

Elektrokardiografie (2. LF UK)

Zadání úlohy

1. Zaznamenejte 12svodové EKG jednoho člena pracovní skupiny.
2. Proměřte a vyhodnoťte naměřený signál dle návodu, načrtněte elektrickou osu srdce.

Teoretický úvod

Elektrokardiografie (EKG) je základní metodou vyšetření elektrické aktivity srdečního svalu (myokardu). Tato metoda je zcela neinvazivní. Umožňuje odhalení většiny závažnějších srdečních onemocnění (arytmie, akutní či proběhlé poškození srdečního svalu...). Jejím principem je snímání elektrické srdeční aktivity a v podobě **Elektrokardiogramu** (časový záznam EKG křivek) umožňuje její hodnocení.

Signál, vznikající v SA uzlu, se přenáší Převodním systémem srdečním, až se rozšíří do celého myokardu, tvořeného kardiomyocyty. Na extracelulární membráně každého kardiomyocytu během jeho činnosti vzniká akční potenciál. Při otevření iontových kanálů dochází k depolarizaci membrány, což vede ke stahu svalového vlákna a tím k systole. Systola síní předchází systolu komorovou. Po skončení systoly nastává diastola, během které činností iontových pump dochází k repolarizaci membrán, tj. k vytvoření klidového membránového potenciálu.

Při EKG ovšem není možné zaznamenávat akční potenciály jednotlivých srdečních buněk, ale pouze celkový elektrický projev všech těchto buněk v čase, tzv. sumační potenciál celého myokardu.

Princip vyšetření

Jak již bylo řečeno, v srdci během jeho činnosti vznikají různé potenciály, které mají specifický směr a velikost, tudíž jsou vyjádřitelné vektorově. Každý vektor je směrem a velikostí typický pro určitou fázi srdeční činnosti, viz. obrázek Šíření depolarizace.

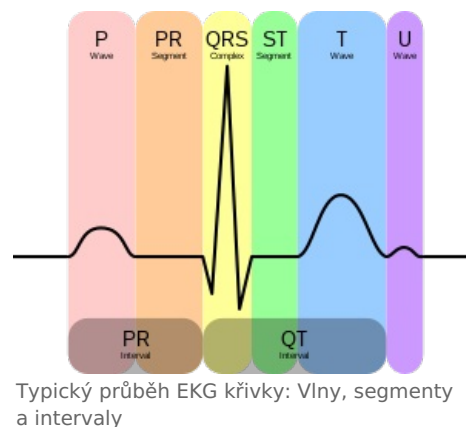
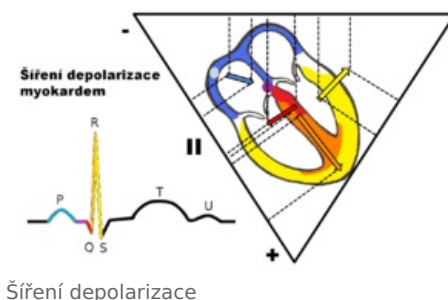
První úspěšnou metodu měření vytvořil holandský fyziolog Willem Einthoven, který byl později za svůj objev oceněn Nobelovou cenou. Metoda spočívá v umístění tří bipolárních svodů na pravou a levou ruku a na levý kotník. Mezi těmito třemi svody vznikne pomyslný trojúhelník, v jehož středu je srdce člověka, nazývaný po svém objeviteli Einthovenův, který je možno vidět na přiloženém obrázku. Během srdeční činnosti mezi jednotlivými svody vznikne měřitelný potenciál, jehož velikost a směr je možné vyjádřit vektorově. Takto získáme tři vektory mezi jednotlivými svody. Tyto vektory se následně sečtou a to tak, aby výsledný vektor začínal ve středu trojúhelníku, tedy v srdci. Takto vzniklý vektor nám ukazuje jednak velikost srdečního potenciálu a jednak směr jeho šíření. Pokud se naměřená velikost zakreslí do grafu v závislosti na čase, vznikne EKG křivka.

Pokud má být výsledek co nejpřesnější, je nutné, aby pacient byl v klidu a nehýbal se, neboť při činnosti libovolného svalu vzniká potenciál, který by znehodnotil měřené výsledky, rovněž se pohybem může měnit elektrická vodivost tkání.

Průběh jedné srdeční periody (revoluce)

Prvotní signál SA uzlu je natolik slabý, že jej při běžném záznamu EKG prakticky nezaznamenáme. Na typickém EKG záznamu (II. Einthovenův svod) proto vidíme následující grafoelementy:

- **P vlna** odpovídá *depolarizaci síní* (v jejímž důsledku dochází k systole síní). (*Repolarizace síní* není na záznamu EKG patrná, neboť má nízkou amplitudu a je překrytá silnějším komplexem QRS, ke kterému dochází ve stejnou dobu.)
- **PQ segment** (či **PR segment**) odpovídá zdržení vzruchu v AV uzlu; měříme jej od konce P vlny do začátku komorového komplexu.
- **PQ interval** je doba od začátku P vlny do začátku komorového komplexu – zahrnuje tedy šířku vlny P a PQ segment. (Vzhledem k tomu, že následující Q kmit nemusí být vždy viditelný, označuje se někdy jako **interval PR** – tedy od začátku vlny P do začátku vlny R.)
- **QRS komplex** reprezentuje depolarizaci komor (a v jejím důsledku systolu komor). Typicky se skládá ze tří *kmitů*:
 - **Q** – první negativní kmit, nemusí být přítomen
 - **R** – každý pozitivní kmit. Normálně se vyskytuje pouze jeden. Pokud je v komplexu více kmitů R, označují se hvězdičkou (např. R*)
 - **S** – každý negativní kmit po alespoň jednom R. Pokud je jich více, označují se obdobně jako R.
- **ST segment** – část křivky mezi koncem QRS komplexu (tzv. *J bod* neboli *junkce*) a následným začátkem vlny T



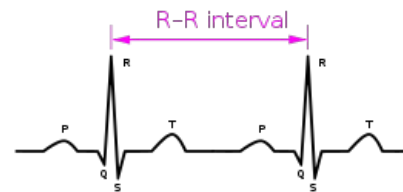
T)

- **T vlna** reprezentuje na EKG záznamu repolarizaci komorového myokardu. Ta je v průběhu T vlny ukončena.
- **QT interval** je doba mezi *začátkem* QRS komplexu a *koncem* T vlny.
- **U vlna** je viditelná zřídka. Její původ je nejasný.

Délka srdeční periody

Délku srdeční periody nejsnadněji určíme z *R-R intervalu*, což je interval mezi kmity R ze dvou po sobě jdoucích srdečních systol. Z ní pak vypočteme okamžitou srdeční frekvenci v *bpm* (beats per minute) neboli min^{-1} :

$$f[\text{min}^{-1}] = \frac{60}{\text{R-R interval}[\text{s}]} = \frac{60000}{\text{R-R interval}[\text{ms}]}$$

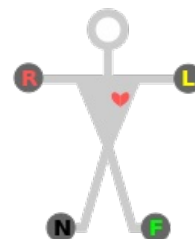


R-R interval

Elektrody

Končetinové elektrody

- R (pravá ruka)
- L (levá ruka)
- F (levá noha)
- N (pravá noha)

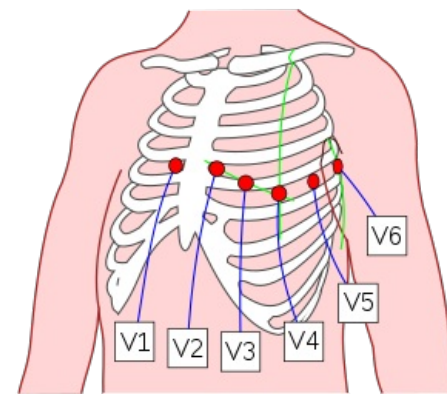


Končetinové elektrody

Hrudní (prekardiální) elektrody

Šest elektrod V1 až V6, umístěných přímo na hrudníku vyšetřované osoby:

- V1 ve čtvrtém mezižebří vpravo od sternu
- V2 ve čtvrtém mezižebří vlevo od sternu
- V3 mezi elektrodami V2 a V4
- V4 v pátém mezižebří v čáře probíhající středem levého klíčku
- V5 v pátém mezižebří v čáře probíhající přední řasou podpažní jamky
- V6 v pátém mezižebří v čáře pod středem podpažní jamky.



Umístění hrudních (prekardiálních) elektrod, pomocí nichž jsou vytvořeny Wilsonovy svody V1, V2, V3, V4, V5, V6

Svody

Specifickým zapojením EKG elektrod pak vytváříme tzv. **EKG svody**. Tyto svody pak dělíme:

- dle elektrod, ze kterých jsou vytvářeny:
 - *končetinové*
 - *hrudní*
- dle způsobu zapojení:
 - *bipolární* (rozdíl potenciálů mezi dvěma elektrodami)
 - *unipolární* (rozdíl potenciálů mezi určitou elektrodou a referenčním bodem, uměle vytvořeným pomocí vhodné zapojených rezistorů)

Tím pádem musíme důsledně rozlišovat mezi pojmy:

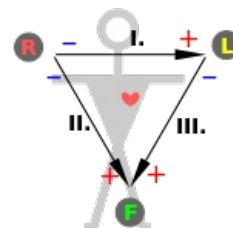
- *elektroda* – kovová součást, přikládána na tělo vyšetřované osoby; její potenciál se přenáší kabelem do EKG přístroje, a tím pádem potenciál tohoto vodiče a elektrody je shodný (zanedbáme-li případné rušení)
- *svod* – je vytvářen až v samotném přístroji takovým způsobem, jakým jsou zapojeny vstupy jeho diferenciálních zesilovačů k jednotlivým elektrodám či referenčním bodům

Einthovenovy svody (bipolární)

Bipolární zapojení – měřený signál odpovídá rozdílu potenciálů mezi dvěma elektrodami. Elektroda umístěná na **levé ruce** se označuje písmenem L (left) – naměřený potenciál se značí Φ_L , na **pravé ruce** písmenem R (right) – potenciál Φ_R a na **levém kotníku** F (foot) – potenciál Φ_F .

