

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra fyziky

Laboratorní práce z biofyziky - Elektrokardiografie

Bakalářská práce

Autor:	Ivana Škraňková
Studijní program:	B1407 Chemie
Studijní obor:	Biologie se zaměřením na vzdělávání, Chemie se zaměřením na vzdělávání
Vedoucí práce:	RNDr. Jan Šlégr, Ph.D.



Zadání bakalářské práce

Autor: Ivana Škraňková
Studium: S14CH020BP
Studijní program: B1407 Chemie
Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání, Chemie se zaměřením na vzdělávání

Název bakalářské práce: **Laboratorní práce z biofyziky - elektrokardiografie**

Název bakalářské práce Laboratory exercise in biophysics - Electrocardiography
AJ:

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem práce je prozkoumat možnosti využití biofyzikálních laboratorních prací ve výuce biologie, zejména elektrokardio- a elektromyografie. V teoretické části bude podán základní výklad anatomie a fyziologie srdečního svalu, šíření akčního potenciálu a metod snímání. V praktické části bude navržen a ověřen pracovní list pro laboratorní práci na všeobecně vzdělávací střední škole.

Penhaker, Marek et al. Lékařské diagnostické přístroje: učební texty. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2004. Navrátil, Leoš. Rosina, Jozef et al. Medicínská biofyzika. Praha: Grada, 2005. ISBN: 978-80-247-1152-2.

Anotace:

Cílem práce je prozkoumat možnosti využití biofyzikálních laboratorních prací ve výuce biologie, zejména elektrokardio- a elektromyografie. V teoretické části bude podán základní výklad anatomie a fyziologie srdečního svalu, šíření akčního potenciálu a metod snímání. V praktické části bude navržen a ověřen pracovní list pro laboratorní práci na všeobecně vzdělávací střední škole.

Garantující pracoviště: Katedra fyziky,
Přírodovědecká fakulta

Vedoucí práce: RNDr. Jan Šlégr, Ph.D.

Oponent: Mgr. Filip Studnička, Ph.D.

Datum zadání závěrečné práce: 31.8.2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně, a že jsem v seznamu použité literatury uvedla všechny prameny, ze kterých jsem vycházela.

V Hradci Králové dne

.....

Poděkování

Ráda bych poděkovala RNDr. Janu Šlégrovi, Ph.D. za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci zkompletovat. Také děkuji panu Mgr. Jetmarovi za umožnění provedení laboratorního cvičení v rámci jeho semináře na Gymnáziu Aloise Jiráska v Litomyšli.

Anotace

ŠKRAŇKOVÁ, Ivana. *Laboratorní práce z biofyziky - Elektrokardiografie*. Hradec Králové, 2017. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Přírodovědecká fakulta. Vedoucí práce RNDr. Jan Šlégr, Ph.D.

Cílem práce je prozkoumat možnosti využití biofyzikálních laboratorních prací ve výuce biologie, zejména elektrokardio- a elektromyografie. V teoretické části bude podán základní výklad anatomie a fyziologie srdečního svalu, šíření akčního potenciálu a metod snímání. V praktické části bude navržen a ověřen pracovní list pro laboratorní práci na všeobecně vzdělávací střední škole.

Klíčová slova

srdeční sval, elektrický vzruch, převodní systém srdeční, akční potenciál, elektrokardiografie, EKG křivka, dysrytmie

Annotation

SKRANKOVA, Ivana. *Laboratory exercise in biophysics - Electrocardiography*. Hradec Kralove, 2017. Bachelor Thesis. University of Hradec Kralove, Faculty of Science. Thesis Supervisor RNDr. Jan Slegr, Ph.D.

The aim of this thesis is to explore the possibility of using biophysical laboratory exercise in biology teaching , particularly ECG and EMG. In the theoretical part a basic explanation of anatomy and physiology of cardiac muscle will be given, as well as description of action potential propagation and sensing methods. In the practical part a worksheet for laboratory exercise for general education high school will be designed and verified.

Keywords

Heart muscle, electrical stimulation, cardiac transduction system, action potential, electrocardiography, ECG curve, dysrhythmia

Obsah

Úvod	8
1 Anatomie a fyziologie srdce.....	9
1.1 Topografie a základní charakteristika	9
1.2 Stavba srdce	9
1.3 Srdeční svalovina	10
1.4 Srdeční cyklus.....	10
1.5 Srdce jako endokrinní orgán	11
1.6 Řízení činnosti srdce	11
1.7 Metabolismus srdce	12
2 Elektrické vlastnosti srdečního svalu	13
2.1 Převodní systém srdeční	13
2.2 Vznik akčního potenciálu (napětí)	14
2.3 Průběh polarizačních změn během šíření AP v srdeční tkáni.....	14
2.4 Topografie šíření vzruchové aktivity v srdeční tkáni	15
3 Elektrokardiografie (EKG).....	16
3.1 Srdeční vektory	16
3.2 Vznik elektrokardiogramu	16
3.3 Historie elektrokardiografie	17
3.4 Snímání elektrické aktivity srdce.....	17
3.5 Elektrokardiografická křivka	19
3.5.1 Vlna P	20
3.5.2 Interval PR (PQ)	21
3.5.3 Komplex QRS	21
3.5.4 Interval RR (PP)	21
3.5.5 Úsek QT.....	22
3.5.6 Úsek ST	22
3.5.7 Vlna T.....	22
3.5.8 Vlna U	22
4 Poruchy srdečního rytmu	24
4.1 Dysrytmie v sinoatriálním uzlu (SA).....	24
4.1.1 Sinusová tachykardie	25
4.1.2 Sinoatriální blokády (SAB)	25
4.2 Dysrytmie v síních	25
4.2.1 Síňové extrasystoly.....	25
4.2.2 Fibrilace síní (míhání)	26

4.3	Dysrytmie v oblasti síňokomorového spojení	27
4.3.1	Lownův – Ganongův – Leminův syndrom.....	27
4.3.2	Atrioventrikulární blokády	27
4.4	Dysrytmie v oblasti srdečních komor	28
4.4.1	Blokáda pravého komorového raménka	29
4.4.2	Komorová extrasystolická bigeminie	29
5	Zátěžové testy.....	30
5.1	Historie zátěžových testů	30
5.2	Formy zátěže.....	30
5.2.1	Svalová zátěž	30
5.2.2	Statická práce (handgrip).....	31
5.2.3	Zátěž pomocí kardiostimulace.....	31
5.2.4	Farmakologická zátěž (ESA).....	31
5.2.5	Zátěž hypoxií	31
6	Praktická část.....	32
6.1	Charakteristika výzkumného šetření.....	32
6.2	Výzkumné šetření č. 1: provedení laboratorního cvičení	32
6.2.1	Didaktický rozbor laboratorního cvičení.....	33
6.2.2	Cíle výzkumného šetření č. 1	36
6.2.3	Reflexe průběhu vyučování, sebereflexe.....	36
6.2.4	Komparace vstupních cílů	37
6.2.5	Výsledky výzkumného šetření č. 1	38
6.2.6	Doporučení a inovace pro příští průběh	39
6.3	Výzkumné šetření č. 2 – dotazníkové šetření	40
6.3.1	Metoda výzkumu	40
6.3.2	Výzkumný soubor	40
6.3.3	Cíle výzkumného šetření č. 2	41
6.3.4	Analýza dotazníkového šetření.....	41
6.3.5	Výsledky výzkumného šetření č. 2.....	49
6.3.6	Doporučení a inovace pro příští průběh	50
7	Diskuze.....	52
	Závěr.....	53
	Použitá literatura.....	54
	Internetové zdroje.....	55
	Seznam příloh.....	56

Úvod

EKG je kardiografická metoda, která poskytuje záznam srdeční aktivity. Je grafickým záznamem šíření elektrického potenciálu v srdci, za který je zodpovědný převodní systém srdeční. Výsledkem této srdeční práce je EKG křivka, která informuje o správnosti funkce převodního systému srdečního, popřípadě o jeho abnormalitách a poruchách. O těchto a mnoha dalších informacích pojednává teoretická část práce, ve které jsem se snažila popsat nejdůležitější principy a fakta tohoto tématu.

EKG křivka je známa snad každému. Každý ji někdy viděl – ať už v televizi na monitoru životních funkcí u lůžka pacienta, nebo na záznamu elektrokardiogramu u svého kardiologa či obvodního lékaře. Všichni máme alespoň hrubou představu o její podobě. Avšak málokdo má povědomí o tom, co nám křivka vlastně říká. Na jakém principu se vytváří a jak je lékař schopný na základě těchto křivek stanovit diagnózu a odhalit srdeční problém. Zdá se to mnohem složitější, než to doopravdy je. Tohoto faktu jsem využila a rozhodla jsem se obohatit studentům 3. A a 7. P litomyšlského gymnázia jejich klasický biologický seminář, a zasvětit je do této problematiky, o které na střední škole většinou nezískají více informací. Na dvě vyučovací hodiny jsme se společně přenesli do světa medicíny, ve kterém si studenti zkusili být sami doktoři a diagnostikovat srdeční choroby.

V rámci praktické části práce jsem navrhla laboratorní cvičení na téma EKG včetně protokolu a ostatních didaktických pomůcek, a následně jej provedla pomocí jednoduchého EKG/EMG zesilovače. Cílem bylo zjistit, do jaké míry byly navržené postupy u studentů efektivní a úspěšné, a také zjistit, zda je možné měřit EKG jednoduchým přístrojem ve školních podmínkách. Práce přináší zajímavé výsledky, které hodnotí použité didaktické prostředky a metody, ale také průběh a závěry praktického měření. Zároveň uvádí doporučení, rady a inspirace pro další nadšené pedagogy, které by realizace netradičního semináře na toto téma zaujala, a rozhodli se laboratorní cvičení na téma EKG provést.

1 Anatomie a fyziologie srdce

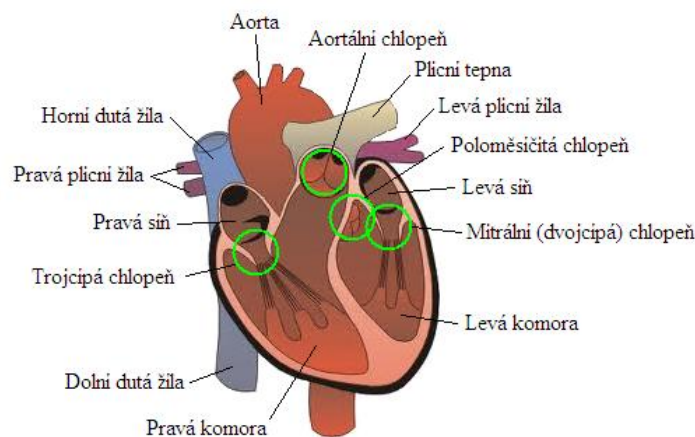
1.1 Topografie a základní charakteristika

Srdce, latinsky *cor*, je dutý orgán tvarem připomínající kužel. Je velký přibližně jako pěst člověka, kterému náleží, a hodnota jeho hmotnosti se pohybuje mezi 270g – 320 g. Mužské srdce má zpravidla větší hmotnost než srdce ženské. Je umístěno na bránici, na kterou naléhá tzv. báze srdce, v prostoru, který je ohraničený vpředu hrudní kostí, vzadu páteří – tzv. mezihrudí. Báze směřuje vpravo, dozadu a vzhůru, a tzv. hrot (*apex*) vlevo, vpřed a dolů. Srdce rozděluje přepážka na dvě poloviny – tzv. pravé a levé srdce. Jedná se o přepážku podélnou, která je jedním ze dvou typů přepážek, druhým je přepážka cirkulární, rozdělující obě poloviny na pravou síň a komoru, a levou síň a komoru [1]. Srdce funguje v těle jako pumpa, pohánějící krev přes cévy ke všem tkáním, které zásobuje živinami a kyslíkem. Minutý objem srdeční, tedy objem krve, které srdce přečerpá za minutu, je u lidí v klidu přibližně 5 litrů, avšak při zátěži se může zvýšit až na 20 litrů. Systolický objem, tedy objem krve, který srdce vypudí jedním stahem, je bez zátěže přibližně 70 ml [2].

1.2 Stavba srdce

Stěnu srdce lze rozdělit do tří částí: vnitřní vrstva, střední vrstva a zevní vrstva srdeční. Vnitřní vrstva neboli nitroblána srdeční (*endokard*), je výstelka - endotel, pokrývající stěny srdečních dutin, a to včetně chlopní. Střední vrstva *myokard* (srdeční svalovina) je nejmohutnější vrstvou, která sestává z příčně pruhovaného svalstva speciálního typu, jehož svalové buňky jsou odlišné od těch buněk příčně pruhovaného svalstva kosterního. Další a poslední vrstva myokardu, zevní vrstva, je tvořena vazivovým přísrdečníkem (*epikard*), který přechází v osrdečník (*perikard*) pevné vazivové struktury, tvořící obal okolo srdce. Tření mezi perikardem a epikardem zabraňuje malé množství tekutiny [3].

Jak již bylo zmíněno, srdce je dvěma blánami rozděleno na dvě předsíně a dvě komory. Pravou předsíň (*atrium dextrum*), pravou komoru (*ventriculus dextrum*), levou předsíň (*atrium sinistrum*) a levou komoru (*ventriculus sinister*). Do pravé předsíně vstupuje horní a dolní dutá žíla (*v. cava superior et inferior*) a tzv. žilný splav, který přivádí krev ze srdeční stěny, do levé předsíně vstupují dvě pravé a dvě levé plicní žíly (*vv. pulmonales*). Z pravé komory vychází kmen plicnice (*truncus pulmonalis*), z levé komory srdečnice (*aorta*). V místě výstupu plicnice z komory je tzv. poloměsíčitá chlopeň neboli pulmonální semilunární chlopeň plicnicového kmene, v začátku srdečnice je srdečnicová chlopeň neboli aortální semilunární (*valva aortae*). Mezi pravou předsíní a pravou komorou se vyskytuje trojcípá chlopeň neboli trikuspidální (*valva*



Obr. č. 1: Stavba srdce.

tricuspidalis), dvojčipá chlopeň neboli mitrální (*valva bicuspidalis*) mezi levou předsíní a levou komorou [1]. Tzv. šlašinky brání zpětnému vyvracení trikuspidální chlopně do síní [2].

1.3 Srdeční svalovina

Srdeční svalovina je tvořena buňkami tzv. kardiomyocyty, které jsou vřetenovitého tvaru, jednojaderné s velkým množstvím mitochondrií, podobající se velkému písmenu Y. Vzájemně jsou propojeny tzv. interkalárními disky, což jsou příčné plazmatické můstky. Obsahují navzájem mezi buňkami spoje, tzv. desmozomy. Interkalární disky jsou místem elektrického kontaktu mezi buňkami svaloviny – jsou zde lokalizovány tzv. nexy (můstky s nízkým odporem), které fungují v srdci jako skutečný vodič [2]. Tyto buňky jsou spirálovitě uspořádané a tvoří soubuní (syncitium), jelikož jsou vzájemně propojené. Srdeční svalovina má vlastní srdeční automacii – srdce si samo generuje vzruch vyvolávající vztah, nezávisle na naší vůli. Srdeční svalovina není schopná účinné regenerace [3]. Lze charakterizovat dva typy srdeční svaloviny – pracovní myokard a myokard převodního systému srdečního, lišící se navzájem na mikroskopické úrovni a také počtem - převodní svalovina je zastoupena pouze v 1%, pracovní v 99% [1]. Srdeční sval je řazen obecně mezi svaly pomalé s malou ATPázovou aktivitou. Pro svalová vlákna je velice důležitý neustálý přísun kyslíku (závislost na oxidativním metabolismu) [4]. Na základě činnosti kardiomyocytů dochází v srdci ke kontrakci srdečních síní a komor, které jsou zahájeny stejně jako u kosterního svalu, zvýšením hladiny vápenatých iontů [2].

1.4 Srdeční cyklus

Hlavní funkcí srdce je funkce čerpací, tedy neustálé čerpání krve ze žil do srdce a cévami ze srdce do těla. Tuto činnost zajišťuje stále se opakující stahy srdečního svalu a následné ochabnutí – systola, během které se srdce krví plní, a diastola, která zapříčiňuje její vypuzení. Tento mechanismus se nazývá srdeční cyklus. Z komor se krev vypuzuje do velkých tepen, a to

do aorty, kterou je krev dále rozváděna do velkého oběhu (levá komora), a do plicnice, kterou krev proudí do malého oběhu (pravá komora). A jelikož levá komora vypuzuje krev proti mnohem většímu odporu velkého oběhu, než je odpor oběhu malého, její svalovina je až 5x mohutnější. Hodnota tlaku během systoly je proto také mnohem nižší v pravé komoře, než v levé. Diastola srdce má znatelně delší trvání než systola, a to z důvodu dosažení dostatečného objemu krve a tlaku v srdci. Pokud se zvyšuje objem krve při diastole, srdce je schopno reagovat na tento objem větší kontrakcí, stejně tak i větším systolickým objemem. Tedy čím více budou svalová vlákna při zvětšujícím se objemu komor protažena, tím bude i jejich stah větší. Tento vztah definuje Starlingův zákon, který popisuje možnost svalových srdečních buněk reagovat na své větší protažení (větší objem krve v komorách) větší kontrakcí. Vzruchovou aktivitu, která je potřebná pro pravidelné střídání systoly a diastoly, zajišťuje tzv. převodní systém srdeční [5].

1.5 Srdce jako endokrinní orgán

Srdce vylučuje tzv. natriuretické peptidy – hormony, které se podílejí na udržení homeostaze v našem těle. Prvním izolovaným hormonem ze srdce je atriový natriuretický peptid (ANP), který byl kromě srdce izolován také z mozkových tkání. Dalším izolovaným v pořadí je mozkový natriuretický peptid (BNP), který byl izolován z prasečího mozku. Vylučuje ho i mozek lidský, ale ve větší míře se vyskytuje v lidském srdci. Třetím je natriuretický peptid typu C (CNP), který srdce secernuje ve velmi malém množství – hlavními producenty v těle jsou mozek, ledviny či hypofýza.

Natriuretické hormony mají důležitý význam pro správnou funkci ledvin – zvyšují exkreci Na^+ , inhibují zpětnou resorpci těchto kationtů a zvyšují glomerulární filtraci. Dále snižují krevní tlak zvýšením permeability kapilár, zajišťují relaxaci hladkých svalů venul a arteriol, inhibují sekreci reninu (ledvinami produkováný hormon) [4].

1.6 Řízení činnosti srdce

Centra pro řízení srdce jsou uložena v mozkovém kmeni, prodloužené míše a ve Varolově mostu. Na správné činnosti srdce se podílí nejen nervová regulace, ale také humorální a celulární. Za nervovou regulaci jsou zodpovědné sympatikus, který zrychluje srdeční frekvenci, zvyšuje sílu kontrakce srdce a urychluje vedení vzruchu v rámci převodního systému srdečního, a parasympatikus, který má opačný účinek na zmíněné funkce. Humorální účinek na činnost srdce má adrenalin a noradrenalin, ze skupiny katecholaminů, nebo acetylcholin, mající stejný účinek jako parasympatikus (zpomaluje srdeční frekvenci,...). Celulární regulací je již zmíněný Starlingův zákon [5].

1.7 Metabolismus srdce

Pro správnou funkci srdce je důležitý přísun živin, který je v srdci zajišťován značným krevním zásobením, rozsáhlým výskytem mitochondrií a vysokým obsahem myoglobinu (svalové barvivo – zásobárna kyslíku). Srdce je kyslíkem zásobeno z 80ti% krví, protékající k srdci věnčitými (koronárními) tepnami. Během klidových podmínek srdce pro svoji činnost potřebuje tuk (60%), sacharidy (35%), ketony a aminokyseliny (5%). Tuk srdce využije hlavně při stavu hladovění, při vyšším požití glukózy je z velké části využíván pyruvát a laktát [4].

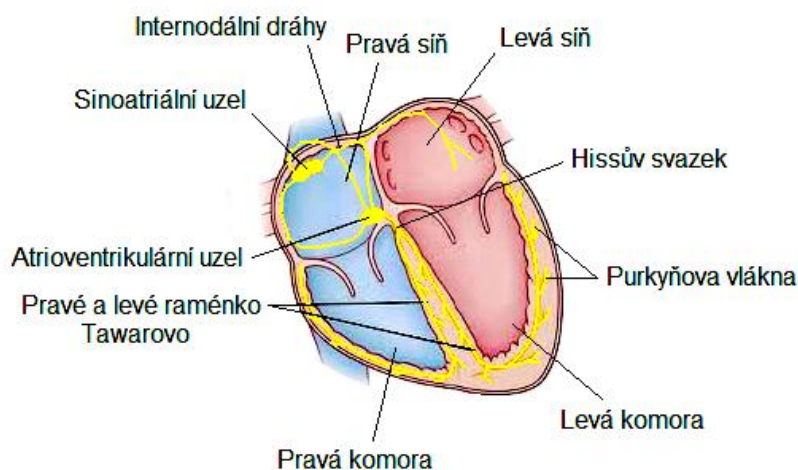
2 Elektrické vlastnosti srdečního svalu

Bušení srdce zapříčiňuje srdeční cyklus, o kterém byla již zmínka, ale také elektrická aktivita srdce. Elektrickou činnost srdce můžeme na povrchu těla zaznamenávat změnami elektrického napětí. Tyto elektrické změny jsou zapříčiněny mnohočetnými výměnami iontů buněčné membrány s mimobuněčným prostředím, jinak řečeno díky iontovým pumpám, které zapříčiňují nerovnoměrné rozložení kationtů v membráně. Tyto výměny mohou mít buď pasivní charakter – ionty protékají iontovými kanály ve směru koncentračního spádu, nebo aktivní – za přítomnosti iontových pump proti koncentračnímu spádu. Zmíněné toky iontových proudů přes buněčnou membránu zapříčiňují vznik proudů na membránovém povrchu. Výsledkem této buněčné aktivity je vznik elektrického vzruchu, který šíří po srdci buňky převodní srdeční soustavy [7].

2.1 Převodní systém srdeční

Elektrické impulsy jsou v srdci šířeny pomocí tzv. pacemakerové tkáně (SA uzel), ve které vznikají akční potenciály. Přítomnost této tkáně je důvodem, proč kousky srdce po jeho rozřezání dále tepou, i po přerušení všech nervů k němu vedoucích [4]. Hlavní funkcí buněk převodního systému srdečního je nejen vést elektrický vzruch, ale také jej tedy vytvářet na rozdíl od buněk pracovního myokardu, které jsou schopny pouze převádět elektrický vzruch, který vychází z převodní srdeční soustavy.

