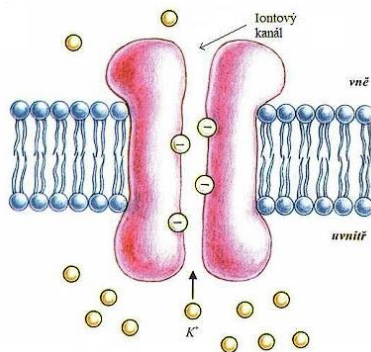


Klidový membránový potenciál

- membránový potenciál
 - rozdíl elektrického potenciálu mezi stranami membrány
 - vzniká jako důsledek působení elektrochemického gradientu iontů
- difuze



Fickův zákon difuze

$$J = \mu \cdot S \cdot (c_2 - c_1)$$

J...difuzní tok

S...plocha

$c_{1,2}$...koncentrace na stranách membrány

μ ...permeabilita – jak moc bude membrána propustná pro danou substancí

- probíhá difuze iontů ve směru koncentračního gradientu
= přesun z místa s vysokou koncentrací na místo s nízkou koncentrací
→ dojde k ustálení koncentrace tak, že bude platit $K^+_{vně} = K^+_{uvnitř}$
- difuzí roste napětí na membráně → vzniká elektrický gradient
 - el. gradient má opačný směr než koncentrační spád
- klidový membránový potenciál
 - stav, kdy dojde k vyrovnaní sil a zastavení toku iontů → ustanoví se potenciál
 - určeno Nernstovou rovnicí

$$E_x = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{[X]_{vně}}{[X]_{uvnitř}} \rightarrow E_x = \frac{61.5}{n} \ln \frac{[X]_{vně}}{[X]_{uvnitř}} \text{ [mV]}$$

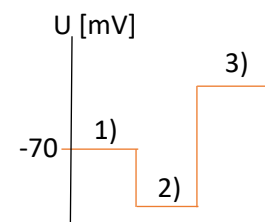
- KMP pro vybrané ionty

1)	2)	3)
$\frac{5 \text{ mM/l}}{155 \text{ mM/l}}$	$\frac{145 \text{ mM/l}}{12 \text{ mM/l}}$	$\frac{3 \text{ mM/l}}{0.0001 \text{ mM/l}}$
$E_K = -92 \text{ mV}$	$E_{Na} = 66.5 \text{ mV}$	$E_{Ca} = 138 \text{ mV}$

- Goldmanova rovnice
 - membrána v lidské těle je propustná pro celou řadu iontů – nutné využít tuto rovnici

$$E_x = \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \left(\frac{\mu_{Na^+} [Na^+]_{vně} + \mu_{K^+} [K^+]_{vně} + \mu_{Cl^-} [Cl^-]_{uvnitř}}{\mu_{Na^+} [Na^+]_{uvnitř} + \mu_{K^+} [K^+]_{uvnitř} + \mu_{Cl^-} [Cl^-]_{vně}} \right) = -70 \text{ mV}$$

- změny polarizace na membráně
 - 1) membrána je polarizovaná → -70 mV
 - 2) hyperpolarizace = membrána je více polarizovaná → klesne napětí
 - 3) depolarizace = membrána je méně polarizovaná → vzroste napětí
 → změny na membráně oproti KMP jsou podstatou přenosu a zpracování informací v nervové buňce
- KMP je neustále aktivně udržován pomocí Na^+/K^+ ATPázy



+

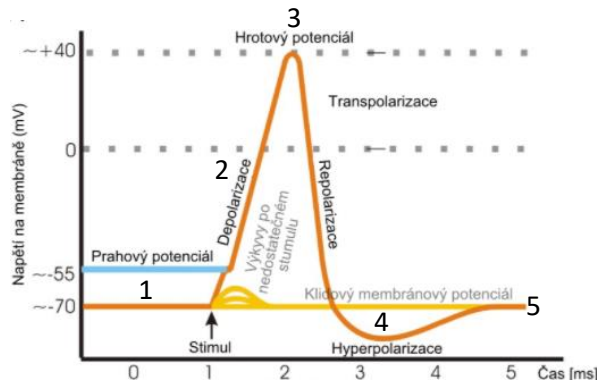
- iontové kanály
 - zprostředkovávají změny membránového potenciálu
 - základní vlastnosti
 - vedou ionty napříč membránou
 - jsou selektivní pro specifické ionty
 - otevírají se a zavírají v odpovědi na určité signály
 - dva hlavní stavy – otevřený stav = kanálem teče proud x zavřený stav
 - navíc ještě refrakterní stav – zavřený, ale nelze jej okamžitě otevřít
 - typ a množství momentálně otevřených kanálů určuje vodivost membrány
 - závislé na pst otevírání kanálů – ovládáno různými faktory

- membrána nervové buňky
 - fosfolipidová dvojvrstva – polární hlavička + nepolární ocásky
 - impermeabilní vůči iontům → prostoupení skrze iontové kanály
 - transport
 - zajišťuje regulaci membránových potenciálů
 - dělení (dle spotřeby ATP)
 - 1) pasivní
 - řízen chemickým gradientem koncentrace a membránovým potenciálem
 - udávají gradient elektrochemického potenciálu
 - = rozdílné napětí a koncentrace iontů na vnější a vnitřní straně membrány
 - probíhá samovolně – nespotřebovává ATP
 - např. prostá difuze – transport aminokyselin, proteinů...
 - 2) aktivní
 - spotřeba energie získané štěpením ATP
 - umožňuje transport i proti směru koncentračního gradientu
 - zprostředkován membránovými proteiny – iontové pumpy a přenašečové proteiny
 - např. Na^+/K^+ ATPáza

