

Neurologie jako medicínský obor
&
Neuron, šíření vzruchu, synaptický přenos,
nervosvalová ploténka

MUDr. Ondřej Volný
prof. MUDr. Martin Bareš PhD

I. neurologická klinika FN u sv. Anny
a LF Masarykovy univerzity

Obsah

- Tato prezentace pojednává o:
 - neurologii jako medicínském oboru a o významu neurologického vyšetření
 - základní stavební jednotce centrálního nervového systému (nervová buňka/neuron)
 - mechanismu vzniku a šíření nervových vzruchů
 - vzájemné komunikaci mezi neurony a mezi neurony a výkonnými buňkami (synaptický přenos/synapse)
- Detailní informace o struktuře, funkci a základních poruchách centrálního a periferního nervového systému jsou zpracovány ve studijním materiálu **Organizace a funkce nervového systému.**

Neurologie jako medicínský obor

- **Neurologie představuje lékařský obor zaměřený na diagnostiku a léčbu onemocnění centrálního nervového systému (mozek a mícha), periferního nervového systému (hlavové a periferní nervy), nervosvalového přenosu a svalů**
- Jedná se o dynamicky se vyvíjející obor, což je spojeno s významnými pokroky v diagnostických metodách (3T MRI, funkční MRI, nové laboratorní a genetické metody) i léčbě řady neurologických onemocnění (mechanické rekanalizace u uzávěrů mozkových tepen, léčba roztroušené sklerózy či onemocnění z okruhu parkinsonismu)
 - Spektrum onemocnění, kterým se neurologie věnuje je široké – od akutních stavů jako jsou cévní mozkové příhody či status epilepticus, přes diferenciální diagnostiku poruch vědomí, paměti, poruch motoriky, hybnosti a chůze až po onemocnění periferních nervů a svalů
- Neurologické vyšetření je prováděno u pacientů, u kterých je vysloveno podezření na poškození nervového systému, proto má **neurologické vyšetření nezastupitelné** místo u řady pacientů chirurgických, interních, psychiatrických i hospitalizovaných na anesteziologicko-resuscitačních klinikách (především diagnostika poruch vědomí a stanovení mozkové smrti)

Význam neurologického vyšetření

- Cílem **neurologického vyšetření prováděného neurologem** je na základě **anamnestických údajů** (cílený rozhovor s pacientem/svědkiem události: “co současným potížím” předcházelo, s čím se léčí, jaké byly okolnosti vzniku a vývoj potíží, jaký je jejich charakter etc.) a jednoduchého neurologického **vyšetření** za pomoci neurologického kladívka, baterky, vlastních smyslů lékaře a dalších pomůcek (špátle, ostrý hrot), zjistit, zda potíže pacienta mohou být způsobeny poškozením nervového systému
- Základní neurologické vyšetření slouží k **topizaci** (určení části nervového systému, jehož funkce je narušena), která v dalším kroku vede k **doplnění cílených vyšetření** (např.:
 - jednostranné oslabení horní a dolní končetiny, porucha řeči – neurologicky potvrzeno oslabení končetin (hemiparéza) a fatická porucha (pacient komolí slova, nerozumí) – CT/MR vyšetření mozku prokáže akutní cévní mozkovou příhodu
 - anamnéza poruchy vědomí a křečí – provedení elektroencefalografického vyšetření (EEG), které pomůže odhalit epileptickou aktivitu či jinou abnormitu EEG
 - anamnéza zhoršení hybnosti, klidový třes na horní končetině, zhoršení stability a sklon k pádům – neurologické vyšetření pomůže odhalit příznaky typické pro onemocnění z okruhu Parkinsonovy nemoci

Video – příznaky cévní mozkové příhody

Projekt HOBIT

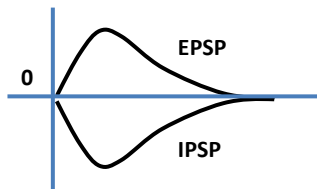
Následující schéma shrnuje:

základní stavbu neuronu, vznik a šíření akčního potenciálu na myelinizovaném a nemyelinizovaném axonu a děje probíhající na synapsích
(chemické a elektrické)

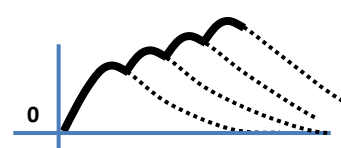
DENDRITY:

Dendrity vedou vzruch centripetálně (k tělu neuronu), slouží jako „antény“ neuronu. Typicky jsou napojeny na axony dalších nervových buněk – ke spojení dochází v místě tzv. „**dendritických trnů**“ (viz obrázek po textem).

