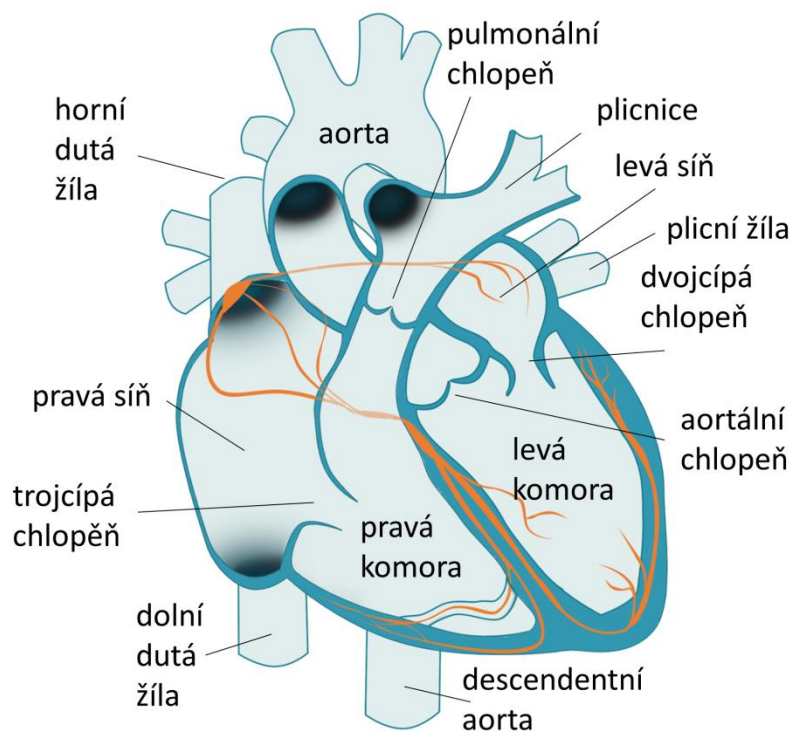


Teoretická část

Elektrokardiografie (EKG)

Srdce je svalový orgán, který pumpuje krev přes celý organismus. Krev dodává tělu kyslík a živin, a pomáhá při odstraňování produktů metabolismu. Srdce se nachází v mediastinu medium.

U lidí je srdce rozděleno do čtyř komor: horní levé a pravé atria; a dolní levá a pravá komora. Obecně pravá síň a pravá komora jsou označovány jako pravé srdce a jejich levá komora a síň jako levé srdce. Srdce je obaleno perikardem, který obsahuje malé množství tekutiny. Stěna srdce se skládá ze tří vrstev: epikardu, myokardu a endokardu. Srdce pumpuje krev s rytmem určeným skupinou pacemakerů v sinoatriálním uzlu. Tyto buňky generují akční potenciál, který předchází kontrakci srdce. Akční potenciál a přechází přes atrioventrikulární uzel a převodní systém srdeční. Srdce dostává krev s nízkým obsahem kyslíku z krevního oběhu, který vstupuje do pravé síně z horní a dolní duté žíly a posouvá krev do pravé komory. Odtud krev čerpána do plicního oběhu přes plíce, kde dochází k výměně kyslíku a oxidu uhličitého. Okysličená krev se pak vrátí do levé síně, prochází levou komoru a je vypuzena skrz aortu do systémové cirkulace, kde se vsřebává kyslík a metabolizuje na oxid uhličitý.



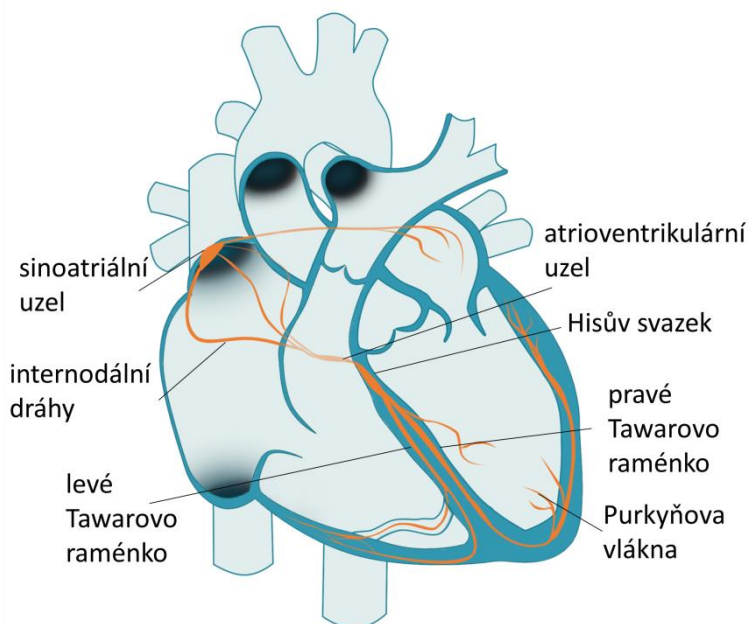
Efektivní průtok krve s minimální energetickou poptávkou zajištěn synchronizovaným srdečním cyklem. Impulsem pro kontrakci srdečních buněk (kardiomyocytů) je vytvoření akčního potenciálu (excitace) na plazmatické membráně buňky. Kardiomyocyty tvoří funkční syncytia, to znamená, že buňky jsou elektricky propojeny (nejsou izolovány). Akční potenciál se tvoří v určité části myokardu a šíří se po celém srdci.

