

E-learning EKG

Verze 18.4.2021

Základní informace k lekci



Doporučený čas pro absolvování e-learningu: **60 min**



Je vhodné se na cvičení komfortně obléct (budete na sobě natáčet EKG) a kalkulačku (např. v mobilu)



Výukové cíle

- Student **rozumí šíření vzruchu srdcem.**
- Student **zná postup pořízení 12svodového EKG záznamu.**
- Student **se seznámí s popisem fyziologického EKG.**



Take home message

- Nemusím se bát EKG.
- Elektrokardiograf zaznamenává elektrickou aktivitu srdce z povrchu těla.
- Svod je dvojice elektrod, mezi kterými je snímané napětí.
- Dodržení správného postupu natáčení EKG záznamu je důležité pro jeho kvalitu a zhodnotitelnost.
- EKG křivka se skládá z vln, kmitů a izoelektrických linií.
- Při popisu EKG záznamu je vhodné postupovat systematicky, např. pomocí EKG desatera.
- Natáčení EKG záznamu a jeho popis jsou dovednosti, které potřebují trénink a opakování. Proto je vhodné se k nim vracet při každé možné příležitosti (při samostudiu, na praxi).

Kontaktní osoba: MUDr. Martin Janků, martin.janku@med.muni.cz



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Vlastní e-learning k lekci

Úvodní slovo k lekci

Elektrokardiografie (EKG) je důležitým diagnostickým nástrojem v medicíně. Poskytuje totiž informace o jednom z absolutně nezbytných orgánů těla – o srdci. Je základním vyšetřením ve většině oborů. Pořídít a popsat EKG záznam by měl umět každý lékař bez ohledu na odbornost.

EKG může na první pohled působit jako nevládnutelná dovednost. Samozřejmě to není pravda. Úlohou této lekce Propedeutiky bude tento mýtus vyvrátit a nabídnout vám studijní materiál, který problematiku EKG vysvětlí jednoduše a srozumitelně.

Poznámka: V následujícím textu jsou vyznačené *kurzívou* nadřámcové informace, které ještě nemusíte znát, budou náplní cvičení dalších semestrů.

Obsah

Základní informace k lekci	1
Výukové cíle	1
Take home message	1
Vlastní e-learning k lekci	2
Úvodní slovo k lekci	2
Kapitola 1: Převodní systém srdeční a šíření vzruchu	3
Kapitola 2: Elektrody a svody	4
Podkapitola 2.1: Elektrody	4
Podkapitola 2.2: Pohled svodů na srdce	5
Podkapitola 2.2: Svody	6
Standardní končetinové svody	6
Zesílené (augmentované) svody	7
Hrudní (prekordiální) svody	8
Kapitola 3: Natočení EKG záznamu	9
EKG přístroj	9
Postup natočení EKG záznamu	9
Kapitola 4: EKG křivka	10
Kapitola 5: Popis EKG záznamu	11
Podkapitola 5.1: Na co myslet před popisem EKG záznamu?	11
Podkapitola 5.2: EKG desatero	12
1. Akce srdeční	12
2. Rytmus	13
3. Frekvence	13
4. Vlna P, PQ (PR) interval	14
5. QRS komplex	14
6. ST segment	15
7. Vlna T	16
8. QT interval, QTc	17
9. Elektrická osa srdeční (EOS)	17
10. Zóna přechodu	19
Shrnutí	20
Take home message	20
Zdroje externích materiálů	20

Kapitola 1: Převodní systém srdeční a šíření vzruchu

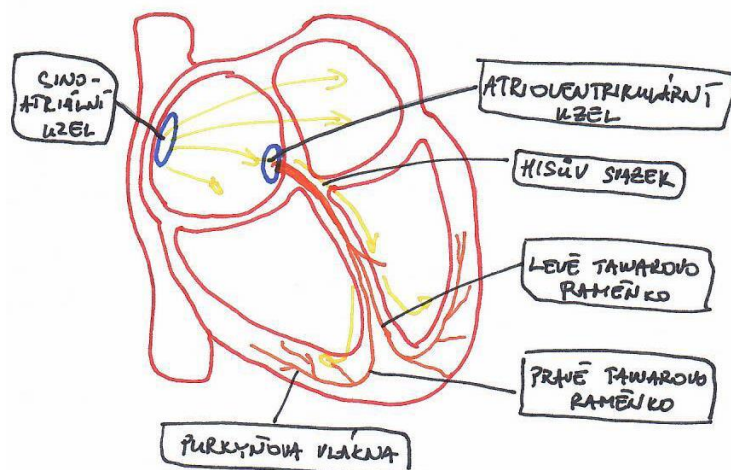
Srdce zajišťuje jednu ze základních životních funkcí – krevní oběh. Jeho úloha je jednoduchá: pumpovat krev cévami, což je předpoklad pro fungování všech orgánů v těle. Aby srdce mohlo pracovat efektivně, musí pracovat autonomně (samostatně). Jeho činnost je však modulována nervovým systémem dle aktuálních potřeb organismu. Pumpovací funkci srdce zajišťuje pracovní myokard, který je aktivován k této činnosti převodním systémem.

Převodní systém srdce má 2 funkce: vytvářet vzruch a převést ho k pracovnímu myokardu. Je organizován jako hierarchie, kde na vrcholu je **sinoatriální uzel (SA uzel)**, ve kterém se vzruch tvoří, a pak je převeden na svalovinu síní. V **atrioventrikulárním uzlu (AV uzel)** je vzruch zpomalen (nodální zdržení), aby se síně a komory nestahovaly zároveň. Poté je převeden **Hisovým svazkem** a **Tawarovými raménky (pravé a levé)**, která se větví na **Purkyňova vlákna**. Konečnou destinací vzruchu je svalovina komor. V každé části převodního systému se vzruch šíří jinou rychlostí kvůli efektivitě práce myokardu.

SA uzel

- svalovina síní: 0,5 m/s
- AV uzel: 0,05 m/s (NODÁLNÍ ZDRŽENÍ)
- Hisův svazek, levé a pravé Tawarovo raménko: 2 m/s
- Purkyňova vlákna: 4 m/s
- svalovina komor: 0,5 m/s

CVIČENÍ: Obrázek převodního systému srdce s přiřazením jednotlivých částí k obrázku.



Elektrická aktivita srdce zahrnuje procesy depolarizace a repolarizace. Jsou to změny elektrického potenciálu (napětí) na membránách buněk. Pro potřeby propedeutiky (nikoli fyziologie) si postačí pamatovat, že **depolarizace** je aktivace buněk (vzruch) a **repolarizace** je návrat do klidového stádia. V srdečním cyklu se nejprve depolarizují síně, po přechodu převodním systémem se depolarizují komory (v tom čase se zároveň repolarizují síně), a následně se repolarizují komory. Nezapomínejme, že depolarizace a repolarizace jsou procesy elektrické, a nezaměňujeme je s pojmy systola a diastola, které popisují mechanickou činnost.

Pomocí elektrokardiografie dokážeme šíření vzruchu neboli elektrickou aktivitu v srdci snímat, a to dokonce neinvazivně z povrchu těla.

Kapitola 2: Elektrody a svody

Elektrokardiogram je záznam elektrické aktivity srdce v čase. Elektrickou aktivitu snímáme z povrchu těla pomocí elektrod. Zapojením elektrod v EKG přístroji vznikají svody. Svod je dvojice elektrod, mezi kterými je snímáné napětí (konkrétně jeho změna v čase). Elektrody umísťujeme na tělo pacienta a záznam z jednotlivých svodů pozorujeme na EKG papíře.