Vlna elektrického podráždění vychází ze **sinoatriálního uzlu (SAN)** – vznik vzruchu. Tato tkáň (Pacemakerová tkáň) je tvořena buňkami, ústícími do horní duté žíly, které jsou schopné samostatně a pravidelně vytvářet podněty, a tím zajišťovat pravidelný srdeční rytmus. Vzruch se



Obr. č. 2: Převodní systém srdeční.

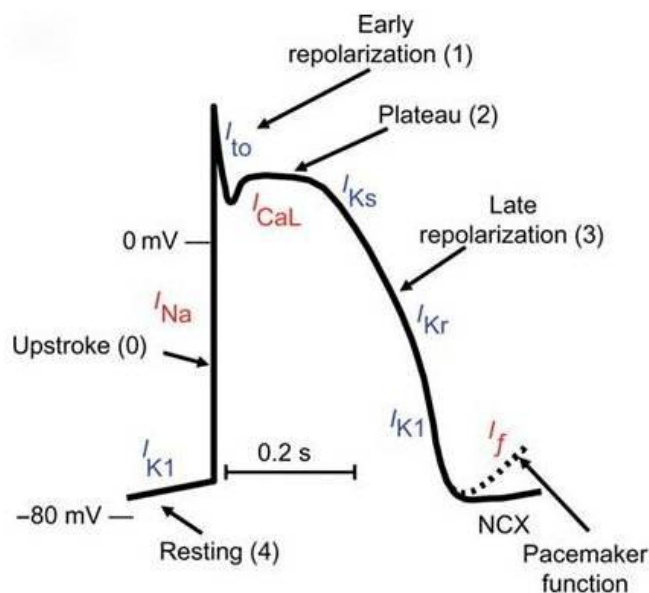
odtud šíří srdečními síněmi (u zdravého člověka rovnoměrně) do **atrioventrikulárního uzlu (AVN)**, který je umístěn mezi komorami a síněmi. Atrioventrikulární junkce (AVJ), neboli síňokomorová junkce, je označení pro síňokomorové spojení - atrioventrikulární uzel a následující **Hisův svazek (HB)**, nacházející se již v srdeční komoře. Zde dochází k diferenciaci drah a rozdělení na **pravé a levé Tawarovo raménko (někde také komorová raménka BB)**, která ze svazku vystupují. Pravé raménko směřuje k bázi pravé komory a postupuje endokardem dlouho bez větvení, zatímco levé raménko se brzy rozděluje na přední a zadní větev. Před vstupem do myokardu komor se raménka diferencují v bohatá **Purkyňova vlákna**, díky nimž je vzruch rozveden již po celém rozsahu endokardu. Komorové oddíly srdečního systému (Hisův svazek, Tawarova raménka a Purkyňovy buňky) se obecně nazývají **Hisův – Purkyňův systém (HPS)** [8]. Směr šíření elektrického vzruchu je od apexu k bázi, od endokardu k epikardinálním vrstvám [7].

2.2 Vznik akčního potenciálu (napětí)

Akční napětí (AP) vzniká jako odpověď nervového vlákna na snížení hodnoty klidového potenciálu membrány pod prahovou hodnotu (prahový potenciál). Při klidovém potenciálu (80 – 90mV negativní uvnitř buňky) je pro buněčnou membránu charakteristický snadný přenos kationtů K^+ . Vysoká hodnota klidového napětí je důležitá pro přenos vzruchu, který se děje právě díky akčnímu potenciálu [7]. Tento potenciál vzniká jako následek podráždění, kdy se otevírají iontové kanály a tím se mění propustnost membrány pro určité ionty – pro kationty K^+ se propustnost téměř nezmění, zatímco pro Na^+ kationty vzroste téměř 600x (+20mV uvnitř buňky). Těmito změnami napětí dochází ke stále se opakujícím procesům depolarizace a repolarizace). Akční napětí je zodpovědné za kontrolu množství pronikajícího vápníků (Ca^{2+}) do buňky, čímž se podílí na regulaci velikosti buněk, jejichž kontrakci započíná a ukončuje [9].

2.3 Průběh polarizačních změn během šíření AP v srdeční tkáni

Akční napětí vzniká **depolarizací** buňky na hodnotu -65mV, při čemž dochází k otevření sodíkového kanálu a proudění sodíkových kationtů Na^+ dovnitř buňky, dochází tak ke změně polarity a zároveň hodnoty elektrického napětí na +20mV (klesá propustnost pro K^+ ionty), tzv. **fáze 0**. v momentě, kdy membránové napětí klesá, prochází hodnotou -35mV – v tento moment se otevírá kanál pro vápenaté ionty Ca^{2+} (druhý depolarizační proud), který je mnohem pomalejší než sodíkový a jeho funkcí je zdržet klesající membránové napětí, které se pohybuje kolem 0mV na dobu mezi 150 – 200ms, což charakterizuje **fáze plató**. v momentě odeznívání vápníkového proudu začne vzrůstat vodivost membrány pro draslík, která při depolarizace silně poklesla. Draselné ionty mohou opět volně pronikat přes membrány, a tím opět navrací membránové



Obr. č 3: Průběh polarizačních změn.

napětí ke klidovým hodnotám (-80mV) a dochází tak k **repolarizaci** (buňka se polarizuje) [7]. Dochází k pomalé spontánní opětovné depolarizaci v SA uzlu, a to díky Pacemakerové tkáni, která automaticky zásobuje uzel impulzy, které iniciují elektrickou aktivitu srdce [10].

2.4 Topografie šíření vzruchové aktivity v srdeční tkáni

Jak již bylo řečeno, vzruch se v srdeční svalovině šíří pomocí tzv. nexů umístěných v interkalárních discích, které umožňují vodivost srdeční tkáně. Rychlost šíření vzruchu ve tkáni závisí na hustotě proudů (lokálních elektrických proudů, které protékají podél vnitřních a vnějších membránových ploch, a vyrovnávají napětí mezi sousedními buňkami) – čím má akční napětí strmější nástup a je větší, tím dál lokální proudy dosahují, a pro spuštění depolarizace přivádějí větší množství buněk (čím více je buňka polarizována, tím strmější a větší je její akční potenciál). Z toho důvodu klidová polarizace indikuje měrnou rychlost šíření vzruchu (snížení klidové polarizace o 10-15mV = zpomalení vzruchové vlny 200x) [7].

Srdeční stah je spouštěn v SA uzlu, kde dojde ke spontánnímu poklesu klidového napětí a k následnému spuštění depolarizace (frekvence SA uzlu je ovlivňována autonomním nervstvem). Akční potenciál (vzruch) se šíří dále po síních rozbíhající se všemi směry (*annulus fibrosus* brání nežádoucímu šíření vzruchu dále do komor). Do komor vzruch dále postupuje přes AV uzel, který fyziologicky zpomaluje příchozí elektrický proud ze síní z důvodu potřeby dostatečného času pro náplň komor při systole síní (vzruch se zde zdrží asi 120ms, tzv. nodální zdržení). Dále je vzruch přenesen rychle vedoucími myocyty do Hisova svazku, a dále již rychlým proudem Tawarovými raménky do obou srdečních komor, nakonec periferním větvením ramének Purkyňovy vláknky do pracovního myokardu na všechny části komor [2]. Pro srovnání SA uzel a AV uzel vede vzruch rychlostí 0,05 m/s, zatímco Purkyňova vlákna rychlostí 4 m/s [4].

3 Elektrokardiografie (EKG)

EKG je základní kardiologická metoda, která poskytuje záznam elektrické aktivity srdce na základě vzrušivosti a přenosu podráždění srdečních buněk. Graficky zaznamená potenciály a jejich změny, které vznikají podrážděním svalových buněk během činnosti srdce - převodní systém srdeční. [9]. Tyto potenciální rozdíly vznikají na rozhraní mezi nepolarizovanou a polarizovanou částí myokardu. Výsledkem těchto grafických zjištění je křivka EKG, která popisuje postup této vlny. EKG poskytuje informace o poloze srdce, relativní velikosti komor, srdečním rytmu, dále také lokalizuje a určuje rozsah ischemie myokardu, identifikuje poruchy srdečního rytmu, původ impulsů či informace o účinku léků na srdce. Navzdory široké škále informací, které EKG poskytuje, nepopisuje srdeční kontrakce ani čerpací činnost srdce [11].

3.1 Srdeční vektory

Během šíření se vzruchu soustavou srdečního systému převodního vznikají různé potenciály, lišící se směrem a velikostí. Lze je označit jako vektory a zobrazit jako šipky, jejichž délka je rovna velikosti šířícího se potenciálu. Sumační vektor (neboli okamžitý srdeční vektor), který se při aktivaci srdce mění ve směru i velikosti, získáme složením libovolného množství jednotlivých vektorů. Během podráždění lze sledovat, jak vrchol vektoru opisuje dráhu tří smyček v prostoru [9] – síňovou depolarizační, komorovou depolarizační a komorovou repolarizační (čtvrtá síňová depolarizační je velikostí zanedbatelná a splývá se síňovou depolarizační a komorovou repolarizační), odpovídající vlně P, komplexu QRS vlně T (viz dále) [7].

3.2 Vznik elektrokardiogramu

Grafický záznam srdeční aktivity a změny potenciálu v čase získáváme pomocí elektrod umístěných na přesně definovaných místech povrchu těla, díky kterým získáme tzv. elektrokardiogram - grafický záznam elektrické činnosti srdce. Měření provádíme přístrojem elektrokardiografem, který zaznamenává výchylky galvanometru na registrační papír, na kterém pisátko EKG přístroje znázorňuje výsledný vektor – EKG křivky [10]. Elektrokardiograf je tedy galvanometr, jehož pisátko píše na teplo citlivý EKG papír nebo přes karbonový kopírovací papír. Možné je také použití trysek, které zajišťují zápis i vysokých frekvencí. Používané elektrody se v praxi barevně odlišují kvůli možné jejich záměně (pravá ruka – červená, levá ruka – žlutá, levá noha – zelená, a pravá noha – uzemňovací elektroda – černá) [7].

Srdce je trojrozměrný orgán umístěný v prostoru, což ovlivňuje směr šíření vzruchu ze síní do komor. EKG křivka určuje rozměry dva – výšku a délku, avšak délka je způsobena

posouváním papíru, tedy uměle (rychlost posunu je $25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, pouze při speciálních patologických stavech se používá rychlost vyšší $50 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$). Z toho vyplývá, že EKG měření je pouze jednosměrné a výsledný zaznamenaný vektor (křivka) je v podstatě přímka.

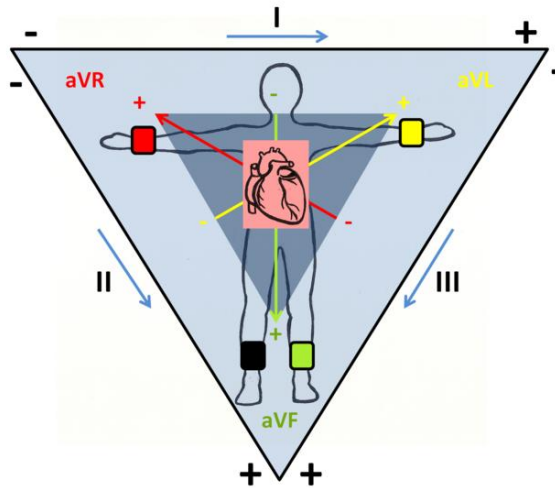
Podobu snímaného elektrokardiogramu ovlivňuje několik faktorů: podráždění (depolarizace), které se v srdci šíří – pokud je to směrem k elektrodě umístěné na povrchu těla, EKG přístroj zaznamená pozitivní výchylku. Depolarizaci šířící se opačným směrem od elektrody zaznamená jako výchylku negativní (elektroda umístěná na opačném konci těla). Mezi další ovlivňující faktory patří i metabolické poměry v těle, kůže, ale také měnící se poloha srdce v hrudníku, apod. [8].

3.3 Historie elektrokardiografie

S rozvojem techniky, kterou lze aplikovat při vyšetření pacienta, se zlepšily i možnosti diagnostikování srdečních nemocí. v 19. století došlo k velkému pokroku, kdy se Ludviku Hoffovi povedlo v roce 1850 popsat fibrilaci komor po působení elektrického proudu. Celé 19. století bylo inovativní a přínosné ve výzkumu senzitivních galvanometrů, které jsou pro provedení EKG klíčové. Prvním, kdo zachytil srdeční činnost na papír, byl August Desiré Waller z Londýna. Za zakladatele EKG je považován holandský fyzik Williem Einthoven, kterému se jako prvnímu podařilo popsat EKG křivku, jejíž výchylky označil písmeny (P, T,...), dále určil rychlost posunu papíru i velikost výchylky, která je rovna $1 \text{ cm} = 1 \text{ mV}$. Zaznamenávání EKG bylo tenkrát velice obtížné z důvodu nedostatečně kvalitní techniky, záznam bylo možné provést jen na velmi krátkou dobu. Největší snahou tehdy bylo popsat a zachytit EKG záznam při akutním infarktu, což se podařilo v roce 1920 jako prvnímu Haroldovi Pardee. v naší zemi se o toto prvenství v roce 1928 zasloužil František Herles. EKG přístroj byl u nás v Praze k dispozici již několik let dozadu, od roku 1913 u docenta Václava Libenského, kterému se v roce 1914 podařilo popsat atrioventrikulární blokády. Jako dnes i tenkrát bylo snahou lékařů zjistit, zda lze popsat díky EKG záznamu a diagnostikovat chorobu, která nebyla u pacienta zatím při vyšetření objevena. Pro popis ischemické choroby srdeční se začalo používat EKG záznamu při současné tělesné námaze – zátěžové EKG, které se používá dodnes. Jako první přišli s prací, při které diagnostikovali koronární nedostatečnost díky zátěžovému testu při záznamu EKG, Goldhammer a Sherf [12].

3.4 Snímání elektrické aktivity srdce

Elektrickou aktivitu srdce snímají elektrody umístěné nejčastěji na kůži, měření může ale také probíhat snímáním z jícnu či nitrosrdčně, při čemž jsou používány speciální katétry. Při



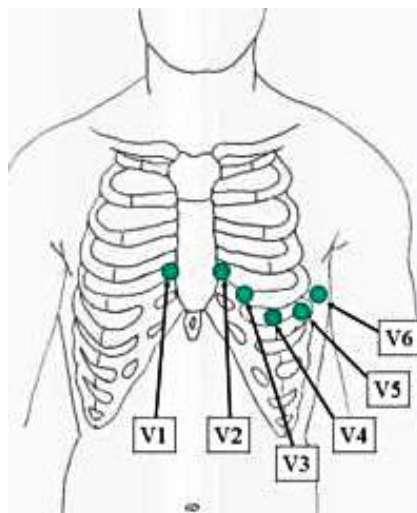
Obr. č. 4: Einthovenovy a Golbergerovy svody.

snímání se pokládají elektrody na předem odmaštěnou kůži (z důvodu snížení přechodového odporu) a připevňují gumovými manžetami či přísavkami.

Kardiogram se běžně snímá pomocí dvanácti svodů. Jsou to tři **bipolární končetinové svody**, značící se I, II a III, které charakterizují rozdíl potenciálu mezi třemi elektrodami, které jsou umístěné na levé ruce, pravé ruce a na kotníku levé nohy [9]. Tyto tři svody znázorňuje tzv. Einthovenův trojúhelník, nazvaný po svém objeviteli, který vyšel z vlastních představ všech tří svodů jako vrcholů rovnoramenného trojúhelníka ve frontální rovině. Toto jasně definované umístění tří elektrod má několik výhod. Signál není ovlivňován variabilitou tělesných proporcí, kolísáním odporu kůže či nepřesností jejich polohy [7].

Na obrázku č. 4 můžeme vidět svod I, který znázorňuje šíření potenciálu mezi elektrodami na levé a pravé ruce, dále svod II, běžící od pravé ruky k levému kotníku a svod III, který znázorňuje signál šířící se od levé ruky po levý kotník.

Goldberger modifikoval zapojení svodů I, II a III zesílením, čímž dosáhl zvětšení amplitudy o 50%. Modifikace byla z důvodu malé výchylky bipolárních svodů, která je zapříčiněná malým rozdílem potenciálů na jednotlivých elektrodách. Jedná se o tzv. **Goldbergovy svody unipolární**, které se značí aV_R , aV_L , a aV_F . Písmeno *a* je odvozeno z anglického *augment* – zvětšit, indexy *R* z anglického *right* – pravá ruka, *L* (*left*) – levá ruka a *F* (*foot*) – levá noha. Svody měří stejně jako bipolární svody srdeční potenciál ve frontální rovině, ale nejsou snímány jako např. svod I z elektrod na pravé a levé ruce, ale svod z jedné končetiny je snímán proti zbývajícím dvěma, které jsou spojeny – proti tzv. referenčnímu bodu.



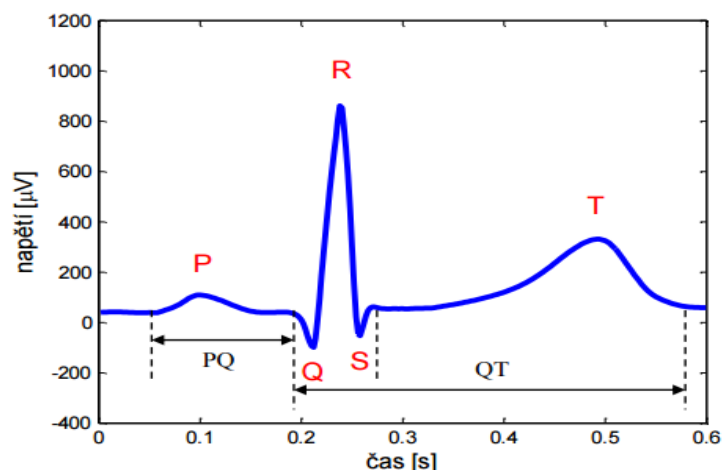
Obr. č. 5: Wilsonovy svody.

Třetím druhem svodů jsou taktéž **unipolární svody tzv. Wilsonovy**, označované písmenem $V_1 - V_6$, jejichž elektrody pokrývají část hrudníku, blízko u srdce. Zde se jedná o snímání v transverzální rovině [9].

Jak již bylo na počátku kapitoly zmíněno, snímání srdeční aktivity může probíhat také nitrosrdečně či snímáním z jícnu. Jícnový unipolární či bipolární svod se využívá pro snímání EKG k přesnějšímu diagnostikování např. supraventrikulárních dysrytmií, nitrosrdečním snímáním lze získat důležitý nitrosrdeční EKG záznam, který zachycuje aktivitu dolní síně a podává záznam z Hisova svazku, což umožňuje přesnější diferenciaci poruch převodního systému srdečního [8].

3.5 Elektrokardiografická křivka

Hodnocení grafického zápisu lze provést na základě znalostí vznikající elektrokardiografické křivky, díky nimž lze pochopit jednotlivé fyziologické průběhy této křivky. Záznam EKG – jednotlivé křivky – se skládá z kmitů a vln stále za sebou pravidelně následujících podle srdečního rytmu. Během srdeční aktivity lze zaznamenat celkem pět výchylek, způsobených akčními potenciály svaloviny srdce, které odstupují od tzv. základní izoelektrické linie. Značí se jako výchylka P, Q, R, S, T a U [8]. Výchylka Q, R a S se označuje jako komplex QRS. Kromě časového intervalu komplexu QRS zaznamenáváme také časový interval PQ (neboli PR), QT, RR a úsek ST, který je nejdůležitější součástí záznamu EKG (úsek je na rozdíl od kmitu vzdálenost, která je mezi kmity a vlnami, ale nezahrnuje je. Původ vlny U je nejasný.

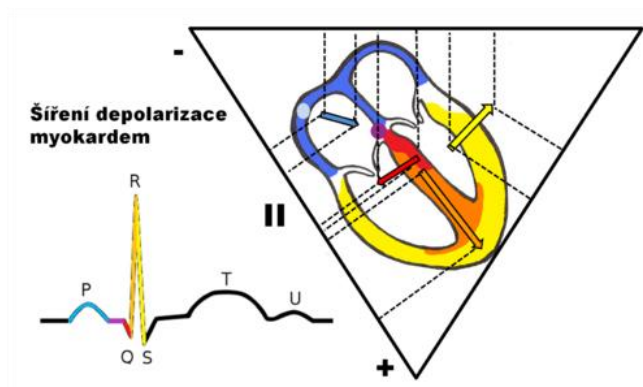


Obr. č. 6: Elektrokardiografická křivka s vyznačením jednotlivých kmitů, vln a period.

Vlna P vzniká při depolarizaci síní (depolarizace síní není na EKG křivce popsána, jelikož jí překrývá následující komplex QRS), předčasná vlna P se značí P'. Komplex QRS vzniká při depolarizační fázi komor – proto je také nazýván elektrofyziologicky komorovým souborem. Interval ST vzniká repolarizací komor, ukončení této repolarizace zaznamenává vlna T. Doby trvání jednotlivých vln a intervalů se liší – vlna P trvá 0,08 sekundy, interval PQ 0,2 sekundy, komplex QRS 0,1 sekundy, úsek ST nemá jednotnou dobu trvání a úsek závěrečný QT trvá 0,35 sekundy [9].

3.5.1 Vlna P

První vlnou kardiogramu je vlna P, většinou pozitivní, kterou lze rozlišit na tři části – a to první část vlny, střední část vlny a její terminální část. První část zachycuje elektrickou aktivitu pravé síně. Poté, co se aktivuje pravá síň a započíná aktivace síně levé, vzniká střední vlna, a terminální část vlny popisuje potenciál tvořený v levé síni [10].



Obr. č. 7: topografické znázornění šíření vzruchu myokardem spolu s tvořícími se vlnami a úseky EKG křivky.

Charakter a tvar vlny se může měnit v důsledku změny polohy srdce nebo onemocněním. Změna tvaru vlny P zapříčiňuje putující Pacemaker v síních, zcela chybět může jednak při fibrilaci síní, kde jsou vlny P nahrazeny fibrilačními vlnkami, tak např. při zástavě činnosti sinoatriálního uzlu. Vlna P má normální délku trvání 0,08 sekundy [8].

3.5.2 Interval PR (PQ)

Dále následuje interval PR nebo také PQ, který udává informace o potřebném čase elektrického signálu pro přechod ze síní, průnik AV uzlem, Hisovým svazkem, Tawarovými reménky přes Purkyňova vlákna k počátku depolarizace komorové svaloviny. Jeho délka je u zdravého jedince 0,12 – 0,20 sekund. Zkrácení tohoto času pod 0,12 sekund indikuje syndrom preexcitace (typ poruchy arytmie), prodloužení intervalu lze zaznamenat při postižení síňokomorového převodu, kdy dochází k jeho prodlouženému vedení [7].

