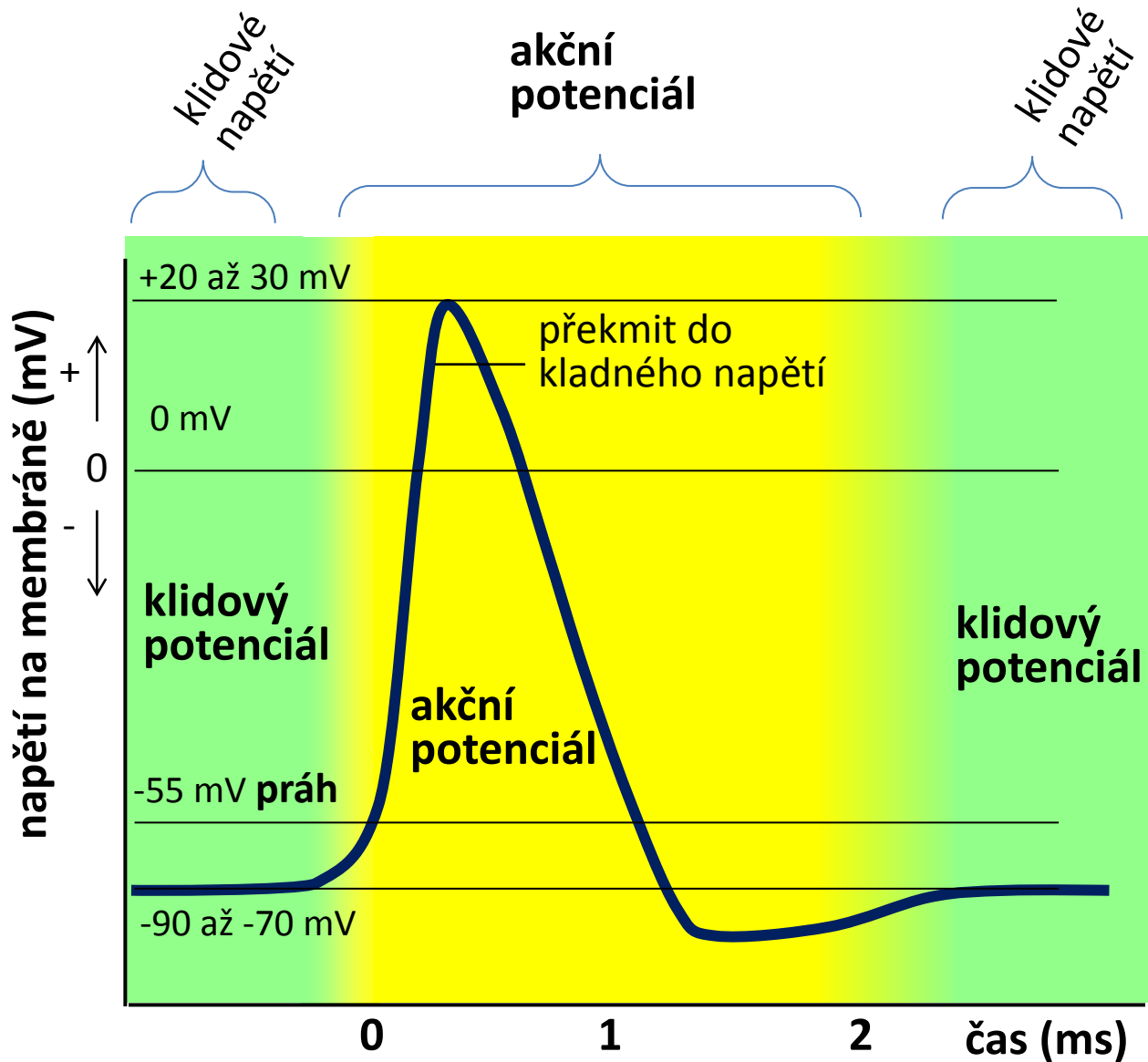


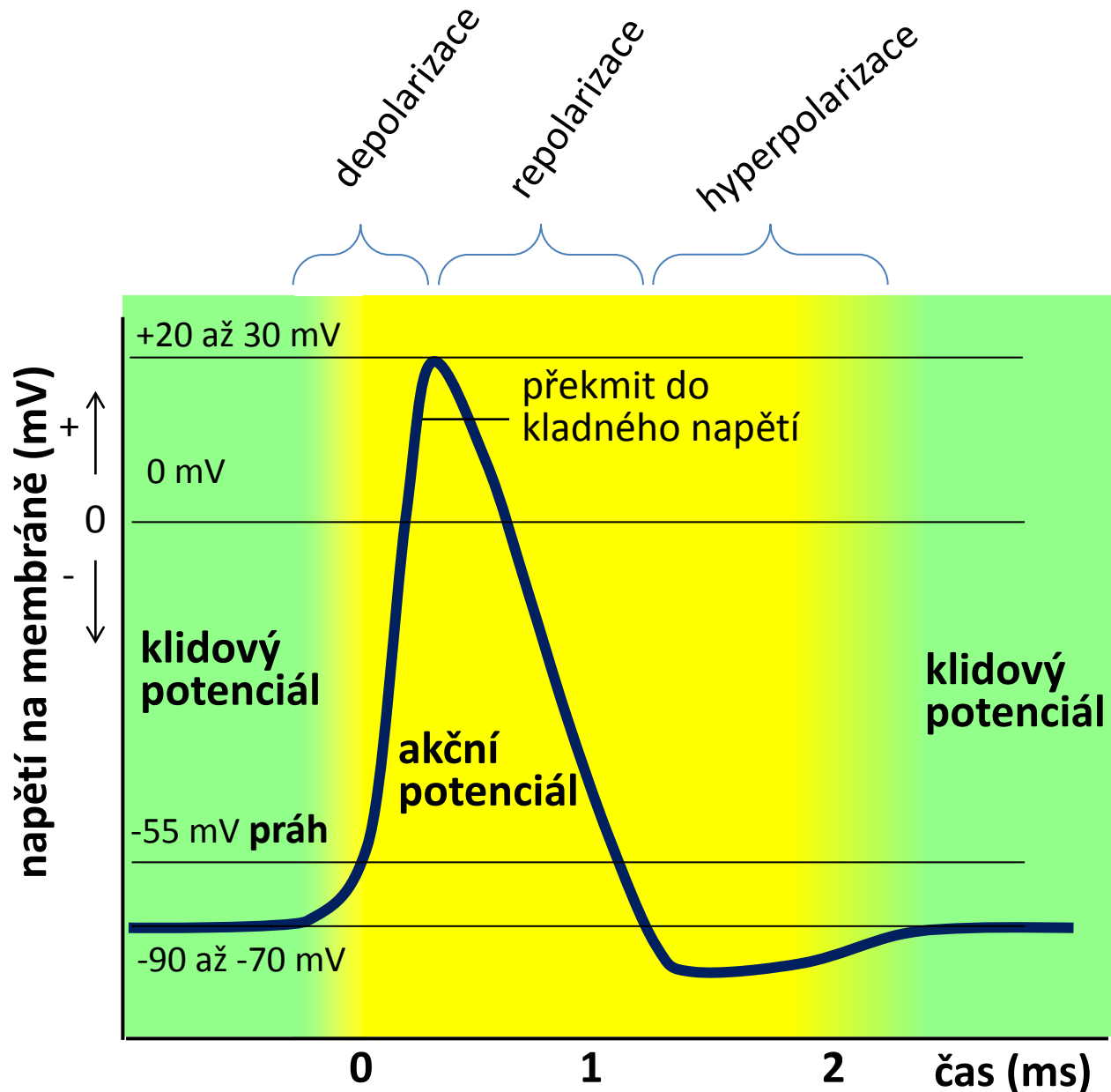
# Klidové napětí a akční potenciál



## 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

# Klidové napětí a akční potenciál



## Akční potenciál (AP)

- Pokud je překročena prahová hodnota napětí (-55 mV), vzniká na membráně akční potenciál
- **Fáze depolarizace**
  - otevírají se kanály pro  $\text{Na}^+$
  - $\text{Na}^+$  vstupuje do buňky
- Zákon vše nebo nic – nepřekročí-li se práh, žádný AP, překročí-li se práh – vzniká AP
- **Fáze repolarizace**
  - kanály pro  $\text{Na}^+$  jsou znovu zavřeny
  - $\text{K}^+$  vstupuje do buňky
  - $\text{Na}^+$  je pumpován ven
  - Napětí se dostává zpět ke klidovým hodnotám

# 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)

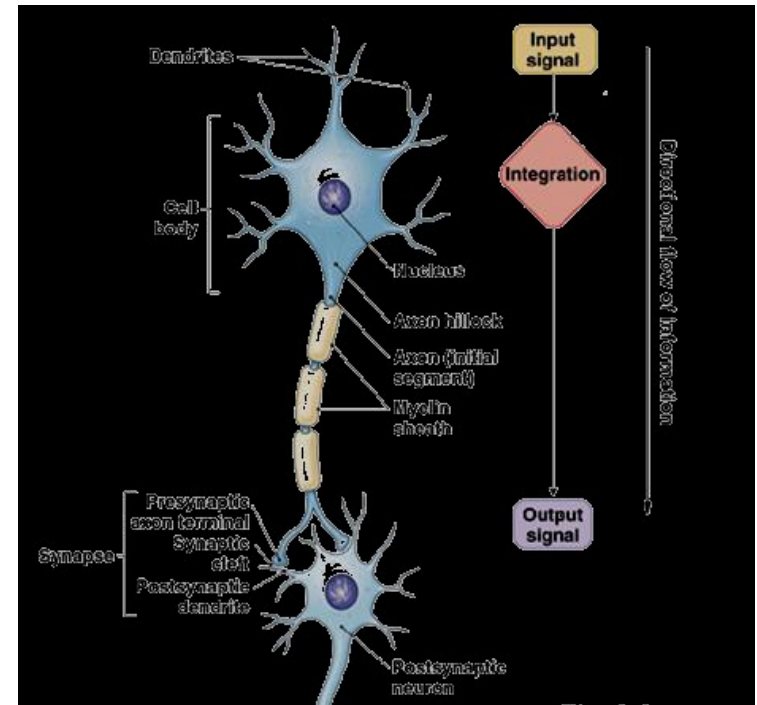
–Podpůrná činnost

### •Počet neuronů cca. 100 miliard

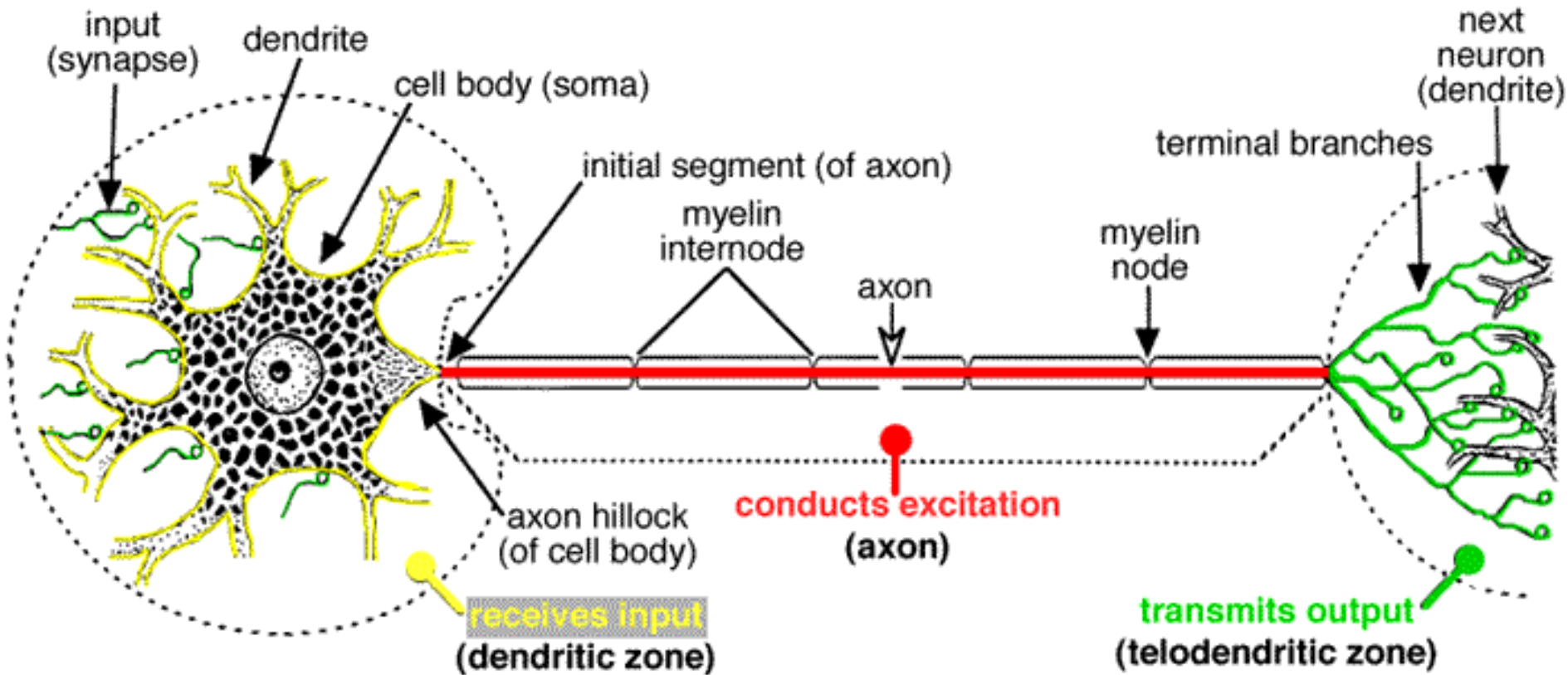
### •Poměr neuron/glie

–1/10 - 50 (Principles of Neural Science, 4th ed., 2012)

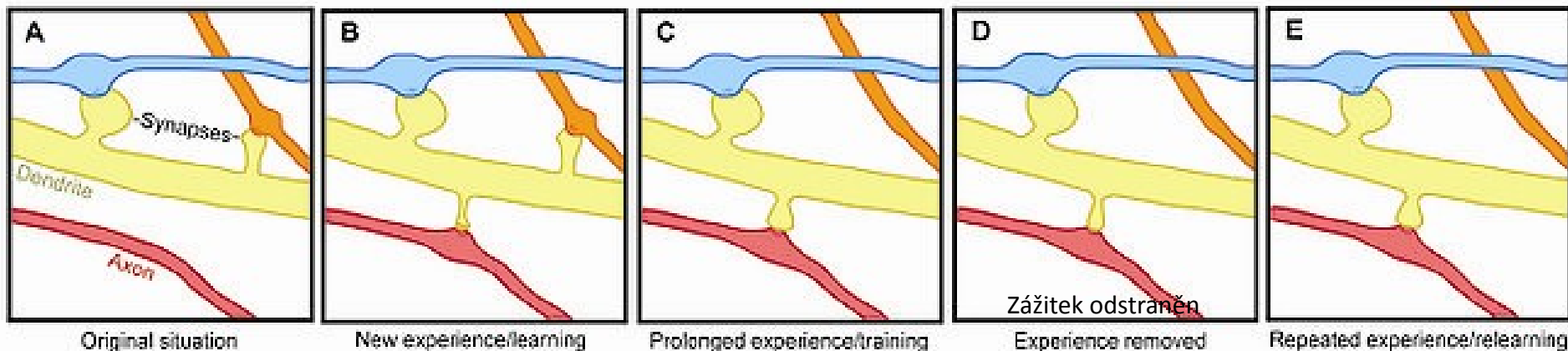
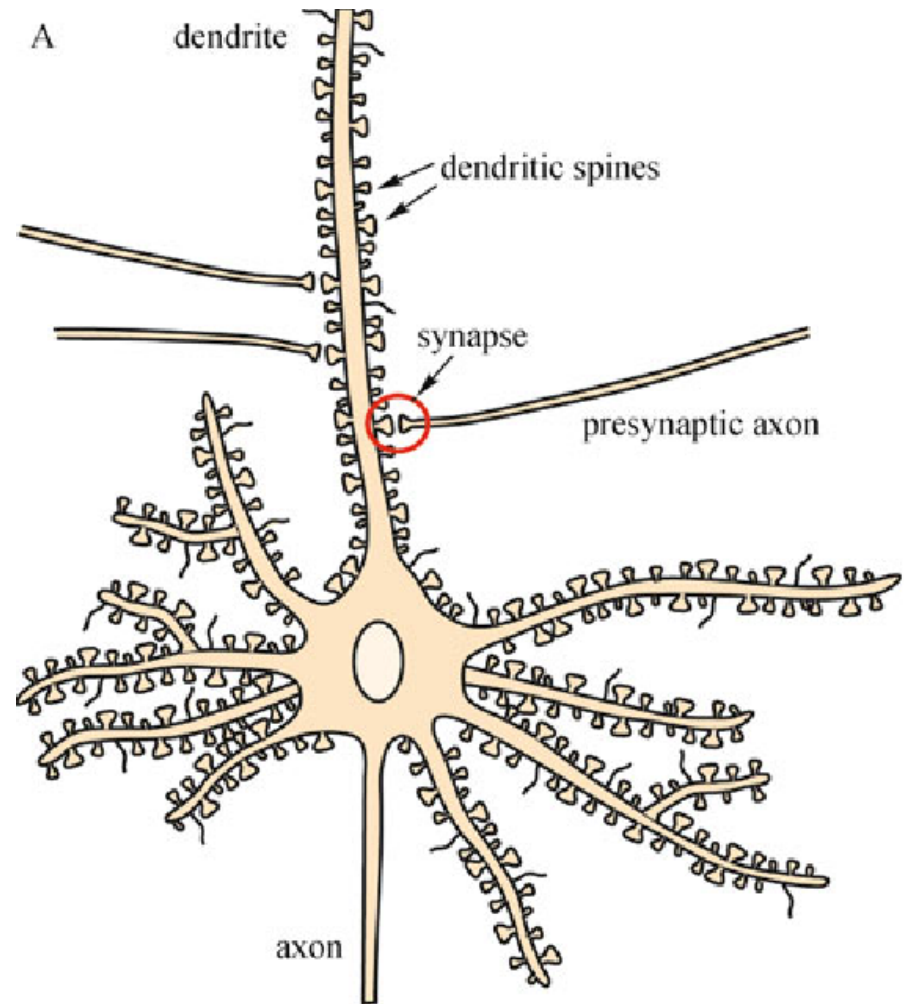
–1/1 (Nolte s Human Brain, 7th ed., 2015)



