

# 3. PŘEDNÁŠKA

16.března 2017

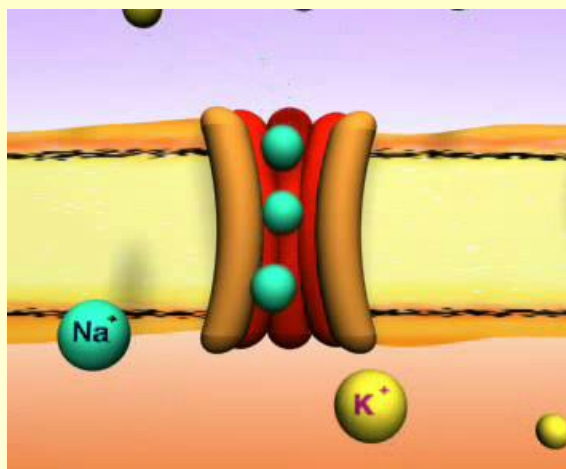
- **geneze bioelektrických signálů**
  - **membránové potenciály**
    - klidový potenciál
    - akční potenciál
    - šíření akčního potenciálu
- **modelování elektrických vlastností buněčné membrány a neuronu**
  - **Hodgkinův – Huxleyho model**
  - **teorie vedení**
- **úvod ke cvičením**
  - **měření rychlosti šíření podél ulnárního nervu**

# Elektrické vlastnosti živých organismů

- **organismus jako celek**
- **systém**
  - kardiovaskulární
  - nervový
  - trávicí
- **orgán**
  - srdce
  - mozek
- **tkáň**
  - nervová
  - svalová
- **buňka**
  - neuron
  - buňky srdečního svalu
- **buněčná membrána**

# Klidový membránový potenciál

GBI\_2B15\_01A



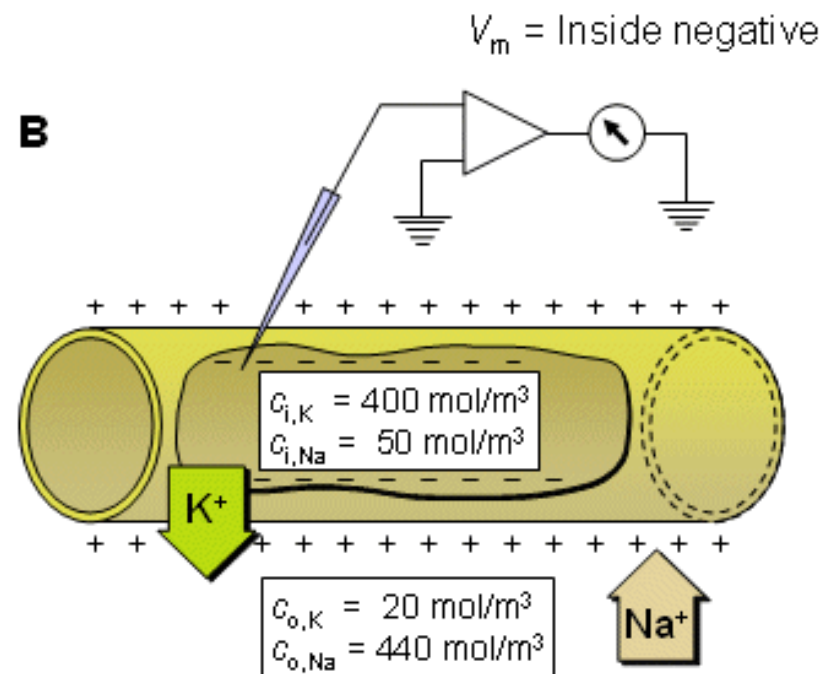
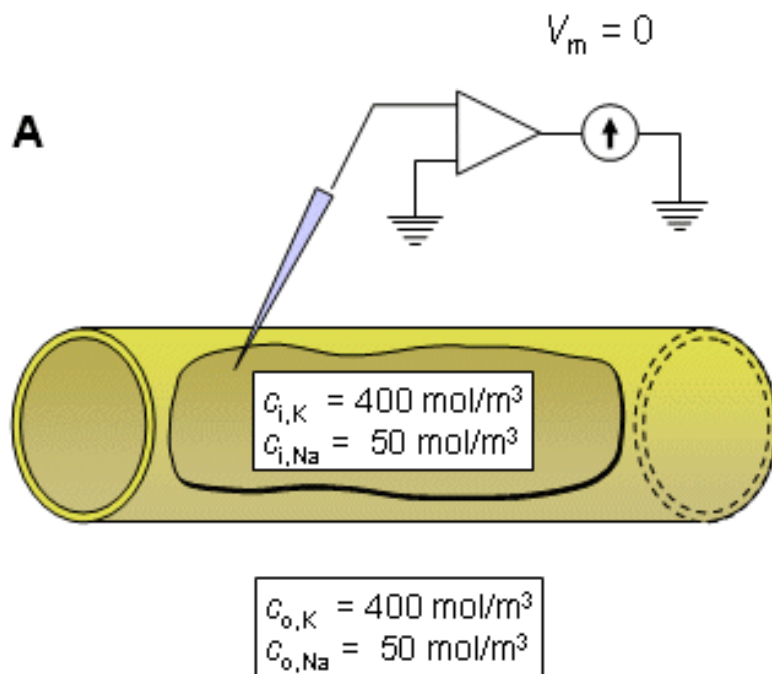
## Vně buňky

Na <sup>+</sup>	150 mM
K <sup>+</sup>	5,5 mM
Ca <sup>+2</sup>	2.4 mM
Mg <sup>+2</sup>	1.2 mM
Cl <sup>-</sup>	125 mM
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	28 mM
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	1 mM
Phosphates	4 mM
pH	7.4

## Uvnitř buňky

Na <sup>+</sup>	15 mM
K <sup>+</sup>	150 mM
Ca <sup>+2</sup>	~50 nM
Mg <sup>+2</sup>	4 mM
Cl <sup>-</sup>	9 mM
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	10 mM
SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	2 mM
Phosphates	75 mM
pH	7.0

# Klidový membránový potenciál



# Klidový membránový potenciál

Nernstova rovnice (1888)

každý iont má svůj rovnovážný potenciál

$$V_x = \frac{RT}{F} \ln \frac{[X]_o}{[X]_i}$$

$$V_x = 61 \cdot \log \frac{[X]_o}{[X]_i} \text{ mV}$$

Rovnovážné koncentrace

iont X	$[X]_o$	$[X]_i$	$E_x$
K <sup>+</sup>	5,5	150	-90 mV
Na <sup>+</sup>	150	15	62 mV
Cl <sup>-</sup>	125	9	-71 mV

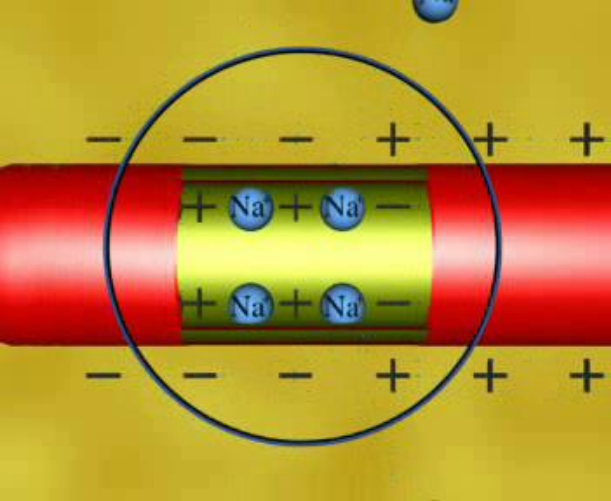
# Klidový membránový potenciál

Goldmannova rovnice

$$V_m = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K [K^+]_o + P_{Na} [Na^+]_o + P_{Cl} [Cl^-]_i}{P_K [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_o}$$

