MUNI
MED

EKG – Elektrokardiografie

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

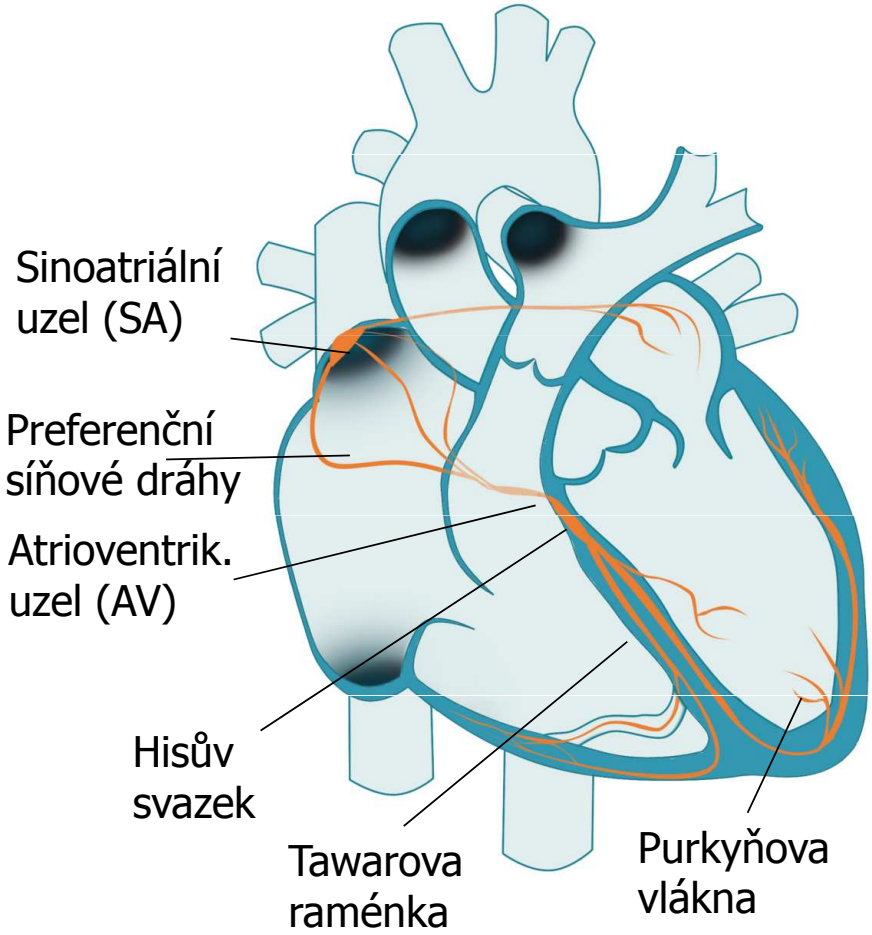
Studijní materiály byly vytvořeny za podpory projektu MUNI/FR/1474/2018

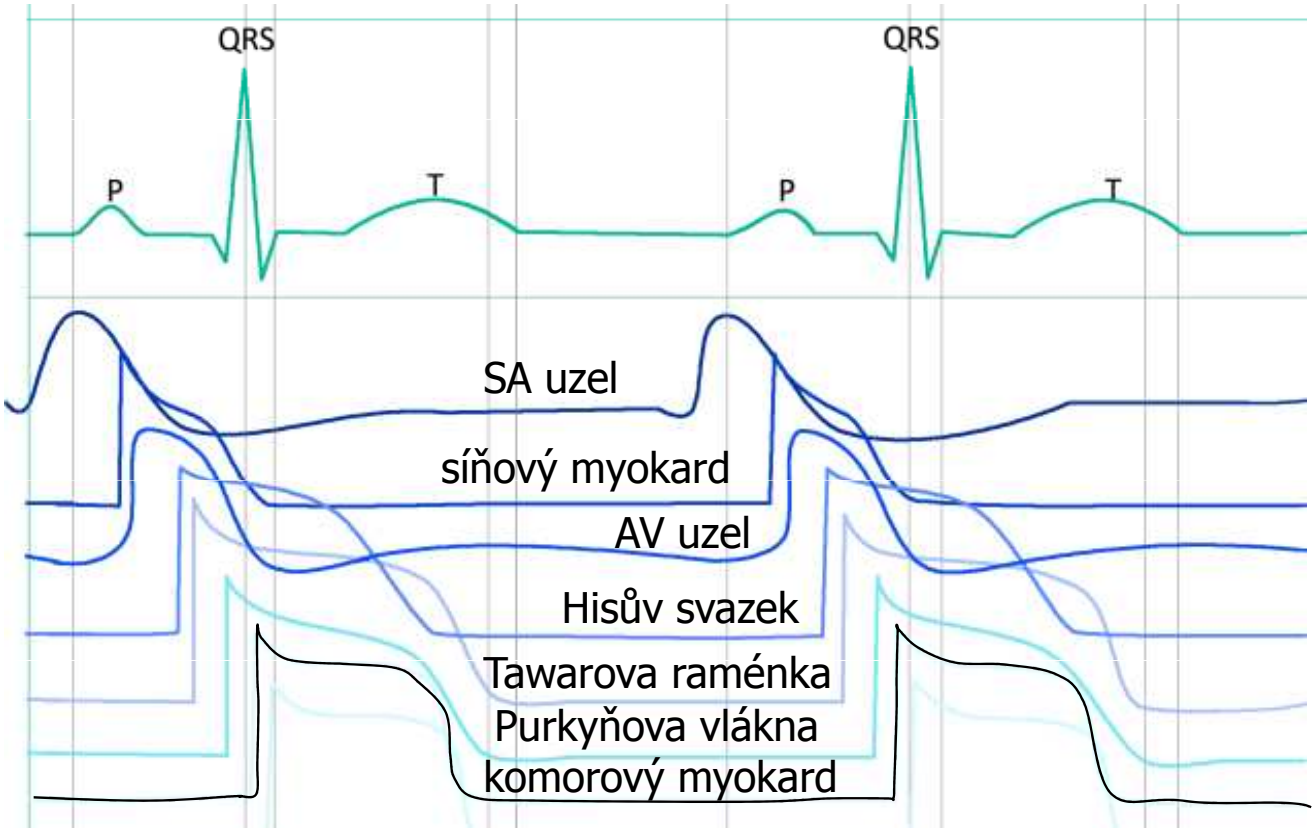
Elektrokardiografie

- Definice: záznam elektrické aktivity srdce z povrhu těla
  (záznam el. aktivity srdce se dá pořídit i z jícnových svodů nebo samotného povrchu srdce, ale tyto metody jsou požívána 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

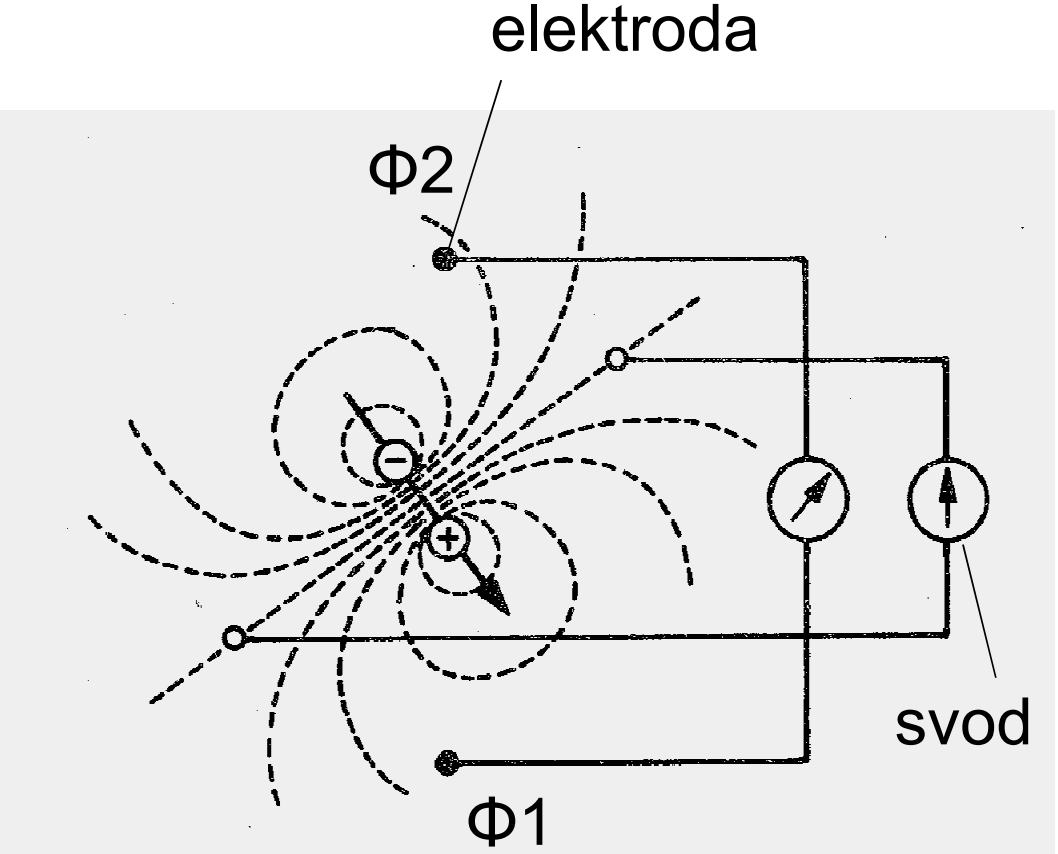




MUNI MED

Elektrický dipól

- Elektroda: snímá elektrický potenciál (Φ)
- Elektrický svod: spojení dvou elektrod
- Snímá napětí mezi elektrodami
- Napětí: rozdíl el. potenciálů (V= Φ1- Φ2)

