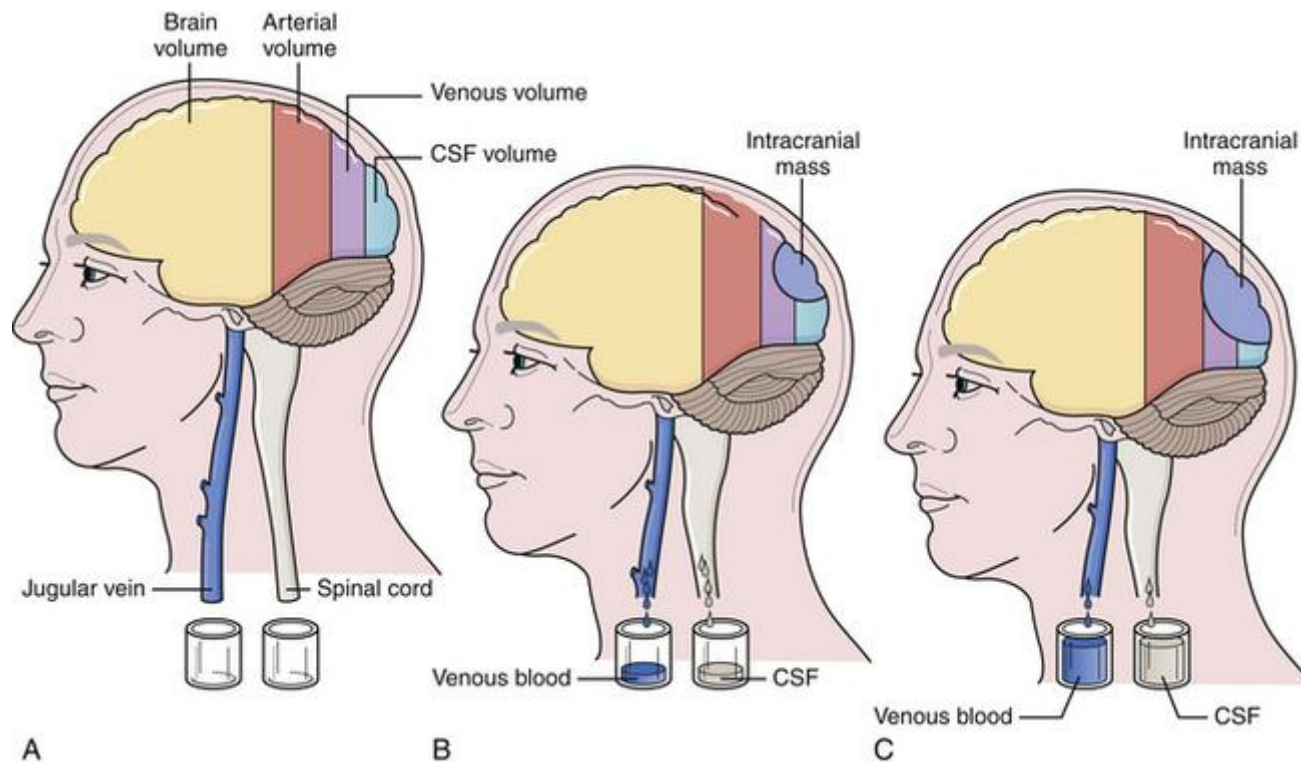
Intersticiální

- 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

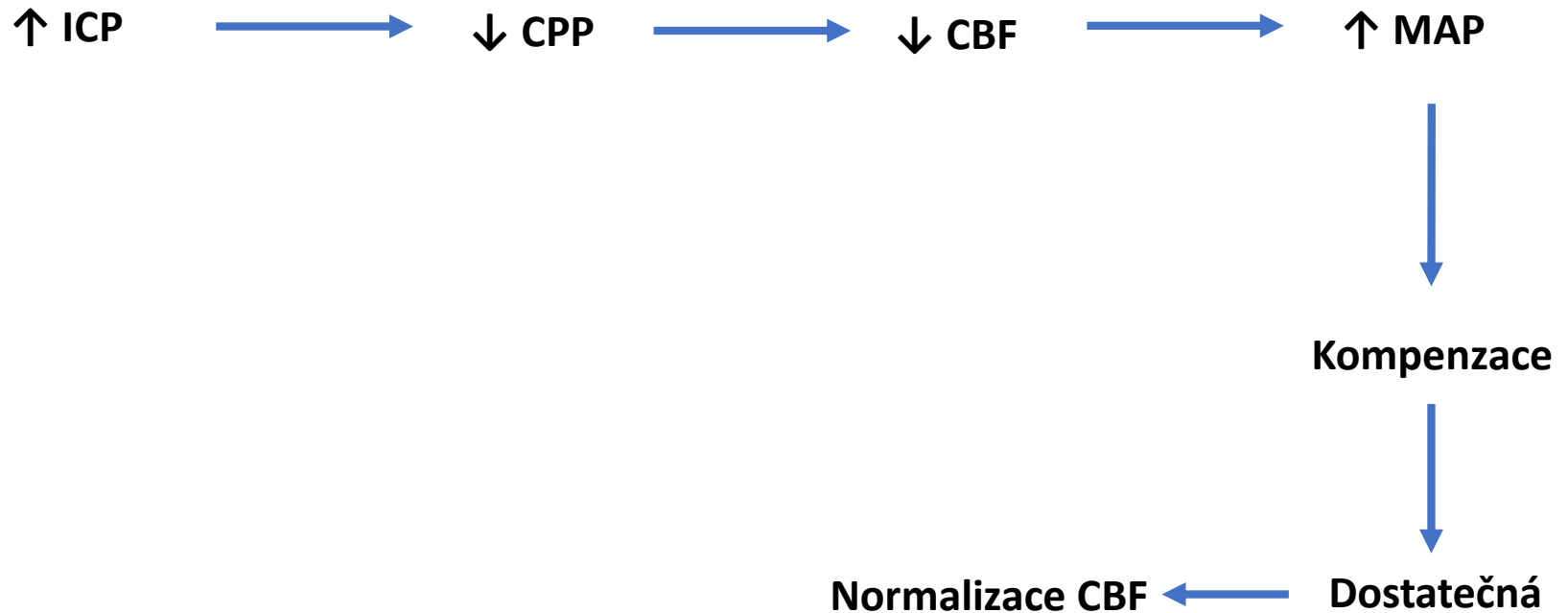
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

CPP je zásadní parametr určující CBF –cerebral blood flow



Kompenzace/dekompenzace (rychlého) nárůstu ICP

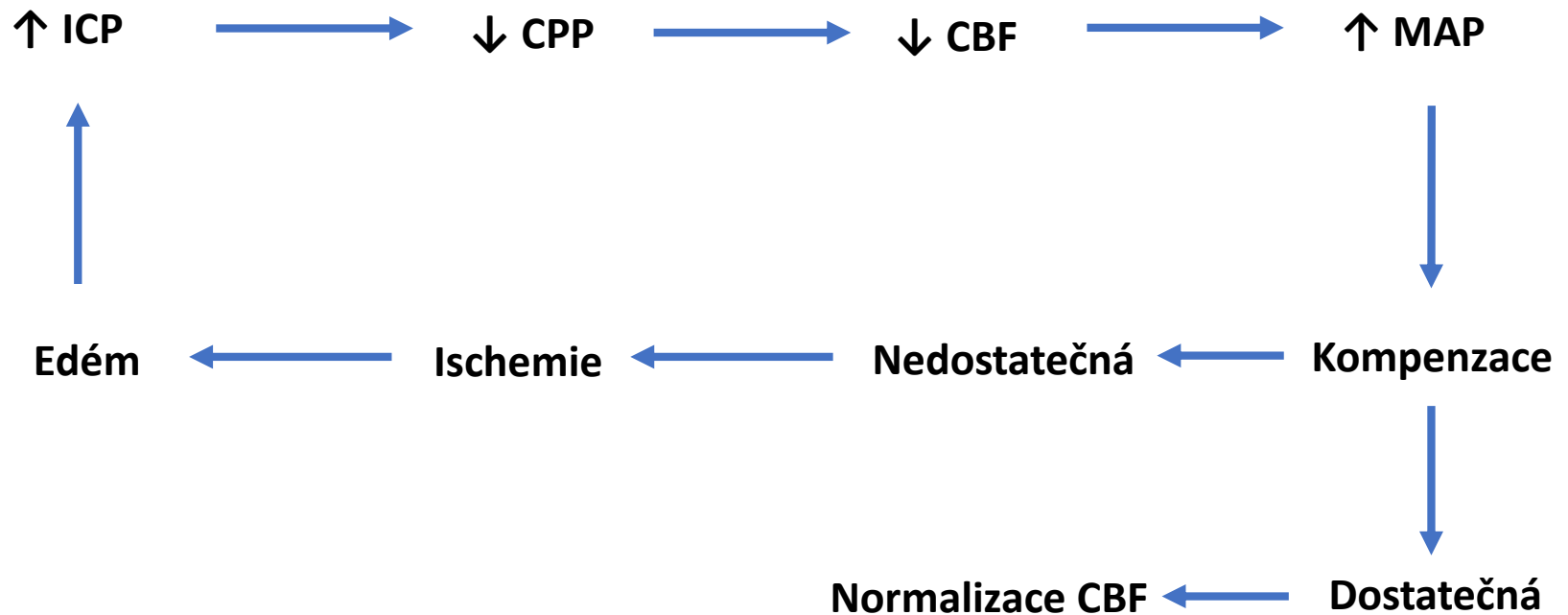
$$\text{CPP} = \text{MAP} - \text{ICP}$$

Cerebrální perfúzní tlak

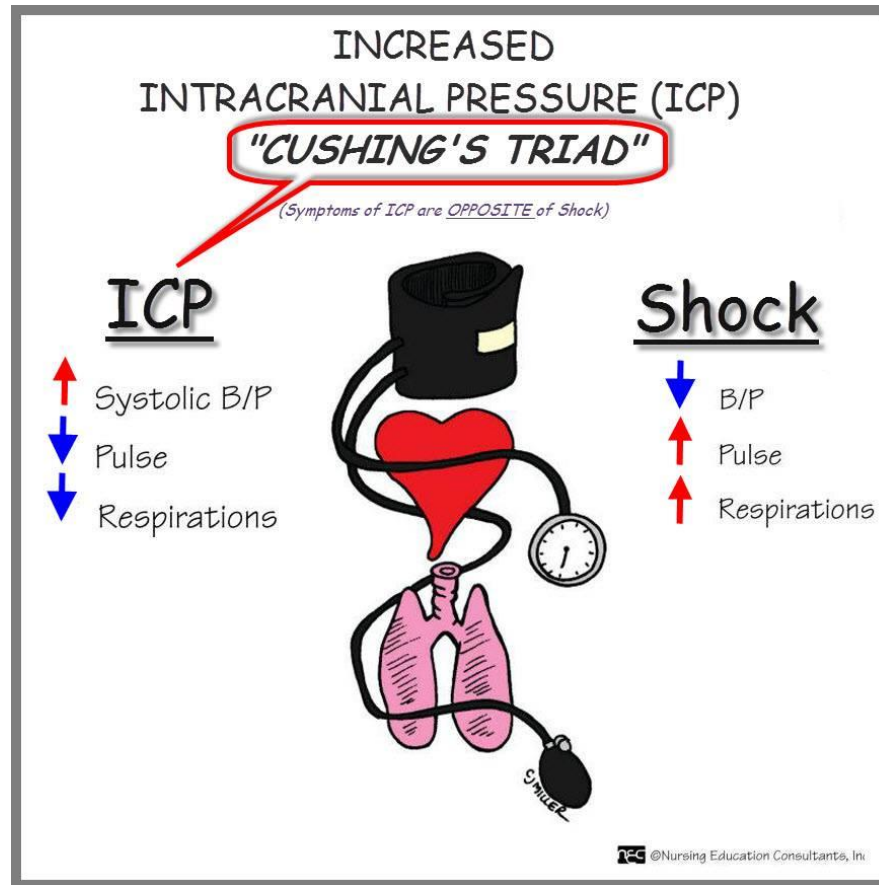
Intrakraniální tlak

Střední arteriální tlak

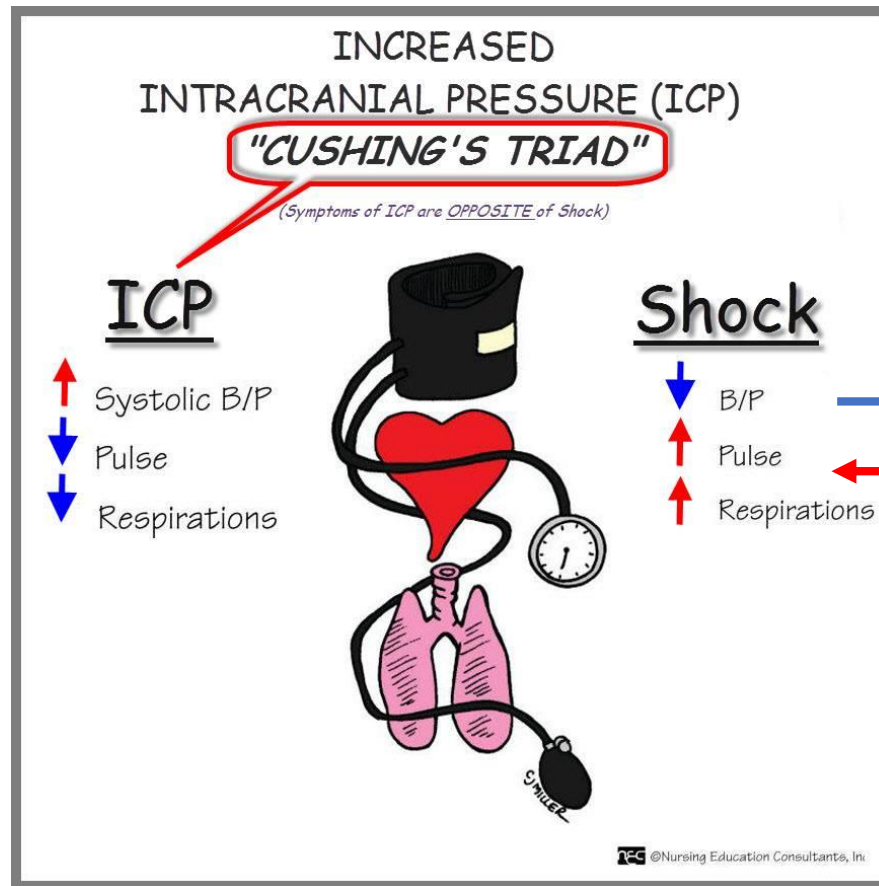
CPP je zásadní parametr určující CBF –cerebral blood flow



