

Fyziologie živočichů (a člověka)

Bi2BP_FYZP

III. ročník 1/0/2 Zk

III. část – řídicí a regulační funkce

Soustavy: humorální
nervová (+ svalová, smysly)

IV. část – reprodukční funkce

B. Rychnovský

Evoluce regulací

Fylogeneze – střet dvou protichůdných tendencí: zvětšování složitosti se specializací proti upevňování jednoty a utužování vztahů mezi částmi.

Sladění – **regulační mechanismy**. Systém: senzorická x výkonná x řídicí jednotka.

Senzorická jednotka – smyslové orgány (**receptory**) – **signál** – přenos do ústředí (CNS) – dekodování, vyhodnocení – instrukce – **příkaz** – signál do výkonné oblasti (orgánu)

Biologický projev: **reflexní oblouk**

- receptorová složka (mysl. orgán reaguje na specifický podnět)
- dostředivá dráha
- centrum
- odstředivá dráha (motorické a vegetativní nervy, hormony)
- efektorová složka (výkonný orgán)

Zachycení informace a přenos od receptoru k centru – **vzruchové signály**.

Reakce typu **vše nebo nic**. V centru – porovnání.

Výsledný signál závisí na: a) změně prostředí

b) vnitřním stavu organismu

Odstředivý přenos – u mnohobuněčných:

- a) látkové mechanismy (**regulace humorální** – chemická)
- b) změny polarizace povrchové membrány (**nervová** – vzrušivá **regulace**)

ad a) Fylogeneticky nejstarší, látka (**signál**) v mezibuněčném prostředí.

Vývojově pokročilejší: účinné látky – specifické látky = hormony (**signály**).

ad b) Buňky čivé, nervové a hybné, signál (změny elektrického potenciálu) vzniká na povrchu buněk.

Rozdíly mezi typy regulací:

Humorální regulace – proces pomalý, nelokalizovatelný. Specifická citlivost cílové tkáně (ne specifická povahy hormonu). Uplatnění při adaptačních dějích.

Vzrušivá regulace – pohotová, rychlé rozvinutí, rychlé vymizení. Účinek přísně zaměřený na cílový efektor.

Společné rysy:

- přes rozdílnost mechanismu dálkového přenosu – shodnost mechanismu přenosu informace na výkonný prvek – **látkový** (hormon x mediátor).
- prostorová návaznost humorální a nervové regulace – **smíšené** regulační soustavy (**hypotalamo-hypofyzární**)

HUMORÁLNÍ (látková) regulace

Základ látkových (humorálních, hormonálních) regulací: schopnost buněk specificky reagovat na přítomnost látek z jiných buněk.

Nejnižší stupeň fylogeneze:

- regulační látky z buněk (**induktory**) působily na sousední buňky diferenciací buněk, vznik orgánů
- látky působící v místě vzniku – **tkáňové hormony** s rozvodnými soustavami
- vznik žláz s vnitřní sekrecí (endokrinní žlázy)
 - produkty: **hormony**

Hormonální regulace bezobratlých

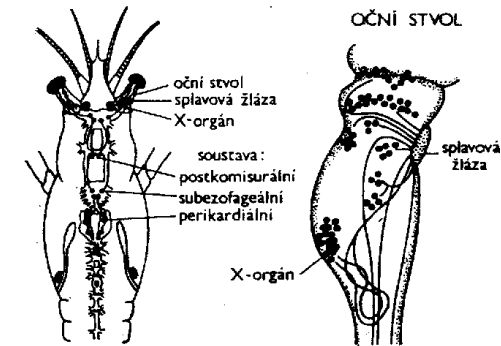
Neurohumorální charakter.