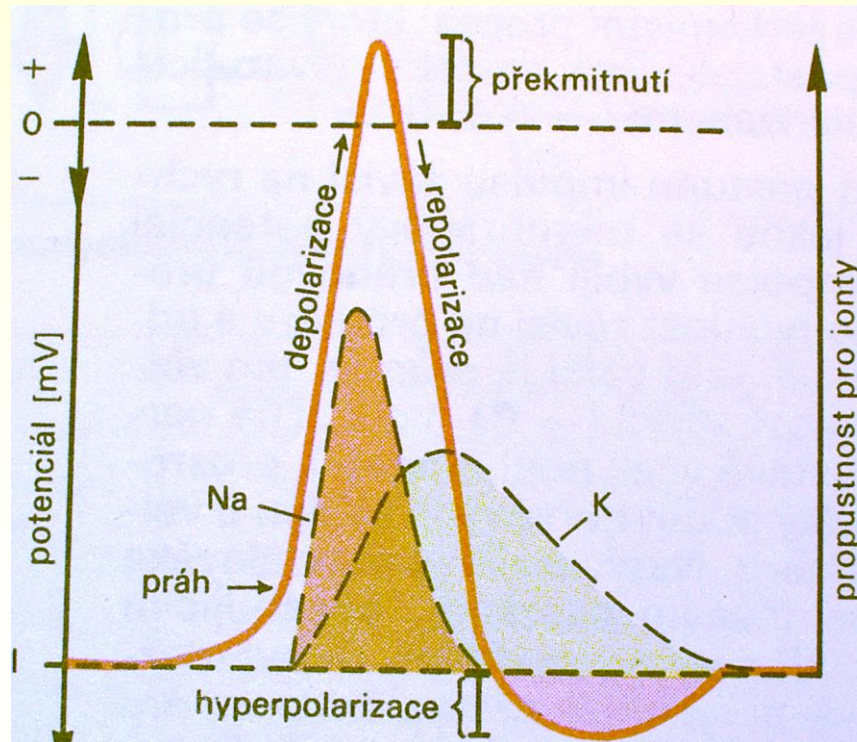
iont X	$P_x$	$[X]_o$	$[X]_i$
K <sup>+</sup>	1	5,5	150
Na <sup>+</sup>	0,03	150	15
Cl <sup>-</sup>	0,1	125	9