Cushingova triáda

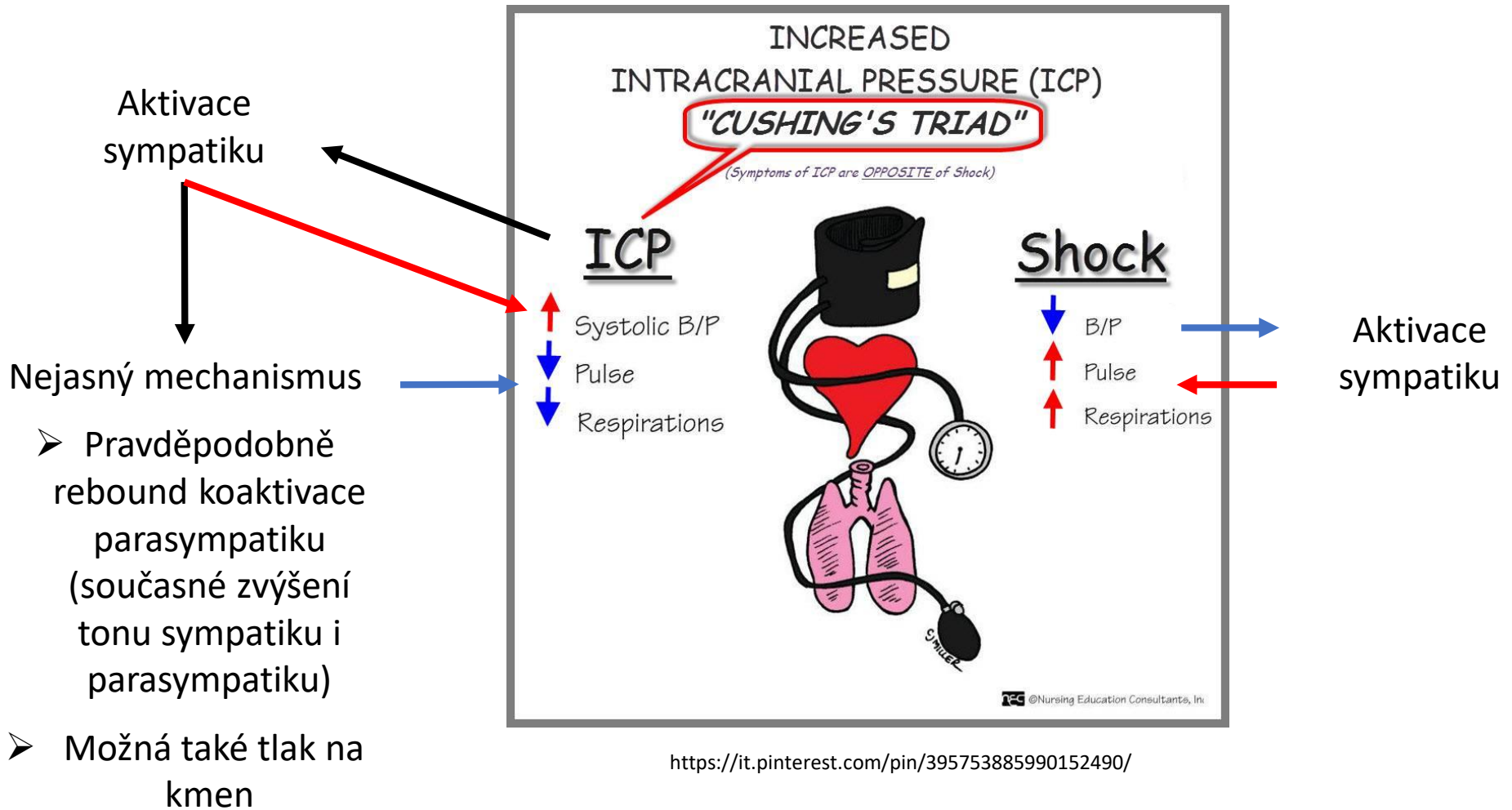


Cushingova triáda



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

Cushingova triáda



Důsledky zvýšeného ICP

Komprese okolní tkáňe

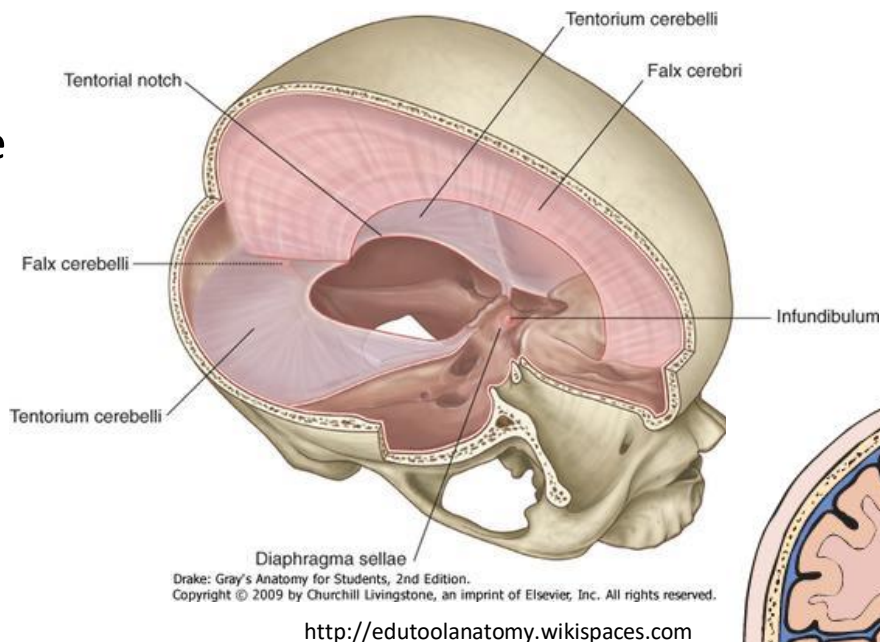
- ✓ Ischemizace
- ✓ Herniace

Infratentoriální léze

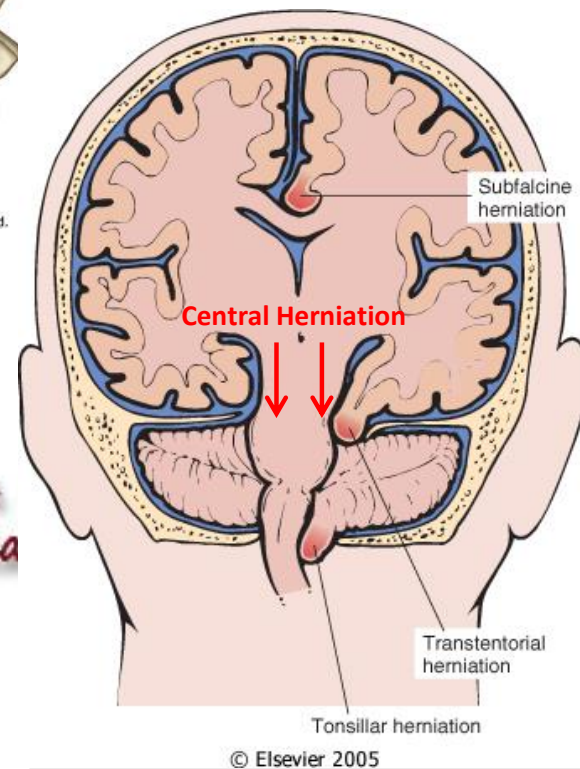
- Vždy akutní
- **Nebezpečí komprese mozkového kmene**

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

Epilepsie

Bolest

Epilepsie

- Jedním z nejčastějších neurologických onemocnění
- Epilepsií na celém světě trpí asi 50 mil lidí
- Cca. 80% nemocných žije v rozvojových zemích (porodní trauma, infekce)

Epilepsie

- Jedním z nejčastějších neurologických onemocnění
- Epilepsií na celém světě trpí asi 50 mil lidí
- Cca. 80% nemocných žije v rozvojových zemích (porodní trauma, infekce)

- Epileptický záchvat
 - Přechodná abnormální mozková aktivita působící změnu
 - ✓ Vědomí
 - ✓ Vnímání
 - ✓ Chování
 - ✓ Hybnosti
 - ✓ Citlivosti
 - Podkladem je excesivní a synchronní neuronální aktivita

Epilepsie

- Jedním z nejčastějších neurologických onemocnění
- Epilepsií na celém světě trpí asi 50 mil lidí
- Cca. 80% nemocných žije v rozvojových zemích (porodní trauma, infekce)

- Epileptický záchvat
 - Přechodná abnormální mozková aktivita působící změnu
 - ✓ Vědomí
 - ✓ Vnímání
 - ✓ Chování
 - ✓ Hybnosti
 - ✓ Citlivosti
 - Podkladem je excesivní a synchronní neuronální aktivita
 - ✓ Fokální
 - ✓ Generalizované
 - ✓ Neklasifikovatelné

Příčiny epilepsie

- Strukturální změny mozkové kůry
 - Ložisková patologie
 - ✓ Vrozené (malformace mozkové kůry)
 - ✓ Získané (tumor, cévní mozková příhoda, trauma)

Příčiny epilepsie

- Strukturální změny mozkové kůry
 - Ložisková patolologie
 - ✓ Vrozené (malformace mozkové kůry)
 - ✓ Získané (tumor, cévní mozková příhoda, trauma)
- Metabolická etiologie
 - ✓ Vrozené metabolické poruchy (porfyrie, poruchy metabolismu aminokyselin)
 - ✓ Získané (deficit kyseliny listové, toxonutritivní)

Příčiny epilepsie

- Strukturální změny mozkové kůry
 - Ložisková patologie
 - ✓ Vrozené (malformace mozkové kůry)
 - ✓ Získané (tumor, cévní mozková příhoda, trauma)
- Metabolická etiologie
 - ✓ Vrozené metabolické poruchy (porfyrie, poruchy metabolismu aminokyselin)
 - ✓ Získané (deficit kyseliny listové, toxonutritivní)
- Infekční etiologie
 - Nejčastější zdroj epilepsie v celosvětovém měřítku
 - ✓ Vrozené (Zika virus, cytomegalovirus)
 - ✓ Získané (HIV, toxoplazmóza, malárie)
- Autoimunitní postižení

Příčiny epilepsie

- Strukturální změny mozkové kůry
 - Ložisková patologie
 - ✓ Vrozené (malformace mozkové kůry)
 - ✓ Získané (tumor, cévní mozková příhoda, trauma)
- Metabolická etiologie
 - ✓ Vrozené metabolické poruchy (porfyrie, poruchy metabolismu aminokyselin)
 - ✓ Získané (deficit kyseliny listové, toxonutritivní)
- Infekční etiologie
 - Nejčastější zdroj epilepsie v celosvětovém měřítku
 - ✓ Vrozené (Zika virus, cytomegalovirus)
 - ✓ Získané (HIV, toxoplazmóza, malárie)
- Autoimunitní postižení
- Genetická etiologie
 - Předpokládá se velký význam, avšak informace zatím útržkovité
- Neznámá etiologie

Fokální epileptické záchvaty

- Vyházejí z části mozkové kůry z jedné hemisféry, motorické projevy jednostranné

Fokální epileptické záchvaty

- Vyházejí z části mozkové kůry z jedné hemisféry, motorické projevy jednostranné

- Fokální simplexní
 - Bez přítomnosti poruchy vědomí

 - ✓ S motorickými projevy (svalové záškuby)
 - ✓ Se somatosenzitivními/senzorickými projevy (poruchy senzitivity/senzoriky)
 - ✓ S autonomními projevy (zvracení, pocení, tachykardie)
 - ✓ S psychickými projevy (déja vu, halucinace)

Fokální epileptické záchvaty

- Vyházejí z části mozkové kůry z jedné hemisféry, motorické projevy jednostranné

- Fokální simplexní
 - Bez přítomnosti poruchy vědomí

 - ✓ S motorickými projevy (svalové záškuby)
 - ✓ Se somatosenzitivními/senzorickými projevy (poruchy senzitivity/senzoriky)
 - ✓ S autonomními projevy (zvracení, pocení, tachykardie)
 - ✓ S psychickými projevy (déja vu, halucinace)

- Fokální s komplexní symptomatologií
 - Porucha vědomí/vnímání často výskyt automatismů (žvýkání, olizování)

Fokální epileptické záchvaty

- Vyházejí z části mozkové kůry z jedné hemisféry, motorické projevy jednostranné

- Fokální simplexní
 - Bez přítomnosti poruchy vědomí

 - ✓ S motorickými projevy (svalové záškuby)
 - ✓ Se somatosenzitivními/senzorickými projevy (poruchy senzitivity/senzoriky)
 - ✓ S autonomními projevy (zvracení, pocení, tachykardie)
 - ✓ S psychickými projevy (déja vu, halucinace)

- Fokální s komplexní symptomatologií
 - Porucha vědomí/vnímání často výskyt automatismů (žvýkání, olizování)

- Fokální přecházející v generalizované
 - Vznikají jako parciální a posléze se rozšiřují do celého mozku

Generalizované epileptické záchvaty

- Zapojení obou hemisfér, často porucha vědomí, motorické projevy oboustranné

Generalizované epileptické záchvaty

- Zapojení obou hemisfér, často porucha vědomí, motorické projevy oboustranné
- ✓ **Absence** (petit mal; strnutí, pacient nereaguje, mohou následovat mírné tonické nebo klonické projevy)

Generalizované epileptické záchvaty

- Zapojení obou hemisfér, často porucha vědomí, motorické projevy oboustranné
- ✓ **Absence** (petit mal; strnutí, pacient nereaguje, mohou následovat mírné tonické nebo klonické projevy)
- ✓ **Myoklonické** (náhlé krátké záškuby v sériích nebo izolovaně; řada myoklonií nemá epileptický původ)
- ✓ **Klonické** (v průběhu záchvatu narůstá amplituda a klesá frekvence)
- ✓ **Tonické** (nevná fixující kontrakce)

Generalizované epileptické záchvaty

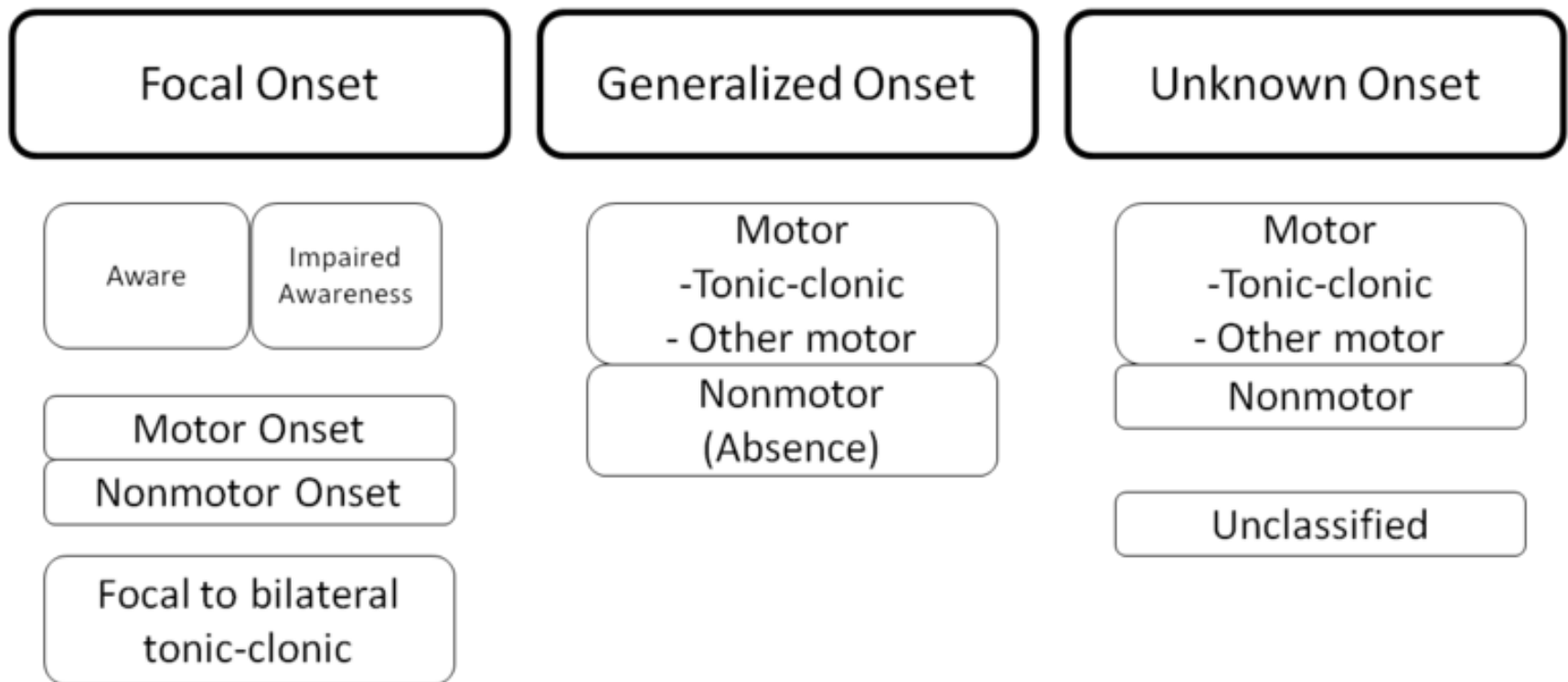
- Zapojení obou hemisfér, často porucha vědomí, motorické projevy oboustranné
- ✓ **Absence** (petit mal; strnutí, pacient nereaguje, mohou následovat mírné tonické nebo klonické projevy)
- ✓ **Myoklonické** (náhlé krátké záškuby v sériích nebo izolovaně; řada myoklonií nemá epileptický původ)
- ✓ **Klonické** (v průběhu záchvatu narůstá amplituda a klesá frekvence)
- ✓ **Tonické** (pevná fixující kontrakce)
- ✓ **Tonicko – klonické** (grand mal; ztráta vědomí, následuje tonická fáze přecházející v klonickou fázi postihující svalstvo celého těla včetně obličejových svalů, možné poruchy dechových funkcí, autonomní projevy, po nabytí vědomí zmatenost, vyčerpanost.

