

NERVOVÁ (vzrušivá) regulace

NERVOVÁ (vzrušivá) regulace

Základní článek nervové soustavy – **nervová buňka – neuron**

Vlastnost činnosti nervové soustavy – kombinace dvou mechanismů:

- a) elektrický
- b) sekreční

Nervové systémy –

necentralizované – difúzní (sít' buněk po těle) x **centralizované**

Neuron – 1. dendrity – krátké výběžky neuronu

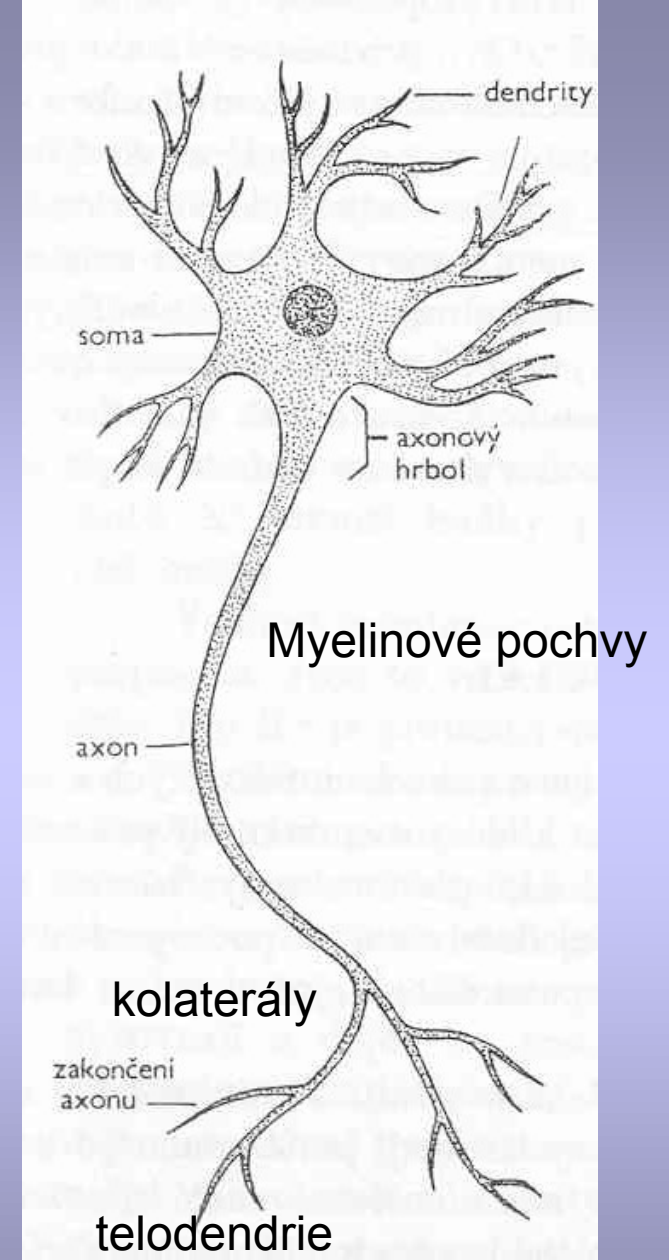
2. buněčné tělo (soma) – jádro s cytoplazmou. Na povrchové membráně (**dendrosomatická membrána**) a dendritech četná synaptická spojení s jinými neurony

3. axon – nervové vlákno – neurit – vedení vzruchu – vodivá složka, většinou jeden. Cytoplazma, buněčná membrána, často obaly **gliové (myelinové pochvy)**.

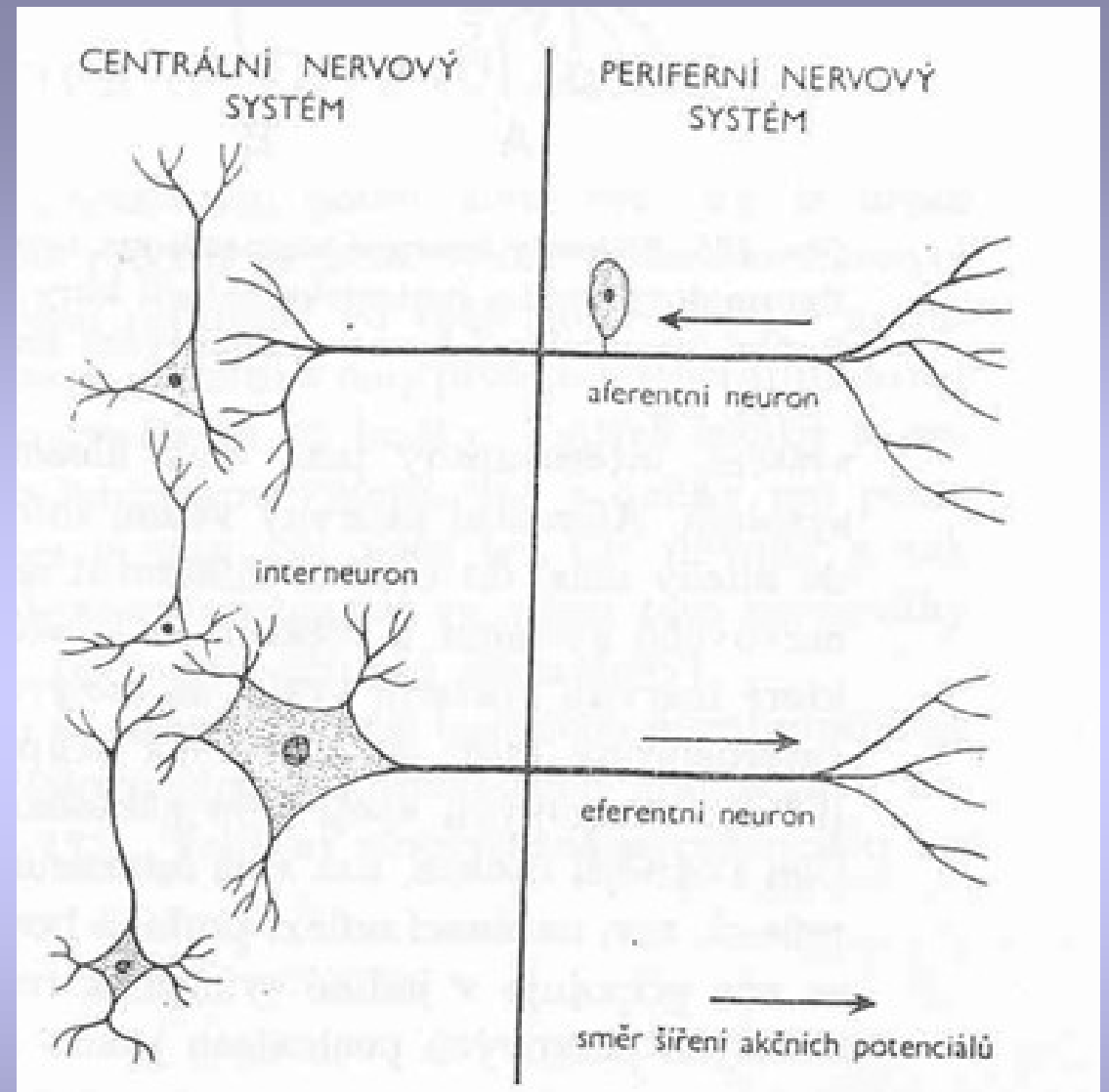
a) iniciální segment – připojení axonu k buněčnému tělu

