

EKG – Elektrokardiografie

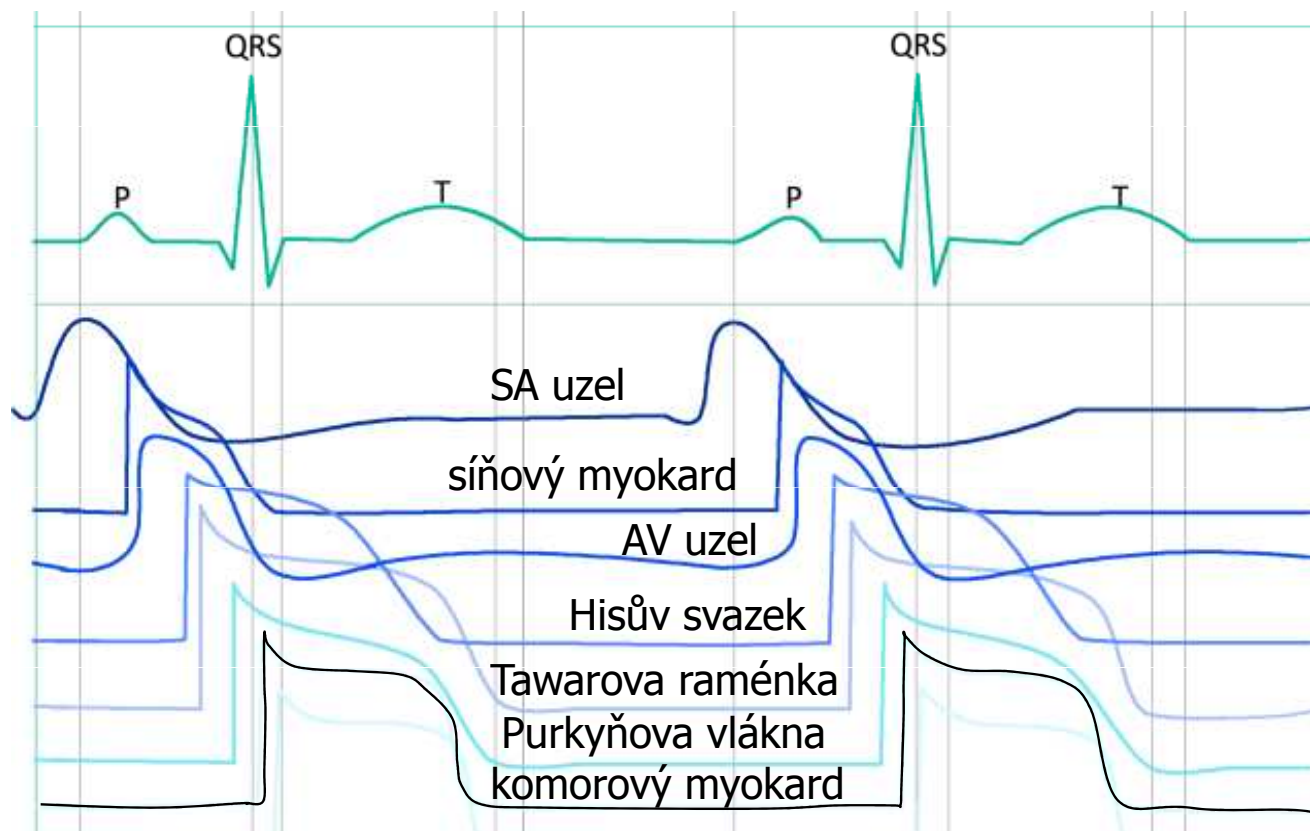
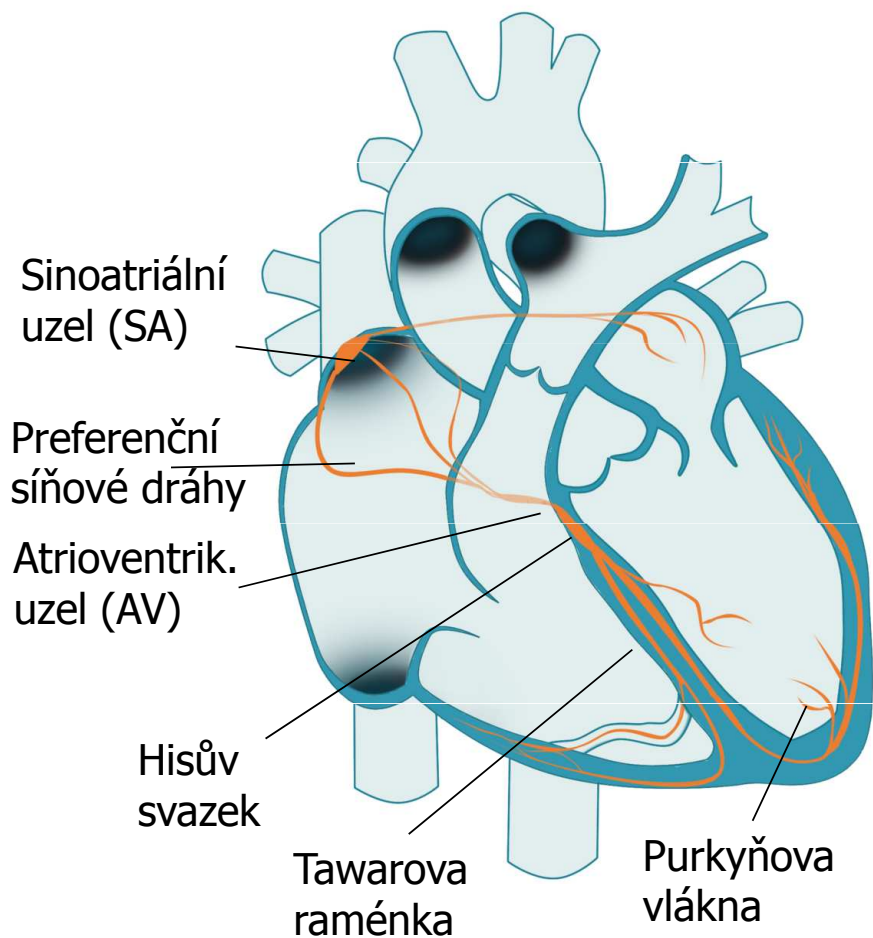
Praktické cvičení z fyziologie (jarní semestr: 4. – 6. týden)

Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

Elektrokardiografie

- Definice: záznam elektrické aktivity srdce z povrchu těla (záznam el. aktivity srdce se dá pořádit i z jícnových svodů nebo samotného povrchu srdce, ale tyto metody jsou používána jiná pojmenování)
- Pojmy
 - převodní systém srdce
 - potřeby pro záznam EKG
 - končetinové a hrudní svody
 - unipolární a bipolární svody
 - srdeční vektor, elektrická osa srdce