Generalizované epileptické záchvaty

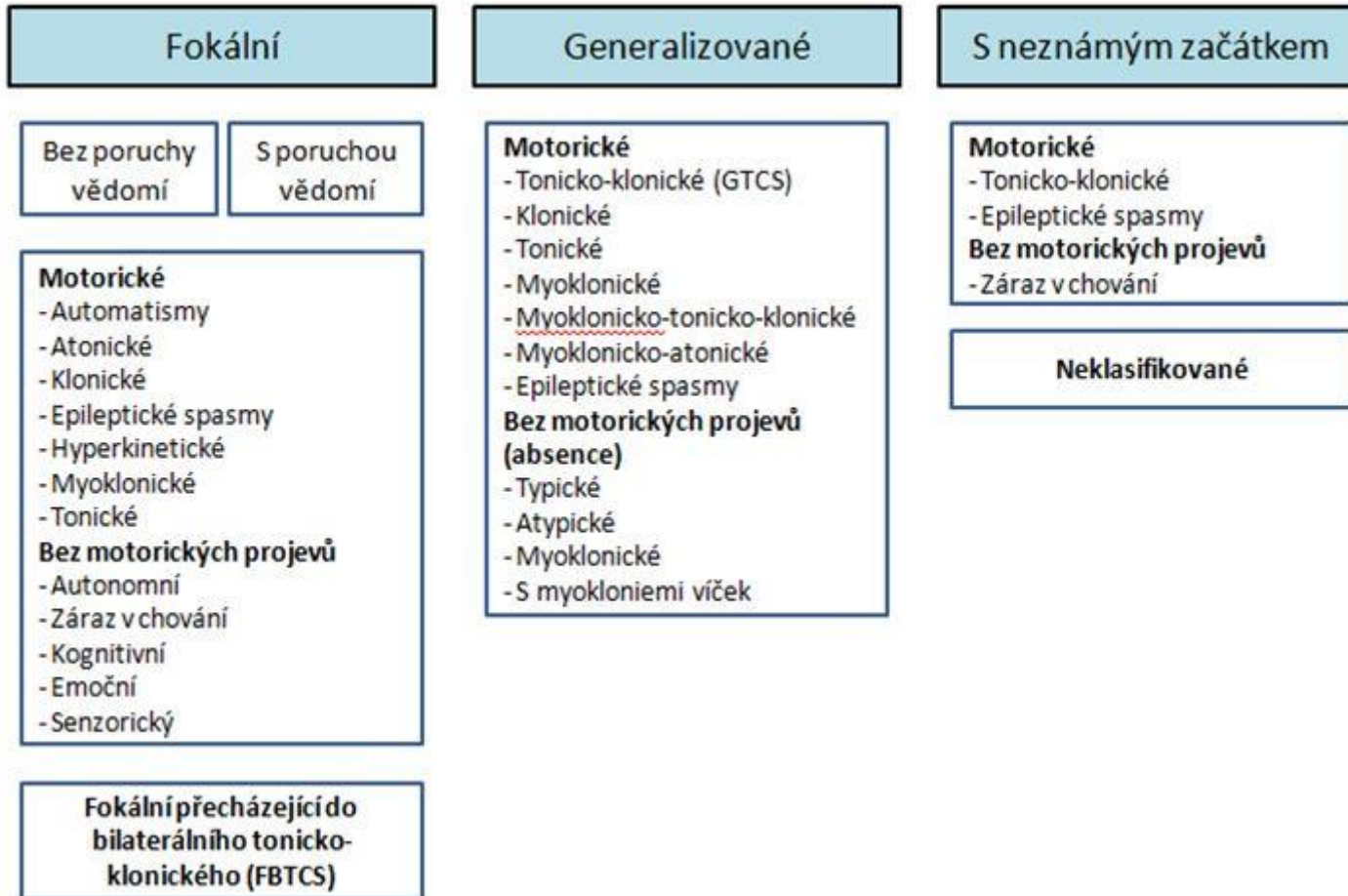
- Zapojení obou hemisfér, často porucha vědomí, motorické projevy oboustranné
- ✓ **Absence** (petit mal; strnutí, pacient nereaguje, mohou následovat mírné tonické nebo klonické projevy)
- ✓ **Myoklonické** (náhlé krátké záškuby v sériích nebo izolovaně; řada myoklonií nemá epileptický původ)
- ✓ **Klonické** (v průběhu záchvatu narůstá amplituda a klesá frekvence)
- ✓ **Tonické** (pevná fixující kontrakce)
- ✓ **Tonicko – klonické** (grand mal; ztráta vědomí, následuje tonická fáze přecházející v klonickou fázi postihující svalstvo celého těla včetně obličejových svalů, možné poruchy dechových funkcí, autonomní projevy, po nabytí vědomí zmatenost, vyčerpání).
- ✓ **Atonické** (náhlý pokles svalového tonu vedoucí k pádu)

Nová klasifikace epileptických záchvatů

ILAE 2017 Classification of Seizure Types – Basic Version



Nová klasifikace epileptických záchvatů



Status epilepticus

- Protrahovaný záchvat
- Život ohrožující stav

Status epilepticus

- Protrahovaný záchvat
- Život ohrožující stav
- ✓ Grand mal záchvat delší než 15 minut
(Grand mal obvykle spontánně odezní během 5-10 min)
- ✓ Petit mal trvající hodiny až dny
(může být obtížně diagnostikovatelný)

Nitrolební hypertenze

Epilepsie

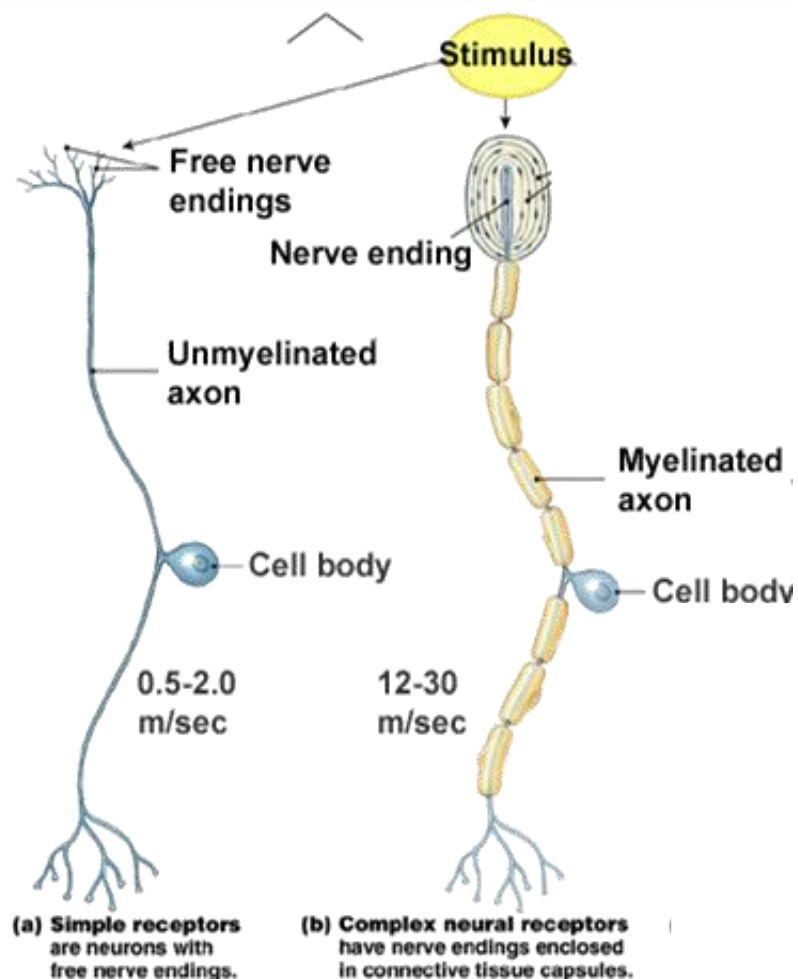
Bolest

Bolestivý zážitek

1. vlastní tkáňová léze
2. uvědomění si bolestivého vstupu do mozku
3. zhodnocení situace pomocí analýzy zrakových, sluchových, či jiných smyslových počitků
4. porovnání zážitku s podobným paměťovým záznamem bolesti
5. analýza poškození v kontextu se vzpomínkami a odraz současné nálady → ovlivněno zkušeností, očekáváním, překvapením
6. porovnání sekundární fyzické odpovědi s celým zážitkem → proces učení vede k vyhýbání se vyvolávající škodlivině, nebo schopnost bolest snášet

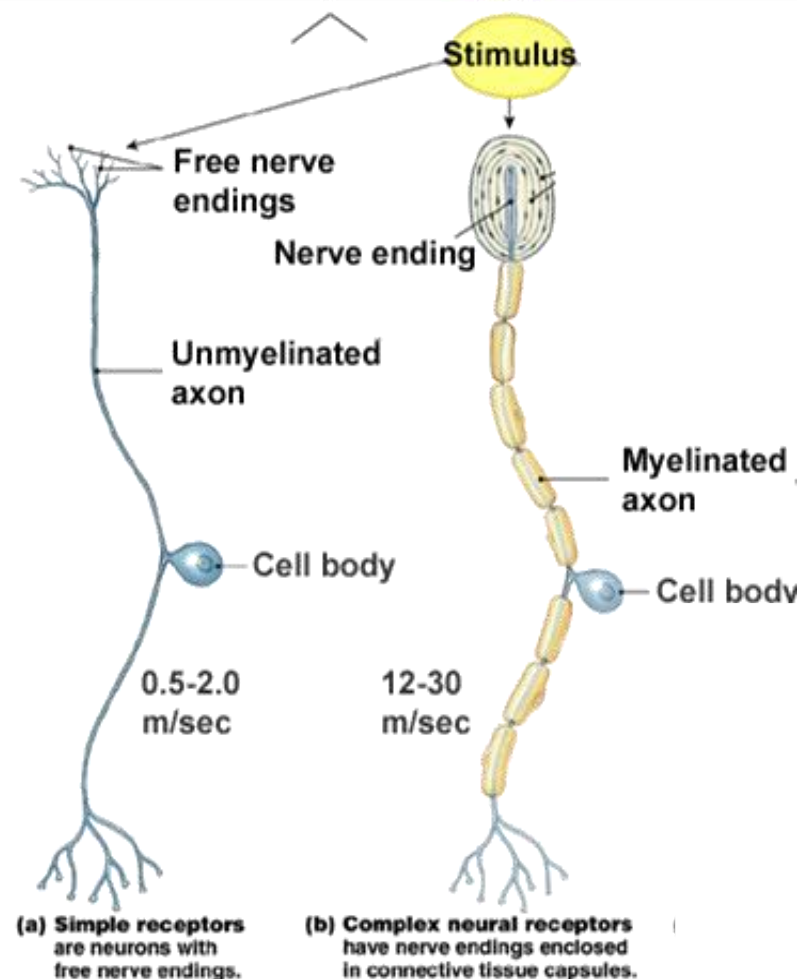
Evoluční pohled

- Z evolučního pohledu jsou nejdůležitější informace o potenciálním poškození organismu a dle důležitosti se systémy vyvíjely
 - Bolest
 - Teplota
- Somatosenzorické informace nebolestivého charakteru představují výhodu při adaptaci v daném prostředí
- Struktura receptorů, nervových vláken i drah odráží evoluční stáří



Volná nervová zakončení

- Nespecializovaná nervová zakončení
- Polymodální
 - Nocicepce
 - Termorecepce
 - Mechanorecepce
- A delta vlákna
- C vlákna



Nociceptory

- Volná nervová zakončení odpovídající na velmi intenzivní stimuly
- Charakter stimulu
 - Mechnaický
 - ✓ Velký tlak
 - ✓ Ostrý předmět
 - Tepelný
 - ✓ Horní mez cca. 45 st. C.
 - ✓ Dolní mez – variabilní
 - Chemický
 - ✓ pH
 - ✓ Mediátory zánětu atd.

A delta vlákna
– ostrá, lokalizovaná bolest

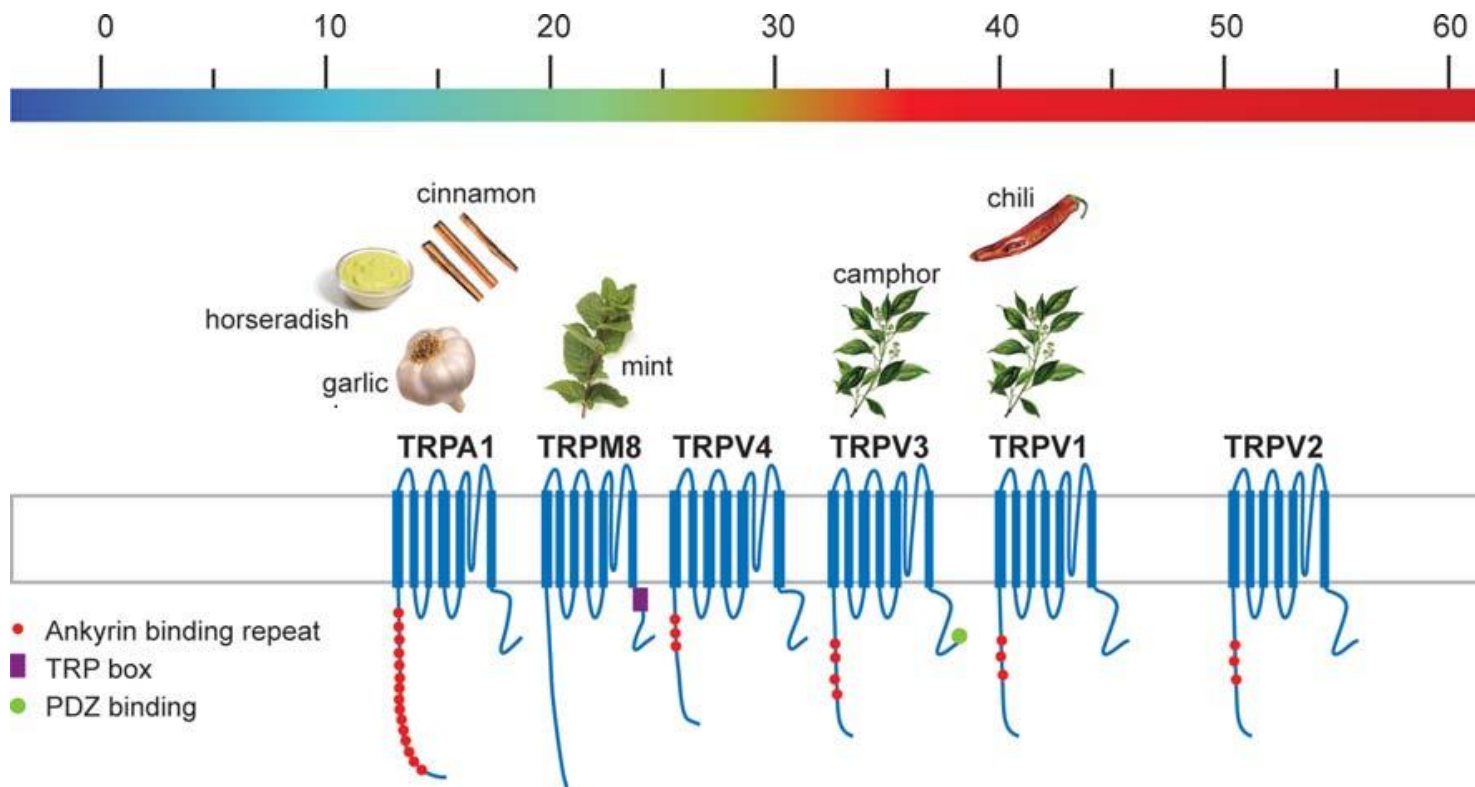
C vlákna
– tupá, špatně lokalizovaná bolest

Recepční složka

- algoreceptory, nociceptory jsou volná nervová zakončení (specializované chemoreceptory)
- lokalizace: kůže, úpony šlach, vazy, svaly, duté orgány
- receptory se neadaptují, hustota kolísá: konečky prstů > dentin > kůže zad > nejsou v parenchymu jater, sleziny, plic, mozku, v chrupavce
- síla podráždění se v periférii překládá do frekvence impulsů
- nociceptivní vlákna mohou být podrážděna v celém svém průběhu

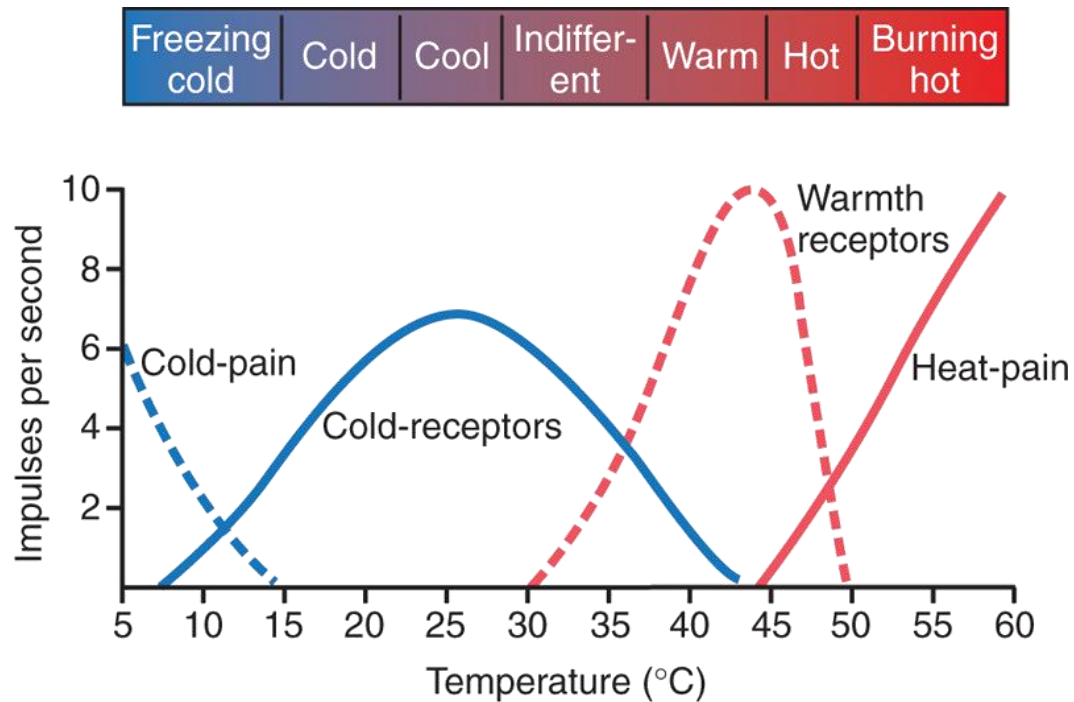
Thermoreceptor

- Volná nervová zakončení senzitivní na teplo
- TRP kanály (transient receptor potential)
- Každý subtyp TRP kanálu citlivý na určitou teplotu a chemickou substanci



Termoreceptory

- Vnímání teploty dáno poměrem aktivity různých termoreceptorů

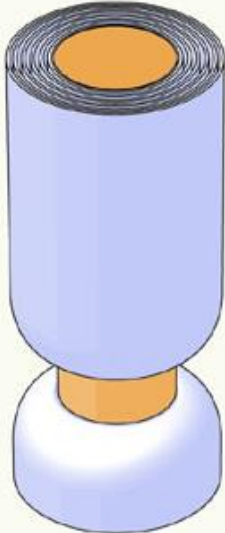





Hall: Guyton and Hall Textbook of Medical Physiology, 12th Edition
Copyright © 2011 by Saunders, an imprint of Elsevier, Inc. All rights reserved.

