**Biologické signály BSG**

**1. přednáška Úvod do biosignálů**

**Signály**

− funkce jedné nebo více nezávisle proměnných, které nesou informaci o podstatě a vlastnostech svého zdroje (nebo informaci záměrně do signálu zakódovanou)

− **biosignály =** zdrojem informace je živý organismus

**Biosignály**

− **využití:**

− pochopení základních fyziologických mechanismů

− hodnocení specifické biologické události (diagnostika, monitorování)

− nepřímo v terapii (okysličení, měření tlaku, EKG …)

− **dělení**

− **elektrické**

− původ v dějích, které probíhají na membránách dráždivých buněk

− vzruchy ve formě akčního potenciálu, který se šíří a přenáší informaci

− z hlediska zpracování důležité frekvenční pásmo, napětí, amplituda

| **název** | **zdroj** | **elektrody** | **rozsahy** |
| --- | --- | --- | --- |
| elektrokardiogram EKG | srdeční potenciály | povrchové | do 5 mV  do 150 Hz |
| elektroencefalogram EEG | mozkové potenciály | povrchové | do 100 µV  do 80 Hz |
| elektromyogram EMG | svalové potenciály | povrchové  jehly | do 5mV  do 10 kHz |
| elektrookulogram EOG | změny potenciálů vyvolané pohybem oka | povrchové | do 1 mV  do 100 Hz |
| elektroretinogram ERG | potenciály sítnice | povrchové | do 100 µV  do 50 Hz |
| elektrogastrogram EGG | potenciály hladké svaloviny žaludku | povrchové | do 100 µV  do 2 Hz |

− **magnetické**

− obsahuje i magnetickou složku, nesmírně slabé a málo rozšířené

− rušivé pole Země, elektrická rozvodná síť a spotřebiče převyšují biomagnetické signály

| **název** | **amplituda magnetické indukce [pT]** | **kmitočtové pásmo [Hz]** |
| --- | --- | --- |
| magnetokardiogram MKG | 50–70 | 0,05 – 150 |
| magnetoencefalogram MEG | 1–2 | 0,5 – 100 |
| magnetomyogram MMG | 10–90 | 0–10000 |
| magnetoretinogram MRG | 0,1 | 0,1 – 50 |
| magnetookulogram MOG | 10 | 0–100 |

− **ostatní**

− sledování neelektrických veličin pomocí snímačů zajišťujících převod veličin na elektrický signál, velké množství signálů

− **mechanické** => pohyb hrudníku, proud vzduchu − **akustické** => fonokardiogram (srdeční ozvy), zvuky kloubů, svalů, řeč

− **optické**, **teplotní**

− **chemické** => nejstarší techniky používané v biochemii, pH, glukóza, koncentrace látek v tkáni

− **impedanční** => na vhodném místě indukuje střídavý proud a jinde snímáme napětí, spíše experimentální využití

| **název** | **zdroj** | **rozsah** | **snímání** |
| --- | --- | --- | --- |
| pletysmogram | změny objemu částí těla vlivem srdeční činnosti, dýchání | do 30 Hz | nad či kolem zkoumané části těla |
| karotidiogram | vypuzení krve při systole | do 100 Hz | převodník na krku |
| pneumotachogram | objem a průtoková rychlost  vdechovaného a vydechovaného vzduchu do/z plic | do 20 Hz | obvykle v náústku |
| reflex Achilovy šlachy | pohyb chodidla vyvolaný  poklepem na Achillovu šlachu | do 100 Hz | výchylkové nebo  rychlostní šlachy |
| mechanogram | změna úhlu při pohybové aktivitě | do 20 Hz | snímače různých typů na kosterním svalu |
| pedogram | časové, fázové a úhlové  charakteristiky dolních končetin při chůzi | do 400 Hz | kapacitní, nášlapné  snímače, reflexní značky snímané kamerou |
| termogram | povrch těla | stupně C | bodové teplotní mapy |
| fonokardiogram | srdeční chlopně, respirace | akustické  pásmo | mikrofon |
| řeč, hlas | řečové ústrojí | akustické  pásmo | mikrofon |
| vibroartrogram | pohyb kloubu postiženého  zánětem, měknutím chrupavky | do 80 Hz | akcelerometr nad  vyšetřovaným kloubem, mikrofon |

− **dělení podle původu**

− mozek

− EEG, MEG

− evokované potenciály (akustické, zrakové)

− neurovizualizace (MRI/fMRI, CT, PET, SPECT)

− nervy a mícha

− elektroneurogram (spike trains)

− SEP

− kosterní svalstvo

− EMG

− stabilograf (PN)

− akcelerometrie (chůze)

− srdce (kardiovaskulární systém)

− EKG, FKG, FPG

− Heart Rate Variablitiy

− krevní tlak

− **dělení podle počtu proměnných**

− zrak

− EEG, EOG, ERG

− VEP (visual evoked potentials) − sluch

− AEP

− audiometrie

− otoakustická emise

− dýchací soustava

− spirometrie (flow-volume) − chemické signály (krevní plyny) − pletysmografie

− trávicí soustava

− chemické metody

− MRI, CT, EGG

− ultrazvuk

− jednorozměrné (nejčastěji vyjadřují časovou závislost sledované veličiny) − dvourozměrné

− vícerozměrné

− **podle počtu kanál**

− jednokanálové

− vícekanálové

− téhož typu (EKG, EEG)

− různého typu (spánková polygrafie, foniatrický záznam, kardiotokogram = srdeční rytmus plodu, mechanické stahy dělohy)

− **polygrafické metody**

− polykardiografie

− pletysmogram

− II. Eithovenův svod

− fonokardiogram

**Signály lidského organismu**

− **dělení**

− **spontánní =** bez rozhodujícího vnějšího vlivu − **opakující se** (repetiční, kvaziperiodický) - EKG, respirační signály

− **nepravidelné** – EEG, EMG

− **odezva na specifické buzení**

− elektrické odezvy nervové soustavy na podněty

− křivka usilovného výdechu

− odezva Achillovy šlachy

− **spojitost signálů**

− většina spojitá (EKG, EEG…)

− snímané signály jsou diskretizovány

− pravidelně (EKG)

− nepravidelně (teplota)

**Zpracování biosignálů**

− polysomnografie

− EEG**,** EOG**,** EMG + další signály (EMG, EKG, průtok vzduchu, pohyby při dýchání, poloha těla, saturace krve…)

− **deterministické**

− periodické => jednoznačně popsáno sinusovkou − kvaziperiodické => téměř periodické (EKG) − odezvy => vlna se opakuje pouze jednou (akční potenciály)

− **stochastické**

− stacionární => statistické vlastnosti se nemění v čase (EEG alfa vlny)

− nestacionární => statistické vlastnosti se mění v čase (EEG, EMG)

− nalezení klinicky významných informací skrytých v biosignálu − **charakteristiky biosignálů**

− **časová oblast**

− lokální a globální maxima,

minima signálu

− perioda, frekvence

− doba trvání signálu

− amplituda (špička-špička)

− **filtrace (potlačení artefaktů)**

− **frekvenční oblast**

− spektrum

− výkonová spektrální hustota

− definice základní frekvence pomoci Fourierovy transformace

− Nyquistova frekvence

− artefakty = biologické (pohyb vnitřních orgánů apod.) a z přístrojů − **číslicové filtry v časové oblasti** => offset, MA filtry, mediánová filtrace, detrending

− **číslicové filtry ve frekvenční oblasti** => Butterworth/Čebyšev,

Notch/hřebenové filtry

− **adaptivní filtrace** => Wiener, Kalman

− **detekce událostí**

− odhad obálky

− vymezení vln

− detekce špiček

− **komprese** => převzorkování

− vzájemná korelace − autokorelace

**2. přednáška Geneze bioelektrických signálů Elektrické vlastnosti živých organismů**

− organismus jako celek − orgán

− srdce, mozek

− tkáň

− nervová, svalová

**Iontové kanály**

− systém

− kardiovaskulární, nervový, trávicí − buňka

− neuron, buňky srdečního svalu − buněčná membrána

− velmi heterogenní = různé typy kanálů, různé části NS zodpovídající za specifické typy signalizace

− **základní vlastnosti**

− vedou ionty napříč membránou, selektivní pro specifické ionty

− otevírají se a zavírají v odpovědi na určité elektrické, mechanické a chemické signály − typ a množství momentálně otevřených iontových kanálů určuje **vodivost** membrány **Klidový membránový potenciál**

− dán nerovností koncentrace iontů vně a uvnitř buňky

− možnost změny potenciálu a membránových napětí => přenos informace − membránový potenciál = napětí na membráně v jakýkoliv daný moment − definovaný jako Um = Uin - Uout

− v klidu naměříme -60 až -70 mV = **klidový membránový potenciál (KMP)** − KMP je neustále aktivně udržován, pokud neuron negeneruje pulsy

− změny elektrického potenciálu na membráně jsou podstatou přenosu a zpracování informací v nervové buňce

− **vnitřek buňky** je **záporně** nabitý oproti extracelulárnímu prostoru

− ionty nesou náboj a tím vzniká napěťový rozdíl mezi extracelulárním a intracelulárním prostředím

− **koncentrace iontů uvnitř a vně buňky**

| **iont** | **vně buňky** | **uvnitř buňky** | **KMP** |
| --- | --- | --- | --- |
| Na+ | 150 | 15 | 62 mV |
| K+ | 5,5 | 150 | -90 mV |
| Ca2+ | 2,4 | 50 |  |
| Mg2+ | 1,2 | 4 |  |
| Cl- | 125 | 9 | -71 mV |
| HCO3- | 28 | 10 |  |
| SO42- | 1 | 2 |  |
| fosfáty | 4 | 75 |  |
| pH | 7,4 | 7 |  |