Převodní systém srdeční

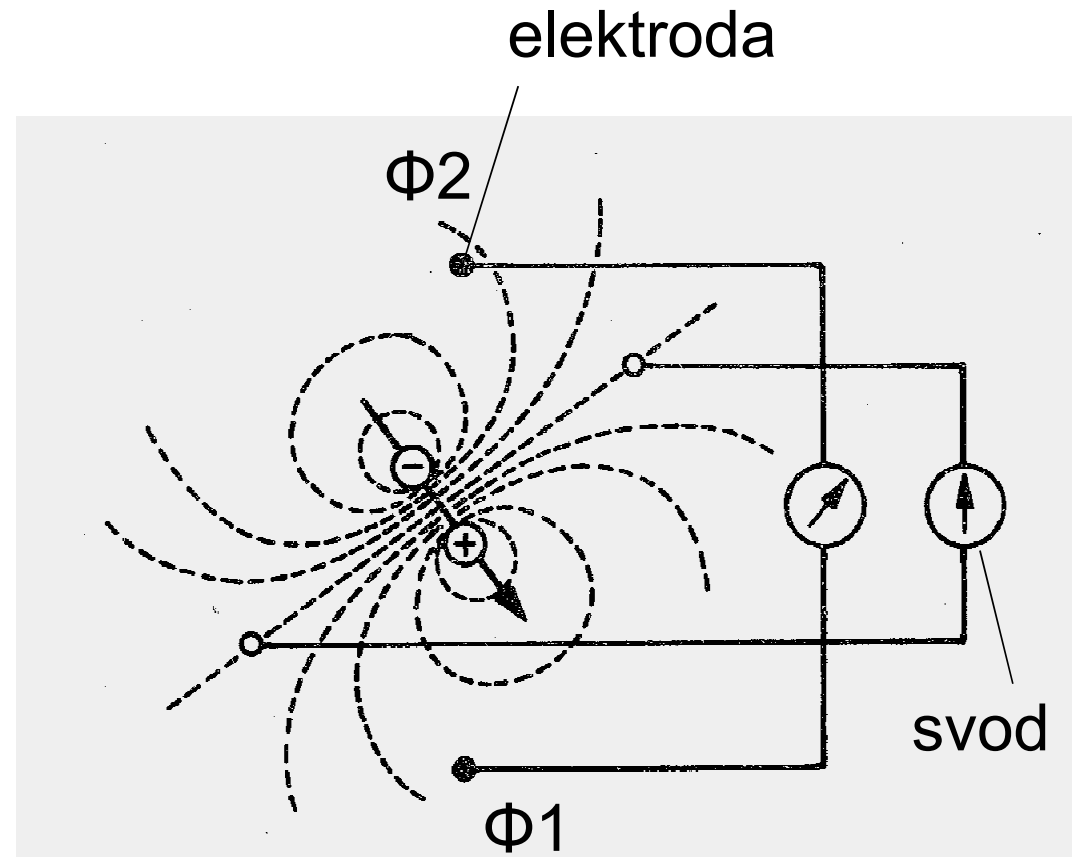


Převodní systém srdeční

- Funkce: Rytmičké vytváření AP a preferenční vedení vzruchu
 - Síně jsou od komor oddělené nevodivou vazivovou přepážkou – jediná cesta přes AV
 - Sinoatriální uzel (SA) – vlastní frekvence 100 bpm (většinou pod tlumivým vlivem parasymptiku), rychlost vedení 0,05 m/s
 - Preferenční internodální síňové spoje – rychlost vedení vzruchu 0,8 – 1 m/s
 - Atrioventrikulární uzel – jediný vodivý spoj mezi síněmi a komorami, vlastní frekvence 40 – 55 bpm, rychlost vedení jen 0,05 m/s (nodální zdržení)
 - Hisův svazek – rychlost vedení 1 – 1,5 m/s
 - Tawarova raménka – rychlost vedení 1 – 1,5 m/s
 - Purkyňova vlákna – rychlost vedení 3 – 3,5 m/s
- } vlastní frekvence 20 – 40 bpm, mají pomalou spontánní depolarizaci, která je tak pomalá, že na obrázcích není moc patrná
- Sinusový rytmus – vzruch začíná v SA uzlu
 - Junkční rytmus – vzruch se tvoří v AV uzlu nebo Hisově svazku
 - Terciální (komorový) rytmus – vzruch je tvořen od Hisova svazku dále
 - Aktivace komorového myokardu – z vnitřní strany k vnější, výrazně synchronizovaná, určená příchodem vzruchu
 - Repolarizace komorového myokardu – opačným směrem, méně ostrá, repolarizační ostrůvky, určená buňkami samotnými
 - Pozn: vlastní frekvence je frekvence vzniku AP neovlivněná nervovým a hormonálním řízením

Elektrický dipól

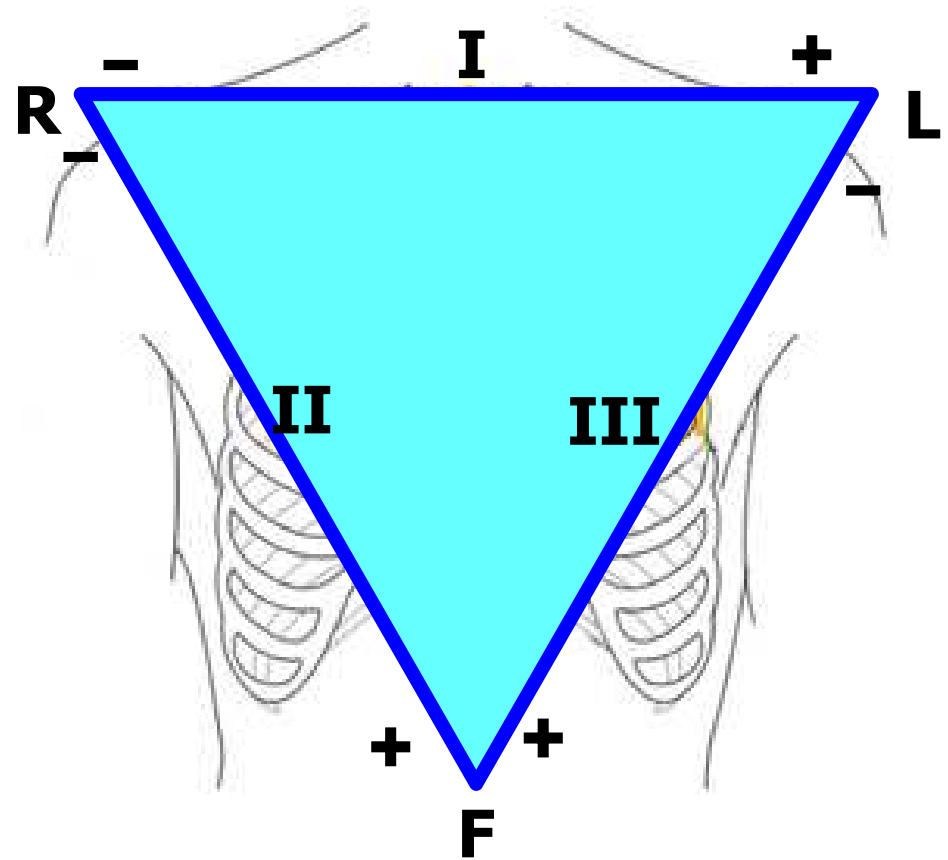
- Elektroda: snímá elektrický potenciál (Φ)
- Elektrický svod: spojení dvou elektrod
- Snímá napětí mezi elektrodami
- Napětí: rozdíl el. potenciálů ($V = \Phi_1 - \Phi_2$)



Einthovenův trojúhelník

(standardní, končetinové, bipolární svody)

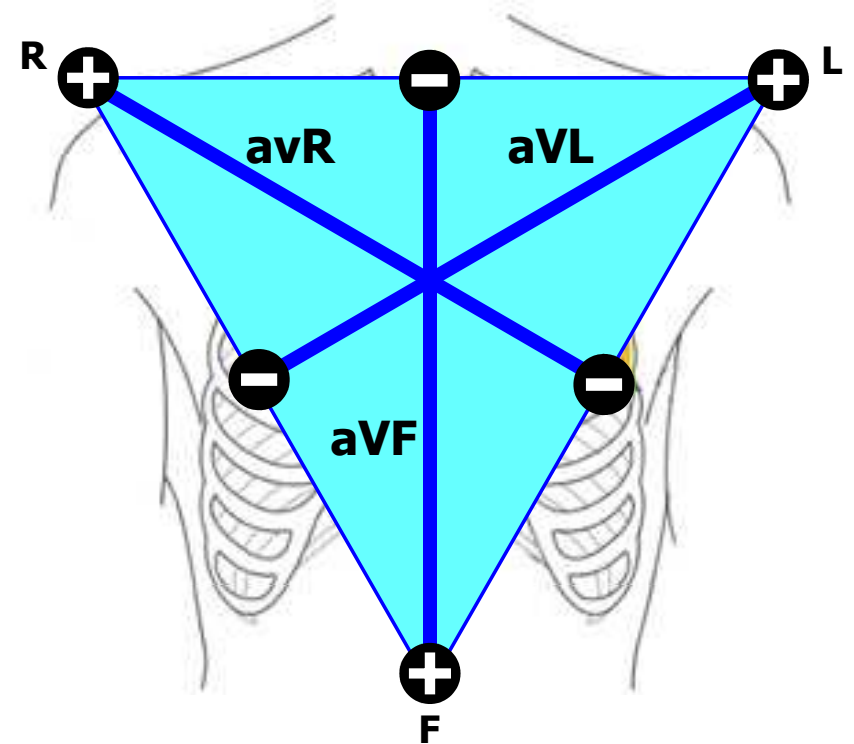
- Bipolární svody:
obě elektrody jsou aktivní
(obě mají proměnný el. potenciál)
- Barvy elektrod:
R: červená, L: žlutá, F: zelená