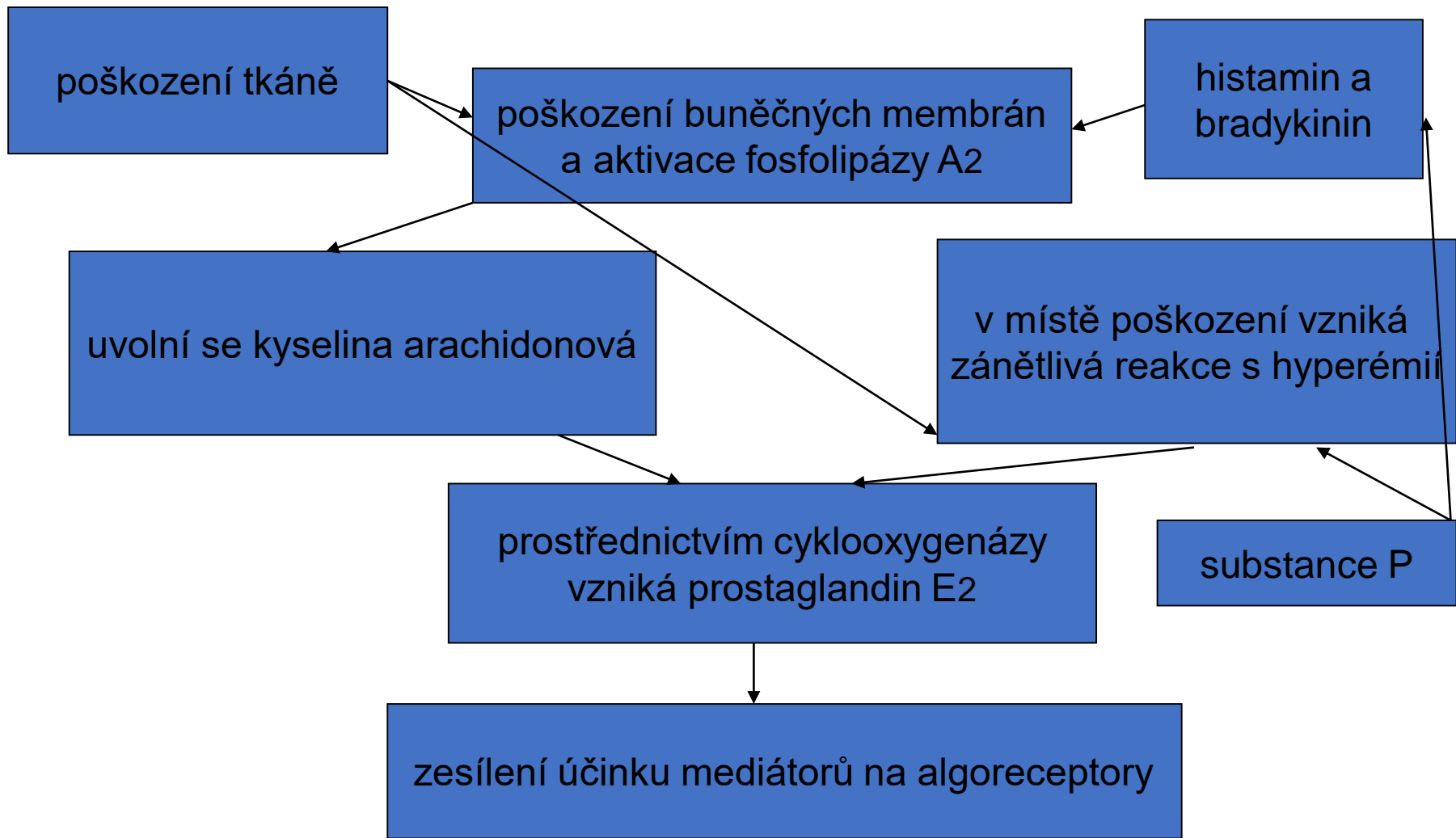
Vedení bolestivých vzruchů

- 2 typy vláken – tvoří polovinu všech vláken zadních míšních kořenů
 - 1. **silná myelinizovaná vlákna typu A δ** – povrchová bolest, reagují na silné mechanické podněty
 - 2. **tenká nemyelinizovaná vlákna typu C** – hluboká bolest, polymodální: mechanicky, chemicky, horkem, chladem, anoxií
- bradykinin
 - uvolnění draslíku z poškozených buněk
 - histamin
 - serotonin
 - při poklesu pH ve tkáni
 - calcitonin gene related peptid, vazointestinální peptid, ATP

Nervová vlákna

Axons from skin	A α	A β	A δ	C
Axons from muscles	Group I	II	III	IV
				
Diameter (μm)	13–20	6–12	1–5	0.2–1.5
Speed (m/sec)	80–120	35–75	5–30	0.5–2
Sensory receptors	Proprioceptors of skeletal muscle	Mechanoreceptors of skin	Pain, temperature	Temperature, pain, itch

Mechanismus aktivace algoreceptorů



Vlákna prvního neuronu

- přepojují se v zadních míšních rozích v ncl. proprius
mediátorem synapse je substance P
- substance P je druhý periferní nociceptivní senzibilizátor
- substantia gelatinosa Rolandi – inhibičně působící oblast v zadních míšních rozích
→ mediátorem je enkefalín
- oblast zadních rohů je tlumena z CNS → tractus reticulospinalis

Vedení bolestivých vzruchů

vlákna typu A δ – z kůže, dobře lokalizovaná bolest, tzv. prvotní bolest

→ **tractus spinothalamicus** - 3 neuronová fylogeneticky mladší dráha

vlákna typu C – špatně lokalizovaná, druhotná bolest z hlubších částí kůže a hlouběji uložených orgánů

→ **tractus spinoretikulothalamicus** – starší polysynaptický systém, impulsy jsou předávány k vyšším centrům prostřednictvím krátkých axonových drah

vegetativní odezva: změna tlaku, tachypnoe, mydriáza, pocení, zvýšení svalového tonu,...

Somatosenzorické dráhy

- Tři systémy
- (Archispinotalamický systém)
 - Propojení sousedních segmentů (tr. Spinothalamicus)
- Paleospinotalamický
 - tr. Spinoreticularis, tr. Spinotectalis...
- Neospinotalamický
 - tr. Spinothalamicus
- Systém zadních provazců
 - tr. Spinobulbaris

Somatosenzorické dráhy

- Tři systémy
- (Archispinotální)
 - Propojení
- Paleospinotální
 - tr. Spinoretikulární
- Neospinotální
 - tr. Spinothalamický
- Systém zadních pruhů
 - tr. Spinobulbaris

EVOLUCE....

Během evoluce nedocházelo k nahrazení starých systémů novými, ale staré bylo zachováno a nové struktury zajišťující sofistikovanější funkce byly přidány

Somatosenzorické dráhy

- Paleospinotalamický
 - Low resolution – bolest („pomalá bolest“)
- Neospinotalamický
 - High resolution – bolest („rychlá bolest“), teplota
 - Low resolution – kožní citlivost
- Systém zadních provazců
 - High resolution – kožní citlivost, propriocepce

Somatosenzorické dráhy

- Paleospinotalamický
 - Low resolution – bolest („pomalá bolest“)
- Neospinotalamický
 - High resolution – bolest („rychlá bolest“), teplota
 - Low resolution – kožní citlivost
- Systém zadních provazců
 - High resolution – kožní citlivost, propriocepce

Bezprostřední přežití

Dlouhodobé přežití

Somatosenzorické dráhy

*Table I
The Sensory Modalities Represented by the Somatosensory Systems*

Modality	Sub Modality	Sub-Sub Modality	Somatosensory Pathway (Body)	Somatosensory Pathway (Face)
Pain	sharp cutting pain		Neospinothalamic	Spinal Trigeminal
	dull burning pain		Paleospinothalamic	
	deep aching pain		Archispinothalamic	
Temperature	warm/hot		Paleospinothalamic	
	cool/cold		Neospinothalamic	
Touch	itch/tickle & crude touch		Paleospinothalamic	
	discriminative touch	touch	Medial Lemniscal	Main Sensory Trigeminal
		pressure		
		flutter		
		vibration		
Proprioception	Position: Static Forces	muscle length		
		muscle tension		
		joint pressure		
	Movement: Dynamic Forces	muscle length		
		muscle tension		
		joint pressure		
		joint angle		

Paleospinotalamický systém

- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...

Paleospinotalamický systém

- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...
- Vzniká u živočichů, u kterých není ještě vyvinuta kůra

Paleospinotalamický systém

- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...
- Vzniká u živočichů, u kterých není ještě vyvinuta kůra
- Primární napojení na podkorové struktury zůstává i u člověka

Paleospinotalamický systém

- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...
- Vzniká u živočichů, u kterých není ještě vyvinuta kůra
- Primární napojení na podkorové struktury zůstává i u člověka
- Základní obranné reakce a reflexy - vegetativní odpověď, reflexní lokomoce (opto-akustické reflexy, atd.)

Paleospinotalamický systém

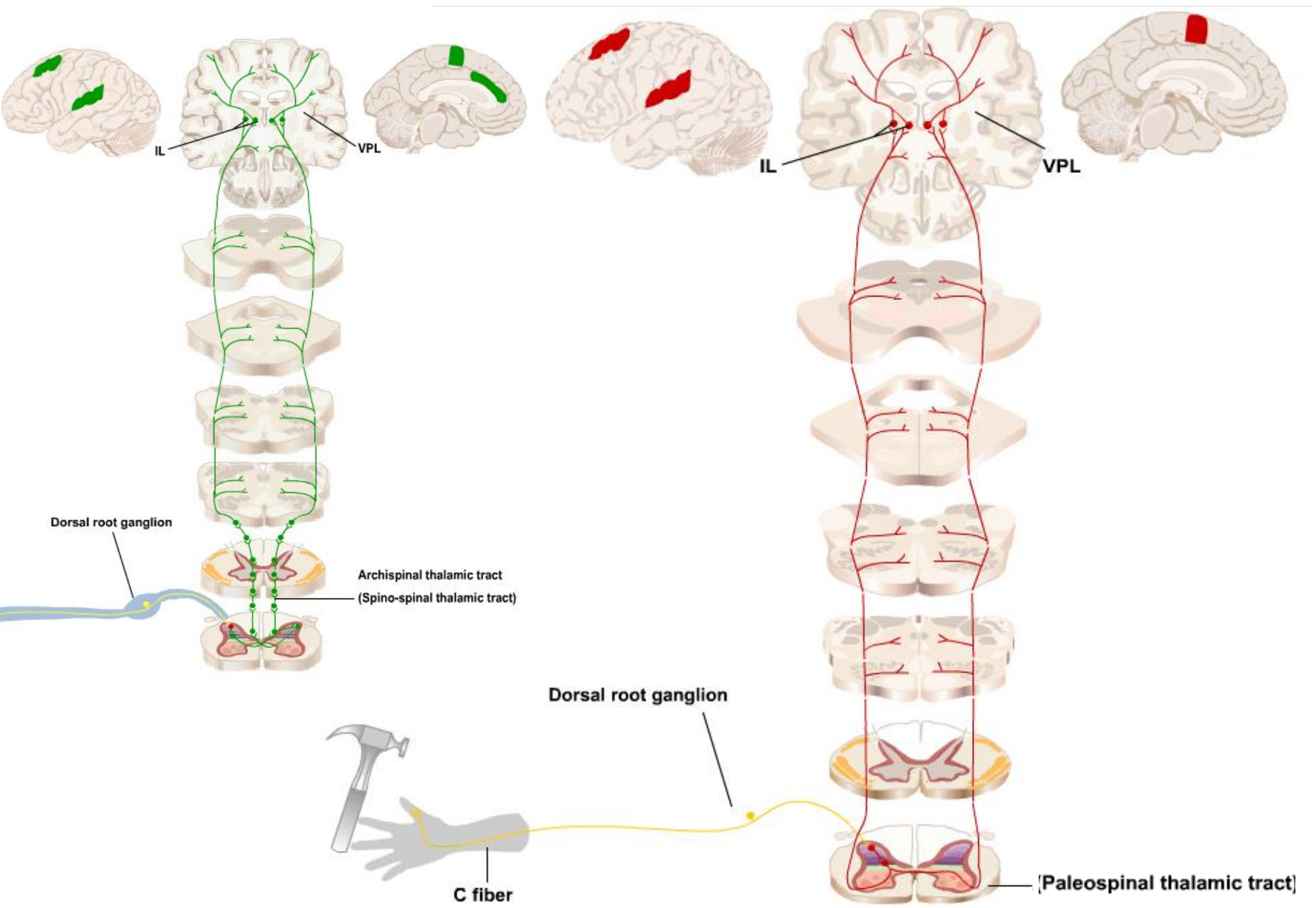
- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...
- Vzniká u živočichů, u kterých není ještě vyvinuta kůra
- Primární napojení na podkorové struktury zůstává i u člověka
- Základní obranné reakce a reflexy - vegetativní odpověď, reflexní lokomoce (opto-akustické reflexy, atd.)
- Se vznikem neokortexu dochází k napojení na korové oblasti (tr. Spino-reticulo-thalamicus), avšak rozlišovací schopnost je malá – tupá a obtížně lokalizovatelná bolest...

Paleospinotalamický systém

- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...
- Vzniká u živočichů, u kterých není ještě vyvinuta kůra
- Primární napojení na podkorové struktury zůstává i u člověka
- Základní obranné reakce a reflexy - vegetativní odpověď, reflexní lokomoce (opto-akustické reflexy, atd.)
- Se vznikem neokortexu dochází k napojení na korové oblasti (tr. Spino-reticulo-thalamicus), avšak rozlišovací schopnost je malá – tupá a obtížně lokalizovatelná bolest...
- Trakt není „designován na tak výkonný procesor jakým je neokortex“

Paleospinotalamický systém

- Tr. Spinoreticularis, spinotectalis...
- Vzniká u živočichů, u kterých není ještě vyvinuta kůra
- Primární napojení na podkorové struktury zůstává i u člověka
- Základní obranné reakce a reflexy - vegetativní odpověď, reflexní lokomoce (opto-akustické reflexy, atd.)
- Se vznikem neokortexu dochází k napojení na korové oblasti (tr. Spino-reticulo-thalamicus), avšak rozlišovací schopnost je malá – tupá a obtížně lokalizovatelná bolest...
- Trakt není „designován na tak výkonný procesor jakým je neokortex“
- Asi polovina traktu kříží střední rovinu



Neospinotalamický systém

- Tr. Spinothalamicus

Neospinotalamický systém

- Tr. Spinothalamicus
- Mladší systém primárně napojen na neokortex
- „Vysoká kapacita“

