

Biologické signály BSG

1. přednáška

Úvod do biosignálů

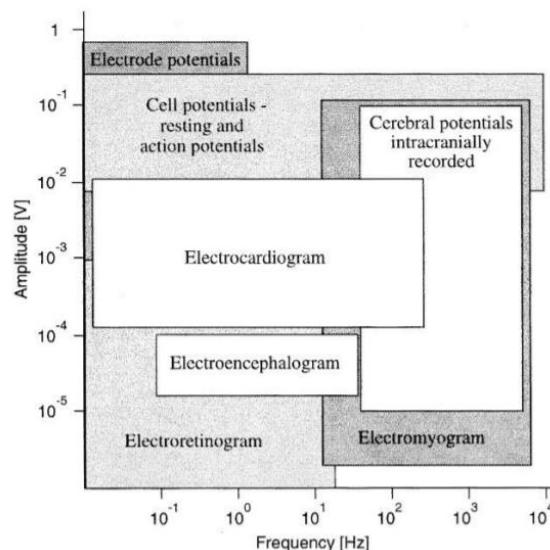
Signály

- 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 rychlosť 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 chlopňe, 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
 - Heart Rate Variability
 - FKG
 - FPG
 - krevní tlak
- zrak
 - EEG
 - VEP (visual evoked potentials)
 - EOG
 - ERG
- sluch
 - AEP
 - audiometrie
 - otoakustická emise
- dýchací soustava
 - spirometrie (flow-volume)
 - chemické signály (krevní plyny)
 - pletysmografie
- trávicí soustava
 - chemické metody
 - MRI, CT
 - ultrazvuk
 - EGG

– **dělení podle počtu proměnných**

- jednorozměrné
 - nejčastěji vyjadřují časovou závislost sledované veličiny
- dvourozměrné
- vícerozměrné

– **podle počtu kanál**

- jednokanálové
- vícekanálové
 - téhož typu (EKG, EEG)

- různého typu (spánková polygrafie, foniatriký záznam, kardiotokogram = srdeční rytmus plodu, mechanické stahy dělohy)
- **polygrafické metody**
 - polykardiografie
 - pletysmogram
 - II. Eithovenův svod
 - fonokardiogram
 - polysomnografie
 - EEG
 - EOG
 - EMG
 - + další signály (EMG, EKG, průtok vzduchu, pohyby při dýchání, poloha těla, saturace krve...)
- **signály lidského organismu**
 - **dělení:**
 - **spontánní** = bez rozhodujícího vnějšího vlivu
 - **opakující se** (repetiční, kvaziperiodický)
 - EKG, respirační signály
 - **nepavidelné**
 - EEG, EMG
 - **odezva na specifické buzení**
 - elektrické odezvy nervové soustavy na podněty
 - křivka usilovného výdechu
 - odezva Achillovy šlachy
 - **dělení**
 - **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)
 - **spojitost signálů**
 - většina spojitá (EKG, EEG...)
 - snímané signály jsou diskretizovány
 - pravidelně (EKG)
 - nepavidelně (teplota)

Zpracování biosignálů

- 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)

- **frekvenční oblast**
 - spektrum
 - výkonová spektrální hustota
 - definice základní frekvence pomocí Fourierovy transformace
 - Nyquistova frekvence
- **filtrace (potlačení artefaktů)**
 - 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
 - vzájemná korelace
 - autokorelace
- **kompresce**
 - převzorkování

1. laborka

Měření doby reakce

Reakce

- **reakční doba = zpoždění mezi stimulem a reakcí na něj**
- rychlosť reakce je závislá na:
 - na úrovni bdělosti
 - na intenzitě podnětu (fyzikálních vlastnostech)
 - na soustředěnosti
 - nácviku
 - na aktuálním zdravotním stavu (únavu)
 - věku (<25 let se reakční doba mírně zkracuje, pak se nemění, ve vysokém věku se prodlužuje)
- u řidiče záleží na úhlu pohledu
- pozn. při hlasité hudbě má řidič o 0.16 s delší reakční dobu

smysl / receptor	reakční čas člověka [ms]
hmat	90-120
sluch	120-180
zrak	150-220
čich	310-390
bolest	130-890

2. přednáška

Geneze bioelektrických signálů

Elektrické vlastnosti živých organismů

- organismus jako celek
- systém
- orgán
- kardiovaskulární
- nervový
- trávicí
- buňka
- neuron
- buňky srdečního
- svalu

- srdce
- mozek
- tkáň
 - nervová
 - svalová

Iontové kanály

- integrální membránový protein propojující extracelulární a intracelulární prostor
- 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
- neuron je specializovaná buňka na přenos informace, po podráždění nese informaci (tepelné, světelné, chemické podráždění...)
- membránový potenciál = napětí na membráně v jakýkoliv daný moment
 - definovaný jako $U_m = U_{in} - U_{out}$
- 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 nabity** oproti extracelulárnímu prostoru
- ionty nesou náboj a tím vzniká napěťový rozdíl mezi extracelulárním a intracelulárním prostředím
- **konzentrace iontů uvnitř a vně buňky**

iont	vně buňky	uvnitř buňky	KMP
Na ⁺	150	15	62 mV
K ⁺	5,5	150	-90 mV
Ca ²⁺	2,4	50	
Mg ²⁺	1,2	4	
Cl ⁻	125	9	-71 mV
HCO ₃ ⁻	28	10	
SO ₄ ²⁻	1	2	
fosfáty	4	75	
pH	7,4	7	

- **Nernstova rovnice**
 - určuje stav **ekvilibria** = vyrovnaný 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

$$E_x = \frac{RT}{nF} \ln \frac{[X^+]_{out}}{[X^+]_{in}}$$

R...plynová konstanta
T...teplota (K)
n...valence iontu
F...Faradayova konstanta

$$V_x = \frac{RT}{F} \ln \frac{[X]_{out}}{[X]_{in}}$$

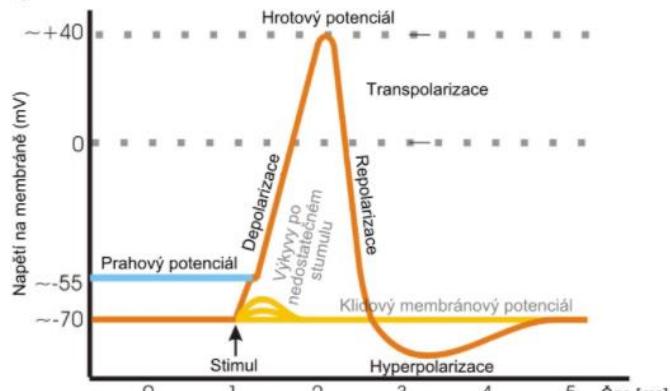
- pokud počítáme pro záporně nabité iont, zlomek v logaritmu opačně
- součet příspěvků Nernstových potenciálů jednotlivých iontů při dané teplotě udává KMP
- lze přepsat do tvaru: $V_x = \frac{61.5}{n} \log \frac{[X^+]_{out}}{[X^+]_{in}} [mV]$

Goldmannova rovnice

$$- V_m = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_K[K^+]_{out} + P_{Na}[Na^+]_{out} + P_{Cl}[Cl^-]_{in}}{P_K[K^+]_{in} + P_{Na}[Na^+]_{in} + P_{Cl}[Cl^-]_{out}} + \dots = -73 \text{ mV}$$

Akční potenciál

- výstupní informace z neuronu
- napětím řízený sodný kanál
 - 2 hradla – aktivační, které se otevře při prahovém napětí a inaktivací
 - průběh = aktivace => inaktivace => deaktivace (znova 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
- membrána jako kondenzátor
- pomocí synapsí = synaptická štěrbina, chemické látky, neurotransmitery
- **rychlosť šíření**
 - zvětšení průměru axonu zvyšuje rychlosť šíření akčního potenciálu
 - myelin zvyšuje rychlosť

prostorová sumace

- možná aktivace více synapsí (sečte se napětí)



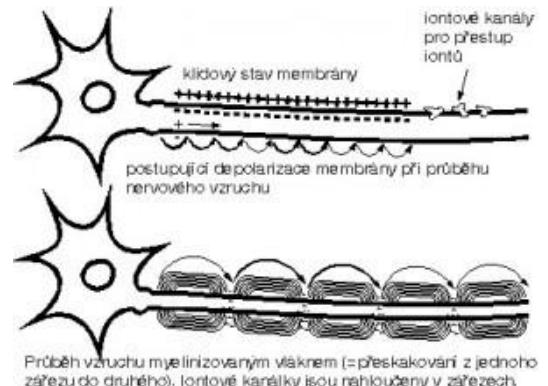
časová sumace

- přijde víc AP za sebou (sečte se napětí)



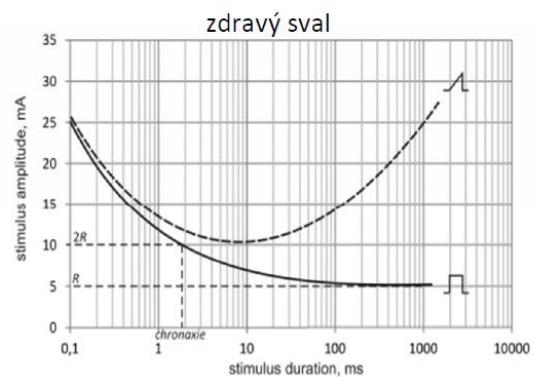
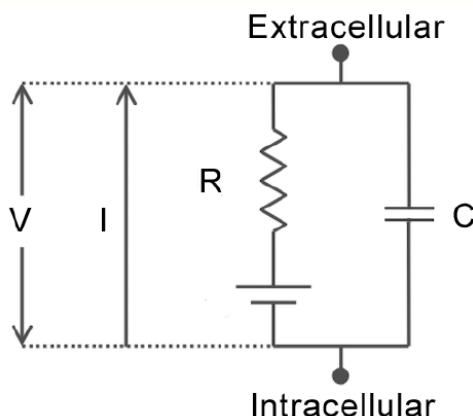
Myelinizované nervová vlákna

- 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

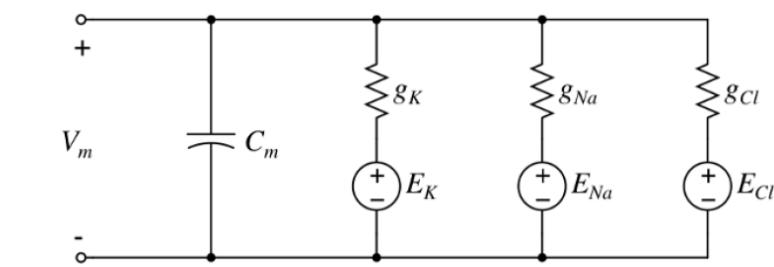


Modelování elektrických vlastností buněčné membrány

- náhradní elektrické zapojení



- **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

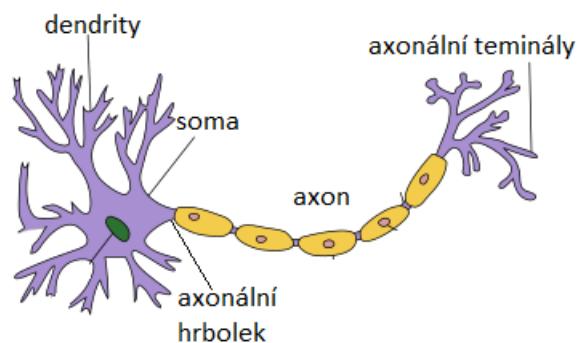


- pomocí metody uzlových napětí popíšeme obvod
 - $U = \frac{E_K g_K + E_{Na} g_{Na} + E_{Cl} g_{Cl}}{g_K + g_{Na} + g_{Cl}}$
 - poměr vodivostí $g_K: g_{Na}: g_{Cl} = 1: 0,03: 0,1$

Modelování neuronu

- **morfologie:**

- **dendry**
 - velká plocha pro příjem signálu
 - variabilní tloušťka
 - mnohačetné výběžky
- **soma** = perikaryon = tělo neuronu
- **axonální hrbolek** = iniciální segment
 - integrace signálů z dendritů
- **axon** = pouze jeden u každého neuronu
 - uniformní tloušťka
- **axonální terminály**
 - synaptické kolaterály a synapse
 - přenos signálu na postsynaptické buňky
 - výlev neuropřenašeče

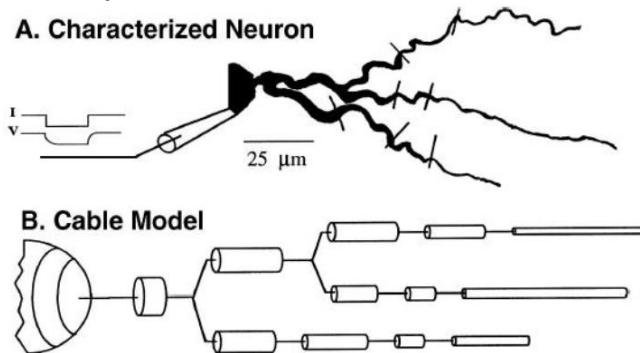


- **modelování těla (somy)**

- nemodelujeme

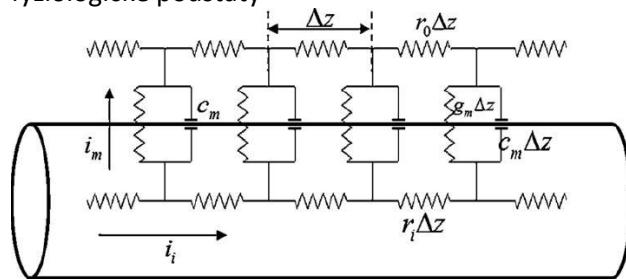
- modelování dendritů

- kabelové modely



- teorie vedení

- 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



$$\lambda^2 \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = \tau \frac{\partial V}{\partial t} + V$$

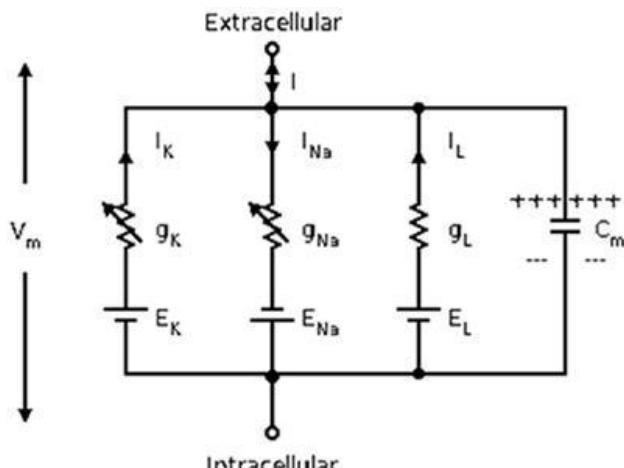
- vždy obsahuje R_i a R_o pro každý element ve směru z
- λ prostorová konstanta
 - $\lambda = \frac{R_m}{R_i + R_o}$
- τ časová konstanta $\tau_m = R_m \cdot C_m$

- modelování synapsí

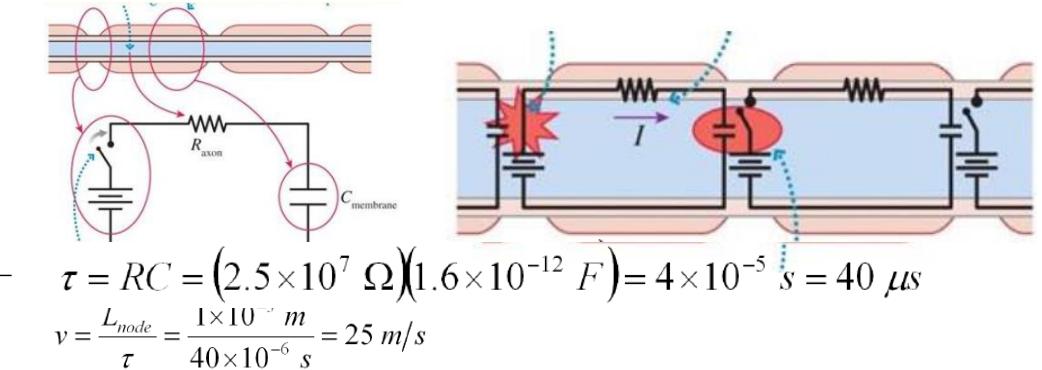
- nelinearity, approximace

- 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 prostředí)
- **Hodgkin-Huxley model (1952)**



- modelování axonu jako RC obvody (integrační články)



2. laborka

Měření rychlosti vedení nervového vzruchu ulnárním nervem

Obrna n. ulnaris

- při lézích na paži a v loketní krajině nastává porucha všech funkcí senzitivních i motorických
- porucha citlivosti typická, výpad funkce příslušných svalu je většinou klinicky nevýrazný
- neschopnost flexe konečného článku 4. a 5. prstu
- drápotitá ruka
- **příčiny**
 - trauma nebo otlak nervu v loketní krajině
 - chronické působení tlaku v distálním úseku
 - hyperextenze zápěstí (natěrači, motocyklisté)

Určení začátků a konců vln

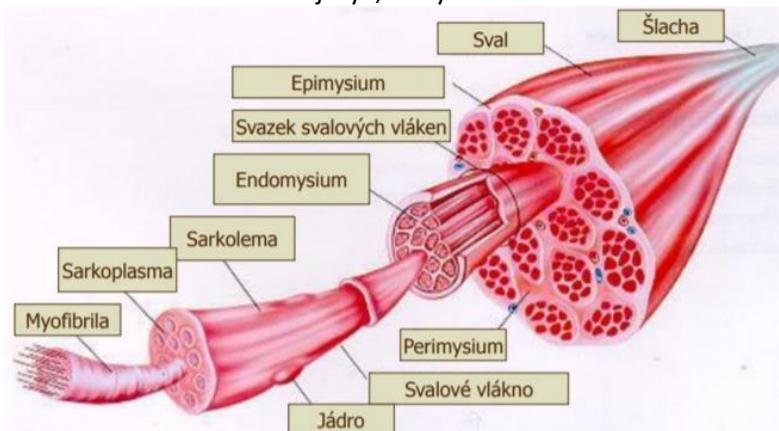
- prahování derivovaného průběhu
- trojúhelníková metoda = plocha vymezená třemi body bude největší, pokud jeden z bodů bude ležet v počátku

Metody

- prahování usměrněného signálu
- prahování výkonovou obálkou
- trojúhelníkový detektor
- **zpoždění cca 10 ms**
- **rychlosť cca 30 m/s**

Svaly

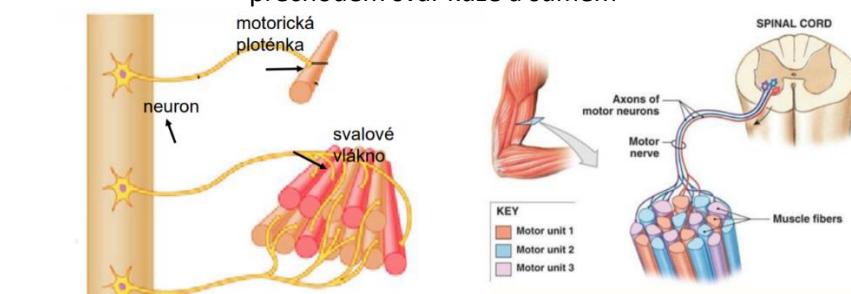
- **hladká svalovina**
 - nelze řídit vůlí, např močový měchýř
- **srdeční svalovina**
 - myokard
- **příčně pruhovaná (kosterní) svalovina**
 - ovladatelná vůlí – jazyk, svaly končetin...

