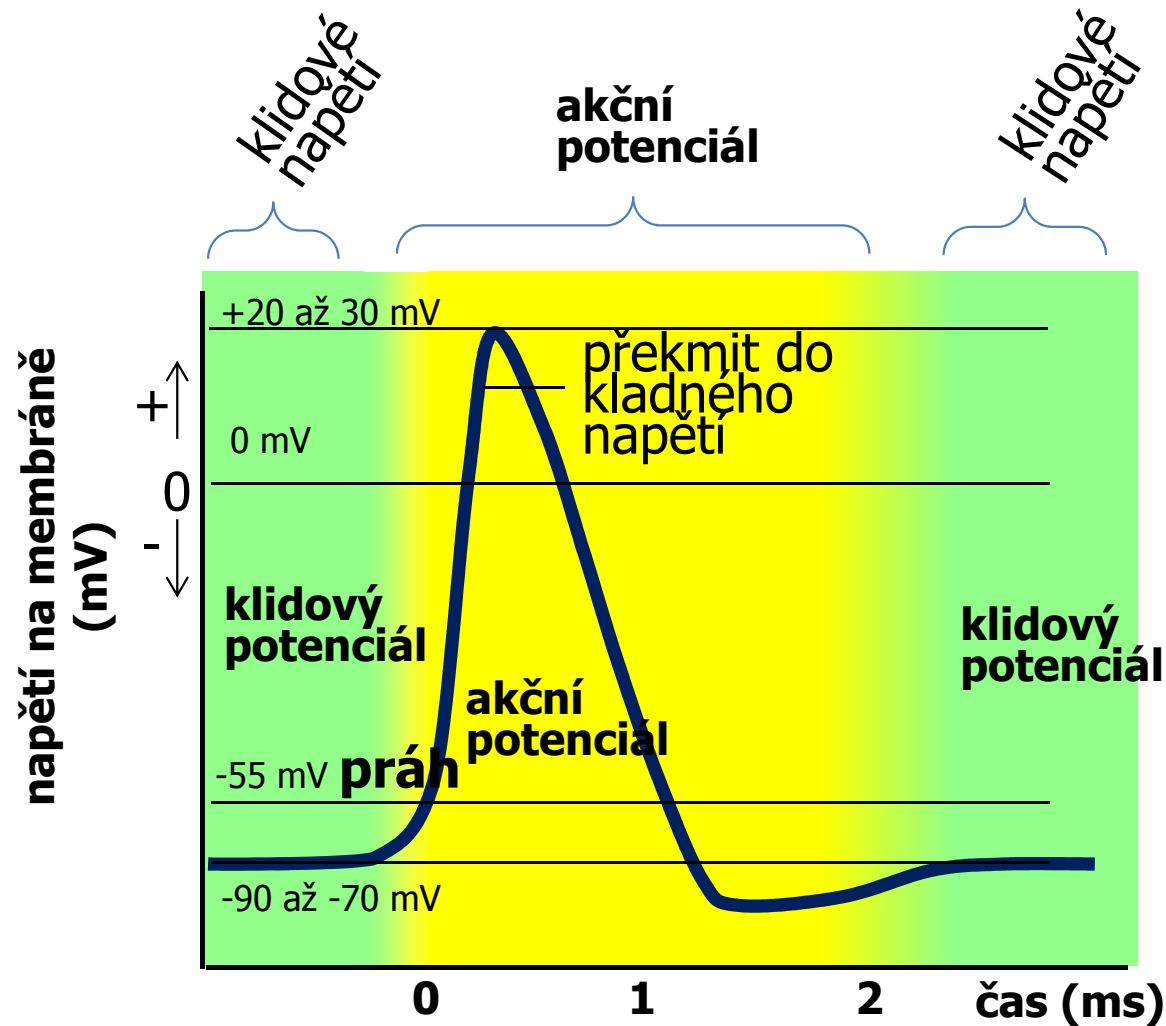


# Fyziologický význam klidového membránového napětí

- Buňky jej užívají k regulaci svých fyziologických funkcí k nimž patří:
  - ✓ propustnost membrán svalových a nervových buněk pro ionty
  - ✓ intracelulární uvolňování vápníku pro svalovou kontrakci
  - ✓ uvolňování nervových přenašečů v nervovém systému

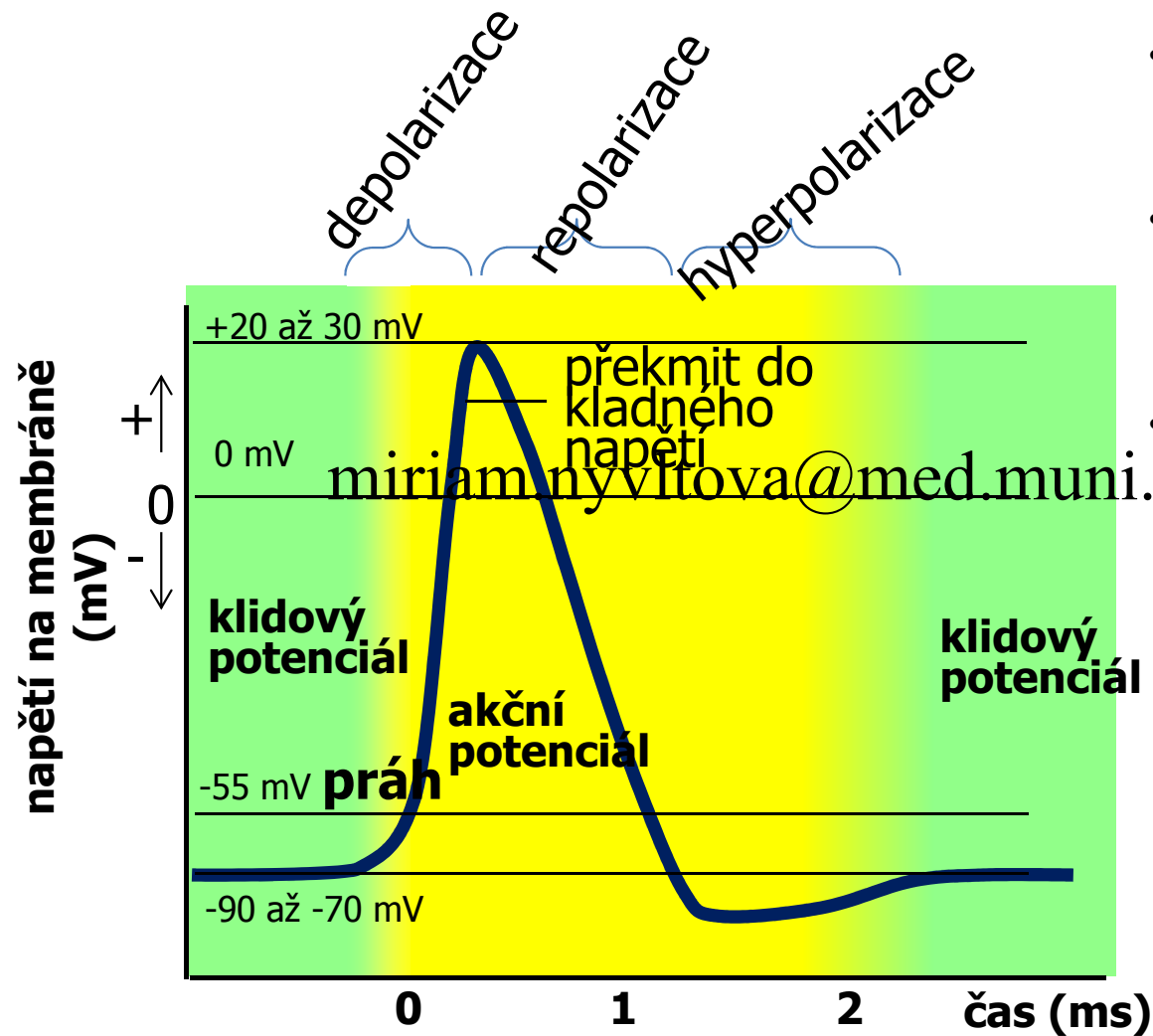
# AKČNÍ POTENCIÁL (AP)

- Podrážděním vzrušivých buněk (svalových nebo nervových) se klidové membránové napětí může změnit v AKČNÍ napětí
- AP vzniká podle **zákona: „vše nebo nic“**
  - k jeho vzniku je potřeba dostatečně silného podnětu (tzv. **nadprahový** podnět)
  - jeho další **šíření** probíhá **bez ztráty** jeho velikosti



## Klidové napětí:

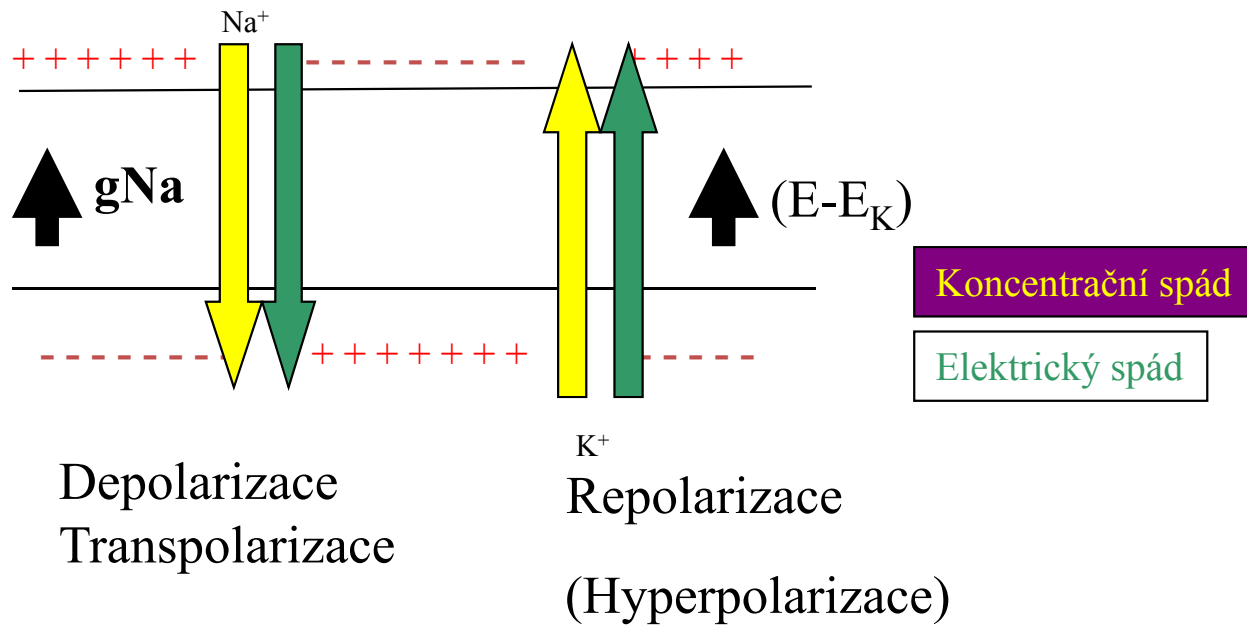
- na membráně buňky za klidových podmínek
- uvnitř buňky je záporný náboj, na povrchu buňky je kladný náboj
- buňka je nepropustná pro  $\text{Na}^+$
- uvnitř buňky je větší koncentrace  $\text{K}^+$ , mimo buňku je větší koncentrace  $\text{Na}^+$
- koncentrace  $\text{K}^+$  uvnitř je menší než koncentrace  $\text{Na}^+$  vně  
→ záporný náboj uvnitř buňky

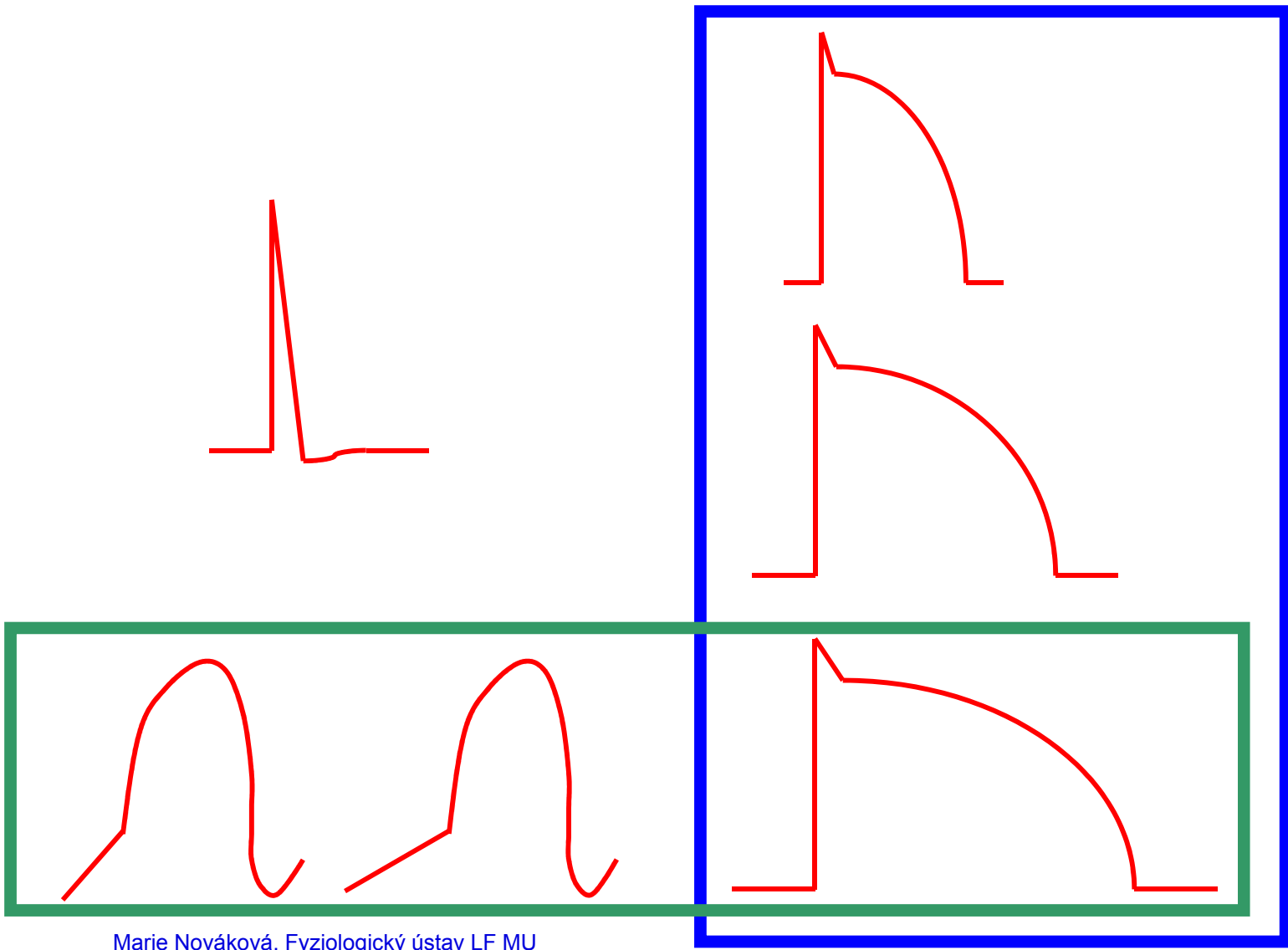


## Akční potenciál (AP)

- Pokud je překročena prahová hodnota napětí (-55 mV), vzniká na membráně akční potenciál
- **Fáze depolarizace**
  - otevírají se napěťově řízené kanály pro Na<sup>+</sup>
  - Na<sup>+</sup> velmi rychle vstupuje do buňky
- **Zákon vše nebo nic** – nepřekročí-li se práh, žádný AP, překročí-li se práh – vzniká AP
- **Fáze repolarizace**
  - kanály pro Na<sup>+</sup> jsou znovu zavřeny (velmi rychle se inaktivují)
  - Otevírají se K<sup>+</sup> kanály, K<sup>+</sup> vystupuje z buňky
  - Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> pumpou je Na<sup>+</sup> pumpován ven, K<sup>+</sup> dovnitř
  - Napětí se dostává zpět ke klidovým hodnotám