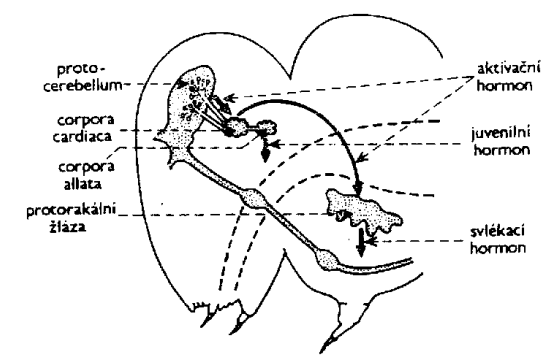
Kroužkovci: neurosekreční buňky v zadním prostomiu, odtud svazky nervů na spodinu mozku, u perikapsulární membrány naléhají na stěnu hřbetní cévy.

Korýši: 1. neurosekreční komplex očního stvolu – nejnápadnější X-orgán – hormony nervovými vlákny do **sinusové (splavové)**, do hemolymfy.

2. komplex: soustava **postkomisurální a subezofagální** – gangliové buňky z příčné komisury nervové soustavy k blízkým svalům. Hormony obou řídí barvoměnu, svlékání, pohlavní funkce, metabolismus cukrů, hospodaření vodou. I antagonisté.

Řízení srdečního tepu: 3. soustava **perikardiální** – osrdečník + blízké tělní splavy (produkují látky působící na srdeční tep)





Hmyz:

1. několik skupin neurokrinních buněk na povrchu hemisfér spojených nervovými vlákny s **kardiálními tělísky** (*corpora cardiaca*), ty párem nervů spojeny s **přilehlými tělísky** (*corpora allata*)
2. **protorakální žlázy** – nepravidelné žláznaté orgány na ventrální straně středohrudí.

Neurokrinní buňky → **aktivační** hormon (protoracikotropní PTTH) → *corpora cardiaca* – hromadění, hemolymfa → a) → b)

ad a) v protorakální žláze vznik **svlékacího** hormonu (ekdyson) (zánik u imag)

ad b) přímé působení na *c. allata* – **juvenilní** hormon (neotenin) – prodlužuje larvální vývoj, oddaluje metamorfózu. I u adultů (podmiňuje vývoj přídatných pohlavních žláz, u nutný k tvorbě vajíček).

Chemicky: aktivační hormon = polypeptid,
svlékací h. = steroid,
juvenilní h. = terpeny.

Hormonální regulace obratlovců

Dostatek pramenů, podrobnější studium v Antropologii

Žlázy s vnitřní sekrecí a jejich účinky

Endokrinní žláza	Hormony(faktory)	Cílová tkáň	Základní účinek
1. hypotalamus	CRF,TRF,FRF, LRF,PRF,PIF, GRF,GIF,MRF,MIF	adenohypofýza	regulace výdeje hormonů
2. komplex hypotalamus- neurohypofýza	ADH (vazopr.) oxytocin	ledvina uterus,mléč.žl.	zvyš. zpět. resorpce v tubulech podněc. stahy hladkého svalstva
3. adenohypofýza	ACTH	kůra nadledvin	zvýš. sekrece gluko-, mineralokortik., pohl.horm., růst buněk kůry, lepší permeabilita membrán pro cholesterol a glukózu
	TSH	štítná žláza	vyplavování tyreoid. hormonů do krve, aktivace jodid. pumpy, jodace tyrozinu, růst buněk štít. žl.
	FSH	vaječník,varle	tvorba pohl.b. u M, růst folikulů, stimulace tvorby estrogenů u F
	LH(ICSH)	" "	syntéza progesteronu a estrogenu, růst intersticiálních b.varlete, stimulace sekrece testosteronu, jeho přeměna na estrogen

Žlázy s vnitřní sekrecí a jejich účinky - pokrač.