Podkapitola 2.1: Elektrody

Standardně se používá 10 elektrod, které se nakládají na přesně definovaná místa na těle (aby byl EKG záznam standardní). 9 elektrod snímá a 1 elektroda (černá na pravé dolní končetině) je zemnicí. Provedení elektrod může být přísavkové (k opakovanému použití) nebo nalepovací (k jednorázovému použití). Elektrody dělíme na končetinové a hrudní. Mají své barevné označení a umísťují se následovně:

Končetinové:

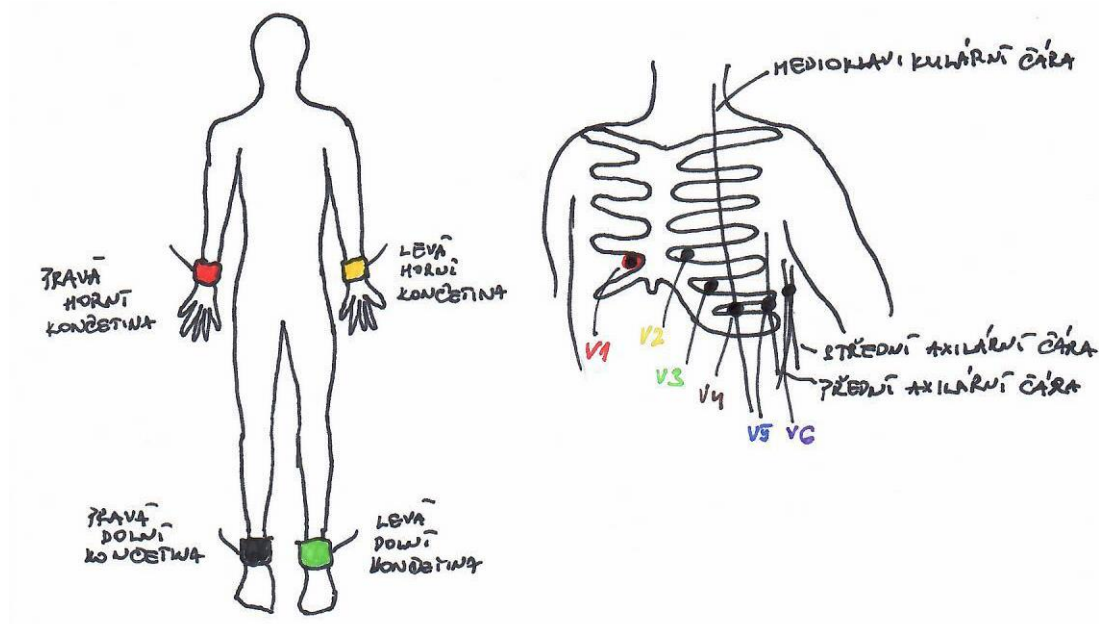
- **červená** – pravá horní končetina (PHK)
- **žlutá** – levá horní končetina (LHK)
- **zelená** – levá dolní končetina (LDK)
- **černá** – pravá dolní končetina (PDK)

Hrudní:

- **V1** – IV. mezižebří parasternálně vpravo
- **V2** – IV. mezižebří parasternálně vlevo
- **V3** – mezi V2 a V4
- **V4** – V. mezižebří v levé medioklavikulární čáře
- **V5** – V. mezižebří v levé přední axilární čáře
- **V6** – V. mezižebří v levé střední axilární čáře

OBRÁZEK: Umístění elektrod na těle (končetinových, hrudních)

Pozn.: Na pravém obrázku jsou elektrody V1 a V2 o dvě mezižebří výš než V4, V5 a V6. Přičemž podle textu nad tím by to mělo být ve IV. a V. mezižebří, teda ne o dvě, ale jen o jedno.



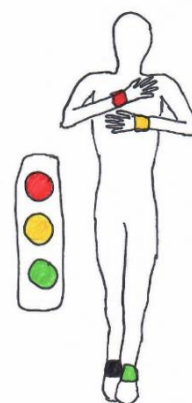
Pro lepší zapamatování umístění elektrod na končetinách může posloužit představit si semafor:

OBRÁZEK: Semaforová obrazová pomůcka

Končetinové elektrody zpravidla umísťujeme na zápěstí a kotníky. V praxi může ale nastat i situace, kdy nejsou na těle dostupná obvyklá místa pro elektrody (amputace, sádrová fixace apod.). Končetinové elektrody je nutné vždy umístit stranově symetricky – např. amputovaná/obvázaná PDK, elektrody umísťme na stehna obou DKK.

Výjimečně může nastat situace, kdy třeba použít hrudní elektrody navíc, např. zadní V7 (v zadní axilární čáře), V8 (ve skapulární čáře), V9 (ve vertebrální čáře).

Zkuste si doma. Zkuste si na sobě doma trénovat hmatání mezižebří. První mezižebří je nehmatné (kvůli klíční kosti), nahmatat lze až druhé.



Podkapitola 2.2: Pohled svodů na srdce

Na co máme tolik svodů? Svody si můžeme představit jako kamery, které nám zprostředkují pohled na srdce z různých úhlů. Končetinové svody snímají aktivitu ve frontální rovině, hrudní v transverzální rovině. Pohled na jednotlivé části srdce je následovný:

I, aVL – levý/laterální povrch srdce

II, III, aVF – spodní stěna

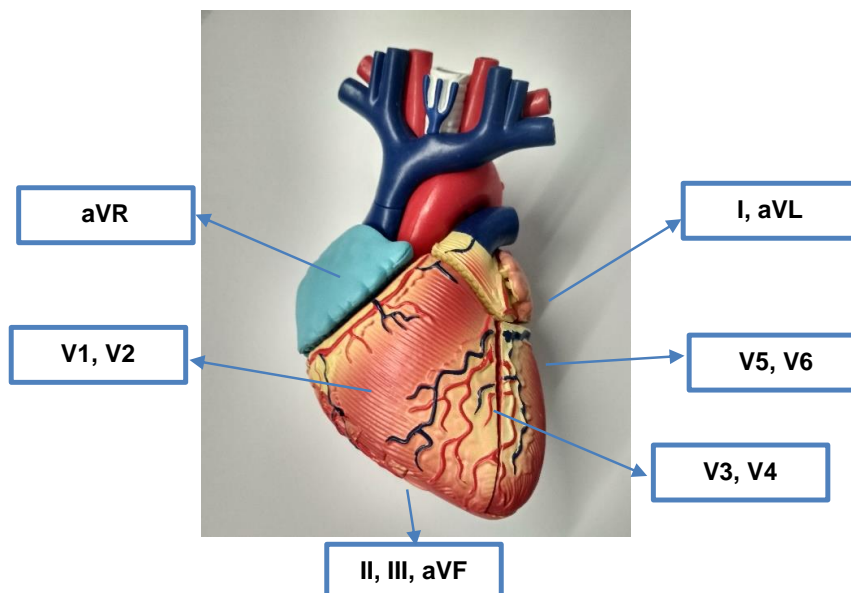
aVR – pravá síň

V1, V2 – pravá komora

V3, V4 – přední stěna levé komory

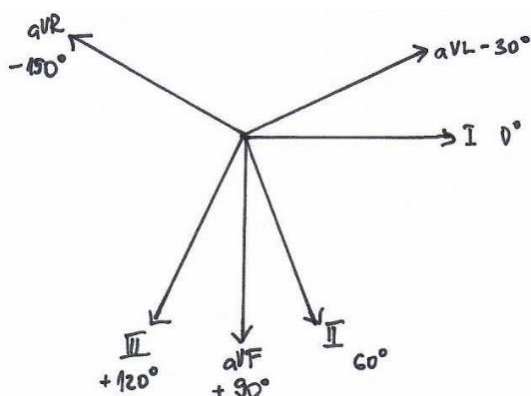
V5, V6 – přední až laterální stěna levé komory

CVIČENÍ: Obrázek srdce (anatomicky) a přiřazení svodů k jednotlivým částem.



Hexaxiální (Cabrerův) referenční systém je grafická pomůcka tvořena všemi 6 končetinovými svody. Je to růžice, do které se promítají svody v přesně definovaném úhlu. Hexaxiální systém je výbornou pomůckou např. pro představu, které svody „se kam dívají“ nebo při určování elektrické osy srdeční. Stupně se v něm určují od svodu I, tj. 0°, ve směru hodinových ručiček nabývají kladné hodnoty až do + 180°, v protisměru negativní.

OBRÁZEK: Hexaxiální (Cabrerův) referenční systém



Důležité je pamatovat, že EKG svody jsou jako „kamery“, které zaznamenávají vzruch (a svody jsou tvořeny dvojicí elektrod). Blíží-li se vzruch k elektrodě, výchylka se zvětšuje. Směřuje-li k pozitivní elektrodě, výchylka je pozitivní, když k negativní elektrodě, pak je negativní. Šíří-li se vzruch kolmo na svod, výchylka je stejně pozitivní i negativní – svod je izoelektrický.

Podkapitola 2.2: Svody

Standardní EKG záznam se skládá z **12 svodů**. Svody dělíme dle dvou kritérií – podle umístění na těle (**končetinové** a **hrudní**) a podle polarity zapojených elektrod (**bipolární** a **unipolární**). Kombinací těchto kritérií získáme 3 skupiny svodů:

- 3 bipolární končetinové **I, II a III**,
- 3 unipolární zesílené končetinové **aVL, aVR, aVF**,
- 6 unipolárních hrudních **V1–V6**.

