

**MUNI**  
**MED**

# **EKG – Elektrokardiografie**

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

Fyziologický ústav, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

# Elektrokardiografie

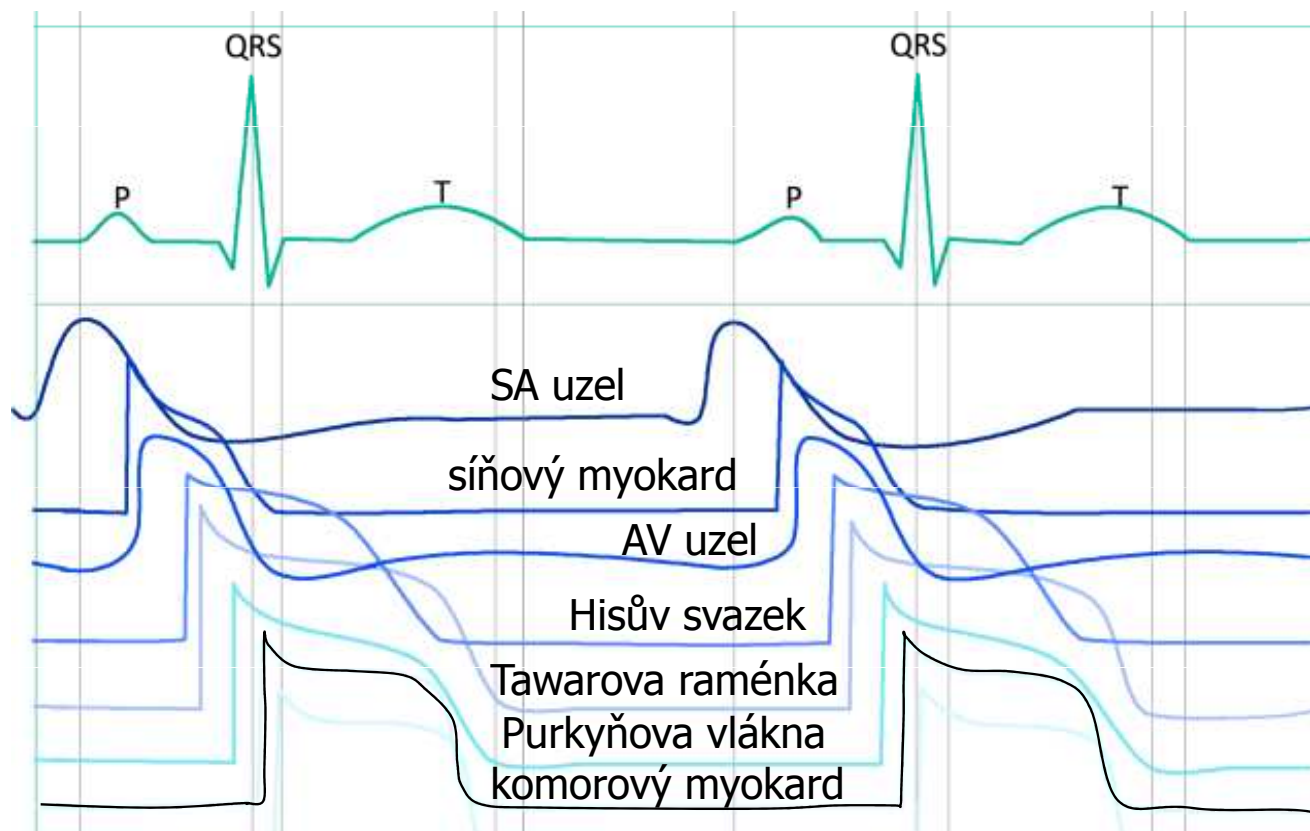
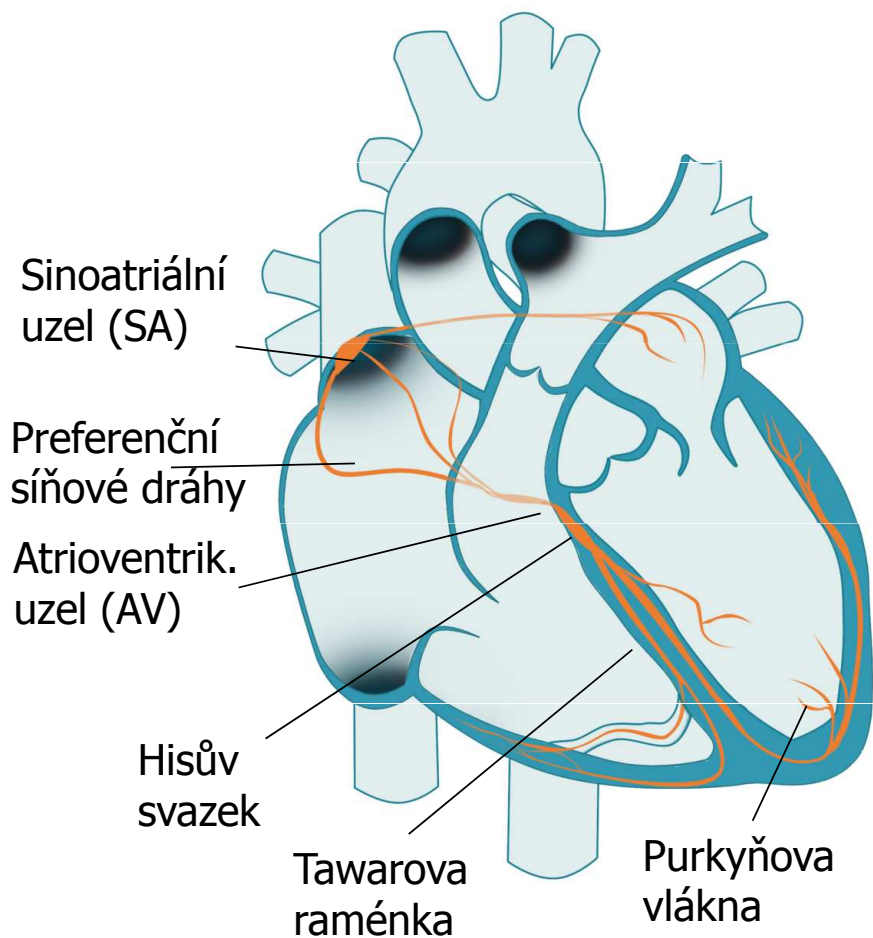
**Definice:** záznam elektrické aktivity srdce z povrchu těla

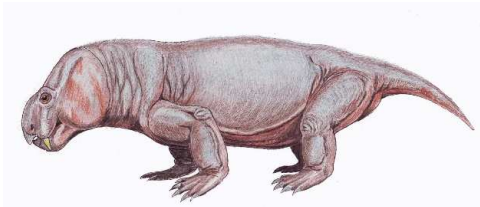
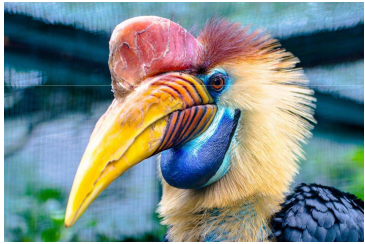
(záznam el. aktivity srdce se dá pořídít i z jícnových svodů nebo samotného povrchu srdce, ale tyto metody jsou používána jiná pojmenování)

## **Pojmy**

- převodní systém srdce
- potřeby pro záznam EKG
- končetinové a hrudní svody
- unipolární a bipolární svody
- srdeční vektor, elektrická osa srdce

# Převodní systém srdeční





Sinoatriální uzel (SA)