# AKČNÍ NAPĚTÍ





Marie Nováková, Fyziologický ústav LF MU

# Fyziologický význam akčního potenciálu

- změnou klidového membránového potenciálu v akční potenciál se:
  - ✓ kódují a přenášejí informace v živých systémech (nervová soustava)
  - ✓ spouští se svalová kontrakce (svalstvo)





# Nervový systém - hlavní funkce

- Přijímání, zpracování a ukládání informací, které přicházejí z vnitřního, ale i vnějšího prostředí
- Tyto informace využije pro řízení (regulaci) a vzájemnou koordinaci činnosti jednotlivých orgánových systémů
- Takto jsou zabezpečeny:
  - funkční jednota živého organismu jako celku
  - schopnost přizpůsobovat se změnám vnějšího prostředí

## Stavba nervové soustavy

### •Neurony

–Příjem, integrace a šíření informace

### •Neuroglie (astrocyty, oligodendrocyty, mikroglie, ependymální buňky)

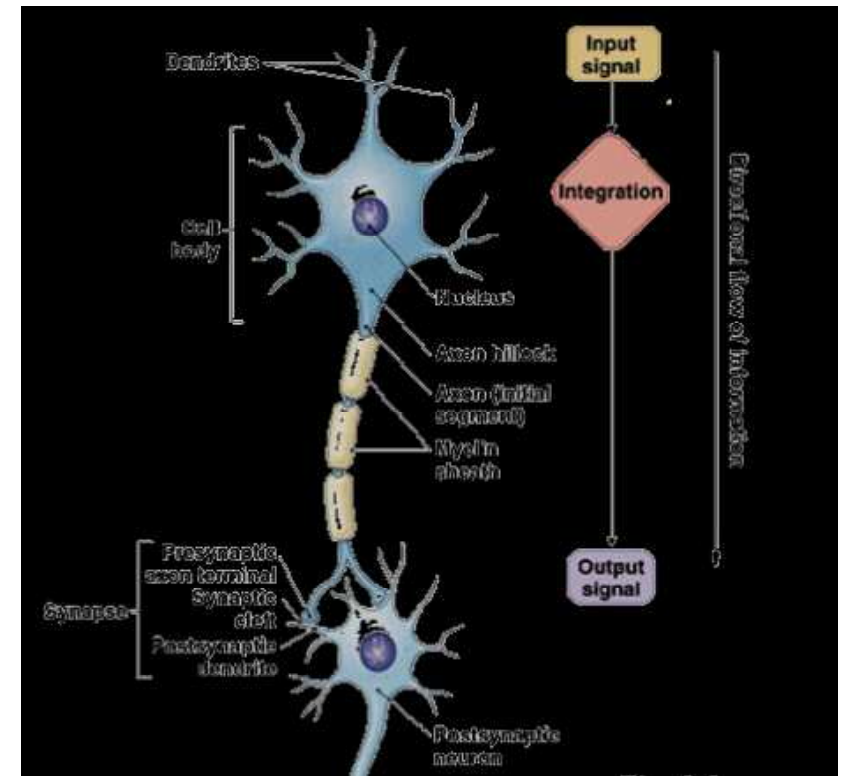
–Podpůrná činnost

### •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)



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

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

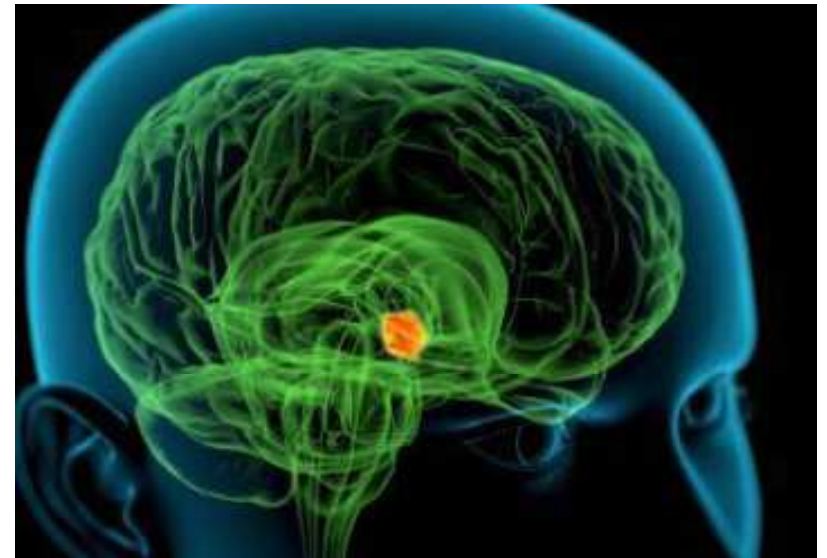
# Regulační povaha nervového systému

**Regulace** - ve fyziologii rozeznáváme  
**základní 2 typy** regulací

– *Nervová*

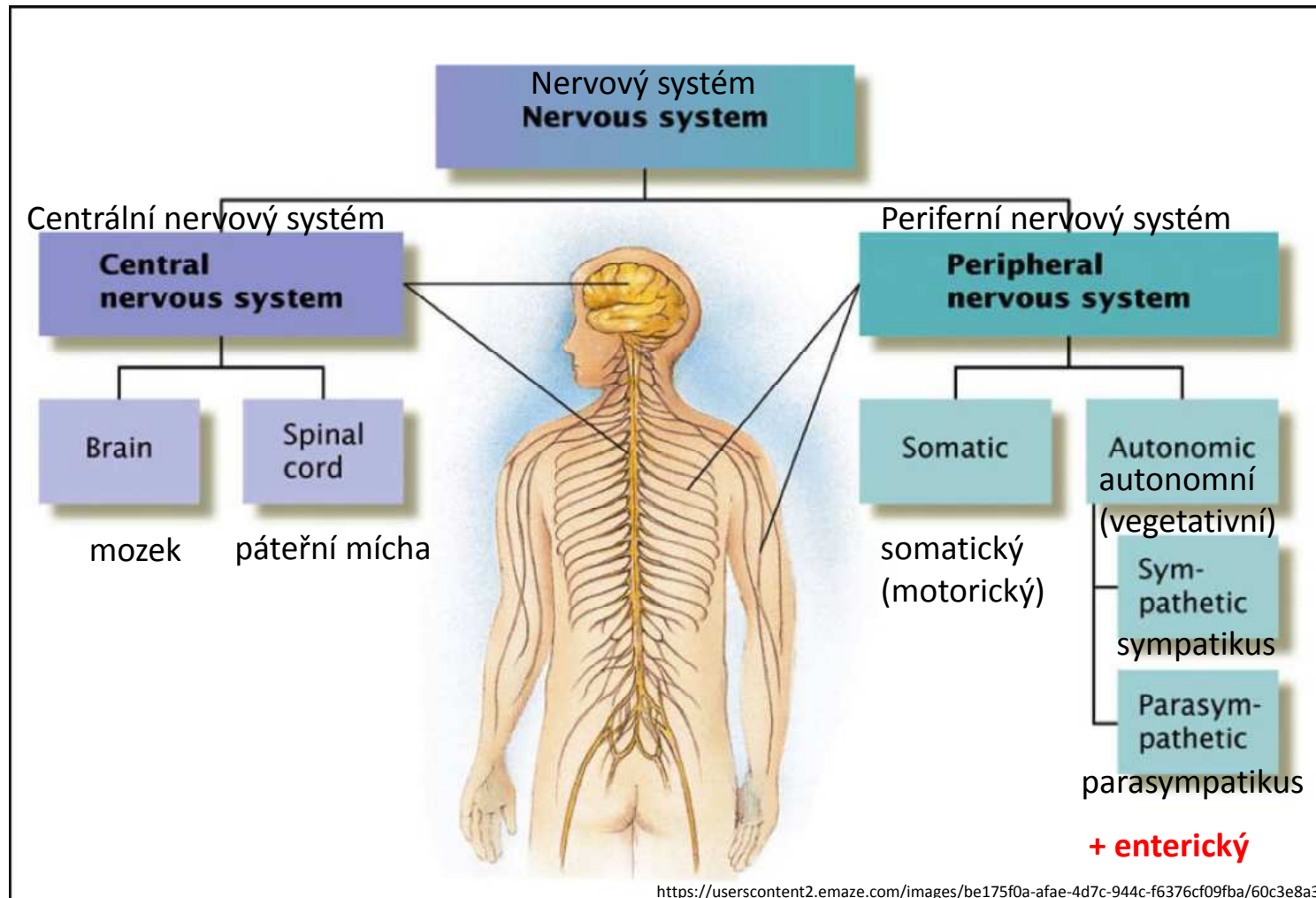
– *Humorální (hormonální)*

Centrální nervový systém je součástí nervové regulace  
a významně ovlivňuje i regulaci hormonální



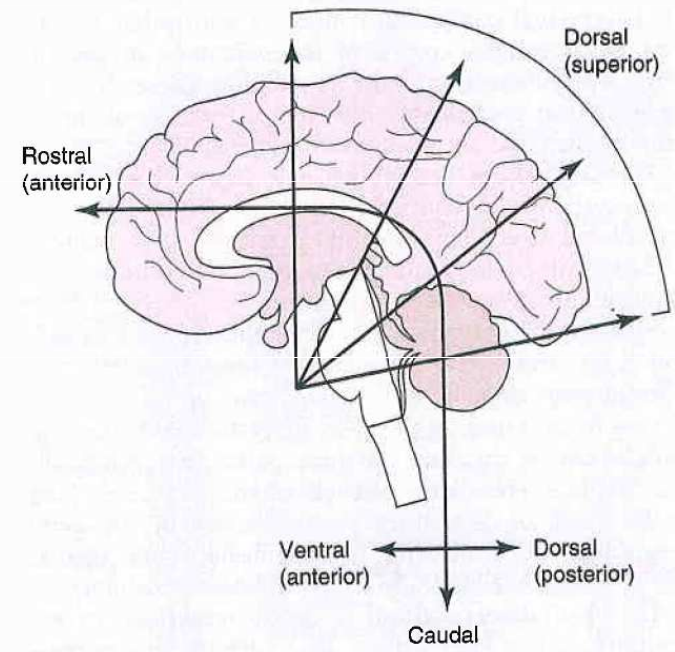
<http://biology.about.com/od/anatomy/p/Hypothalamus.htm>

# Stavba nervové soustavy

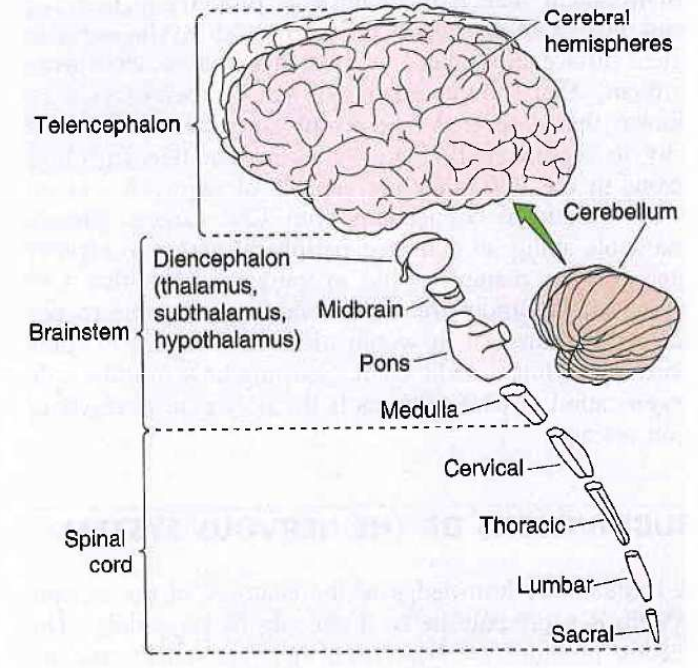


274 10 / Organization of the Nervous System

A AXES OF THE CNS



B MAJOR COMPONENTS OF THE CNS



C SURFACE ANATOMY OF THE CEREBRAL CORTEX

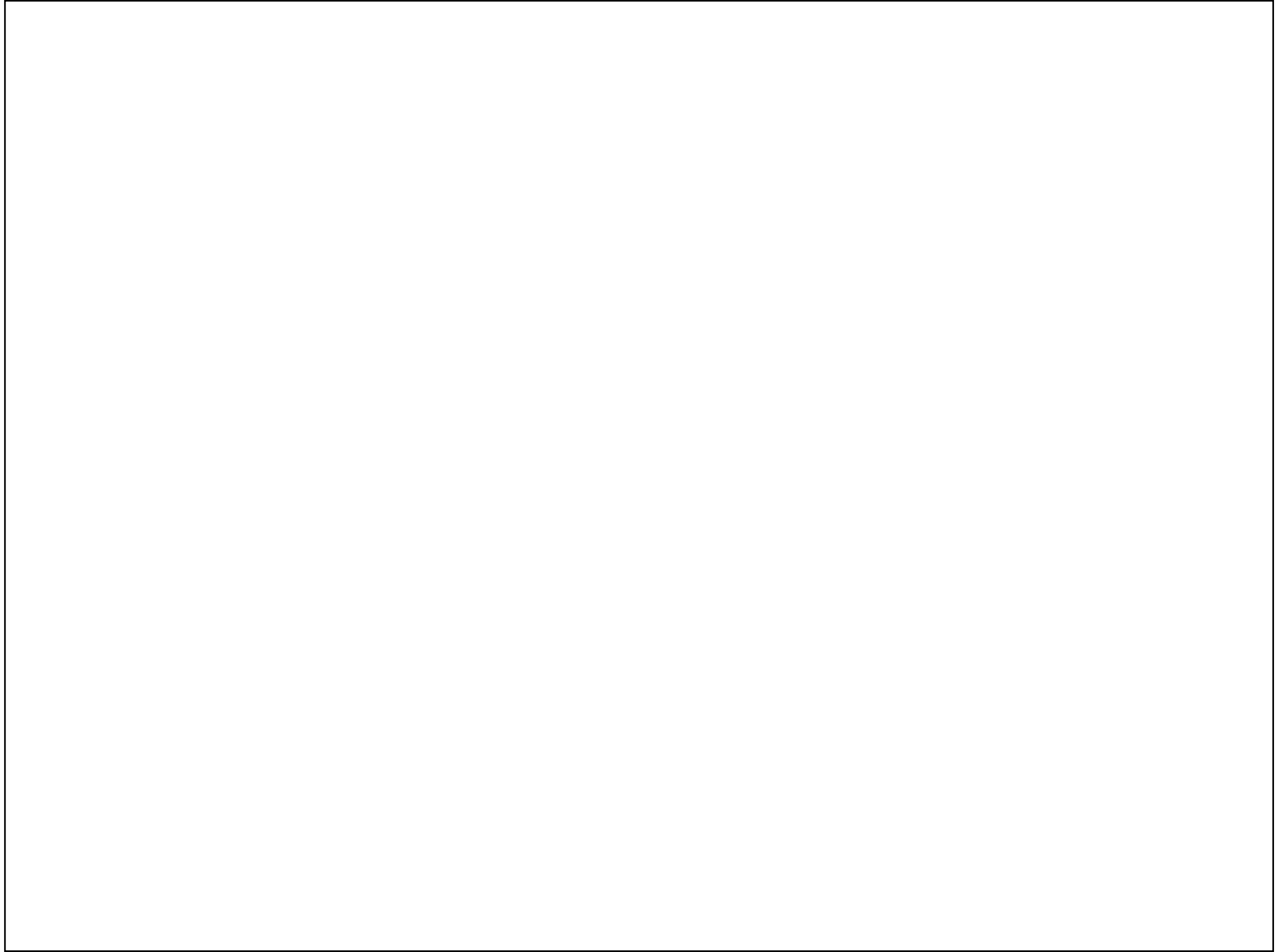


Exportovat PDF  
Vytvořit PDF  
Presto! Scan Buttons  
Zkombinovat soubory

Adobe Acrobat Pro DC  
Sloučit dva nebo více souborů do jednoho PDF  
Další informace

Vyplnit a podepsat

Ukládejte a sdílejte soubory ve službě Document Cloud  
Další informace



# AUTONOMNÍ (VEGETATIVNÍ) NERVOVÝ SYSTÉM

Autonomní nervový systém je součástí periferního nervového systému, jehož úlohou je udržovat optimální vnitřní podmínky organismu (homeostázu).

