

**Dej si  
kávičku**

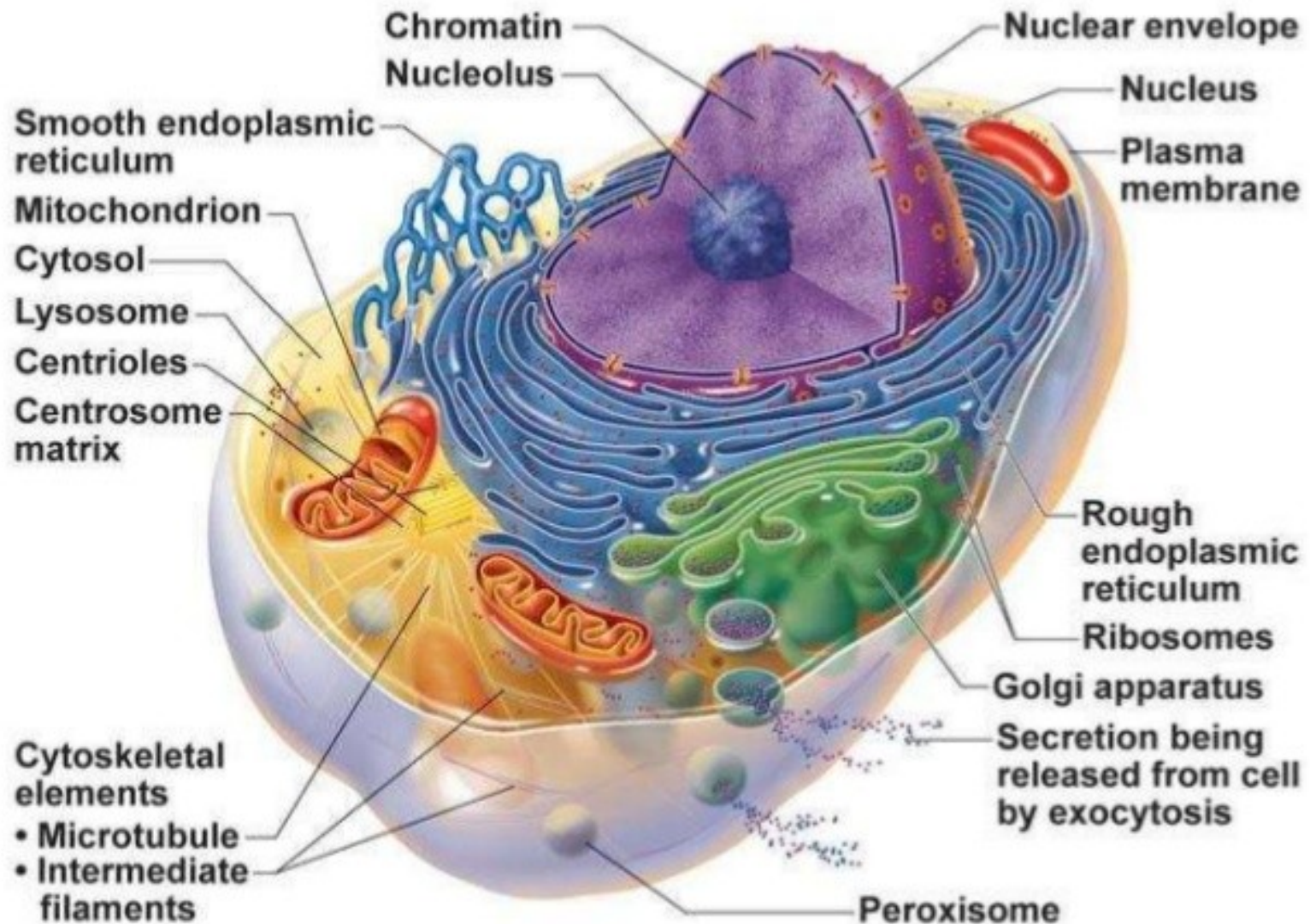
**a dělej blbosti  
intenzivněji  
rychleji a  
s větší  
energií!**







# CELL STRUCTURES



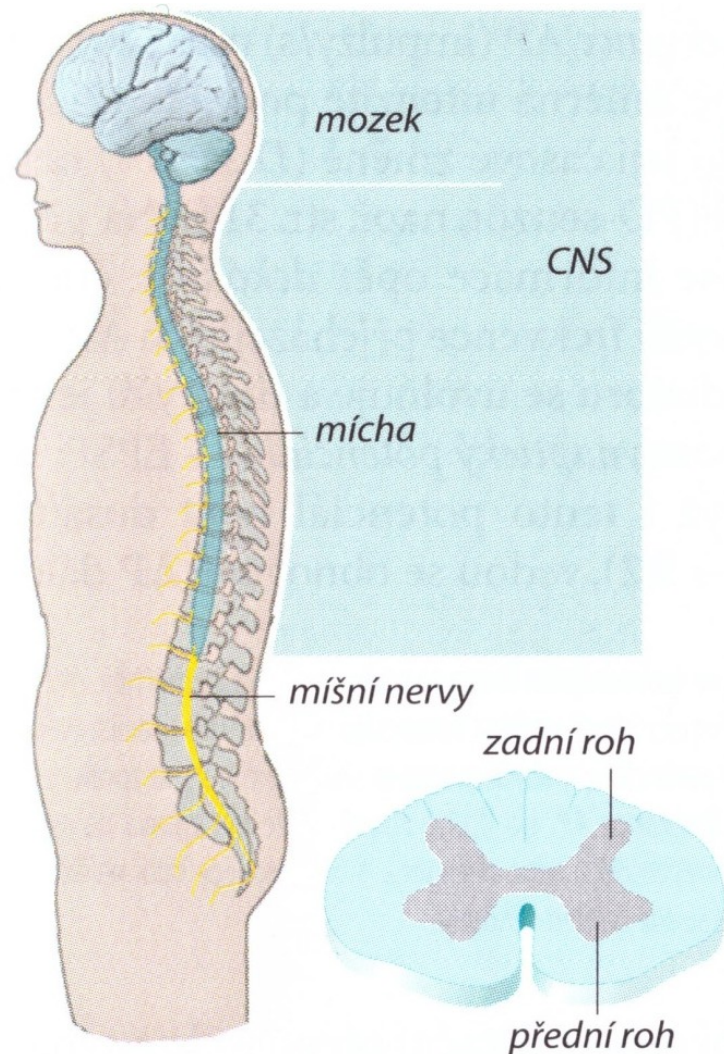
Neuron

## Nervová soustava

- Centrální nervový systém (CNS)
  - mozek
  - mícha
- Periferní nervový systém (nervy)

## Základní stavební jednotky

- Neuron – přenos a zpracování informací
- Gliové buňky – péče o neurony

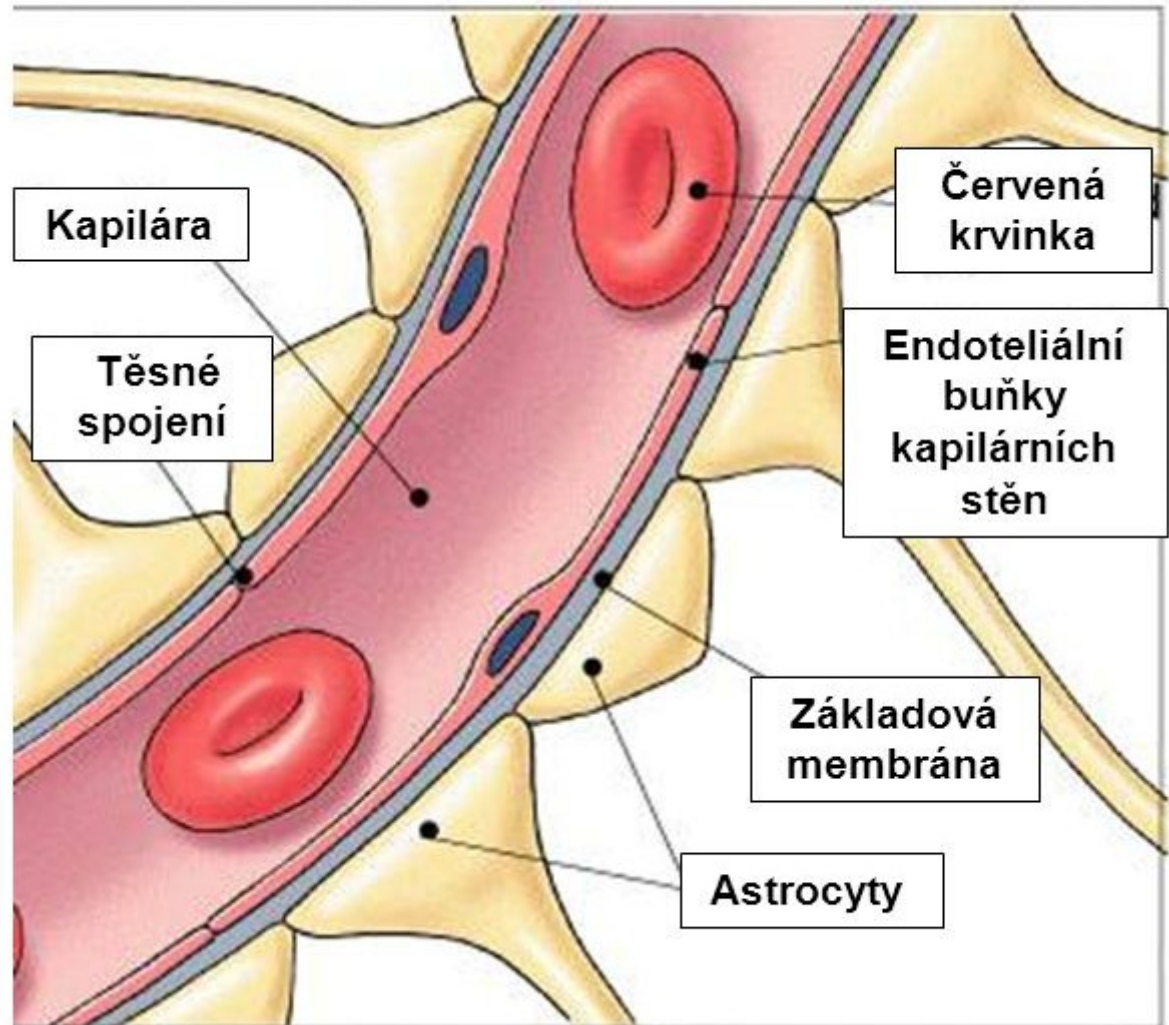


Převzato z: Atlas fyziologie člověka, S. Silbernagl

# Hematoencefalická bariéra

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

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

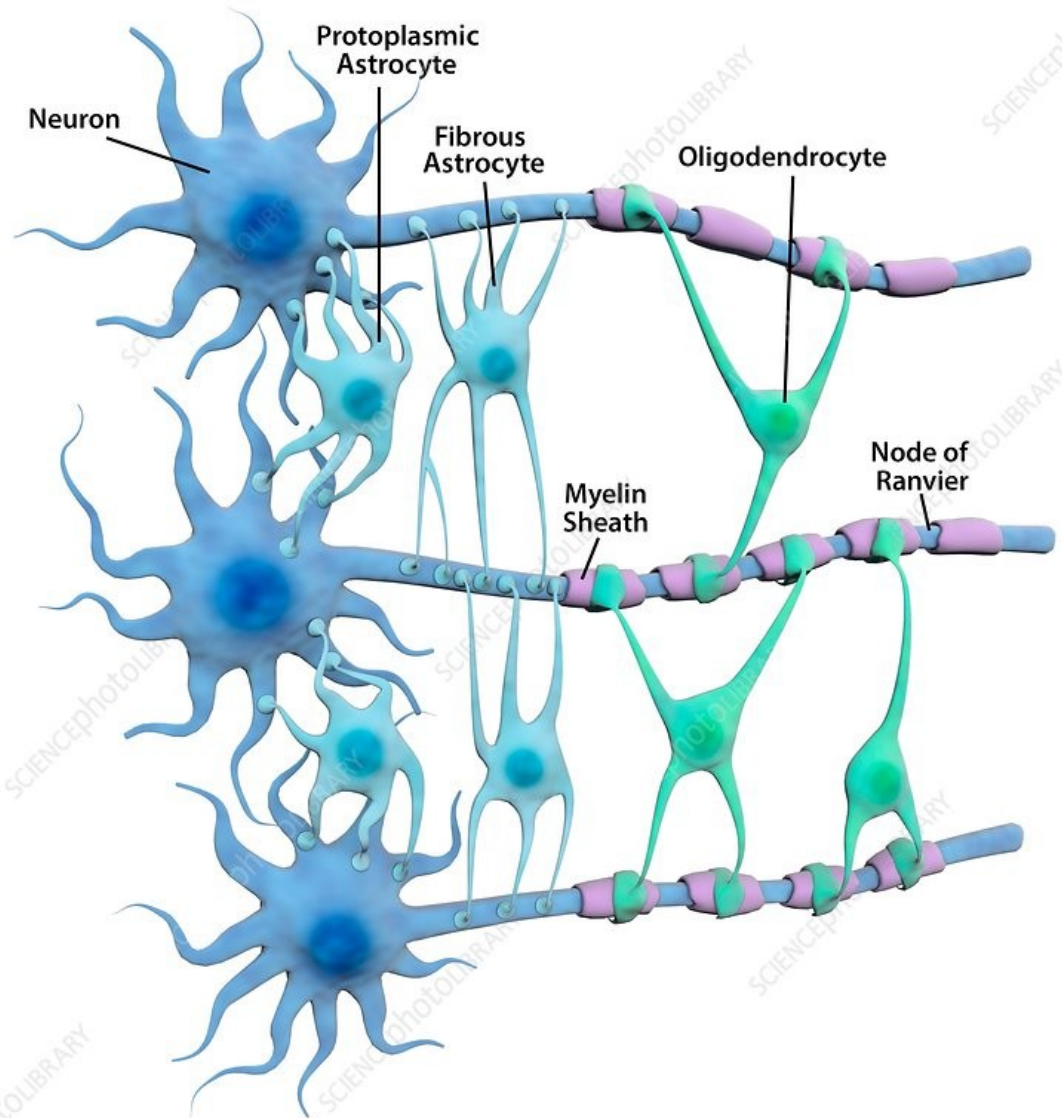


# Gliové buňky

Neurony jsou citlivé na výkyvy v homeostáze – pH, teplota, tlak,...

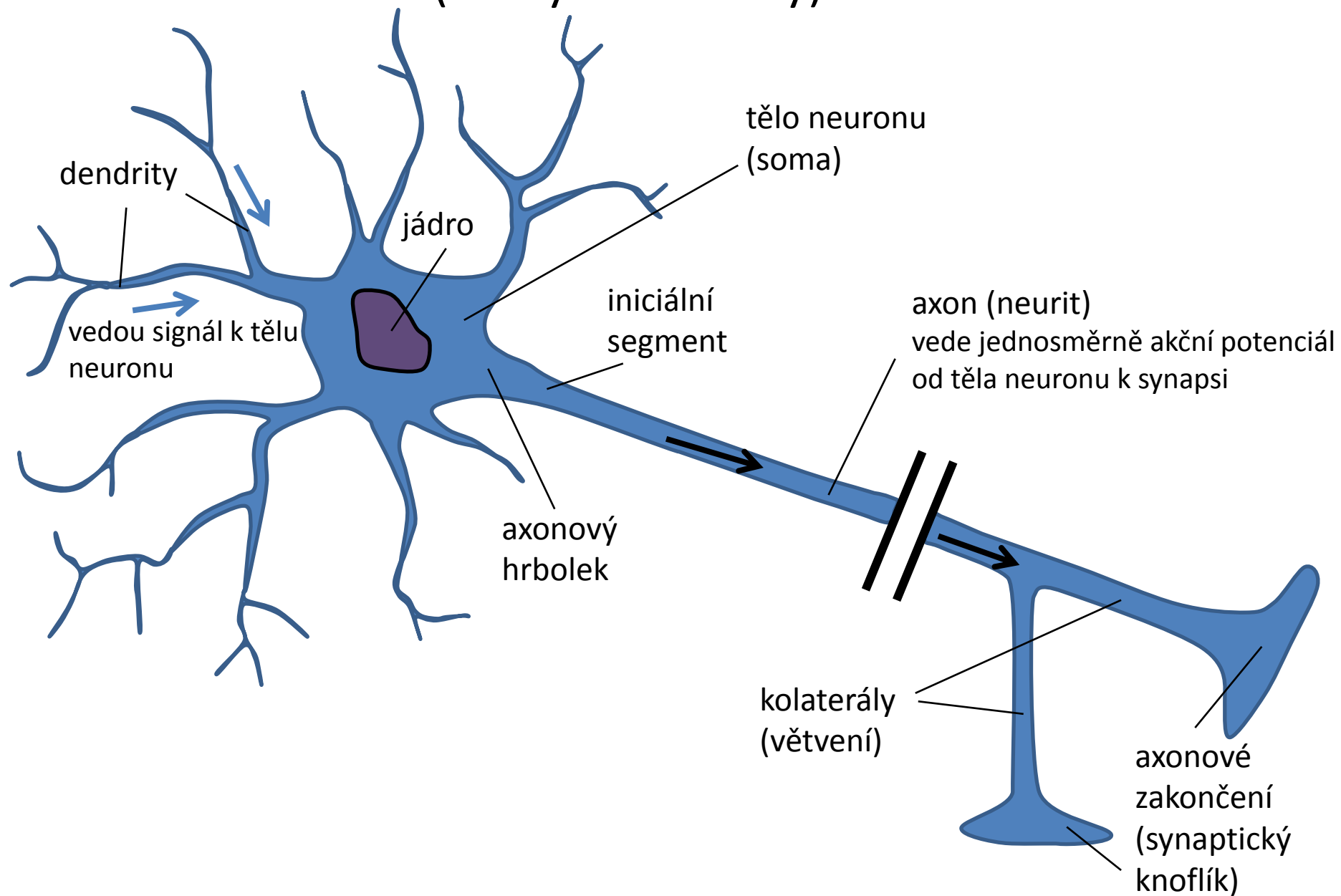
Péče o neurony – neuroglie jsou chůvy a ošetřovatelky neuronů  
- metabolická, ochranná, imunitní, homeostatická a oporná funkce (CNS nemá pojivové tkáně)

- zajištění co nejpříznivějšího prostředí
- Výživa a odvádění metabolitů
- Neurony mají vysokou energetickou spotřebu (vyžadují hodně ATP – vysoká spotřeba O<sub>2</sub> a glukózy)
- Ochrana před choroboplodnými látkami – fagocytóza
- Tvorba myelinové pochvy
- Odstranění neuromediátoru

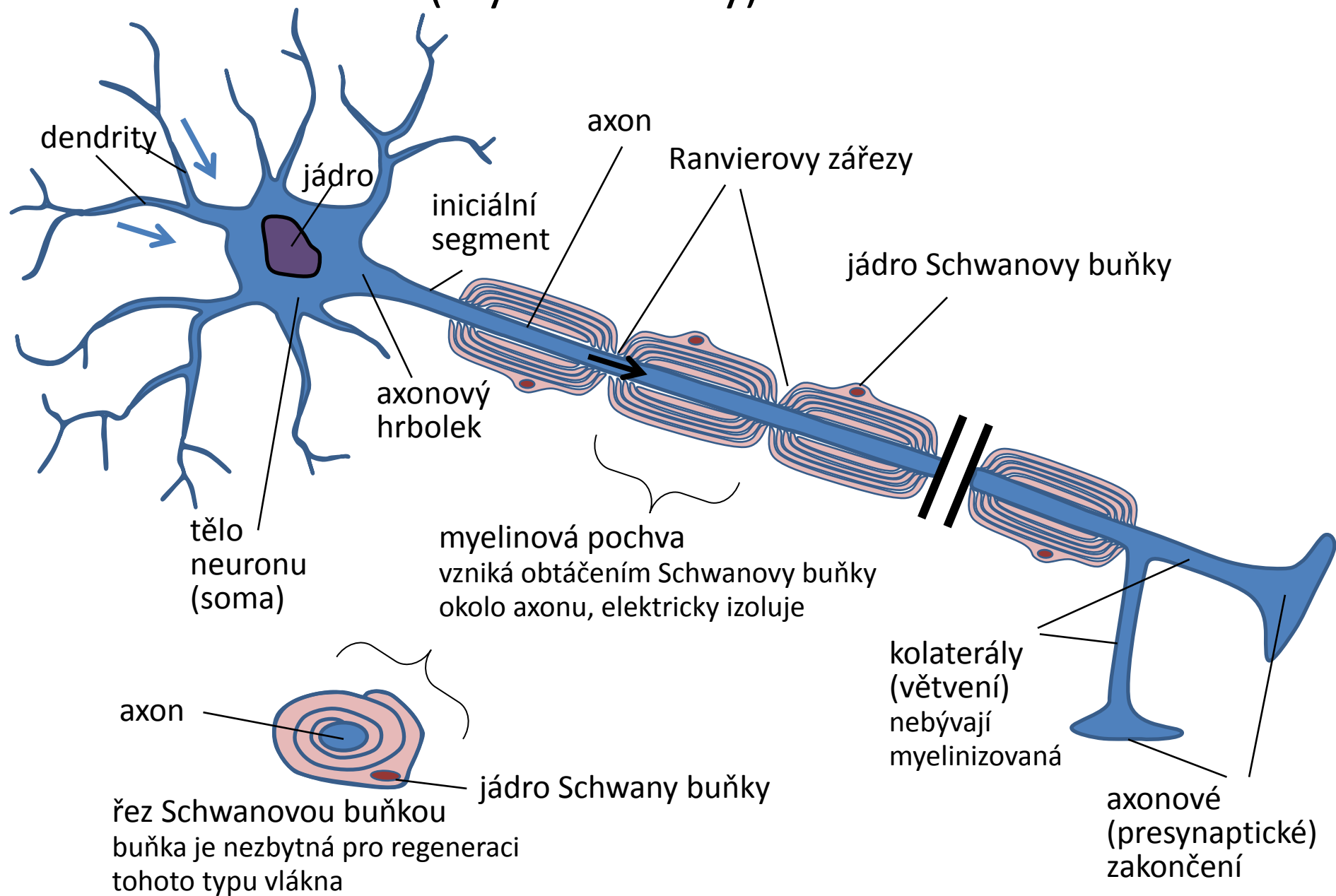




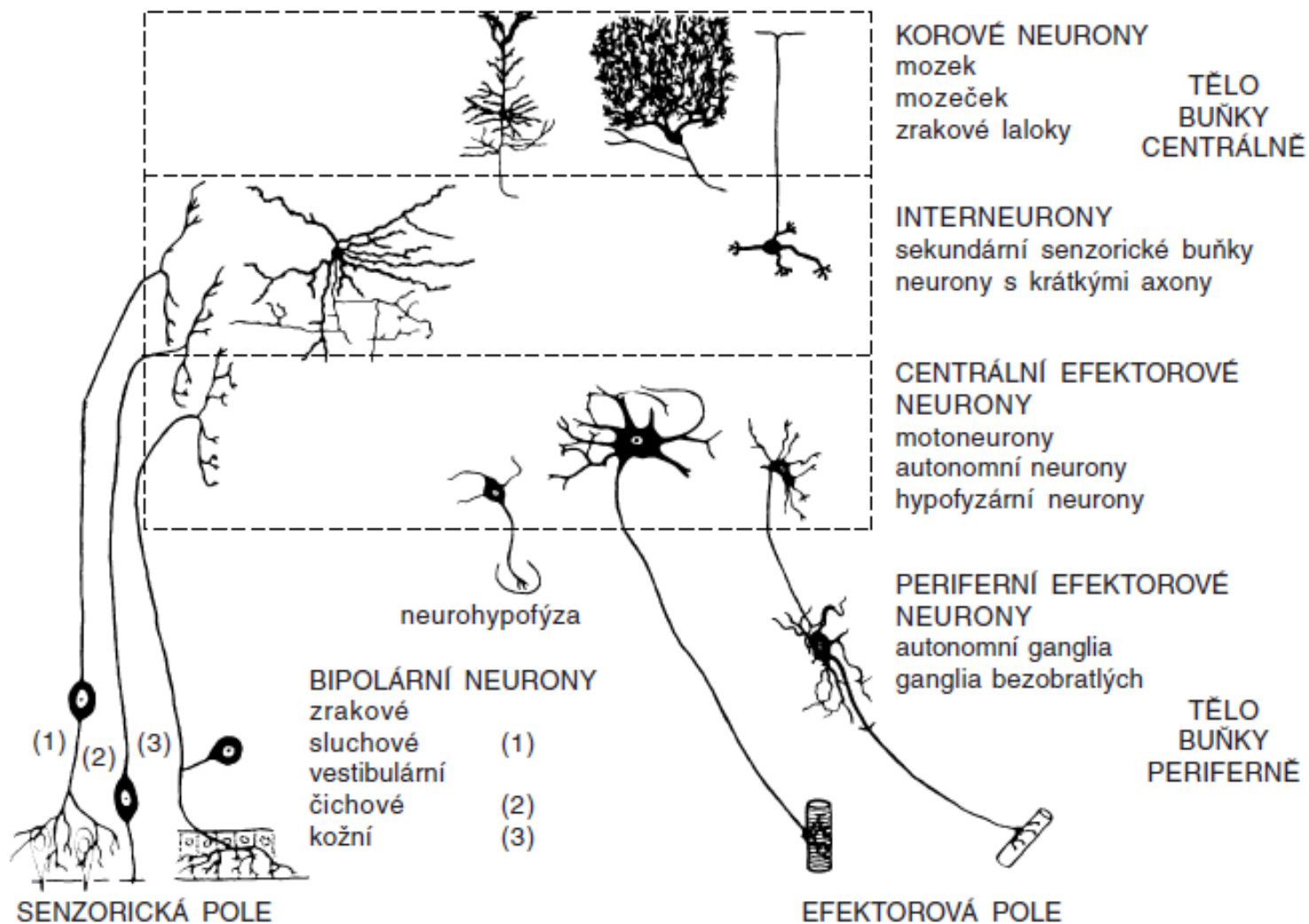
# Stavba neuronu (nemyelinizovaný)