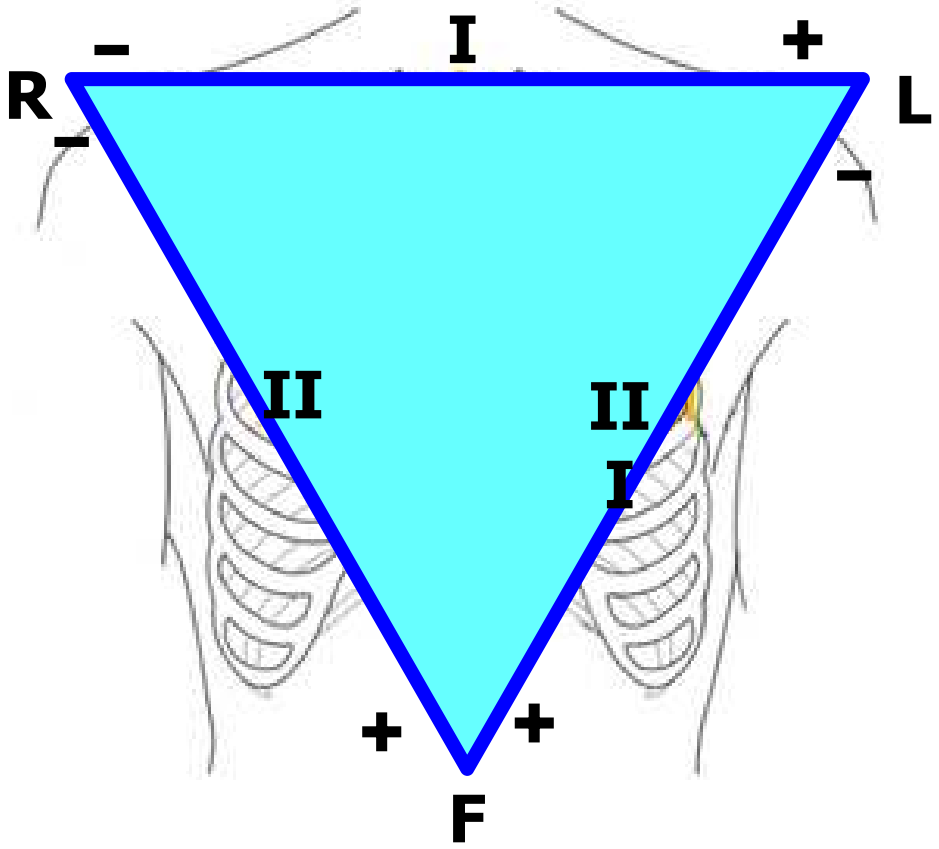


MUNI MED

Einthovenův trojúhelník

(standardní, končetinové, bipolární svody)

– Bipolární svody:
obě elektrody jsou aktivní
(obě mají proměnný el. potenciál)