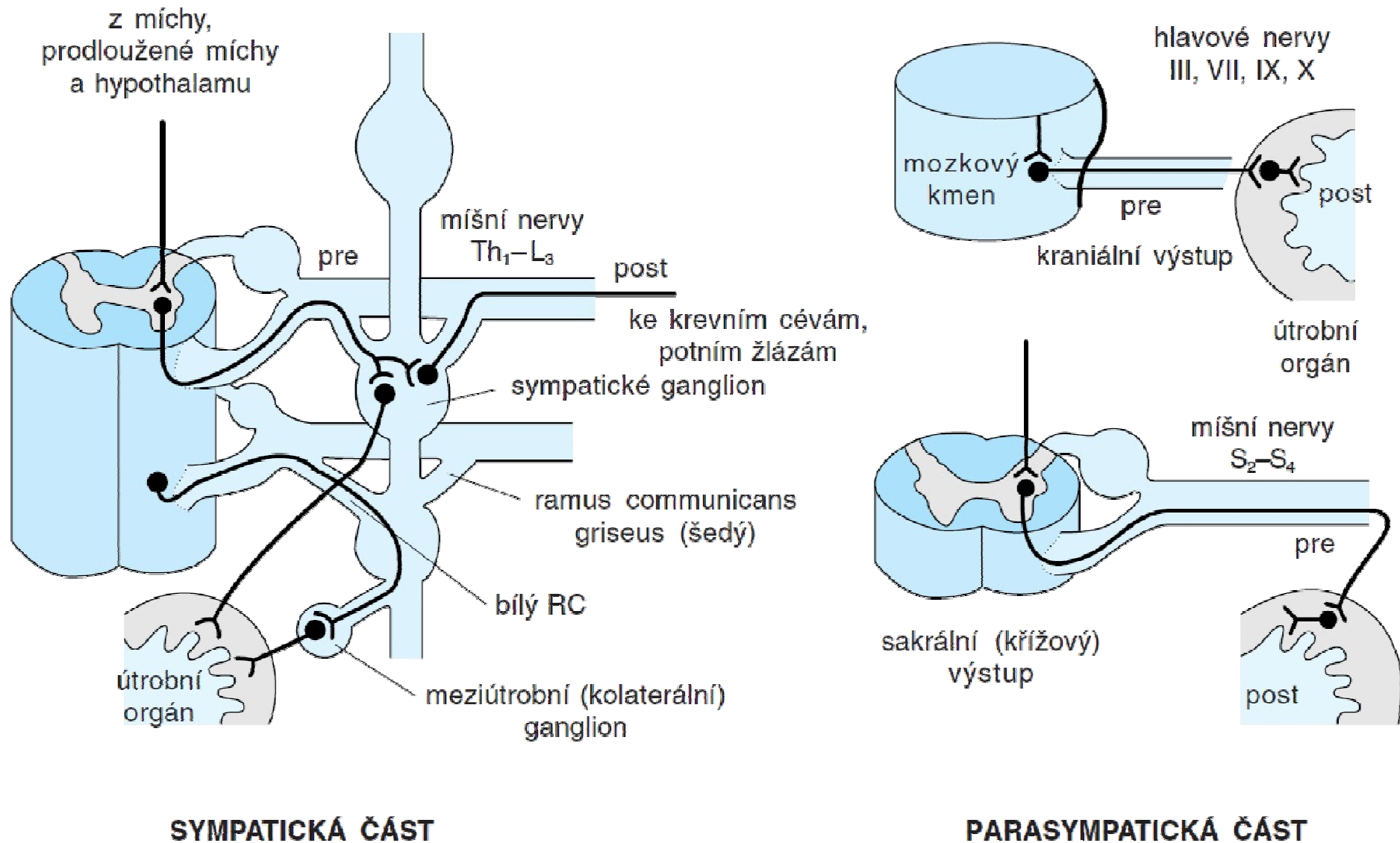
- Sympatický
  - Parasympatický
  - Enterický
- } nervový systém

Efektory tohoto systému jsou hladké svaly, srdeční sval, žlázy

Eferentní část reflexního oblouky při vegetativních reflexech se rozděluje na část pregangliovou a postgangliovou



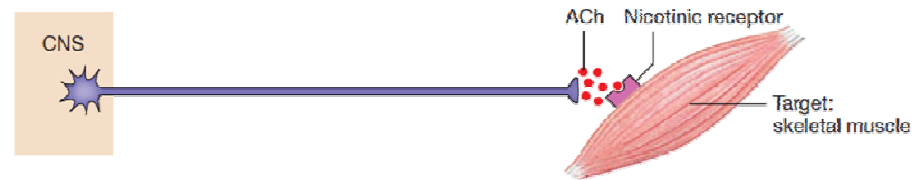
# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM





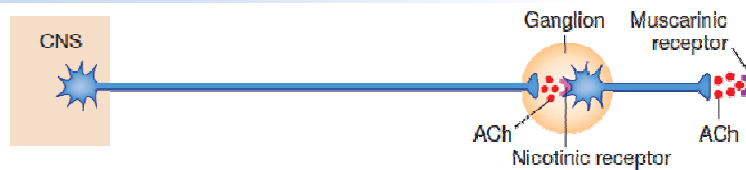
# Autonomní NS versus SOMATICKÝ NS

## SOMATIC MOTOR PATHWAY

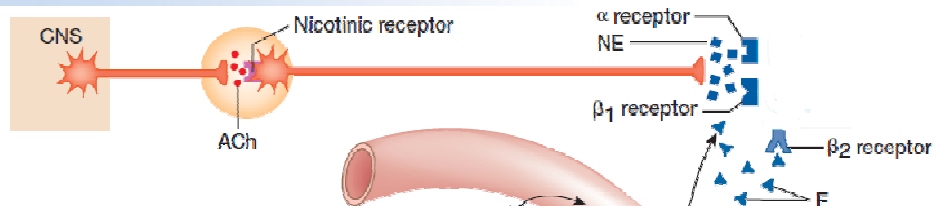


## AUTONOMIC PATHWAYS

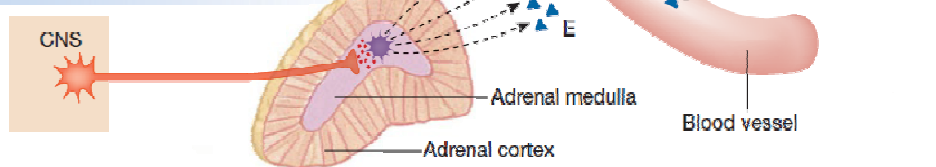
### (a) Parasympathetic Pathway



### (b) Sympathetic Pathway



### (c) Adrenal Sympathetic Pathway



# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM

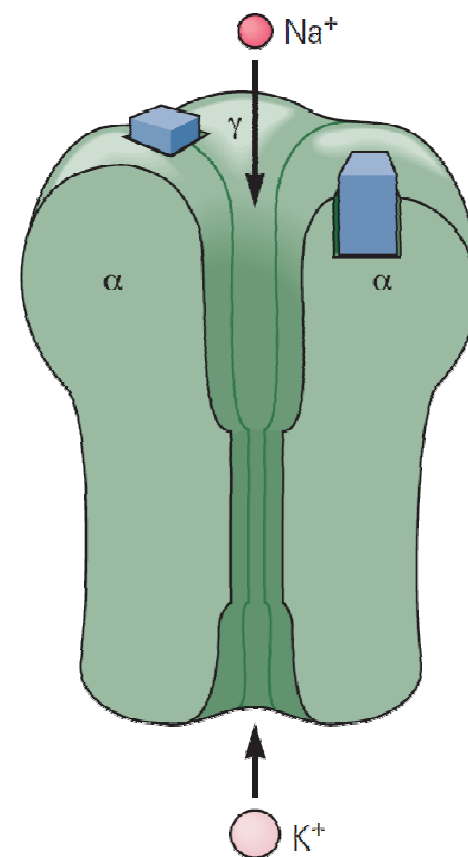
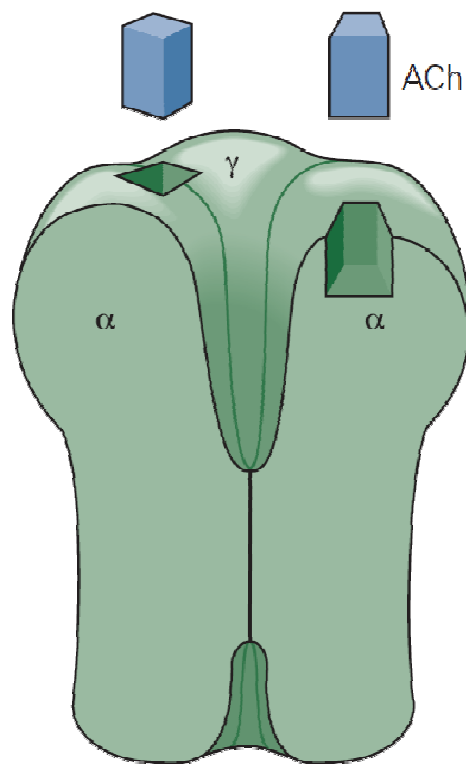
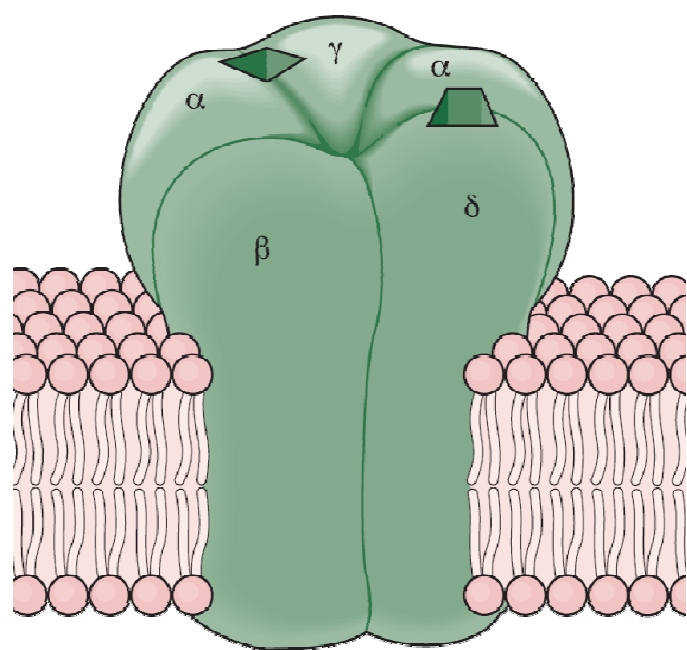
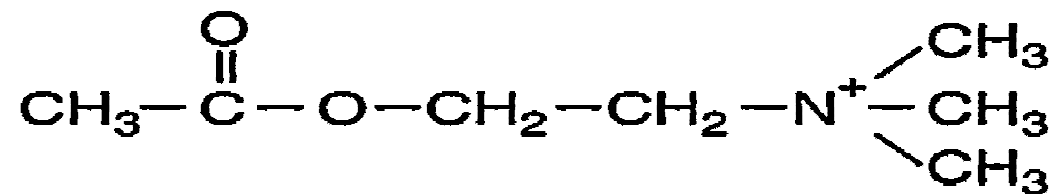
## Pregangliová vlákna