-73 mV

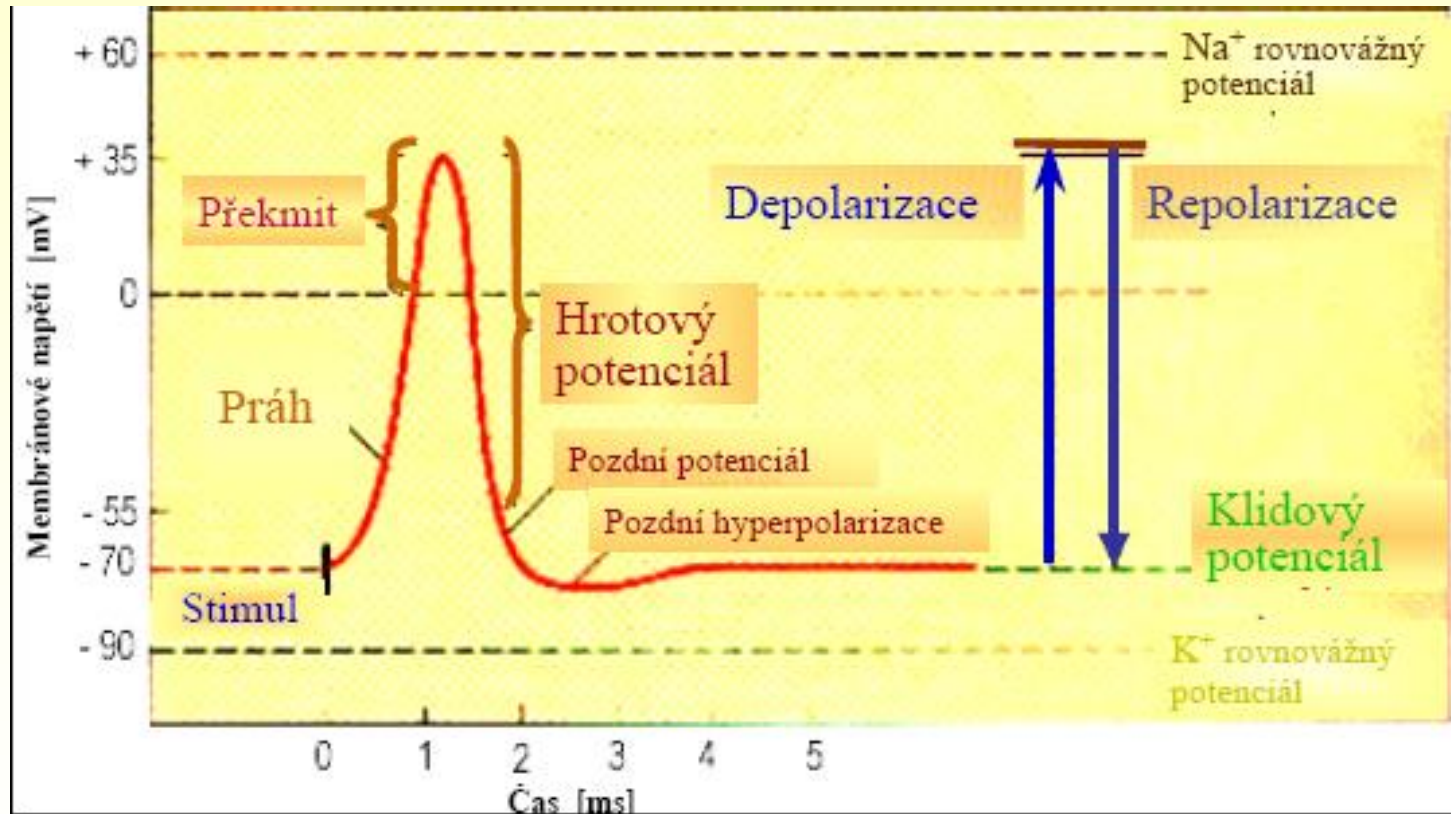


# Akční membránový potenciál

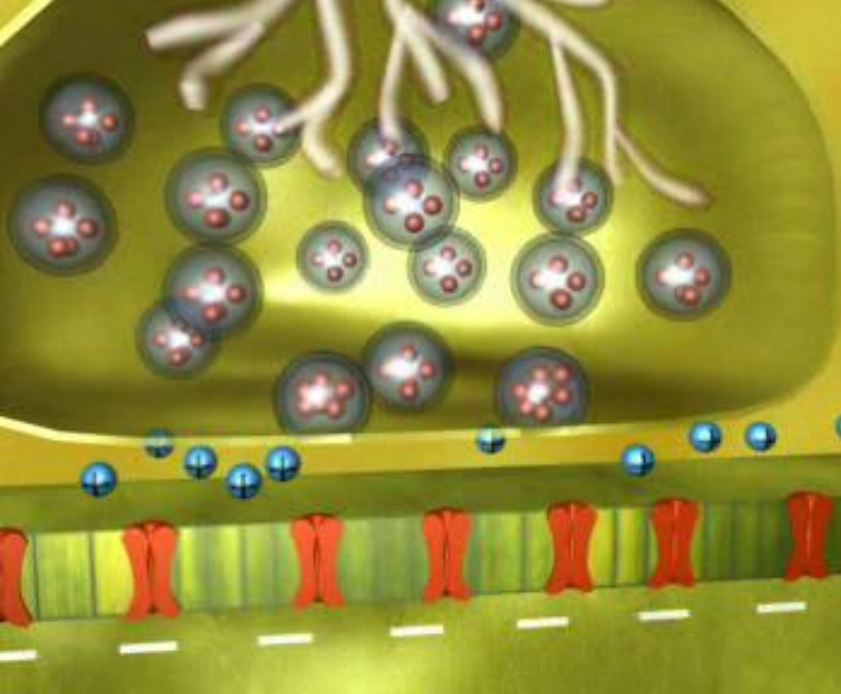
GBI\_2B15\_02A



# Popis akčního potenciálu



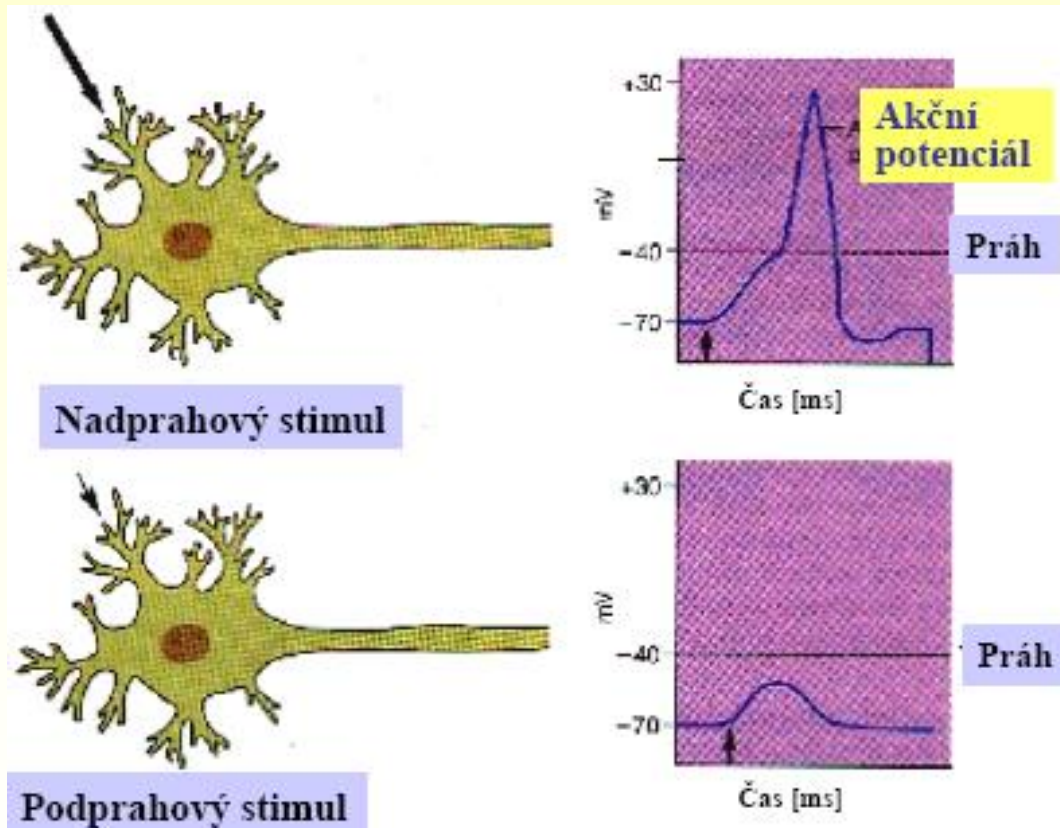




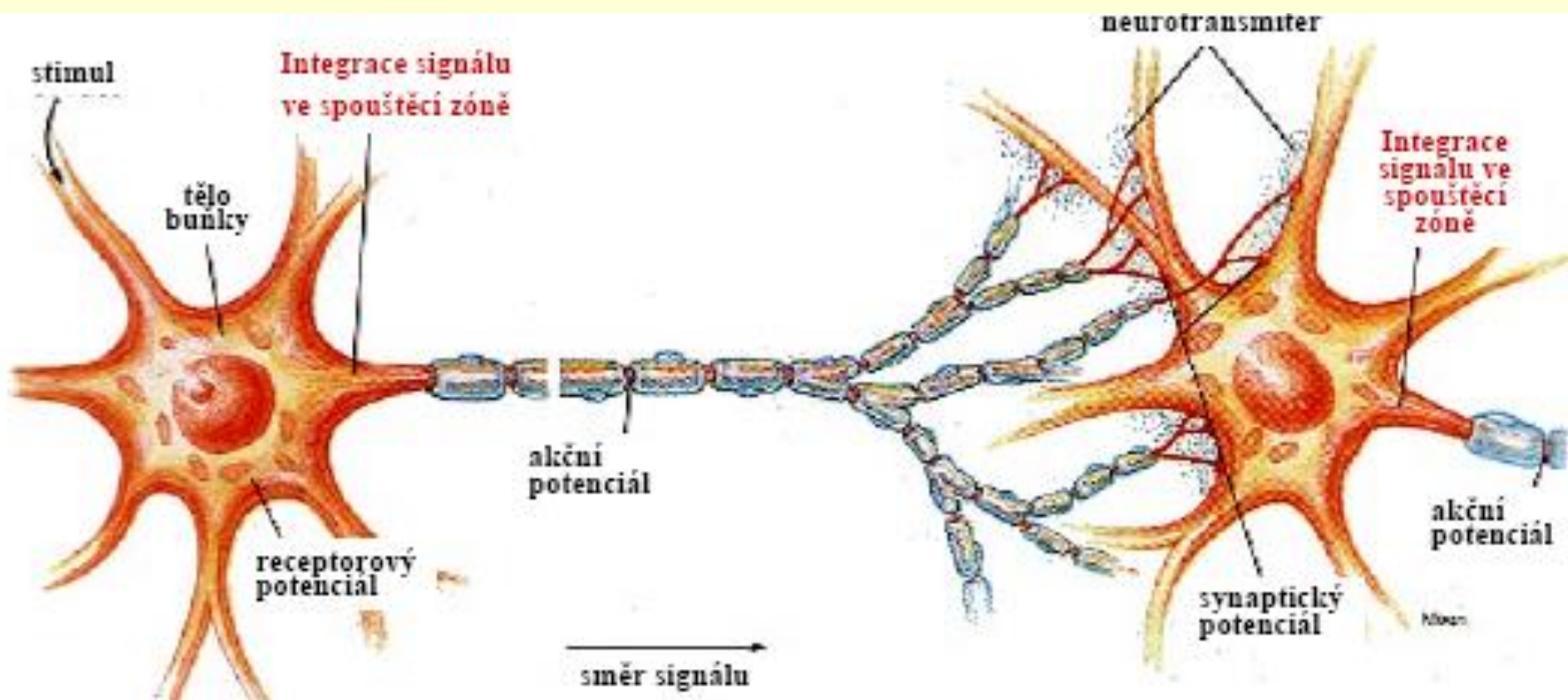
# Vedení proudu

GBI\_2B15\_03A

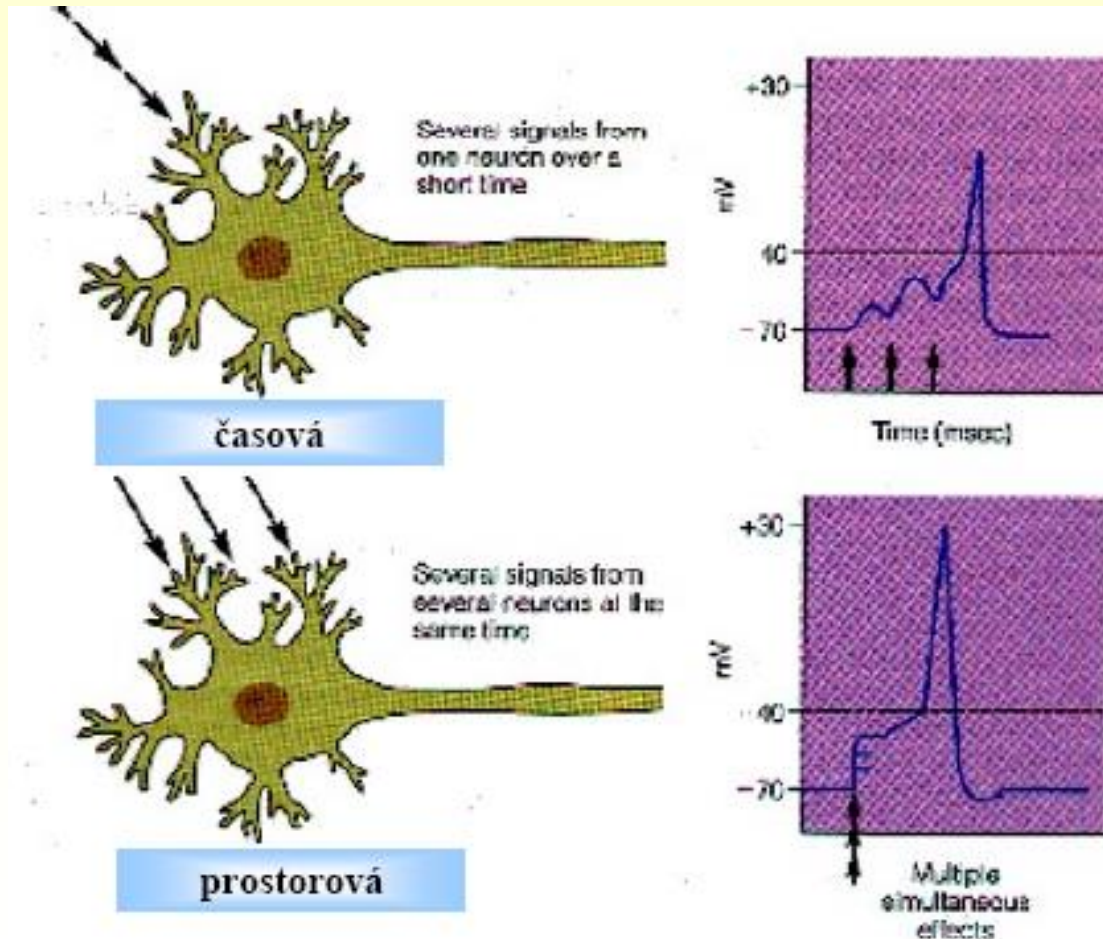
# Vznik akčního potenciálu



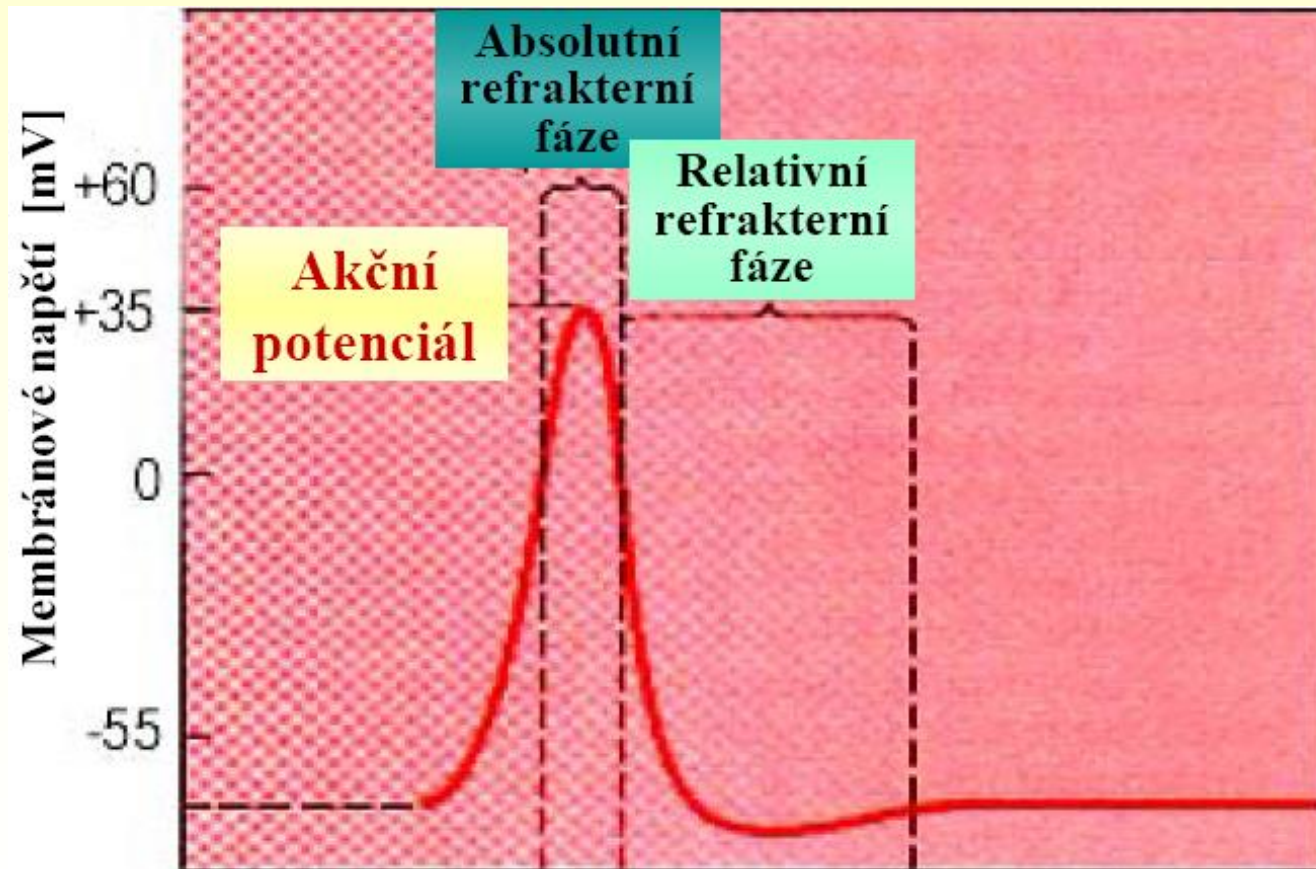