−

− **Nernstova rovnice**

− určuje stav **ekvilibria** = vyrovná se elektrický potenciál a chemický koncentrační gradient působící napříč membránou = Nernstův potenciál

− lze vypočítat ze znalosti koncentrace 

iontu uvnitř a vně buňky pro každý

iont pomocí Nernstovy rovnice

���� =������ln[��]������

[��]����

− pokud počítáme pro záporně nabitý iont, zlomek v logaritmu opačně

− součet příspěvků Nernstových potenciálů jednotlivých iontů při dané teplotě udává KMP ��log [��+]������

− lze přepsat do tvaru: ���� =61.5 − **Goldmannova rovnice**

[��+]����[����]

− ���� =������ln ����[��+]������+������[����+]������+������ [����−]����

**Akční potenciál**

����[��~~+~~]����+������[����~~+~~]����+������[����~~−~~]������+ …. = -73 mV

− výstupní informace z neuronu

− napětím řízený sodný kanál

− 2 hradla – aktivační, které se otevře pří

prahovém napětí a inaktivační

− průběh = aktivace => inaktivace =>

deaktivace (znovu připraveno otevřít)

− nelze hned aktivovat další akční potenciál =>

musíme počkat na deaktivaci sodných kanálů

− **refrakterní perioda** = nereaguje na další

podněty

− **absolutní refrakterní fáze** (u špičky)**,**

**relativní refrakterní fáze** (buňka reaguje, ale neplně (oslabený přenos)) − **intenzita bolesti** = frekvence akčních potenciálů (max 300 Hz) − **šíření AP**

− axonem, otevření sodných kanálů => kladný náboj do buňky − pomocí synapsí = synaptická štěrbina, chemické látky, neurotransmitery − **rychlost šíření** => zvětšení průměru axonu zvyšuje rychlost + myelin

− **prostorová sumace** = možná aktivace více synapsí (sečte se napětí)

− 

**Myelinizované nervová vlákna**

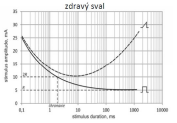
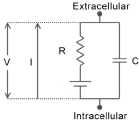
− myelin snižuje kapacitanci membrány => neztrácí tolik proudu, zvyšuje konstantu délky

− až 20x rychleji než na klasických neuronech − přerušované Ranvierovy zářezy (skokové šíření AP) − modelování pomocí RC článku

− **roztroušená skleróza**

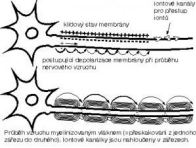
− zhoršení vedení AP kvůli porušení myelinu

**Modelování elektrických vlastností buněčné membrány** − náhradní elektrické zapojení

− 

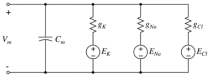
**časová sumace** = přijde víc AP za sebou (sečte se napětí)





− **reobáze** = nejmenší možný proud, který je schopný vyvolat AP (nejnižší intenzita dráždícího proudu, která vyvolá svalový stah (definice z FPT))

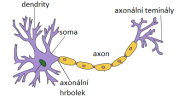
− **chronaxie** = nejkratší délka impulsu, která vyvolá AP při použití proudu 2Re

− pro zdravý sval 0,3 – 0,5 ms 

− **modelování membrány**

− dominantní el. vlastnosti = kapacita a odpor

(vodivost) membrány

− zjednodušený H-H model (Hodgkin-Huxley) pro výpočet klidového potenciálu 

− pomocí metody uzlových napětí popíšeme obvod − �� =��������+������������+������������

����+������+������

− poměr vodivostí ����: ������: ������ = 1: 0,03: 0,1

**Modelování neuronu**

− **morfologie:**

− **dendrity**

− velká plocha pro příjem signálu

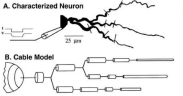
− variabilní tloušťka

− mnohačetné výběžky

− **soma** = perikaryon = tělo neuronu − **axonální hrbolek** = iniciální segment − integrace signálů z dendritů

− **modelování těla (somy)** => nemodelujeme − **modelování dendritů**

− **kabelové modely**

− − **teorie vedení**

− **axon** = pouze jeden u každého neuronu − uniformní tloušťka

− **axonální terminály**

− synaptické kolaterály a synapse − přenos signálu na postsynaptické buňky − výlev neuropřenašeče

− popisuje tok proudu a šíření potenciálu v lineárních (pasivních) dendritech − analýza signálů = přenos dendrity

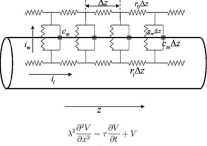
− předpoklady

− neuvažujeme napěťové závislé kanály

− membrána je pasivní a rovnoměrná

− uvažujeme délku a čas, nikoliv průměr

− metoda je přibližná, zjednodušující předpoklady umožňují modelování bez velké ztráty fyziologické podstaty

vždy obsahuje Ri a Ro pro každý 

element ve směru z

λ prostorová konstanta

− ��=����

����+��0

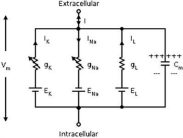
τ časová konstanta ���� = ����. ����

−

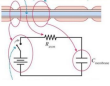
− **modelování synapsí** => nelinearity, aproximace

− **modelování axonů**

− nemusí se modelovat, nebo se modeluje jen jeho zpoždění, nebo pomocí RC článků a kabelových modelů (uvažujeme poté odpory na vnějším a vnitřním prostředím) − **Hodgkin-Huxley model** (1952)

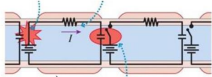
− 

− **modelování axonu jako RC obvody** (integrační články)

− 

−





**3. přednáška Elektromyogram**

**Svaly** 

− **hladká svalovina**

− nelze řídit vůlí, např močový měchýř

− **srdeční svalovina**

− myokard

− **příčně pruhovaná (kosterní) svalovina**

− ovladatelná vůlí – jazyk, svaly končetin…

**Struktura kosterního svalstva**

− svalové vlákno tvořené z válců, uvnitř stahovatelné proteiny

− kosterní sval => svalový snopec => svalový snopeček => svalové vlákno => myofibrila => sarkomera

− membrána = sarkomera

− AP potenciál se přenáší přes nervosvalovou ploténku, AP se šíří po svalových vláknech => stah **Motorická jednotka (MU)**

− spojen míšní motoneuron, jeho axon a všechna svalová vlákna napojena na axon − nejmenší motorická jednotka, kterou lze aktivovat úsilím

− generování EMG

− snímáme více svalových vláken

− myosignál ovlivněn => interferencí výbojů, přechodem sval-kůže a šumem



−− pro jemnou motoriku jsou inervovány malé motoneurony

− větší axony mají menší vnitřní odpor => menší neurony jsou dříve aktivovány než neurony větší

− 

**Typy vln** 

− monofazické

− bifázické

− trifázické

− **normální tvar AP MU**

− **bifázický nebo trifázický**

− závisí na poloze a tvaru jehly

**Nábor motorických jednotek**

− se zvyšováním síly = nárůst frekvence**,** např. pro analýzu únavy

− časový nábor

− prostorový nábor



**Zapojování svalů**

− 1. typ = pomalý typ, delší výdrž (50 %)

− 2. typ = rychlý typ, silnější kontrakce, výbušnost (50 %)

− u sportovců rozložení dle zaměření (sprinter x dlouhé běhy)

**Podráždění svalu**

− **nepřímé** => prostřednictvím nervu, nejprve se objeví lokální potenciál na svalové ploténce − **přímé** => přivedeným elektrickým potenciálem se způsobí umělá depolarizace

− 

**Závislost síly svalu na stimulační frekvenci**

− síla svalu je regulována pomocí náboru motorických jednotek a budící frekvence − frekvenční modulace

− stejná svalová síla může vznikat zapojením menších motorických jednotek na vyšších frekvencích nebo větších motorických jednotek na frekvencích nižších

− 

**Typy elektrod ke snímání EMG**

− povrchové elektrody = snímají sumaci signálů v prostoru pod elektrodou − jehlové elektrody vpichové = slouží k připojení do určitých svalových skupin (poměrně drahé) − umístění povrchové elektrody je zásadní, nejsilnější EMG je v půlce svalu?