Bipolární svod snímá aktivitu mezi dvěma aktivními elektrodami, unipolární svod aktivitu mezi jednou aktivní a jednou referenční elektrodou. Svody jsou prostorově definovány, např. svod I je vždy mezi elektrodou na LHK a PHK. Každý svod má dále svou polaritu – jedna elektroda je pozitivní a druhá negativní. V unipolárních svodech je to jednoduché – aktivní elektroda je pozitivní a referenční je negativní. Protože jsou v bipolárním svodu obě elektrody aktivní, jejich polarita je přesně definovaná podle konvence.

Standardní končetinové svody

Bipolární končetinové svody jsou celkem 3 a označují se I, II, III:

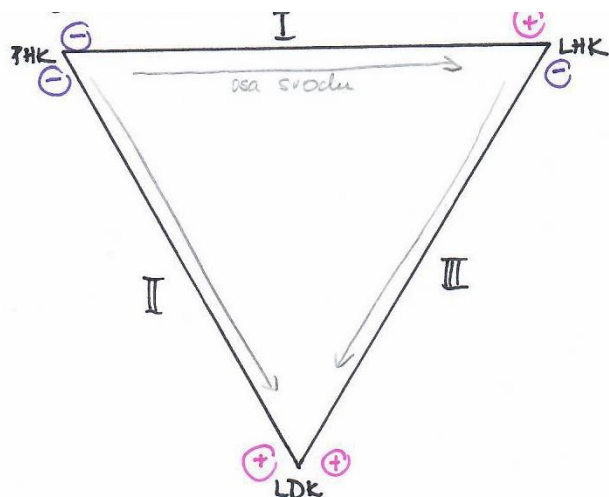
Svod I – vzniká propojením elektrod mezi pravou a levou HK.

Svod II – mezi pravou HK a levou DK.

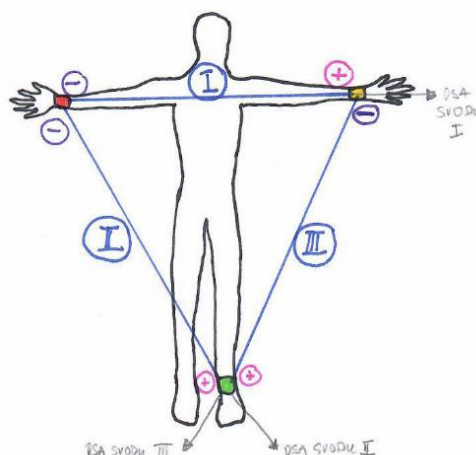
Svod III – mezi levou HK a levou DK.

Končetinové elektrody tvoří pomyslný rovnostranný **Einthovenův trojúhelník** (jeho vrcholy jsou tvořeny jednotlivými končetinovými elektrodami). Polarita elektrod v bipolárních svodech je následovná: elektroda na PHK je vždy negativní, na LDK vždy pozitivní, a na LHK pozitivní ve svodu I, negativní ve svodu III.

OBRÁZEK: Einthovenův trojúhelník.



OBRÁZEK: Bipolární končetinové svody.

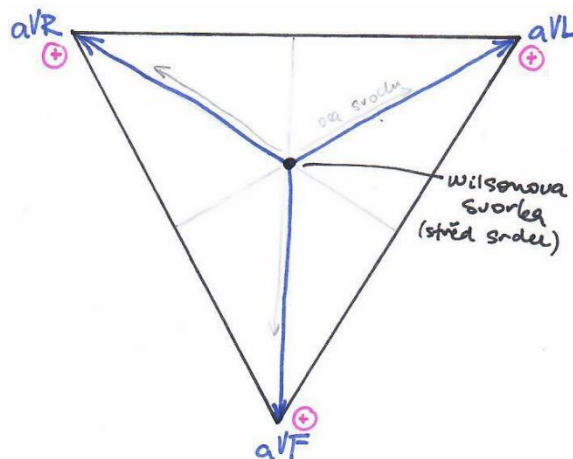


Zesílené (augmentované) svody

Unipolární končetinové svody vznikají mezi **Wilsonovou svorkou** (což je referenční elektroda, která vzniká propojením dvou zbývajících elektrod přes rezistor/odpor) a končetinovou elektrodou. Wilsonova svorka v podstatě vzniká v EKG přístroji, ale my si ji představujeme v pomyslném elektrickém středu srdce. Končetinová elektroda je aktivní, snímá napětí a je pozitivní. Referenční elektroda je negativní.

Augmentované neboli zesílené svody označujeme **aVR, aVL, aVF** (a = augmentovaný, V = vektor, R = pravá, L = levá, F = noha). Kdyby EKG přístroj měřil napětí od Wilsonovy svorky, záznam by měl velmi nízkou amplitudu (velikost výchylky). Přístroj změnu napětí proto snímá mezi končetinovou elektrodou a středem protilehlé strany Einthovenova trojúhelníku, a to zvětší amplitudu o 50 % – proto se unipolární končetinové svody nazývají zesílené (zjednodušeně řečeno jde o zapojení v přístroji).

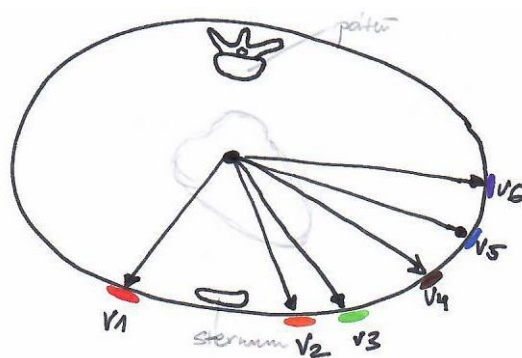
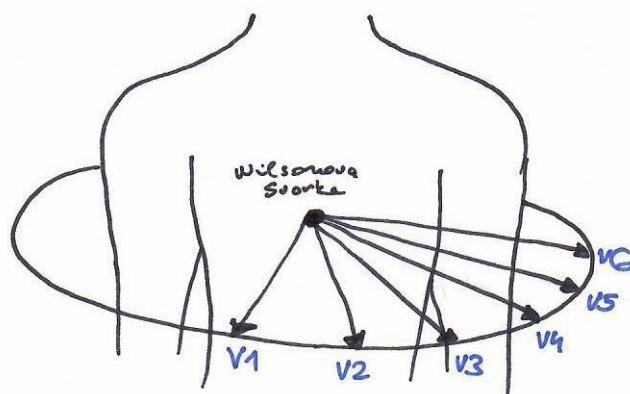
OBRÁZEK: Zesílené končetinové svody, s označením Wilsonovy svorky.



Hrudní (prekordiální) svody

Hrudní svody jsou všechny unipolární a vznikají stejně jako augmentované – mezi Wilsonovou svorkou a hrudní elektrodou, označují se **V1–V6**.

OBRÁZEK: Hrudní svody.



Kapitola 3: Natočení EKG záznamu

Pořízení 12svodového záznamu není náročné, avšak aby byl záznam hodnotitelný, musí být natočen správným postupem. Zlepšení kvality záznamu dosáhneme použitím EKG gelu nebo i vody, která zvýší vodivost (jinak řečeno snižuje odpor mezi kůží a elektrodou). Kvalitě křivky také pomáhá, když pacient leží v klidu, nehýbe se, nemluví a pouze klidně dýchá.

EKG přístroj

Elektrokardiograf může být samostatný přístroj (nebo v podobě pojízdného vozíku), který generuje standardní 12svodový záznam. Může být také součástí monitorů životních funkcí, nebo v provedení telemetrického zařízení, nebo záznamníku pro 24hodinové monitorování.

OBRÁZEK: fotka EKG přístroje (ideálně ze SIMU) s popisem jednotlivých částí (display, klávesnice, elektrody, tiskárna záznamu)

Postup natočení EKG záznamu

Následující checklist slouží k zapamatování si jednotlivých kroků natočení EKG. Všimněte si, že pořizování EKG záznamu není jen mechanický úkon, ale je zapotřebí i správně komunikovat s pacientem. Každý záznam musí obsahovat jméno pacienta, jeho rodné číslo, datum a čas pořízení záznamu.