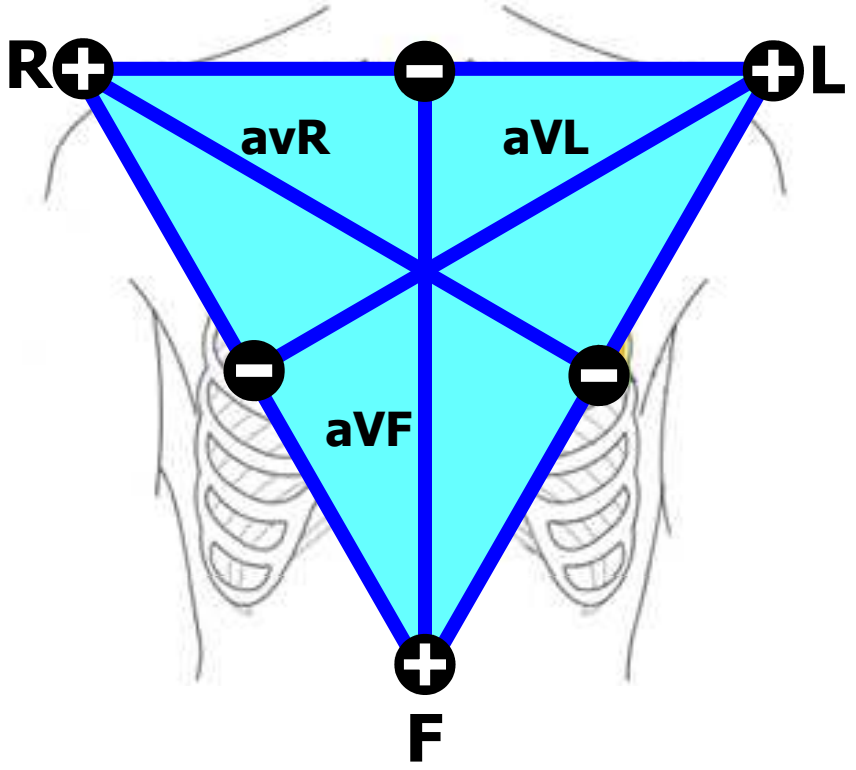


Goldbergerovy svody

(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

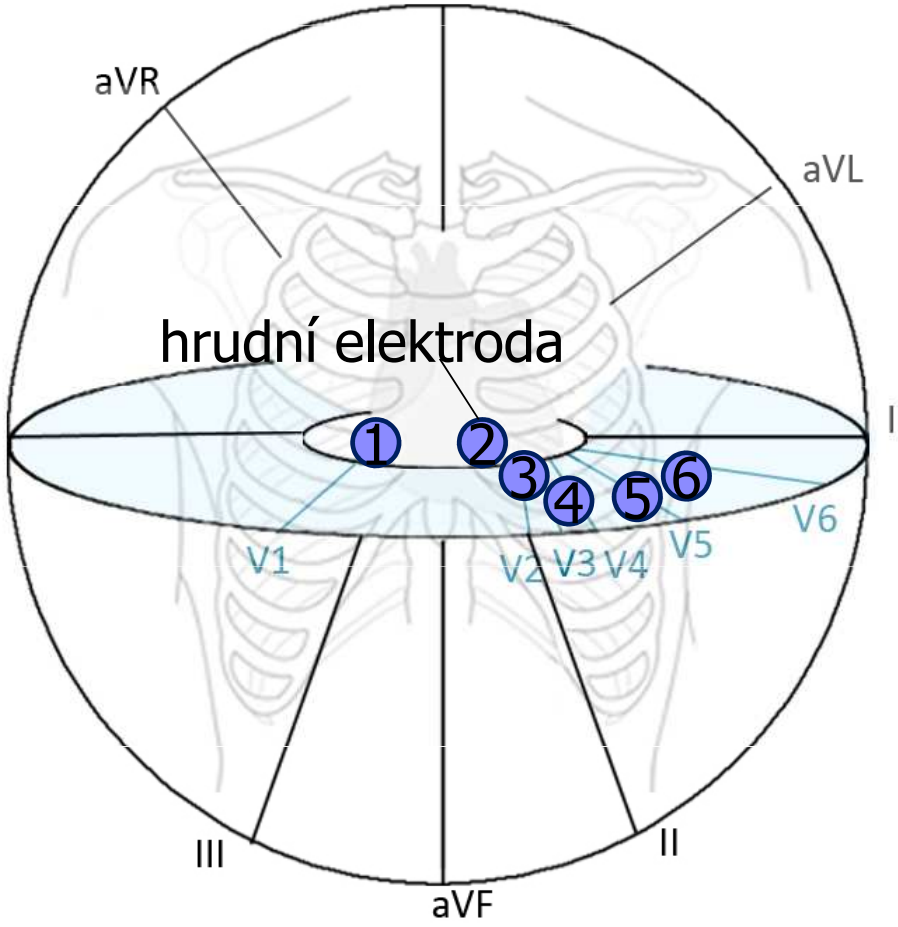


MUNI MED

Hrudní svody

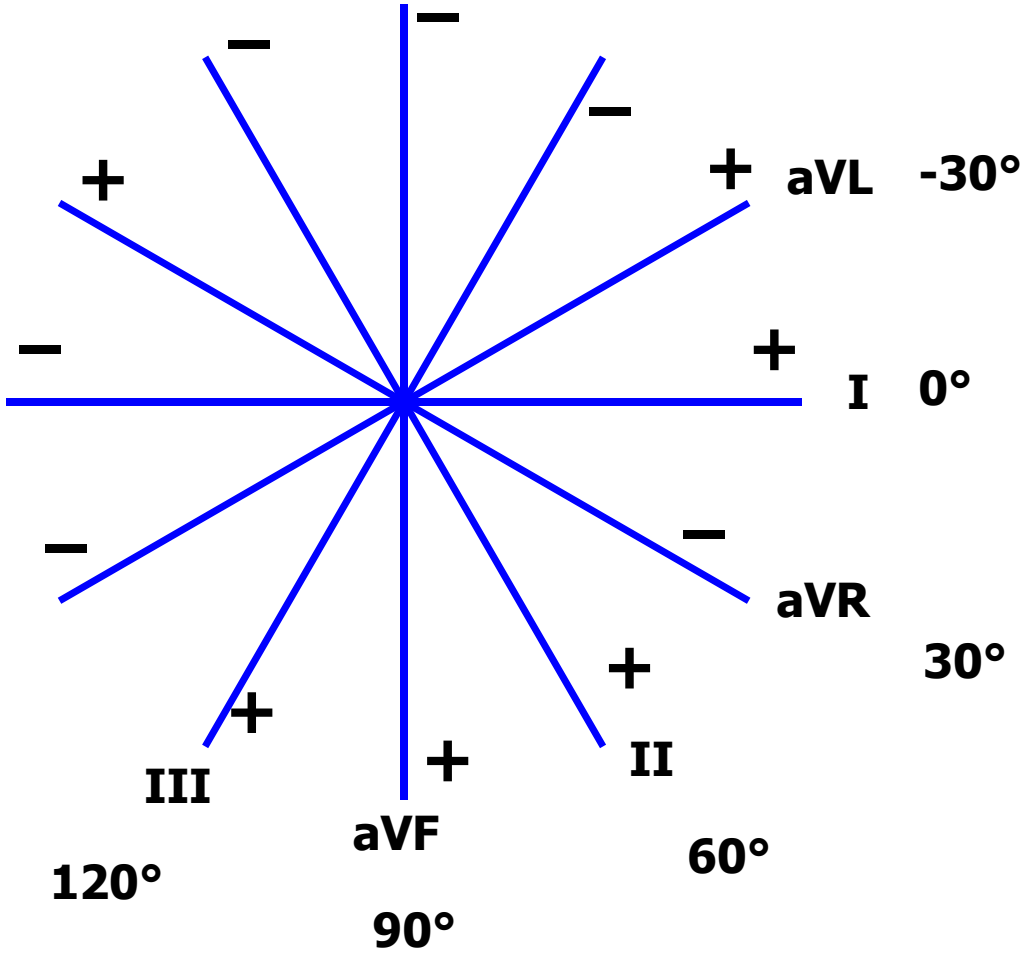
- Hrudní svod: spojení hrudní elektrody a Wilsonovy svorky

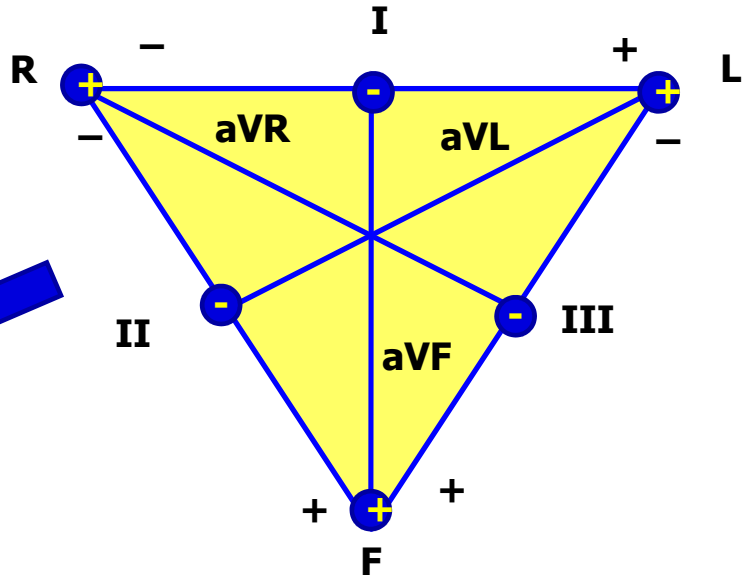
- Unipolární svody:
  aktivní je hrudní elektroda (kladná) a neaktivní je Wilsonova svorka (el. potenciál 0 mV)



MUNI MED

Svody podle Cabrery

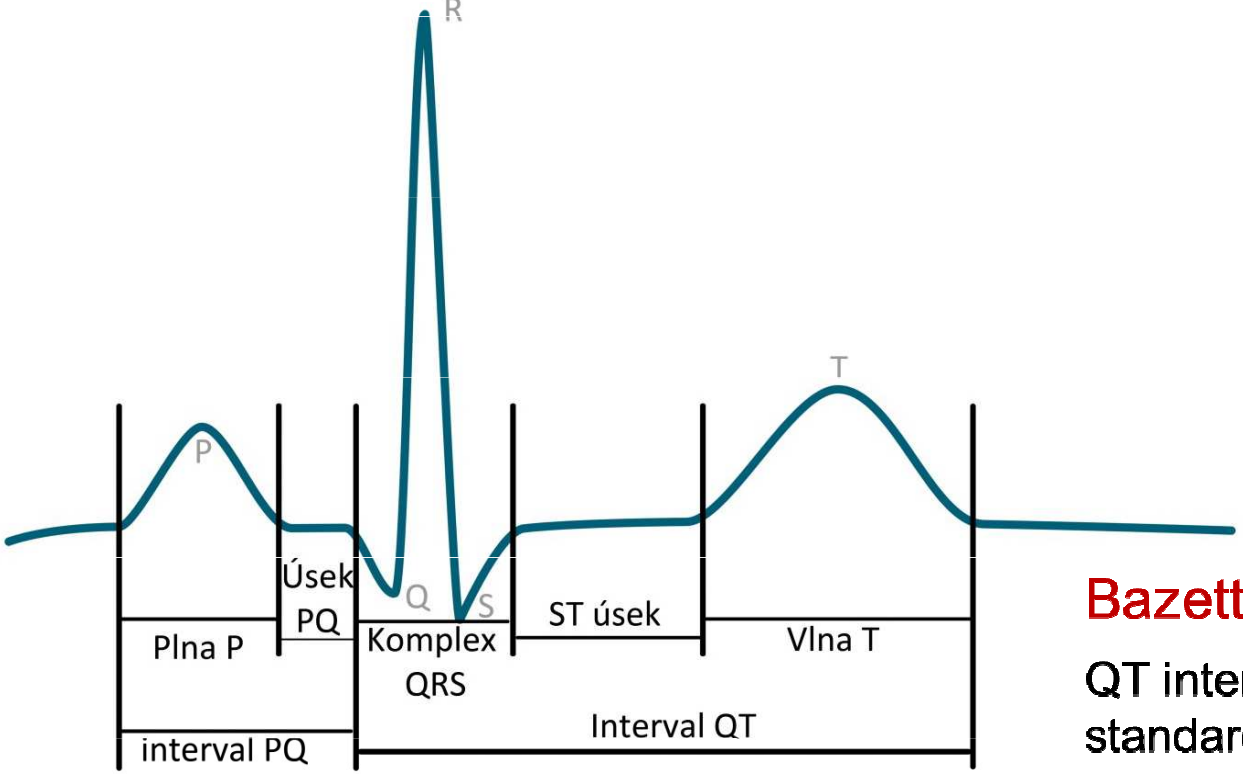




MUNI MED

Rozměření EKG

Pozor na pojmy interval a úsek



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

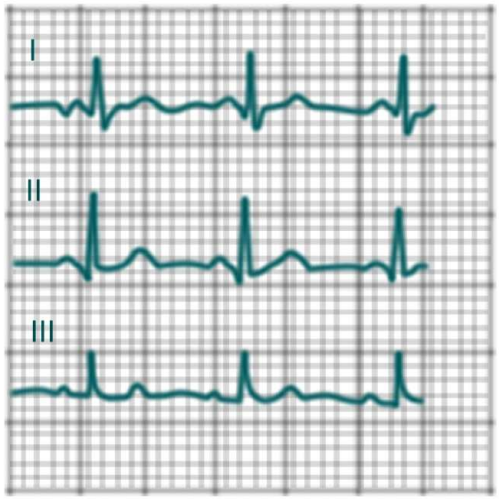
QT interval závisí na délce RR intervalu – pro standardizaci je nezbytná korekce QT intervalu na RR interval