Einthovenovy končetinové svody se značí římskými číslicemi **I, II a III**. Pro výpočet napětí konkrétních svodů platí tyto vztahy:

$$\begin{aligned} U_I &= \Phi_L - \Phi_R \\ U_{II} &= \Phi_F - \Phi_R \\ U_{III} &= \Phi_F - \Phi_L \end{aligned}$$



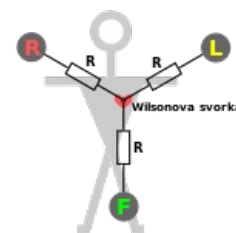
Einthovenův trojúhelník

Elektroda N (neutrální), která se připojuje na **pravou nohu**, se do vlastního snímání **nezapočítává** a slouží pouze jako uzemnění.

Wilsonovy končetinové svody (unipolární)

3 Einthovenovy bipolární svody I, II, III doplnil Wilson o 3 unipolární svody tím způsobem, že pomocí tří odporů vytvořil referenční bod (Wilsonovu svorku), vůči které pak vztáhl průběhy potenciálů končetinových elektrod R, L, F a tím vytvořil Wilsonovy končetinové svody VR, VL, VF.

$$\text{Výpočet potenciálu Wilsonovy svorky: } \Phi_W = \frac{\Phi_R + \Phi_L + \Phi_F}{3}$$



Goldbergerovy svody (unipolární)

Namísto Wilsonovy centrální svorky Goldberger použil pro každou z elektrod R, L, F vlastní referenční bod, vytvořený napěťovým děličem ze zbývajících dvou končetinových elektrod a tím pádem zvětšil amplitudu unipolárních končetinových svodů o 50 %. Takto vzniklé unipolární končetinové svody se nazývají *augmentované* (tj. prodloužené) a značí se tím pádem **aVR**, **aVL** a **aVF**.

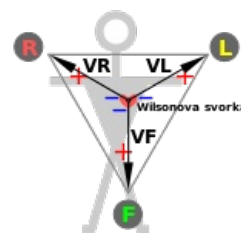
Pro výpočet napětí Goldbergových svodů platí tyto vztahy:

$$U_{aVR} = \Phi_R - \frac{\Phi_L + \Phi_F}{2}$$

$$U_{aVL} = \Phi_L - \frac{\Phi_R + \Phi_F}{2}$$

$$U_{aVF} = \Phi_F - \frac{\Phi_R + \Phi_L}{2}$$

Vytvoření Wilsonovy centrální svorky pomocí tří stejně velkých rezistorů



Wilsonovy končetinové svody VR, VL, VF

Wilsonovy hrudní svody (unipolární)

Napětí hrudních svodů počítáme jako rozdíl potenciálů dané hrudní elektrody a centrální Wilsonovy svorky.

Výpočty napětí hrudních svodů:

$$U_{V1} = \Phi_{V1} - \Phi_W$$

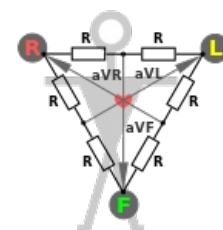
$$U_{V2} = \Phi_{V2} - \Phi_W$$

$$U_{V3} = \Phi_{V3} - \Phi_W$$

$$U_{V4} = \Phi_{V4} - \Phi_W$$

$$U_{V5} = \Phi_{V5} - \Phi_W$$

$$U_{V6} = \Phi_{V6} - \Phi_W$$



Goldbergerovy referenční body a svody aVR, aVL, aVF

Standardní dvanáctisvodové EKG

Kombinací Einthovenových bipolárních svodů I, II, a III, Goldbergových unipolárních svodů aVR, aVL a aVF a šesti hrudních svodů získáme standardní dvanáctisvodové EKG.

Konstrukce elektrokardiografu

doplnit:

Diferenční zesilovače

Filtry

Analogo-digitální převodníky

Domácí příprava

BTL-08 WIN

BTL-08 WIN je původní firemní software, určený pro komunikaci s elektrokardiografem **BTL-08 S ECG**. Díky tomu, že se jedná o program k EKG jednotce BTL-08 S ECG, kterou máme v praktikách a která se už nevyrábí (byl nahrazena novější verzí), dal výrobce program *BTL-08 WIN* na svých stránkách v rámci podpory ke stažení zdarma.

Pokud tento program zjistí, že k počítači není připojena žádná EKG jednotka, spustí automaticky DEMO, tj. chová se stejně, jako by dostával EKG signál od připojeného pacienta. To nám umožní si tento program stáhnout a naučit se s ním pracovat už v rámci domácí přípravy.