Checklist postupu natočení EKG:

1. Pozdravit pacienta a představit se, vysvětlit, co budeme dělat, získat ústní informovaný souhlas.
2. Nasadit si nesterilní rukavice.
3. Uložit pacienta na lůžko, pacient leží v poloze na zádech, vyzvat pacienta k odhalení hrudníku, zápěstí a kotníků.
4. Aplikovat gel/vodu na místa, kde budou nasazené elektrody (*v jen nezbytném množství, jinak by mohlo dojít k rušení elektrod navzájem*).
5. Nasadit elektrody.
6. Zadat základní údaje o pacientovi (jméno, rodné číslo/datum narození). *
7. Instruovat pacienta, aby zůstal chvíli v klidu.
8. Zkontrolovat kvalitu záznamu na obrazovce přístroje.
9. Provést tisk záznamu.
10. Sundat elektrody, vydezinfikovat a uspořádat je, podat pacientovi papírový ubrousek k utření gelu/vody, s pacientem se rozloučit.
11. Podpis záznamu natáčejícím (včetně zapsání data a času natočení na záznam, pokud to nezapiše přístroj), popis záznamu lékařem. *

* Tento krok neprovádíme ve cvičení.

VIDEO: Natočení EKG záznamu na figurantovi, bez zvukového záznamu. Komentář s jednotlivými kroky je ve videu. V místnosti (místnost SIMU) je figurant (ideálně muž), natáčející, EKG přístroj (včetně elektrod a EKG papíru), lehátko, EKG gel, papírové utěrky, nesterilní rukavice, dezinfekce na elektrody. Natočení EKG proběhne podle kroků checklistu.

TIP: Při kontrole záznamu je třeba rozpoznat artefakty, což jsou nežádoucí změny a jsou dány např. třesem, neklidem pacienta, nesprávným umístěním elektrod nebo i střídavým proudem.

TIP: Předtím, než provedete tisk záznamu, zkontrolujte svod I. Pokud je největší výchylka v QRS komplexu negativní je možné, že došlo k záměně elektrod.

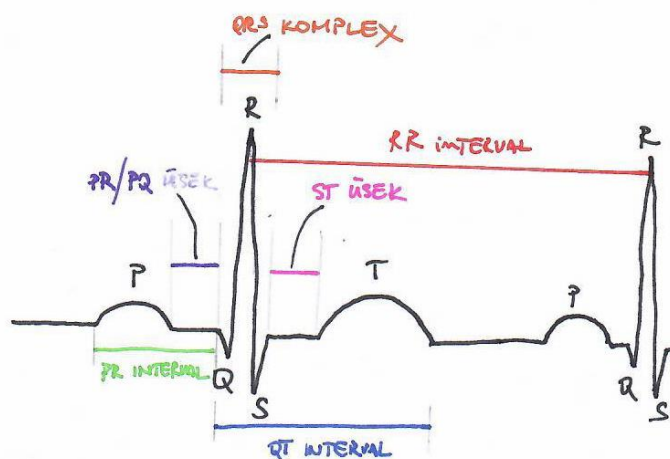
Kapitola 4: EKG křivka

EKG křivka se skládá z vln, kmitů a izoelektrických linií. Každá část představuje šíření vzruchu v jednotlivých částech srdce:

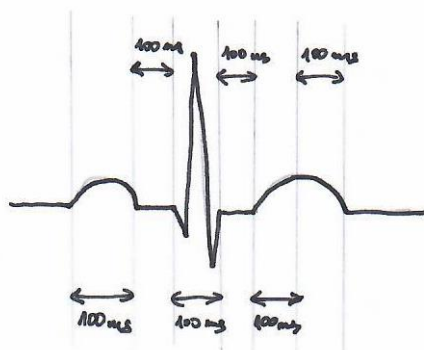
- Vlna P** – představuje depolarizaci síní
- Úsek/segment PR (PQ)** – šíření vzruchu AV uzlem
- Komplex QRS** – depolarizace komor
 - Kmit Q** – depolarizace septa zleva doprava
 - Kmit R** – depolarizace myokardu komor
 - Kmit S** – depolarizace báze levé komory
- Úsek/segment ST** – v komorách neprobíhá elektrická aktivita
- Vlna T** – repolarizace komor

Izoelektrická linie je vodorovná čára, kterou přístroj zapisuje, když nezaznamenává změnu napětí (je dána úsekem PQ). Při popisu křivky ještě používáme pojmy úsek/segment a interval. **Úsek/segment** je část křivky mezi koncem vlny/kmitu a začátkem další vlny/kmitu – zjednodušeně řečeno zahrnuje jen izoelektrickou linii. Na křivce se popisují 2 – *úsek PQ* a *úsek ST*. **Interval** je časový úsek křivky, který obsahuje i vlny a kmity. Jednoduše si to lze zapamatovat tak, že interval je delší (pomůcka: slovo interval má více písmen jako úsek nebo segment). Na křivce popisujeme celkem 3 intervaly – *interval PQ/PR* (elektrické procesy v síních), *interval QT* (elektrické procesy v komorách), *interval RR*.

OBRÁZEK: EKG křivka s popisem jednotlivých částí.



TIP + OBRÁZEK: Máte problém zapamatovat si normu trvání jednotlivých úseků EKG křivky? Ohraničte si každou část EKG křivky vertikální čarou, T vlna je větší, tak ji předělte ještě na půl. Každému ohraničenému úseku přidejte 100 ms. PQ interval pak bude mít 200 ms, QRS 100 ms, QT (která zahrnuje QRS komplex, ST úsek i vlnu T) bude měřit pak 400 ms.



Kapitola 5: Popis EKG záznamu

EKG záznam je důležité nejen pořídít, ale samozřejmě i popsat. Popis záznamu provádí vždy lékař. Hodnocení EKG se skládá ze 2 kroků:

1. **Popisný** – systematický popis jednotlivých částí EKG křivky (kontrolujeme všechny svody, nezaměřujeme se jen na vybrané)
2. **Diagnostický** – na základě popisu vytvořit závěr (zda je záznam fyziologický, nebo je v něm zachycena nějaká patologie)

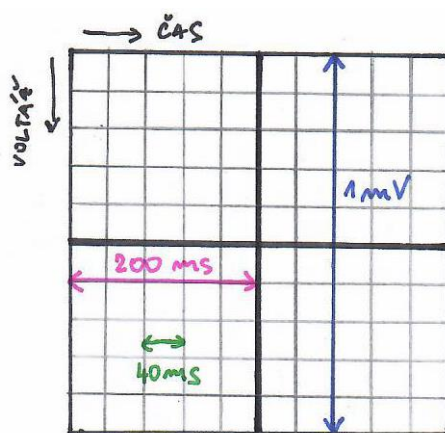
Podkapitola 5.1: Na co myslet před popisem EKG záznamu?

Než začnete hodnotit EKG záznam, který dostanete do rukou, **je třeba se podívat na několik detailů**. V první řadě, jaká je rychlost posunu EKG papíru v přístroji. Standardně se používá 25 mm/s, avšak existuje i 50 mm/s. Je důležité si to zkontrolovat např. kvůli určování frekvence. Vertikální směr na EKG papíru určuje voltáž (v milivoltech), horizontální směr časový údaj. Zkontrolujte si, jaký je cejch papíru neboli voltáž, standardně 10 mm vertikálně odpovídá 1 mV (1 malý čtvereček = 0,1 mV).

Důležité je pamatovat si, jaké časové úseky odpovídají v horizontálním směru 1 velkému a 1 malému čtverečku (protože při popisu EKG záznamu určujeme i trvání jednotlivých částí). Při posunu 25 mm/s je rastrování papíru:

- 1 velký čtvereček = 5 mm = 200 ms = 0,20 s
- 1 malý čtvereček = 1 mm = 40 ms = 0,04 s

OBRÁZEK: EKG papír s vyznačením směru voltáže a času, 1 velký čtvereček = 200 ms, 1 malý čtvereček = 40 ms.



Při rychlosti posunu 50 mm/s odpovídá 1 mm (1 malý čtvereček) 20 ms (0,02 s), 5 mm (1 velký čtvereček) 100 ms (0,10 s). Využívá se např. v pediatrii nebo při diagnostice tachykardií, protože EKG přístroj zapisuje rychleji – zjednodušeně řečeno, kmity a vlny nejsou tak „nahuštěné“ a jejich morfologie je lépe hodnotitelná.