nervová zakončení (telodendrie) – výstupní úsek, uvolňování mediátorů

c) kolaterály – boční výběžky s axonovým charakterem



Aferentní (vzestupné) neurony – informace z čidel (receptorů)
Eferentní (sestupné) neurony – z CNS k efektorům
Interneurony (asociační n.) – převážně v CNS.
Tvarová rozmanitost neuronů



Obr. 125. Základní rozdělení neuronů podle jejich funkce a polohy v nervové soustavě.

Membránový potenciál

Vlastnost většiny buněk - uvnitř K^+ , málo Na^+ . Vlastnosti buněčných membrán – selektivní propustnost (semipermeabilní, polopropustná) – dobrá propustnost pro K^+ , Cl^- , slabá pro Na^+ , žádná pro ATP, ADP, bílkoviny, ...).

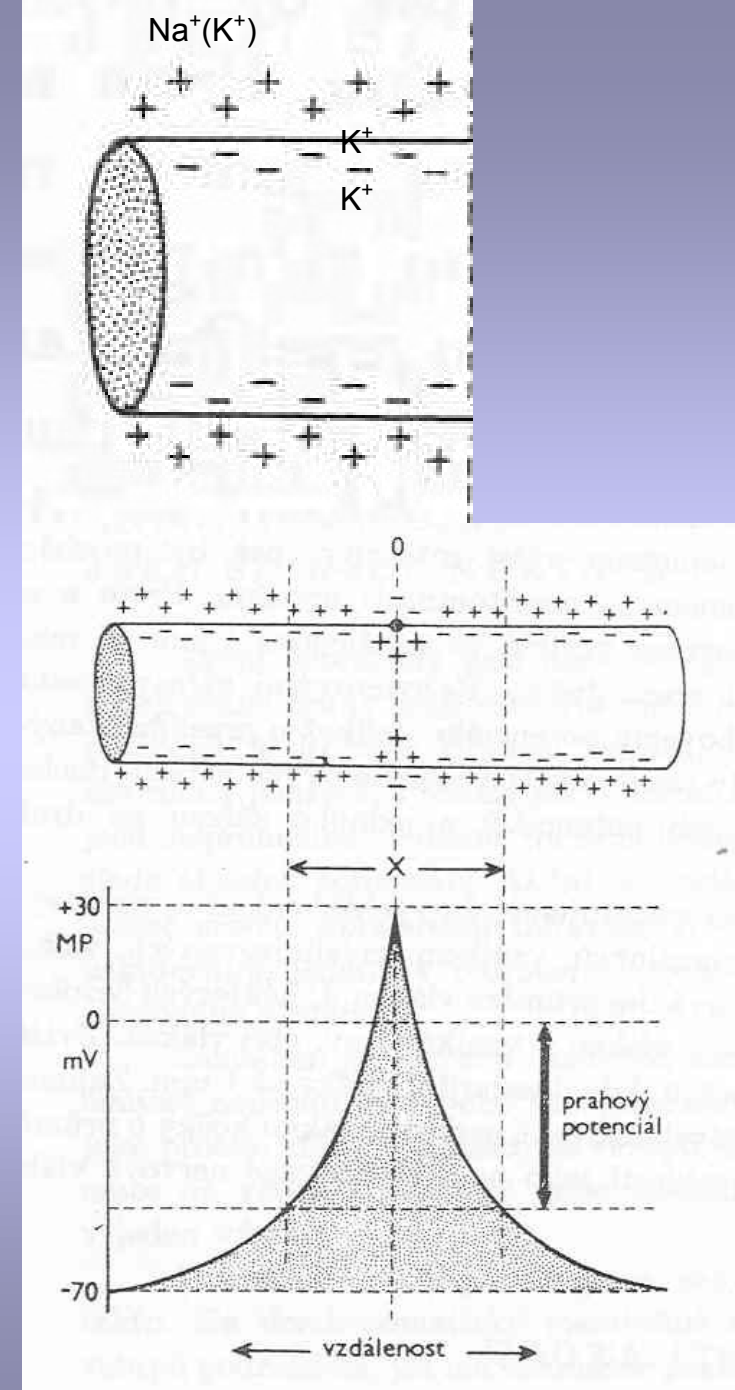
Klidový membránový potenciál

K^+ uvnitř více, podle koncentračního gradientu ven, ale žádné anionty s ním → jejich převaha na vnitřní straně membrány → elektrický potenciál – -70 mV.