- Sympatikus, Parasympatikus

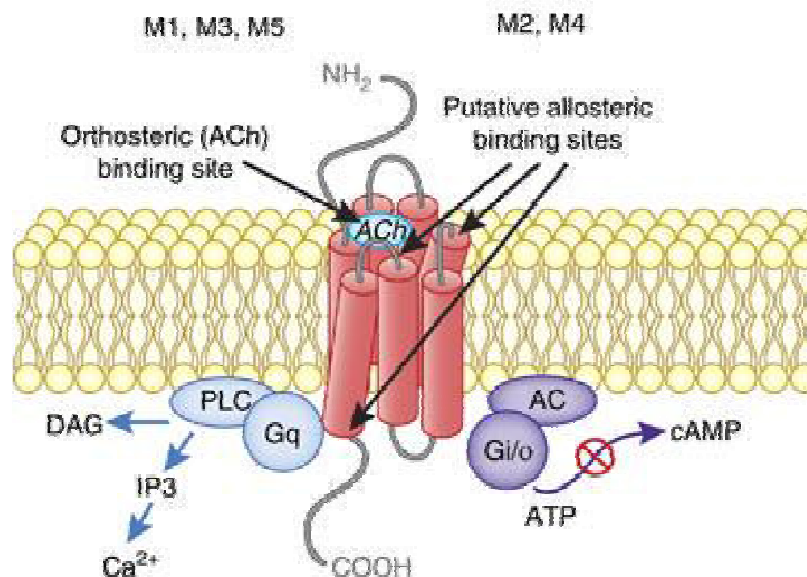
### *Nikotinový receptor*

- Nervový ( $N_N$ ) a svalový ( $N_M$ ) typ
- Excitace

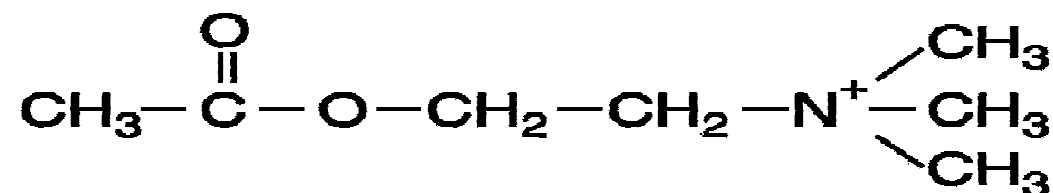
## ACh



# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



**ACh**



## Postganglionová vlákna

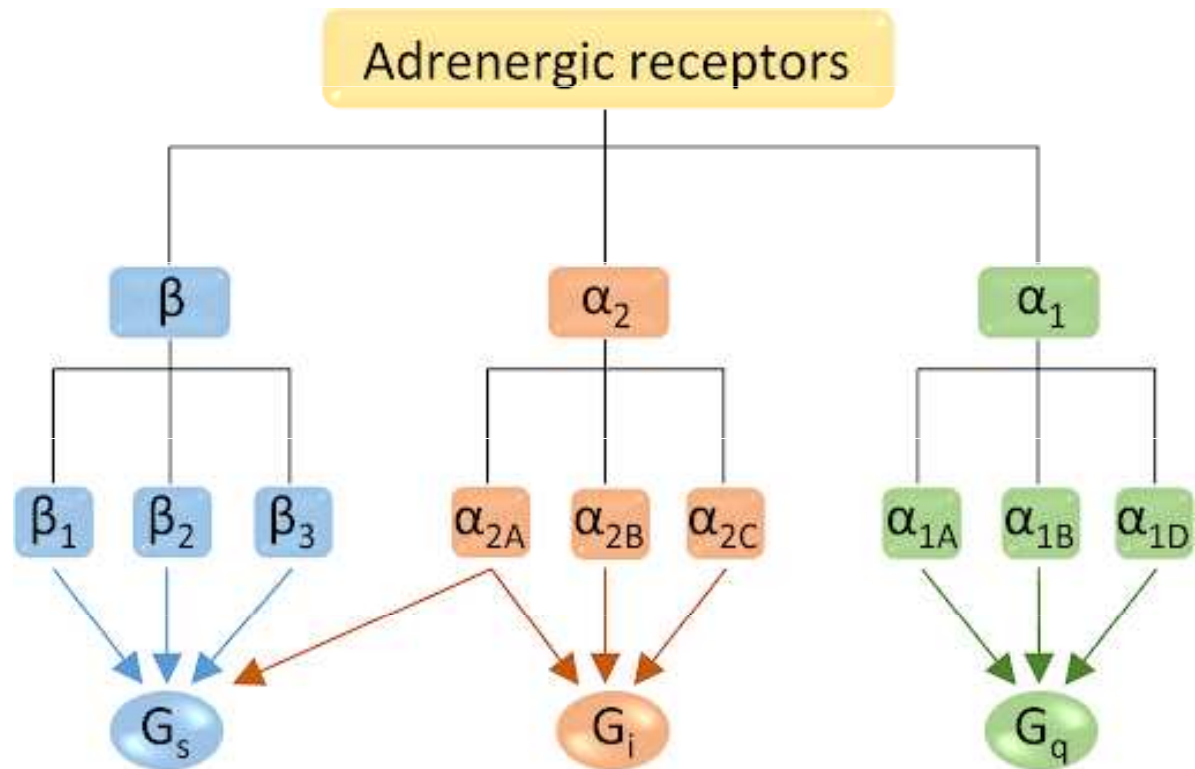
- Parasympatikus

### *Muskarinový receptor*

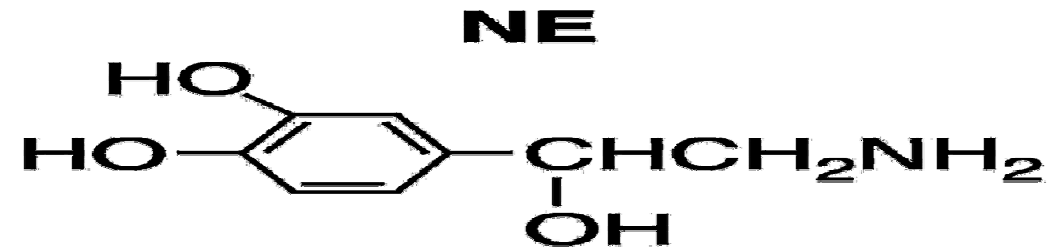
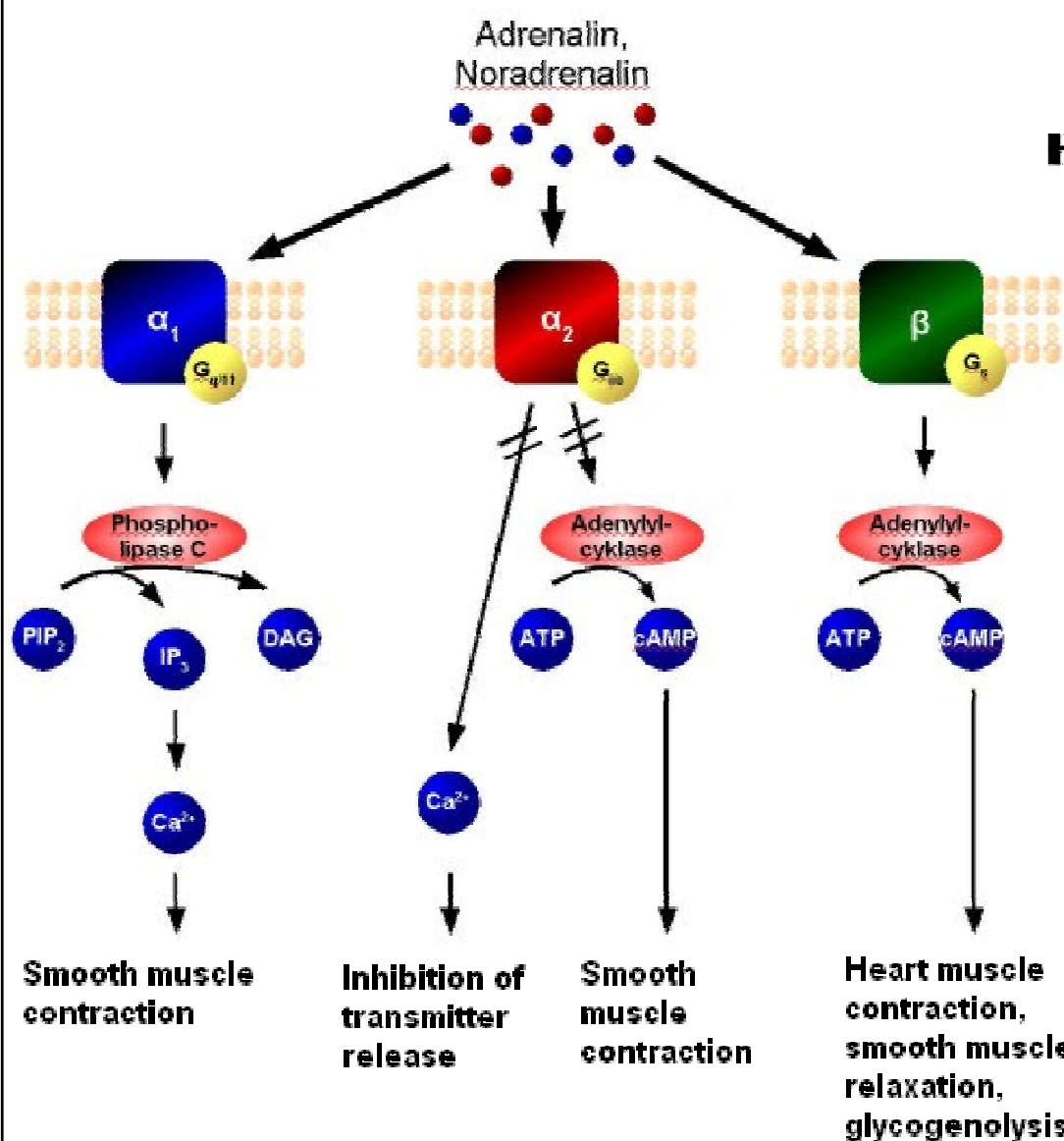
- Spřažený s G-proteinem
- Excitační (M<sub>1</sub>, M<sub>3</sub>, M<sub>5</sub>)
- Inhibiční (M<sub>2</sub>, M<sub>4</sub>)

# Autonomic nervous system

- Postganglionic fibers
- SNS
- *Adrenergic receptor*
  - G-protein coupled



# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



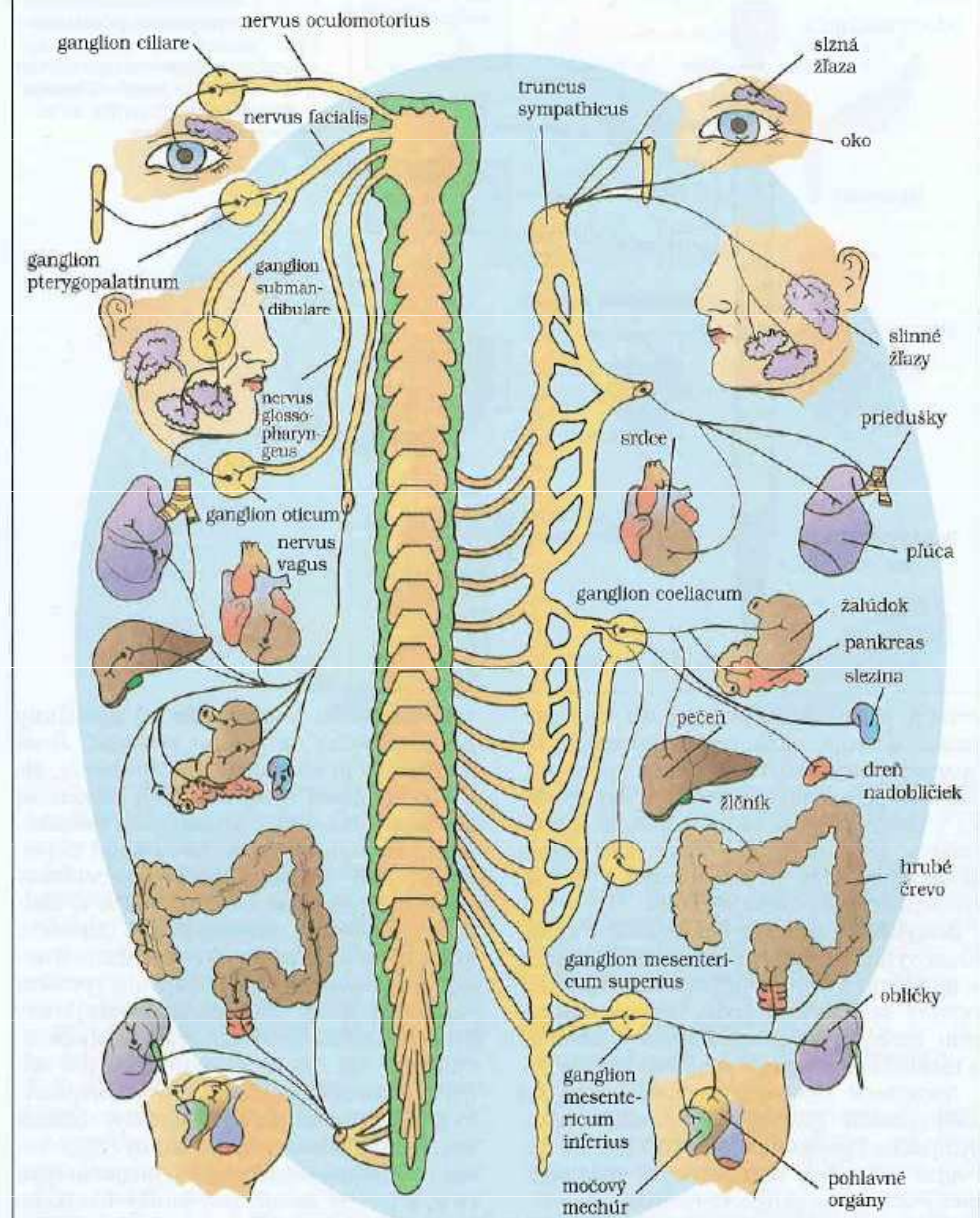
Postgangliová vlákna sympatiku

*Adrenergní receptor*

- Spřažený s G-proteinem
- Typ  $\alpha$  – obecně excitační
- Typ  $\beta$  – obecně inhibiční

KRANIOSAKRÁLNY PARASYMPATIKOVÝ SYSTÉM

TORAKOLUMBÁLNY SYMPATIKOVÝ SYSTÉM





## Sympathetic nervous system

Fight or flight response

Energy/store consumption

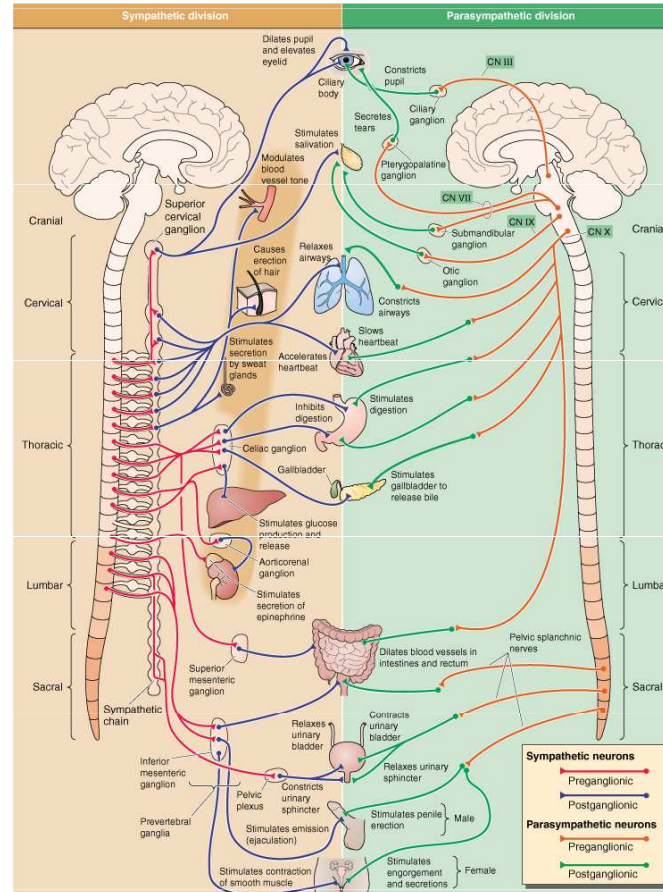
Preganglionic neuron

– Spinal cord  
-Thoraco - lumbar system

Ganglia  
*Paravertebral*  
-Truncus sympathicus  
- Majority

*Prevertebral*  
-Plexus aorticus

Mostly diffuse effect



## Parasympathetic nervous system

Rest and digest response

Energy conservation/en. store production

Preganglionic neuron  
– Brain stem and spinal cord  
– cranio-sacral system

Ganglia  
*Close to target organs or intramurally*

Mostly local effect

Výkonný orgán	Sympatikové nervy	Parasympatikové nervy
<i>Obehový systém</i> Srdcový sval	Vyššia frekvencia systol, sila kontrakcií, rýchlosť šírenia vzruchu	Nižšia frekvencia systol a sila kontrakcií, najmä predsiení
Koronárne cievy	Dilatácia ( $\beta_2$ ), konstrikcia ( $\alpha$ )	Dilatácia
Krvné cievy	Najčastejšie vazokonstrikcia	Najčastejšie bez účinku
Arterioly v svaľe	Konstrikcia (adrenergické $\alpha$ ), dilatácia (adrenergické $\beta_2$ )	Bez účinku
Arterioly vo viscerálnych orgánoch	Konstrikcia	Bez účinku
Arterioly v koži	Konstrikcia	Bez účinku
<i>Tráviaci systém</i>	Pokles motility a tonusu, zvýšený tonus sfinktrov, relaxácia žlčníka	Zvýšená motilita a tonus, relaxácia sfinktrov, kontrakcia žlčníka
Pečeň	Uvoľňovanie glukózy	Mierna glykogenosyntéza
Slinné, žalúdočné a pankreatické žľazy	Mierna sekrécia	Intenzívna sekrécia
<i>Dýchací systém</i>	Dilatácia bronchiolov, mierna konstrikcia pľúcnych ciev	Konstrikcia bronchiolov
<i>Uropoetický systém</i> Močový mechúr	Mierne relaxovaný musculus detrusor, kontrakcia trigonum vesicae	Kontrakcia musculus detrusor, relaxácia trigonum vesicae
Močovody	Zvýšená motilita a tonus	?
Cievy penisu a klitoris	Bez účinku	Erekcia penisu a klitoris
Pohlavné orgány	Ejakulácia, ženský orgazmus	
<i>Žľazy</i>		
Nosové, slzné	Mierna sekrécia	Intenzívna sekrécia
Potné	Silné cholinergické potenie	Potenie rúk a dlaní
Epifýza	Zvýšená sekrécia a sekrécia melatonínu	
<i>Zmyslové orgány</i> Oko	Rozšírené zrenice, mierna relaxácia musculus ciliaris	Zúženie zrenice, kontrakcia musculus ciliaris
<i>Musculi arrectores pilorum</i>	Kontrakcia	Bez účinku
<i>Krv</i> Zrážanie krvi	Zvýšenie	Bez účinku
Koncentrácia glukózy	Zvýšenie	Bez účinku
Koncentrácia lipidov	Zvýšenie	Bez účinku