Podkapitola 5.2: EKG desatero

Hodnocení EKG záznamu může být na první pohled náročné. Abychom se v tom neztratili, je nejlepší postupovat systematicky. Proto se v této části seznámíme s checklistem – pomůckou, se kterou popis EKG zvládne každý. Nazvěme ho „EKG desatero“. Vypadá následovně:

Checklist popisu EKG („EKG desatero“):

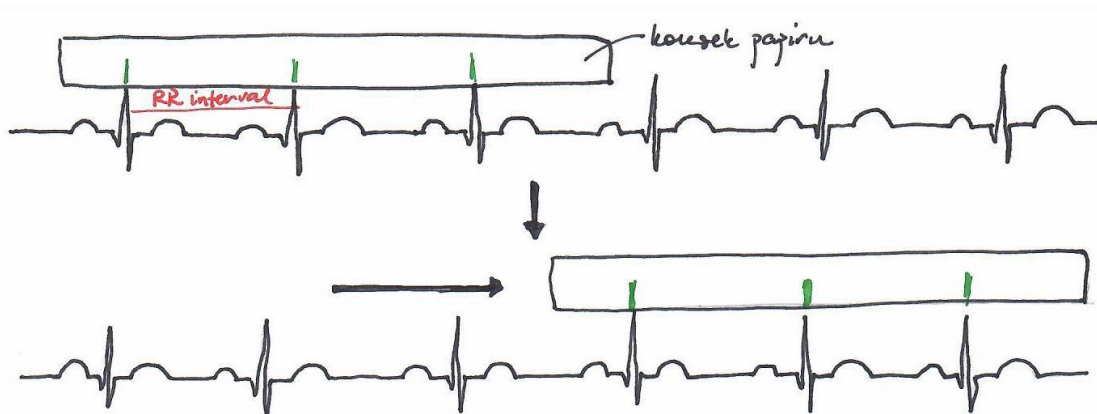
1. [Akce](#)
2. [Rytmus](#)
3. [Frekvence](#)
4. [Vlna P, PQ \(PR\) interval](#)
5. [QRS komplex](#)
6. [ST segment](#)
7. [Vlna T](#)
8. [QT interval, QTc](#)
9. [Elektrická osa srdeční](#)
10. [Zóna přechodu](#)

1. Akce srdeční

První bod je akce srdeční (AS). Při popisu EKG nás zajímá, zda je akce **pravidelná** nebo nepravidelná. Při pravidelné AS jsou QRS komplexy pořád od sebe stejně vzdálené. Když je AS nepravidelná, vzdálenost mezi QRS komplexy (neboli RR intervaly) je různá.

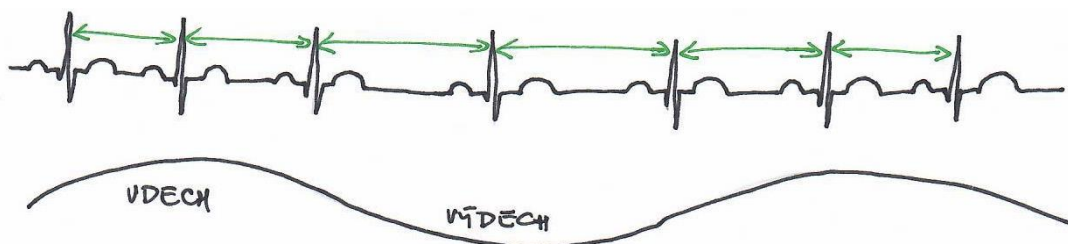
Jak zjistíme, že akce je pravidelná? Jednoduše – vezmeme si kousek papíru a zaznamenejme si 3 vrcholy za sebou jdoucích R kmitů v libovolném svodu. Papír pak posouváme dále, v případě, že je akce pravidelná, se vrcholy se značkami překrývají.

ANIMACE: Demonstrace zjištění pravidelnosti akce srdeční.



Respirační sinusová arytmie je fyziologický jev, při kterém dochází k pravidelnému prodlužování a zkracování RR intervalů v závislosti na dýchání. Akce srdeční se pak jeví nepravidelná. Tento jev se vyskytuje např. u mladých lidí.

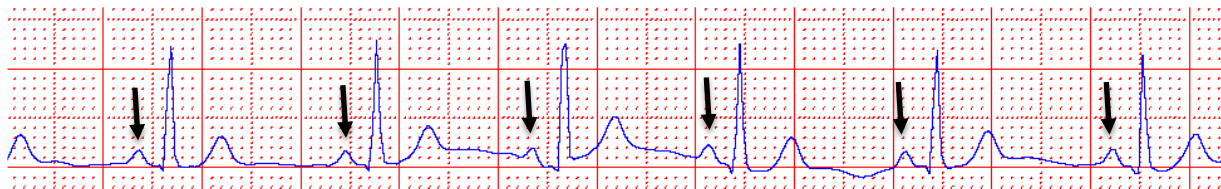
OBRÁZEK: Respirační sinusová arytmie.



2. Rytmus

Rytmus nás informuje, odkud vychází vzruch v srdci – kde se nachází **pacemaker** (ten je tvořen buňkami, které se spontánně depolarizují a tvoří vzruch). Fyziologicky vychází vzruch ze sinoatriálního uzlu a rytmus se nazývá **sinusový**. Na EKG záznamu to poznáme tak, že před každým QRS komplexem se nachází P vlna.

OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením P vln před QRS komplexem



Když SA uzel nepracuje tak, jak má, mohou převzít vzruchotvornou aktivitu tzv. centra náhradní automacie. Sekundárním centrem/pacemakerem je AV uzel/junkce, a rytmus se pak nazývá junkční. Jako terciární pacemaker mohou sloužit komory, v tomto případě pak rytmus nazýváme idioventrikulární. Tato centra ale pracují s nižší frekvencí než SA uzel – v oblasti AV junkce 40–60/min, v komorách 30–40/min.

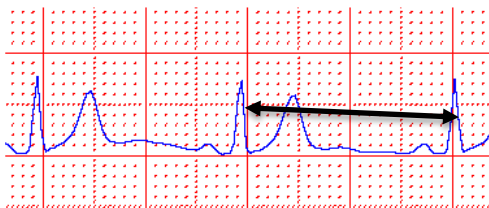
3. Frekvence

Frekvence nás informuje o tom, jak často vzniká vzruch v srdci, a tudíž jak rychle srdce bije. Fyziologická frekvence se pohybuje v rozmezí **60–90/min**. Jiná frekvence: tachykardie (>90/min), bradykardie (<60/min).

Jak určíme frekvenci z EKG záznamu? Máme několik možností – pomocí výpočtu, EKG pravítka nebo ji odečteme z přístroje. Frekvence vypočtena přístrojem nemusí být přesná nebo správná, a EKG pravítko nemusíme mít po ruce, takže výpočet je nejjistější. Nejjednodušší způsob je vydělit 300 počtem velkých čtverečků v jednom RR intervalu:

$$\text{Frekvence} = \frac{300}{\text{počet velkých čtverečků v 1 RR}}$$

OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením velkých čtverečků v 1 RR intervalu.

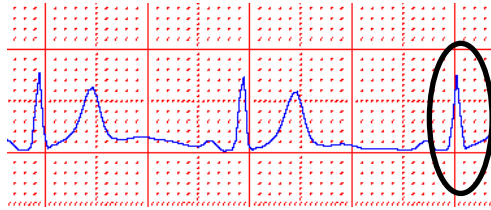


Proč právě 300? Při standardní rychlosti posunu papíru 25 mm/s:

- 1 sekunda = 25 mm na papíru
- 60 sekund (1 minuta) = 1500 mm papíru
- 1 velký čtvereček (0,2 s) je 5 mm
- 60 s / 0,2 s = 300
- 1500 mm / 5 mm = 300

1 minuta odpovídá 300 velkým čtverečkům, počet velkých čtverečků v 1 RR intervalu určuje jeho trvání a když podělíme 300 trváním jednoho RR, zjistíme jejich počet za minutu, což je frekvence.

TIP + OBRÁZEK: Najdete si RR interval, který protíná hrubou čáru a pak spočtete velké čtverečky.



TIP: Jestli chceme být hodně přesní, můžeme počet velkých čtverečků určit na jedno desetinné místo, a frekvence bude přesnější, např. 4 velké a 1 malý čtvereček = 4,2 velkého čtverečku.