Instalace a nastavení programu Ecg

1. Najdeme si stránky výrobce BTL Zdravotnická technika, a.s. (<https://www.btl.cz/>)
2. V horní liště vybereme Servis / Software (<https://www.btl.cz/servis-software>)
3. Najdeme *Software pro kardio: EKG a ergometrie: BTL 08 ver. 6.12.zip*
4. Stáhneme si instalační soubor: BTL_08_6.12.zip (https://btl-misc.s3.amazonaws.com/sw-dl/BTL_08_6.12.zip) (velikost 15 MB)
5. Instalační soubor rozzipujeme (vytvoří si adresář *BTL 08 ver.6.12*)
6. V této složce je instalační program *Setup_BTL08win-6.12.exe*, který spustíme
7. Program BTL-08 WIN se nám defaultně nainstaluje do složky C:\BTL08Win (na disku zabere pouhých 10 MB)
8. V této složce je program **Ecg.exe**, který spustíme
9. Po prvním spuštění se nám objeví hláška:
Datový soubor nenalezen!
Nemohu najít datový soubor. Co s tím?
(nelze nalézt soubor 08data.mdb.)
10. Zvolíme možnost: ? *Použít demonstrační F10*
11. V menu *Nastavení* si můžeme nastavit *Výběr jazyka*

Ovládání programu Ecg

Seznámíme se s fungováním programu pro snímání, ukládání, zobrazování a zpracování EKG a naučíme se s ním pracovat. Program je možné ovládat buď myší, anebo funkčními klávesami.

Uložená data pacientů

1. V menu vpravo nahoře rozklikneme nabídku *Kartotéka F3*
2. V kartotéce *ambulance* nalezneme karty pacientů *Dowe John* a *McBeal Ally*, v kartotéce *ordinace* kartu pacienta *Novotný Rudolf*
3. Při kliknutí na jméno pacienta můžeme editovat jeho kartu: *Vlastnosti pacienta F2*
4. Při dvojkliku na jméno pacienta máme možnost pořídit nový EKG záznam (náběr) anebo si prohlédnout nějaký uložený záznam. (Např. *Dowe John* má uloženy 4 EKG záznamy)
5. Dvojklikem na záznam se nám zobrazí EKG křivky ze dvanácti svodů EKG: Vlevo končetinové, vpravo hrudní. Toto uspořádání si můžeme měnit: *Mód F3*
6. V záznamu se pohybujeme tažením za spodní táhlo anebo klávesami šipek či PageUp a PageDown
7. Zkusíme měnit rychlost *posuvu papíru F4*, *amplitudu F5* či *filtry F6*
8. *Komparace F7* nám umožní porovnat dva různé záznamy
9. *Průměrování F8* nám zprůměruje několik srdečních revolucí. K proměření křivky musíme tažením za červené čtverečky upřesnit časové okamžiky, které se program snažil automaticky nastavit:
 - a) p_{on} začátek vlny P
 - b) p_{off} konec vlny P
 - c) qrs_{on} začátek QRS komplexu
 - d) qrs_{off} konec QRS komplexu
 - e) t_{off} konec vlny T
10. Volba *Potvrdit diagnózu F5* uloží časové okamžiky tak, jak jsme si je upřesnili
11. Vlevo nahoře se nám zobrazují různé intervaly a amplitudy pro zobrazený svod
12. Volba *Podrobnosti F4* nám zobrazí podrobnou tabulku amplitud pro všechny svody a sklon vypočítaných elektrických os vlny P, komplexu QRS a vlny T

Výstup vyšetření

1. *Tisk F2*
2. *Náhled F2*
3. *Uložit obrázek*
4. *Uložit jako PNG*

Touto akcí se výsledek vyšetření uloží do dvou souborů: V prvním jsou zobrazeny EKG křivky a ve druhém jejich popis.

DEMO

Když jsme se naučili pracovat s uloženými záznamy, vyzkoušíme si pořízení nového záznamu:

1. Na stánce *Kartotéka* si vedle *ordinace* a *ambulance* vytvoříme další pracoviště, jehož složku nazveme jménem našeho kruhu, např. *Kruh 1*
2. Zde si založíme a vyplníme kartu nového pacienta.
3. Nyní máme možnost natočit:
 - a) *Nové standardní EKG* (tj. dvanáctisvodové EKG s možností pořízení několika náběrů o délce 10 s)
 - b) *Nový long záznam* (tj. záznam o délce až několik minut, ovšem pouze se záznamem jednoho nebo dvou vybraných svodů).

Standardní EKG

Při této volbě se v okně do určité době objeví upozornění, že nebyla nalezena žádná připojená jednotka a že se spouští DEMO. Poté se objeví nahrávané křivky, kde na černém pozadí je velký šedý vodotisk DEMO.

Během nahrávání si opět můžeme zkoušet měnit nastavení rychlost *posuvu papíru F4*, *amplitudu F5* či *filtry F6*.

Po stisku klávesy *Enter* anebo po kliknutí na červené srdíčko vpravo dole se uloží desetisekundový náběh EKG. To můžeme provést několikrát. (Při následném prohlížení budou tyto náběhy od sebe odděleny svislými bílými čarami.)

Snímání ukončíme klávesou *Esc* anebo kliknutím na *Ukončit záznam*.

Long EKG

Při této volbě musíme nejdříve nastavit:

1. Jaký svod anebo jaké dva svody chceme ukládat (stačí vybrat jeden svod, ten, který měl ve standardním EKG nejzřetelnější R-vlny).
2. Pořadovanou délku záznamu (stačí 1,5 min, tj. 90 s).