# Části neuronu

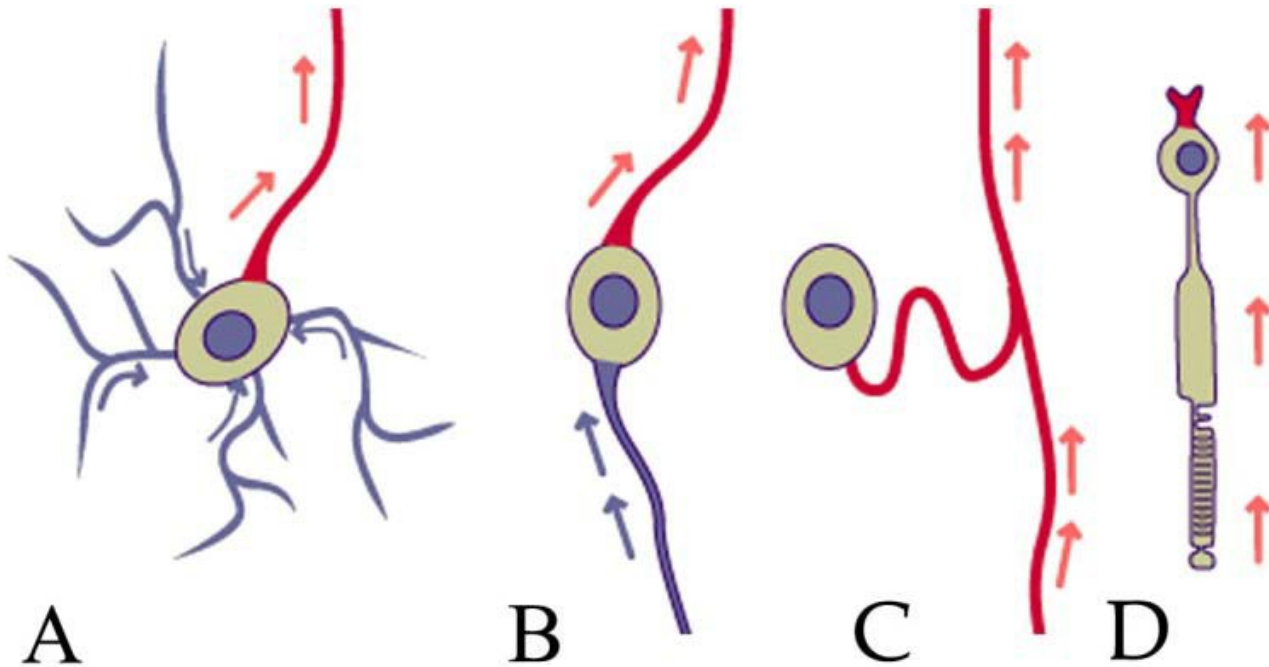


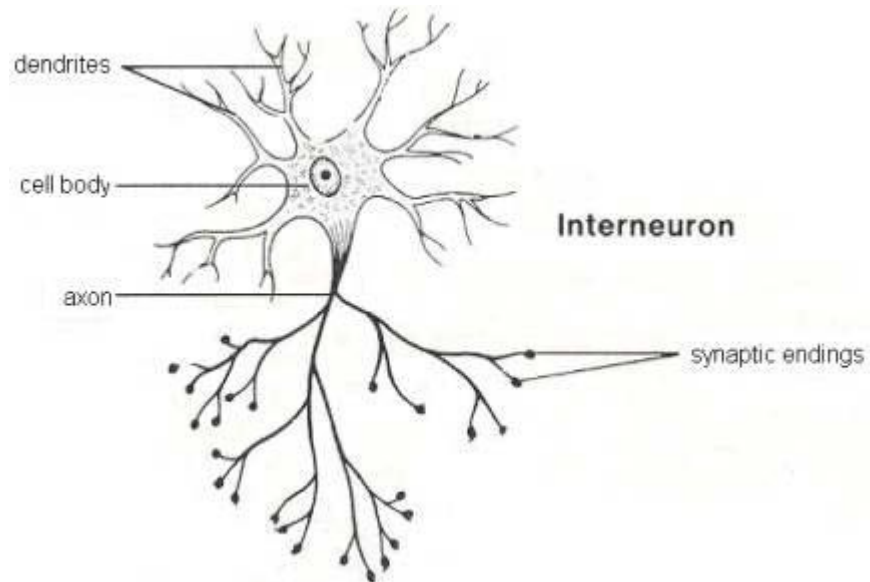
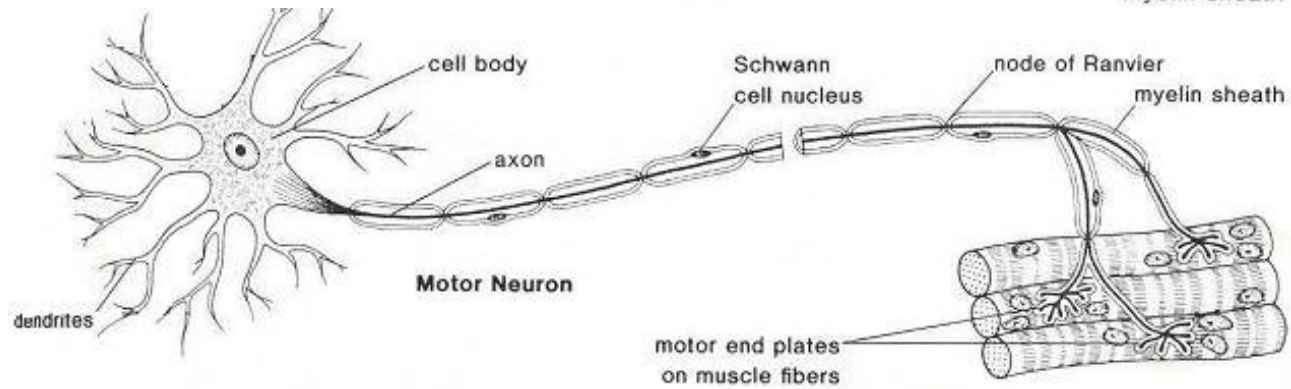
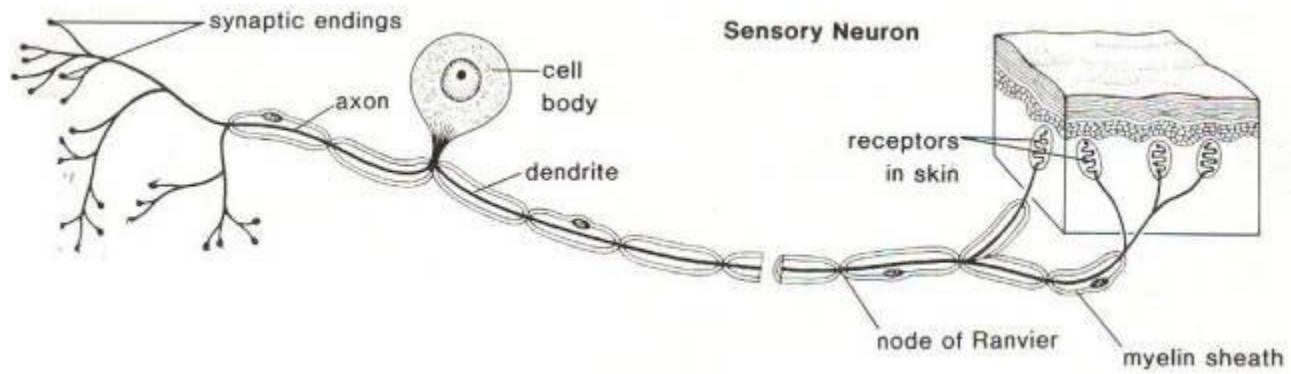
# Dendritické trny



# Strukturální klasifikace neuronů:

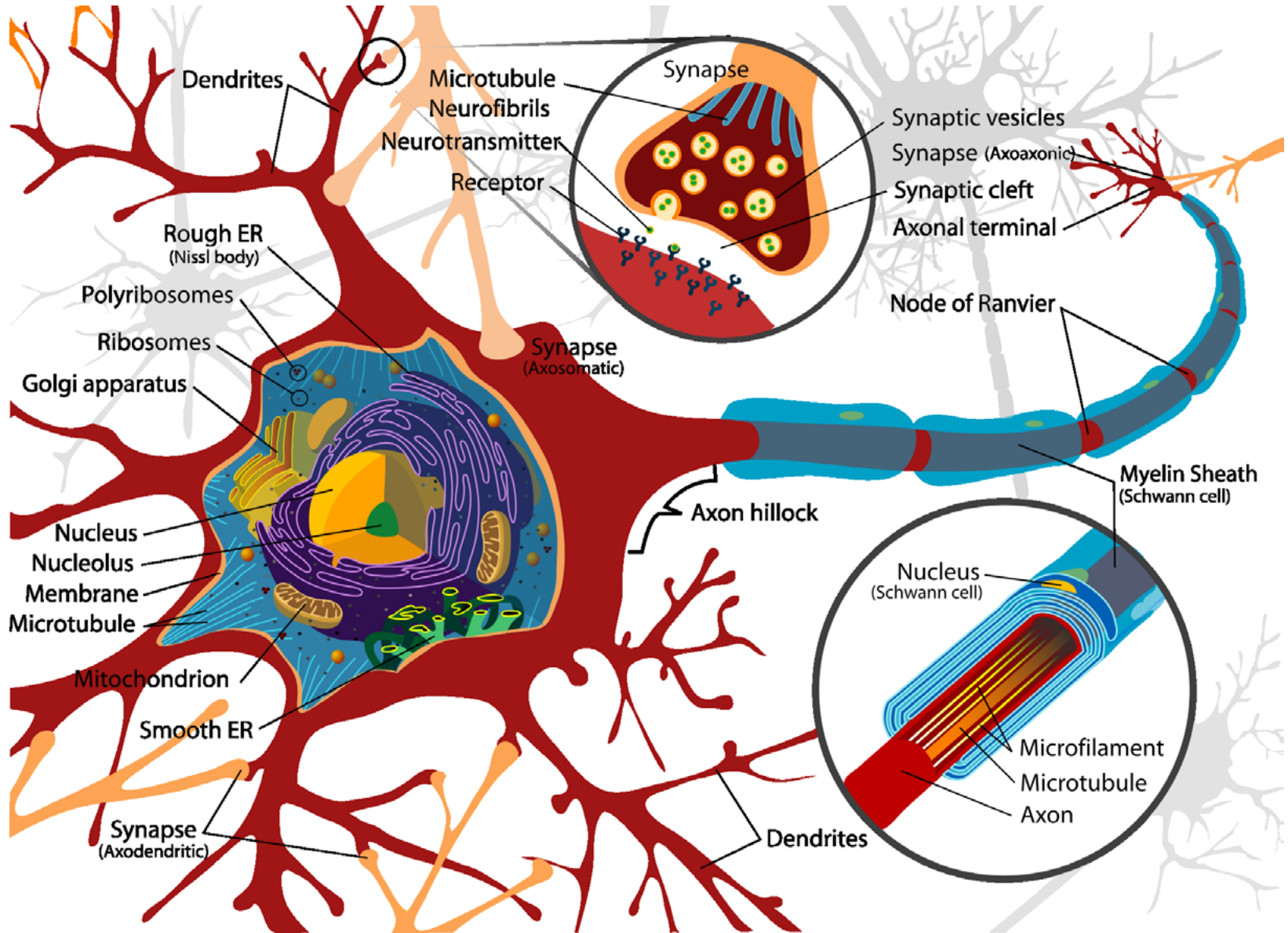
- A. multipolární neurony
- B. bipolární neurony
- C. pseudounipolární neurony
- D. unipolární neurony







# Neuron



# Cytoskelet

- dynamický systém proteinových vláken a tubulů, jejichž hlavní funkcí je transport látek a buněčných komponent a opora buňky.

1. neurotubuly - průměr cca 20-25 nm
2. neurofilamenta - 10 nm
3. aktinová mikrofilamenta - 7 nm

# Axoplazmatický transport

- distribuce látek a organel  
axoplazmou od a k tělu neuronu

axoplazma = cytoplazma axonu

# Axoplazmatický transport

- materiál pro růst a obnovu struktur
- molekuly pro tvorbu a udržení synapsí
- informace o extraneuronálním mikroprostředí
- nemění se při vedení impulzů

# Axoplazmatický transport

- Podle rychlosti
  - rychlý >100 mm/den
  - pomalý < 10 mm/den
  
- Podle směru
  - anterográdní pohyb od perikarya k terminálám  
rychlý i pomalý
  - retrográdní pohyb směrem k perikaryu  
rychlý