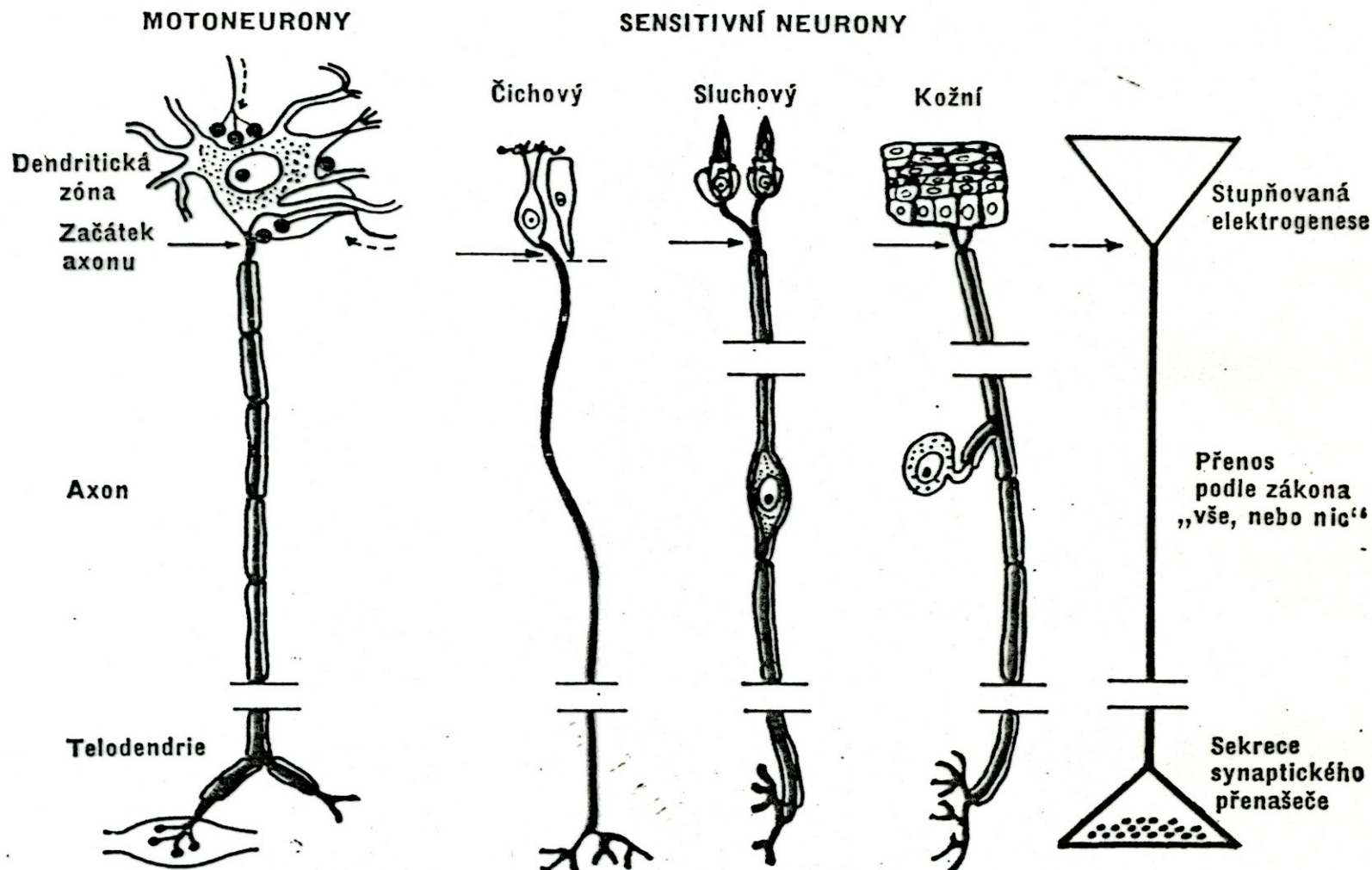
# Stavba neuronu (myelinizovaný)



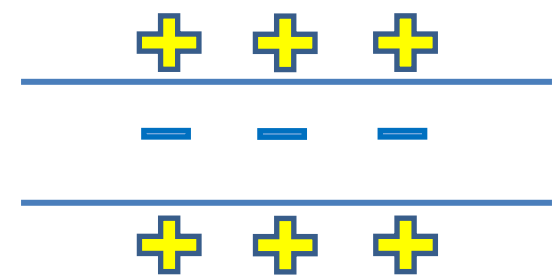
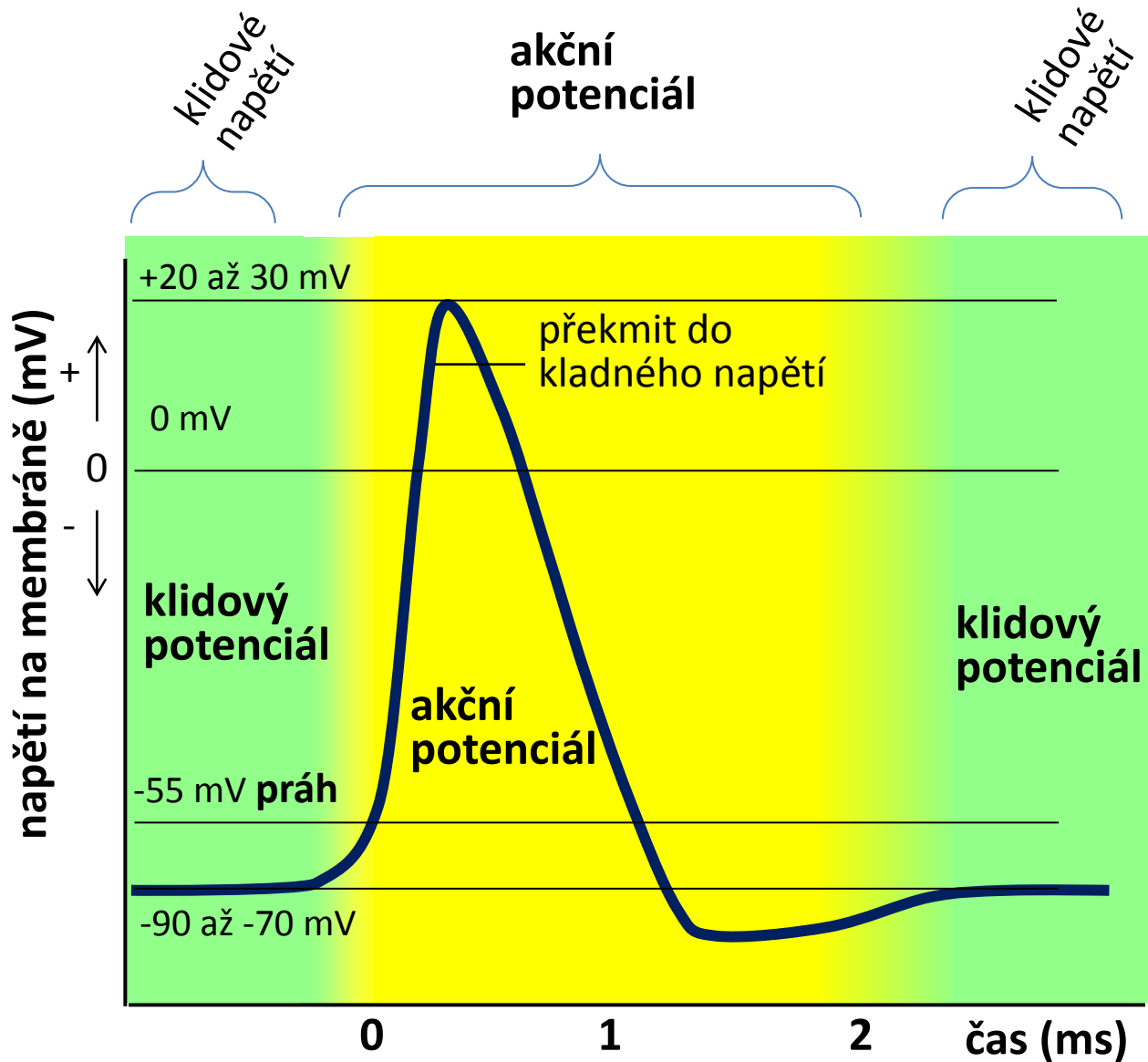
# Různé typy neuronů



# Různé typy neuronů



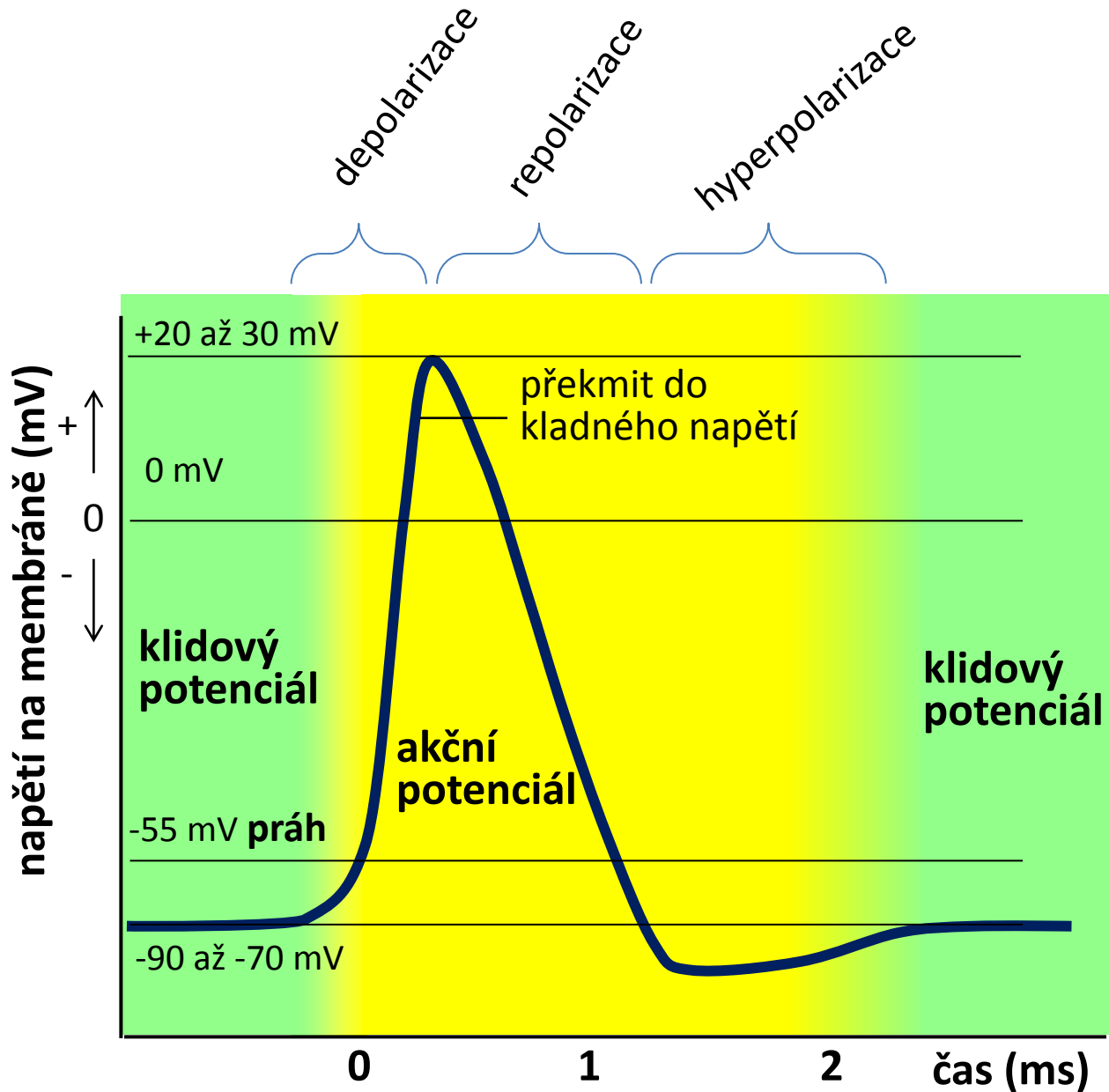
# Klidové napětí a akční potenciál



## Klidové napětí:

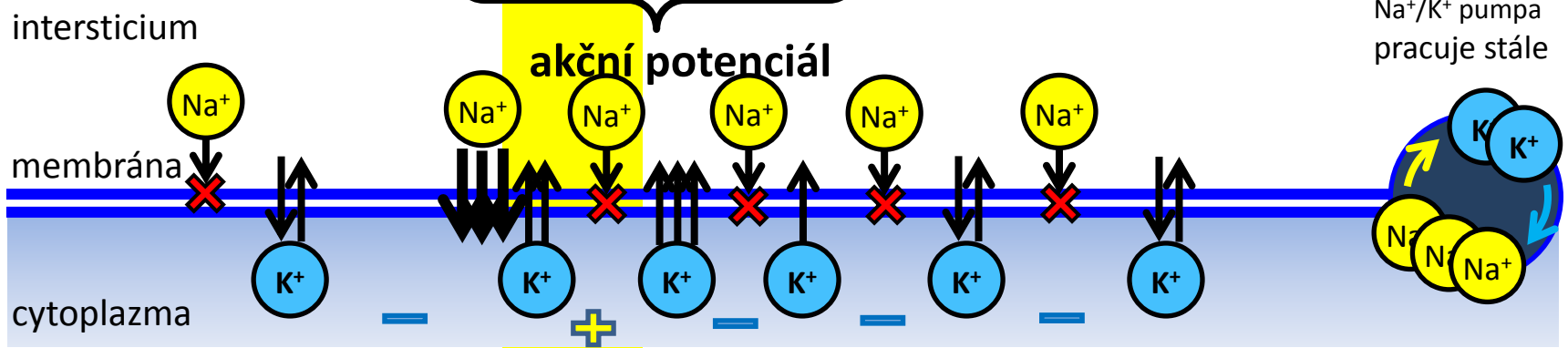
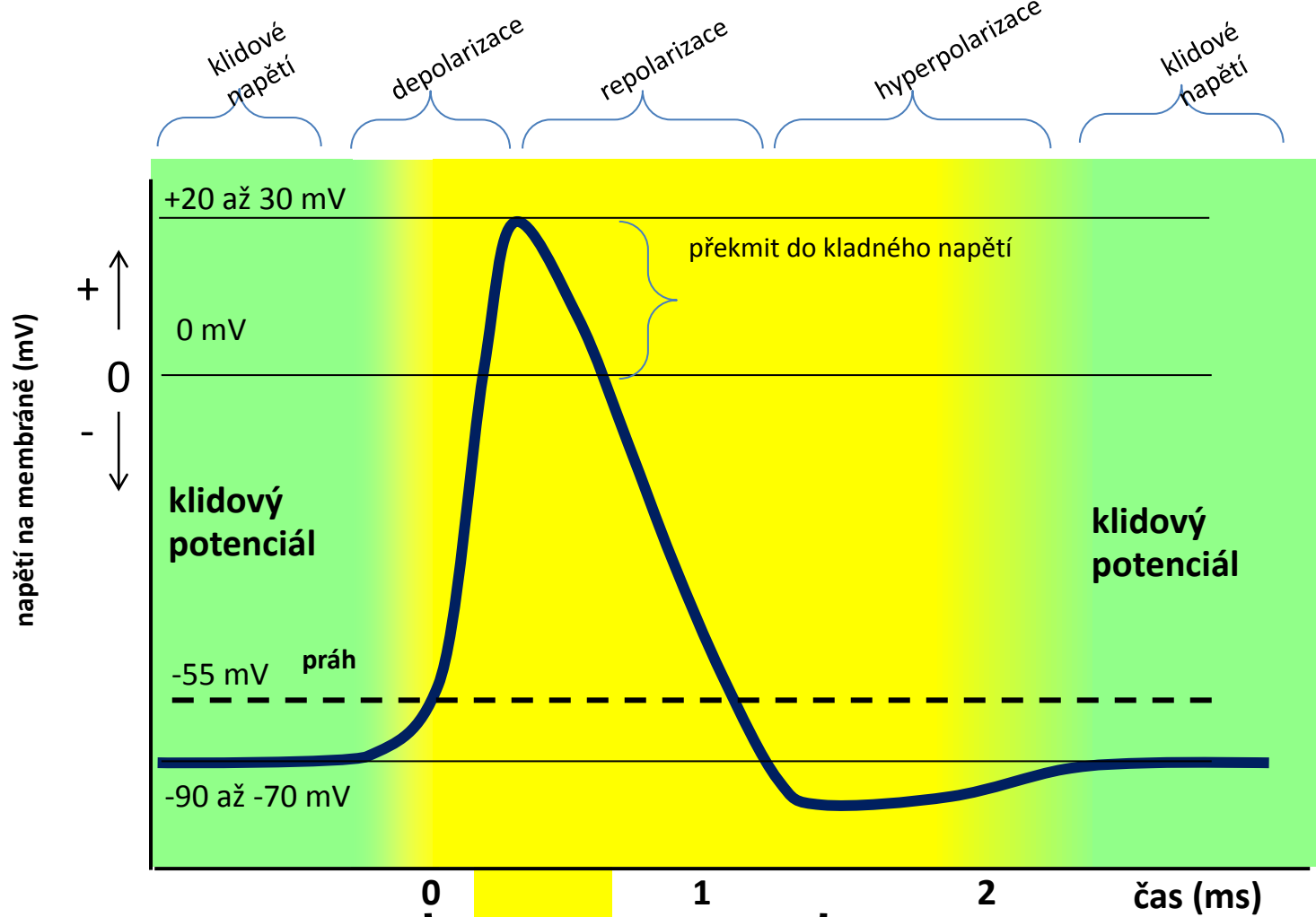
- na membráně buňky za klidových podmínek
- uvnitř buňky je záporný náboj, na povrchu buňky je kladný náboj
- buňka je nepropustná pro  $\text{Na}^+$
- uvnitř buňky je větší koncentrace  $\text{K}^+$ , mimo buňku je větší koncentrace  $\text{Na}^+$
- koncentrace  $\text{K}^+$  uvnitř je menší než koncentrace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

# Klidové napětí a akční potenciál

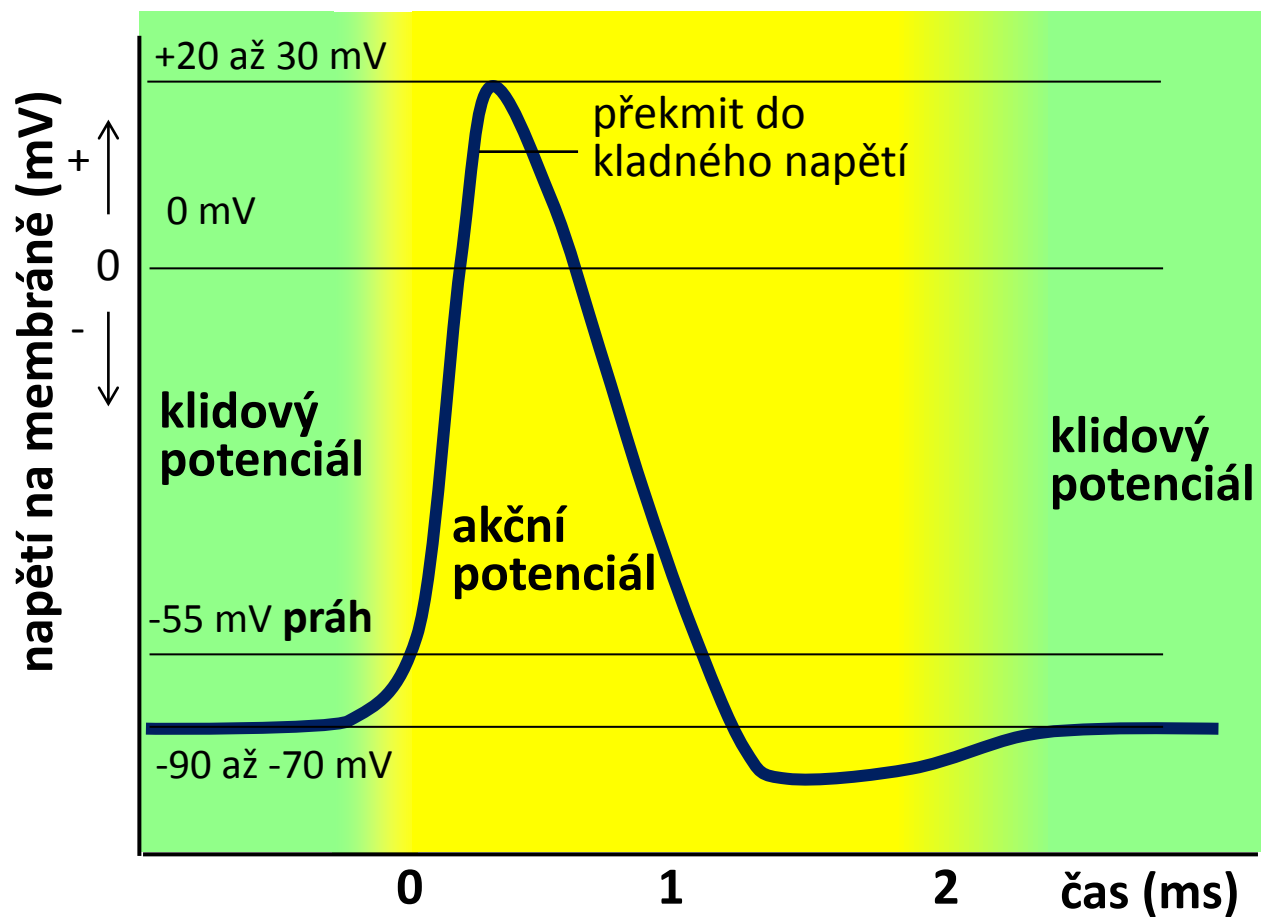
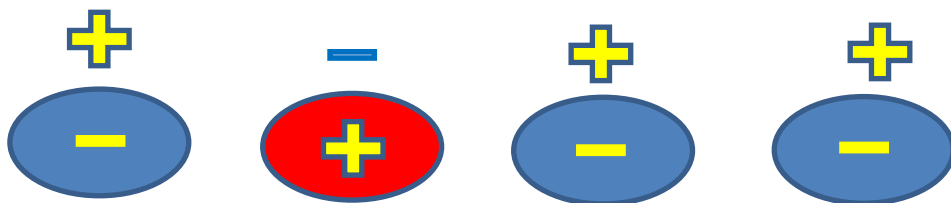


