

# Elektrokardiografie

# Elektrokardiografie



**KEEP  
CALM  
AND...**



**...ok, not THAT calm !**

**Je čas po hlavě skočit do říše elektrokardiografie**



Nejen se naučit, ale i pochopit.....

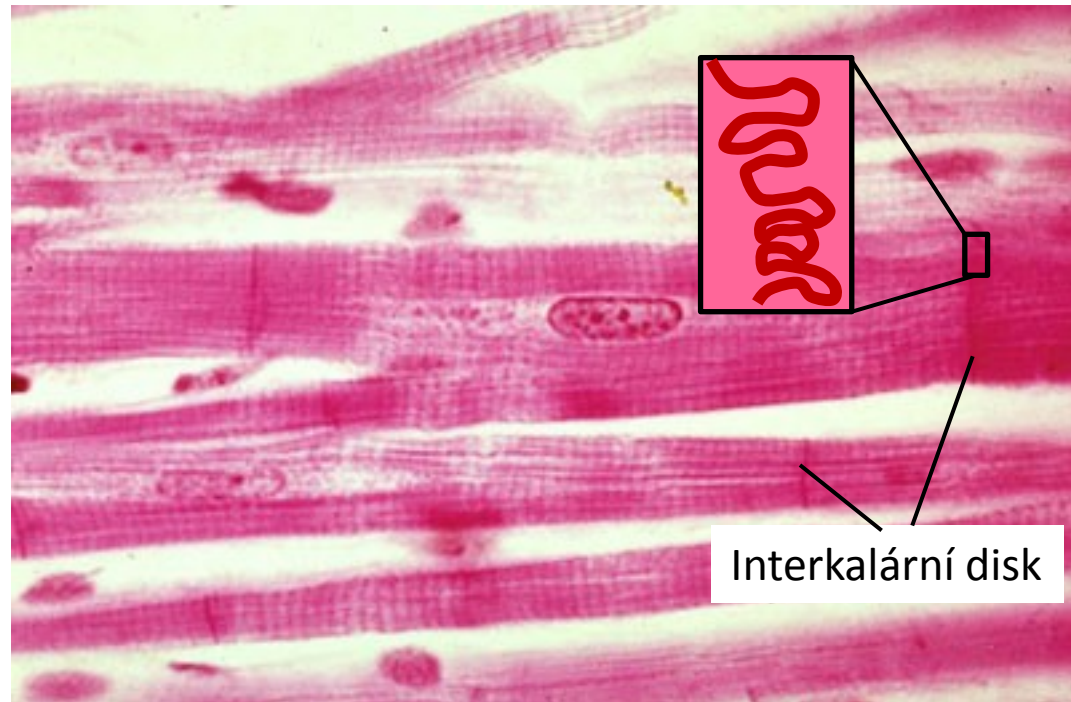


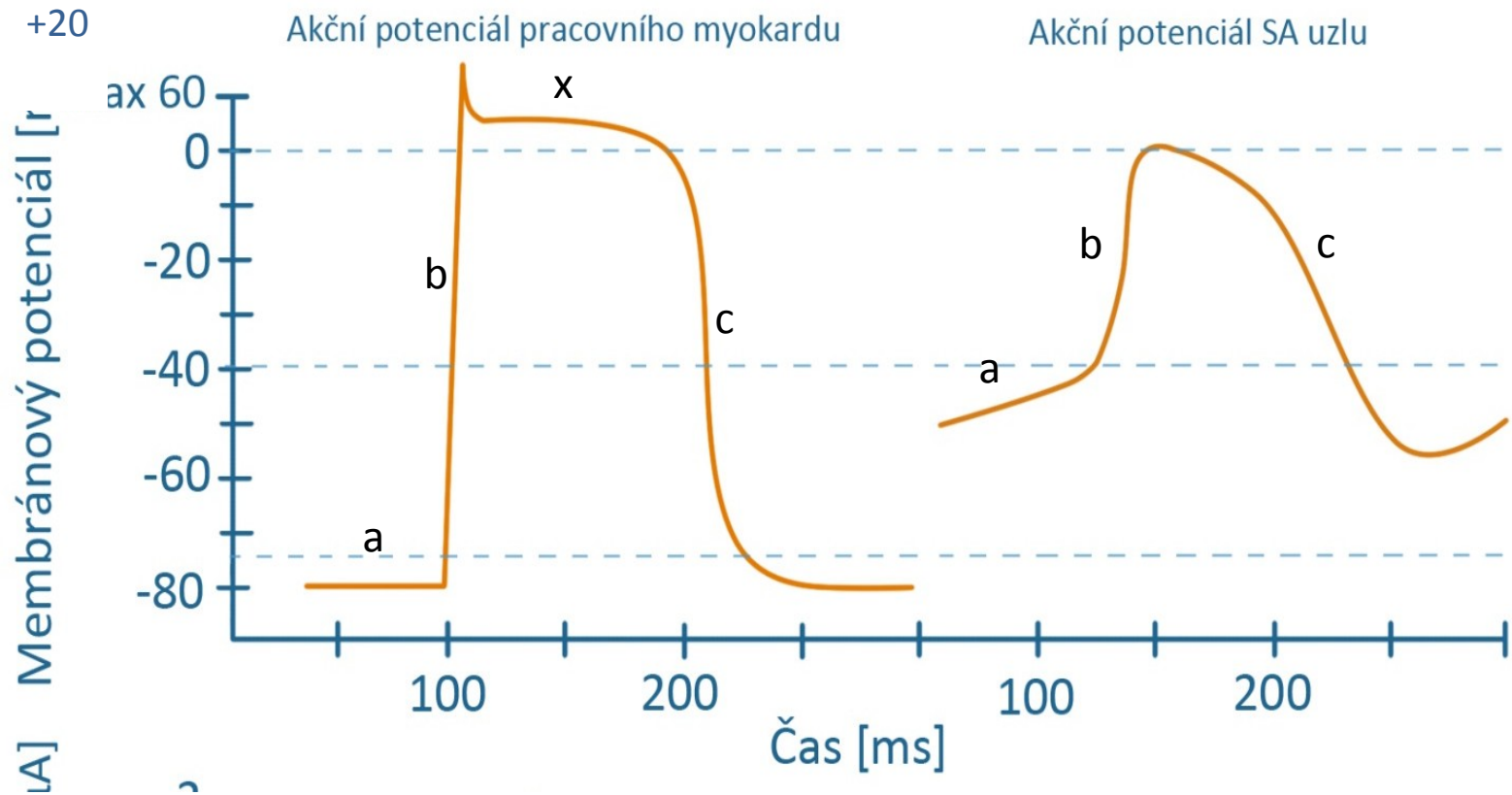
# Histologie

- Vlastnosti srdečních buněk: **excitabilita, kontraktilita, vodivost, automaticnost, rytmičnost**
  - **Buňky převodního systému** (primárně tvorba a vedení AP, sekundárně kontrakce)
  - **Buňky pracovního myokardu** síňového a komorového (primárně kontrakce, sekundárně vedení AP)
  - Další pojivové tkáně, vlákna (kolagenní, elastická), cévy,...

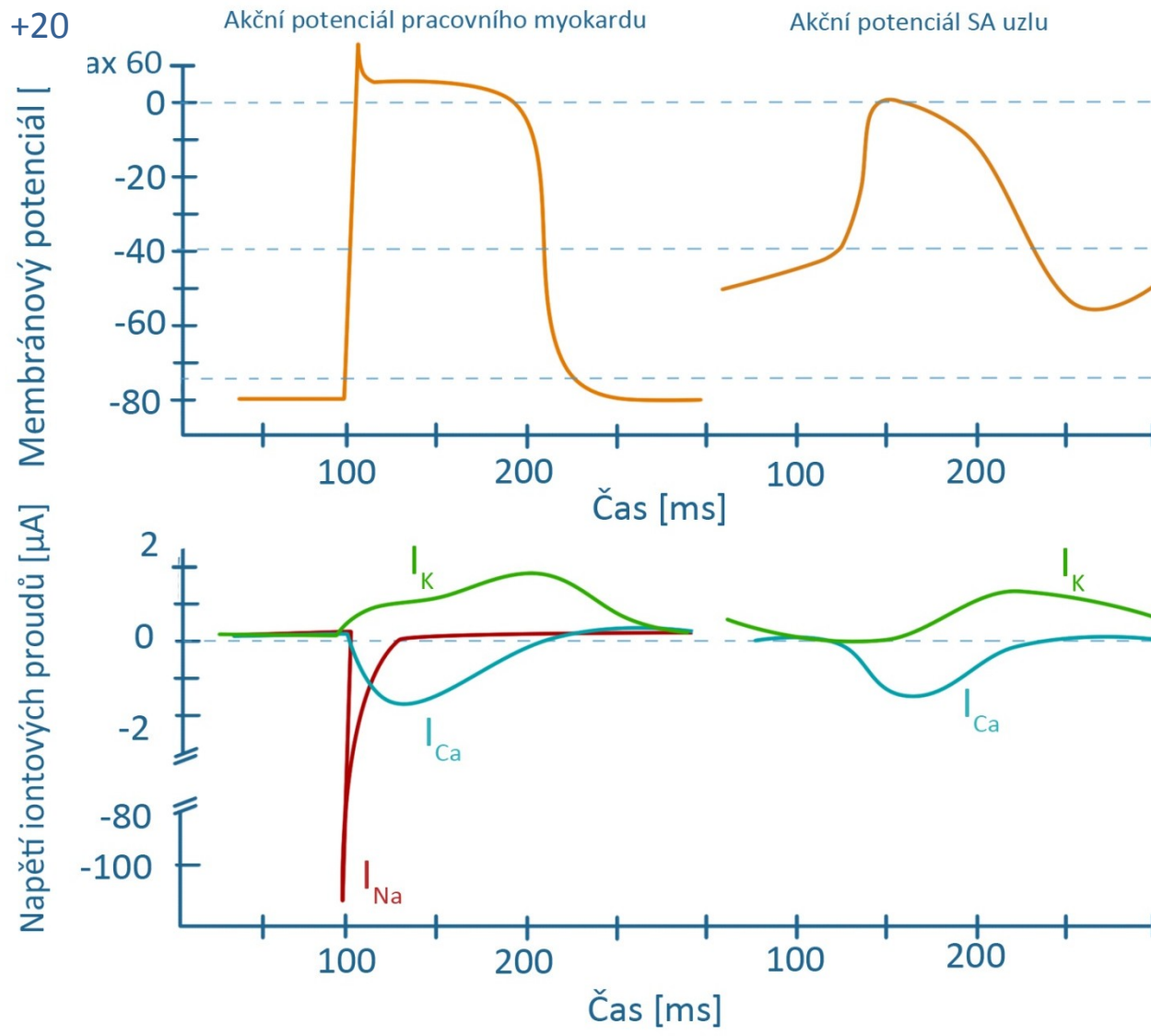
## Myokard

- Příčně pruhovaný srdeční sval (aktin a myozin, mnoho mitochondrií, sarkoplazmatické retikulum – zásobník  $Ca^{2+}$ )
- Interkalární disky - spojení svalových vláken
  - Nexy (gap junction) – kanály mezi buňkami, průtok iontů, vedení vzruchu - funkční syncytium

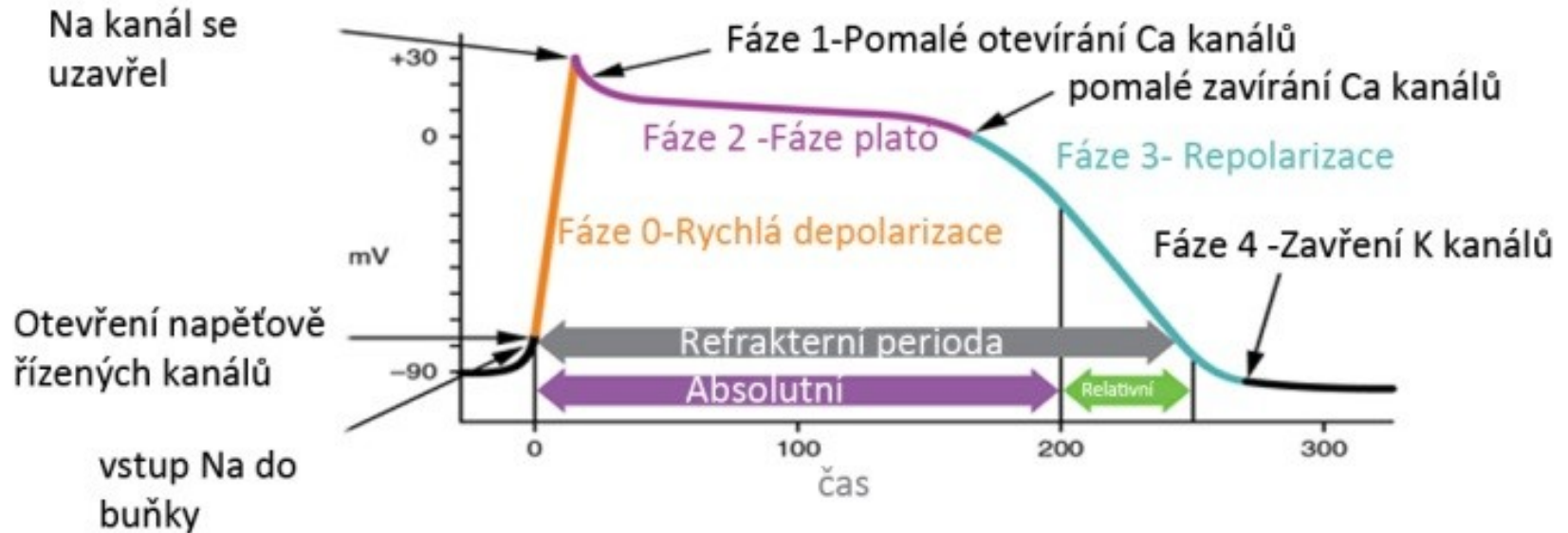




- 1) Čím se liší fáze A?
- 2) Jaký iont má na svědomí fázi B?
- 3) K čemu je dobrá fáze X?
- 4) Čím se liší fáze C?



# Akční potenciál – pracovní myokard



**Klidový potenciál** – záporné napětí na membráně (cca - 90 mV)

Jedině v tomto období je možné vyvolat depolarizaci a AP

## Akční potenciál (AP)

- V průběhu AP nelze vyvolat další depolarizaci, buňka je v **refrakterní fázi**, čímž brání vzniku tetanického stahu
- Má několik fází
  - **Depolarizace**
  - **Fáze plató** – její hlavní funkcí je prodloužení refrakterity buňky (**absolutní refrakterita**, nelze vyvolat další AP)
  - **Repolarizace** – **relativní refrakterita** (další příchozí AP může vyvolat následnou depolarizaci, která je však patologická)

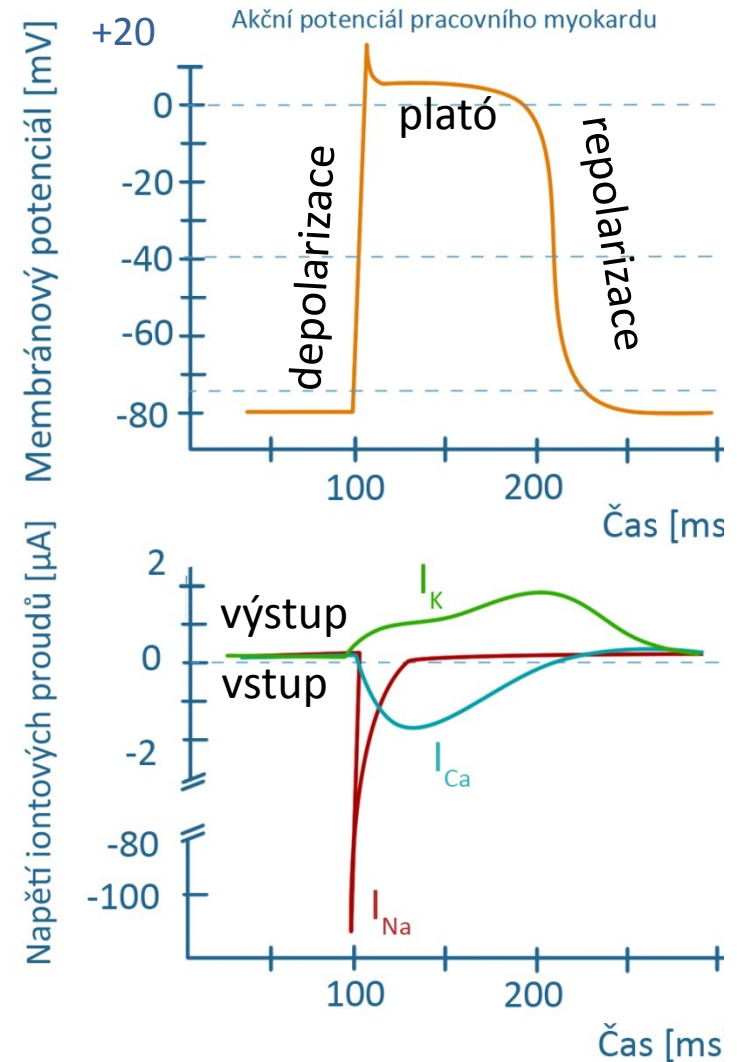


# Akční potenciál – pracovní myokard

Akční potenciál (AP)

- **Depolarizace** – vstup  $\text{Na}^+$  do buňky ( $\text{Na}$  je depolarizačním iontem, rychlý)
- **Fáze plató** – vstup  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky a výstup  $\text{K}^+$  z buňky (zároveň pumpování  $\text{Na}^+$  a  $\text{Ca}^{2+}$  z buňky)
- **Repolarizace** – výstup  $\text{K}$  z buňky (zároveň pumpování  $\text{Na}^+$  ( $\text{Na}/\text{K}$  - ATPáza) a  $\text{Ca}^{2+}$  z buňky ( $\text{Ca}$ -ATPáza))

Pozn: Ionty vstupují a vystupují kanálem pasivně po konc. a el. gradientu. Pumpování iontů je aktivní děj, většinou proti gradientu



# Akční potenciál – pacemakerová buňka (sinoatriálního uzlu)

**Nemá stabilní klidový potenciál (prepotenciál)**

- dochází k pomalé depolarizaci způsobené vstupem  $\text{Ca}^{2+}$  a  $\text{Na}^{+}$  do buňky pomalými kanály

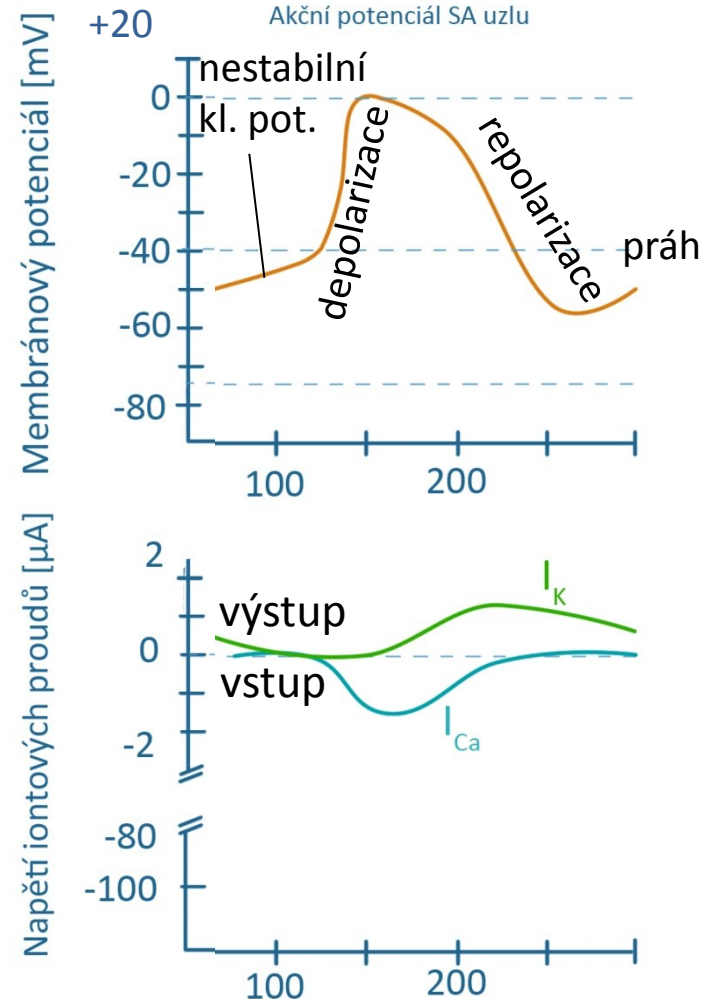
**Akční potenciál (AP)**

- k vlastní rychlé depolarizaci dochází, když prepotenciál překročí práh (-40 mV)
- Depolarizace – vstup  $\text{Ca}^{2+}$  do buňky (vápník je depolarizačním iontem, je pomalejší)
- Repolarizace – výstup K z buňky (zároveň pumpování  $\text{Na}^{+}$  (zároveň pumpování  $\text{Na}^{+}$  (Na/K - ATPáza) a  $\text{Ca}^{2+}$  z buňky (Ca-ATPáza))

Pozn: Ionty vstupují a vystupují kanálem pasivně po konc. a el. gradientu. Pumpování iontů je aktivní děj, většinou proti gradientu

**Pomalý depolarizační prepotenciál umožňuje rytmické vznikání AP v SA uzlu - pacemaker**

Podobný tvar AP má buňka AV uzlu, jen je pomalejší.



# Akční potenciál pracovní a pacemakerové buňky

## Pracovní myokard

- Stabilní klidový potenciál (-90 mV)
- Sodíkový depolarizační proud

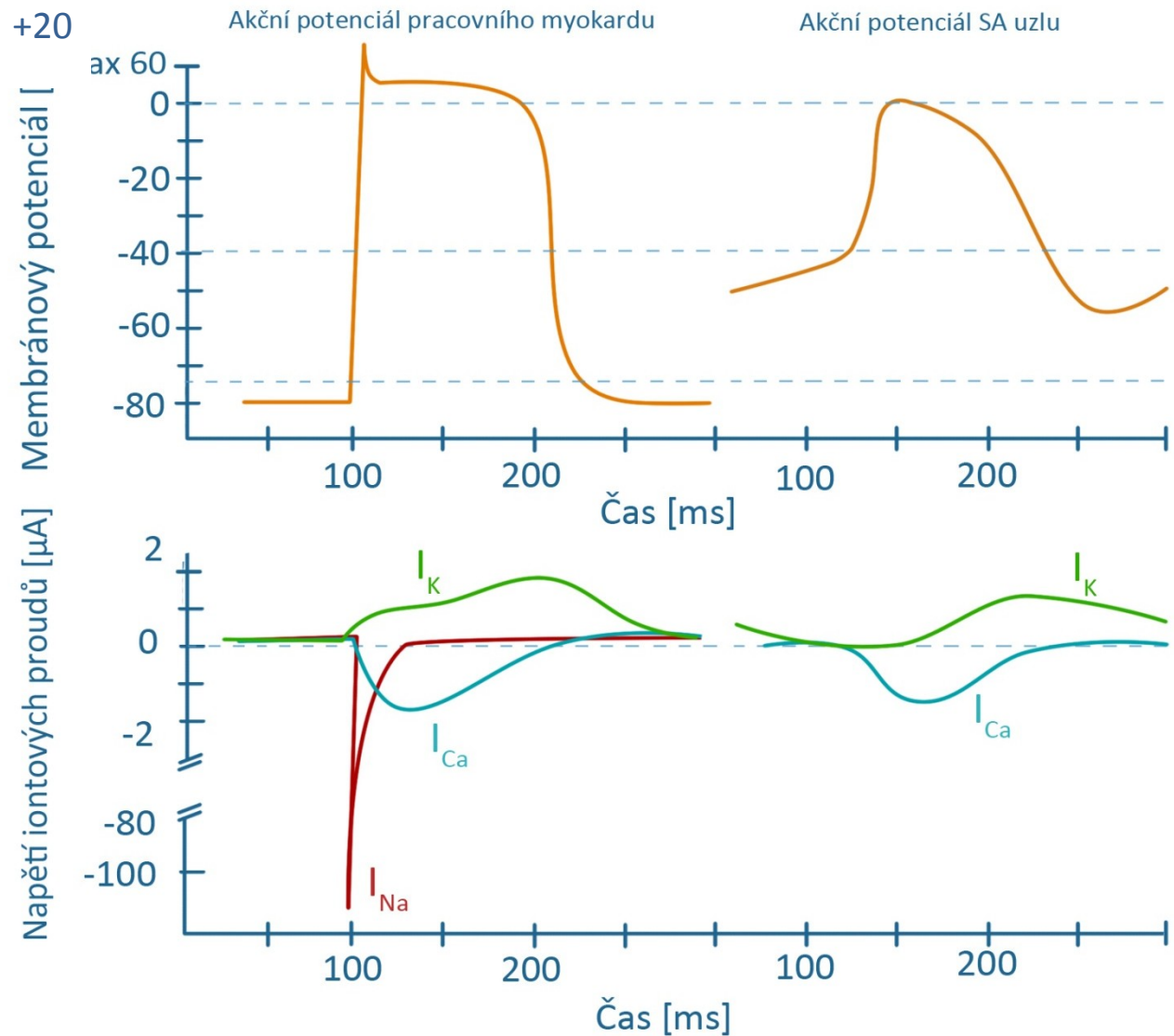
## Pacemakerová buňka

- Nestabilní klidový potenciál (-60 až -40 mV)
- Vápníkový depolarizační proud

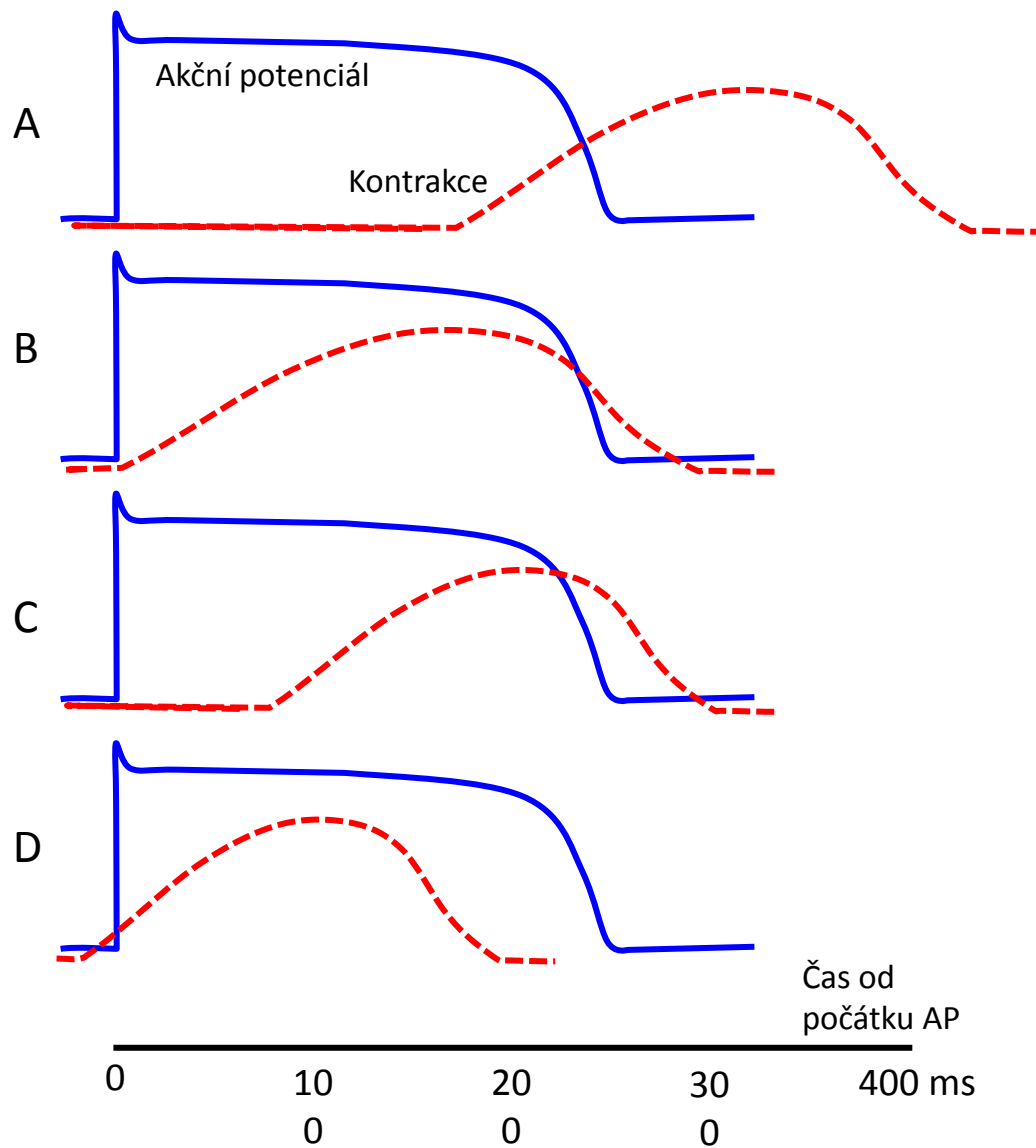
## SA uzel:

- Sympatické beta1 receptory – zvýšení propustnosti pro Ca, snížení pro K – vyšší strmost depolarizace, méně negativní repolarizace
- Vagové muskarinergní receptory: zvýšení propustnosti pro K – negativnější repolarizace

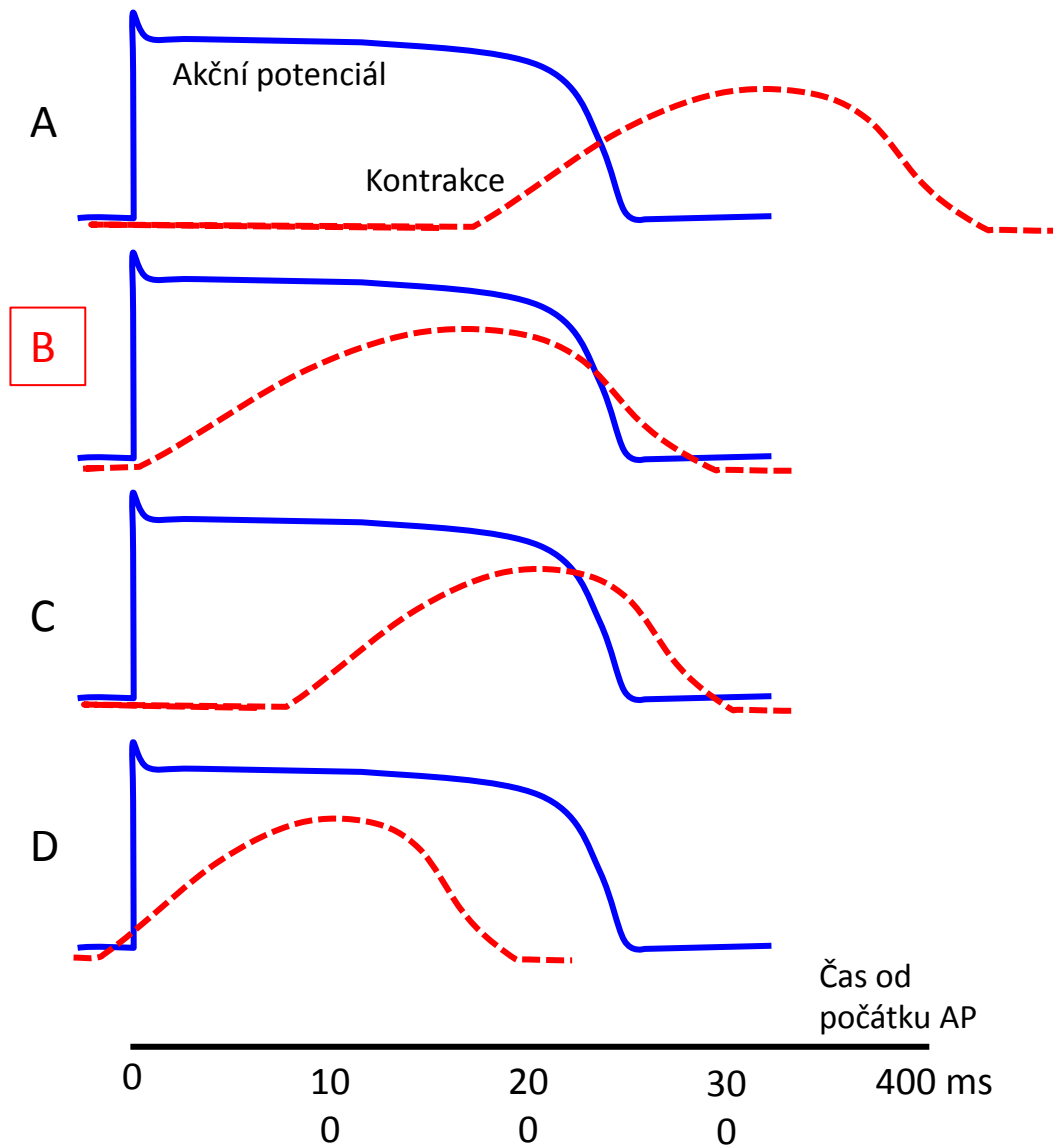
Další části převodního systému pouze pod sympatikem (pro případ junkčního rytmu)



# Který vztah AP - kontrakce je správný? Proč?



# Který vztah AP - kontrakce je správný? Proč?



Příčně  
pruhovaný  
srdeční sval

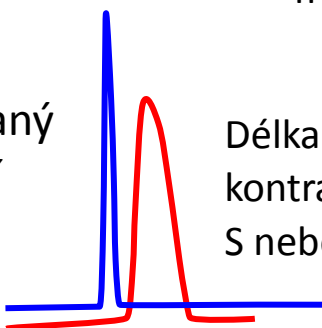


Akční potenciál (AP): cca  
250 ms

Kontrakce svalu: cca 250 ms

Elektromechanická latence (EML): do  
10 ms

Příčně  
pruhovaný  
kosterní  
sval



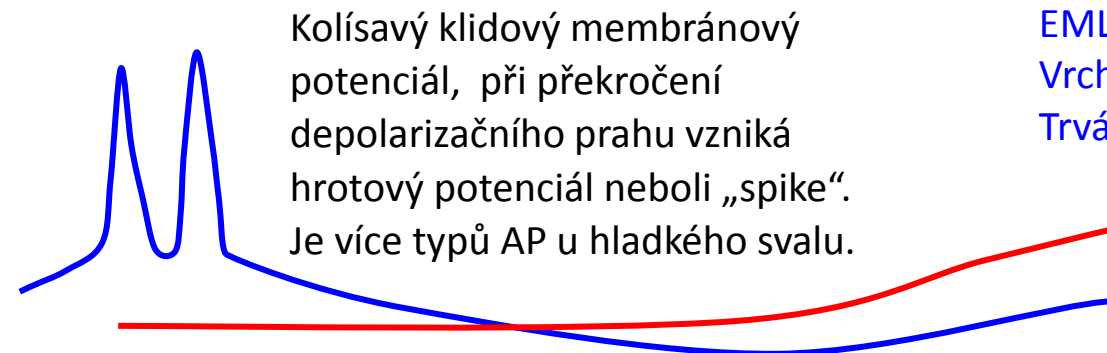
Délka elektromechanické latence a délka  
kontrakce závisí na typu kosterního svalu (typ  
S nebo F)

AP: 5 ms

EML: do 10 ms

Trvání kontrakce: průměrně cca 20 ms  
(8 - 100 ms dle typu vláken)

Hladký  
sval



Kolísavý klidový membránový  
potenciál, při překročení  
depolarizačního prahu vzniká  
hrotový potenciál neboli „spike“.  
Je více typů AP u hladkého svalu.

AP (hrotový potenciál): cca 50 ms

EML: cca 200 ms

Vrchol kontrakce cca 500 ms od AP  
Trvání kontrakce cca 1000 ms

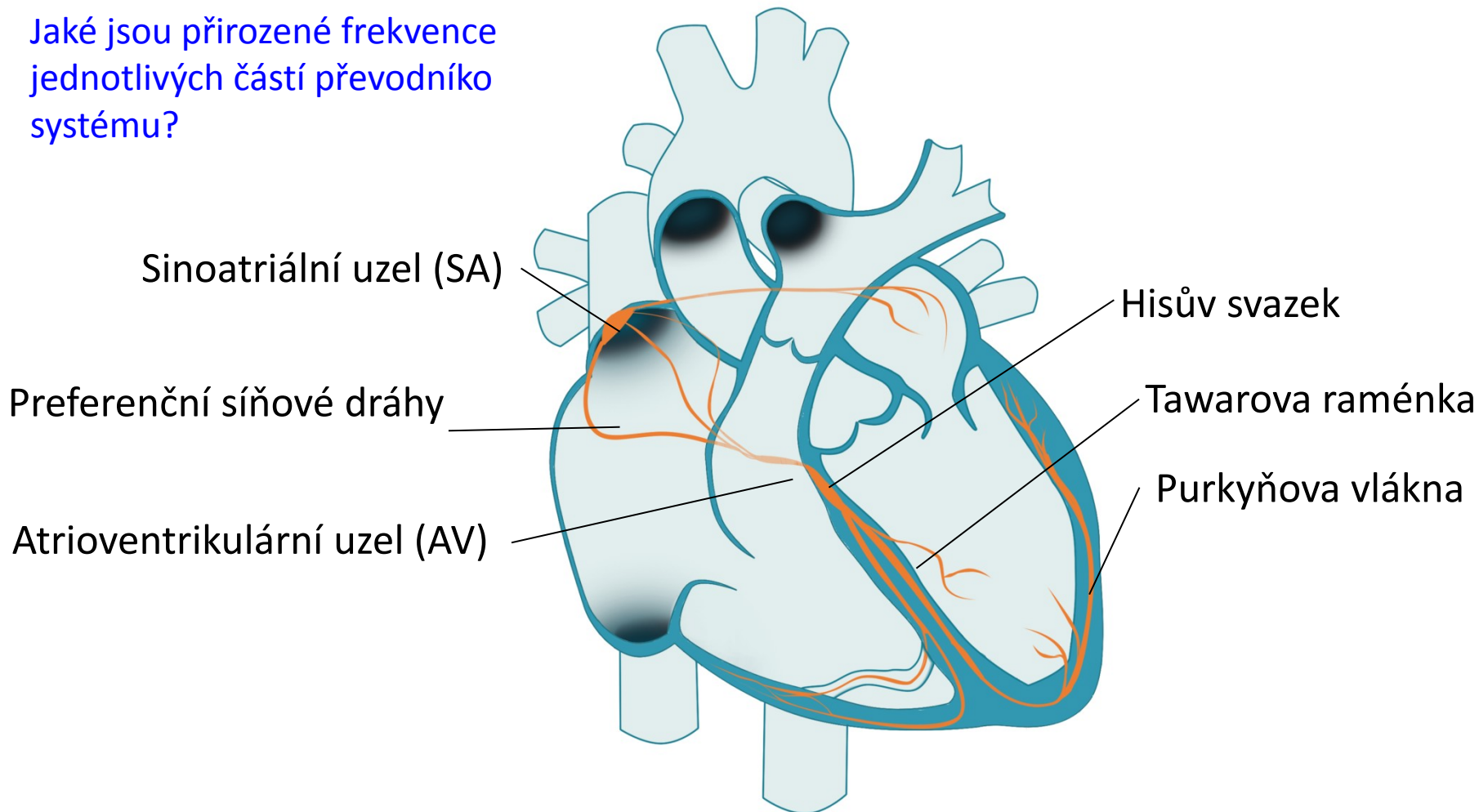
Čas od počátku  
AP (ms)

0 100 200 300 400

# Morfologie – převodní systém srdeční

- Tvorba a přednostní vedení akčního potenciálu
- Synchronizace a koordinace vedení vzruchu srdcem

Jaké jsou přirozené frekvence jednotlivých částí převodního systému?

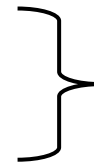


# Převodní systém srdeční – gradient srdeční automacie

Rytmické vytváření AP a preferenční vedení vzruchu

Síně jsou od komor oddělené nevodivou vazivovou přepážkou

- **Sinoatriální uzel (SA)** – vlastní frekvence 100 bpm (většinou pod tlumivým vlivem parasympatiku), rychlost vedení vzruchu 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

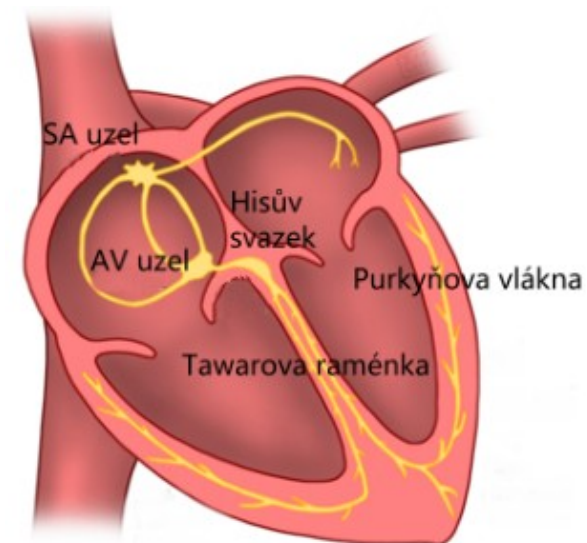
Aktivace komorového myokardu – z vnitřní strany k vnější, výrazně synchronizovaná, určená příchodem vzruchu

Repolarizace komorového myokardu – opačným směrem, méně ostrá, repolarizační ostrůvky, určená buňkami samotnými

Pozn: vlastní frekvence je frekvence vzniku AP neovlivněná

nervovým a hormonálním řízením

<https://www.prirodovedci.cz/storage/images/410x/1611.png>





# Řízení myokardu

## Chronotropní efekt

SA uzel:

- **Sympatické beta1 receptory** – zvýšení propustnosti pro Ca, snížení pro K – vyšší strmost depolarizace, méně negativní repolarizace
- **Vagové muskarinergní receptory:** zvýšení propustnosti pro K – negativnější repolarizace

Další části převodního systému pouze pod sympatikem (pro případ junkčního rytmu, který by už neměl být zpomalován)

## Dromotropie

Vagová vlákna zpomalují vedení vzruchu v AV uzlu – zpomalení strmosti depolarizace (změny v propustnosti pro Ca a K)

Sympatikus zvyšuje vedení vzruchu

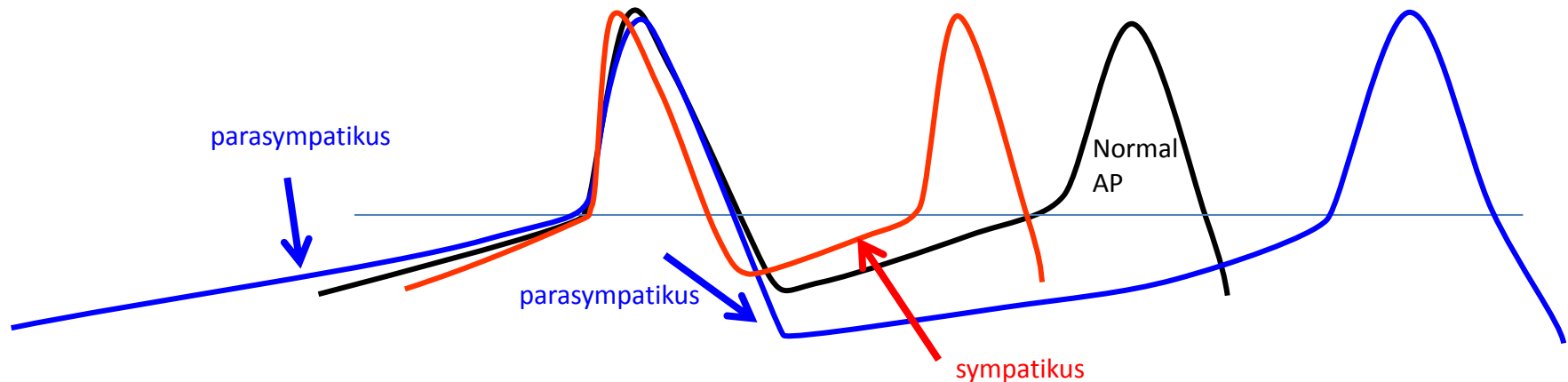
Dromotropie je daná rychlostí depolarizace. Proto mají buňky SA a AV uzlu nejpomalejší vedení.

## Inotropie

Sympatikus - beta1 receptory – zvýšení proudu Ca z extracelulárního prostředí do buňky – vyšší koncentrace Ca

Parasympatikus působí nepřímo – nižší frekvence, méně AP a delší čas mezi AP vede k lepšímu vyklizení Ca z cytoplazmy

**Digitalis** (léčba srdečního selhání, „vodnatelnosti“): blokáda Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> ATPázy, nižší gradient Na<sup>+</sup>, snížená aktivita 3Na<sup>+</sup>/Ca<sup>2+</sup> výměníku, snížený proud Ca z buňky, vyšší koncentrace Ca v buňce, silnější kontrakce



# Elektrokardiografie

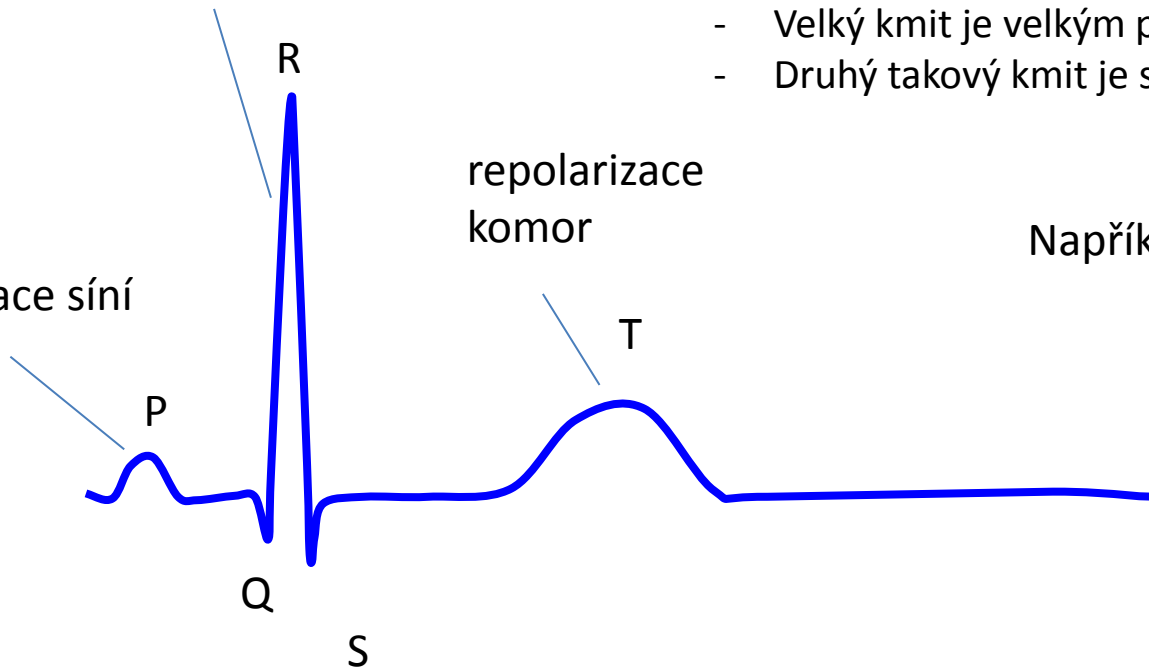
Trochu od konce....

Nejdříve si ukážeme křivku EKG...

.....a pak jak vzniká

depolarizace  
komor - QRS

depolarizace síní



QRS:

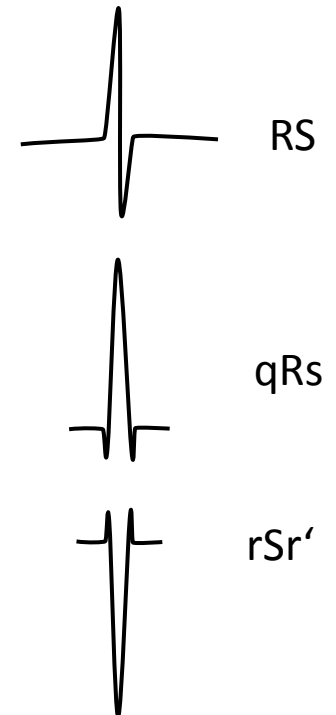
Q: první negativní kmit

R: první pozitivní kmit

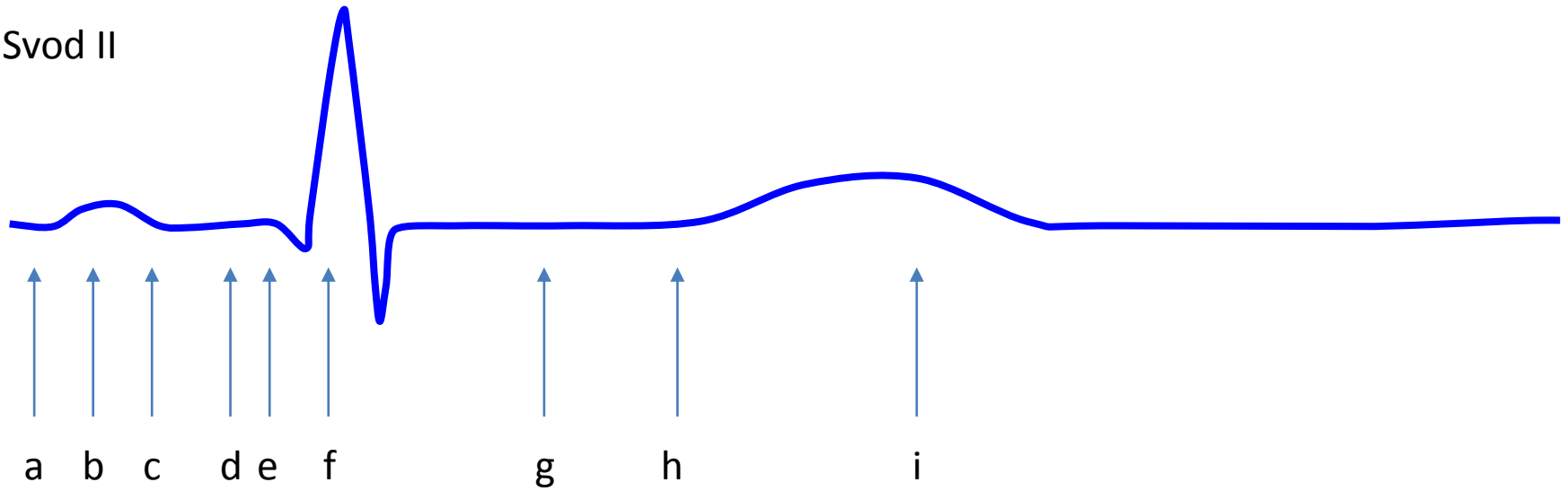
S: negativní kmit, kterému předchází pozitivní kmit

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

Například:



Svod II



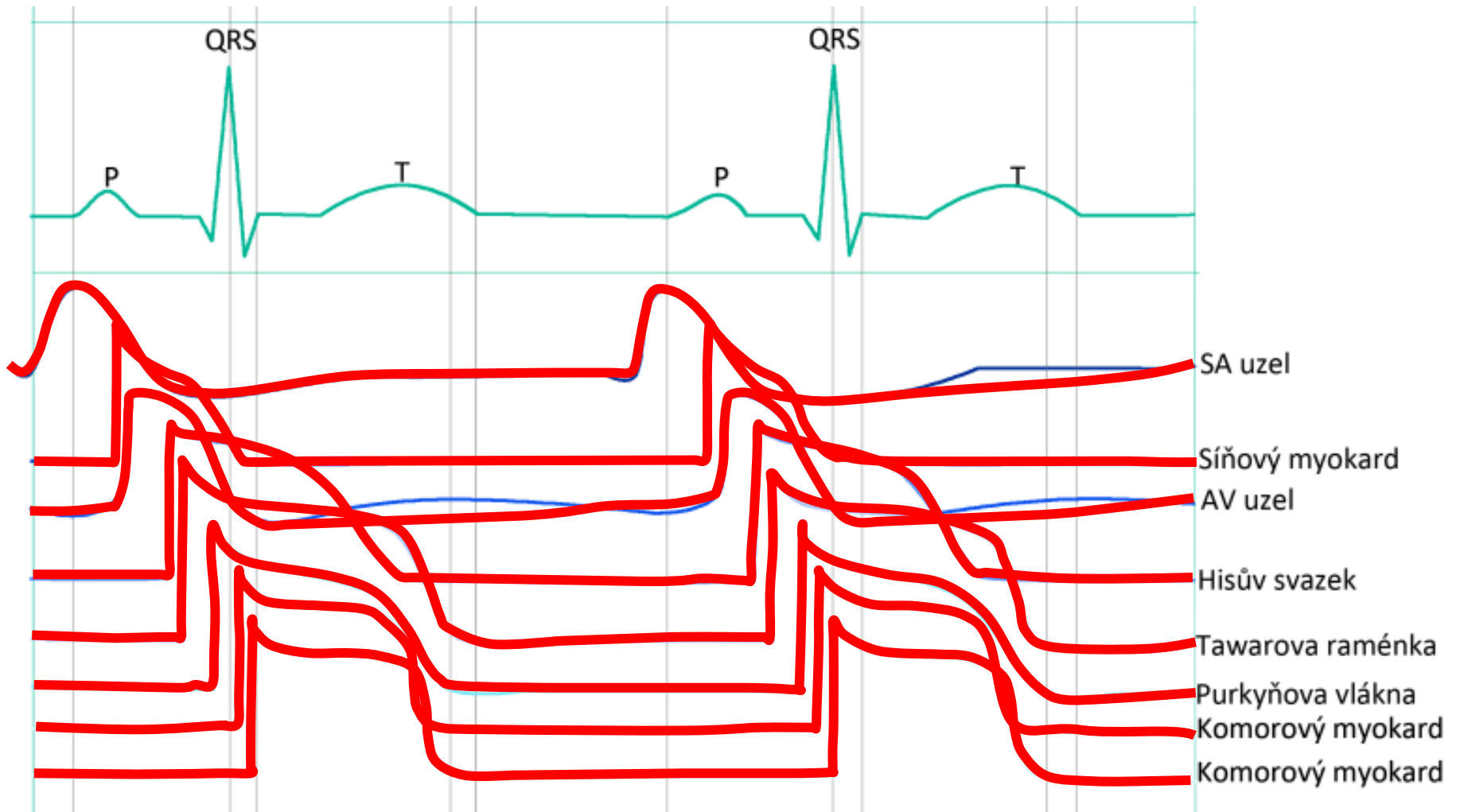
Kam byste umístili depolarizaci akčního potenciálu buňky:

- 1) SA uzlu
- 2) Pracovní buňky síní
- 3) AV uzlu
- 4) Hisova svazku a Tawarových ramének
- 5) Purkyňových vláken
- 6) Pracovní buňky septa komor
- 7) Pracovní buňky apexu komor
- 8) Pracovní buňky baze komor

Kam byste umístili repolarizaci akčního potenciálu:

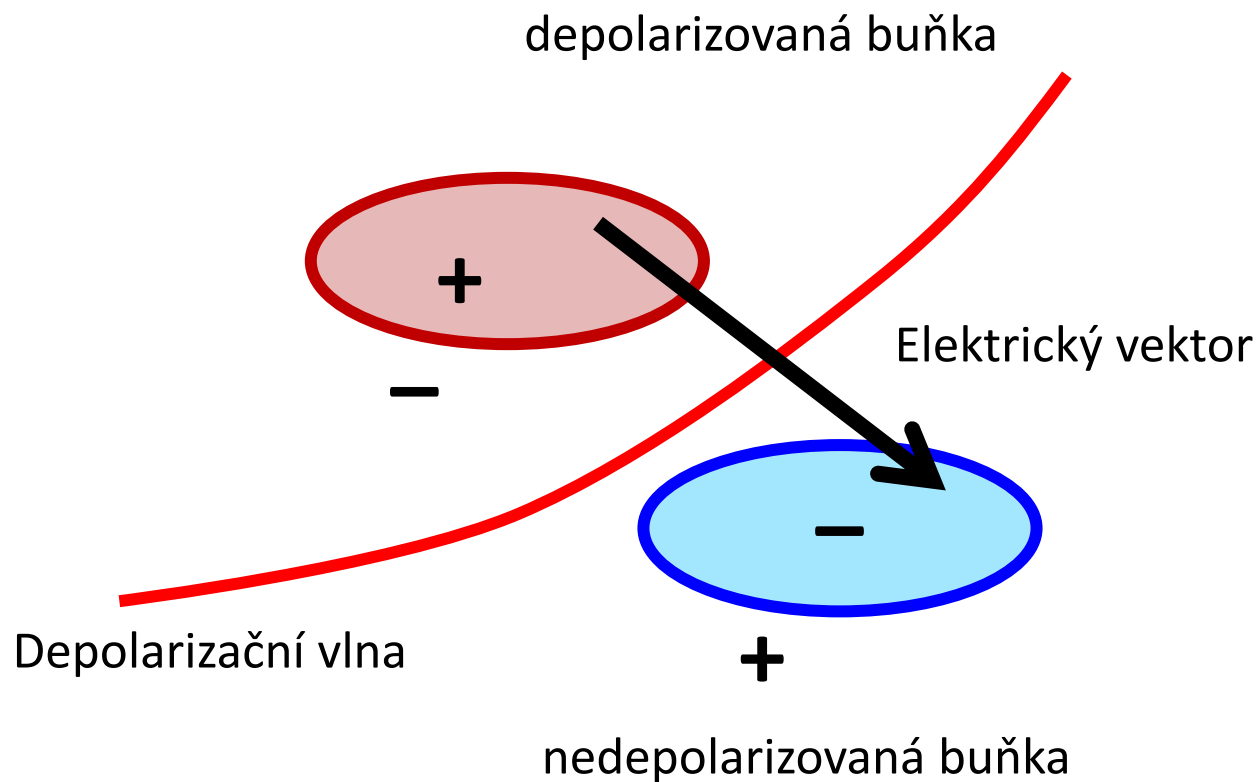
- 1) Pracovní buňky síní
- 2) Tawarových ramének
- 3) Pracovní buňky komor

# Gradient akčního potenciálu



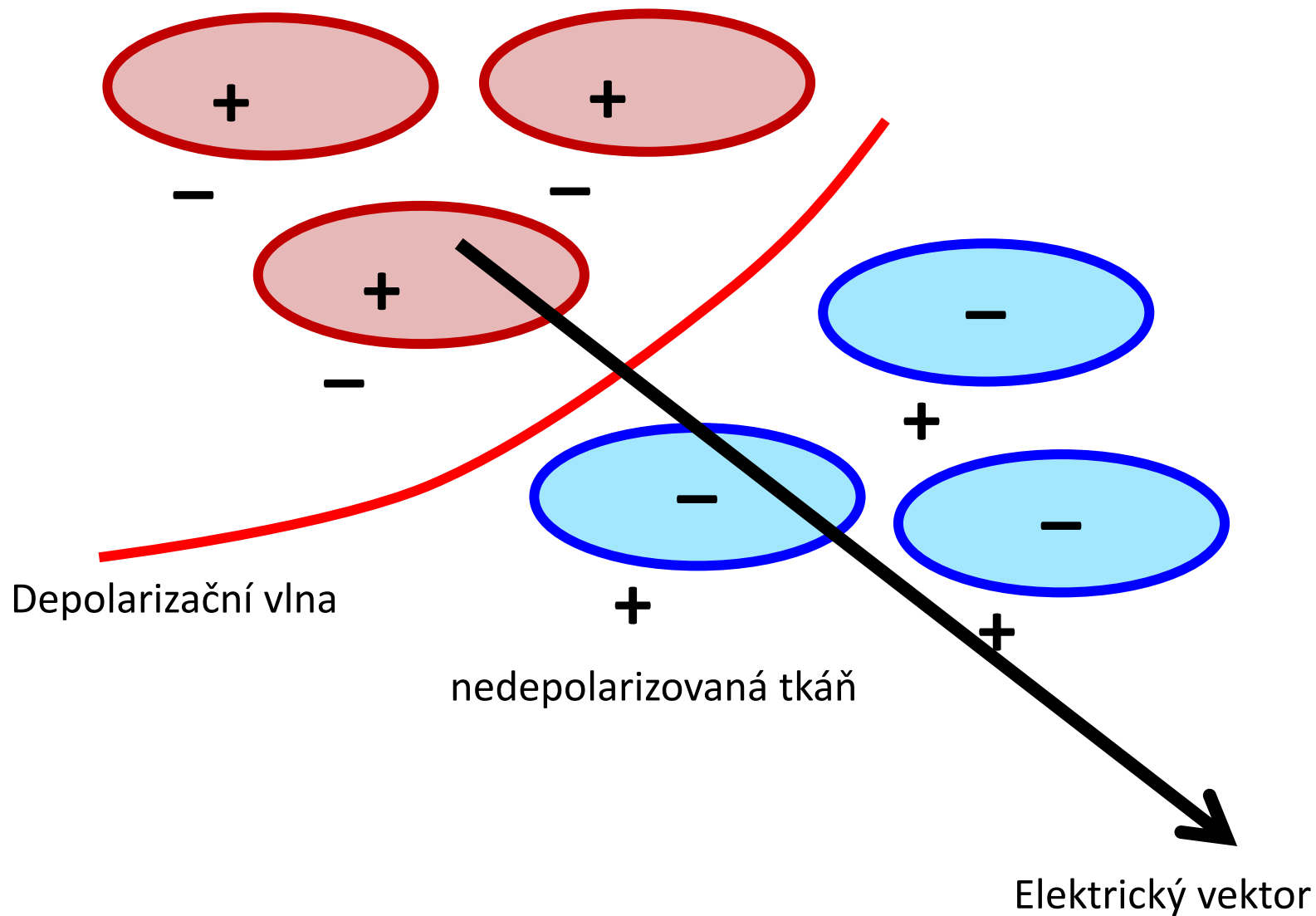
# Elektrický dipól

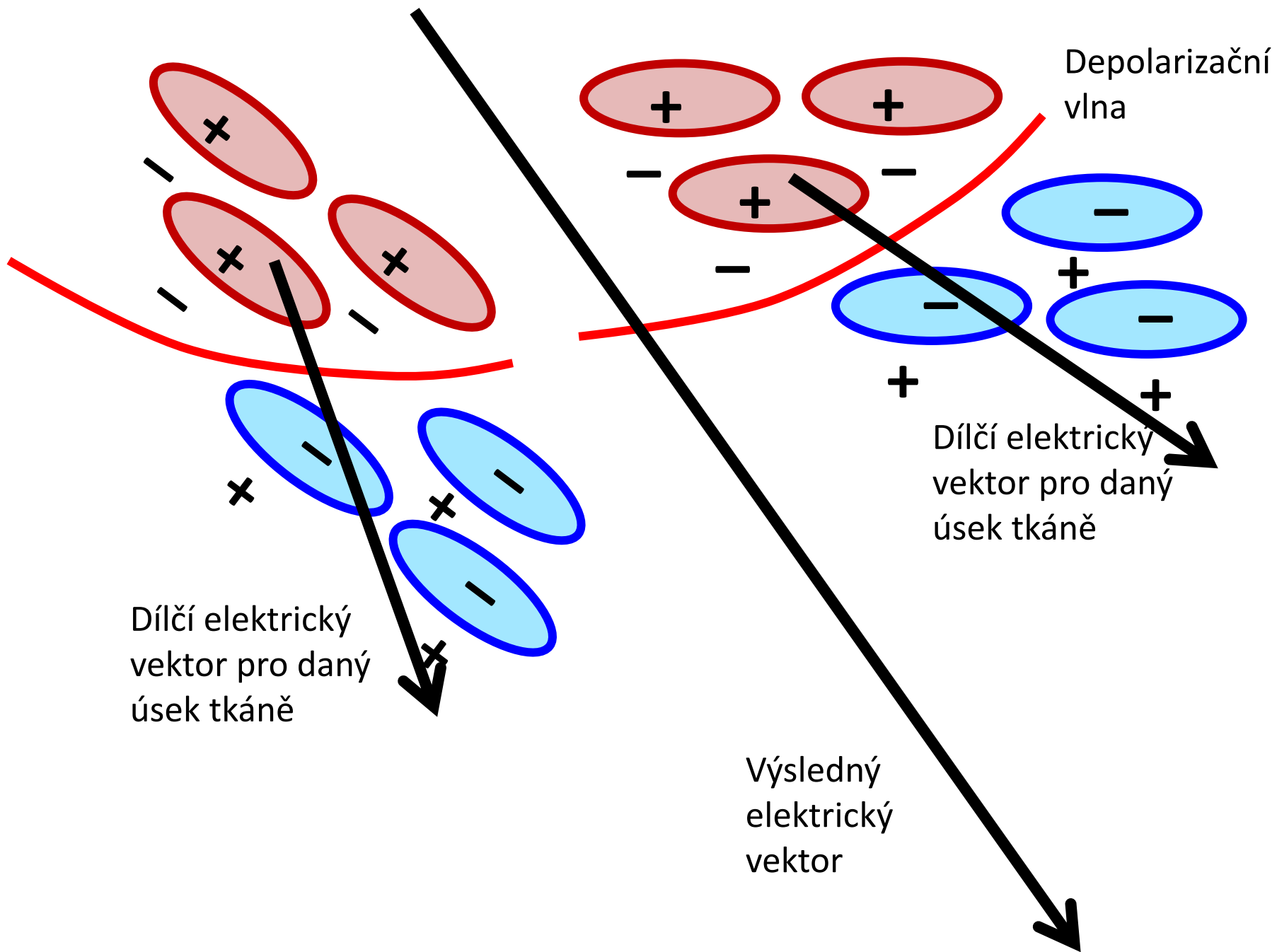
EKG: Elektrická aktivita srdce měřená z povrchu těla



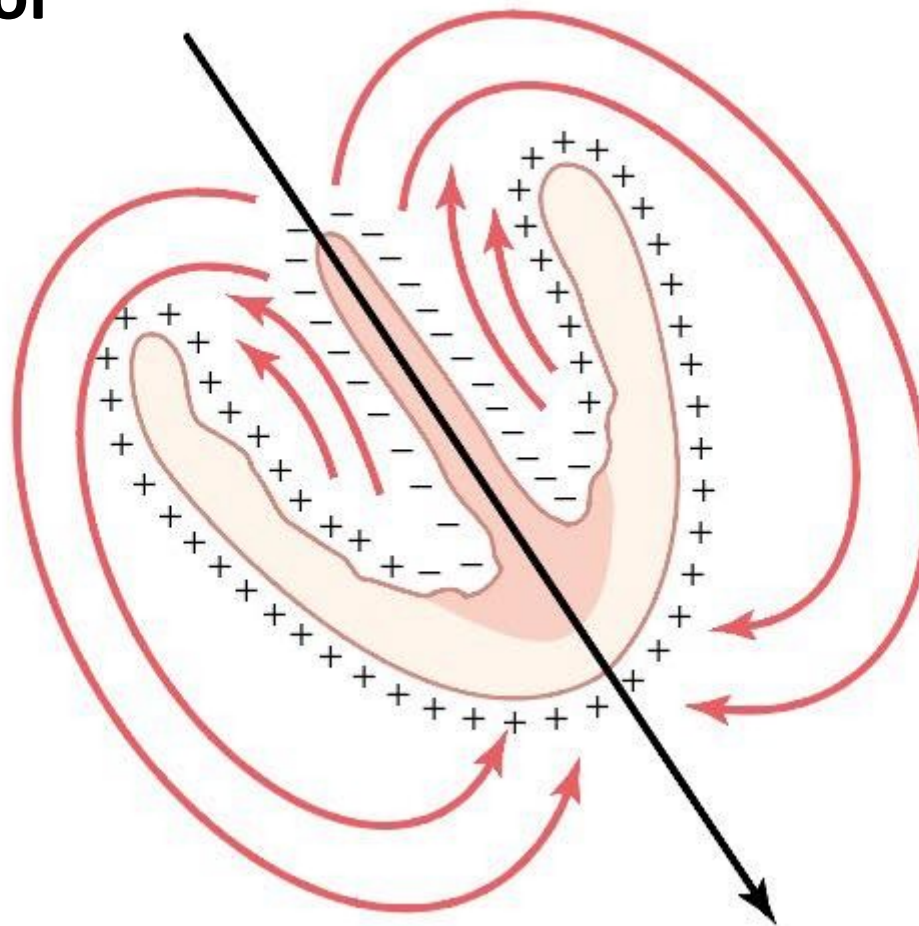
# Elektrický dipól

depolarizovaná tkáň



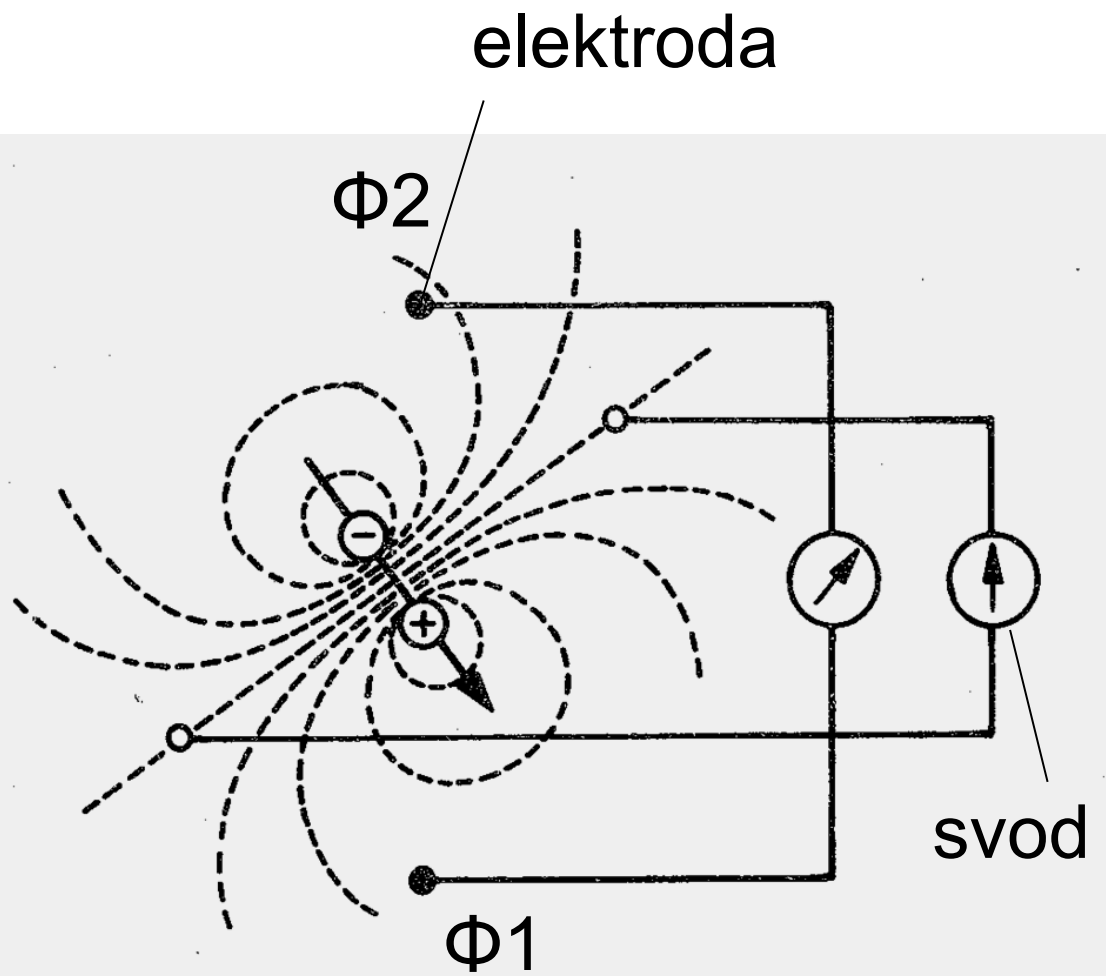


# Elektrický dipól





# Elektrický dipól



Elektroda: snímá elektrický potenciál ( $\Phi$ )

Elektrický svod: spojení dvou elektrod

- Snímá napětí mezi elektrodami
- Napětí: rozdíl el. potenciálů ( $V = \Phi_1 - \Phi_2$ )
- Svod kolmý na el. vektor má napětí 0 V
- Největší napětí naměří svod rovnoběžný s el. vektorem

# Elektrický dipól – kde je plus a kde mínus?



www.imFu heart

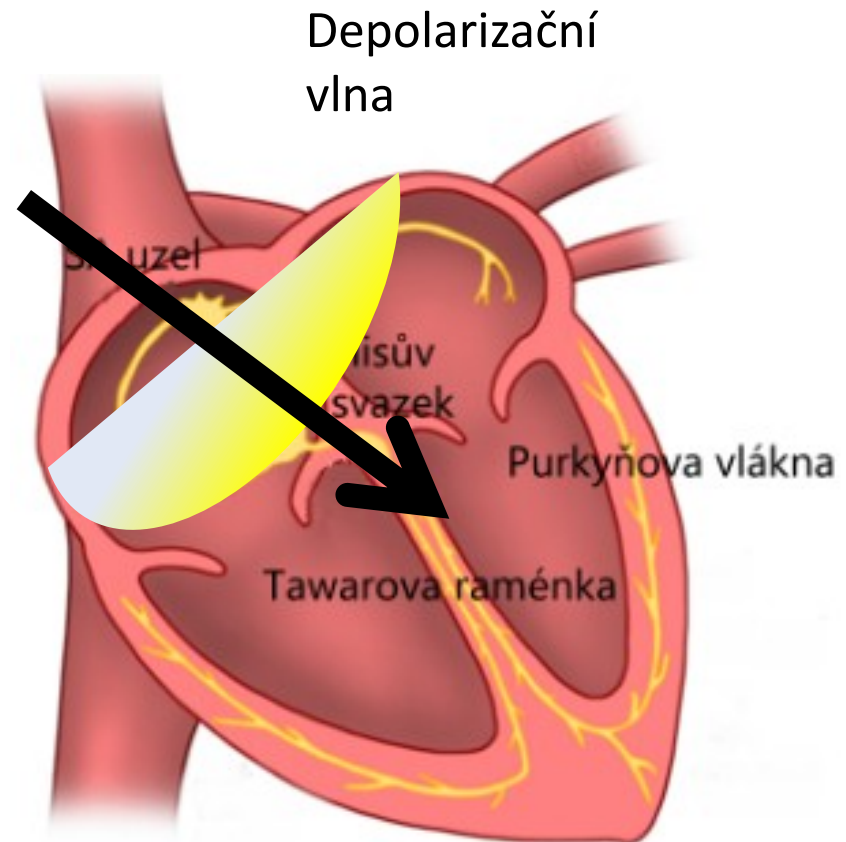
# Elektrokardiografie

EKG: Elektrická aktivita srdce měřená z povrchu těla

**Elektrický vektor srdeční** vzniká součtem dílčích elektrických vektorů v srdci

Elektrický vektor má v daném čase

- **Velikost** – určena počtem buněk, které mění svoji polaritu v daném směru
- **Směr** - kolmý na depolarizační vlnu



# Elektrokardiografie

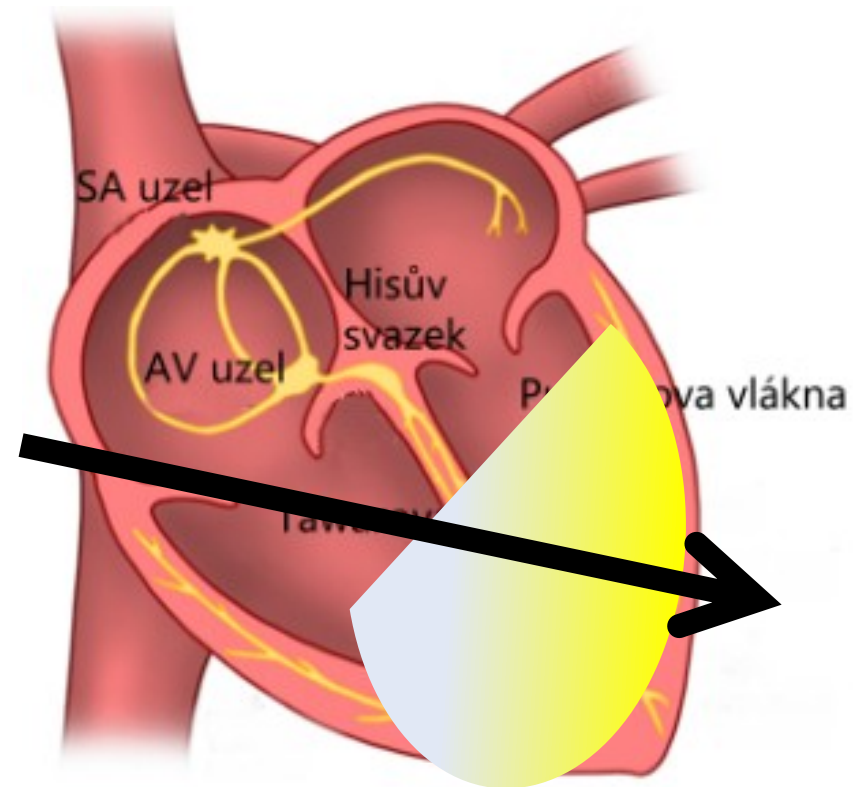
**Elektrický vektor srdeční** vzniká součtem dílčích elektrických vektorů v srdci

Elektrický vektor má v daném čase

- **Velikost** – určena počtem buněk, které mění svoji polaritu v daném směru
- **Směr** - kolmý na depolarizační vlnu

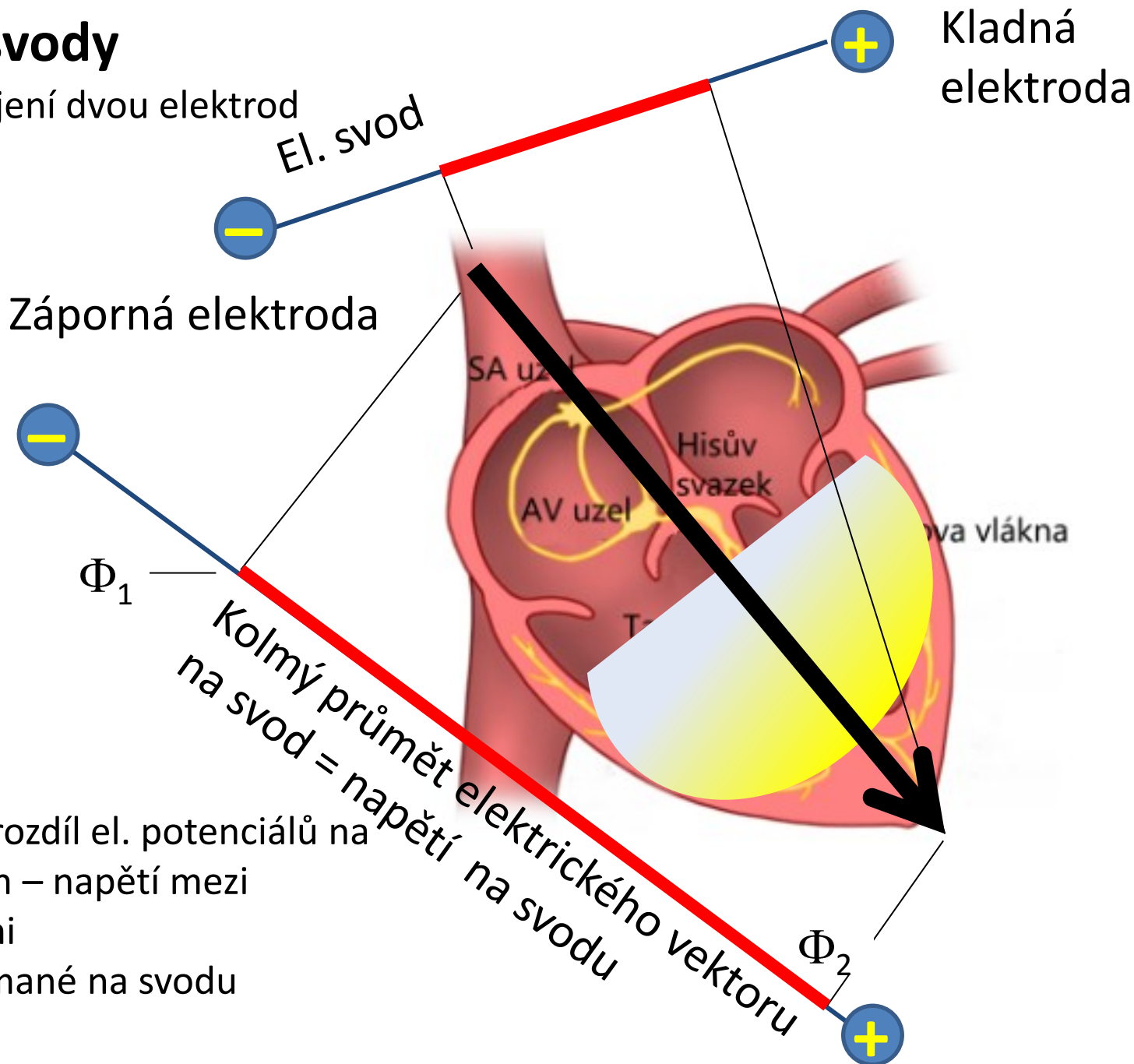
**El. vektor je proměnlivý v čase**

(tak, jak se šíří depolarizační nebo repolarizační vlna)