**Elektromyografie**

− podstatou je měření elektrických potenciálů vzniklých v důsledku činnosti kosterní svaloviny − jsou stanoveny nervy na kterých měřit, ne umístění elektrod => závisí na zkušenostech lékaře, výsledky nelze tak snadno standardizovat (2 stejná měření nemají úplně stejné výsledky)

− tělesná teplota zvyšuje rychlost šíření – 1 stupeň o 5 %

− využívá dynamometr

− **aplikace**

− pro kontrolu stavu svalu

− **diagnostické**

− **jehlová EMG**

− snímání při úplném uvolnění svalu, nativní EMG

− tenká jehla do svalu**,** minimální riziko krvácení

− změnou polohy jehly ve svalu je vyhledávána optimální pozice pro

záznam akčních potenciálů motorických jednotek

− porovnání parametrů akčních potenciálů motorických jednotek

− trvání, amplituda, počet fází…

− **kondukční studie**

− stimulační EMG, stimulační a snímací elektrody

− nerv je stimulovaný elektrickým impulsem, vyvolávajícím záškub

− stimulace může být někdy nepříjemná

− cílem vyšetření

− porovnání rychlosti vedení v nervu

− velikosti potenciálu ve svalu s věkovou normou − abnormální hodnoty => poškození nervu úrazem, chronický tlak, zánět, toxické látky, odlišení léze

− normální vs patologická odpověď svalu 

− přímá odpověď M vlna, pozdní F vlna, H reflex

− **kineziologické**

−

− **analýza únavy** 

− základem je sekvenční Fourierova

analýza

− výběr délky okna (1-5 s))

− překrývání segmentů zvyšuje rozlišení

− potřeba rozhodovacího prahu pro stanovení meze únavy

− záznam cyklické aktivity

− velikost aktivace, kdy jsou jaké svaly zapojovány

− **ovládání protéz**

− myoprotézy

− chytřejší modely velice drahé

− **další použití**

− detekce myoklonických záškubů

− lokalizace zdroje v CNS

− experimenty = zkoumání emocí => klasifikační úlohy

− **normální EMG aktivita**

− **klidová spontánní aktivita**

− za fyziologického stavu není v relaxovaném svalu žádná elektrická aktivita − inzerční aktivita (zasunutí jehly)

− ploténková aktivita

− šum

− − **volná aktivita**

− nábor a analýza motorických jednotek 

− interferenční vzorec

hroty

− − Willisonova analýza

− **vliv onemocnění na akční potenciály motorických jednotek**

− **neuropatie** = přerušení demyelinizace, nedojde k správnému přenosu −− **myopatie =** ztráta svalových vláken, svalová dystrofie, AP hodně ale roztříštěné 

− **abnormální EMG aktivita**

− fibrilační potenciály denervovaného svalu, myotonické výboje − pozitivní ostré vlny, neuropatie x myopatie

− při vyšetření je signál přiveden na reproduktor = audiomyogram − 

**Zpracování EMG signálů**

− **EMG signál**

− artefakty

− EKG artefakt, síťový brum

− stejnosměrná složka (nenulová ss složka)

− pohybový artefakt, saturace zesilovače (+/- 0.5 V)

− EMG obálky

− pásmově omezené EMG, obálkové EMG

− 

− kvantitativní charakteristiky (pro řízení protéz)

**Časová oblast**

− časový průběh počtu průchodů nulou



−− např.

časový průběh mediánu 

− Enhanced Mean Absolute Value

− Enhanced Wavelength

− Mean Absolute Value

− Slope sign Change

− Root Mean Square

**Frekvenční oblast**

− mediánová frekvence

− **první spektrální moment** = frekvence těžiště spektra = dáno váhovým průměrem

spektrálních čar I

− **, f** = vektor příslušných frekvencí = těžiště rozložení energie

ve spektru

− **pokročilé metody**

− **druhý spektrální moment** = rozprostření spektra, analogický statistickému rozptylu

− 

−

− synchronní průměrování (trojúhelníkový detektor) = nejrobustnější na detekci aktivity

− 

− **EMG signál z povrchových elektrod**

− frekvenční spektrum 20–500 Hz, minimální vzorkovací frekvence 1000 Hz − střední hodnoty a mediánové f EMG signálu neunaveného svalstva okolo 70–80 Hz − z těchto důvodů by se nemělo používat úzkopásmových zádrží k potlačení síťových brumů

− obtížné stanovení úrovně kontrakce

**4. přednáška Elektrokardiografie** 

**Srdce**

− 2 síně – nahoře (pravá x levá)

− 2 komory – dole (pravá x levá)

− síně a komory se oddělují pomocí chlopní, které jsou zároveň

nevodivé

− **krevní oběh**

− úkolem srdce je poskytnout neokysličenou krev do plic a

z plic okysličenou krev do celého systému

− **malý plicní oběh**

− pravá komora –plicní tepna – plíce – plicní žíly –

levá síň – levá komora 

− **velký tělní oběh**

− levá komora – do těla – pravá síň

− tělo hlava končetiny

− **převodní systém srdeční**

− **šíření depolarizace = pravá síň se depolarizuje nejrychleji**

− **SA uzel** = sinoatriální uzel

− pod epikardem ve stěně pravé síně

− vznik elektrické aktivity (potenciálů)

− udržuje pravidelnou rytmickou činnost

− v důsledku šíření elektrické aktivity = kontrakce

− **AV uzel**

− depolarizace se zde šíří pomaleji než v SA uzlu

− vede vzruch velmi pomalu => žádoucí zdržení převodu

− nejprve se musí dokončit kontrakce (depolarizace) síní 

a až poté kontrakce (depolarizace) komor

− ve stěně pravé sítě pod endokardem

− **Hisův svazek**

− přenáší vzruch ze síní do komor

− navazuje na AV uzel

− prostupuje do interventrikulárního septa

− dělí se na Tawarova raménka

− **Purkyňova vlákna**

− vzruch rozvádí na pracovní myokard komor

− **buňky převodního systému** = nemají klidový potenciál, dochází zde ke spontánní depolarizace

− **délka plata** = dlouhá refrakterní periody 400 ms, poté nastává repolarizace − plato fáze je způsobena pomalejším otevřením kanálu pro Ca2+

**EKG**

− snímáme sumační potenciál dílčích dipólů na povrchu těla pomocí povrchových elektrod − neinvazivní vyšetření

– 12 svodový systém (svody = rozdíl potenciálů dvou elektrod)

1) **Eithovenovy bipolární končetinové svody (VI, VII, VIII)** – potenciály mezi končetinami

svorka RA – potenciál Φ*R* 

LA – potenciál Φ*L*

LL – potenciál Φ*F*

���� = Φ�� − Φ��

������ = Φ�� − Φ�� ������ = V�� + V������

�������� = Φ�� − Φ��

2) **Goldbergovy unipolární svody (aVR, aVL, aVF)** – potenciál končetiny vůči středu protější strany

- svorky kladná – končetinová elektroda

záporná – referenční svorka tvořená průměrem zbývajících dvou

elektrod

–> střed protější strany trojúhelníku

- výpočet z potenciálů vůči průměrnému potenciálu končetin (WCS)

- končetinová elektroda proti společné složce signálu

–> těžiště trojúhelníku – průměr všech elektrod



- končetinová elektroda proti průměru zbylých dvou elektrod

–> středu strany



- zesílený signál – výsledek se liší jen amplitudou



3) **Wilsonovy unipolární hrudní svody (V1, V2, V3, V4, V5, V6)** – potenciál na hrudi vůči WCS 

- šestice hrudních elektrod proti centrální Wilsonově svorce

- WCS = referenční svorka, spojením každé ze tří končetinových svorek přes odpor

– napájení pravou nohou (zpětnovazební elektroda) = čtvrtá končetinová elektroda - přivádí se na ni invertované napětí centrální svorky – vytváří tak zápornou ZV - slouží k účinnému potlačení souhlasné složky

–> v důsledku ZV naměříme příspěvek od srdeční činnosti + souhlasnou složku + invertovanou

souhlasnou složku

- nutnost omezení zastoupení vyšších harmonických složek ZV signálu (např. anti-aliasing filtr) 

**EKG depolarizace**

− **vektor depolarizace** = směr elektrického vektoru při částečné depolarizace, souhrn šíření akčních potenciálů

− vzájemné úhlové poměry různých svodových systémů = **Cabrenův kruh** − určení sklonu EOS

**depolarizace síní depolarizace septa**

**vrcholná depolarizace depolarizace levé komory **

**pozdní depolarizace levé komory depolarizace komor**

**repolarizace komor repolarizace komor**

**EKG křivka**

− **P vlna** = šíření depolarizace síní

− **PQ interval** = od vzniku impulsu v SA uzlu do začátku depolarizace komor − měříme od začátku P vlny do začátku komorového komplexu (0,12-0,20 s) − zpomalení na AV uzlu

− **QRS komplex =** obecné označení pro depolarizaci komor

− **Q =** pouze první negativní kmit, může chybět

− **R =** každý pozitivní kmit komplexu, depolarizační vektor nabývá maxima − **S =** všechny negativní kmity komplexy za R kmitem

− určujeme 3 parametry: doba trvání (do 0,11 s), přítomnost a trvání Q kmitu a Sokolowy indexy

− **ST úsek** = po depolarizaci komorové svaloviny => fáze plato

− fyziologicky nedochází k elektrickým změnám => stejná úroveň jako PQ úsek − **T vlna** = šíření repolarizace komor 

− **QT interval** = začátek QRS po konec vlny T

− doby elektrické systoly, obvykle se

koriguje na základní frekvenci pomocí

Bazzetovy formule

QTC =QT

**Analýza EKG**

− hodnotíme

√RR

− srdeční frekvence, směr elektrické osy srdeční 

− pravidelnost srdeční akce (jak síní, tak komor)

− na základě P vln i R špiček

− velikost a délka vln P, Q, R, S, T

− velikost a délka úseků P-Q, Q-R, Q-R-S, S-T, Q-T

− fyziologické EKG ovlivňuje

− věk, poloha, dýchání, fyzická zátěž

− **klidové EKG**

− desatero:

| **srdeční akce** | pravidelná | **QRS komplex** | v normě 96 ms |
| --- | --- | --- | --- |
| **srdeční rytmus** | pravidelný sinusový | **ST úsek** | norma v izolinii |
| **srdeční frekvence** | 70 cyklů / min | **T vlna** | norma |
| **P vlna** | normální | **QT interval** | norma 393ms |
| **PQ interval** | v normě 4 mm, 160 ms | **elektrická osa srdeční** | fyziologicky 88° |

**Elektrická srdeční osa EOS**

− vyjadřuje směr vektoru elektrické srdeční aktivity během depolarizace komor − normálně směruje zprava dolů doleva 

− fyziologicky se úhel EOS pohybuje mezi -30° až +110°

− odečítáme hodnotu R špičky I. svodu a odečítáme aVF

−

**Vektorkardiografie (ortogonální svody)**

− 3 kolmé svody – ramena, hrudník zepředu-zezadu, krk-kotník

− vyjadřují prostorové vlastnosti el. pole kolem srdce pomocí tří ortogonálních signálů − zobrazení pomocí tří rovinných smyček = nedostáváme více informací oproti 12 svodovému systému

− zaznamená se 1 cyklus, ztrácí se časová závislost, uplatnění spíše ve výzkumu pro patologie (hladkost, křížení smyček apod.)