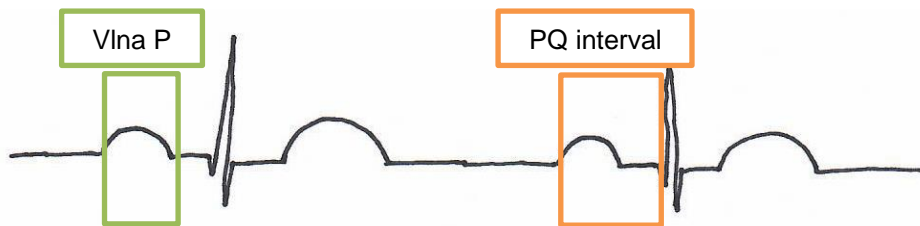
V případě, že akce srdeční není pravidelná, lze použít následující vzorec: $f = \text{počet RR v } 7,5 \text{ cm} \times 20$

CVIČENÍ: Určete frekvenci v následujících záznamech (3 křivky s různou frekvencí, studenti budou moct vepsat frekvenci a pak si ověří svou odpověď). Křivky budou teprve dodány.

4. Vlna P, PQ (PR) interval

Vlna P reprezentuje depolarizaci síní, to znamená, že zobrazuje síňovou aktivitu (repolarizace se skrývá v QRS komplexu). Vlna P je ve svodu aVR vždy negativní (může být negativní i ve III a V1). *V případě některých arytmií nemusí být vlna P přítomna (fibrilace nebo flutter síní, SA blokáda, junkční rytmus) nebo může mít jiný tvar (P mitrale, P pulmonale).*

OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením P vln a PQ intervalu.

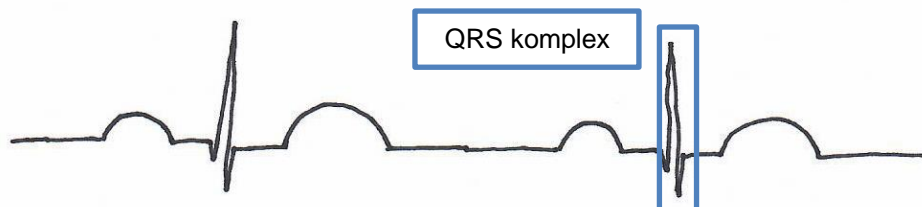


PQ interval zahrnuje časový úsek od začátku vlny P po začátek QRS komplexu. Reprezentuje depolarizaci síní a následně převod vzruchu AV uzlem. Fyziologicky trvá **120–200 ms**, nefyziologicky může být prodloužený nebo zkrácený. PQ segment/úsek je fyziologicky izoelektrický.

5. QRS komplex

QRS komplex reprezentuje depolarizaci komor neboli „elektrickou aktivaci“ komor. Fyziologicky trvá **80–110 ms**. Sestává ze 3 kmitů – Q, R a S.

OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením QRS intervalů.

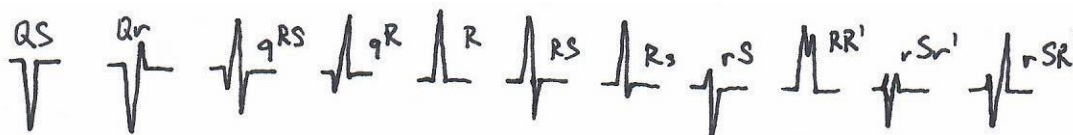


V jednotlivých svodech může QRS komplex vypadat různě, protože vektor komorové depolarizace se promítá do svodů z různých úhlů pohledu. Používáme proto jednotná pravidla pro popis kmitů komplexu:

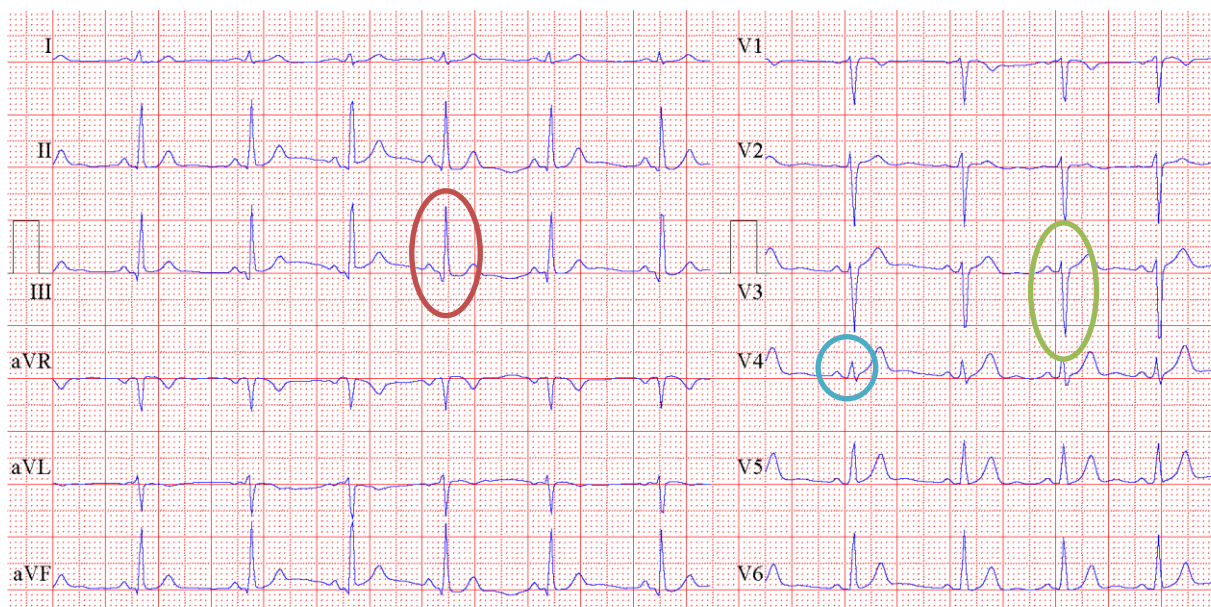
- **Kmit Q** je prvním negativním (nachází se pod izoelektrickou linií) kmitem komplexu.
- **Kmit R** je prvním pozitivním kmitem (nachází se nad izoelektrickou linií).
- **Kmitem S** označíme negativní kmit, který přichází po pozitivním kmitu.

V případě, že přesahuje velikost kmitu 5 mm, označíme ho velkým písmenem (Q, R, S). Pokud je velikost kmitu <5 mm, označíme jej malým písmenem (q, r, s). Když se v jednom komplexu vyskytují dva stejné kmity, za druhý píšeme apostrof.

OBRÁZEK: Různé morfologie QRS komplexu.



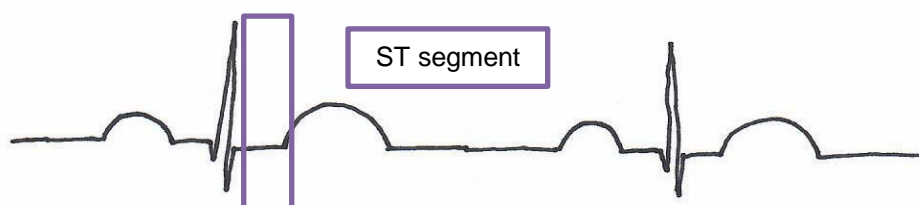
CVIČENÍ: Popište následující QRS komplexy dle výše uvedených pravidel (3 komplexy, studenti budou moct vepsat odpověď a pak si ověří svou odpověď – **qR, rs, rS**)



6. ST segment

Úsek ST, tedy mezi koncem QRS komplexu a začátkem vlny T, je fáze, kdy v komorách neprobíhá elektrická aktivita. Fyziologicky je **izoelektrický**.

OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením ST segmentů.



V případě nejrůznějších patologií může být ST segment zvýšen, což se nazývá elevace, nebo naopak snížen, což se označuje jako deprese. Elevace a deprese se společně nazývají denivelace, a v případě že je ST úsek izoelektrický, se může při popisu použít též formulace „bez denivelací“.

Bod, kterým QRS komplex končí a přechází do ST úseku, se nazývá **junkční bod** (bod J) a za normálních okolností je ve stejné rovině jako úsek PQ. J-bod může být zvýšen a nemusí to znamenat patologii. V hrudních svodech (V1–V6) tolerujeme zvýšení do 2 mm, v končetinových max. do 1 mm.