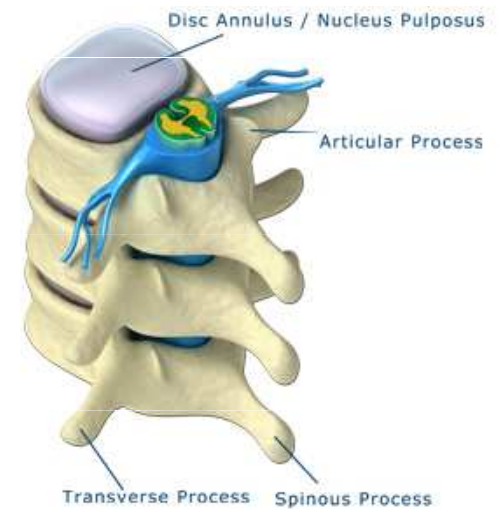
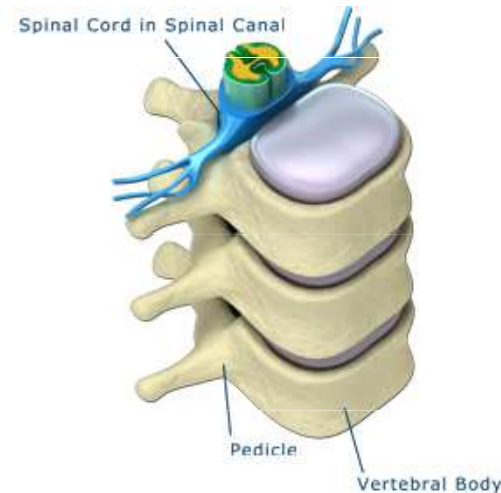
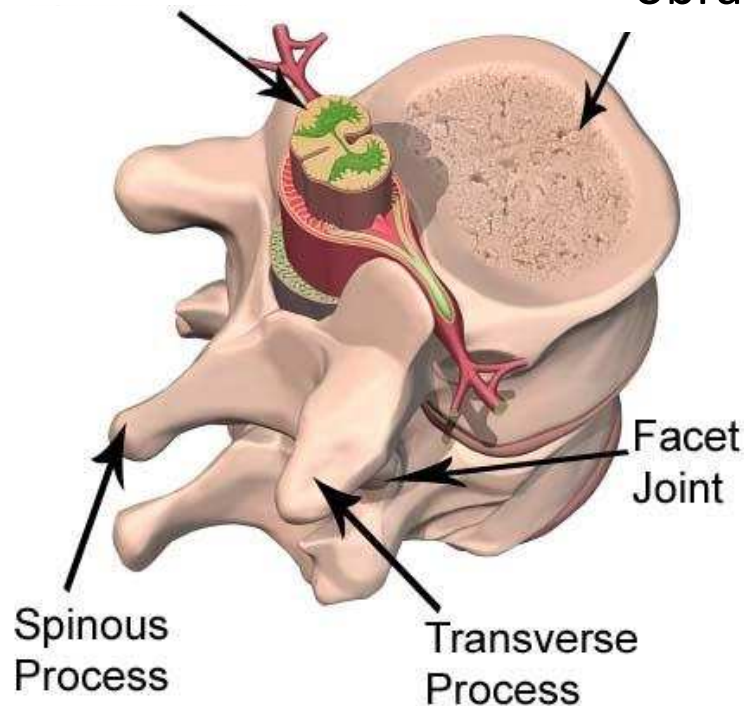
Funkce míchy  
a  
Reflexy

# Funkce páteřní míchy

- fylogeneticky nejstarší
- funkce
  - „koridor“ pro přenos informací mezi mozkem a orgány
  - Nervové centrum pro zpracování míšních reflexů
- Reflexy zprostředkované páteřní míchou jsou regulované/modifikované nadřazenými (fylogeneticky mladšími) nervovými centry, aby lépe sloužily funkci organismu jako celku (páteřní mícha je podřízena mozku)

## Páteřní mícha

Tělo  
obratle



# Segmenty páteří míchy

Z každého segmentu páteře vycházejí míšní nervy, které inervují příslušnou oblast těla

C – krční (cervikální) segmenty

Th – hrudní (thorakální) segmenty

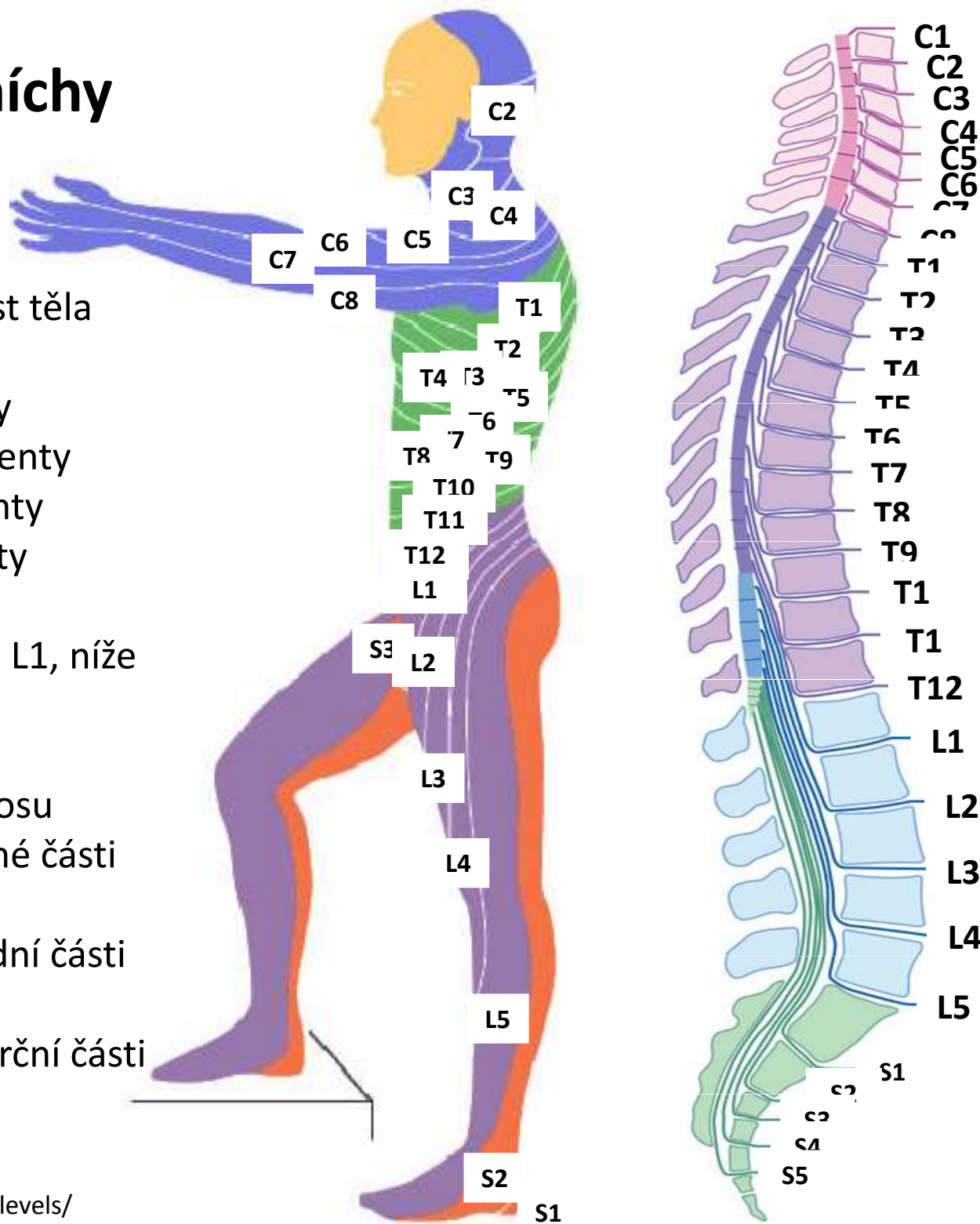
L – bederní (lumbální) segmenty

S – kostrční (sakrální) segmenty

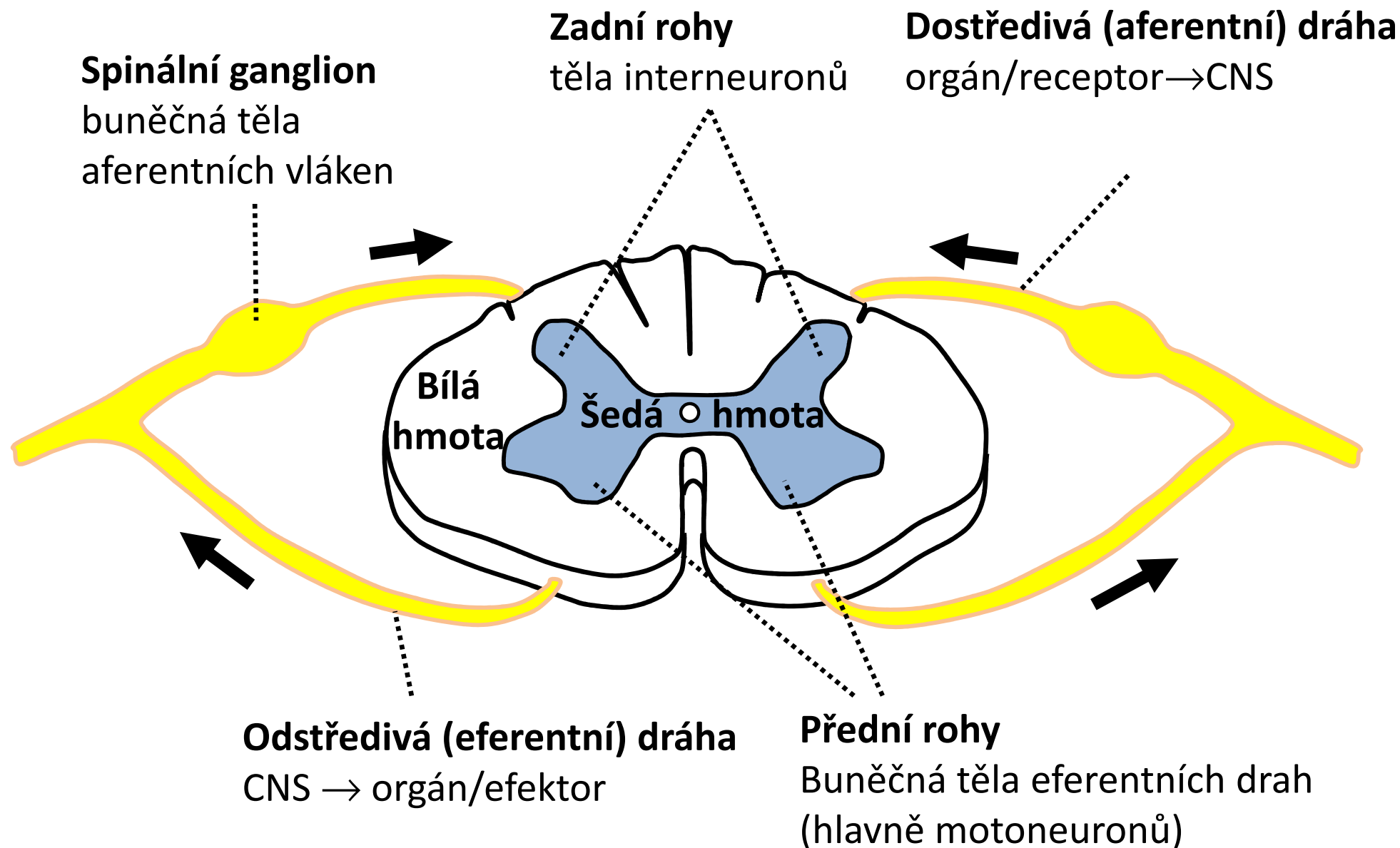
Páteřní mícha zasahuje jen do L1, níže pokračují pouze míšní nervy

Přerušeni míchy – ztráta přenosu informace z mozku do příslušné části těla

- Paraplegie - přerušeni hrudní části míchy
- Kvadruplegie – přerušeni krční části míchy



# Stavba segmentu páteřní míchy



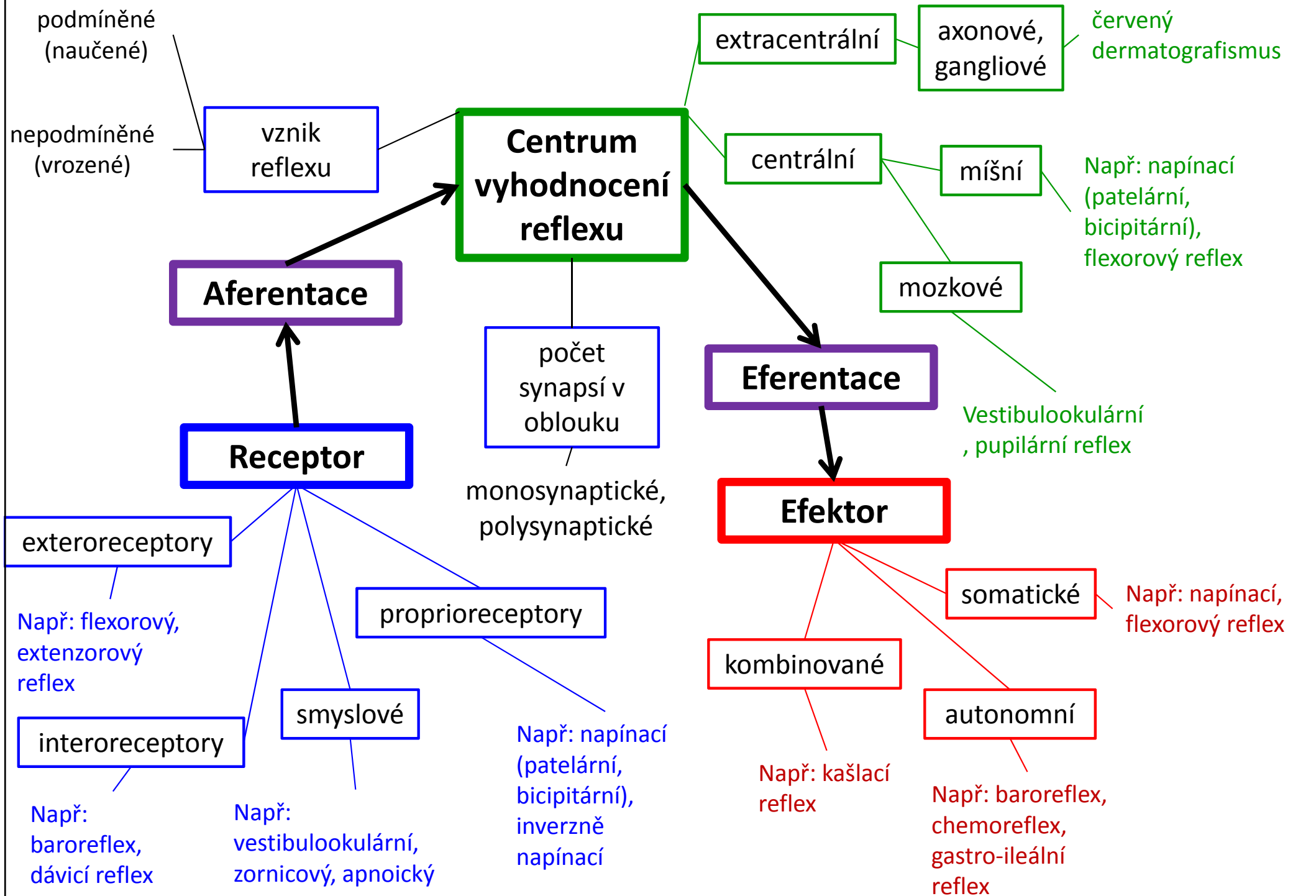
# Reflex

- Základní funkční jednotka činnosti CNS
- **Mimovolní, rychlá, stereotypní odpověď organismu na periferní podnět**
- **Reflexní oblouk** – soubor struktur zapojených do realizace reflexu
  - Receptor
  - Aferentní (dostředivá) nervová dráha
  - Reflexní centrum
  - Eferentní (odstředivá) nervová dráha
  - Efektor (výkonný orgán)
- **Reflexní centrum** – integrační centrum – interneurony a eferentní neuron přijímá informace nejen z receptoru, ale i z nadřazených center CNS
- Čím více interneuronů, tím má CNS větší možnosti modifikovat reflexní odpověď
- Reflexní oblouk je přesně anatomicky určený → diagnostika neurologických poranění