− 

**5. přednáška**

**Další typy EKG**

**Náhradní umístění končetinových elektrod**

− hrudní svody, můžou být i na zádech

− co nejmenší vliv pohybu vyšetřovaného na kvalitu signálu – pohybové

artefakty, myopotenciály

− co nejmenší vliv vodičů na mobilitu vyšetřovaného

− používá se na JIP, zátěžová EKG vyšetření (ergometrie, bicyklová ergometrie) – dokud se nedosáhne určité tepové frekvence, pak se vyšetření zastaví,

holter

− končetinové elektrody dávají obecně větší biosignál a jsou více rušeny => hrudní lepší

**Holterovská monitorace**

− 24hod záznam, automatické zpracování, vyhodnocuje následně lékař

− sledujeme abnormality – maximální srdeční frekvenci, minimální srdeční frekvence, přítomnost fibrilace síní apod.

− holter zpravidla na 2 svodech

**Monitorování EKG v JIP / ARO**

− monitor na kterém běží trvale 1-3 svody

− bedside = monitorování jednoho svodu v reálném čase + dechová frekvence − změna rytmu, extrasystola = alarm 

**Jícnová elektrokardiografie**

− abychom viděli repolarizace síní

− zavede se elektroda jícnem k síním

− vyšetření 20-40 minut, sedativa

**Intrakardiální EKG**

− nitrosrdeční svody do pravé komory a síně

− lze využít ke kardiostimulaci

− zavádí se žílou

**Izopotenciálové mapování**

− snímáme desítky unipolárních svodů

− můžeme dobře identifikovat ložiska, které jsou zdroje arytmií

− přidaná hodnota není úplně jasná**,** není tak časté

**EKG ve veterinární medicíně**

− 6 končetinových svodů => snímají srdce ze stran a zezadu v horizontální rovině − 6 hrudních svodů => obepínají skoro symetricky hrudník**,** snímají srdce v transverzální rovině − zvíře musí být na pravém boku, aby bylo EKG 

čitelné

**EKG u dětí**

− jiná rychlost než u dospělého člověka

− děti mají vyšší tep a jiný směr elektrické osy

srdeční (výrazně doleva)

**Fetální EKG**

− EKG matky a EKG plodu

− nastavení vah adaptivního filtru, tak abychom

získali pouze EKG plodu

**Základní obrazy EKG**

**Normální sinusový rytmus**

− depolarizace postupuje pravidelně u zdravého člověka od SA uzlu po AV uzel − základní mez 60-100 úderů za minutu

**Arytmie**

− **sinusová bradykardie**

− pravidelná arytmie**,** pomalu vychází z SA uzlu

− zpomalení srdeční frekvence pod fyziologickou mez (hodnoty nižší než 60 tepů / min) − často u sportovců za klidových podmínek

− **sinusová tachykardie**

− může být vyvolána stresem, léky, kofeinem

− zrychlení srdeční frekvence nad fyziologickou mez

− opak bradykardie

− **respirační arytmie**

− typičtější pro děti a mládež, není patologie, jedná se o fyziologický obraz − odchylka od normálního srdečního rytmu

− cyklická změna srdeční frekvence v závislosti na dýchání

− 

**Fibrilace síní**

− tachyarytmie spojena se zvýšenou morbiditou i mortalitou

− síně se nekontrahuje – neuplatňuje se v poslední fázi diastoly, kdy je krev aktivně tlačena do komory − dušnost, často u pokročilého věku

− chybí vlny P, QRS komplex štíhlý

− 

**Flutter síní**

− síňová tachyarytmie

− místo jednoznačné P vlny se síně chvějí

**3 stupně ektopické aktivity**

− **komorová extrasystola**

− v důsledku přítomnosti ektopického ložiska

v převodním systému srdečním

− QRS přichází předčasně nebo má abnormální tvar − vlna T velká

− − **fibrilace komor**

− může dojít k odumření srdeční svaloviny

− nevypuzuje krev, často během akutního infarktu − **Blokády artrioventrikulárního vedení**

− **komorová tachykardie**

− epizody, není trvalé

− přítomnost alespoň tří po sobě jdoucích širokých QRS komplexu (nad 0,12 s) při frekvenci nad 100/min

− AV blokáda = porucha srdečního rytmu, kdy může docházet − **AV blokáda 1. stupeň**

− prodlužuje se PQ interval

− − **AV blokáda 2. stupeň**

− vynechávání některých QRS komplexu (ohrožuje život)

− **Blokády ramének**

− **AV blokáda 3. stupeň**

− síně a komory se depolarizují nezávisle na sobě

− úplná blokáda



− **pravého**

− blokáda při šíření po komorách − po infarktu, plicní embolii

− **levého**

− po infarktu

− odlišný EKG obraz než u blokády pravého raménka

**Síňová hypertrofie**

− pokud má P vlna více kopců => podezření na zvětšení pravé nebo levé síně

− **hypertrofie pravé komory** – vlivem plicních chorob − **hypertrofie levé komory** – při hypertenzi

**Infarkt myokardu**

− **1.** akutní stádium (po hodinách) => významná elevace ST segmentu

− **2.** následné stádium (po dnech až týdnech) => prodloužený Q hrot, negativní T vlna

− **3.** pozdní stádium (po měsících až letech) => prodloužený Q hrot

**Zpracování a analýza signálu EKG**

− potlačení rušení - 50 Hz nejčastější rušení

− výběr charakteristik (detekce hrotů a vln)

− klasifikace, interpretace

**Vlastnosti + normy signálu EKG v časové oblasti**

− 

**Vlastnosti signálu EKG ve frekvenční oblasti**

****

− protože dochází k přirozené variabilitě, tak nemáme čárové spektrum ale rozmazané − veliká část energie signálu končí před 50 Hz

− špičky ve spektru jsou způsobeny

− tepovou frekvencí - 1 Hz

− ST úsekem – 2 Hz

− T vlnou - 4-5 Hz

**Rušení signálu EKG**

− vzhledem k šířce pásma

− **širokopásmové**

− P vlnou kolem 8 Hz

− QRS komplexem (úzký impuls = široké spektrum a naopak) od 12 Hz výše

− **úzkopásmové**

− myopotenciály (náhodný charakter od 20 Hz +) − skokové změny izolinie

− impulsní rušení



− kolísání (v důsledku pomalých pohybů pacienta, dýchání…), základní izoelektrické linie − síťové rušení 50 Hz

**Potlačení síťového rušení 50 Hz**

− potlačení pomocí adaptivní filtrace**,** lin. filtrace – fir filtry**,** nelineární heuristické algoritmy − **úzkopásmové filtry – bikvády**

− IR filtr, jednoduchý



−

− **hřebenový FIR filtr pro potlačení**

− na předzpracování signálu, vhodné pro detekci R špiček

− nastavíme jediné zpoždění

− podle počtu vzorků vytváříme počet nul v pásmové zádrži

− změna znaménka u g = změníme typ propusti (začneme horní)

− **adaptivní filtry**

− v každém kroku aktualizuji váhy

[Přitáhněte pozornost čtenářů zajímavou citací z dokumentu nebo tu zvýrazněte klíčové body. Toto textové pole můžete jednoduše umístit na libovolné místo na stránce přetažením myší.] 

− důležitá konvergenční konstanta, kterou ovlivňujeme funkčnost algoritmu (rychlost konvergence) 

− chceme robustnost vůči šumu a malé výpočetní nároky

**Potlačení rušení filtrace driftu izoelektrické linie**

− odfiltrujeme (lineární filtrace) horní propustí

− jednoduchá horní propust 2. řádu

− filtry s FIR => hřebenové filtry = společné odstranění brumu a

driftu

− vyhladíme a odečteme odhad kolísání driftu => nelineární filtry

− heuristické algoritmy

**Potlačení rušení filtrace myopotenciálu**

− synchronní průměrování (nutno detekovat R špičky) − spíše u evokovaných potenciálů

− překrývání spekter rušení a užitečného signálu − klouzavé průměry

**Detekce signálů v EKG**

− obecný postup

− detekce R špičky (lze i pomocí vzájemné korelace) − rozměření QRS komplexu

− detekce T vlny

− **QRS komplex**

− dolnopropustné filtry − wavelety

− dekompoziční techniky

− určení konce T vlny − detekce atriálního signálu − analýza ST segmentu

− Pan-Tompkinsonův algoritmus obecné bloky => PP, diff(x), x2, MA, práh (velice robustní)

− **1**. filtrace pásmová propust => většina energie v pásmu 4–30 Hz − **2.** diferenciace – vlastnost QRS komplexu = rychlá změna

− **3.** umocnění – zvýraznění větších hodnot signálu a potlačení malých hodnot signálu

− **4.** vyhlazení MA filtrem – např. 30 bodový, vymezíme intervaly, kde se nachází R špička a následně

− **5.** prahování – hledáme max v rámci intervalu

− **detekce T vlny**

− repolarizační fáze, vždycky po depolarizaci, tedy po QRS

− 0.6 RRs např.