**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

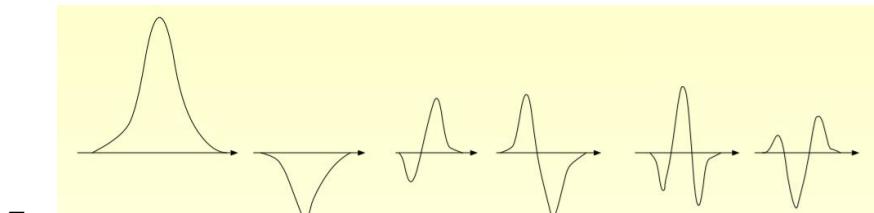


- pro jemnou motoriku jsou inervovány malé motoneurony
 - větší axony mají menší vnitřní odpor => menší neurony jsou dříve aktivovány než neurony větší

sval	celkový počet nervových vláken	celkový počet svalových vláken	počet MU	počet svalových vláken v MU
Platysma (sval v podkoží krku)	1826	27100	1096	~25
Svaly na ruce (ukazováček)	199	40500	119	~340
Svaly dolních končetin (lýtka)	965	1120000	579	~1934

Typy vln

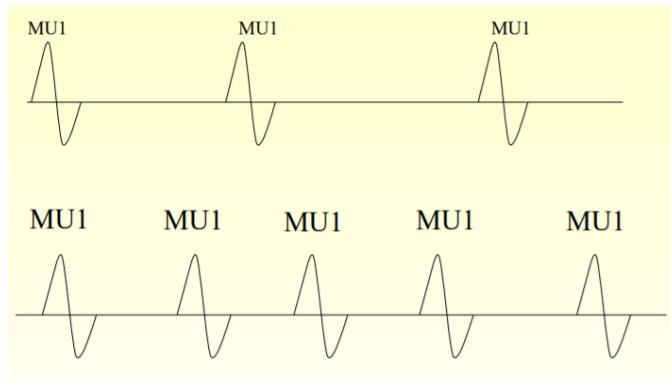
- monofazické
- bifázické
- trifázické



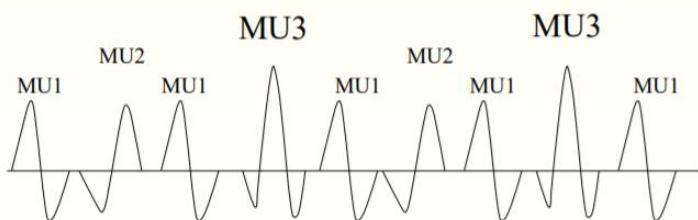
- normální tvar AP MU
- bifázický nebo trifázický
- závisí na poloze a tvaru jehly

Nábor motorických jednotek

- se zvyšováním síly = nárůst frekvence
 - např. pro analýzu únavy
- časový nábor



- prostorový nábor

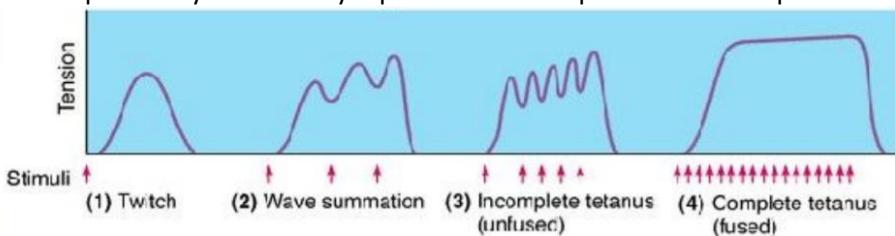


Zapojuvání svalů

- 1. typ = pomalý typ, delší výdrž
 - 50 %
- 2. typ = rychlý typ, silnější kontrakce, výbušnost
 - 50 %
- u sportovců rozložení dle zaměření (sprinter x dlouhé běhy)

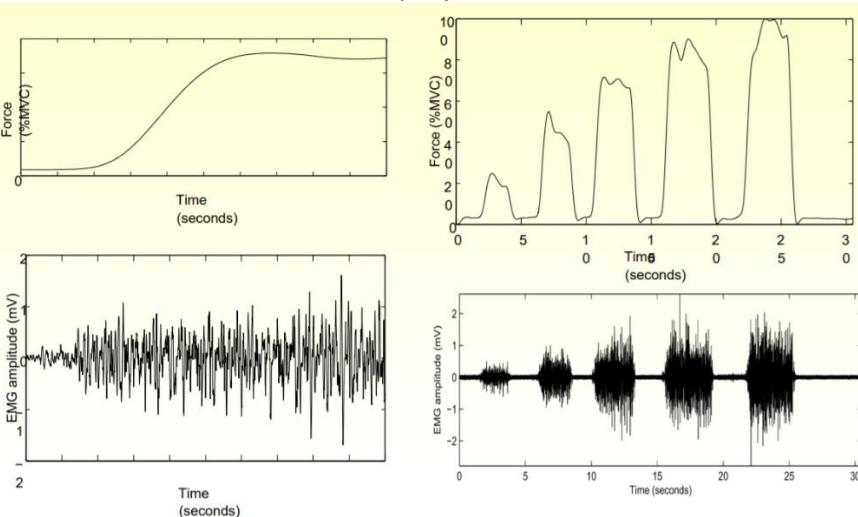
Podráždění svalu

- 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



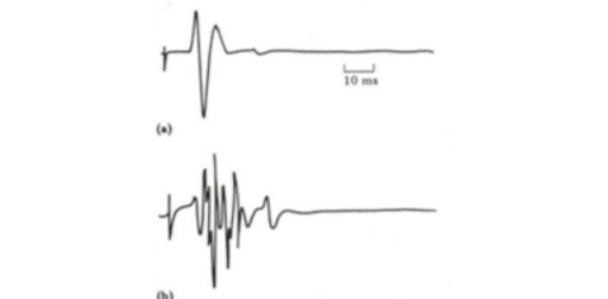
Typy elektrod ke snímání EMG

- 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?

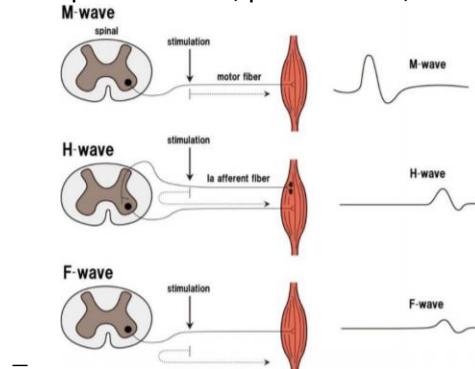
Elektromyografie

- 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 rychlosť 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...
 - **konduktivní 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

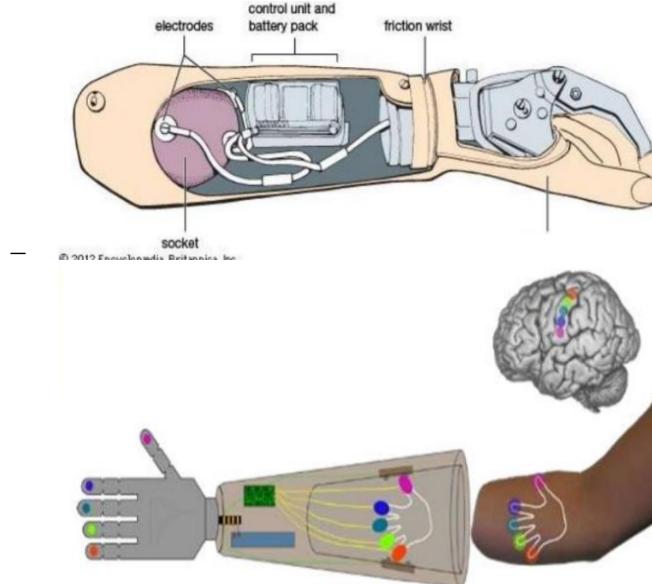


- **kineziologické**
 - analýza únavy

- 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**

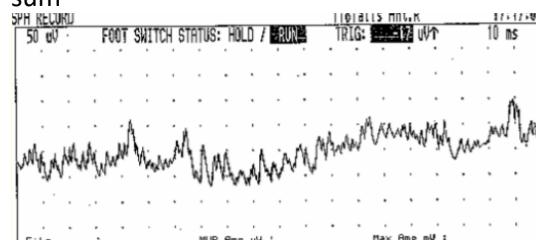
- detekce myoklonických záškubů
- lokalizace zdroje v CNS
- experimenty = zkoumání emocí => klasifikační úlohy

- **normální EMG aktivita**

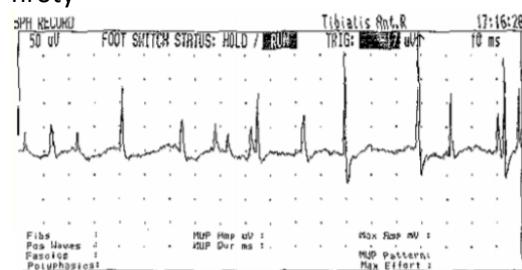
- **klidová spontánní aktivita**

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

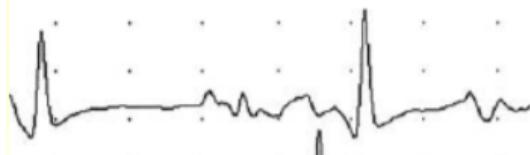
- šum



- hroty



- **volná aktivita**
 - nábor a analýza motorických jednotek



- **interferenční vzorec**

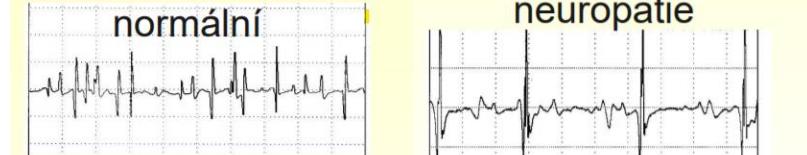


- Minimální kontrakce Střední kontrakce 30-40%

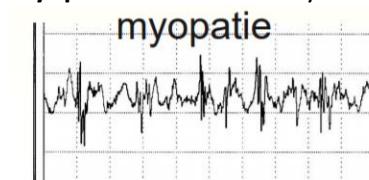
- Willisonova analýza

- **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

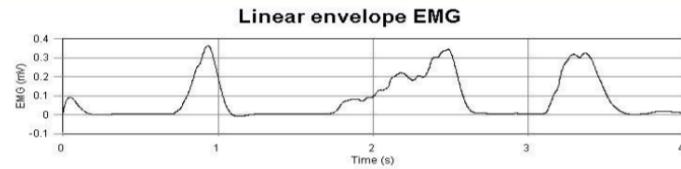
- při vyšetření je signál přiveden na reproduktor = audiomyogram

potenciál	příčina	charakter zvuku	frekvence	
ploténkový šum	MEPP	mušle	20-40 Hz	Neprav.
ploténkový potenciál	terminální větvení axonu	prskající tuk na páni	5-50 Hz	Neprav.
fibrilace	denervované svalové vlákno	déšť na střeše nebo tikot hodin	0.5-10 Hz	Pravidelné
pozitivní ostrá vlna	denervované svalové vlákno	déšť na střeše nebo tikot hodin	0.5-10 Hz	Pravidelné
myotonický výboj	transversální tubuly	startování motorky	20-150 Hz	zesilující-zeslabující
fascikulace	motoneuron nebo axon	pop corn	0.1-10 Hz	Neprav.
komplexní repetitivní výboj	efapse u denervovaných vláken	zvuk motoru	5-100 Hz	pravidelné
myokymie	motoneuron nebo axon	pochodující vojáci	5-60 Hz	skupinky
neuromyotonie	motoneuron nebo axon	zvonění	150-250 Hz	zeslabující

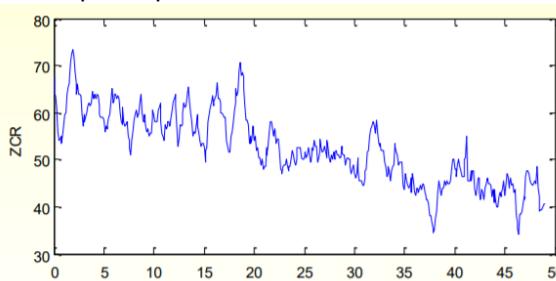
Zpracování EMG signálů

- **EMG signál**
 - artefakty

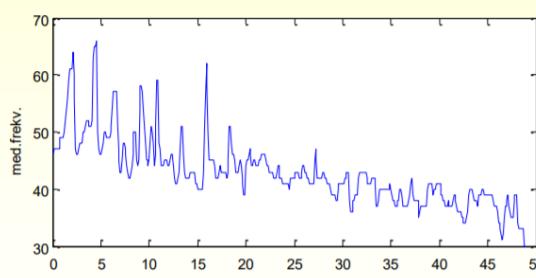
- EKG artefakt
- síťový brum
- stejnosměrná složka (nenulová ss složka)
- pohybový artefakt
- saturace zesilovače (+/- 0.5 V)
- EMG obálky
 - pásmově omezené EMG
 - obálkové EMG



- kvantitativní charakteristiky (pro řízení protéz)
 - **časová oblast**
 - časový průběh počtu průchodů nulou

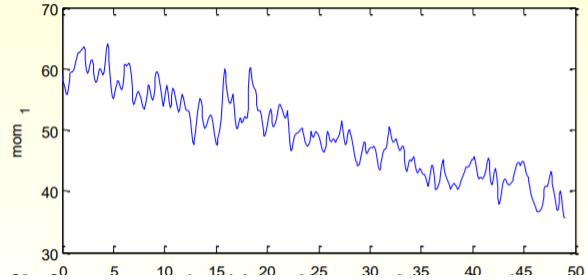


- časový průběh mediánu



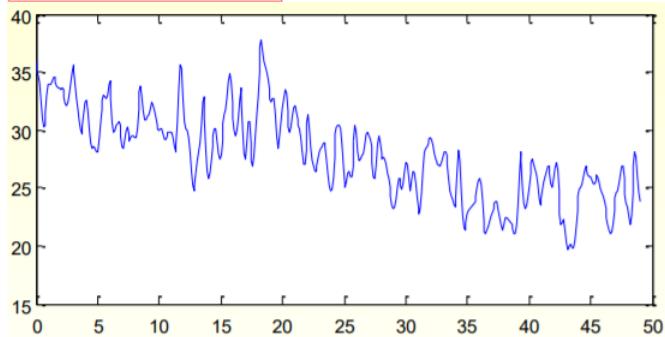
- např.
 - Enhanced Mean Absolute Value
 - Enhanced Wavelength
 - Mean Absolute Value
 - Slope sign Change
 - Root Mean Square
 - Modified mean absolute value
 - Variance of EMG
 - pro měření výkonu
 - Willison Amplitude
 - indikátor výbojů motorických jednotek
 - Maximum Length
- **frekvenční oblast**
 - mediánová frekvence
 - **první spektrální moment** = frekvence těžiště spektra = dáno vahovým průměrem spektrálních čar I

- $$mom_1 = \frac{\sum \mathbf{f} \cdot \mathbf{I}}{\sum \mathbf{I}}$$
, \mathbf{f} = vektor příslušných frekvencí = těžiště rozložení energie ve spektru



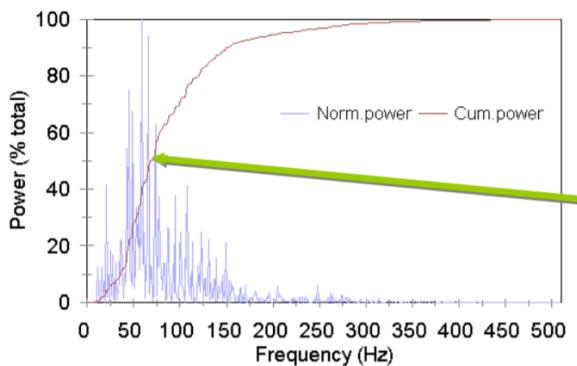
- druhý spektrální moment = rozprostření spektra, analogický statistickému rozptylu

$$mom_2 = \sqrt{\frac{\sum \mathbf{f}^2 \cdot \mathbf{I}}{\sum \mathbf{I}} - \left(\frac{\sum \mathbf{f} \cdot \mathbf{I}}{\sum \mathbf{I}} \right)^2}$$

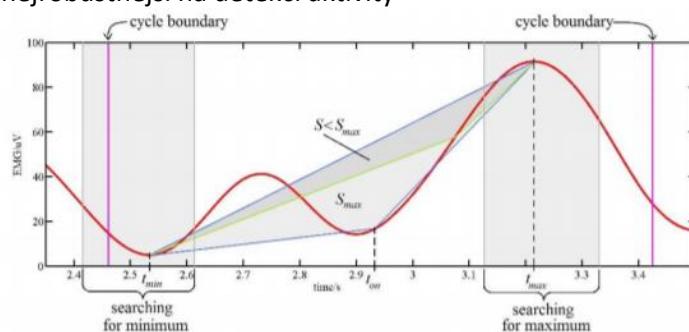


- výkonové spektrum příklad

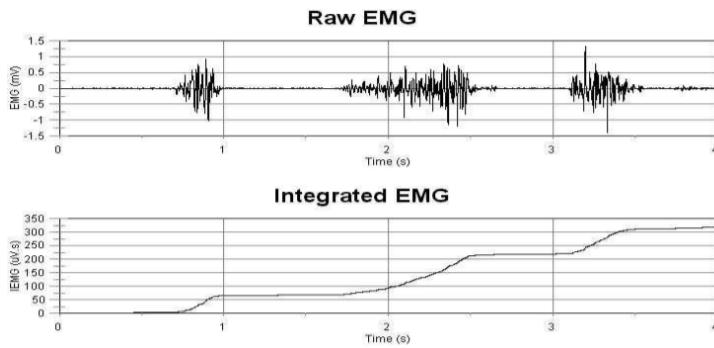
Fourier Analysis



- pokročilé metody
- synchronní průměrování (trojúhelníkový detektor)
 - nejrobustnější na detekci aktivity



- integrované EMG (iEMG)