Goldbergerovy svody

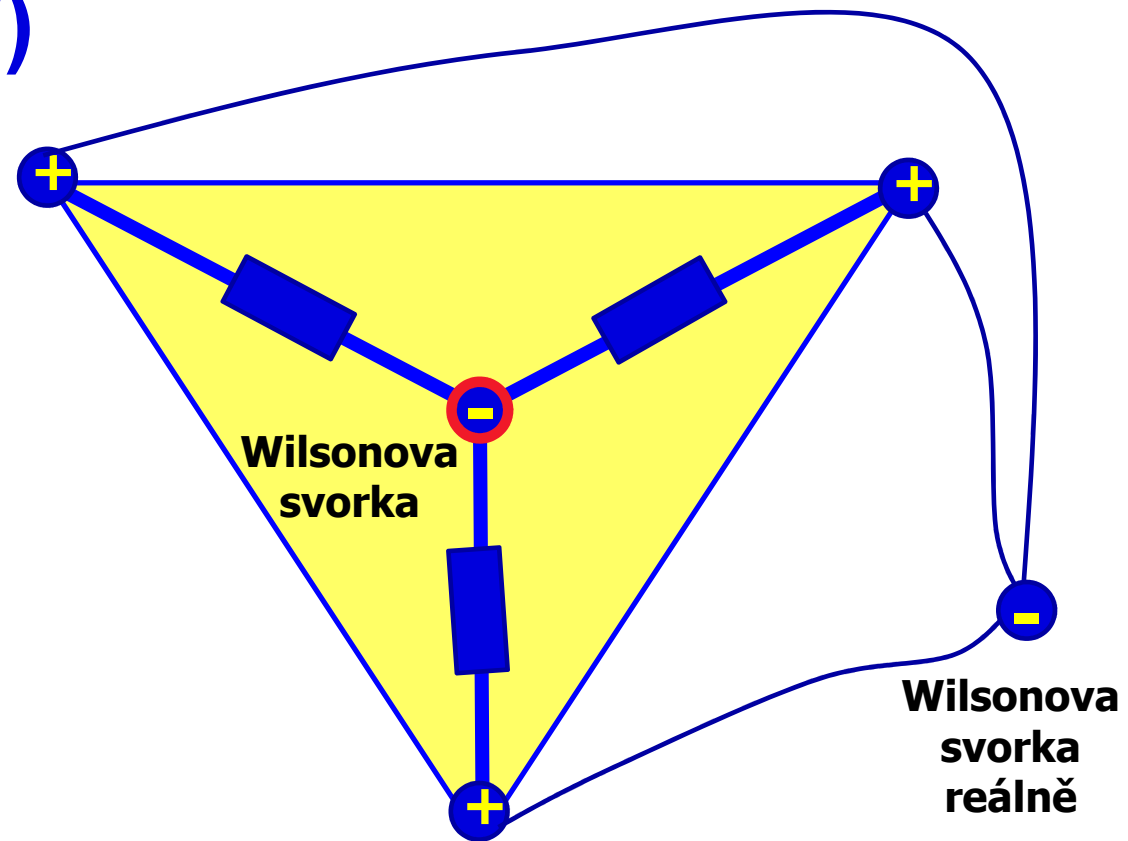
(augmentované, končetinové, unipolární svody)

- Unipolární svody:
jedna elektroda je aktivní (proměnný el. potenciál) a druhá je neaktivní (konstantní el. potenciál, obvykle 0 mV)
- Aktivní elektroda je vždy kladná



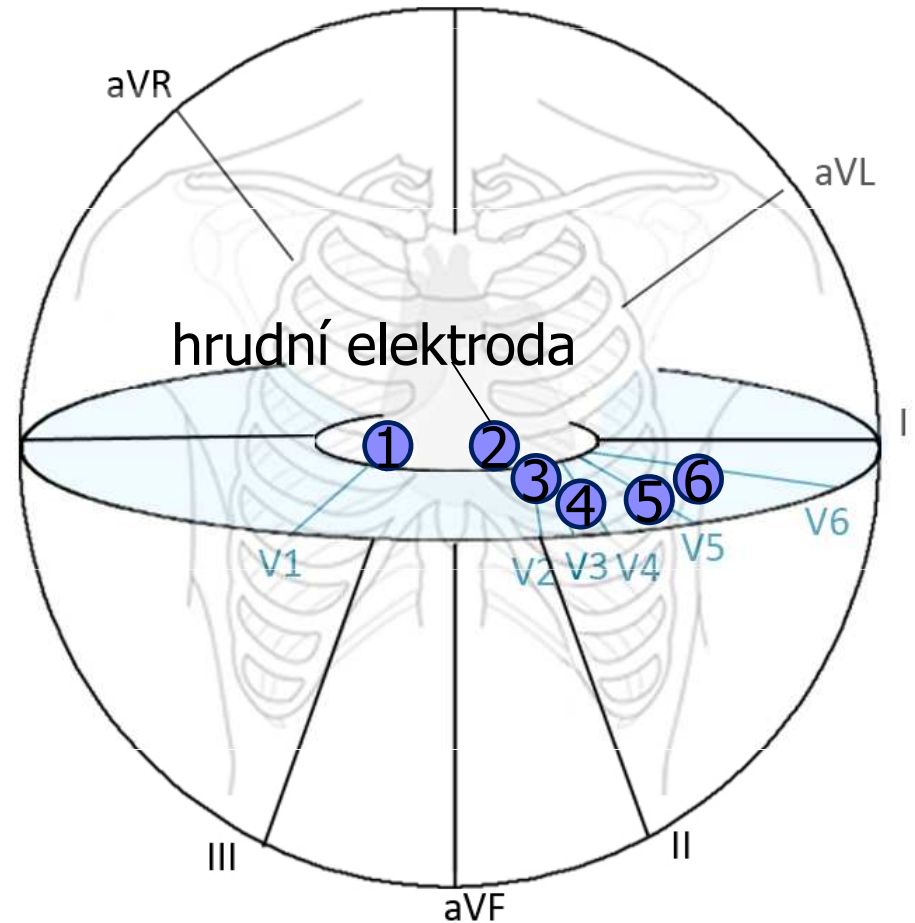
Wilsonova svorka (W)

- Vzniká spojením končetinových elektrod přes odpory
- elektricky představuje střed srdce (reálně je vyvedena stranou nebo dopočítána)
- Neaktivní elektroda (konstantní potenciál)



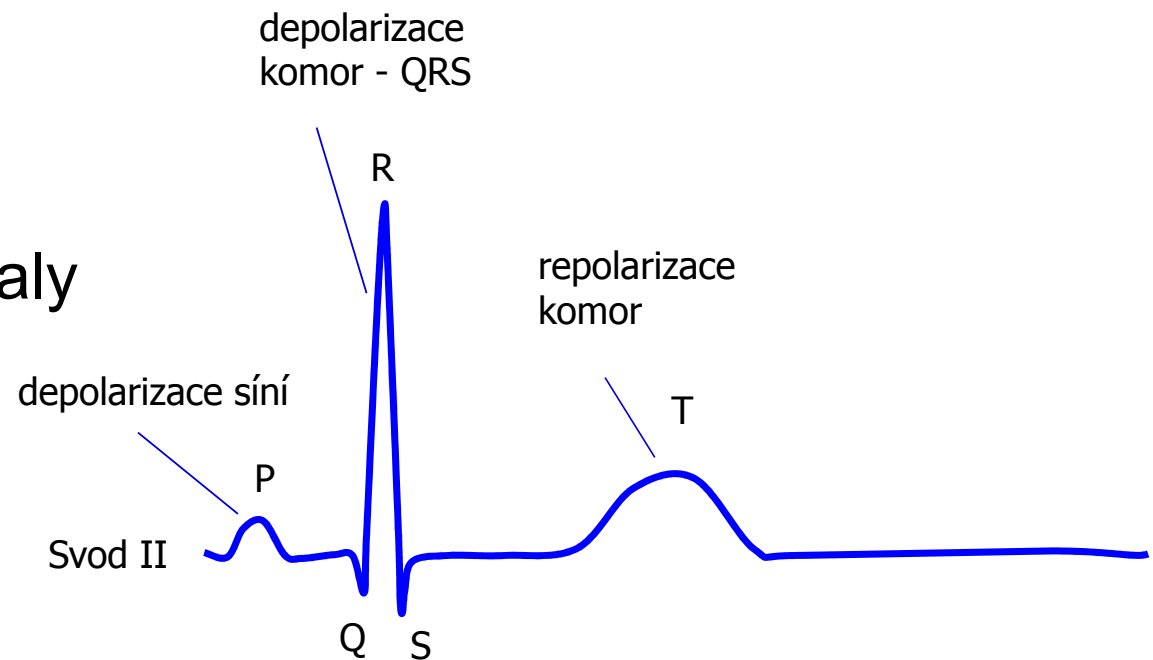
Hrudní svody

- Hrudní svod: spojení hrudní elektrody a Wilsonovy svorky
- Unipolární svody: aktivní je hrudní elektroda (kladná) a neaktivní je Wilsonova svorka (el. potenciál 0 mV)