Poté bude záznam probíhat podobně jako prve. Nesmí nás zmýlit, že stejně jako prve budeme sledovat všech 12 svodů EKG – následně se uloží jen ten námi zvolený. Až budeme připraveni začít záznam (když bude záznam probíhat bez artefaktů), stiskneme *Enter* anebo klikneme na červený obrys srdce vpravo dole. Obrys se celý vybarví červeně, což oznamuje, že probíhá záznam. V srdci se po půlminutách objevuje, jaký čas ještě zbývá do konce. Během této doby už na nic neklikáme, náběh se po stanoveném čase ukončí a uloží sám.

Zobrazení a vyhodnocení

Oba záznamy si nyní můžeme zobrazit a vyhodnotit stejným způsobem, jak jsme se naučili na uložených datech pacientů.

Kontrolní otázky

1. Jaký je princip EKG?
2. Co jsou to myocyty?
3. Jaká je funkce myocytů?
4. Jaké jsou projevy myocytů?
5. Co je to akční potenciál myocytu?
6. Co je to sumační potenciál?
7. Při vyšetření EKG zaznamenáváme akční anebo sumační potenciál?
8. Co může znamenat zkratka EKG?
9. Co je to elektrokardiogram?
10. Co je to izoelektrická linie?
11. Nakreslete typickou EKG křivku včetně popisu a příslušných os!
12. Označte v nákresu EKG křivky amplitudu QRS komplexu!
13. Jak interpretujeme jednotlivé grafoelementy EKG záznamu?
14. Jak se v EKG záznamu projeví depolarizace síní?
15. Jak se v EKG záznamu projeví repolarizace síní?
16. Jak se v EKG záznamu projeví depolarizace komor?
17. Jak se v EKG záznamu projeví repolarizace komor?
18. Co je to QRS komplex?
19. Co znamená interval v EKG záznamu?
20. Co znamená segment v EKG záznamu?
21. V jakých jednotkách měříme amplitudu EKG záznamu?
22. Jaká je přibližná amplituda EKG záznamu?
23. V jakých jednotkách měříme srdeční frekvenci?
24. Jaká je přibližná hodnota normální tepové frekvence?
25. Co je to R-R interval?
26. K čemu můžeme využít R-R interval?
27. Jaké druhy elektrod používáme?
28. Jakým způsobem upevňujeme elektrody?
29. Jak ošetříme pokožku před upevněním elektrod?
30. Kam umísťujeme končetinové elektrody?
31. Kam umísťujeme hrudní elektrody?
32. Jaké je standardní barevné značení elektrod?
33. Co je to svod?
34. Jaký je rozdíl mezi elektrodami a svody?
35. Jaké druhy svodů rozeznáváme?
36. Co jsou bipolární svody?
37. Co jsou unipolární svody?
38. Co jsou Einthovenovy svody?
39. Jak označujeme Einthovenovy svody?
40. Co jsou Goldbergerovy svody?
41. Co jsou Wilsonovy svody?

42. Co jsou končetinové svody?
43. Co jsou hrudní svody?
44. Co je to Wilsonova svorka?
45. Jak funguje diferenční zesilovač?
46. Co jsou to filtry?
47. Co je to časová konstanta?
48. Jakou fyzikální jednotku má rychlost záznamu?
49. Jaké jsou obvyklé rychlosti záznamu?
50. Nakreslete a popište Einthovenův trojúhelník!
51. Zakreslete a popište jednotlivé Einthovenovy svody v Einthovenově trojúhelníku!
52. Zakreslete do Einthovenova trojúhelníku vektory, reprezentující Goldbergerovy svody.
53. Jak označujeme Goldbergerovy svody?
54. Co je to elektrický srdeční vektor?
55. Co jsou to elektrické srdeční osy?
56. Co je to hlavní elektrická srdeční osa?
57. Jak graficky konstruujeme vektor hlavní elektrické srdeční osy?
58. Jak měříme sklon elektrické srdeční osy?
59. Jaké jsou přibližné fyziologické hodnoty sklonu hlavní elektrické srdeční osy?
60. Jak z R-R intervalu spočteme srdeční frekvenci?
61. Co je to variabilita srdeční frekvence?
62. Co znamená zkratka HRV?

V rámci domácí přípravy si své pochopení ověřte vypracováním *Vstupního testu na moodle*.

Požadovaná úspěšnost je 75 %, abyste mohli být připuštěni na praktika. V případě neúspěchu je možné test opakovat.

Postup vyšetření EKG skutečného pacienta

Naměřte a zaznamenejte 12 svodové EKG jednoho člena pracovní skupiny.