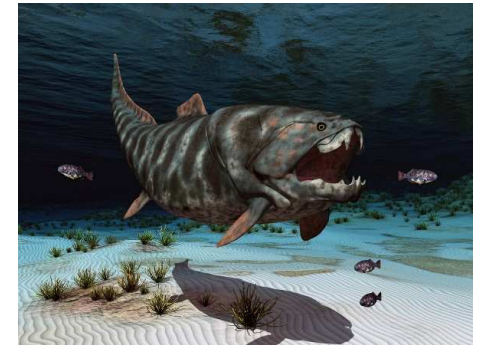
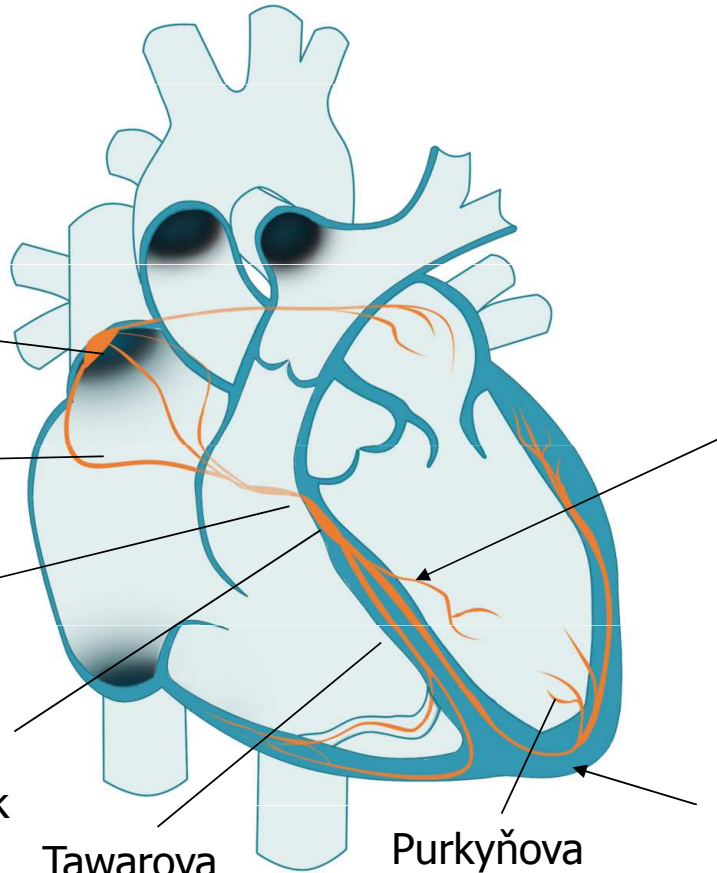
Preferenční síňové dráhy

Atrioventrik. uzel (AV)

Hisův svazek

Tawarova raménka

Purkyňova vlákna



# Převodní systém srdeční

Funkce: Rytmičké vytváření akčního potenciálu 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

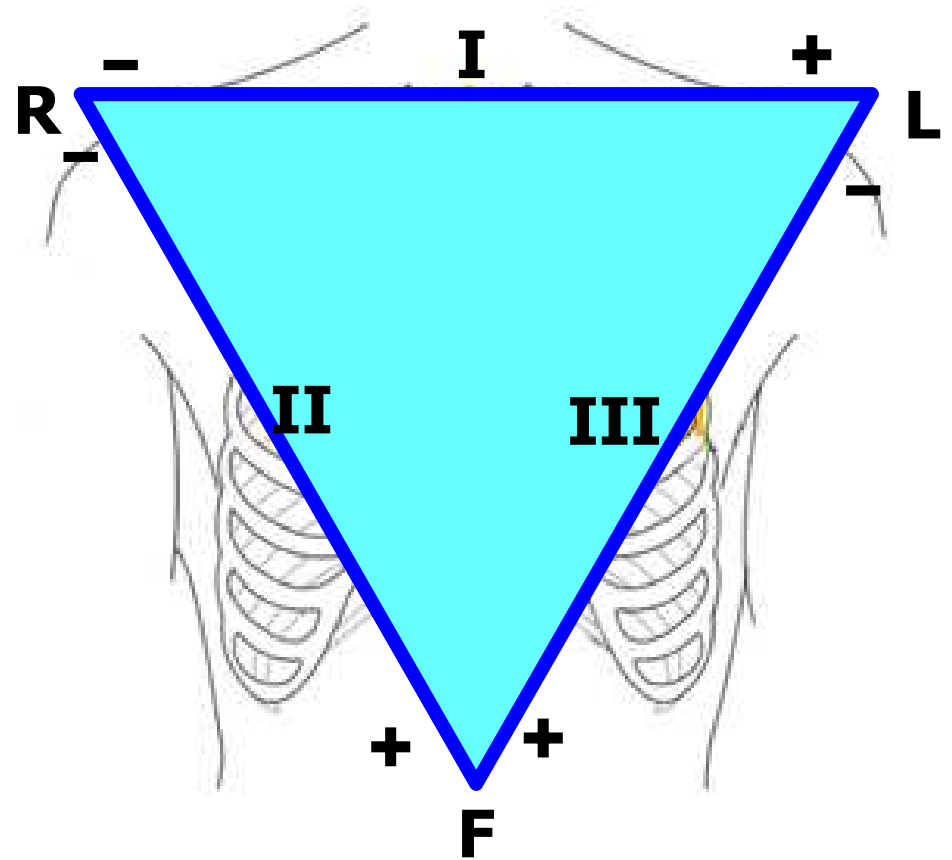
- Pozn: vlastní frekvence je frekvence vzniku AP neovlivněná nervovým a hormonálním řízením

# 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

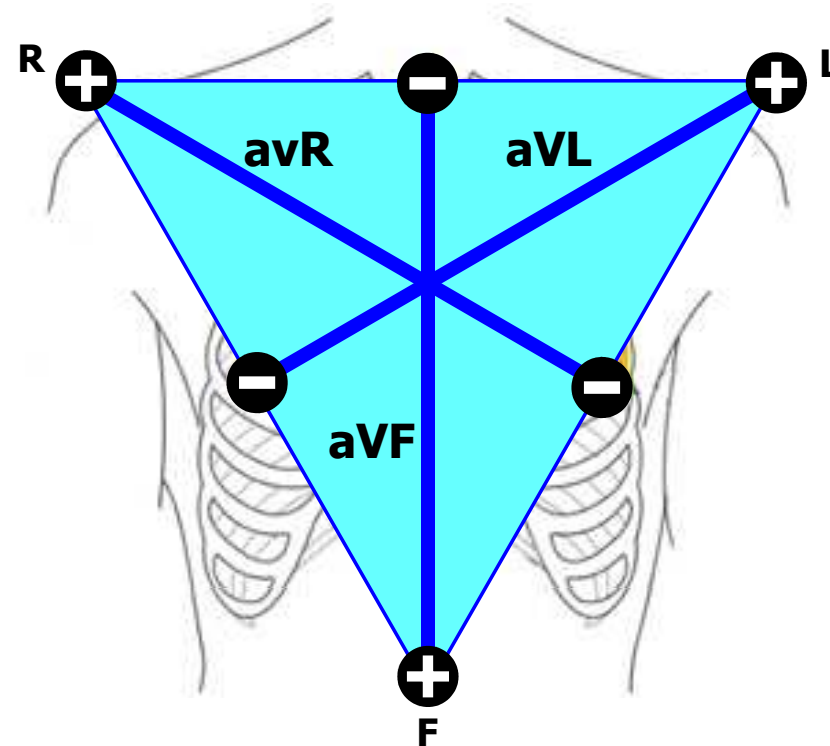


# Goldbergerovy svody

(augmentované, končetinové, unipolární svody)