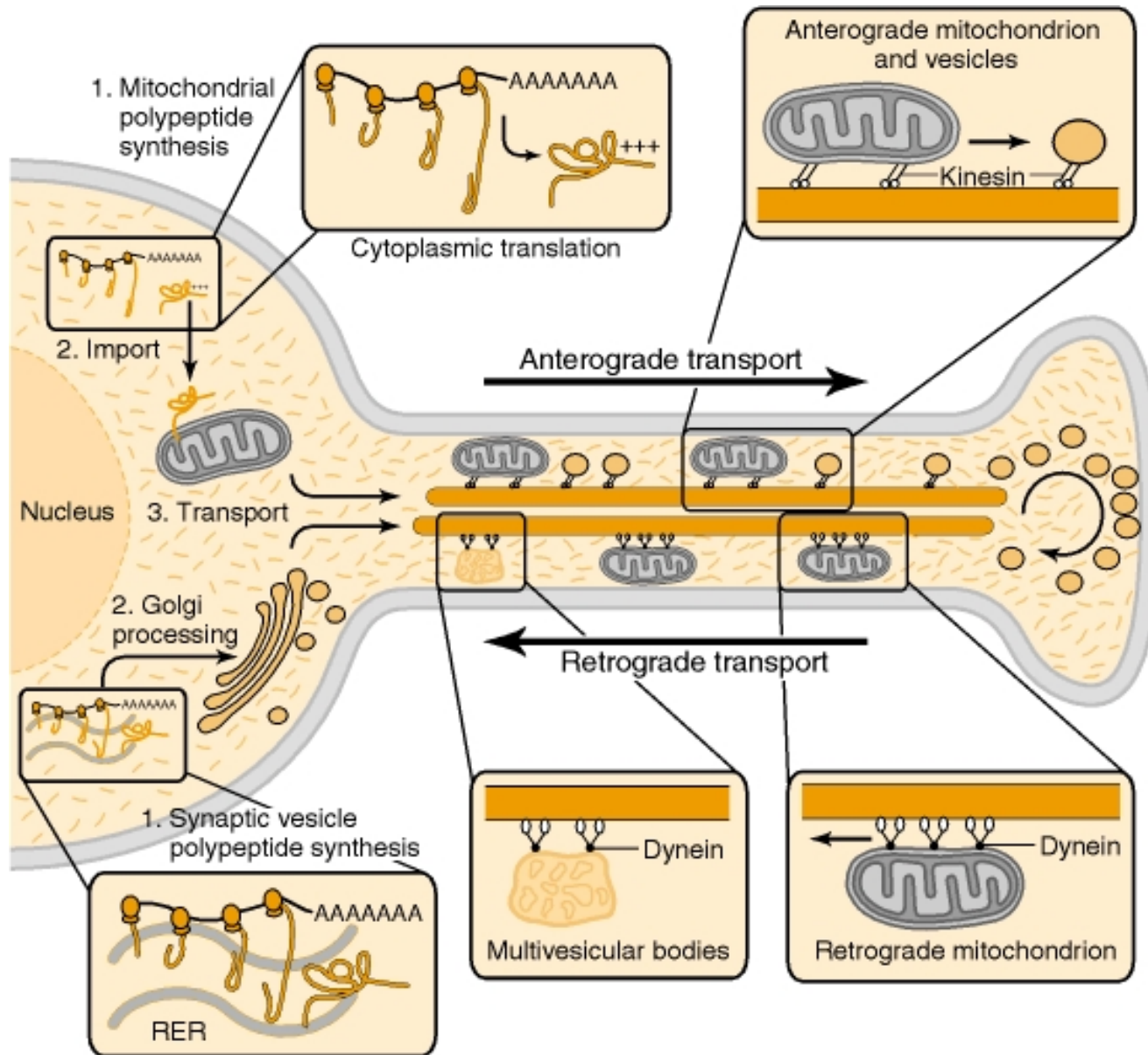
# Anterográdní transport

- **Rychlý** (300-400 mm/den)
  - Synaptické váčky, transmitery, mitochondrie, lipidy a proteiny plazmatické membrány
- **Pomalý** ( 5-10 mm/den)
  - elementy cytoskeletu, proteiny a jiné látky k obnově a udržení axoplazmy, enzymy

# Retrográdní transport

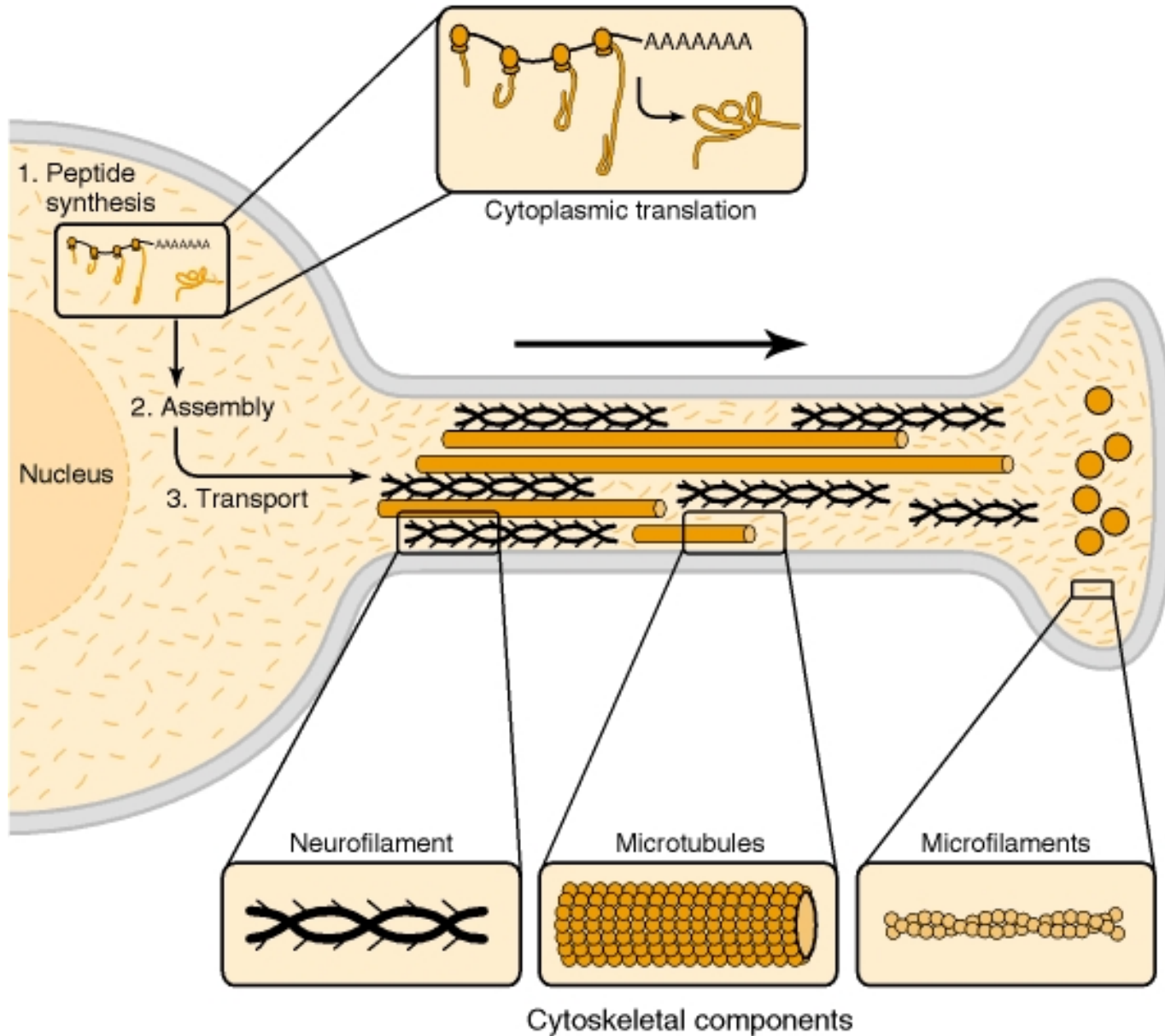
- Rychlý (150-200 mm/den)
  - transport poškozených a použitých organel a membránových struktur při jejich recyklaci (receptory ...)
  - transport trofických a jiných signálních molekul
  - částice některých virů (poliomyelitis, herpes, rabies) a neurotoxiny (tetanus) vstupují do terminál endocytózou a transneuronálně dosahují CNS

# Rychlý axonální transport





# Pomalý axonální transport



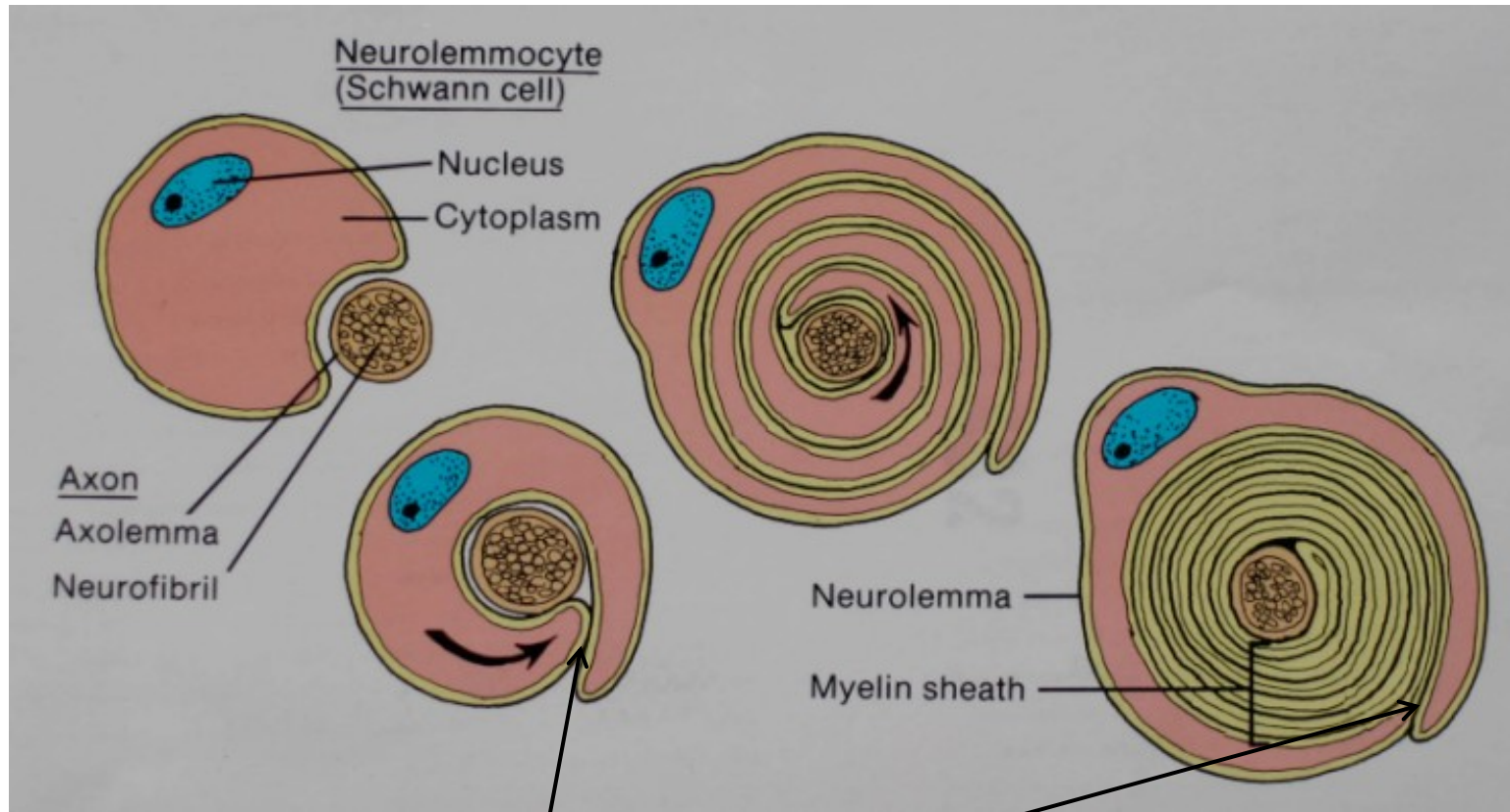
dynamine

# Gliové bb. PNS

## ➤ Schwannovy bb.

- izolují axony od mimobuněčné tekutiny
- zrychlují vedení nervových impulzů
- účastní se vývoje a regenerace nervu
- poskytují metabolickou podporu axonům
- podílí se na tvorbě ECM
- modulují aktivitu nervosvalové ploténky
- jsou schopny fagocytózy a prezentace antigenů T-lymfocytům

# Tvorba myelinu v PNS



mesaxon

# Gliové bb. CNS

- tvoří mechanickou a metabolickou podporu neuronů
- jsou izolátory neuronů
- podílejí se na tvorbě hematoencefalické bariéry (HEB)
- fagocytují rozpadlé zbytky tkáně a antigeny
- přispívají k modulaci synaptického přenosu
- vytvářejí funkční synapse s neurony
- jsou zapojeny do sekrece cerebrospinální tekutiny (CST)

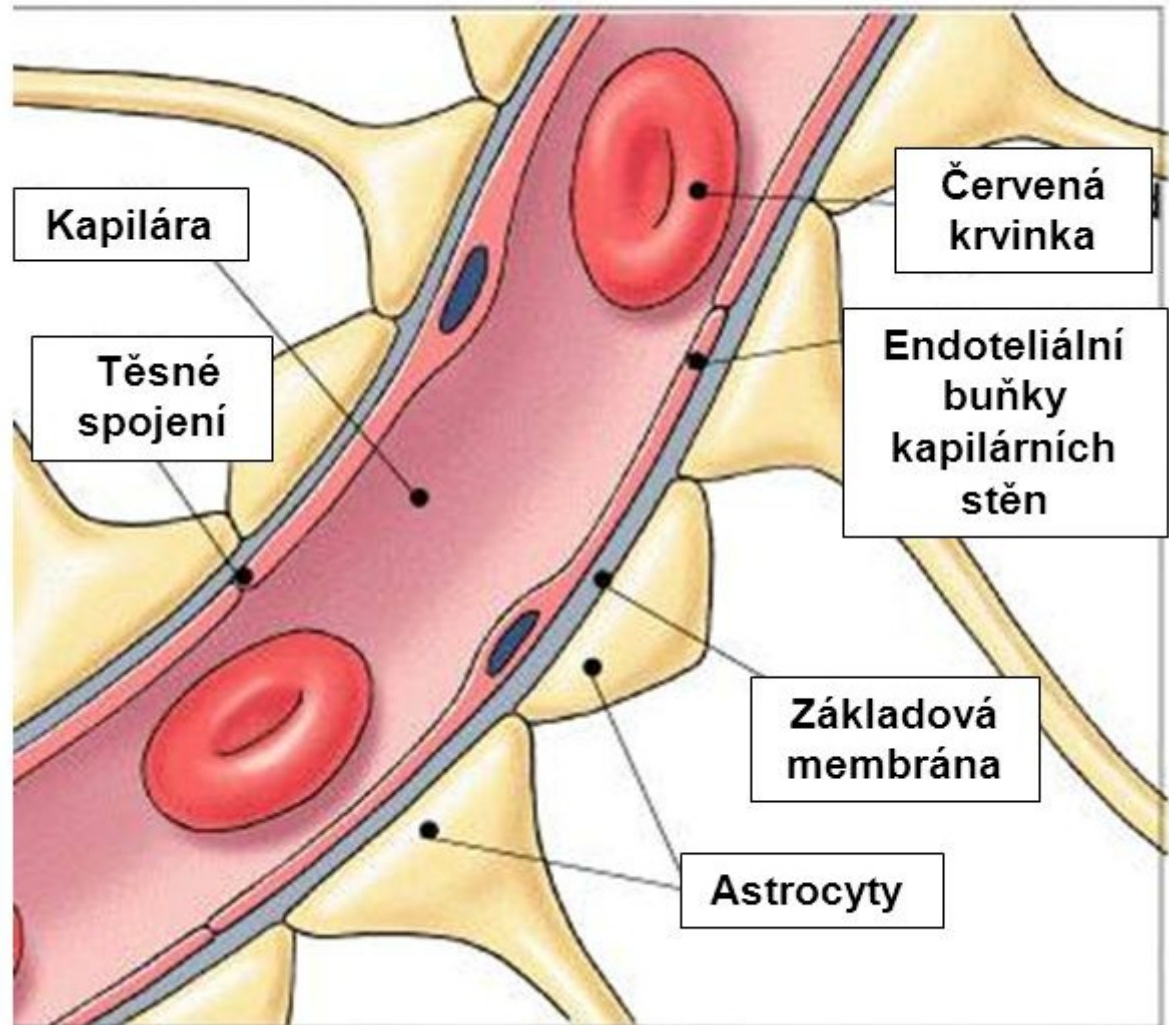
# Gliové bb. CNS

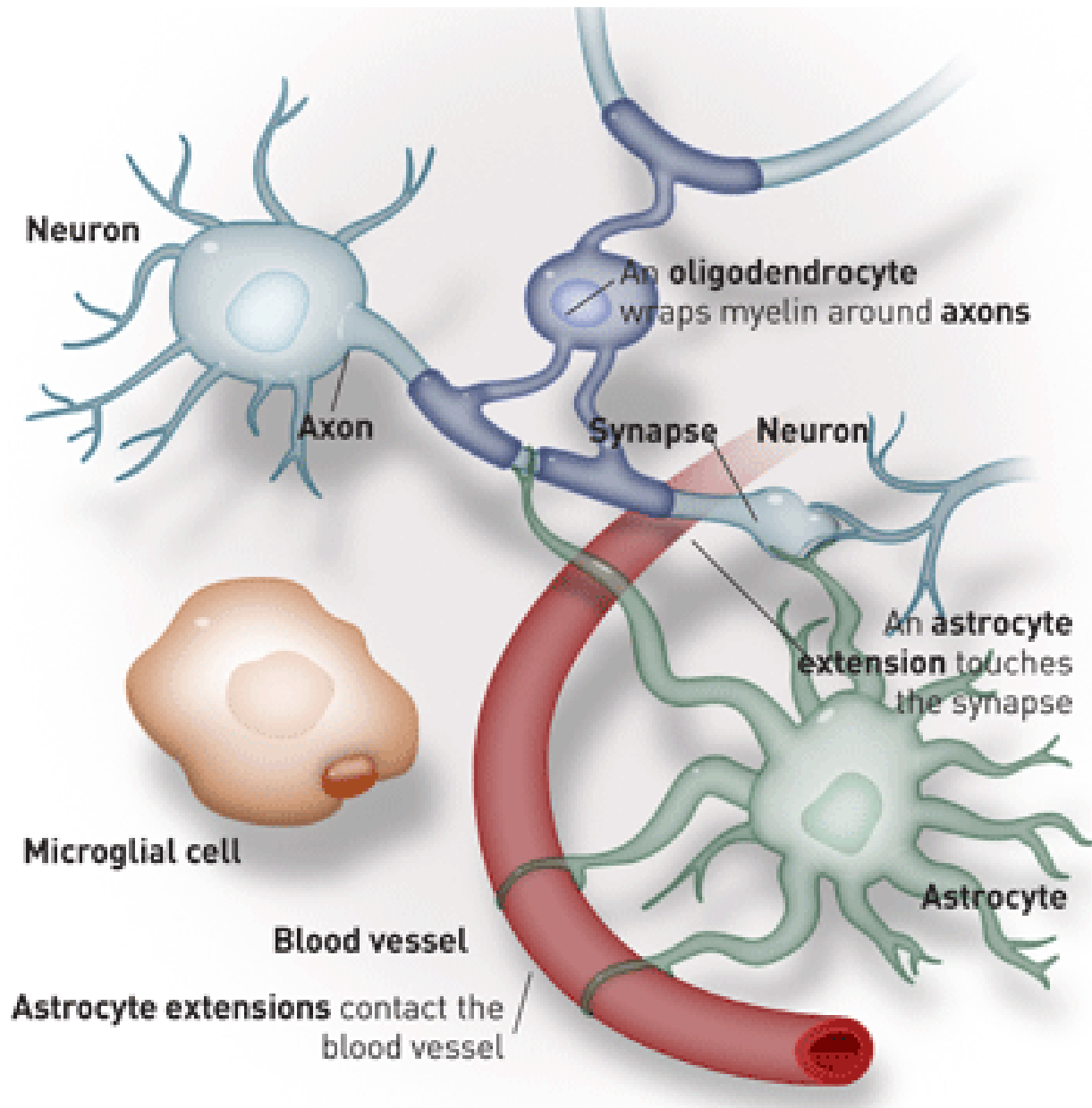
- **Astrocyty** – podílejí se na HEB, modulují synaptickou aktivitu
- **Ependymocyty** – vystýlají komorový systém CNS a podílejí se na sekreci CST
- **Oligodendrocyty** – myelinizující, perineurální
- **Microglie** – fagocytují rozpadlé zbytky tkání nebo cizorodé částice