MUNI MED

Elektrická osa srdeční

Průměrná výchylka komplexu QRS v každém svodu

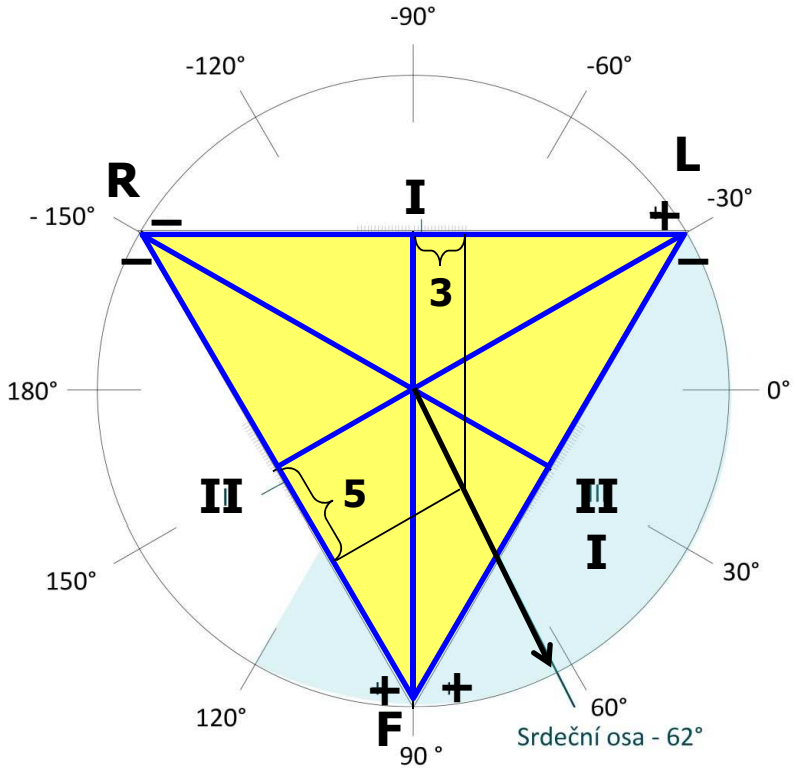
1. Nalezení I,II a III svodu



2. Suma QRS komplexu (suma kladných a záporných malý čtverců od izolinie).

I	II	III
Q = -1 R = 5 S = -1	Q = - 1 R = 6 S = 0	Q = 0 R = 4 S = 0
3	5	4

3. Zakreslení sum do trojúhelníku

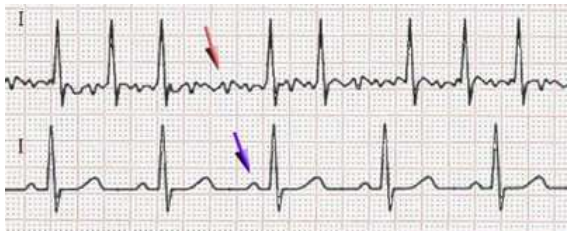


Fyziologické rozmezí: -30° - 110°

Diagnostické využití EKG

Arytmie: porucha srdečního rytmu

Fibrilace: nesynchronizovaná aktivita kardiomyocytů



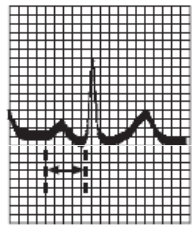
fibrilace

normal

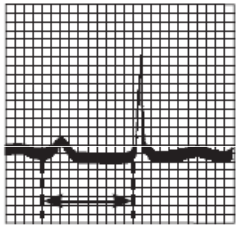
síňová fibrilace
(chybí P, „zubatá" izolinie, RR nepravidelné, frekvence 80 – 180 bpm)

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

Atrioventrikulární blokáda: porucha převodu vzruchu ze síní na komory



PR = 0.16 s
Normal complex



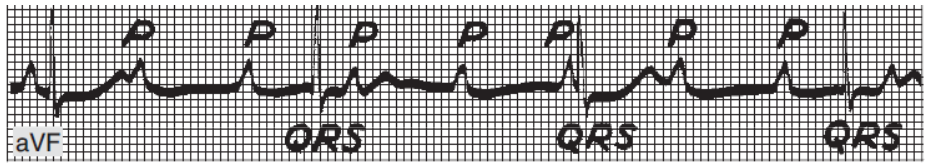
PR = 0.38 s

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

AV blok II. stupně

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

AV blok III. stupně

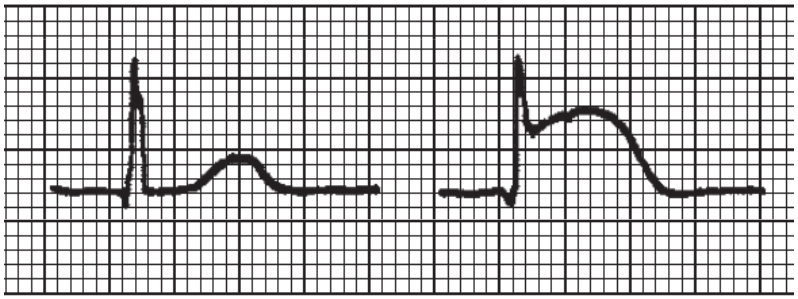


Kompletní blokáda převodu vzruchů ze síní na komory, P a QRS se objevují nesynchronizovaně

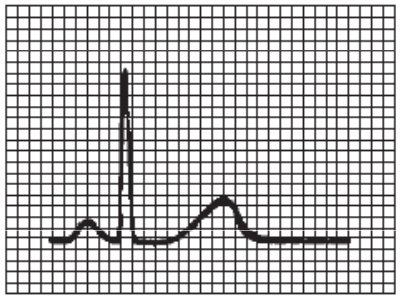
Diagnostické využití EKG

ischemie srdce, infarkt myokardu

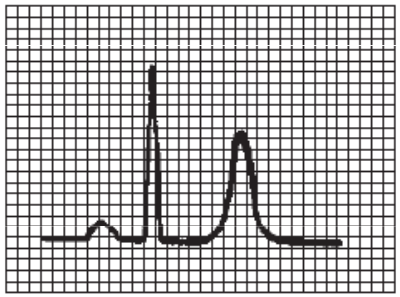
A B (elevace ST)



elektrolytová nerovnováha - hyperkalémie



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

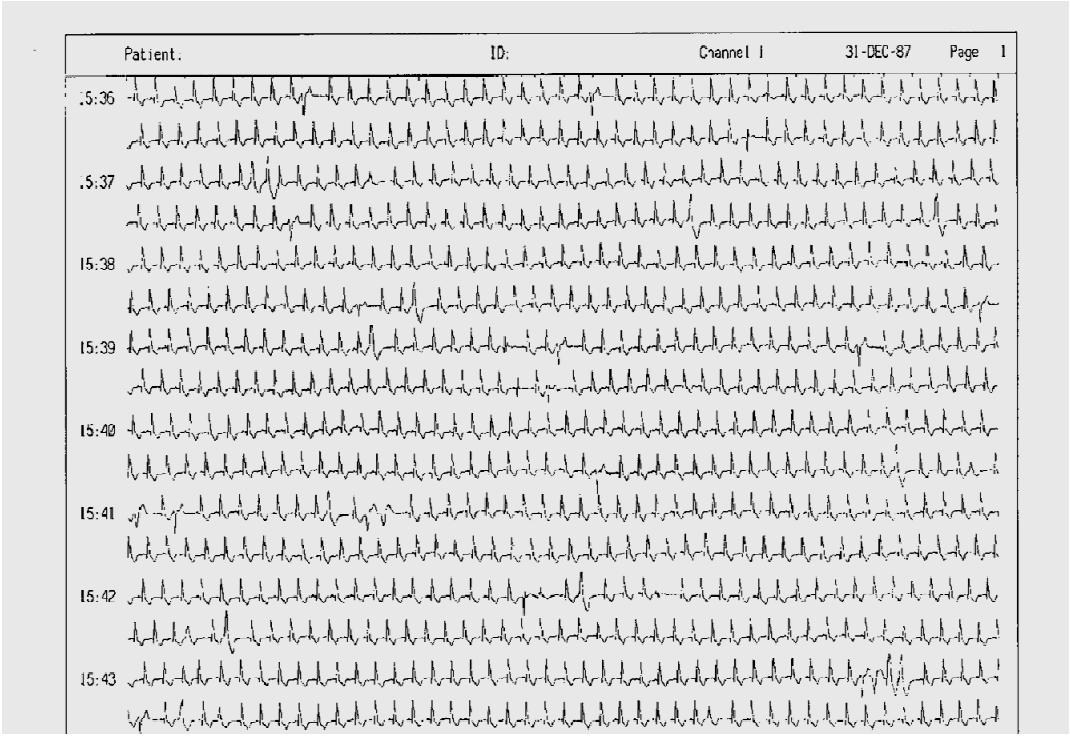


Hyperkalemia (plasma K^+ ±7.0 meq/L).

MUNI MED

Diagnostické využití EKG

24-hodinové monitorování EKG (Holter)