1. Před zahájením samotného EKG záznamu vyplňte na první straně protokolu údaje o pacientovi: věk, výšku, hmotnost, BMI, rodinnou anamnézu a osobní anamnézu. Do anamnézy zapisujte především faktory, které by mohly ovlivnit výskyt kardiovaskulárních onemocnění, jako například kouření, obezita, psychické problémy, alkoholismus apod.
2. Na připojeném počítači spusťte program BTL-08 Win a otevřete položku *Kartotéka (Folders)*, kde ve složce odpovídající číslu kruhu založte kartu nového pacienta (*New Patient*) a vyplňte požadované informace o vyšetřované osobě.
3. Zkontrolujte a případně rozmotejte kabely a jejich banánky opatřete příslušnými elektrodami.
4. Pacient ulehne na lůžko s nataženými končetinami
5. Na místech pro umístění elektrod navlhčete pokožku, abyste snížili odpor kůže.
6. Umístění klešťových elektrod (končetinové svody):
 - **N** - černá - pravá dolní končetina
 - **R** - červená - pravá horní končetina
 - **L** - žlutá - levá horní končetina
 - **F** - zelená - levá dolní končetina
7. Umístění přísavných elektrod (hrudní svody):^[1]
 - **V1** - ve 4. mezižebří těsně vpravo u hrudní kosti
 - **V2** - ve 4. mezižebří těsně vlevo u hrudní kosti
 - **V3** - uprostřed mezi V2 a V4
 - **V4** - v 5. mezižebří v medioklavikulární čáře vlevo
 - **V5** - mezi V4 a V6
 - **V6** - ve stejné výši jako V4 ve střední axilární čáře vlevo
8. Po správném umístění elektrod zapněte jednotku EKG (*on/off*) a v programu spusťte nový standardní EKG náběh (*New standard ECG examination*). V případě nezapnuté jednotky se objeví *External Unit is NOT connected*. V případě nepřipojené jednotky výstraha sama zmizí a objeví se *DEMO verze* - nejedná se o vyšetřování skutečného pacienta.
9. Zkontrolujte parametry záznamu, které by měly odpovídat následujícím hodnotám, případně je změňte:
 - **Time base:** 25 mm/s
 - **Amplitude:** 10 mm/mV
 - **Filtr:** 50 Hz
 - **Time constant:** 3,2 s
10. Uložte tři desetisekundové náběry čistého záznamu klávesou *Enter* vždy po více než 10 sekundách za sebou.
11. Snímání ukončete klávesou *Esc*, zkontrolujte a prohlédněte si uložené náběry.
12. Vypněte jednotku EKG (*dlouhý stisk on/off*)



EKG přístroj BTL-08 S ECG



EKG normal

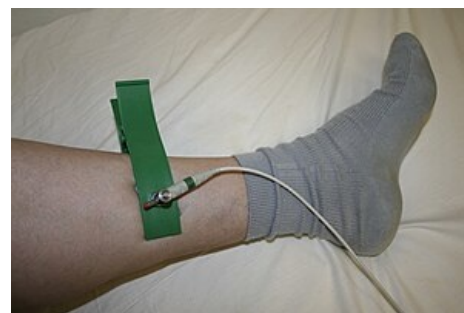


Elektroda levé HK

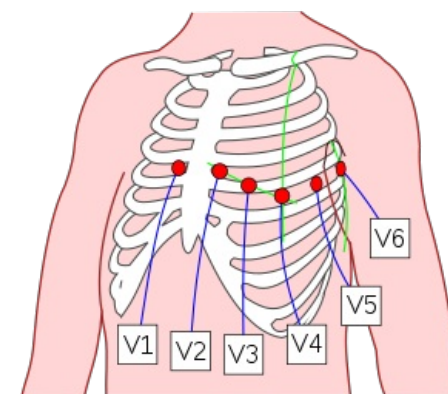
13. Odpojte pacienta.

Vyhodnocení EKG

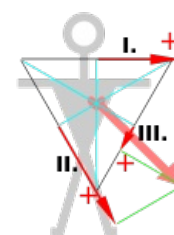
1. S programem jste se už naučili pracovat v rámci domácí přípravy, proto nyní již jen stručně:
2. Rozkličte soubor s uloženým záznamem EKG.
3. Vyberte si nejzdařilejší náběr s nejmenším počtem artefaktů (náběry jsou odděleny svislými bílými přímkami).
4. Analýzu EKG provedeme ze *zprůměrovaného signálu* (rozklikneme si v pravém menu).
5. Měla by se nám zobrazit jedna srdeční revoluce (na začátku s vlnou P a na konci s vlnou T). Pokud ne, vybereme ke zprůměrování jiný úsek.
6. Program zobrazí zprůměrovaný II. svod. Jsou-li zde vlny málo výrazné, můžeme použít i jiný končetinový svod. (Označení svodu se zobrazuje vlevo nahoře. Mezi svody se pohybujeme šipkami nahoru a dolů.)
7. Program se pokusí automaticky najít začátek a konec QRS komplexu, vlnu P a konec vlny T.
8. Automaticky umístěné body (markery) upřesníte posunem (uchopíte myší body na křivce).
9. Polohu markerů následně ověříte i v dalších svodech a pak se opět vrátíte na původně vybraný svod.
10. Odkliknete *Podtvdít diagnózu*. (Markery změni barvu a nelze s nimi již pohybovat.)
11. Rozkliknete *Podrobnosti*, zobrazí se vám automaticky spočtená tabulka intervalů a amplitud.
12. Zkontrolujete, jestli automaticky spočtená tabulka odpovídá záznamu.
13. Hodnoty, které program nevyhodnotil anebo vyhodnotil chybně, proměříte pomocí žlutých kurzorů (po zneplatnění diagnózy).
14. Správné hodnoty zapisujeme do protokolu.
15. Nakonec opět odklikneme potvrzení diagnózy a opustíme okno ze zprůměrovaným signálem.
16. Ve zvoleném náběru ověříme délku R-R intervalu.
17. Vytiskněte si do PDF souboru vzorek pětisekundového náběru (V náběru se pohybujte pomocí klávesových šipek a pětisekundový náhled nepřerušovaný tlustou svislou bílou čarou vytiskněte tlačítkem *Enter*.) Obvyklé parametry tisku:
 - **Mřížka:** normální
 - **Posuv:** 25 mm/s
 - **Amplituda:** 10 mm/mV
 - **Délka tisknutého záznamu:** 5 s
18. Podle tohoto náběru si ještě zkontrolujete hodnoty, které jste uvedli do protokolu (intervaly, segmenty, amplitudy atd.)
19. Soubor s křivkami EKG následovaný tabulkou automaticky spočtených hodnot potom uložíte jako přílohu protokolu do moodle a jeho název uvedete na titulní straně protokolu.
20. Rozpor mezi automaticky spočtenými hodnotami a vaším zjištěním potom bude předmětem diskuse.