− **detekce P vlny**

− složitější kvůli přítomnosti flutteru apod.**,** dělíme na 3 kroky

− **1**. detekce přítomnosti oscilací (fibrilace)

− **2.** detekce vázaných vln

− **3**. detekce nevázaných vln

− **určení začátků a konců vln**

− trojúhelníková metoda**,** práh pro překročení derivace

− tečna ve vlně s maximální strmostí (průsečík tečen)

**6. přednáška Speciální metody EKG**

**Pozdní potenciály** 

− vzorkovací frekvence aspoň 1 kHz

− pozdní potenciály v oblasti v QRS špičky

− predikce pro pacienty s vysokým rizikem komorové

tachykardie

− v posledních 40 ms se stanovuje RMS

− délka kdy pozdní potenciály překročí práh – LAS

**Variabilita srdečního rytmu (HRV)**

− jev, který reprezentuje stav autonomního nervového

systému řídícího srdeční činnost

− **autonomní nervový sytém**

− citlivý zpětnovazebný indikátor změn v organismu

− **sympatikus** – zrychluje SF,

− **parasympatikus** – zpomaluje SF, zklidnění

− **faktory ovlivňující úroveň ANS**

− negativně: únava, stres, věk, alkohol, spánková deprivace, zatížení, přetížení, přetrénování…

− pozitivně: obecně regenerace, zdravý životní styl

− v závislosti na stavu a zatížení nervového a kardiovaskulárního systému se srdeční rytmus mění v rozsahu 5–15 %

− **vnitřní faktory** – dány autonomní fyziologickou aktivitou – dýchání, oscilace, tlak krve... − **vnější faktory** – svalové a psychické zatížení, trávení, poloha, podnebí, počasí, hluk − **vyhodnocujeme:**

− **v časové oblasti**

− NN50 = počet rozdílů následných intervalů RR větších než 50 ms

− pNN50 = relativní počet rozdílů následných intervalů RR větších než 50 ms vztažený k celkovému počtu intervalů RR v posloupnosti

− RMSSD = odmocnina ze střední hodnoty čtverců rozdílů následných intervalů RR, používá se vy výzkumu

− **ve frekvenční oblasti /spektrální**

− VLF – spektrální výkon v pásmu velmi nízkých frekvencí (0.003-0.04 Hz)

− LF – spektrální výkon v pásmu nízkých frekvencí (0.04 – 0.15 Hz)

− obecně marker pro kontrolu sympatiku

− HF – spektrální výkon v pásmu vysokých frekvencí (0.15 – 0.4 Hz)

− obecně marker pro kontrolu parasympatiku (zjednodušené

interpretace)

− LF/HF – poměr spektrálních výkonů

− **pomocí nelineárních metody**

− **Poincare plot** – souřadnice určeny dvěma po sobě jdoucími intervaly RR − HRV (0 – 100)

− snížené hodnoty u pacientů s temporální epilepsií

− variabilita srdeční frekvence = uměle respirací (výdech x nádech)

**Turbulence srdečního rytmu**

− nepříznivé, pokud organismus není schopen turbulence

− dále – **alternace T vlny, hodnocení komorové depolarizace** (délka QT, variabilita QT)

**Akustické signály srdce**

**Fonokardiogram**

− srdeční chlopně, ozvy

− v srdci jsou 4 chlopně

− **dvojcípá mitrální chlopeň** − **trojcípá chlopeň**

− opatřeny mikrofonem, filtry

**aortální chlopeň** (poloměsíčitá) **chlopeň plicnice** (poloměsíčitá)

− fonokardiogram = záznam srdečních zvuků a šelestů, které vznikají při činnosti srdce − dochází k otevírání a zavírání chlopní a ke změnám rychlosti proudění krve − spektrum zvuků a šelestů má diagnostický význam a lze podle něho činnost srdce posuzovat − **snímací místa** (poslechová místa srdečních ozev)



−− **I. ozva**

− systolická, prudké zaklapnutí chlopní je provázeno zvukem

− způsobena systolou komor, při níž dochází k náhlému uzavření a.v. chlopní − počátek koinciduje s vrcholem R vlny

− **složky**

− kmity a.v. chlopní při jejich uzavření na začátku systoly

− kmity stěn srdečních komor, otevření aortálních a pulmonálních chlopní

− víření krve na začátku velkých tepen

− **II. ozva**

− diastolická, způsobena uzavřením poloměsíčitých chlopní na začátku diastoly − intenzita kolísá s výší krevního tlaku chlopní je provázeno zvukem

− ke konci T vlny, vyšší, náhlá, jasná 

− **III. a IV ozva**

− obtížně slyšitelné, významně nižší úroveň signálu

− III. vlna = během vlny U (konec rychlého plnění komory

− IV. ozva = těsně před komplexem QRS

− **šelesty**

− důsledek víření krve, déle než normální ozvy

− **patologické** (chlopňové vady)

− **fyziologické**

− nitrosrdeční a nitrocévní, mimosrdeční (v plicích)

− **vady**

− mitrální stenóza (zúžení mitrální chlopně, levá síň se

může zvětšovat)

− mitrální regurgitace (polootevřené, zjizvené, nedovírají se)

− aortální stenóza (zúžení aorty)

− zúžení plicnice

− trikuspidální nedomykavost

− systémová hypertenze (zesílená druhá ozva)

**Mechanické signály srdce**

**Pletysmogram**

− pulsní vlna, HRV

− rychlost šíření pulsní vlny

− **pulzní vlna**

− během systoly (vypuzení krve z levé komory do 

velkého oběhu)

− arteriální systém se s tímto rychle vypuzeným

objemem vyrovnává svou elasticitou

− pulz bezprostředně po systole prohází celým

arteriálním systémem velkou rychlostí



−− nemožné vytvořit normy, které berou do úvahy všechny vlivy ovlivňující tvar a rychlost (věk, místo snímání, pohlaví, genetická zátěž, kouření, obezita, diabetes apod.)

− **pletysmogram** = změna objemu tkáně v závislosti na okamžitých změnách krevního tlaku − dáno pružností krevního řečiště včetně tkáně, která ho obklopuje

− z objemových změn tkáně v daném místě lze hodnotit změny jejího prokrvení − **princip** = pneumatické, kapacitní, impedanční, fotoelektrické

− **fotoelektrický pletysmograf** (1:13) 

− **průsvitový**

− **reflexní** = založený na snímání IR světla, které prochází skrze kapilární řečiště, změny tlaku krve souvisejících s činností

srdce, mění se objem kapilár a způsobuje změnu absorpce, odrazu a rozptylu světla

− z pulzní vlny můžeme vyhodnocovat různé parametry

− index odrazu

− míra pružnosti (Stiffness Index) velkých artérií



−− **pro detekci diastolické špičky se často používá derivace průběhů**

**Pulsní oxymetrie**

− 

− měření kyslíkové saturace krve, využití Lambertova-Beerova zákonu

− realizována 2 pletysmogramy

− dvojice LED (červená a IR) prosvětlení tkáně, měříme poměr absorbancí tkáně na dvou vlnových délkách

**Polygrafické metody**

**Detektor lži (polygraf)**

− krevní tlak, srdeční frekvence, **sekvence otázek**

− elektrický odpor kůže, dýchání, velikost zornice oka

**Polysomnografie**

− stanovení fáze spánku

**Polykardiografie**

− elektrokardiografie = záznam el. činnosti srdce, vyhodnocení součtu akčních potenciálů − fonokardiografie = metoda snímající srdeční ozvy, případně šelesty, vznikající patologickými změnami srdečních chlopních

− pletysmografie = talkové změny odrážející činnost levého srdce

− **vliv dýchání**

**7. přednáška**

**Signály mozku I (EEG)**

**Elektroencefalogram EEG**

− je grafická reprezentace časové závislosti rozdílu elektrických potenciálů snímaných z elektrod na povrchu hlavy (skalp), které vznikají jako důsledek spontánní elektrické aktivity mozku

− v každém svodu snímá střední úroveň vzruchu lokální skupiny neuronů, které leží v určité oblasti mozkové kůry

− **umožňuje hodnotit**

− onemocnění epilepsií

− různé formy poškození mozku

− poruchy CNS

**Elektrická aktivita mozku**

− vzniká synchronizací činnosti neuronů

− v řadě zemí pro definici mozkové smrti − monitorování hloubky anestezie při operacích − brain computer interface

kůry mozku. především synchronizací membránových potenciálů synaptodendrických struktur

− do činnosti zasahuje thalamus

**Mozkové laloky**

− **čelní** (frontální)

− **temenní** (parietální)

**Systém rozložení elektrod 10/20**

− **týlní** (okcipitální) − **spánkový** (temporální)

− založeno na mozkových lalocích

− referenční svorky A1, A2 na ušních lalůčcích**,**

− orientační body kořen nosu N, a I na týlu

− různé roviny – Fp, F, C, P, O

− sudá x lichá čísla

− není potřeba hustší síť (žádný významný příspěvek pro diagnostiku)



− **základní typy zapojení**

− bipolární

− určuje pouze relativní amplitudy a polarity

− víceznačné ploché křivky

− odolnější na artefakty, umožňuje přesnou lokalizaci ložiska

− **různé druhy zapojení**

− longitudinální (spojení lichých a sudých)

− transverzální (napříč)

− referenční – nyní vše referenčně, digitálně se přepíná mezi bipolárním a referenčním − větší vlny, větší dynamika

− horší lokalizace než u bipolárního zapojení

− kontaminace referenční elektrody

− zprůměrovaný

− 

**Požadavky na EEG přístroj**

− frekvenční obsah

− spontánní EEG (0-70 Hz)

− evokované potenciály (až do 3 kHz)

− spodní hranice vzorkovací frekvence je 200 Hz

− mezní frekvence HP je 0.5 Hz

**Hodnocení EEG a způsoby zobrazení**

− nativní záznam

− aktivační metody (doplnění v nejasných případech) − hyperventilace, spánková deprivace

− fotostimulace (v temné místnosti záblesky s různou frekvencí)