Srdeční buňky se podle funkce rozdělují na dva typy:

- Kardiomyocyty: tvoří většinu hmoty síní komor
- Pacemakerové buňky: zajišťují tvorbu vzruchů a jeho přednostní vedení srdečním svalem, synchronizují tak elektrickou aktivitu srdce
 - **Automacie** – srdce vytváří samočinně pravidelně se opakující podněty ke kontrakci (akční napětí neboli vzruchy).
 - **Autonomie** – podněty ke kontrakci vznikají v srdci samém. Řídící nervové nebo humorální mechanismy mohou pouze regulovat frekvenci a sílu srdečního stahu. Srdce se tedy bude stahovat i mimo organismus v případě, že mu zajistíme dodávku živin a kyslíku.
 - **Rytmicita** – vzruchy jsou za fyziologických podmínek vytvářeny pravidelně, s určitou frekvencí.

Převodní systém srdeční

Na obrázku je znázorněn převodní systém srdeční, který kontroluje srdeční stahy. Na obrázku je **sinusový uzel** (sinoatriální nebo S-A uzel), ve kterém je generován normální rytmický impuls (primární pacemaker); internodální dráhy, které převádějí impuls ze sinusového uzlu do **atrioventrikulárního** (A-V) uzlu; AV uzel vede vzruch velmi pomalu, čímž dochází k žádoucímu zdržení atrioventrikulárního převodu – nejdříve je třeba, aby se dokončila kontrakce (depolarizace) síní, a až následně byla zahájena kontrakce (depolarizace) komor. V případě poškození SA uzlu, AV uzel přebírá roli pacemakeru.; **Hisův svazek** - vzruch se ze síní může dostat na komory pouze Hisovým svazkem, který navazuje na AV uzel. Hisův svazek prostupuje skrze vazivový skelet (skrze trigonum fibrosum dextrum) do komorového septa.; **Tawarova raménka** – v komorovém septu se Hisův svazek dělí na dvě raménka: pravé a levé Tawarovo raménko. Pravé Tawarovo raménko povede vzruch k myokardu pravé komory. Levé Tawarovo raménko se dále větví na přední svazek a zadní svazek; **Purkyňova vlákna** – Tawarova raménka se následně větví na Purkyňova vlákna, která vzruch rozvádí na pracovní myokard komor.



Akční napětí srdečních buněk

Vzrušivé buňky odpovídají na adekvátní podnět stereotypní elektrickou odpovědí, kterou nazýváme akční napětí. Akční napětí se liší podle typu srdeční buňky a její lokalizace. Akční potenciál je výsledkem jemné rovnováhy mezi do buňky a z buňky tekoucími iontovými proudy vykazujícími různou časovou a napětíovou závislost a pracujícími v dokonalém souladu.

Akční napětí kardiomyocytu

Buňky myokardu mají klidový membránový potenciál ve výši přibližně -80 mV.

Akční potenciál buněk srdečního svalu je charakterizován:

- fáze rychlé depolarizace (fáze 0),
- časná repolarizace (fáze 1),
- fáze plató (fáze 2),
- fáze pozdní repolarizace (fáze 3),
- klidový membránový iopotencial (fáze 4).