## Akční potenciál (AP)

- Pokud je překročena prahová hodnota napětí (-55 mV), vzniká na membráně akční potenciál
- **Fáze depolarizace**
  - otevírají se kanály pro Na<sup>+</sup>
  - Na<sup>+</sup> 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
  - K<sup>+</sup> vstupuje do buňky
  - Na<sup>+</sup> je pumpován ven
  - Napětí se dostává zpět ke klidovým hodnotám

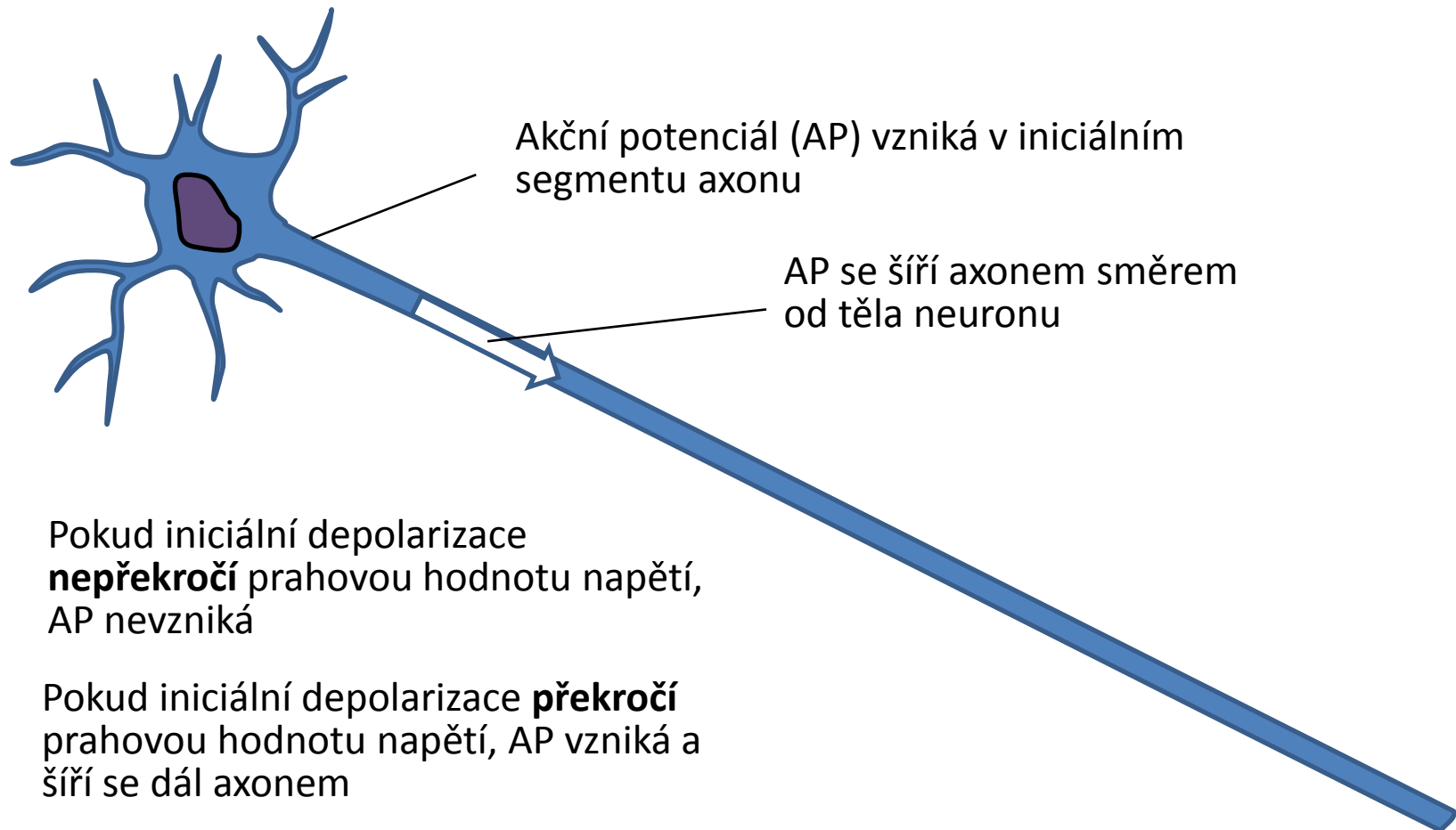


# Klidové napětí a akční potenciál – polarita části neuronu

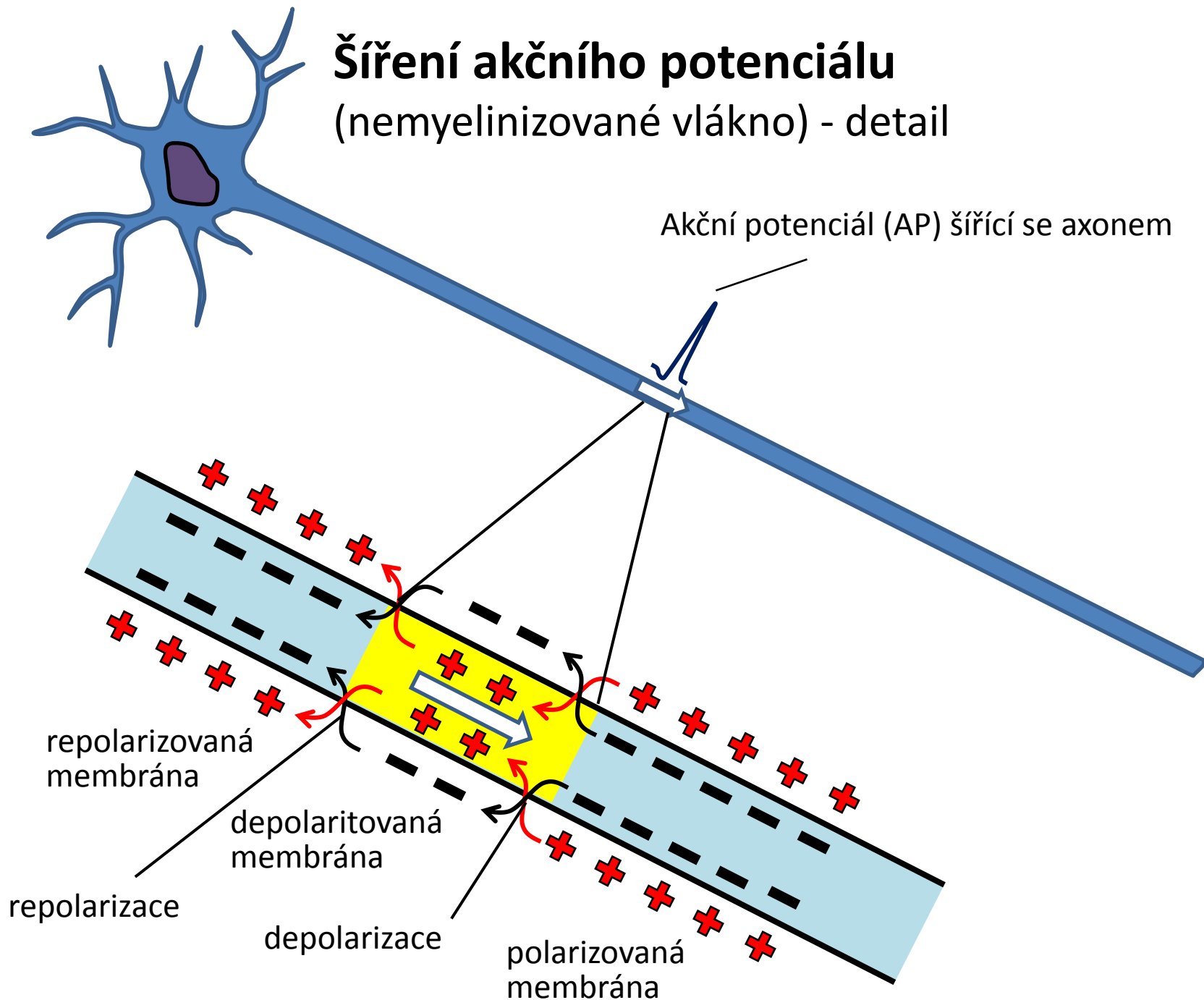




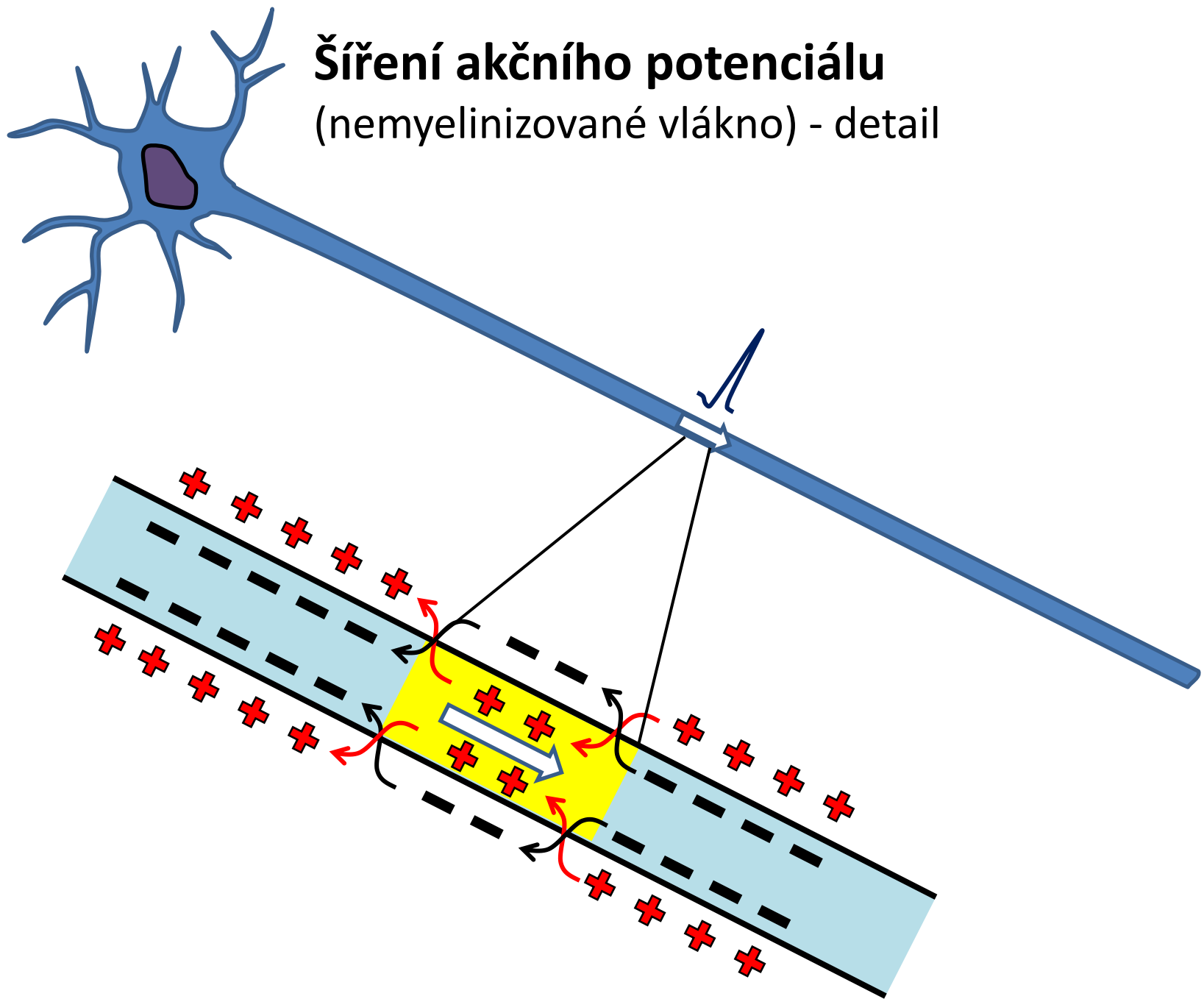
# Šíření akčního potenciálu (nemyelinizované vlákno)



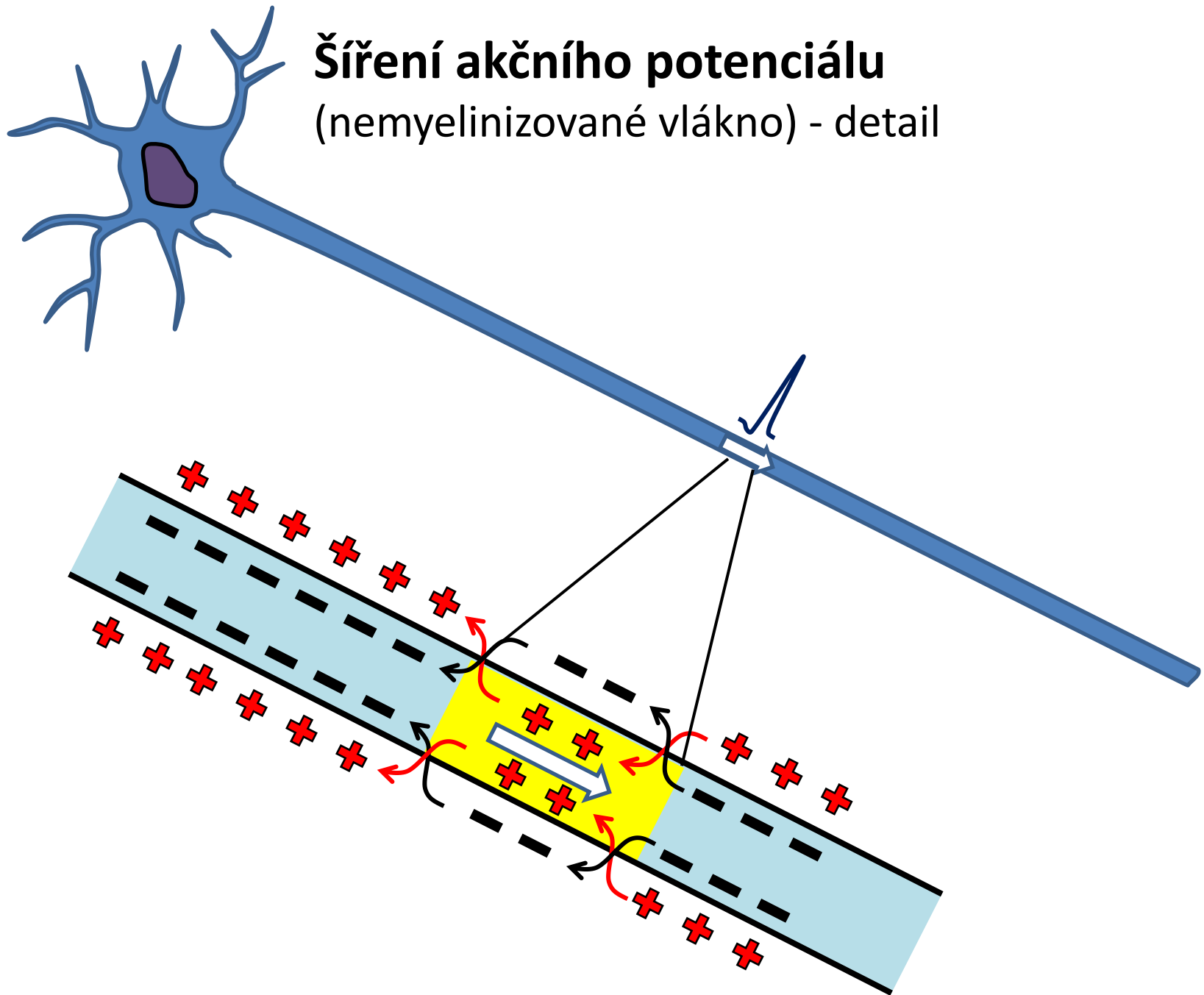
# Šíření akčního potenciálu (nemyelinizované vlákno) - detail



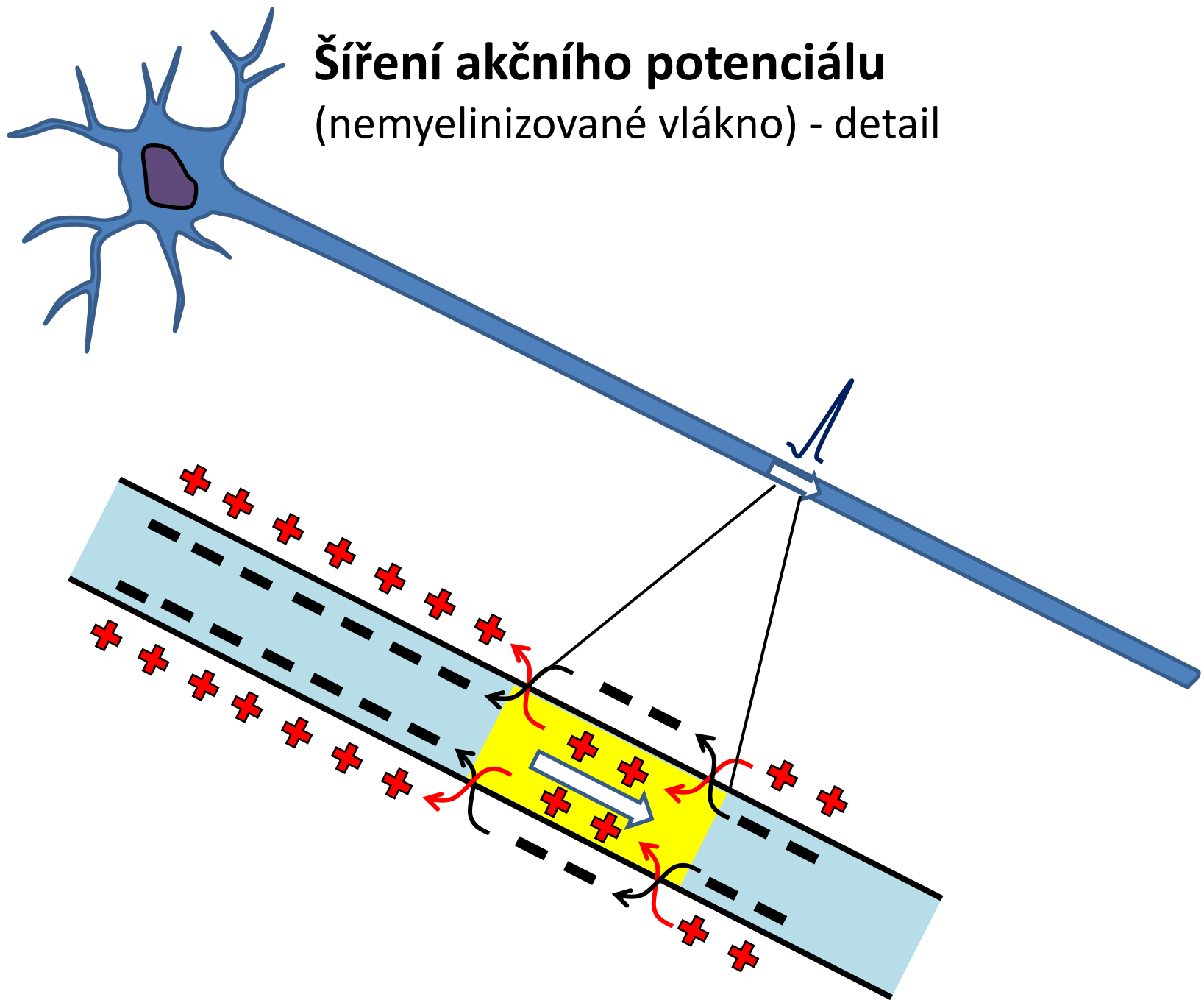
# Šíření akčního potenciálu (nemyelinizované vlákno) - detail



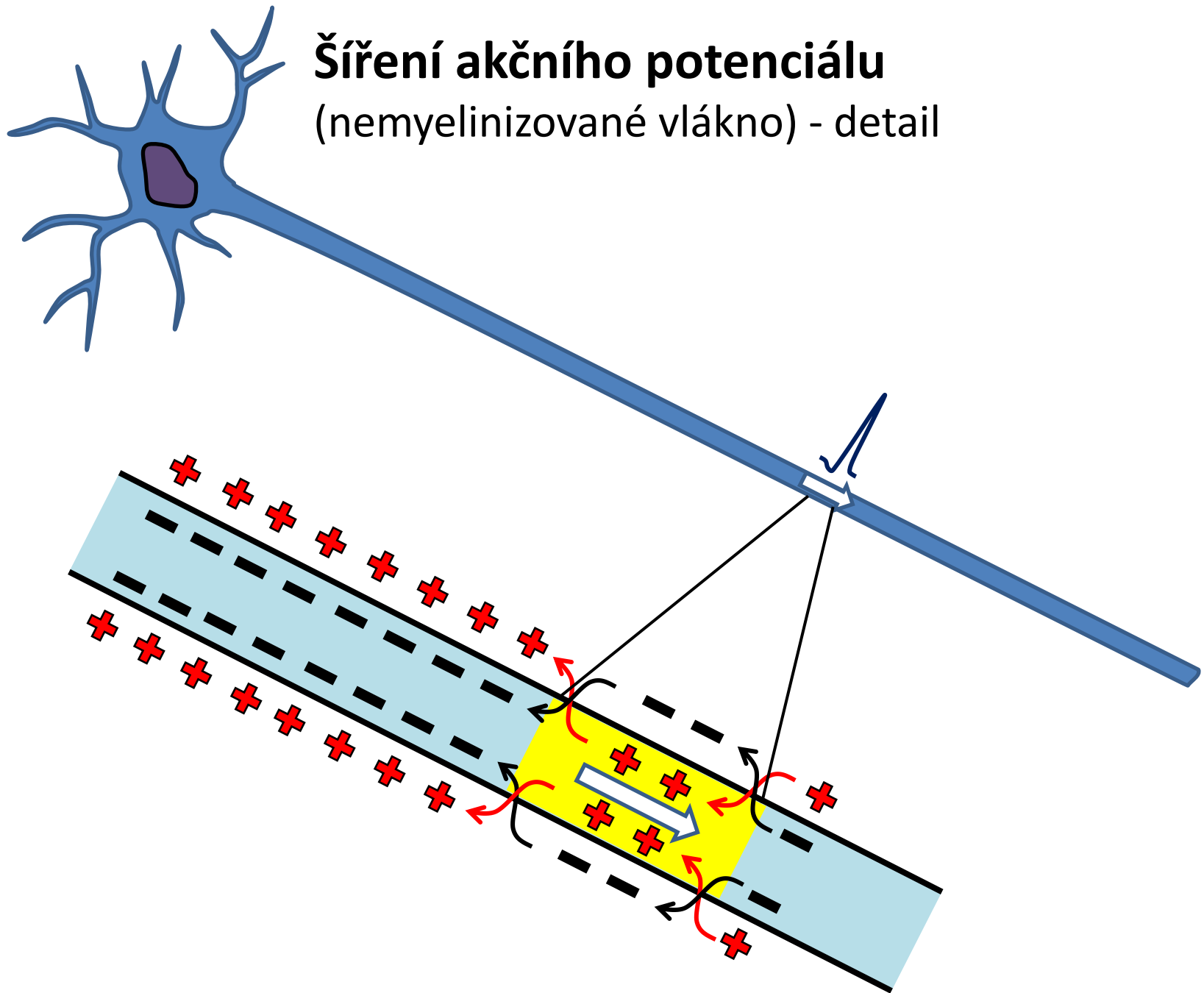
# Šíření akčního potenciálu (nemyelinizované vlákno) - detail



