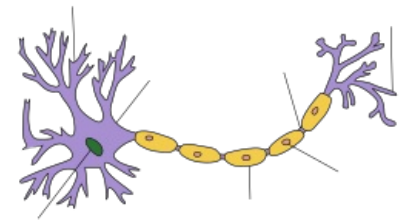


# Axon

Většina neuronů má pouze jeden axon. Buněčná membrána, která ohraničuje axon, se nazývá axolemma. Cytoplasma obsažená v axonu se nazývá axoplasma. Axon většinou odstupuje z těla neuronu, jen výjimečně z hlavního dendritu. Axon má cylindrický tvar, jeho průměr je konstantní, v průběhu axonu se nemění. Podle velikosti tloušťky neuronu kolísá tloušťka axonu od 1 do 20  $\mu\text{m}$ . Délka axonu je různá, ale může dosahovat až 100 cm (například axony motorických neuronů předních rohů míšních – inervace svalů dolních končetin). Ve svém průběhu se axon většinou nevětví, jen někdy krátce po odstupu od těla neuronu vysílá větev, která se vrací do blízkosti neurocytu – kolaterální větev, neboli kolaterály. Axon se bohatě větví až na svém distálním konci, kde vytváří terminální arborizaci.



Typická struktura axon

## Typy axonů

Podle rychlosti vedení vzruchu, která je přibližně přímo úměrná tloušťce axonu, rozeznáváme v periferním nervovém systému tři základní typy axonů (do této klasifikace spadají i periferní větve výběžků pseudounipolárních neuronů).

- A-vlákna jsou myelinizovaná:
  - A $\alpha$ -vlákna (12–20  $\mu\text{m}$ , 70–120  $\text{ms}^{-1}$ ) zajišťují propriocepci a somatickou hybnost;
  - A $\beta$ -vlákna (5–12  $\mu\text{m}$ , 30–70  $\text{ms}^{-1}$ ) vedou informace o dotyku a tlaku;
  - A $\gamma$ -vlákna (3–6  $\mu\text{m}$ , 15–30  $\text{ms}^{-1}$ ) zajišťují hybnost intrafusálních svalových vláken;
  - A $\delta$ -vlákna (2–5  $\mu\text{m}$ , 12–30  $\text{ms}^{-1}$ ) předávají zprávy o bolesti a teplotě;
- B-vlákna (3  $\mu\text{m}$ , 3–15  $\text{ms}^{-1}$ ) jsou rovněž myelinizovaná a představují pregangliová autonomní vlákna.
- C-vlákna jsou nemyelinizovaná a jsou to jednak postgangliová vlákna sympatiku (0,3–1,3  $\mu\text{m}$ , 0,3–1,3  $\text{ms}^{-1}$ ), jednak se podílejí na vedení informace o bolesti (0,4–1,2  $\mu\text{m}$ , 0,5–2  $\text{ms}^{-1}$ ).

Podle typu axonů jsou často pojmenovávány i jejich neurocyty.

## Stavba axonu

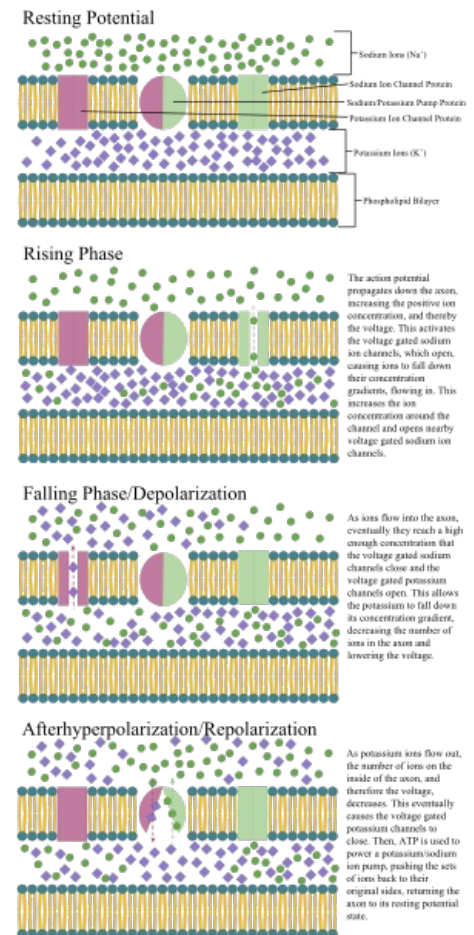
Odstupový konus je počáteční kónický úsek axonu. Axoplasma odstupového konusu se liší od cytoplasmy neurocytu. Nevyskytuje se zde granulární endoplazmatické retikulum, ale naopak četné elementy cytosketu – neurotubuly a neurofilamenta – zde vytvářejí drobné svazky.