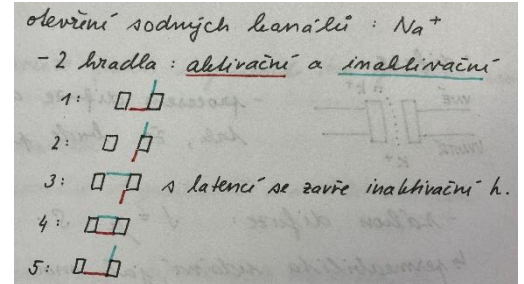
Akční potenciál

– akční potenciál

- jedná se o náhlou změnu membránového potenciálu
- trvá zhruba půl milisekundy – buňka projde několika stavy



klidový stav
depolarizace
přestřelení
repolarizace
hyperpolarizace



- šíření AP

- postup je možný pouze vpřed
 - v místě vzniku předchozího AP je membrána v absolutní refrakterní fázi
 - refrakterní perioda – všechny kanály deaktivovány → nelze hned aktivovat další AP
 - musíme počkat na aktivaci kanálů – cca -30 mV
- myelinizované axony
 - AP se šíří skokově – vznikají pouze v místě Ranvierových zářezů (zbytek axonu izolován)
 - myelin: snižuje kapacitanci membrány – neztrácím tolik proudu → AP se šíří déle

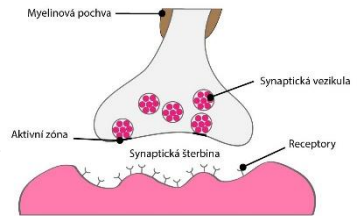
Synapse

- synapse = štěrbiny oddělující od sebe neurony

- typy synapsí

- 1) chemické

- signál je přenášen pomocí neurotransmiteru
 - složení
 - presynaptická část – neuron sekretující neurotransmiter
 - synaptická štěrbina (20-30 nm)
 - postsynaptická část – neuron s receptory
 - je zde synaptické zpoždění (1-4 ns)
 - oproti elektrickým synapsím je složitější, ale dá se modulovat a řídit – výhodné
 - umožňuje signálové zesílení, modulaci a prostorový kontext



- 2) elektrické

- cytoplazma jednotlivých neuronů je propojena prostřednictvím gap junction
 - póry mezi neurony → přímý přestup iontů
 - není zde žádné synaptické zpoždění

- procesy na synapsích

- presynaptický terminál

- velké množství napěťově řízených vápníkových kanálů
 - příchod AP (depolarizace membrány) = jejich otevření → výlev neurotransmiteru
 - koloběh neurotransmiteru
 - 1) dokování – přilepení na membránu
 - 2) primování ATP dependentní cestou – natlačení do membrány
 - 3) čekání na Ca^{2+}
 - 4) výlev
 - 5)
 - fúze s membránou – jiná část se uštípne a vznikne nový váček
 - kiss-and-go – vyleje se a hned se uštípne pryč
 - 6) recyklace
 - V-ATPáza = membránový protein, který spotřebovává ATP
 - pomocí ATP dochází k okyselení váčků (uvnitř mnohem více H^+ než venku)
 - využití gradientu H^+ na naplnění váčku neurotransmitery
 - 7) váček je znovu připraven k vylití

- synaptická štěrbina

- nutné odstranění/recyklace neurotransmiterů
 - 1) odstranění pomocí presynaptické části
 - speciální transportéry – import pomocí sodíkového gradientu
 - 2) odstranění pomocí astrocytů (gliové buňky)
 - funguje na podobném principu – transportéry

- postsynaptická část

- 1) přímý přenos – ionotropní receptor
 - naváže se neurotransmiter → dojde ke změně konformace membránového proteinu – otevření
 - 2) nepřímý přenos
 - naváže se neurotransmiter → dojde k rozdělení G-proteinu – způsobí otevření jiných kanálů
 - postsynaptické efektorové jednotky
 - a) excitační
 - ionotropní receptor typu AMPA
 - naváže se glutamát → kanál se stane okamžitě propustný pro Na^+ a K^+
 - NMDA receptor
 - naváže se glutamát → otevřou se AMPA receptory → depolarizace
 - z NMDA receptoru vypadne Mg^{2+} → kanál se stane propustný
 - pomalejší než AMPA receptory, ale silnější
 - b) inhibiční
 - GABA
 - primárně receptory spřažené s iontovým kanálem – vodivý pro Cl^-
 - glycin receptor

– změny účinnosti synapse (synaptická plasticita)

1) LTP – dlouhodobá potenciace

- zvyšování síly na synapsích a tvorba nových synapsí
- princip

1) časná fáze

- aplikujeme tetanickou stimulaci (100 Hz, 1 s)