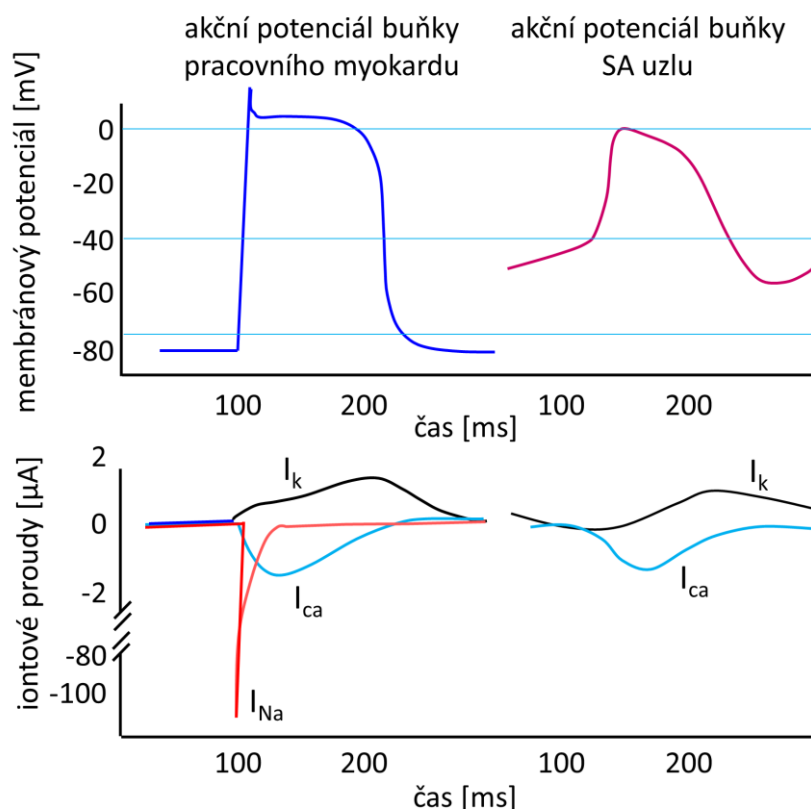
Rychlá depolarizace je důsledkem proudu Na^+ do buňky přes rychle otevírací sodíkové kanály (Na^+ proud, Na kanál). Inaktivace Na^+ kanálu, aktivace K^+ kanálů a výtok K^+ iontů z buňky přispívá k rychlé fázi depolarizace. Influx Ca^{2+} iontů přes pomaleji otevřené Ca^{2+} kanály (Ca^{2+} proud, Ca kanál) a rovnováha mezi Ca^{2+} a K^+ ionty vedou k fázi plato. Fáze pozdní repolarizace je důsledkem prouděním K^+ iontů přes K^+ kanály směrem do buňky.

Akční napětí pacemakerových buněk

Morfologie akčního napětí SA a AV uzlu se liší od akčního napětí buněk komorového myokardu. Nejvýraznějšími rozdíly jsou neschopnost udržet stabilní klidové membránové napětí a výrazně pomalejší depolarizace.

Pomalá diastolická depolarizace. Nodální buňky nejsou schopny udržovat konstantní hodnotu klidového membránového potenciálu. Hlavním důvodem je absence I_K (K^+ proudu), a relativně vysoké sodíkový proud pozadí. Maximální hodnota membránového napětí, které buňky jsou schopny dosáhnout, je tzv. maximální diastolický potenciál (MDP), a jeho hodnota je -50 mV. Po dosažení maximálního diastolického potenciálu dochází k zavírání draslíkových kanálů odpovědných za předchozí repolarizaci a současně k postupnému otevírání vápníkových kanálů T typu. To zvyšuje průtok kationtů do buňky a způsobují postupný posun membránové napětí na více pozitivní hodnoty - pomalá diastolická depolarizace (SDD).

Depolarizace a repolarizace. Pomalá diastolická depolarizace posouvá membránové napětí nodálních buněk k elektrické nule do okamžiku, kdy dosáhne hodnoty okolo -40 mV. Při této hodnotě membránového napětí je dosaženo prahu pro otevření vápníkových kanálů L-typu. To vede k jejich otevírání a k rychlé depolarizaci. Následná inaktivace vápníkových kanálů společně s otevíráním rychlého i pomalého opožděného draslíkového proudu mají za následek repolarizaci akčního napětí nodálních buněk.