Endokr. žláza	Hormony	Cílová tkáň	Základní účinek
3. adenohipofýza - pokrač.	LTH (LUT,PL)	mléč.žl., vaječ.	tvorba b. mléčné žl., sekrece mléka, zvýš. prod. progester. ve žl.těl.
	STH	játra (vznik somatomedin)	zvýš. přenos aminokyselin přes membr., stimul. růst většiny tkání omezuje vstup glukózy do buněk, štěpí glykogen a tuky
	MSH	melanofory	disperze melanoforů
4. štítná žláza	T3, T4	většina tkání	diferenciace tkání, růst, zvýšení metabolismu, ovlivnění metamorfózy, termoregulace ukládání Ca ²⁺
	kalcitonin	kost	
5. příštitná tělíska	paratyreoidní hormon	ledvina, kost, střevo	snižování zpětné resorpce fosfátu v tubulech, uvolňuje Ca ²⁺ z kostí, zvyšuje resorpci Ca ²⁺ ve střevě
6. kůra nadledvin	kortizol,	játra, svaly	inhibice spotřeby gluk., štěpení bílk.
	kortikosteron	ledviny, slin.a	přeměna aminokyselin na glukózu
	aldosteron	pot.žlázy,žaludek	zvýšení zpětné resorpce Na ⁺
	androgeny	většina orgánů	stimulace syntézy bílkovin
7. dřeň nadledvin	noradrenalin adrenalin	" "	stimulace rozpadu glykogenu, tuků, kalorigeneze, stah hladkých a srdečního svalů

Žlázy s vnitřní sekrecí a jejich účinky - pokrač.

Endokr. žláza	Hormony	Cílová tkáň	Základní účinek
8. pankreas			
A) buňky Langerhans.o. tkáni,	glukagon	játra, tuk.tkáň	stimulace štěpení glykogenu v játrech a tuku v tukové
B) b. Lang. ostrůvků glukogeneze, tuků, zvýš. přenosu ak do buněk, aktiv. syntézy bílk.	inzulin	játra, sval, tuková tkáň	stimul. glykogeneze z AK stimul. přenosu glukózy do b., zvýš. aktiv. enzymů inhib.štěp.
9. vaječník			
A) stěna folikulu F,zvyšuje	estrogeny (estradiol)	pohl. org. F, mléč.žl., mozek	stimuluje syntézu bílkovin a růst orgánů,vyvolává říji
B) žluté těl.	progesteron	děloha, mléč.žl.	stahy dělohy,stimuluje sekreci androgenů z nadledvin nidace vajíčka v děloze,tlumí stahy dělohy
10. placenta			
	estrogeny, progester., choriogonado-,somatomamotropin	vaječ.,mléč.žl.	vývoj zárodku,růst tkání,udržení funkce žlutého tělíska
11. varle			
A) interstic. b. B) Sertoliho b.	testosteron estrogeny	varle	stimuluje růst orgánů (i pomoc. pohlavních struktur), zraní spermií, chování M
12. epifýza			
melatonin		hypotalamus	inhib. výdej uvolňovacích faktorů

NERVOVÁ (vzrušivá) regulace

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

Vlastní činnost 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

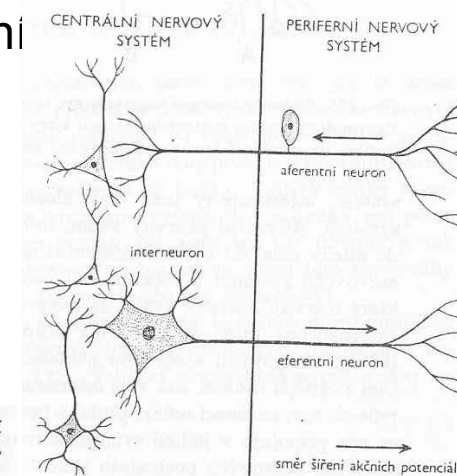
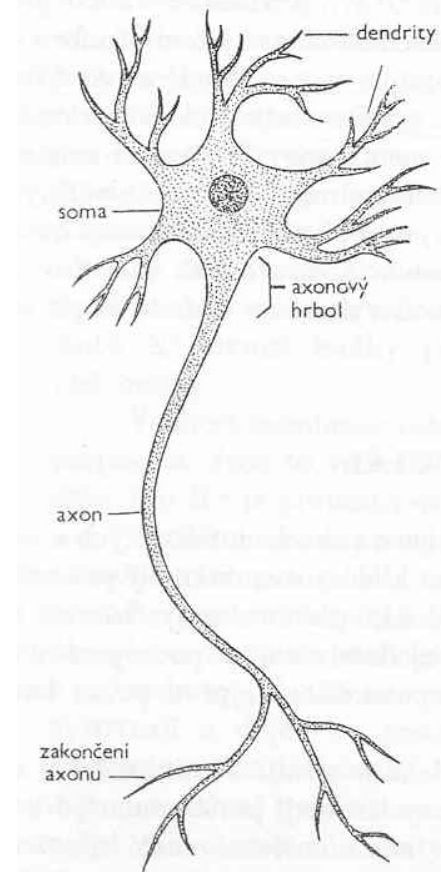
c) **kolaterály** – boční výběžky s axonovým charakterem