- **EMG signál z povrchových elektrod**
 - frekvenční spektrum 20–500 Hz
 - minimální vzorkovací frekvence 1000 Hz
 - střední hodnoty a mediánové frekvence EMG signálu neunaveného svalstva jsou okolo 70–80 Hz
 - z těchto důvodů by se nemělo používat úzkopásmových zádrží k potlačení síťových brumů
 - obtížné stanovení úrovně kontrakce

3. laborka

Elektromyografie

EMG

- síla stažení svalu přímo úměrná počtu zapojených motorických jednotek
- zvýšení frekvence nervových vzturků přicházejících do každé motorické jednotky brání návratu do relaxovaného stavu – při max. frekvenci zůstává buňka trvale stažená (tetanus)
- amplituda el. impulsů přivedených nervovými vlákny a dále vedených svalovými vlákni je malá (100 µV)
- při svalové únavě přestávají svalové buňky reagovat na stimulaci a nedochází ke vzniku akčního potenciálu a kontrakce
- **parametry**

	energetický	frekvenční
časová oblast	směrodatná odchylka špička-špička (min-max) celková energie celkový výkon	počet průchodů nulou
spektrum	spektrální výkonová hustota (PSD)	mediánová frekvence 1. a 2. spektrální moment

- **vyhodnocení** korelace parametrů na čase pro únavu
 - **vhodné parametry:** mediánová frekvence, 1. a 2. spektrální moment, počet průchodů nulou

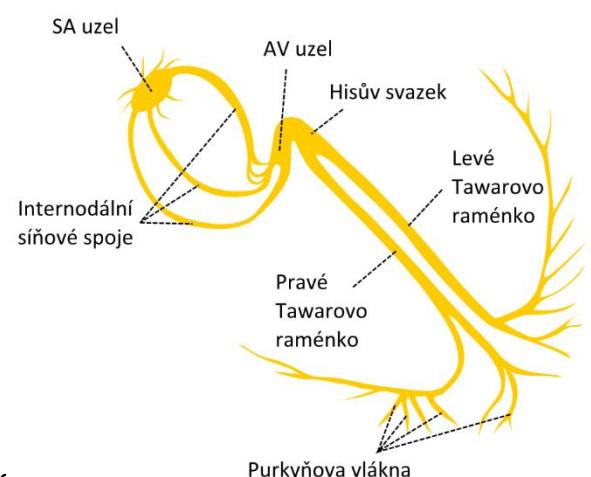
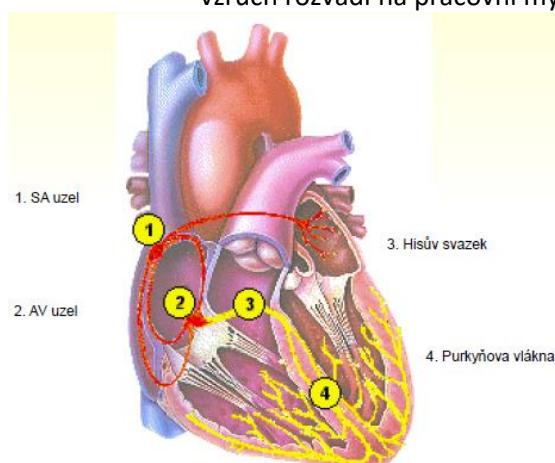
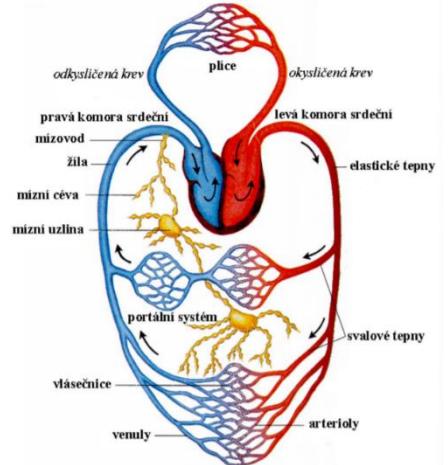
4. přednáška

Elektrokardiografie

Srdce

- 2 síně – nahore (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 síně – levá komora
- **velký tělní oběh**
 - levá komora – do těla – pravá síně
 - tělo hlava končetiny
- **převodní systém srdeční**
 - **šíření depolarizace = pravá síně 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 vztah velmi pomalu => žádoucí zdržení převodu
 - nejprve se musí dokončit kontrakce (depolarizace) síně a až poté kontrakce (depolarizace) komor
 - ve stěně pravé sítě pod endokardem
 - **Hisův svazek**
 - přenáší vztah ze síně do komor
 - navazuje na AV uzel
 - prostupuje do interventrikulárního septa
 - dělí se na Tawarova raménka
 - **Purkyňova vlákna**
 - vztah rozvádí na pracovní myokard komor

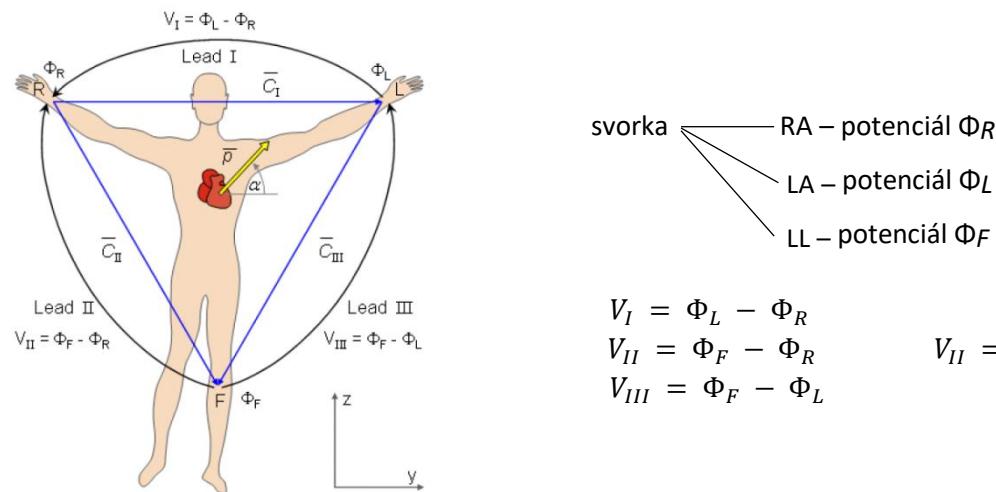


- **buňky převodního systému** = nemají klidový potenciál depolarizace
- **délka plato** = dlouhá refrakterní periody 400 ms, poté nastává repolarizace
 - plato fáze je způsobena pomalejším otevřením kanálu pro Ca^{2+}

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 (V_I , V_{II} , V_{III}) – potenciály mezi končetinami



$$V_I = \Phi_L - \Phi_R$$

$$V_{II} = \Phi_F - \Phi_R$$

$$V_{III} = \Phi_F - \Phi_L$$

$$V_{II} = V_I + V_{III}$$

2) Goldbergovy unipolární svody (aV_R , aV_L , aV_F) – 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

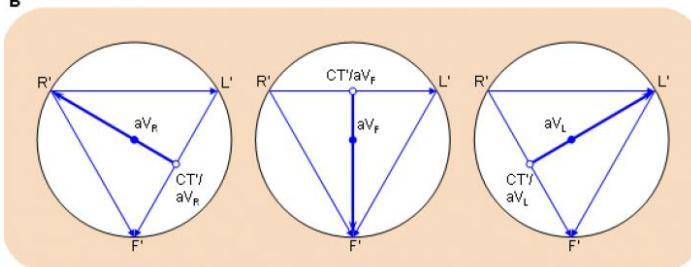
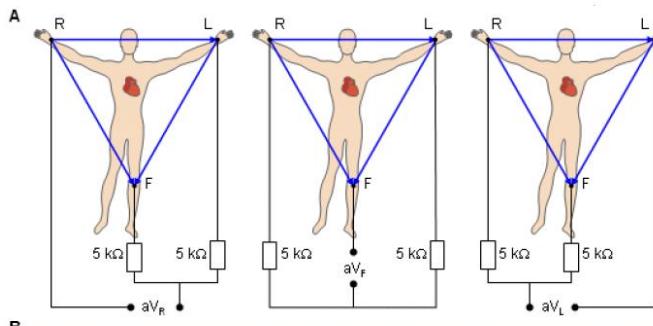
$$V_R = \phi_R - \frac{\phi_R + \phi_L + \phi_F}{3} = \frac{2\phi_R - \phi_L - \phi_F}{3}$$

- končetinová elektroda proti průměru zbylých dvou elektrod
→ středu strany

$$aV_R = \phi_R - \frac{\phi_L + \phi_F}{2} = \frac{2\phi_R - \phi_L - \phi_F}{2}$$

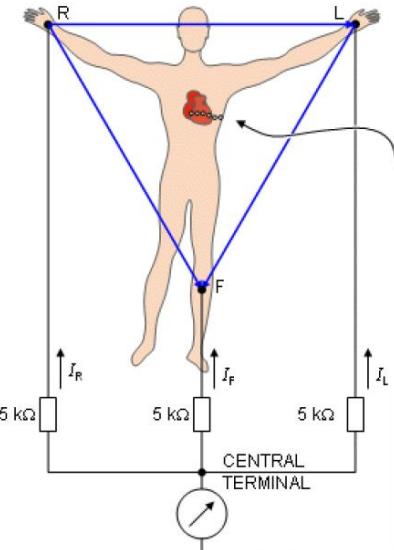
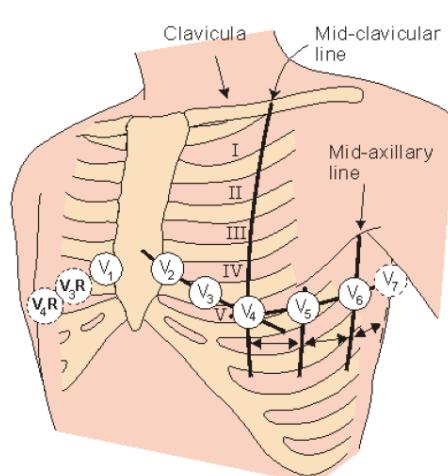
- zesílený signál – výsledek se liší jen amplitudou

$$\frac{aV_R}{V_R} = \frac{3}{2}$$



3) Wilsonovy unipolární hrudní svody (V_1 , V_2 , V_3 , V_4 , V_5 , V_6) – potenciál na hrudi vůči WCS

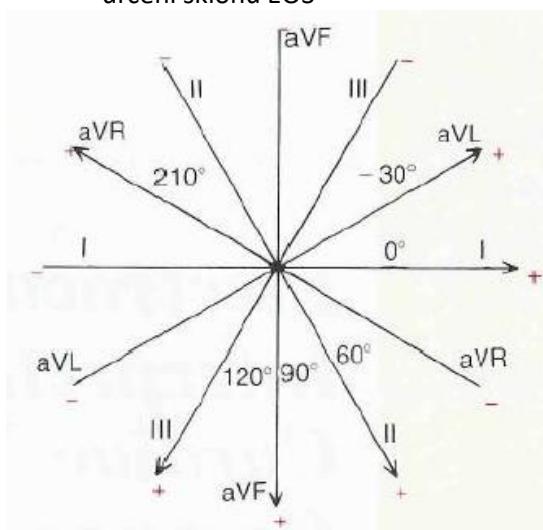
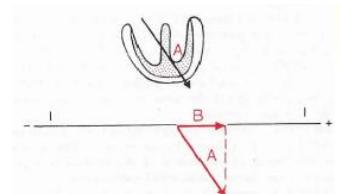
- šestice hrudních elektrod proti centrální Wilsonově svorce
- WCS
 - referenční svorka tvořená spojením každé ze tří končetinových svorek přes odpory



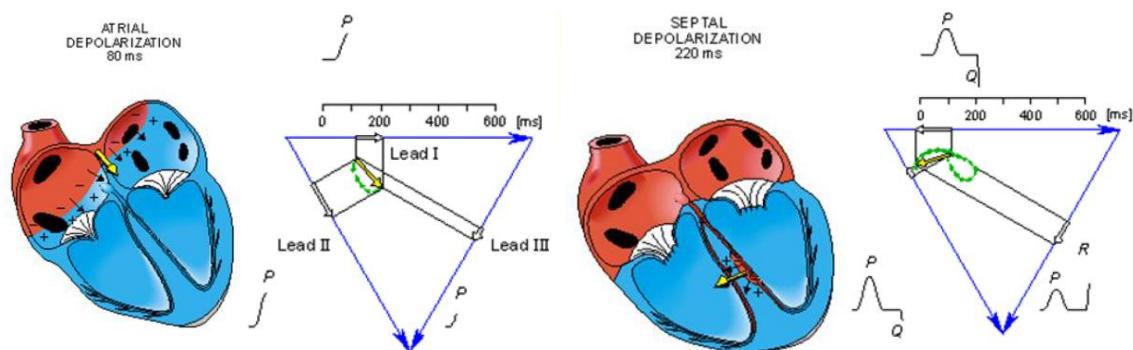
- napájení pravou nohou (zpětnovazební elektroda) = čtvrtá krovka
 - přivádí se na ni invertované napětí centrální svorky – využívá se pro odstranění souhlasného signálu
 - slouží k účinnému potlačení souhlasné složky
 - > v důsledku ZV naměříme příspěvek od srdeční činnosti + souhlasnou složku + invertovanou souhlasnou složku
 - nutnost omezení zastoupení vyšších harmonických složek ZV signálu (např. anti-aliasing filtr)

EKG depolarizace

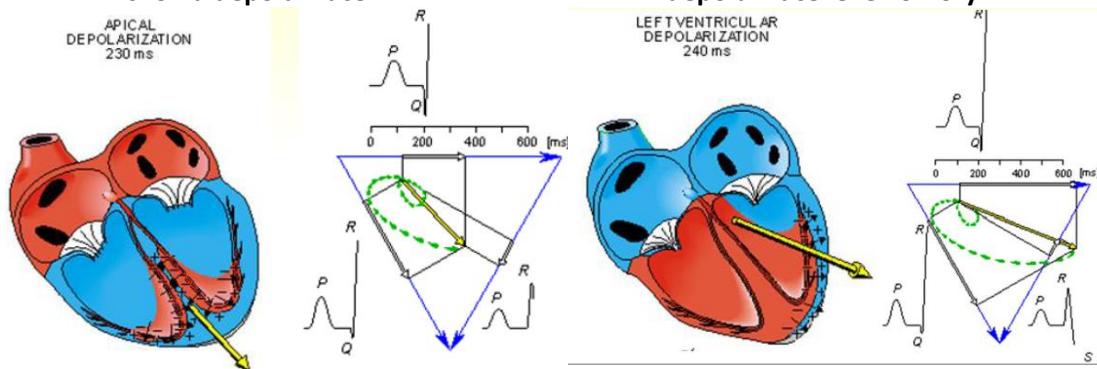
- **vektor depolarizace** = směr elektrického vektoru při částečné depolarizaci, souhrn šíření akčních potenciálů
- vzájemné úhlové poměry různých svodových systémů = **Cabrenův kruh**
 - určení sklonu EOS



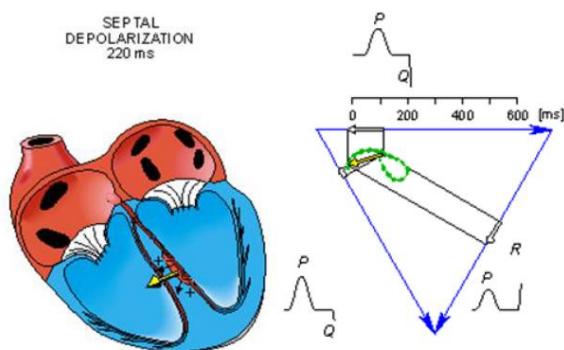
depolarizace síní



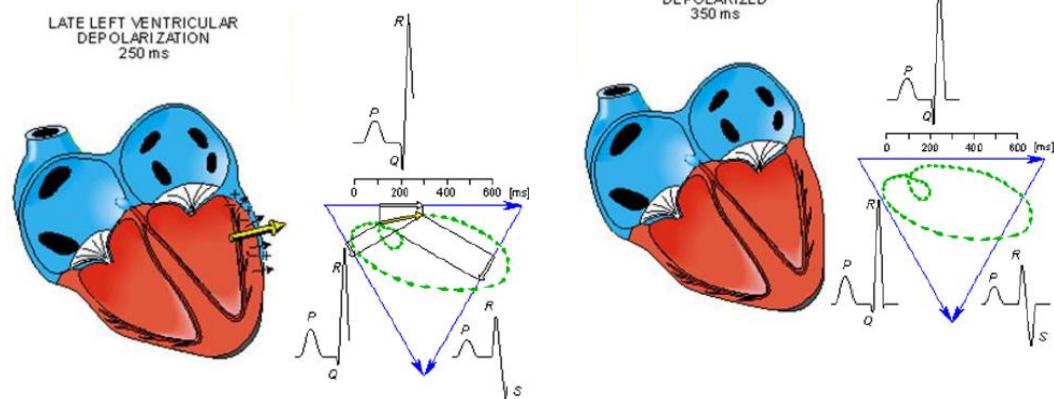
vrcholná depolarizace



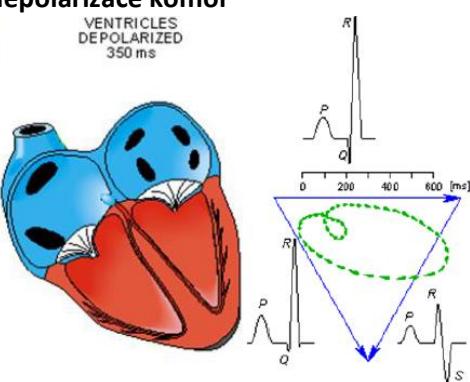
depolarizace septa



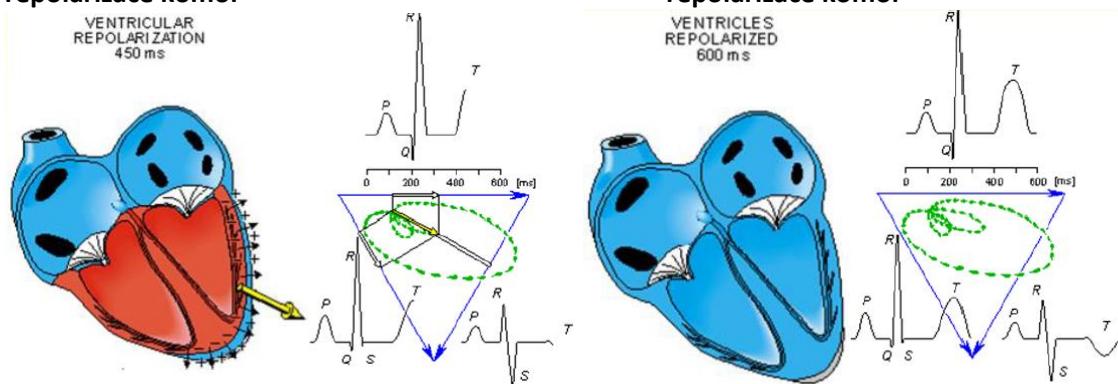
pozdní depolarizace levé komory



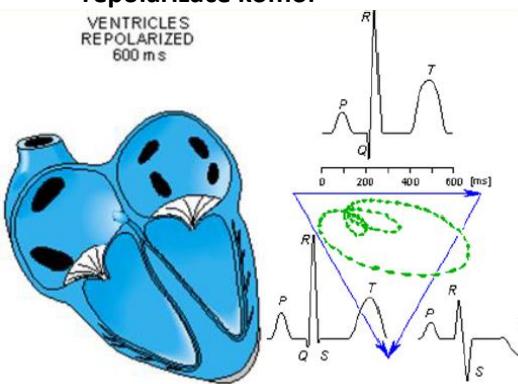
depolarizace komor



repolarizace komor



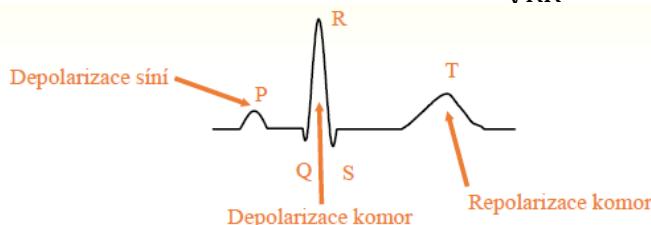
repolarizace komor



EKG křivka

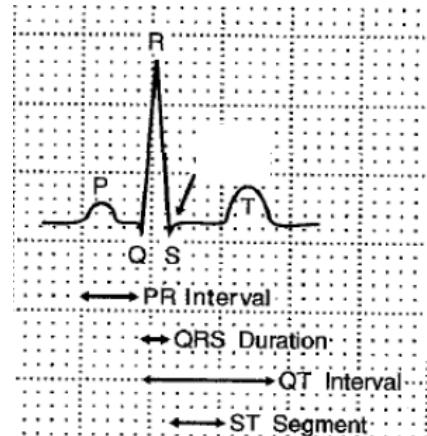
- **P vlna** = šíření depolarizace síní
- **PQ interval** = od vzniku impulsu v SA uzlu do začátku depolarizace komor
 - měříme od začátku P vlny do začátku komorového komplexu (0,12-0,20 s)
 - zpomalení na AV uzlu
- **QRS komplex** = obecné označení pro depolarizaci komor
 - **Q** = pouze první negativní 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
 - 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 Bazetovy formule