## Účel reflexů

- Ochrana - snížení intenzity podnětu, který představuje hrozící poškození tkáně (Např. reflexní odtažení ruky od rozpálených kamen vede ke snížení intenzity tepelného podnětu)
- Korekce na změnu (nechtěné protažení svalu vede k jeho zkrácení na žádanou délku)

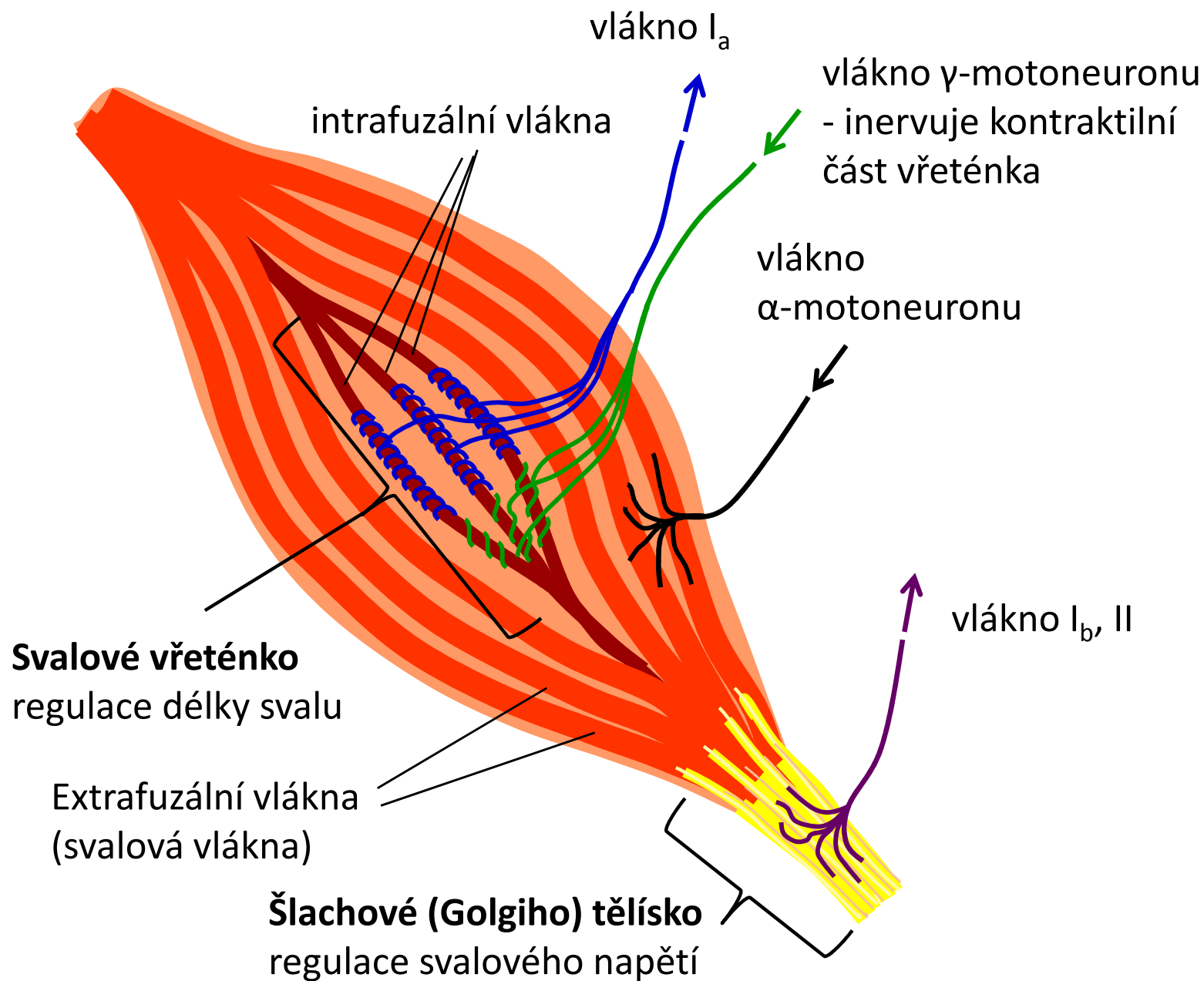
Zpětná vazba reflexního oblouku



# Klasifikace reflexů

- **Podle receptorů**
  - Proprioreceptorový – receptor je součástí efektorového orgánu (proprioreceptor – šlachové tělíčko, svalové vřetenko, receptory v kloubech)
  - Exteroreceptorový – efektorový orgán je jinde než receptor, může být více efektorových orgánů (exterorecepce tlaku, bolesti, tepla,...)
  - Interoreceptorový (viscerální)
- **Podle efektorů**
  - Somatické
  - Autonomní (vegetativní)
- **Podle získání reflexu**
  - Vrozené – nepodmíněné
  - Získané – podmíněné
- **Podle toho, kde je centrum reflexu**
  - Centrální – centrum v CNS (mozek, mícha)
  - Extracentrální – centrum mimo CNS (gangliový, axonový reflex)
- **Podle počtu neuronů (počtu synapsí mezi aferentním a eferentním neuronem)**
  - Monosynaptické
  - Polysynaptické – do reflexního oblouku je zařazen jeden a více interneuronů

# Proprioreceptory - Svalové vřeténko a Golgiho tělísko





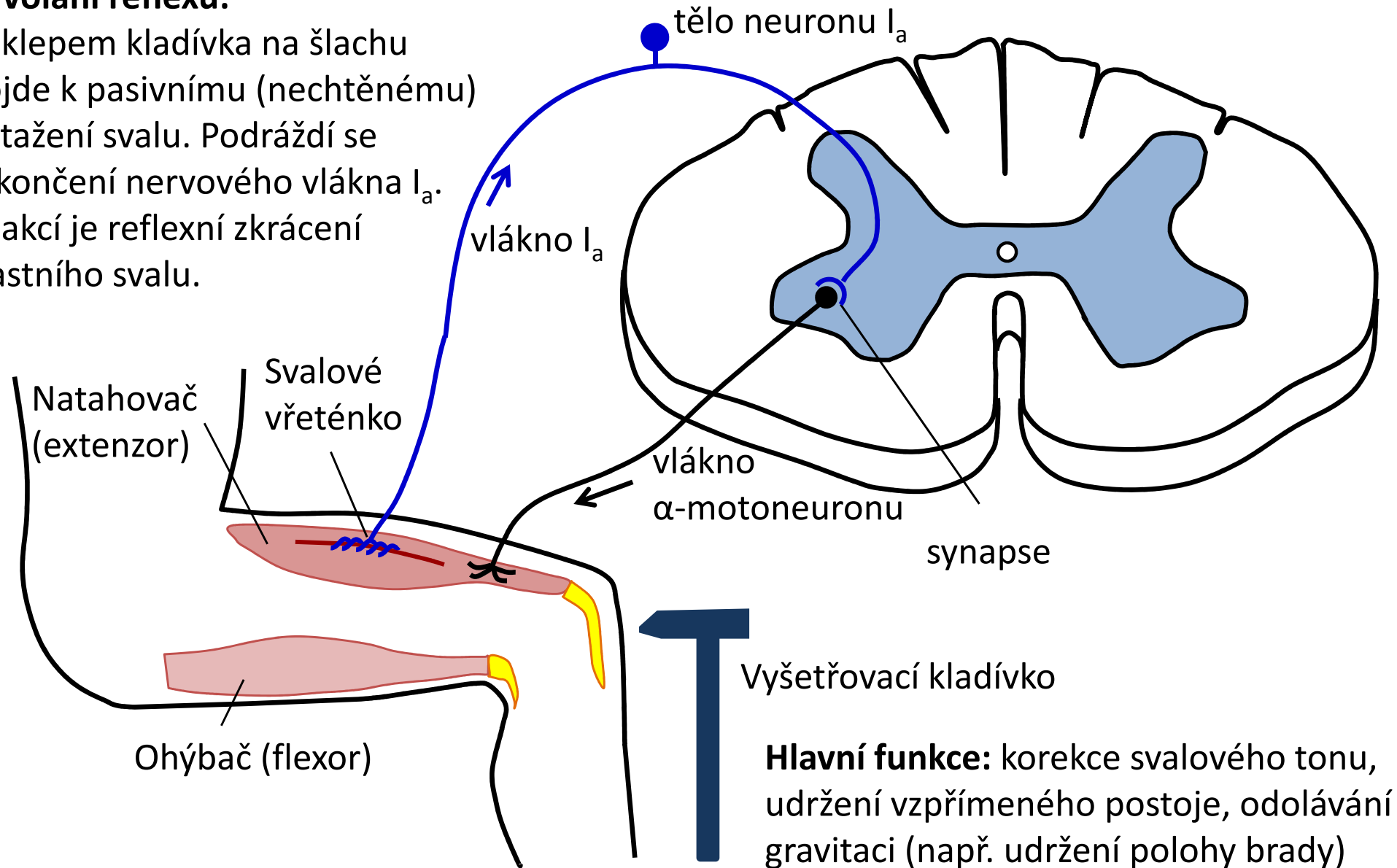
# Napínací reflex

(monosynaptický, proprioreceptivní)

## Regulace nechtěných změn délky svalu

### Vyvolání reflexu:

Poklepem kladívka na šlachu dojde k pasivnímu (nechtěnému) natažení svalu. Podráždí se zakončení nervového vlákna  $I_a$ . Reakcí je reflexní zkrácení vlastního svalu.



Vyšetřovací kladívko

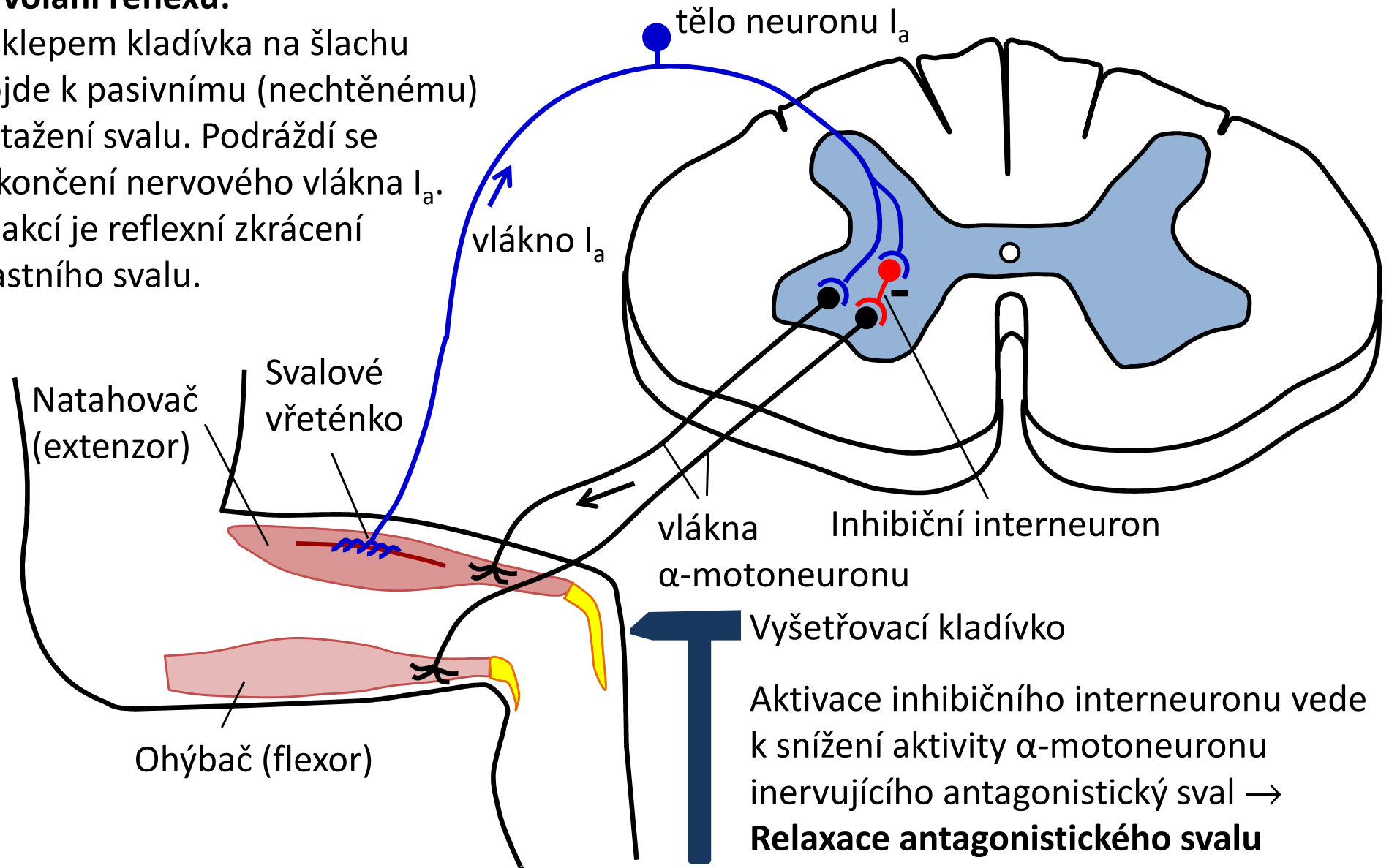
**Hlavní funkce:** korekce svalového tonu, udržení vzpřímeného postoje, odolávání gravitaci (např. udržení polohy brady)