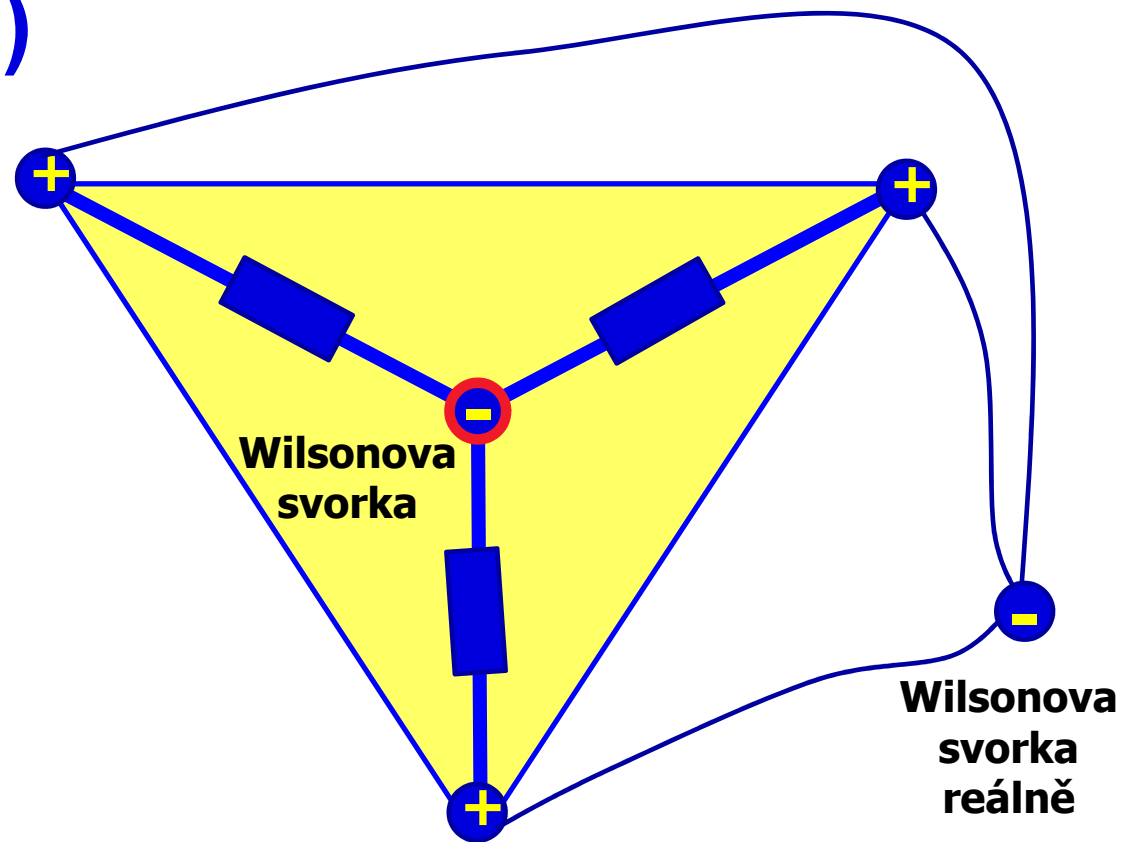
Unipolární svody:  
jedna elektroda je aktivní (proměnný el.  
potenciál) a druhá je neaktivní (konstantní  
el. potenciál, obvykle 0 mV)

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)

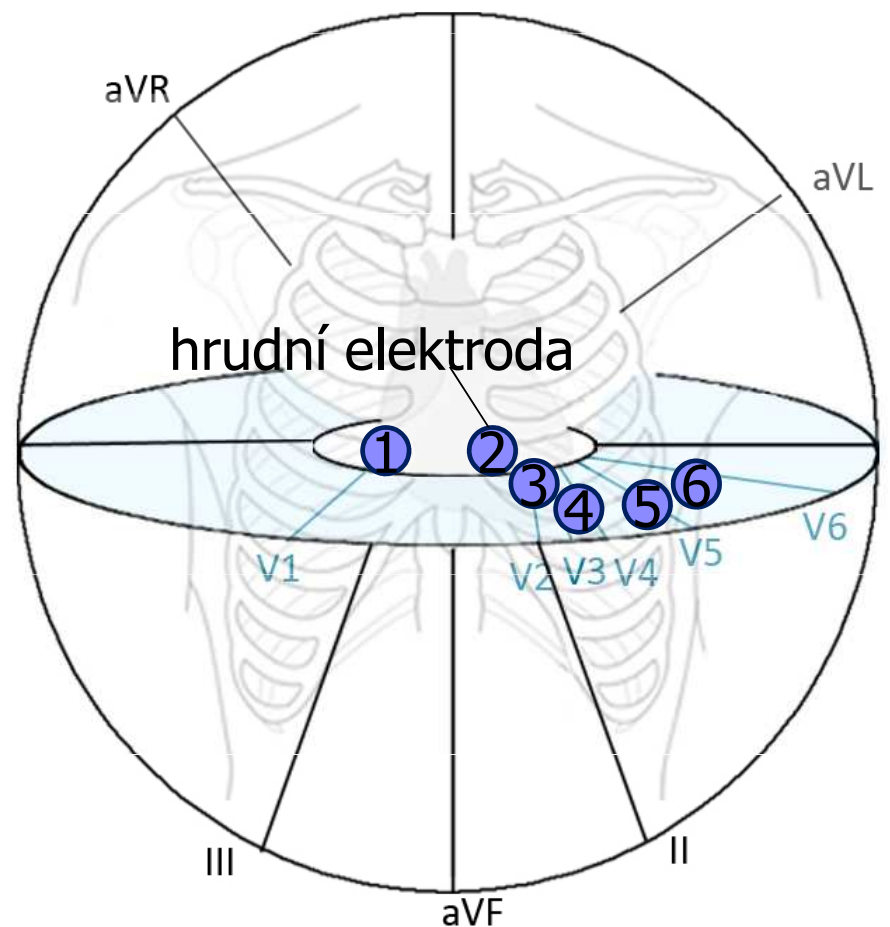




# Hrudní svody

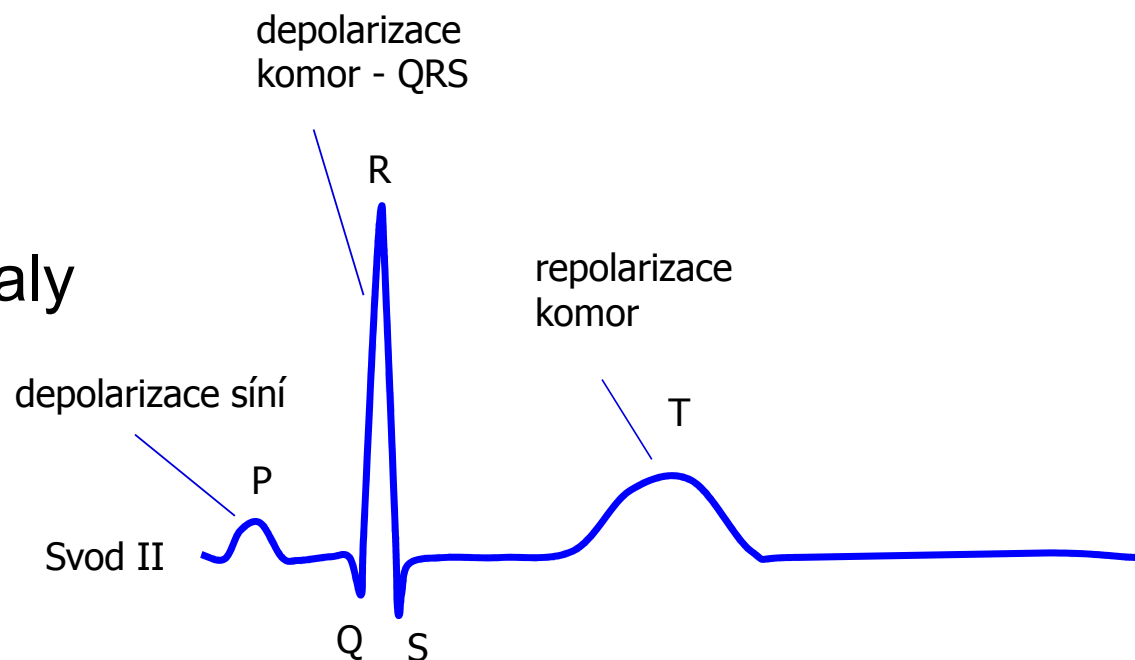
**Hrudní svod:** spojení hrudní elektrody a Wilsonovy svorky