3.5.3 Komplex QRS

Poté následuje komplex QRS, který informuje o postupu šíření elektrického signálu srdeční svalovinou komor, nazývajících se depolarizace, která je příčinou vzniku kmitů QRS komplexu na EKG křivce. v prvních 20ms se vlna depolarizace šíří mezikomorovou přepážkou zleva doprava, postupně se vlna rozšíří na celé septum zprava doleva. Dále vlna postupuje od endokardu k epikardu během 30 – 40ms. Celý komplex QRS trvá 0,06 – 0,10 sekund. Podle výšky a hloubky kmitů komplexu QRS lze určit ze záznamu tzv. elektrickou osu srdeční, jejichž sklon má význam při onemocnění srdce, jako je např. infarkt myokardu či hypertrofie komor nebo bloku pravého a levého Tawarova raménka. Diagnostika těchto nemocí závisí na znalosti vektorů, které určují v komplexu QRS jednotlivé kmity. Jak již bylo zmíněno, vektory lze označit vzruchy, aktivující jednotlivé části srdce, které mají určitý směr a velikost. Tyto vlastnosti vyjadřuje právě šipka, kterou se vektor značí, jejíž směr udává směr šíření vzruchu a délka vyjadřuje velikost šířeného vzruchu. Komplex QRS charakterizují celkem tři vektory – vektor I, vektor II a vektor III. Vektor I charakterizuje aktivování mezikomorové přepážky zleva doprava. Vektor II charakterizuje směr šíření vzruchu tenkostěnnou pravou komorou, je orientován doleva dolů, dochází k zapisování negativního kmity S. Stěny obou komor jsou aktivovány. Pro vektor III je zdrojem vzruch šířený posteobazálními částmi stěny levé a pravé komory, a pravé strany mezikomorové přepážky [10].

3.5.4 Interval RR (PP)

Interval RR (PP) zahrnuje vzdálenost mezi dvěma komplexy QRS a v podstatě je ukazatel srdeční frekvence. Pokud je interval velmi krátký, diagnostikuje tachykardii (zvýšená tepová frekvence), pokud je abnormálně dlouhý, pozorujeme bradykardii (zpomalení srdeční frekvence) [8].

3.5.5 Úsek QT

QT úsek představuje tzv. elektrickou systolu, což je depolarizace a repolarizace komor, v intervalu 0,25 – 0,50 s. U žen je však delší než u mužů, a s věkem se prodlužuje. Nepřímo úměrně je závislý na srdeční frekvenci. Prodloužená doba tohoto úseku signalizuje hypokalcémii (snížená koncentrace vápníku v krvi), ischemii, objevuje se po užití chininu či při hypokaliémii (snížená hladina draslíku v krvi). Naopak zkrácená doba trvání úseku QT signalizuje hyperkalcemii, hyperkaliemii, či superakutní ischemii [7].

3.5.6 Úsek ST

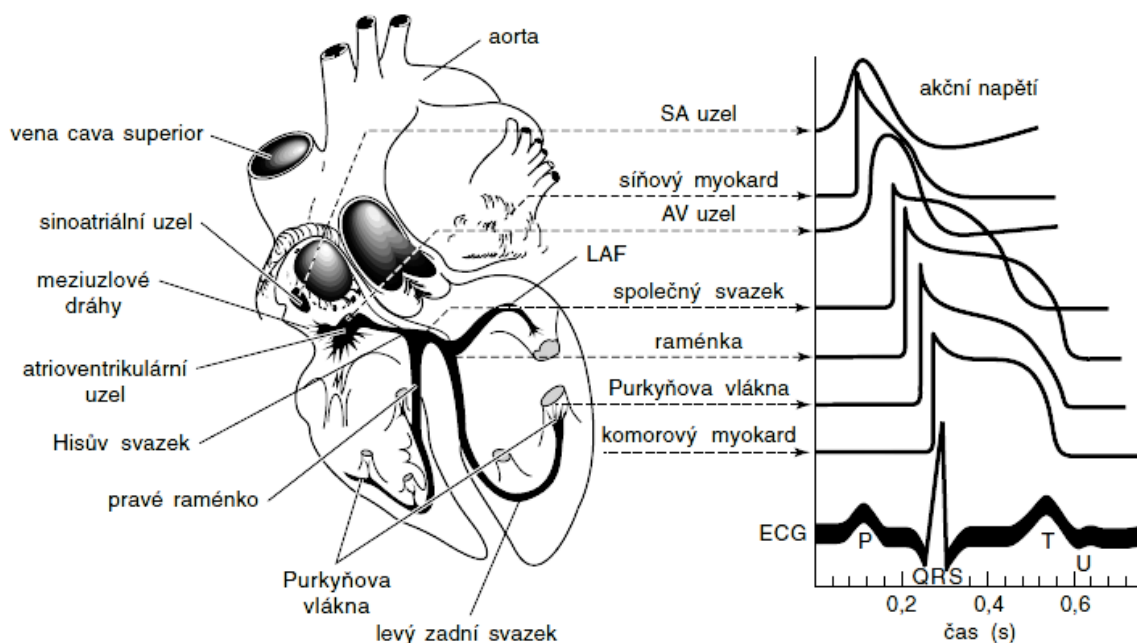
Následuje úsek ST, který informuje o depolarizaci všech částí komor nebo o fázi, ve které dochází k vyrovnání sil, které končí depolarizaci a započínají repolarizaci (časnou depolarizací může být také průběh křivky ST ovlivněn). Nastává tzv. fáze plateau, při které nedochází k žádným elektrickým změnám, a z toho důvodu je tento úsek za normálního stavu v izoelektrické rovině. Junkce je označení pro bod, ve kterém odstupují vlna ST od komplexu QRS, jeho označením je písmeno J. Za normálních podmínek následně interval ST projevuje vzestupný směr k vlně T. Tento vzestup by neměl mít charakter zcela ostrého úhlu, ani zcela charakter vodorovný. Úsek S-T obvykle trvá 0,10 – 0,15 sekundy. Primární změny v úseku ST se mohou projevit při poruchách myokardinálního metabolismu, které mohou být způsobeny vlivy elektrolytovými, užíváním některých léků, dále mohou být změny způsobeny ischemií, zánětlivými onemocněními srdce, apod. [10].

3.5.7 Vlna T

Následující vlna T je zaobleného tvaru, zpravidla pozitivního charakteru, vznikající při repolarizaci komor během mechanické systoly komor. Úsek ST a vlna T jsou společně repolarizační fází EKG a zároveň nejméně stabilní, jelikož se jedná o část křivky EKG, která je zapisována v době systoly, jejíž děje jsou závislé. Vlna T má normálně délku 0,2 sekundy a stejný směr jako komplex QRS. Pozměnit vlnu T mohou některé léky při nesprávném užívání, např. digitalis, dále změny pozorujeme při akutním srdečním infarktu, zánětlivých onemocněních srdce či při abnormální hladině iontů, např. draselných [7].

3.5.8 Vlna U

Závěrečná vlna U má stále nejasný původ, v některých svodech ji lze obtížně identifikovat kvůli nízké voltáži. Nejlépe patrná je však v hrudních svodech a následuje přímo po vlně T. Její délka je 0,2 – 0,4 sekundy [8]. Zvýrazněnou vlnu U lze pozorovat při hypokaliémii, po chinidinu či digitalisové intoxikaci, zřetelně negativní se stává při hypertrofii levé komory, či při ischemii [7].



Obr. č. 11: Akční napětí a EKG křivka v časové ose spolu s převodním systémem srdečním.

Na následujícím obrázku je popsána převodní soustava srdce spolu s membránovým napětím SA uzlu, AV uzlu a dalších převodních součástí spolu se snímanou elektrickou činností (EKG) elektrokardiogramu, na kterém jsou popsány již zmíněné intervaly a úseky elektrokardiografické křivky. Akční napětí a EKG vidíme na jedné časové ose ale s různými nulovými hladinami [4].

4 Poruchy srdečního rytmu

Poruchami srdečního rytmu (dysrytmie či arytmie) jsou nazývány všechny abnormální projevy srdeční aktivity, které jsou způsobeny poruchou tvorby vzruchu, který může vzniknout ve zcela atypických místech srdce, nežli v převodním systému, či nesprávným šířením po srdci abnormálními cestami. Může se jednat také o kombinaci těchto příčin. Uložení elektrod je nejdůležitější věcí pro úspěšné snímání EKG záznamu, a odhalení případných dysrytmií. Elektrody musí být na místě s minimální svalovou aktivitou, na místě, kde je kůže očištěna, oholena a odmaštěna, na což se používá alkohol či éter. Pro správnou diagnózu na EKG musí být dobře patrná vlna P, komplex QRS, malá vlna T.

Rozlišujeme srdeční poruchy **benigní**, které nejsou závažné a **maligní**, které mohou být život ohrožující. Srdeční arytmie se mohou projevovat v případě, kdy pacient cítí například zrychlené bušení srdce (palpitace) nebo třeba „přeskakování“ či „škobrtání“. Tyto jevy bývají většinou doprovázeny nevolností, chvěním srdce až krátkodobou ztrátou vědomí. Tyto projevující se srdeční arytmie nazýváme **symptomatické**. Mohou to být ale také tzv. **asymptomatické** arytmie, které nemocný nevnímá, a nijak se neprojevují. Dalším dělením arytmií je z hlediska ovlivnění či neovlivnění krevního tlaku a srdečního výkonu. Dysrytmie, jejichž průběh nikterak srdeční výkon a krevní tlak neovlivňuje, nazýváme **hemodynamicky nevýznamné**, naopak ty, co krevní tlak a srdeční výkon ovlivňují, jsou **hemodynamicky významné**. Tyto dysrytmie mohou vést až k selhání srdce a srdeční zástavě. Podle srdeční frekvence rozdělujeme dysrytmie na **tachydysrytmii**, při které je frekvence rychlejší než 100/min., a **bradydysrytmii**, při které je pomalejší než 60/min. Podle místa vzniku dělíme dysrytmie na sinusové, síňové, junkční (v oblasti síňokomorového spojení), a komorové. Následující kapitoly se jednotlivými oblastmi budou zabývat a uvedou některé příklady dysrytmií.

4.1 Dysrytmie v sinoatriálním uzlu (SA)

Pro sinusové dysrytmie je charakteristická porucha automacity či porucha vodivosti. Abnormálním zvýšením či snížením automacie v srdci dojde k bradykardii, tachykardii či sinusové arytmií. Pokud dojde k útlumu nebo úplné zástavě automacie v SA uzlu, vznikne síňová asystolie, při níž srdce nevykazuje žádnou elektrickou aktivitu a dochází tedy k zástavě srdeční i oběhové, která může vést bez včasného zásahu ke smrti jedince.

4.1.1 Sinusová tachykardie

Pro sinusovou tachykardii je charakteristická srdeční frekvence kolem 126/min, rytmus je sinusový pravidelný. Provází běžně fyzickou zátěž, je běžným projevem rozrušení nebo také zvýšené činnosti sympatického nervového systému. Může být ale také příznakem plicní embolie, srdeční nedostatečnosti, zvýšené teploty, nebo také po aplikaci některých léků. Při sinusové tachykardii můžeme na EKG záznamu pozorovat změny na vlně P, která předchází každý komorový komplex v pravidelném intervalu, a je pozitivní. Bývá dobře viditelná, nebo může být skrytá v předchozí vlně T. Pro tento případ se využívá jícnová elektrokardiologie, která pomůže zvýraznit vlnu P, což je pro tuto diagnózu nutné. Léčba zahrnuje diagnostiku základního onemocnění a jeho léčbu (př. plicní embolie,...). Opakem této dysrytmie je sinusová bradykardie, pro kterou je charakteristická srdeční frekvence nižší – asi 29/min.

4.1.2 Sinoatriální blokády (SAB)

Sinusové blokády, způsobené např. ischemickou chorobou srdeční, zánětem, po podání digitalisu či chinidinu, při hyperkaliemii, po operacích srdce apod., jsou charakterizovány jako blokace vzruchu ze SA uzle na sousední síňovou svalovinu. Často je doprovází porucha automacie sinoatriálního uzlu. Rozlišujeme 2 typy těchto blokád, a to SAB II. stupně, která existuje jako blokáda Wencebachova typu a Mobitzova typu, a SAB III. stupně (SAB I. stupně není diagnostikována, protože nedochází k poruše sinusového rytmu).

4.2 Dysrytmie v síních

V momentě, kdy se v síních začnou tvořit podněty rychleji než ty z SA uzlu, dochází vytvoření síňové dysrytmie, vznikající v síních mimo SA uzlu. Jsou projevem zvýšené automacie buněk, která vede ke vzniku předčasných depolarizací síní – extrasystol, nebo poruchou vedení vzruchu síní. Příčinou těchto stavů může být ischemie, porušení iontové rovnováhy, nedobré metabolické podmínky v období srdečního infarktu, nesprávnou medikamentací či zvýšením napětím stěny myokardu. Následující kapitoly uvádí některá dysrytmická onemocnění tohoto typu.

4.2.1 Síňové extrasystoly

Síňové extrasystoly jsou způsobeny předčasnou depolarizací síně současně za zvýšené automacie buněk. Sami o sobě nejsou nijak nebezpečné, pokud se neobjevuje se zvýšenou četností, v tomto případě mohou být příznakem např. fibrilace síní či supraventrikulární tachykardie, což jsou závažné dysrytmie. Rozeznáváme síňové extrasystoly jednotlivé, převedené na komory s aberací či nepřevedené na komory, dále dysrytmie fibrilace síní, síňová tachykardie či zástava síní.

4.2.1.1 Síňové extrasystoly jednotlivé

Na EKG záznamu lze vidět pozměněnou vlnu P', která má abnormální tvar, jinak pozitivní. Sinusový rytmus je porušený opakovaně předčasnou depolarizací v síních, komplex QRS je úzký. Při ojedinělých výskytech není třeba žádné léčby, při častějších je nutné diagnostikovat původní onemocnění a zavést antiarytmika.

4.2.1.2 Síňové extrasystoly převedené s aberací QRS

Pokud se síňové extrasystoly převádí na komory rozšířeným komorovým komplexem QRS 0,12 sekund a více (norma 0,06 – 0,10s), jedná se o převod aberací, neboli dochází k aberování – změně normálního komplexu QRS. Toto rozšíření může být způsobeno příliš předčasným podrážděním komor či poruchou vodivosti některého z Tawarových ramének. Léčba se nezahazuje.

4.2.1.3 Síňové extrasystoly nepřevedené na komory – blokové

Pokud je síňová extrasystola moc předčasná, dojde k tomu, že se vzruch šíří ze síně AV uzlem a Tawarovými raménky, které se nestihly ještě zotavit po předchozím podráždění, následované zaniknutím vzruchu. Nedochozí tedy na převod na komory – změnu na komplexu QRS, ale k jeho absenci. Léčba se taktéž nezahazuje.

4.2.2 Fibrilace síní (míhání)

Je jednou z nejčastějších dysrytmií, mající velice vysokou frekvenci síní kolem 410/min. Frekvence komor je vždy nižší, jelikož jsou chráněny AV uzlem (na rozdíl od síňové frekvence), a to kolem 120/min. Na EKG záznamu si lze všimnout abnormálních vln P, které jsou velice nepatrné, místo nich se vytváří nepravidelné vlny, označované jako „f“ vlnky, které deformují vlny T. Fibrilace se projevuje jako bušení srdce, a to buď v záchvatové formě, nebo bušení trvalé. Míhání se může projevit u lidí trpících hypertyreózou, ischemickou chorobou srdeční nebo např. vrozenou vadou Einsteinovy anomálie. Léčba spočívá v zavedení digitalis, verapamilu a elektrické kardioverze.

Vyskytuje se také fibrilace síní s významnou bradydysrytmií komor, ke které může dojít u pacientů po předávkování léky. Síňová frekvence může být ještě vyšší, a to 400 – 600/min, a komorová vykazuje velmi nízké hodnoty 20 – 32/min. Lze opět sledovat vlnky f. Léčba spočívá ve vysazení a změně medikamentů, dočasné stimulaci komor, popřípadě implantace trvalého kardiostimulátoru.

4.3 Dysrytmie v oblasti síňokomorového spojení

Tento druh dysrytmie vzniká jak v atrioventrikulární junkci – AVJ, tak je důsledkem spojení mezi síněmi a komorami, které má anomální charakter. Rozlišujeme tři druhy dysrytmie. Dysrytmie nahrazující funkci SA uzle – a to AVJ extrasystoly a tachykardie, které jsou následkem zvýšené automaticity, a AVJ rytmy ze sekundárního centra srdeční automacie. Druhý typ dysrytmie je z porušeného vedení v AV uzlu, kdy vznikají blokády převodu vzruchu v AV uzlu. Posledním z rozlišených je dysrytmie následkem anomálního síňokomorového spojení, kdy se podráždění z SA uzle šíří do komor rychleji, dochází k jejich předčasné depolarizaci, vede k deformaci komorového komplexu QRS a vzniku charakteristické „delta“ vlny. Tyto druhy dysrytmií je velice náročné rozpoznat, je nutné použít všech dvanácti svodů ke správné diagnóze zároveň s elektrofyziologickým vyšetřením diagnostickou kardiostimulací.

V souvislosti s těmito typy dysrytmií se také rozlišují dva druhy rytmu – a to náhradní rytmus dolní síně, pro který je charakteristická frekvence 55 – 60/min. Rytmus vzniká v případě, kdy je porušen rytmus SA uzle nebo síňové vodivé dráhy. Druhým typem rytmu je atrioventrikulární junkční rytmus (AVJ rytmus), který vzniká v oblasti síňokomorového spojení, v místech spojení AV uzlu s Hisovým svazkem (oblast N – H), nebo v samotném Hisově svazku. AVJ rytmus dělíme na rytmus aktivní (frekvence 60 – 100/min), pasivní (frekvence 60/min), AVJ tachykardie – neparoxysmální (frekvence 100 – 130/min) a paroxysmální (130 – 250/min). Mezi dysrytmie síňokomorového spojení patří Lownův – Ganongův – Leminův syndrom či blokády.

4.3.1 Lownův – Ganongův – Leminův syndrom

Je dysrytmie projevující se na EKG záznamu zkráceným intervalem PQ, což je důsledkem přítomnosti zkratové dráhy, procházející AV uzlem nebo jej obchází, kterou se šíří rychle vzruch ze síní na komory. Vzruch je dále šířen Hisovým svazkem a Tawarovými raménky, což je důsledek výskytu normálního úzkého komplexu QRS. Frekvence je přitom 70/min, za rytmus pravidelného sinusového. Léčba se nezapočíná.

4.3.2 Atrioventrikulární blokády

Blokády vznikají poruchou vedení vzruchu v AV uzlu nebo pod ním. Vzruch vzniká klasicky v SA uzlu a šíří se fyziologickou cestou i Tawarovými raménky. Příčinou může být zánět, porušené vedení ishemií, špatnou medikamentací. Rozlišujeme blokádu I., II. a III. stupně, přičemž první blokáda se vyznačuje pouze prodlouženým intervalem PQ a léčba není zahájena žádná (pokud je příčinou špatná medikamentace – vysazení a změna léků)

4.3.2.1 Blokáda II. stupně – Wenckebachova typu

Vznikající impuls v SA uzlu se normálně šíří do AV uzlu, kde však každý druhý, třetí nebo čtvrtý impuls blokuje a nepřevede do Hisova svazku a následně do komor. Po delším záznamu EKG lze pozorovat změny – prodlužování intervalu PQ, po vlně P chybí QRS (depolarizace komor). Rytmus síňový je pravidelný, komorový nepravidelný. Komorová frekvence průměrně 75/min, dle její hodnoty se zavádí léčba.

4.3.2.2 Blokáda II. stupně – Mobitzova typu

Tento typ je lokalizován v nižší oblasti AVJ, jedná se o postižení Tawarových ramének, což se projevuje rozšířením QRS komplexu na EKG záznamu. Je porušené vedení vzruchu v distální části AVJ, což se projevuje nepřevedením na komory každého druhého nebo třetího impulsu. PQ je zprvu normální. Tento typ blokády je závažnější, a proto se musí i. v. aplikovat atropin spolu se srdeční stimulací. Příčinou těchto komplikací bývá často degenerativní onemocnění, spíše než ischemie či infarkt. Frekvence síní je 106/min, komor 53/min.

4.3.2.3 Blokáda III. stupně

Při tomto typu blokády dochází k úplnému přerušení síňokomorového převodu a k nezávislé aktivitě síní a komor. Vzruch vznikající v SA uzlu se šíří až do AVJ oblasti, frekvence komor je řízena ze suprahisální oblasti (nad rozdělením Tawarových ramének, nad Hisovým svazkem), oblast, kde vzniká blokáda. Na EKG záznamu se interval PQ neustále mění, vlny P občas splývají s QRS. Příčinou této blokády je čerstvý dolní srdeční infarkt, může být také původu vrozeného. Nutná je srdeční stimulace, a jako první pomoc i. v. atropin.

Pokud vzniká blokáda pod rozdělením komorových ramének, jedná se o tzv. infrahisální oblast. Interval PQ nelze určit, plny P putují nezávisle na QRS, pozorujeme síňokomorovou disociaci. Projevuje se společně s významnou bradykardií – komorová frekvence 33/min. Právě kvůli takto významnému poklesu srdeční frekvence je tato blokáda velmi závažným problémem. Příčinou bývá ischemická choroba či degenerativní onemocnění převodního systému. Je nutné dočasně či trvalo srdeční stimulace.

4.4 Dysrytmie v oblasti srdečních komor

Dysrytmie komor vznikají porušením vedení vzruchu v komorách Tawarovými raménky nebo Purkyňovými vlákny, a také zvýšenou automaticitou. Jedná se o raménkové blokády, komorové extrasystoly, náhradní komorový rytmus a tachydysrytmie. Vzruch se do komor ze sinoatriálního uzle šíří přes síňokomorového spojení Hisovým svazkem, Tawarovými raménky přes Purkyňova vlákna k buňkám pracovního myokardu. Převod vzruchu komorami vidíme na

EKG záznamu jako QRS komplex. Depolarizace svaloviny v pravé či levé komoře může vlivem ischemie, degenerativním procesem nebo zánětem opozdit za vzniku blokády komorových ramének – blokády fascikulární. Rozlišujeme monofascikulární blokádu, která je diagnostikovaná nejčastěji – jedná se o blokádu pravého komorového raménka. v případě blokace levého raménka se jedná o situaci horší, jelikož levé raménko má přední a zadní větve a každá z nich může být blokována samostatně – jedná se o bifascikulární blokádu. Pokud jsou přerušeny všechny tři cesty vedení vzruchu, pak mluvíme o trifascikulární blokádu, která je vzácnější, a je spojena s významnou bradykardií z náhradního terciálního komorového centra.