→ velký výlev glutamátu

1. glutamát se váže na AMPA receptory → depolarizace membrány
2. depolarizace uvolní Mg^{2+} z NMDA receptorů – umožní navázání glutamátu na NMDA receptory
3. Ca^{2+} aktivuje signální kaskády (proteiny)
4. dojde k fosforylaci receptorů = zvýšení aktivity
→ vystavení více AMP receptorů
→ signalizace pro zvýšení výlevu neurotransmiteru – glutamátu

= jedno podráždění – trvalejší odpověď

2) pozdní fáze

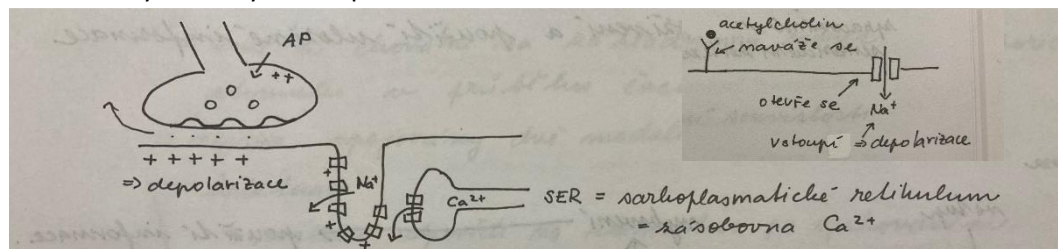
- aktivované proteiny (3.) vstupují do jádra → spouští proteosyntézu
= umožnění vzniku nových synapsí

2) LTD – dlouhodobá deprese

- snížení účinnosti synaptického přenosu
- princip
 - aplikujeme slabší stimulaci (1-10 Hz, 10 min)
→ opět dochází k aktivaci NMDA receptorů a propuštění Ca^{2+}
 - aktivace defosforylujících enzymů (fosfatázy)
 - aktivované fosfatázy snižují citlivost glutamátových receptorů
→ redukce postsynaptické odpovědi na neurotransmitter

Neuropřenašeče

- obecně
 - zprostředkovávají chemickou komunikaci mezi neuronem a další buňkou
- neurotransmitery
 - hrají hlavní roli v rychlém přenosu
 - často navázané na iontové kanály
 - o glutamát
 - hlavní excitační neurotransmitter mozku – výrazně se podílí na zpracování informací v CNS
 - jedná se o transportéry, které vychytávají zpátky do presynaptického neuronu
 - hlavní receptory
 - AMPA – iontový kanál, velmi rychlé
 - NMDA – pomalejší, potřebuje AMPA, propustný navíc pro Ca^{2+}
 - o GABA (kyselina gama-aminomáselná)
 - hlavní inhibiční neurotransmitter v mozku (inhibice = snížení aktivity enzymů)
 - > regulace excitability neuronu, regulace signál/šum, regulace svalového tonu, aktivace plasticity, koordinace neuronální aktivity
 - o glycin
 - hlavní inhibiční neurotransmitter v míše
 - o acetylcholin
 - uplatnění v paměti a orientované pozornosti – modulace a konsolidace
 - př. neurosvalová ploténka (acetylcholin – mediátor)
 - chemická synapse – přenáší informaci z motorického neuronu na sval
 - AP -> depolarizace -> otevření napětově řízených kanálů -> uvolnění acetylcholinu
 - nutná rychlá recyklace – pokud se neodbourává dochází k trvalé kontrakci



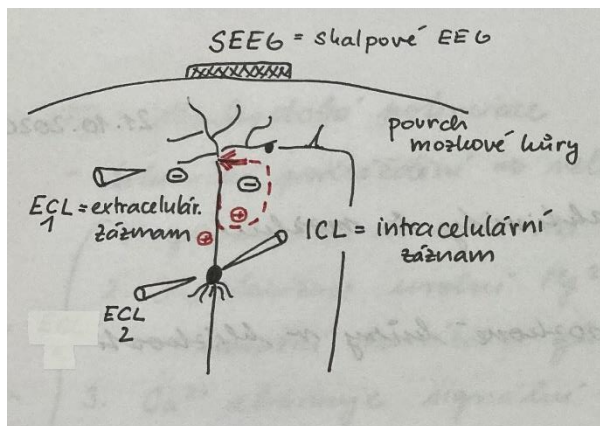
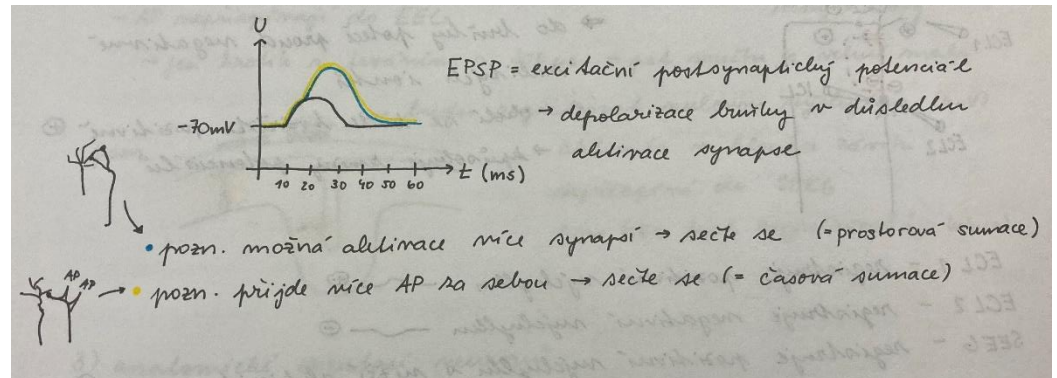
- neuromodulátory
 - spíše modulují excitabilitu neuronů
 - o dopamin
 - důležitý v celém mozku – výlev dopaminu signalizuje, že chování vede k odměně
 - > pracovní paměť, orientovaná pozornost, regulace motorických funkcí, motivace, slast
 - degenerace -> Parkinsonova nemoc, schizofrenie, závislost, ADHD
 - o noradrenalin
 - umožňuje krátkodobou zvýšenou aktivitu
 - > regulace bdělosti, kognitivních procesů, modulace bolestivých vjemů...
 - o serotonin
 - působí na receptory mnoha tříd
 - > modulace nálad, agrese, spánku, sexuality, bolestivých vjemů...