# Vedení vzruchu mezi nervovými buňkami



# Sumace vzruchů



# Akční potenciál



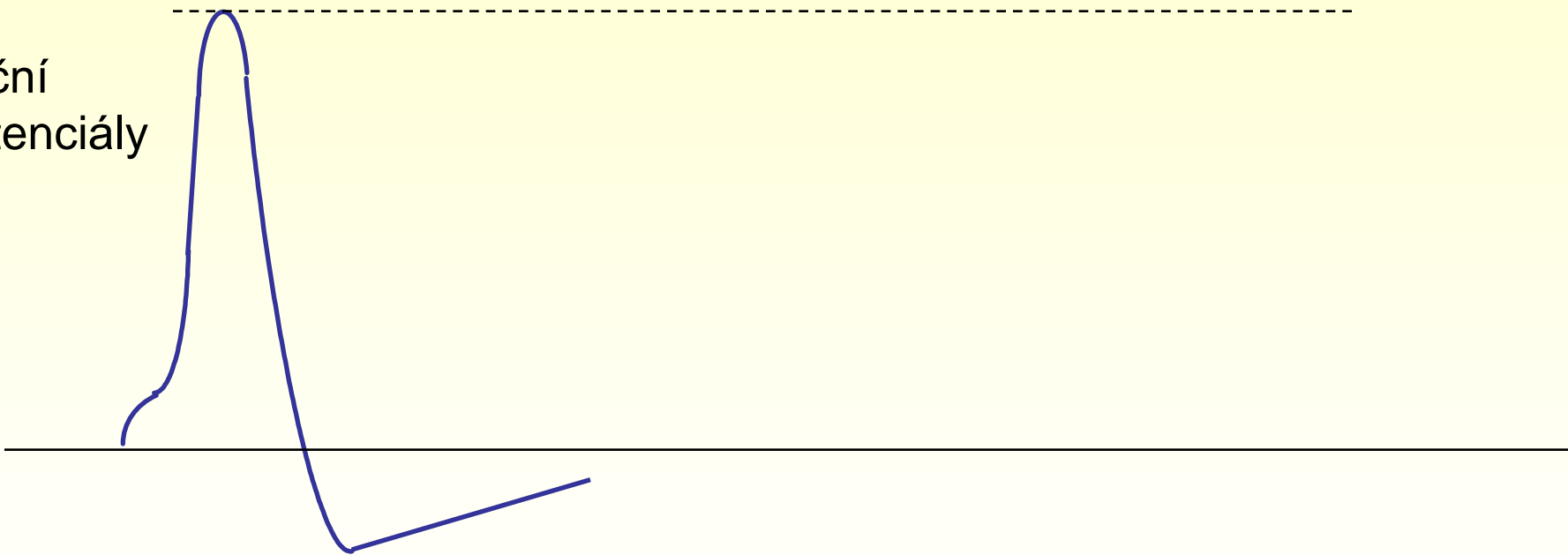
# Refrakterní fáze

Absolutní  
refrakterní fáze

Relativní refrakterní fáze



Akční  
Potenciály



Stimuly



čas



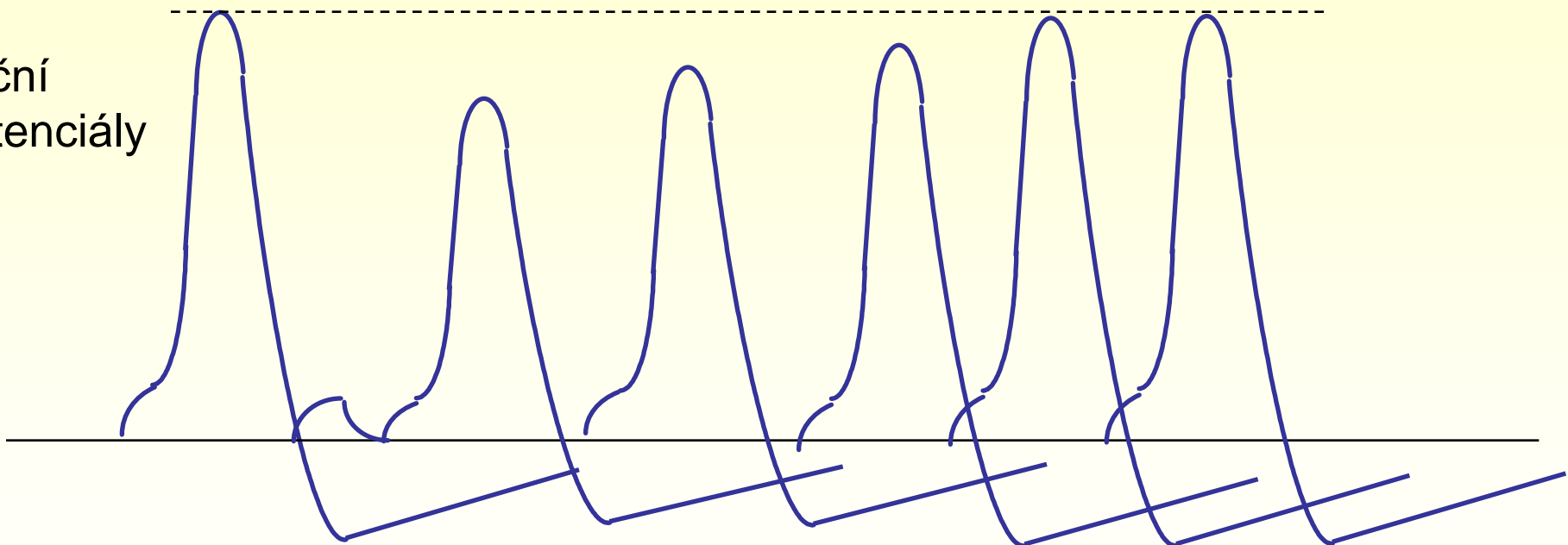
# Refrakterní fáze

Absolutní  
refrakterní fáze

Relativní refrakterní fáze



Akční  