Aferentní (vzestupné) neurony – informace z čidel (receptorů)

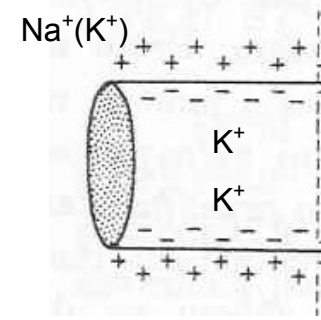
Eferentní (sestupné) neurony – z CNS k efektorům

Interneurony (asociační n.) – převážně v CNS.

Tvarová rozmanitost neuronů



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



Membránový potenciál

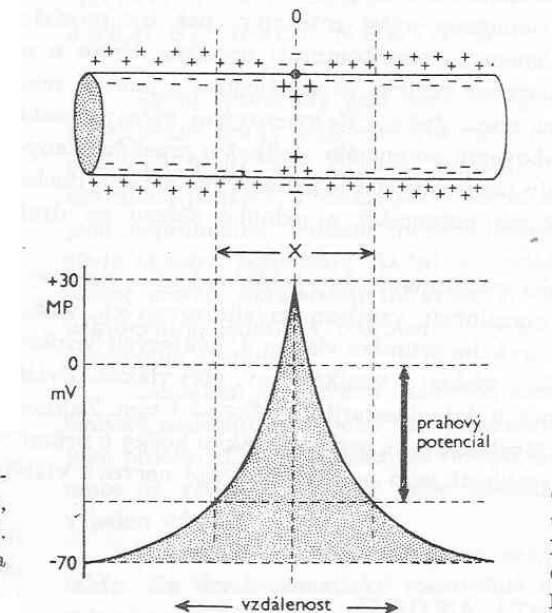
Vlastnost většiny buněk - uvnitř K^+ , málo Na^+ . Vlastnosti buněčných membrán – selektivní propustnost (semipermeabilní, polopropustná) – dobrá propustnost pro K^+ , Cl^- , slabá pro Na^+ , žádná pro ATP, ADP, bílkoviny, ...).

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:

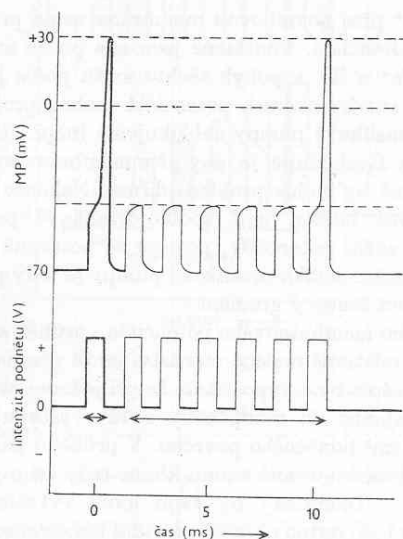
1. fáze: propustnost membrán se zvyšuje pro Na^+ – tzv. **depolarizace** (1 ms)