Reflex

- reflex = základní funkční jednotka motoriky – odpověď organismu na podnět
- reflexní oblouk
 - jedná se o základní uspořádání míšního reflexu
 - části
 - 1) receptor (volná nervová zakončení, Golgiho tělíska...) – zaznamená stimul
 - 2) aferentní dráha (senzorický neuron) – vede signál do míšního reflexního centra
 - 3) reflexní centrum – vyhodnocení, přepojení s alfa motoneuronem
 - 4) eferentní dráha (motorický neuron) – přenos signálu do efektoru
 - 5) efektor (sval) – vykoná impuls
- klasifikace
 - 1) dle receptoru
 - proprioceptivní reflex (vlastní)
 - receptor a efektor na téže orgánu (sval)
 - receptor
 - svalové vřeténko: reaguje na protažení svalu – udržuje délku
 - šlachové tělísko: chrání sval a šlachy před přetržením
 - gama systém – autoregulační zpětný systém (udržuje dráždivost svalů)
 - exteroceptivní reflex (cizí)
 - receptor a efektor v různých orgánech (kůže–sval)
 - receptory pro bolest a dotyk
 - 2) dle způsobu přepojení
 - monosynaptické reflexy
 - pouze jeden interneuron – rychlá nekoordinovaná odpověď
 - napínací reflex
 - kompenzuje prudké a nečekané změny protažení
 - využití jako spolehlivého testu citlivosti a správné funkce CNS
 - poklep na šlachy – následný záškub
 - bisynaptické reflexy
 - zajišťují souhru svalů – reciproční inervace
 - polysynaptické reflexy
 - zapojeno více interneuronů
 - flexorový reflex
 - únik od bolestivého stimulu (např. žhavý předmět)
 - 3) dle podmínek – nepodmíněné, podmíněné
 - 4) dle efektoru – somatické, autonomní
 - 5) dle centra – extracentrální, centrální

Podstata vzniku EEG

- metoda snímání záznamu elektrické aktivity z mozku
 - EEG křivka – důsledek aktivity neuronů mozkové kůry v blízkosti elektrody
 - funkční vyšetření – diagnostika funkčních onemocnění (především epilepsie a poruch spánku)
- princip
 - zdrojem EEG je synaptická aktivita
 - 1) EPSP – excitační postsynaptický potenciál
 - přijde AP → vylití glutamátu → navázání na receptory → otevření – do buňky teče Na^+ a Ca^{2+} → depolarizace buňky – na buňce změřím změnu v membránovém napětí (trvání asi 20 ms)



otevření kanálů (Na^+)

→ do buňky poteče proud pozitivně nabitých iontů

- okolí se bude tvářit negativně
- proud uniká a vytvoří smyčku
- způsobuje změny potenciálů

ECL1 – registruje negativní výchylku

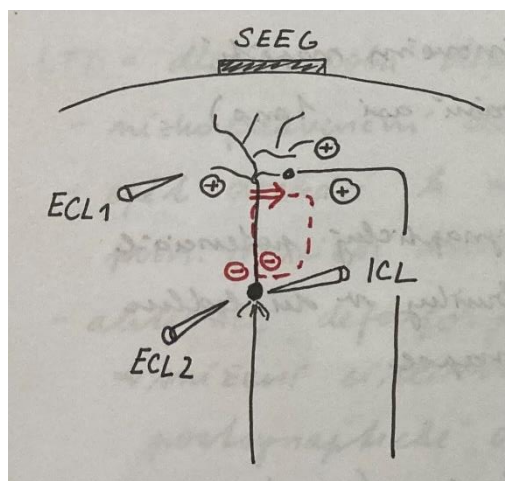
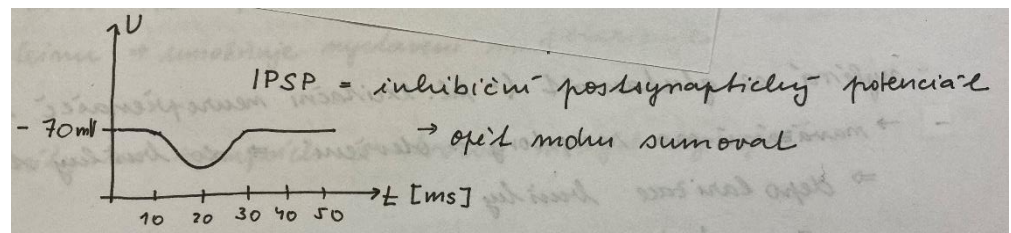
ECL2 – registruje pozitivní výchylku