$$QT_C = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$$



Analýza EKG

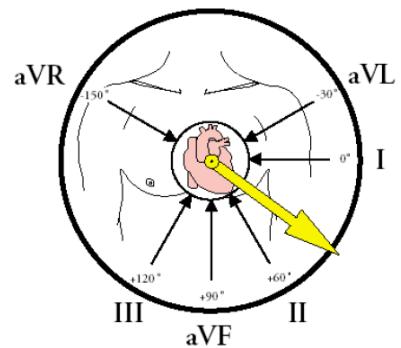
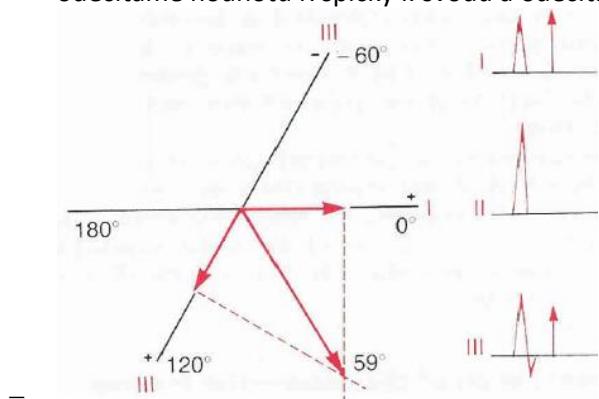
- hodnotíme
 - srdeční frekvence
 - pravidelnost srdeční akce (jak síní, tak komor)
 - na základě P vln i R špiček
 - směr elektrické osy srdeční
 - velikost a délka vln P, Q, R, S, T
 - velikost a délka úseků P-Q, Q-R, Q-R-S, S-T, Q-T
- fyziologické EKG ovlivňuje
 - věk
 - konstituce
 - poloha
 - dýchání
 - 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°

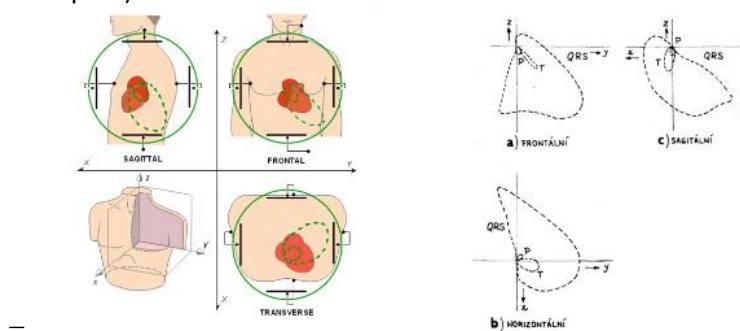
Elektrická srdeční osa EOS

- vyjadřuje směr vektoru elektrické srdeční aktivity během depolarizace komor
- normálně směruje zprava dolů doleva
- Cabrerův kruh = určuje sklon elektrické osy srdeční
- fyziologicky se úhel EOS pohybuje mezi -30° až $+110^\circ$
- elektrická osa srdce QRS
- odečítáme hodnotu R špičky I. svodu a odečítáme aVF



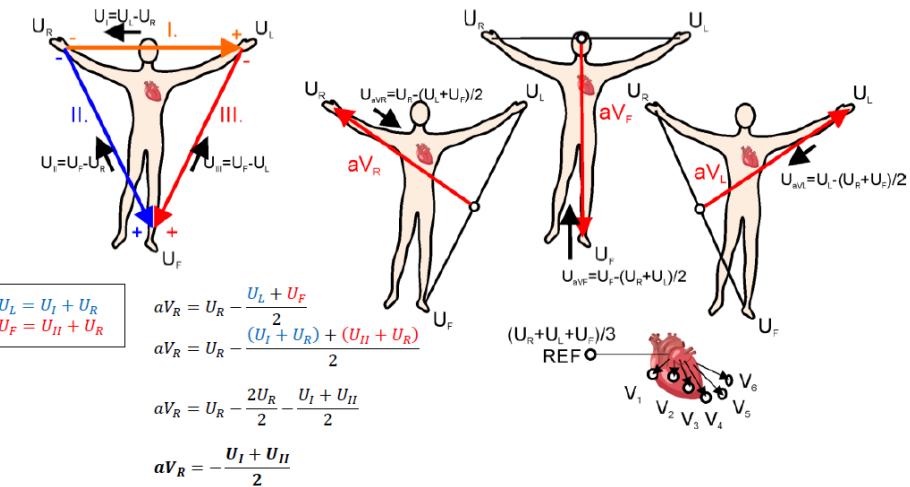
Vektorkardiografie (ortogonální svody)

- 3 kolmé svody – ramena, hrudník zepředu-zezadu, krk-kotník
- zaznamená se 1 cyklus
- vyjadřují prostorové vlastnosti elektrického pole kolem srdce pomocí tří ortogonálních signálů
- zobrazení pomocí tří rovinných smyček = nedostáváme více informací oproti 12 svodovému systému
- ztrácí se časová závislost, uplatnění spíše ve výzkumu pro patologie (hladkost, křížení smyček apod.)

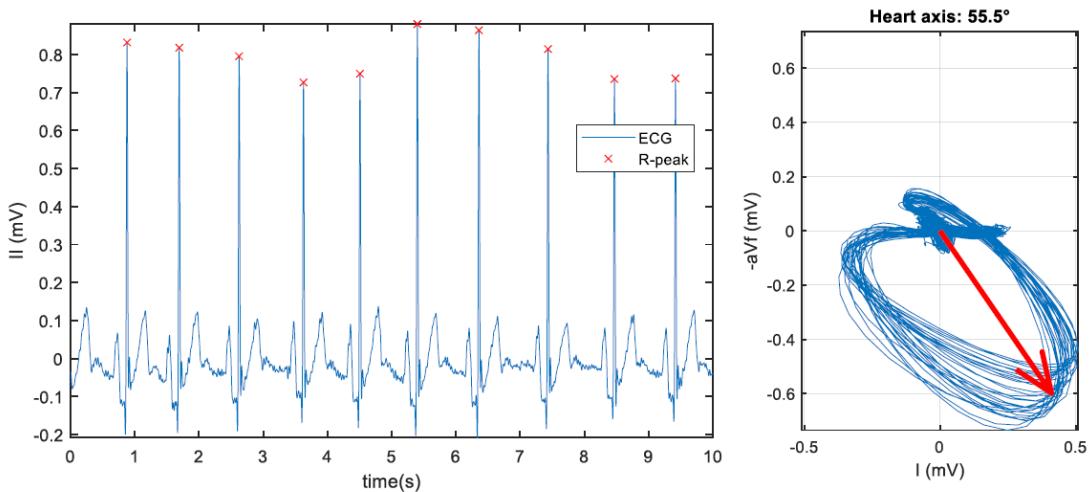


4. laborka

EKG



- detekce R špičky a vektor elektrické srdeční osy



5. přednáška

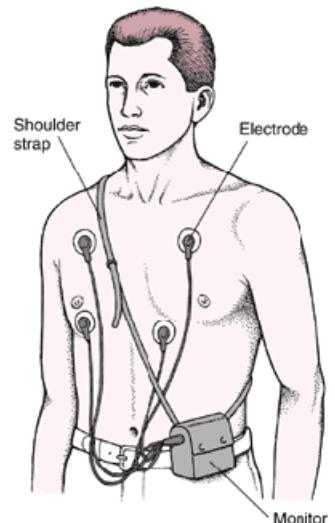
Další typy EKG

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

- 24 hod 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

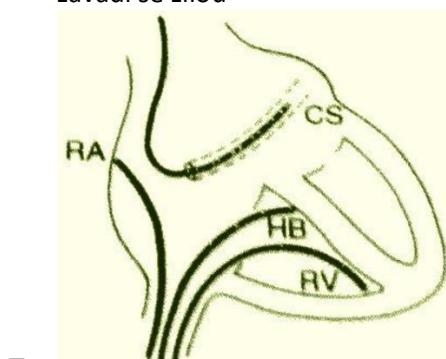
- monitor na kterém běží trvale 1-3 svody
- bedside = monitorování jednoho svodu v reálném čase + dechová frekvence
- změna rytmu
- extrasystola = alarm

Jícnová elektrokardiografie

- abyhom 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 žilou



Izopotenciálové mapování

- snímáme desítky unipolárních svodů
- můžeme dobře identifikovat ložiska, které jsou zdroje arytmíí
- přidaná hodnota není úplně jasná
- není tak časté

EKG ve veterinární medicíně

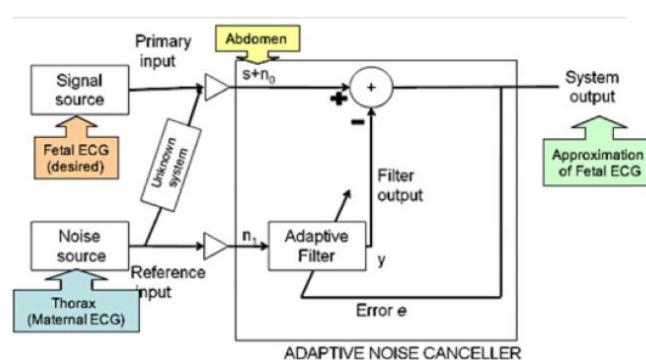
- 6 končetinových svodů
 - snímají srdce ze stran a ze zadu v horizontální rovině
- 6 hrudních svodů
 - obepínají skoro symetricky hrudník
 - snímají srdce v transverzální rovině
- zvíře musí být na pravém boku, aby bylo EKG čitelné

EKG u dětí

- jiná rychlosť než u dospělého člověka
- děti mají vyšší tep a jiný směr elektrické osy srdeční (výrazně doleva, později se to znormalizuje..)

Fetální EKG

- EKG matky a EKG plodu
- nastavení vah adaptivního filtru, tak abyhom získali pouze EKG plodu
-



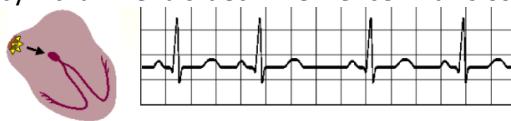
Základní obrazy EKG

Normální sinusový rytmus

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

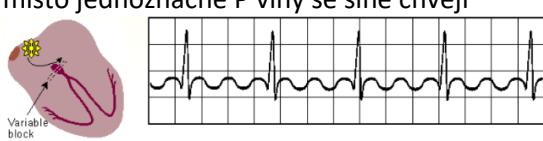
Arytmie

- **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 dýchaní



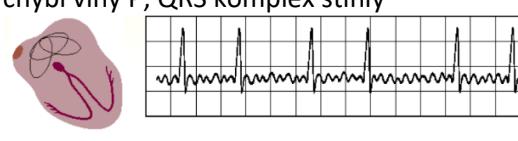
Flutter síní

- síňová tacharytmie
- místo jednoznačné P vlny se síně chvějí



Fibrilace síní

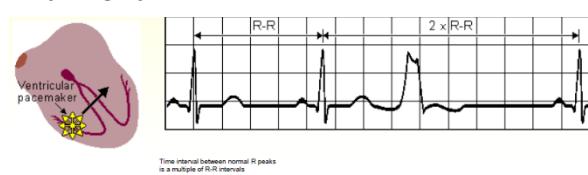
- tacharytmie spojena se zvýšenou morbiditou i mortalitou
- síně se nekontrahuje – neuplatňuje se v poslední fázi diastoly, kdy je krev aktivně tlačena do komory
- dušnost, často u pokročilého věku
- chybí vlny P, QRS komplex štíhlý



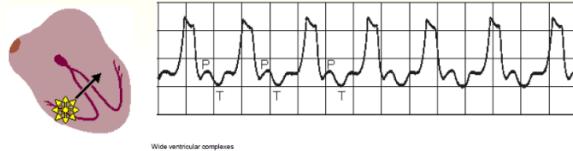
3 stupně ektopické aktivity

- komorová extrasystola

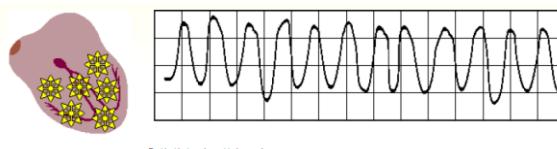
- v důsledku přítomnosti ektopického ložiska v převodním systému srdečním
- QRS přichází předčasně nebo má abnormální tvar
- vlna T velká



- komorová tachykardie
 - epizody, není trvalé
 - přítomnost alespoň tří po sobě jdoucích širokých QRS komplexu (nad 0,12 s) při frekvenci nad 100/min

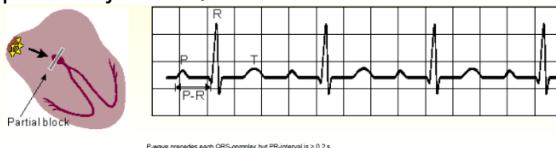


- fibrilace komor
 - může dojít k odumření srdeční svaloviny
 - nevypuzuje krev
 - často během akutního infarktu

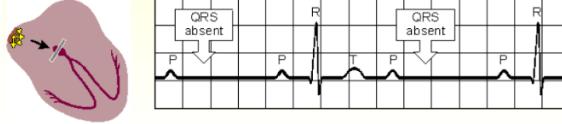


Blokády atrioventrikulárního vedení

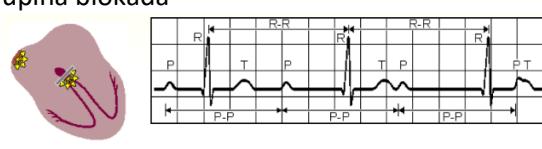
- AV blokáda = porucha srdečního rytmu, kdy může docházet
- **AV blokáda 1. stupeň**
 - prodlužuje se PQ interval



- **AV blokáda 2. stupeň**
 - vynechávání některých QRS komplexu (ohrožuje život)



- **AV blokáda 3. stupeň**
 - síně a komory se depolarizují nezávisle na sobě
 - úplná blokáda



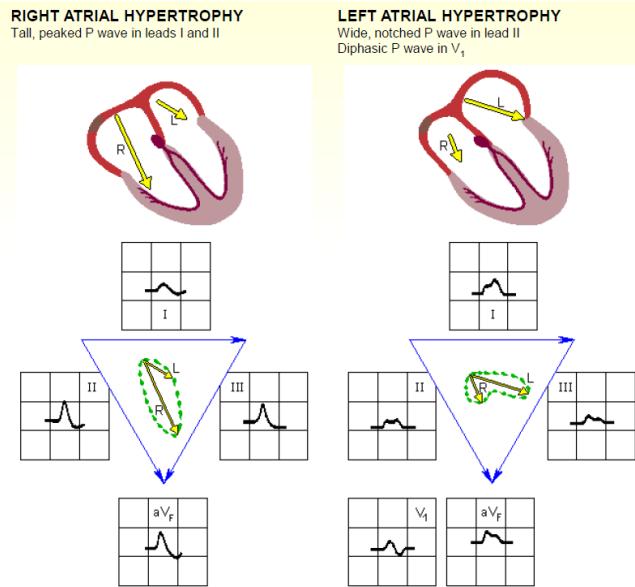
Blokády ramenek

- **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



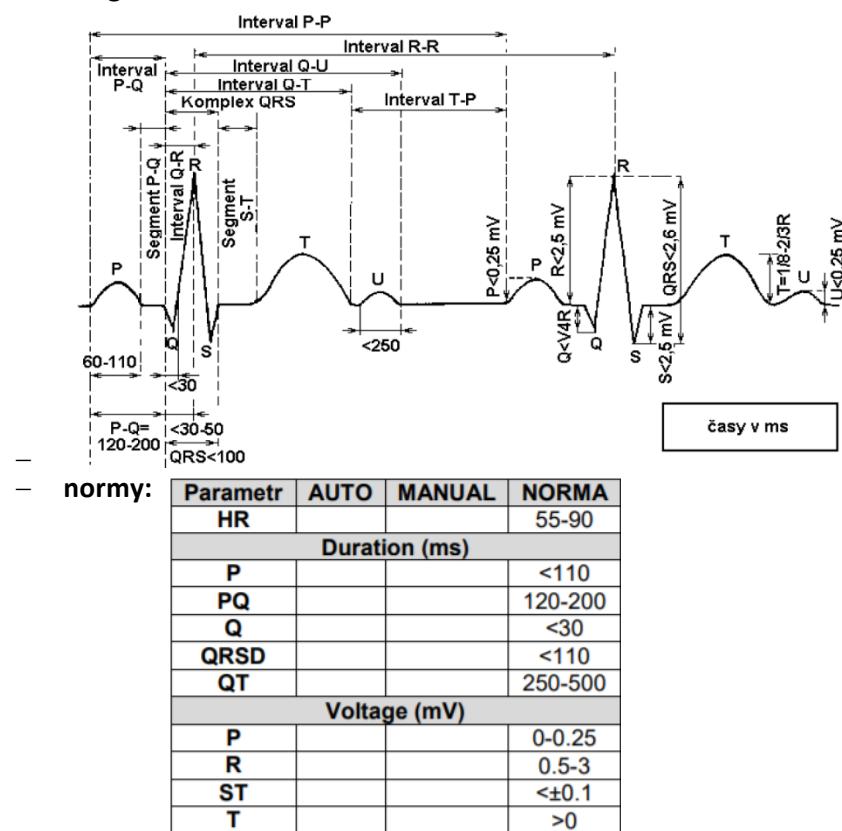
Infarkt myokardu

- 1. akutní stádium (po hodinách) => významná elevate 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 signálu EKG v časové oblasti