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



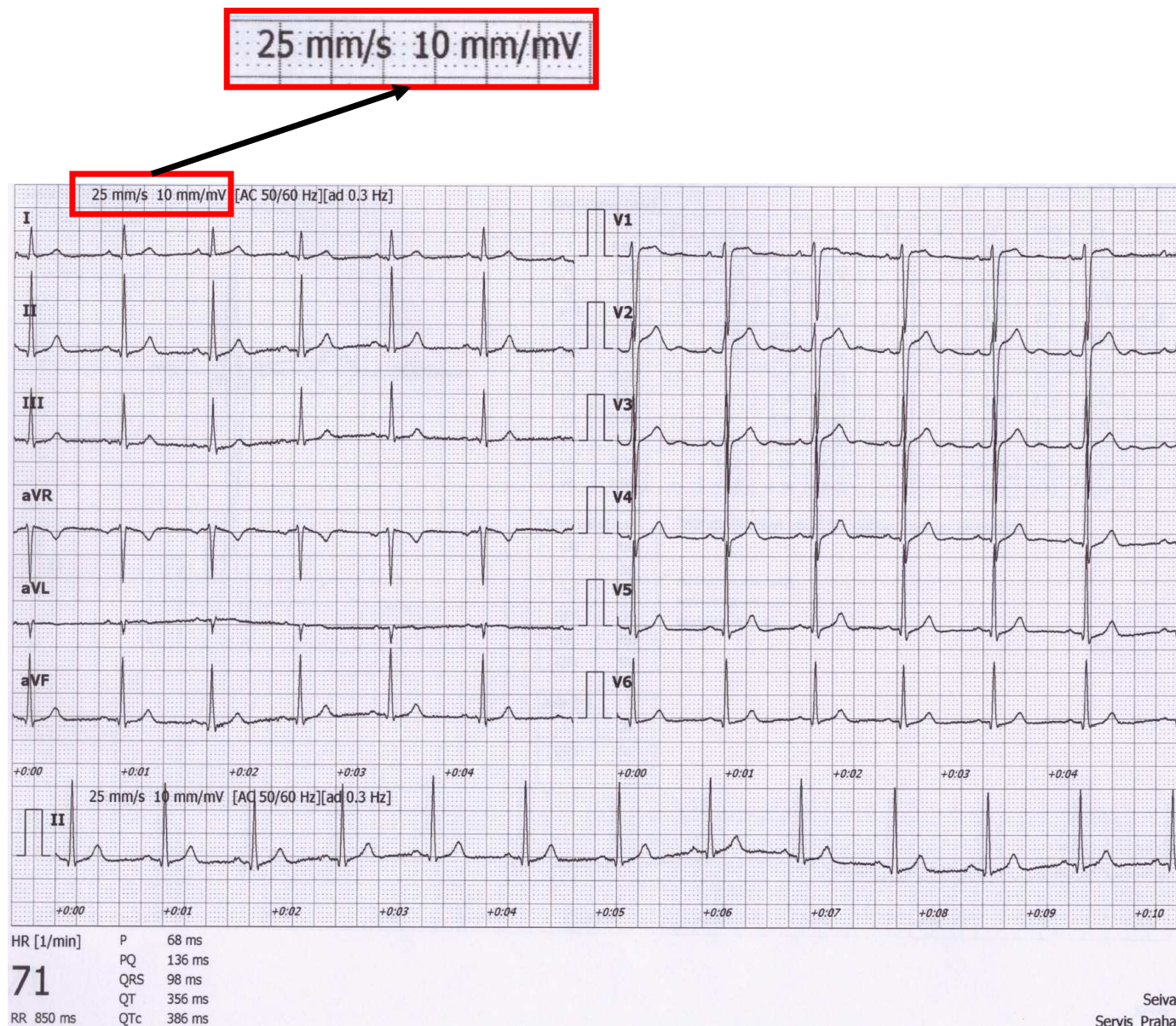
# Rozměření EKG

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)



# 1) Srdečné akce

Pravidelnost vzdáleností mezi QRS komplexy – RR intervaly

Spočítejte rozdíl: RR – průměrné RR

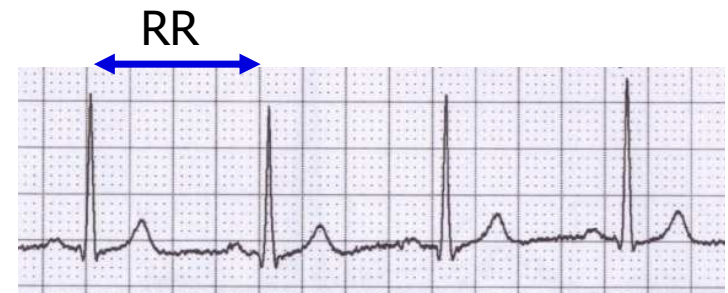
(stačí, když si vyberete nejkratší a nejdelší RR v záznamu)