Akční potenciál

- krátkodobá výrazná změna membránového potenciálu (během x milisekund z -70 mV až na +30mV)
- hrotový potenciál, hrot (spike)
- označení **vzruch (impuls)**.

Obr. 136. Změny v membránovém potenciálu šířící se pasívně od místa O, kde právě vrcholí akční potenciál. Oblast X je již pasívně depolarizována k prahovému potenciálu.



Vysvětlení:

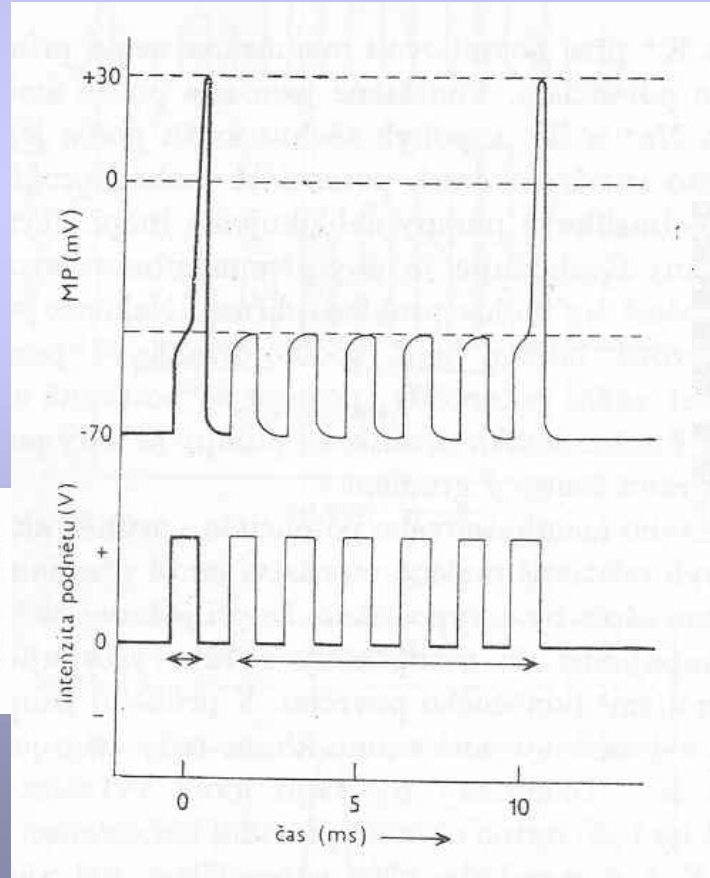
Iontová hypotéza:

1. fáze: propustnost membrán se zvyšuje pro Na^+ – tzv. **depolarizace** (1 ms)
2. fáze: změna propustnosti ve prospěch K^+ – difúze K^+ ven (**repolarizace**) – klidová hodnota (< 1 ms)

Na-K pumpa zajišťuje návrat ke koncentračnímu gradientu

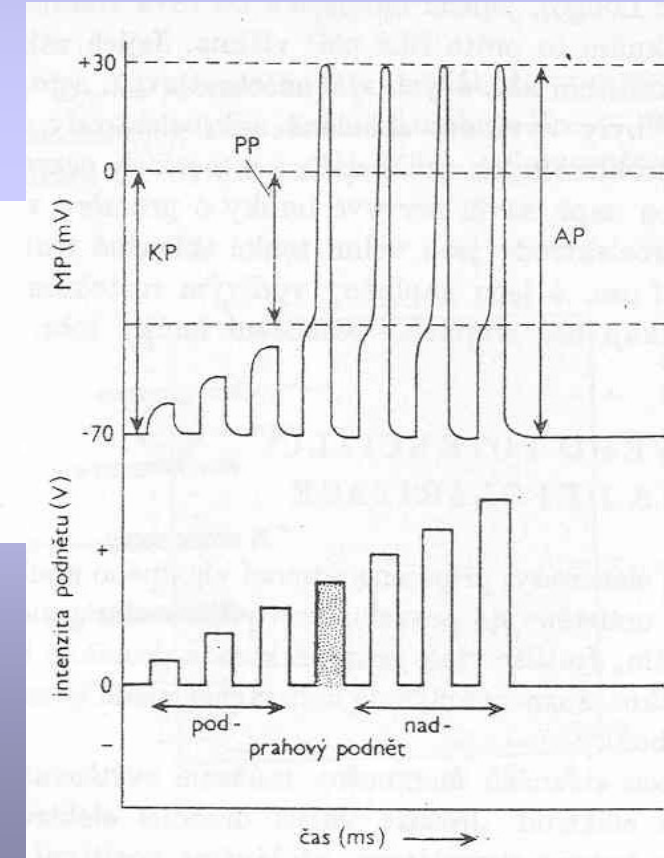
Refrakterní perioda – v ní prahový podnět nevyvolá akční potenciál (10 ms).

Akční potenciál buď vznikne v plném rozsahu, nebo vůbec ne – **zákon vše nebo nic**.



Obr. 134. Refrakterní perioda (absolutní). Když proběhne po membráně akční potenciál, je membrána necitlivá vůči dalším podnětům po několik milisekund.

Obr. 130. Snižování membránového potenciálu při stoupající intenzitě depolarizujícího podnětu. Když se dosáhne prahového potenciálu, vznikají akční potenciály. MP – membránový potenciál, KP – klidový potenciál, PP – prahový potenciál, AP – akční potenciál.