SEEG – registruje to, k čemu je blízko

→ negativní výchylka s nižší amplitudou (dále od zdroje)

2) IPSP – inhibiční postsynaptický potenciál

- přijde AP → vylití GABA → navázání na receptory → otevření – do buňky teče Cl^- → polarizace membrány



otevření kanálů (Cl^-)

→ do buňky poteče proud negativně nabitých iontů

- okolí se bude tvářit pozitivně
- proud uniká a vytvoří smyčku
- způsobuje změny potenciálů

ECL1 – registruje pozitivní výchylku

ECL2 – registruje negativní výchylku

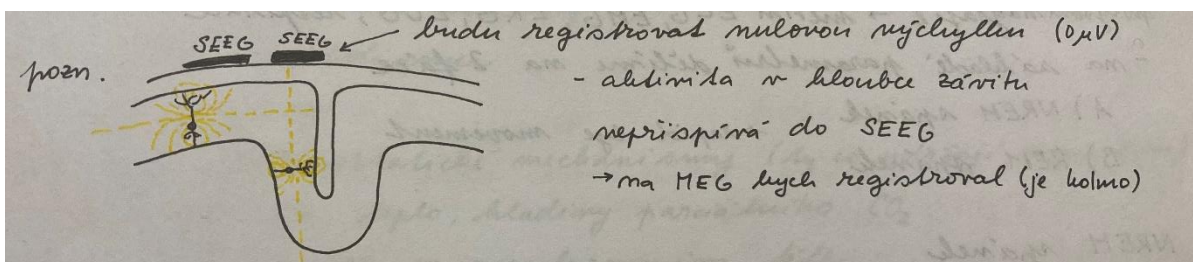
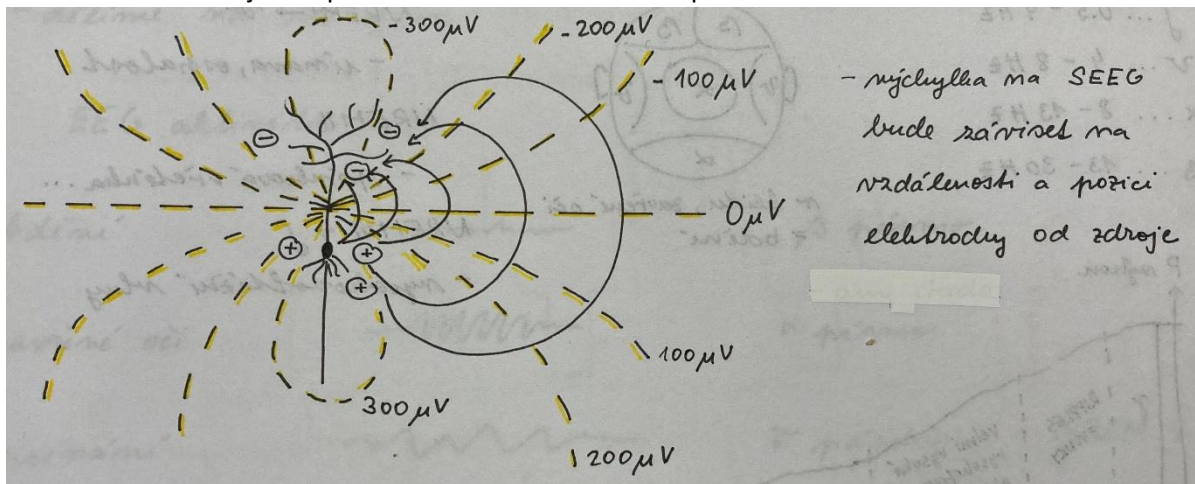
SEEG – registruje to, k čemu je blízko

→ pozitivní výchylka s nižší amplitudou (dále od zdroje)

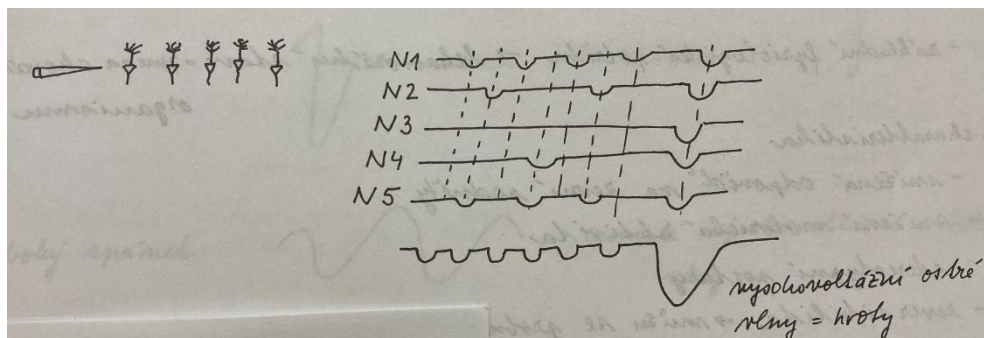
– vlivy na morfologii, trvání a závislost EEG