# Šíření akčního potenciálu (nemyelinizované vlákno) - detail

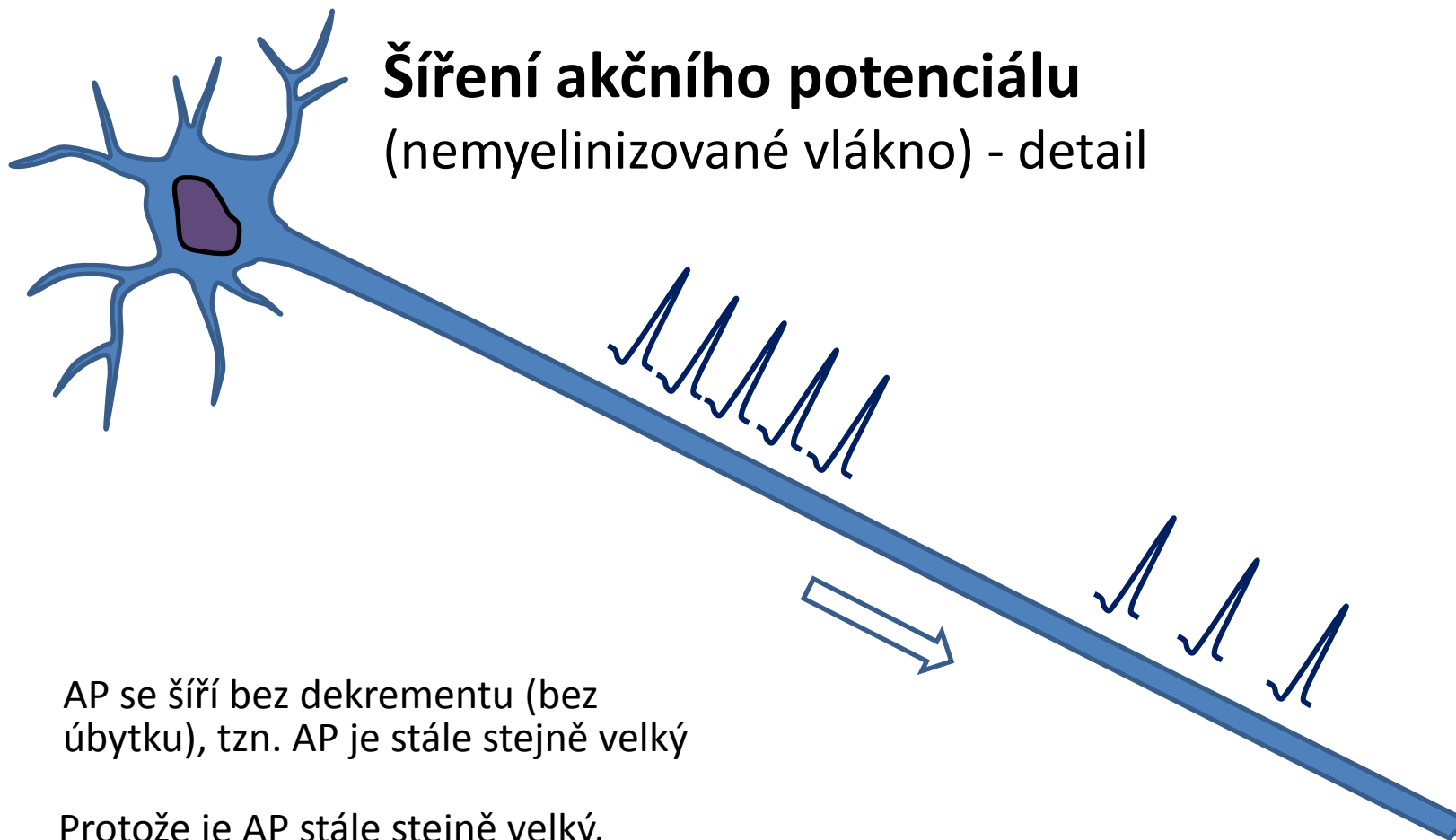


# Šíření akčního potenciálu (nemyelinizované vlákno) - detail



# Šíření akčního potenciálu

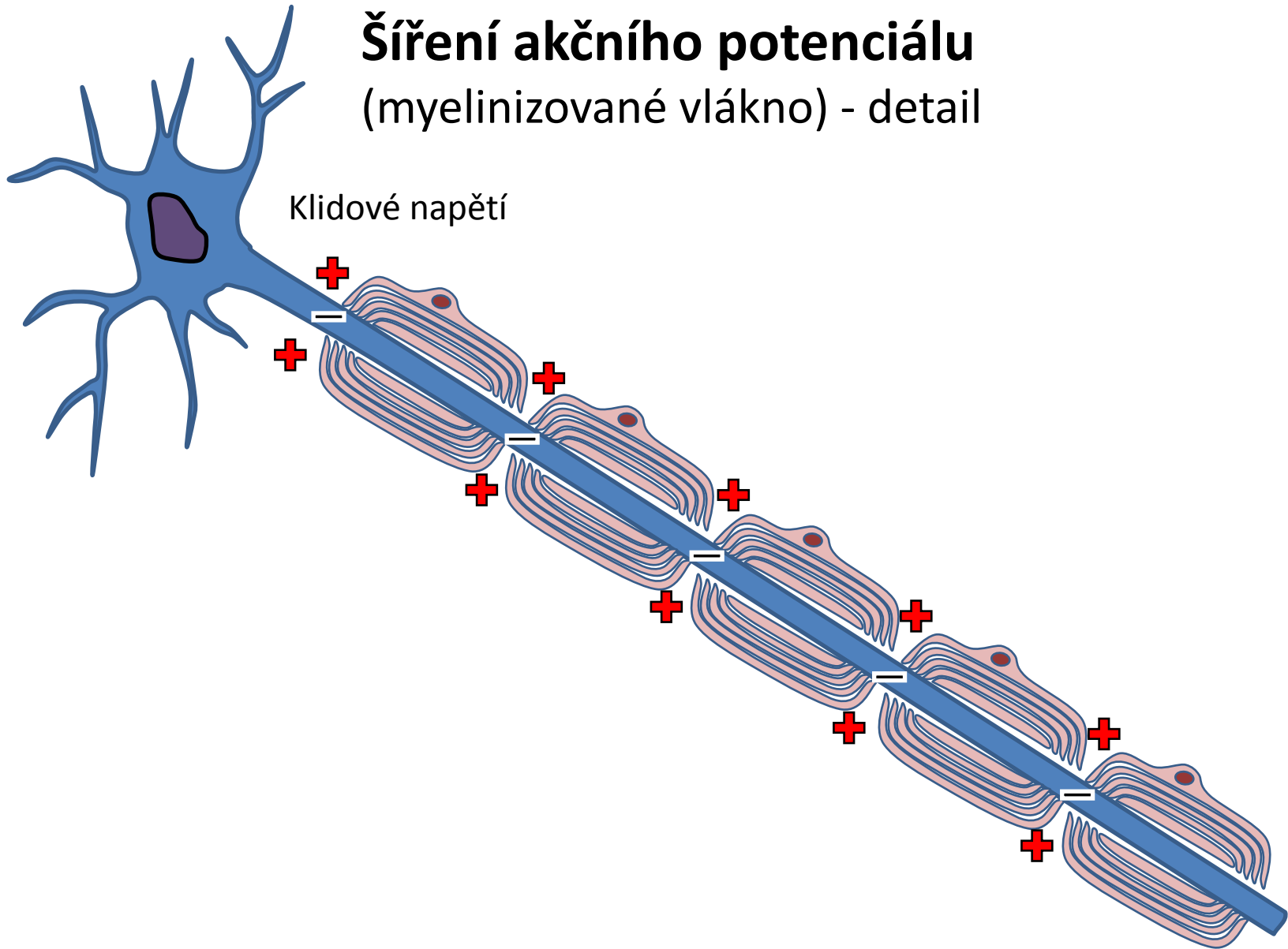
(nemyelinizované vlákno) - detail



AP se šíří bez dekrementu (bez úbytku), tzn. AP je stále stejně velký

Protože je AP stále stejně velký, přenášená informace se kóduje do frekvence AP

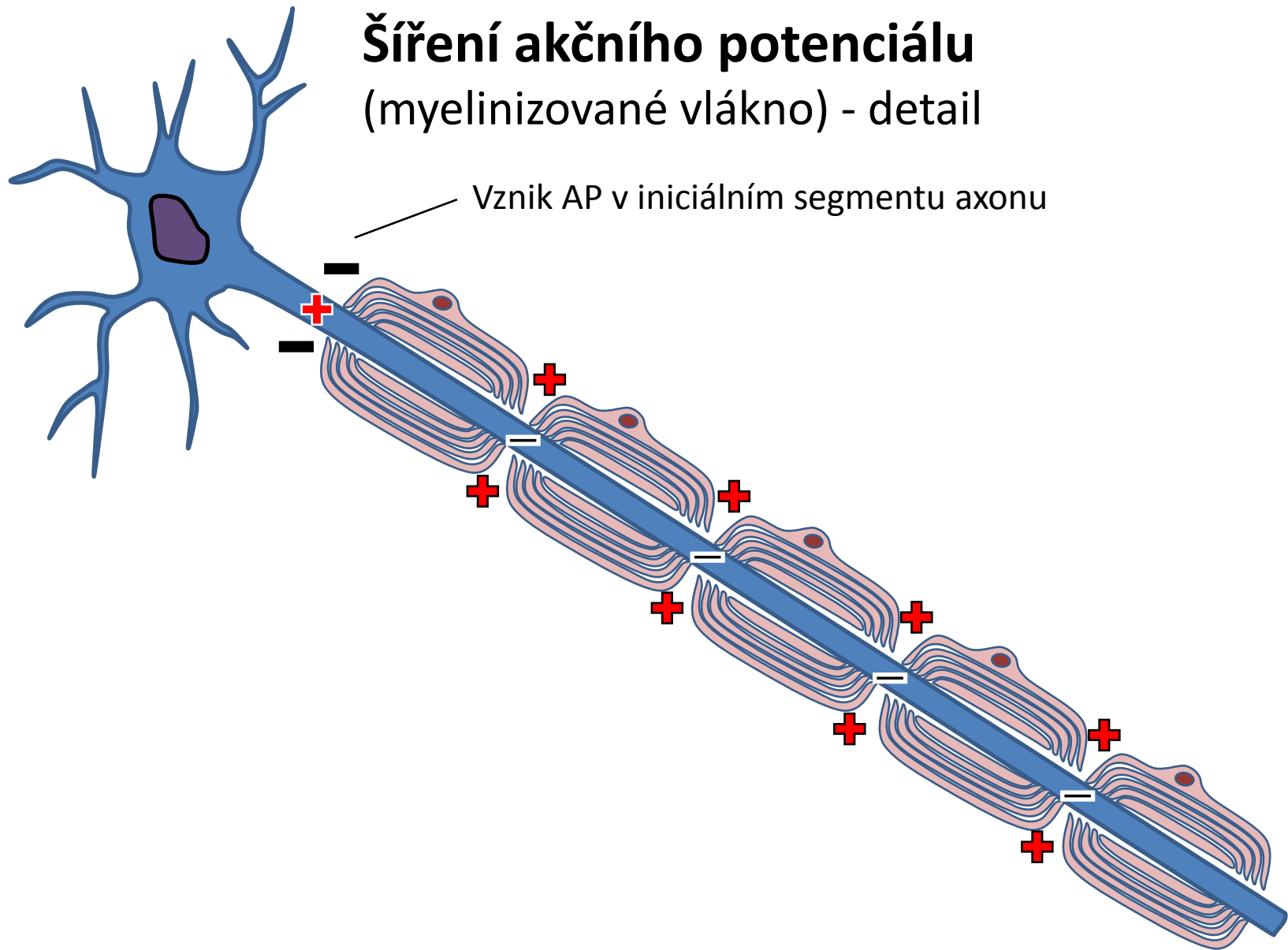
# Šíření akčního potenciálu (myelinizované vlákno) - detail