Potenciály



Stimuly

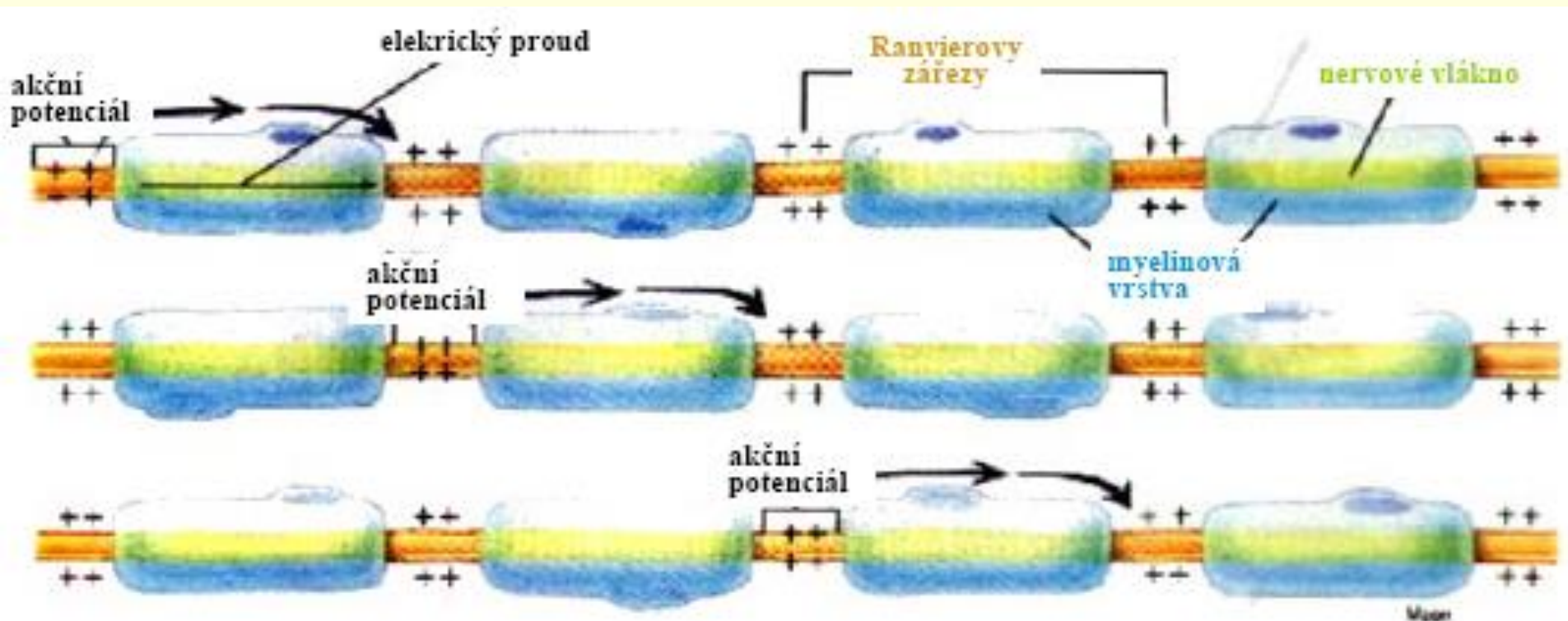


čas



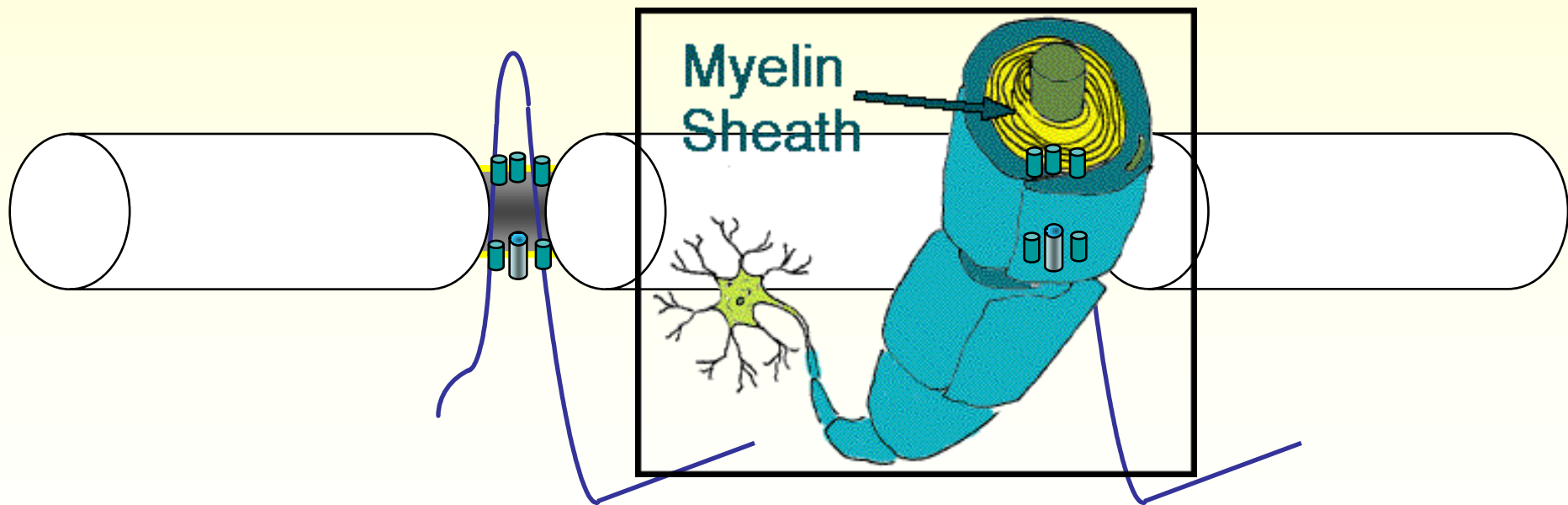
# Vedení vzruchu po (myelinizovaném) nervovém vlákně

saltatorické - skokem

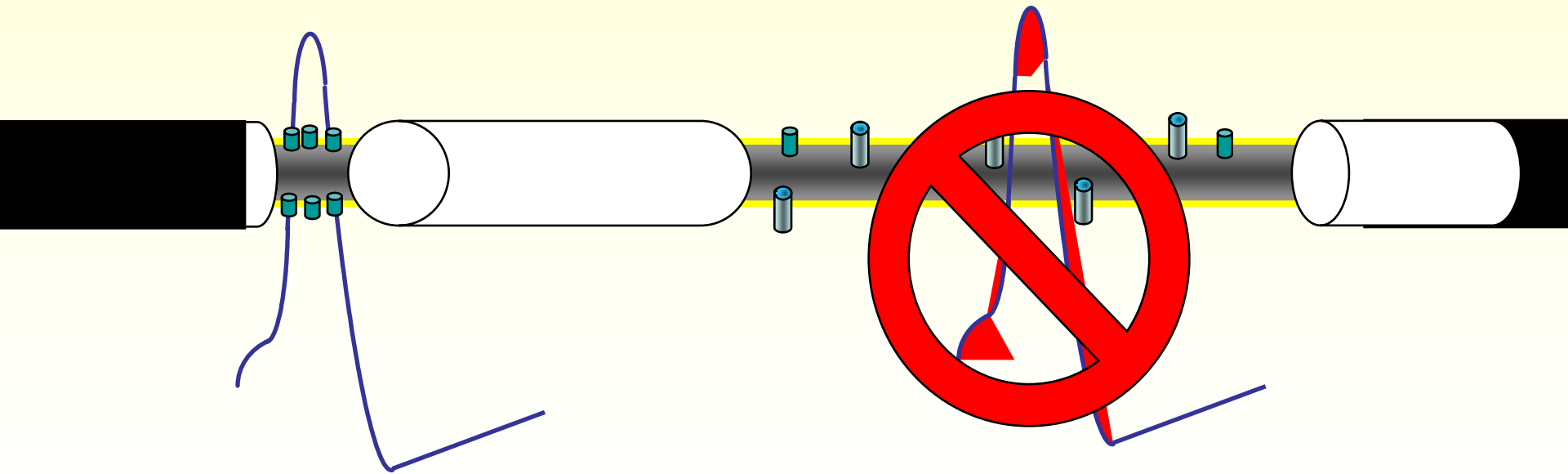




# Rychlost šíření



# Roztroušená skleróza



Porušení myelinu vede ke zhoršení šíření akčních potenciálů.  
Akční potenciály se šíří pomaleji, případně vymizí.