Elektroda levé DK



Hrudní elektrody



Skládání vektorů jednotlivých svodů

Podrobnější článek o vyhodnocování EKG najdete zde: [Popis EKG](#)

Variabilita srdeční frekvence

Vyšetřete variabilitu srdeční frekvence vyšetřované osobě.

Variabilita srdeční frekvence (HRV - heart rate variability) nám určuje rozdíly rozestupů mezi jednotlivými srdečními údery. Když bude mít pacient srdeční frekvenci 75 tepů za minutu nebude mezi jednotlivými údery vždy stejný rozestup. Pokaždé bude časový interval mírně odlišný. Při nižší srdeční frekvenci je větší prostor pro odchylky, za to při frekvenci vyšší (např. 180 tepů za minutu) je prostor velice zúžený. To znamená, že člověk s pravidelnou fyzickou zátěží, a tím pádem lepší celkovou kondicí, bude mít HRV vyšší, protože při obdobné zátěži bude mít nižší tepovou frekvenci vůči člověku, který nesportuje pravidelně.

HRV je tedy fyziologická adaptace srdeční frekvence, která patří k typickým znakům autonomních integračních funkcí živých organismů. Vysoká variabilita srdeční frekvence je znakem dobré adaptability systému, tedy „zdravých“ regulací srdečních funkcí a potažmo „zdravého“ organismu. Naopak, snížená variabilita bývá známkou porušení adaptability systému a měla by vést k detailnější, cílené diagnostice její příčiny. HRV se v dnešní době využívá především v kardiologii, diabetologii a jako diagnostická metoda u řady závažných klinických stavů. Od selhání ledvin, přes stavy po cévní mozkové příhodě, po preoperační a postoperační sledování a odhad rizika případných komplikací. Může to být ale i metoda, která nám říká, v jaké celkové kondici je naše tělo.

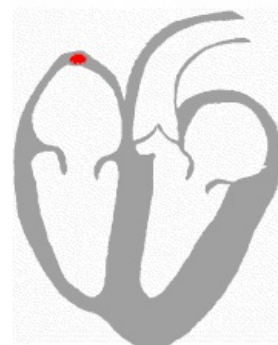
Jedním z úskalí této metody je fakt, že HRV je ovlivňováno velkým množstvím faktorů, jak vnějšími, tak vnitřními. To je důvod, proč u této metody nevyužíváme porovnávání výsledků mezi pacienty (ať už stejného pohlaví, věku, kondice), na místo toho využíváme srovnávání výsledků HRV v různých časových rozestupech u každého pacienta zvlášť.

Vyhodnocení

Variabilita srdeční frekvence (HRV) vyjadřuje rovnováhu autonomního nervového systému, neboli poměr sympatiku a parasympatiku, jinými slovy definujeme vliv autonomního nervového systému na jednotlivé orgánové soustavy. Exhalace a inhalace nám ovlivňují naši srdeční frekvenci, proto si to ověříme v této úloze pomocí long náběru EKG, který trvá 3 minuty. Ze záznamu tohoto náběru můžeme následně vypočítat rozdíl tepové frekvence, resp. změn délky R-R intervalu.