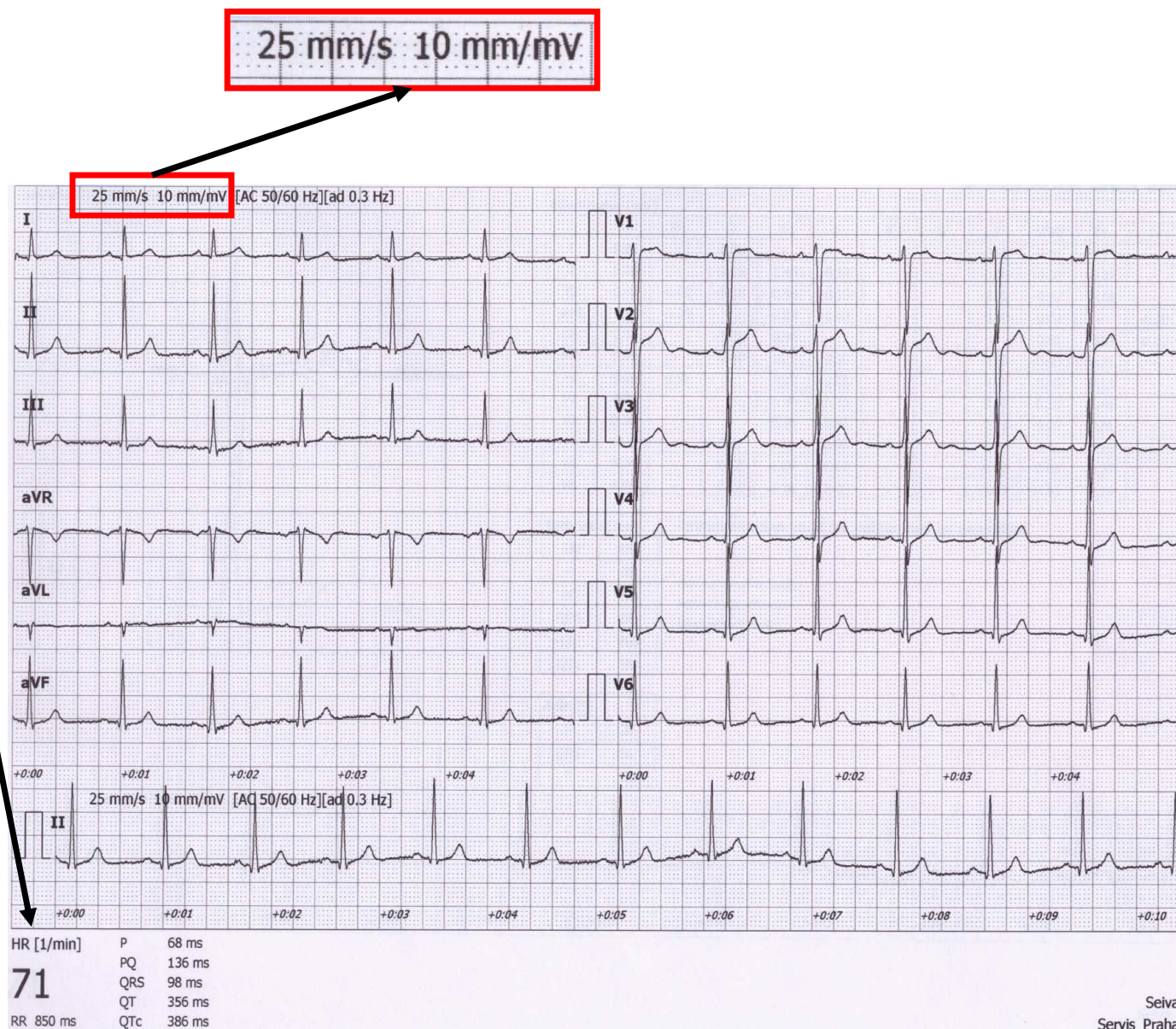
Rozměření EKG

1. Srdeční akce
2. Srdeční rytmus
3. Srdeční frekvence
4. Vlny, kmity, úseky a intervaly
 - P vlna
 - PQ interval
 - QRS komplex
 - ST úsek
 - T vlna
 - QT interval
5. Elektrická osa srdeční



Rozměření EKG

- Milimetrový papír pomůže v rychlém rozměření
 - Podívejte se, jaká je rychlost posunu papíru (zde 25 mm/s)
 - Kontrolní otázka: kolik ms je jeden mm?
 - Hodí se vědět, i kolik mV je jeden mm
- Samozřejmě, počítač dnes již dokáže vyplivnout výsledky, aniž byste nad tím museli přemýšlet. Ale nikdy bezhlavě nevěřte počítači. Výpočet je závislý na kvalitě signálu. Pokud nedoléhají elektrody, hýbe se vám pacient atd, vzniklé artefakty v signálu snadno počítač zmatou. Ale Vás to zmást nemá 😊



1) Srdečné akce

- Pravidelnost vzdáleností mezi QRS komplexy – RR intervaly
- Spočítejte rozdíl: RR – průměrné RR
(stačí, když si vyberete nejkratší a nejdelší RR v záznamu)
- Pravidelná akce: rozdíl $< 0,16$ s
- Nepravidelná akce: rozdíl $> 0,16$ s
 - Obvykle patologická
 - Pozor na významnou sinusovou respirační arytmií – tak je naopak velmi fyziologická. Pokud si nejste jistí, poproste pacienta, ať zadrží dech.
- Pozn: je-li přítomná jedna extrasystola, ale jinak je akce pravidelná, tak ji za pravidelnou označujeme



2) Srdeční rytmus

- Srdeční rytmus se určuje podle zdroje akčních potenciálů, které vedou k **depolarizaci komor**

depolarizace komor je klíčová, protože ta určuje srdeční výdej

- **Sinusový rytmus**

- Vzruch začíná v sinoatriální uzlu
- Na EKG: přítomná vlna P (depolarizace síní), která předchází QRS

- **Junkční rytmus**

- Vzruch vzniká atrioventrikulárním uzlu nebo Hisově svazku, frekvence obvykle 40 – 60 bpm
- Před QRS není přítomná vlna P, QRS má normální tvar (je úzký)
- Srdeční frekvence je nízká
- Depolarizace síní se může na EKG projevit, pokud se vzruch z komor převede na síně
 - vlna je po QRS a má opačnou polaritu, protože probíhá opačným směrem (takže např. ve svodu II bude dolů)

- **Terciální rytmus**

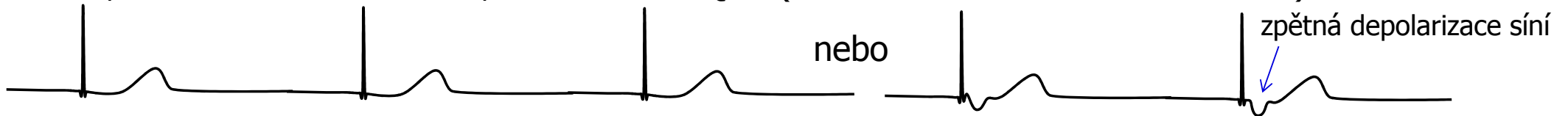
- Vzruch vzniká v dalších částech převodního systému, frekvence 30-40 bpm
- QRS má divný tvar, je širší, protože se v komorách šíří nestandardním směrem