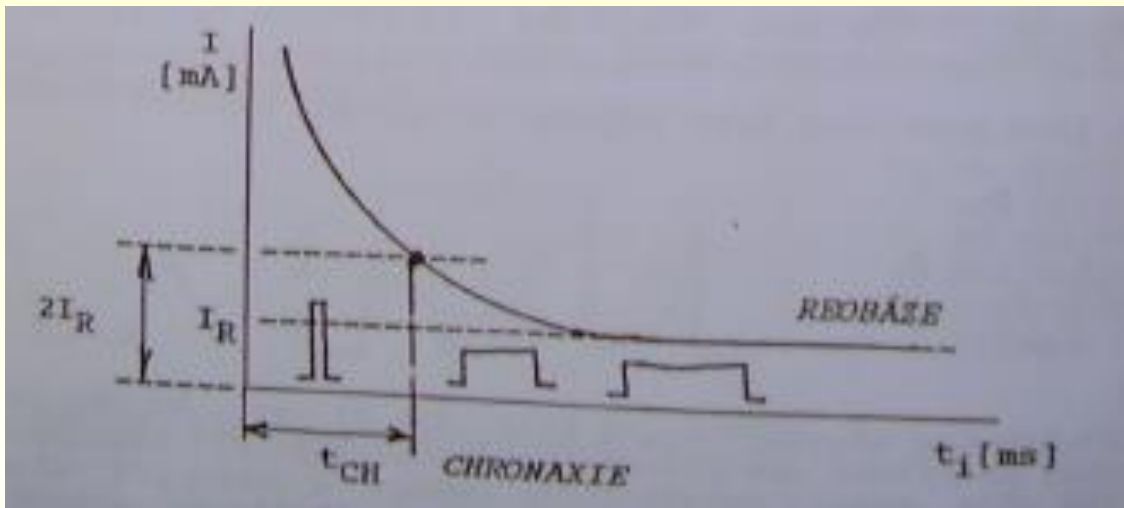
# Rychlost šíření

Buňka	Průměr ( $\mu\text{m}$ )	Rychlost (m/s)
Axon chobotnice	500	50
Axon kraba	30	10
Nerv kočky (nemyelinizovaný)	0.3 – 1.3	0.7 – 2.3
Nerv kočky (myelinizovaný)	2 – 20	10 – 100

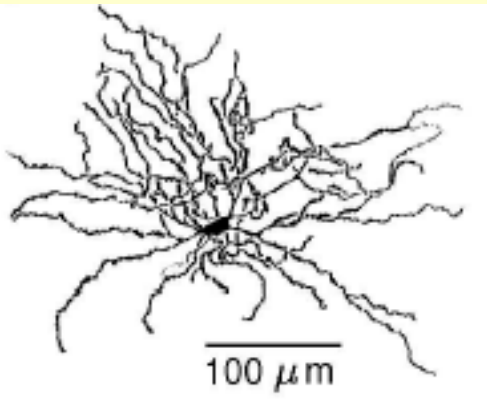
- Zvětšení průměru axonu zvyšuje rychlost šíření akčního potenciálu
- Myelin zvyšuje rychlost šíření