# Šíření akčního potenciálu

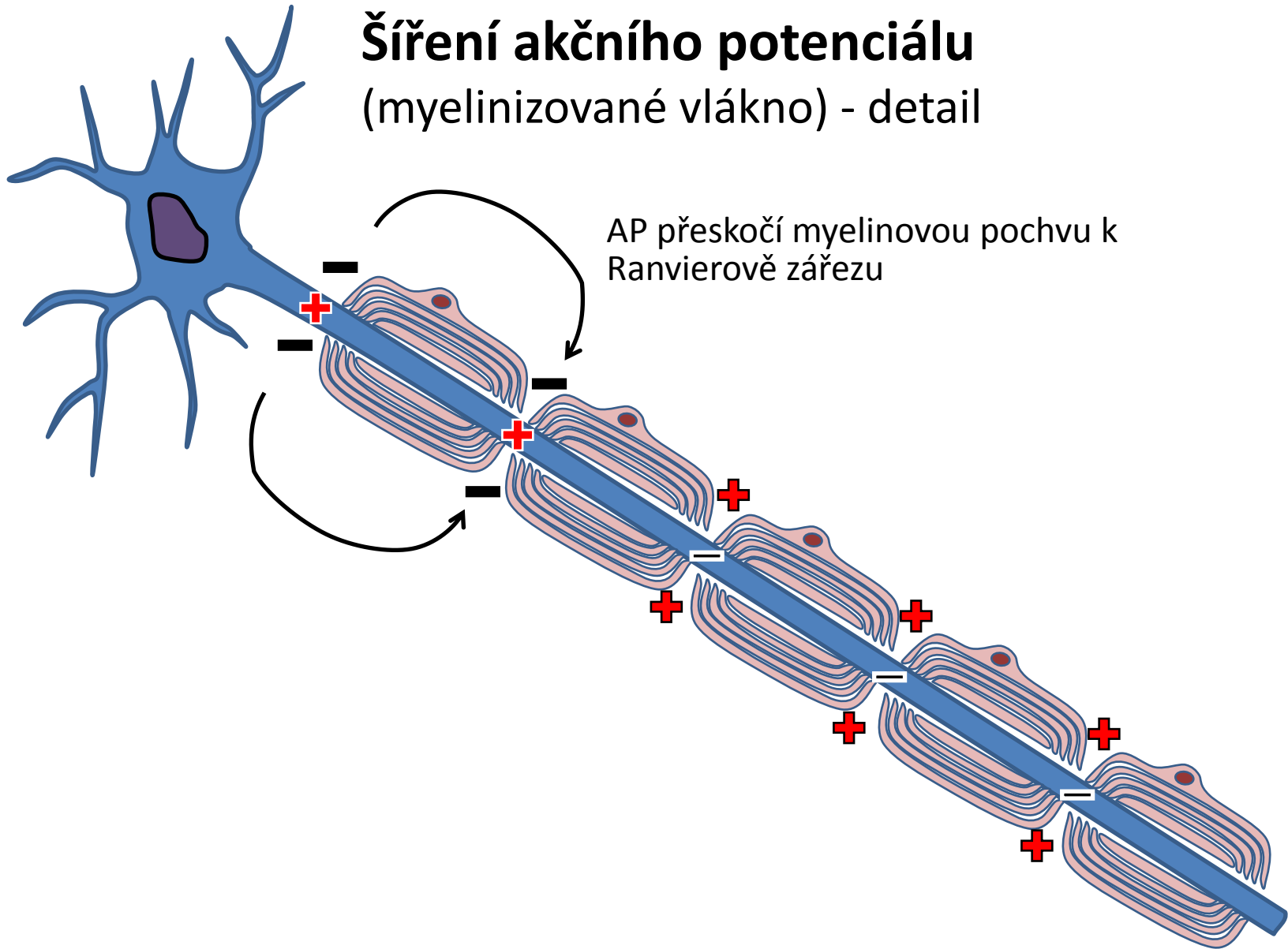
(myelinizované vlákno) - detail



# Šíření akčního potenciálu

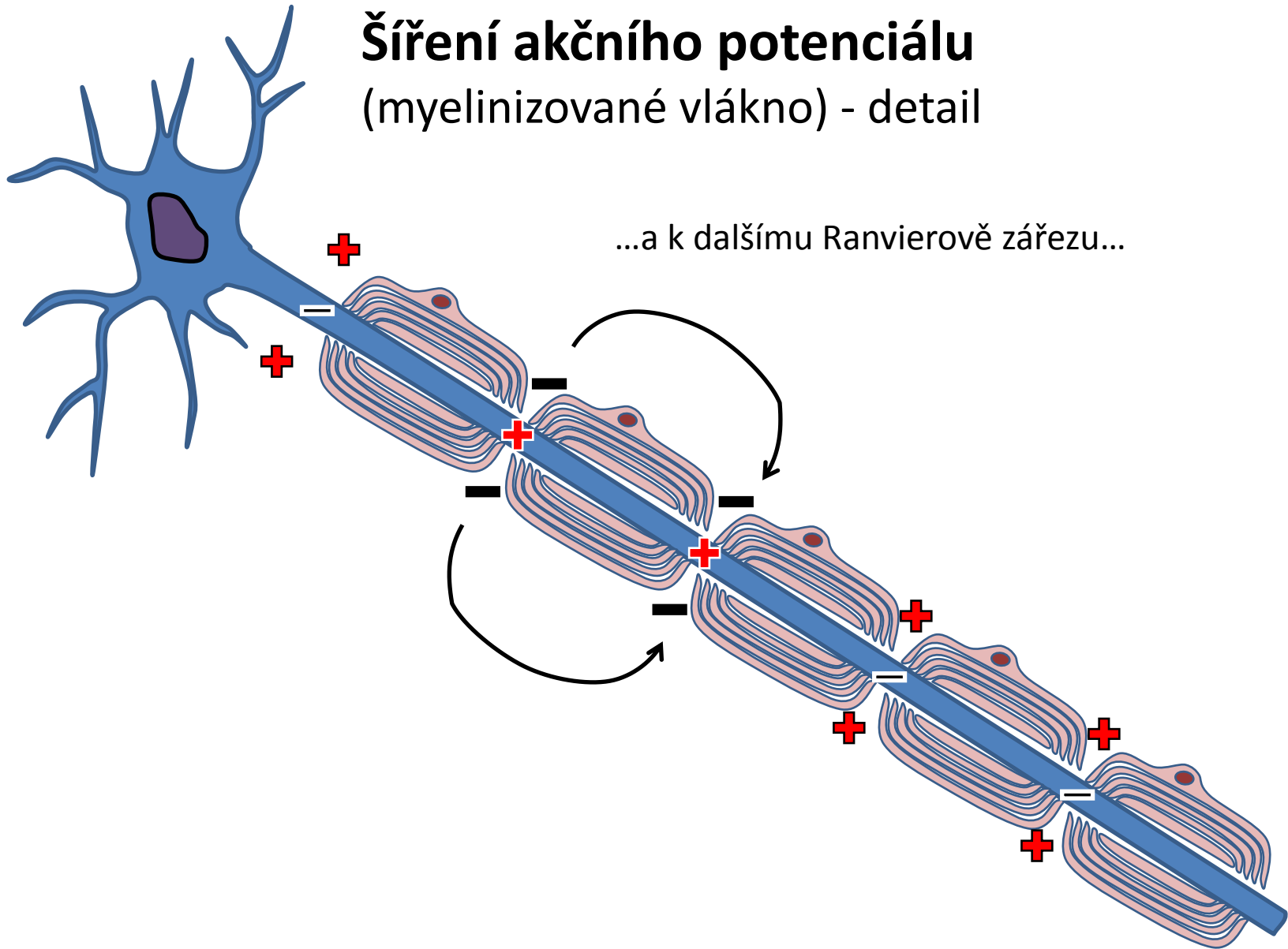
(myelinizované vlákno) - detail

AP přeskočí myelinovou pochvu k  
Ranvierově zářezu

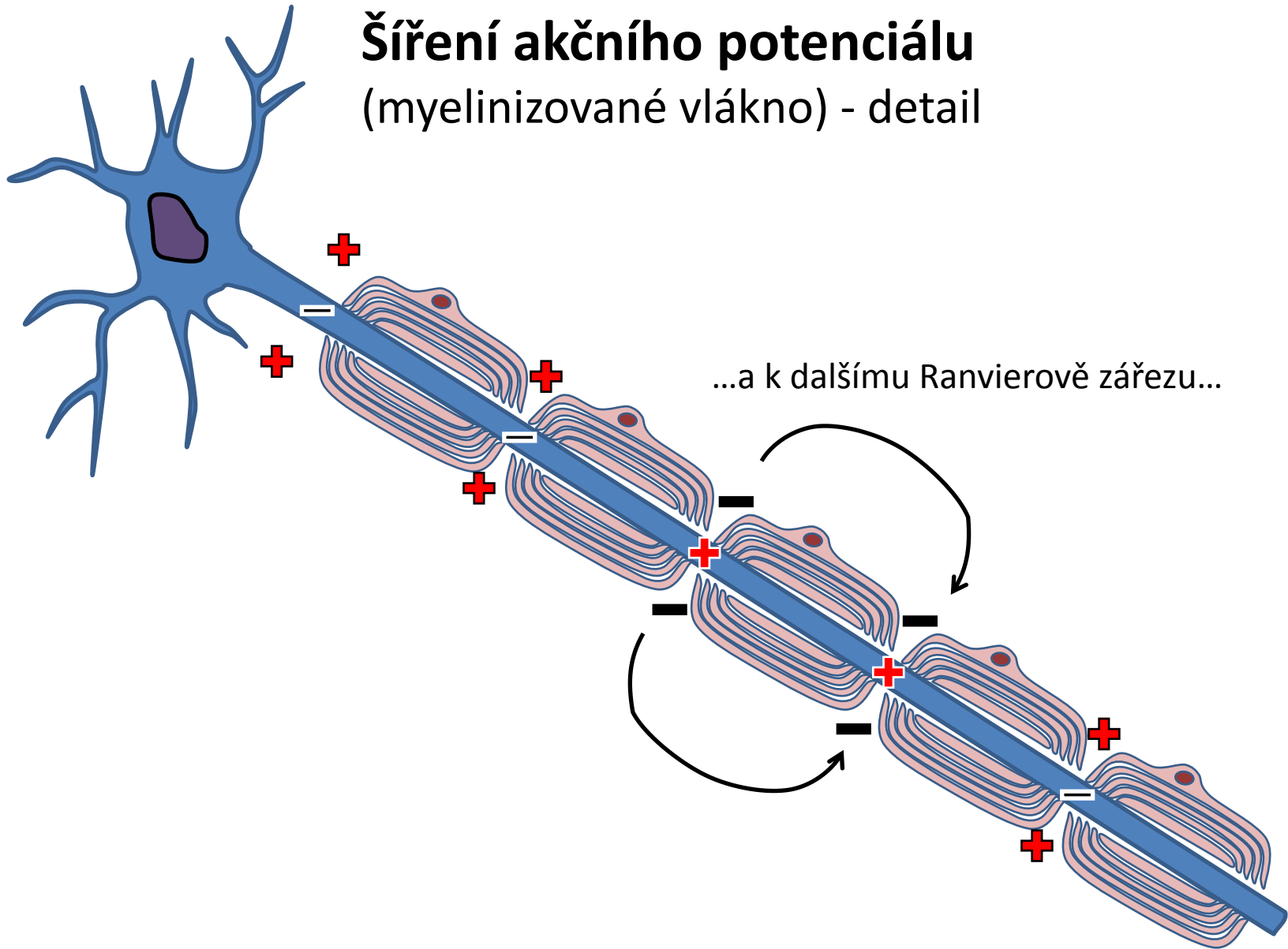


# Šíření akčního potenciálu (myelinizované vlákno) - detail

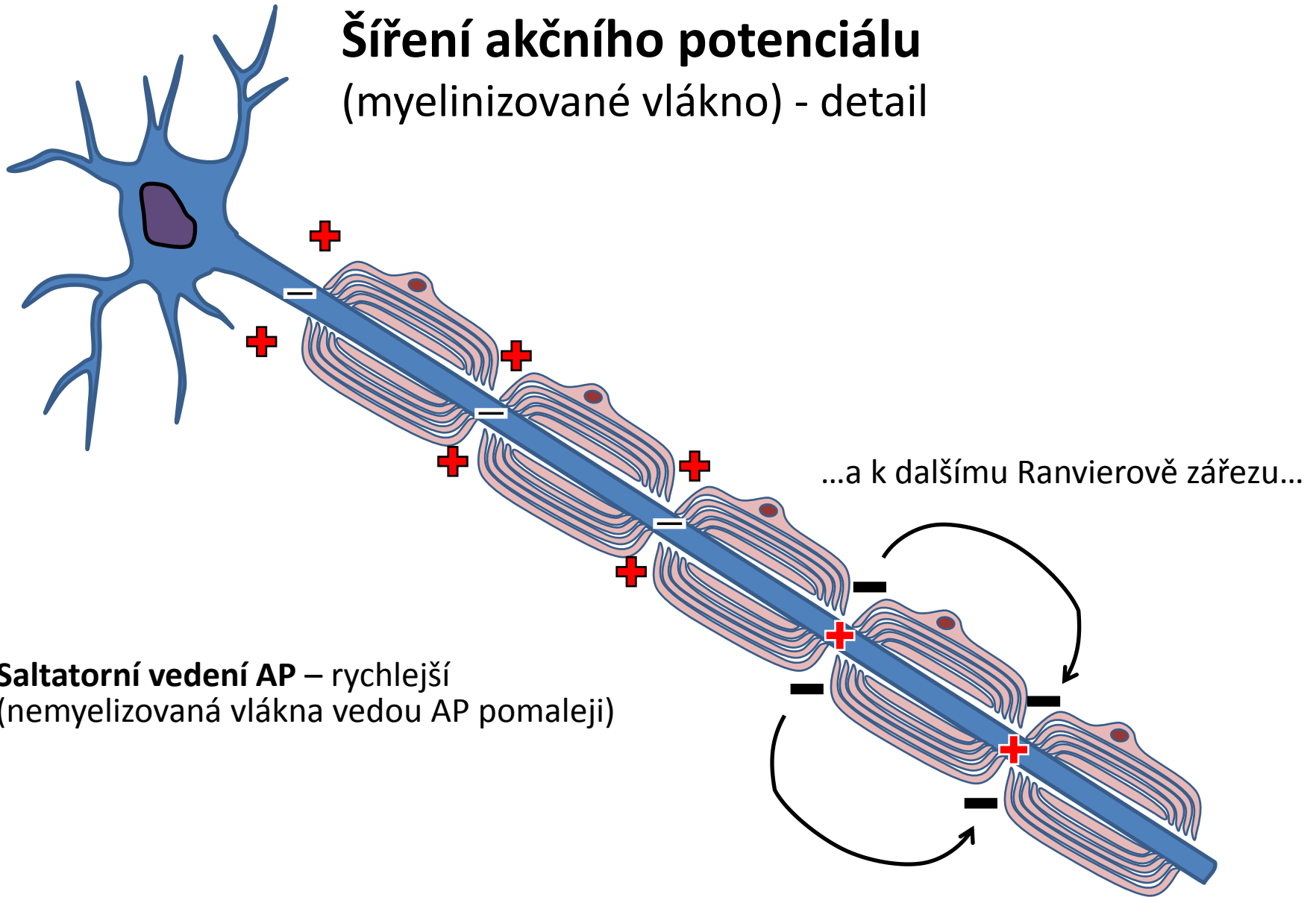
...a k dalšímu Ranvierově zářezu...



# Šíření akčního potenciálu (myelinizované vlákno) - detail

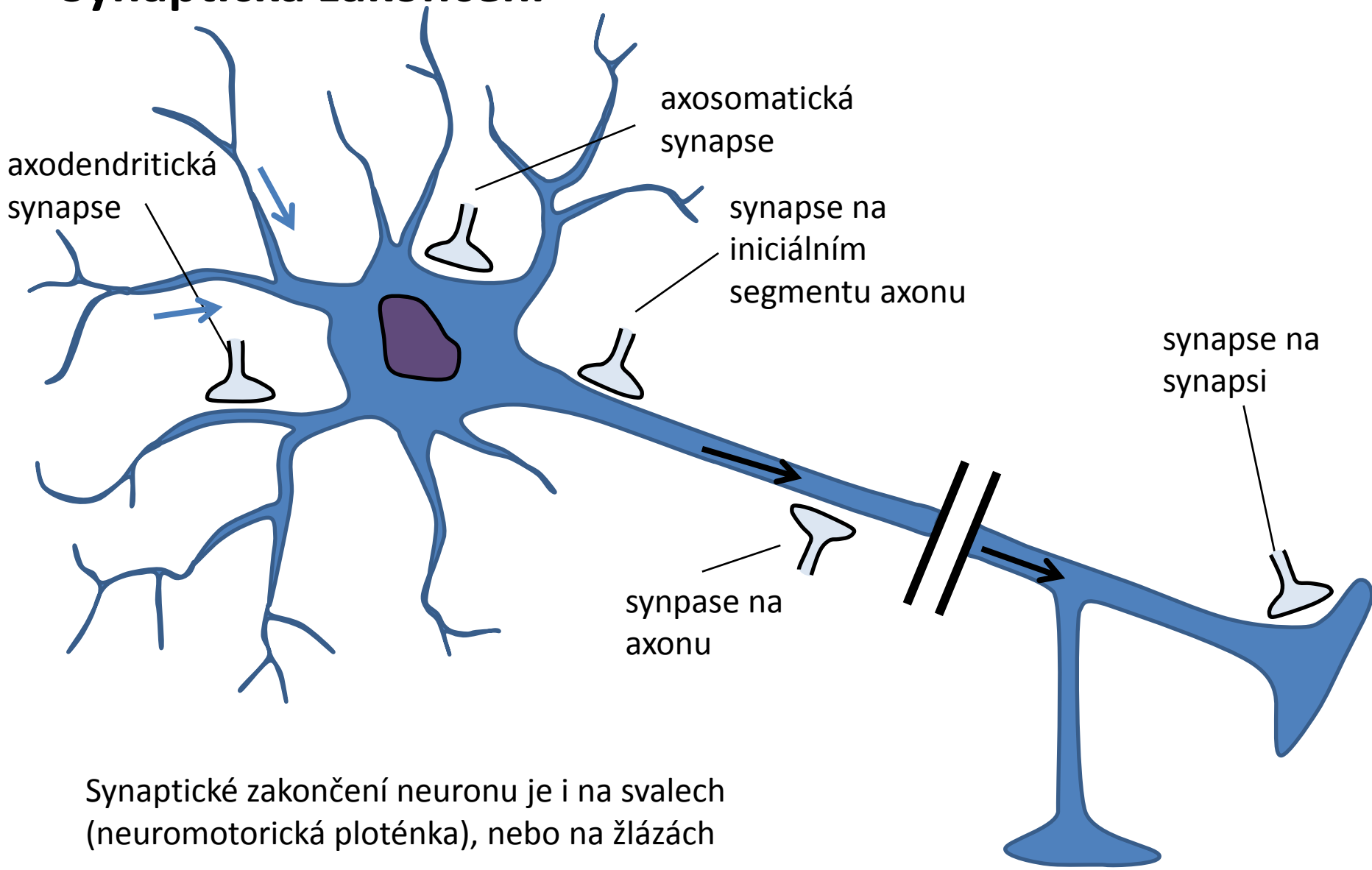


# Šíření akčního potenciálu (myelinizované vlákno) - detail



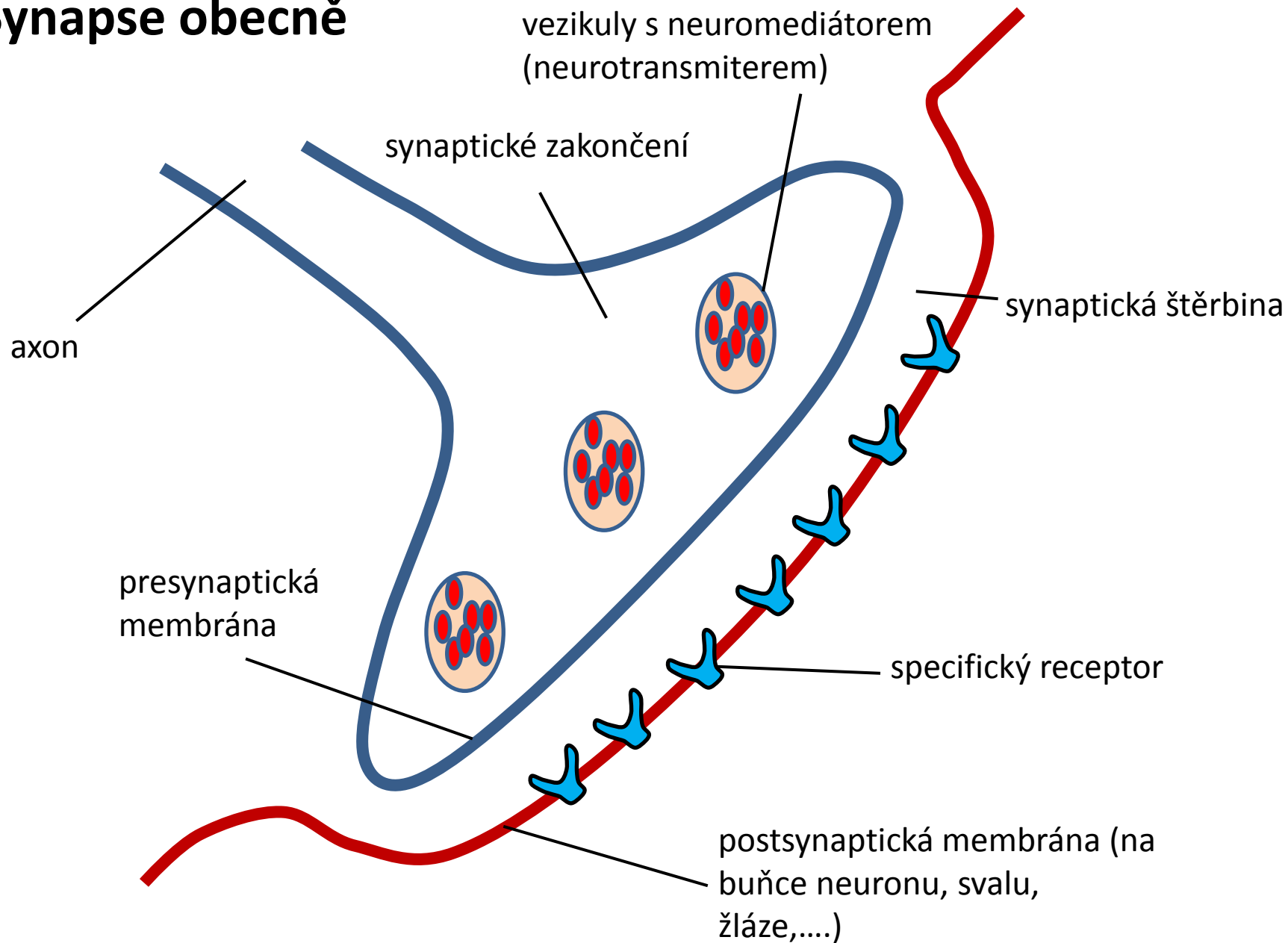
**Saltatorní vedení AP – rychlejší**  
(nemyelinizovaná vlákna vedou AP pomaleji)

# Synaptická zakončení

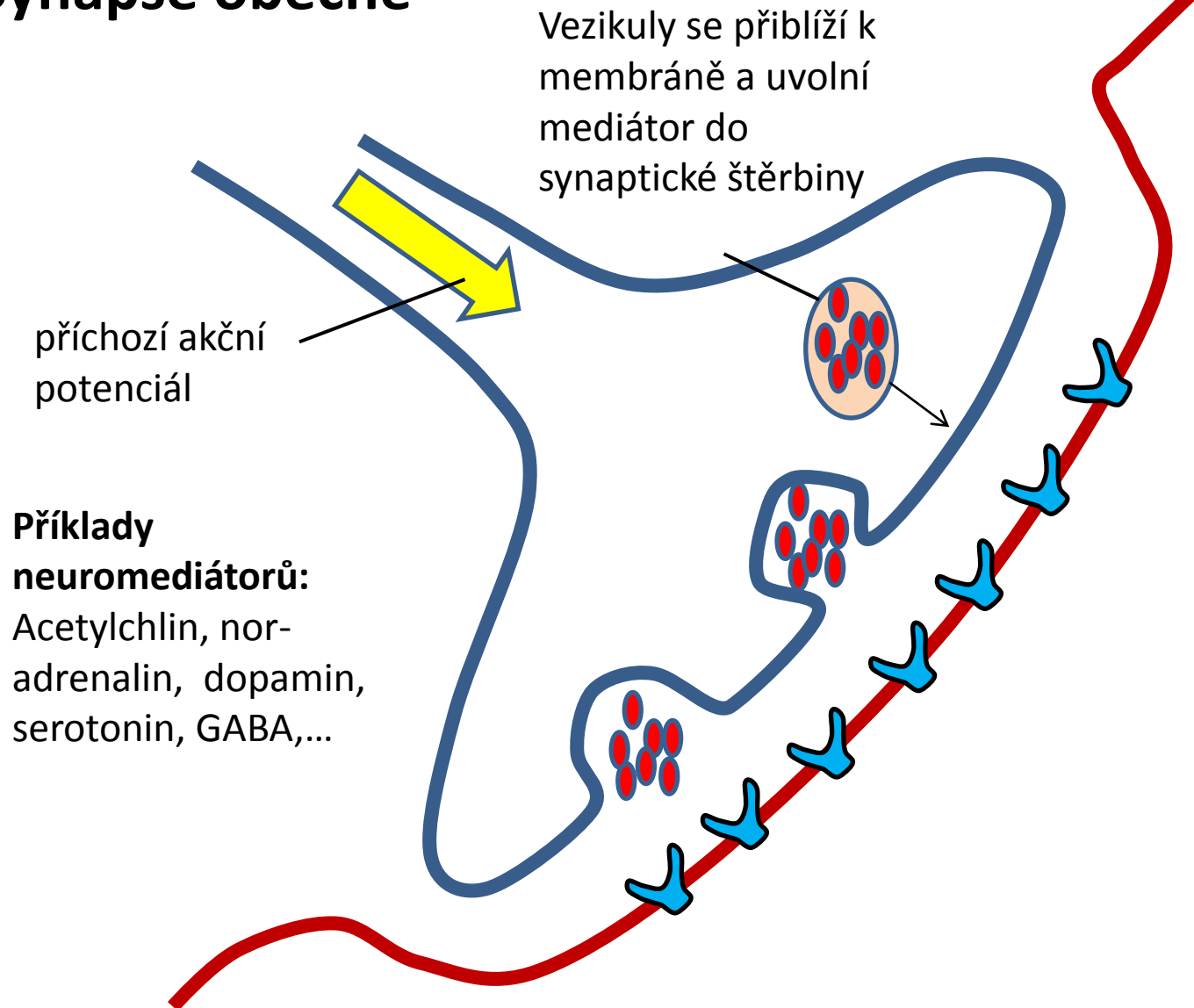


Synaptické zakončení neuronu je i na svalech (neuromotorická ploténka), nebo na žlázách

# Synapse obecně



# Synapse obecně



příchozí akční potenciál

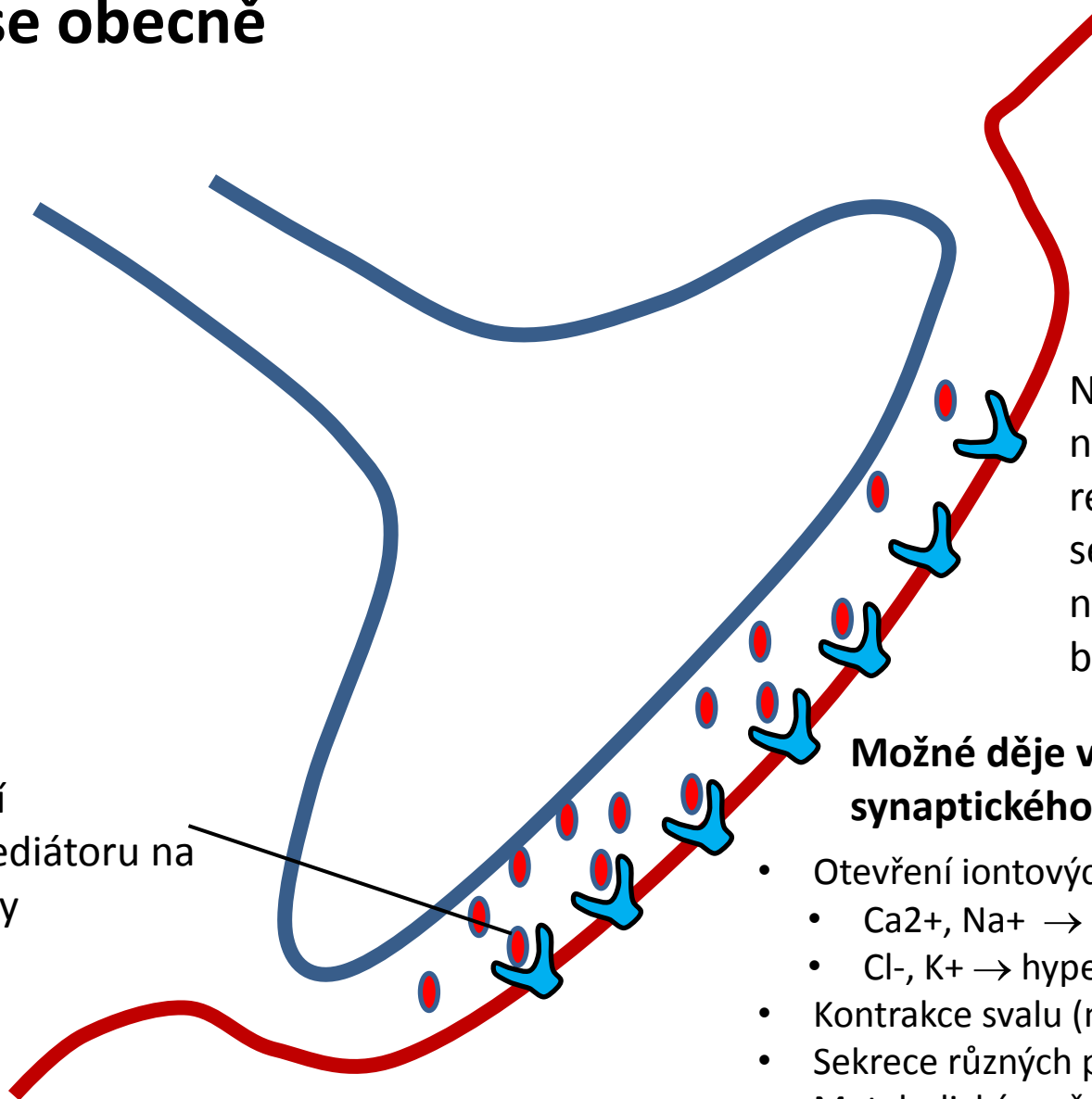
Vezikuly se přiblíží k membráně a uvolní mediátor do synaptické štěrbině

**Příklady neuromediátorů:**  
Acetylchlin, nor-adrenalin, dopamin, serotonin, GABA,...



# Synapse obecně

Navázání  
neuromediátoru na  
receptory



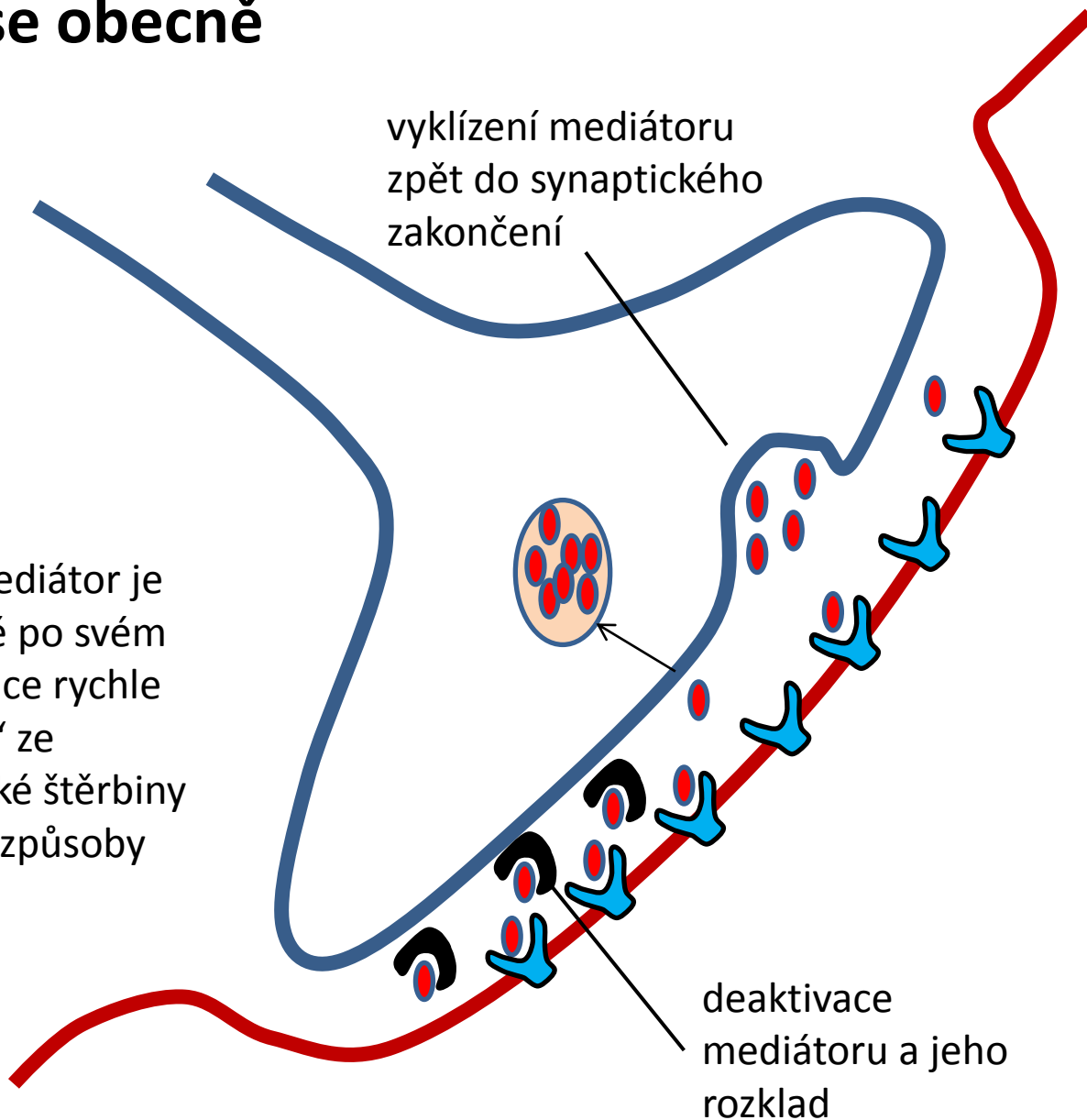
Neuromediátor  
navázaný na  
receptor spouští  
sekvenci dalších dějů  
na postsynaptické  
buňce