a) pozice a vzdálenost elektrody od zdroje

– buňka se chová jako dipól → kolem vzniká elektrické pole



b) počtu synchronně aktivovaných synapsí



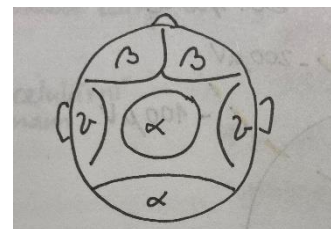
– pozn. AP nepřispívají do EEG → jen hroty s trváním cca 300 μ s (pst součtu je velmi malá)

c) anatomické orientaci neuronů

– palisádové uspořádání buněk vedle sebe (= paralelně) → lze počítat proudy

– pásma pro snímání

- δ : 0.5 – 4 Hz
- θ : 4 – 8 Hz
- α : 8 – 13 Hz
- β : 13 – 30 Hz

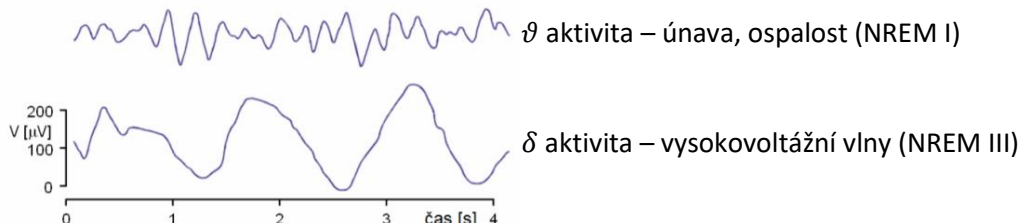


β aktivita – bdění

α aktivita – zavřené oči

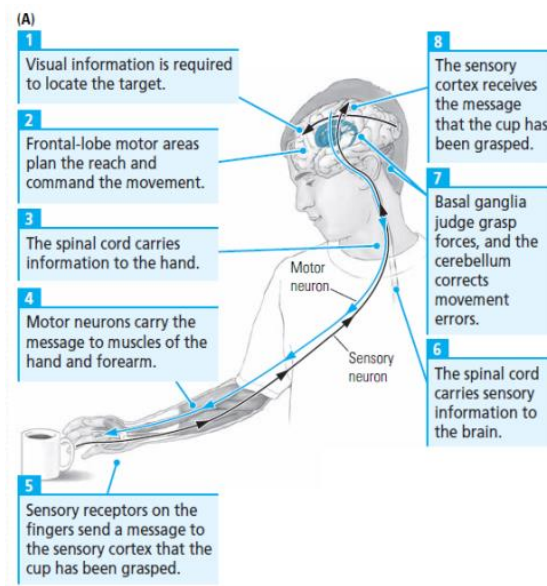
θ aktivita – únava, ospalost (NREM I)

δ aktivita – vysokovoltážní vlny (NREM III)



Motorické funkce – kůra, bazální ganglia, mozeček

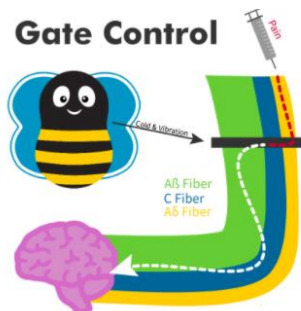
- senzomotorický systém
 - klíčové struktury – motorické oblasti frontální kůry, mozkový kmen, bazální ganglia, mozeček, páteřní mícha, senzorické oblasti



- motorická kůra
 - oblasti
 - 1) primární motorická kůra
 - leží před středovou mozkovou rýhou
 - celá oblast se nazývá motorický kinestetický analyzátor
 - klíčová struktura pro řízení úmyslných pohybů – ovládání distálních svalů končetin
 - 2) premotorická kůra
 - příprava motorických vzorců a následných pohybů
 - 3) doplňková motorická kůra
 - příprava motorických vzorců a následných změn pohybu
 - činnost pod vnitřní kontrolou (z paměti)
- bazální ganglia
 - struktury viditelné na koronálním či horizontálním řezu mozku
 - nukleus candatus, putamen, ventrolaterální jádro thalamu, subthalamické jádro, substantia nigra...
 - funkce
 - regulují tonus kosterního svalstva
 - účastní se pohybů při jejich vlastním provádění ale i při jejich přípravě a plánování
 - podílejí se na tvorbě návyků
 - ovlivňují pracovní paměť, pozornost, poznávání, emoce, chování...
 - poškození → snížení/zvýšení svalového tonu, snížená hybnost (Parkinson)
- mozeček
 - úloha – použití dostupných signálů k modulaci eferentních motorických povelů
 - vestibulární a propriocitivní signály – udržování vzpřímené polohy těla a rovnováhy
 - propriocitivní signály – reflexní regulace napětí svalstva
 - integrace všech signálů – koordinace střídavých a diferencovaných pohybů končetin
 - nekontroluje přímo svaly – nepřímá kontrakce
 - posílá výstup do jiných struktur (primární mozková kůra, premotorická kůra)
 - poškození → poruchy rovnováhy a koordinace, trhaná řeč, dysmetrie – špatný odhad vzdálenosti...