V EKG záznamu lze pozorovat rozšířený QRS komplex s intervalem 0,12 sekund a více, vlna P předchází komorovou extrasystolu. Komorových dysrytmií existuje celá řada – blokáda levého, pravého komorového raménka, komorové extrasystoly ojediněle polytopní, komorová extrasystolická bigeminie, trigeminie, kuplet a triplet, maligní extrasystola R na T, komorový flutter a mnoho dalších. Následující podkapitoly uvádějí některé z nich.

4.4.1 Blokáda pravého komorového raménka

Tuto blokádu lze rozdělit na blokádu neúplnou, která je obtížně rozpoznatelná (ze svodu V_1), a úplnou blokádu, která má charakteristické znaky, dobře zřetelné (především ve svodu V_1). Na EKG záznamu je patrný rozšířený komplex QRS (12s a více), úsek ST je snížen, vlna T je negativní. Příčinou této dysrytmie může být akutní či chronická ischemická choroba srdeční, postižení pravé části srdce, defekt síňového septa, apod. Frekvence je 80/min, léčba se většinou nezavádí žádná.

4.4.2 Komorová extrasystolická bigeminie

Typickým pro tuto dysrytmii je předčasná depolarizace komor, která následuje po normálním podráždění. Na EKG záznamu můžeme vidět opět abnormální velikost komplexu QRS, který je rozšířený, dochází k tomu u každého druhého. Extrasystoly mohou vzniknout v důsledku změny iontových poměrů nebo užíváním některých léků. Vznikají buď ve středu ischemie, nebo na rozhraní se zdravou tkání. v rámci léčby se musí zahájit léčení původního onemocnění (př. iontová nerovnováha), popřípadě se diagnostikují antiarytmika, léčba digitalisem [8].

5 Zátěžové testy

Jedná se o vyšetření srdce pomocí fyzické zátěže, která imituje pacientovu zátěž každodenního života. Zátěžové testy pomáhají diagnostikovat, dokumentovat a posoudit závažnost ischemické choroby srdeční, arytmií (a to zejména ve vztahu k fyzické zátěži), a dalších srdečních nebo plicních chorob, např. pacientům, kteří se léčí po selhání srdce, pomáhá ověřit efektivitu této léčby. A to vše pomocí získaného EKG záznamu během fyzické aktivity. Kvalita EKG záznamu závisí na připravenosti kontaktní plochy na kůži, kterou je třeba předem před umístěním elektrod odmastit a použít kontaktního gelu, který umožní lepší vodivost. Vhodné je také volit elektrody pro neklidové podmínky (floating elektrody) a dobře je zafixovat, aby nedošlo během zátěže k jejich ztrátě. V neposlední řadě jsou důležité technické parametry elektrokardiogramu. Důležitá je také přítomnost léků potřebných k případné kardiopulmonální resuscitaci, defibrilátor a mimo jiné kyslíkový přístroj s maskou a vakem. Výhodou zátěžových testů je jejich reprodukovatelnost, dokážou ověřit kvalitu a účinnost léčby, upřesní prognózy, dají se použít v nejširší praxi.

5.1 Historie zátěžových testů

Prvním, kdo popsal změny v záznamu EKG po zátěži, a sice změny v úseku ST, byl v roce 1908 Willem Einthoven. Již o něm byla zmínka v historii o EKG, jelikož i tam má své důležité místo – jako zakladatel EKG. Ve 20. a 30. letech minulého století zátěžové testy sledovaly reakci srdeční frekvence a krevního tlaku na zátěž, byly užívány k posouzení kardiovaskulární zdatnosti. Až v roce 1941 byl využit EKG záznam po zátěžovém testu k detekci ischemické choroby srdeční, přesnost tohoto testu však nebyla vysoká. Během druhé poloviny 20. století docházelo ke zlepšení využití testů za účelem lepší diagnostiky srdečních problémů z EKG záznamu.

5.2 Formy zátěže

5.2.1 Svalová zátěž

Nejvíce využívanou formou testů v praxi je svalová zátěž – mechanická, během které vykonávají práci svaly. Dochází tak ke zvýšení systémové periferní rezistence a zároveň k významnému poklesu krevního tlaku. Jedná se o tzv. Masterův test, který byl používán v 50. letech minulého století, a spočíval ve vystupování pacienta na schůdky. Dnes se již v této podobě nepoužívá, avšak stále se užívá v pěti různých modifikacích – zátěž na bicyklovém ergometru, což patří k nejrozšířenější formám zátěže, zátěž na běhátku, typ testu hodně rozšířený v USA,

jehož výhodou je nejvíce se podobající forma pohybu, který vykonává nemocný každý den. Dále test rumpál, Cooperův test či Corridor walking test.

5.2.2 Statická práce (handgrip)

Touto formou testů se diagnostikuje a kontroluje léčba hypertenze měřením krevního tlaku při zátěži, která je vyvinuta mačkáním pacienta balónkového dynamometru silou rovnající se padesáti procent jejich maximálního stisku. Využívá se v zátěžové echokardiografii.

5.2.3 Zátěž pomocí kardiostimulace

Jedná se o simulaci tělesné zátěže kardiostimulační cévkou, která zvyšuje srdeční frekvenci. Tímto testem se v současnosti posuzují poruchy srdečního rytmu a arytmie, pro diagnostiku ischemické choroby srdeční se nevyužívá.

5.2.4 Farmakologická zátěž (ESA)

Tato forma zátěže je využívána u pacientů, kteří z např. ortopedických či neurologických postižení nejsou schopni vykonávat pohybovou zátěž nutnou k provedení testu, a tak se fyzická zátěž simuluje pomocí farmak, která mají hemodynamický účinek. Využívá se vazodilatačního dipyridamolu či adenosinu, nebo beta-adrenergního stimulačního dobutaminu či arbutaminu. Testování se provádí společně s léky s některou ze zobrazovacích metod – echokardiografie či perfúzní scintigrafie.

5.2.5 Zátěž hypoxií

Hypoxie je stav, kdy má organismus nedostatek kyslíku. Tuto simulaci zajišťuje pacientovo dýchání směsí s nízkým obsahem kyslíku. Tato metoda se však v recentní době nepoužívá [13].

6 Praktická část

6.1 Charakteristika výzkumného šetření

V rámci praktické části práce jsem navrhla laboratorní cvičení na téma Elektrokardiografie, které by bylo možné uskutečnit na střední škole. Hlavní součástí cvičení byl protokol, který jsem sestavila na dané téma, a se kterým studenti v průběhu hodiny pracovali. Jelikož se cvičení běžně neprovádí, navrhla jsem možné postupy a způsoby provedení, které by byly co nejefektivnější, podpořily by kvalitu cvičení a přiměřenou náročnost pro studenty střední školy, přestože se jedná o problematiku náročnější, která se v řádné hodině či semináři neprobírá. Výzkumné šetření, které ověřilo efektivitu a úspěšnost mnou zvolených postupů, jsem provedla na Gymnáziu Aloise Jiráka v Litomyšli v semináři biologie, v rámci kterého jsem odučila navržené laboratorní cvičení a uplatnila pomůcky a postupy, které jsem navrhla. Jejich úspěšnost jsem v rámci šetření ověřila několika postupy. Jednak samotným provedením, kdy jsem zjistila, jak dobře se mi jako pedagogovi pracovalo s navrženými metodami a pomůckami, jak dobře se zvládlo cvičení realizovat z časového hlediska, do jaké míry byli studenti aktivní a motivovaní během cvičení, apod. Další nedílnou součástí výzkumného šetření byl dotazník, který každý student zodpověděl. Dotazník byl sestavený za účelem reflexe studenta na seminář, na jeho spokojenost s celým průběhem, prací s protokolem a dalšími využitými pomůckami.

6.2 Výzkumné šetření č. 1: provedení laboratorního cvičení

První součástí výzkumného šetření bylo samotné provedení navrženého laboratorního cvičení. Cvičení bylo provedeno dne 6. 4. 2017 na osmiletém Gymnáziu Aloise Jiráka v Litomyšli v rámci biologického semináře, který měl dotaci dvou vyučovacích hodin. Proběhl v rámci 8. a 9. vyučovací hodiny. Seminář jsem zvolila za jedno kvůli lepším časovým podmínkám, které mi umožnily v rámci devadesáti minut provést teoretickou i praktickou část cvičení bez větších komplikací, a také pro předmětovou zaměřenost studentů. Odhadovala jsem, že laboratorní cvičení na téma z oblasti medicíny, tedy spíše biologie, bude zajímavější pro studenty, kteří mají jisté souvislosti a hlavně jsou v této oblasti více zainteresováni, nežli studenti, co si seminář biologie ke studiu nezvolili. Laboratorní cvičení obsahovalo dvě části – teoretickou a část praktickou. v rámci teoretické části jsem studenty seznamovala s problematikou EKG, vysvětlovala jim principy a definovala důležité pojmy. Během mého výkladu studenti vyplňovali laboratorní protokol, který byl hlavní součástí teoretické části. Teoretické poznatky studenti využili v následující praktické části, ve které měřili EKG/EMG zesilovačem srdeční aktivitu. Data, která poskytla měření, posloužila studentům k aplikaci

získaných znalostí. Jejich úkolem bylo popsat EKG křivky na záznamu a vypočítat z něj srdeční frekvenci.

6.2.1 Didaktický rozbor laboratorního cvičení

V této podkapitole bych ráda uvedla základní charakteristiku laboratorního cvičení, to znamená metody a formy výuky, které jsem zvolila pro uskutečnění cvičení, dále jaké jsem použila didaktické pomůcky, které kompetence byly u studentů rozvíjeny, jaké jsem si definovala cíle výuky, také klíčové pojmy, které by si měl student osvojit, a výstupní znalosti, které by měl student po absolvování cvičení mít.

6.2.1.1 Formy a metody výuky

Pro cvičení jsem zvolila formu klasické hromadné (frontální) výuky, které se zúčastnili studenti ve stejném čase a stejné věkové kategorie – 3. A a 7. P ve věku od sedmnácti do osmnácti let ve třídě biologie v hodinách 8. a 9.

Z klasických výukových metod jsem využila metodu slovní, v rámci které jsem přednášela a vysvětlovala, také metodu názorně – demonstrační, jejíž cílem bylo pomocí prezentace lepší pochopení dané problematiky, a dále metodu dovednostně praktickou, při které byli studenti přítomni laboratornímu experimentu – samotnému měření srdeční aktivity. Z aktivizačních metod jsem aplikovala při výuce metodu diskusní, kterou bych zdůraznila, a na kterou dávám velký apel [14]. Jelikož téma EKG není pro střední školu standardní pro svoji náročnost, je proto důležité k výuce také přistoupit s ohledem na tento fakt a přizpůsobit ji. Čím zajímavější bude, tím lépe. Já osobně jsem zastáncem teorie, že si student zapamatuje a nejlépe pochopí věc, na kterou si sám přijde. Proto jsem skrze celou výuku volila z aktivizačních metod převážně metodu dialogu, kdy jsem se studentů dotazovala a popouzela je k souvislostem a k logickému uvažování. Neustálou vzájemnou interakcí mezi mnou a žáky jsem si také ověřovala, do jaké míry studenti rozumí problematice - fixovala tímto způsobem exponované informace a následně diagnostikovala, do jaké míry byla daná věc ve třídě pochopena.

6.2.1.2 Didaktické pomůcky

Hlavní didaktickou pomůckou byl **laboratorní protokol**, který jsem vytvořila tak, aby vyhovoval postupu informací v mém výkladu, a aby doplňování bylo logické a kontinuální s tím, co student slyší. Protokol měl netradiční podobu. Byl zaměřen na teorii, kterou jsem se podobou protokolu snažila studentům co nejlépe vysvětlit. Protokol zahrnoval text s důležitými poznatky o probírané látce, do kterého měli studenti doplňovat klíčová slova. Pod textem byly obrázky k vyplnění. Pro měření jsem předlohu úmyslně nevytvořila, studentům posloužil papír s EKG

záznamem, do kterého studenti počítali a analyzovali křivku. Mojí snahou bylo tedy propojení a návaznost doplňování v textu na výklad, a také prezentaci. Doplňování v textu mělo studentům pomoci lépe si osvojit nové informace, které slyší.

Další didaktickou pomůckou byla **prezentace**, kterou jsem vytvořila. Byla nedílnou součástí cvičení, jelikož mi pomáhala na základě obrázků a zajímavě zvolené grafiky za jedno zaujmout a motivovat studenty, ale hlavně jim lépe vysvětlit náročnější záležitosti. Sled informací v prezentaci byl logický a kontinuální s textem v protokolu a s výkladem, což bylo záměrem ke kvalitnějšímu a lépe pochopitelnému výkladu. v prezentaci se téměř neobjevoval text. Text, který v prezentaci byl, byl shrnutím určitého úseku textu v protokolu se zvýrazněnými slovy, které si měli studenti doplnit. Mělo to pomoci těm, kteří něco nestihli, či pro kontrolu doplněných informací. Prezentace mi posloužila jako osnova pro můj výklad.

Jako didaktickou pomůcku jsem také použila **obrazovou přílohu**, kterou jsem pro cvičení navrhla. Obrazová příloha obsahovala EKG záznamy některých dysrytmií, ve kterých byly abnormality křivek přehledně zaznačeny a popsány. Mým záměrem byl kontakt studenta se „skutečným materiálem“, s praktickou ukázkou toho, čím jsme se zabývali v teoretické části. Obrazovou přílohou jsme se zabývali po výkladu, kdy studenti už byli poučeni o základních principech a informacích, a tedy mohli je aplikovat na praktických ukázkách. Snažila jsem se vybrat takové poruchy, o kterých už studenti někdy slyšeli, které nejsou až tak neznámé.

V neposlední řadě byl využit **EKG/EMG zesilovač**, díky kterému jsem provedla praktickou část cvičení – měření a získání EKG záznamu. Byly použity 3 elektrody, z nichž dvě diferenciální, měřící napětí na levé a pravé ruce, a třetí referenční, kterou jsme umístili taktéž na jednu z rukou (upevnění na noze není důležité). Další podrobnější informace lze nalézt v příloze ve článku, jímž jsem panu RNDr. Janu Šlégrovi, ph. D. spoluautorem.

6.2.1.3 Klíčové kompetence

U studentů jsem rozvíjela následující kompetence:

- Kompetence k učení – studenti získávali nové informace do jim již známého kontextu, vyhledávali informace ve výkladu a aplikovali je za účelem splnění úkolu a procvičení
- Kompetence k řešení problému – studenti řešili během semináře úkoly, které zpestřovaly výklad a fixovali probranou látku, studenti na základě měření a zjištění interpretovaly poznatky, svoje názory a výsledky

- Kompetence komunikativní – studenti byli během celého semináře konfrontováni otázkami, na které museli nalézt a formulovat správnou odpověď, komunikovali také za účelem dosažení porozumění
- Kompetence sociální a personální – cvičení mělo studenty motivovat a dávat apel na důležitost preventivních prohlídek u lékaře, kde jsou EKG měření prováděna

6.2.1.4 *Výchovné a vzdělávací cíle výuky*

Cíle výuky jsem si stanovila před provedením cvičení, kterými jsem dopředu odhadovala a definovala, co bude výstupem (výkonem) studenta po absolvování semináře.

Cíle vzdělávací: student vysvětlí svými slovy princip elektrokardiografické metody, definuje důležité pojmy, jako je např. převodní systém srdeční, elektrokardiograf či 12-ti svodové EKG (viz klíčové pojmy), určí jednotlivé části EKG křivky a rozliší normální a abnormální podobu, vypočítá srdeční frekvenci z EKG záznamu, aplikuje získané znalosti při vyhodnocování EKG záznamu, správně doplní text v protokolu a popíše obrázky, rozumí principu aplikaci elektrod na tělo

Cíle výchovné: student hodnotí metodu EKG v rámci preventivní prohlídky jako důležitou součást, které by se měl pravidelně účastnit, uvědomuje si rizikové chování a životní styl vedoucí ke kardiologickým obtížím

6.2.1.5 *Klíčové pojmy*

Cvičení mělo studenta obohatit či připomenout mu následující klíčové pojmy cvičení:

Elektrokardiografie, srdeční aktivita, převodní systém srdeční, sinoatriální uzel, atrioventrikulární uzel, Hisův svazek, Tawarova raménka, Purkyňovy buňky, elektrokardiogram, elektrokardiograf, Einthovenův trojúhelník, Einthovenovy, Goldbergerovy a hrudní svody, unipolární a bipolární zapojení, EKG křivka, vlny P, T a U, komplex QRS, interval PP, úsek ST, systola, diastola, srdeční frekvence, srdeční dysrytmie, infarkt myokardu, ischemie, tachykardie, bradykardie, flutter síní, akutní embolie

6.2.1.6 *Výstupní znalosti*

Student měl být schopný po absolvování laboratorního cvičení vysvětlit, na jakém principu probíhá srdeční činnost, definovat převodní systém srdeční – jeho funkci a součásti, popsat směr šíření elektrického vzruchu v srdci, měl by chápat souvislost mezi EKG křivkou a šířením potenciálu srdečním svalem, umět popsat EKG křivku a rozpoznat její abnormality, vyjmenovat některé dysrytmie a charakterizovat je pomocí křivky, rozumět souvislosti elektrické aktivity srdce se srdečním cyklem. Student by měl také chápat princip 12 svodového EKG,

popsat význam a topografii jednotlivých svodů a umět vypočítat srdeční frekvenci z elektrokardiogramu.

6.2.2 Cíle výzkumného šetření č. 1

Cílem výzkumného šetření č. 1 bylo navrhnout laboratorní cvičení a provést ho takovým způsobem (viz didaktický rozbor), který bude nejefektivnější v oblasti vzdělání studentů této problematiky, ale také v oblasti zaujetí a motivace k tomuto tématu. Proto jsem při zpracovávání a plánování průběhu cvičení postupovala s ohledem na všechny možné aspekty – náročnější problematika pro středoškolského studenta, pokročilejší denní doba průběhu vyučování (po obědě), propojení a ohled na znalosti z řádné hodiny a vytvoření souvislostí mezi nově získanými poznatky, vhodné zvolení aktivizačních metod a použití didaktických pomůcek. Cílem bylo také ověřit způsob měření EKG ve školních podmínkách.

6.2.3 Reflexe průběhu vyučování, sebereflexe

V prologu hodiny jsem studentům v krátkosti vysvětlila, čím se budeme zabývat, o čem všem se dozvědí. Poté jsem navázala na motivaci studentů, během které jsem je nalákala na jejich výstupní znalosti, díky kterým budou umět diagnostikovat podle křivky EKG stejně jako lékař v ordinaci a zkusí si roli doktora, což ve studentech vyvolalo očividně mírné nadšení. Plynule jsem poté přešla k mobilizaci předchozího učiva a znalostí, kdy jsem předpokládala, že studenti jsou obeznámeni z řádných hodin s převodním systémem srdečním, a že již také většina absolvovala vyšetření EKG a mají o něm představu. Moje předpoklady nebyly správné, jelikož většina studentů neuměla vyjmenovat či si zcela nevzpomněla na součásti převodního systému srdečního, a také nebyla na vyšetření EKG. Což nebylo až tak špatné zjištění, jelikož cvičení tím nabylo na efektivitě ve smyslu získání nových poznatků. A jelikož převodní systém srdeční byl součástí protokolu, dobře studentům posloužil k opakování. Během exponování nových informací jsem vycházela z vlastních znalostí (teoretická část práce), osnovou pro mě byla prezentace, která se ukázala jako dobře zvolená. v mnoha situacích studentům očividně pomohla s chápáním látky či s doplněním textu. Pro studenty bylo dost náročné dát si do souvislostí křivku EKG a šíření vzruchu srdcem, uvědomit si, že jednotlivé části křivky charakterizují šíření signálu jednotlivými místy v srdci, či pochopit souvislost mezi srdečním cyklem (systolou a diastolou) a elektrickým signálem. Zejména na tyto dvě principiálně náročnější informace jsem kladla v prezentaci, ale také během výkladu a v protokolu, důraz, což se osvědčilo, bylo to nutné. Během exponování studenti vyplňovali protokol, který zvýšil jejich zájem – studenti vyplňovali a pozorně sledovali a poslouchali, aby splnili úkol. Během výkladu jsem se snažila se studenty co nejvíce komunikovat a ptát se jich, aby si na všechny věci přišli sami. Probíhala tedy neustálá

interakce mezi mnou a třídou, což se projevilo jako vhodně zvolené. Jelikož seminář probíhal po obědě, na studentech byla znát jejich únava a mírná neochota vnímat nové informace. Proto byly zvolené didaktické pomůcky a aktivizující metody velice účelné. Studenti si získané znalosti mohli procvičit na několika příkladech. K dispozici měli obrazovou přílohu, která jim pomohla přenést se z teoretické části do té praktické, ale také měli za úkol sami popsat abnormality křivky a její změny během jednotlivých fází infarktu myokardu. Tato aktivita studenty zaujala a vzbudila v nich větší pozornost. Bylo tedy dobré hodinu neustále obohacovat aktivizujícími prvky. Ve druhé části semináře studenti prakticky aplikovali teoretické poznatky při měření EKG, během kterého jsem měla v plánu změřit EKG dvěma studentům – jednomu v klidu a druhému po zátěži. Jelikož samotné měření bylo komplikované a nedařilo se nám získat nerušený záznam, který by byl snadný k přečtení, použili jsme záznam EKG, který byl v záloze pro tento případ. Osvědčilo se tedy počítat i s komplikací během měření. Pro studenty to však žádný negativní vliv nemělo, pracovali s EKG křivkou skutečného záznamu, který akorát nebyl naměřený na dobrovolnících ve třídě.

V praktické části studenti měli za úkol popsat EKG křivky v záznamu, který dostal každý vytisknutý na papíře, a vypočítat srdeční frekvenci. Během samostatné práce se studenti nedotazovali na řešení, pracovali bez problémů, na základě čehož soudím, že jim teoretická část dobře posloužila k provedení části praktické. Během doplňování křivky studenti pracovali i s obrázkem v protokolu, který jim pomohl snadněji popsat křivky v elektrokardiogramu.