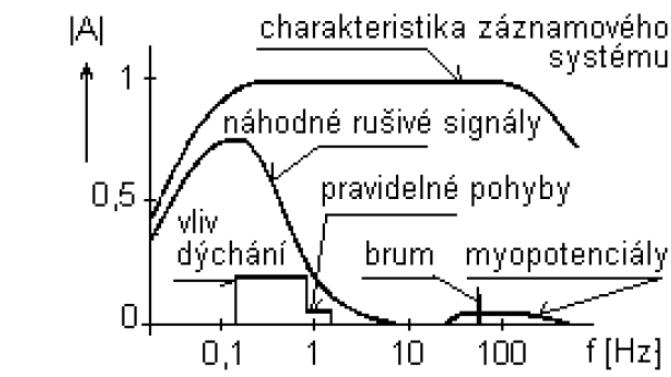


Vlastnosti signálu EKG ve frekvenční oblasti

- protože dochází k přirozené variabilitě, tak nemáme čárové spektrum ale rozmažané
- 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
 - P vlnou kolem 8 Hz
 - QRS komplexem (úzký impuls = široké spektrum a naopak) od 12 Hz výše

Rušení signálu EKG

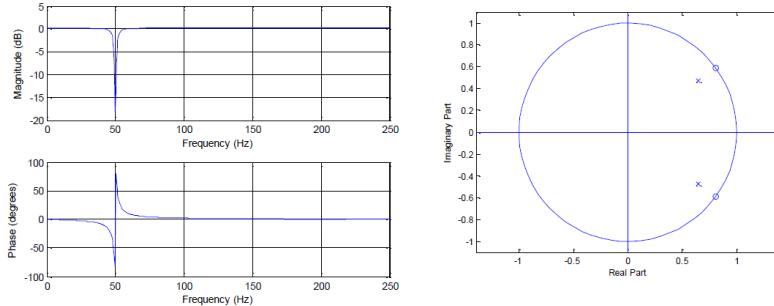
- vzhledem k šířce pásma
 - **úzkopásmové**
 - kolísání (v důsledku pomalých pohybů pacienta, dýchání...), základní izoelektrické linie
 - síťové rušení 50 Hz
 - **širokopásmové**
 - myopotenciály (náhodný charakter od 20 Hz +)
 - skokové změny izolinie
 - impulsní rušení



Potlačení síťového rušení 50 Hz

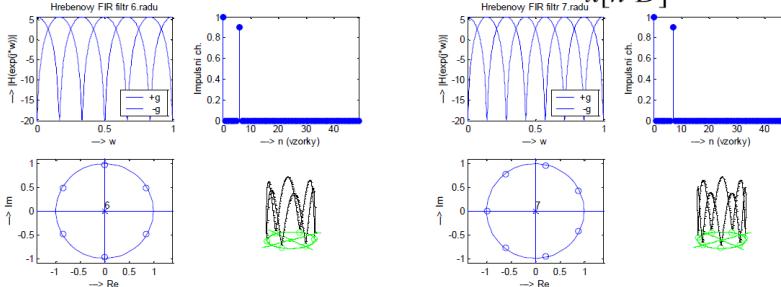
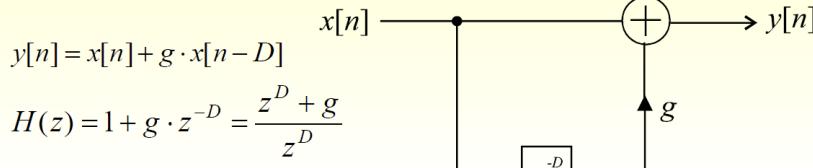
- potlačení pomocí adaptivní filtrace, lineární filtrace – fir filtry, nelineární heuristické algoritmy
- **úzkopásmové filtry – bikvády**
 - IR filtr, jednoduchý
$$R = 1; r = 0.98;$$
$$b = [1 - 2*R*\cos(2\pi*f_0/f_s) R^2];$$
$$a = [1 - 2*r*\cos(2\pi*f_0/f_s) r^2];$$

$$H(z) = \frac{1 - 2R \cos \hat{\omega}_0 z^{-1} + R^2 z^{-2}}{1 - 2r \cos \hat{\omega}_0 z^{-1} + r^2 z^{-2}} = \frac{z^2 - 2R \cos \hat{\omega}_0 z + R^2}{z^2 - 2r \cos \hat{\omega}_0 z + r^2}$$



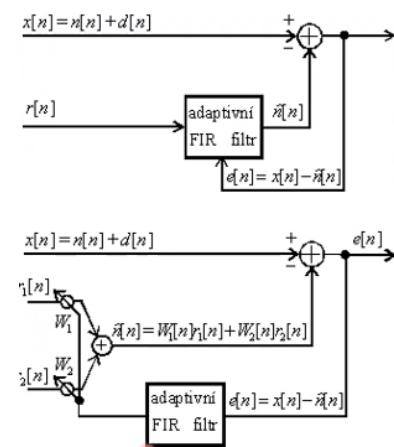
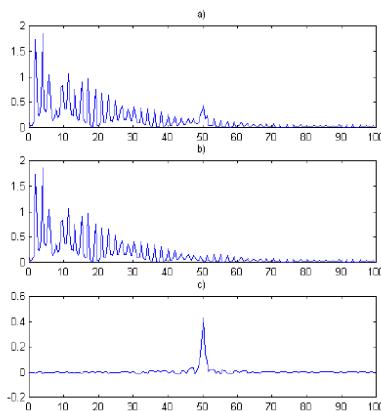
– hřebenový FIR filtr pro potlačení

- 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 filtrování

- v každém kroku aktualizují váhy
- důležitá konvergenční konstanta, kterou ovlivňujeme funkčnost algoritmu (rychlosť konvergence)
- chceme robustnost vůči šumu a malé výpočetní nároky
- výsledek:



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
- dolnopropustné filtry
- wavelety
- dekompoziční techniky

Detekce signálů v EKG

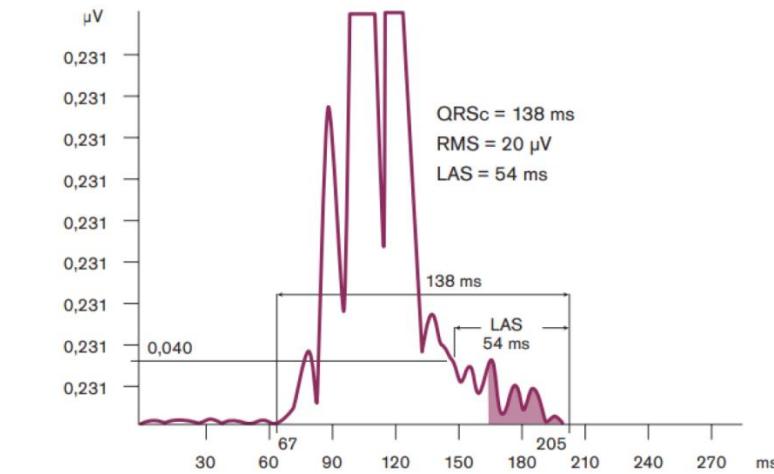
- obecný postup
 - detekce R špičky (lze i pomocí vzájemné korelace)
 - rozměření QRS komplexu
 - detekce T vlny
 - určení konce T vlny
 - detekce atriaálního signálu
 - analýza ST segmentu
- **QRS komplex**
 - Pan-Tompkinsonův algoritmus obecné bloky => PP, diff(x), x^2 , MA, práh (velice robustní)
 - **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 RR 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

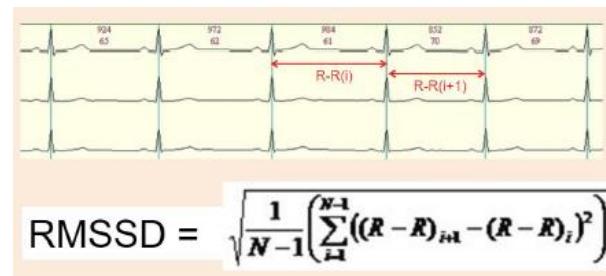
Pozdní potenciály

- 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)

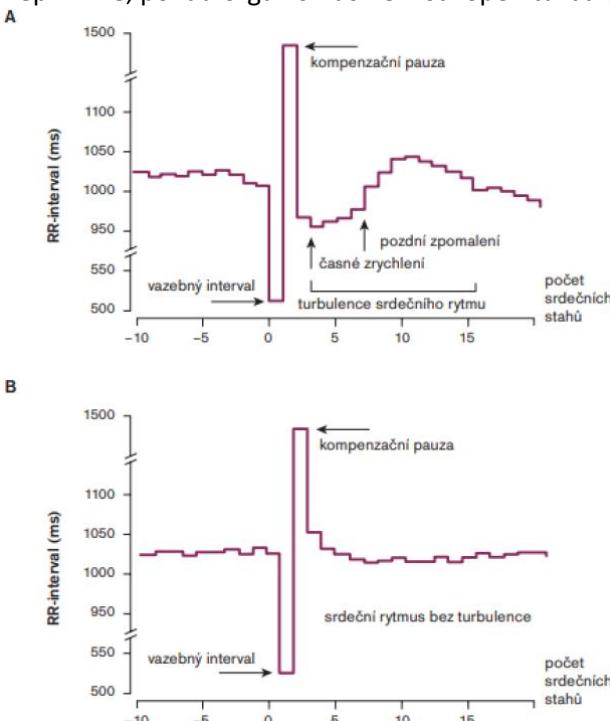
- jev, který reprezentuje stav autonomního nervového systému řídícího srdeční činnost
- **autonomní nervový systém**
 - citlivý zpětnovazebný indikátor změn v organismu
 - **sympatikus** – zrychluje SF,
 - **parasympatikus** – zpomaluje SF, zklidnění
 - **faktory ovlivňující úroveň ANS**
 - negativně: 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 následujících intervalů RR větších než 50 ms
 - pNN50 = relativní počet rozdílů následujících intervalů RR větších než 50 ms vztavený k celkovému počtu intervalů RR v posloupnosti
 - RMSSD = odmocnina ze střední hodnoty čtverců rozdílů následujících 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 metod
 - 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



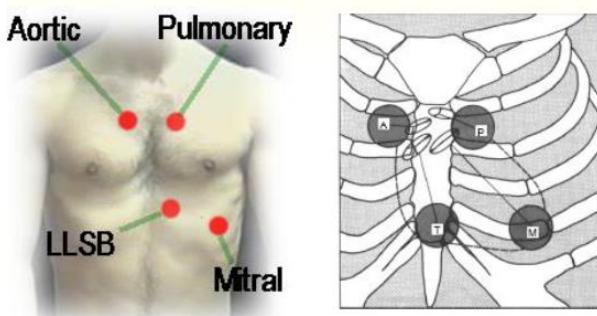
dále – alternace T vlny, hodnocení komorové depolarizace (délka QT, variabilita QT)

Akustické signály srdce

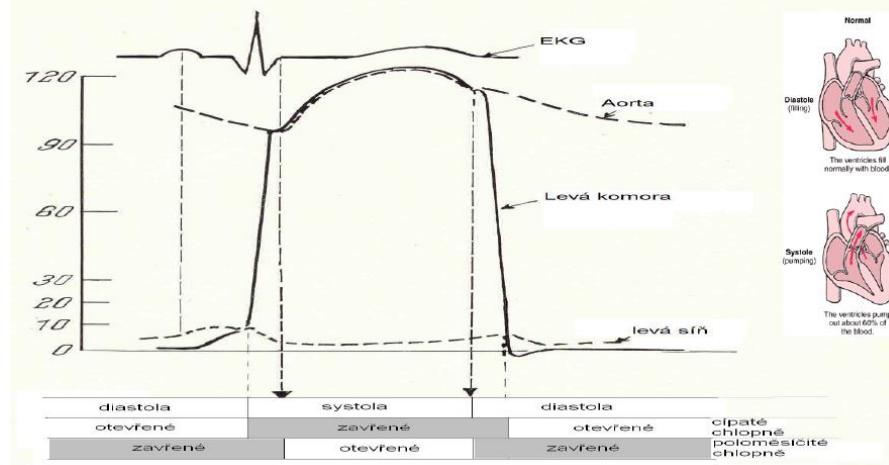
Fonokardiogram

- srdeční chlopně, ozvy
- v srdci jsou 4 chlopně
 - dvojcípá mitrální chlopeň
 - trojcípá chlopeň
 - aortální chlopeň (poloměsíčitá)
 - chlopeň plicnice (poloměsíčitá)
- opatřeny mikrofonem, filtry
- 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)



- vztah EKG signálu, tlaku v aortě a srdečních ozev



- I. ozva

- systolická
- způsobena systolou komor, při níž dochází k náhlému uzavření a.v. chlopní
- prudké zaklapnutí chlopní je provázeno zvukem
- 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

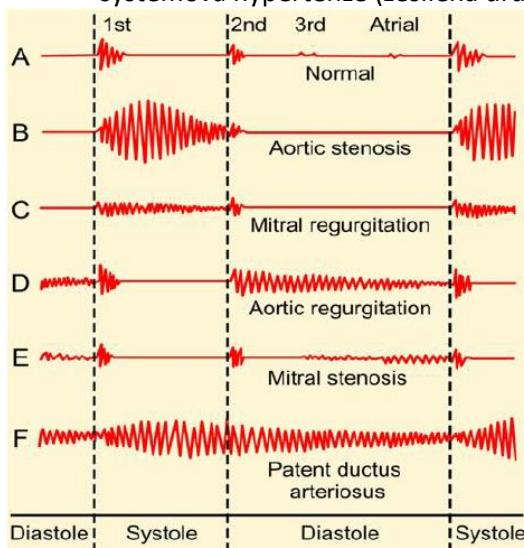
- III. a IV ozva

- 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, dle než normální ozvy
- **patologické** (chlopnové vadny)
- **fyziologické**
 - nitrosrdeční a nitrocévní, mimosrdeční (v plicích)

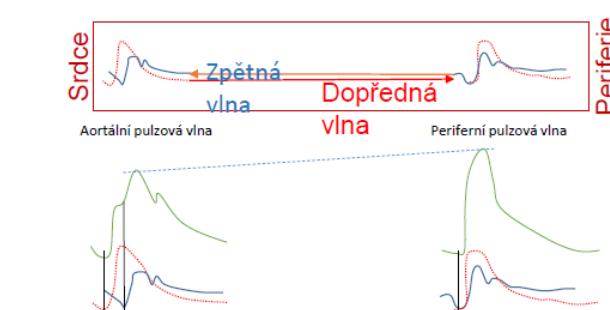
- **vady**
 - mitrální stenóza (zúžení mitrální chlopně, levá síň se může zvětšovat)
 - mitrální regurgitace (polootevřené, zjizvené, nedovírají se)
 - aortální stenóza (zúžení aorty)
 - zúžení plicnice
 - trikuspidální nedomykavost
 - systémová hypertenze (zesílená druhá ozva)



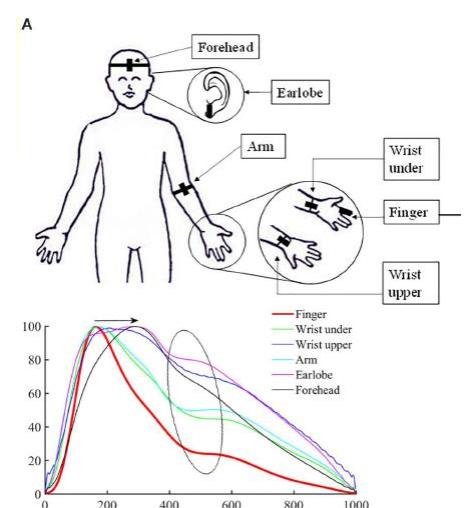
Mechanické signály srdce

Pletysmogram

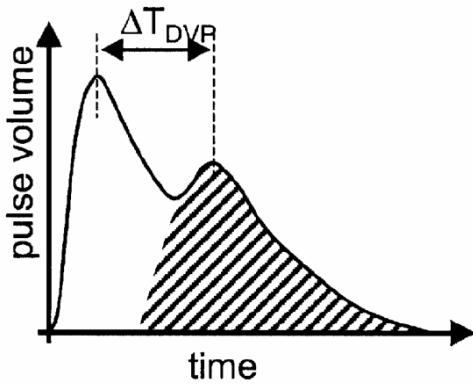
- pulsní vlna
- HRV
- rychlosť šírenia pulsní vlny
- **pulzní vlna**
 - během systoly (vypuzení krve z levé komory do velkého oběhu)
 - arteriální systém se s tímto rychle vypuzeným objemem vyrovnává svou elasticitou
 - pulz bezprostředně po systole prochází celým arteriálním systémem velkou rychlosťí



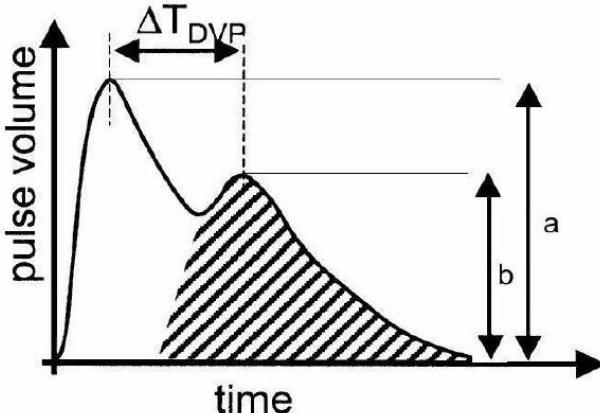
- nemožné vytvořit normy, které berou do úvahy všechny vlivy ovlivňující tvar a rychlosť (věk, místo snímání, pohlaví, genetická zátěž, kouření, obezita, diabetes apod.)
- **pletysmogram** = změna objemu tkáně v závislosti na okamžitých změnách krevního tlaku
 - dánou pružností krevního řečiště včetně 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