# **Modelování elektrických vlastností buněčné membrány**

# Modelování elektrických vlastností buněčné membrány



# Modelování neuronu

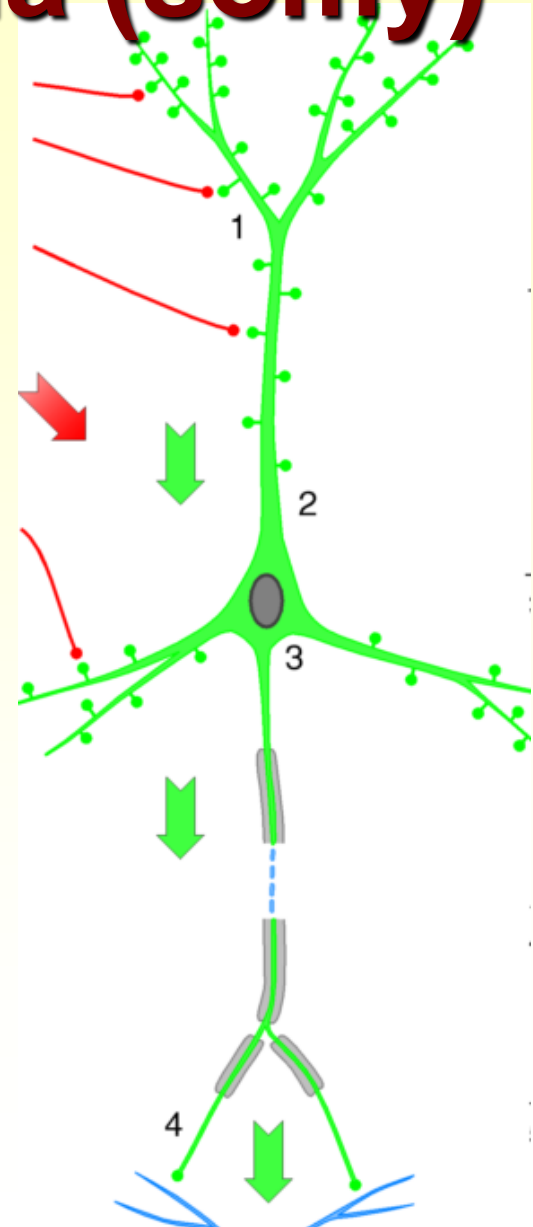
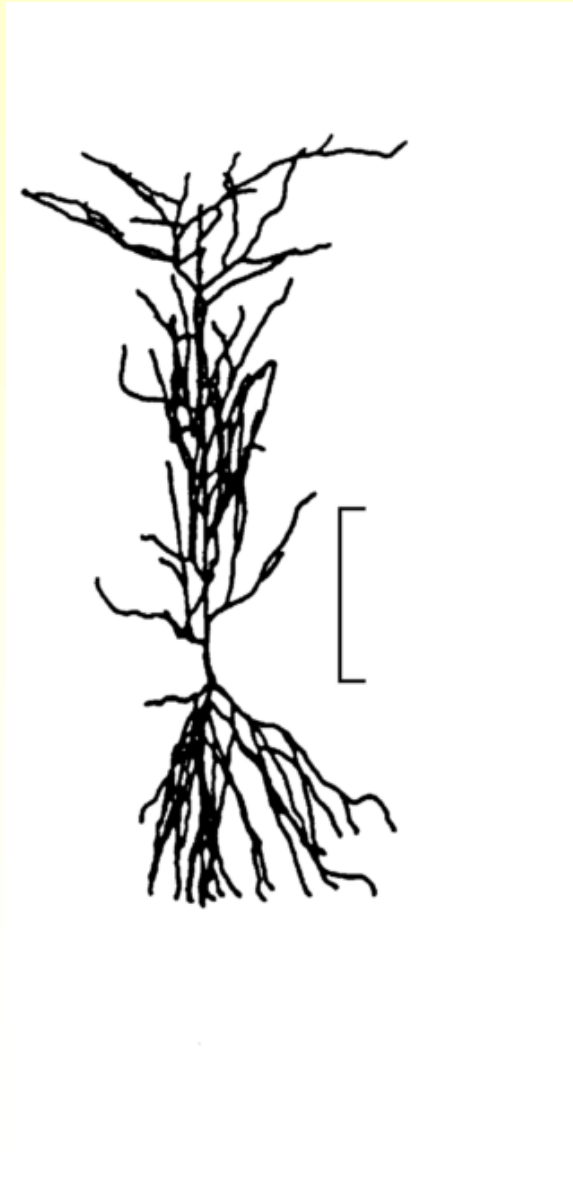


- Modelování axonu
- Modelování těla (somy)
- Modelování dendritů
- Modelování synapsí