# Hematoencefalická bariéra

Bariéra mezi kapilárou a mozem – velice těsné spojení mezi buňkami  
Brání průchodu většině látek – ochrana mozku

- Pouze  $O_2$ ,  $CO_2$ ,  $H_2O$  můžou procházet volně
- Glukóza a aminokyseliny jsou převáděné speciálními přenašeči
- Většina ostatních látek neprochází
- Spojení mezi kapilárou a neuronem je zprostředkované gliovými buňkami (astrocyty – typ gliové buňky)





Neuron

Axon

An oligodendrocyte wraps myelin around axons

Synapse Neuron

An astrocyte extension touches the synapse

Microglial cell

Astrocyte

Blood vessel

Astrocyte extensions contact the blood vessel

**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!**



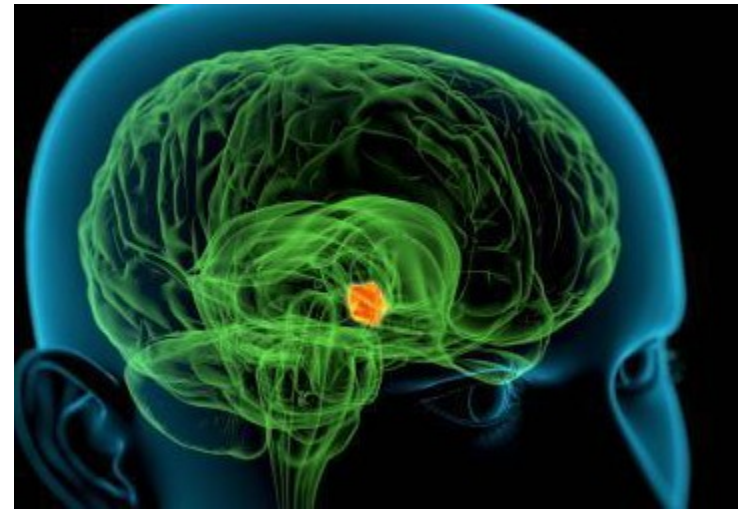
# Regulační povaha nervového systému

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

– *Nervová*

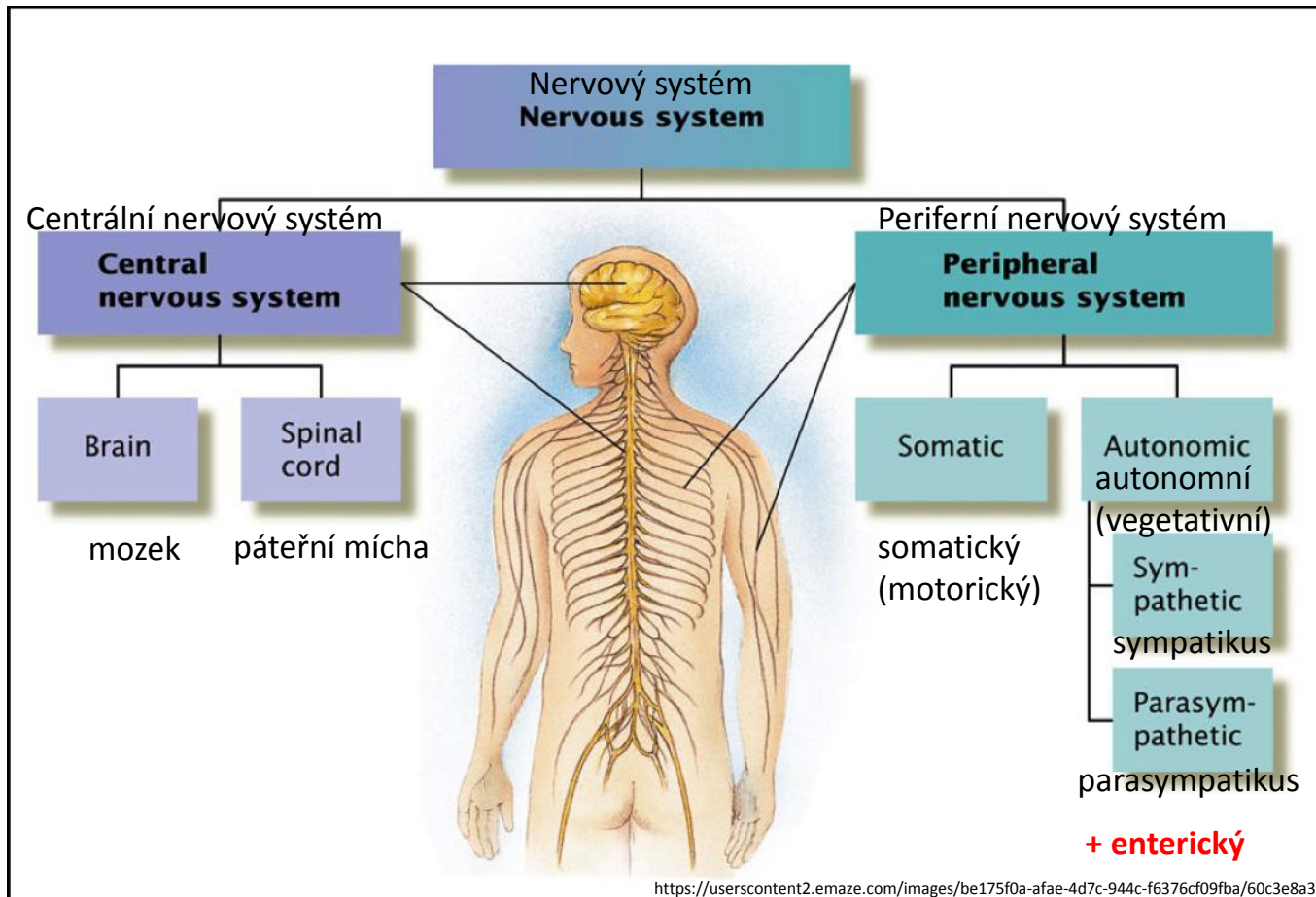
– *Humorální (hormonální)*

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



# 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 NS versus SOMATICKÝ NS

## SOMATIC MOTOR PATHWAY

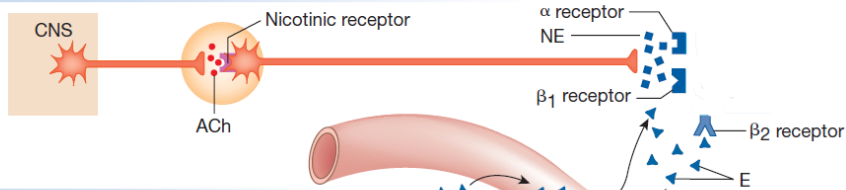


## AUTONOMIC PATHWAYS

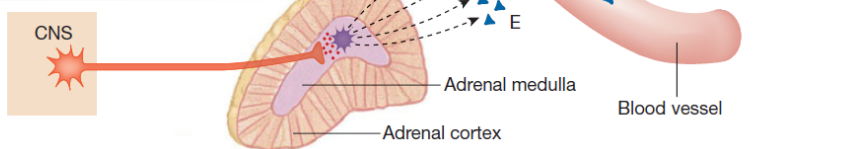
### (a) Parasympathetic Pathway



### (b) Sympathetic Pathway



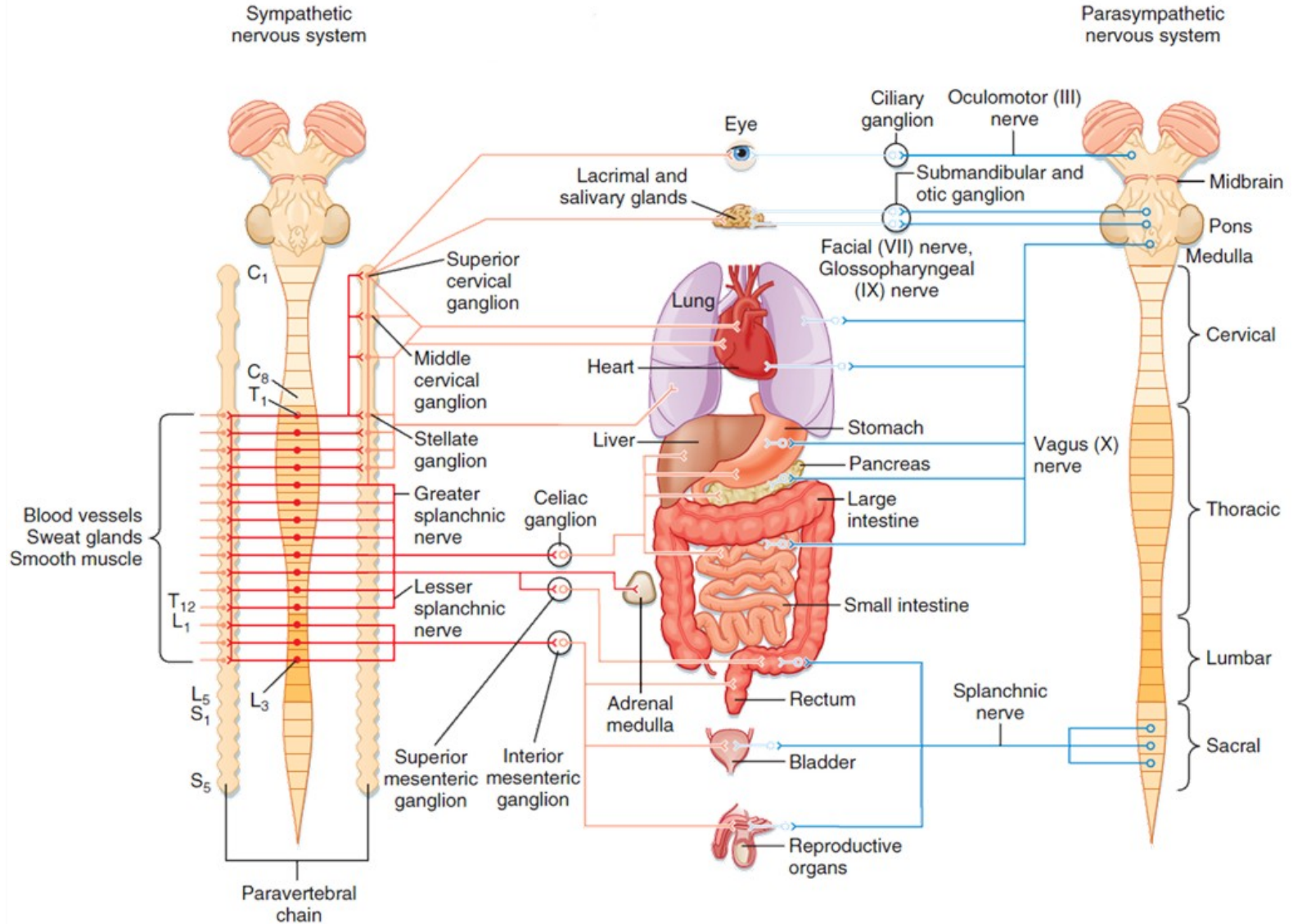
### (c) Adrenal Sympathetic Pathway



# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM

FIGHT OR FLIGHT

REST OR DIGEST



## Sympathetic nervous system

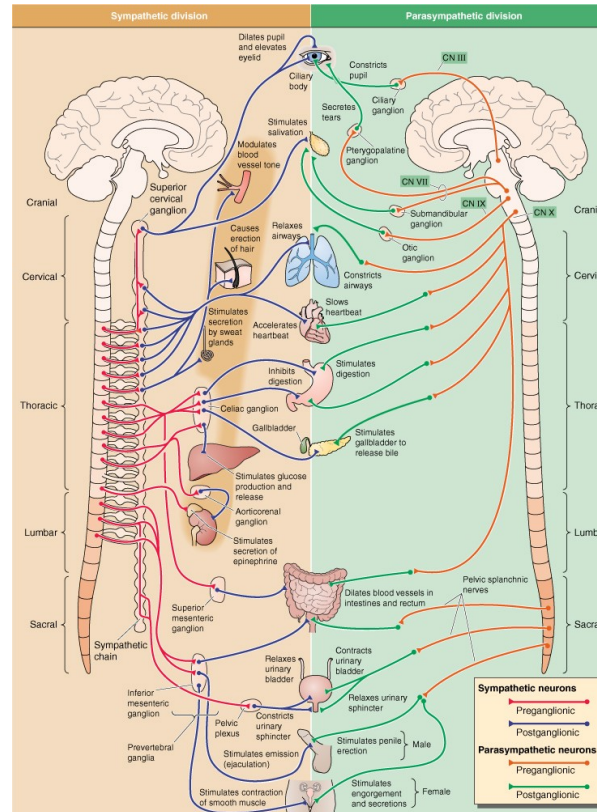
Fight or flight response

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

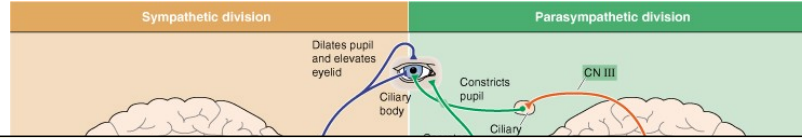
Energy conservation/en. store production

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

Ganglia  
*Close to target organs or intramurally*

Mostly local effect

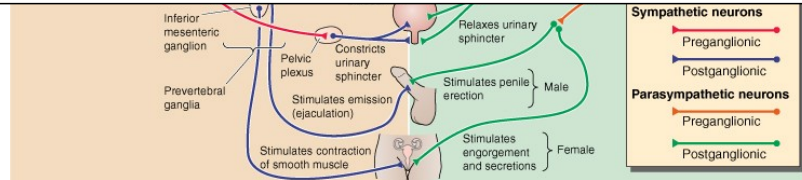
# Sympathetic nervous system



# Parasympathetic nervous system

System/function	Parasympathetic	Sympathetic
Cardiovascular	Decreased cardiac output and heart rate	Increased contraction and heart rate; increased cardiac output
Pulmonary	Bronchial constriction	Bronchial dilatation
Musculoskeletal	Muscular relaxation	Muscular contraction
Pupillary	Constriction	Dilatation
Urinary	Increased urinary output; sphincter relaxation	Decreased urinary output; sphincter contraction
Gastrointestinal	Increased motility of stomach and gastrointestinal tract; increased secretions	Decreased motility of stomach and gastrointestinal tract; decreased secretions
Glycogen to glucose conversion	No involvement	Increased
Adrenal gland	No involvement	Release epinephrine and norepinephrine