Neospinotalamický systém

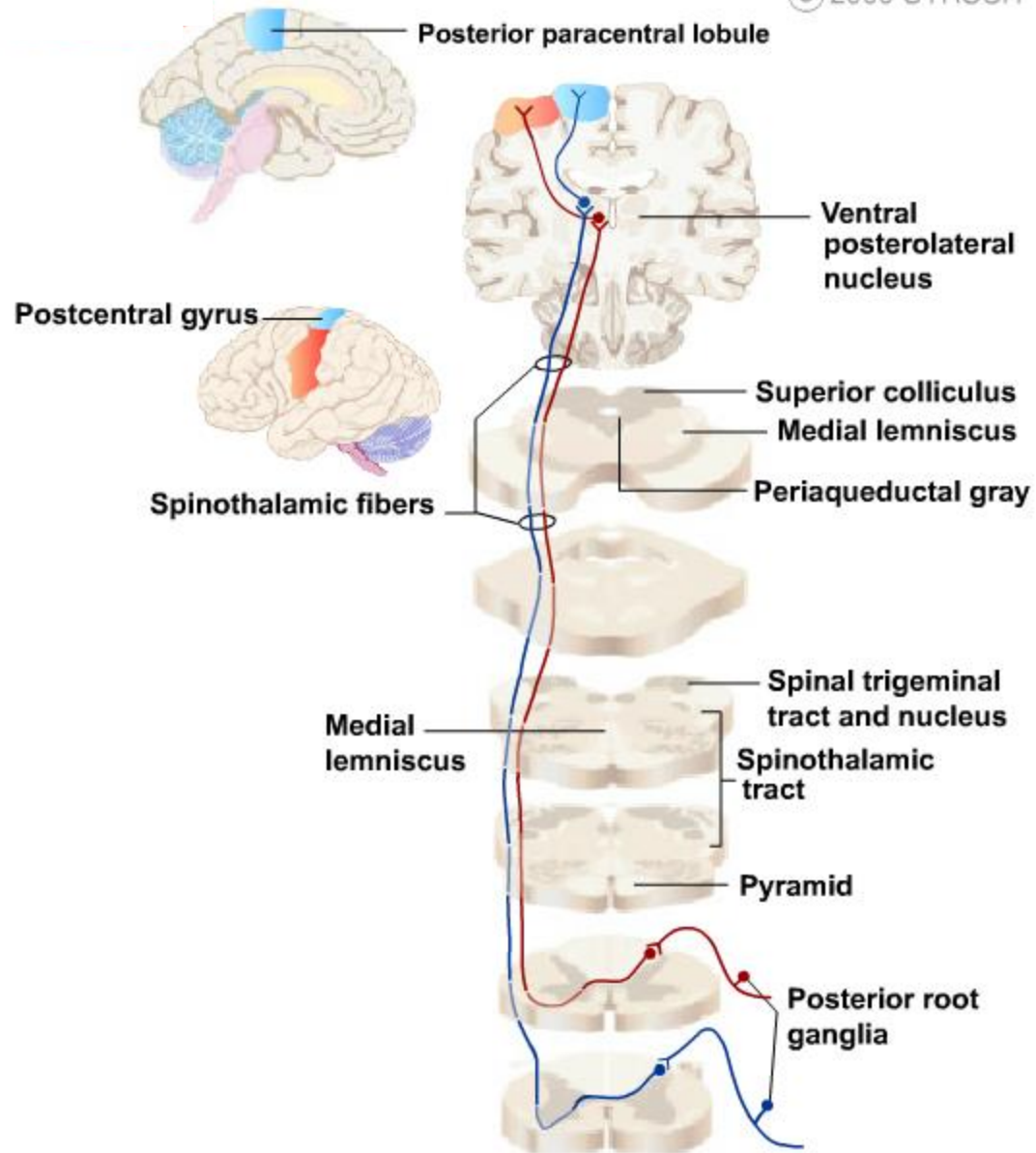
- Tr. Spinothalamicus
- Mladší systém primárně napojen na neokortex
- „Vysoká kapacita“
- Detailní informace o bolesti (ostrá, dobře lokalizovaná)
- Informace o teplotě

Neospinotalamický systém

- Tr. Spinothalamicus
- Mladší systém primárně napojen na neokortex
- „Vysoká kapacita“
- Detailní informace o bolesti (ostrá, dobře lokalizovaná)
- Informace o teplotě
- Informace o hrubé kožní citlivosti

Neospinotalamický systém

- Tr. Spinothalamicus
- Mladší systém primárně napojen na neokortex
- „Vysoká kapacita“
- Detailní informace o bolesti (ostrá, dobře lokalizovaná)
- Informace o teplotě
- Informace o hrubé kožní citlivosti
- Kříží střední rovinu na úrovni vstupního segmentu



Sytém zadních provazců

- Tr. Spinobulbaris

Sytém zadních provazců

- Tr. Spinobulbaris
- Evolučně nejmladší
- Vysoká kapacita – detailní informace

Sytém zadních provazců

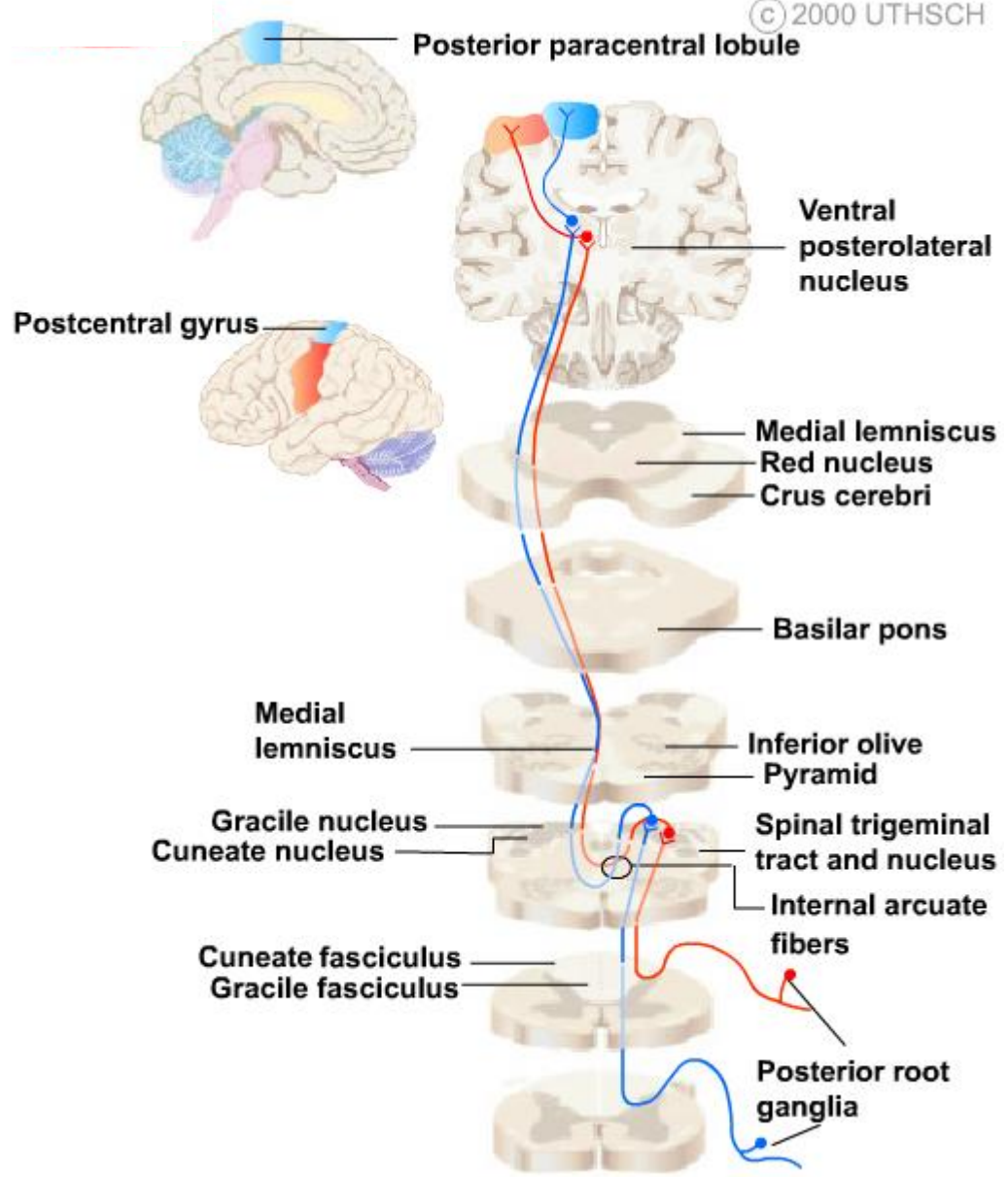
- Tr. Spinobulbaris
- Evolučně nejmladší
- Vysoká kapacita – detailní informace
- Taktilní čítí
- Vibrace
- Propriocepce

Sytém zadních provazců

- Tr. Spinobulbaris
- Evolučně nejmladší
- Vysoká kapacita – detailní informace
- Taktilní čítí
- Vibrace
- Propriocepce
- Důležité pro poznávání a jemnou motoriku
- Lepší adaptace v daném prostředí

Sytém zadních provazců

- Tr. Spinobulbaris
- Evolučně nejmladší
- Vysoká kapacita – detailní informace
- Taktilní čítí
- Vibrace
- Propriocepce
- Důležité pro poznávání a jemnou motoriku
- Lepší adaptace v daném prostředí
- Kříží střední roviny na úrovni prodloužené míchy



Hradlová, vrátková teorie

- **Melzack a Wall 1965**
- stimulace pouze A vrátka uzavírá
- stimulace pouze C vrátka otevírá

- neurony substantia gelatinosa Rolandi s inhibiční funkcí modulují vstup impulsů z A a C vláken do T efektorových neuronů

- T buňky jsou za klidového stavu aktivně inhibovány neurony substantia gelatinosa

- výsledný vjem je dán vzájemným poměrem nociceptivních, modulujících a zpětnovazebných mechanismů

Hradlová, vrátková teorie

- **hradlové mechanismy:**

1. substantia gelatinosa Rolandi
2. descendenní inhibiční systém

- **descendentní inhibiční systém :**

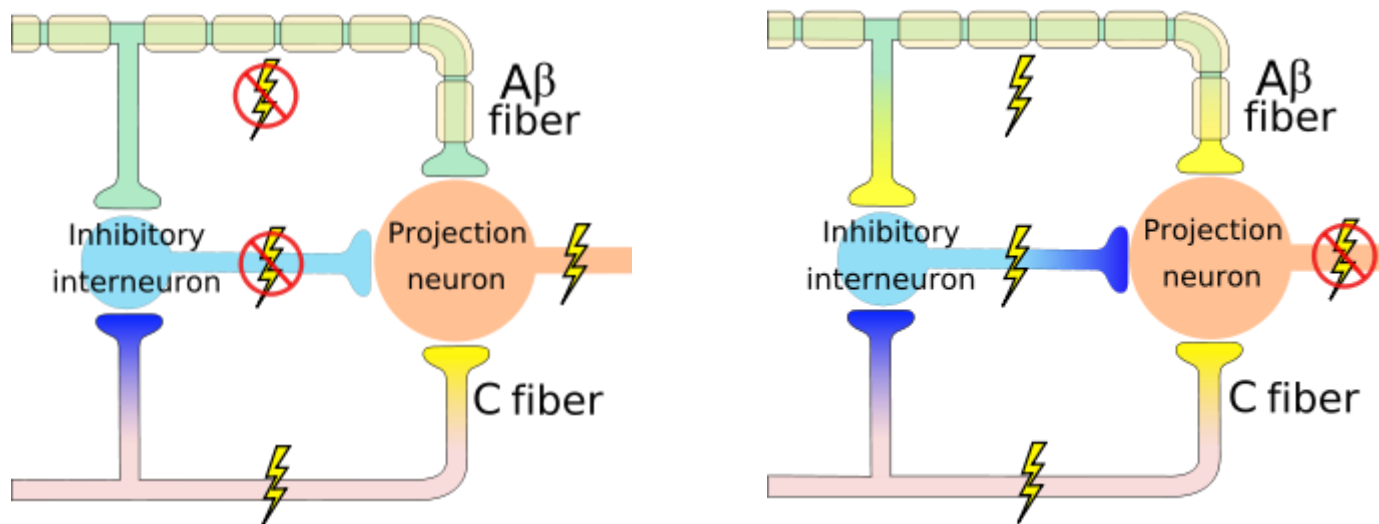
a/ **opioidní systém:** vychází z kůry, thalamu, limbicko-hypothalamických struktur, periakveduktální šedi a retikulární formace

b/ **adrenergní systém:** vychází z locus coeruleus

c/ **serotonergní systém:** vychází z jader mozkového kmene (nucleus raphae magnus, nucleus reticularis gigantocellularis)

Modulace bolesti na spinální úrovni

Vrátkování bolesti



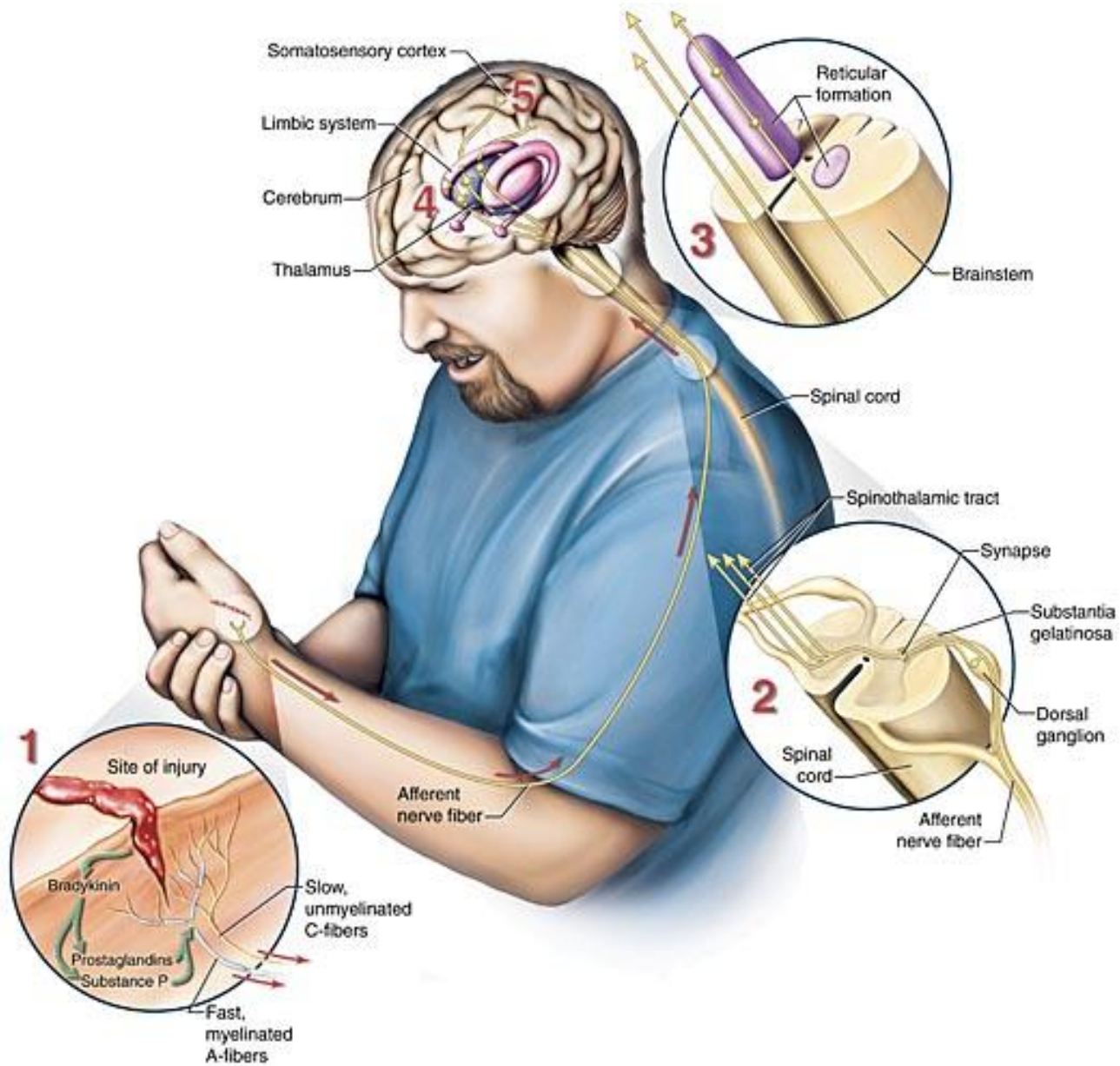
Algogenní efekt	Analgetický efekt
substance P, neurokiny, neurotenzin, neuropeptid Y	endorfiny, enkefaliny, dynorfiny
noradrenalin	noradrenalin
serotonin	serotonin
GABA	GABA
serin, glycin, glutamát	somatostatin
N-metyl-D-aspartát, NO	kalcitonin
prostaglandiny	a další