2. fáze: změna propustnosti ve prospěch K^+ – difúze K^+ ven (**repolarizace**) –
klidová hodnota (< 1 ms)

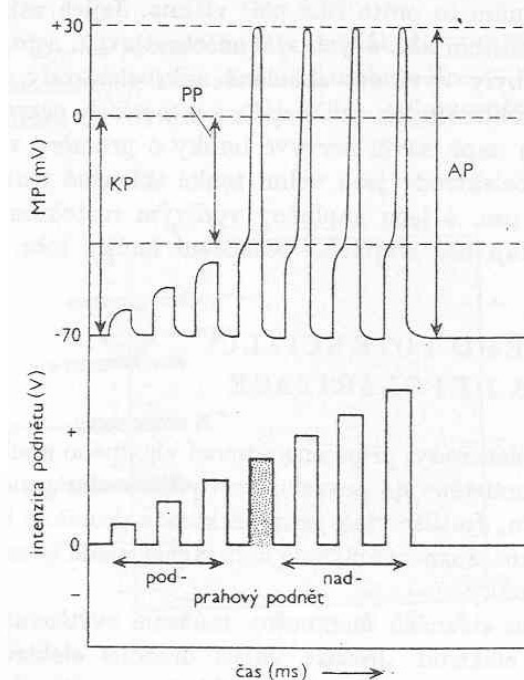
Na-K pumpa zajišťuje návrat ke koncentračnímu gradientu

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

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



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



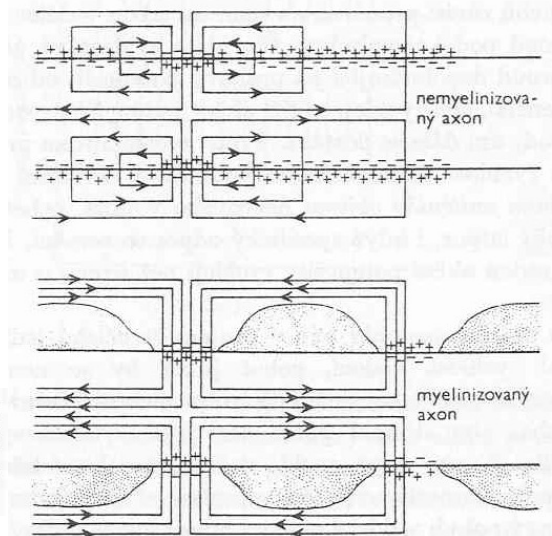
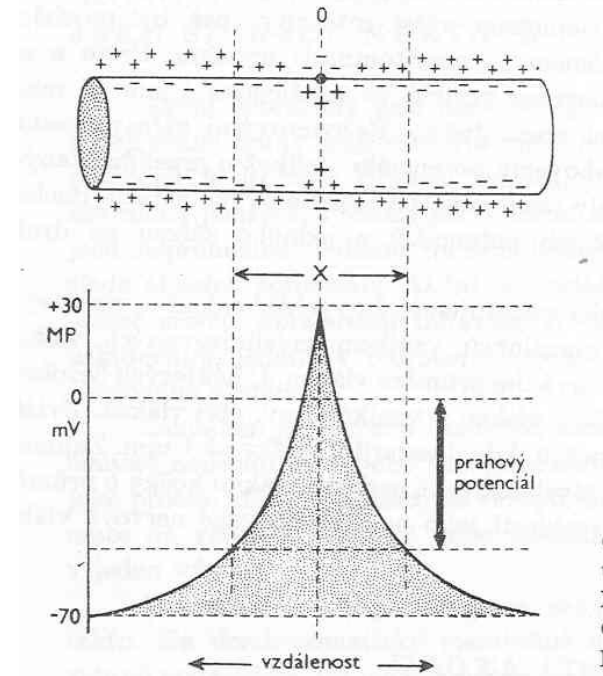
Obr. 130. Snižování membránového potenciálu při stoupající intenzitě depolarizujícího podnětu. Když se dosáhne prahového potenciálu, vznikají akční potenciály. MP – membránový potenciál, KP – klidový potenciál, PP – prahový potenciál, AP – akční potenciál.