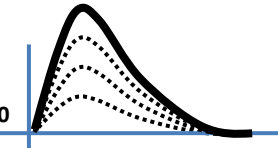
Odpověď membrány dendritu má charakter **místní odpovědi membránového napětí** – může se jednat o **inhibiční** (vtok Cl^- , výtok K^+) nebo **excitační** (vtok Na^+) **postsynaptický potenciál** (EPSP nebo IPSP). Tento potenciál je přímo úměrný intenzitě podnětu a šíří se po membráně s úbytkem/dekrementem (viz výše).



ČASOVÁ SUMACE EPSP (VYSOKÁ FREKVENCE PŘÍCHOZÍCH STIMULŮ)



PROSTOROVÁ SUMACE EPSP (V JEDEN ČAS VÍCE STIMULŮ Z RŮZNÝCH MÍST)



SPOJ AXON – DENDRITICKÝ TRN



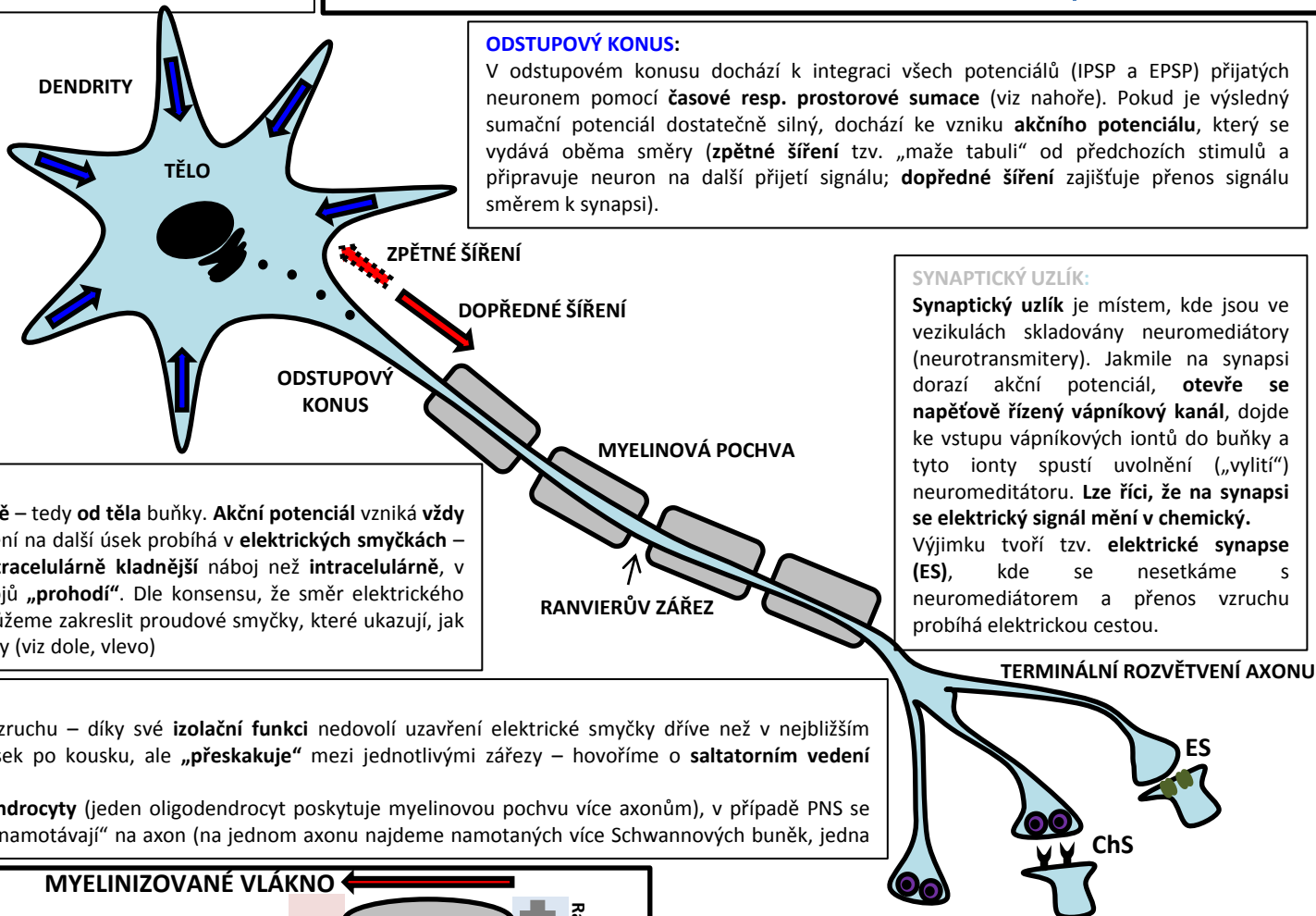
PERIKARYON (TĚLO BUŇKY):

V těle nervové buňky dochází k **syntéze neuromediátorů**.