# EKG svody

Svod – spojení dvou elektrod



Záporná elektroda

Kladná elektroda

$\Phi_1$

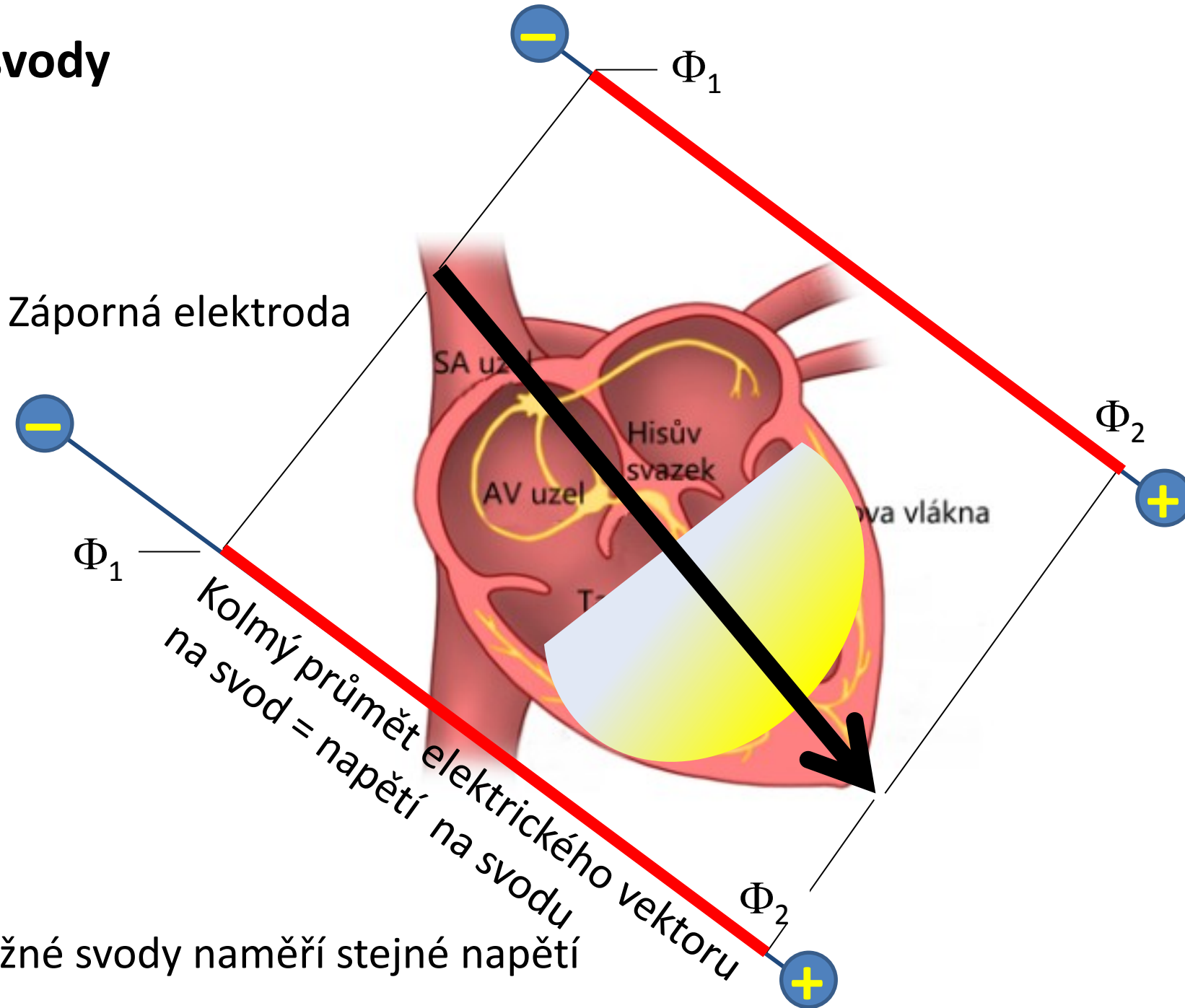
$\Phi_2$

Svod měří rozdíl el. potenciálů na elektrodách – napětí mezi elektrodami

Napětí snímané na svodu

$$V = \Phi_2 - \Phi_1$$

# EKG svody

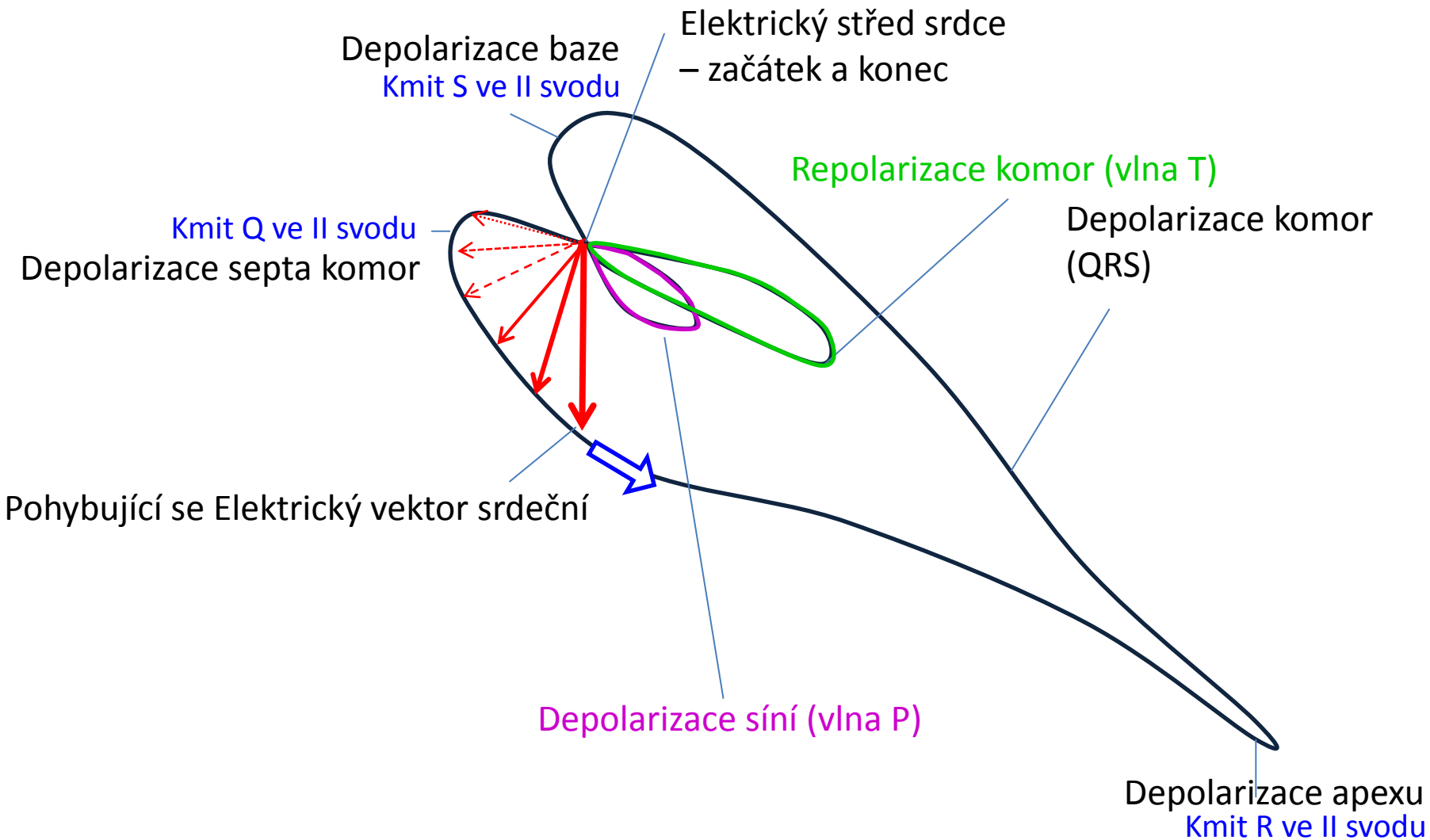


Záporná elektroda

Kolmý průmět elektrického vektoru  
na svod = napětí na svodu

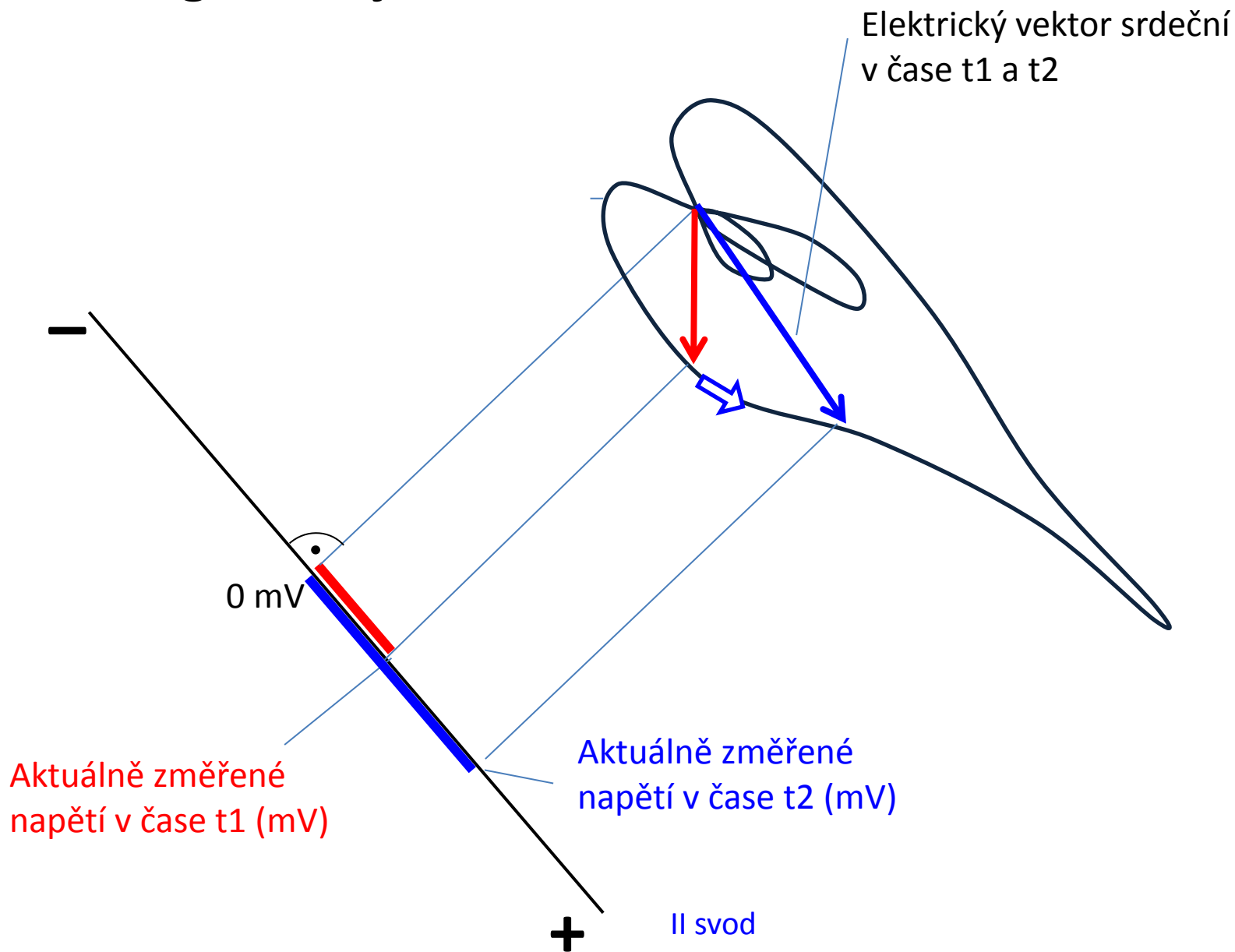
Rovnoběžné svody naměří stejné napětí

# Vektokardiografie – jak vzniká EKG



Špička šipky (elektrický vektor) během srdečního cyklu opisuje 3 smyčky

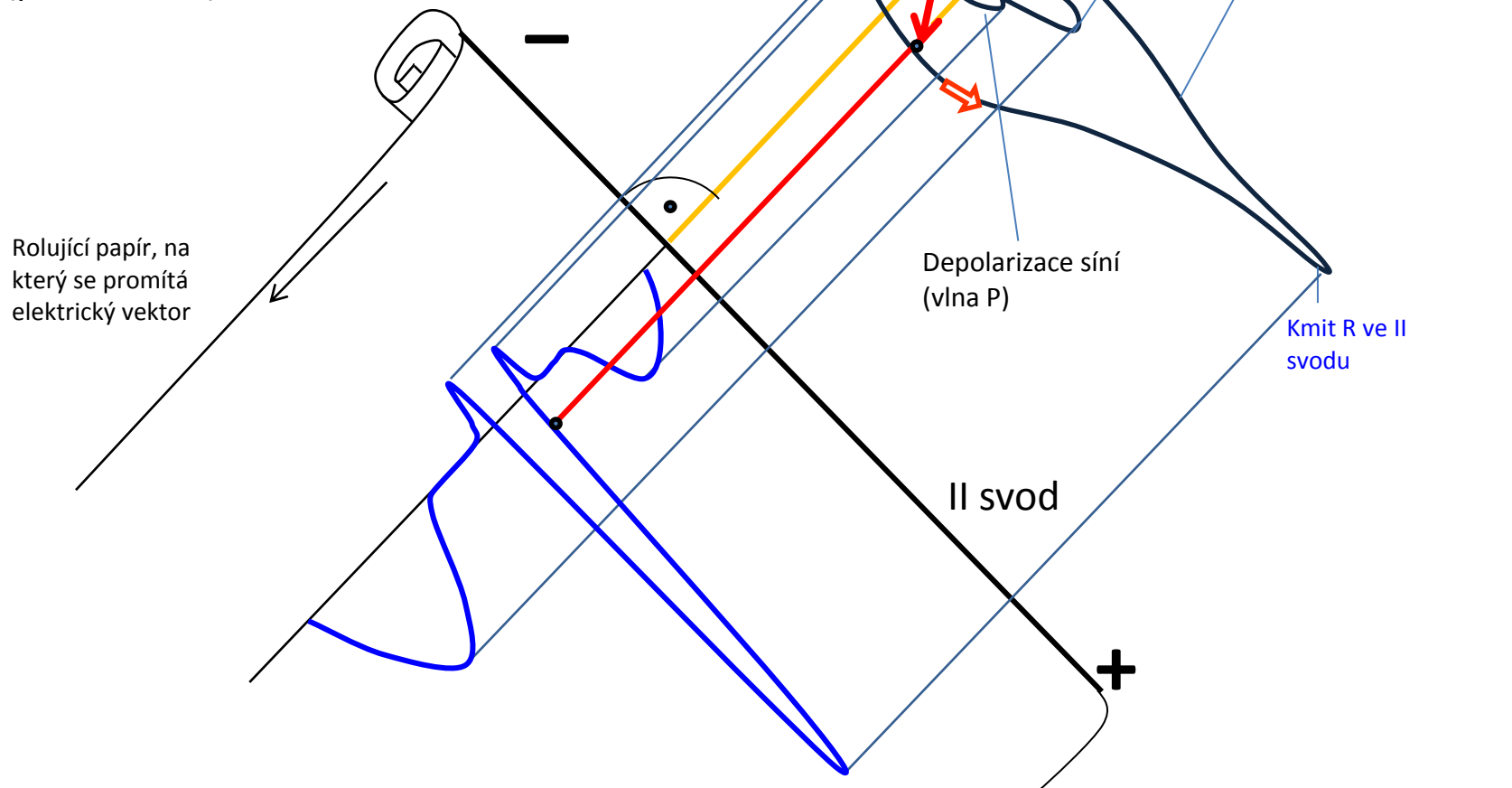
# Vektokardiografie – jak vzniká EKG

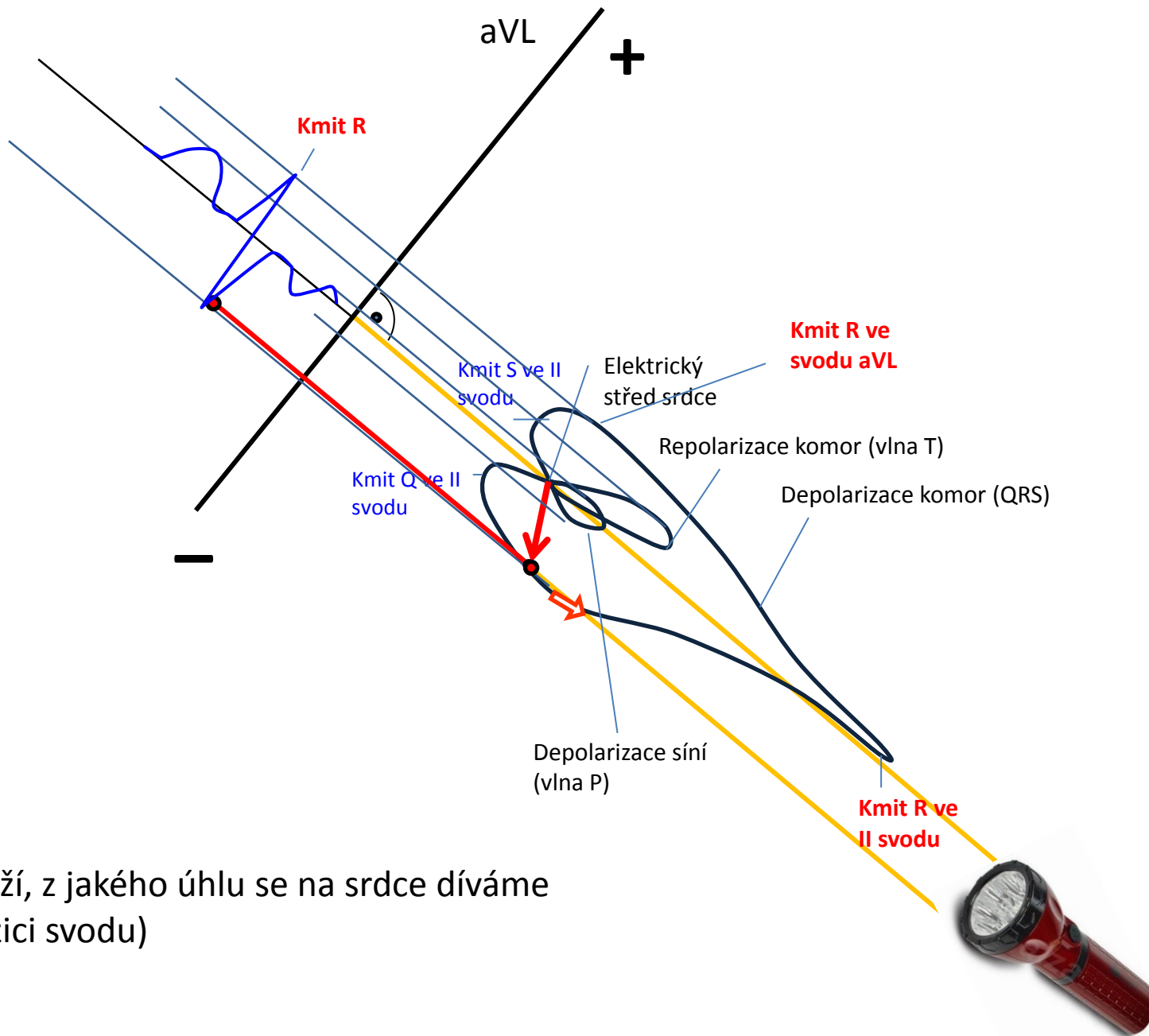




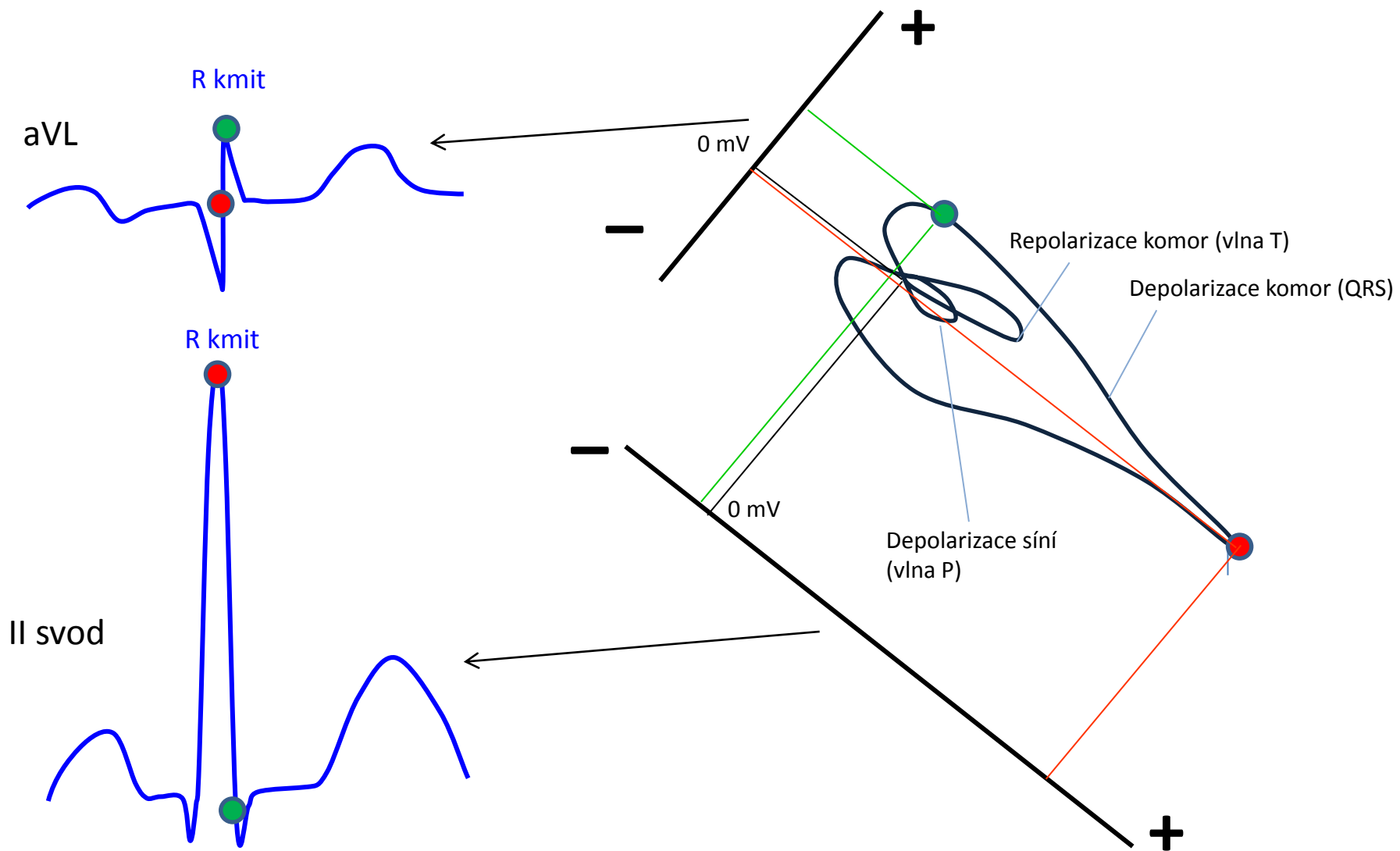
# Vektokardiografie – jak vzniká EKG

Tak, jak se v průběhu srdečního cyklu pohybuje el. vektor po smyčce, „vrhá kolmý stín“ na svod („pohyblivý papír“). Vykresluje tak křivku EKG, což je záznam napěťových změn na daném svodu. **EKG jednoho svodu je kolmý průmět el. vektoru na svod.** Záleží, z jakého úhlu se na srdce díváme (pozici svodu)





Záleží, z jakého úhlu se na srdce díváme  
(pozici svodu)

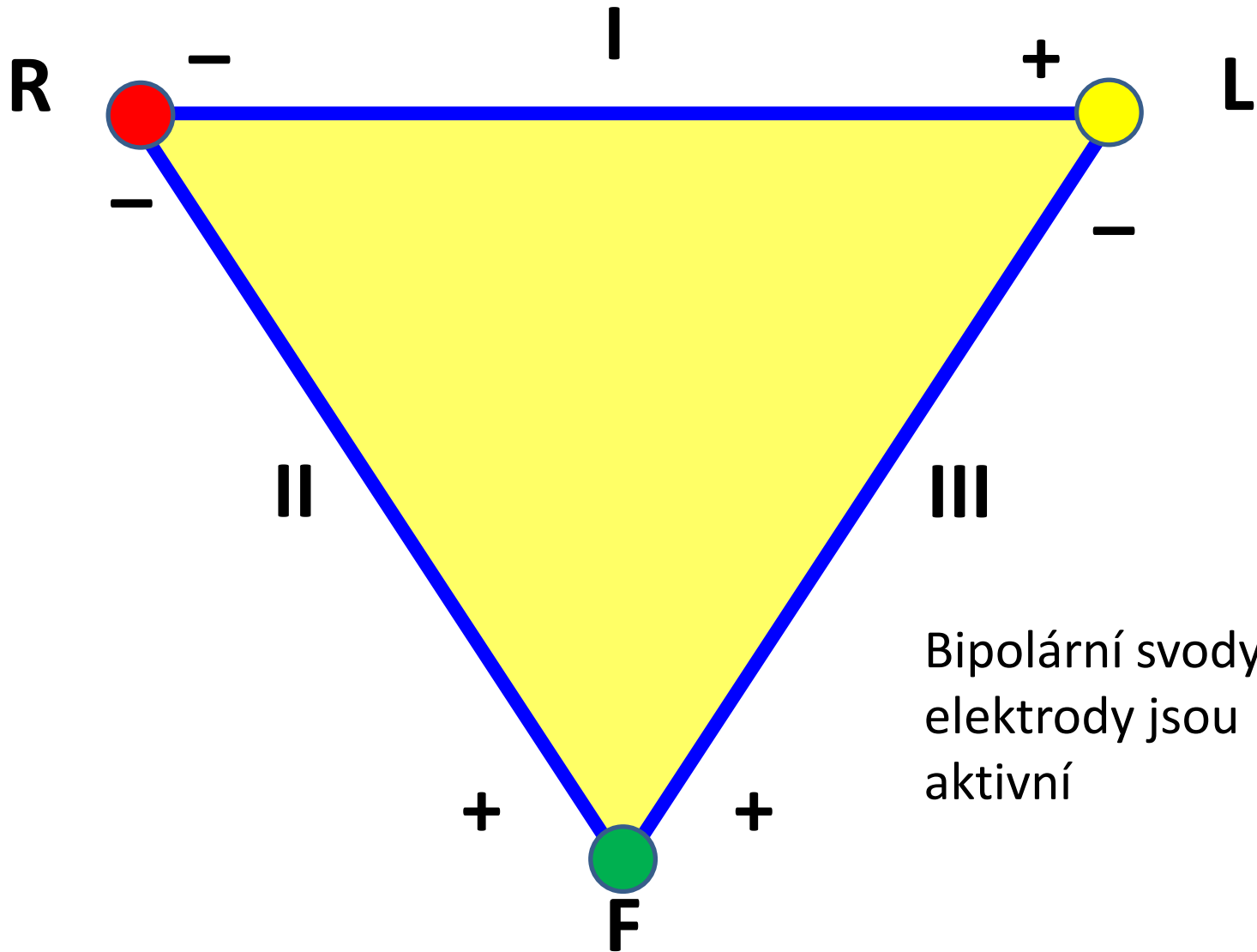


EKG ze dvou svodů, které jsou na sebe kolmé - dívají se na srdce z různých, na sebe kolmých, úhlů  
 Co z toho vyplývá? – To, co je ve dvou svodech popsáno jako kmit R, je odrazem depolarizace dvou různých míst srdeční svaloviny.  
 (Aneb jak to dopadá, když lékař popisuje něco, o čem nemá nejmenší ponětí, co to znamená. A lékařská věda má problém opustit tradice.)