6.2.4 Komparace vstupních cílů

Na základě vlastní sebereflexe mohu konstatovat, že se mi podařilo dostat všech cílů, které jsem na laboratorní cvičení kladla. Na základě zpětné vazby studentů mohu soudit, že se mi podařilo studenty namotivovat, zvolené prostředky se osvědčily jako vhodné vzhledem k příjemnému a poklidnému chodu hodiny, interakce mezi mnou a studenty mi poskytla informaci o jejich pochopení problematiky. Cíle vzdělávací byly splněny. Z výchovných cílů jsem nenaplnila cíl, který vedl k uvědomění si studenta rizikové chování a životního stylu vedoucího ke kardiologickým obtížím, které jsem měla v plánu v rámci debaty o dysrytmích při práci s obrazovou přílohou, z důvodu drobného časového presu, díky kterému jsem tuto část musela vynechat.

6.2.5 Výsledky výzkumného šetření č. 1

6.2.5.1 Laboratorní protokol

Laboratorní protokol, sestaven pro teoretickou část cvičení, byl úspěšný a ukázal se jako velice vhodnou pomůckou pro uskutečnění laboratorního cvičení. Studenti bez problémů vyplňovali v textu, díky aktivitě drželi neustálou pozornost, i přes náročnost a délku semináře. V příštím cvičení je vhodné pracovat s takovým protokolem, do kterého studenti budou sami podobným způsobem aplikovat informace, které v hodině slyší. Vzhledem k mnoha novým náročnějším poznatkům je vhodné studentům poskytnout ucelený text, na základě kterého se jim dostane teoretického kontextu při praktickém měření. Poslouží studentům i při dalším studiu, což je další výhodou. Protokol, který jsem navrhla, je volně ke stažení na stránce <http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegtrja1/ekg/>, a lze k provedení použít přímo jej. S praktickou částí protokolu – kardiogramem, se studentům pracovalo dobře, dopisovali do něj úkoly bez potíží, doporučila bych tedy získaný záznam touto metodou studentům poskytnout – vytisknout a každému rozdat k doplnění. Možností je také zobrazit kardiogram pomocí dataprojektoru na tabuli. V tomto případě se však bude jednat o kolektivní práci, studenti nebudou pracovat se záznamem individuálně. Osobně tuto možnost neupřednostňuji.

6.2.5.2 Prezentace

Prezentace, doprovázející výklad a doplňující ho názornými ukázkami a obrázky, se ukázala jako velice vhodný prostředek pro provedení laboratorního cvičení. Podle zpětné vazby studentů v hodině opravdu pomohla k pochopení náročnějších informací – zejména souvislosti mezi křivkou a směrem šířícího se signálu či mezi elektrickou činností srdce a systolou, diastolou. Tyto věci bylo pro studenty náročnější pochopit, a tak by se na ně učitel v dalším cvičení měl určitě zaměřit a poskytnout o nich dostatečné vysvětlení. Jelikož já jsem tuto skutečnost trochu předpokládala, věnovala jsem jim v přípravě dostatečnou pozornost, což se vyplatilo. Studenti nakonec vše pochopili a správně odpovídali na otázky. Apeluji tedy na použití prezentace jako vizuální pomůcky pro cvičení na toto téma.

6.2.5.3 Obrazová příloha

Obrazová příloha sloužila jako doplněk k teoretickým poznatkům během cvičení, ukazovala studentům příklady některých konkrétních abnormalit, způsobených nesprávnou funkcí převodního systému srdečního. Zároveň přesně popisovala a zvýrazňovala projevy na EKG záznamu. Použití této pomůcky bylo praktické a dle zpětné vazby studentů velmi vhodné, jelikož studenti při práci s přílohou byli zainteresováni, a ukázka praktických příkladů se jim líbila. Zároveň si do přílohy doplňovali některé další informace, které jsem uváděla. Se

zařazením obrazové přílohy jsem byla moc spokojená a určitě bych ji příště zase použila a vřele doporučila dalším vyučujícím.

6.2.5.4 Použití EKG / EMG zesilovače

Využití zesilovače EKG se osvědčilo jako možný způsob měření EKG ve školních podmínkách, avšak nám při provádění měření dělал menší problémy. Při měření jsem spolupracovala s panem doktorem Šlégrem. Signál byl neustále rušen a bylo obtížné zachytit přehledný EKG záznam, ze kterého by studenti dokázali vyčíst vše, co potřebují k analýze křivky a k výpočtu frekvence. Avšak to průběh cvičení nikterak nenarušilo, studentům byl poskytnut EKG záznam, ze kterého mohli snáze vyčíst vše potřebné. Alespoň byli svědky toho, jak opravdu náročné je získat EKG záznam ve školních podmínkách. Měření EKG mimo ordinaci je nevyzpytatelné a poruchy signálu mohou mít mnoho příčin – od elektrického potenciálu jiné nežli srdeční svaloviny studenta po elektromagnetická pole notebooků. Při zkušebním měření jsme občasné komplikace taktéž pozorovali, takže jsme s touto možností počítali. Ukázalo se tedy, že měření je velice náročné, avšak ne neproveditelné. Náročnost plyne také z malého množství použitých elektrod (ne náhodou jich lékař použije 10, které jsou schopny zaznamenat všech dvanáct svodů). Opět odkazuji na článek v příloze, který detailně popisuje provedení použitého přístroje a jeho aplikaci.

6.2.6 Doporučení a inovace pro příští průběh

V semináři jsem zvolila jako první část teoretickou, po které následovala část praktická. Jelikož se teoretická část protáhla, na praktickou část zbyla méně než polovina semináře, přibližně 20 minut, což bylo dost uspěchané. Stihlo se vše, co se mělo, ale tempo muselo být svižnější. Tento postup semináře jsem zvolila proto, když studenti budou prakticky měřit, aby chápali princip toho, co dělají, aby k tomu měli už nějaký teoretický základ i pro následnou práci s EKG křivkou. Ale jelikož měření provádí stejně vyučující a nejedná se přímo o 12 svodové EKG, u kterého by byla i skrze jeho aplikaci znalost na místě, navrhuji proto v příštím laboratorním cvičení uvedený postup obrátit – začít praktickou částí – měřením. Ta poskytne EKG záznam, který si studenti mohou prozatím nechat volně ležet na lavici, a po výkladu si zkusit sami vyplnit úkoly, které mají. Zajistí to tak pohodlnější provedení praktické části a dost času pro naměření kvalitního záznamu, který nám se nepovedl.

Další doporučení bych věnovala teoretické části, ve které jsem nestihla probrat oblast, kterou považuji pro praktický život za velmi důležitou, a to životní styl a jeho dopady na vznik kardiovaskulárních onemocnění – zdravá strava, pohybový režim, apod. Pojmy jako primární, sekundární a terciární prevence, civilizační onemocnění, ... Dle mého názoru by tyto praktické

informace měli být nedílnou součástí, jelikož studenta informují a motivují k tomu, jak předcházet problémům se srdcem, které mohou být způsobené také těmito aspekty. Hodina tím tak splní i kromě cílů vzdělávacích i ty výchovné. Pro lepší časové rozvržení bych navrhla zkrátit výklad o svodech, který studenty moc nezaujal, a měli docela problém problematiku pochopit. Není nutné rozebírat do hloubky prodloužení svodů apod., pro pochopení principu v rámci biologie stačí uvést hlavní charakteristiku – jak se svody značí, jak se jmenují a kde jsou umístěny. Tím získá vyučující více času pro již zmíněné praktické záležitosti. Zdůrazňuji tedy, že se jedná o biologický seminář, ve kterém studenti mnohdy ocení více biologickou podstatu než tu fyzikální.

Vřele také doporučuji připravit si již čitelný naměřený EKG záznam pro případy, že by měření poskytlo špatný záznam a objevily se podobné komplikace.

6.3 Výzkumné šetření č. 2 – dotazníkové šetření

Druhou částí výzkumného šetření byl dotazník, který mi posloužil jako zpětná vazba studentů, a zhodnotil na základě jejich odpovědí míru úspěšnosti provedení cvičení, ať už z úhlu jejich motivace, zaujetí či pochopení probrané látky. Dotazníkové šetření bylo provedeno 6. 4. 2017 po ukončení laboratorního cvičení na osmiletém Gymnáziu Aloise Jiráka v Litomyšli.

6.3.1 Metoda výzkumu

Dotazník byl anonymní, tudíž studenti mohli zcela pravdivě a bez ostychu odpovídat. Otázky jsem vytvořila takovým způsobem, aby co nejlépe reflektovaly možné nedostatky laboratorního cvičení (ať už jeho průběhu či využitých didaktických pomůcek) a zároveň poskytovaly možné návrhy na změnu, které studenti doporučí. Ukázalo se, že dotazník byl srozumitelný a studenti s jeho vyplňováním neměli problémy. Dotazník byl rozdán po ukončení laboratorního cvičení. Obsahoval celkem šestnáct otázek, které byly smíšené – otázky, ve kterých měl student vybrat jednu z více možností, otázky, ve kterých se měl student rozhodnout, zda souhlasí či nesouhlasí s výrokem v otázce, a jednu otázku otevřenou, ve které měl student volně napsat odpověď. Na konci dotazníku byl prostor pro další názory a postřehy ze cvičení, a také pro případné jiné možnosti odpovědí, pokud student nenalezl tu správnou u otázky. Celé znění dotazníku přikládám v příloze.

6.3.2 Výzkumný soubor

Dotazníkového šetření se zúčastnilo celkem 17 studentů přítomných v semináři. Z toho 11 žen a 6 mužů. Z toho 13 studentů bylo ve věku 18ti let, a 5 studentů ve věku 17. Seminář byl složený ze studentů ze třídy 3. A, kterých bylo 10 a studentů ze 7. P, ze které se cvičení zúčastnilo 7.

	Žen	mužů	17 let	18 let	3. A	7. P
počet studentů	11	6	5	12	10	7

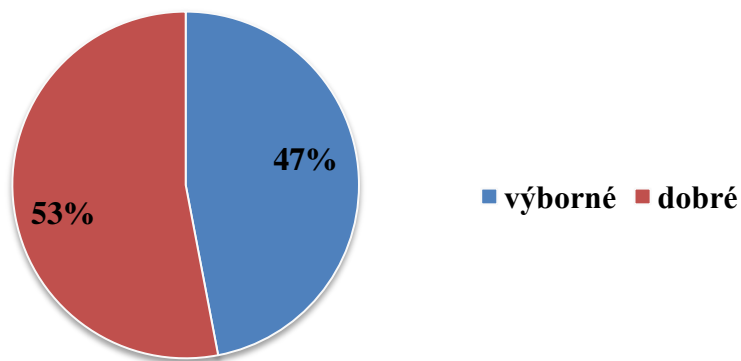
Tabulka 1: Charakteristika a početné zastoupení respondentů dotazníkového šetření

6.3.3 Cíle výzkumného šetření č. 2

Mým úkolem je na základě zpracování vyplněných dotazníků vyhodnotit názory a dojmy studentů ze cvičení, kterého se zúčastnili. Dále také srovnat reflexi studentů s tou mojí, zdůvodnit shody i případné odlišnosti, a také navrhnout popřípadě jiné možnosti či řešení, které by mohli vést v dalším provedení cvičení na téma EKG k maximální spokojenosti.

6.3.4 Analýza dotazníkového šetření

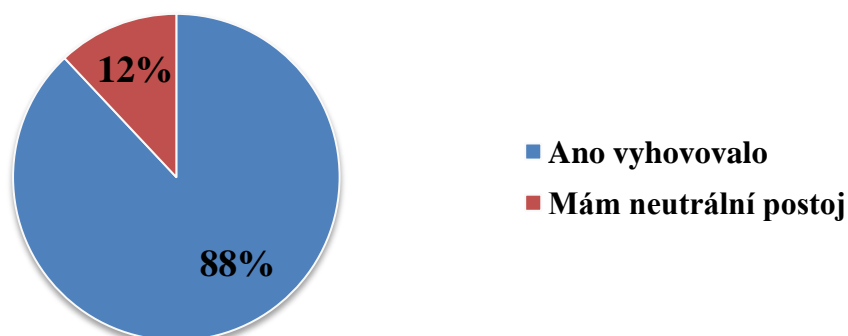
1. Hodnocení laboratorního cvičení



Graf 1: Hodnocení laboratorního cvičení.

První graf hodnotí výsledky **1. otázky dotazníku**, ve které studenti měli vybrat možnost, se kterou se nejvíce ztotožňují. V této otázce jsem zjišťovala obecnou spokojenost či nespokojenost studentů se cvičením, kterého se zúčastnili. Všechny studenty vybrané odpovědi byly pozitivní, což znamená, že úspěšnost provedení laboratorního cvičení byla 100%, ani jeden student neměl záporné dojmy. 53 % studentů (celkem 9) mělo ze cvičení průměrné pocity, ani moc nadšené, ani negativní. Zbýlých 47 % studentů (celkem 8) bylo nadšených ze cvičení, kterého se zúčastnili - téměř polovina, což považují opravdu jako úspěch.

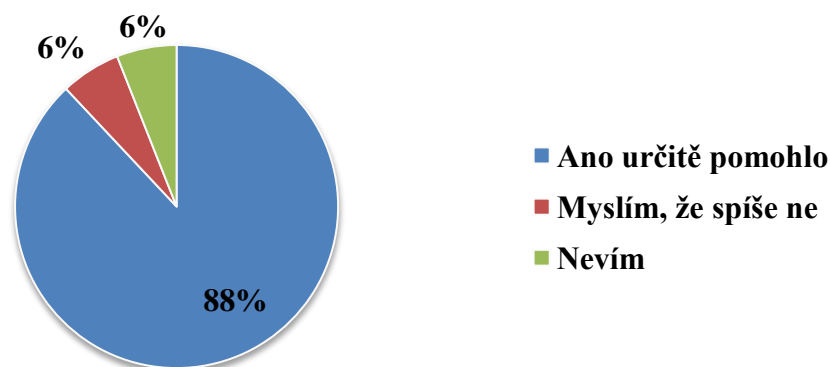
2. Vyhovovalo Ti doplňování textu v rámci teoretické části protokolu?



Graf 2: Spokojenost s doplňováním v laboratorním protokolu.

Otázka č. 2 se studentů dotazovala na jejich názor, co se týče doplňování textu v protokolu. Mým cílem bylo zjistit, do jaké míry jsou studenti s touto aktivitou během semináře spokojeni – tzn. do jaké míry je aktivita bavila a zaujala. Téměř většina studentů s vyplňováním spokojena byla – 88 % (celkem 15), zbylých 12 % (celkem 2) měli vůči vyplňování v textu neutrální postoj. Jelikož žádný student nevyplnil negativní možnost, úspěšnost použití této aktivity v rámci protokolu byla 100%.

3. Pomohlo Ti doplňování informací do textu k jejich lepšímu pochopení a zapamatování?

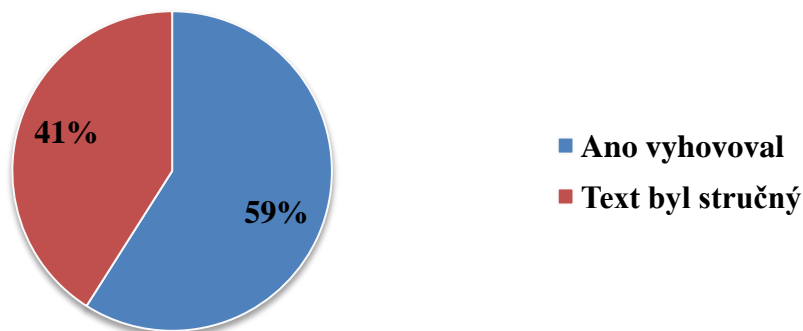


Graf 3: Efektivita aktivity doplňování textu na pochopení a zapamatování látky.

Otázka č. 3 měla zreflektovat míru účinnosti doplňování informací v protokolu v souvislosti s jejich lepším pochopením a zapamatováním. Zda tato aktivita posloužila jako praktická didaktická pomůcka a byla pro studenta prospěšná. A vzhledem k míře náročnějších a pro studenty nových informací jsem uznala tento způsob za vhodný. Za tímto účelem jsem laboratorní protokol navrhla právě touto formou a výborné je, že se to osvědčilo. 88 %

studentům (celkem 15) tato podoba protokolu pomohla k lepšímu pochopení a zapamatování nové látky. Potvrdilo se to, čehož já jsem zastánce – studenti si nejlépe zapamatují nové informace na jejich aplikaci, tzn. pokud na ně sami přijdou, když je sami použijí. Pouze jeden student odpověděl negativně, a jeden student neměl žádný názor.

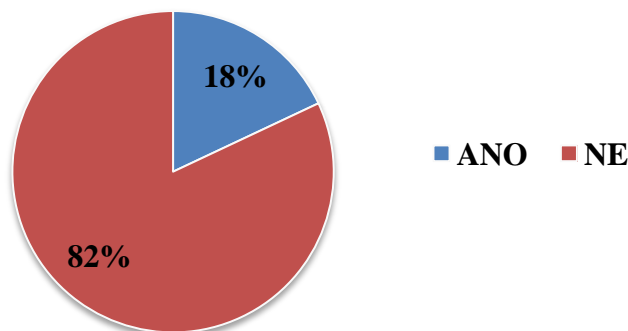
4. Vyhovoval Ti rozsah textu v teoretické části protokolu?



Graf 4: Spokojenost s rozsahem textu v laboratorním protokolu.

Jelikož jsem už zjistila, zda bylo doplňování pro studenty zábavné a hlavně přínosné, v otázce č. 4 mě zajímalo, zda byla délka rozsahu vhodná. Překvapivé je pro mě zjištění, že 41% studentů (celkem 8) text přišel docela stručný a nevadilo by jim ještě pár řádků s dalšími informacemi. Moje obavy šly opačným směrem – zda text nebude pro studenty zdlouhavý, a tak jsem se snažila vypsát k doplnění ty nejzásadnější informace. Někteří by však ocenili informaci více, naopak přehnaně dlouhý se text nezdál žádnému studentu. 59 % studentů (celkem 9) se zdál text přiměřeně dlouhý a s délkou byli spokojení.

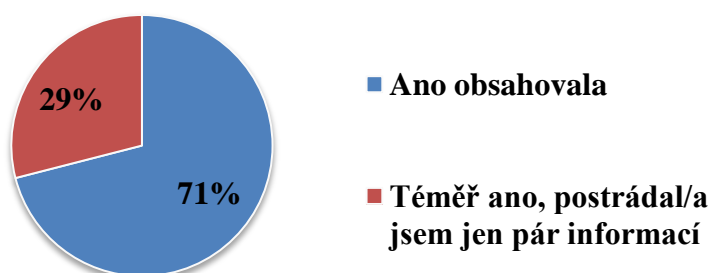
5. Nahradil/a bys doplňování v protokolu již předepsaným textem?



Graf 5: Možná inovace v teoretické části protokolu.

Otázka č. 5 nabízela studentům variantu, že by doplňování bylo nahrazeno již předepsaným textem. Protokol by poté neměl charakter pracovního listu, jaký měl, jelikož by jejich aktivita spočívala v něčem jiném. Tuto možnost však většina zavrhl – celkem 82 % (14 studentů) by nenahradila doplňování předepsaným textem. 18 % studentů (3 studenti) by byly pro tuto možnost.

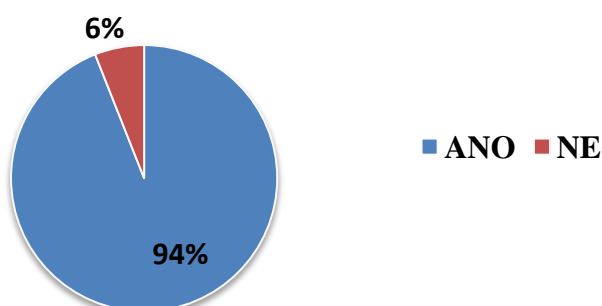
6. Obsahovala dle Tvého teoretická část protokolu důležité informace (které vyučující zdůrazňovala) z probíraného celku?



Graf 6: Obsah důležitých informací v textu.

Otázka č. 6 byla zaměřena na obsahovou stránku pracovního protokolu, snažila jsem se jí zjistit, zda byl text sestaven takovým způsobem, aby zachycoval všechny důležité informace, na které jsem během semináře apelovala. Tímto způsobem měl být protokol přehledným teoretickým souhrnem všeho podstatného. Většina byla s obsahem spokojená – 71 % (12 studentů). 29 % studentů (celkem 5) postrádala v textu pár informací. Pro tuto možnost však musím zdůraznit ten fakt, že pro takové situaci měli studenti prostor na konci papíru, kde si mohli vepsat některé poznámky navíc. Zcela negativní názor neměl žádný student.

7. Našel / našla bys ve výkladu vyučujícího všechny informace potřebné k doplnění teorie v protokolu?



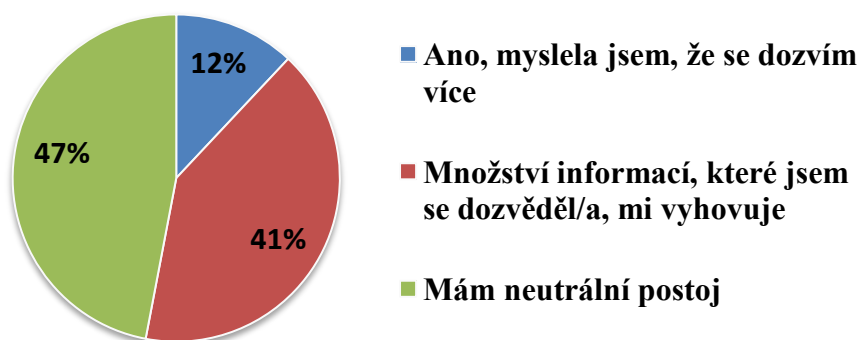
Graf 7: Srovnání výkladu a požadavků v protokolu.

Otázkou č. 7 jsem zjišťovala, nakolik byl můj výklad synchronizovaný s požadavky, které jsem na studenty v textu měla. Zda byl správně přizpůsoben ke zvládnutí splnění úkolu. Pouze jeden student nenašel ve výkladu vše potřebné, zbylých 16 studentů s tím nemělo problém. Úspěšně se mi tedy povedlo sladit výklad s požadavky v textu.

Další **otázka č. 8** se nezabývala již textem v protokolu, ale prezentací, kterou jsem použila. **Studenti prezentaci měli ohodnotit známkou (jako ve škole)**. Průměrná známka hodnocení je 1,12, což je výborný výsledek. Studentům se prezentace líbila a evidentně splnila všechny cíle, které jsem si jejím použitím nárokovala (viz předchozí kapitoly).

Otázka č. 9 se taktéž týkala prezentace a zabývala se tím, **zda studentům prezentace pomohla k lepšímu pochopení a osvojení si nových pojmů a poznatků**. Jelikož jsem prezentaci použila právě s tímto úmyslem, který formuluje otázka, je skvělé zjištění, že se to podařilo na 100 %. Všichni studenti vybrali odpověď „ANO“.