Vznik akčního potenciálu může být signálem, který se **dál šíří** po nervovém nebo svalovém vlákně.

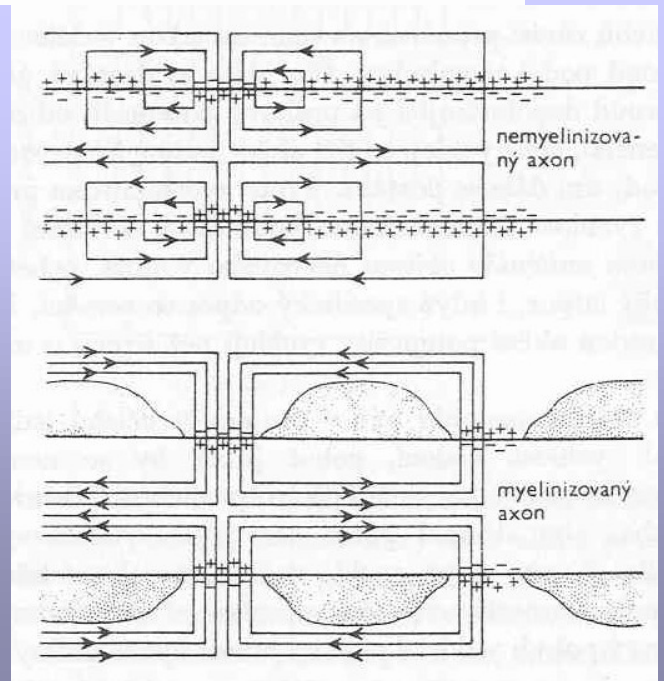
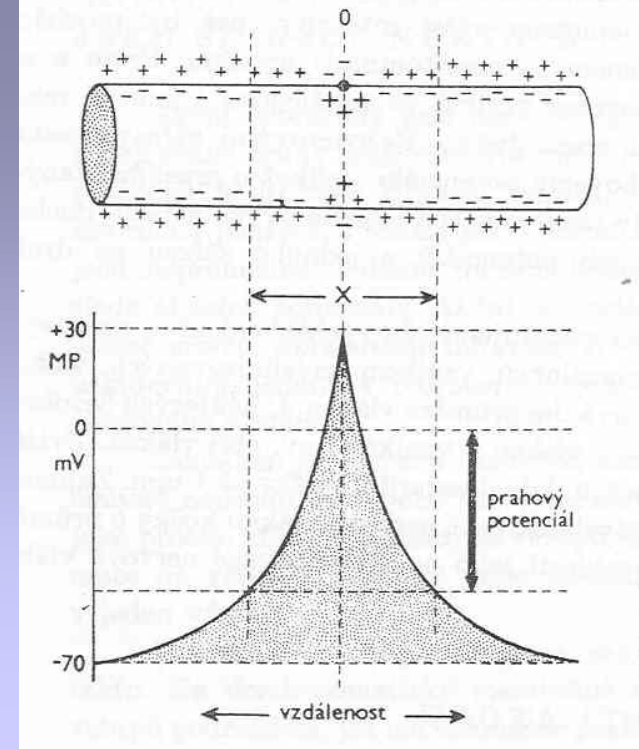
Dva aspekty:

1. pohyb iontů napříč membránou

2. pohyb iontů podél membrány

Změny v potenciálu **napříč** membránou způsobují depolarizaci sousedních úseků membrány až k prahové hodnotě. Depolarizace sousedních úseků je zapříčiněna tokem iontů **podél** membrány. Při prahových podnětech mají sousední úseky membrány opačný náboj oproti místu s vrcholem akčního potenciálu a nastává největší tok iontů podél membrány (největší rozdíl potenciálů). Pohyb +kationtů způsobuje snížení polarity membrány v sousedních místech. Když je snížení polarity rovno prahovým hodnotám potenciálu, začne depolarizovaná membrána vytvářet svůj vlastní akční potenciál a děj se opakuje v dalších úsecích.

Obr. 138. Tok iontového proudu v průběhu akčního potenciálu v nemyelinizovaném a myelinizovaném axonu.



Myelinizace – tvorba myelinových obalů kolem axonu malého \emptyset z lipoidního myelinu (fosfolipidy).

Ranvierovy zářezy – místa přiblížení dvou myelinových obalů.

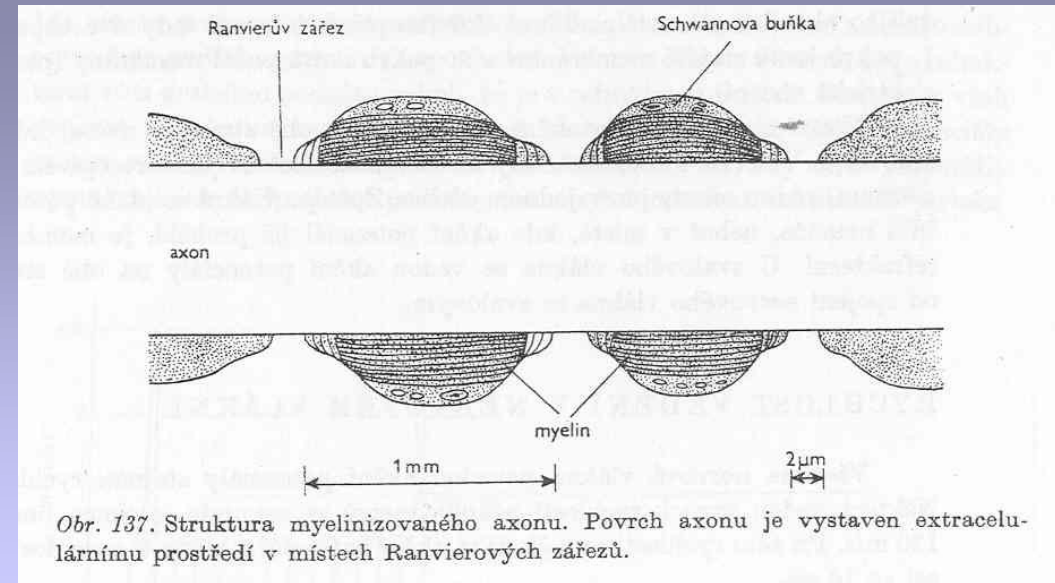
Z izolačních vlastností myelinu → pohyb iontů přes membránu pouze v oblasti Ranvierova zářezu.