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.

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).

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

Ranvierovy zářezy – místa přiblížení dvou myelinových obalů.

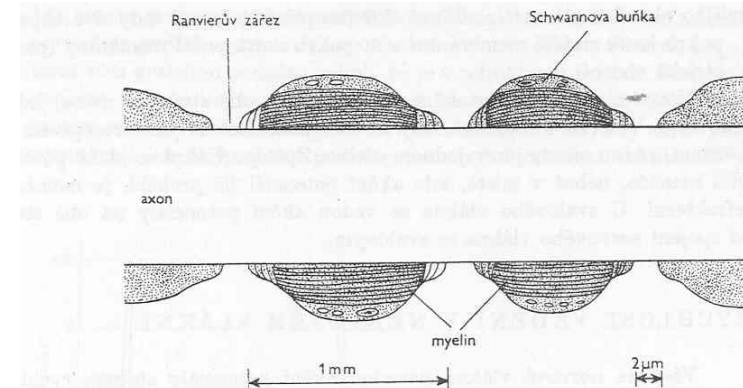
Z izolačních vlastností myelinu → pohyb iontů přes membránu pouze v oblasti Ranvierova zářezu.

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

Akční potenciály – nervové signály.

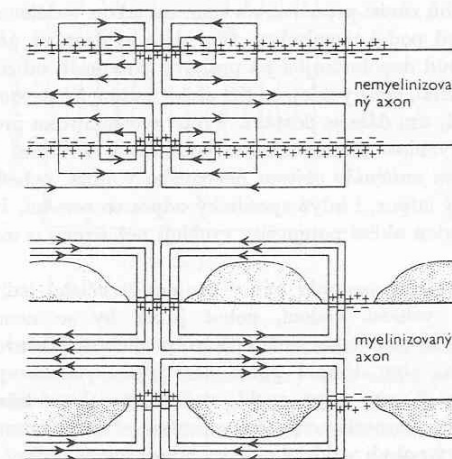
Přenos různých druhů informací. Akční potenciál

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



Obr. 137. Struktura myelinizovaného axonu. Povrch axonu je vystaven extracelulárnímu prostředí v místech Ranvierových zářezů.

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



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

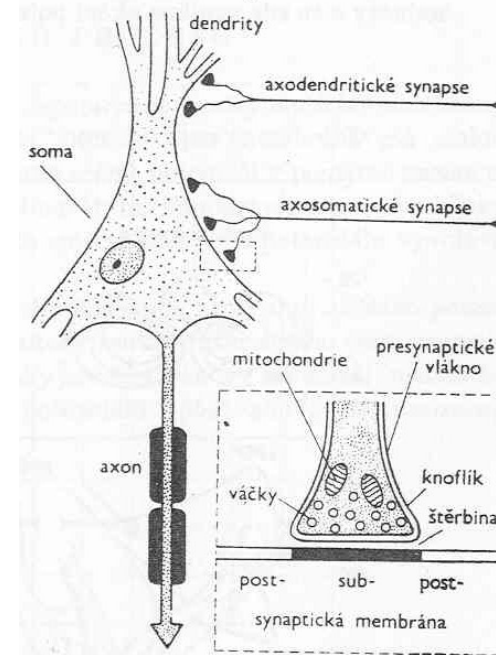
Neuron vedoucí akční potenciál k synapsi –
presynaptický (na konci se zduřeninou, **knoflíkem**),
od synapse – **postsynaptický**.
Membrána pod knoflíkem: **subsynaptická**,
vedle: **postsynaptická**.