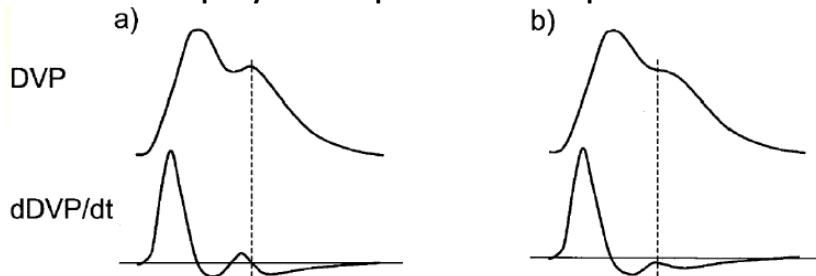
- z pulzní vlny můžeme vyhodnocovat různé parametry
 - index odrazu
 - míra pružnosti (Stiffness Index) velkých artérií



$$RI = \frac{b}{a} 100$$

$$SI = \frac{h}{\Delta T}$$

- pro detekci diastolické špičky se často používá derivace průběhů



Pulsní oxymetrie

- měření kyslíkové saturace krve
- realizována 2 pletysmogramy
- využití Lambertova-Beerova zákonu
- dvojice LED (červená a IR) prosvětlení tkáně, měříme poměr absorbancí tkáně na dvou vlnových délkách

Polygrafické metody

Detektor lží (polygraf)

- krevní tlak, srdeční frekvence
- elektrický odpor kůže, dýchání
- velikost zornice oka
- **sekvence otázek**

Polysomnografie

- stanovení fáze spánku

Polykardiografie

- elektrokardiografie
 - záznam elektrické činnosti srdce, vyhodnocení součtu akčních potenciálů
- fonokardiografie
 - metoda snímající srdeční ozvy, případně šelesty, vznikající patologickými změnami srdečních chlopníků
- pletysmografie
 - talkové změny odrážející činnost levého srdce
- **vliv dýchání**

7. přednáška

Signály mozku I (EEG)

Elektroencefalogram EEG

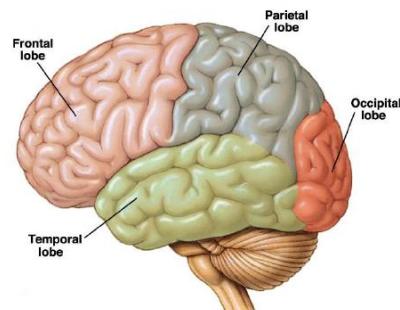
- je grafická reprezentace časové závislosti rozdílu elektrických potenciálů snímaných z elektrod na povrchu hlavy (skalp), které vznikají jako důsledek spontánní elektrické aktivity mozku
- v každém svodu snímá střední úroveň vzruchu lokální skupiny neuronů, které leží v určité oblasti mozkové kůry
- **umožňuje hodnotit**
 - onemocnění epilepsií
 - různé formy poškození mozku
 - poruchy CNS
 - v řadě zemí pro definici mozkové smrti
 - monitorování hloubky anestezie při operacích
 - brain computer interface

Elektrická aktivita mozku

- vzniká synchronizací činnosti neuronů kůry mozku, především synchronizací membránových potenciálů synaptodendrických struktur
- do činnosti zasahuje thalamus

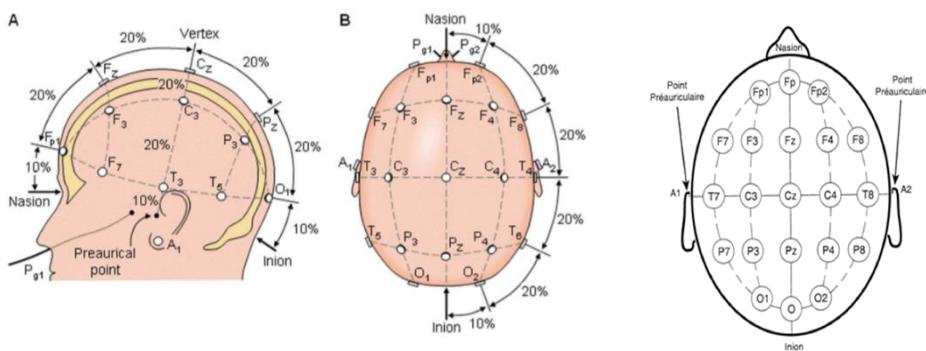
Mozkové laloky

- **čelní** (frontální)
- **temenní** (parietální)
- **týlní** (okcipitální)
- **spánkový** (temporální)



Systém rozložení elektrod 10/20

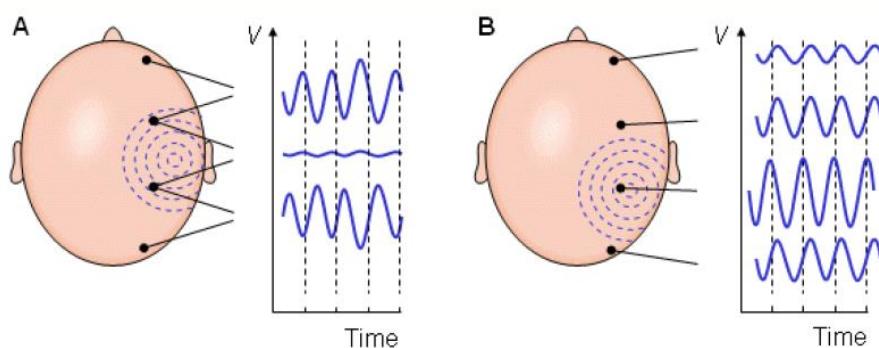
- založeno na mozkových lalocích
- referenční svorky A1, A2 na ušních lalůčcích,
- orientační body kořen nosu N, a I na týlu
- různé roviny – Fp, F, C, P, O
- sudá x lichá čísla
- není potřeba hustší síť (zádný významný příspěvek pro diagnostiku)



- **Písmena**
 - F ... frontální (přední)
 - Fp ... frontopolární (přední kolem pólu)
 - C ... centrální (střední)
 - P ... parietální (temenní)
 - T ... temporální (spánkové)
 - O ... okcipitální (tylní)
- **Čísla**
 - sudá ... pravá hemisféra
 - lichá ... levá hemisféra

– základní typy zapojení

- bipolární
 - určuje pouze relativní amplitudy a polarity
 - vícezáčné 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
- mezní frekvence DP je 70 Hz
- síťový filtr používat minimálně

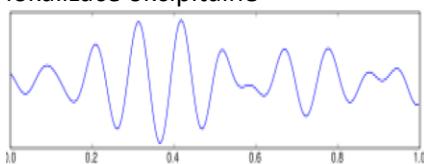
- dynamický rozsah +/- 500 µV (kvantování 12 bitů)
- minimální počet kanálů je 8

Hodnocení EEG a způsoby zobrazení

- nativní záznam
- aktivační metody (doplňení v nejasných případech)
 - hyperventilace
 - fotostimulace (v temné místnosti záblesky s různou frekvencí)
 - spánková deprivace
 - farmakologická stimulace
- celkem alespoň 20 min
- **časová oblast**
 - morfologie vln, hroty
 - amplituda (20-100 µV)
 - frekvence
- **frekvenční oblast**
- mapování

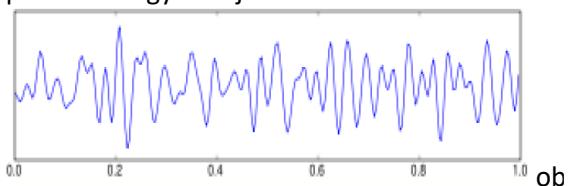
Alfa vlny

- 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

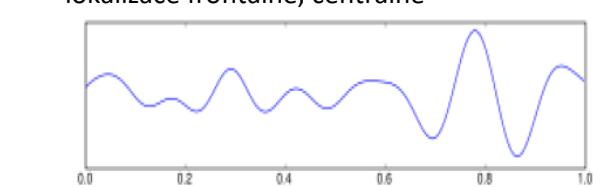


Méně běžné vlny

- **mu vlny**
 - stav zvýšené pozornosti
 - ostré špičky, zakulacená spodní částí
 - frekvence 8-13 Hz
- **lambda vlny**
 - trojúhelníkový tvar

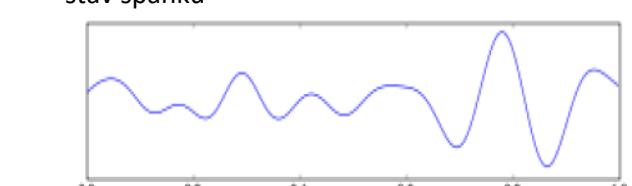
Theta vlny

- u dětí OK, stav usínání
- charakteristika
 - frekvence 4-8 Hz
 - amplituda 20 – 100 µV
- lokalizace frontálně, centrálně



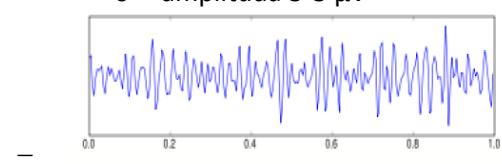
Delta vlny

- pokud člověk nespí, tak alarmující => tumor
- charakteristika
 - frekvence 0.5 – 4 Hz
 - 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



Ontogeneze vln

- 0-1 nepravidelná delta
- 1-3 dominantní theta 4-7 Hz
- 3-6 prealfa v pásmu théta vln 6-8 Hz (tlumení otevřením očí)
- 5-7 objevuje se alfa

Normální EEG v dospělosti

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

Rytmus	Frekvence (Hz)	Amplituda (uV)	Stav & Lokalizace
Alpha(α)	8 - 13	50 - 100	dospělí, relaxované bdění, zavřené oči. okcipitálně
Beta(β)	14 - 30	20	dospělí, duševní aktivita frontálně
Theta(θ)	4 - 7,5	nad 50	děti, dospělí při usínání, úzkost frontálně, centrálně
Delta(δ)	0,5 - 3,5	nad 50	spánek

Analýza EEG v neurologii

- 3 oblasti zájmu
 - spontánní nezáchvatovitá aktivita
 - spontánní záchvatovitá aktivita
 - evokované potenciály

BIS index

- pro monitorování hloubky anestezie
- empirické bezrozměrné
- bdění = 95, hluboká sedace = 70, mírná anestézie = 50, hluboká anestézie = 30

Elektrokortikogram ECoG

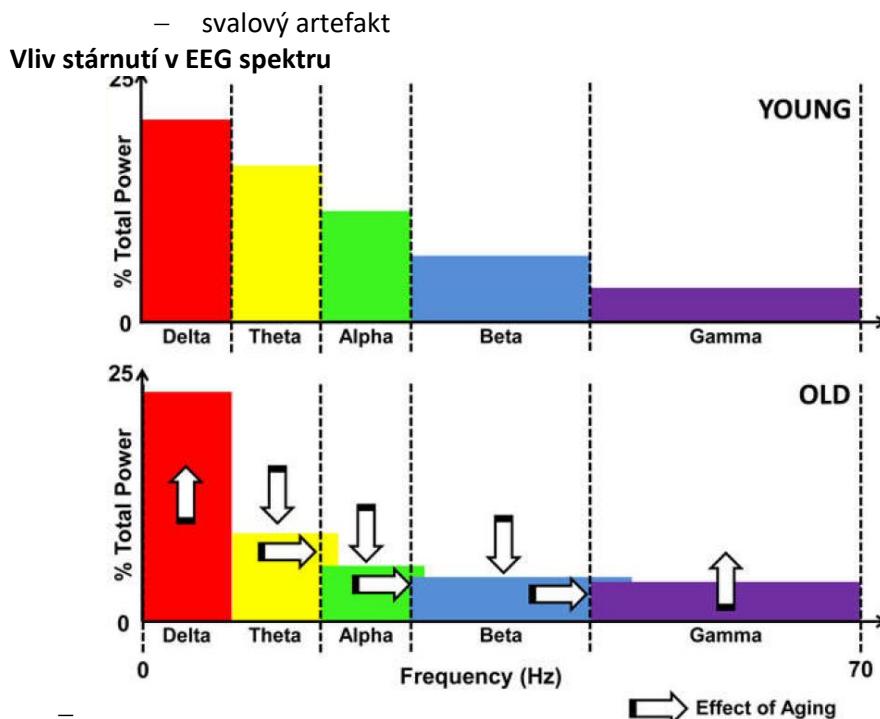
- invazivní EEG

8.přednáška

Artefakty v EEG

Druhy artefaktů

- 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)
- **biologické artefakty**
 - EKG artefakt
 - EKG artefakt z kardiostimulátoru
 - pulsový artefakt
 - oční artefakt z pohybu očí, zavření ...
 - artefakt z pocení



Abnormální EEG

Abnormality základní aktivity

- **demence**
 - nárůst delty a posun alphy do oblasti théty
- **zhmoždění**
 - po úrazech apod.
- **abces, otok**
- **nádory**
- **CMP (cévní mozková příhoda)**

Paroxysmální abnormality (záchvatové)

- **periodické**
 - nemoc šílených krav
- **epileptiformní**
 - 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

Detecte 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

$$\begin{array}{rcl} x_i(t) & = & s(t) + n_i(t) \\ \text{EEG} & = & \text{EP} + \text{šum} \\ \hline x_i(t) & = & s(t) + n_i(t) \\ x_i(t) & = & s(t) + n_i(t) \\ x_i(t) & = & s(t) + n_i(t) \\ \hline \bar{x}(t) & = & s(t) + \frac{n_1(t) + n_2(t) + n_3(t)}{3} \end{array}$$

- index $i = i$ -tá realizace
- $\frac{S}{N} \rightarrow \sqrt{N}$
- , poměr signál/šum roste s odmocninou realizací

Evokované potenciály

- reakce mozku na senzorický podnět – zrakové x sluchové x somatosenzorické
- zaznamenáváme pomocí EEG s vyšší f_s (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

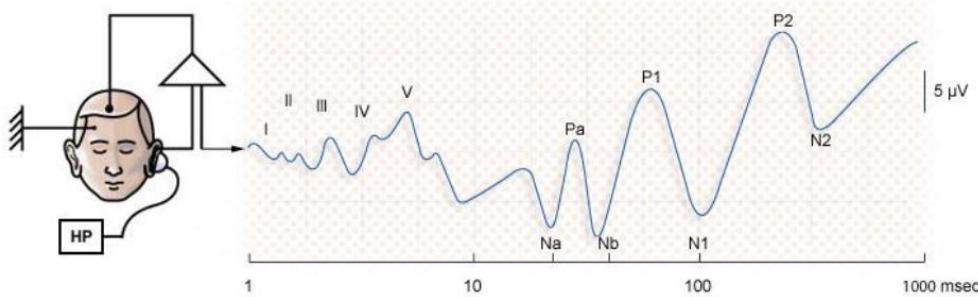
Analýza evokovaných potenciálů

- z odezvy se odečtu charakteristické vlny
- měření se porovnává s normou
 - 1-kanálová analýza
 - více kanálová analýza
 - normy pro každou laboratoř a věk
- **analýza tvaru křivky**
 - P1, N1, P2 ...
 - I, II, III, IV, V....
 - P100

Sluchové EP (AEP)

- 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 kůry



- dělíme dle latence

latence	odpověď	
0 až 20 ms	časná, mozkového kmene	BAEP – brainstem auditory EP
20 až 70 ms	střední korová	MLR – middle latency response
70 až 500 ms	pozdní korová	SVP – slow vertex response

– 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

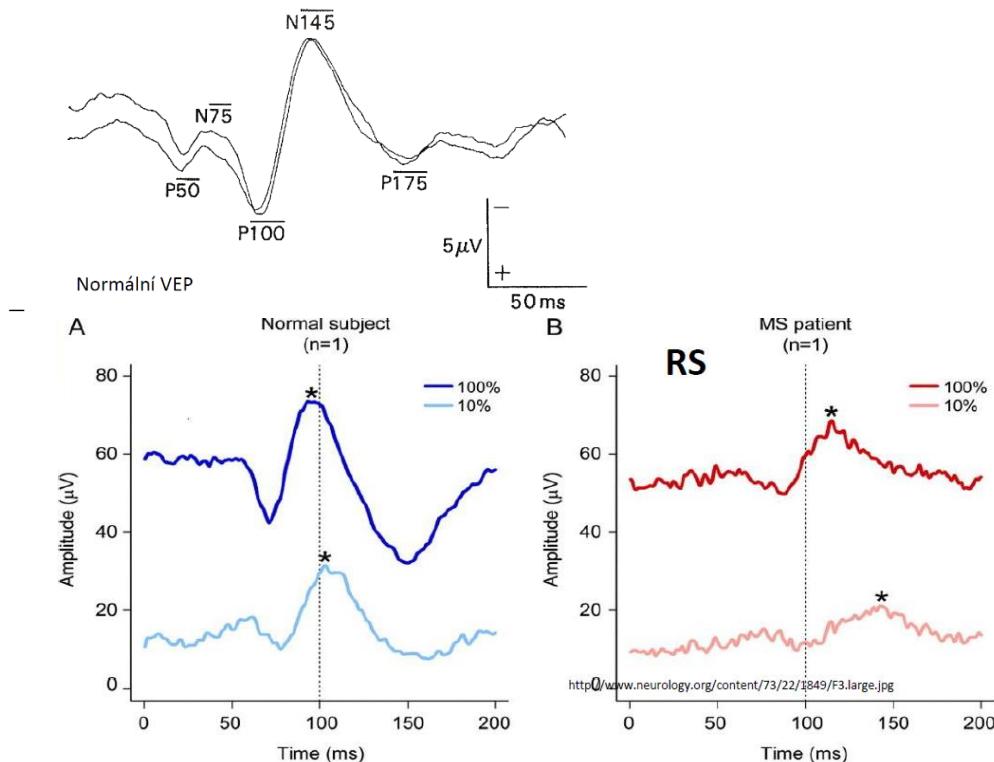
- stimulační kliknutí 30-50 dB
- hledání V. vlny
- screening novorozenců
- monitorování hloubky anestézie, během operací a mozku

– vlivy

- biologické – věk, pohlaví, tělesná teplota
- technické – frekvence a intenzita stimulace

Zrakové evokované potenciály VEP

- zrakové stimuly nejčastěji monitor s černobílou šachovnicí, 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

aplikace

- diagnózy roztroušené sklerózy
- patologie dráhy očního nervu
- diagnóza rozdílu mezi levým a pravým viděním