Bolest

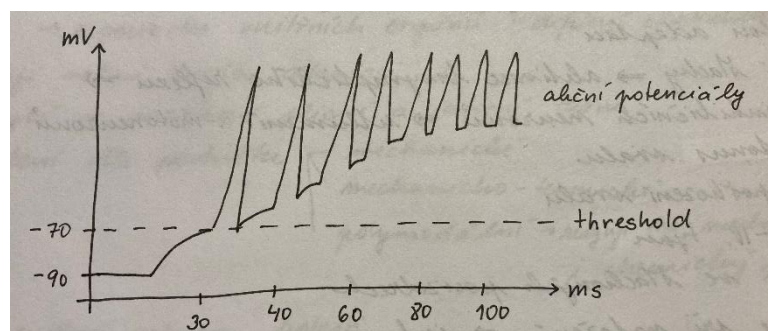
- bolest = senzorická nebo emocionální zkušenost → varuje před poškozením
- dělení
 - somatická
 - povrchová
 - rychlá – ostrá, dobře lokalizovatelná
 - pomalá – palčivá, špatně lokalizovatelná
 - hluboká – svaly, klouby
 - viscerální – z pouzder vnitřních orgánů
- nociceptory = senzory bolesti
 - receptory aktivované podnětem, který způsobuje poškození tkáně nebo by ji mohl způsobit, jestliže bude podnět působit déle
 - mají velmi malou nebo žádnou adaptaci
 - chybí v mozkové, plicní a jaterní tkáni
 - dělení dle podnětu
 - mechanické
 - mechanicko-termické
 - polymodální – reagují na mechanický, termický i chemický podnět
 - informace o bolesti je z těchto senzorů vedena nervovými vlákny do Rexedových zón míchy a dále do CNS
- mediátory přenosu bolesti
 - glutamát, GABA, glycin + neuromodulátory – ATP, růstové faktory, peptidy...
- oblasti mozku důležité pro vnímání bolesti
 - somatosenzorická kůra
 - periakveduální šed' a parabrachiální jádro
 - modulační intenzity vnímání bolesti
 - insula a přední cingulum, amygdala, orbitofrontální kůra
 - uvědomění si kontextu
- kontrola vnímání bolesti (cenzura vstupních informací)
 - a) sestupní kontrola – prováděno pomocí inhibičního vlivu sestupných drah ze somatosenzorické oblasti
 - b) opoidní peptidy – endorfin, dynorfin...
 - c) vrátkový mechanismus – dovolení průchodu jenom omezenému počtu vzruchů



- vlákna
 - tenká: $A\delta + C$ – podmiňují vznik bolesti (otevírají vrátka)
 - silná: $A\beta$ – tlumení vedení bolesti (přivírají vrátka)
- omezení vedení bolesti – aktivace vláken $A\beta$ díky vibracím a chlazení
 - př. TENS (elektrická nervová stimulace)
 - tělo samo (inhibiční systém) – třepání ruky při popálení

+

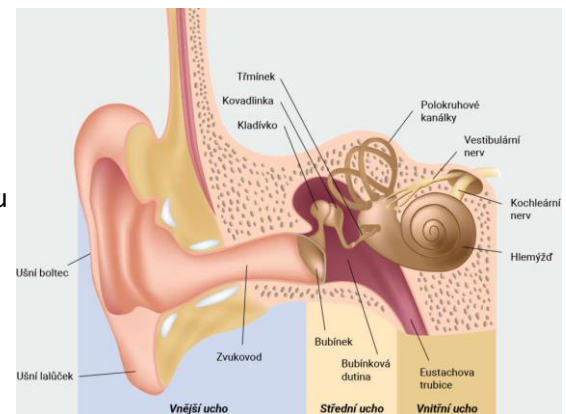
- podráždění receptorů
 - na povrchu je uloženo spousta kanálů, které se aktivují natažením
 - přechod sodných iontů → depolarizace membrány → klasické vedení AP



- dvojí informace – kvalita stimulu + intenzita stimulu (frekvence AP – max 300 Hz)

Sluch

- zvuk
 - d) mechanické podélné vlnění – střídající se zhuštění a zředění
- sluchové ústrojí
 - vnější – boltec a zvukovod → zachycuje zvuk
 - střední (kladívko, kovádlínka, třmínek) → zesilovač a ochrana (spojeno s nosem)
 - vnitřní → přeměna tlakových vln na zvukové signály
- e) vnitřní ucho – Cortiho orgán
 - f) hlemýžď (kochlea)
 - g) z příchozího zvuku provede FT – spektrální rozklad
 - h) různé iontové složení – endolymfa a perilymfa
 - i) různá tvrdost a tuhost baziliární membrány
 - zvuk rezonuje v té části, která vibračně odpovídá tvrdosti té frekvenci
 - j) složení
 - vnitřní vláskové buňky – informace o zvuku, který dále vedou do mozku
 - vnější vláskové buňky – tvoří kochleární zesilovač (připojené k tektorální membráně)
- k) princip
 - 1) zvuk vstupuje do zvukovodu
 - l) zvukové vlny se šíří zvukovodem a naráží na ušní bubínek
 - 2) ušní bubínek a sluchové kůstky se rozvibrují
 - m) ušní bubínek začne vibrovat a přenese vibrace na sluchové kůstky ve středním uchu
 - 3) pohyb kapaliny ve vnitřním uchu
 - n) vibrace se přenášejí kapalinou ve spirálově tvarovaném vnitřním uchu – hlemýždi a vyvolávají v něm pohyb malých vláskových buněk → detekce pohybu a přeměna na chemický signál
 - rozechvěje se baziliární membrána
 - ↓
 - rozechvěje se tektorální membrána
 - ↓
 - přidají se vnější vláskové buňky
 - využití gradientu endolymfy (150 mM K⁺) vůči perilymfě (5 mM K⁺) – otevření kanálu
 - ↓
 - mechanická reakce proteinu (prestin) ve stěně buňky = stažení buňky
 - ↓
 - zpětná vibrace + repolarizace
 - ↓
 - povolení
 - o) pozn. hluchota – nevytváří se obohacená endolymfa → nedochází k pumpování draslíku
 - 4) přenos informace sluchovým nervem do mozku
 - p) přenos informace do mozku ve formě elektrických impulsů
- tonotopie
 - q) uspořádání frekvencí podél prostorové domény – drží se celou cestu sluchovým systémem
- směr zvuku
 - 1) vyšší frekvence
 - r) velmi tlumeny hlavou
 - s) detekce → LSO = laterální superiorální oliva – porovná z jaké strany to přišlo rychleji
 - 2) nižší frekvence
 - t) nejsou tak moc stíněné lebkou
 - u) detekce → MSO = mediální superiorální oliva – kódováno daným neuronem