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

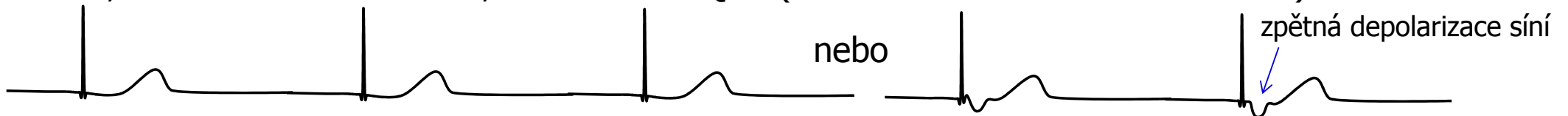


## 2) Srdeční rytmus

**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

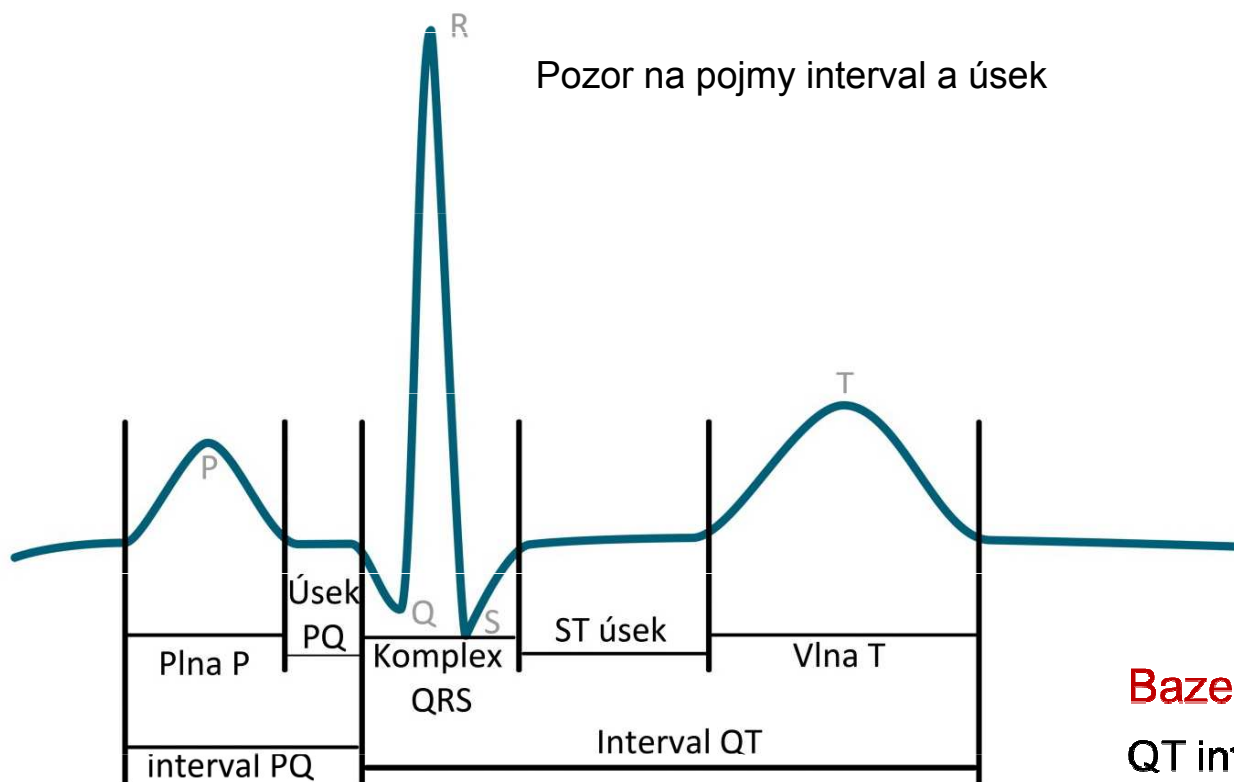
Tachykardie:  $> 90$  bpm v klidu

- 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



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

# 4) Vlny, kmity

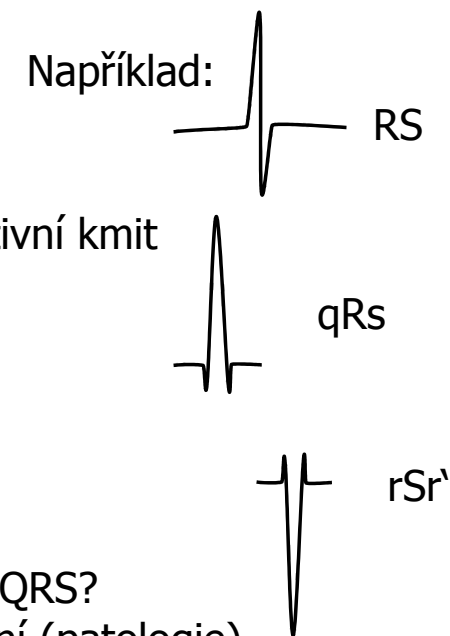
## Vlna P:

- Je přítomná?
- Je pozitivní/negativní (nahoru/dolu), jednovrcholová/vícevrcholová, silná(>0,25mV)/normální/slabá?

## QRS:

- Q: první negativní kmit
- R: první pozitivní kmit
- S: negativní kmit, kterému předchází pozitivní kmit

- Malý kmit (pod 0,5 mV) je malým písmenem
- Velký kmit je velkým písmenem
- Druhý takový kmit je s čárkou (')

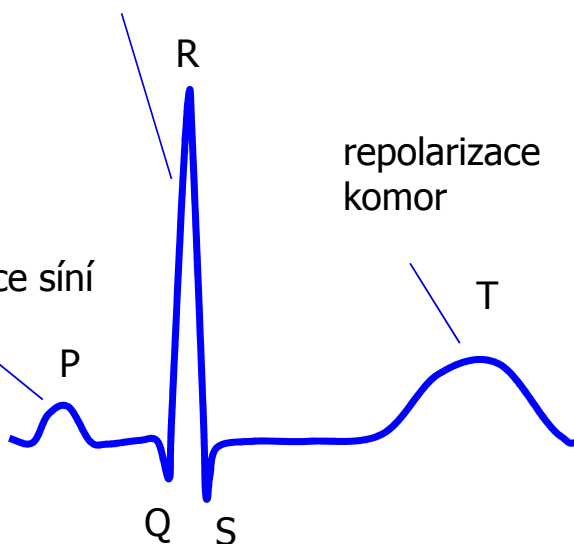


depolarizace komor - QRS

repolarizace komor

depolarizace síní

Svod II



## Vlna T:

- Je pozitivní/negativní/bipolární?
- Má stejnou polaritu jako nejsilnější výchylka QRS?
  - Ano: konkordantní (ok), Ne: dyskordantní (patologie)

## Bipolární T:

- Preterminálně negativní (-/+)
- Terminálně negativní (+/-)



# 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.

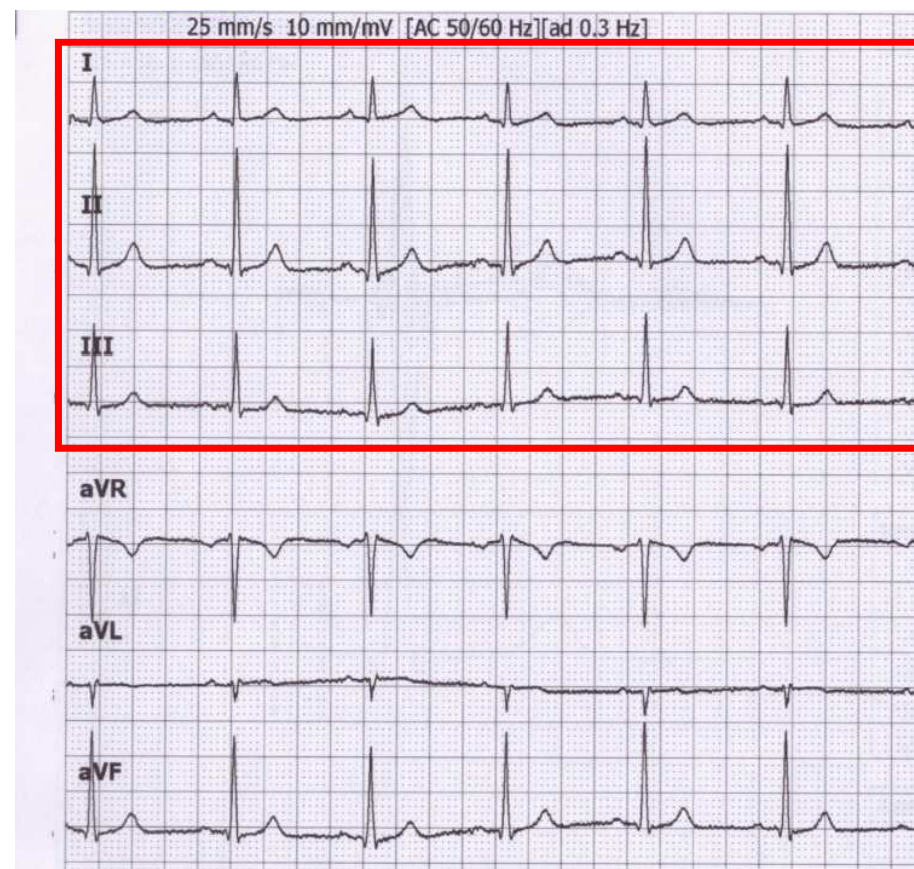
Svod I:  $Q_I = -1$ ;  $R_I = 6$ ;  $S_I = 0$ ;  
 $QRS_I = 5$