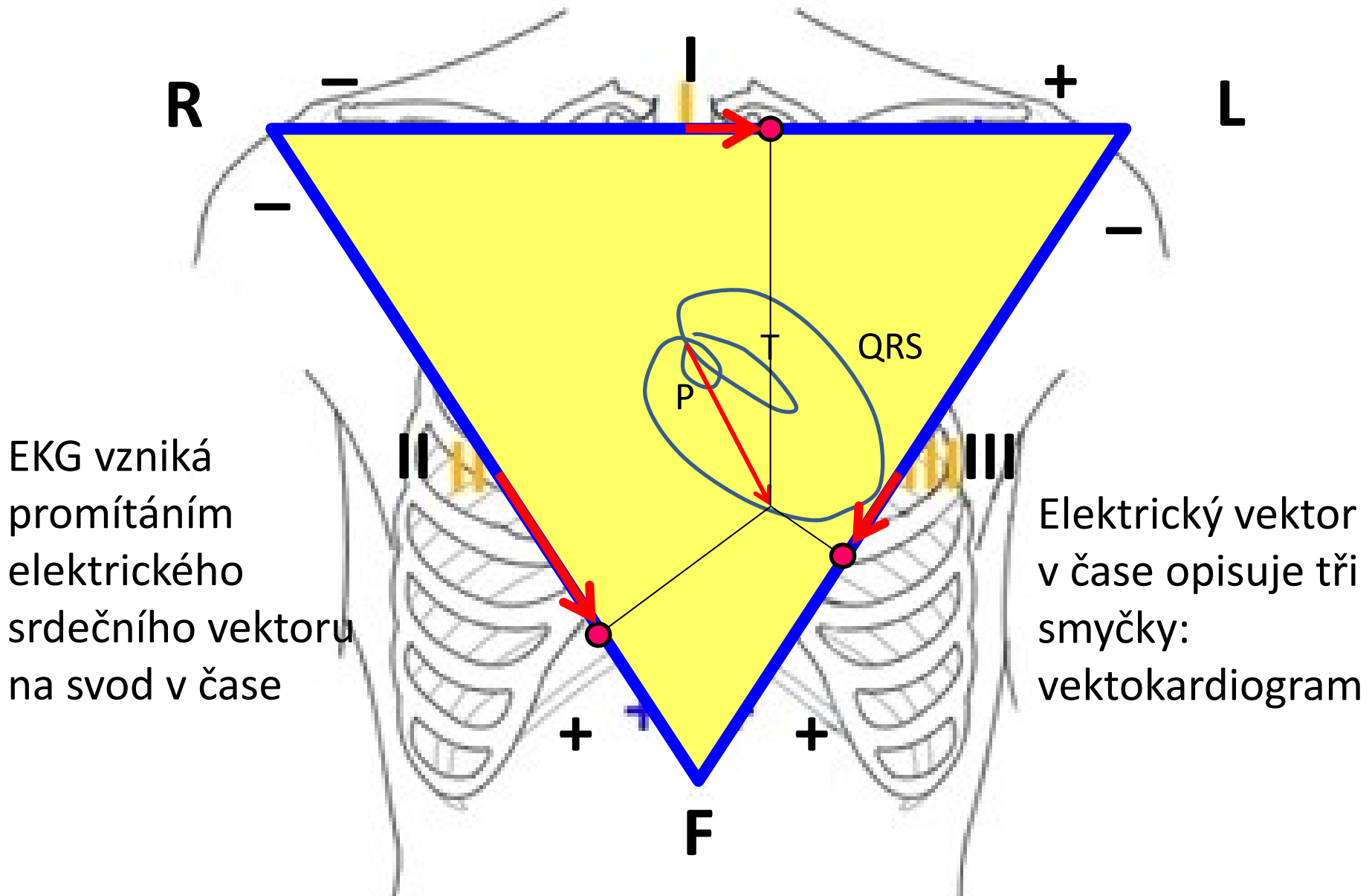
## Svodový systém ve frontální rovině



# EKG – základní (Einthovenovy svody, trojúhelník)



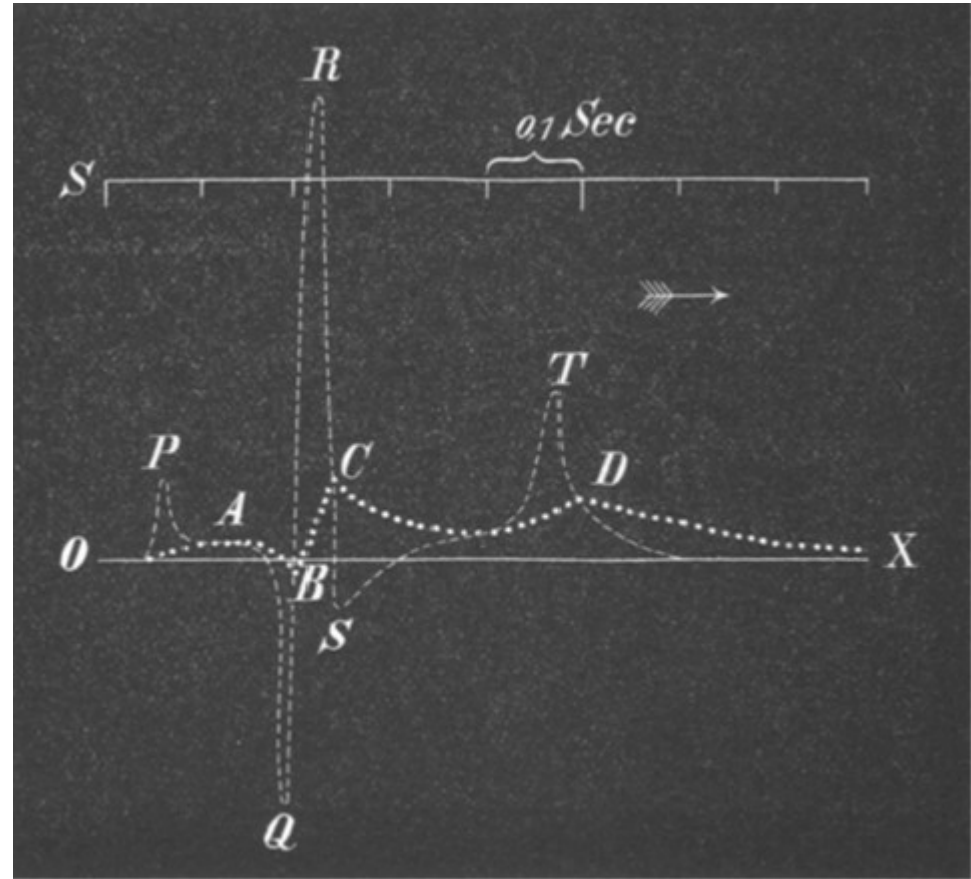
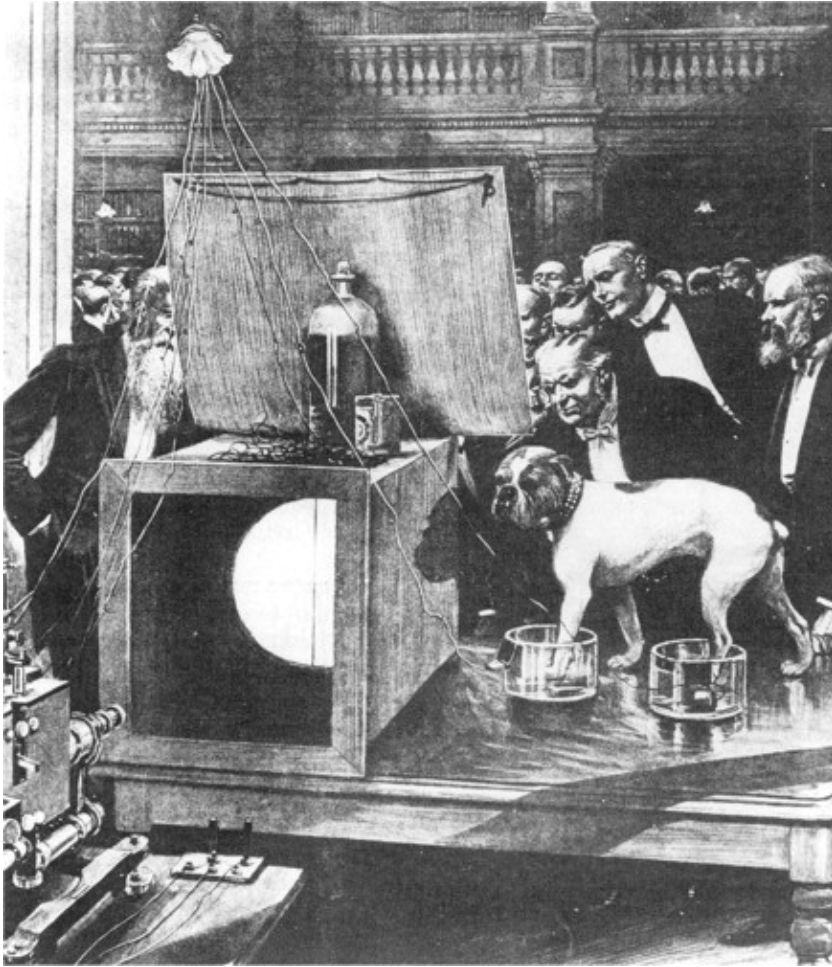
# EKG – základní, bipolární (Einthovenovy svody)



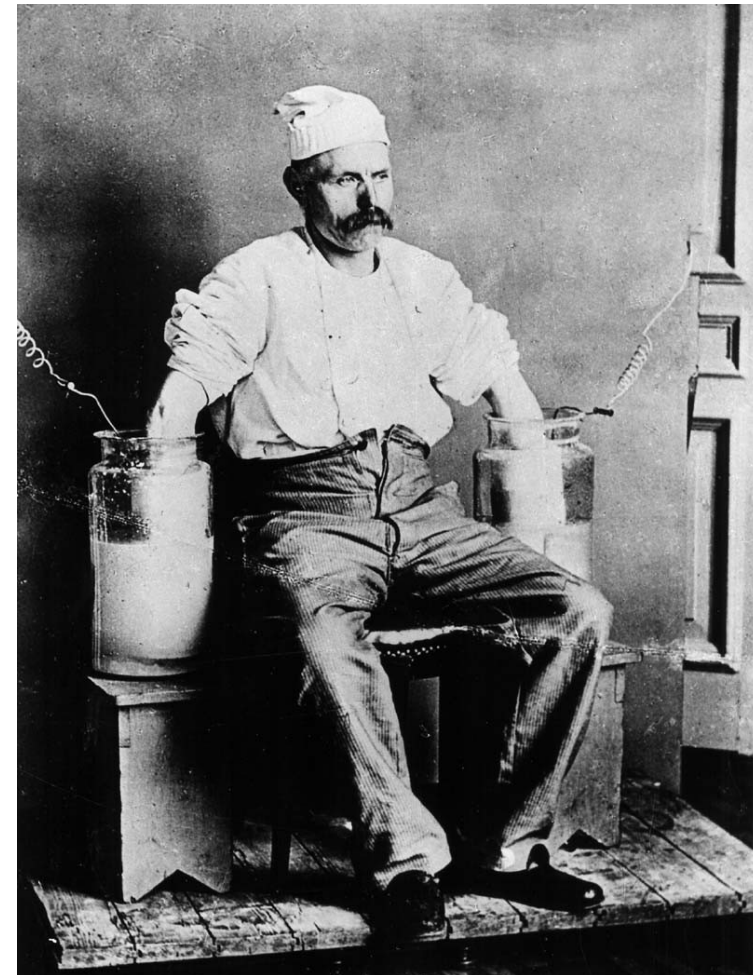
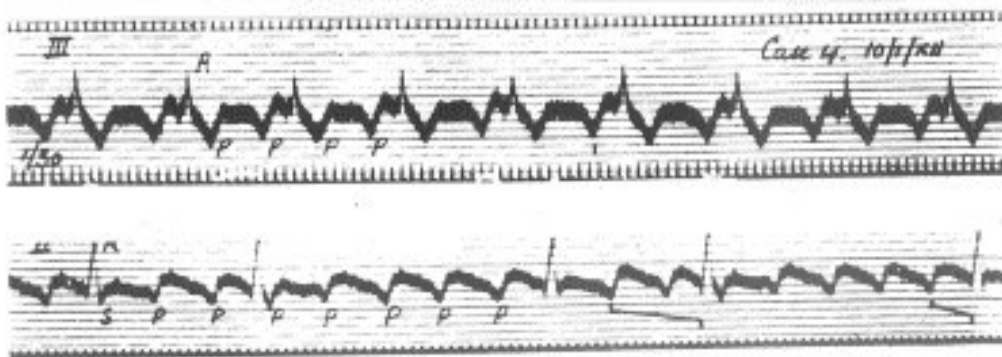
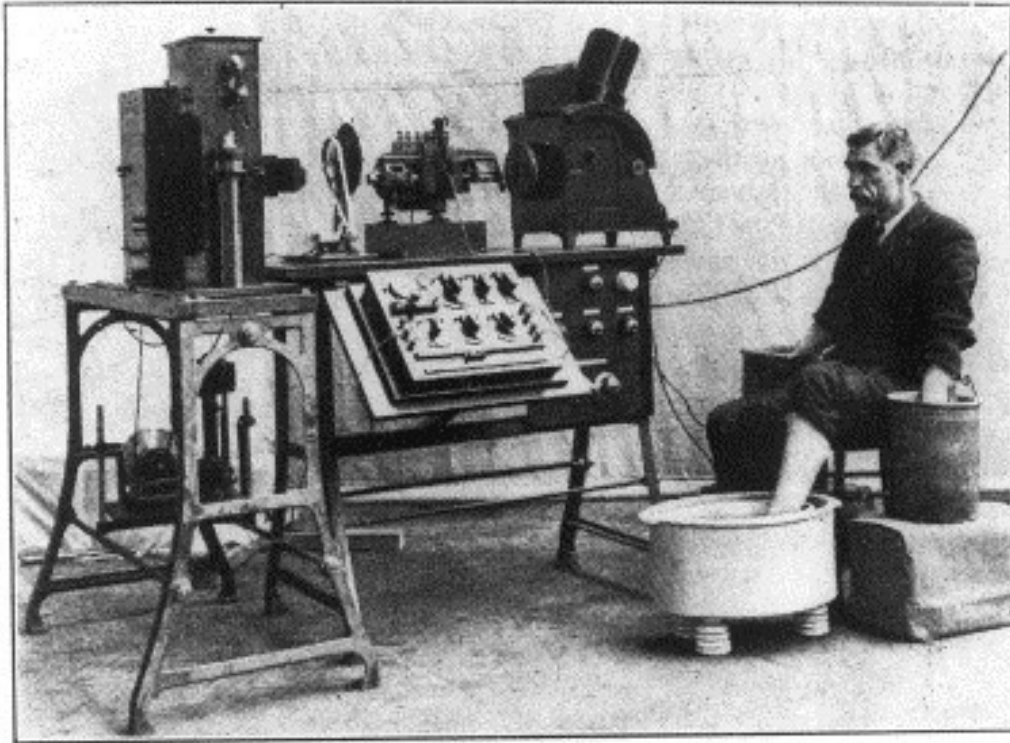
EKG vzniká promítáním elektrického srdečního vektoru na svod v čase

Elektrický vektor v čase opisuje tři smyčky: vektokardiogram

# EKG – historie A.D. Waller



# EKG – historie Einthoven

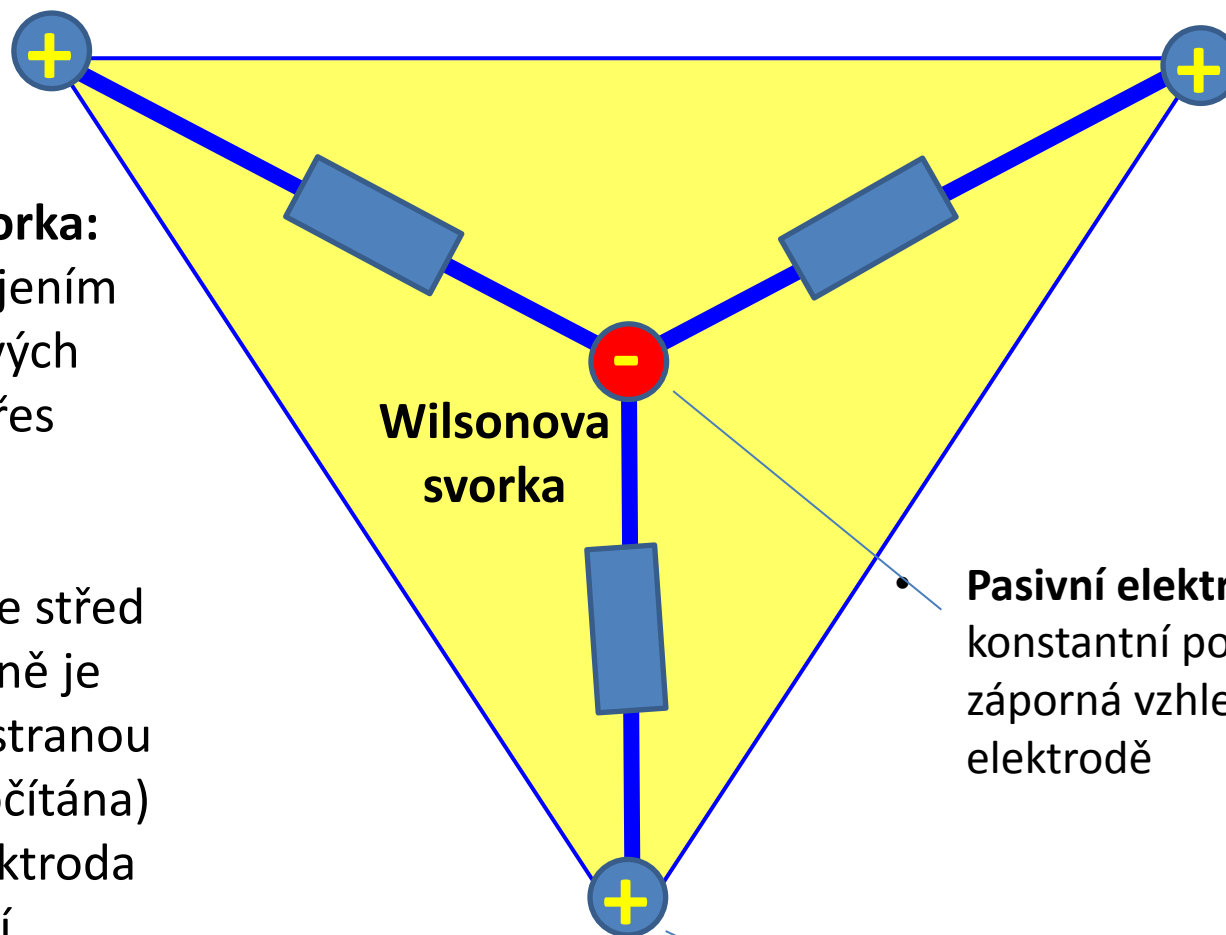




# EKG – Wilsonova svorka

## Wilsonova svorka:

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



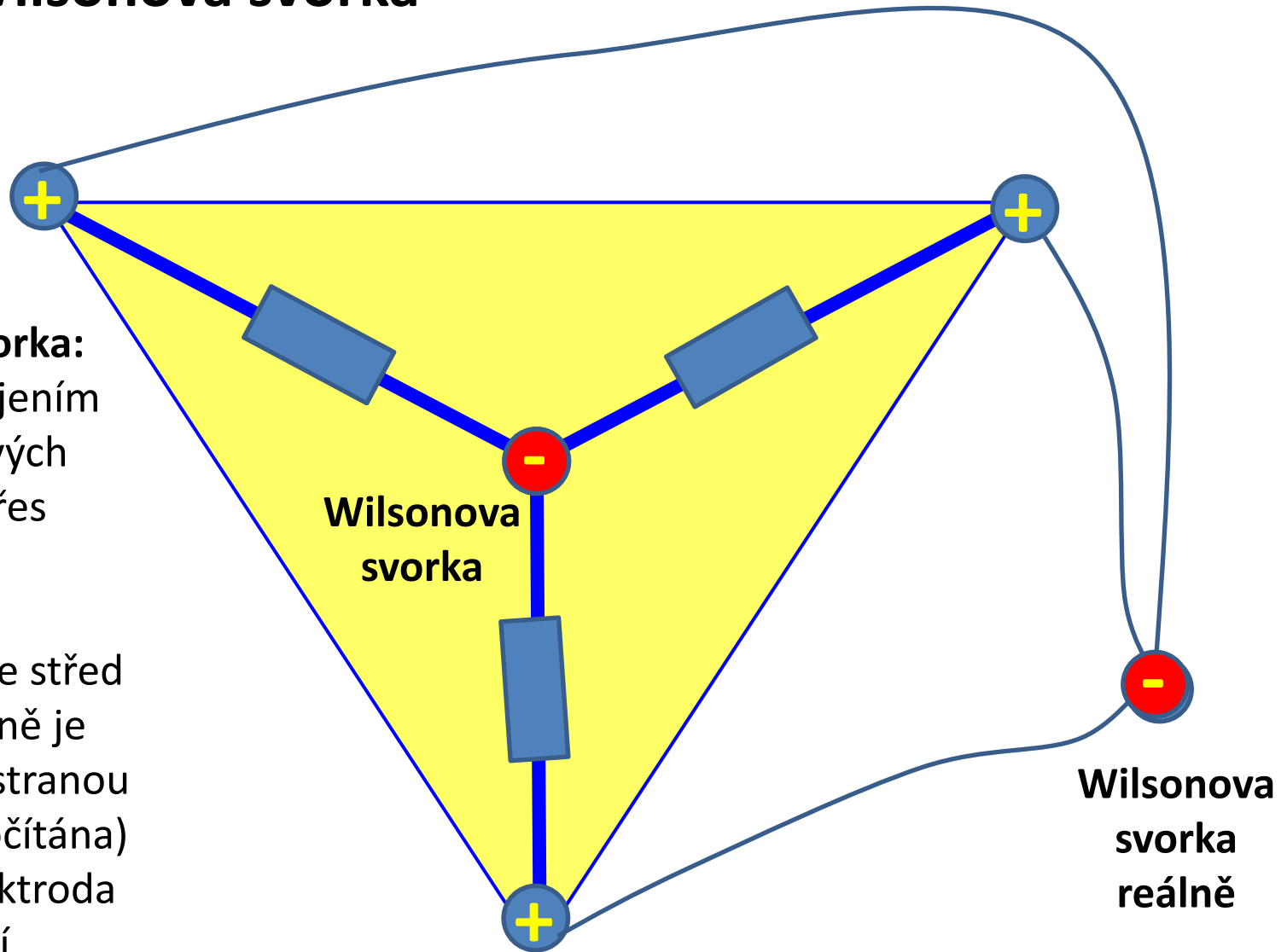
• **Pasivní elektroda (neaktivní):**  
konstantní potenciál – vždy záporná vzhledem k aktivní elektrodě

• **Aktivní elektroda:**  
proměnný potenciál – vždy kladná

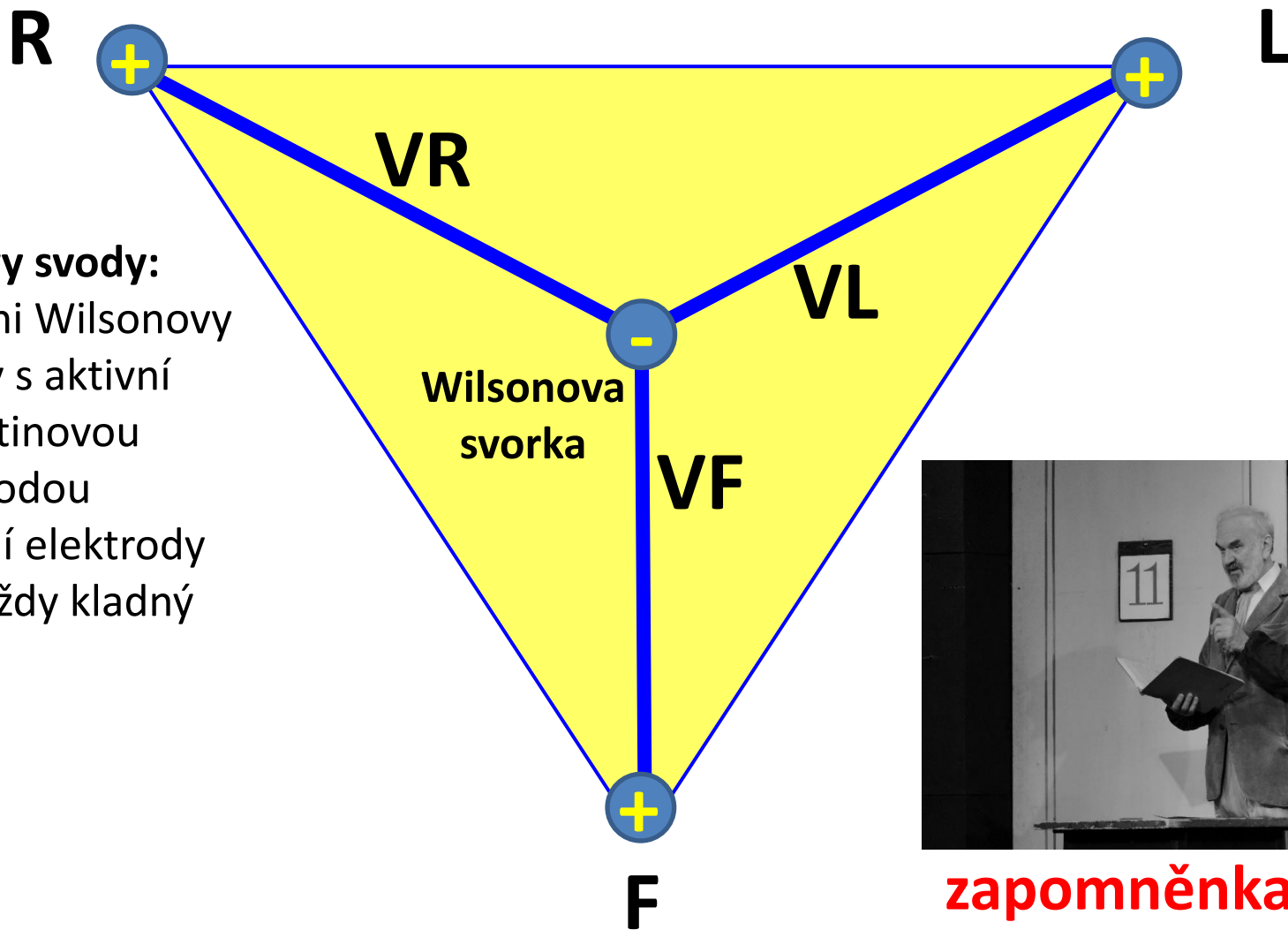
# EKG – Wilsonova svorka

## Wilsonova svorka:

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

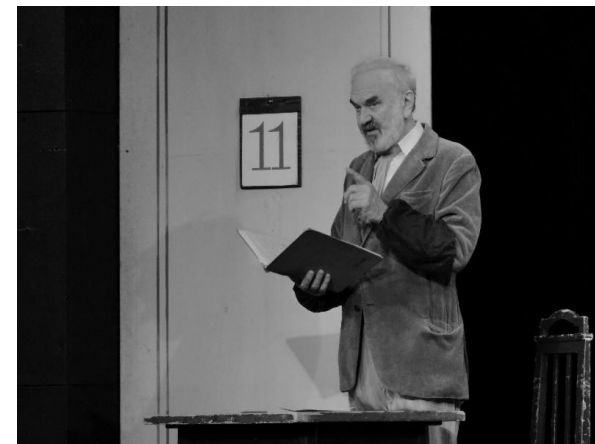


# EKG – Wilsonovy svody (unipolární)



## Wilsonovy svody:

- Spojení Wilsonovy svorky s aktivní končetinovou elektrodou
- Aktivní elektrody mají vždy kladný náboj