Šíření **saltatorní** – **skokem** (obratlovci - zrychlení šíření až na 120 m/s).

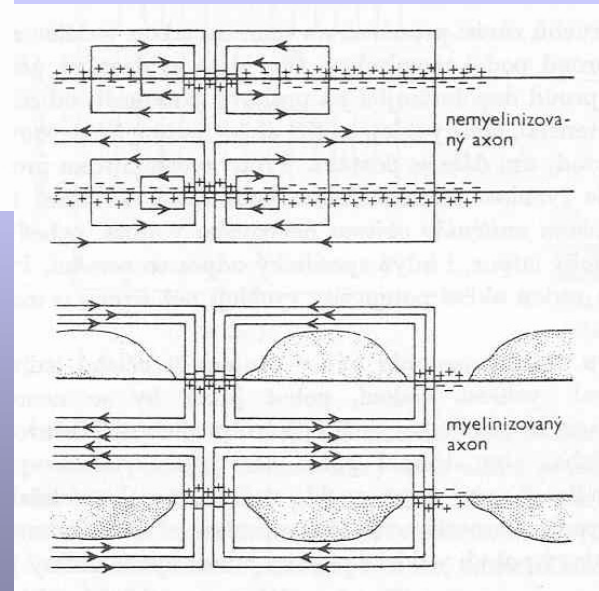
Akční potenciály – nervové signály.

Přenos různých druhů informací. Akční potenciál

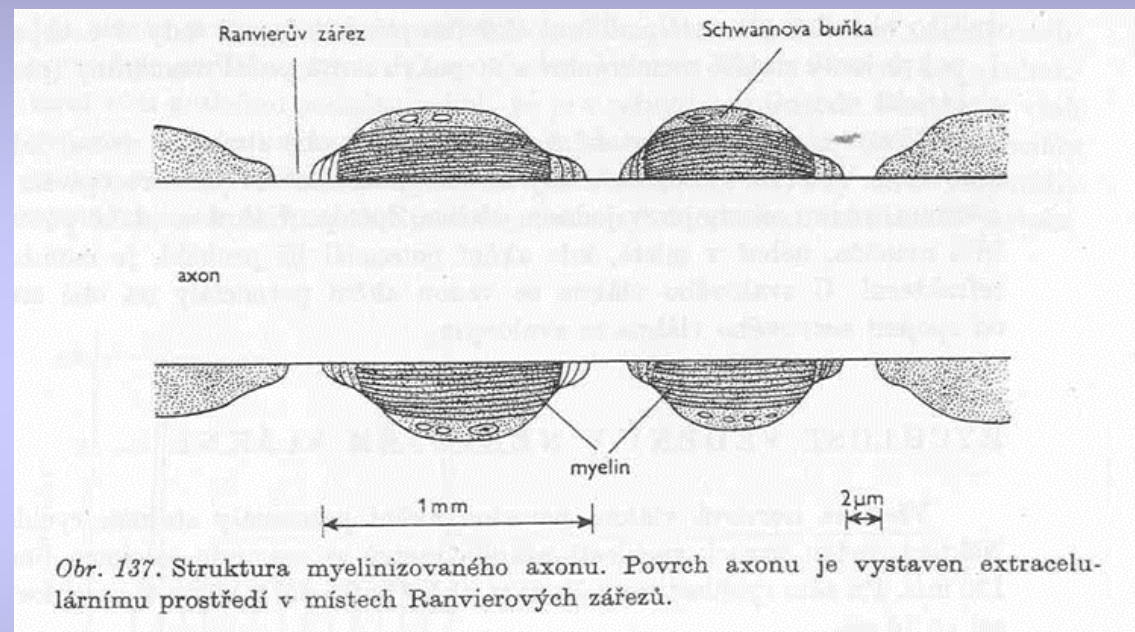
– jediný neměnný signál jediná forma kódování: časové uspořádání ve sledu akčních potenciálů = **časové vzorce**.



Obr. 138. Tok iontového proudu v průběhu akčního potenciálu v nemyelinizovaném a myelinizovaném axonu.



Nervové vlákno může vést akční potenciál na obě strany, ale axony jen v jednom směru (stimulace v recepčním poli). Zpět nelze kvůli refrakterní periodě. Svalové vlákno – šíření na obě strany (od spoje s nervovým vláknem). Rychlost šíření závisí na primární vzdálenosti šíření (průniku) depolarizovaného proudu. Zvětšení toku proudu se dosahuje zmenšením odporu = zvětšení vnitřního objemu vlákna. Rychlost vedení několik m/s (3 – 5).