Mostly diffuse effect



Mostly local effect

# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM

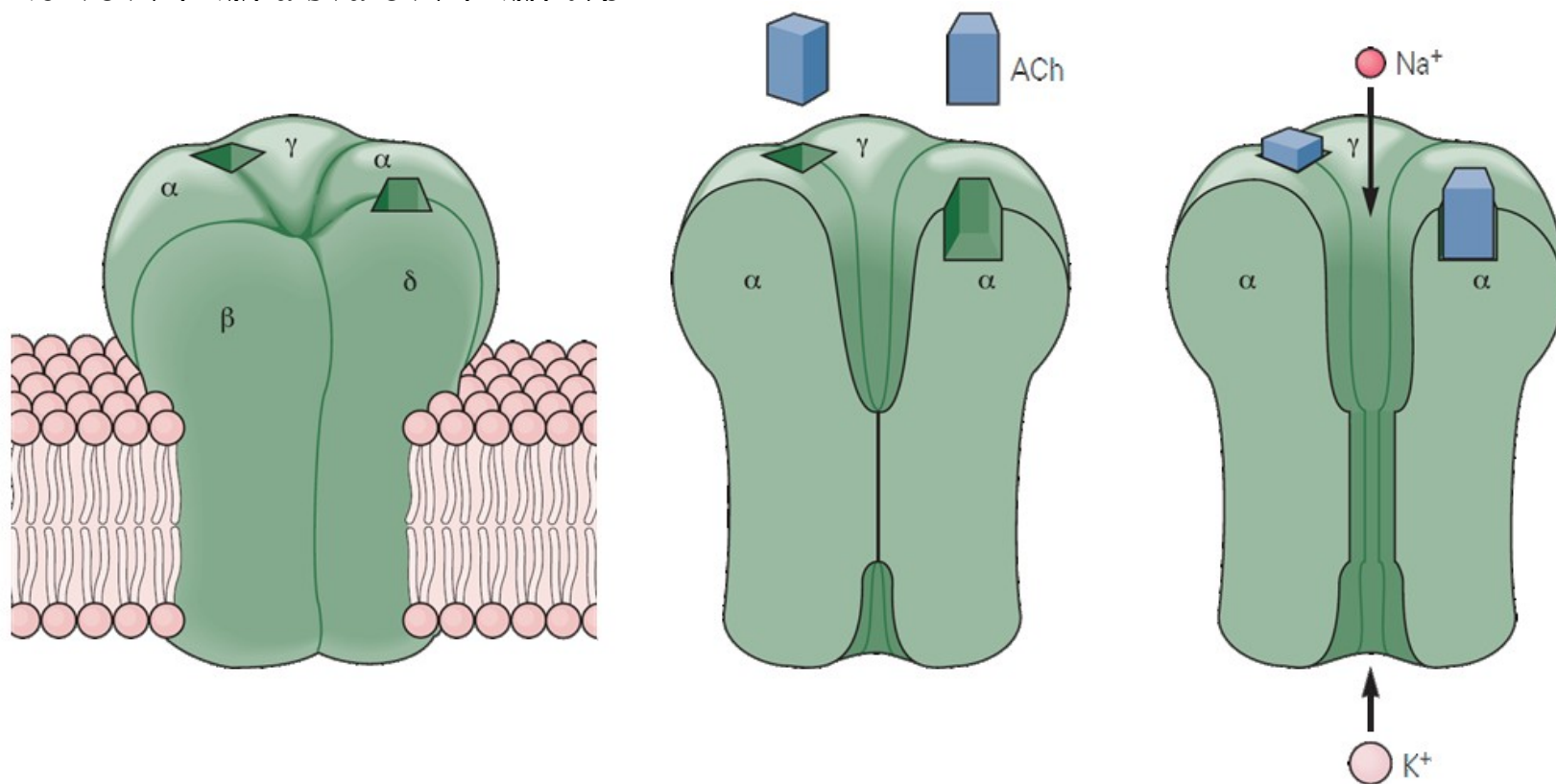
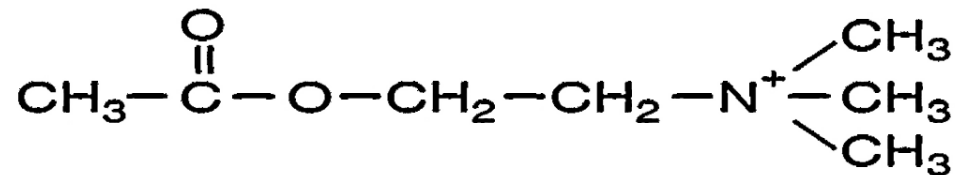
## Pregangliová vlákna

- Sympatikus, Parasympatikus

### Nikotinový receptor

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

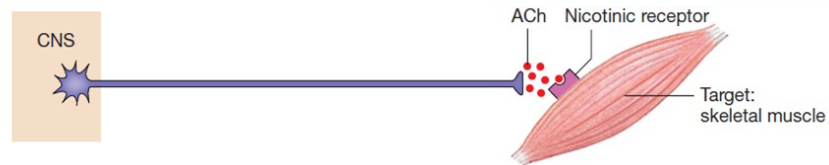
**ACh**





# Autonomní NS versus SOMATICKÝ NS

## SOMATIC MOTOR PATHWAY

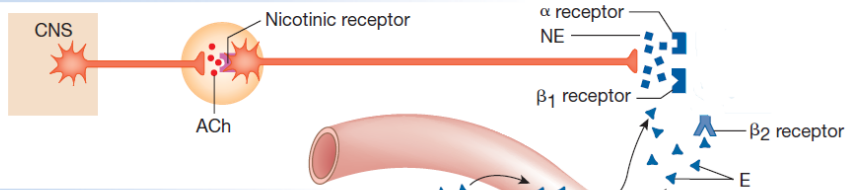


## AUTONOMIC PATHWAYS

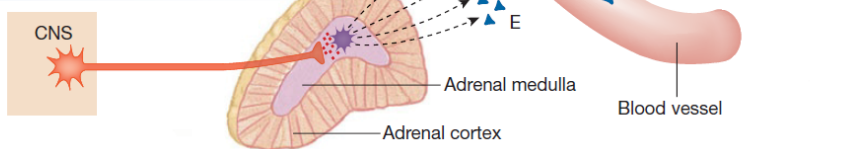
### (a) Parasympathetic Pathway



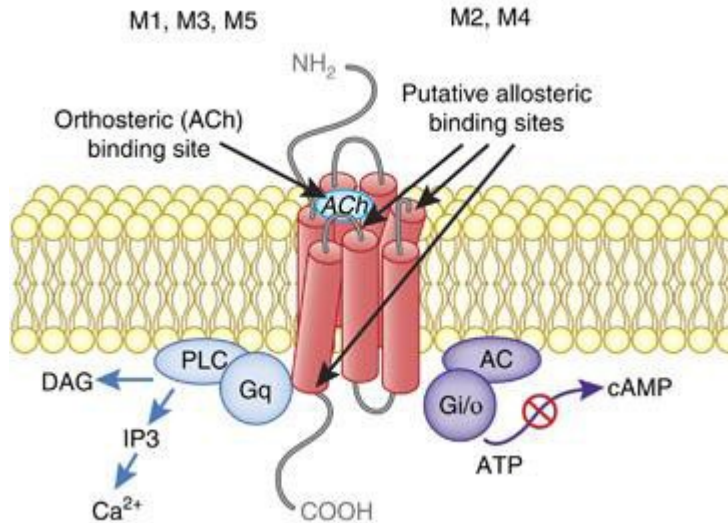
### (b) Sympathetic Pathway



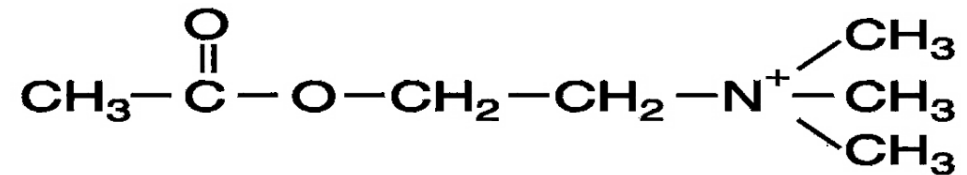
### (c) Adrenal Sympathetic Pathway



# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



## ACh



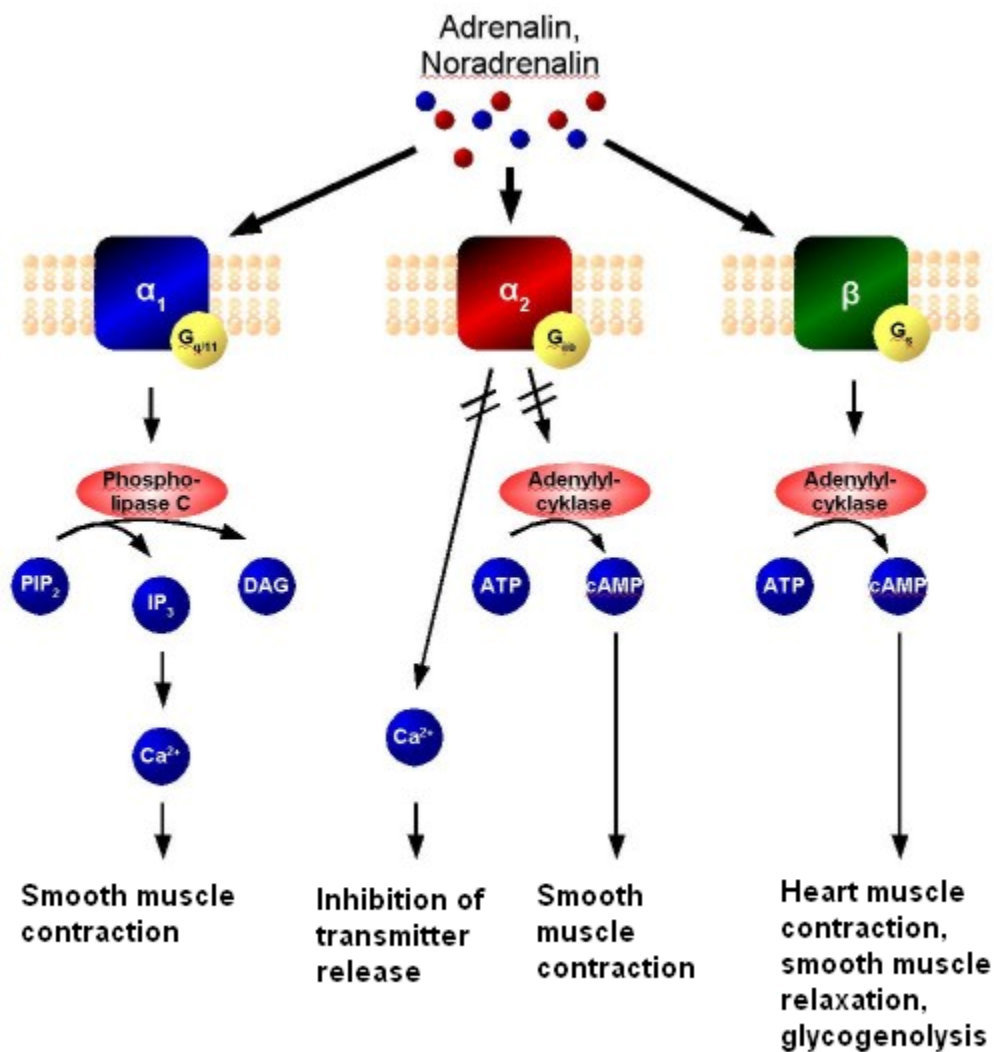
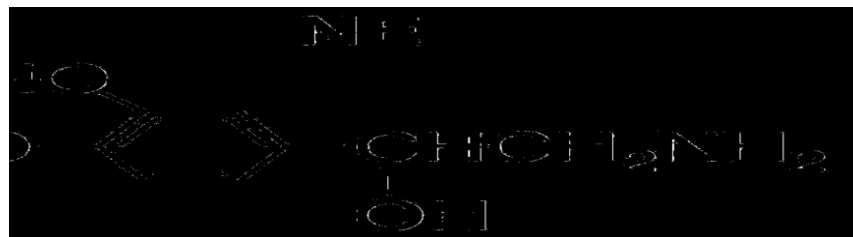
## Postgangliová vlákna

- 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>)

# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM

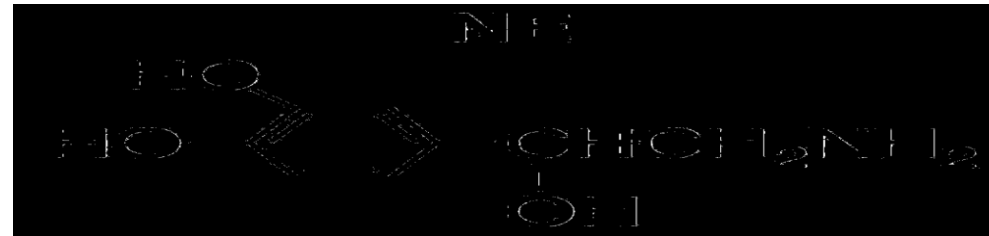
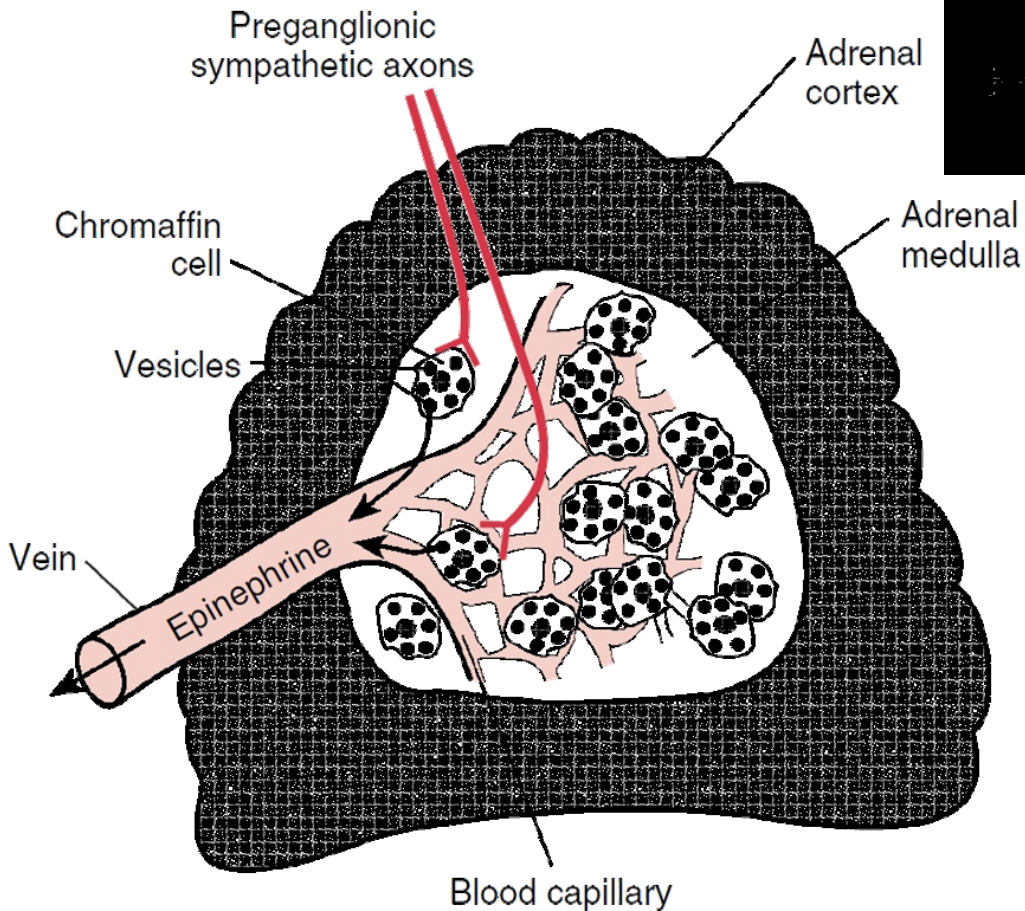