**zapomněnka!**

Separace průtokových poznatků

# EKG – augmentované Golbergerovy svody (unipolární)

aktivní elektroda

**R**



**aVR**

**L**



## augmentované svody:

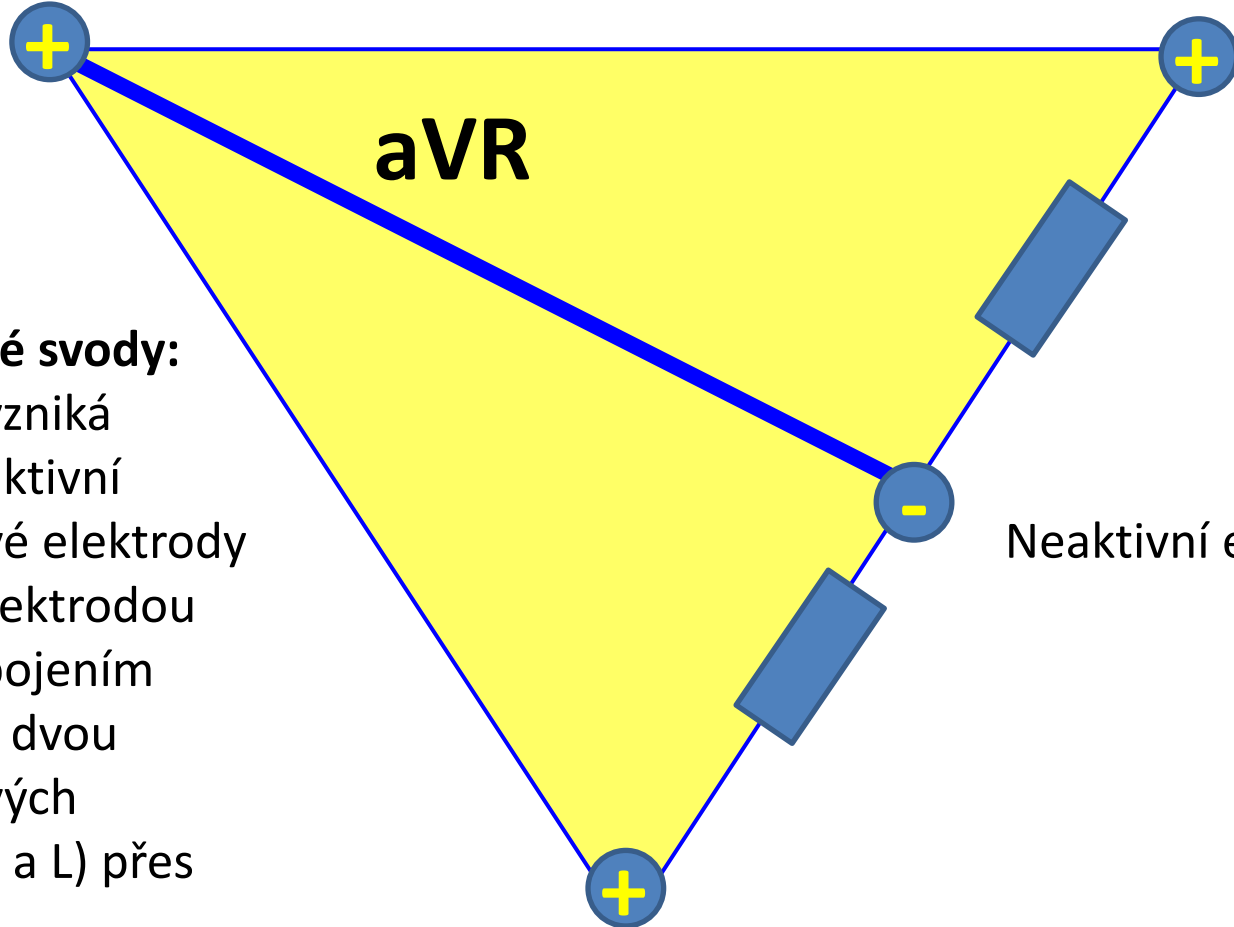
- Svod aVR vzniká spojením aktivní končetinové elektrody (zde R) s elektrodou vzniklou spojením zbývajících dvou končetinových elektrod (F a L) přes odpory
- Aktivní je vždy kladná, neaktivní záporná



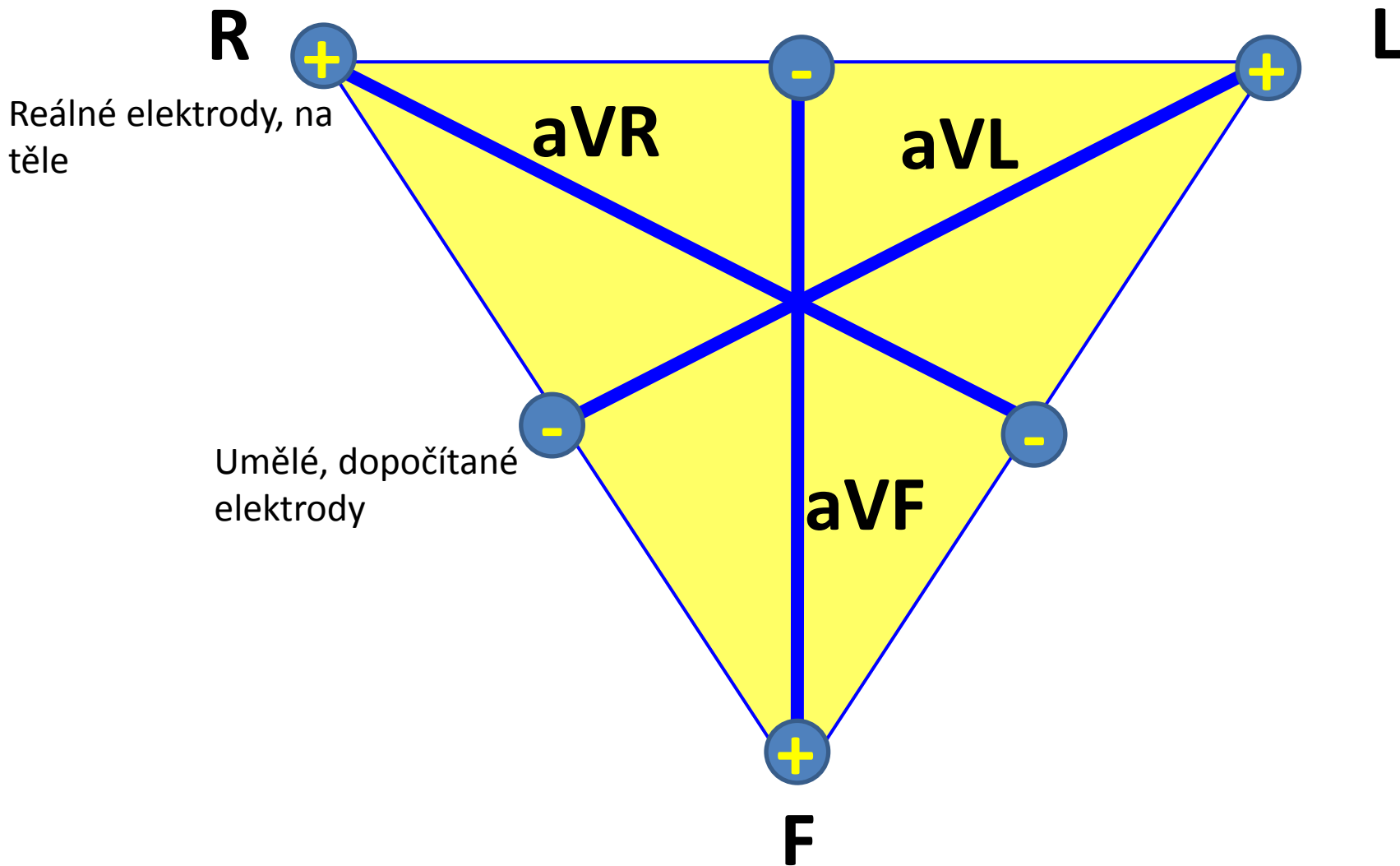
**F**



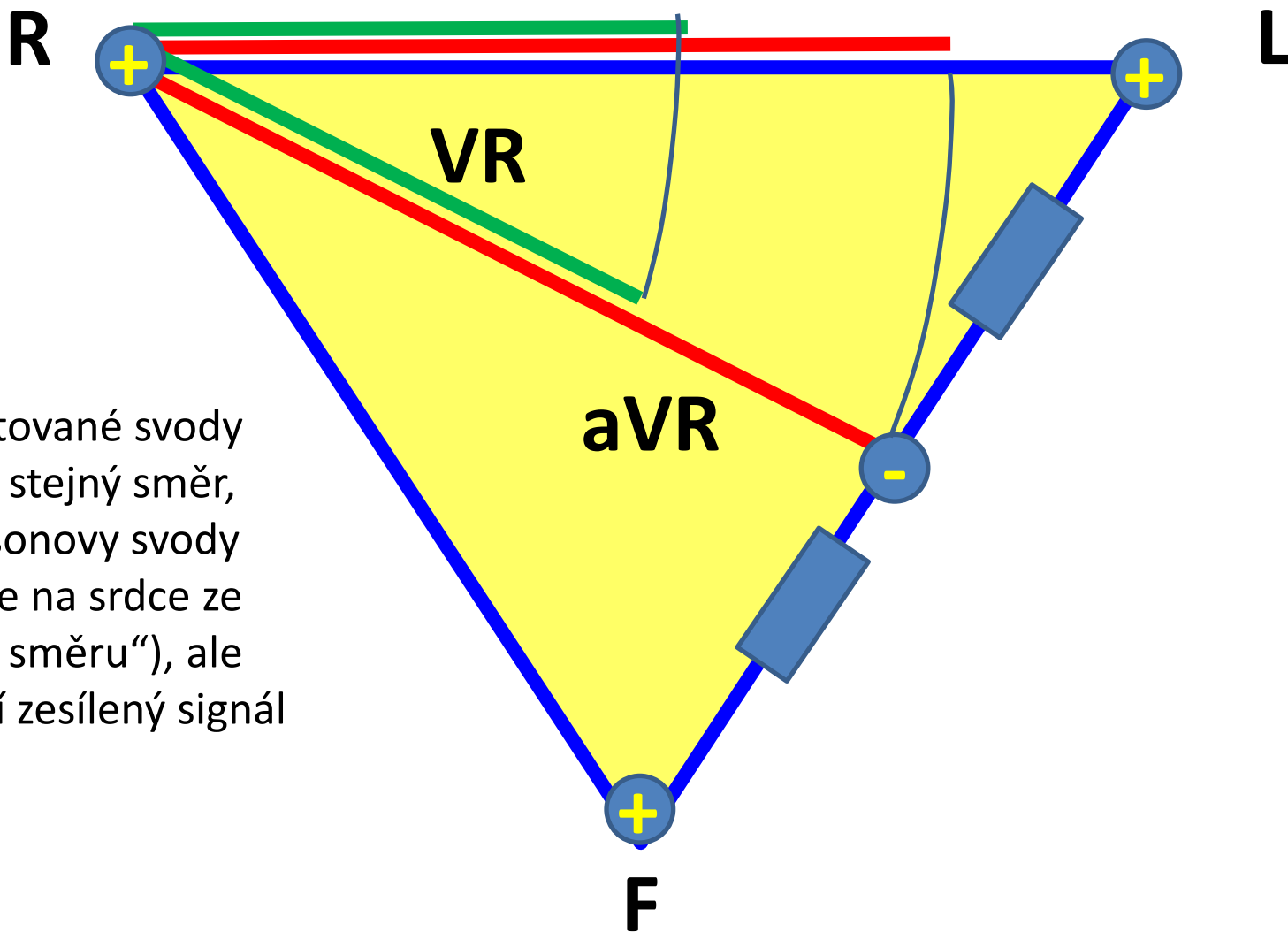
Neaktivní elektroda



# EKG – augmentované Golbergerovy svody (unipolární)



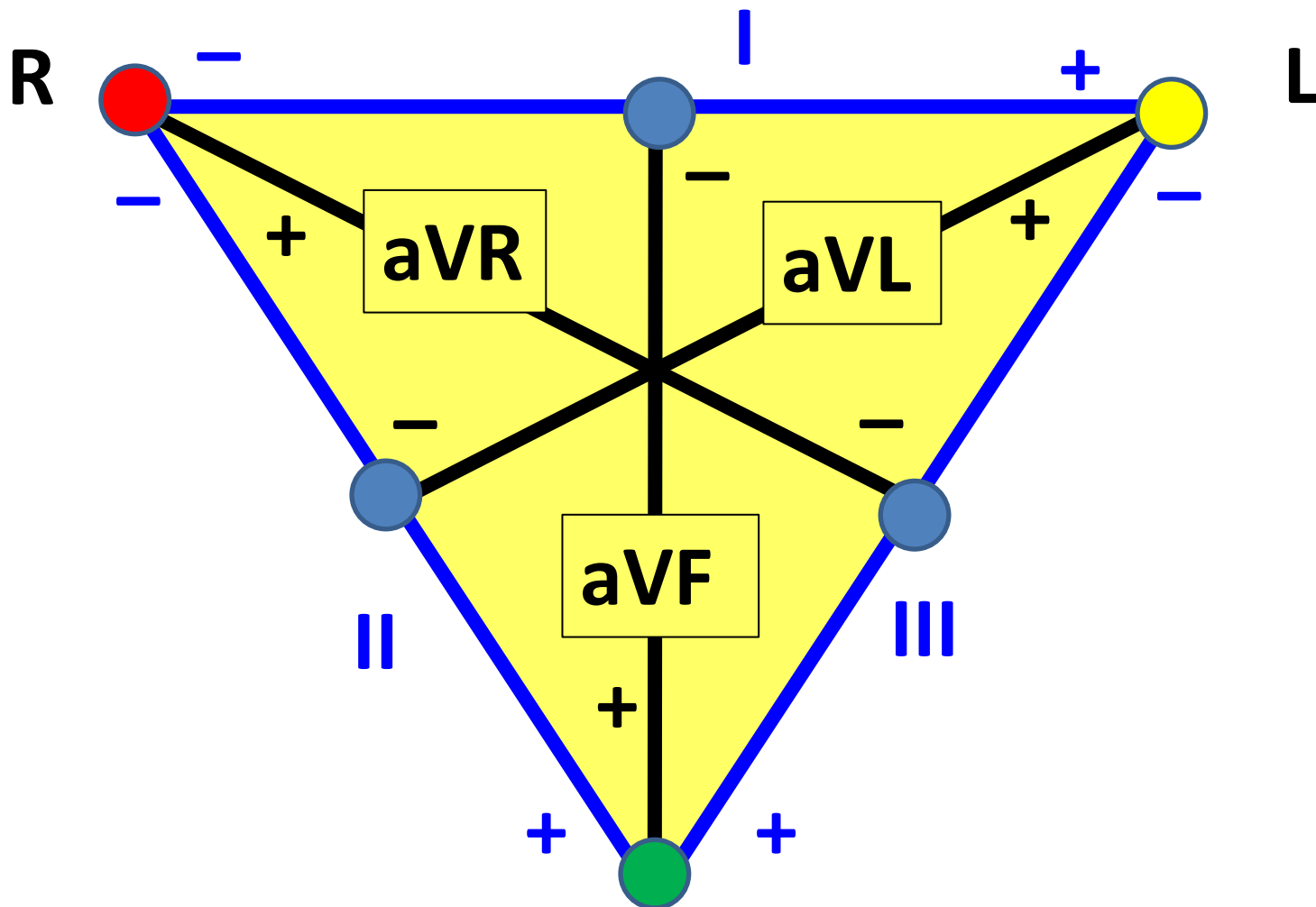
# EKG – Wilsonovy a augmentované svody



Augmentované svody mají sice stejný směr, jako Wilsonovy svody („dívají se na srdce ze stejného směru“), ale poskytují zesílený signál

# Končetinové svody – frontální rovina

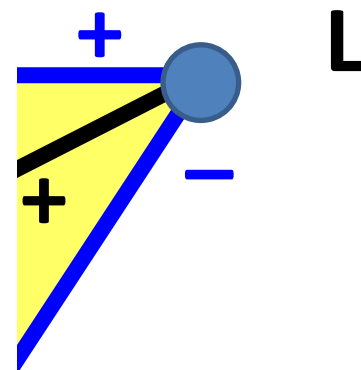
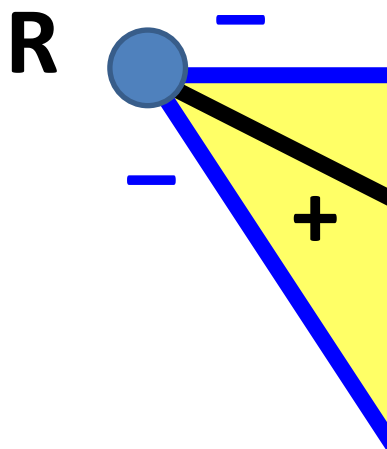
**NEJDŮLEŽITĚJŠÍ OBRÁZEK**



**I, II, III, aVL, aVR, aVF**

**F**

# Končetinové svody NEJDŮLEŽITĚJŠÍ OE



Za neznalost  
tohoto obrázku  
se vyhazuje!

I, II, III, aVL, aVR, a



# Vektokardiografie

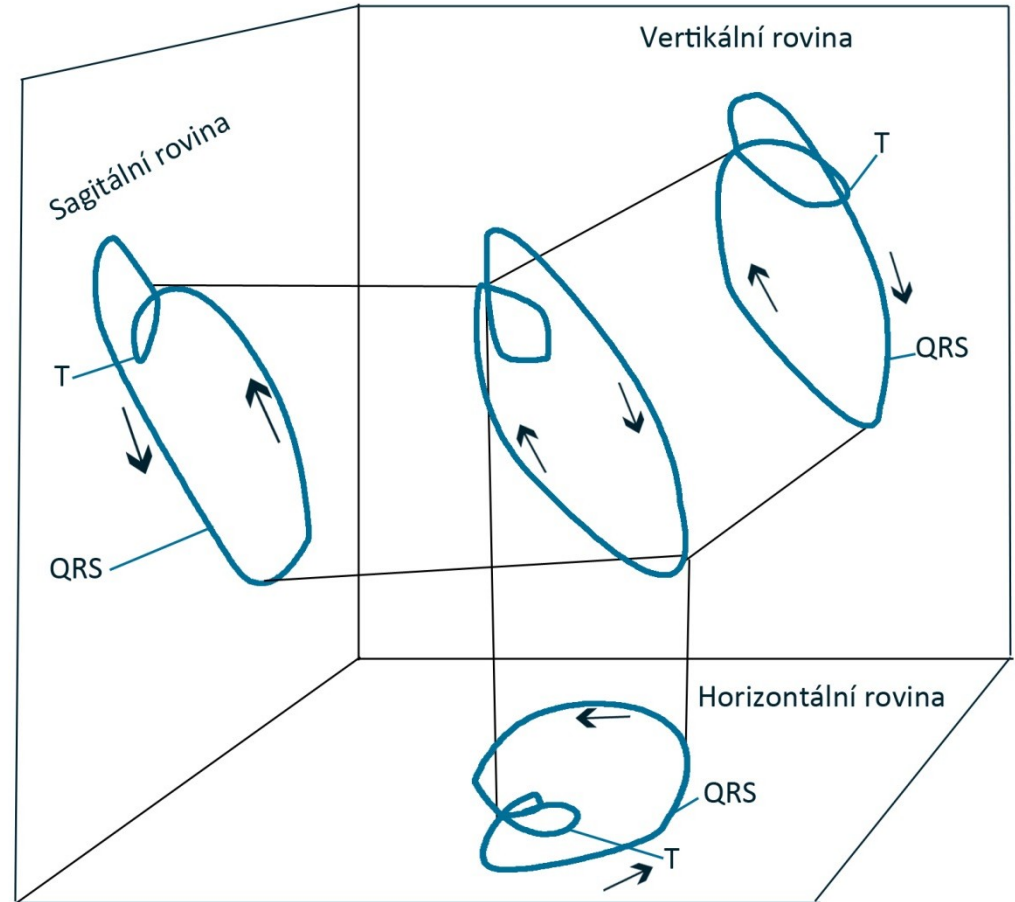
Elektrický vektor se pohybuje ve třech rozměrech, mění svoji velikost a směr. Špička vektoru během jednoho srdečního cyklu opíše 3D smyčku. Křivka EKG záleží na směru svodu, na který se vektor promítá.

Vektorkardiografie je dvourozměrný záznam pohybu elektrického vektoru

Končetinové svody se „dívají“ na srdeční elektrickou aktivitu jen ve frontální rovině.

Ale co ostatní roviny?

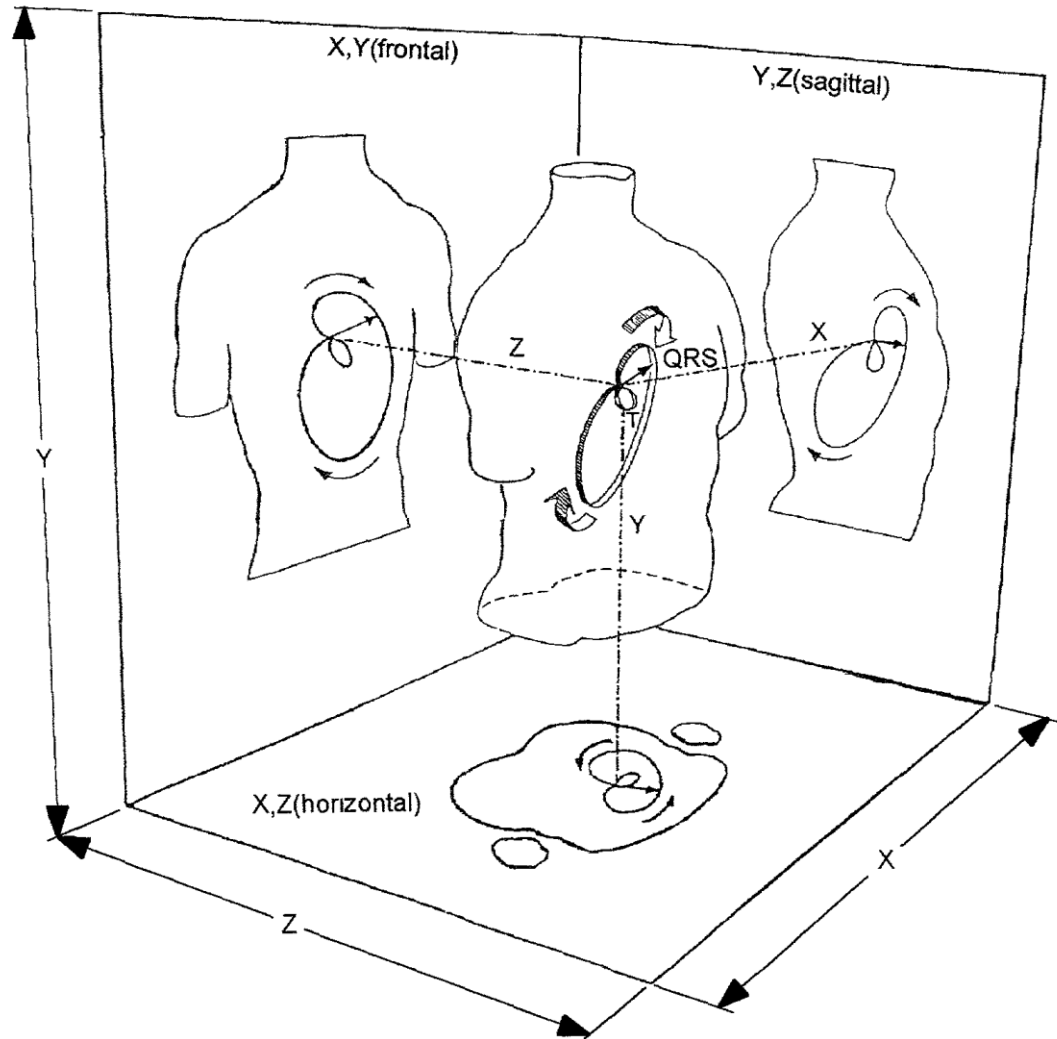
→ hrudní svody



# Spatiokardiografie – záznam pohybu el. vektoru ve 3D

EKG v jednom svodu je jedním úhlem pohledu na 3D elektrickou srdeční aktivitu. Je to kolmý zápis 3D el. aktivity srdce do 1D svodu.

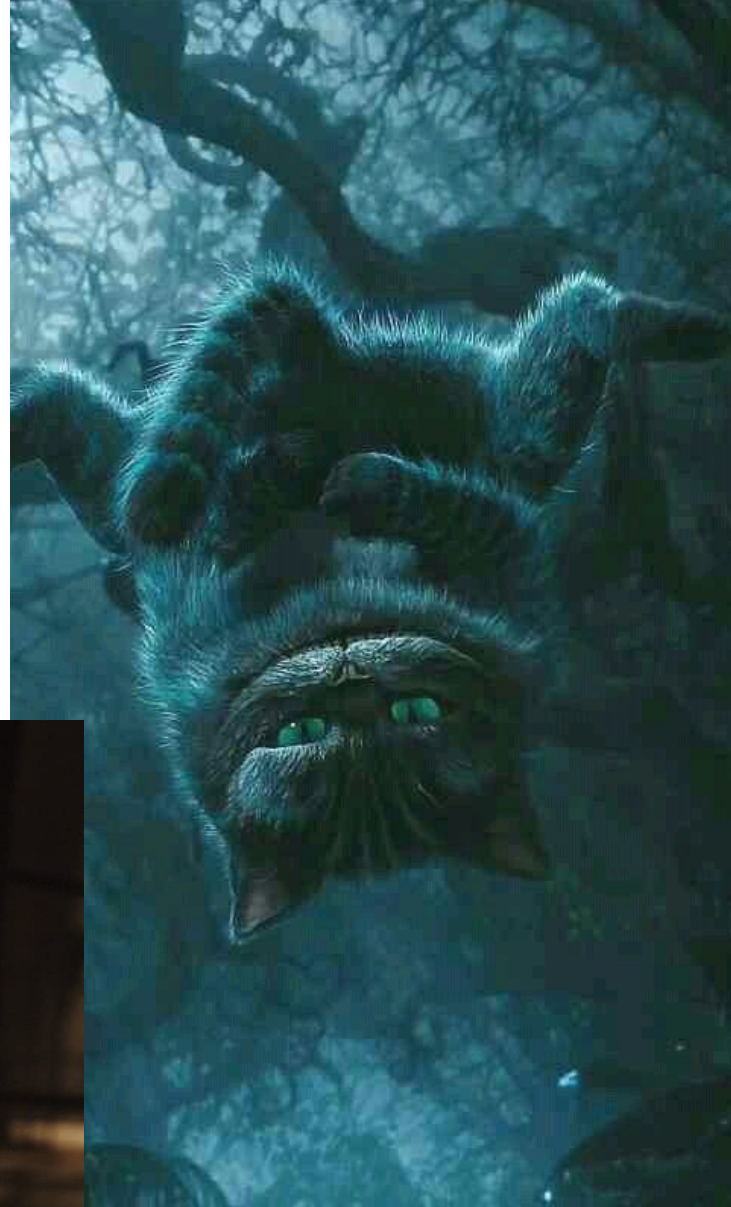
Triviální, ne?