MUNI MED

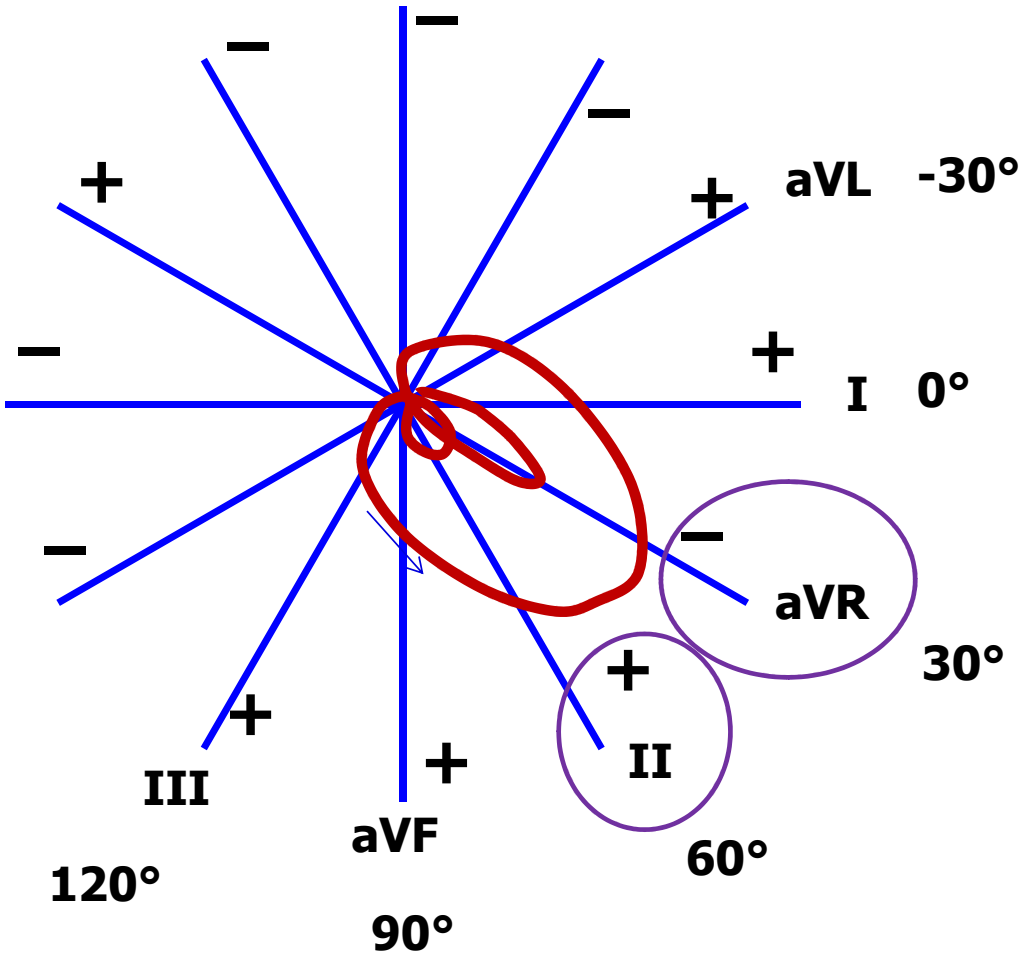
MUNI
MED

Dodatek k EKG

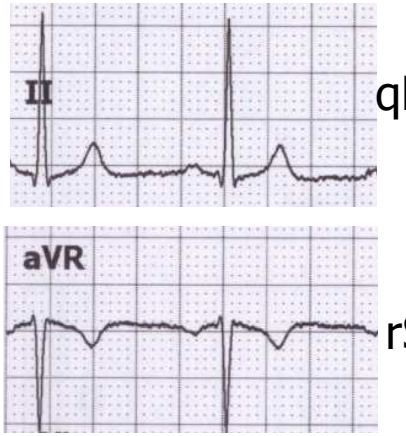
Definice vln a kmitů

Název	Umístění a popis	Fyziologické pozadí	Norma
Vlna P	První kulovitá vlna (Negativní i pozitivní)	Depolarizace síní	80 ms
Interval PQ (PR)	Interval od počátku vlny P po počátek kmitu Q (nebo i R pokud není přítomna Q)	Doba od aktivace SA uzlu po aktivaci Purkyňových vláken	120-200 ms
Úsek PQ (PR)	Konec vlny P do začátku Q (nebo R nebo pokud není Q kmit přítomen)	Kompletní depolarizace síní, převod z AV uzlu na komory	50-120 ms
Kmit Q	První odklon od osy dolů	Depolarizaci septa a papilárních svalů.	-
Komplex QRS	Začátek kmitu R ,kmit R až konec kmitu S	Depolarizaci komor	80-100ms
Kmit R	Výchylka směrem nahoru bez ohledu nato, zda jí předchází či nepředchází kmit Q	Depolarizace komor	-
Kmit S	Odklon od izolinie směrem dolů, následující vlnu R, nezávisle na tom, zda ji předchází nebo nepředchází vlna Q.	Šíření vzruchu na komory	-
Úsek ST	Interval izoelektrické linie mezi koncem QRS komplexu a začátkem vlny T	Kompletní depolarizace komor	80-120 ms
Interval QT	Začíná kmitem Q (nebo R pokud Q není přítomno) a končí koncem vlny T	Elektrická systola	< 420ms
Vlna T	Druhá kulovitá vlna (negativní i pozitivní)	Repolarizace komor	160 ms

Svod II a aVR



Všimněte si vzhledu EKG ve svodu II a aVR. Oba svody se dívají na elektrickou srdeční aktivitu z podobného úhlu (odchylka jen 30°), ale aVR má opačnou polaritu (dívá se na srdce vzhůru nohama v porovnání s II). Proto jsou svody II a aVR podobné, jen vůči sobě zrcadlově obrácené.

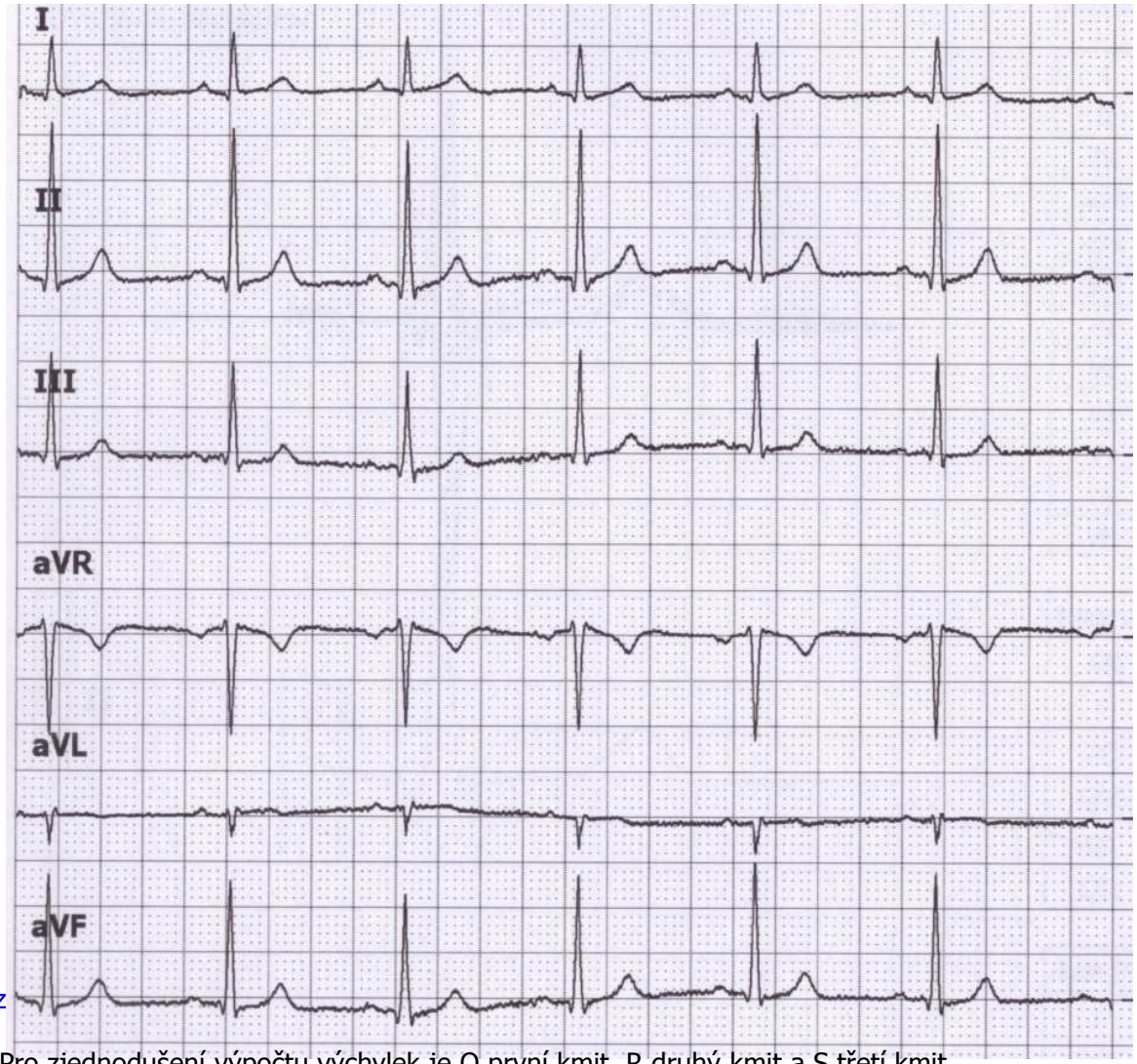


aVR má obvykle negativní T a P

Díky jinému vzhledu má QRS v aVR a II svodu různý zápis.