## Postgangliová vlákna sympatiku

### Adrenergní receptor

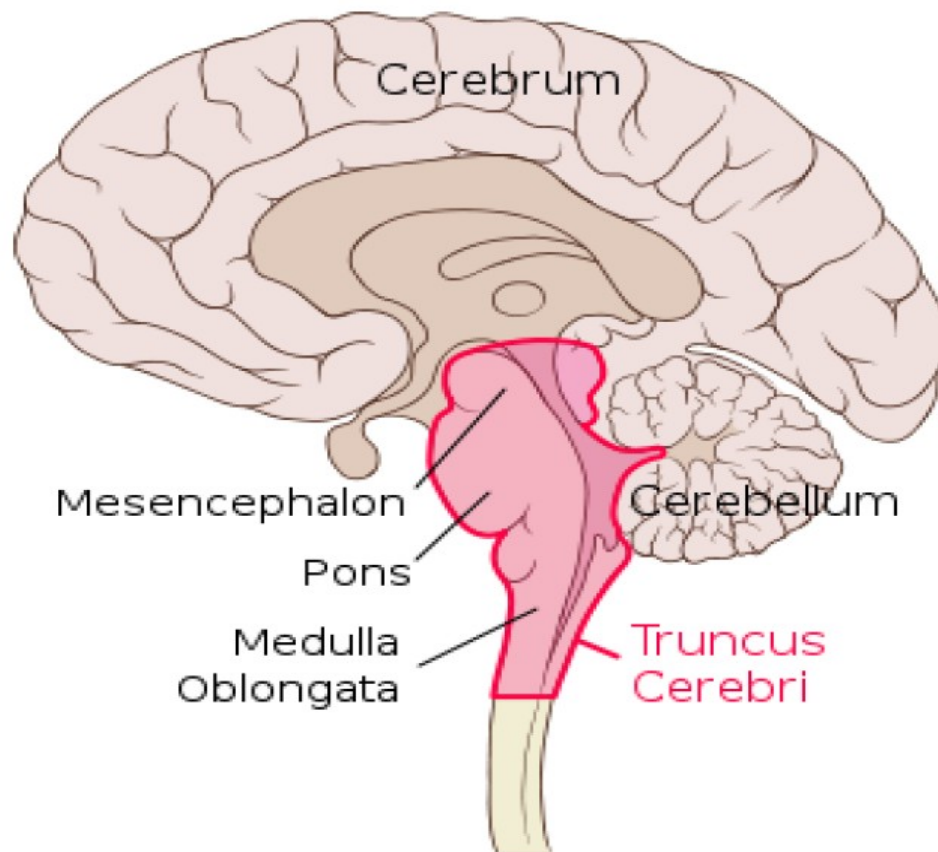
- Spřažený s G-proteinem
- Typ  $\alpha$  – obecně excitační
- Typ  $\beta$  – obecně inhibiční

# AUTONOMNÍ NERVOVÝ SYSTÉM



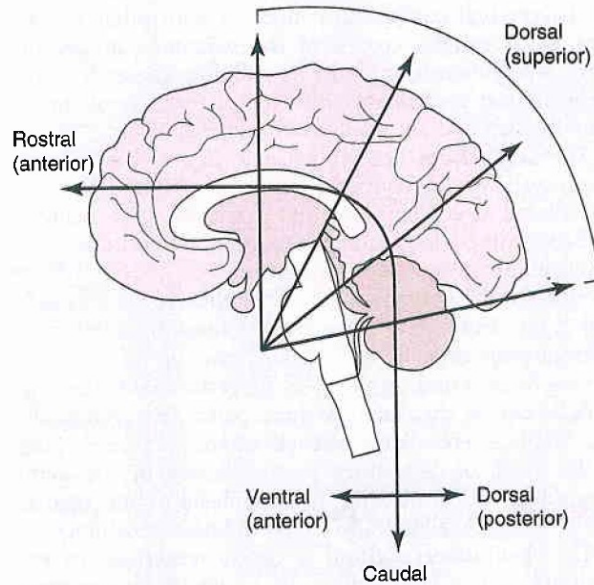
## Dřeň nadledvin

- Modifikované sympatické ganglion
- Stresové hormony vylučuje do krve

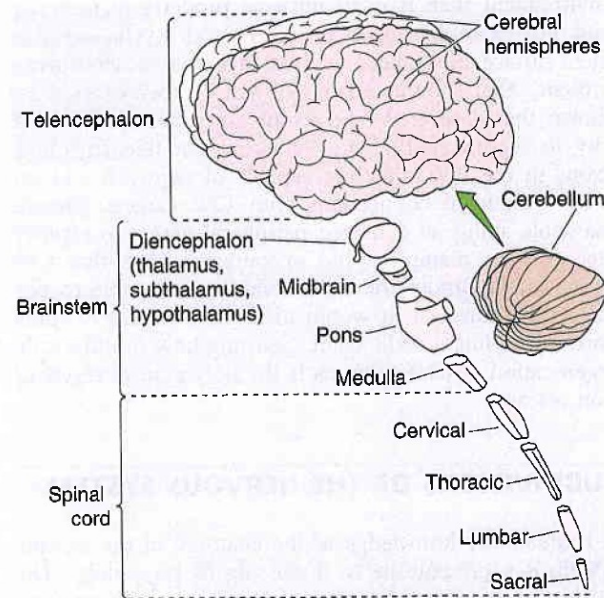


274 10 / Organization of the Nervous System

A AXES OF THE CNS



B MAJOR COMPONENTS OF THE CNS



C SURFACE ANATOMY OF THE CEREBRAL CORTEX

Frontal lobe Parietal lobe

Exportovat PDF  
Vytvořit PDF  
Prestol Scan Buttons  
Zkombinovat soubory

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

Další informace

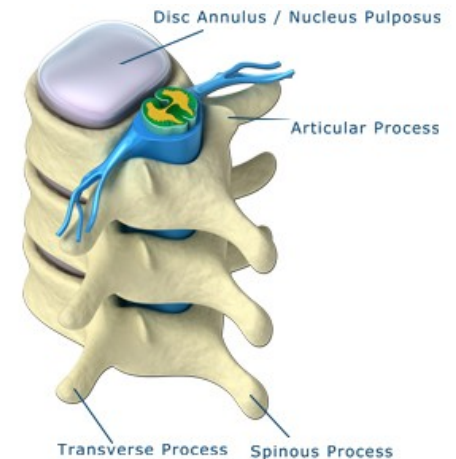
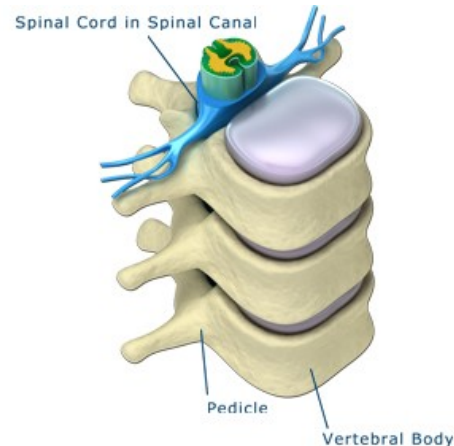
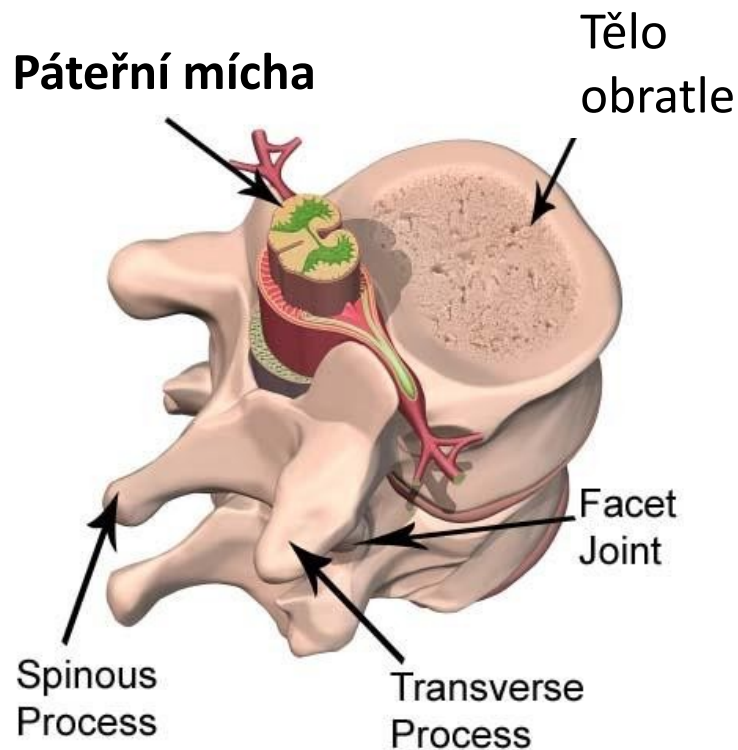
Vyplnit a podepsat

Ukládejte a sdílejte soubory ve službě Document Cloud  
Další informace

# 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)





# Segmenty páteří míchy

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

C – krční (cervikální) segmenty

Th – hrudní (thorakální) segmenty

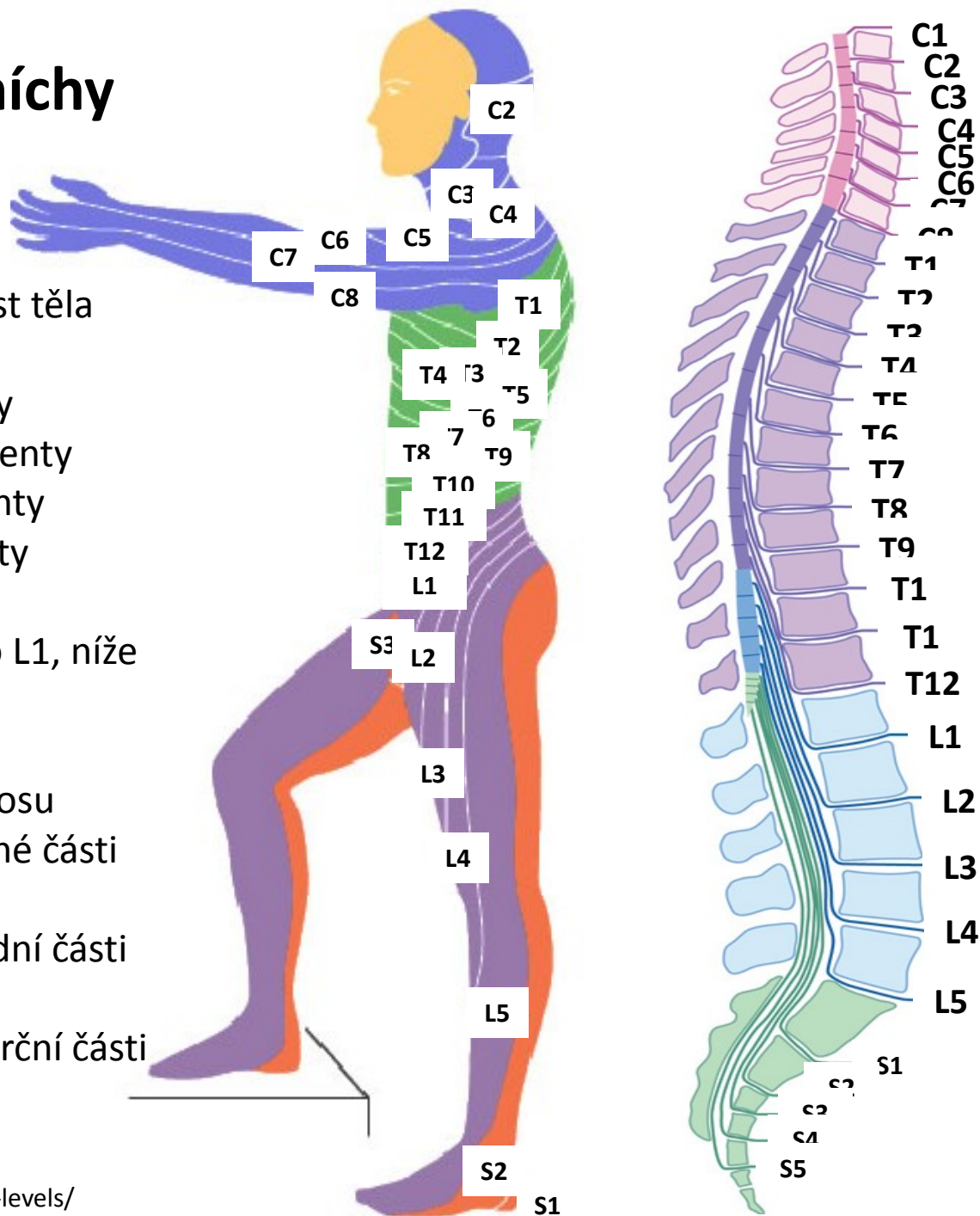
L – bederní (lumbální) segmenty

S – kostrční (sakrální) segmenty

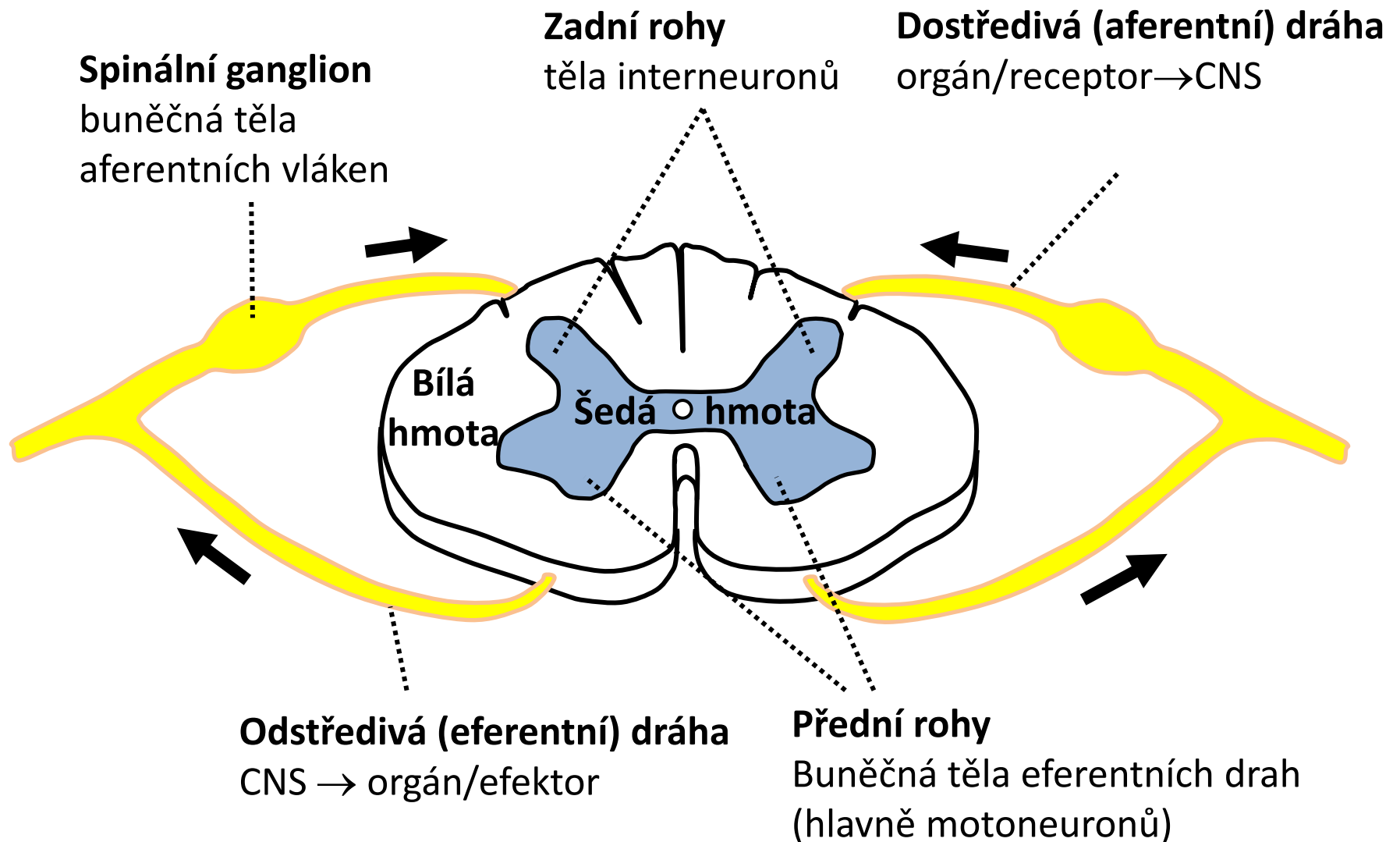
Páteřní mícha zasahuje jen do L1, níže pokračují pouze míšní nervy

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

- Paraplegie - přerušení hrudní části míchy
- Kvadruplegie – přerušení 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