## **Možné děje vyvolané navázáním synaptického mediátoru:**

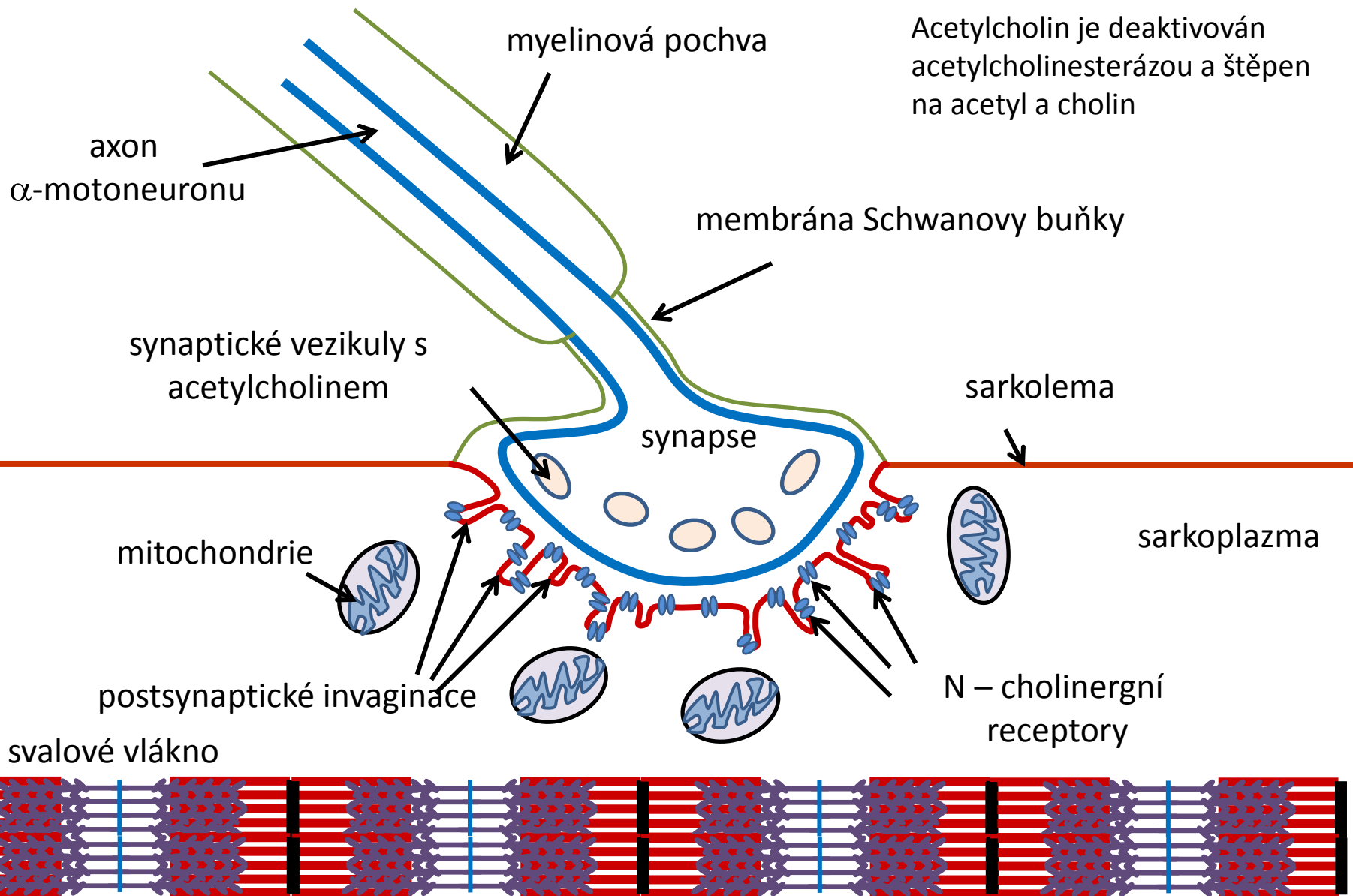
- Otevření iontových kanálů pro
  - $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^{+}$  → depolarizace membrány
  - $\text{Cl}^{-}$ ,  $\text{K}^{+}$  → hyperpolarizace membrány
- Kontrakce svalů (nervosvalové ploténka)
- Sekrece různých působků (u žláz)
- Metabolické změny, atd.....

# Synapse obecně

Neuromediátor je následně po svém vylití velice rychle „uklizen“ ze synaptické štěrby různými způsoby



# Příklad: Nervo-svalová ploténka kosterního svalu



# Drogy, jedy a receptory

(bonus, netřeba znát)

- **Heroin – opiáty** – opioidní receptory - adaptivní
  - Ve své důsledku inhibují vylití noradrenalinu ze zakončení sympatických nervových vláken – inhibice efektu sympatiku, neuromodulátor, (mioza – zúžení zornic)
- **Atropin (beladona)** - tlumí muskarinové receptory, na které se váže acetylcholin – inhibice aktivity parasymphatiku
  - (mydriáza – rozšíření zornic), používá se u bradykardií
- **Botulotoxin** – inhibice vylití acetylcholinu na nervosvalové ploténce – nedochází ke kontrakci svalu – ochablost, udušení
- **Kurare** – blokuje nikotinové receptory (lék rokuronium – myorelaxace při intubaci)
- **Muskarin** – jed muchomůrky – váže se na muskarinové receptory – aktivace parasymphatické odezvy



- **nervově paralytické bojové látky** (zvláště organofosfáty, např. **sarin**) – inhibice acetylcholin esterázy – akumulace acetylcholinu vede k trvalé kontrakci svalů – udušení
- **Strychnin** - křečový jed. Jako inhibitor glycinového receptoru blokuje retardéry synaptického přenosu zadních kořenů míšních a umožňuje rozsáhlé rozšíření podráždění. Malé dávky zvyšují míšní reflexy, vyšší dávky pak dráždí centra v prodloužené míše. Seběmenší impulsy vedou k rychle se šířícím záchvatům nekoordinovaných reflexních křečí. Velké dávky způsobují ochrnutí centrálního nervstva.

# Postsynaptický potenciál (PSP)

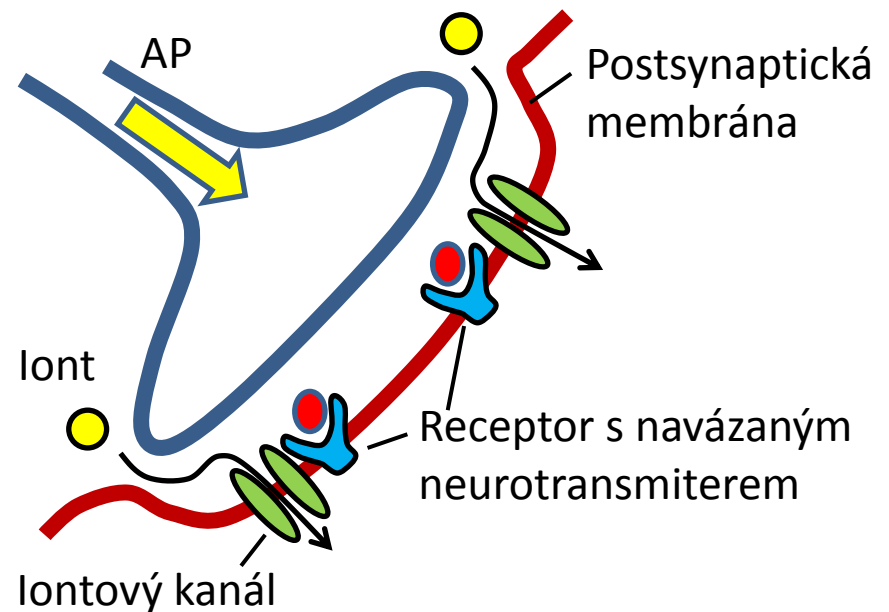
Neurotransmitery navázané na určité typy receptorů postsynaptické membrány způsobí k otevření iontových kanálů a přesun iontů z/do buňky

→ změna potenciálů na postsynaptické membráně

→ vzniká **postsynaptický potenciál**

Postsynaptický potenciál

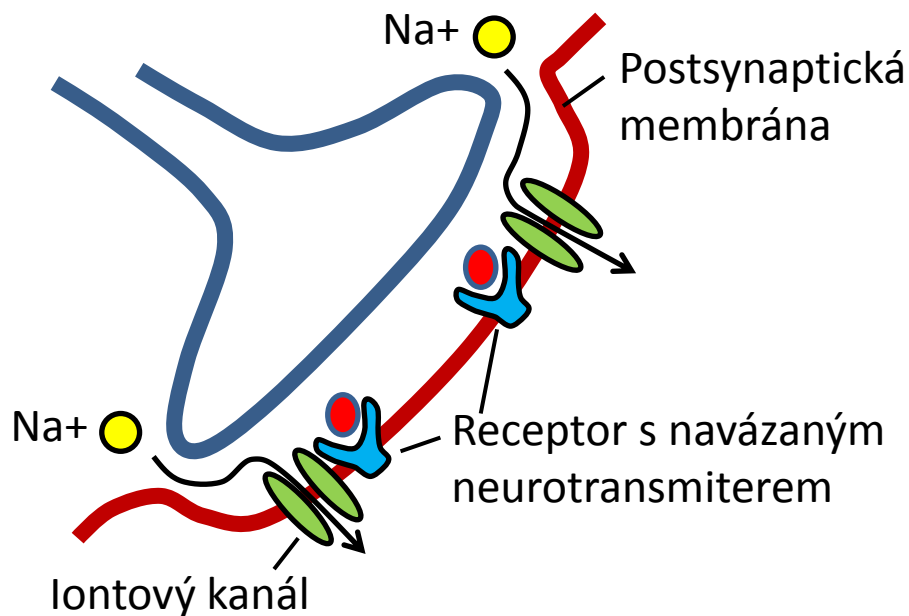
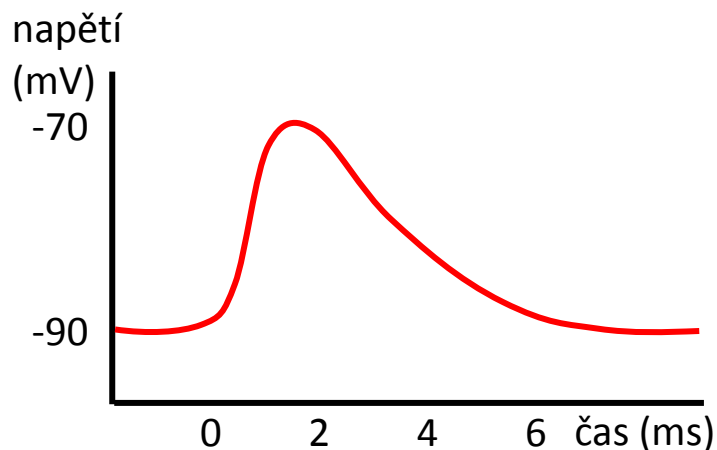
- je slabý (mnohokrát slabší než AP)
- šíří se od synapse s dekrementem (úbytkem) – zmenšuje se, když se vzdaluje od synapse (postupně zaniká)



Jeden typ neurotransmiteru se váže na jeden typ receptoru a otvírá jeden typ iontových kanálů

# Excitační postsynaptický potenciál (EPSP)

Postsynaptický potenciál vyvolávající depolarizaci buňky (ale mnohem slabší než je AP)  
Vstup kationtů do buňky (např.  $\text{Ca}^{2+}$  nebo  $\text{Na}^+$ )

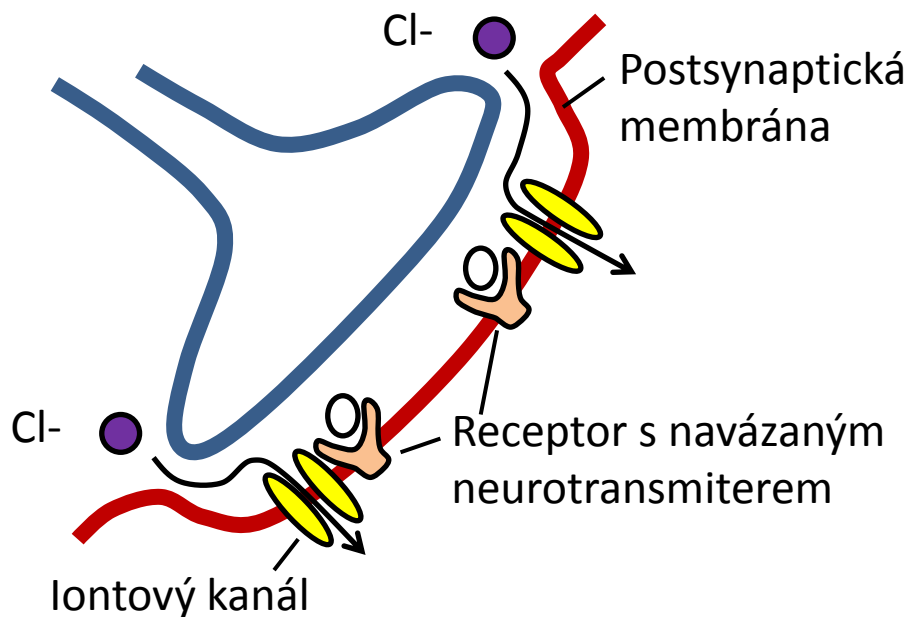
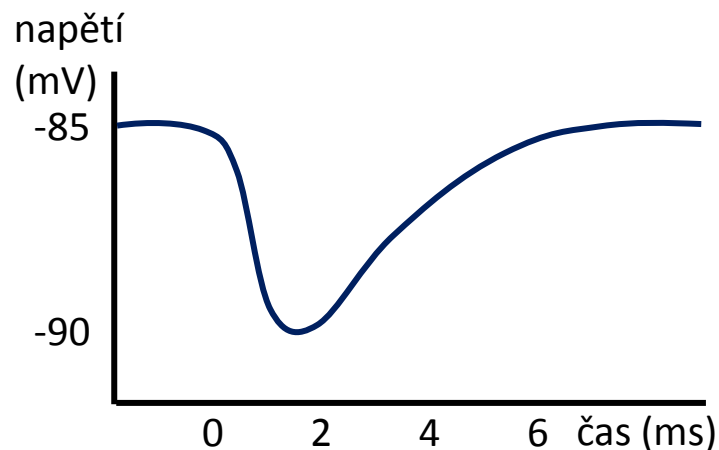


Jeden typ neurotransmiteru se váže na jeden typ receptoru a otvírá jeden typ iontových kanálů  
Např. acetylcholin navázaný na nikotinový receptor způsobí otevření kanálu pro  $\text{Na}^+$  a vstup  $\text{Na}^+$  do buňky

# Inhibiční postsynaptický potenciál (IPSP)

Postsynaptický potenciál vyvolávající hyperpolarizaci buňky

Vstup aniontů do buňky (např.  $\text{Cl}^-$ ) nebo výstup kationtů z buňky ( $\text{K}^+$ )

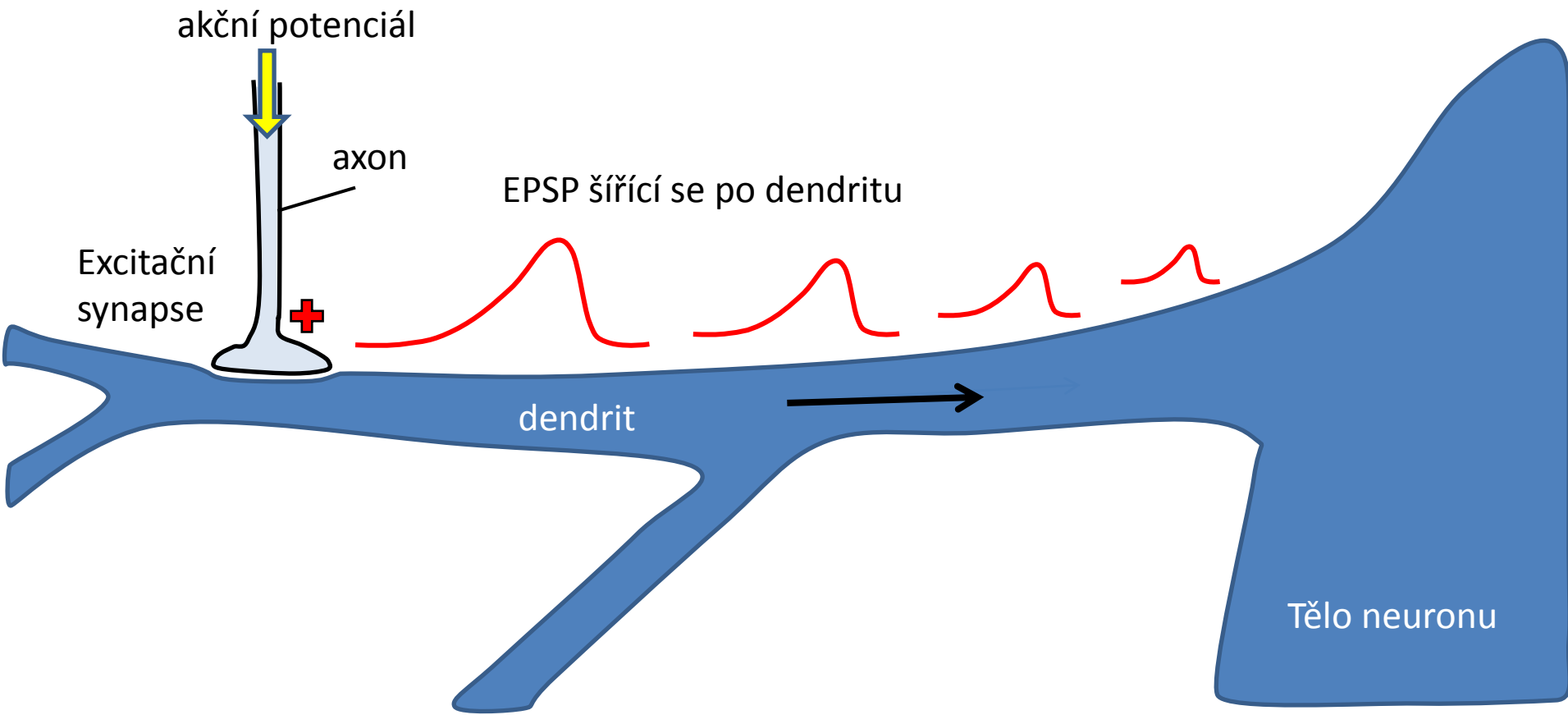


Jeden typ neurotransmiteru se váže na jeden typ receptoru a otvírá jeden typ iontových kanálů  
Např. GABA navázaná na  $\text{GABA}_A$  způsobí otevření kanálu pro  $\text{Cl}^-$  a vstup  $\text{Cl}^-$  do buňky

# Šíření excitačního postsynaptického potenciálu

Postsynaptický potenciál

- je slabý (mnohokrát slabší než AP)
- šíří se od synapse s dekrementem (úbytkem) – zmenšuje se, když se vzdaluje od synapse (postupně zaniká)

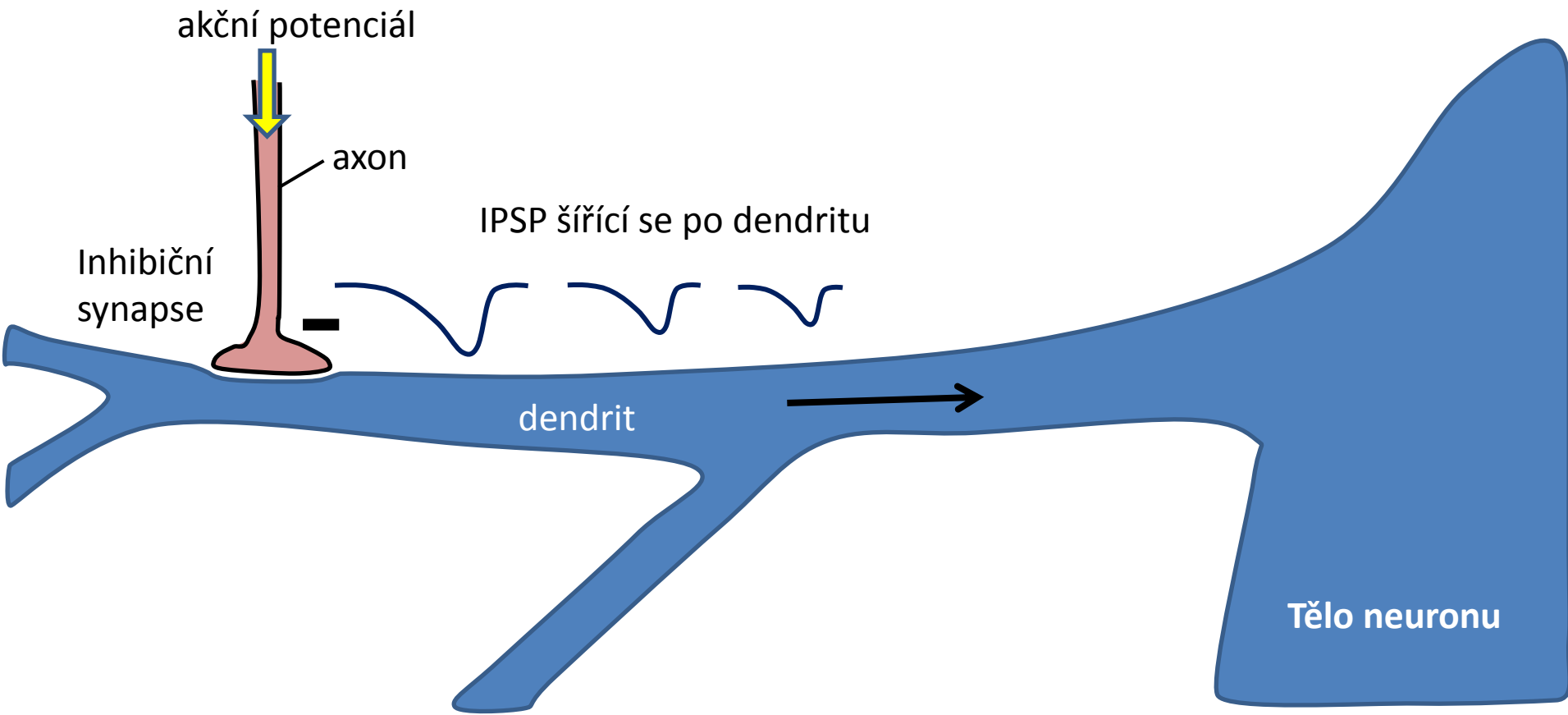




# Šíření inhibičního postsynaptického potenciálu

Postsynaptický potenciál

- je slabý
- šíří se od synapse s dekrementem (úbytkem) – zmenšuje se, když se vzdaluje od synapse (postupně zaniká)