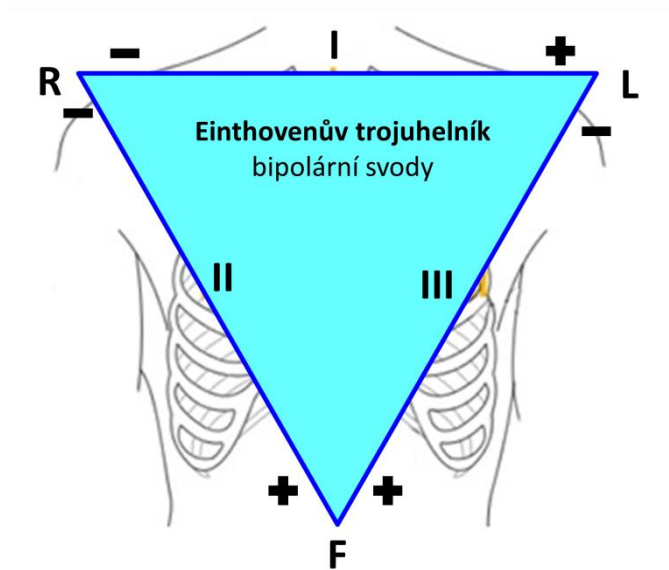
Elektrokardiografie

Elektrokardiografie (EKG), je metoda, která registruje elektrickou aktivitu srdce a povrchu těla. Z funkčního hlediska jsou EKG elektrody dvojího druhu – aktivní a indifferenční (neboli referenční). Aktivní elektroda průběžně snímá proměnlivý potenciál místa, na které je přiložena. Indifferenční elektroda je elektricky zkonstruována tak, aby její potenciál byl pokud možno konstantní a blížil se nule. Propojíme-li dvě elektrody, vznikne tzv. svod.

Bipolární končetinové svody.

Bipolární svod vzniká propojením dvou aktivních elektrod, jedna z nich je označována jako kladná a druhá záporná. Elektrody, v případě tradičních bipolárních končetinových svodů, jsou umístěny na levé a pravé rukách a levé noze. K bipolárním končetinovým svodům patří I, II, III končetinové svody.

- *Svod I.* Registruje napětí mezi elektrodami umístěnými na levém (+) a pravém (-) zápěstí (nebo rameni).
- *Svod II.* Registruje napětí mezi elektrodami umístěnými na levém (-) zápěstí a levém bérce (+).
- *Svod III.* Registruje napětí mezi elektrodami umístěnými na pravém (-) zápěstí a levém bérce (+).



Einthovenův trojúhelník. Na obrázku Einthovenův trojúhelník „obkresluje“ oblast srdce. To ukazuje, že obě paže a levá noha tvoří vrcholy trojúhelníku.

Augmentační unipolární končetinové svody

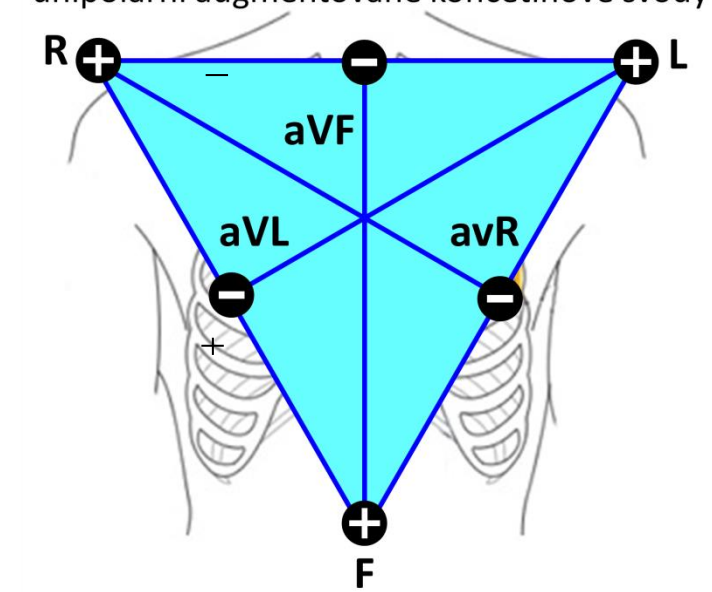
Unipolární končetinové svody, které snímají rozdíl napětí mezi aktivní a indierentní elektrodou, se označují aVR, aVL a aVF. Elektrody jsou umístěny na stejných místech jako u bipolárních svodů. Umístění aktivní (pozitivní) elektrody označuje poslední písmeno v názvu svodu:

R – right = pravé zápěstí

L – left = levé zápěstí

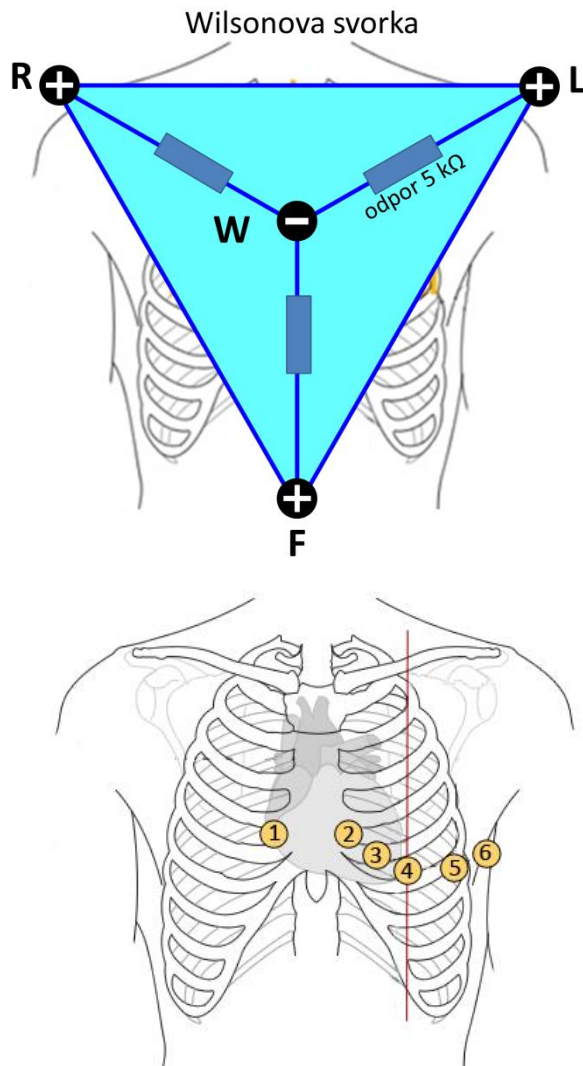
F – foot = levý bérce

Indierentní elektroda vznikne propojením dvou zbývajících elektrod přes elektrické odpory unipolární augmentované končetinové svody