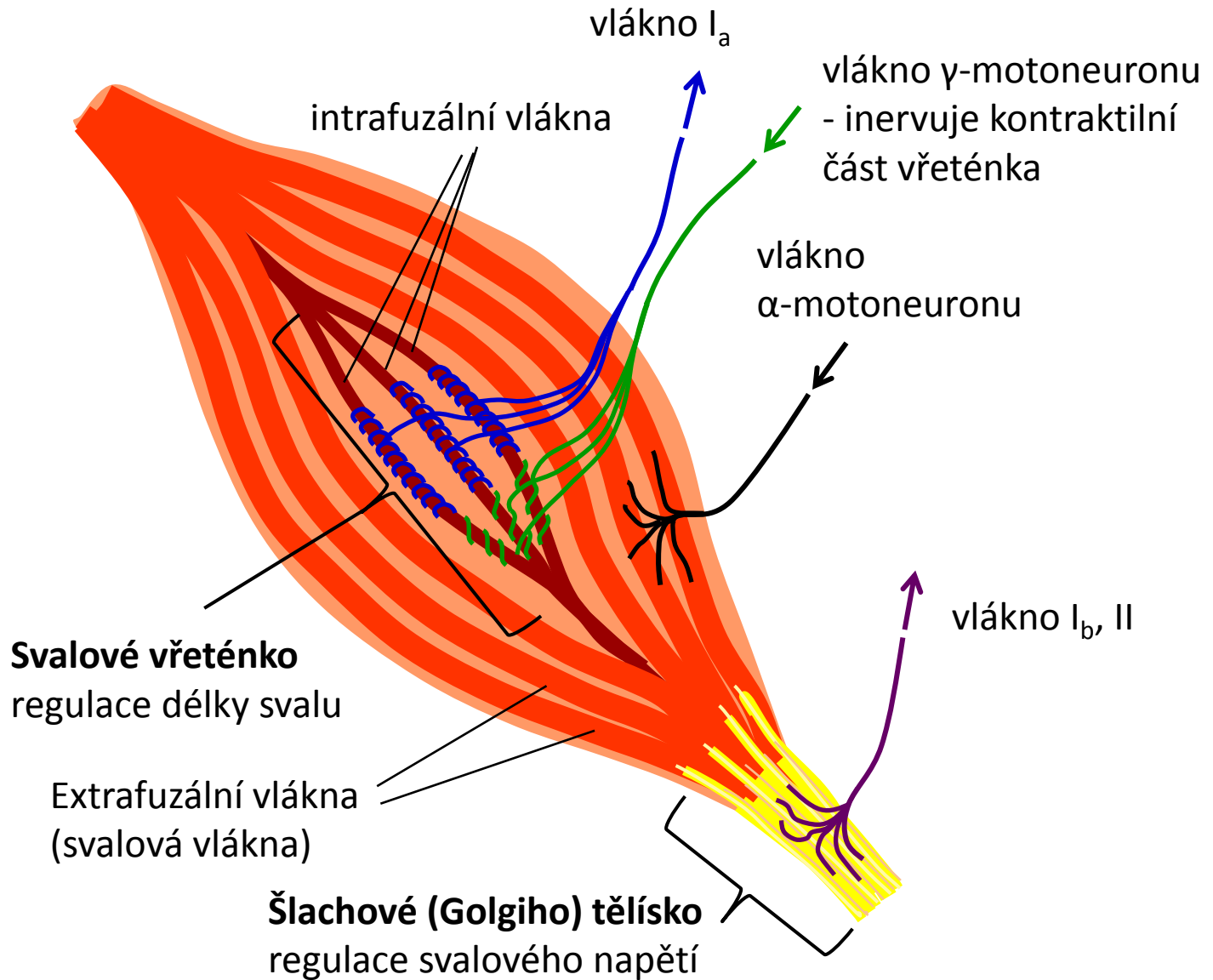
## Účel reflexů

- 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



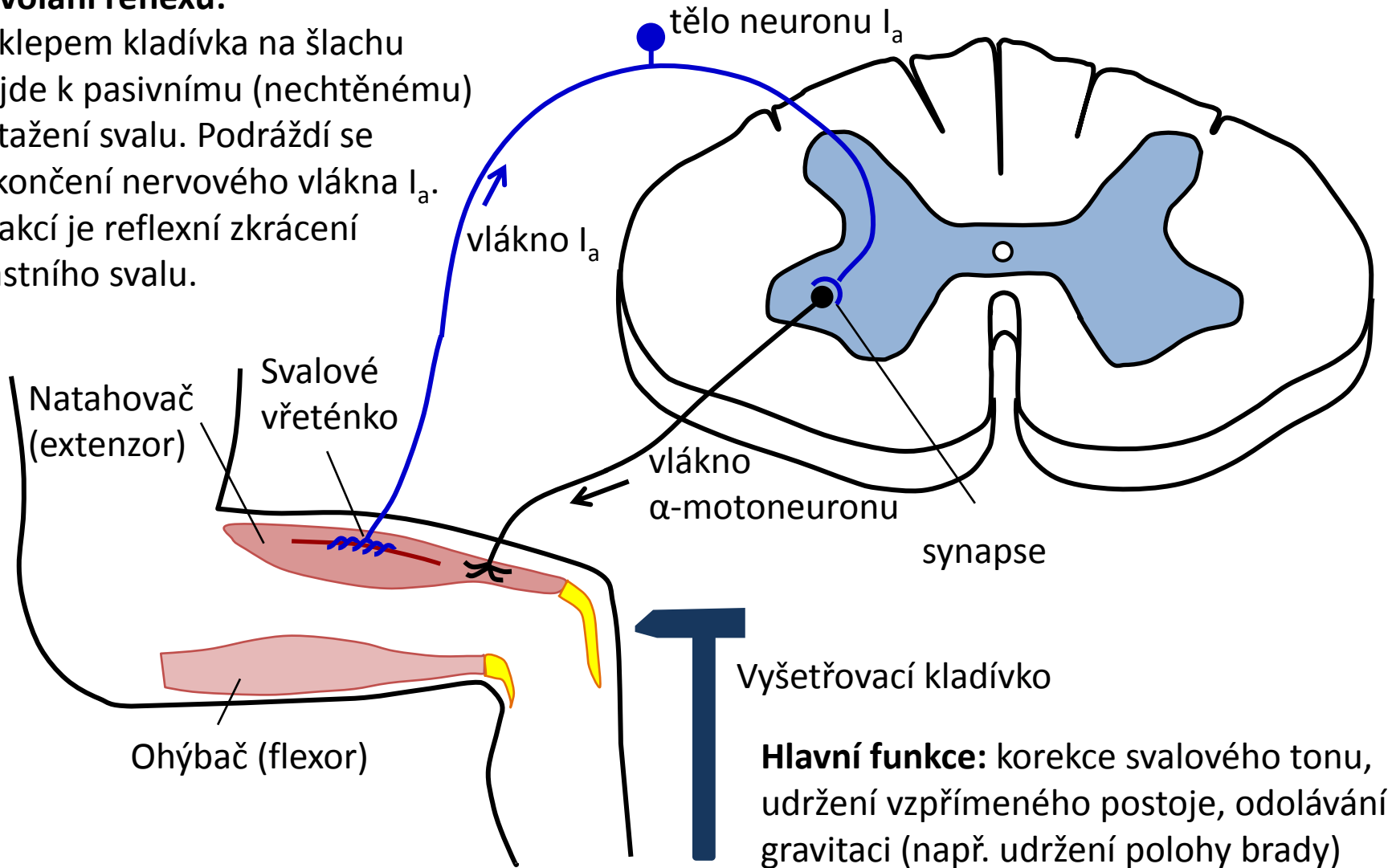
# Napínací reflex

(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

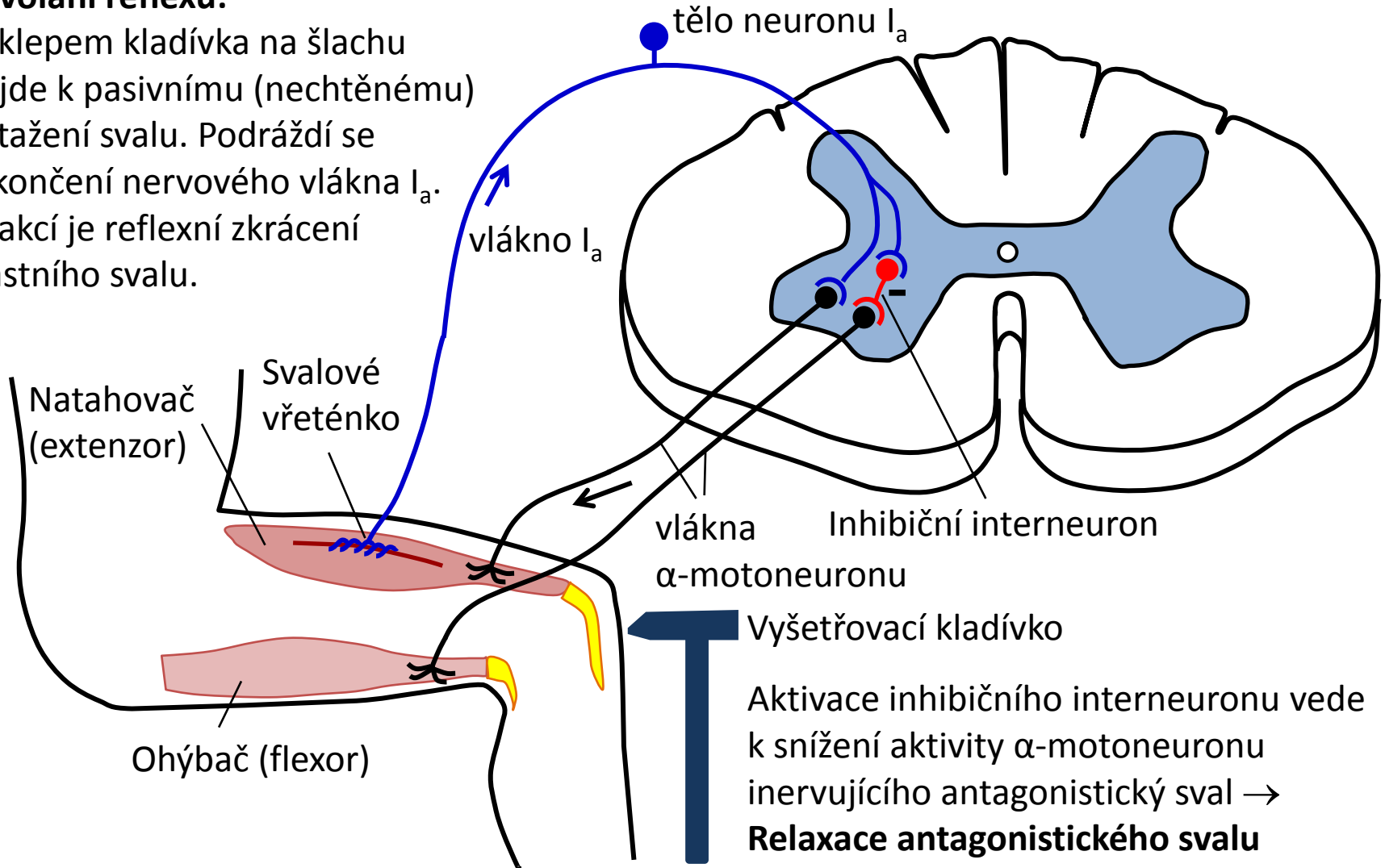
**Hlavní funkce:** korekce svalového tonu, udržení vzpřímeného postoje, odolávání gravitaci (např. udržení polohy brady)

# 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.

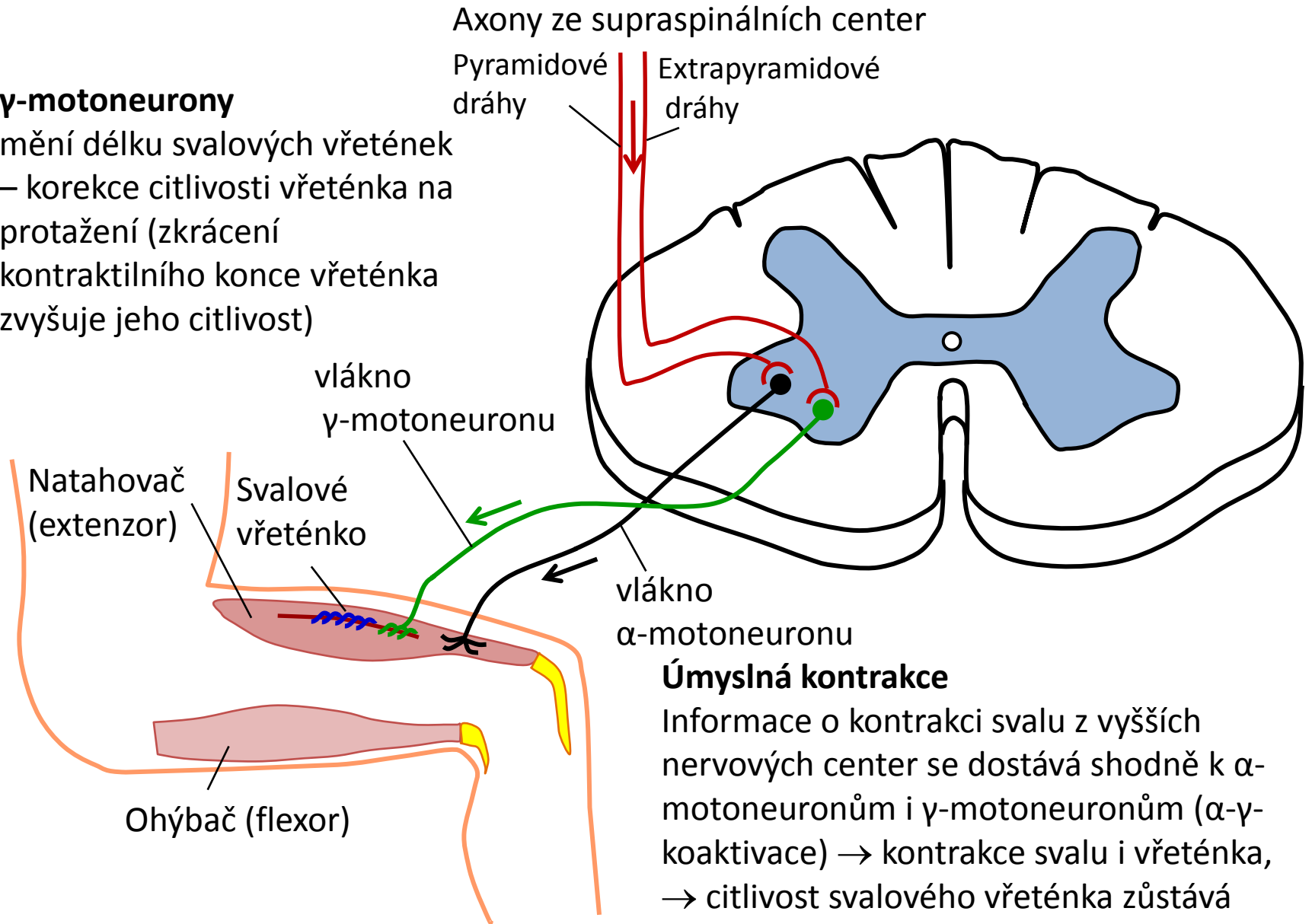


Aktivace inhibičního interneuronu vede k snížení aktivity  $\alpha$ -motoneuronu inervujícího antagonistický sval → **Relaxace antagonistického svalu**