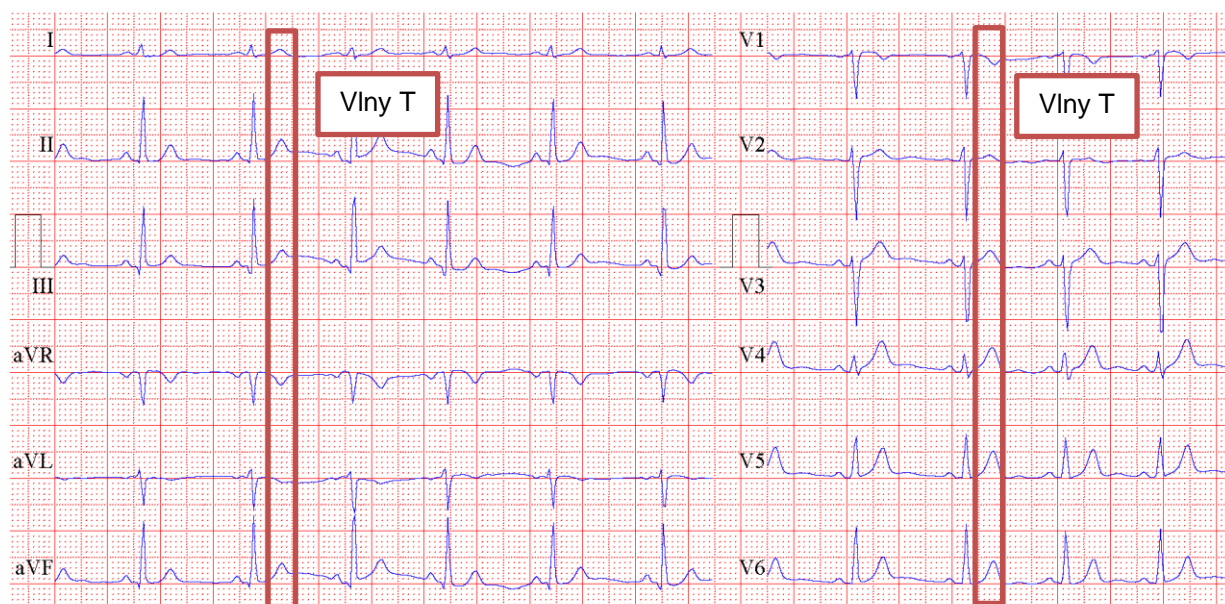
OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením junkčního bodu.



7. Vlna T

Vlna T je pokračováním repolarizace komor. Na EKG záznamu si všimáme, jakou orientaci/polaritu má vlna T v jednotlivých svodech. Fyziologicky je vlna T ve všech svodech pozitivní, kromě aVR, kde je vždy negativní (může být ale negativní i v III, V1, dokonce ve i V2).

OBRÁZEK: EKG křivka (12 svodů) s vyznačením T vln.



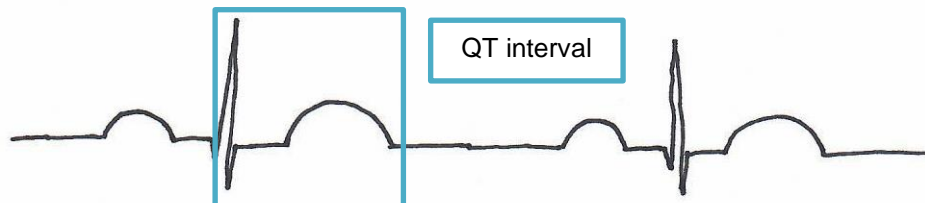
Pro pokročilejší: V literatuře se můžeme též potkat s výrazem, že „T vlna je **konkordantní**“, to znamená, že má stejnou polaritu (orientaci nad/pod izoelektrickou linii) jako největší kmit QRS komplexu. *V opačném případě se označuje jako **dyskonkordantní**, a značí to patologii.* Takto se hodnotí v končetinových svodech. Ve svodech I a II má být fyziologicky pozitivní, ve III konkordantní (může být i negativní, pokud je největší výchylka QRS negativní), v aVR je vždy negativní. V hrudních svodech se popisuje, jestli je T vlna pozitivní nebo negativní, bez ohledu na konkordanci. *Někdy může mít T vlna esovitý neboli bipolární tvar, a popisuje se jako **preterminálně negativní** (nejprve – pak +), nebo **terminálně negativní** (nejprve + pak –).*

Důležité do budoucna je pamatovat si, že ST segment a vlna T jsou **nejvariabilnější částí EKG křivky** a změny v těchto částech jsou nespecifické, tj. že mohou být způsobeny celou řadou příčin a musí být korelovány s klinickým stavem pacienta.

8. QT interval, QTc

QT interval zahrnuje elektrické procesy v komorách – je to časový úsek od začátku komorové depolarizace až po konec repolarizace komor. Měříme ho od začátku QRS komplexu až po konec T vlny.

OBRÁZEK: EKG křivka (jeden svod) s vyznačením QT intervalu.



Délku QT intervalu ovlivňuje frekvence – se zvyšující se frekvencí se QT interval zkracuje a naopak. Proto používáme korekci na frekvenci 60/min a označuje se **QTc** (QT interval korigovaný). Hodnota QTc se pohybuje mezi **340–420 ms** a může se lišit dle pohlaví (u žen je delší) a podle věku (prodlužuje se s věkem). Pro výpočet se nejčastěji používá Bazettova formule (existují i jiné rovnice pro výpočet):

$$QT_{cB} = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$$

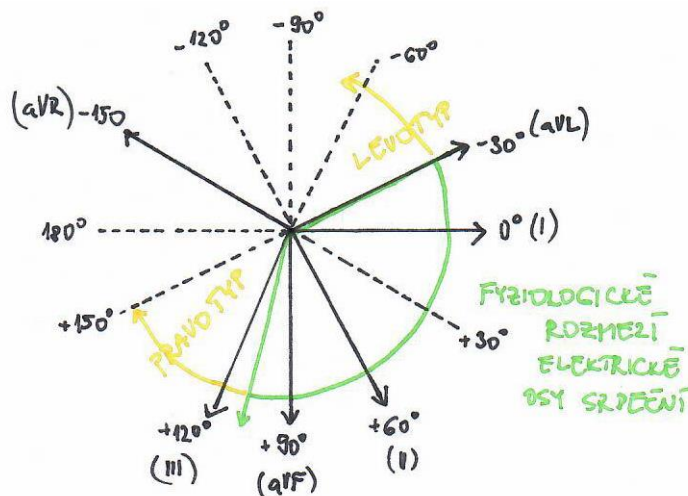
TIP: V klinické praxi by bylo zdlouhavé počítat QTc pomocí výše uvedené formule, proto se s výhodou používají volně dostupné kalkulačky, např. <https://www.mdcalc.com/corrected-qt-interval-qt-c>.

ZDROJ: Corrected QT Interval (QTc) - MDCalc, 2021. MDCalc - Medical calculators, equations, scores, and guidelines [online]. New York: MD Aware [cit. 2021-02-23]. Dostupné z: <https://www.mdcalc.com/corrected-qt-interval-qt-c>

9. Elektrická osa srdeční (EOS)

Elektrická osa srdeční (EOS) je hlavní směr (vektor) depolarizace komor. Osa nás informuje o celkové masě myokardu (jestli je např. zvětšená) a šíření vzruchu převodním systémem, zejména Tawarovými raménky. Fyziologicky se pohybuje v rozmezí **-30° až +110°**. V případě, že je osa méně než -30°, označujeme to jako *levotyp*, více než +110°, označujeme to jako *pravotyp*. Srdeční osu určujeme ve frontální rovině, to znamená, že při určování pracujeme se svody frontální roviny – I, II, III, aVR, aVL, aVF.

OBRÁZEK: Fyziologické rozmezí el. osy srdeční.