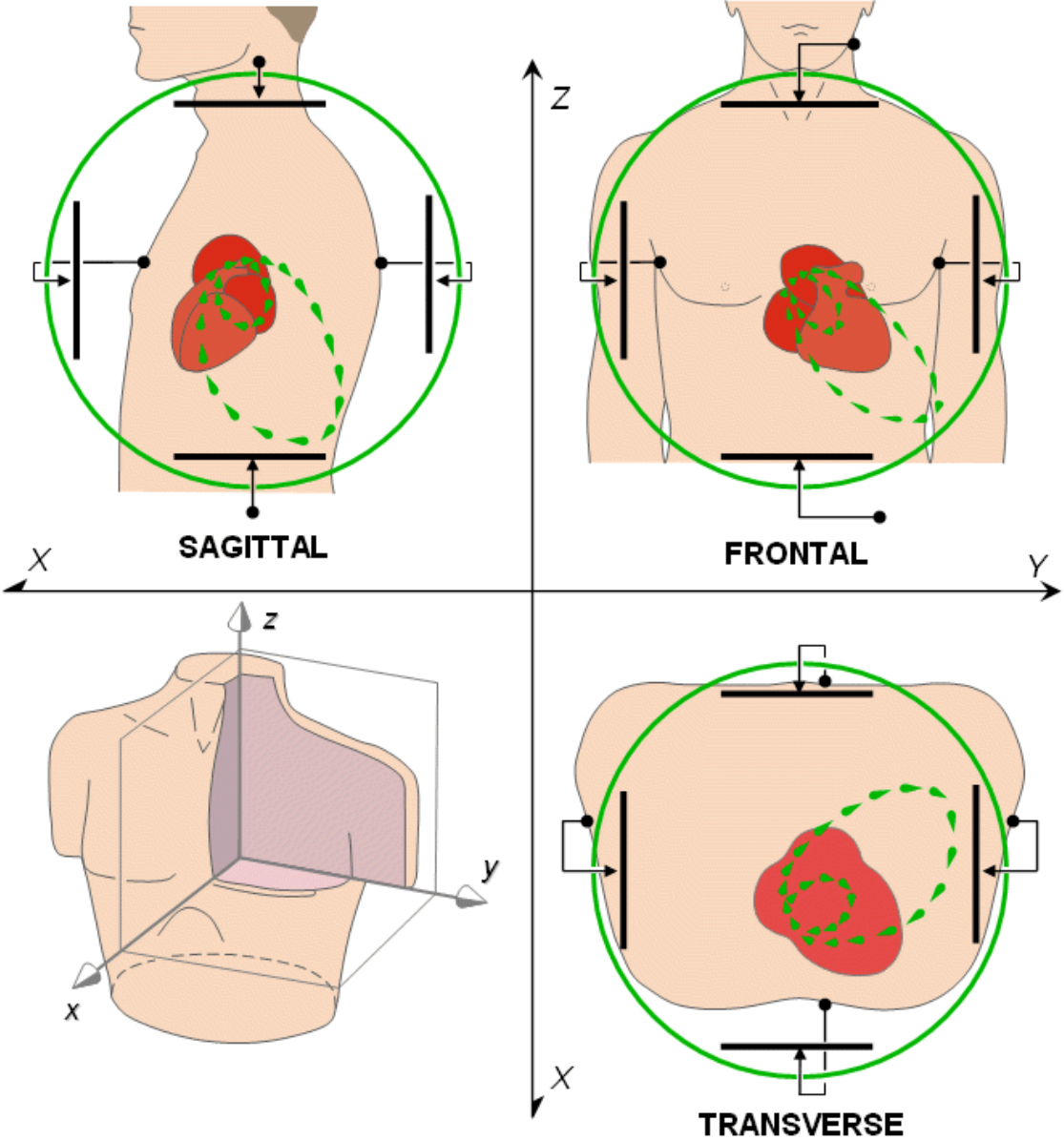
# Pozice svodů

Proto je třeba více svodů – více úhlů pohledu - abychom se mohli podívat na srdeční elektrickou aktivitu komplexně v celé její trojrozměrné kráse.

A na polaritě svodu záleží. Je rozdíl, jestli se na elektrickou aktivitu díváte vzhůru nohama.



# Spatio-kardiografie



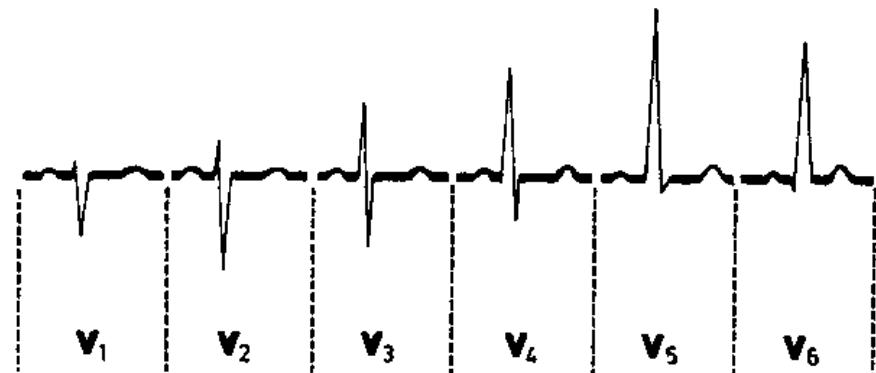
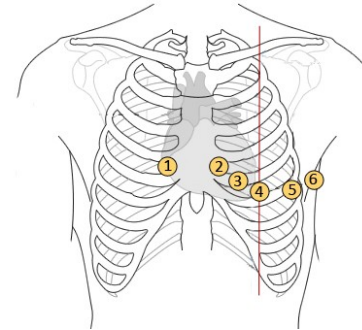
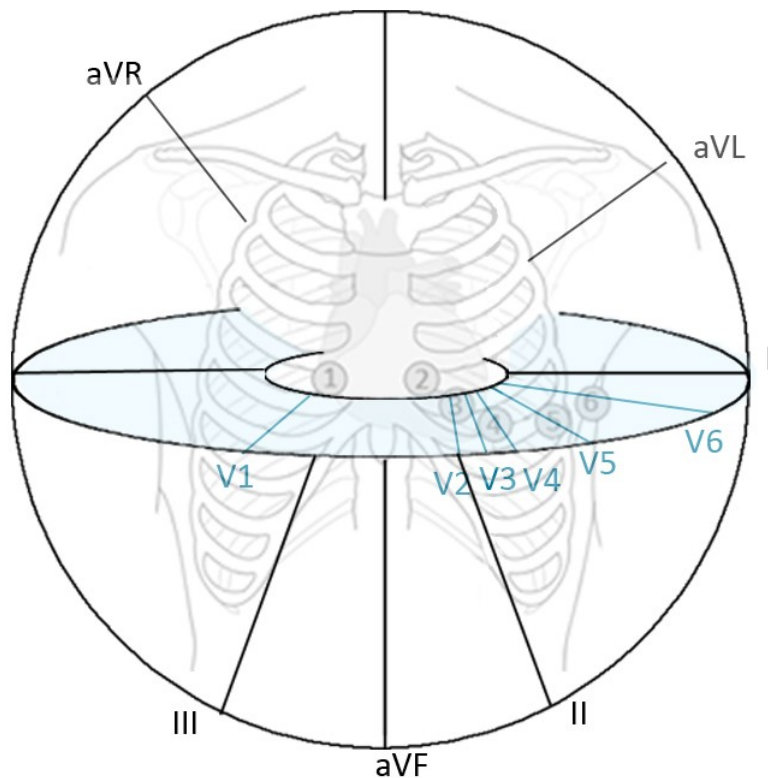
## **Elektrokardiografie:**

Matematická stereometrie a deskriptivní geometrie v praxi – kdo si myslel, že se mu matematika a geometrie na medicíně vyhne, má smůlu



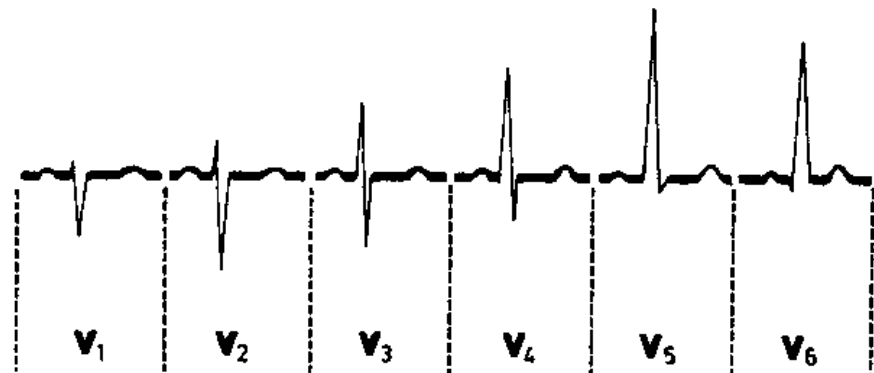
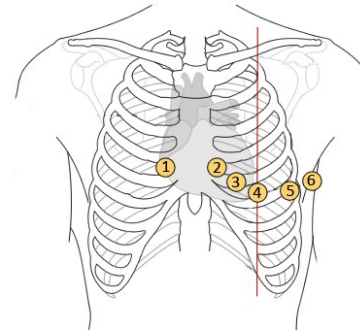
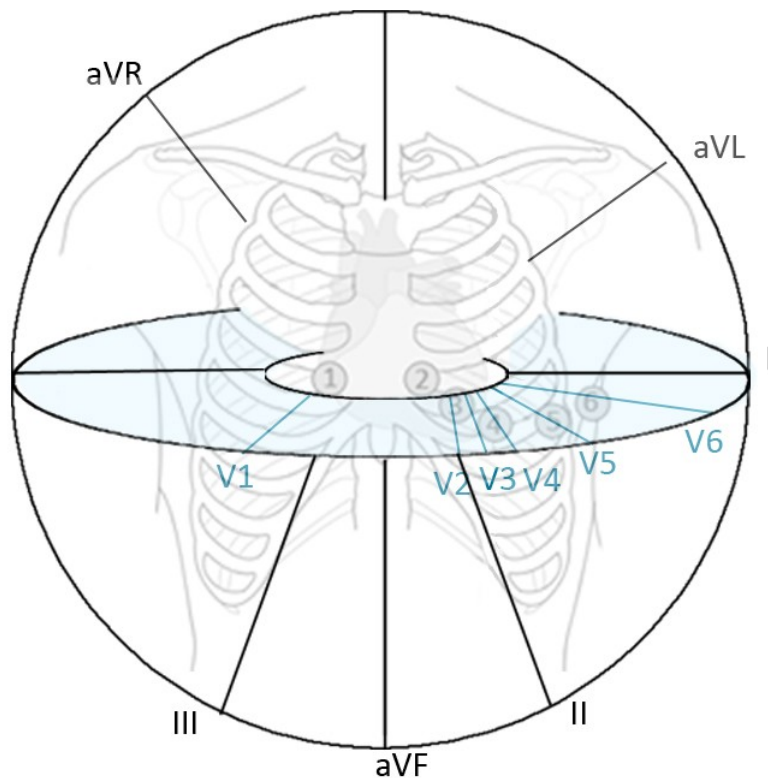
# EKG – transverzální rovina - hrudní svody (unipolární)

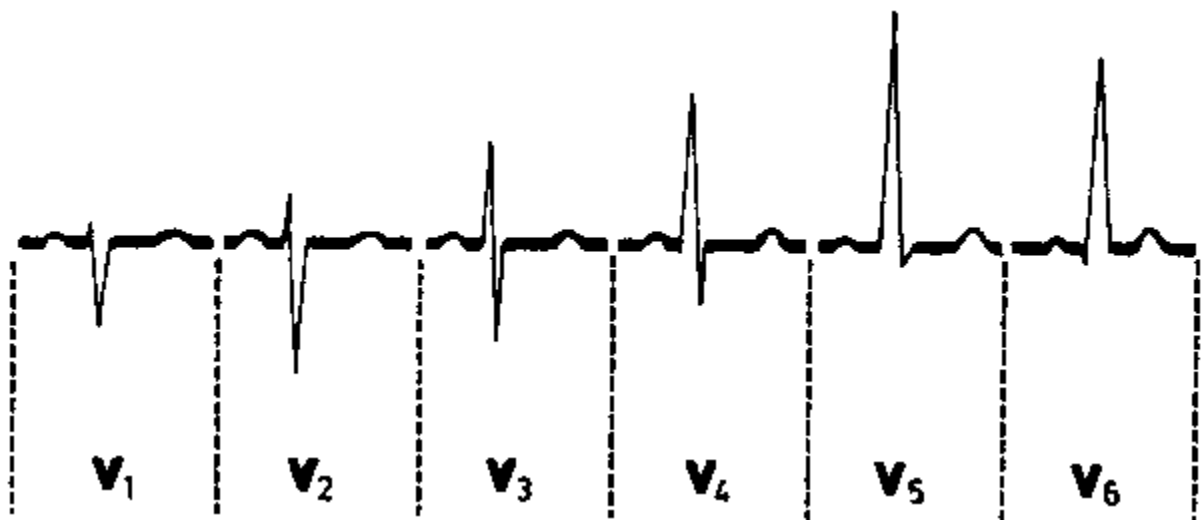
- Spojení hrudní elektrody (aktivní, kladné) s jakou elektrodou?
- 6 hrudních svodů – V1,... V6



# EKG – transverzální rovina - hrudní svody (unipolární)

- Spojení hrudní elektrody (aktivní, kladné) s Wilsonovou svorkou
- 6 hrudních svodů – V1,... V6

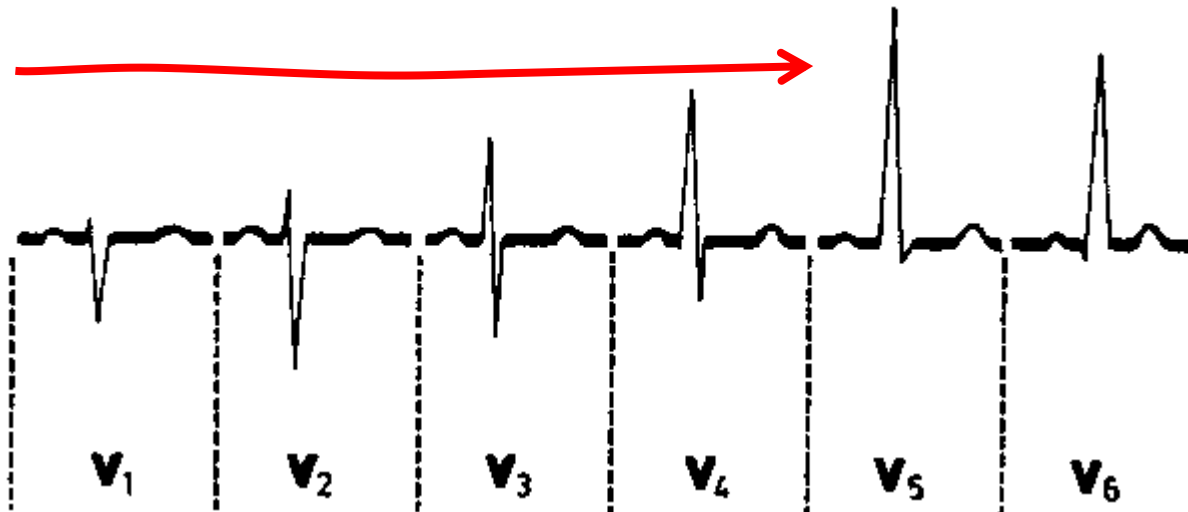
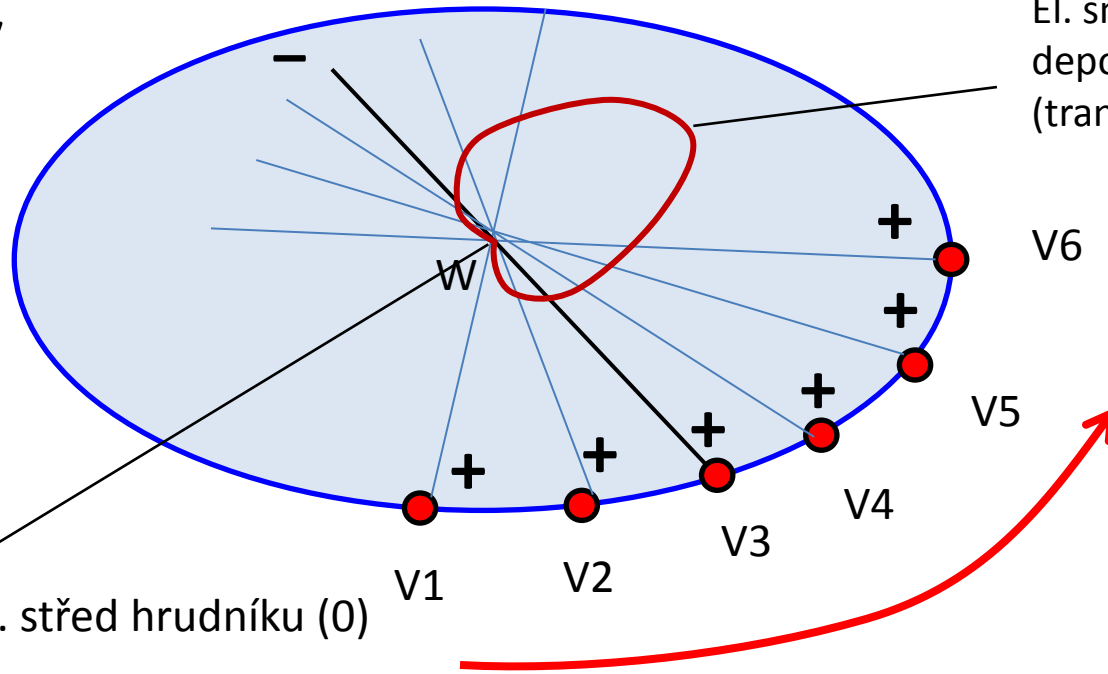




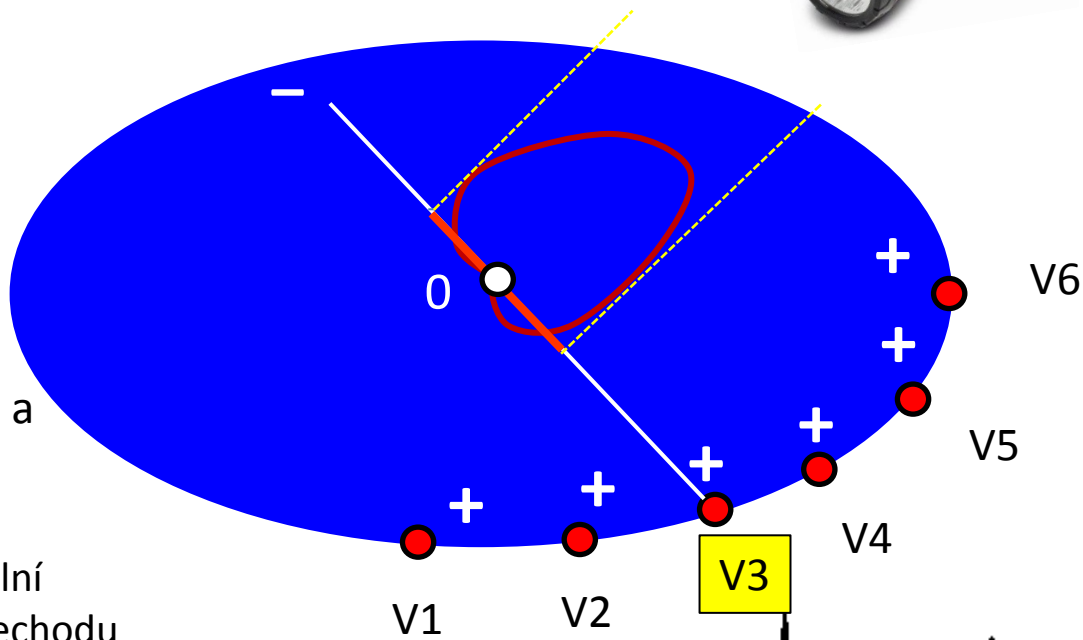


# Hrudní svody

Řez hrudníkem (hlava je před obrazovkou, nohy za obrazovkou)

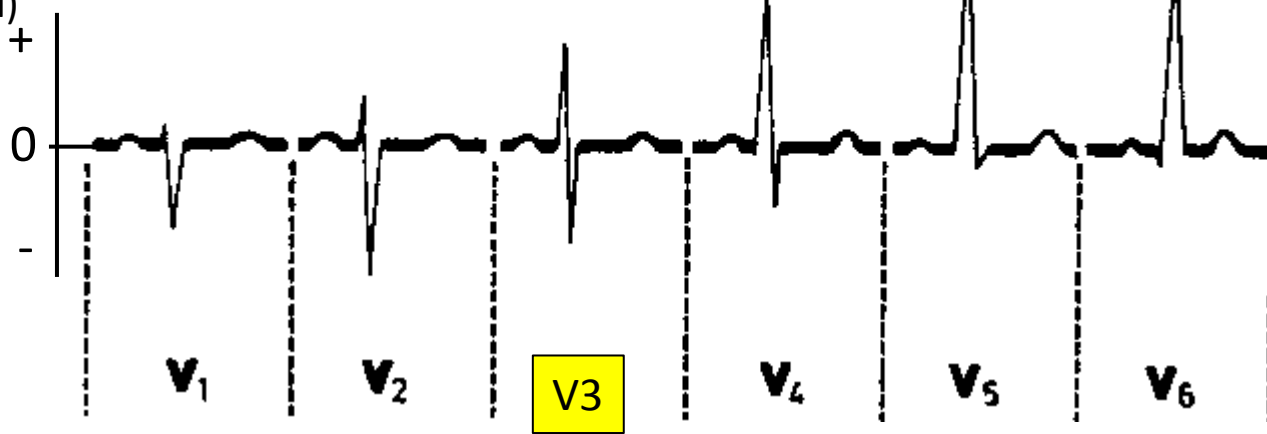


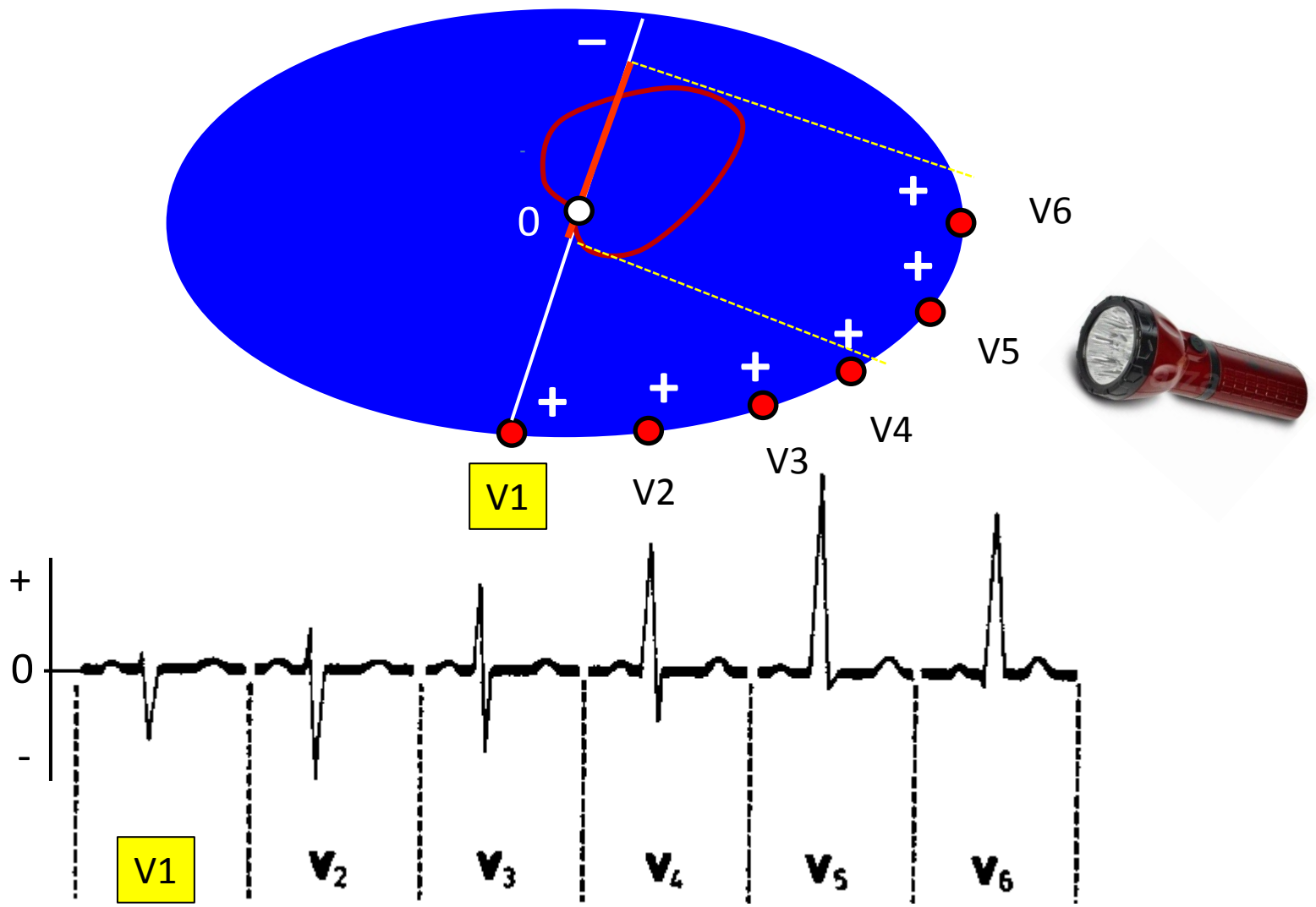
EKG v hrudních svodech – všimněte si změn QRS od záporného po kladný charakter



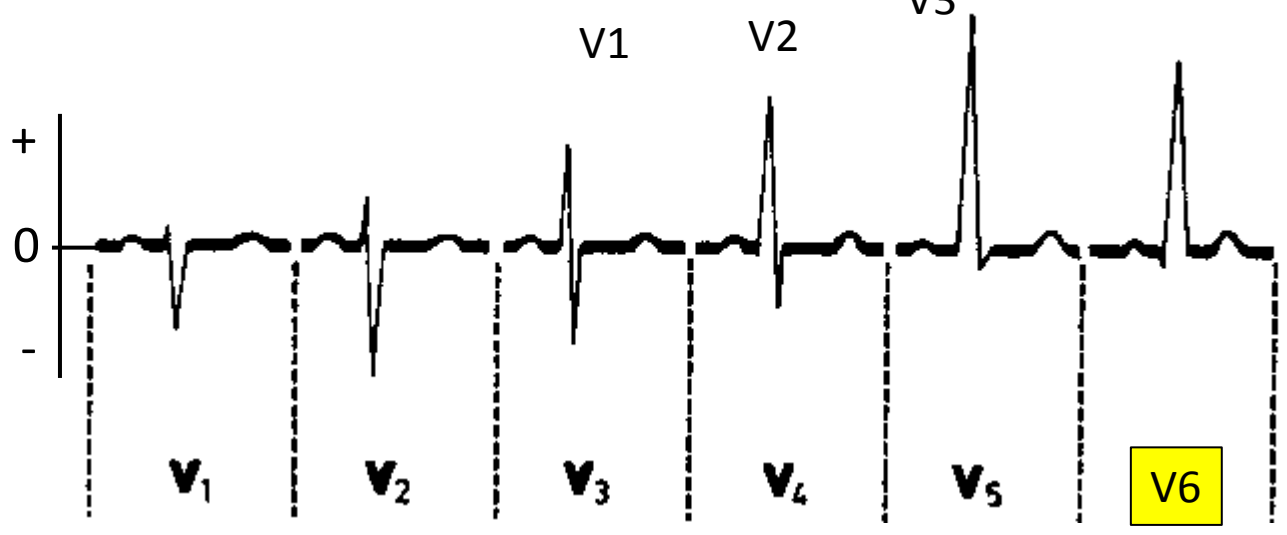
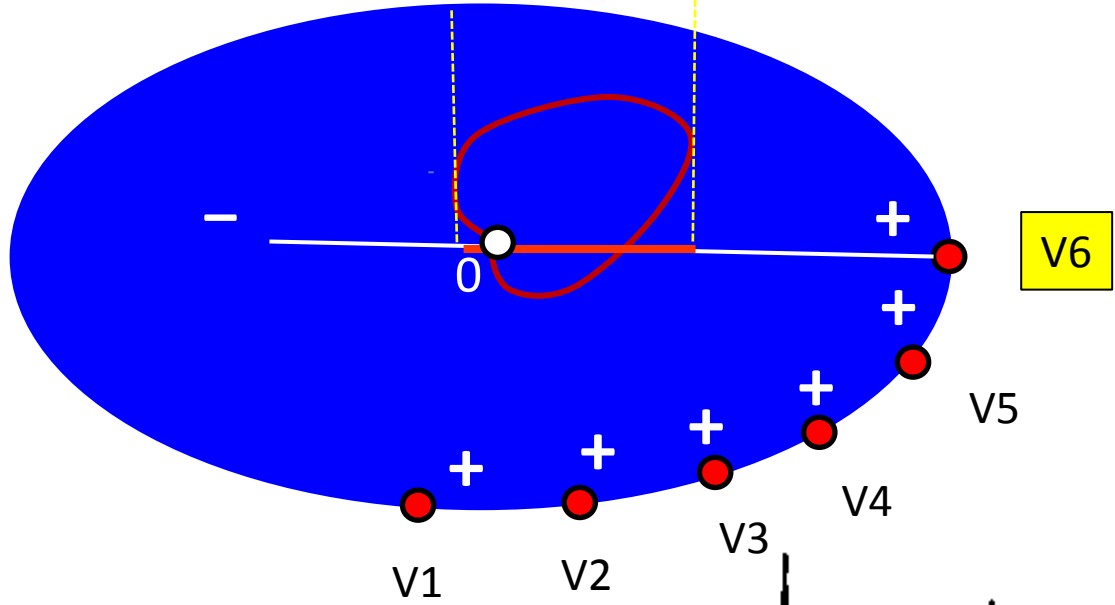
Zóna přechodu - kladný a  
záporný kmit v QRS jsou  
zhruba stejné