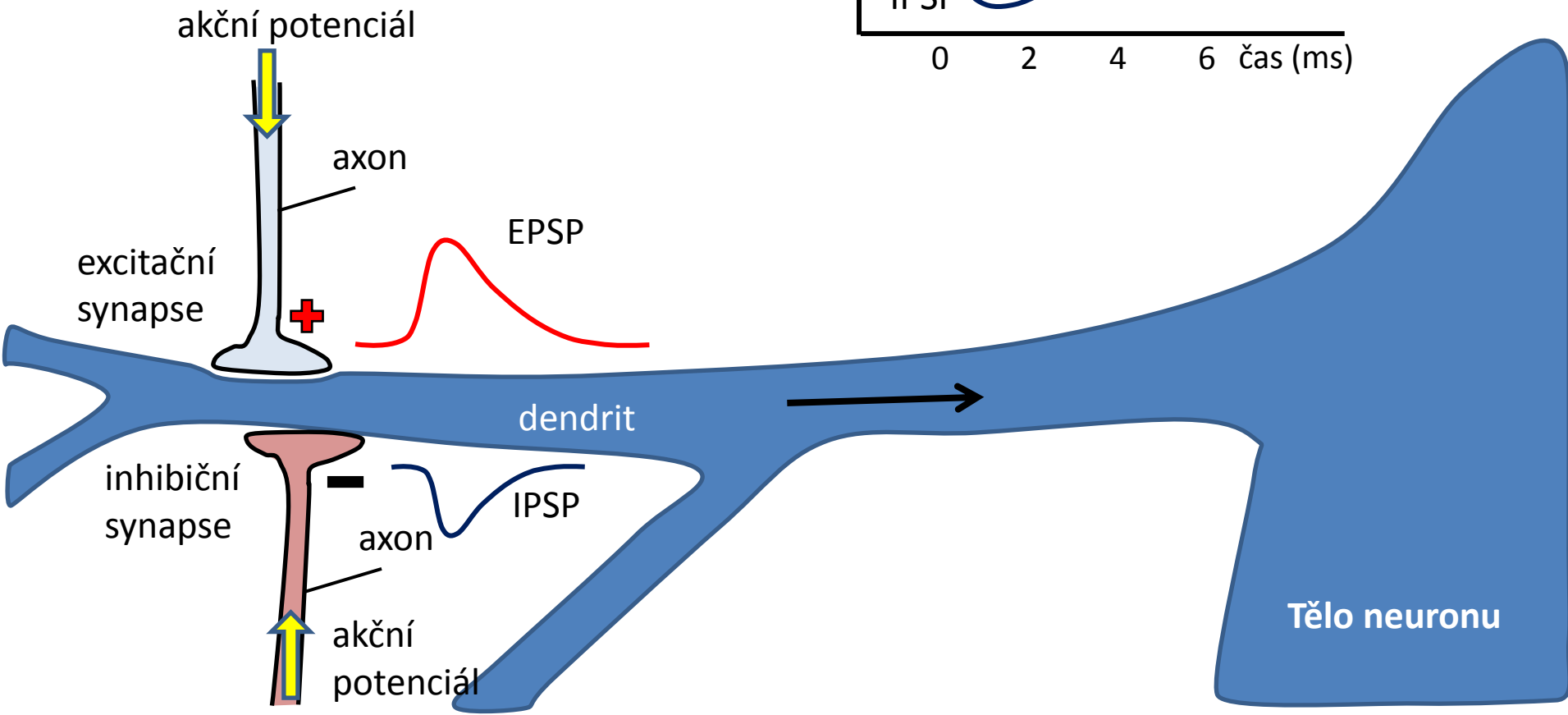
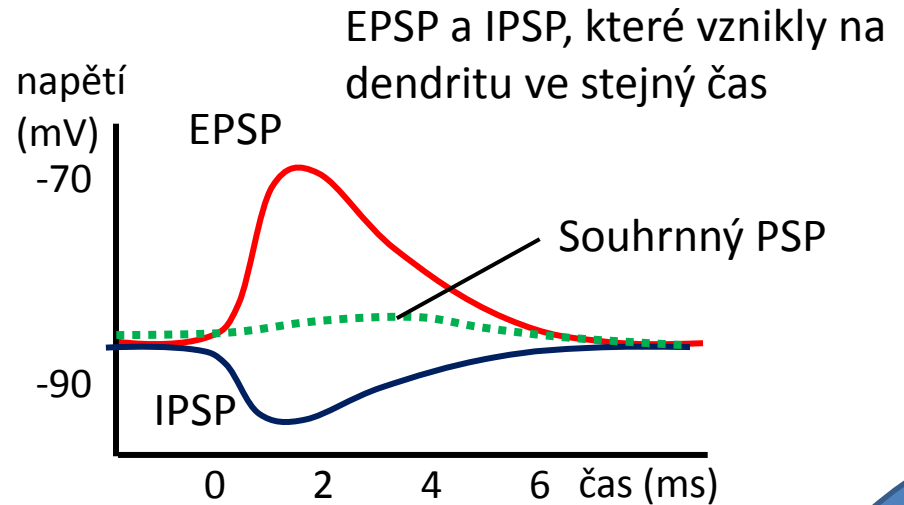


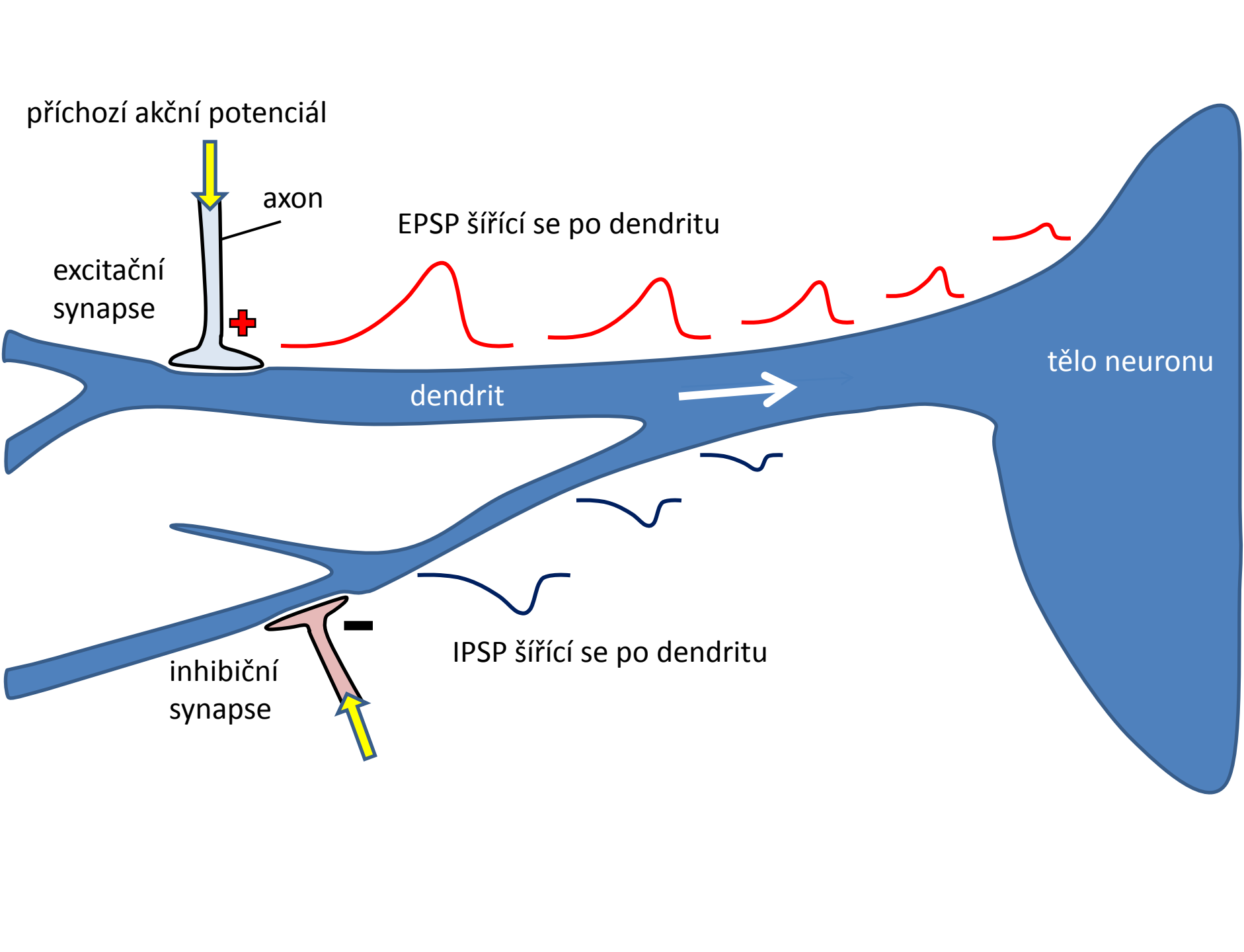
# Sčítání postsynaptických potenciálů

Na těle neuronu mohou být zároveň excitační i inhibiční synapse

**EPSP a IPSP se sčítají – souhrnné PSP**

- Převaha IPSP – hyperpolarizace membrány
- Převaha EPSP – depolarizace membrány





příchozí akční potenciál

axon

EPSP šířící se po dendritu

excitační  
synapse



tělo neuronu

dendrit



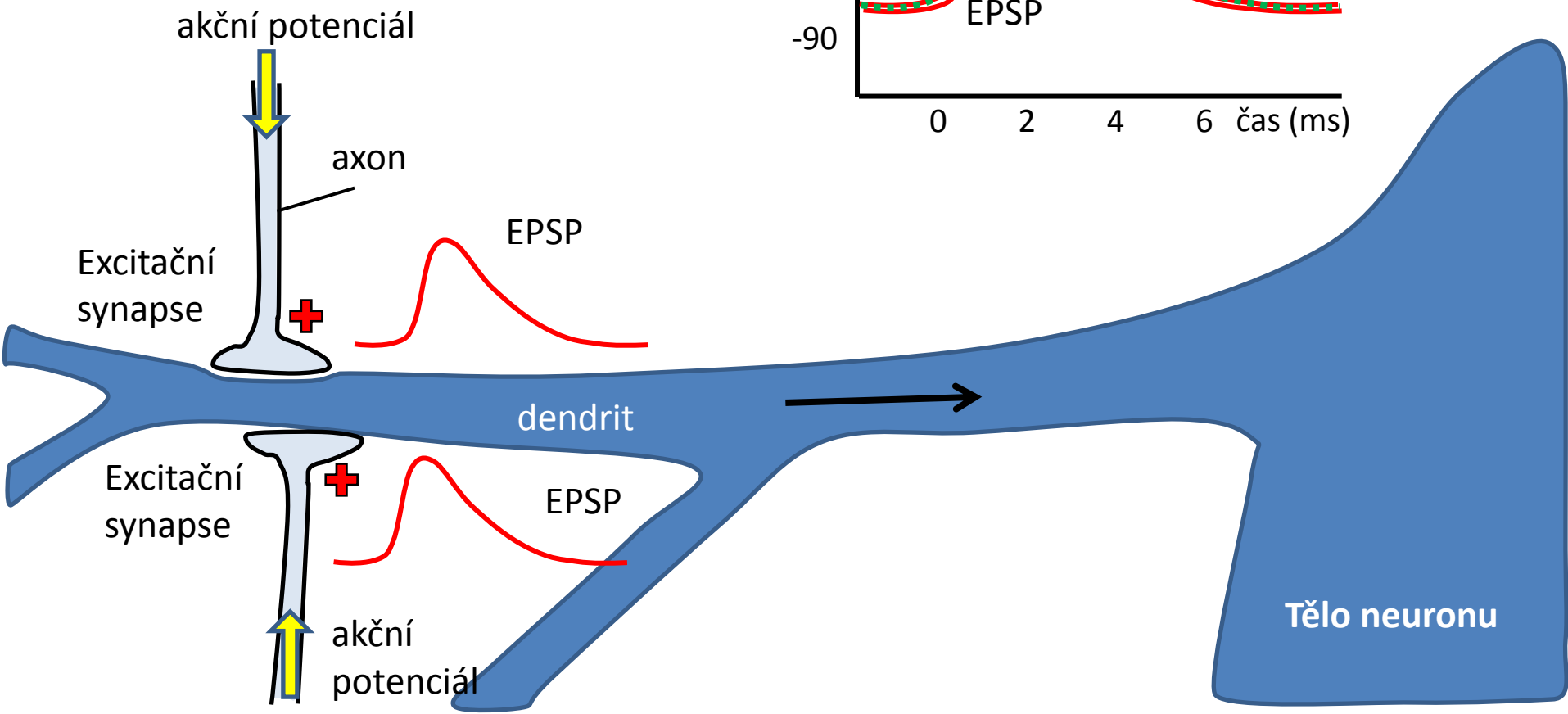
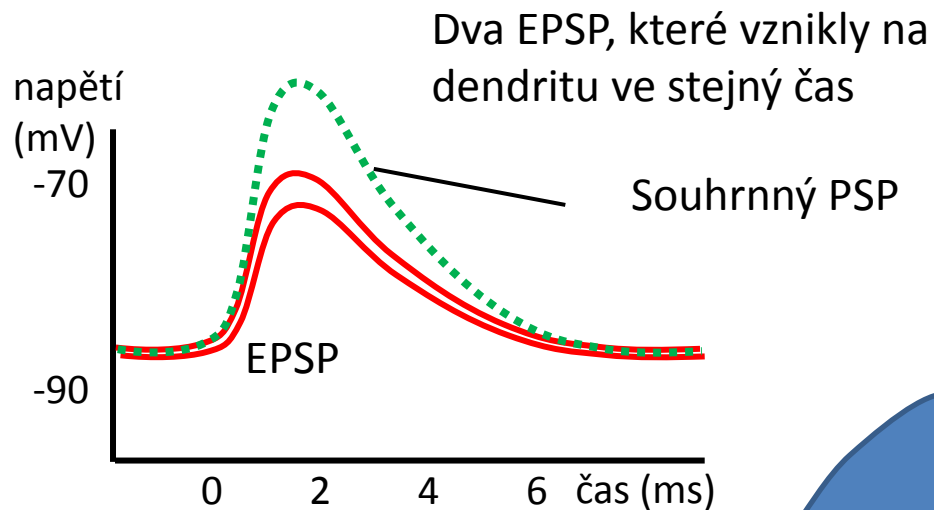
inhibiční  
synapse

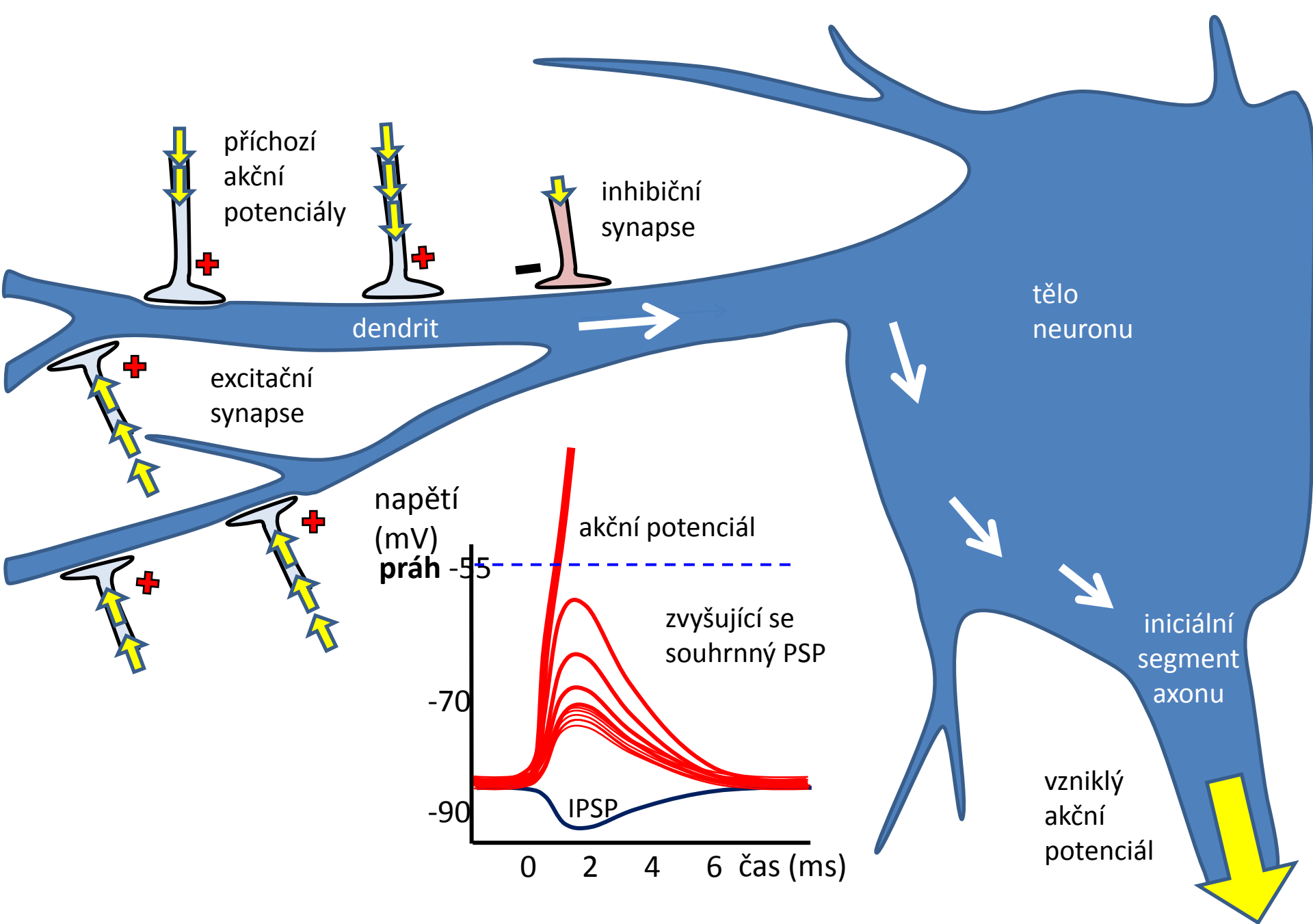


IPSP šířící se po dendritu

# Sčítání postsynaptických potenciálů

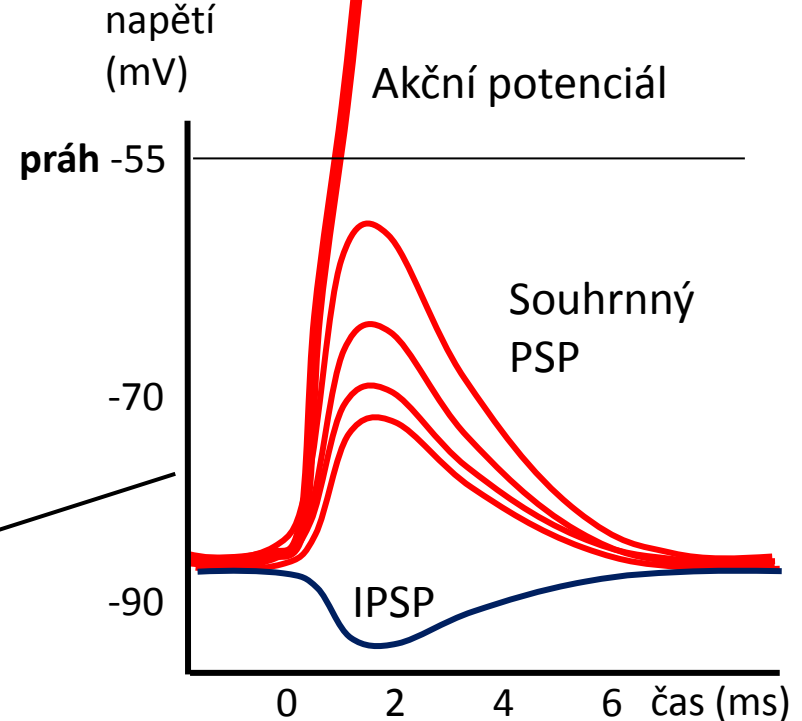
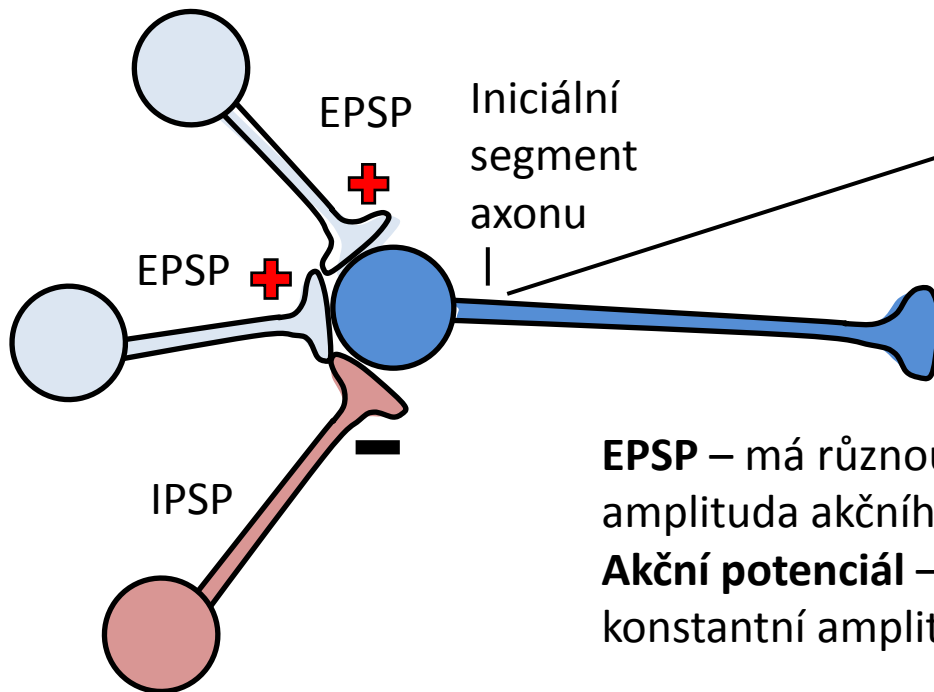
Na těle neuronu mohou být zároveň  
excitační i inhibiční synapse  
**EPSP a IPSP se sčítají**





# Sčítání postsynaptických potenciálů

Všechny EPSP a IPSP, které ve stejný čas přišly na neuron se sčítají  
Pokud součet všech PSP překročí prahovou hodnotu (kolem -55mV), vzniká akční potenciál