# Napínací reflex – gama smyčka

## $\gamma$ -motoneurony

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

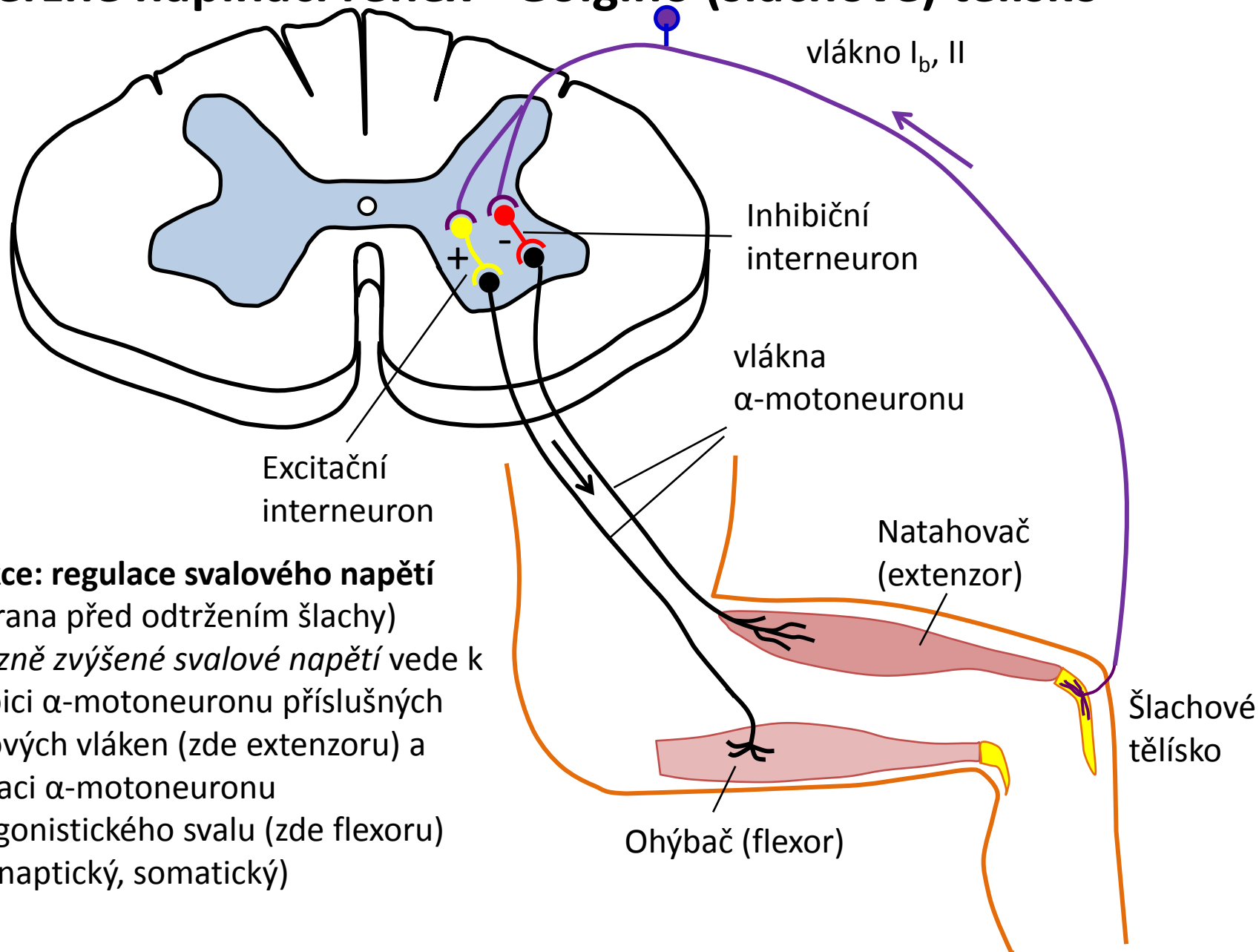


## Úmyslná kontrakce

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  $\alpha$ -motoneuronu příslušných svalových vláken (zde extenzoru) a excitaci  $\alpha$ -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

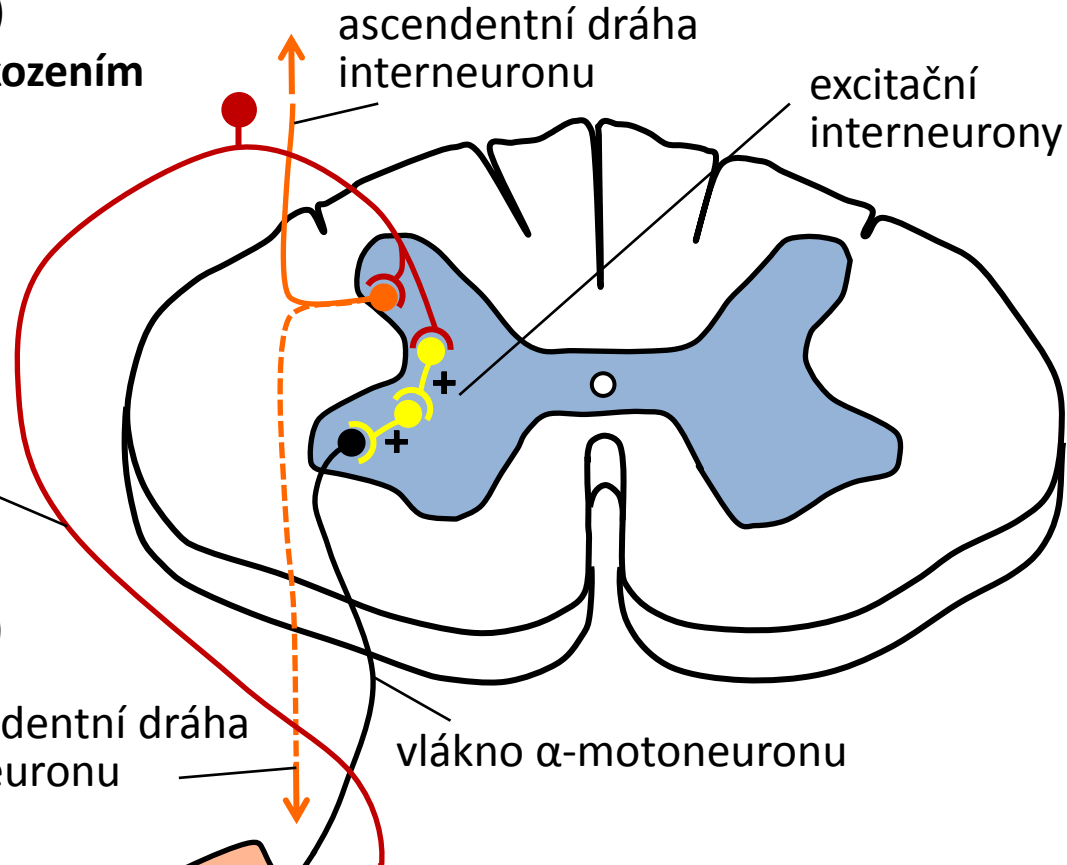
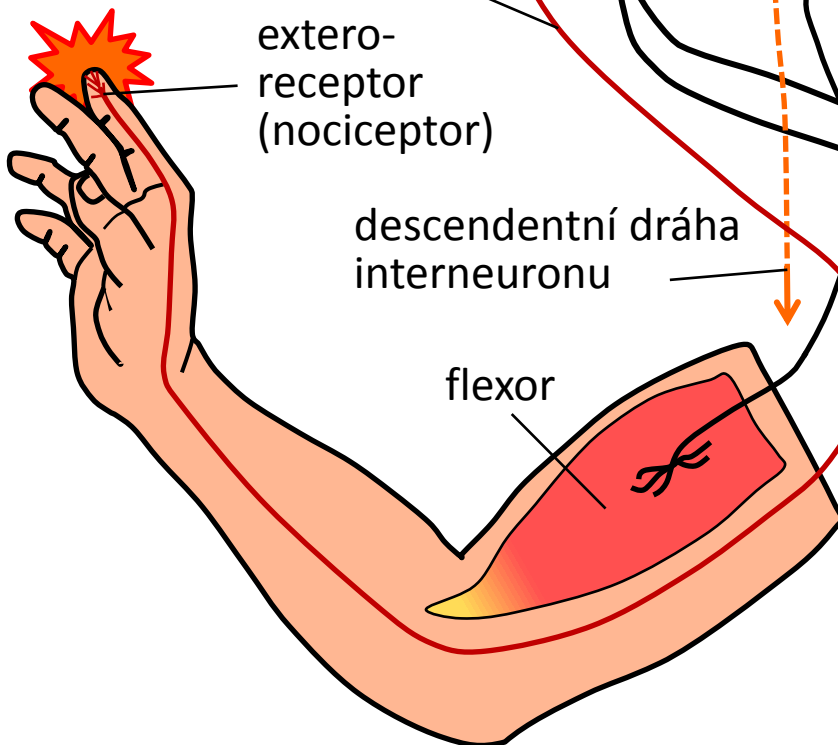
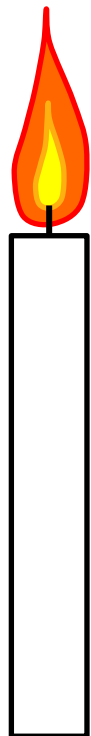
ascendentní dráha  
interneuronu

excitační  
interneurony

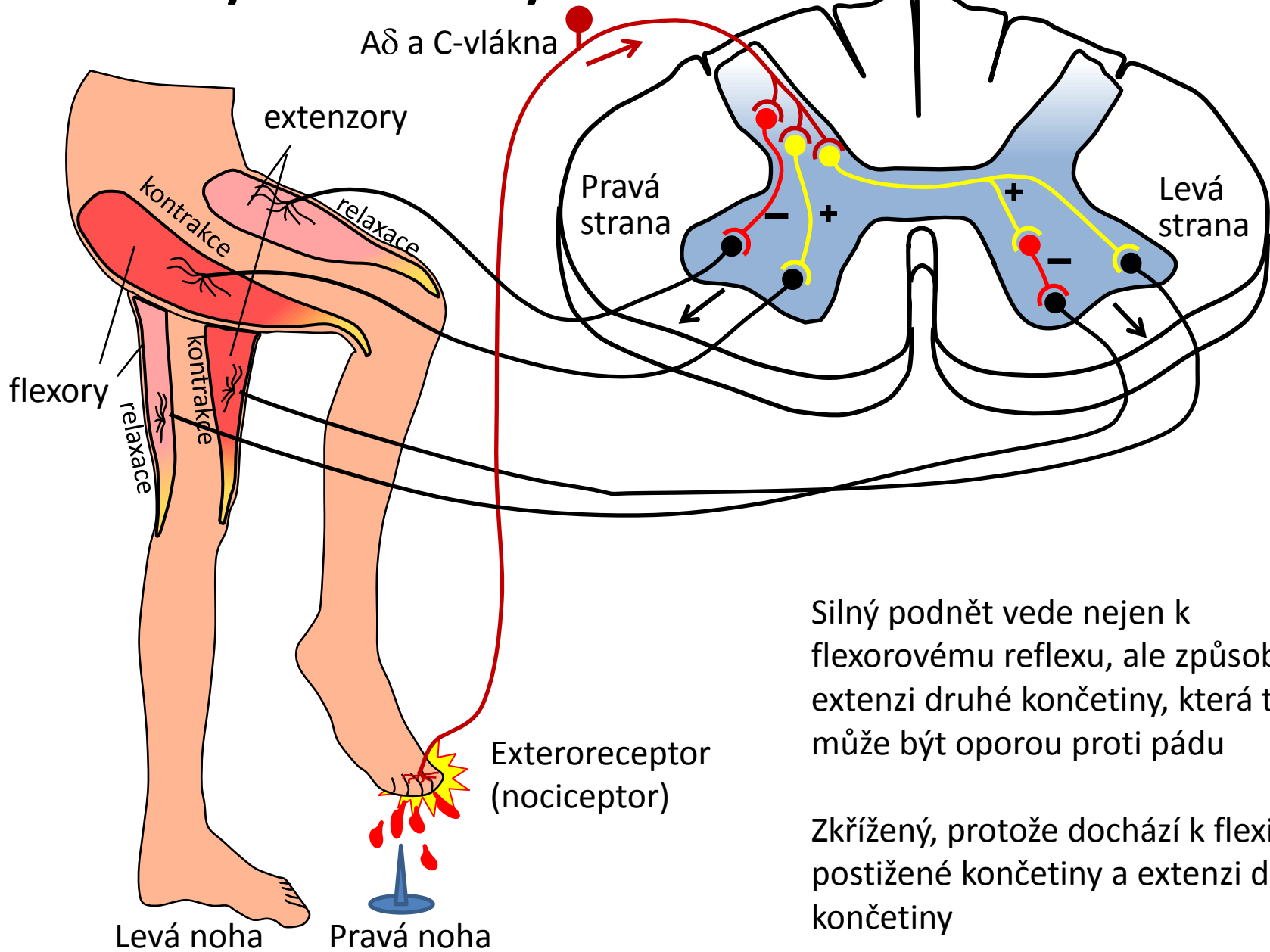
vlákno  $\alpha$ -motoneuronu

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

# Levá strana

Exteroreceptor (nociceptor)

Aδ a C-vlákna

ascendentní dráhy interneuronu

**Zkřížený extenzorový reflex:**

komplexnější, zahrnuje více sousedních míšních segmentů  
Více interneuronů umožňuje větší regulaci síly odpovědi

Inhibice extenzoru

Aktivace flexoru

descendentní dráhy interneuronu

Aktivace extenzoru

Inhibice flexoru

inhibiční interneurony

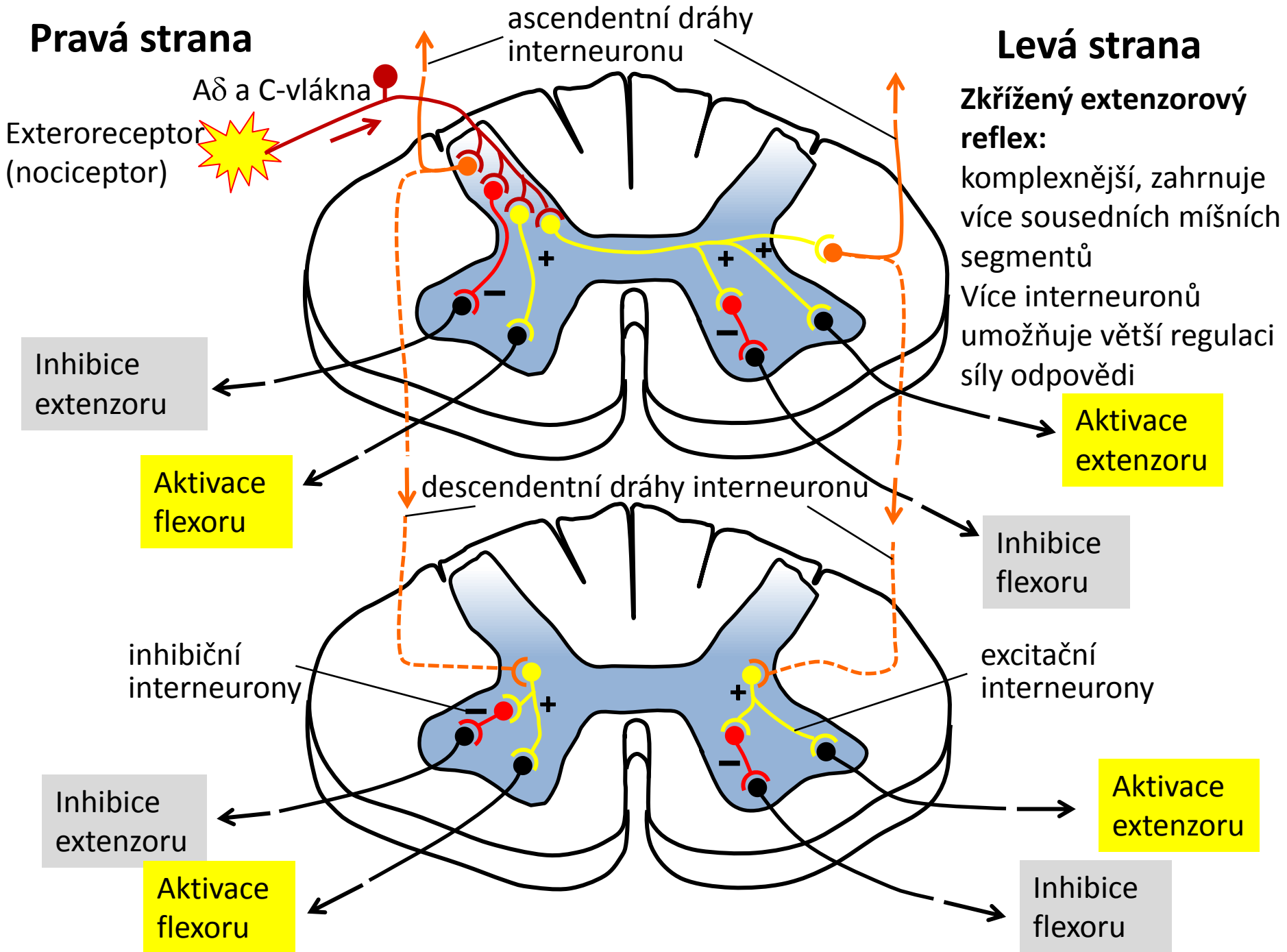
Inhibice extenzoru

Aktivace flexoru

excitační interneurony

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) osvětlené zornice i zornice neosvětlené (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