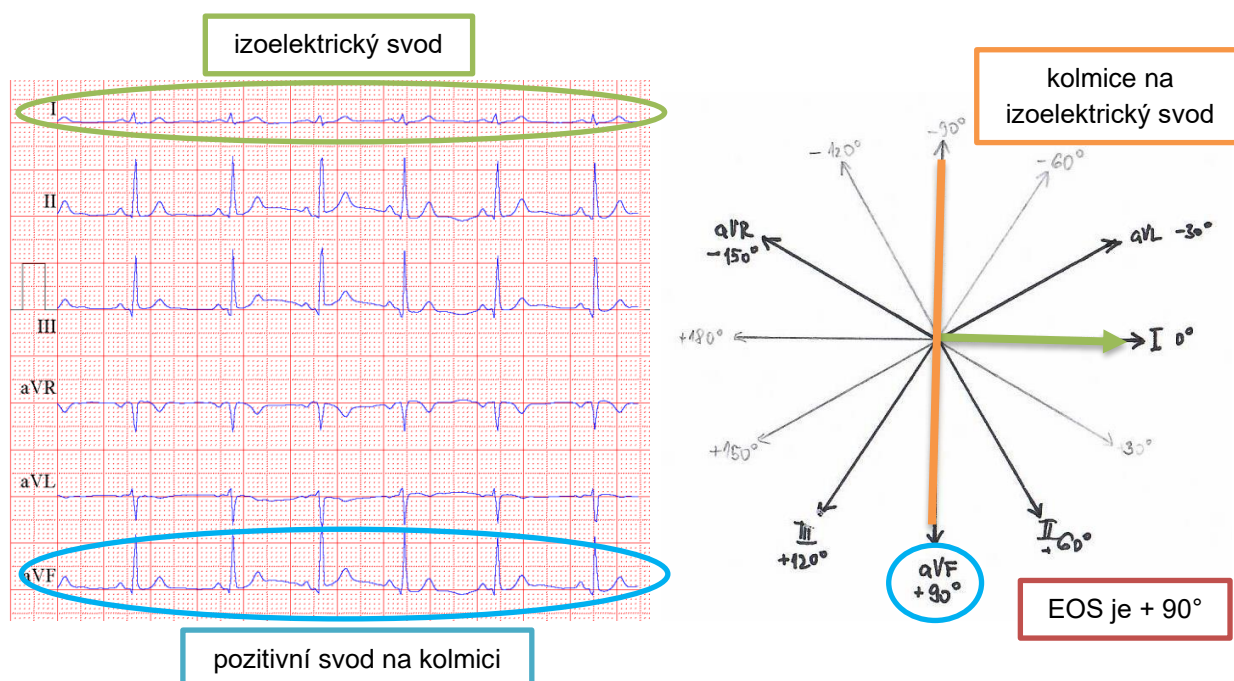


Při určování EOS se zaměřujeme na QRS komplex, protože ten reprezentuje depolarizaci komor, a všímáme si kmitů R a S (je-li přítomný i Q kmit, pak si ho nevšímáme). Výchylky se měří od izoelektrické linie a ta je daná PQ intervalem. **Pozor** – nezaměnit QR za RS! Pokud vidíme QR, znamená to, že svod je pozitivní (hodnotí se jenom R a S, když S nemáme, zůstává jen pozitivní R).

Pro lepší představu použijeme **hexaxiální systém**. Postup je následovný:

- 1) Při pohledu na svody frontální roviny, tj. končetinové, najdeme nejvíce izoelektrický svod – je to ten, ve kterém má R přibližně stejnou velikost jako S.
- 2) Náš izoelektrický svod si najdeme v hexaxiálním systému (a osa bude na tenhle svod kolmá).
- 3) Na izoelektrický svod vytvoříme kolmici.
- 4) Směr osy zjistíme tak, že se ve svodu ležícím na kolmici podíváme, jestli je nejvyšší výchylka QRS komplexu pozitivní nebo negativní. Pokud je pozitivní, srdeční osa směřuje ve směru daného svodu (tj. ve směru šipky na růžici), pokud je negativní, znamená to, že srdeční osa směřuje na opačnou stranu.
- 5) Odečteme stupně z hexaxiálního systému.

ANIMACE: Postup určování el. osy.

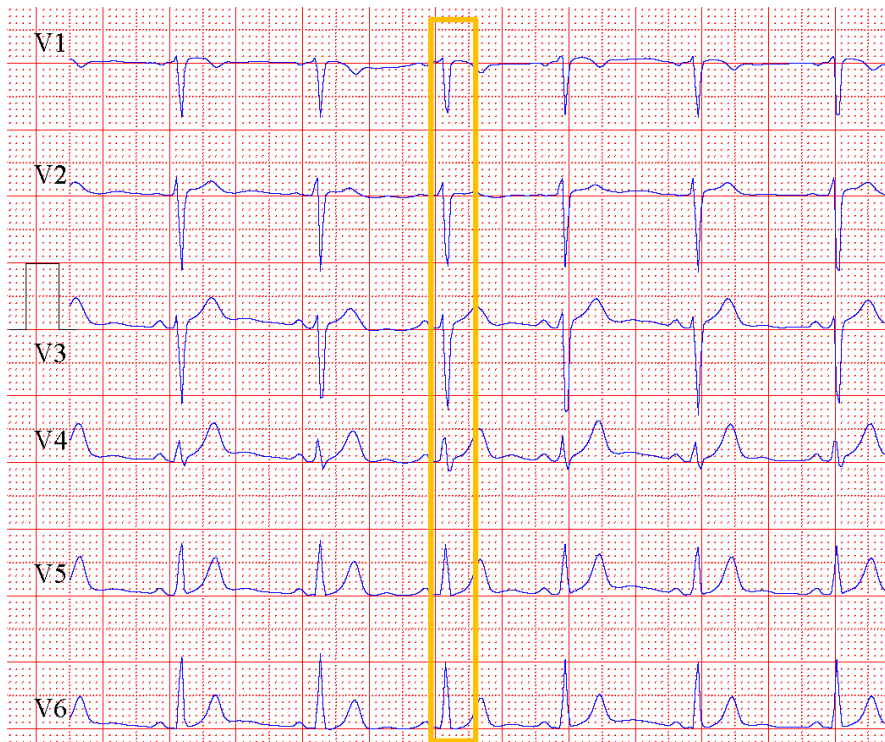


TIP: Postupy určování EOS jsou různá, můžete si samozřejmě najít svůj, který vám bude nejlépe vyhovovat.

10. Zóna přechodu

Přechodná zóna neboli zóna přechodu nás informuje o rotaci srdce kolem longitudinální osy. **Určuje se dle QRS komplexů v hrudních svodech (V1–V6)**. Víme, že v hrudních svodech zprava doleva narůstá R kmit a zmenšuje se velikost S kmitu (obraz rS se mění na Rs). Svod, ve kterém je amplituda (velikost) pozitivní výchylky přibližně stejná jako negativní, se označuje jako zóna přechodu. Fyziologicky je to ve **V3-4**. *Když na zónu přechodu uděláme kolmici, získáme směr elektrické osy srdeční v transverzální rovině. Elektrická osa pak fyziologicky směřuje dolů, doleva, dozadu, na rozdíl od anatomické, která směřuje dolů, doleva, dopředu.*

OBRÁZEK: Postupnost QRS komplexu v hrudních svodech se zvýrazněním přechodové zóny.



Ukázka popisu fyziologického EKG:

AS pravidelná, rytmus sinusový, frekvence 60–90/min, PQ 120–200 ms, QRS 80–110 ms, QT 360ms, QTc – 250-500 ms, ST segment bez denivelací / izoelektrický, vlna T neg. ve aVR, V1, osa – 30° až + 110°, PZ V3–V4.

Shrnutí

V této části lekce jsme si prošli postup, jak správně popisovat EKG. Když v budoucnu dostanete EKG křivku do rukou, nebudete se jí muset bát, protože už budete vědět, jak postupovat. Vyhodnocování EKG, tzn. co je na natočeném záznamu fyziologické a co patologické, se naučíte v dalších semestrech Propedeutiky.



Take home message

- Nemusím se bát EKG.
- Elektrokardiograf zaznamenává elektrickou aktivitu srdce z povrchu těla.
- Svod je dvojice elektrod, mezi kterými je snímané napětí.
- Dodržení správného postupu natáčení EKG záznamu je důležité pro jeho kvalitu a zhodnotitelnost.
- EKG křivka se skládá z vln, kmitů a izoelektrických linií.
- Při popisu EKG záznamu je vhodné postupovat systematicky, např. pomocí EKG desatera.
- Natáčení EKG záznamu a jeho popis jsou dovednosti, které potřebují trénink a opakování. Proto je vhodné se k nim vracet při každé možné příležitosti (při samostudiu, na praxi).



Zdroje externích materiálů

THALER, Malcolm S., 2013. EKG a jeho klinické využití. Překlad 6. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4193-2.

EKG & Arytmológia (Kniha) [online], 2017. Bratislava: TECHMED [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://www.techmed.sk/ekg-a-arytmologia-kniha/>

Kardioblog: Kardiologie srozumitelnou formou [online]. [cit. 2021-03-04]. Dostupné z: <https://kardioblog.cz/>