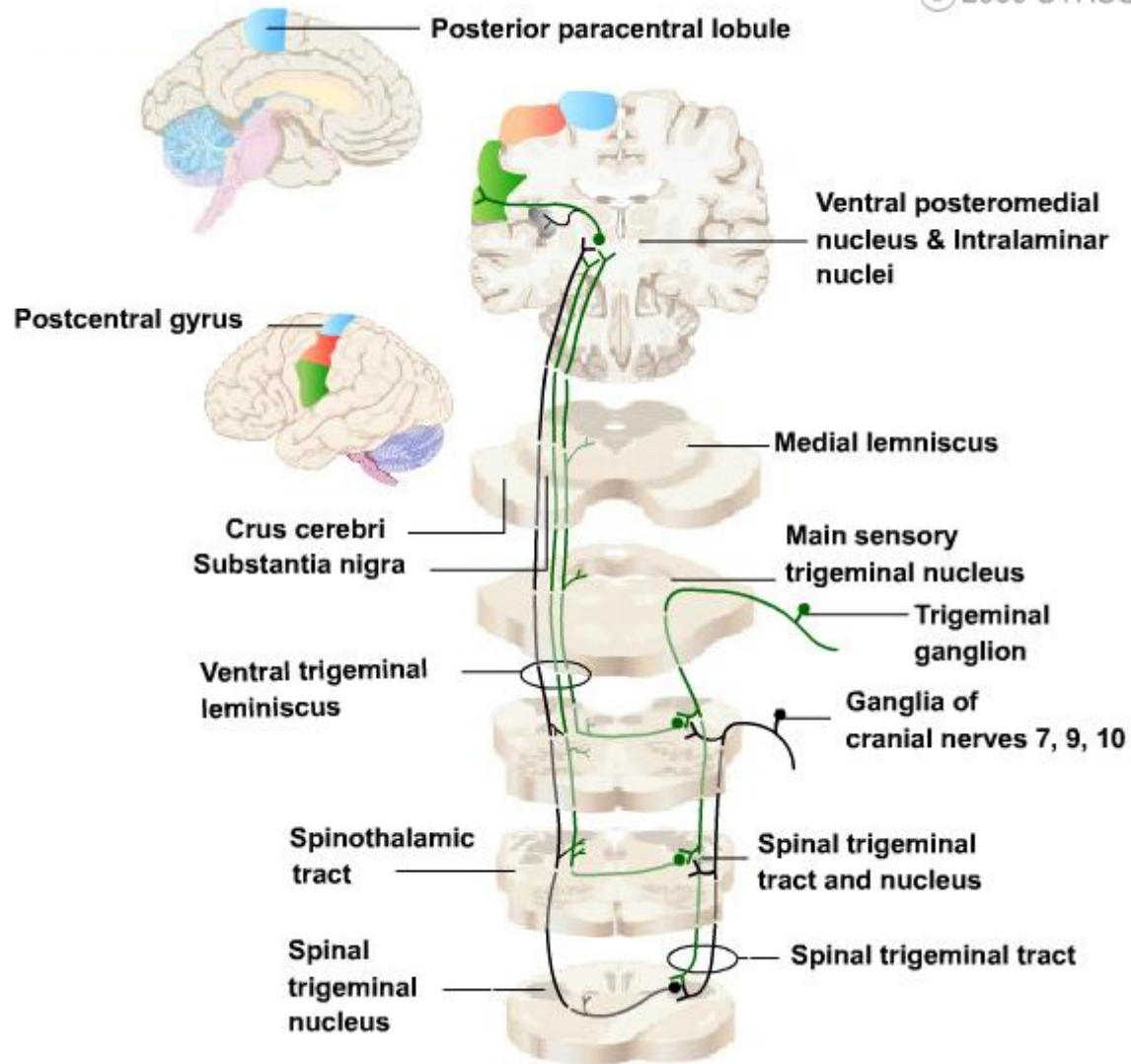
Mozkové struktury

- specifické receptory pro morfin a peptidy podobné morfinu → endorfiny a enkefaliny → vyvolávají analgézii → fyziologicky se tvoří např. při tělesném cvičení
- biogenní amíny
- glutamátové receptory → aktivovány excitačními aminokyselinami nebo NMDA
 - syntéza NO → ↑ intracelulárního cGMP
 - otevírání kanálů pro extracelulární vápník
 - aktivace adenylátcyklázy → tvorba intracelulárního 2. posla cAMP
 - zvýšení biosyntézy PGE2 a PGF2a
 - aktivace proteinkinázy C → facilitace synaptického přenosu

Zpracování bolestivé informace

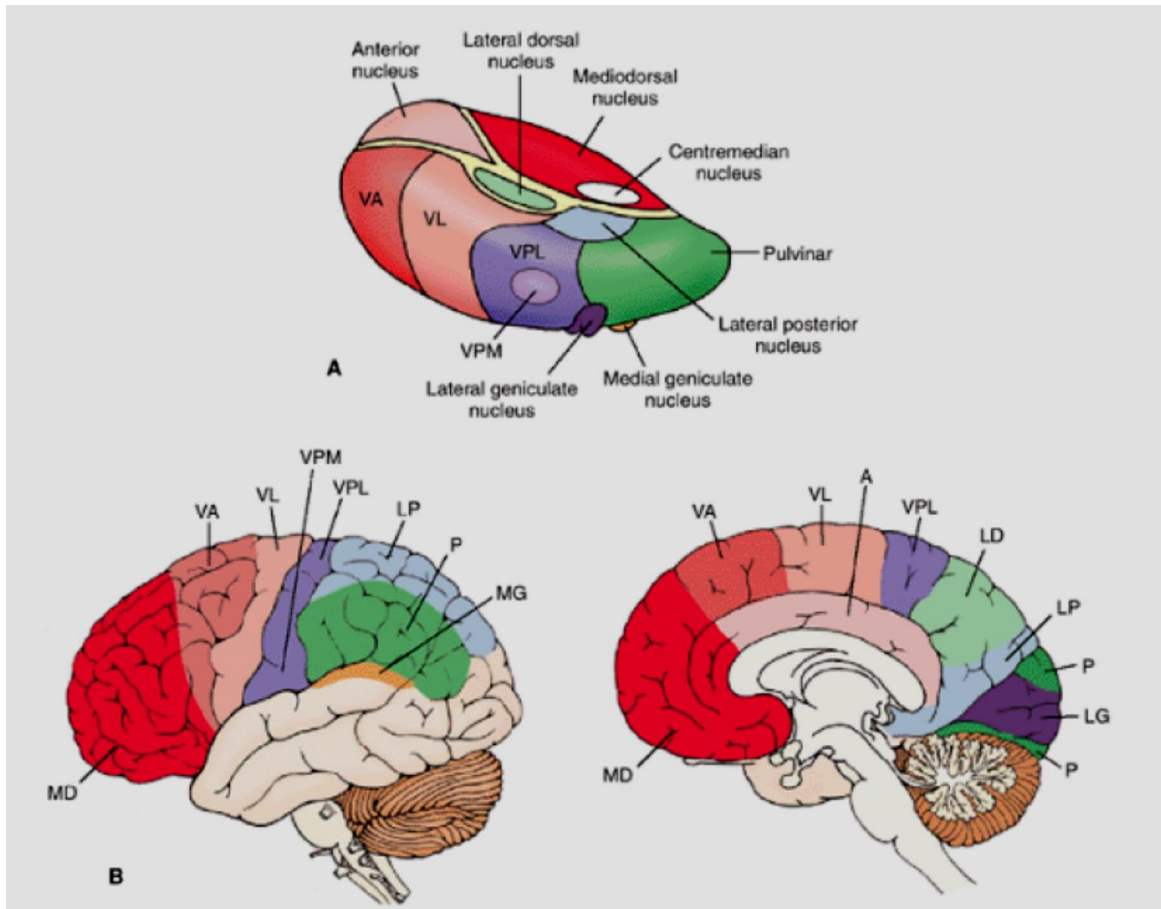
- neokortex – kognitivní zpracování
- limbický systém – afektivní zpracování
- hypothalamus (hypofýza) – uvolnění hormonů, endorfinů
- mozkový kmen – řízení dýchání a oběhu, retikulární aktivační systém
- mícha – motorické a sympatické reflexy



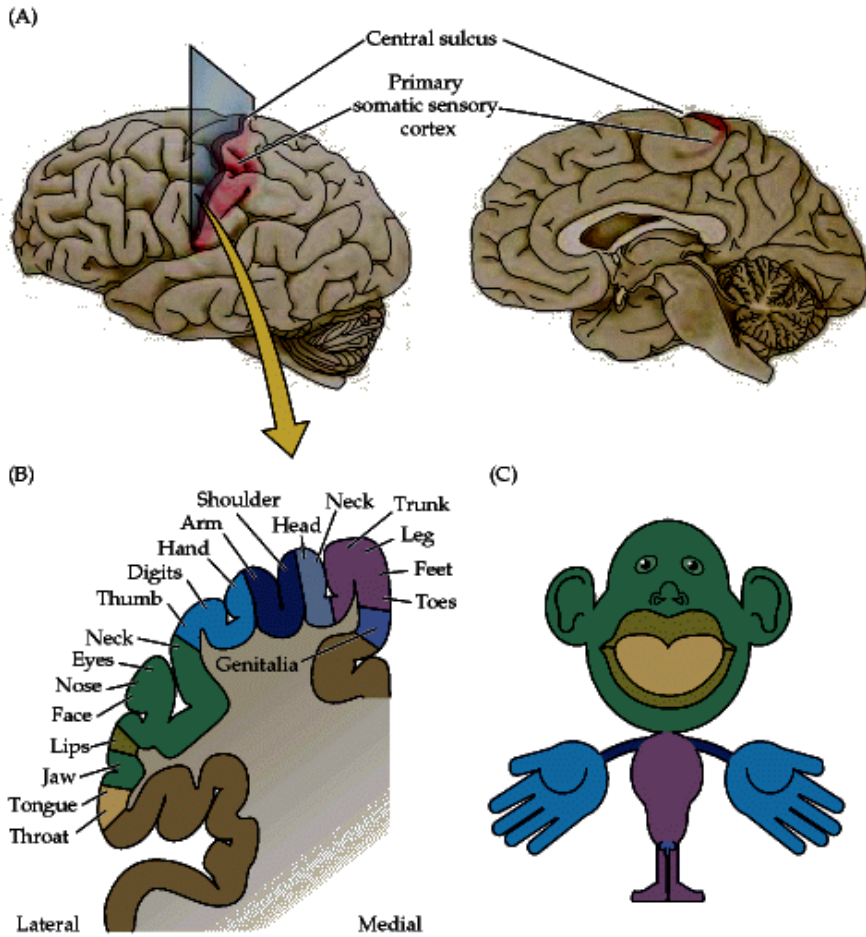


Thalamus a neokortex

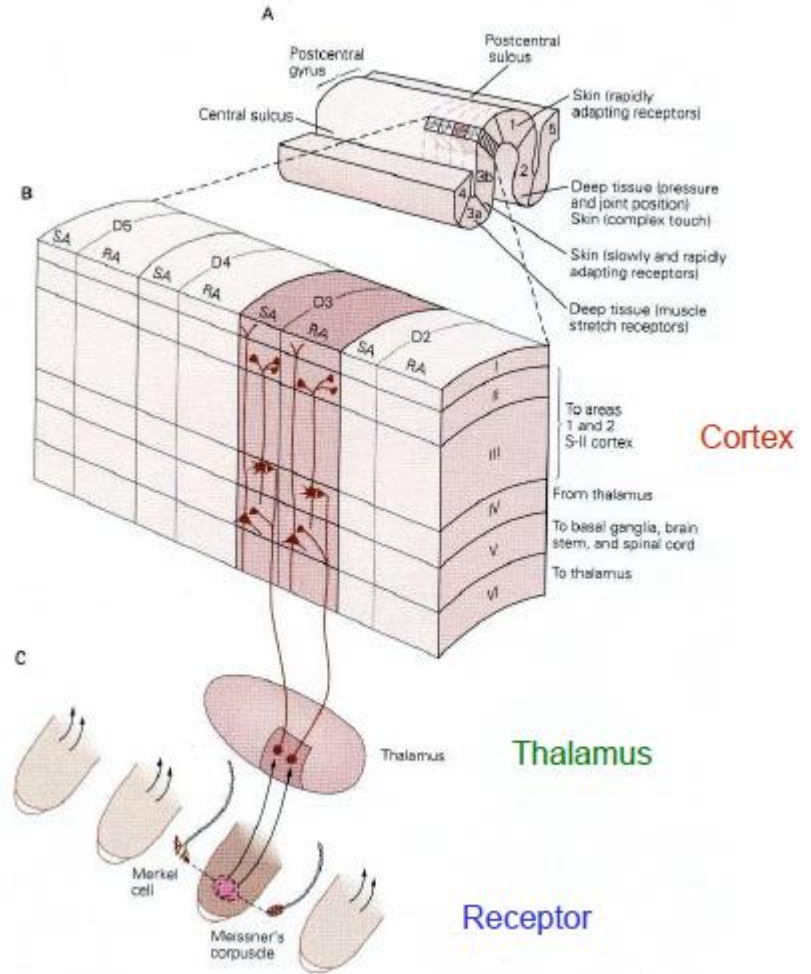
- Téměř všechny aferentní informace se přepojují v thalamu
- Výjimka - čich
- Spoje thalamu a kůry jsou obousměrné



Neokortex



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

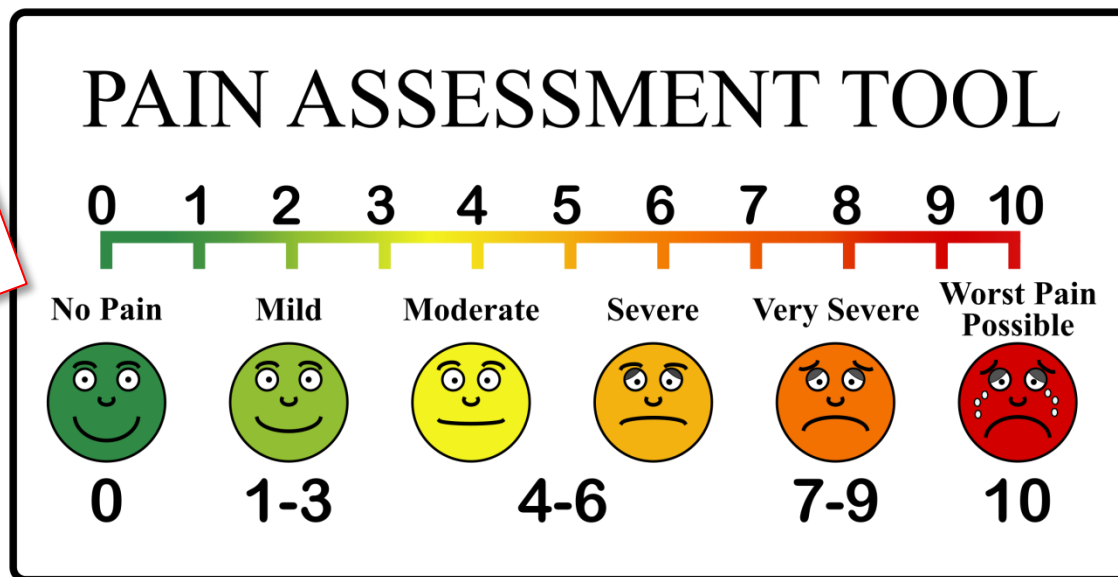


http://www.shadmehrlab.org/Courses/physfound_files/wang_5.pdf

Bolest

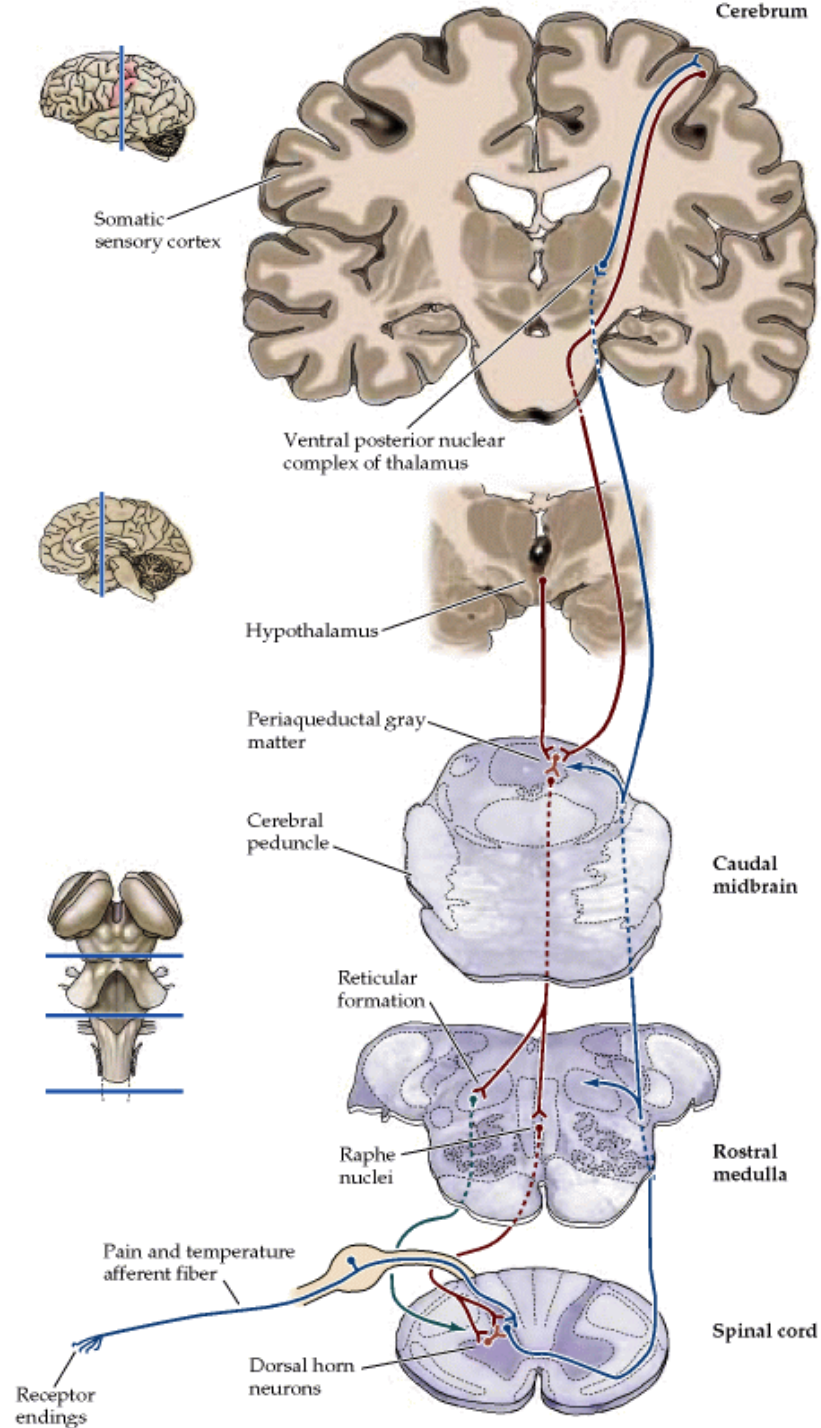
- Nepříjemný smyslový a pocitový zážitek spojený s reálným nebo potenciálním poškozením organismu
- Senzorická x psychologická komponenta
- Fyziologická x patologická bolest
- Akutní (do 6měsíců) x chronická (nad 6 měsíců)