2) Srdeční rytmus

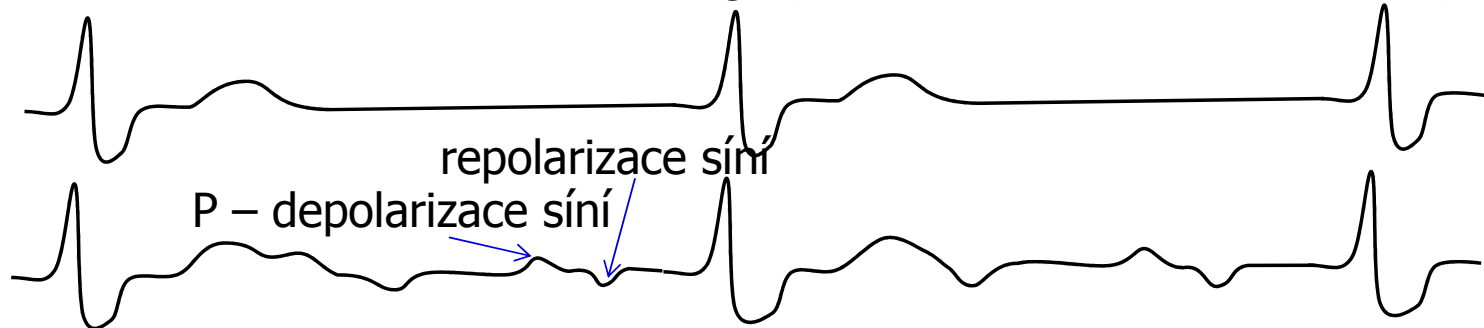
Sinusový rytmus – před každým QRS je přítomna vlna P – vzruch začíná v SA uzlu, ne na něj navázaná depolarizace komor



Junkční rytmus – nejsou přítomné normální vlny P před QRS – vzruch začíná v AV uzlu nebo Hisově svazku, nízká srdeční frekvence, ale normální QRS (v komoře se vzruch šíří normálně)



Terciální (komorový) rytmus – nejsou přítomné vlny normální P vázané na QRS, vzruch začíná někde v komorách – deformované QRS, hodně nízká srdeční frekvence, například AV blok III. stupně



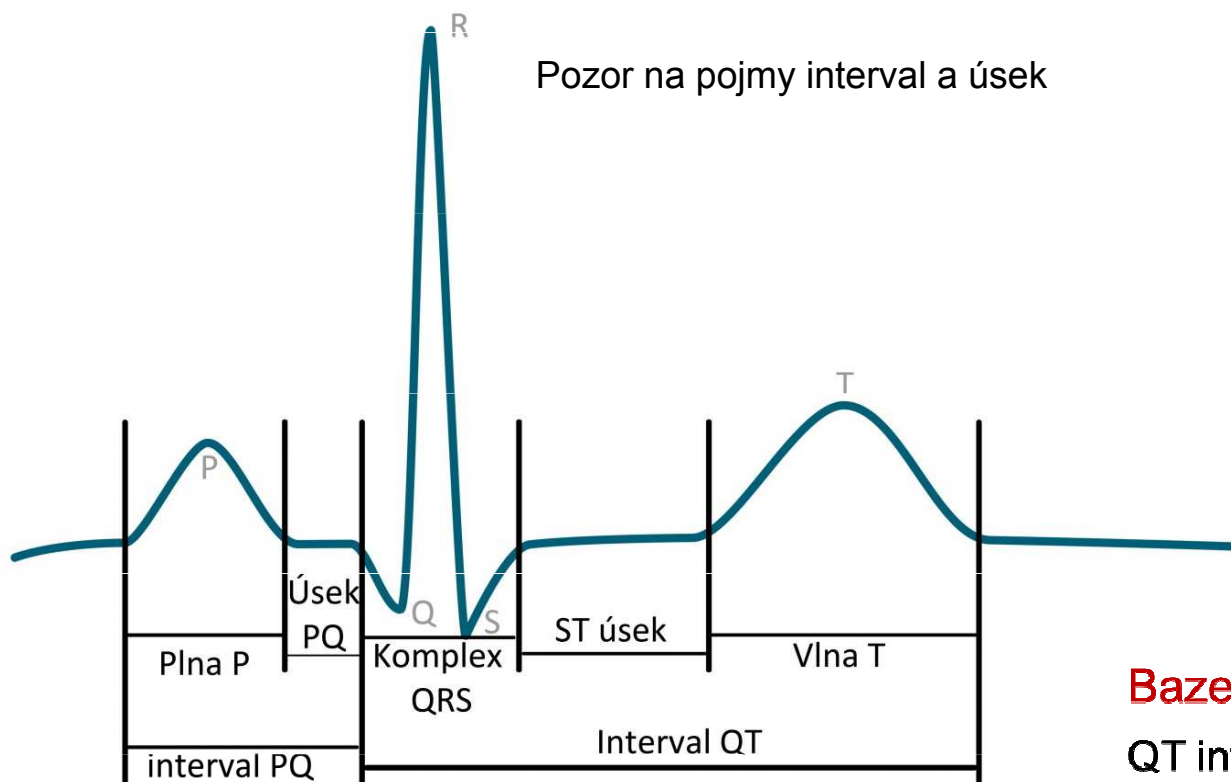
AV blok III. stupně – komory si jedou terciální rytmus, síně si jednou svůj rychlejší rytmus určený SA uzlem, který se ale nepřevádí do komor

3) Srdeční frekvence

- Frekvence stahu komor (protože ta určuje srdeční výdej) na EKG – frekvence depolarizací komor
- HR (heart rate) = $1 / RR$ (jednotky bpm: beat per minute)
- Fyziologická: 60 – 90 bpm v klidu

- Tachykardie: > 90 bpm v klidu
 - Může být sinusová (vyšší aktivita sympatiku, léky, ...)
 - Tachyarytmie: rytmus není sinusový
 - Pokud je $> cca 180$, rytmus s největší pravděpodobností sinusový nebude
- Bradykardie: < 60 bpm
 - Může být sinusová (vyšší aktivita parasympatiku, sportovní bradykardie - fyziologická)
 - Pokud je < 50 bpm, rytmus pravděpodobně sinusový nebude (junkční, komorový)

4) Vlny, kmity, úseky, intervaly



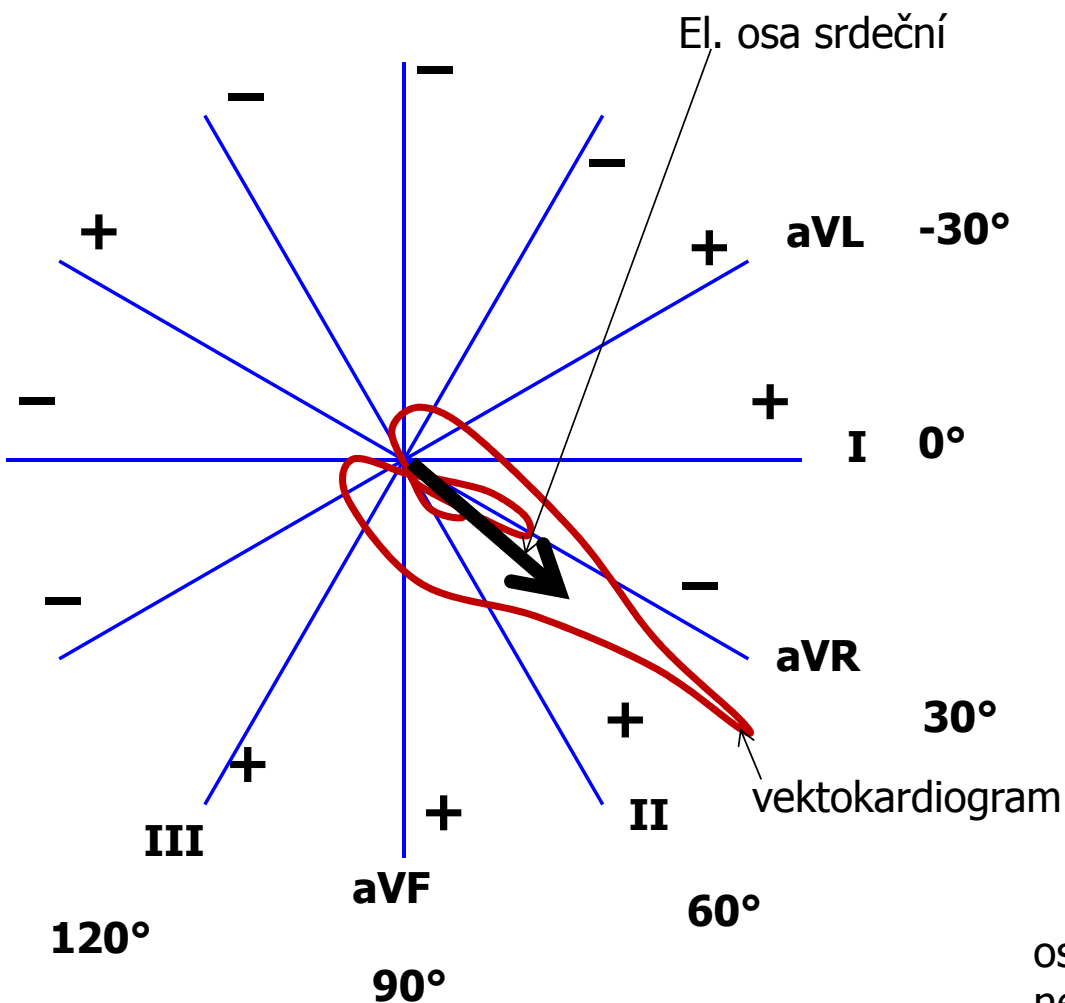
Fyziologický ústav, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Název	Norma
Vlna P	80 ms
Interval PQ (PR)	120-200 ms
Úsek PQ (PR)	50-120 ms
Kmit Q	-
Komplex QRS	80-100ms
Kmit R	-
Kmit S	-
Úsek ST	80-120 ms
Interval QT	< 420ms
Vlna T	160 ms