− farmakologická stimulace

**Alfa vlny**

− mezní frekvence DP je 70 Hz − síťový filtr používat minimálně − dynamický rozsah +/- 500 µV (kvantování 12 bitů

− minimální počet kanálů je 8

− celkem alespoň 20 min − **časová oblast**

− morfologie vln, hroty

− amplituda (20-100 µV) − frekvence

− **frekvenční oblast**

− mapování

− výraznější = zavřené oči

− pro zdravé dospělé jedince

− nevidomé osoby od narození nemají alfa vlny − charakteristika

− frekvence 8-13 Hz

− amplituda 20–100 µV

− lokalizace okcipitálně

− 

**Beta vlny**

− charakteristika

− frekvence – 14–30 Hz

− amplituda 2-20 µV

− při duševní aktivitě, lokalizace frontálně − pro neurology nezajímavé

− 

**Méně běžné vlny**

− **mu vlny** (stav zvýšené pozornosti)

− ostré špičky, zakulacená spodní částí − frekvence 8-13 Hz

− **lambda vlny** (trojúhelníkový tvar)

**Ontogeneze vln**

− 0-1 nepravidelná delta

− 1-3 dominantní theta 4-7 Hz

− 3-6 prealfa v pásmu théta vln 6-8 Hz − 5-7 objevuje se alfa

**Normální EEG v dospělosti**

**Theta vlny**

− u dětí OK**,** stav usínání

− charakteristika

− frekvence 4-8 Hz

− amplituda 20 – 100 µV

− lokalizace frontálně, centrálně

− 

**Delta vlny**

− pokud člověk nespí, tak alarmující => tumor − charakteristika

o frekvence 0.5 – 4 Hz

o amplituda 20 – 200 µV

− stav spánku

− 

**Gama vlny**

− pro predikci epilepsie

− lokalizace centrálně a okcipitálně

− stav volný pohyb, myšlení

− charakteristika

− frekvence 30-50 (70) Hz

− amplituda 3-5 µV

− 

− základní rytmus – alfa aktivita (8-13 Hz, amplituda 30 - 80µV) − alfa aktivita = vlastnost zdravého bdělého mozku při zavřených očích − mírná asymetrie – ascendenta strmější než descendenta − při mentální zátěži větší symetrie

**Analýza EEG v neurologii**

− 3 oblasti zájmu

− spontánní nezáchvatovitá aktivita

− spontánní záchvatovitá aktivita

− evokované potenciály

**Elektrokortikogram ECoG**

− invazivní EEG

**8.přednáška**

**Artefakty v EEG**

**Druhy artefaktů**

**BIS index**

− pro monitorování hloubky anestezie − empirické bezrozměrné

− bdění = 95, hluboká sedace = 70,

− mírná anestézie = 50, hluboká anestézie = 30

− artefakt = nemá fyziologický původ ve vyšetřovaném orgánu

− **artefakty z prostředí**

− síťový artefakt (50/60 Hz)

− **artefakty z přístroje**

− elektrodový artefakt (špatný kontakt)

− solný můstek (příliš mnoho gelu, propojení kontaktů – nulové napětí mezi sousedními

kanály)

**Vliv stárnutí v EEG spektru**

− 

**Abnormální EEG**

**Abnormality základní aktivity**

− **demence**

− nárůst delty a posun alphy do oblasti théty − **zhmoždění**

− po úrazech apod.

**Paroxysmální abnormality (záchvatové)**

− **periodické**

− nemoc šílených krav

− **epileptiformní**

− **biologické artefakty**

− EKG artefakt

− EKG artefakt z kardiostimulátoru − pulsový artefakt

− oční artefakt z pohybu očí, zavření … − artefakt z pocení

− svalový artefakt



− **absces, otok**

− **nádory**

− **CMP (cévní mozková příhoda)**

− incidence epilepsie – výraznější v raném dětství a pozdějším stáří − **interiktální** (sledovatelné mezi záchvaty)

− **ložiskové** (parciální, fokální) = vychází z určitého místa

− **generalizované** (doprovázeno poruchou vědomí)

− tonicko-klonické záchvaty

− temporální záchvat

− **iktální**

− **grafoelementy popisující záchvatovou aktivitu**

− hroty, ostré vlny, komplexy hrot/vlna

− paroxysmální pomalé vlny

− **zvrat fáze =** současná výchylka amplitudy opačným směrem ve dvou nebo více kanálech (pouze v bipolárním zapojení)

− **dětská absence** (komplexy hrot vlna 3 Hz)

**Detekce epileptiformní aktivity**

− porovnávání vzorců – korelace

− přizpůsobené filtry

**Evokované potenciály**

**Synchronní průměrování** 

− technika používaná pro analýzu evokovaných potenciálů

− předpoklady

− odpověď časově invariantní

− aditivní šum

− stacionární

− nekorelovaný

− střední hodnota rovna nule

− index i = i-tá realizace

− , poměr signál/šum roste s odmocninou

realizací

**Evokované potenciály**

− reakce mozku na senzorický podnět – zrakové x sluchové x somatosenzorické − zaznamenáváme pomocí EEG s vyšší fs (alespoň 3 kHz)

− velmi slabé signály

− analýza tvaru vlny poskytuje informace o abnormalitách a lézích příslušné nervové dráhy **Šíření evokovaných potenciálů**

− nadprahový stimul evokuje elektrický impuls senzorických nervových buněk − impulzy se šíří podél nervových vláken v mozku

− ve složitých strukturách kůry jsou impulzy zesíleny a zpomaleny

**Analýza evokovaných potenciálů**

− z odezvy se odečtou charakteristické vlny

− měření se porovnává s normou

− 1-kanálová analýza

− více kanálová analýza

− normy pro každou laboratoř a věk **Sluchové EP (AEP)**

− **analýza tvaru křivky** − P1, N1, P2 …

− I, II, III, IV, V….

− P100

− stimulace = krátké zvukové impulzy do jednoho ucha − cvaknutí 100 µs

− tón (pípnutí)

− opakovací frekvenci stimulů 1-50 Hz

− 2000 stimulů

− není nutná spolupráce pacienta (i u kojenců ve spánku apod.) − nejslabší z potenciálů

− snímání - +Cz, -A1, ref A2

− AEP popisují, jak se informace šíří z akustického nervu do kúry − 

− dělíme dle latence

− − **diagnostické aplikace**

− charakteristická struktura vln

− typické je kliknutí 70-80 dB

− hledání vln I, III, V a intervalů III-V apod.

− diagnostika akustického neuronu a sluchové neuropatie

− diagnóza RS

− **screeningová aplikace**

− stimulační kliknutí 30-50 dB

− hledání V. vlny

− screening novorozenců

− monitorování hloubky anestézie, během operací a mozku

− vlivy

− biologické – věk, pohlaví, tělesná teplota

− technické – frekvence a intenzita stimulace

**Zrakové evokované potenciály VEP**

− zrakové stimuly nejčastěji monitor s černobílou šachovnici, ve které se rytmicky střídají černá a bílá pole 

− 100 stimulu

− 1 Hz

− průměrovaný signál 5 – 10 µV

− lze využít i záblesky

− snímaní – okcipitálně => O1, O2, Cz

− normálně 3 vrcholy



−− **vlivy**

− věk, zraková ostrost

− tělesná teplota, pohlaví

− nespolupráce, užití léku

− dominance oka

**Somatosenzorické evokované potenciály SEP**

− **aplikace**

− diagnózy roztroušené sklerózy

− patologie dráhy očního nervu

− diagnóza rozdílu mezi levým a pravým viděním

− odezvy na hmatové vjemy (mechanický, teplotní, bolestivý stimul) nejčastěji z horních a dolních končetin

− elektrický stimuly, laserové stimuly, průměrované napětí 5-10 µV

− snímání C3 C4 Cz

− SEP se objevují s časovým zpožděním v závislosti na místu stimulace a dráze, kterou musí vzruch urazit do mozku

− rané evokované potenciály jsou klinicky nejvýznamnější – 25-100 ms v primární somatosenzorické kúře (S1)

− později se aktivují asociační sekundární somatosenzorické kúry

− energeticky největší měřitelná odpověď je uváděna v čase mezi 150-200 ms po stimulu na negativní vlně N175

− **aplikace**

− diagnózy neuropatií, roztroušené sklerózy a demyelinizace nervů

− hodnocení postižení krční míchy a periferního nervstva

− monitorování při operacích páteře

− monitorování hloubky kómatu

**Motorické evokované potenciály**

− stimul na hlavě

− diagnostika funkční integrity motorických drah

− aplikace

− diagnóza roztroušené sklerózy

− onemocnění motorického neuronu

**9. přednáška EEG III intrakraniální EEG**

**Epilepsie**

− chronické neurologické onemocnění

− zhruba do 1% populace

− vrozené i získané

− příčina často neznámá, po mrtvici, trauma, nádor

− **spontánní vznik záchvatů**

− s/bez poruchy vědomí

− s/bez motorických projevů

− různé projevy a různé intenzity (např. i nekontrolovaný smích)

**Koncept epileptických zón**

− **vznik záchvatu**

− různé vnější vlivy ovlivňují výskyt záchvatu − **léčba**

− dieta

− pravidelný spánek

− bez stresu a provokací

− léky = tlumí, regulují, či modulují aktivitu, třetina pacientu je rezistentní

− makroskopická léze (abnormální tkáň, který sama o sobě nemusí být epileptogenní) − na okraji ovšem vznikají oblasti záchvatu

− symptomatogenní oblast = kam se šíří záchvat

− elokventní kúra = oblast mozku zodpovědná za nějakou kognitivní funkci − iritační zóna = sama o sobě negeneruje záchvaty, ale do budoucna může, není homogenní, dá se rozdělit (pomocí clusterů)