# Modelování axonů

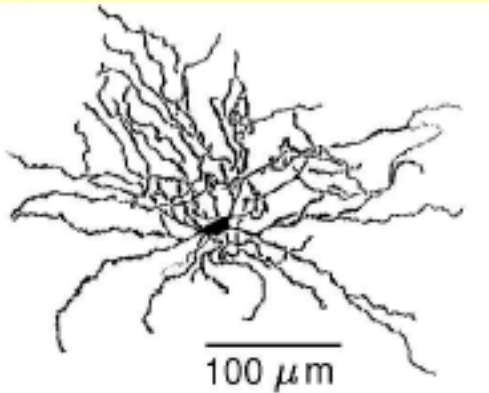


# Modelování těla (somy)

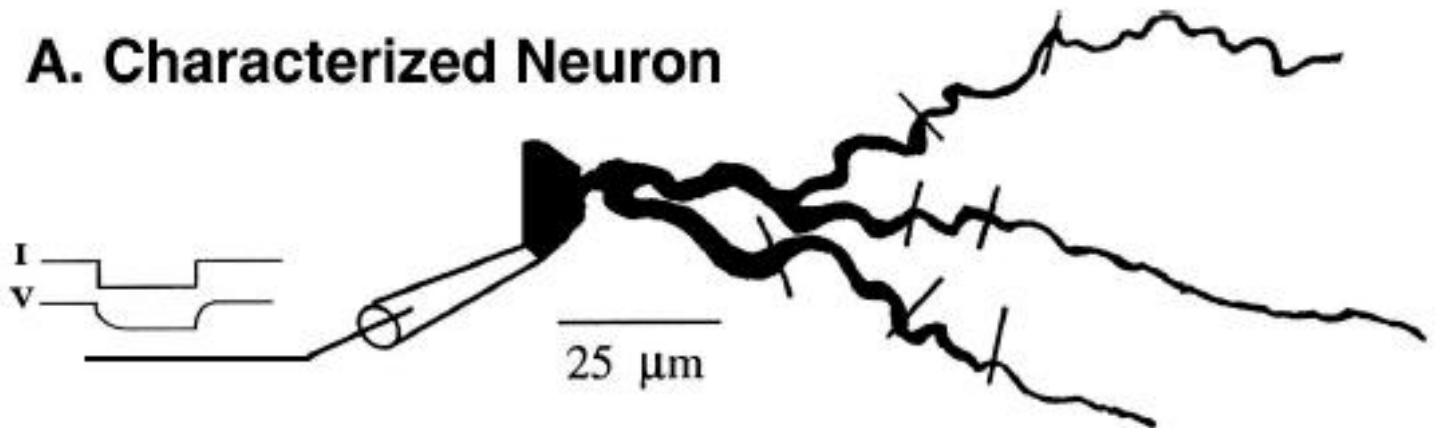




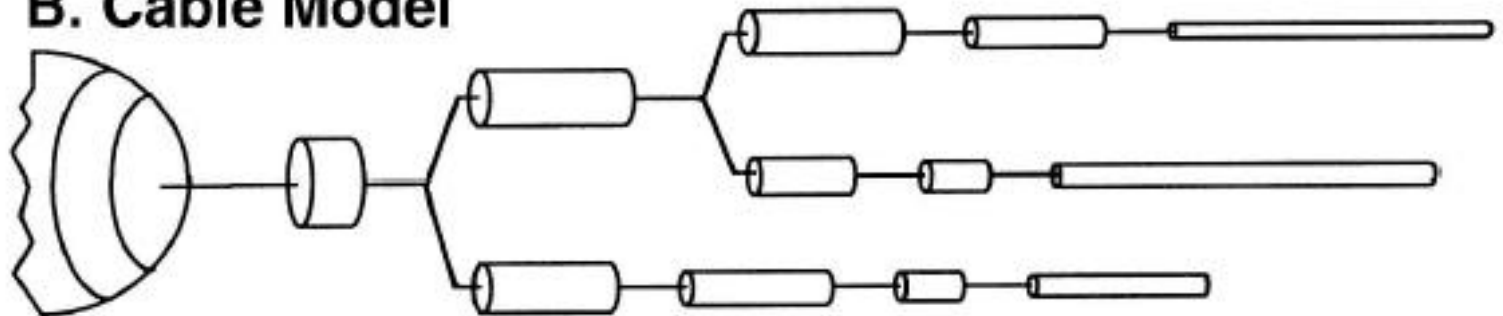
# Modelování dendritů



## A. Characterized Neuron



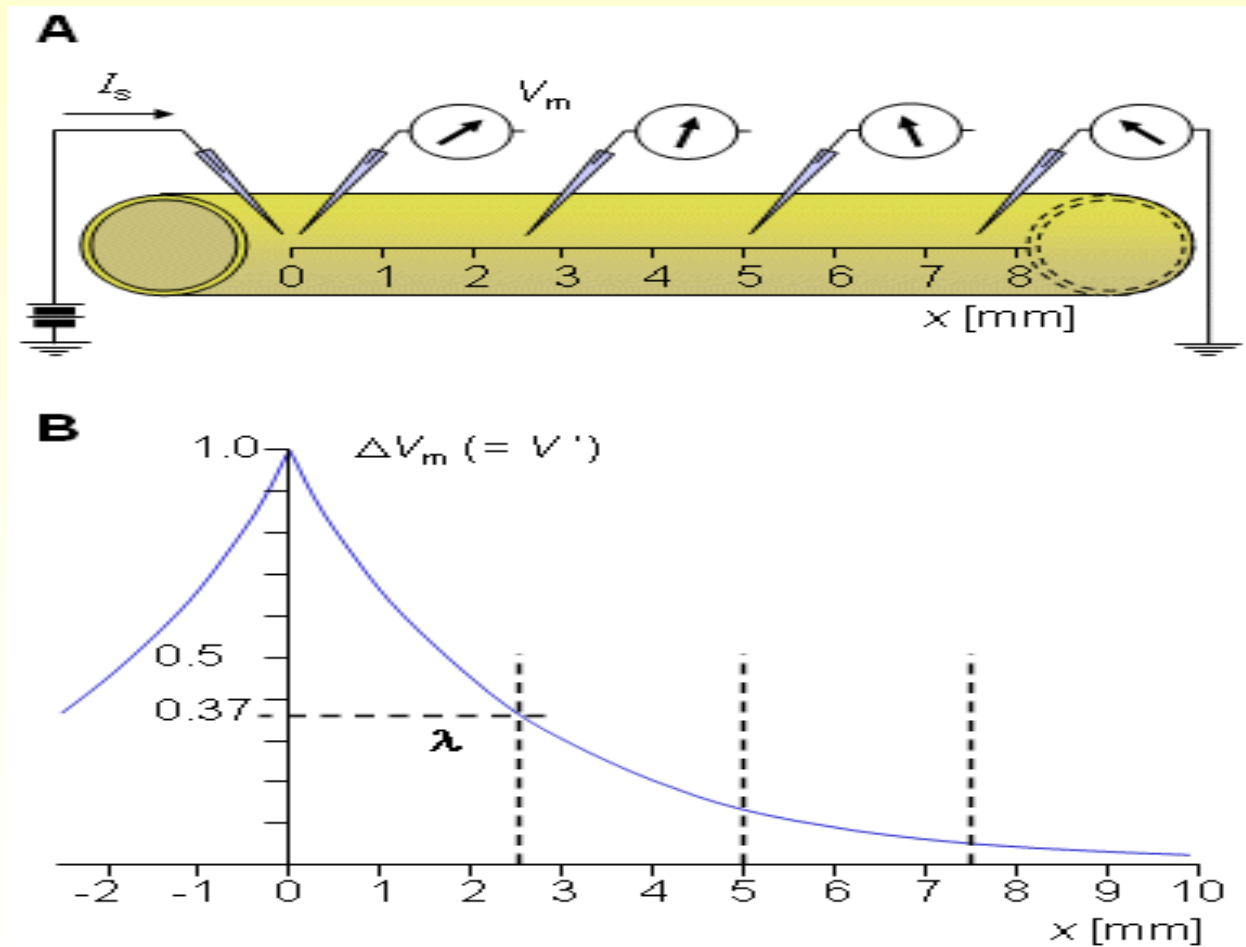
## B. Cable Model



# Teorie vedení

- Předpoklady:
  - Neuvažujeme napětově závislé kanály
  - Membrána je pasivní a rovnoměrná
  - Uvažujeme délku a čas, nikoliv průměr
- Metoda je nepřesná, avšak užitečná
- Zjednodušující předpoklady umožňují modelování bez velké ztráty fyziologické podstaty

# Teorie vedení

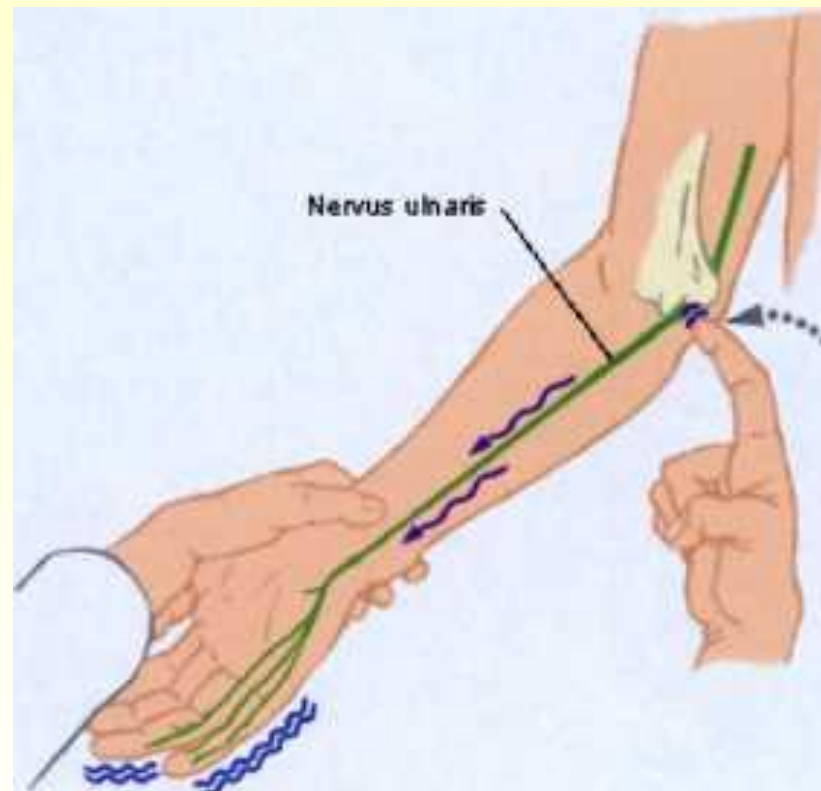


# Modelování synapsí

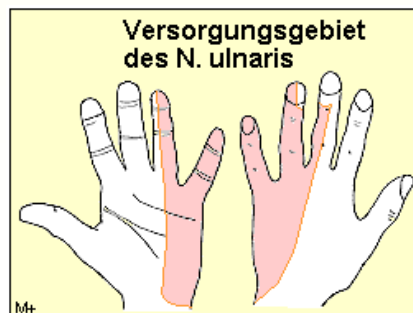


# Nervus ulnaris

- Předloktí
  - Musculus flexor carpi ulnaris
  - Musculus flexor digitorum profundus
- Ruka
  - Musculi interossei
  - Musculi lumbricales III et IV
  - Musculus abductor digiti V
  - Musculus flexor digiti V
  - Musculus oponens digiti V
  - Musculus adductor pollicis
  - Musculus flexor pollicis brevis



Senzitivní inervace



# Obrna n. ulnaris

- Při lézích na paži a v loketní krajině nastává porucha všech funkcí senzitivních i motorických.
- Porucha citlivosti typická, výpad fce příslušných svalů je většinou klinicky nevýrazný.
- Neschopnost flexe konečného článku 4. a 5. prstu.
- Drápovitá ruka



# Příčiny

- Trauma nebo otlak nervu v loketní krajině hlavně v sulcus n.ulnaris (opírání o loket)
- Chronické působení tlaku v distálním úseku
- Hyperextenze zápěstí (motocyklisté, natěrači)