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



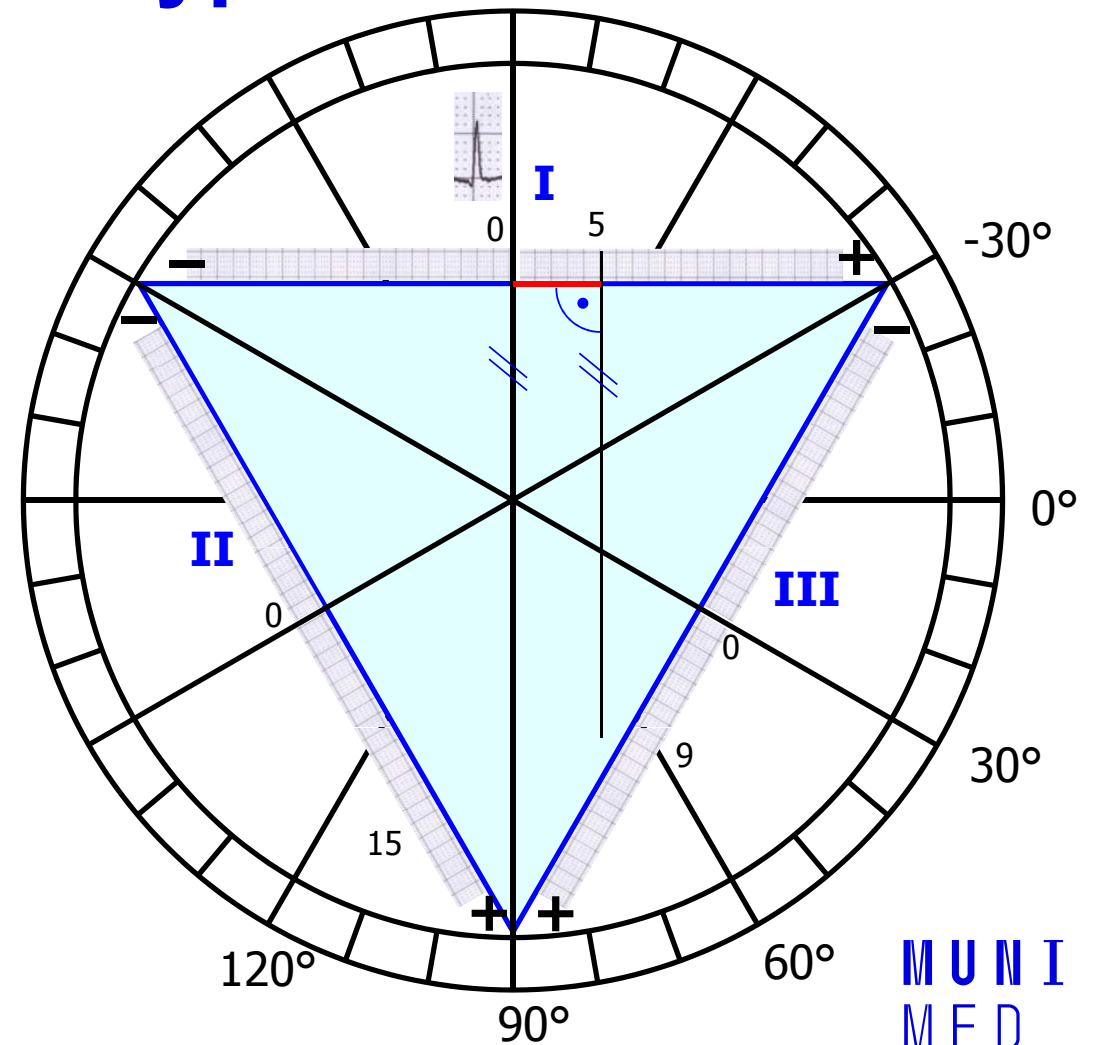
Svod III:  $Q_{III} = 0$ ;  $R_{III} = 10$ ;  $S_{III} = -1$ ;  
 $QRS_{III} = 9$



# Elektrická osa srdeční - výpočet

## 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)

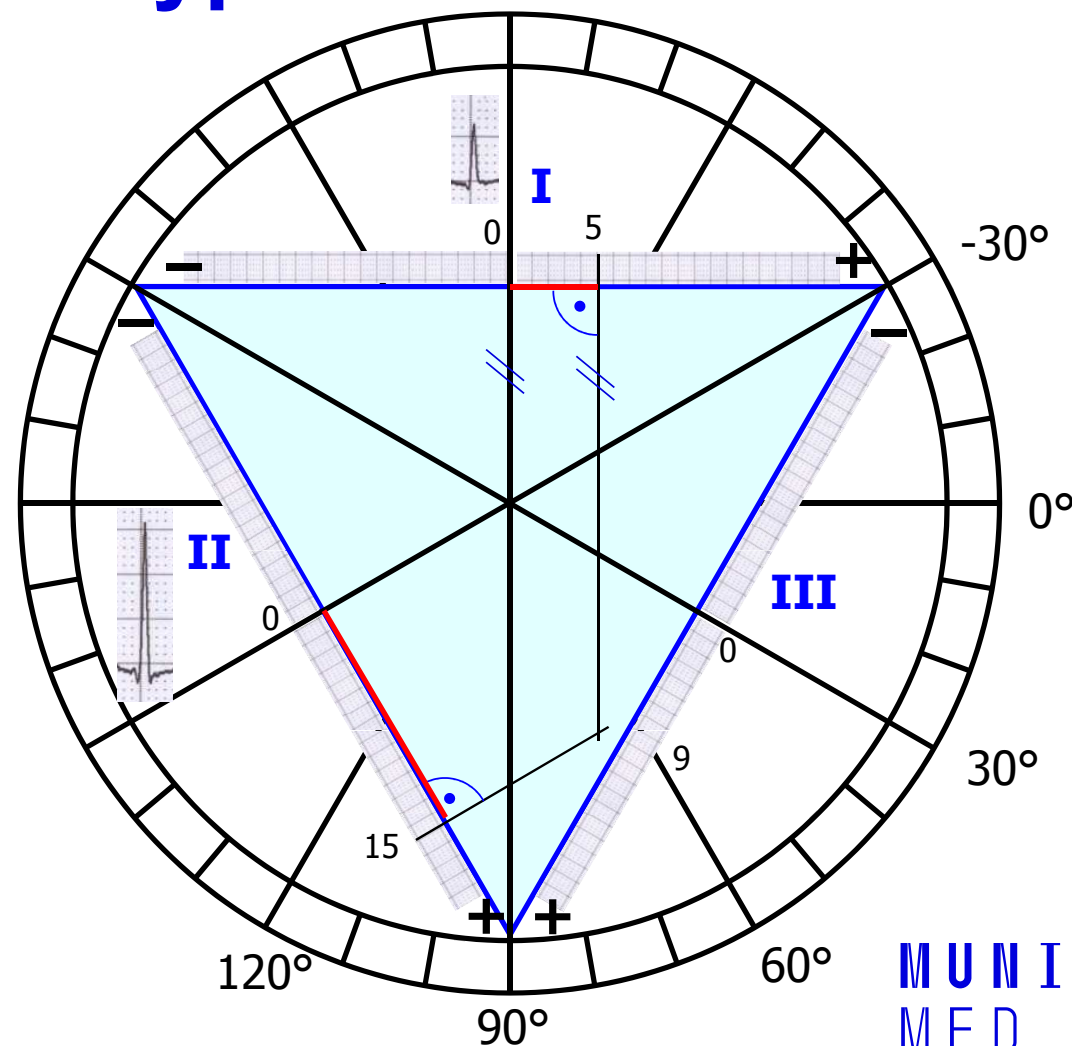


# Elektrická osa srdeční - výpočet

## 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 přímkou kolmou na II svod (rovnoběžnou se svodem aVL)

Nakreslete šipku, která začíná ve středu trojúhelníku a prochází spojnicí zakreslených přímk