Mozková cirkulace

- lebka
 - mozek (80 % objemu) + mozkomíšní mok (10 % objemu) + krev uvnitř cév (10 % objemu)
 - platí zákon zachování hmoty – změna objemu v jednom bude nahrazena změnou objemu ve zbylých
 - srdce tlačí objem krve k mozku → nárůst tlaku a expanze mozku → snížení objemu krve nebo mozkomíšního moku
 - mozek
 - viskoelastické těleso
 - při působení sil se může relativně dobře deformovat
 - část energie absorbuje – kvůli návratu do původního tvaru
 - změny v tlaku/objemu mozku se přenáší systematicky na mozkomíšní mok
 - tlakové změny v nitrolebním prostoru jsou odráženy v průtoku – zvýšení tlaku = zvětšení mozku
- průtok krve
 - je dán tlakovým gradientem a periferním odporem

$$Q = \frac{P}{R}$$

- regulace průtoku se provádí především na základě změny odporu

$$Q = \frac{\pi P r^4}{8 \eta l}$$

→ velmi ovlivněno poloměrem cévy – drobná změna poloměru vede k velmi dramatickým změnám v celkovém průtoku

- mozkový perfúzní tlak
= rozdíl mezi středním arteriálním tlakem (MAP) a intrakraniálním tlakem (ICP)

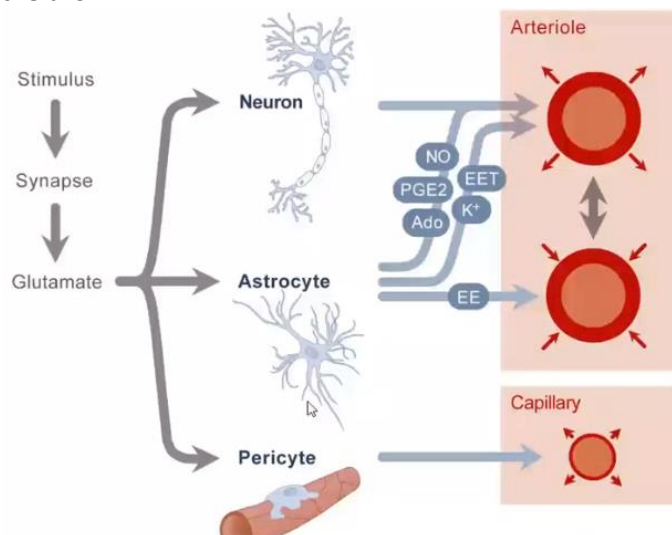
$$CPP = MAP - ICP$$

→ menší průtok krve čím

- menší MAP
- větší ICP

- mechanismy autoregulace průtoku
 - 1) regulace pomocí nervové soustavy
 - regulace pomocí sympatického nervu – role nebyla však zcela prokázána
 - 2) myogenní regulace
 - tlak působící na stěnu cévy přímo dráždí hladkou svalovinu → reflexní stahování
 - 3) metabolická regulace
 - regulace na základě působení vazoaktivních látek – ovládání tonu cév (CO_2 , H^+ , O_2 ...)
 - regulace pomocí CO_2
 - hypokapnie – pokles koncentrace CO_2
 - stažení cév, snížení objemu krve
 - hyperkapnie – nárůst koncentrace CO_2
 - rozšíření cév, zvýšení objemu krve
 - regulace na mikroskopické úrovni

Hypocapnia	Normocapnia	Hypercapnia
CSF	CSF	CSF
blood	blood	blood
brain tissue	brain tissue	brain tissue



- přenos látek do mozku
 - existence hematoencefalickou bariéry
 - komplexní systém složen z několika jednotek
 - endotelové buňky spojené těsnými spoji
 - pericyty
 - astrocytální výběžky
 - zabránění volnému prostupu látek do mozku
 - zamezení vstupu látek, které mohou působit na receptory
 - udržování vlastního mezibuněčného prostředí
 - přestup látek
 - paracelulární vodní cesta – prostup velmi malých ve vodě rozpustných látek
 - volný prostup látek rozpustných v tucích
 - využití bílkovinných nosičů
 - prostup receptorem mediované transcytózy
 - prostup pomocí adsorpční transcytózy