Neuromediátory jsou uvolněny z proteosyntetického aparátu buňky a pomocí **axoplazmatického transportu** jsou přemístěny do nervového zakončení, kde jsou uskladněny ve vezikulách a jsou připraveny k vyhlí do synaptické štěrbině.

AXON:

Axon vede vzniklý akční potenciál **centrifugálně** – tedy **od těla buňky**. Akční potenciál vzniká **vždy jen na malém úseku membrány** a jeho rozšíření na další úsek probíhá v **elektrických smyčkách** – tzn. **klidově polarizovaná** membrána má **extracelulárně kladnější** náboj než **intracelulárně**, v případě akčního potenciálu se rozložení nábojů „**prohodí**“. Dle konsensu, že směr elektrického proudu je **od kladného pólu k zápornému**, můžeme zakreslit proudové smyčky, které ukazují, jak dochází k polarizaci vedlejšího úseku membrány (viz dole, vlevo)



ODSTUPOVÝ KONUS:

V odstupovém konusu dochází k integraci všech potenciálů (IPSP a EPSP) přijatých neuronem pomocí **časové resp. prostorové sumace** (viz nahoře). Pokud je výsledný sumační potenciál dostatečně silný, dochází ke vzniku **akčního potenciálu**, který se vydává oběma směry (**zpětné šíření** tzv. „maže tabuli“ od předchozích stimulů a připravuje neuron na další přijetí signálu; **dopředné šíření** zajišťuje přenos signálu směrem k synapsi).

SYNAPTICKÝ UZLÍK:

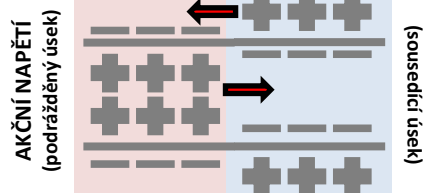
Synaptický uzlík je místem, kde jsou ve vezikulách skladovány neuromediátory (neurotransmitery). Jakmile na synapsi dorazí akční potenciál, **otevře se napěťově řízený vápníkový kanál**, dojde ke vstupu vápníkových iontů do buňky a tyto ionty spustí uvolnění („vyhlí“) neuromediátoru. **Lze říci, že na synapsi se elektrický signál mění v chemický**. Výjimku tvoří tzv. **elektrické synapse (ES)**, kde se nesetkáme s neuromediátorem a přenos vzruchu probíhá elektrickou cestou.

MYELINOVÁ POCHVA, RANVIEROVY ZÁŘEZY:

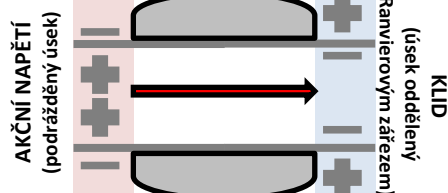
Myelinová pochva axonu urychluje vedení vzruchu – díky své **izolační funkci** nedovolí uzavření elektrické smyčky dříve než v nejbližším Ranvierově zářezu. **Vzruch** se tak nešíří kousek po kousku, ale „**přeskakuje**“ mezi jednotlivými zářezy – hovoříme o **saltatorním vedení vzruchu**.

Myelinový obal v CNS je produkován **oligodendrocyty** (jeden oligodendrocyt poskytuje myelinovou pochvu více axonům), v případě PNS se jedná o **Schwannovy buňky**, které se jakoby „**namotávají**“ na axon (na jednom axonu najdeme namotaných více Schwannových buněk, jedna Schwannova buňka obaluje pouze jeden axon)