# Napínací reflex

## Regulace nechtěných změn délky svalu

### Vyvolání reflexu:

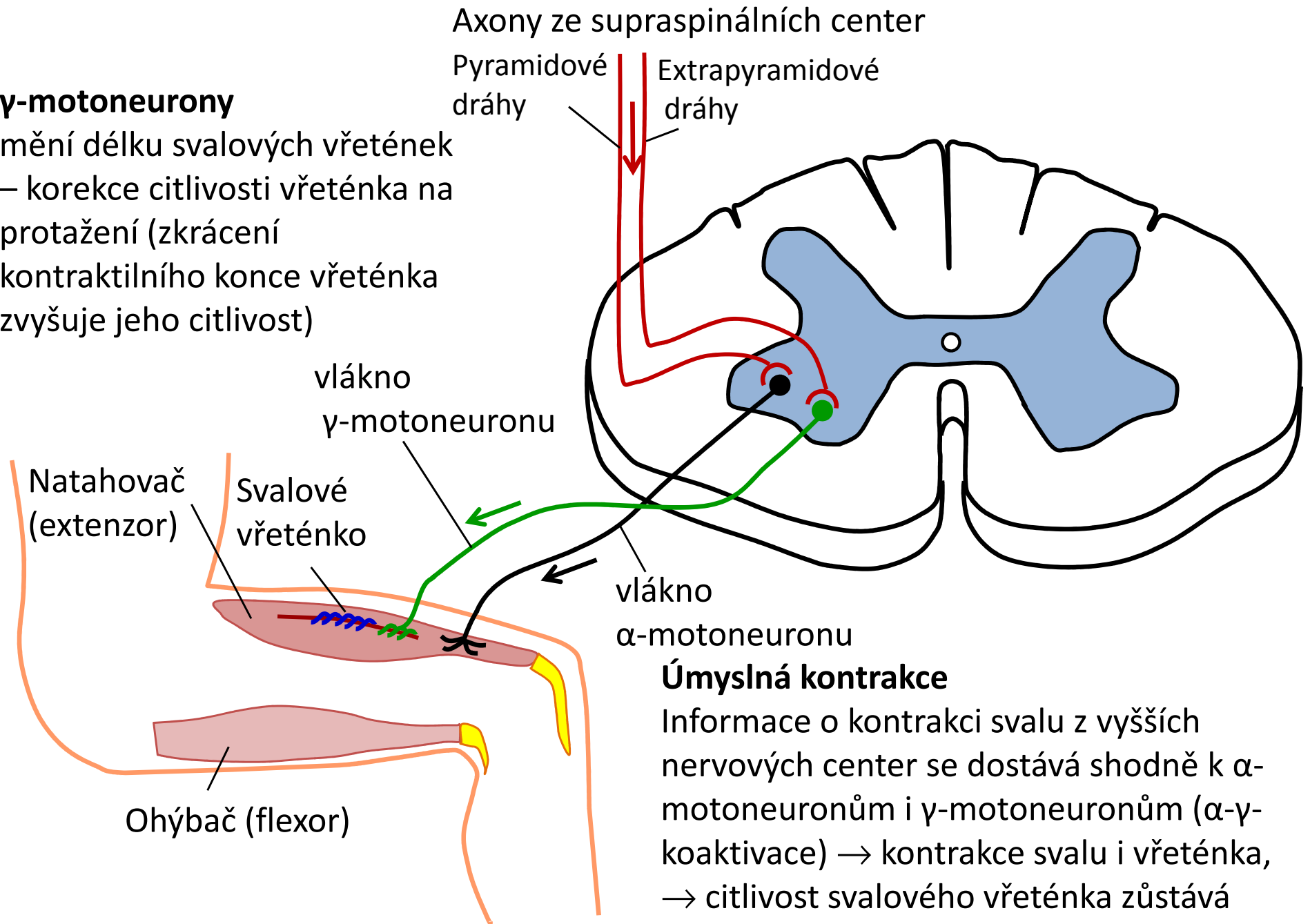
Poklepem kladívka na šlachu dojde k pasivnímu (nechtěnému) natažení svalu. Podráždí se zakončení nervového vlákna  $I_a$ . Reakcí je reflexní zkrácení vlastního svalu.



# Napínací reflex – gama smyčka

## $\gamma$ -motoneurony

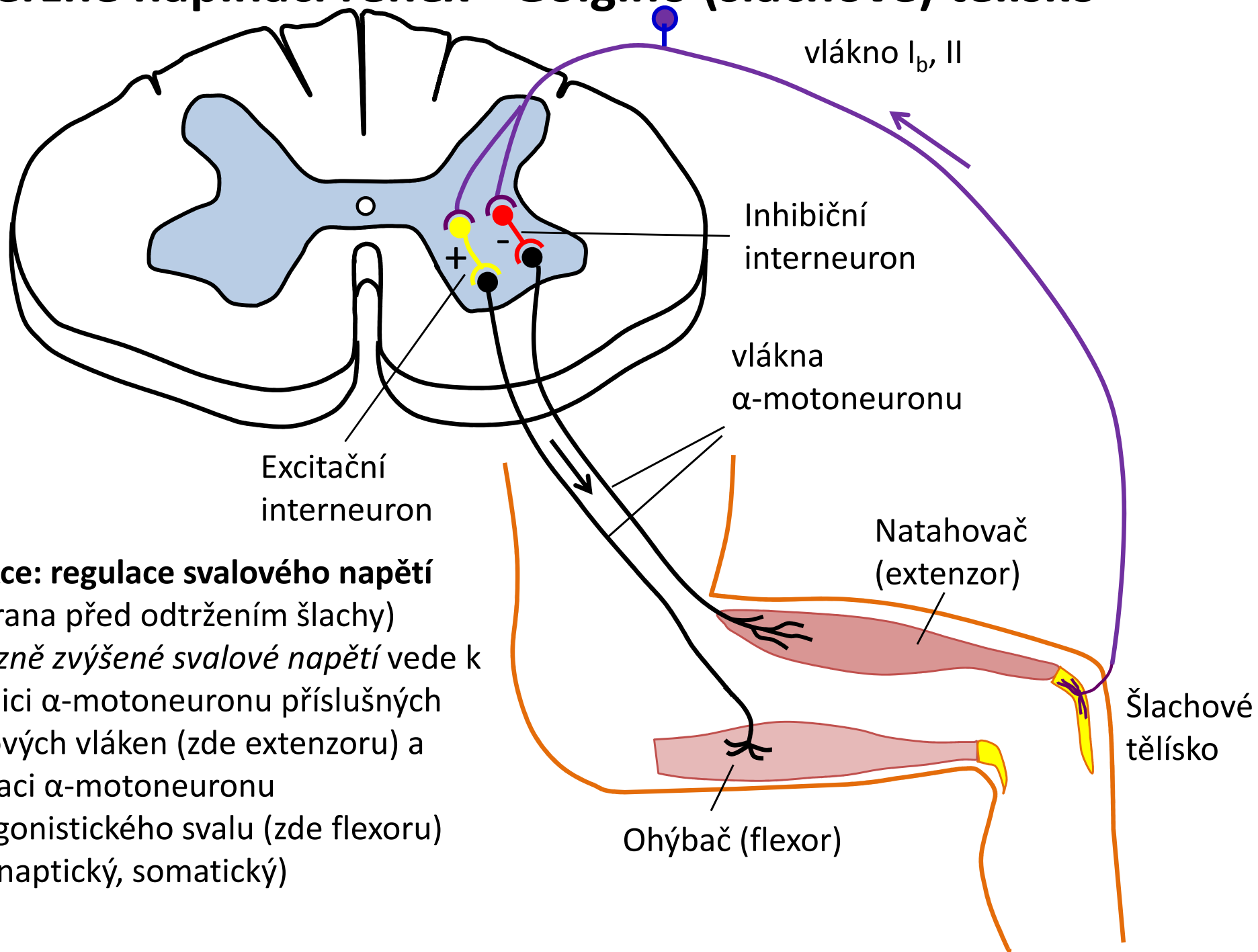
mění délku svalových vřetének – korekce citlivosti vřeténka na protažení (zkrácení kontraktálního konce vřeténka zvyšuje jeho citlivost)



## Úmyslná kontrakce

Informace o kontrakci svalu z vyšších nervových center se dostává shodně k  $\alpha$ -motoneuronům i  $\gamma$ -motoneuronům ( $\alpha$ - $\gamma$ -koaktivace) → kontrakce svalu i vřeténka, → citlivost svalového vřeténka zůstává konstantní

# Inverzně napínací reflex - Golgiho (šlachové) tělísko



## Funkce: regulace svalového napětí

(ochrana před odtržením šlachy)

Výrazně zvýšené svalové napětí vede k inhibici α-motoneuronu příslušných svalových vláken (zde extenzoru) a excitaci α-motoneuronu antagonistického svalu (zde flexoru) (bisynaptický, somatický)

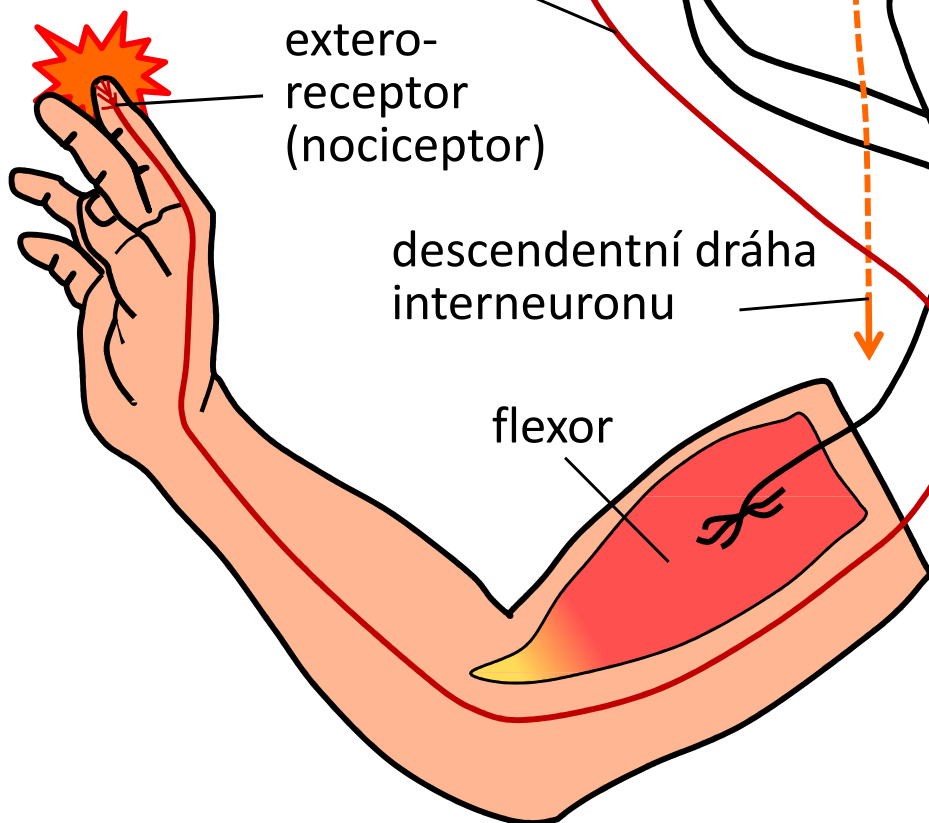
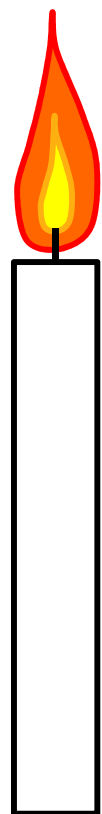
# Flexorový (únikový) reflex

(exteroceptorový, polysynaptický)

**Funkce: ochrana před vnějším poškozením**

Informace z exteroceptoru je v míše přepojena přes několik interneuronů k  $\alpha$ -motoneuronu příslušného flexoru

→ omezení dalšího poškození tkáně



A $\delta$  a C-vlákna  
od nociceptoru

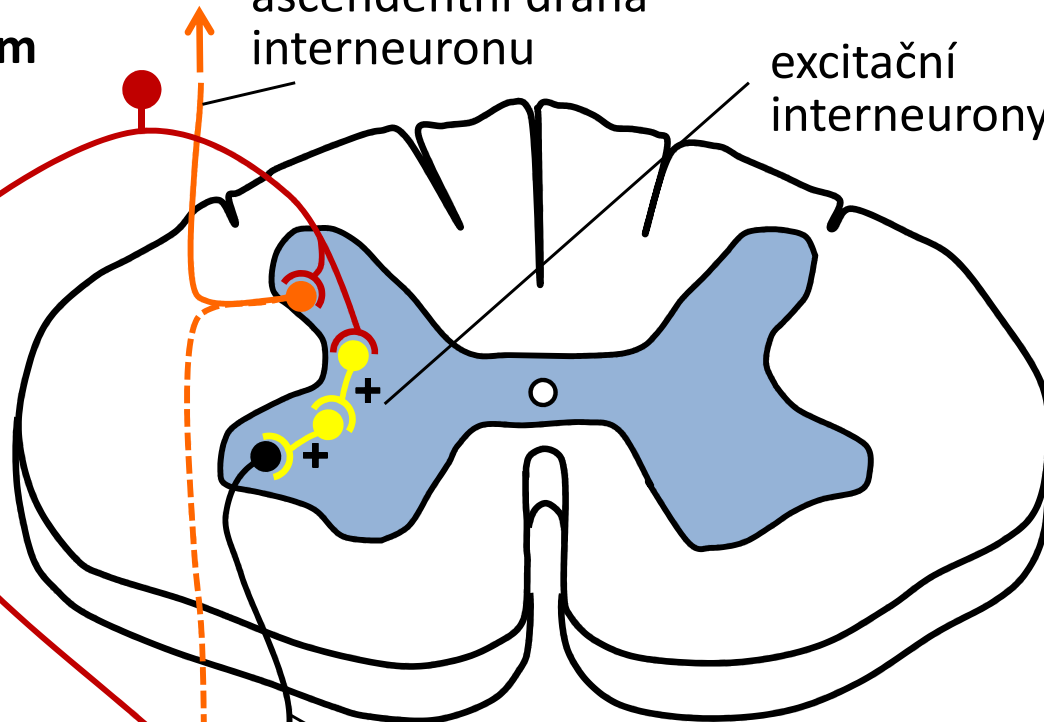
extero-  
receptor  
(nociceptor)