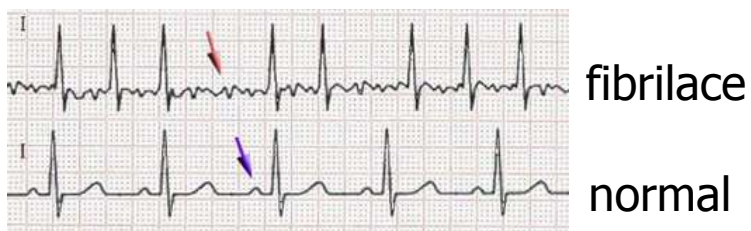




# Diagnostické využití EKG

**Arytmie:** porucha srdečního rytmu

Fibrilace: nesynchronizovaná aktivita kardiomyocytů



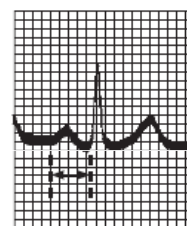
**síňová fibrilace**  
(chybí P, „zubatá“ izolinie, RR nepravidelné, frekvence 80 – 180 bpm)



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

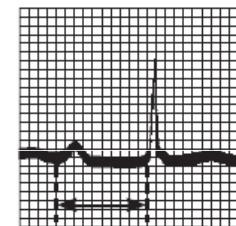
21

Atrioventrikulární blokáda: porucha převodu vzruchu ze síní na komory



PR = 0.16 s

Normal complex

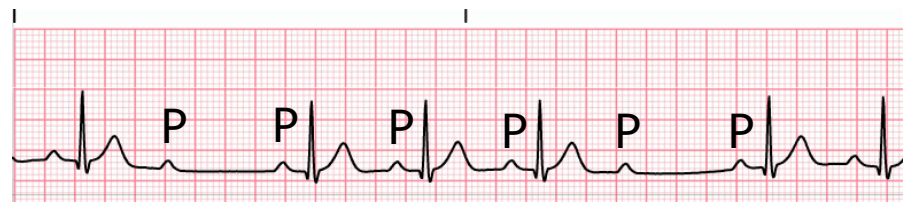


PR = 0.38 s

**AV blok I. stupně**

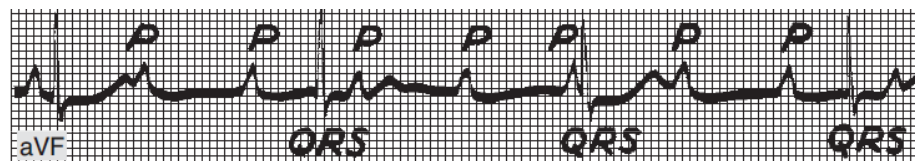
(prodloužení převodu vzruchu ze síně na komory, prodloužený PQ int.)

**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

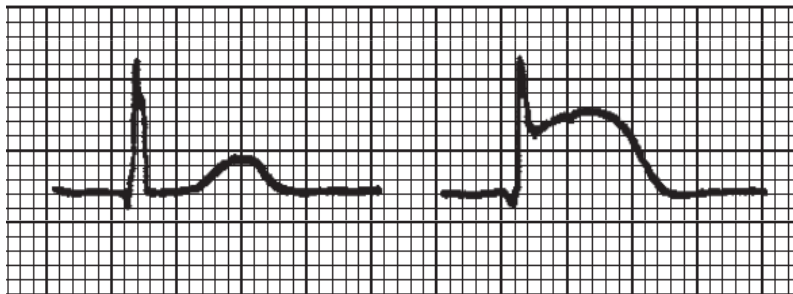


# Diagnostické využití EKG

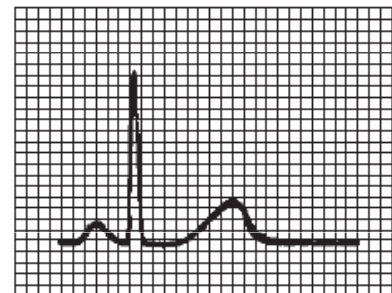
ischemie srdce, infarkt myokardu

A

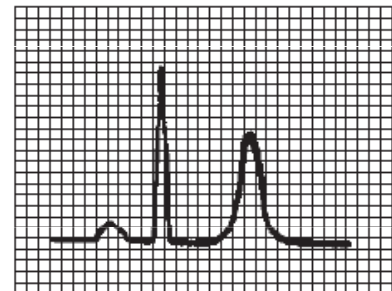
B (elevace ST)



elektrolytová nerovnováha - hyperkalémie



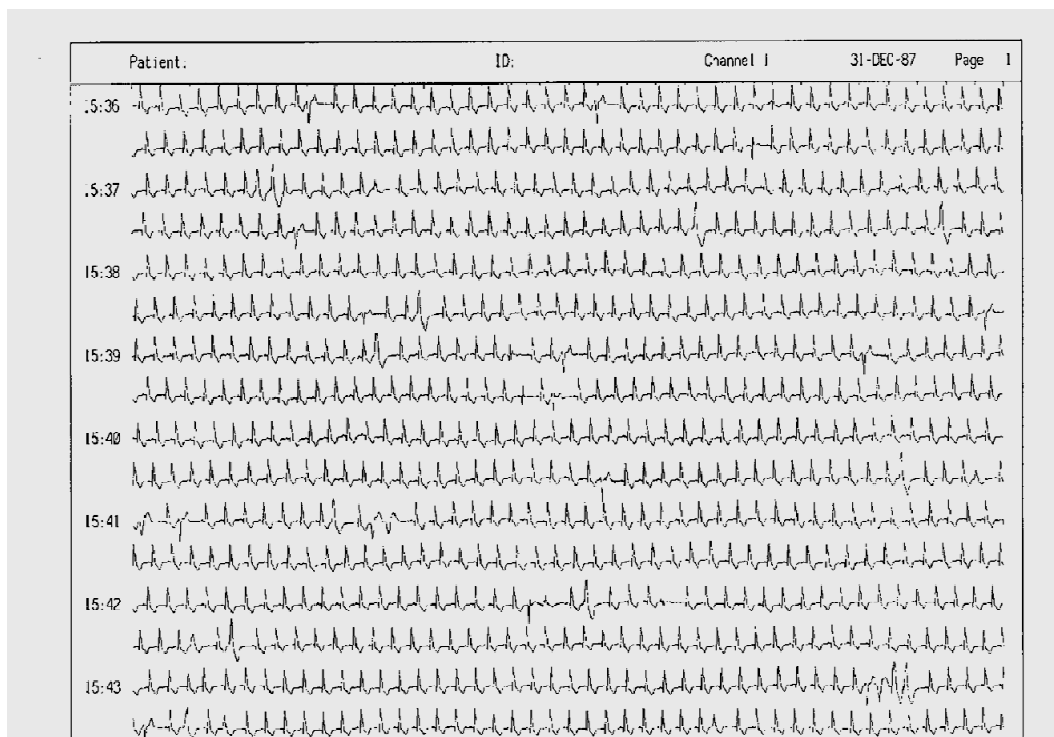
Normal tracing (plasma  $K^+$  4–5.5 meq/L).