Bazettova rovnice: $QTc = \frac{QT}{\sqrt{RR}}$

QT interval závisí na délce RR intervalu
– pro standardizaci je nezbytná korekce
QT intervalu na RR interval

5) Elektrická osa srdeční



Elektrická osa srdeční: průměrný směr elektrického vektoru srdečního v průběhu depolarizace komor : QRS komplexu

(Ize určit i pro depolarizaci síní: P, nebo repolarizaci komor: T, ale v praktiku budeme řešit jen depolarizaci komor)

Srdeční osa fyziologicky směřuje dolů, doleva, dozadu – odkazuje na reálné uložení srdce v hrudníku

- Zde řešíme pouze frontální rovinu (končetinové svody)
- Osu k sobě „táhne“ největší hmota depolarizující se svaloviny, tedy hlavně LH. Jakékoliv hypertrofie osu odklání k sobě.

Rozmezí fyziologické:

Střední typ $0^\circ - 90^\circ$

Levý typ $-30^\circ - 0^\circ$

Pravý typ $90^\circ - 120^\circ$

Rozmezí nefyziologické:

Deviace doprava: $> 120^\circ$ (např. hypertrofie PK, dextrokardie)

Deviace doleva: $< -30^\circ$ (např. hypertrofie LK, těhotenství, obezita)

osa je změněna i při blokádě Tawar. ramenek
nebo po IM, chybí el. aktivita části komor

Elektrická osa srdeční - výpočet

- Protože se el. osa týká depolarizace komor ve frontální rovině, k výpočtu použijeme QRS komplexy končetinových svodů: I, II, III
- Spočítáme součet kmitů QRS v těchto svodech. Když je kmit dolů, je záporný. Když je kmit nahoru, je kladný. Využije milimetrového papíru. Velikost kmitu bude v mm.

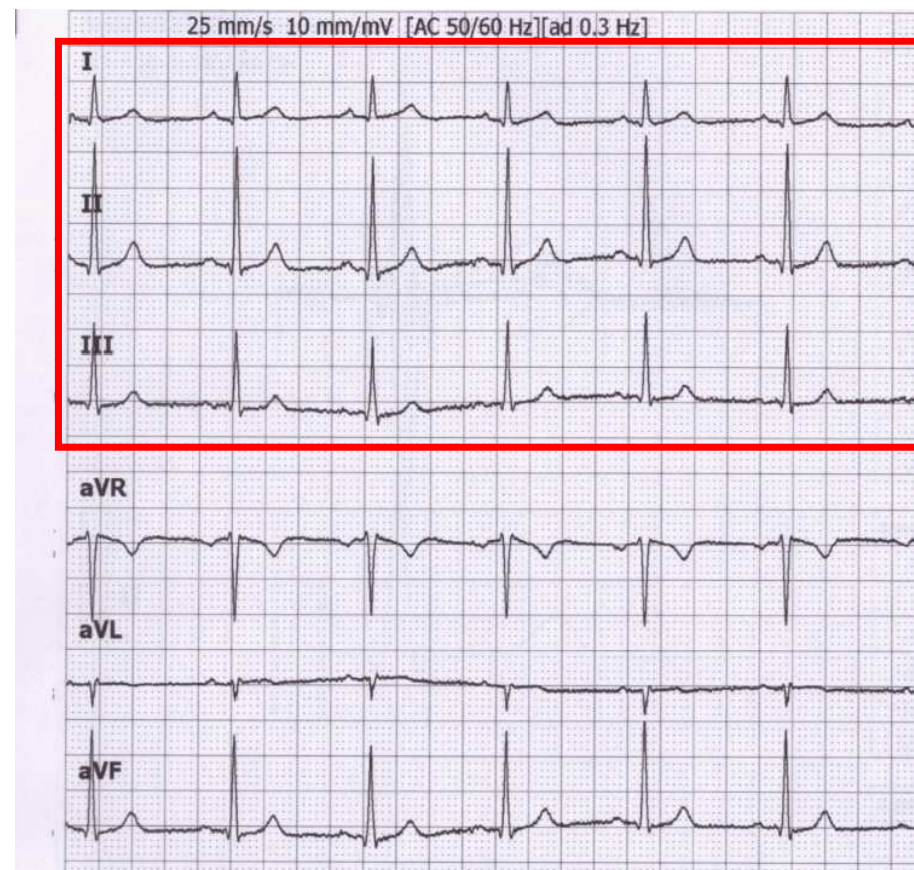
- Svod I: $Q_I = -1$; $R_I = 6$; $S_I = 0$;
 $QRS_I = 5$