− **chirurgická léčba** = odstranit lézi, ale nepoškodit elokventní kůru

**Lokalizace epileptogenní zóny** 

− rodinná, osobní anamnéza

− dědičnost, choroby, okolnosti záchvattu

− úraz, metabolická porucha, čistě psychogenní

příčina 10-20 %

− zobrazovací vyšetření

− CT

− MRI

− Metabolická zobrazení – PET, SPECT

− elektrofyziologická vyšetření

− povrchové EEG

− video EEG

**Video EEG vyšetření**

− sémiologie záchvatů (jak postupuje záchvat) − elektrofyziologie

− 10-20 standardizace

**Zdroj x sekundární aktivace x propagace**

**High-density EEG**

− 64-256 kontaktů

− inverzní úloha

− odhad inverzní úlohy pomocí dekonvoluce

− ložisko v hloubce – anatomicky oddělené, slabý zdroj, propagace drahami − lokalizace sekundární oblasti

− 

**Intrakraniální EEG**

− pro farmakorezistentní fokální epilepsie

− kde je potřeba vymezit hranice epileptogenní zóny a elokventních oblastí − implantace nitrolebních elektrod

− **ECoG**

− **SEEG** (nyní)

− 7-21 dní video iEEG monitorace

**Koregistrace obrazů (MR + CT)**

− vyšetření se musí zarovnat

− MR před operací, CT zobrazí místo elektrod

− nutno přesně lokalizovat kontakt – bývá až 300 kontaktů

− anatomický atlas (struktura, tkáň)

− MNI normalizace (univerzální koordinační systém)

− 3D modely

**iEEG monitorace**

− **záznam 24/7 video EEG**

− až 256 kanálů (fs = 16 kHz) > 100 GB /den (bez videí) − 0-800 Hz

− záchyt záchvatu

− interiktální aktivita = mezi záchvatová aktivita

− **přímá elektrická stimulace**

− stimulace záchvatu

− mapování funkčních oblastí

− **výzkum kognitivních funkcí**

− zpracování podmětů

− aréna (ego/alocentrické úkoly)

− brain machine interface

**Kvantitativní EEG**

− přepis parametrů EEG do čísel

− **interiktální aktivita**

− IED, REDs, hrot s dobou trvání do 100 ms

− zpětně vizualizovat do jednotlivých kontaktů elektrod

− **hodnocení iEEG**

− klinické

− vizuálně

− subjektivní, zkušenost

− extrémně časové náročné − ignorování nenápadných jevů

− počítačové zpracování

− kvantitativní hodnocení

− digitální zpracování

signálů

− strojové učení a umělá

inteligence

− big data

− dolování dat = složité

kauzální jevy

**Zóna počátku záchvatů SOZ**

− iktální aktivita

− začátek SOZ

− co je zdroj a co je sekundární propagace? => teorie grafů

− SOZ = aktivní zdroj

− symptomatogenní oblast = oblast šíření

**Kortikální elektrické stimulace**

− mapování elokventních oblastí (ESM)

− řečová centra = halucinace

− senzomotorická oblast = boxerský úder − vizuální kortex

**Stratifikace podtypu FCD (fokální kortikální dysplazie)**

− **typ I**

− IA

− IB = nezralé neurony

− částečně funkční, rozsáhlejší léze − často MRI negativní

− **typ II**

− disfunkční tkáň, fokální léze

− IIA = dysmorfní neurony

− IIB = balónovité buňky

− potvrzeny až po operaci

**10. přednáška Biosignály oka a spánek**

**Elektroretinogram (ERG)**

− záznam akčních potenciálů, které vzniknou na sítnici při světelné stimulaci (záblesk) − fotopický (oko přizpůsobeno světlu, potenciál tvořen čípky

− 

− skotopický (oko přizpůsobené tmou, potenciál tvořen tyčinkami)

− 

− speciální elektrody, hodnotí se latence jednotlivých vln

− vrozená šeroslepost (negativní vlna v obou testech, EOG normální) **Elektrokulogram (EOG)**

− horizontální svody okolo oka 

− napětí mezi sítnicí a rohovkou 0,4 – 1 mV

− 

− patologická sítnice = nenaběhne do vysokých hodnot

− hodnocení funkčnosti okohybných stavů

− hodnocení asymetrie, polysomnografie

− charakteristické oční pohyby při čtení

**Polysomnografie** 

− spánkové cykly

− bdělost

− 1. stadium NonREM

− 2. stadium NonREM

− 3. a 4. stadium NonREM

− REM spánek

− obecně NREM odpočívá těla a mysl

− obecně REM mysl aktivní, odpojená

od těla

− poruchy spánku

− diagnostická metoda při vyšetřování poruch spánku − provádí se simultánní záznam mnoha parametrů − na základě analýze dat lze rozlišit fáze spánku a typ poruchy − **vyšetření:** 

− **EEG** – min. 2 svody (C4-A1, C3-A2) 2-20 Hz

− pro rozlišení bdělosti a diagnostiky určité NRem fáze

− **EOG** – oční pohyby 2 svody 2-20 Hz

− **EMG** – svalstvo brady 1 svod 10-90 Hz − EMG svalstvo končetin

− EKG

− průtok vzduchu před nosem a ústy

− tmavá zvukotěsná místnost, 12-16 kanálů − běžně 1 noc – 4 noci placebo pak natočení **Spánek**

− jedna ze základní fyziologických potřeb − regenerace CNS a celého těla

− pohyby při dýchání − saturace krve O2 − poloha těla

− video, mikrofon

− konzervace energie – pokles bazálního metabolismu (hlavně při delta spánku) − důležitý pro plasticitu neuronů (utváření krátkodobé a dlouhodobé paměti) − stádia

− **bdělost**

− EEG – při zavřených očích alpha aktivita − EOG – rychlé pohyby očí

− EMG – tonická aktivita vyšší amplitudy − **1. NonREM**

− EEG – rozpad alpha aktivity převládá theta − EOG – pomalé pohyby

− EMG – klesá tonická aktivita

− **2. NonREM**

− EEG – theta aktivita, K-komplexy, vřeténka − EOG – bez pohybu

− EMG – mírná tonická aktivita

− traduje se, že vzbudit v delta spánku = nepříjemné

− **3. a 4. NonREM**

− EEG – delta spánek

− EOG – bez pohybů (přenáší se delta) − EMG – velmi nízká tonická aktivita svalů brady

− **REM spánek**

− EEG – nízkovoltážní

desynchronizovaná aktivita

− EOG – nepravidelné rychlé oční pohyby

− EMG – atonie, nepravidelné tonické projevy

− nepravidelný dech a srdce

− sny, erekce



**Poruchy spánku**

− výskyt vzrůstá s narůstajícím věkem

− **syndrom spánkové apnoe**

− snížený svalový tonus

− zapadávání jazyk

− uzavírání trubice během spánku

− zvýšená únava

− bolesti hlavy

− postižení oběhového systému

− **polygrafie**

− AHI – apnoe

− ODI – oxygen desaturation index

− T90 – čas se saturací pod 90% (norma 0)

− OA = obstrukční spánková apnoe – příčina

mechanická (léčba redukce hmotnosti, spát na

boku, chirurgická léčba)

− **OSA – obstrukční spánková apnoe**

− 



− CA = centrální spánková apnoe – příčina v CNS

− MA = smíšená apnoe

− SI = index chrápání

− HY = hypopnoe (snížení dechového objemu)

− **syndrom neklidných nohou** = nepříjemné pocity na končetinách, pohyb brání v usnutí − **narkolepsie** = náhlá celková ztráta svalového tonu po emotivní reakci

− **parasomnie** = stavy abnormálního chování, poruchy probouzecích mechanismů, poruchy přechodu spánek – bdění

**11. přednáška Elektrogastogram**

**Žaludek**

− činnost žaludku souvisí s el. aktivitou, vzniká ve třech 

částech

**Potíže trávicího traktu**

− **gastroparéza**

− porucha vyprazdňování žaludku

− doprovází nevolností, zvracením

− dobré se vyhýbat tučným jídlům a přebytkům

vlákniny

− **reflux** = návrat žaludeční šťáv do jícnu

− **nauzea** = pocit na zvracení

− **žaludeční vřed** – monitorování pomocí pH metru

− **syndrom dráždivého střeva** – nejčastější ze stresu

**Elektrogastrogram**

− zaznamenává bioelektrické potenciály žaludku, pohyby vegetativního systému a hladkého svalstva, projeví se tračník, dvanáctník, tenké střevo…

− elektrody na břišní stěnu

− není přesně definováno umístění elektrod

− experimentální význam – výzkum v souvislosti s diabetem 

decimovaný EGG signál 

−− signály: (na lačno dominantní 3 Hz, po jídle se zmenší amplituda a frekvence) − − používá se 30 bodový klouzavý průměr pro vyhodnocení v časové oblasti **Plicní funkce**

**Anatomie a funkce plic**

− jedny z největších orgánu v těle − dochází zde k okysličení krve − vnější a vnitřní respirace

− **základní funkce**

− dodávat tělu kyslík

**Spirometrie**

− základní funkční vyšetření plic − popisuje

− plicní objemy

− 4 objemy

− na úrovni alveol = výměna krevních plynů

− párový orgán, pravá 3 laloky, levá 2 laloky (kvůli srdci) − plíce – průdušnice – průduška – průdušinka – plicní sklípky

− 4 kapacity – součet dvou či více

plicních objemů

− plicní ventilaci

**Objemy**

− **dechový objem (Tidal Volume TV)**

− klidový – 0.5 l

− objem vzduchu vyměňovaný při normálním klidovém dýchání

− **inspirační rezervní objem (IRV)**

− objem vzduchu, který může být ještě vdechnut na konci běžného klidového nádechu − muži 3.3 l, dívky 1.9 l