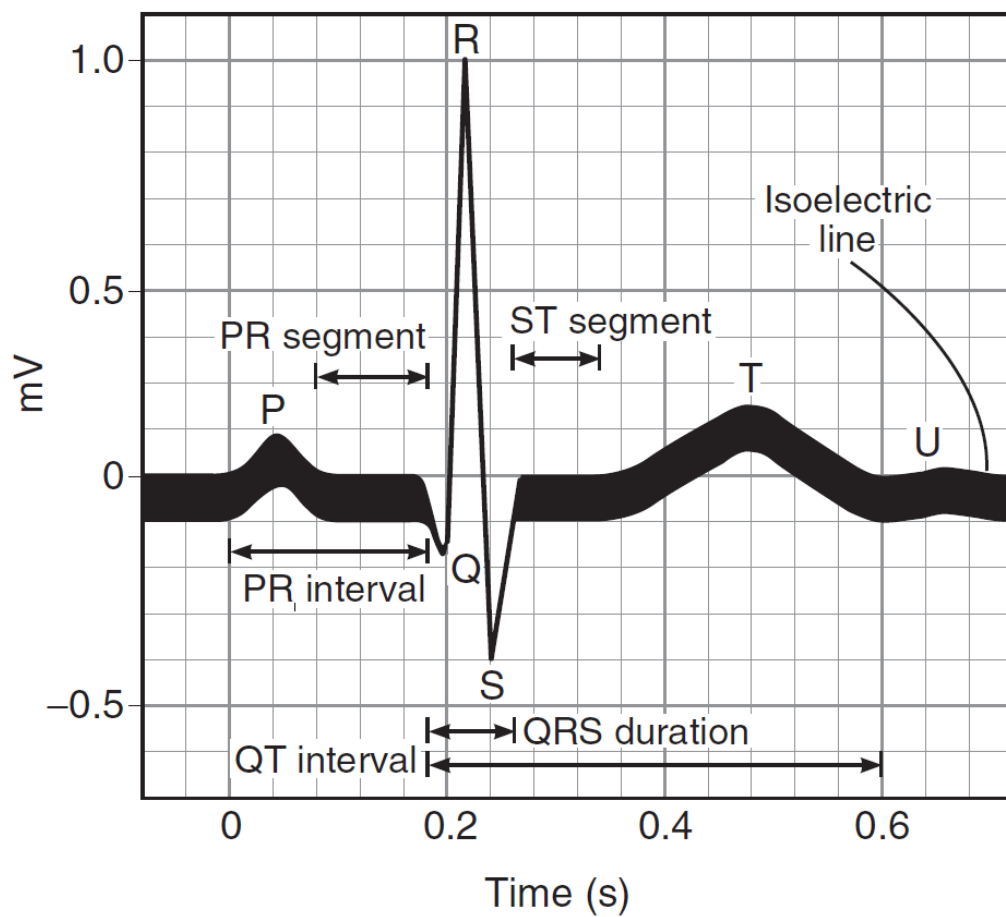
Unipolární hrudní svody

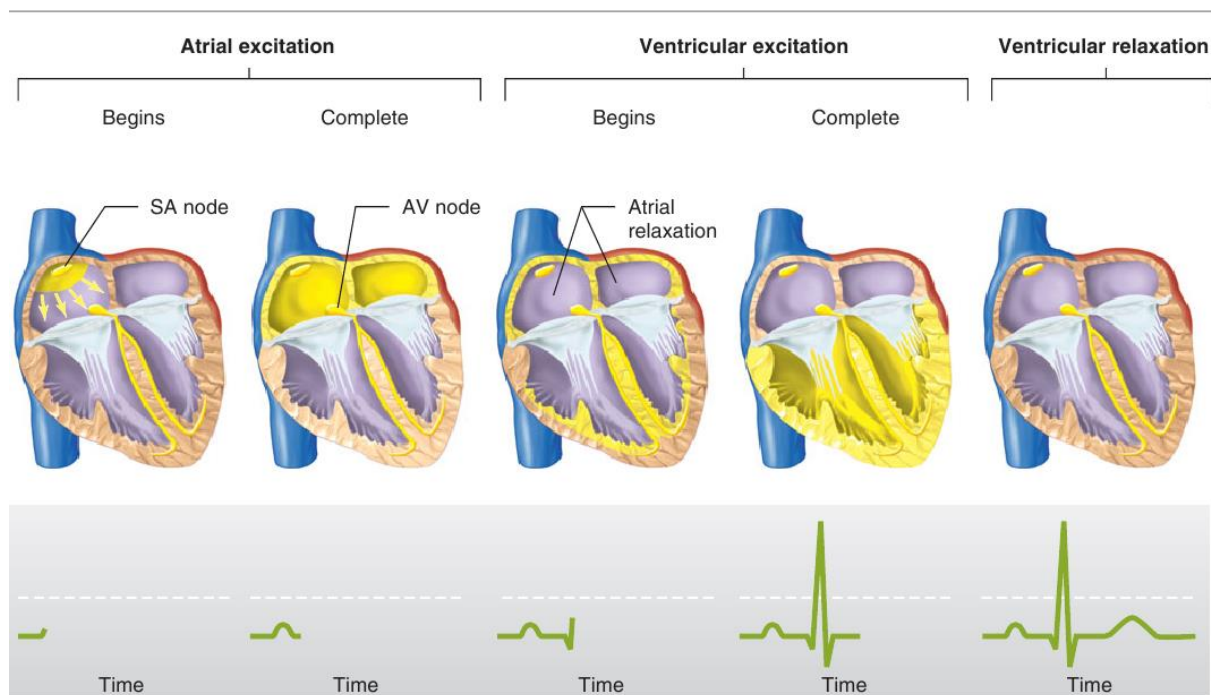
Standardně se používá 6 hrudních svodů, které se označují $V_1 - V_6$. Aktivní elektrody jsou v jednotlivých svodech umístěny na hrudníku (viz. postup práce). Indiferentní elektroda je ve všech hrudních svodech stejná. Je vytvořena propojením tří končetinových elektrod a nazývá se centrální nebo Wilsonova svorka (W).



Křivka EKG

Standardní 12-svodové EKG zahrnuje šest končetinových elektrod a šest hrudních, to znamená, že použijeme 10 elektrod (3 končetinové elektrody, 6 hrudních elektrod a jednu zemnicí elektrodu). U zdravého člověka většinu výpočtů provádíme ve II svodu.





P vlna

P vlna reprezentuje depolarizaci předsíní. Atriální depolarizace šíří z SA uzlu k AV uzlu, a z pravé síně do levé síně.

QRS komplex

Komplex QRS představuje rychlou depolarizaci pravé a levé komory. Tyto komory mají velkou svalovou hmotu ve srovnání s předsíní, takže komplex QRS má obvykle mnohem větší amplitudu než P vlna.

T vlna

T vlna reprezentuje repolarizaci komor. Fyziologicky je konkordantní (stejná polarita jako největší kmit QRS komplexu).