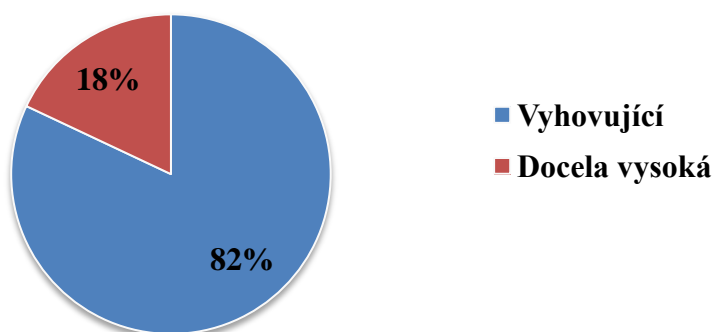
10. Ocenil/a bys více odborných informací a v pojmů v semináři (ať už z oblasti medicíny či biofyziky)?



Graf 10: Množství odborných informací v semináři.

Otázka č. 10 reflektovala obecně obsah semináře, zda studenti byli spokojeni s mírou nových informací, kterých se jim v semináři dostalo. 47 % studentů (celkem 8) mělo neutrální postoj – s množstvím nových informací byli spokojeni, ale ani některé další by jim nevalily. 41 % studentům (celkem 7) vyhovovalo množství poznatků, které si ze semináře odnesli, a 12 % studentů (celkem 2) bylo mírně zklamáno, jelikož očekávali, že se dozví více. Celkem tedy 10 studentů by uvítalo a nebránilo se dozvědět se více informací, než jim v semináři bylo umožněno, což je tedy více jak půlka.

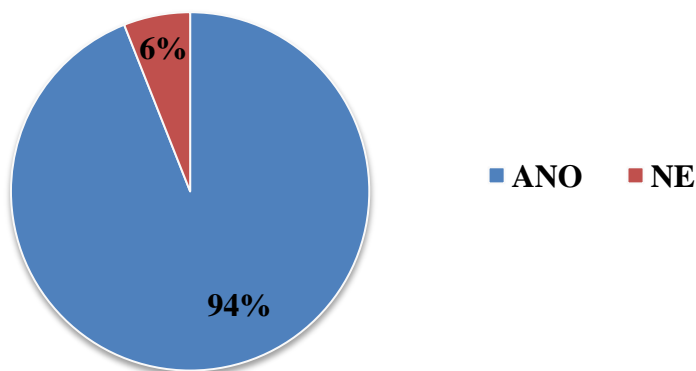
11. Jaký máš názor na náročnost, kterou měl seminář?



Graf 11: Hodnocení náročnosti semináře.

Otázka č. 11 poukazovala na celkovou náročnost semináře. Jelikož se problematika EKG na střední škole neprobírá, a to ani v rámci semináře, bylo důležité ověřit, zda postupy, metody a způsob vyučování tohoto tématu byly vhodně zvolené, a směřovaly k vyhovující náročnosti pro středoškolského studenta, i přes ten fakt, že se jedná o nadstavbovou látku. 82 % studentů (celkem 14) byla s náročností spokojena, pouze 2 studentům se zdálo náročnost docela vysoká. Podařilo se mi tedy zvolenými prostředky přizpůsobit nadstavbovou látku.

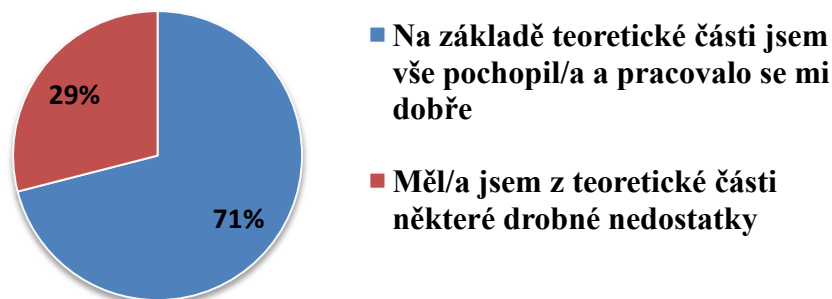
12. Zdá se Ti obrazová příloha praktická?



Graf 12: Hodnocení užitečnosti obrazové přílohy.

Následující **otázka č. 12** se zabývala obrazovou přílohou, která byla jednou z didaktických pomůcek, které jsem vytvořila, a jedna z věcí, co mělo studentům seminář obohatit, zpestřit a také posloužit jako praktická ukázka. Kromě jednoho studenta téměř většina – 94% byla s přílohou spokojena a shledala ji praktickou a užitečnou. Jelikož právě to byl můj účel, jsem s výsledkem velmi spokojená.

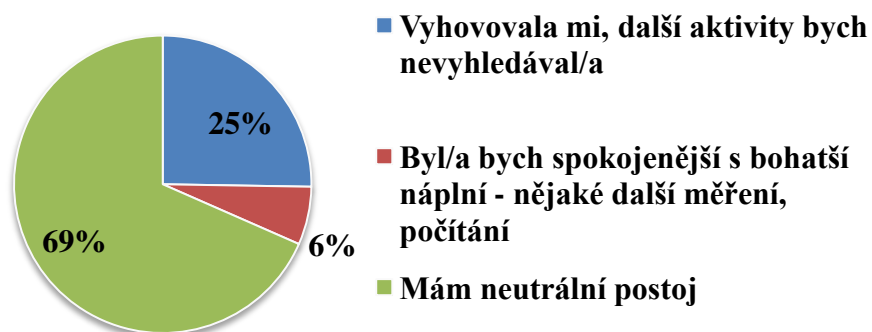
13. Jak se Ti pracovalo v praktické části (měření EKG, vyhodnocování EKG křivky, výpočet frekvence)?



Graf 13: Vliv teoretické části na průběh části praktické.

Otázka č. 13 byla reflexí o průběhu praktické části. Jelikož teoretická část cvičení měla posloužit k bezproblémovému chodu praktické části – k využití teoretických poznatků do praktických úloh, které bylo součástí druhé poloviny semináře (měření EKG, výpočet frekvence, popis EKG křivky). 71 % (celkem 13) na základě teoretické části cvičení vše pochopili a v praktické části se jim pracovalo dobře. Zbylých 29 % (4 studenti) dělali některé věci menší problém, jelikož měli z teoretické části nějaké nedostatky. Jelikož většina hodnotila pozitivně, jistý vliv mohla mít pro tyto studenty nedostatečná pozornost, celkové rozpoložení, apod. Zcela negativní ohlasy nebyly žádné, takže mohu říci, že se mi podařilo v teoretické části poskytnout dostačující základ pro pochopitelné provedení praktických věcí.

14. Jak bys hodnotil/a praktickou část semináře?

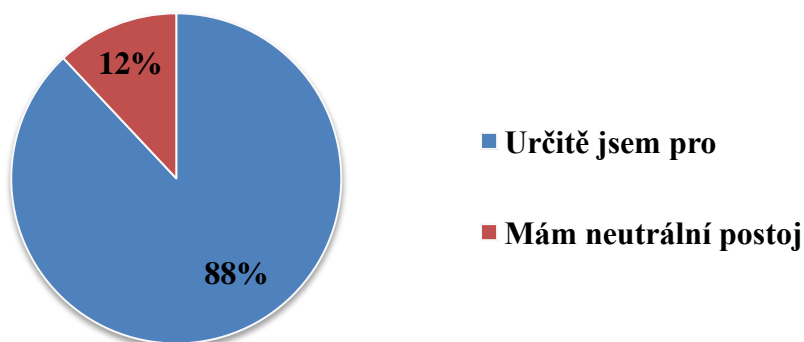


Graf 14: Spokojenost s praktickou částí semináře.

Otázka č. 14 se zabývala samotnou praktickou částí a její náplní. Snažila jsem se zjistit, zda obsah praktické části je dostatečný pro spokojenost studentů. 25 % studentů (celkem 5) bylo spokojených s náplní praktické části, množství úkolů jim vyhovovalo. Jeden student by byl doslova radši, kdyby byla bohatší o některá další měření či počítání. Většina, 69 % (celkem 11), má neutrální postoj. S podobou, jakou část měla, byli spokojeni, ale nebránili by se nějakým dalším aktivitám. Celkem tedy 71 % studentů by uvítalo bohatší praktickou část semináře.

V následující **otázce č. 15** měli studenti zhodnotit na stupnici od 1 do 5, v **jaké míře princip EKG pochopili** (1 výborně, 5 vůbec). Průměrné hodnocení je **1,88**, což je výborné vzhledem k okolnostem – studenti neměli téměř žádné znalosti z oblasti elektrické činnosti srdce (převodní systém srdeční), byla pokročilá denní hodina k vyučování (odpoledne).

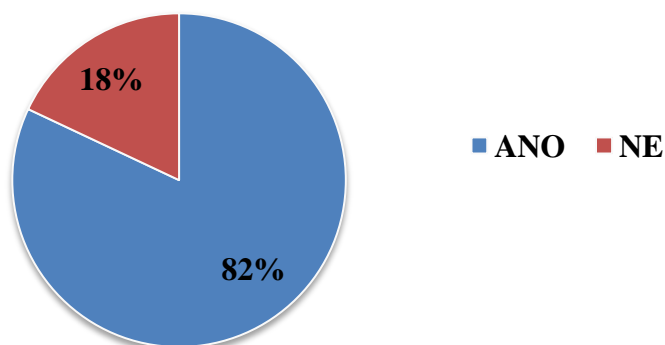
16. Ocenil/a bys, kdyby ses zúčastnil více takto "netradičních" hodin?



Graf 16: Účast na seminářích s nevšední tematikou.

Následující **otázka č. 16** zaznamenává ochotu studentů účastnit se seminářů s netradiční tematikou, jakou měl tento. Jelikož většina studentů – 88 % (celkem 15) je určitě pro absolvování více takových seminářů, a 12 % (zbylí 2) mají neutrální postoj – můžou a nemusí se dalších účastnit, dá se říci, že 100 % studentů je nakloněno zúčastnit se seminářů, které je obohatí v netradičních tématech.

17. Bylo pro Tebe laboratorní cvičení přínosné do praktického života?



Graf 17: Přínos laboratorního cvičení do praktického života.

Poslední **otázka č. 17** se zaměřuje na užitečnost tohoto cvičení pro praktický život. Kromě tří studentů většina – 82 % shledává seminář přínosným do praktického života. Podle mého se jedná o jeden z nejdůležitějších aspektů, jelikož maximum věcí, co se student ve škole učí, by měl shledávat za praktické a za využitelné do života. Vyučující by studentům měl vždy látku podat takovým způsobem, aby student dokázal ocenit i některou její praktickou využitelnost. Jedná se také o jistý druh motivace, v případě, že se nejedná jenom o „nudnou teorii“.

6.3.5 Výsledky výzkumného šetření č. 2

Na základě druhého výzkumného šetření, ve kterém jsem zjišťovala dojmy studentů z absolvovaného laboratorního cvičení, mohu říci, že se mi cvičení povedlo uskutečnit s velkým úspěchem. Studenti byli se cvičením z 53 % průměrně spokojeni a téměř půlka z něj byla nadšená – 47 %. Náročnost cvičení shledali téměř všichni za přiměřenou a nedělala jim problémy (82 %), což potvrzuje další zjištěný fakt, že téměř většina studentů byla otevřena dozvědět se více odborných informací, než jim bylo ve cvičení poskytnuto, a to celkem 88 % studentů, náročnost by se naopak nebáli zvýšit.

Pomůcky, které jsem s cílem pro lepší průběh semináře zvolila, se osvědčily jako velice vhodné. Podobu, jakou měl laboratorní protokol, všichni studenti (100 %) ocenili, jelikož si díky aktivitě doplňování v textu snadněji osvojili nové informace. Výklad zhodnotilo 94 % studentů jako přizpůsobený textu, který jim na základě něj nedělalo problém vyplnit. Co se týče obsahové stránky textu v protokolu, téměř třetina studentů – 29 % měla dojem, že v textu nebylo vše důležité z výkladu. Což má souvislost i s tím, že 41 % studentů považovalo text za stručný a obohatilo by jej ještě pár řádky. Co se týče prezentace, 100 % studentů pomohla k lepšímu

pochopení problematiky, průměrnou známkou, kterou ji hodnotili, byla 1,12. Což znamená, že je opravdu zaujala a ocenili i její grafickou stránku. Obrazovou přílohu téměř všichni studenti (94 %) uznali užitečnou a praktickou ve cvičení.

V praktické části se $\frac{3}{4}$ dotázaných pracovalo dobře v návaznosti na část teoretickou, a stejným zastoupením – 71 % studentů by ocenilo bohatší náplň praktické části. 82 % studentů považuje cvičení za užitečné do praktického života. Dokonce 88 % studentů by se rádo účastnilo častěji seminářů s podobnou tematikou, což pro mě bylo milým překvapením. Očekávala bych, že studenti nebudou v takové míře dobrovolně vyhledávat aktivity ve škole, které pro ně nejsou nutné. Ale nutno říci, že se jedná o gymnázium, na kterém se studenti účastní mnoha projektů, a mimoškolní aktivita je vysloveně baví.

Průměrnou známkou pochopení celé problematiky EKG (1 výborně, 5 vůbec) byla 1,88, mohu říci, že se mi povedlo uskutečnit laboratorní cvičení s velice vysokou efektivitou a při vysvětlování problematiky jsem obstála.

6.3.6 Doporučení a inovace pro příští průběh

Pro další uskutečnění cvičení na téma EKG bych určitě doporučila využít prezentaci k výkladu, který usnadní pochopení některých složitějších záležitostí. Podle studentů se velice osvědčila a troufnu si říci, že bez grafického doprovodu by byl výklad poněkud náročný a také nudný. Nutné je však mít na paměti některé náležitosti pro „úspěšnou prezentaci“ – tedy málo textu, více obrázků, pěkná grafika, logický sled, apod. Také podoba laboratorního protokolu sklídila u studentů úspěch. Takže pokud by pro příštího pedagoga bylo důležité nejen měření a praktické záležitosti cvičení, ale kladl by velký apel na část teoretickou a její pochopení, doporučuji v rámci protokolu vytvořit nějakou aktivitu, při které studenti budou moci pracovat s informacemi a aplikovat je. Velice jim to pomohlo k příjemnějšímu a přehlednějšímu vstřebání nemalého množství nových poznatků. Doporučila bych jej však doplnit o pár dalších řádků textu, což by studenti ocenili. Přesto, že součástí protokolu byl prostor pro vlastní poznámky, některým studentům přišel text vzhledem k množství nových informací, stručnější, avšak to byla méně než polovina. Obrazová příloha není nutná přímo pro pochopení problematiky, ale většina studentů ji shledala užitečnou. Je to příjemné zpestření po tom, co jsou studenti unaveni mírou nových informací a nějaká podobná ukázka je názorná a praktická.

Co se týče obsahové stránky teoretické části cvičení, doporučila bych přidat některé další odborné informace, které by studenti dle šetření, ocenili. Nabízí se uvést více dysrytmií včetně jejich léčby a podoby kardiogramu, vysvětlit princip depolarizace a repolarizace v souvislosti se

šířením elektrického vzruchu v srdci či zasvětit studenty více do problematiky EKG svodů a detailněji vysvětlit fyzikální principy. Tato inovace je však hodně diskutabilní hned z několika důvodů. Učitel se musí řídit tím, jak moc zdatní jsou studenti v jeho třídě. Ve třídě, kde jsem prováděla cvičení, je několik studentů nadprůměrně inteligentních, se zájmem o medicínu. Ve třídě takového zastoupení si učitel může dovolit jít do složitějších teoretických oblastí. Ale musí vždy zhodnotit, zda to studenti budou schopni pojmout a spíše než na zajímavosti to nepřidá na jejich zmatenosti. Stejně tak je dobré zohlednit, jak moc jsou ve třídě studenti fyzikálně zdatní, zda je dobré jim hltit hlavy fyzikálními principy EKG, a neupřednostnit ty jiné.

V souvislosti s praktickou stránkou cvičení $\frac{3}{4}$ třídy projevila ochotu k širší náplni praktické části – některé další měření či počítání. Seminář lze obohatit více kardiogramy, ve kterých studenti budou počítat frekvenci a budou určovat zdravý stav či možné dysrytmie v souvislosti s abnormální frekvencí, lze vypočítat a stanovit srdeční osu srdce. Je nutné se však opět zamyslet, zda je cvičení součástí fyzikálního semináře či biologického. Rozsáhlá náplň praktické části bude vždy na úkor té teoretické. Učitel si musí srovnat, jaké cíle má a co preferuje – fyzikální podstatu či tu biologickou, a v neposlední řadě s jak moc zdatnými studenty bude pracovat.

7 Diskuze

Cílem praktické části bylo provést dvě výzkumná šetření a z každého vyvodit závěry. Nyní bych ráda tyto závěry z obou šetření srovnala. Výsledky prvního šetření poukazují na samotné provedení laboratorního cvičení z pohledu vyučujícího (mě). Výsledky druhého šetření reflektují cvičení z pohledu studenta. Pro uskutečnění jsem zvolila biologický seminář. Jednak z důvodu časového – seminář mi poskytl 90 minut, ale také kvůli předmětovému zaměření studentů, očekávala jsem jejich větší zájem o tuto problematiku. Tento výběr se ukázal jako velice vhodný – 90 minut mi stačilo tak akorát, a studentovo nadšení a zájem o téma bylo opravdu velké, ohlédnou-li se na výsledky dotazníkového šetření. Při provedení jsem kladla důraz na teoretickou stránku tématu a snažila se použít takové metody, které by pochopení problematiky EKG usnadnily. Předpokládala jsem, že použití laboratorního protokolu v netradiční podobě, jakou měl, bude pro studenty přínosné a zábavné. Osobně se mi s touto pomůckou v hodině velice dobře pracovalo a na základě mých předpokladů tento názor měli i studenti, kteří shledali protokol a doplňování v něm jako velmi vhodnou a také přínosnou aktivitou k lepšímu zapamatování mnohých informací. Můj předpoklad využití prezentace tkvěl v lepším znázornění některých ne jednoduchých principů EKG, jejich snazšímu pochopení. Osobně mi ve výkladu prezentace velmi pomohla a ve srovnání s dotazníkovým šetřením měli studenti stejný názor. Prezentaci velice ocenili, co se týče pomoci k pochopení, a měla u nich úspěch. Moje předpoklady byly tedy správné. Velice dobře se mi v hodině také pracovalo s obrazovou přílohou. Během práce s ní studenti byli soustředěni a očividně zaujetí. Dopisovali si do ní i některé další poznámky. Tyto mé dojmy potvrdily výsledky dotazníkového šetření, jelikož studenti shledali přílohu jako velmi užitečnou. Teoretickou část jsem se snažila stavět takovým stylem, aby z ní studenti mohli vycházet v části praktické. Studenti neměli žádné dotazy, nedali mi najevo, že by něčemu nerozuměli, a samostatně bez problémů pracovali. Tento můj postřeh potvrdilo vyhodnocení dotazníku, v němž mi studenti potvrdili jejich bezproblémovou práci při počítání a vyhodnocování záznamu, díky části teoretické. Snažila jsem se studentům podat ucelený teoretický celek o EKG, ale zároveň také informace formulovat z praktického hlediska. Studenti praktičnost ocenili a uznali, což moje snahy potvrdilo.

Závěr

V této bakalářské práci jsem se zabývala elektrokardiografickou metodou. V teoretické části jsem uvedla důležité náležitosti a principy EKG, a v praktické části jsem ověřovala, zda je možné navrhnout efektivní laboratorní cvičení a protokol na téma EKG, a následně ho provést na střední škole, konkrétně v biologickém semináři. Pro tento účel jsem navrhla takové metody výuky a didaktické pomůcky, aby provedení tohoto cvičení bylo co nejúspěšnější. Hodinu jsem provedla na základě předpokladů, jejichž správnost a vhodnost jsem následně ověřovala. Úspěšnost provedení laboratorního cvičení jsem hodnotila na základě své vlastní reflexe, tzn. postřehů, jak se mi se zvolenými metodami a pomůckami pracovalo, jakým stylem semnou kooperovali studenti, do jaké míry byli pozorní a zaujatí danou problematikou, v jaké míře dokázali odpovídat na moje dotazy na základě předchozích pochopení, apod. Toto hodnocení bylo součástí výzkumného šetření č. 1. Náplní výzkumného šetření č. 2 byla reflexe studentů, tedy jejich názory na cvičení, jejich spokojenost s výkladem, s protokolem a dalšími využitými materiály. Oba tyto výzkumy poskytují ucelené hodnocení o proběhnutém cvičení a vyvozují možné inovace a doporučení pro další vyučující, kteří by se cvičení rozhodli provést,

Výsledky jsou více než uspokojující – studenty velice bavilo a líbilo se dozvědět o metodě EKG, s využitými metodami a pomůckami byli velmi spokojeni a pomohlo jim to k pochopení celé problematiky. Dokonce byli nakloněni dalším poznatkům, měřením a výpočtům, navzdory faktu, že se jedná o složitější nadstavbovou látku pro středoškolského studenta. Co se týče technické stránky cvičení, zjistila jsem, že změřit EKG lze i ve školních podmínkách, avšak je to ne jednoduché a vyžaduje maximální přizpůsobení podmínek. Přesto vřele doporučuji dalším vyučujícím obohatit studenty se zájmem o biologii (ale nejen) v této oblasti, jelikož to určitě uvítají. Správně zvoleným přístupem studentům 3. ročníku a septimy nedělalo problémy EKG principy pochopit. Nutno však zmínit, že co student, to originál, a každá třída se může velmi lišit. Avšak pevně věřím, že tato bakalářská práce poslouží dalším nadšeným pedagogům jako kuchařka, která podá malou nápovědu k perfektnímu provedení dalšího netradičního laboratorního cvičení. Pro mě, jako budoucí pedagožku, byla náplň práce výbornou zkušeností v rámci praxe, a pomohla mi získat spousta nových didaktických poznatků. Přinesla tedy nejen užitečné výsledky, ale také velký osobní rozvoj a posun, který pomohl ke zlepšení mých pedagogických kvalit.