- Svod II: $Q_{II} = -1$; $R_{II} = 17$; $S_{II} = -1$;
 $QRS_{II} = 15$

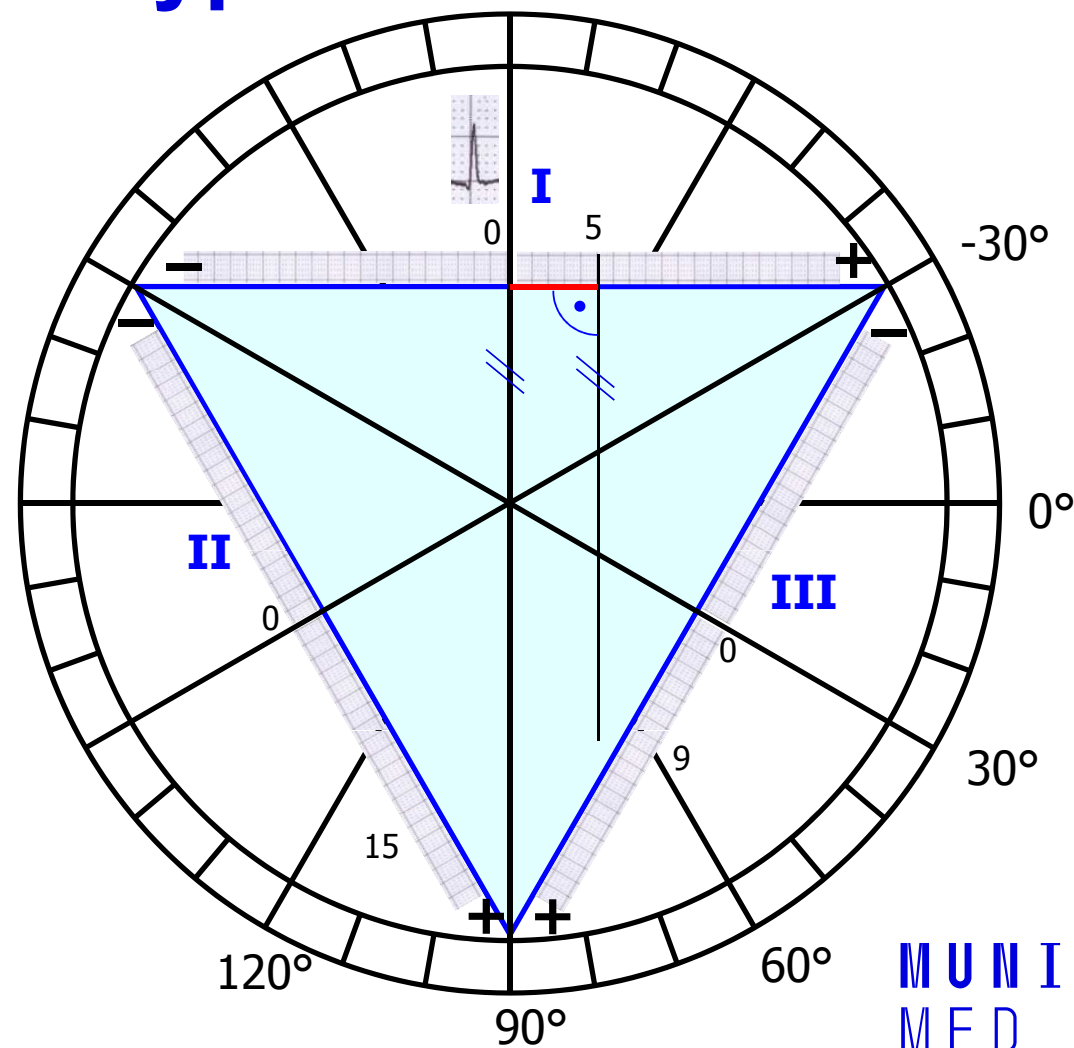


- Svod III: $Q_{III} = 0$; $R_{III} = 10$; $S_{III} = -1$;
 $QRS_{III} = 9$



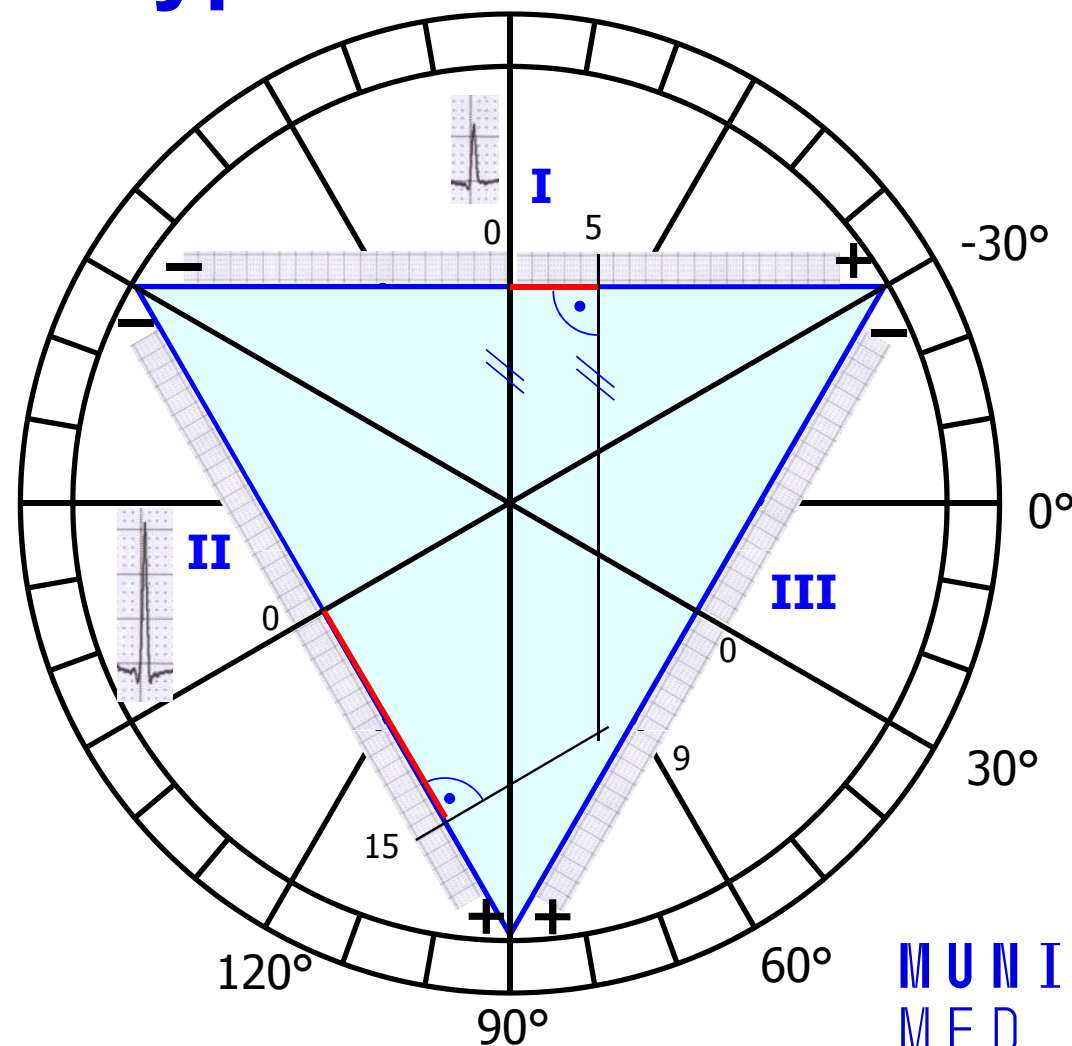
Elektrická osa srdeční - výpočet

- Nakreslete si Einthovenův trojúhelník i s Goldbergerovy svody (těžnicemi)
- Kolem trojúhelníku si vyznačte úhly
- Zakreslení Svodu I:
 - 0 na svodu I je ve středu svodu
 - $QRS_I = 5$, takže od 0 si odměřte 5 mm směrem ke kladné elektrodě, udělejte si značku (nebo jakýchkoliv jiných jednotek, důležité jsou poměry)
 - Pokud by byl součet QRS záporný, tak půjdete směrem k záporné elektrodě
 - Od značky veďte přímkou kolmou na I svod (rovnoběžnou se svodem aVF)