MUNI MED

QRS ve svodech a el. osa

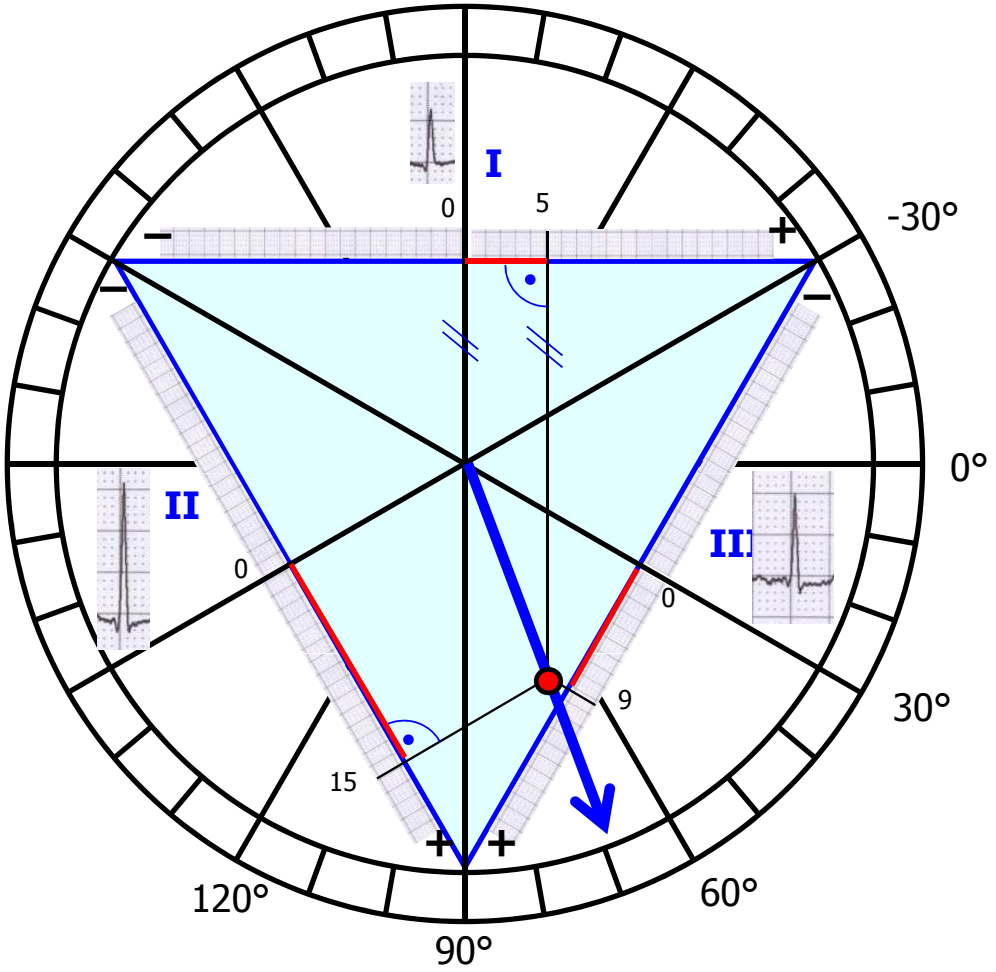


	výchylky QRS	součet výchylek QRS	Zápis QRS
I	Q = -1 R = 6 S = 0	QRS = 5	qR
II	Q = -1 R = 17 S = -1	QRS = 15	qRs
III	Q = 0 R = 10 S = -1	QRS = 9	$_{q}$Rs
aVR	Q = 1 R = -11 S = 0	QRS = -10	rS$_{r'}$
aVL	Q = 0 R = -3 S = 0	QRS = -3	q$_{r'}$
aVF	Q = -1 R = 13 S = -1	QRS = 11	qRs

Pro zjednodušení výpočtu výchylek je Q první kmit, R druhý kmit a S třetí kmit

MUNI MED

Elektrická osa srdeční

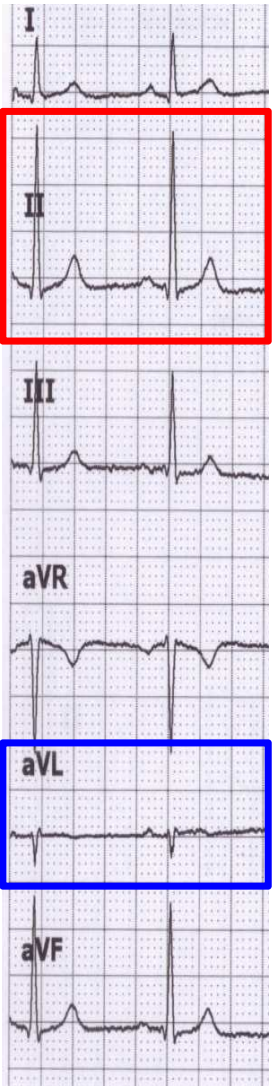


Elektrická osa srdeční pro depolarizaci komor ve frontální rovině je 70°

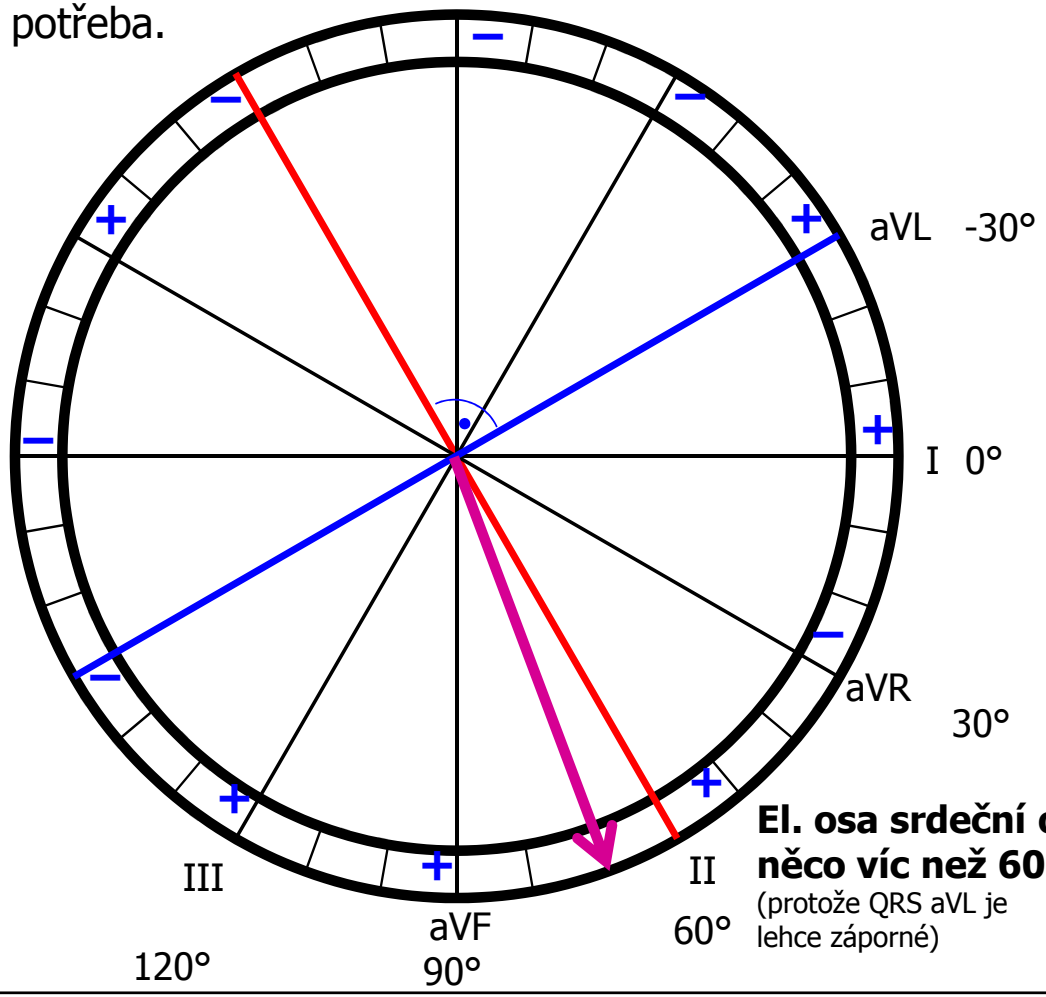
MUNI MED

Elektrická osa jinak

Najděte svod s největším a nejmenším součtem výchylek (jen tak od oka) – tyto svody budou na sebe kolmé. Úhel svodu s největším součtem QRS bude určovat přibližně el. osu srdeční. Nebude to dokonale přesné, ale to v praxi ani není potřeba.



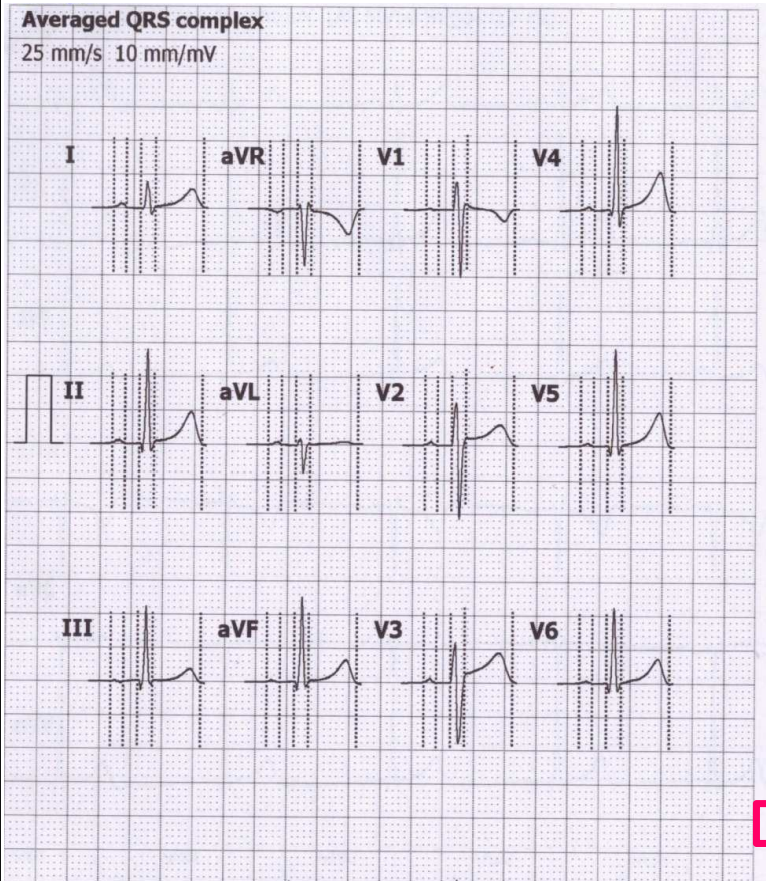
	výchylky QRS	součet QRS
I	Q = -1 R = 6 S = 0	QRS = 5
II	Q = -1 R = 17 S = -1	QRS = 15
III	Q = 0 R = 10 S = -1	QRS = 9
aVR	Q = 1 R = -11 S = 0	QRS = -10
aVL	Q = 0 R = -3 S = 0	QRS = -3
aVF	Q = -1 R = 13 S = -1	QRS = 11



El. osa srdeční o něco víc než 60°
(protože QRS aVL je lehce záporné)

MUNI MED

Určení elektrické osy srdeční – jak to dopadlo podle počítače?