Synapse (přenosové spojení dvou neuronů):
presynaptická zakončení,
synaptická štěrбина (20 nm)
subsynaptická membrána

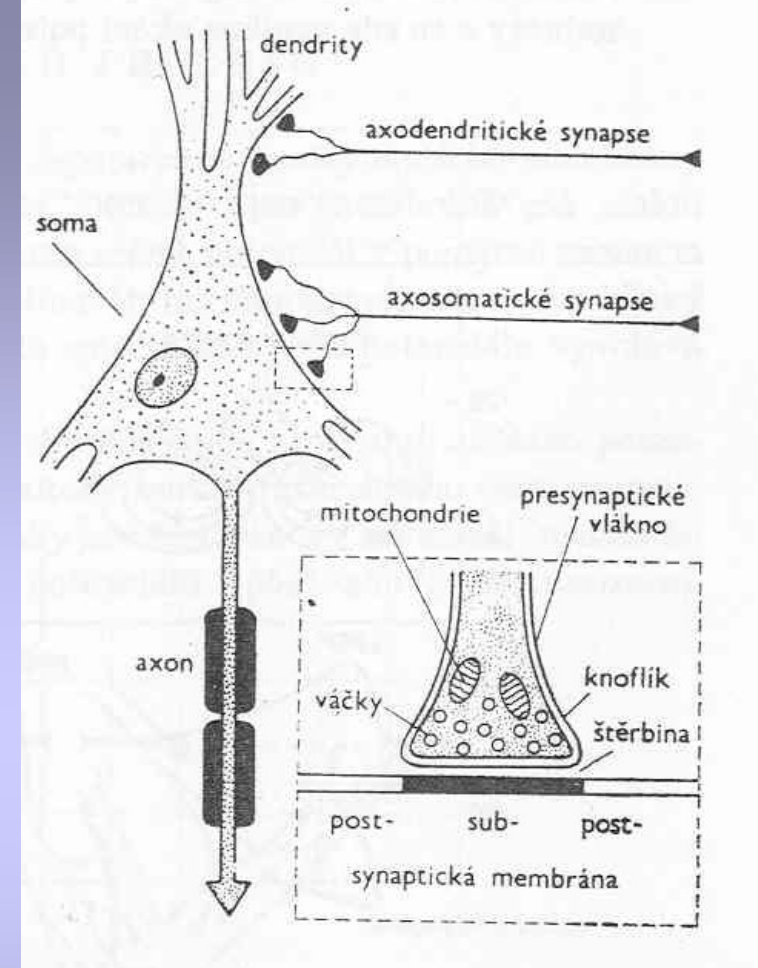
Neuron vedoucí akční potenciál k synapsi –
presynaptický (na konci se zduřeninou, **knoflíkem**),
od synapse – **postsynaptický**.
Membrána pod knoflíkem: **subsynaptická**,
vedle: **postsynaptická**.

Signál se přenáší pomocí **přenašeče**, **mediátoru** (chemické látky)
z váček v knoflíku – váže se na reaktivní místa na subsynaptické
membráně – vzbudí nový elektrický signál. Subsynaptická aktivita
je ukončena

- chemickou přeměnou mediátoru na neúčinnou látku
- uvolněním přenašeče z reaktivních míst
- zpětnou reabsorpcí synaptickým knoflíkem

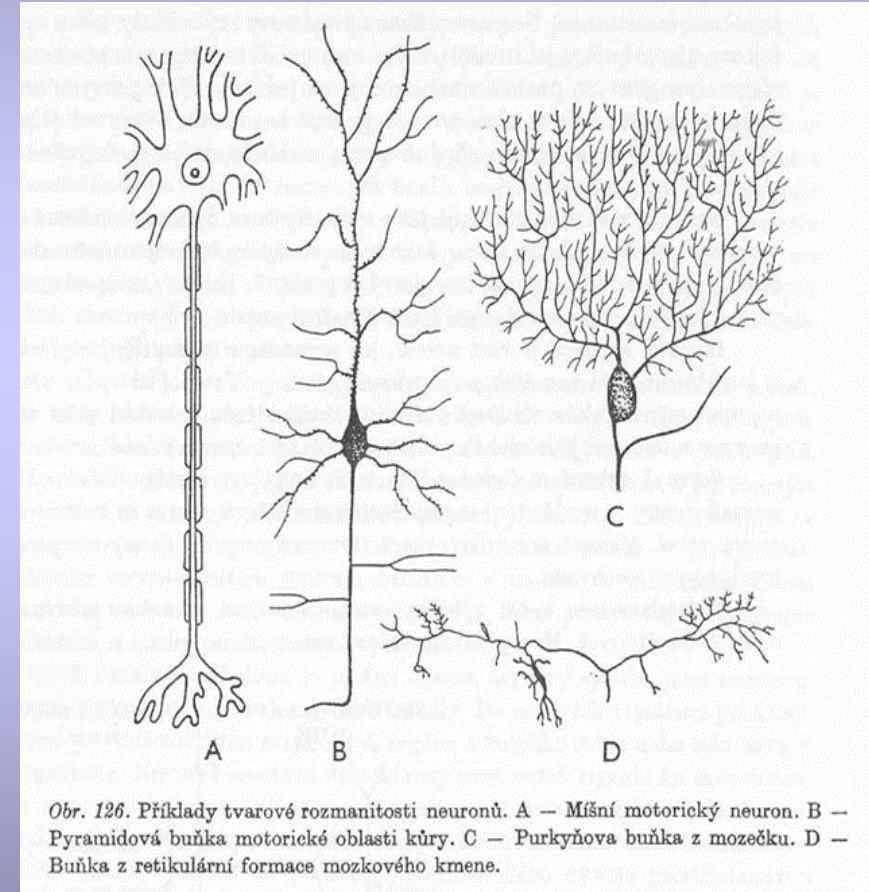
Podle účinku na postsynaptické neurony:

- synapse **budivé** (excitační) – zvyšují pravděpodobnost dosažení prahové hodnoty membránového potenciálu
- s. **tlumivé** (inhibiční) – snižují pravděpodobnost vzniku akčního potenciálu



Obr. 139. Synapse. Zakončení axonu na dendritech (axodendritické synapse), zakončení na těle neuronu (axosomatické synapse). V zarámované části detailnější obraz synapse s rozlišením membrány postsynaptického neuronu v membránu subsynaptickou a postsynaptickou.