**Subjektivní
charakter**



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

Bolest viscerálních orgánů

- je přenášena do typických kožních okrsků →

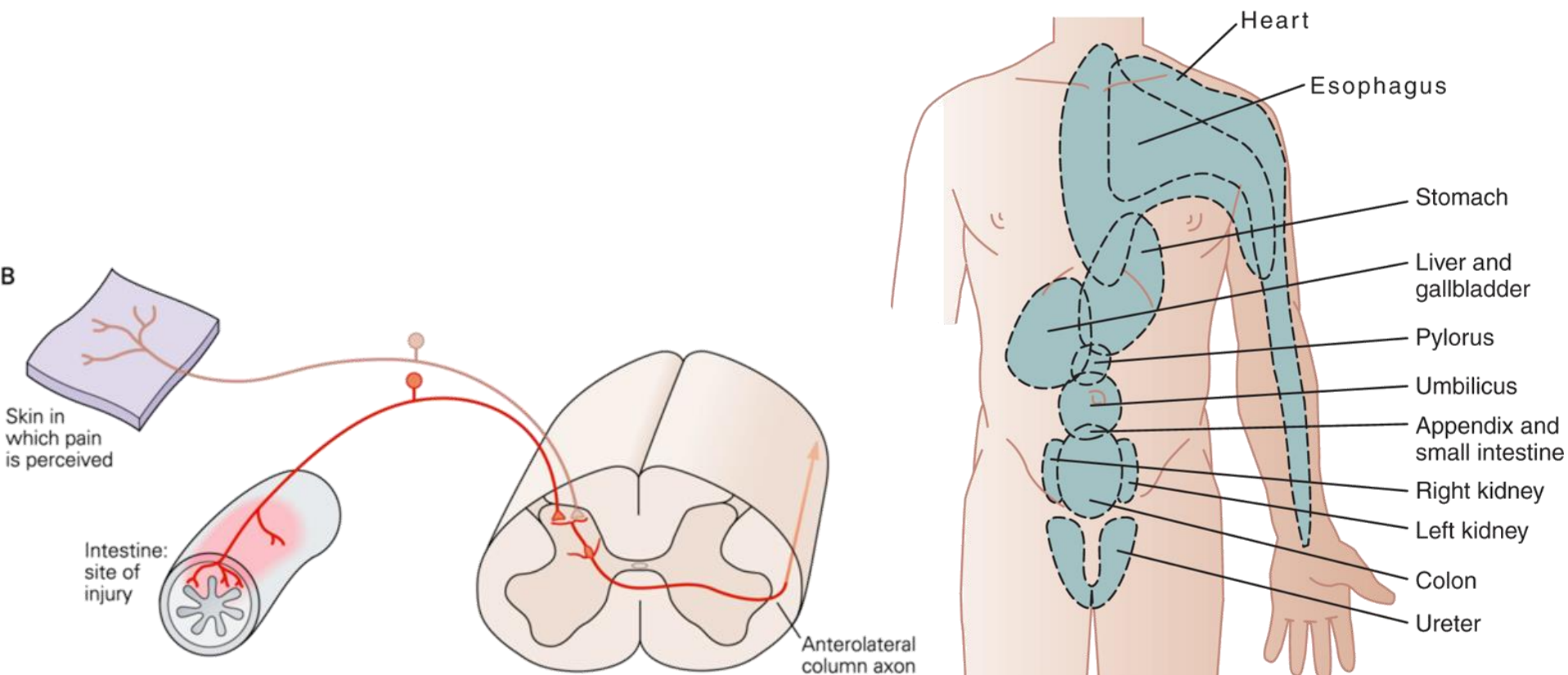
Headovy zóny, jež odpovídají projekci postiženého orgánu →

v okrsku pozorujeme zvýšenou citlivost i na jiné modality a

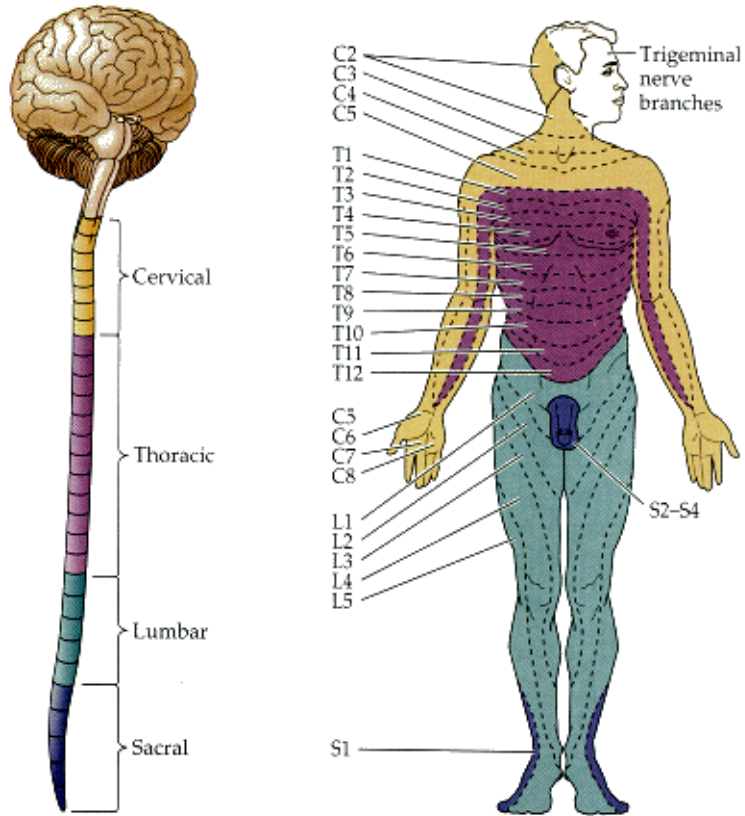
zesílení vegetativních příznaků:

vazomotorické, sudomotorické, dermatografismus + zvýšený tonus svalů až
defense musculaire

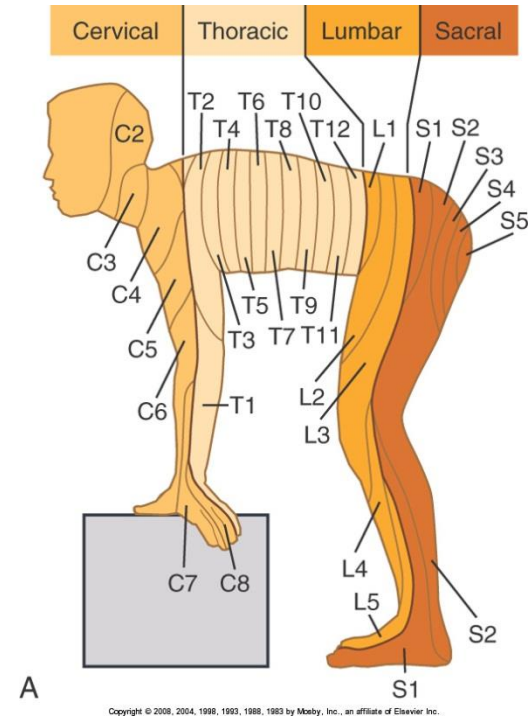
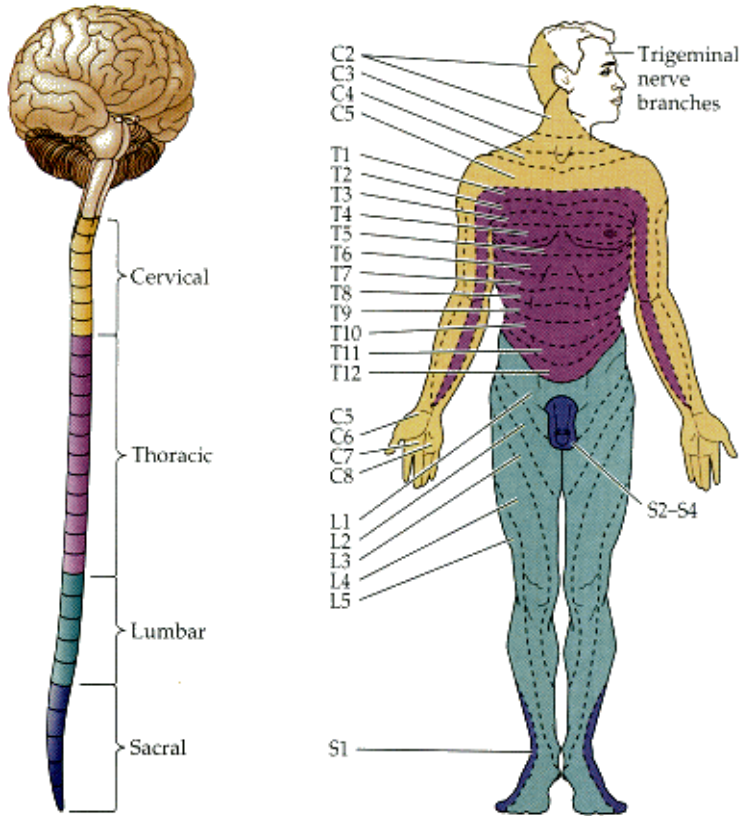
Přenesená bolest



Dermatome



Dermatomey



Speciální typy bolesti

- **neuralgie**

ostrá, záchvatovitá, postihuje periferní nebo kraniální nervy (často trigeminus, facialis) →

po traumatickém poškození, útlakem, virové onemocnění, hlavně herpetické, metabolické (DM)

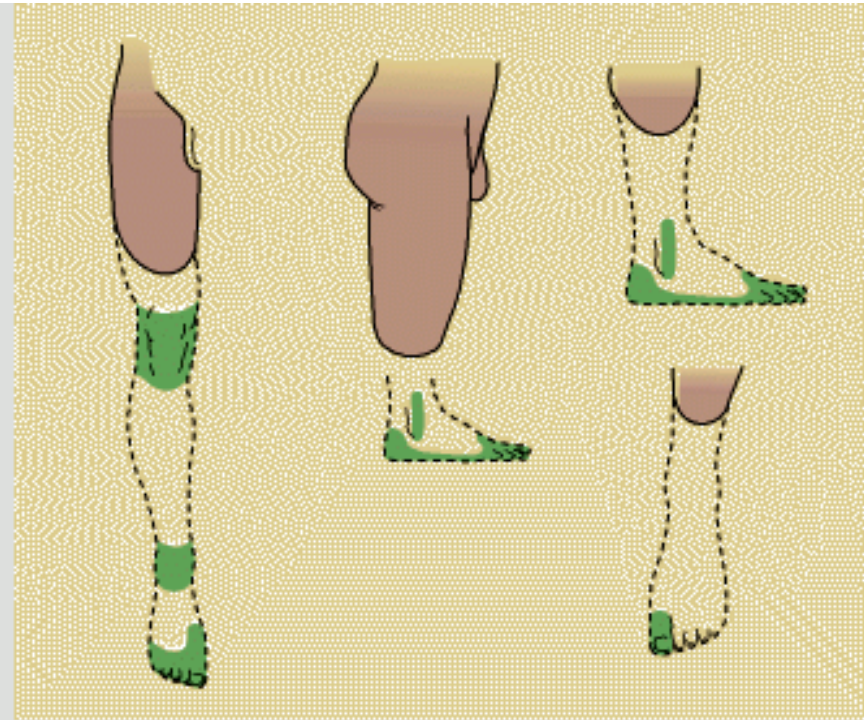
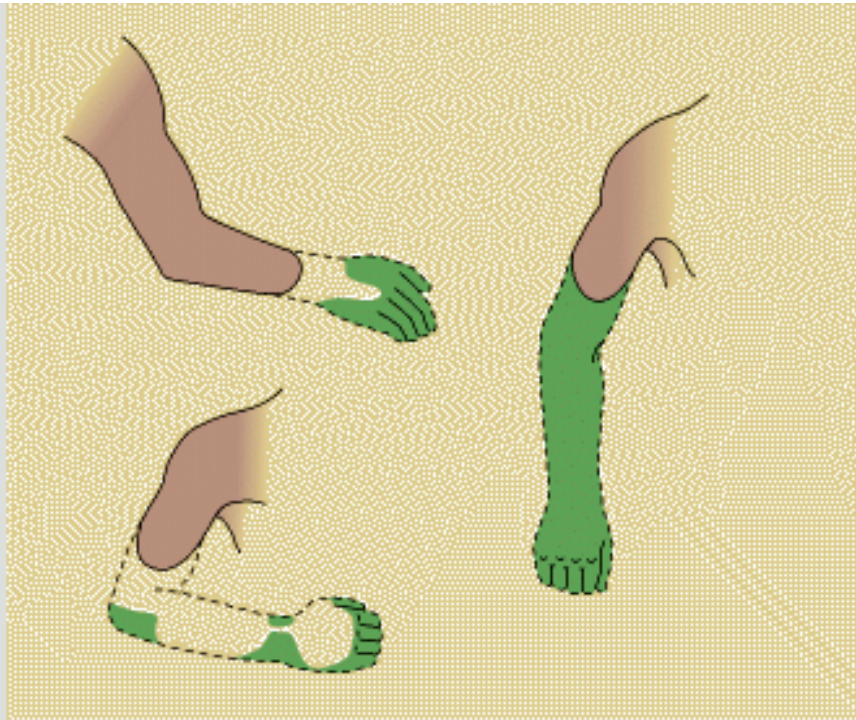
- **bolest při chronické kompresi periferních nervů a nervových kořenů**

hernie meziobratlových disků, stlačení nervu v kostním kanálku →

bolest + parestezie, při dlouhodobém tlakovém působení jsou vyřazovány z funkce mechanoreceptory (taktilní), bolestivá aferentace zůstává neporušena →

bolest získává pálivý charakter

Fantomová bolest



Speciální typy bolesti

- **kausalgie** (Sudeckova dystrofie)

bolestivý syndrom doprovázející poranění nervů bohatých na vegetativní vlákna (medianus, tibialis) →

palčivá, neodpovídající stupni poranění (hyperpatie, allodynie), silný vegetativní doprovod (vazomotorický, sudomotorický, trofické změny, jež mohou postihnout i kostní tkáň)

teorie vzniku: arteficiální synapse → zkrat, kdy sympatická eferentní vlákna stimulují vlákna typu C

trigger points, mirror image

- **fantómová bolest**

po amputacích končetiny, po ztrátě jiných částí těla, po extrakci zubu →

dojem přítomnosti odstraněné části těla, menší procento (asi 30%) trpí bolestí (pacienti s dlouhodobou bolestivou afekcí před amputací) → deafferentace substantia gelatinosa nebo ložisko podráždění v mozku

Speciální typy bolesti

- **ischemická bolest**

je důsledkem poruchy prokrvení myokardu, hladkého či kosterního svalstva → uvolnění substance P, histaminu, serotoninu, kálie z buněk, ↓ pH

- **migrenózní bolest**

migréna je charakterizována atakami pulsující, převážně unilaterální bolesti hlavy trvající obvykle 4-72 hodin s nauzeou, případným zvracením, fotofobií a fonofobií, trpí jí 12% dospělé populace

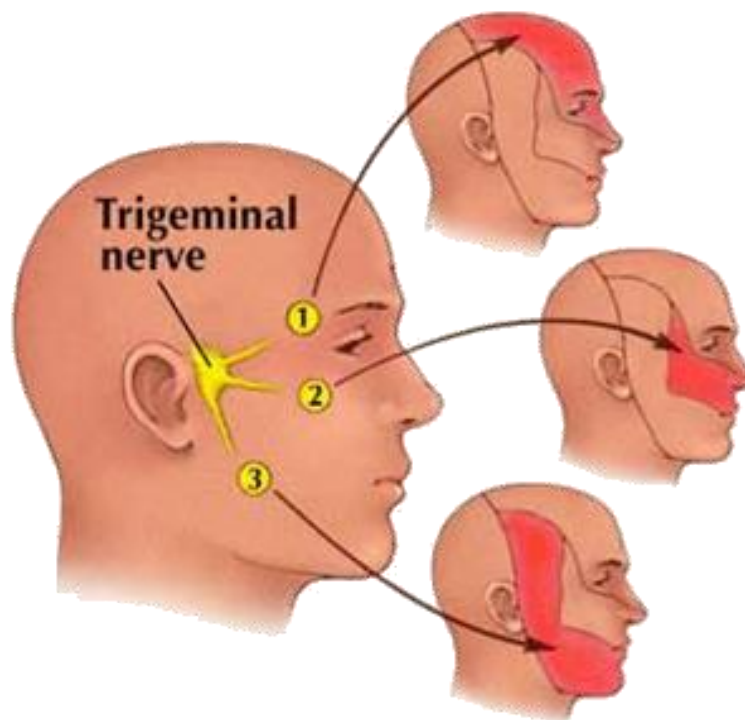
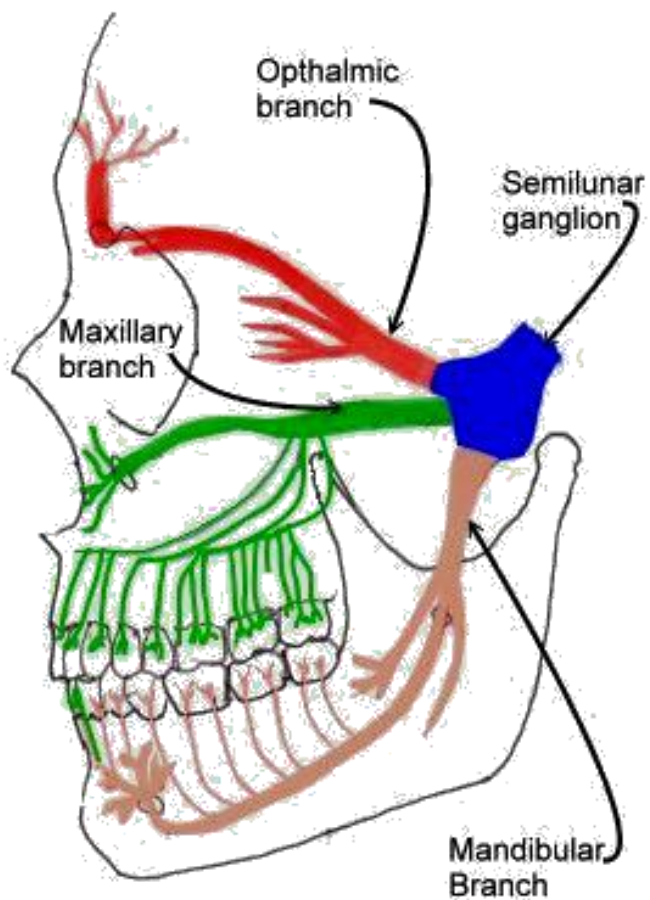
Migréna