Použitá literatura

- [1] DYLEVSKÝ, Ivan. *Funkční anatomie člověka*. 1. Vyd. Praha: Grada, 2009. 397 – 403 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
- [2] WARD, Jeremy, LINDEN, Roger. *Základy fyziologie*. 1. Vyd. Praha: Galén, 2010. 39, 43 s. ISBN 978-80-7262-667-0.
- [3] MERKUNOVÁ, Alena, OREL, Miroslav. *Anatomie a fyziologie člověka pro humanitní obory*. 1. Vyd. Praha: Grada, 2008. 87 s. ISBN 978-80-247-1521-6.
- [4] GANONG, William. *Přehled lékařské fyziologie*. Vyd. 20. Praha: Galén, 2005. 81, 82, 550 – 599 s. ISBN 80-7262-311-7.
- [5] MOUREK, Jindřich. *Fyziologie: učebnice pro studenty zdravotnických oborů*. Vyd. 2, doplněné. Praha: Grada, 2012. 35 – 44 s. ISBN 978-80-247-3918-2.
- [7] BRAVENÝ, Pavel., LUPÍNEK, Zdenko. et al. *Základy elektrografie (Dočasná vysokoškolská učebnice)*. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR, 1989. 7 – 33 s. ISBN není uvedeno
- [8] ZEMAN, Karel. *Poruchy srdečního rytmu v intenzivní péči*. Vyd. 1. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2011. 8 – 150 s. ISBN 978-80-7013-533-4.
- [9] NAVRÁTIL, Leoš, ROSINA, Josef. et al. *Medicínská biofyzika*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005. 171 – 186 s. ISBN 978-80-247-1152-2
- [10] GHAN, M. Gabriel. *EKG a jeho hodnocení*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2005. 18 – 35 s. ISBN 80-247-0910-4
- [11] DESPOPOULOS, Agamemnon, SILBERNAGL, Stefan. *Color Atlas of Physiology*. 5th edition. Stuttgart: Thieme, 2003. 196 p. ISBN 13: 9783135450056
- [12] ADÁMKOVÁ, Věra. et al. *Hodnocení vybraných metod v kardiologii a angiologii: pro praxi*. Vyd. 1. Praha: Grada, 2016. 23, 24 s. ISBN 978-80-271-9192-5
- [13] LEFFLEROVÁ, Kateřina, WIDIMSKÝ, Jiří. *Zátěžové EKG testy v kardiologii*. Vyd. 2. Praha: TRITON, 2003. 11 – 16 s. ISBN 80-7254-373-3
- [14] SKALKOVÁ, Jarmila. *Obecná didaktika*. Praha: ISV, 1999. 165 s. ISBN 80-85866-33-1

Internetové zdroje

[6] LINDNER, Jaroslav. *Srdeční činnost* [online]. [cit. 1. 2. 2017]. Dostupné z: <<http://www.kardiochirurgie.cz/redakcni-rada>>.

Zdroje obrázků

Obr. č. 1: BERNACIKOVÁ, Martina. *Fyziologie* [online]. [cit. 15.1.2017]. Dostupný na WWW: <<https://publi.cz/books/49/Cover.html>>.

Obr. č. 2: BERNACIKOVÁ, Martina. *Fyziologie* [online]. [cit. 15.1.2017]. Dostupný na WWW: <<https://publi.cz/books/49/Cover.html>>.

Obr. č. 3: Cardiologi.org: *Early Repolarization (Haïssaguerre Pattern and Syndrome)* [online]. [cit. 17. 1. 2017]. Dostupný na WWW: <http://www.cardiology.org/projects_repolarization.html>.

Obr. č. 4: Voitlab.com [online]. [cit. 17. 1. 2017]. Dostupný na WWW: <<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Soubor:Einthoven.png>>.

Obr. č. 5: Orpha Selbsthilfe: *Elektrokardiogramm (EKG)* [online]. [cit. 22.1.2017]. Dostupný na WWW: <<http://orpha-selbsthilfe.de/forum/index.php?topic=52.0>>.

Obr. č. 6: VÍTEK, Martin. *Automatické rozšířené signály EKG* [online]. [cit. 28. 1. 2017]. Dostupný na WWW: <https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/419/teze_vitek.pdf?sequence=2>.

Obr. č. 7: *Elektrokardiografie* [online]. [cit. 04. 04. 2017], Wikipedie. Dostupné z WWW: <<http://www.wikiskripta.eu/index.php/Elektrokardiografie>>.

Obr. č. 8: GANONG, William. *Přehled lékařské fyziologie*. Vyd. 20. Praha: Galén, 2005. str. 550. ISBN 80-7262-311-7.

Seznam příloh

Příloha A – článek *Jednoduchý EKG / EMG zesilovač pro školní použití*

Příloha B – dotazník k bakalářské práci

Příloha C – ukázka vyplněného dotazníku k bakalářské práci

Příloha D – laboratorní protokol

Příloha E – ukázka vyplněného laboratorního protokolu

Příloha F – ukázka pracovního listu praktické části protokolu (elektrokardiogram)

Příloha G – obrazová příloha

Příloha H – ukázka práce s obrazovou přílohou

Příloha I – prezentace (přehled slidů)

Jednoduchý EKG/EMG zesilovač pro školní použití

Filip Studnička¹, Ivana Škraňková², Jan Šlégr¹

¹Katedra fyziky, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové,

²Katedra biologie, Přírodovědecká fakulta Univerzity Hradec Králové,
Rokitanského 62, 500 03 Hradec Králové

Abstrakt

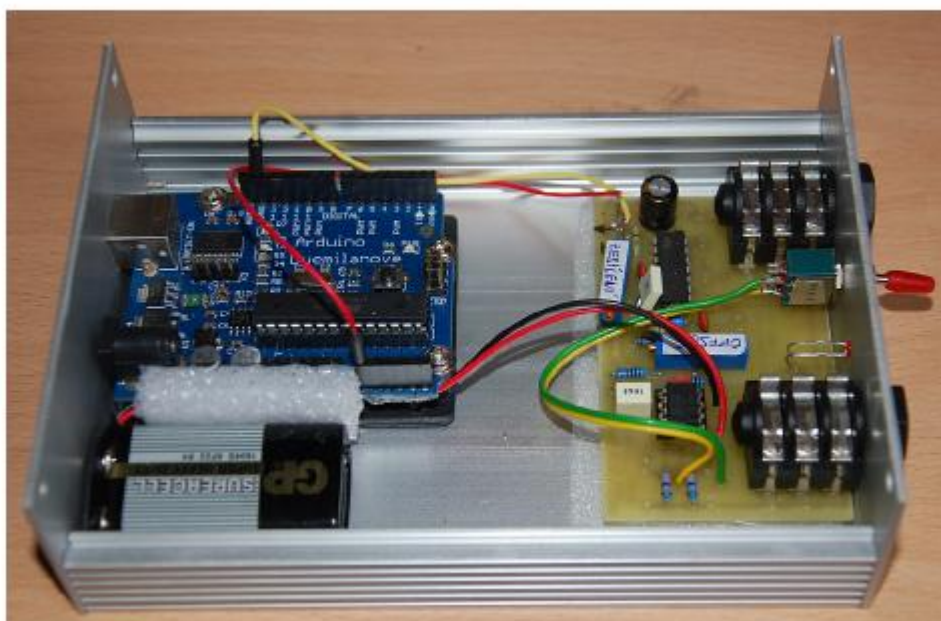
Protože ceny didaktických pomůcek na českém trhu jsou virtuální realitou, kdy cena pomůcek málokdy koreluje s výrobními náklady nebo kvalitou, zajímalo nás, jaká je reálná cena funkčního EKG použitelného ve školním prostředí. Měření napětí řádu desítek milivoltů ve školním prostředí prodechnutém elektromagnetickým polem síťového napětí a rozličných spínaných zdrojů např. pro notebooky je se ukázalo být zajímavou výzvou, která je však zvládnutelná.

Úvod

Elektrokardiografie je lékařská metoda záznamu elektrické aktivity srdce. Polarizace a depolarizace srdeční tkáně vytváří elektrické vlny, které se bez většího zeslabování šíří tělem a ještě na kůži lze naměřit napětí řádu jednotek až desítek milivoltů. Elektrické vlny poskytují informaci o frekvenci a pravidelnosti srdečních stahů, o velikosti a poloze srdečních síní i o poškození srdečního svalů. V lékařské praxi se obvykle používá vícesvodové EKG, kdy jsou elektrody umístěny na hrudníku, pro demonstrační účely se obvykle používá pouze třívodičové měření – dvě diferenciální elektrody měří napětí na levé a pravé ruce vzhledem k zemnicí elektrodě, kterou je obvykle doporučováno připojit na nohu, i když to není nutné. Elektromyografie podobným způsobem studuje aktivitu kosterních svalů. Aktivace svalů nervy vede ke změnám v iontovém proudění přes buněčné membrány, což se navenek projeví opět napětím měřitelným i na kůži pomocí povrchových elektrod.

Zesilovač pro EKG/EMG

V dostupných publikacích i na webu ([1], [2]) je možné najít stále se opakující zapojení s obvodem AD624AD, které autoři pravděpodobně obkreslují od sebe navzájem bez výraznějších změn. Cena obvodu AD624AD přesahující tisíc korun je pro školní použití nevyhovující, obvod samotný je navíc v České republice obtížně dostupný. Proto bylo navrženo zapojení využívající podstatně levnější přístrojový zesilovač INA128. Za ním následuje čtyřnásobný operační zesilovač LM324 (dva operační zesilovače dále zesilují signál, třetí je použit jako zdroj symetrického napájení, čtvrtý je nezapojen). Trimrem R16 lze nastavit stejnosměrnou složku. Zesilovač tak lze použít s osciloskopem (vzhledem k měření na lidském těle však z bezpečnostních důvodů jedině s digitálním osciloskopem napájeným z baterie), ovšem pro digitalizaci je lepší nastavit stejnosměrnou složku tak, aby byl celý signál kladný – dostupný AD převodník pracuje pouze s kladným napětím. Schéma ve větším rozlišení, motiv desky plošných spojů jsou na webu [3], stejně jako program pro AD převodník (viz dále) a odkazy na použitý materiál.



Obr. 1: Uspořádání EKG zesilovače a AD převodníku

Jako digitalizační prvek byla použita experimentální karta Arduino (obecné informace je možné najít v [4], poznámky ke školnímu použití v [5]). Jedná se o starší typ Duemilanove, který je k dostání řádově za 200 Kč, což z této karty dělá výborného kandidáta pro školní laborování. Karta obsahuje pět analogových vstupů s desetibitovými AD převodníky s rozsahem 5 V, takže krok AD konverze je přibližně 5 mV.

Zařízení je vestavěno do hliníkové krabičky kvůli stínění, rovněž připojení elektrod přes dva konektory jack 6,3 mm je nutné stínit. Pak lze i bez aplikace softwarových filtrů dosáhnout rozumných výsledků. Oba konektory zároveň drží desku plošných spojů v krabičce. Levá zdírka slouží k připojení diferenciálních elektrod (levá a pravá ruka) pomocí stíněných kabelů (vodiče jsou stíněné až těsně k vývodům, které jsou provedeny pomocí banánků). Pravá zdírka je společná zem, která je v originálních pramenech obvykle připojována k noze, v praxi však stačí přiložit ji na některou ruku nad signálové elektrody, které se obvykle umísťují na zápěstí.

V praxi se nám příliš neosvědčily nacvakávající elektrody ve tvaru velkých kolíků na prádlo, mnohem lepší jsou klasické nalepovací Ag/AgCl elektrody. Není problém je ve větším množství zakoupit na internetu za velmi rozumné ceny (vzhledem k tomu, že se nejedná o medicínské, ale demonstrační měření, není třeba se příliš obávat možné nižší kvality elektrod).

Program pro desku Arduino (včetně krátkého popisu, jak jej do desky nahrát) je na webu [3]. Tento program pouze zaslá hodnoty napětí přes USB port do počítače. Příložený program v jazyce Processing pak vykresluje křivku EKG a umožňuje ukládání do souboru s příponou CSV. Ten lze otevřít v libovolném tabulkovém editoru (MS Office Excel, OpenOffice Calc), kde lze rovněž vykreslit graf, provést základní analýzu (určení tepové frekvence, délky QRS intervalu atd.), případně i realizovat jednoduchý softwarový filtr typu dolní propust. Na webu [3] jsou rovněž odkazy na některé experimenty, které lze provádět a také na další programy, které dovedou zpracovávat výstup karty Arduino, které umožňují např. automatický výpočet tepové frekvence.

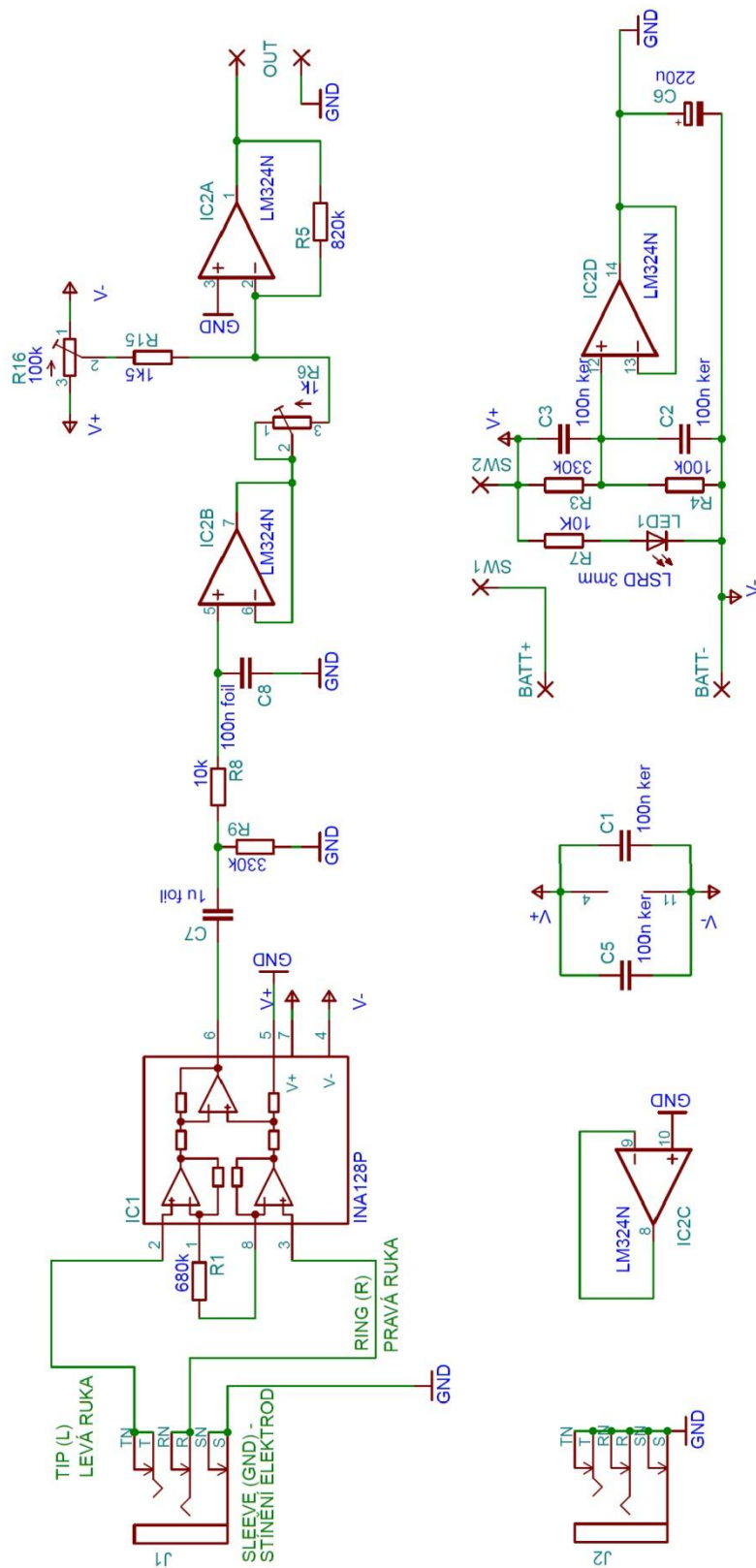
Zesilovač lze použít i k ukázce elektromyografie (EMG), tedy elektrické aktivity kosterního svalstva. Elektromyografické experimenty lze provádět pouze kvalitativně, protože povrchové elektrody snímají napětí z velkého množství svalových vláken (v medicínské praxi se obvykle používá jehla, která se umísťuje do konkrétní oblasti svalu).

Použitá literatura

- [1] VALEČKO, Zdeněk, a kol. *Bioelektronika v amatérské praxi*. BEN, Praha, 2005. ISBN 80-7300-122-5
- [2] *Electrocardiogram (ECG) circuit for use with oscilloscopes*. [online]. [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <<http://picotech.com/applications/ecg.html/>>.
- [3] ŠLÉGR, Jan. *Stavba jednoduchého EKG/EMG zesilovače*. [online]. 31. 12. 2014 [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <<http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrja1/ekg/>>.
- [4] *Seznámení s Arduinem* [online]. 17. 11. 2013 [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.hwkitchen.com/news/arduino-uvod-1/>>
- [5] KUBÍNOVÁ, Štěpánka, ŠLÉGR, Jan. *PhysDuino - Dostupný systém pro školní laborování založený na platformě Arduino*. [online]. 30. 8. 2014 [cit. 2015-1-21]. Dostupný z WWW: <<http://lide.uhk.cz/prf/ucitel/slegrja1/physduino/>>

Poděkování

Autoři děkují institucionálnímu grantu IGP35, č. 1905/04.



Obr. 2: Schéma EKG/EMG zesilovače

Příloha B

ŽENA / MUŽ Věk: Datum: Seminář biologie

DOTAZNÍK HODNOTÍCÍ PROBĚHNUTÉ LABORATORNÍ CVIČENÍ NA TÉMA EKG

1. Ohodnot' laboratorní cvičení: a) Výborné, super b) Dobré, v pohodě c) Nic moc d) Hrozné f) Jiné: _____
2. Vyhovovalo Ti doplňování textu v rámci teoretické části protokolu?
a) Ano vyhovovalo. b) Ne vyhovovalo. c) Mám neutrální postoj.
3. Pomohlo Ti doplňování informací do textu (jako forma procvičení) k jejich lepšímu pochopení a zapamatování?
a) Ano určitě pomohla. b) Myslím, že spíše ne. c) Nevím.
4. Vyhovoval Ti rozsah textu v teoretické části protokolu?
a) Ano vyhovoval, pro mě byla délka textu akorát.
b) Text se mi zdál přehnaně dlouhý, určitě bych ho zkrátil.
c) Text mi přišel docela stručný, nevedlo by mi ještě pár řádků s dalšími informacemi.
5. Nahradil/a by si doplňování v protokolu již předepsaným textem? ANO - NE
6. Obsahovala dle tvého názoru teoretická část protokolu důležité informace (které vyučující zdůrazňovala) z probíraného celku?
a) Ano obsahovala všechny důležité pojmy a fakta, co byla v hodině probírána.
b) Téměř ano, postrádal/a jsem tam jen pár důležitých informací, které vyučující přednesla, což nebylo problémem zapsat do poznámek.
c) Podle mého názoru v textu chybělo dost podstatných informací, které v semináři zazněly.
7. Naše/našla si ve výkladu vyučující všechny informace potřebné k doplnění teorie v protokolu?
ANO - NE
7. Kdybys měl/a ohodnotit prezentaci, kterou vyučující použila, známkou (jako ve škole), tak by to byla: _____
8. Pomohla Ti prezentace a její provedení k lepšímu pochopení a osvojení si nových pojmů a poznatků?
ANO - NE
9. Ocenil/a bys více odborných informací a pojmů v semináři (ať už z oblasti medicíny či biofyziky)?
a) Ano, myslím jsem, že se dozvím více.
b) Množství informací, které jsem se dozvěděl/a, mi vyhovuje, více bych nevyhledával/a.
c) Mám neutrální postoj. Dozvěděl jsem se tolik informací k mé spokojenosti, ale ani další by mi nevedly.

10. Jaký máš názor na náročnost, kterou měl seminář:

- a) přehnaně vysoká b) docela vysoká c) vyhovující d) dostatečná

11. Zdá se Ti obrazová příloha praktická a užitečná? ANO - NE

12. Jak se Ti pracovalo v praktické části (měření EKG, vyhodnocování EKG křivky, výpočet frekvence)?

- a) Na základy teoretické části cvičení jsem vše pochopil/a, a tak se mi praktická část vypracovávala dobře.
b) Měl/a jsem z teoretické části nějaké drobné nedostatky, tak jsem si chvilkami nevěděl/a rady.
c) V praktické části jsem vůbec nechápal/a a nerozuměl/a úkolům, které jsem měl/a dělat.

13. Jak bys hodnotil/a náplň praktické části semináře?

- a) Naprosto mi vyhovovala, jsem spokojený/á, další aktivity bych nevyhledával/a.
b) Byl/a bych spokojenější s bohatší náplní praktické části – nějaké další měření či počítání. Bylo to skromné.
c) Mám neutrální postoj, jsem s průběhem spokojený/á, ale další měření či počítání by mi nevedlo.

14. Zhodnot', v jaké míře jsi pochopil/a problematiku a princip EKG (1 - výborně, 5 - vůbec):

1 2 3 4 5

15. Ocenil/a bys, kdyby ses zúčastnil více takto „netradičních“ seminářů?

- a) Určitě jsem pro. b) Jsem určitě proti. c) Mám neutrální postoj.

16. Bylo pro Tebe laboratorní cvičení přínosné do praktického života? ANO - NE

Zde je prostor pro další Tvoje postřehy či doplňující odpovědi k otázkám, doporučení, změny či názory na cvičení (uvítám ☺) :

Příloha C

- ŽENA (MUŽ) AR Věk: 17/4/6 Datum: 17/4/6 Seminář biologie
- DOTAZNÍK HODNOTÍCÍ PŘEBĚHNUTÉ LABORATORNÍ CVIČENÍ NA TÉMA EKG
- Ohodnot laboratorní cvičení: a) Výborně, super b) Dobře, v pohodě c) Nic moc d) Hrozně e) Jiné: _____
 - Vyhovovalo Ti doplňování textu v rámci teoretické části protokolu? a) Ano, vyhovovalo. b) Ne vyhovovalo. c) Mám neutrální postoj.
 - Pomohlo Ti doplňování informací do textu (jako forma procvičení) k jejich lepšímu pochopení a zapamatování? a) Ano, určitě pomohla. b) Myslím, že spíše ne. c) Nevím.
 - Vyhovoval Ti rozsah textu v teoretické části protokolu? a) Ano, vyhovoval, pro mě byla délka textu akorát. b) Text se mi zdál přehnaně dlouhý, určitě bych ho zkrátil. c) Text mi přišel docela stručný, nevadilo by mi ještě pár řádků s dalšími informacemi.
 - Nahradil/a by si doplňování v protokolu již předepsaným textem? ANO - NE
 - Obsahovala dle tvého názoru teoretická část protokolu důležité informace (které vyučující zdůrazňovala) z probíraného celku? a) Ano, obsahovala všechny důležité pojmy a fakta, co byla v hodině probírána. b) Téměř ano, postrádala/a jsem tam jen pár důležitých informací, které vyučující přednesla, což nebylo problémem zapsat do poznámek. c) Podle mého názoru v textu chybělo dost podstatných informací, které v semináři zazněly.
 - Naše/našla si ve výkladu vyučující všechny informace potřebné k doplnění teorie v protokolu? ANO - NE
 - Kdybys měl/a ohodnotit prezentaci, kterou vyučující použila, známkou (jako ve škole), tak by to byla: _____
 - Pomohla Ti prezentace a její provedení k lepšímu pochopení a osvojení si nových pojmů a poznatků? ANO - NE
 - Oceň/a bys více odborných informací a pojmů v semináři (ať už z oblasti medicíny či biofyziky)? a) Ano, myslel jsem, že se dozvím více. b) Množství informací, které jsem se dozvěděl/a, mi vyhovuje, více bych nevyhledával/a. (včetně akordů) c) Mám neutrální postoj. Dozvěděl jsem se tolik informací k mé spokojenosti, ale ani další by mi nevadily. z předt.