Depolarizace postsynaptické membrány nevyvolává vznik akčního potenciálu (malá elektrická dráždivost). Aktivace jedné synapse obvykle nevede ke vzniku akčního potenciálu. Proto nutné kombinované účinky mnoha synapsí (2 000 – 200 000). Axon vytváří s neuronem větší počet synaptických vstupů (2, u P.b. 250). Axonů k neuronu jde několik set. Aktivace více excitačních synapsí = sčítání postsynaptických potenciálů a zvyšování depolarizace: **sumace**:
sum. prostorová – současná aktivita více synaptických spojů téhož neuronu.
sum. časová – opakovaná stimulace téže synapse.
Zvyšování účinnosti nervového přenosu – **facilitace**.



Přenašeče (mediátory, neurotransmitery) – několik typů

1. **Acetylcholin** - blokace: eserin (fyzostigmin) a další nervové jedy - OrganoFosfáty.

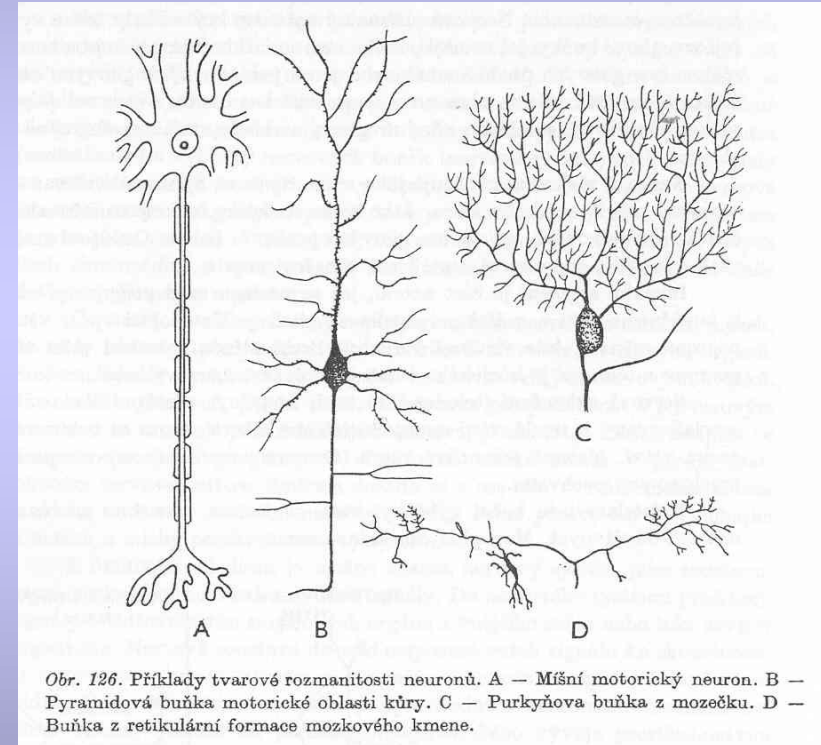
2. **Monoaminy** –

a) *Katecholaminy* – dopamin, noradrenalin a adrenalin.

b) *Indolalkylaminy* – nejdůležitější serotonin

3. **Aminokyseliny** – budivý glutamát, tlumivá kyselina γ -aminomáselná (GABA) a glycin.

Ovlivnění: strychnin – blok glycinových receptorů, pikrotoxin receptorů GABA. Tetanotoxin blokuje uvolňování inhibičního přenašeče.



Kromě chemického přenosu ještě **elektrická cesta**.

Místa dotyku axonů – **septa** (transversální) s přenosem elektrickou cestou. Rychlé (s mediátorem 0,3 ms, elektrická synapse – 0,05 ms).

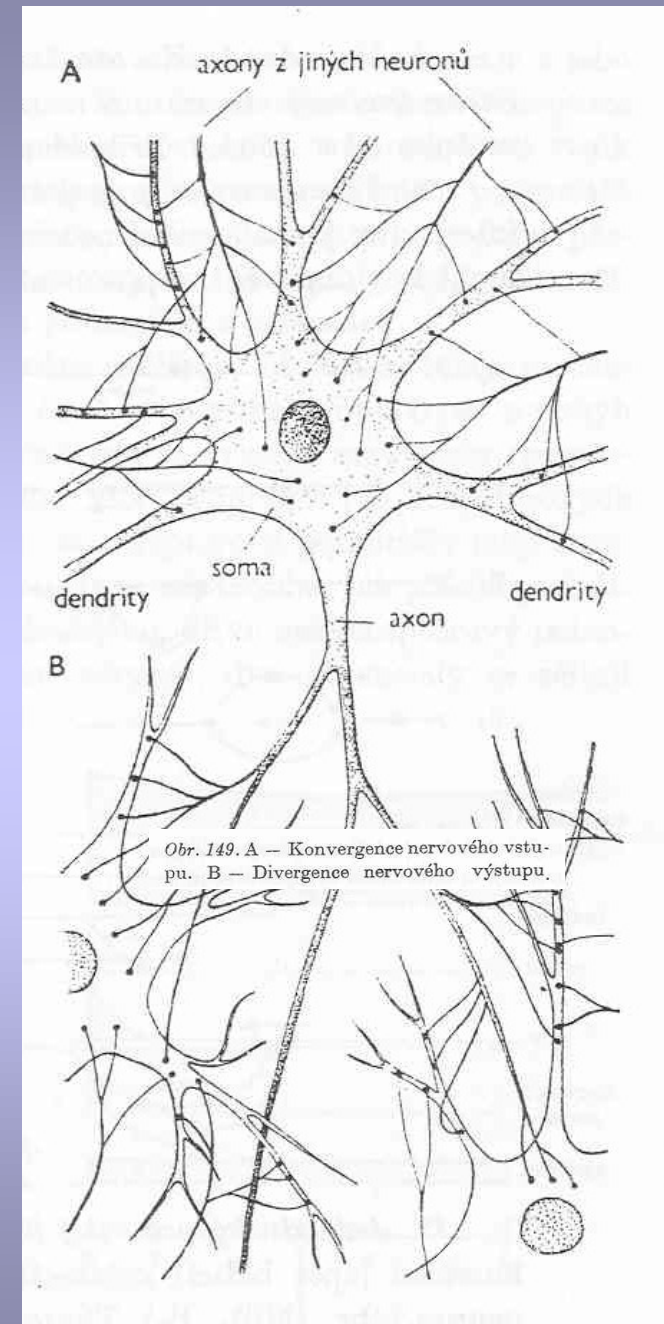
Jiná stavba – zvětšení povrchu synapse.