− **expirační rezervní objem (ERV)**

− objem vzduchu, který může být ještě vydechnut na konci běžného klidového výdechu − stejná pro muže a ženy, zhruba 1.1 l

− **reziduální objem (RV)** 

− objem vzduchu, který se z plic nikdy nevydechne

**Kapacity**

− **vitální kapacita (VC)**

− maximální objem vzduchu, který lze vyměnit

− VC = IRV + TV + ERV

− **inspirační kapacita (IC)**

− maximální objem vzduchu, který lze nadechnout

− IC = IRV + TV

− **funkční reziduální kapacita (FRC)**

− objem, který při běžném dýchání zůstává nevydechnutý − FRC = ERV + RV

− **celková kapacita plic (TLC)**

− celkový objem plic

− TLC = IRV+ TV+ERV+RV

**12. přednáška Hlas a řeč**

**Anatomie** − 



− z plic výdechový proud, prochází hlasivkami, ty jsou buď uzavřené nebo otevřené − respirace

− fonace = vibrace hlasivek a hrtanu vytvářejících zvuk

− f0, jitter, shimmer

− artikulace = modifikace pozice a tvaru řečových orgánů => tvorba hlásek − prosodie = vyšší úroveň jazyka – změny hlasitosti, časování při tvorbě řeči, melodie…

**Akustický model** 

− pásmové propusti a rezonátory pro

modelování hlasového ústrojí

− jitter a shimmer = přirozená

nestabilita

− samohlásky modelované pomocí

formantových frekvencí

**Akustické charakteristiky**

− respirace = změny energie En

− fonace

− **f0** – jitter = kmitočtová nestabilita**,** shimmer = amplitudová nestabilita**,** ACR − **šum** – NHR

− artikulace

− F1, F2 = artikulační index, vokální trojúhelník

− segmentace = rychlost, délky segmentů

− prosodie

− f0, En – std f0 ( v půltónech), std En, poměry řeč/ pauza

− např. u Parkinsoniků monotónnost

**Základní hlasivkový tón**

− změny v rychlosti kmitání hlasivek vnímáme jako změny v základní periodě hlasivkového tónu, resp. v základní frekvenci f0

− základní perioda je ovlivněna vlastnostmi hlasivek – pružnost, hmotnost délka − analýza často pomocí autokorelační fce, pro patologii jiný způsob

− 

**Formanty**

− významné energetická pásma, charakterizují samohlásky



−− záleží na volbě metody – DFT, LP, kepstra apod. nemá smysl určovat formanty na jednotky či desetiny Hz

**Poruchy hlasu**

− organické

− záněty

− nádory

− parézy

− úrazy a anomálie

**Metody objektivního hodnocení hlasu**

− funkční

− poruchy z přemáhání hlasu − psychogenní poruchy hlasu − hlasové neurózy

**Subjektivní hodnocení hlasu**

− fonetogram = měření hlasové pole zpěvního a mluvního hlasu

− akustických analýzách

− základní frekvence

− formanty

− energie

− pacient hodnotí svůj hlas

− 30 otázek pro vyhodnocení handicapu − VHI = Voice Handicap Index

− lékař hodnotí hlas

− 0-6 stupnice

− kvality hlasu – jitter, shimmer, NHR, HNR − DSI = dysphonia severity index

− měření závažnosti částečných poruch − VRP = hlasové pole

− funkční akustická vyšetřovací metoda

− kvantitativní parametry = rozsah pole, statistické parametry, tvarové charakteristiky, obsah plochy

− měření zpěvního rozsahu – vokály a, e, i, u

− měření mluvního rozsahu – čtení standardního textu

− důležité dodržet konstantní vzdálenost mikrofonu 

− MDVP = multidimenzionální analýza

− funkční akustická vyšetřovací metoda

− kvalitativní parametry a jejich uspořádání

− stupeň subharmonických, tremor, frekvenční

kolísání, amplitudové kolísání, šumové parametry,

stupeň neznělých úseků…

− aplikace

− vyšetření před chirurgickým zákrokem, 2 týdny po, 1

měsíc po, 12 měsíců po

**Poruchy hlasu**

− patologické hlasy = vyšší obsah šumu ve spektru − nahoře zdravé dole patologie

−− normální hlas − shimmer 4 %

− jitter 1 %

− autokorelace k 1

− akutní laryngitída

− shimmer dvojnásobný

− pokles autokorelace

− pokles HNR v dB

**Poruchy řeči**

− porozumění – Wenickeovo centrum

− tvorba – Brocovo centrum

− prováděcí řečová motorika, poruchy fonace a artikulace − **dysartrie**

− chronická laryngitída

− parametry příznivé, projevuje se chraptivostí

− edém

− parametry přiznivé

(nezaznamenáme z akustických

charakteristik)

− Reinkeho edém

− shimmer 10 %

− často pro alkoholičky a kuřačky = hrubé hlasy

− papilomatosis

− benigní nádor

− autokorelace k nule

− HNR záporné dB

− cysta = nepravé nádory

− polyp

− traumatické změny

− po úrazu hrtanu apod.

− porucha inervace

− spastická dysfonie

− hyperkinetická dysfonie

− dlouhodobé namáhání hlasu

− jitter 3 %, shimmer 9 %

− psychogenní dysfonie

− důsledkem onemocnění nervové soustavy, která brání kontrole například nad jazykem, hrdlem, rty, či plícemi

− poruchy motorické produkce zvuků na nesymbolické úrovni (porucha fonace a artikulace)

− Parkinsonova choroba

− **afázie** = získané poruchy řeči v důsledku poruchy mozku

− cévní mozkové příhody, úrazy a poranění mozku, nádory, Alzheimerova nemoc − **dysfázie**

− vývojové vrozené poruchy řeči

− následek poruchy centrálního zpracování řečového signálu, příznakem je opožděný vývoj řeči

**Subjektivní hodnocení dysatrie**

− 3F test (45 úkolů)

− pohyb tvář, dýchání, artikulace (faciokineze, fonorespirace, fonetika)

**Metody hodnocení řeči**

− poruchy plynulosti řeči

− koktavost

− terapie – psychologické způsoby, DAF (auditory feedback)

− parametry v časové oblasti 

− založené na VAD (poměr ticha a řeči, délka ticha…)

− energetická obálka

**Rezonance s IIR filtrem 2. řádu**

− jednoduchá rezonance = IIR druhého řádu (pásmová propust)

**13. přednáška**

**Bazální ganglia**

− systém jader zanořených do hloubi hemisfér nezbytných k harmonizaci hybných dějů − podílí se na učení pohybových vzorců

− regulují aktivitu mozkové kůry tak, aby byly pohyby prováděny plynule a hladce − neurotransmitery

− exhibiční = glutamát, dopamin => budicí funkce

− inhibiční = GABAm dopamin => tlumící funkce

− porucha funkce

− hypokinetická = nadměrné tlumení => Parkinson

− hyperkinetická = nedostatečné => Huntington

− přímá dráha = dopamin jako excitační, inhibiční výstup ze striata přímo na Gpi (Globus Pallidus Internus)

− nepřímá dráha= dopamin jako inhibiční, ihibičný výstup nepřímo na Gpi **Parkinsonova nemoc**

− chronické neurodegenerativní onemocnění, progresivní úbytek dopaminergních neuronů − celkové zpomalení pohybu (ovládání motoriky)

− hypokineze, bradykineze, akineze

− klidový třes (pokud se pacient pohybuj = absence)

− shrbený postoj

− poruchy chůze = problémy se zahájením, náhlé zárazy, postupné zrychlování − medikace = dopaminergní (chemické navýšení koncentrace, snižuje symptomy) − porucha řeči = hypokinetická dysartrie, svalová ztuhlost

**Huntingtonova nemoc**

− diagnostika na základě genetického testu

− autozomálně dominantní dědičné onemocnění – mutace 4. chromozonu − dopamin cesty v pořádku, přerušení na nepřímé dráze

− chorea = nepravidelné, krátké a rychlé, náhodné pohyby

− dystonie = mimovolní stah jednoho nebo více svalů

− myoklonus = synchronní monofázické záškuby svalů

**Analýza dat u neurodegenerativních onemocnění**

− brzká a diferenciální diagnostika = zachycení před odumřením značné části neuronů − monitorování změn

− technologie = snaha o objektivizaci, automatizaci, robustnost a zachycení příznaků v běžném životě => telemonitoring

**Motorické poruchy řeči (dysartrie)**

− změny v řeči mohou být prvním nebo dokonce jediným projevem neurologického onemocnění

− kvantitativní marker = hodně aspektů pro hodnocení

− typ poruchy řeči může dát vodítko jaká část mozku je postižená

**Metody**

− **videolaryngoskopie** = kamera na hlasivky

− **elektroglotografie** = měření hlasivkových pulzů

− **akustická analýza** = pulzy rezonují v dutinách

**Elektroglotografie EGG**

− neinvazivní metoda pro zaznamenání kmitů hlasivek

− hlasivky mají 2 základní postavení = otevřené (dýchání) a štěrbina (mluvení) − vzniká akustická vlna

− princip: na úrovni ohryzku se přiloží elektrody s malým napětím (0,5 V) a o vysoké frekvenci (MHz)

− obvod se uzavře přes hrtan = otevírání(roste) a uzavírání (klesá) hlasivek mění impedanci − amplitudová modulace signálu => demodulujeme a máme průběh EGG

− kvocient kontaktu (CQ) = poměr času, kdy jsou hlasivky uzavřené k délce celého cyklu, určují charakter zpěvu