Elektrická osa srdeční - výpočet

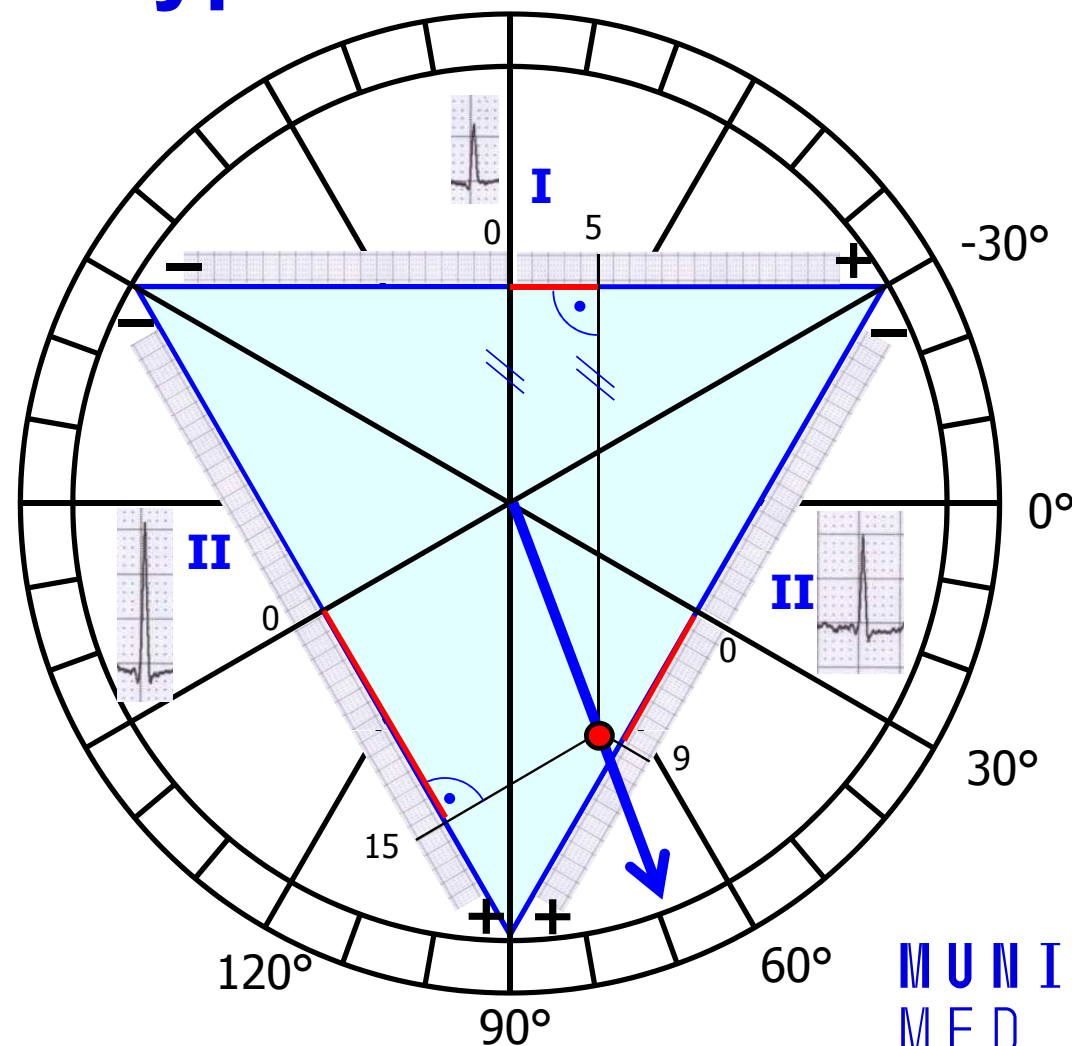
- Zakreslení Svodu II:
 - 0 na svodu II je opět ve středu svodu
 - $QRS_{II}=15$, takže od 0 si odměřte 15 mm směrem ke kladné elektrodě, udělejte si značku (opět, pokud by byl součet QRS záporný, tak půjdete směrem k záporné elektrodě)
 - Od značky veďte přímku kolmou na II svod (rovnoběžnou se svodem aVL)
- Nakreslete šipku, která začíná ve středu trojúhelníku a prochází spojnicí zakreslených přímek



Elektrická osa srdeční - výpočet

- Zakreslení Svodu III:
 - Analogicky pro $QRS_{III}=9$ zakreslíme přímku
- Nakreslete šipku, která začíná ve středu trojúhelníku a prochází spojnici zakreslených přímek
- Tato šipka ukazuje směr elektrické osy srdeční ve frontální rovině
- Pozn. Pro výpočet el. osy stačí logicky jen přímky ze dvou svodů

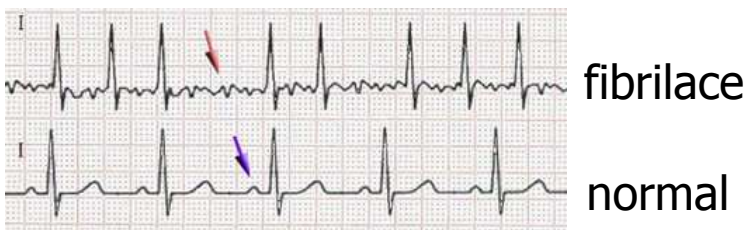
Elektrická osa srdeční pro depolarizaci komor ve frontální rovině je 70°



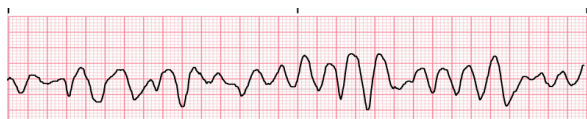
Diagnostické využití EKG

Arytmie: porucha srdečního rytmu

Fibrilace: nesynchronizovaná aktivita kardiomyocytů



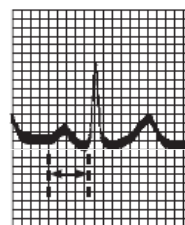
síňová fibrilace
(chybí P, „zubatá“ izolinie, RR nepravidelné, frekvence 80 – 180 bpm)



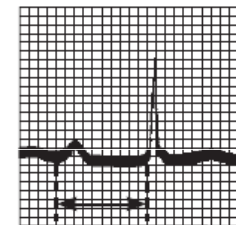
komorová fibrilace
(srdce nefunguje jako pumpa, poškození mozku po 3 – 5 minutách fibrilace)

22

Atrioventrikulární blokáda: porucha převodu vzruchu ze síní na komory



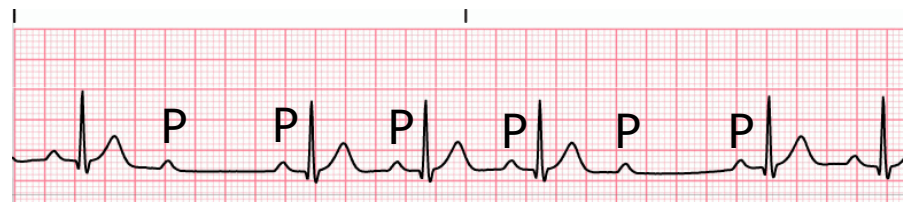
PR = 0.16 s
Normal complex



PR = 0.38 s

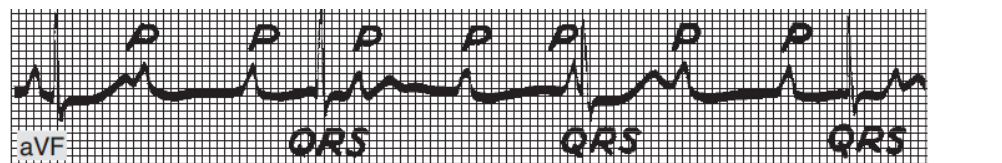
AV blok I. stupně
(prodloužení převodu vzruchu ze síně na komory, prodloužený PQ int.)

AV blok
II. stupně



(některé vzruchy se nepřevodou: výskyt P, po kterých nenásleduje QRS)

AV blok
III. stupně



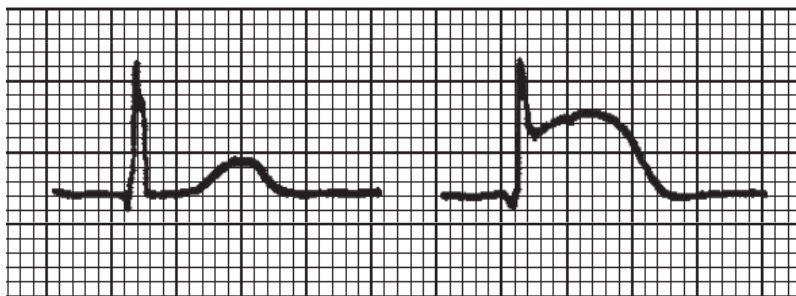
Kompletní blokáda převodu vzruchů ze síní na komory, P a QRS se objevují nesynchronizovaně

Diagnostické využití EKG

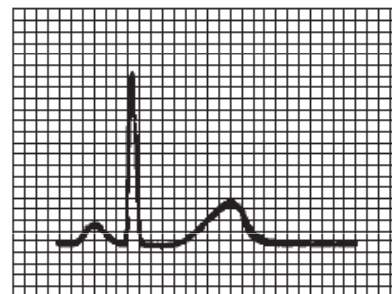
ischemie srdce, infarkt myokardu

A

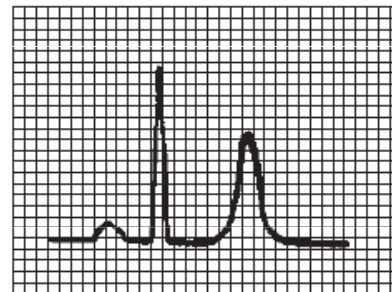
B (elevace ST)



elektrolytová nerovnováha - hyperkalémie



Normal tracing (plasma K^+ 4–5.5 meq/L).



Hyperkalemia (plasma K^+ \pm 7.0 meq/L).

Diagnostické využití EKG

24-hodinové monitorování EKG (Holter)