Spoje "**gap junction**" – vzdálenost mezi buňkami 2 nm, kontakty: splývání cytoplazmy v kanálcích vedle sebe.

Spojení mezi neurony.

Spoje "**tight junction**" – v místě kontaktu splynou povrchové membrány, vnitřní vrstvy zůstávají samostatné.

V CNS mnohonásobné propojení neuronů: připojení nervových zakončení stovek až tisíců dalších (**konvergence – sbíhavost**), naopak z axonu zakončení ke stovkám až tisícovkám jiných (**divergence – rozbíhavost**) (25 000 i více). **Konvergence** zajišťuje impulsy z mnoha dalších, **divergence** naopak vyvolává aktivitu v mnoha dalších.



Spojení neuronů do **nervových obvodů** (otevřené x uzavřené).

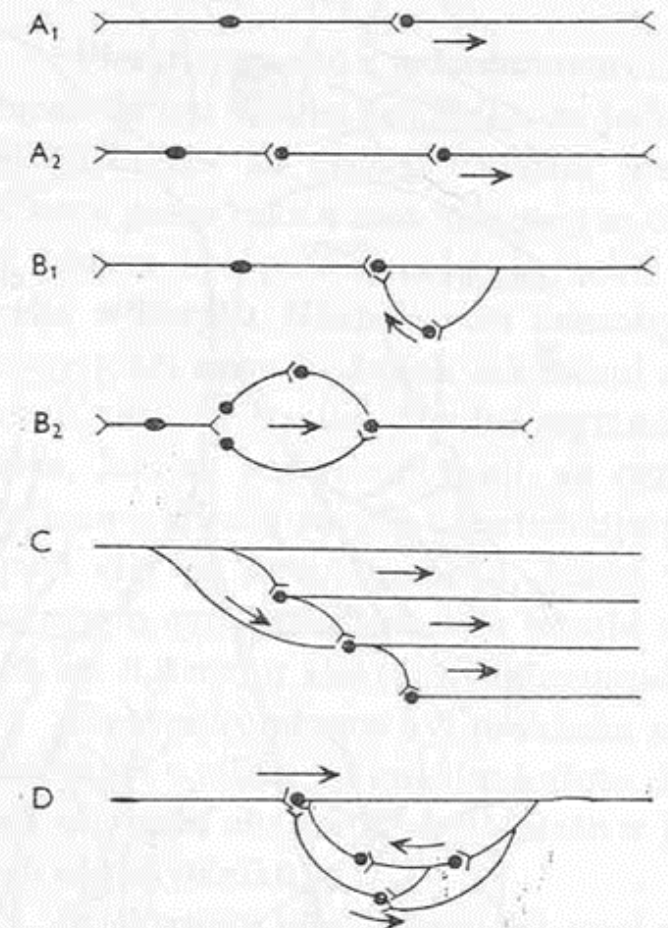
Otevřené: sled neuronů, kde žádný není prostřednictvím axonu spojen s předchozím.

Uzavřené: je zpětné spojení s předcházejícími neurony.

Zpětná vazba - část výstupních signálů se vrací zpět pro ovlivňování a regulování další činnosti systému.

Negativní zpětná vazba - obrácený směr než počáteční aktivita.

Obr. 150. Schematické znázornění některých neuronových obvodů. Šipky vyznačují směr šíření vzruchů. A₁ - Jednoduchý otevřený obvod s jedním aferentním a eferentním neuronem (monosynaptický). A₂ - Stejný obvod, avšak s interneuronem (dvě synapse). B_{1,2} - Uzavřené obvody. C - Otevřený více-neuronový řetězec. D - Uzavřený více-neuronový řetězec.



Příjem informací (z vnitřního i vnějšího prostředí) – **receptory** (**smyslové** nebo **aferentní nervové buňky** přeměňující energii z prostředí na změny v membránovém potenciálu).

Se zvětšující se intenzitou podnětu stoupá **depolarizace** → stupňovitá odpověď receptoru: **receptorový /generátorový/ potenciál**.

Šíří se maximálně na vzdálenost 1 mm, pak se převádí na akční potenciály.

Adaptace je pokles frekvence akčních potenciálů v aferentním neuronu při neměnné velikosti energie podnětu (až zastavení tvorby akčních potenciálů).

Nízká adaptace – receptory tahové (sval. vřeténka, receptory v oblouku aorty aj.), teploty, bolesti. **Rychlá adaptace** u receptorů dotyku (ohnutí vlasu – vzruchy pouze při pohybu) i taktilních (kůže bez chloupků).

Totožnost akčních potenciálů – rozlišení podnětů pomocí specifické citlivosti receptorů a specifičnosti aferentních drah. **Není úplná**, odpověď i na jiný signál (ale dosti silný).