Amplitudes [mV]	P+	P-	Q	R	S	R'	S'	J	ST40	T+	T-
I	0.06	-	-	0.40	-0.09	-	-	0.03	0.03	0.28	-
II	0.05	-	-0.14	1.40	-0.12	-	-	0.03	0.05	0.48	-
III	0.02	-0.03	-0.16	1.10	-0.07	-	-	0.01	0.02	0.21	-
aVR	-	-0.05	-	0.07	-0.85	0.09	-	-0.03	-0.04	-	-0.37
aVL	0.04	-	-	0.11	-0.40	0.05	-	0.01	0	0.04	-
aVF	0.03	-	-0.15	1.25	-0.09	-	-	0.02	0.03	0.34	-
V1	0.02	-0.02	-	0.41	-1.02	0.09	-	0.08	0.03	-	-0.18
V2	0.05	-	-	0.63	-1.10	-	-	0.11	0.11	0.30	-
V3	0.06	-	-	0.59	-0.92	-	-	0.09	0.15	0.42	-
V4	0.05	-	-0.09	1.55	-0.26	-	-	0.04	0.07	0.58	-
V5	0.04	-	-0.16	1.43	-0.14	-	-	0.02	0.05	0.51	-
V6	0.04	-	-0.15	1.12	-0.13	-	-	0.01	0.04	0.37	-

Intervals [ms]	
RR	1031
P	81
PQ	173
QRS	93
QT	401
QTc	395

Interpretation must be authorized by physician

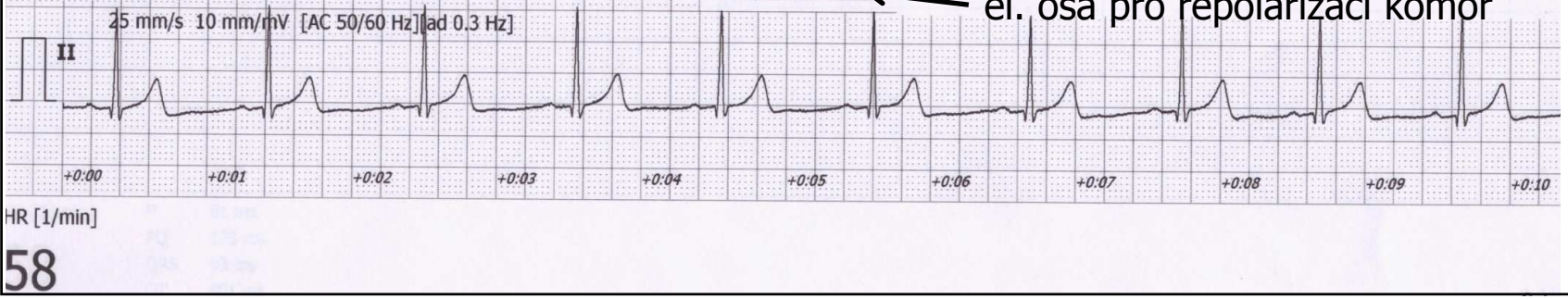
Automatic marker setting
Patient's age unknown
Bradycardia

Axis [°]	
P	15
QRS	72
T	49

el. osa pro depolarizaci síní

72° el. osa pro depolarizaci komor

el. osa pro repolarizaci komor



HR [1/min]

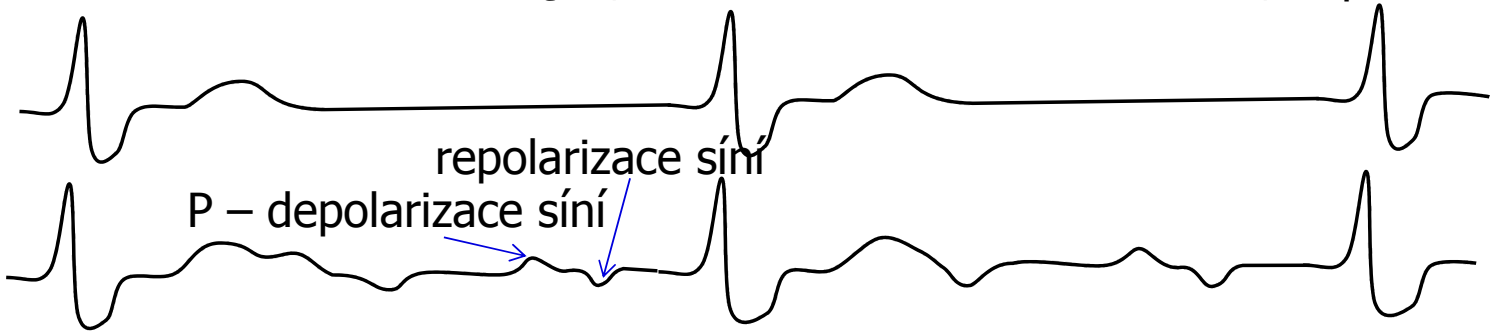
58

MUNI MED

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, nízká srdeční frekvence, ale normální QRS (v komoře se vzruch šíří normálně)

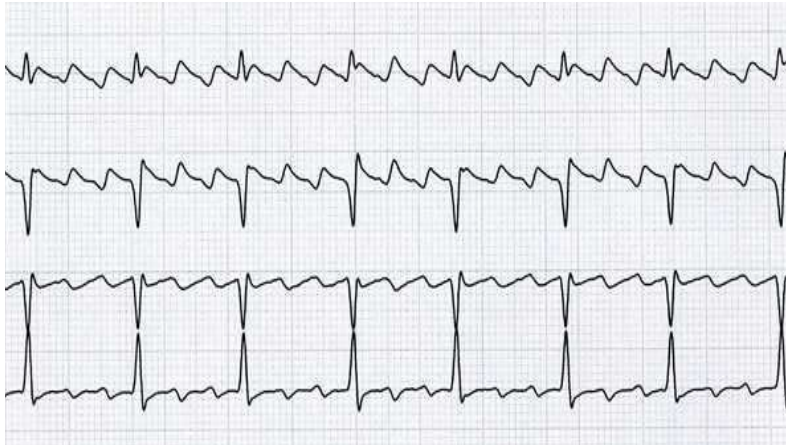
Terciální rytmus – nejsou přítomné vlny normální P vázané na QRS, vzruch začíná někde v komorách – deformované QRS, hodně nízká srdeční frekvence, například AV blok III. stupně



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

MUNI MED

Flutter síní

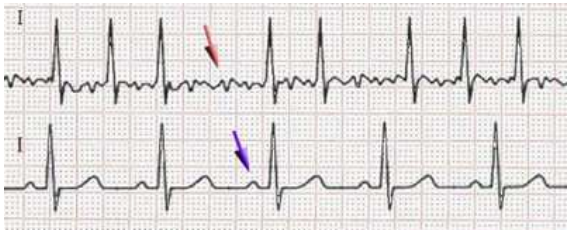


- Pravidelné pilovité zuby mezi QRS. Pravidelné RR, tachykardie.
- Podkladem je krouživý vzruch (re-entry) v síních.
- Pravidelnost je dána počtem „otoček“ vzruchu na převedení na komory (na obrázku: 3 otočky na 1 převedení na komory).
- Pokud flutter nevymizí, mění se ve fibrilaci síní.