NEMYELINIZOVANÉ VLÁKNO



MYELINIZOVANÉ VLÁKNO

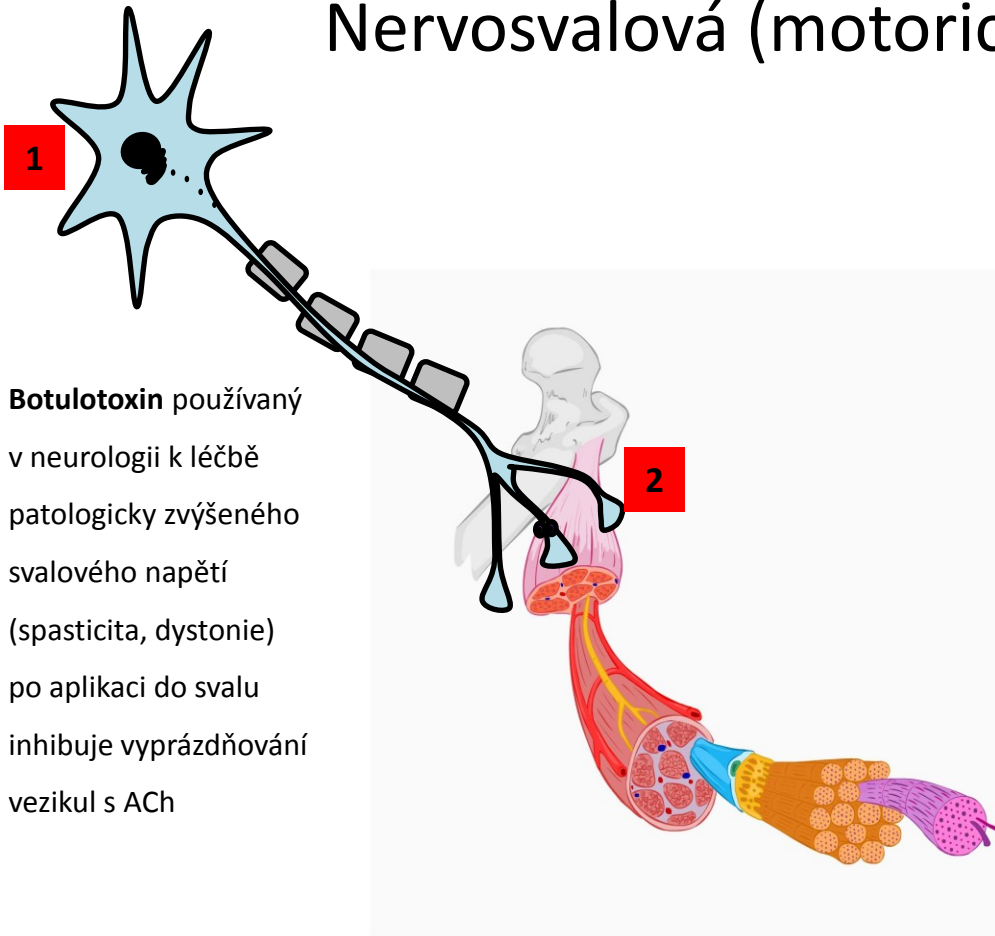


SYNAPTICKÁ ŠTĚRBINA:

Nachází se mezi presynaptickou buňkou a postsynaptickou buňkou. V případě **chemické synapse (ChS)** je většinou širší (20-40 nm) a na postsynaptické buňce najdeme receptory pro neuromediátor/y. V případě **elektrické synapse (ES)** je štěrbinu užší (2 nm) a na postsynaptické buňce se nacházejí napěťově řízené kanály.

Následující schéma zobrazuje
nervosvalovou (motorickou) ploténku

Nervosvalová (motorická) ploténka



Botulotoxin používaný v neurologii k léčbě patologicky zvýšeného svalového napětí (spasticita, dystonie) po aplikaci do svalu inhibuje vyprázdňování vezikul s ACh

K vybavení akčního potenciálu na svalovém vlákně je nutné uvolnění asi **100 vezikul** s ACh a otevření cca **200 000 iontových kanálů**

- **1** Spojení alfa-motoneuronu (uložen v míše) a příčně pruhovaného svalu
- **2** Uvolnění mediátoru (acetylcholin) a navázání na specifický receptor (nikotinergní iontový kanál) svalové buňky spouští kaskádu dějů vedoucích k volní svalové kontrakci
- **Neurologické onemocnění** postihující nervosvalový přenos – *myastenia gravis*

Otázky k opakování

- 1) Popiš vznik a šíření akčního potenciálu. (Slide 7)
- 2) Pojmenuj část neuronu, kterou pokrývá myelinová pochva. (Slide 7)
- 3) Vyjmenuj základní typy synapsí. (Slide 7)
- 4) Co znamenají termíny – časová a prostorová sumace membránového potenciálu? (Slide 7)
- 5) Popiš, jaký je rozdíl v šíření vzruchu na myelinizovaném a nemyelinizovaném vláknu?
(Slide 7)
- 6) Který neurotransmitter je nezbytný pro svalovou kontrakci příčně pruhovaného svalu? (Slide 9)
- 7) Jakým způsobem lze terapeuticky ovlivnit patologicky zvýšené svalové napětí? (Slide 9)