Iniciální segment nacházíme u myelinizovaných axonů. Představuje úsek mezi odstupovým konusem a místem, kde začíná myelinová pochva. Z funkčního hlediska je velmi důležitý. Je rozhodující pro vytvoření a šíření akčního potenciálu. V axolemě iniciálního segmentu jsou lokalizovány ve velkém počtu iontové kanály, které jsou nezbytné pro tvorbu a propagaci změn elektrického potenciálu. Penetrující integrální membránové proteiny jsou vázícím proteinem ankyrinem zakotveny k elementům cytosketu a k vrstvičce elektronově densního materiálu, která se v iniciálním segmentu nachází pod axolemmou. Neurotubuly a neurofilamenta tu probíhají ve svazcích.

Vlastní axon obsahuje v cytoplasmě malý počet mitochondrií, ojedinělé tubuly hladkého endoplazmatického retikula, četné neurotubuly a neurofilamenta. V axonech nacházíme odlišné proteiny připojené k mikrotubulům než v dendritech. Vyskytuje se zde MAP1 a pro axony specifický MAP tau (tubulin-associated unit), který urychluje polymerizaci tubulinu a stabilizuje mikrotubuly tím, že vytváří 18 nm dlouhé můstky, které vzájemně váží sousední mikrotubuly. Tato schopnost MAP tau přispívá k velké stabilitě axonálních mikrotubulů. Absence organel, které jsou zapojeny do proteosyntézy, je důkazem závislosti na neurocytu. Axolemma obsahuje v celém průběhu axonu napětově ovládané iontové kanály, u myelinizovaných axonů jsou iontové kanály soustředěny v oblastech Ranvierových zářezů.

Koncová část axonu se větví. Tuto oblast nazýváme terminální arborizace (telodendron). Terminální větévky axonu se na svých koncích rozšiřují v terminální butony (boutons terminaux) a přicházejí do styku s membránou jiných buněk.

Do rozšířené koncové části axonu nezasahují neurofilamenta a neurotubuly. Nacházíme zde ale četné mitochondrie a především synaptické vesikuly (průměr obvykle 20–65 nm). Synaptické vesikuly obsahují chemické mediátory odpovědné za přenos nervového vzruchu. Elektrický impuls je na synapsi tedy převeden na chemický, aby byl



šíření akčního potenciálu

vzápětí vrácen do elektrické podoby. Chemické mediátory jsou nejčastěji acetylcholin (má své nikotinové a muskarinové receptory) nebo noradrenalin. V CNS byla popsána celá řada dalších – např. kyselina gamaaminomáselná (GABA), adrenalin, kyselina glutamová, dopamin, serotonin, glycin, histamin, v PNS se uplatňují i ATP a adenosin v tzv. purinergních synapsích, velmi často mezi výběžkem neuronu a jinou buňkou, epitelovou nebo hladkou svalovou, méně často se zde setkáme se synapsemi histaminergními (u senzitivních nervů), dopaminergními (vegetativní ganglia) a serotoninergními (Auerbachův plexus). Morfologicky lze od sebe některé některé typy synaptických vesikul odlišit – světlé, sférické vesikuly s acetylcholinem nebo vesikuly s elektronově denzním jádrem, kde byl prokázán noradrenalin. V zakončeních některých axonů byly nalezeny větší vesikuly (průměr 80–90 nm), jejichž obsah není znám.

## Synaptofysin a synapsin I

V synaptických vesikulách lze imunocytochemickými metodami prokázat přítomnost proteinů – např. synaptofysin – glykoprotein přítomný v membránách synaptických vesikul, který hraje úlohu při koncentraci chemických mediátorů v synaptických vesikulách.

Synaptické vesikuly jsou v dilatovaných koncových částech axonu vzájemně spojeny vláknitým proteinem, který se nazývá synapsin I. Silnější filamenta tvořená proteinem podobným spektrinu pak přes ankyrin váží synapsin k integrálním membránovým proteinům presynaptické buněčné membrány. Synaptické vesikuly jsou tak udržovány v blízkosti této membrány.

## Odkazy

### Související články

- Axolemma
- Neuron

### Použitá literatura

- VAJNER, Luděk, Jiří UHLÍK a Václava KONRÁDOVÁ. *Lékařská histologie I.: Cytologie a obecná histologie*. 1. vydání. Praha : Karolínium, 2010. ISBN 978-80-246-1860-9.