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

# Diagnostické využití EKG

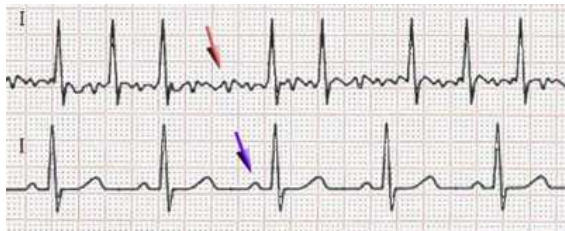
## 24-hodinové monitorování EKG (Holter)



# Fibrilace

Fibrilace: nesynchronizovaná aktivita kardiomyocytů

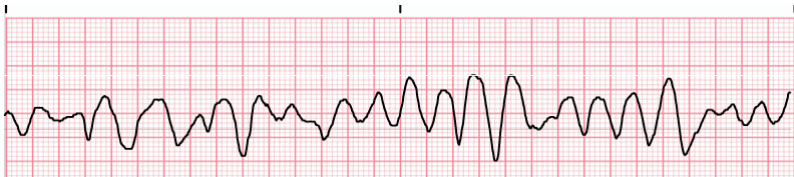
**Síňová** – chybí P, slabě nepravidelně „zubatá“ izolinie, RR nepravidelné, frekvence 80 – 180 bpm, není život ohrožující, ale vyčerpává srdce



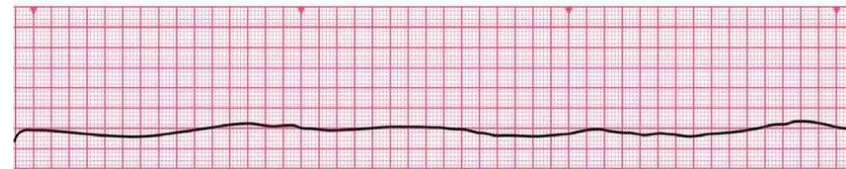
fibrilace

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





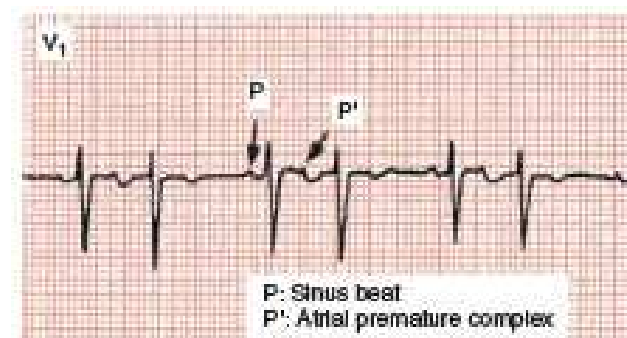
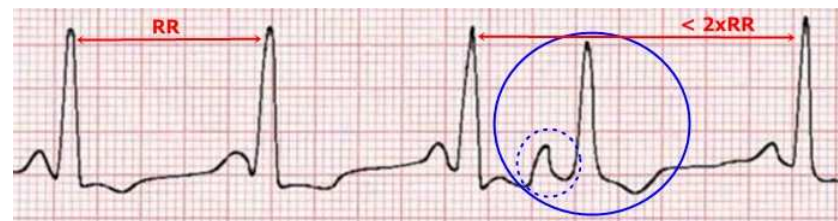
# Extrasystoly

Supraventrikulární – ektopický vzruch vzniká v síni nebo v převodním systému AV

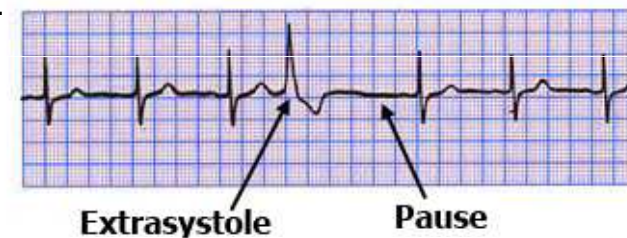
- QRS komplex extrasystoly má normální tvar (vzruch se komorou šíří normálně),
- vlna P nemá normální tvar (může být záporná či zakrytá QRS),
- může být s postextrasystolickou pauzou (pokud se vzruch šíří zpětně síněmi a vybije SA)

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



Ventricular Extrasystole



# Ischemie srdce

elevace ST  
(Pardeho vlna)

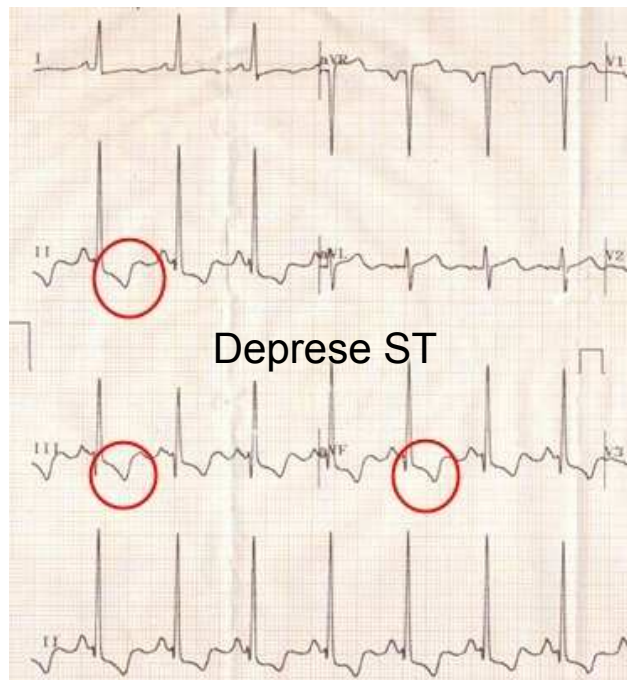
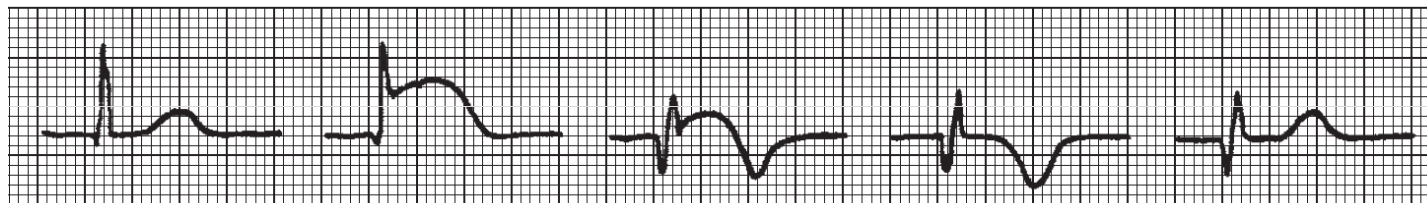
A

B

C

D

E



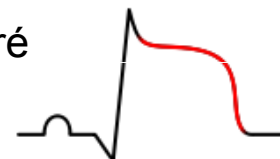
Transmurální infarkt

Patologické Q

Negativní T (obrácený směr repolarizace)



Elevace ST – některé části tkáně se depolarizují se zpožděním



Patologické Q