Postup práce (metoda řízené frekvence dýchaní)

1. Postupujte podobně jako u měření EKG v úkolu 1 (body 1-5), následně v režimu Nový standardní EKG náběr vyberte svod s nejvýraznějšími R vlnami a snímání ukončete klávesou Esc.
2. Spuštěte Nový long EKG náběr a nastavte trvání záznamu na 1,5 minuty.
3. Připravte si stopky a instruujte vyšetřovanou osobu, aby se na povel nadechla a současně stisknutím klávesy Enter zahajete dlouhodobý náběr. Po 5 sekundách dejte vyšetřované osobě pokyn na který začne vydechovat. Po dalších 5 sekundách ji opět instruujte k nádechu. Takto bude probíhat vždy 5 sekund ve fázi nádechu a 5 sekund ve fázi výdechu. Po dobu měření se vpravo dole objeví červené srdíčko, ve kterém se po půl minutách zobrazuje doba do konce vyšetření. Po uplynutí příslušné doby se long náběr sám ukončí (žádnou klávesu nemačkejte). (Výjimečně se stane, že program náběr neukončí a čas pokračuje do záporných hodnot. V tom případě se záznam neuloží a HRV vyšetření je nutno opakovat.)
4. Vypněte jednotku EKG tlačítkem on/off a odpojte vyšetřovanou osobu od elektrod.
5. Parametry tisku uložte.



V případě, že se během vyšetření udělá vyšetřované osobě nevolno (točení hlavy, závratě apod.), vyšetření okamžitě přerušte a uveďte přítomného asistenta. Toto vyšetření nemohou absolvovat osoby, které mají sklony k epilepsii, proto je nutné anamnézu zaměřit i tímto směrem.

Vyhodnocení záznamu:

Výpočet

- Zpracujte jednu minutu záznamu.
- Z intervalů R-R spočítejte průměrnou srdeční frekvenci.
- Identifikujte v záznamu 5ti sekundové intervaly odpovídající fázi inhalace a exhalace.
- Spočítejte průměrné délky R-R intervalů a tepovou frekvenci v těchto úsecích.
- Zhodnoťte a popište variabilitu srdeční frekvence v závislosti na fázích dechového cyklu.

Faktory ovlivňující vyšetření:

ACE-inhibitory, blokátory kalciových kanálů, α - a β -blokátory, digitalis, nitráty a nitroglycerin, diuretika, antiarytmika, bronchodilatancia, sympatomimetika, periferní vazodilatancia, antihyperlipidemika, tricyklická antidepresiva, anticholinergika, MAO inhibitory, L-dopa ve velkých dávkách, nikotin, alkohol

Co by se mělo dodržovat před měřením?

- Necvičit před měřením
- Při měření mít otevřené oči
- Nekouřit, nepít kávu a jiné kofeinové nápoje min. 3 hodiny před měřením
- Nepít alkohol min. 1 den před měřením
- Měření neprovádět hned po jídle

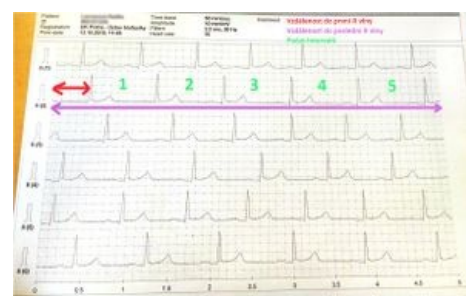
Poznámky

1. Pro splnění úkolu není nutné hrudní svody zapojovat.

Přílohy

Obrazová příloha

- /Vyhodnocení – screenshoty z vyhodnocení periody EKG



Postup výpočtu

Videotutoriály

Videotutoriál Ústavu biofyziky

- /Scénář

<mediaplayer width="500" height="300"><https://www.youtube.com/watch?v=QogpdabhkzI></mediaplayer>

Odkaz na video QogpdabhkzI (<https://www.youtube.com/watch?v=QogpdabhkzI>)

Videotutoriál studentů

<mediaplayer width="500" height="300"><https://www.youtube.com/watch?v=jE8XS5RI7XA></mediaplayer>

Odkaz na video jE8XS5RI7XA (<https://www.youtube.com/watch?v=jE8XS5RI7XA>)

Poznámka: Video bylo natočeno ještě ve staré provizorní budově. V době jeho vypracování studenty jsme jseště tiskli křivky na papír a vyplňovali předtištěné papírové protokoly. V současné době už nic *na papír netiskneme, ale jedeme v paper-less režimu*: Namísto tisku na tiskárnu "tiskneme" obrázky do souborů a ty vkládáme do elektronického protokolu ve formátu spreadsheetu, který vyplníme a uložíme na *moodle*.

Odkazy

Související články

- **Portál:Biofyzikální praktikum (2. LF UK)**
- Srdce
- Elektroencefalografie
- Poruchy srdečního rytmu
- Popis EKG

Externí odkazy

- Elektrokardiografie (česká wikipedie)
- Problém s přístrojem EKG (<http://www.motolkomix.cz/komix/471>)

Literatura

- Literatuti běžnému stavura. *EKG*. [online].

23. 8. 2015 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.szymb.cz/admin/upload/sekce_materialy/EKG_a_EEG.pdf

- EKGKvalitně. <http://ekg.kvalitne.cz>. [online]. [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: <http://ekg.kvalitne.cz/svody.htm>
- EKG. *EKG*. [online]. 7.4.2009 [cit. 2015-11-26]. Dostupné z: http://www.szymb.cz/admin/upload/sekce_materialy/EKG_a_EEG.pdf