Somatosenzorické evokované potenciály SEP

- 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 vznich urazit do mozku
- rané evokované potenciály jsou klinicky nejvýznamnější – 25-100 ms v primární somatosenzorické kůře (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

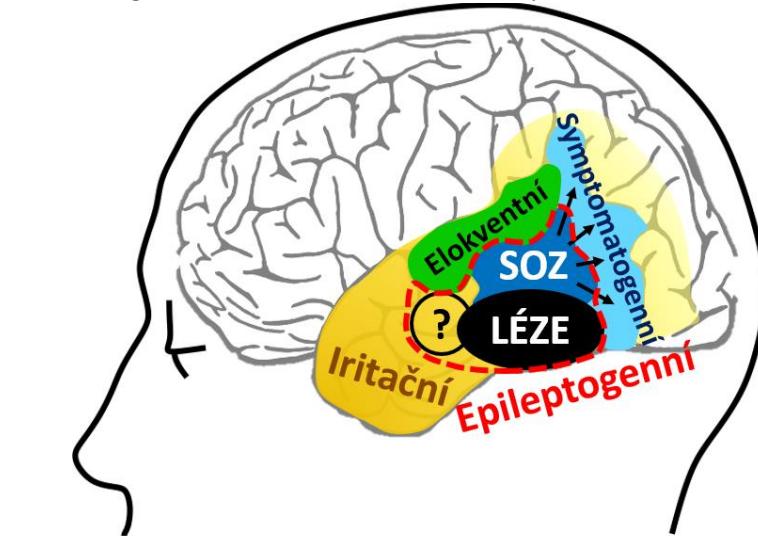
EEG III intrakraniální EEG

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)
- **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

Koncept epileptických zón

- 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 kúru



Lokalizace epileptogenní zóny

- rodinná, osobní anamnéza
 - dědičnost, choroby, okolnosti záchvatu
 - úraz, metabolická porucha, čistě psychogenní příčina 10-20 %
- zobrazovací vyšetření
 - CT
 - MRI
 - Metabolická zobrazení – PET, SPECT
- elektrofyziológická vyšetření
 - povrchové EEG
 - video EEG

Video EEG vyšetření

- sémiologie záchvatů (jak postupuje záchvat)
- elektrofiziologie
- 10-20 standardizace

High-density EEG

- 64-256 kontaktů
- inverzní úloha
 - odhad inverzní úlohy pomocí dekonvoluce

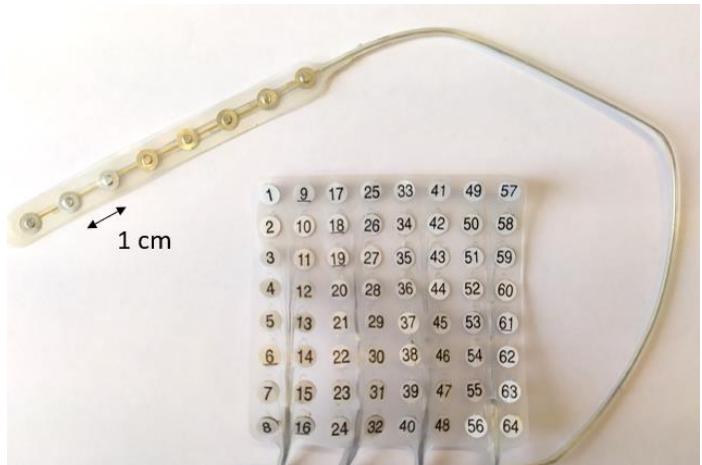
Zdroj x sekundární aktivace x propagace

- 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 ($fs = 16 \text{ kHz}$) > 100 GB /den (bez videí)
 - 0-800 Hz
 - záchyt záchratu
 - interiktální aktivita = mezi záchravová aktivita
- **přímá elektrická stimulace**
 - stimulace záchratu
 - mapování funkčních oblastí
- **výzkum kognitivních funkcí**
 - zpracování podmětů
 - aréna (ego/allocentrické úkoly)
 - brain machine interface
- **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
 - doložení dat = složité kauzální jevy

Kvantitativní EEG

- přepis parametrů EEG do čísel
- **interiktální aktivita**
 - IED, REDs
 - hrot s dobou trvání do 100 ms
- zpětně vizualizovat do jednotlivých kontaktů elektrod

Zóna počátku záchravů 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)

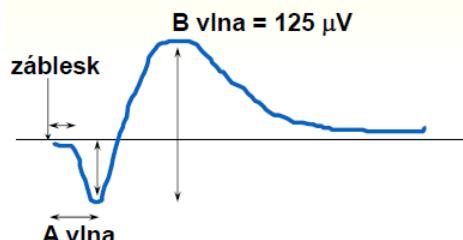
- **typ I**
 - IA
 - IB = nezralé neurony
 - částečně funkční, rozsáhlejší léze
 - často MRI negativní
- **typ II**
 - disfunkční tkáň, fokální léze
 - IIA = dysmorfní neurony
 - IIB = balónovité buňky
- potvrzeny až po operaci

10. přednáška

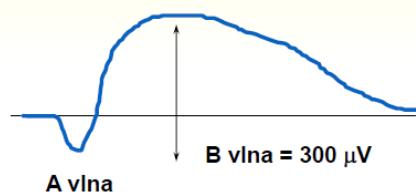
Biosignály oka a spánek

Elektroretinogram (ERG)

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



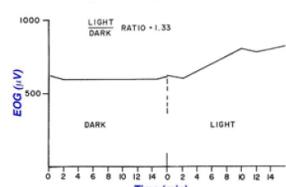
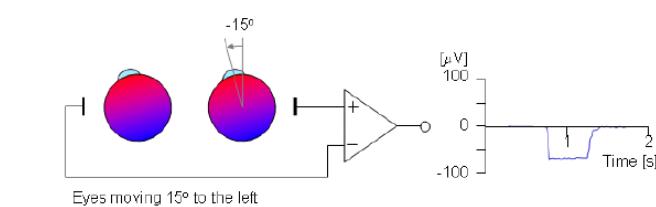
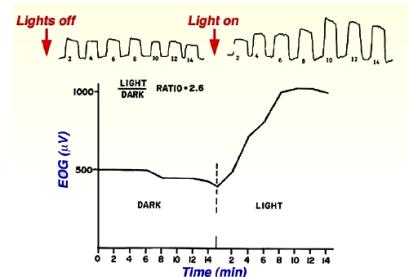
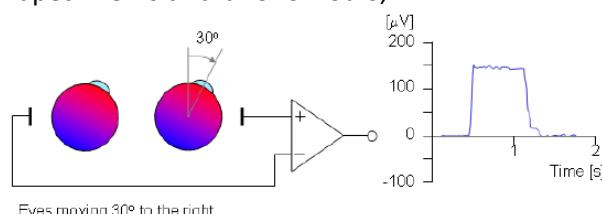
- skotopický (oko přizpůsobeno tmou, potenciál tvořen tyčinkami)



- speciální elektrody
- hodnotí se latence jednotlivých vln
- vrozená šeroslepost (negativní vlna v obou testech, EOG normální)

Elektrokulogram (EOG)

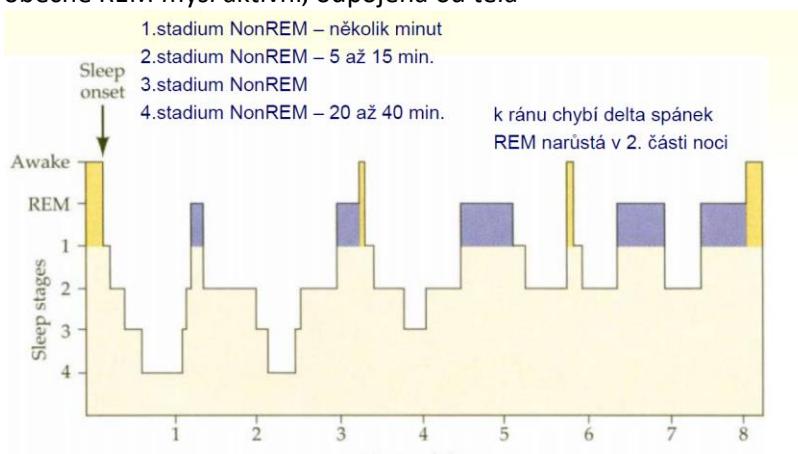
- horizontální svody okolo oka
- napětí mezi sítnicí a rohovkou $0,4 - 1 \text{ mV}$



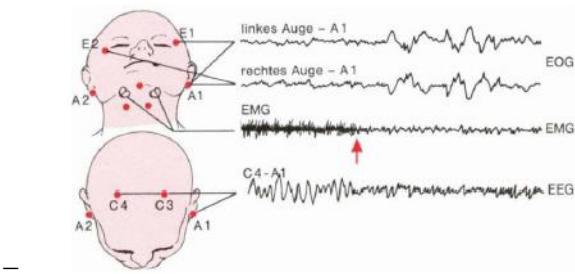
- patologická sítnice = nenaběhne do vysokých hodnot
- hodnocení funkčnosti okohybných stavů
- hodnocení asymetrie
- polysomnografie
- charakteristické oční pohyby při čtení

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

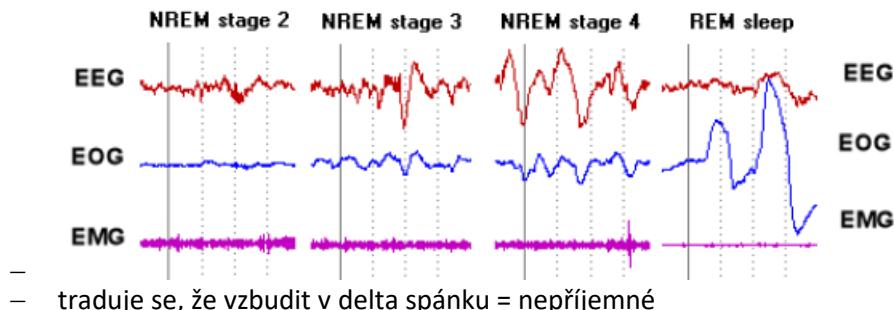


- EMG svalstvo končetin
- EKG
- průtok vzduchu před nosem a ústy
- pohyby při dýchání
- saturace krve O₂
- poloha těla

- video, mikrofon
- tmavá zvukotěsná místnost
- 12-16 kanálů
- běžně 1 noc – 4 noci placebo pak natočení

Spánek

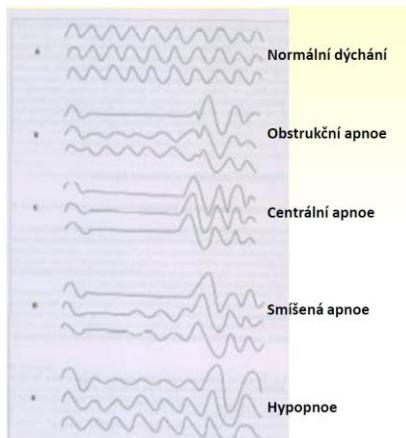
- jedna ze základní fyziologických potřeb
- regenerace CNS a celého těla
- konzervace energie – pokles bazálního metabolismu (hlavně při delta spánku)
- důležitý pro plasticitu neuronů (utváření krátkodobé a dlouhodobé paměti)
- stádia
 - **bdělost**
 - EEG – při zavřených očích alpha aktivita
 - EOG – 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
 - **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



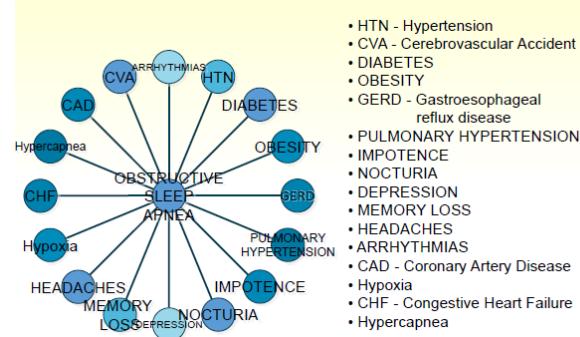
- traduje se, že vzbudit v delta spánku = nepříjemné

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)
 - CA = centrální spánková apnoe – příčina v CNS
 - MA = smíšená apnoe
 - SI = index chrápání
 - HY = hypopnoe (snížení dechového objemu)
- **OSA – obstrukční spánková apnoe**



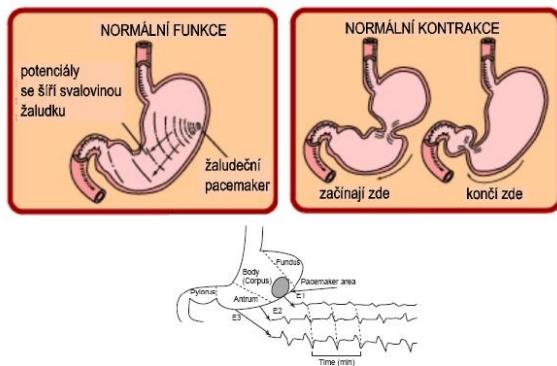
- **syndrom neklidných nohou**
 - nepříjemné pocity na končetinách
 - pohyb brání v usnutí
- **narkolepsie**
 - náhlá celková ztráta svalového tonu po emotivní reakci
- **parasomnie**
 - stavy abnormálního chování, poruchy probouzecích mechanismů, poruchy přechodu spánek – bdění

11. přednáška

Elektrogastogram

Žaludek

- činnost žaludku souvisí s el. aktivitou, vzniká ve třech částech



Potíže trávicího traktu

- **gastroparéza**
 - porucha vyprazdňování žaludku
 - doprovází nevolností, zvracením

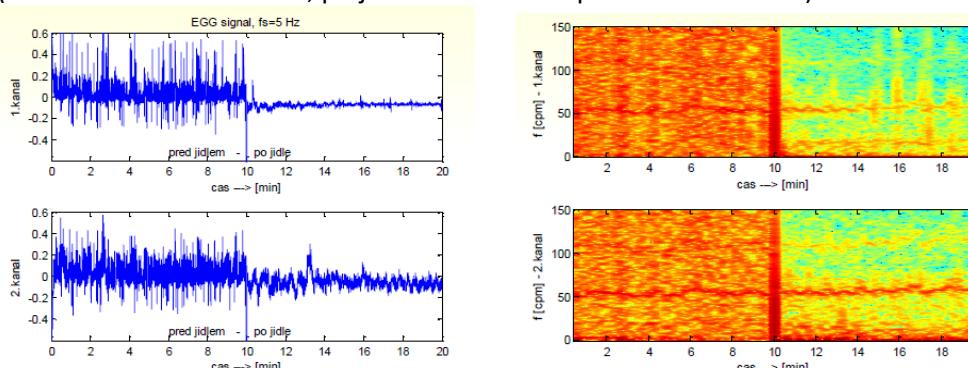
- dobré se vyhýbat tučným jídlům a přebytkům vlákniny
- **reflux** = návrat žaludeční štáv do jícnu
- **nauzea** = pocit na zvracení
- **žaludeční vřed** – monitorování pomocí pH metru
- **syndrom dráždivého střeva** – nejčastější ze stresu

Elektrogastrogram

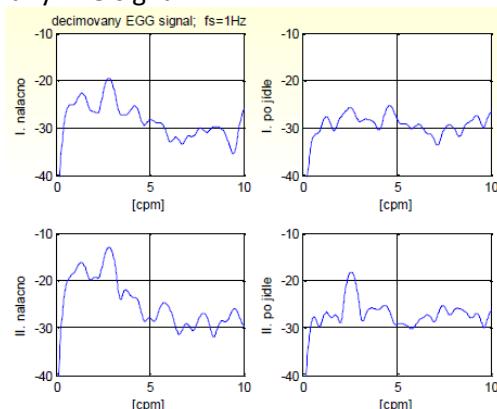
- zaznamenává bioelektrické potenciály žaludku, pohyby vegetativního systému a hladkého svalstva, projeví se tračník, dvanáctník, tenké střevo...
- elektrody na břišní stěnu
- není přesně definováno umístění elektrod
- experimentální význam – výzkum v souvislosti s diabetem
- cpm = cykly za minutu

	<i>složení EGG</i>	<i>frekvence [Hz]</i>	<i>frekvence [cpm]</i>
signál	gastrické pomalé vlny	0,008 – 0,165	0,5 – 9,9
	-normální EGG	0,04 – 0,06	2,4 – 3,6
	-bradygastrie	0,008 – 0,040	0,5 – 2,4
	-tachygastrie	0,040 – 0,165	3,6 – 9,9
šum	dech	0,20 – 0,40	12 – 24
	tenké střevo	0,13 – 0,20	8 – 12
	EKG	1,0 – 1,3	60 – 80
	pohybové artefakty	v celém rozsahu	v celém rozsahu

- signály: (na lačno dominantní 3 Hz, po jídle se zmenší amplituda a frekvence)



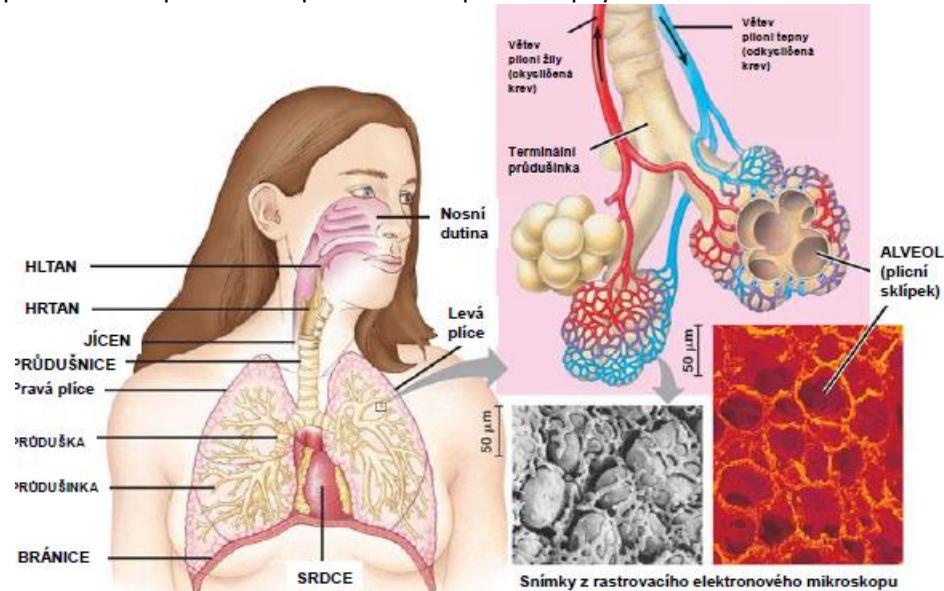
- používá se 30 bodový klouzavý průměr pro vyhodnocení v časové oblasti
- decimovaný EEG signál