- šíření poklesu krevního průtoku po mozkové kůře je sekundární k pokleslé neuronální funkci (metabolická deprese)
- epifenomén tzv. Leaovy korové deprese spontánní elektrické aktivity
- deprese začíná na okcipitálním pólu a šíří se dopředu na laterální, mediální a ventrální stranu mozku
- na předním okraji vlny vzniká tranzitorní porucha iontové a metabolické rovnováhy, která spustí změny krevního průtoku a ložiskové symptomy
- korový krevní průtok klesne o 20-30% zpravidla na 2–6 hodin

Migréna

- vnímání bolesti zprostředkuje tzv. trigeminovaskulární systém
 - při depolarizaci vláken trigeminovaskulárního systému se uvolňuje substance P z nervových zakončení do stěny cerebrálních cév a také přenáší současně nociceptivní signály do CNS
 - substance P potencuje mechanismy bolesti tím, že zvyšuje cévní permeabilitu, degranuluje mastocyty s následným uvolněním histaminu, serotoninu a dopaminu a stimuluje syntézu prostaglandinů.
- Tyto látky obklopují arterie bolestivým sterilním zánětem.

Trigeminální systém



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

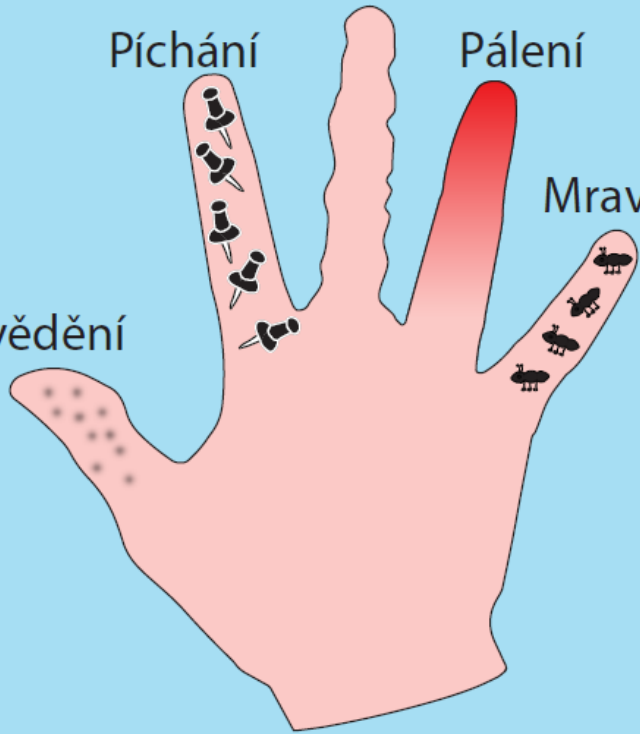
Brnění

Píchání

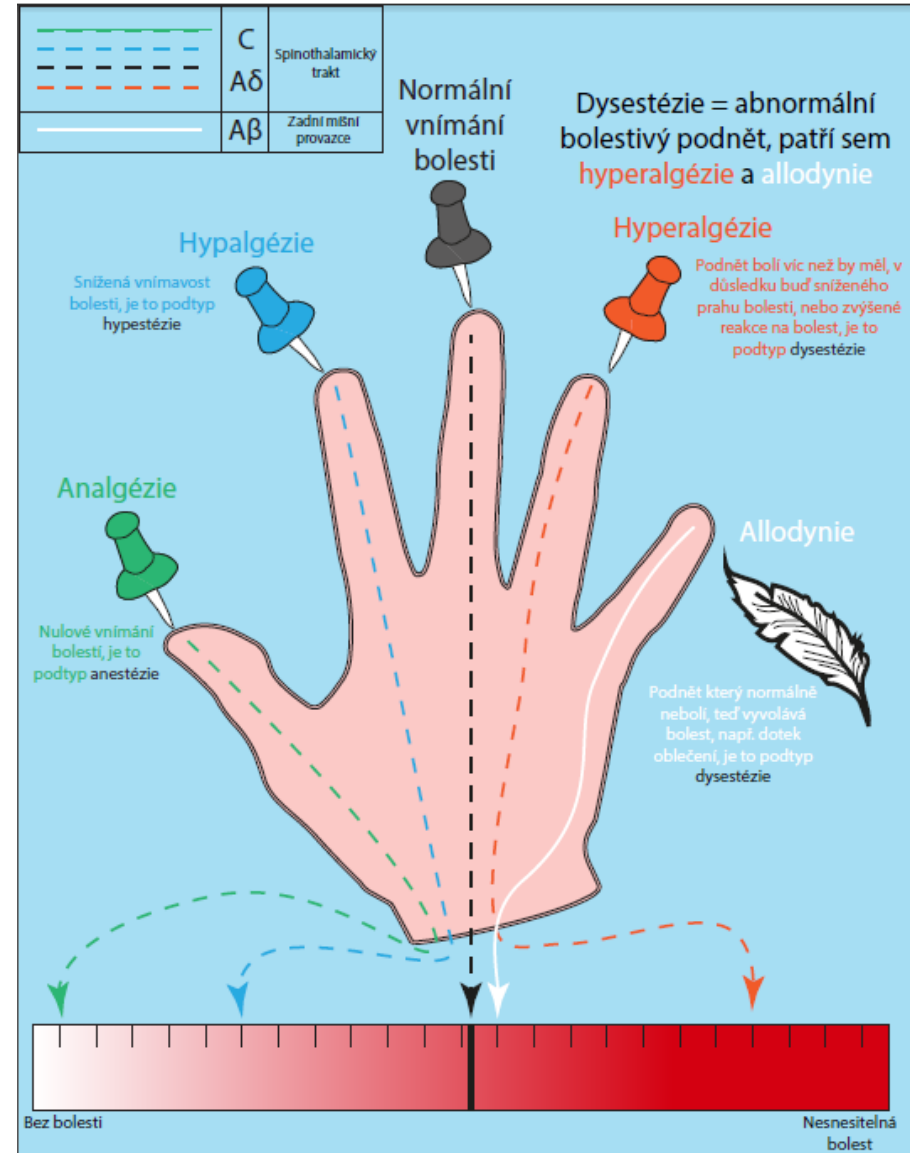
Pálení

Mravenčení

Svědění



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



Terapie bolesti - farmakologická

Periferně působící

- antipyretika, nesteroidní antirevmatika a spazmolytika → blokují tvorbu a uvolňování prostaglandinů, histaminu, bradykininu → působí přímo na periferních tkáňových receptorech
- kortikoidy → tlumí fosfolipázu A₂, antiedematózní účinek, zlepšení nálady a chuti k jídlu
- lokální anestetika → pronikají do nervových vláken (senzitivních i motorických), váží se na sodíkový kanál a přerušují vedení akčních potenciálů

Terapie bolesti - farmakologická

Centrálně působící

Analgetika – anodyna

Morfin působí na morfinové receptory a vytváří blokádu bolestivých vzruchů v thalamu, hypothalamu, limbickém systému,

kromě toho snižuje citlivost dechového centra na CO₂, tlumí kašel, kardiovaskulární reflexy, potlačuje nucení na stolicí a močení →

všeobecný antiprotektivní účinek

nebezpečí návyku

nebezpečí závislosti

Opiate Receptors In The CNS

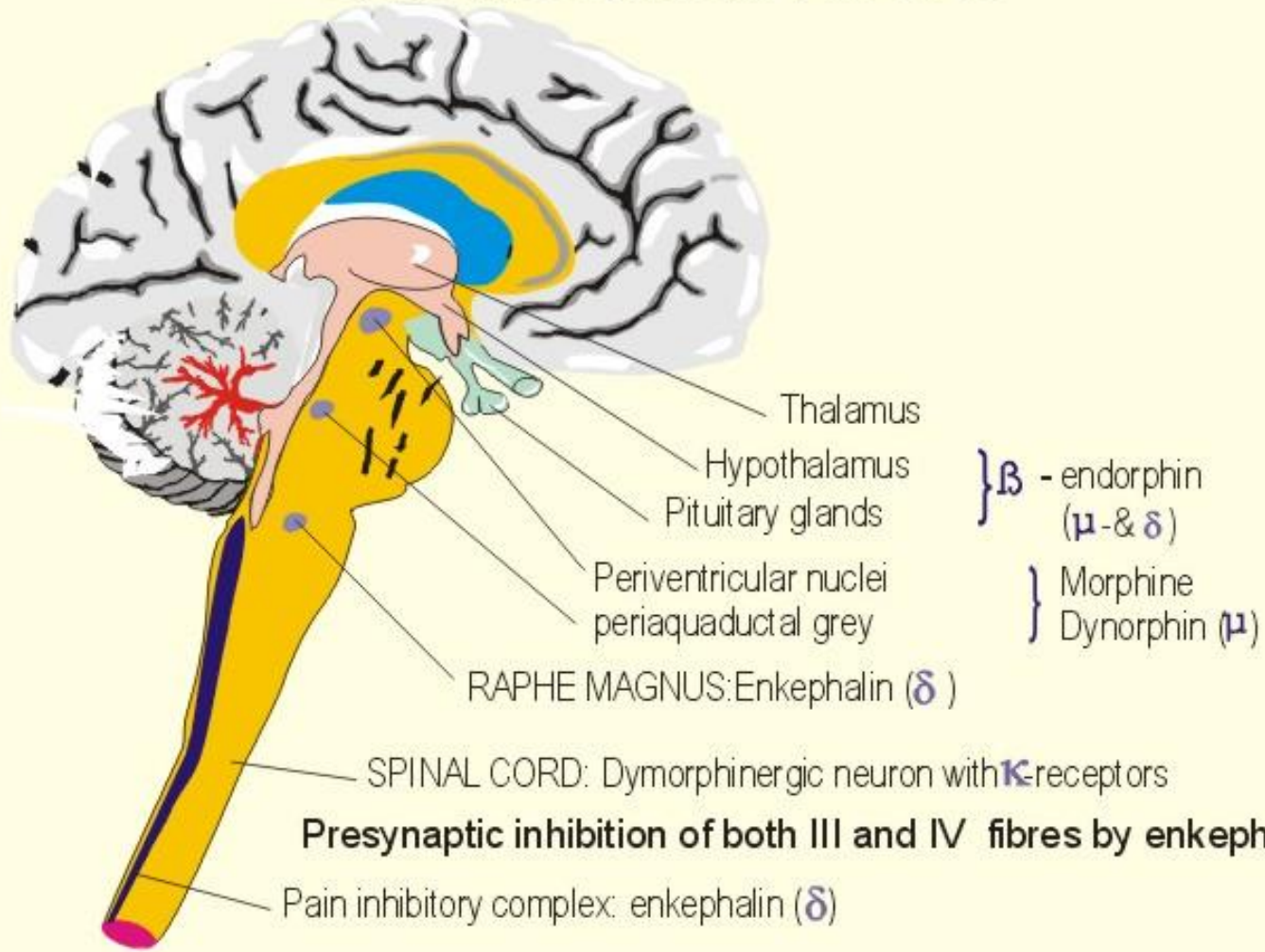
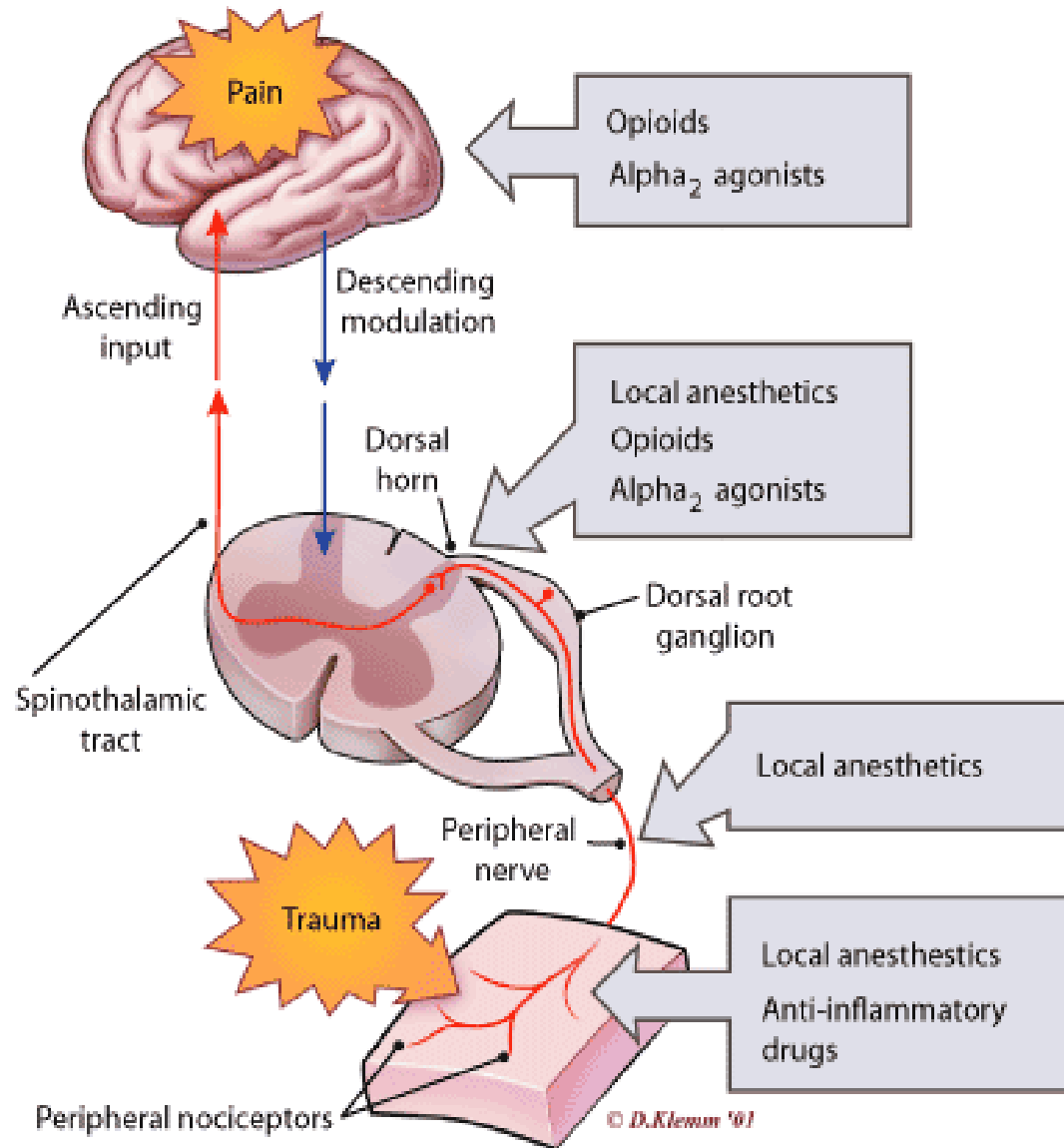


Fig. 3-10



Terapie bolesti

- **aktivace mechanoreceptorů ($A\beta$)**– pofoukání, pohlazení → interference podnětů na vstupu do hradlového systému míchy
- **teplo a chlad** – teplo: klouby, koliky, chlad: popáleniny, akutní záněty → interference podnětů na vstupu do vrátkovacího systému míchy
- **akupunktura (2000 let stará čínská léčebná metoda)** zapichování tenkých stříbrných jehel do určitých bodů na kůži, které podle anatomického pojetí postrádají definici a pravděpodobně zvyšují tvorbu mozkových endorfinů

Děkuji za pozornost