Signál se přenáší pomocí **přenašeče**, **mediátoru** (chemické látky) z váčků 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

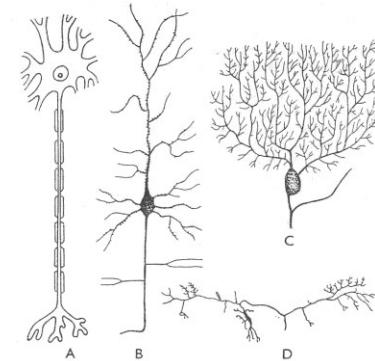
Podle účinku na postsynaptické neurony:

- 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**.



Obr. 126. Příklad tvarové rozmanitosti neuronů. A – Míšní motorický neuron. B – Pyramidová buňka motorické oblasti kůry. C – Purkyňova buňka z mozečku. D – Buňka z retikulární formace mozkového kmene.

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.

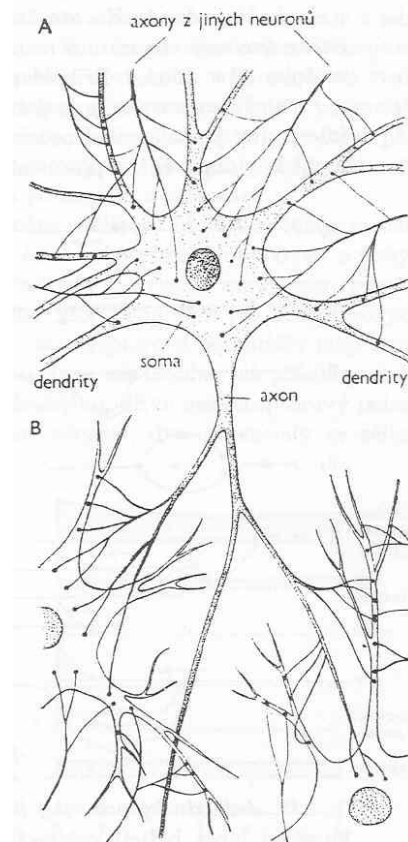
Spojení neuronů do **nervových obvodů** (otevřené x uzavřené).

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

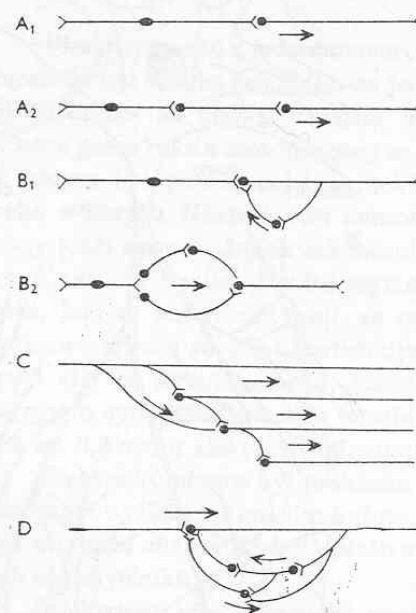
Uzavřené: je zpětné spojení s předcházejícími neurony.

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

Negativní zpětná vazba - obrácený směr než počáteční aktivita.



Obr. 149. A – Konvergence nervového vstupu. B – Divergence nervového výstupu.



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).

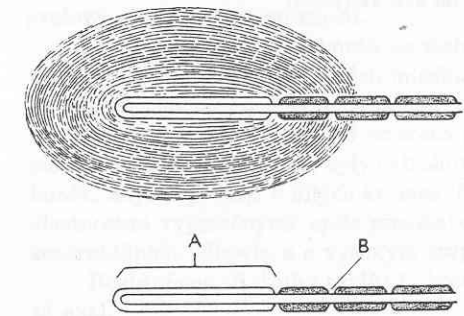
Se zvětšující se intenzitou podnětu stoupá depolarizace → stupňovitá odpověď receptoru:

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).



Obr. 152. Diagram mechanoreceptoru. Nahoře: Paciniho tělísko. Dole: Nemyelinizovaný úsek Paciniho tělísko (A) je místem vzniku receptorového potenciálu, akční potenciál vzniká v prvním zářezu myelinové pochvy (B).