Plicní funkce

Anatomie a funkce plic

- jedny z největších orgánu v těle
- dochází zde k okysličení krve
- vnější a vnitřní respirace
- na úrovni alveol = výměna krevních plynů
- párový orgán, pravá 3 laloky, levá 2 laloky (kvůli srdci)
- plíce – průdušnice – průduška – průdušinka – plicní sklípkы

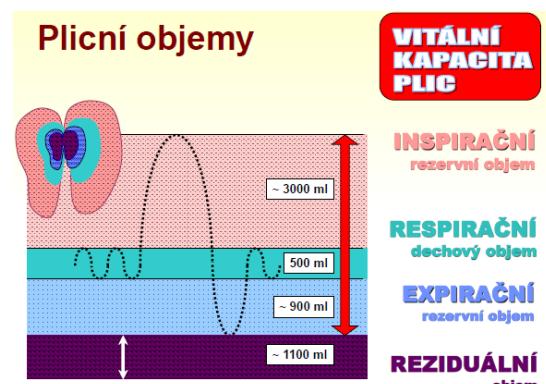
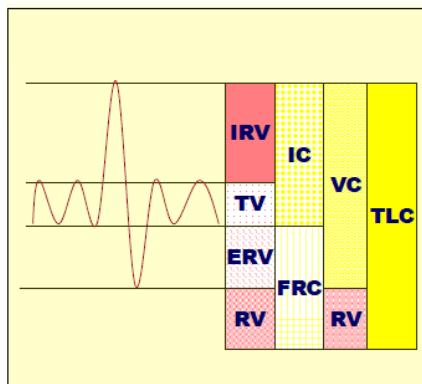


- **základní funkce**
 - dodávat tělu kyslík

Spirometrie

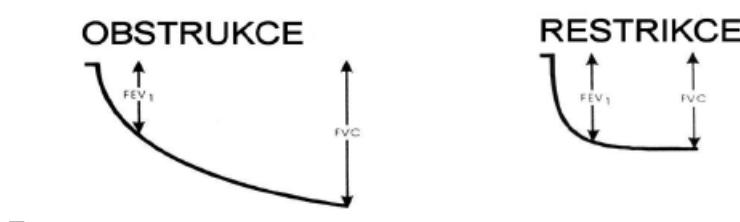
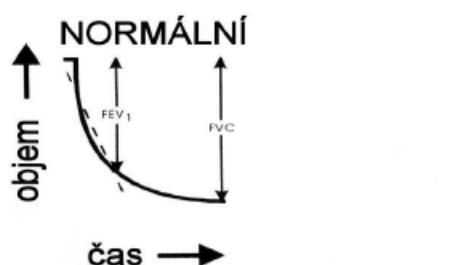
- základní funkční vyšetření plic
- popisuje
 - plicní objemy
 - 4 objemy
 -
 - 4 kapacity – součet dvou či více plicních objemů
 - plicní ventilaci
- **objemy**
 - **dechový objem (Tidal Volume TV)**
 - klidový – 0.5 l
 - objem vzduchu vyměňovaný při normálním klidovém dýchání
 - **inspirační rezervní 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 nevydechně

- **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
 - $TLC = IRV + TV + ERV + RV$



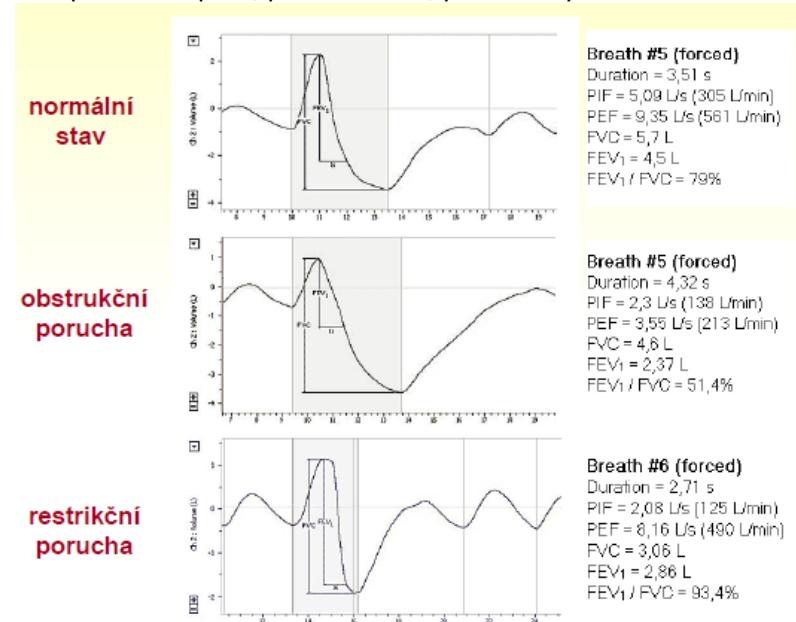
Spirometrie – laborka

- numerická integrace
- z proudění vypočítáme objem
- **FVC = usilovná vitální kapacita**
 - vydechnuto úsilím
 - většinou FVC ustáleno <3 sekundy u obstrukčních poruch bývá interval prodloužen
- křivka objem-čas



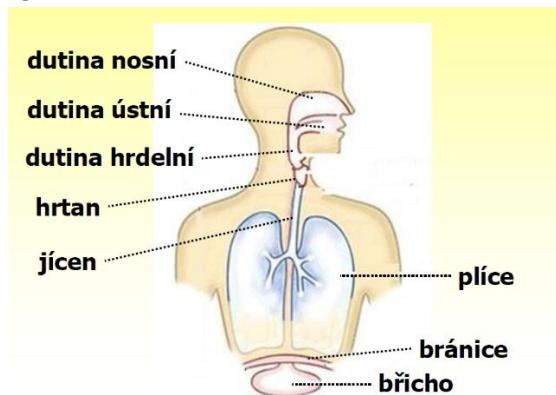
Poškození plic a dýchacího traktu

- **obstrukční porucha plicní ventilace**
 - omezení průchodnosti
 - zúžení horních dýchacích cest = nádechová dušnost
 - zúžení dolních dýchacích cest = výdechová dušnost
 - diagnóza dle spirometrie – VC normální, snížená FEV₁ – patologie je cokoliv pod 80 %
 - astma, cizí těleso v dýchacích cestách, nádor, struma
- **restrikční porucha plicní ventilace**
 - omezení plicní kapacity
 - diagnóza dle spirometrie – VC snížená (patologie pod 80 %) FEV₁ často > 80 %
 - stav po resekci plíce, pneumotorax, porucha dýchacích svalů

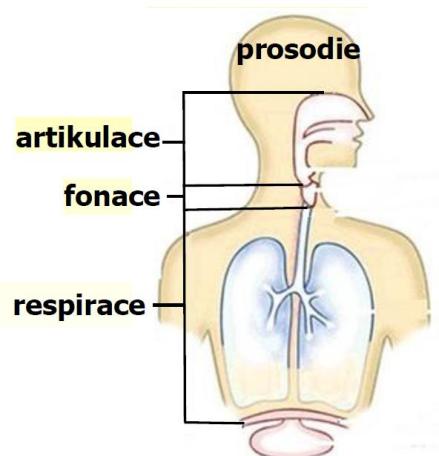


12. přednáška

Anatomie



Hlas a řeč



- 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...

	I	E	A	O	U
F1	300 .. 500	480 .. 700	700 .. 1100	500 .. 700	300 .. 500
F2	2000 .. 2800	1560 .. 2100	1100 .. 1500	850 .. 1200	600 .. 1000
F3	2600 .. 3500	2500 .. 3000	2500 .. 3000	2500 .. 3000	2400 .. 2900

- Akustický model**
- pásmové propusti a rezonátory pro modelování hlasového ústrojí
 - jitter a shimmer = přirozená nestabilita
 - samohlásky

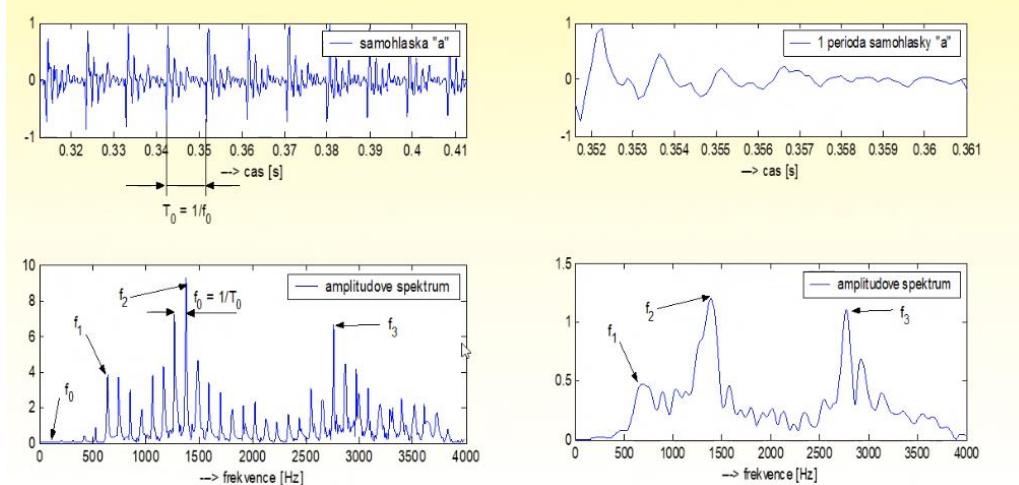
modelované pomocí formantových frekvencí

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 = rychlosť, délky segmentů
- prosodie
 - f0, En – std f0 (v půltónech), std En, poměry řeč/pauza
 - např. u Parkinsonů 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

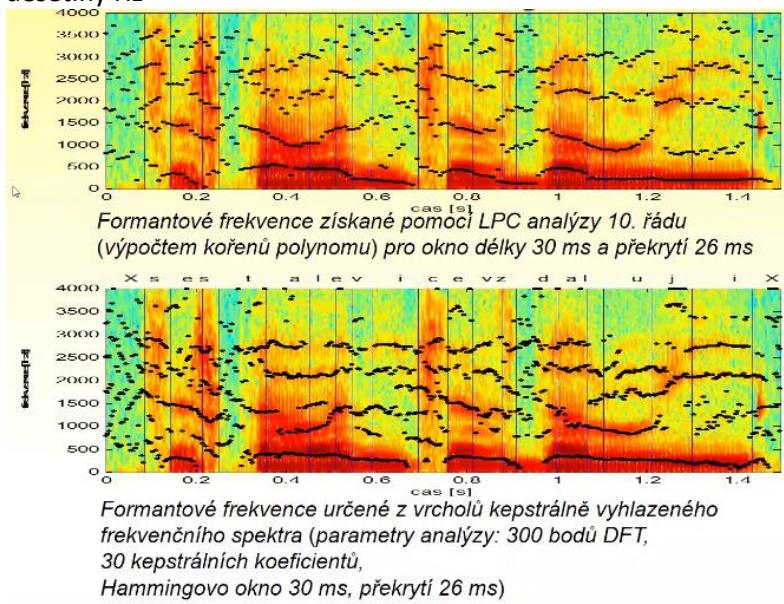


Formanty

- významné energetická pásmá
- charakterizují samohlásky

	$f_{0\text{typ}}$ [Hz]	$f_{0\text{min}}$ [Hz]	$f_{0\text{max}}$ [Hz]
muži	125	80	200
ženy	225	150	350
děti	300	200	500

- 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
- funkční
 - poruchy z přemáhání hlasu
 - psychogenní poruchy hlasu
 - hlasové neurózy

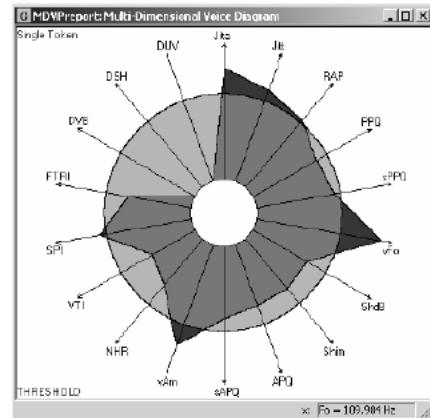
Subjektivní hodnocení hlasu

- pacient hodnotí svůj hlas
 - 30 otázek pro vyhodnocení handicapů
 - VHI = Voice Handicap Index
- lékař hodnotí hlas
 - 0-6 stupnice

Metody objektivního hodnocení hlasu

- fonogram = měření hlasové pole zpěvního a mluvního hlasu
- akustických analýzách
 - základní frekvence
 - formanty
 - energie
 - 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



frekvenční kolísání Jita, Jitt, RAP, PPQ, sPPQ, vFO

Absolutní jitter vyjádřený v časové míře [μs] $Jita = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |T_0^{(i)} - T_0^{(i+1)}|$

$$Jitt = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |T_0^{(i)} - T_0^{(i+1)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_0^{(i)}} \cdot 100$$

$$RAP = \frac{\frac{1}{N-2} \left[\sum_{i=2}^{N-1} |T_0^{(i-1)} + T_0^{(i)} + T_0^{(i+1)}| / 3 - T_0^{(i)} \right]}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_0^{(i)}} \cdot 100$$

Relativní průměr odchylek délek period [%]

$$PPQ = \frac{\frac{1}{N-4} \sum_{i=1}^{N-4} \left[\frac{1}{5} \sum_{r=0}^4 |T_0^{(i+r)} + T_0^{(i+1+r)}| / 5 \right]}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_0^{(i)}} \cdot 100$$

Kvocient odchylek délek period [%]

$$sPPQ = \frac{\frac{1}{N-sf+1} \sum_{i=1}^{N-sf+1} \left[\frac{1}{sf} \sum_{r=0}^{sf-1} |T_0^{(i+r)} - T_0^{(i+m)}| \right]}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_0^{(i)}} \cdot 100$$

$$vFO = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N F_0^{(ij)} - F_0^{(i)} \right)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_0^{(i)}} \cdot 100$$

Koeficient variace základní frekvence [%]

šumové parametry NHR, VTI, SPI

Poměr šumu k harmonickým [%]

poměr energie neharmonických složek v pásmu 1500 až 4500 Hz k harmonickým složkám v rozmezí 70 až 4500 Hz.

Index turbulence hlasu [-]

poměr energie neharmonických složek v pásmu 2800 až 5800 Hz k harmonickým složkám v rozmezí 70 až 4500 Hz.

Index měkké fonace [-]

relativní poměr energie neharmonických složek v pásmu 70 až 1600 Hz k energií ve frekvencích 1600 až 4500 Hz.

amplitudové kolísání ShdB, Shim, APQ, sAPQ, vAm

Shimmer [dB] $ShdB = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |20 \log(A_0^{(i+1)} / A_0^{(i)})|$

Shimmer v procentech [%] $Shim = \frac{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} |A_0^{(i+1)} - A_0^{(i)}|}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_0^{(i)}} \cdot 100$

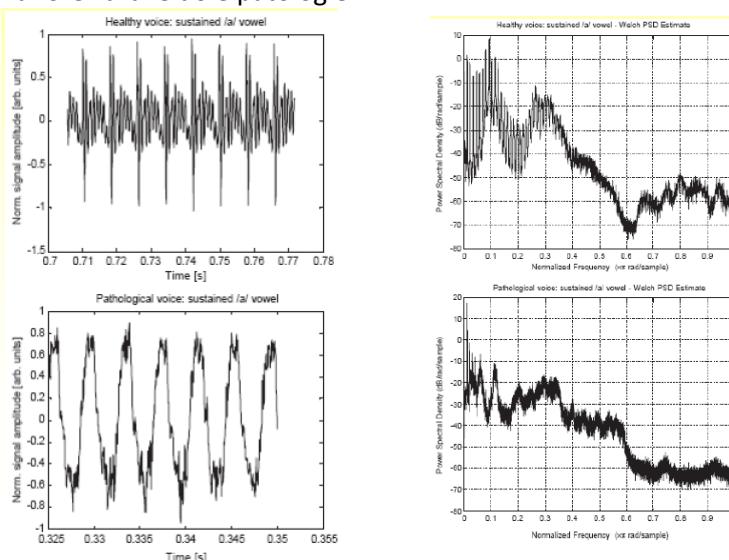
Kvocient amplitudových odchylek [%] $APQ = \frac{\frac{1}{N-11} \sum_{i=6}^{N-5} |A_i - (A_{i-5} + \dots + A_{i+5}) / 11|}{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} A_i} \cdot 100$

Kvocient zprůměrovaných amplitudových odchylek [%] $sAPQ = \frac{\frac{1}{N-sf+1} \sum_{i=1}^{N-sf+1} \left[\frac{1}{sf} \sum_{r=0}^{sf-1} |A^{(i+r)} - A^{(i+m)}| \right]}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N-1} A_i} \cdot 100$

Variabilita vrcholů amplitud [%] $vFO = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N A_0^{(ij)} - A_0^{(i)} \right)^2}}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_0^{(i)}} \cdot 100$

Poruchy hlasu

- patologické hlyasy = vyšší obsah šumu ve spektru
- nahoře zdravé dole patologie



- normální hlas
 - shimmer 4 %
 - jitter 1 %
 - autokorelace k 1
- akutní laryngitida
 - shimmer dvojnásobný
 - pokles autokorelace
 - pokles HNR v dB
- chronická laryngitida
 - parametry příznivé, projevuje se chraplivostí
- edém
 - parametry příznivé (nezaznamenáme z akustických charakteristik)
- Reinkeho edém
 - shimmer 10 %
 - často pro alkoholičky a kuřáčky = hrubé hlyasy
- papilomatosis
 - benigní nádor
 - autokorelace k nule
 - HNR záporné dB
- cysta = nepravé nádory
- polyp
- traumatičké změny
 - po úrazu hrtanu apod.
- porucha inervace
- spastická dysfonie
- hyperkinetická dysfonie
 - dlouhodobé namáhání hlasu
 - jitter 3 %, shimmer 9 %
- psychogenní dysfonie

Poruchy řeči

- porozumění – Wenickeovo centrum

- tvorba – Brocovo centrum
- prováděcí řečová motorika
 - poruchy fonace a artikulace
- **dysartrie**
 - 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
 - diadochokinetickej test
- **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

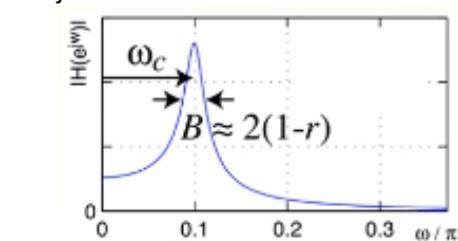
- 3F test (45 úkolů)
- pohyb tvář, dýchání, artikulace (faciokinez, fonorespirace, fonetika)

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. rádu

- jednoduchá rezonance = IIR druhého rádu (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 = GABA a 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, inhibiční 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 = hypokineticke 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, určuje charakter zpěvu