Fibrilace

Fibrilace: nesynchronizovaná aktivita kardiomyocytů

Síňová– chybí P, slabě nepravidelně „zubatá" izolinie, RR nepravidelné, frekvence 80 – 180 bpm, není život ohrožující, ale vyčerpává srdce

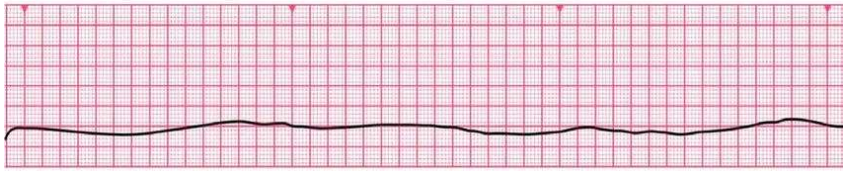


fibrilace

normal

Komorová – srdce nefunguje jako pumpa, nulový srdeční výdej, poškození mozku po 3 – 5 minutách fibrilace, bez včasné defibrilace se kardiomyocyty vyčerpají a přechází v asystolii

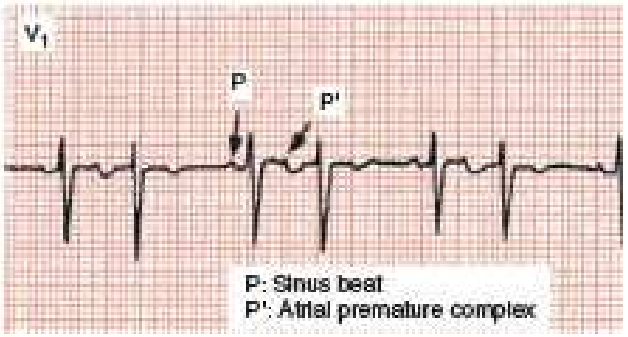
Asystolie – není přítomná elektrická aktivita, nedá se řešit defibrilací

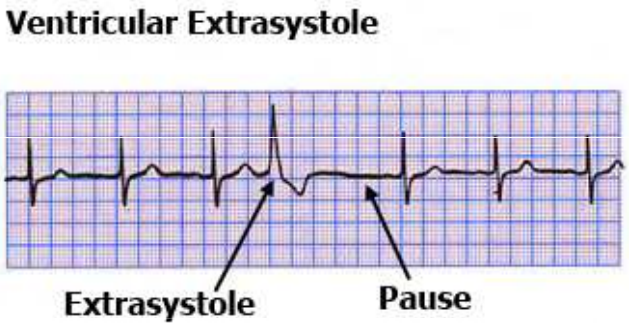


MUNI MED

Extrasystoly

- Supraventrikulární – ektopický vzruch vzniká v síni nebo v převodním systému AV
  - QRS komplex extrasystoly má normální tvar (vzruch se komorou šíří normálně),
  - vlna P nemá normální tvar (může být záporná či zakrytá QRS),
  - může být s postextrasystolickou pauzou (pokus se vzruch šíří zpětně síněmi a vybije SA)
- Ventrikulární – ektopický vzruch vzniká v komoře
  - QRS komplex nemá normální tvar („obluda“)
  - při pomalé srdeční frekvenci je bez kompenzační pauzy (extrasystola je vmezeřená mezi normální QRS) o sinusovém rytmu,
  - nebo obsahuje kompenzační pauzu, pokud další vzruch pocházející z SA uzlu přijde v čase, kdy je komora ještě refrakterní



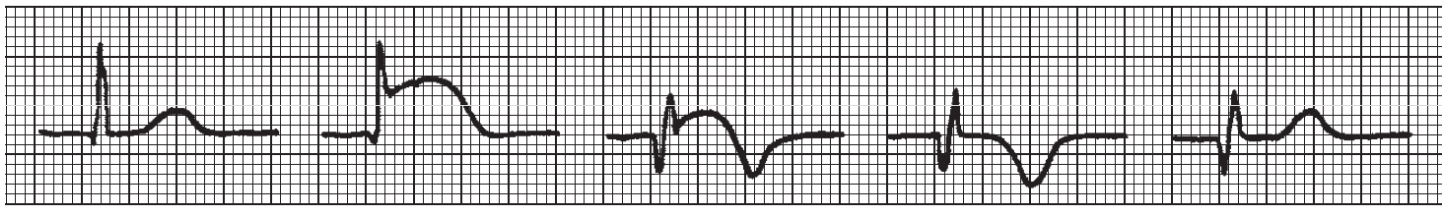


MUNI MED

Ischemie srdce

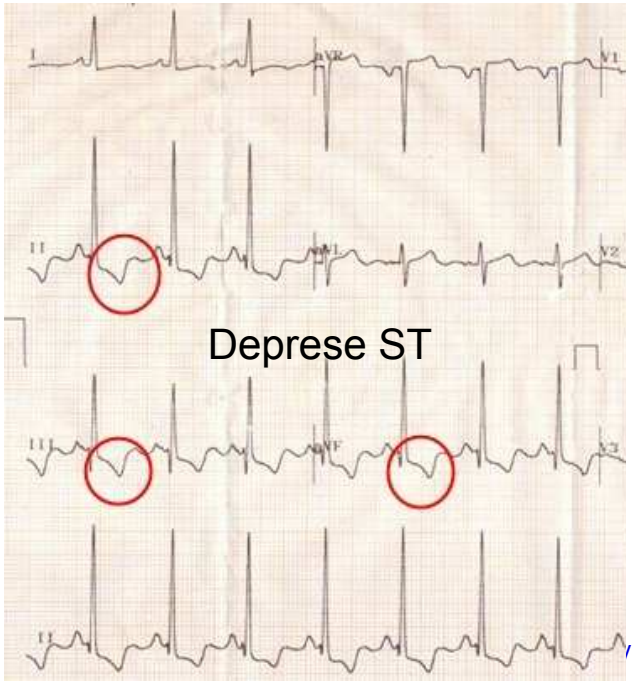
elevace ST
(Pardeho vlna)

A B C D E



Patologické Q

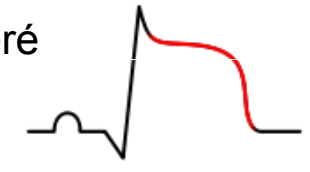
Transmurální infarkt



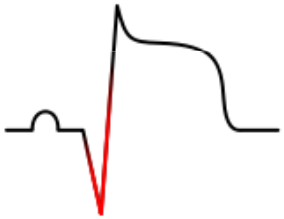
Deprese ST

Negativní T (obrácený směr repolarizace)

Elevace ST – některé části tkáně se depolarizují se zpožděním



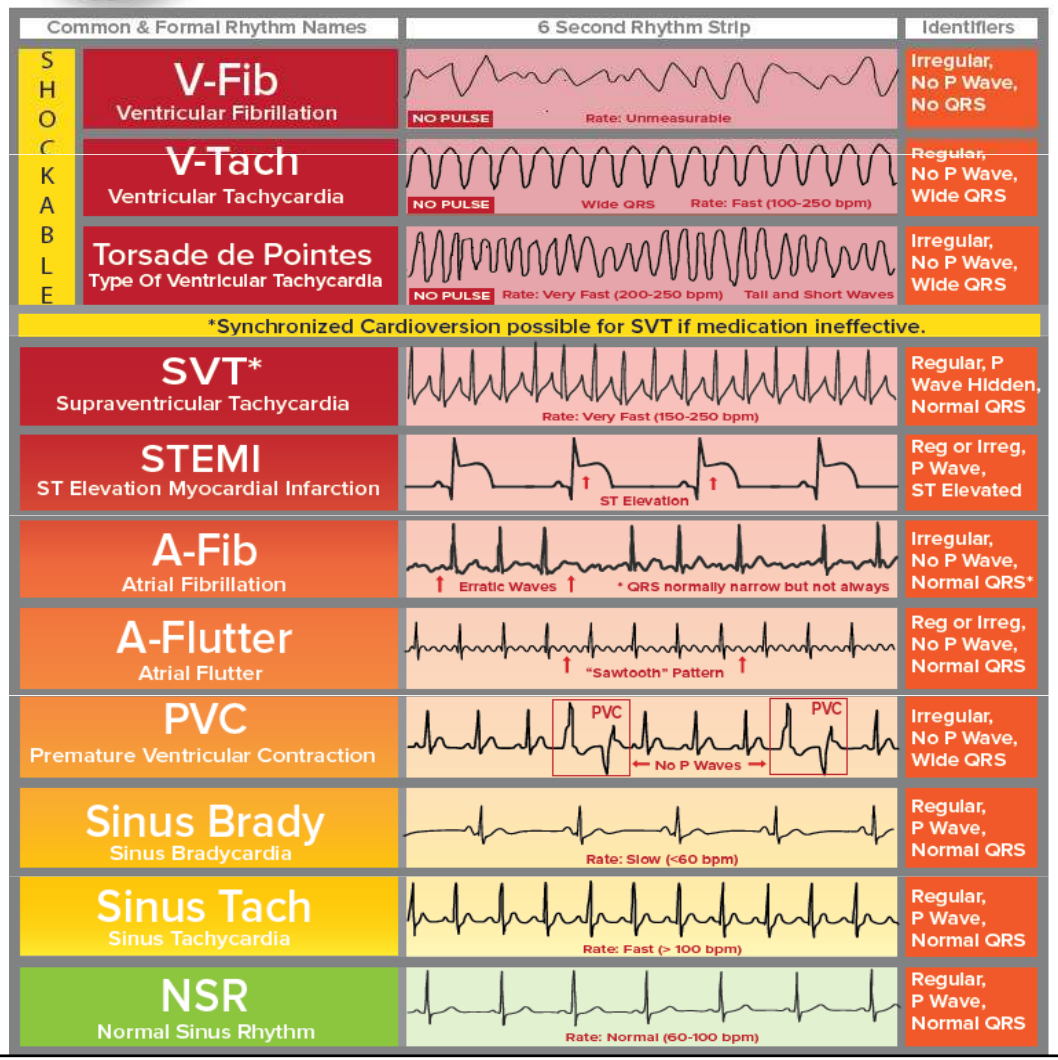
Patologické Q



MUNI MED

11 Rhythms Nurses Need to Know

Basic EKG/ECG Rhythms



MUNI MED