descendentní dráha  
interneuronu

flexor

ascendentní dráha  
interneuronu

excitační  
interneurony

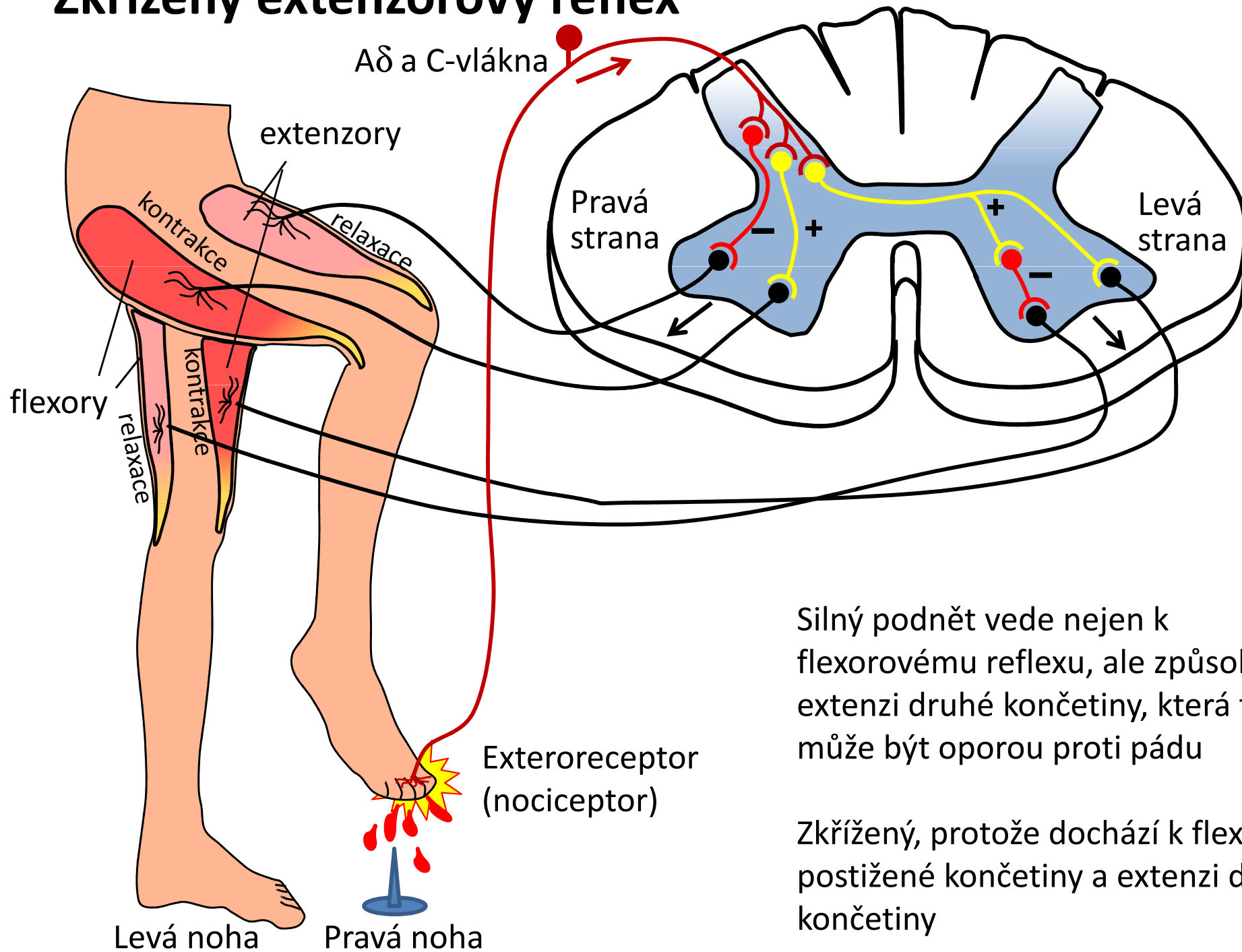


vlákno  $\alpha$ -motoneuronu

Informace je ascendentními a  
descendentními drahami vedena  
k sousedním segmentům míchy

Díky většímu počtu interneuronů  
lze reflex více modulovat vyššími  
nervovými centry

# Zkřížený extenzorový reflex



Silný podnět vede nejen k flexorovému reflexu, ale způsobí také extenzi druhé končetiny, která tak může být oporou proti pádu

Zkřížený, protože dochází k flexi postižené končetiny a extenzi druhé končetiny

# Pravá strana

ascendentní dráhy interneuronu

# Levá strana

Exteroceptor (nociceptor)



**Zkřížený extenzorový reflex:**  
komplexnější, zahrnuje více sousedních míšních segmentů  
Více interneuronů umožňuje větší regulaci síly odpovědi

Inhibice extenzoru

Aktivace flexoru

Aktivace extenzoru

descendentní dráhy interneuronu

Inhibice flexoru

inhibiční interneurony

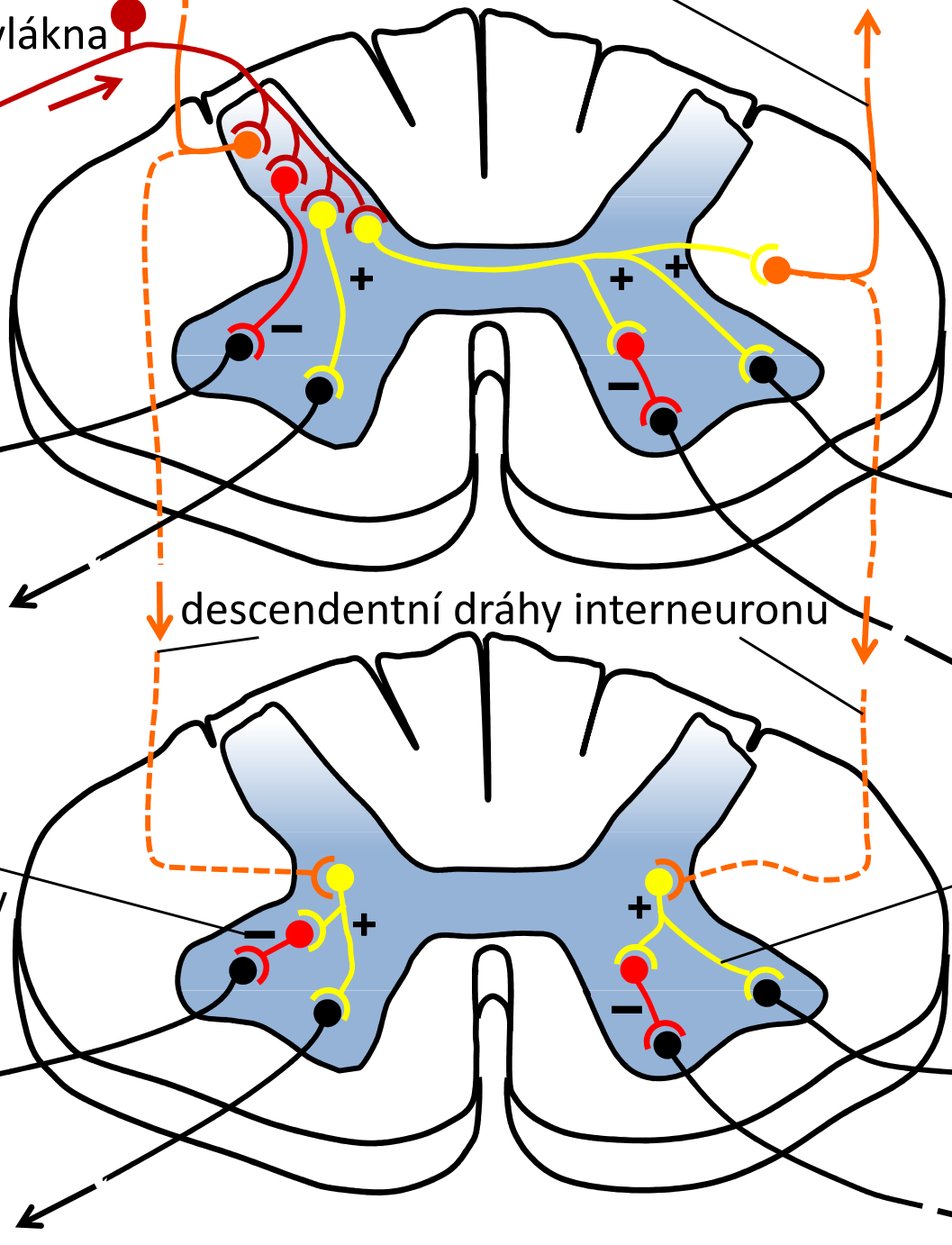
excitační interneurony

Inhibice extenzoru

Aktivace flexoru

Aktivace extenzoru

Inhibice flexoru



# Shrnutí zmíněných míšních reflexů

- **Napínací reflex** – korekce nechtěných změn délky svalu (slabší rychlé natažení svalu)
  - Proprioreflex – proprioreceptor (svalové vřeténko) je součástí efektoru (kontrakce vlastního svalu)
  - Monosynaptický
  - Unilaterální (jednostranný), dostředivá dráha Ia
- **Inverzní napínací reflex** – ochrana před natržením šlachy (silné natažení svalu)
  - Proprioreflex – proprioreceptor (šlachové Golgiho tělísko) je součástí efektoru (relaxace vlastního svalu)
  - Bisynaptický, unilaterální
  - Dostředivá dráha Ib a II
- **Flexorový reflex** – ochranný reflex proti poškození povrchových tkání (únikový reflex)
  - Exteroreflex – exteroceptor (nociceptor)
  - Polysynaptický, unilaterální
  - Flexe poškozené končetiny
  - Aktivace sousedních míšních segmentů
- **Zkřížený extenzorový reflex** – únikový reflex vznikající při silnějším podnětu
  - Exteroreflex – exteroceptor (nociceptor)
  - Polysynaptický, **bilaterální**
  - Flexe poškozené končetiny, extenze druhé končetiny
  - Aktivace sousedních míšních segmentů



# Příklady reflexů

- **Proprioceptivní reflexy (míšní reflexy)**
  - Patelární, Achilovy šlachy, bicipitární, tricipitární,....
- **Exteroceptivní reflexy**
  - korneální (podráždění rohovky vyvolá mrknutí)
  - Epi-, mezo- a hypogastrický (stah břišního svalstva po podráždění hrotem vyšetřovacího kladívka)
  - Plantární – podráždění plosky nohy vyvolá plantární flexi a abdukci prstů (pozůstatek po chápavé noze)

**Babinského fenomén** – vyvolávání plantárního reflexu vede k opačné odpovědi – dorzální flexe a roztažení prstů nohy – při poškození pyramidových drah



[http://www.123rf.com/photo\\_9045586\\_the-neurologist-testing-knee-reflex-on-a-female-patient-using-a-hammer.html](http://www.123rf.com/photo_9045586_the-neurologist-testing-knee-reflex-on-a-female-patient-using-a-hammer.html)

[http://www.wikiskripta.eu/index.php/Babinsk%C3%A9ho\\_reflex](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Babinsk%C3%A9ho_reflex)

# Příklady reflexů

## Některé smyslové reflexy

- Zornicové reakce
  - Reakce na světlo – zúžení (mióza) osvícené zornice i zornice neosvícené (symetricky)
  - Konvergence - přiblížení prstu k oku vede k zúžení zornice
  - Reakce na bolest – silná bolest vede k rozšíření zornice (mydriáza)
- Vestibulookulární reflex – při pohybu s hlavou dochází k rotaci očních bulbů v opačném směru



# Vyšetřování reflexů

## Důvod:

- Topologie poškození - reflexní dráha je přesně anatomicky daná. Porucha ve vybavitelnosti reflexu je známkou poškození nervových drah nebo integračních center.
- Snížená vybavitelnost může nastat i při hypofunkci štítné žlázy (pomalejší vedení vzruchu)
- Diagnostika mozkové smrti – např. zornice jsou dilatované a nereagují na osvit, chybí vestibuloocuální reflex, ...

## Hodnotíme:

- Vybavitelnost reflexu – je-li reflex vybavitelný (může chybět v určitém procentu i u zdravých jedinců)
- Kvantitativní změny – jaká je síla odezvy (hypo-, hyper-reflexie)
- Kvalitativní změny – dostáváme-li očekávanou odpověď, případně dostáváme-li opakovaně jinou odpověď
- Symetrie reflexu – u oboustranných reflexů hodnotíme, jestli je odpověď na obou stranách těla stejná

Chybějící reflex je menší zlo, než kvalitativní změny reflexu

Zesilovací manévry – umožňují zlepšit vybavitelnost reflexu – zvýšení antagonistického svalu nebo odvedení pozornosti vyšetřovaného

## **Mono nebo bisynaptické reflexy**

- Jsou rychlé a jejich odpověď je stále stejná
- Obvykle fungují na principu vše nebo nic

## **Polysynaptické reflexy**

- Čím více nervových center se zapojuje do reflexu, tím větší jsou rozdíly v intenzitě a charakteru odpovědi
- Čím silnější je podnět, tím silnější je odpověď (slabé dráždění dýchacích cest vyvolá slabé pokašlávání, silné dráždění pak záchvat kašle)
- Čím silnější je podnět, tím rychlejší je odpověď (silný podnět vyvolá okamžité zakašlání)
- Síla a rychlost odpovědi reflexu vzniká díky časové i prostorové sumaci AP aferentních drah
- Iradiace do více efektorů v závislosti na síle podnětu (silné podráždění dýchacích cest vede k zapojení více efektorů – kromě mezižebních svalů ještě svaly bránice a břicha)

## **Vegetativní reflexy**

- Zprostředkované autonomním nervovým systémem – sympatikus, parasympatikus
- Eferentní nervová dráha má jedno další přepojení v gangliu
- Často jsou kombinovány se somatickými reflexy

### **příklady**

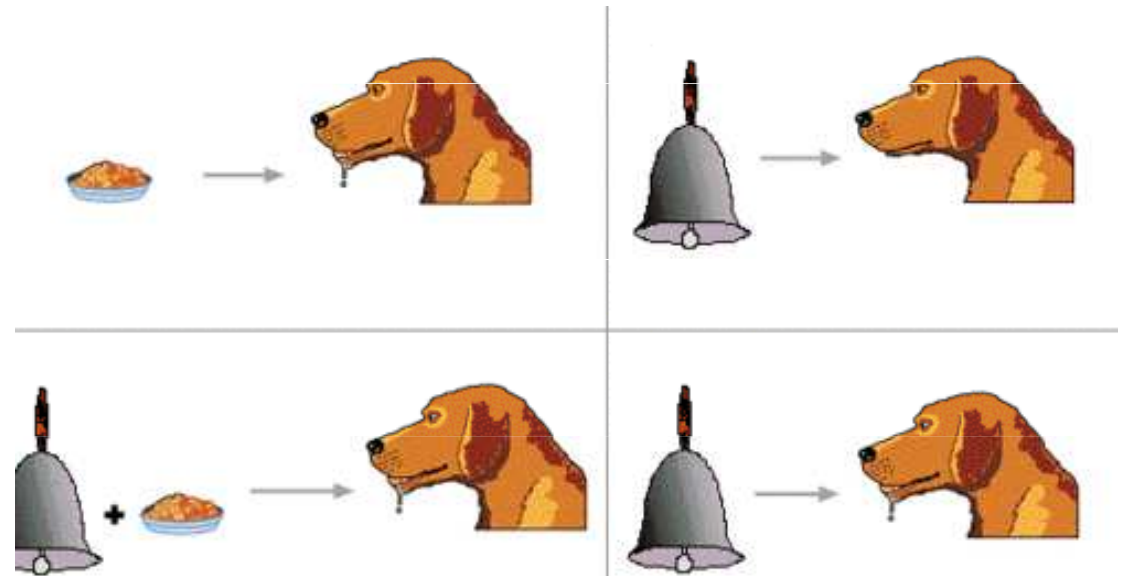
- Kašel (kombinace se somatickým reflexem)
- Dávivý reflex
- Baroreflex
- Okulokardiální reflex – zpomalení srdeční frekvence při stlačení očních bulbů
- Zornicové reflexy, atd...

## Nepodmíněné reflexy

Jsou vrozené a stereotypní, neměnné v průběhu života

## Podmíněné reflexy

- Naučené, složitější
- Pro zachování reflexu je třeba opakování



<https://scanlov14.wikispaces.com/Pavlov>

## Odkazy

Napínací reflexy <https://www.youtube.com/watch?v=0sqClzuotWo>

Babinského a plantární reflex:

<https://www.youtube.com/watch?v=HnX4bH1WRHQ>

[https://www.youtube.com/watch?v=iV\\_a2WSbdM8](https://www.youtube.com/watch?v=iV_a2WSbdM8)

Vyšetření mozkové smrti:

<https://www.youtube.com/watch?v=Nty6bICZlyA>

8:40 min <https://www.youtube.com/watch?v=qizBGFwv4E&t=524s>

Vestibulookulární reflex

[https://www.youtube.com/watch?v=j\\_R0LcPnZ\\_w](https://www.youtube.com/watch?v=j_R0LcPnZ_w)

Pupilární reflex 3:25

<https://www.youtube.com/watch?v=aM0ipmW3ikc>