- Jaký máš názor na náročnost, kterou měl seminář? a) přehnaně vysoká b) docela vysoká c) vyhovující d) nedostatečná
- Zdá se Ti obrazová příloha praktická a užitečná? ANO - NE
- Jak se Ti pracovalo v praktické části (měření EKG, vyhodnocování EKG křivky, výpočet frekvence)? a) Na základě teoretické části cvičení jsem vše pochopil/a, a tak se mi praktická část vypracovávala dobře. b) Měl/a jsem z teoretické části nějaké drobné nedostatky, tak jsem si chvílkami nevěděl/a rady. c) V praktické části jsem vůbec nechápal/a a nerozuměl/a úkolům, které jsem měl/a dělat.
- Jak bys hodnotil/a náplň praktické části semináře? a) Naprosto mi vyhovovala, jsem spokojený/a, další aktivity bych nevyhledával/a. b) Byl/a bych spokojenější s bohatší náplní praktické části – nějaké další měření či počítání. Bylo to skromné. c) Mám neutrální postoj, jsem s průběhem spokojený/a, ale další měření či počítání by mi nevadilo.
- Zhodnot, v jaké míře jsi pochopil/a problematiku a princip EKG (1. - výborně, 5. - vůbec): 1 2 3 4 5
- Oceň/a bys, kdyby ses zúčastnil více takto „netradičních“ seminářů? a) Určitě jsem pro. B) Jsem určitě proti. C) Mám neutrální postoj.
- Bylo pro Tebe laboratorní cvičení přínosné do praktického života? ANO - NE

Zde je prostor pro další Tvoje postřehy či doplňující odpovědi k otázkám, doporučení, změny či názory na cvičení (uvítám ☺):

*pečlivý přesnes
celove přehled odpovědek - všechně přiny informace
mánu by ~~to~~ a mi klibo jít jeste kochidat dlouhiji
do problematit (převody systém + dyspnoe), ale klibit
po kely byje super*

Příloha D

Jméno:

Třída:

Datum:

Předmět:



LABORATORNÍ PROTOKOL

Elektrokardiografie (EKG)



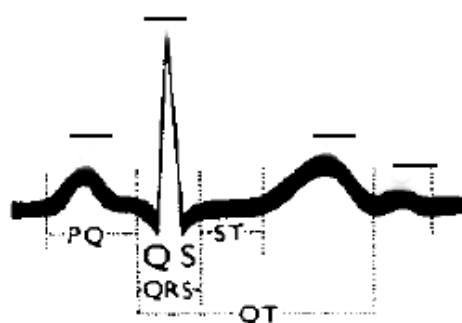
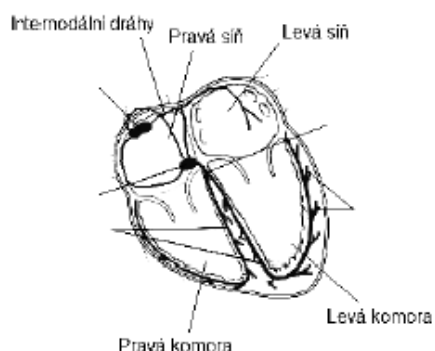
Úloha: měření srdeční aktivity a hodnocení EKG křivky pomocí elektrokardiografu

Teoretický úvod

EKG je elektrokardiologická metoda, která poskytuje záznam na základě vzrušivosti a přenosu podráždění srdečních buněk. Graficky zaznamenává....., které vznikají podrážděním svalových buněk během činnosti srdce – převodní....., sestávající z:

EKG křivka je promítnutím šíření.....částmi převodního systému, a to ze, přes.....do.....EKG měří přístroj zvaný....., poskytuje výsledný....., což je záznam časové změny elektrického potenciálu způsobené srdeční aktivitou. Srdeční aktivitu měří.....umístěné na kůži. Využívá se celkem svodů, a to 3 známé jako, značící se....., další 3 tzv., označované jako..... a posledních 6, které značíme.....

EKG křivka se skládá z vln a úseků. Elektrický signál se šíří po....., čemuž graficky odpovídá vlna.... Dále následuje komplex....., který informuje o šíření vzruchu.....Poté následuje úsek ST, na který navazuje vlna....Poslední vlnou křivky je vlna....Od úseku ST se jedná o šíření vzruchu po Rozeznáváme intervaly QT, PQ, RR a úsek ST. Pomocí znalosti podoby jednotlivých vln, úseků a intervalů lze objevit a s přesností určit místo vzniku. Příkladem je.....



Poznámky:

Příloha E

střední síň → pravá komora → levá komora → aortální klenba → aortální klenba → diastola klenba
 síň je podstatně větší; předložka komorový žilový ústí
 a musí se překlenout nižším minimálním klenbou

Jméno: Pavla Dvořáková Třída: Septimá Datum: 6.4.2017 Předmět: Biologie
 semestr

LABORATORNÍ PROTOKOL
Elektrokardiografie (EKG)



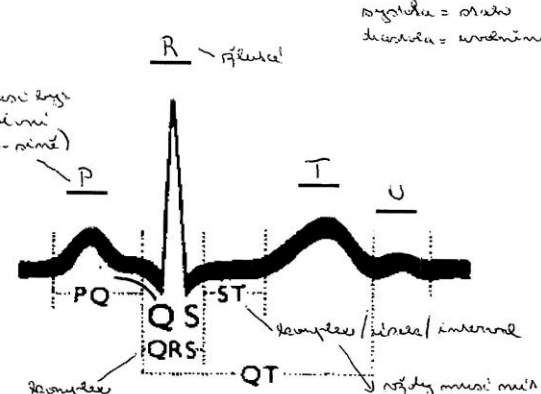
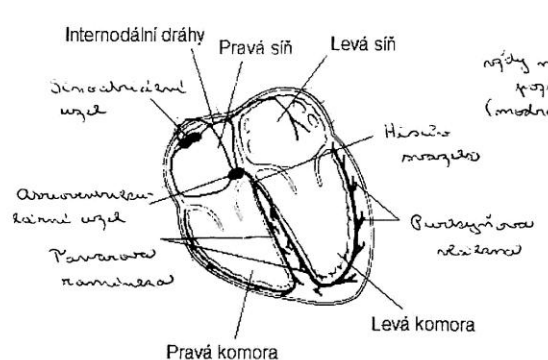
Úloha: měření srdeční aktivity a hodnocení EKG křivky pomocí elektrokardiografu

Teoretický úvod

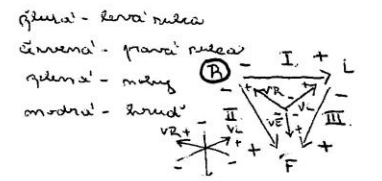
EKG je elektrokardiologická metoda, která poskytuje záznam srdeční aktivity..... na základě vzrušivosti a přenosu podráždění srdečních buněk. Graficky zaznamenává..... elektricky....., které vznikají podrážděním svalových buněk během činnosti srdce - převodní systém srdeční sestávající z: SA uzlu, AV uzlu, Hisova svazku, Pravého raménka, Levého raménka..... EKG křivka je promítnutím šíření..... částmi převodního systému, a to ze srdce, přes komory..... do končetin..... EKG měří přístroj zvaný....., poskytuje výsledný....., což je záznam časové změny elektrického potenciálu způsobeného srdeční aktivitou - výsledné EKG křivky. Srdeční aktivitu měří elektrody umístěné na kůži. Využívá se celkem 12 svodů, a to 3 známé jako Frédéricových svody, značící se I, II, III..., další 3 tzv. bipolární Goldbergerových svodů označované jako VR, VL, VF a posledních 6 končetinových svodů které značíme V1 - V6.....

(obrovitavost) (srdce) (obrovitavost) (srdce)

EKG křivka se skládá z vln a úseků. Elektrický signál se šíří postupně čemuž graficky odpovídá vlna P. Dále následuje komplex QRS, který informuje o šíření vzruchu komor. Poté následuje úsek ST na který navazuje vlna T. Poslední vlnou křivky je vlna U. Od úseku ST se jedná o šíření vzruchu po končetinách..... Rozoznáváme intervaly QT, PQ, RR a úsek ST. Pomocí znalostí doby jednotlivých vln, úseků a intervalů lze objevit dysrytmie..... a s přesností určit místo vzniku. Příkladem je.....

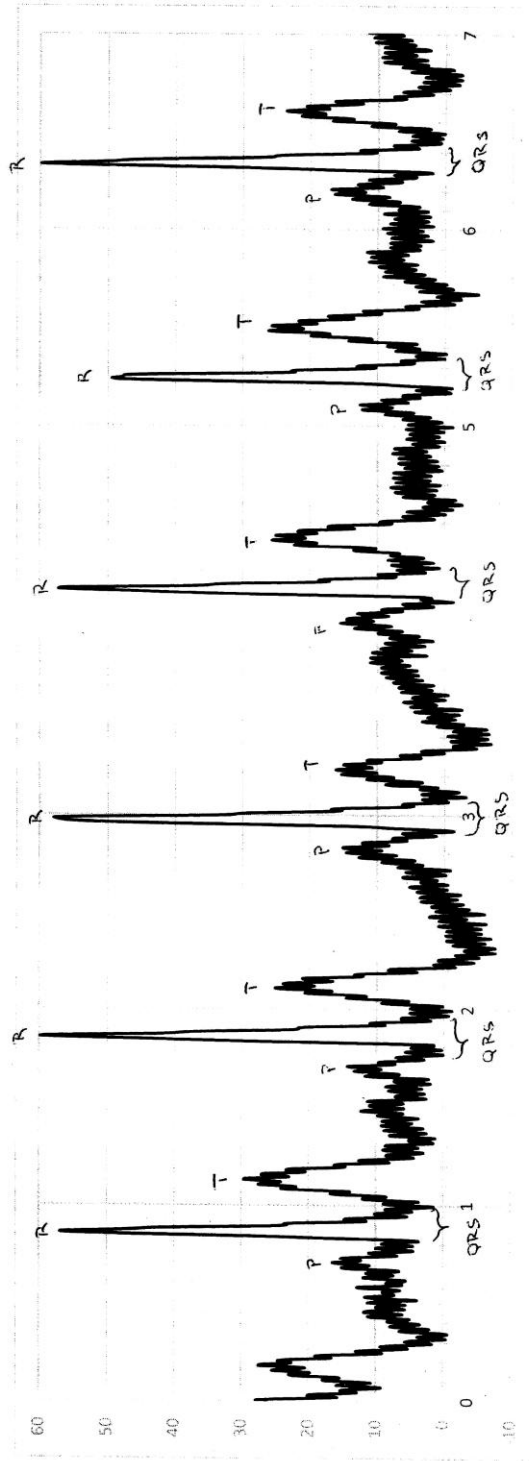


Poznámky: SA uzol - facemáček; Hisův svazek se nachází v raménku, aortě ↑ (od aorty se táhne) levé ↑



elektrokardiograf; X elektrokardiogram
 musíme být vleže, aby nebyl narušen potenciál svalů.

Pacient 1



60:7 = 8,8
60

6 70 X
60 CO2

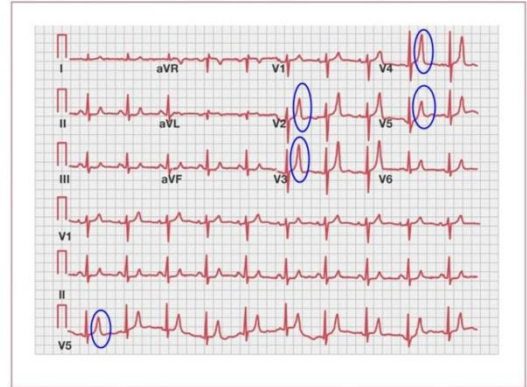
54 mm/s - 5\,5/min (standard)

Příloha G

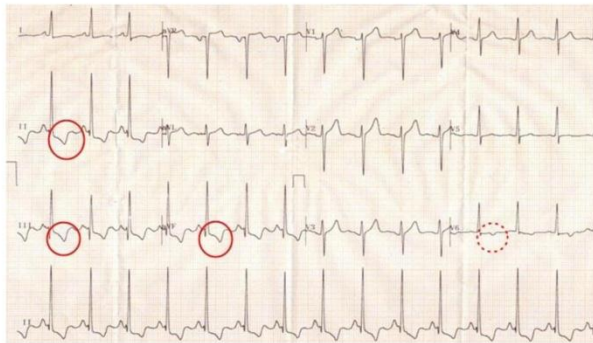
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA - DYSRITMIE



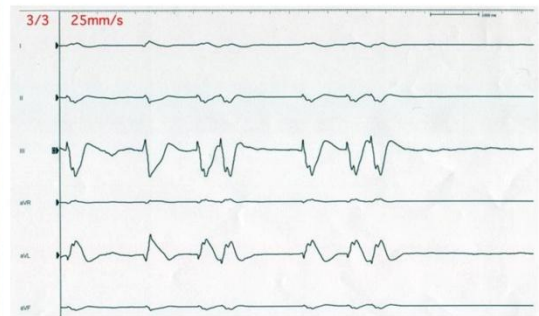
Sinusová tachyarytmie (tachykardie) – nahoře, šipka označuje chybějící vlnu P (dole srovnání EKG zdravého člověka s klasickou vlnou P)



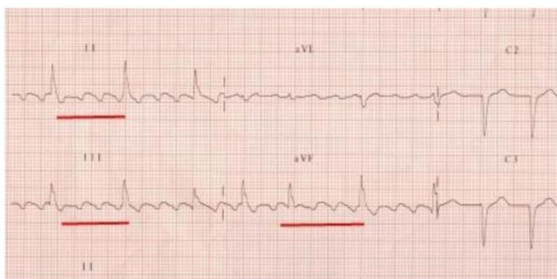
Hyperkalémie (často spojená s bradykardií), označené jsou abnormální hrotnaté vlny T



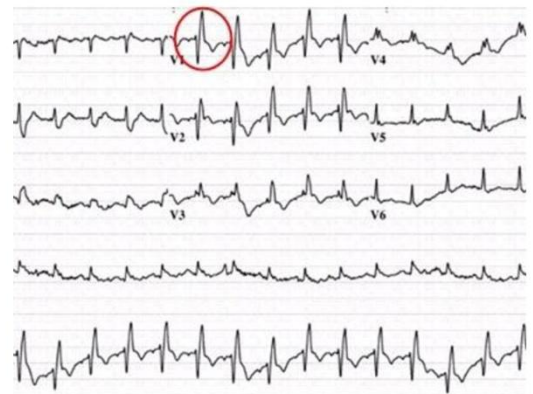
Ischemie myokardu – označené jsou deprese úseku ST a negativní vlny T



Srdeční zástava – rovná křivka v izoelektrické linii

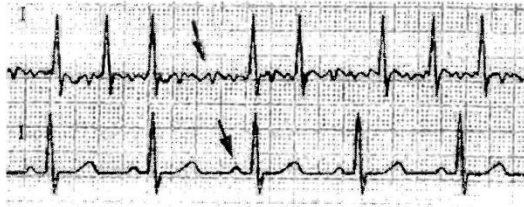


Flutter síní – nahrazení P vln rychlými flutterovými vlnkami (doprovází tachykardií)

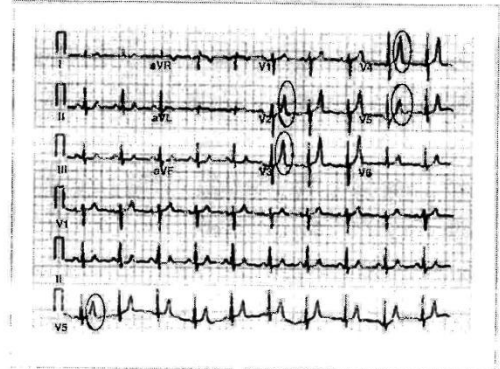
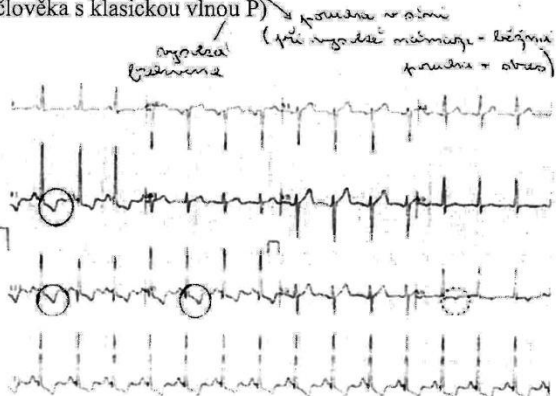


Akutní embolie – negativní vlny T

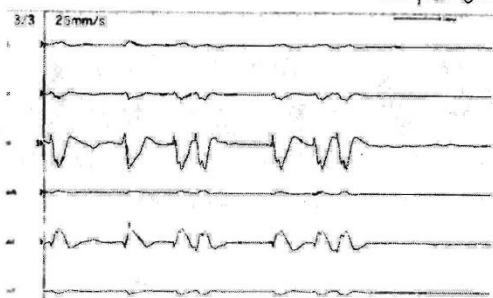
OBRAZOVÁ PŘÍLOHA - DYSRITMIE



Sinusová tachyarytmie (tachykardie) – nahoře, šipka označuje chybějící vlnu P / (dole srovnání EKG zdravého člověka s klasickou vlnou P)

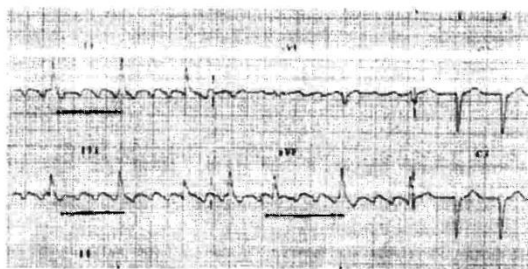


Hyperkalémie (často spojená s bradykardií), označené jsou abnormální hrotnaté vlny T / - nerovnoměrná distribuce v křídle



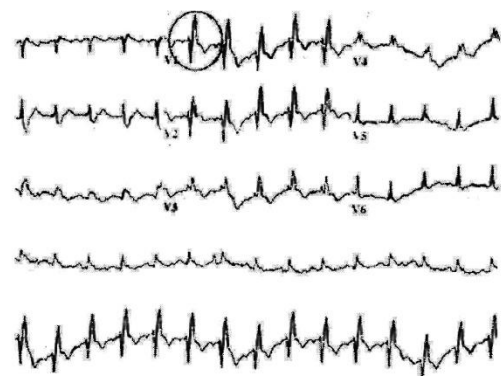
Ischemie myokardu – označené jsou deprese úseku ST

a negativní vlny T → odumření krevně-molekulárního živin a O₂ předpověď infarktu



Flutter síní – nahrazení P vln rychlými flutterovými vlnkami (doprovází tachykardii)

Srdeční zástava – rovná křivka v izoelektrické linii



Akutní embolie – negativní vlny T

Ischemie myokardu - deprese ST → grou se ho snazší!

<p>ELEKTROKARDIOGRAFIE EKG</p>	<p>CELKEM 12 SVODŮ</p> <ul style="list-style-type: none"> Embrensovny Herušny Goldbergeny 	<p>EKG křivka</p>	<p>EKG? Co je to? Kde se bere křivka EKG? Jak to měříme? Elektrokardiografie! Jak pročíst EKG záznam?</p>	<p>EINTHOVENŮV TROJÚHELNÍK</p> <ul style="list-style-type: none"> Embrensovny svody 3 svody I, II, III bipolární zapojení elektrod 		<p>PŘEVODNÍ SYSTÉM SRDCE</p>	<p>WILSONOVY SVODY</p> <ul style="list-style-type: none"> Goldbergeny svody 3 svody aVR, aVL, aVF unipolární zapojení elektrod 	<p>Indikace monitorování</p>	<p>Lítí písmo</p> <ul style="list-style-type: none"> energeticky závažná srdeční aktivita je grafickým záznamem elektrických potenciálů a jejich změn v srdci podává informace vycházející z rytmického systému srdečního 	<p>Prudé svody</p> <ul style="list-style-type: none"> 6 svodů V₁-V₆ unipolární zapojení elektrod 	<p>DO IT! PRAKTICKÁ ČÁST</p> <ol style="list-style-type: none"> Měření srdeční aktivity Popis EKG křivky Vypočet srdeční frekvence 	<p>12TI SVODOVÉ EKG:</p> <table border="1"> <tr> <th>Embrensovny svody</th> <th>Goldbergeny svody</th> <th>Herušny svody</th> </tr> <tr> <td>3 svody I, II, III</td> <td>3 svody aVR, aVL, aVF</td> <td>6 svodů V₁-V₆</td> </tr> <tr> <td>bipolární zapojení</td> <td>unipolární zapojení</td> <td>unipolární zapojení</td> </tr> <tr> <td>hexagrama</td> <td>hexagrama</td> <td>transverzální</td> </tr> </table>	Embrensovny svody	Goldbergeny svody	Herušny svody	3 svody I, II, III	3 svody aVR, aVL, aVF	6 svodů V ₁ -V ₆	bipolární zapojení	unipolární zapojení	unipolární zapojení	hexagrama	hexagrama	transverzální	<p>12TI SVODOVÉ EKG:</p>	<p>12TI SVODOVÉ EKG:</p>	<p>EKG měříme pomocí elektrokardiografu, měřicím zvláště elektrokardiogram.</p>		<p>Podívejte se pozorně na praktické příklady záznamů (přehledně)</p>
Embrensovny svody	Goldbergeny svody	Herušny svody																											
3 svody I, II, III	3 svody aVR, aVL, aVF	6 svodů V ₁ -V ₆																											
bipolární zapojení	unipolární zapojení	unipolární zapojení																											
hexagrama	hexagrama	transverzální																											