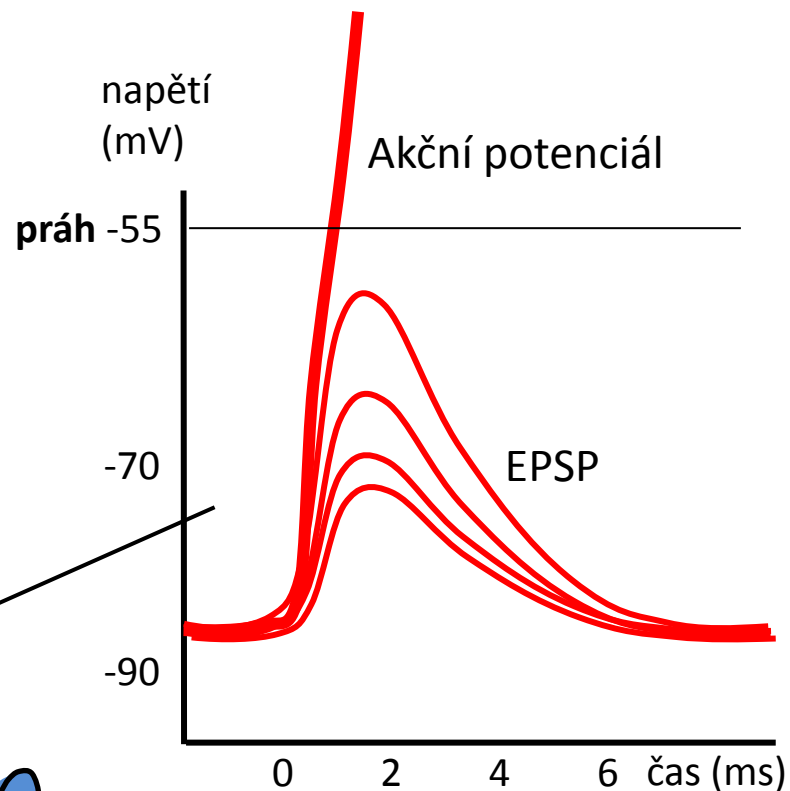
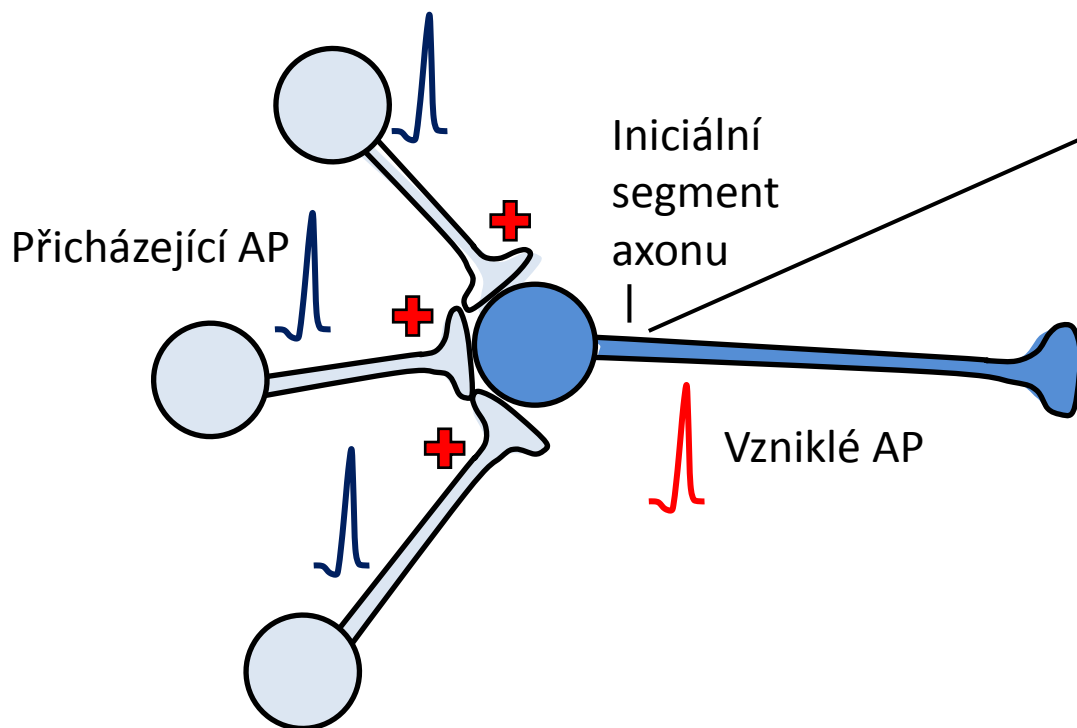


**EPSP** – má různou amplitudu, která je ale menší než amplituda akčního potenciálu, šíří se s dekrementem  
**Akční potenciál** – vzniká jen po překročení prahu, má konstantní amplitudu, šíří se bez dekrementu

Depolarizace membrány nemusí vést k AP  
Pokud depolarizace nepřekročí práh, AP nevzniká

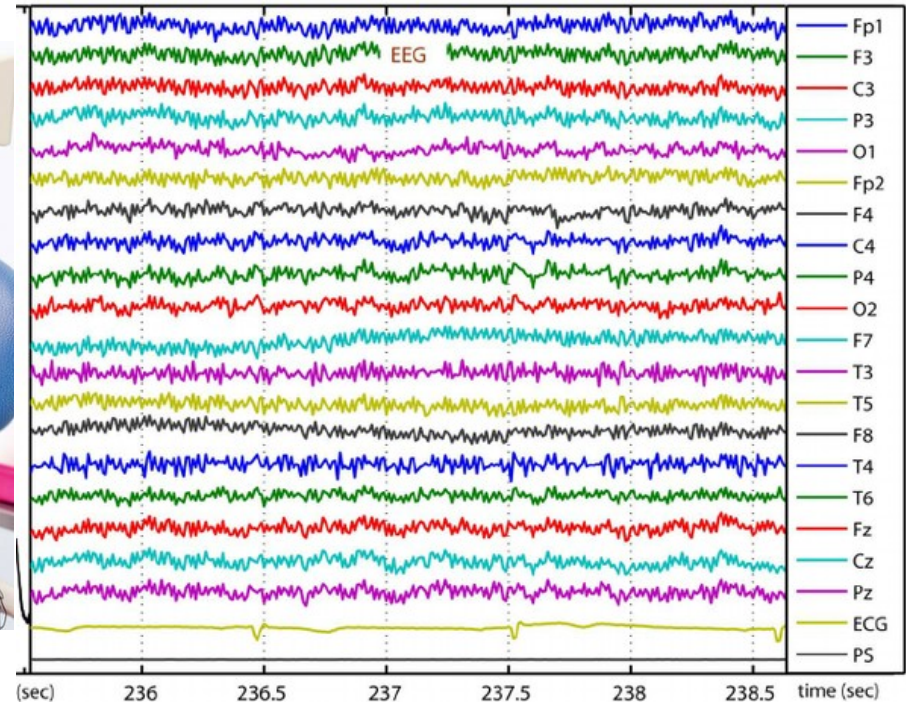
# Prostorová sumace

Čím více je na neuronu excitačních synapsí, na které ve stejný čas přišel AP, tím více vzniklo EPSP a tím snadněji je dosaženo prahu pro vznik AP na postsynaptickém neuronu



# EEG

Vzniká součtem Excitačních postsynaptických potenciálů, ne AP (trvají příliš krátce)

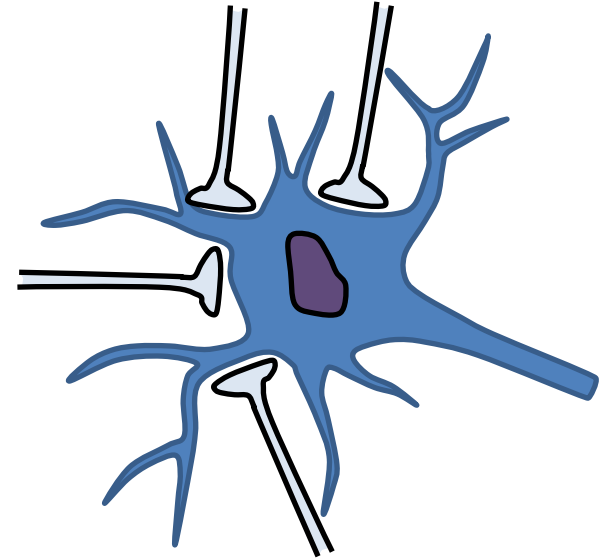
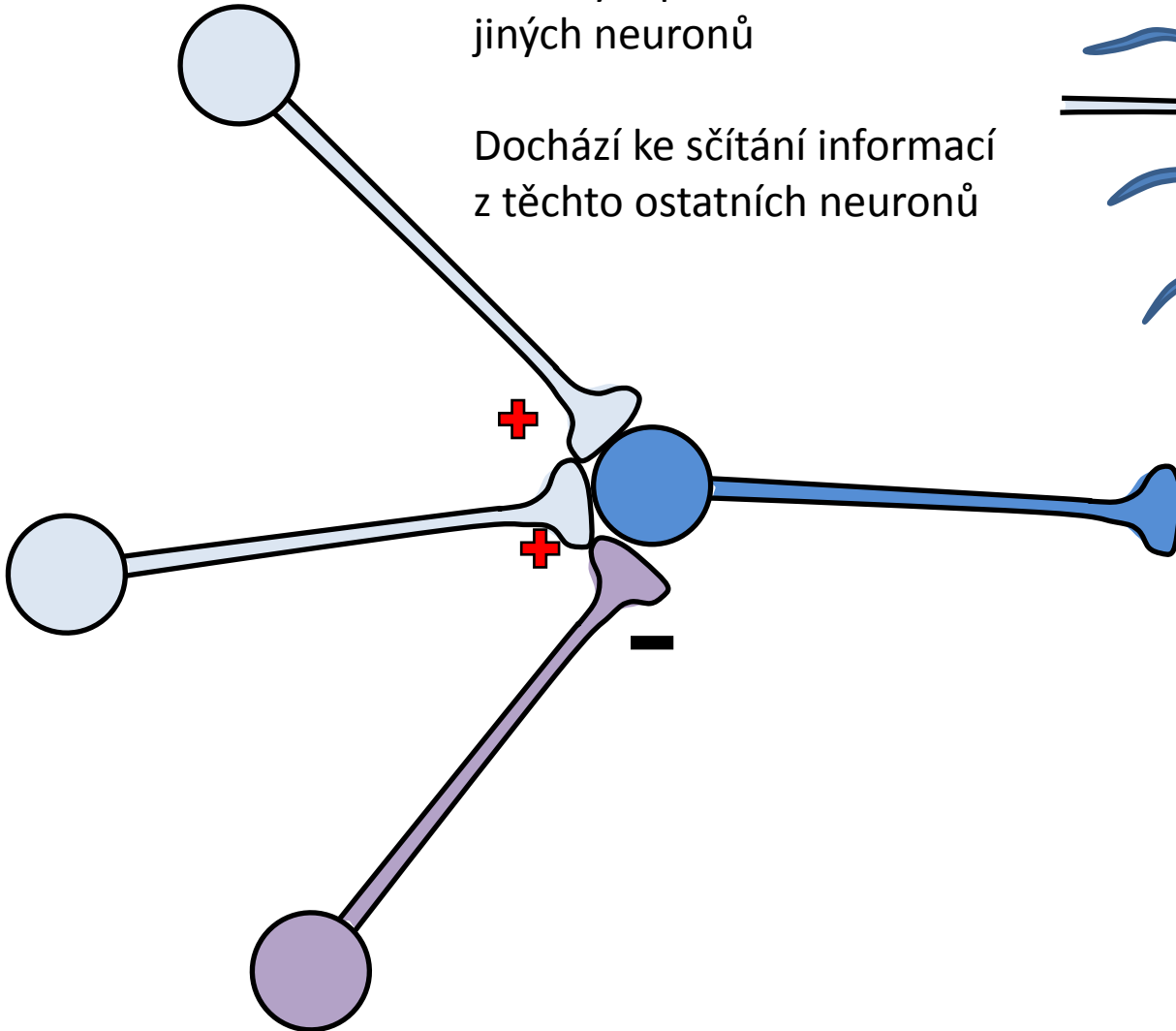




# Konvergence

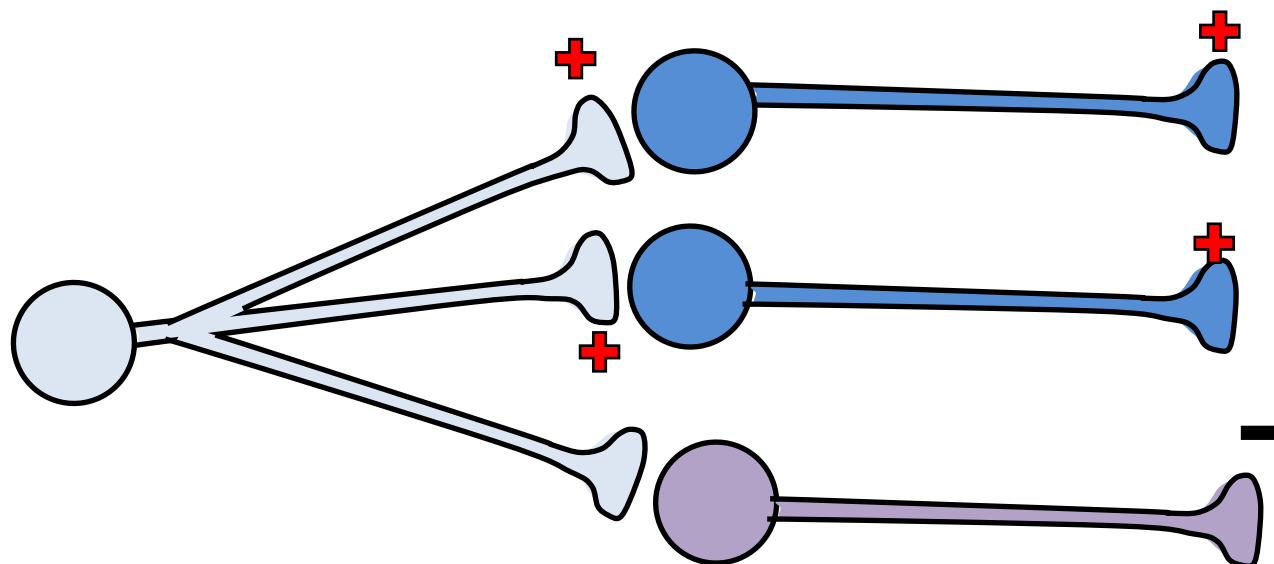
Jeden neuron může mít na sobě synapse několika jiných neuronů

Dochází ke sčítání informací z těchto ostatních neuronů



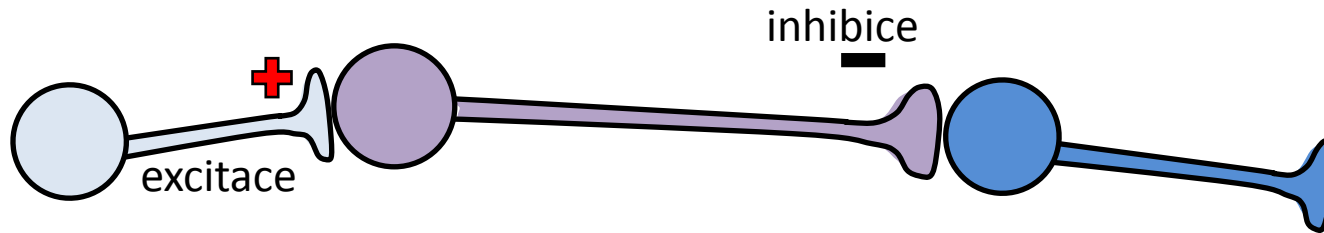
# Divergence

Jeden neuron může  
inervovat několik neuronů

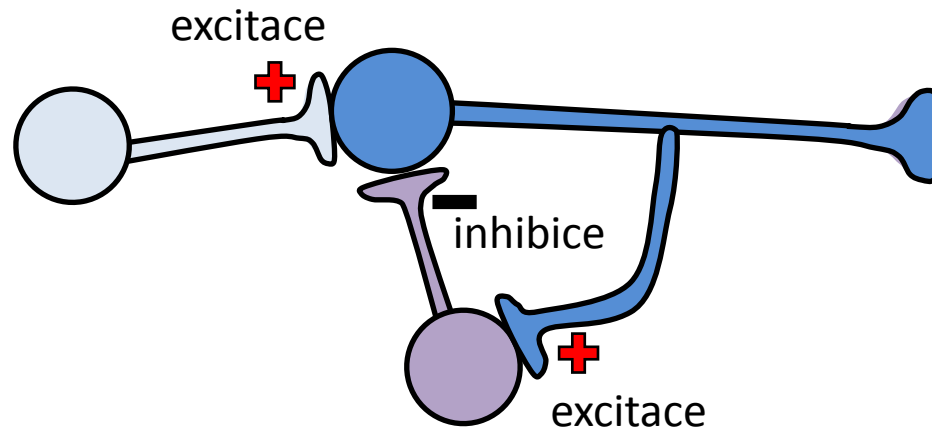


# Inhibice

Inhibice – dopředná blokáda

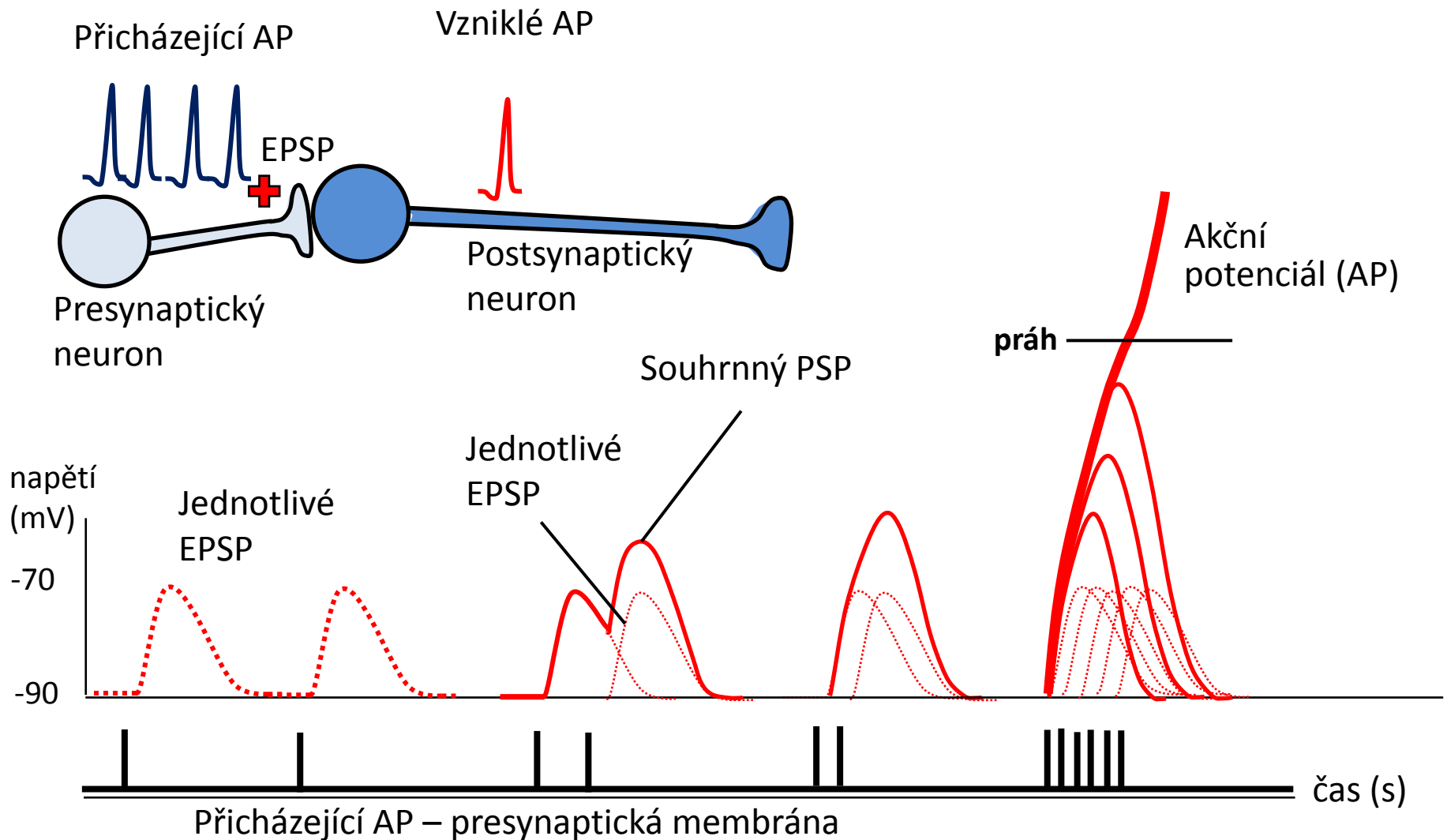


Inhibice – zpětná blokáda



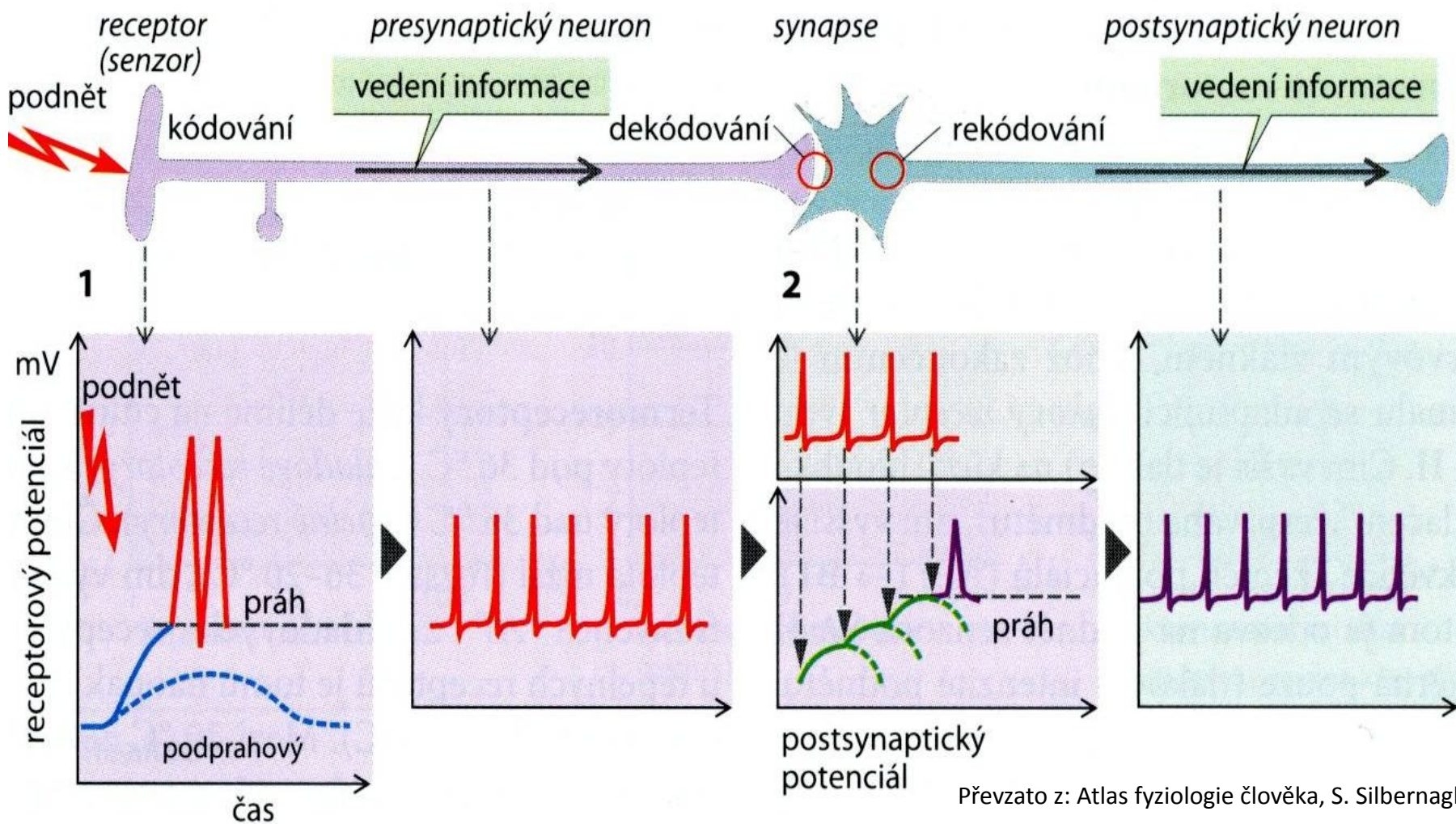
# Časová sumace

Čím vyšší je frekvence AP přicházejících na synapsi, tím větší je souhrnný PSP a tím dříve je dosaženo prahové hodnoty pro vznik AP na postsynaptickém neuronu



# Kódování informace

- Kódování - intenzita podnětu zaznamenaná receptorem je překódovaná do frekvence AP
- Dekódování - na synapsi je frekvence AP převedena do PSP
- Rekódování - pokud součet všech PSP překročí práh, vzniká AP



# Podnět a intenzita

Podnět (sluchový, zrakový, hmatový,...) je kódován receptorem do frekvence AP

Čím déle trvá podnět, tím menší intenzita podnětu stačí pro vznik AP

Čím větší je intenzita podnětu, tím kratší podnět stačí pro vznik AP

**Reobáze:** nejmenší podnět, při kterém ještě dojde ke vzniku AP

**Chronaxie:** délka podnětu, která je nezbytná pro vznik AP, je-li intenzita podnětu o velikosti dvou reobází