El. Osa srdeční v transverzální  
rovině je kolmá na zonu přechodu  
(směřuje dozadu)

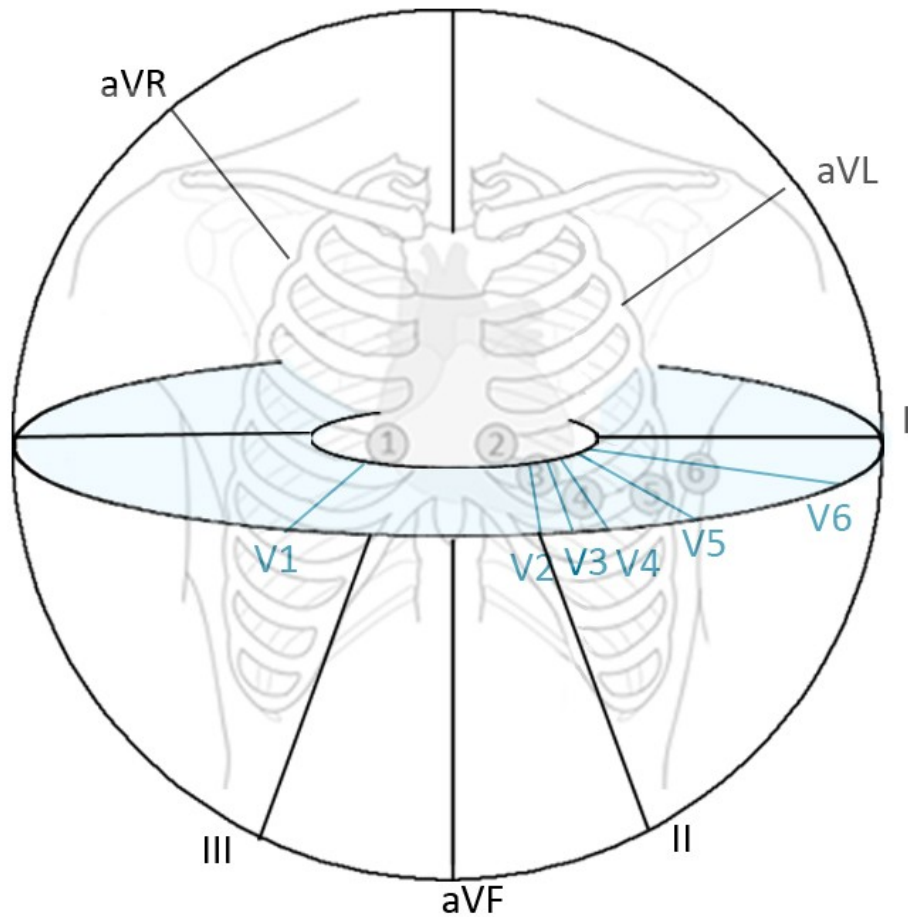




V1 – jeden ze svodů, kde fyziologicky může být negativní vlna P i T (další takový je aVR)

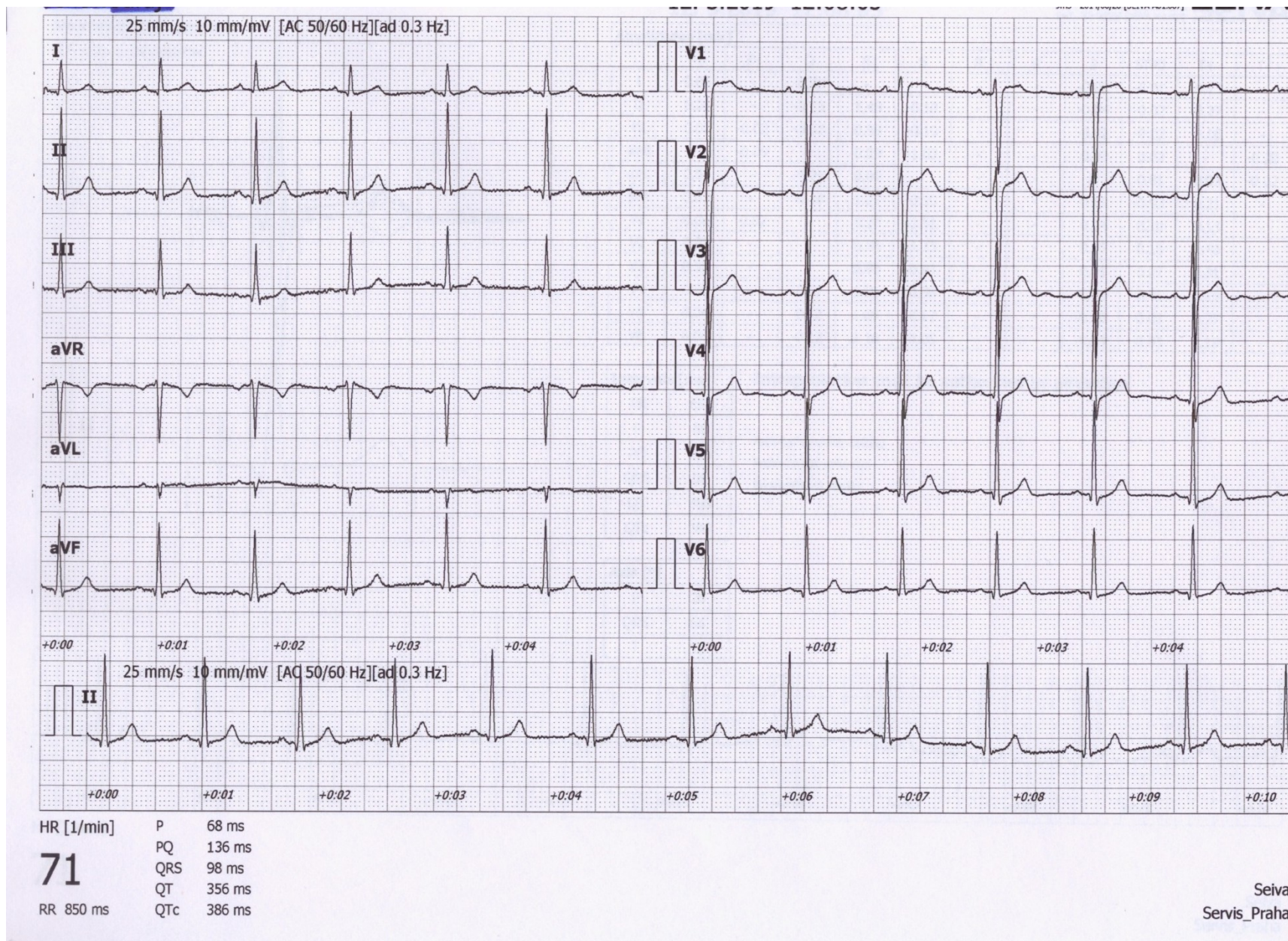


# EKG – 12 svodové EKG



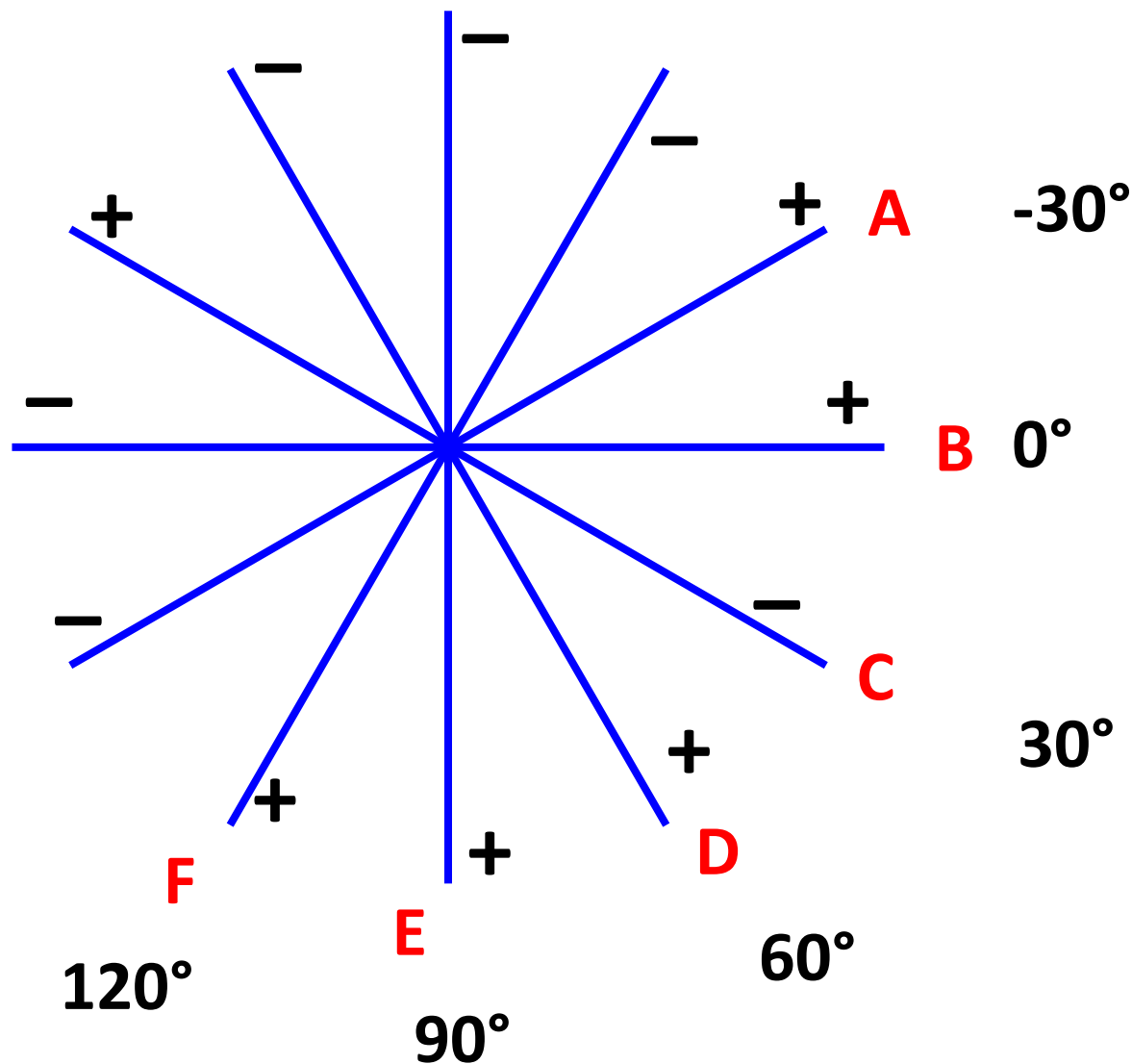
- 3 Einthovenovy svody (bipolární) – I, II, III
- 3 Golgbergerovy augmentované svody (unipolární) – aVL, aVR, aVF
- 6 hrudních svodů (unipolární)

# EKG – 12 svodové EKG



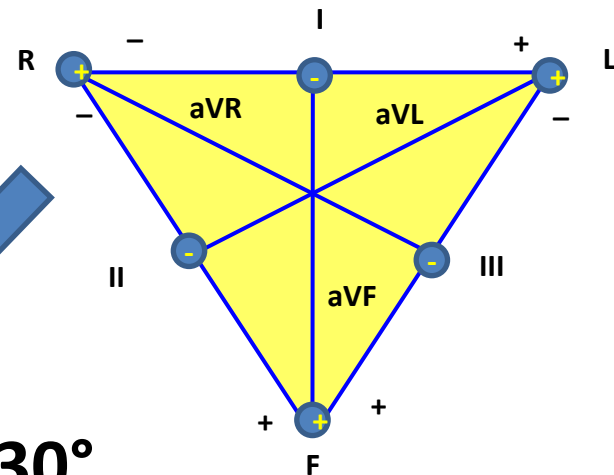
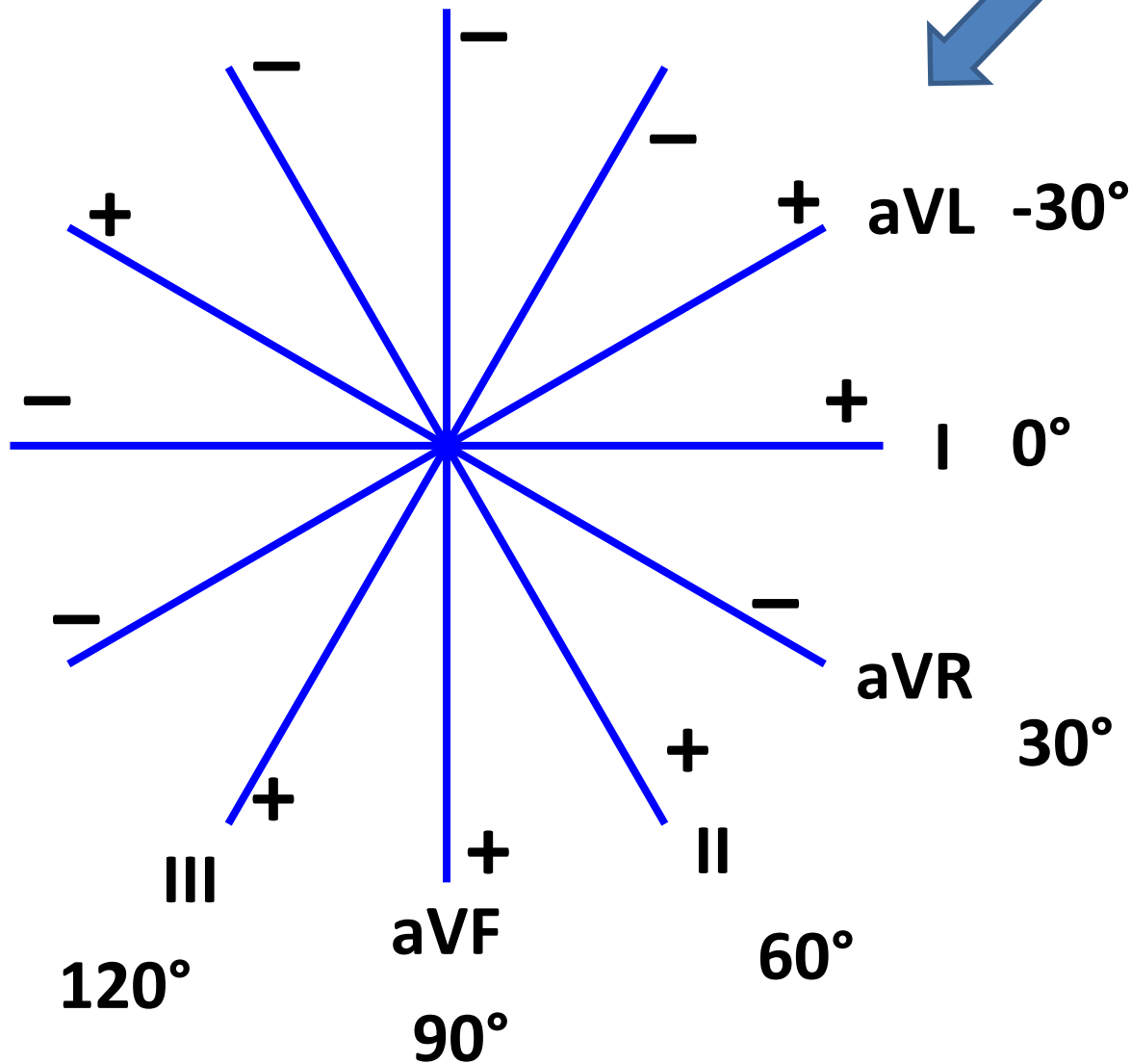
# EKG svody podle Cabrery (růžice svodů)

Doplňte svody do růžice



Směry  
končetinových  
svodů jsou  
zachované. Jsou  
pouze přeskládané  
tak, aby se  
protínaly ve středu.

# EKG svody podle Cabrery (růžice svodů)



Směry končetinových svodů jsou zachované. Jsou pouze přeskládané tak, aby se protínaly ve středu.



# Rozměření EKG

Brablecova

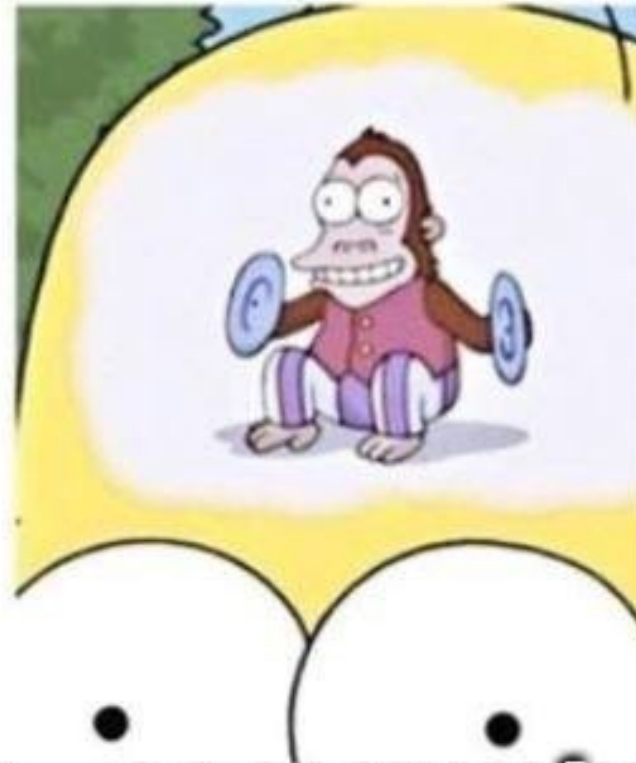
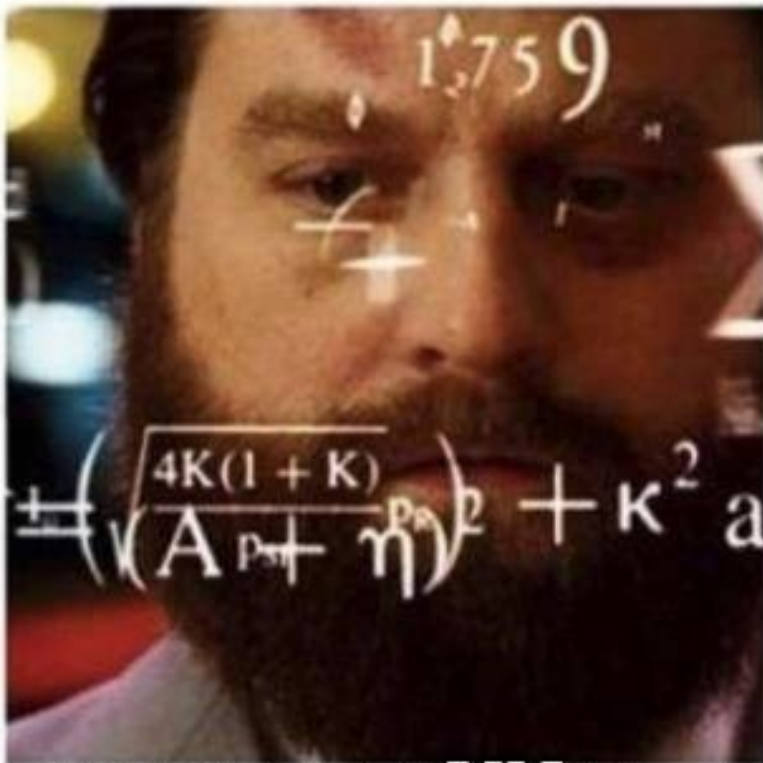
18. 3. 2019 12:08:50

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]

Averaged QRS complex  
25 mm/s 10 mm/mV

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										0.48	-
III										0.21	-
aVR										-	-0.37
aVL										0.04	-
aVF										0.34	-
V1										-	-0.18
V2										0.30	-
V3										0.42	-
V4										0.58	-
V5										0.51	-
V6										0.37	-

## KDYŽ PŘED PACIENTEM ČTU EKG



## JAK SE TVÁŘÍM VS. CO SI MYSLÍM

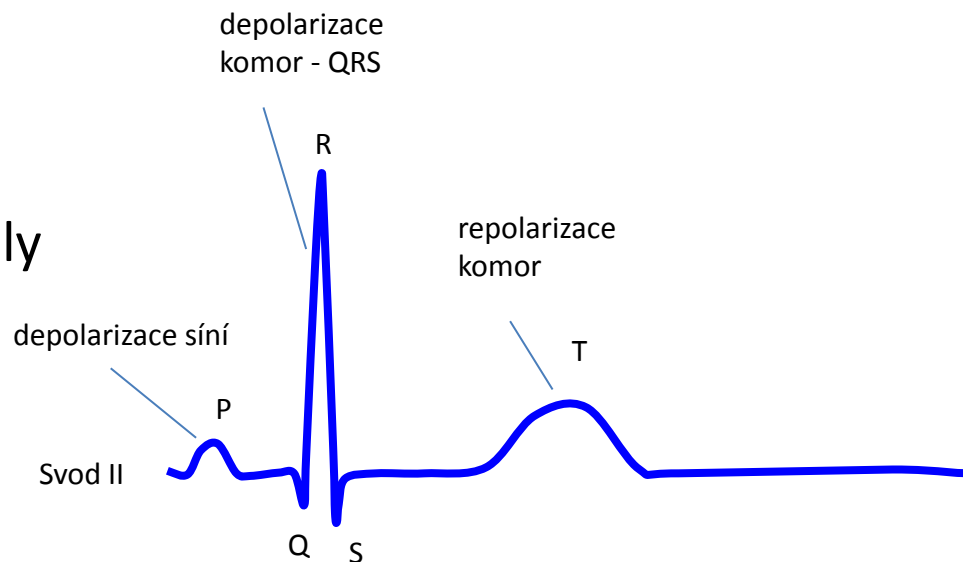
mor  
lor

+0:00 +0:01 +0:02 +0:03 +0:04 +0:05 +0:06 +0:07 +0:08 +0:09 +0:10

HR [1/min]

# Rozměření EKG

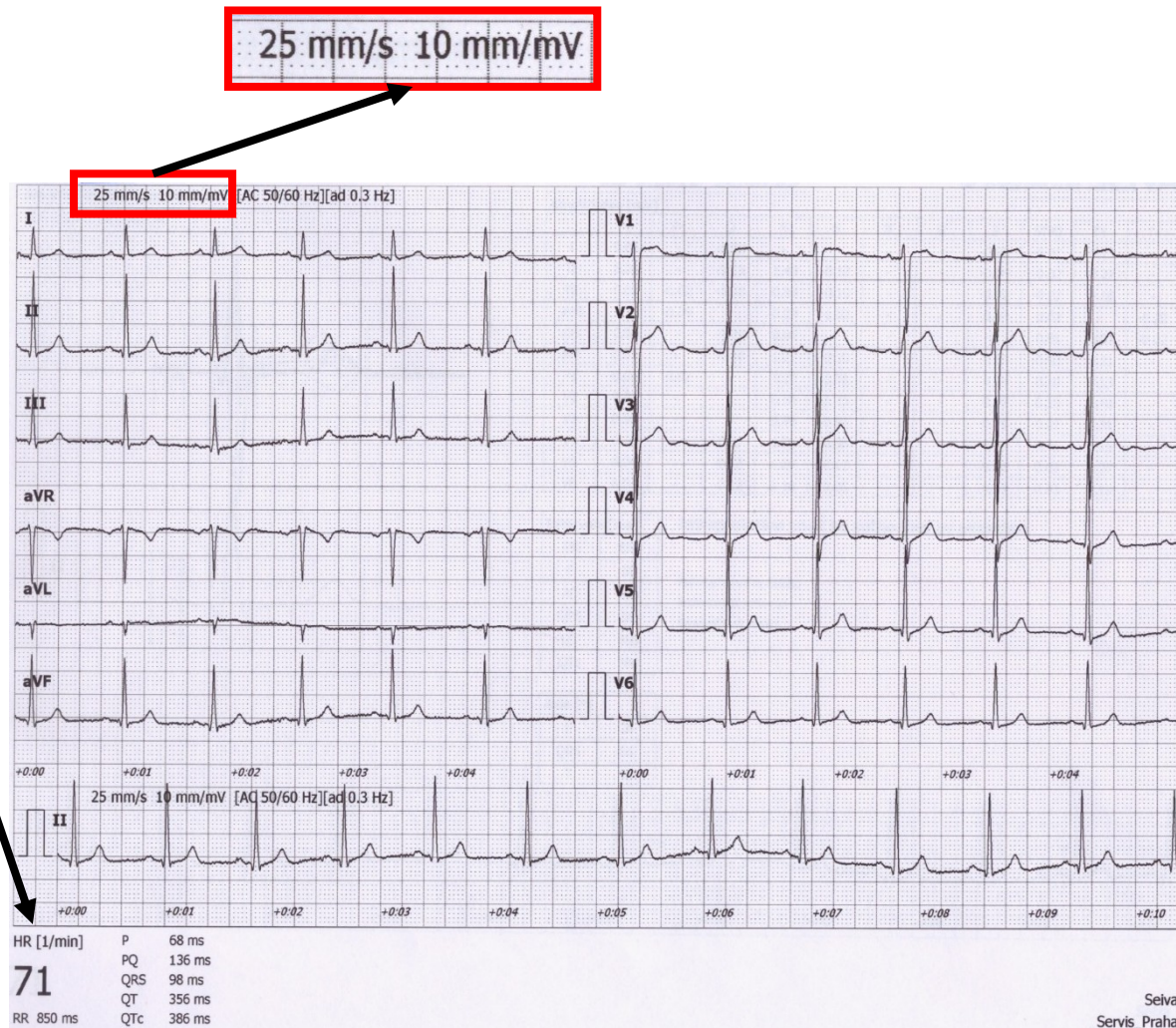
1. Srdeční akce
2. Srdeční rytmus
3. Srdeční frekvence
4. Vlny, kmity, úseky a intervaly
  - P vlna
  - PQ interval
  - QRS komplex
  - ST úsek
  - T vlna
  - QT interval
5. Elektrická osa srdeční



# Rozměření EKG

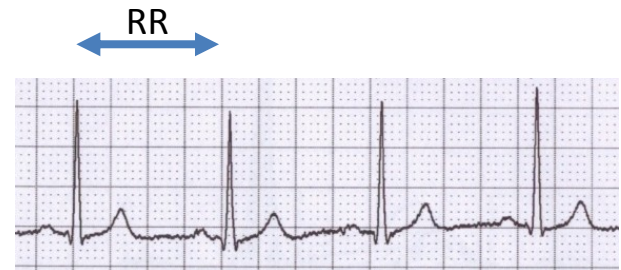
- Milimetrový papír pomůže v rychlém rozměření

- 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!!!

**Kontrolní otázka. Jak poznáme:**

- Sinusový rytmus?
- Junkční rytmus?
- Terciální rytmus?



## 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 plna 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

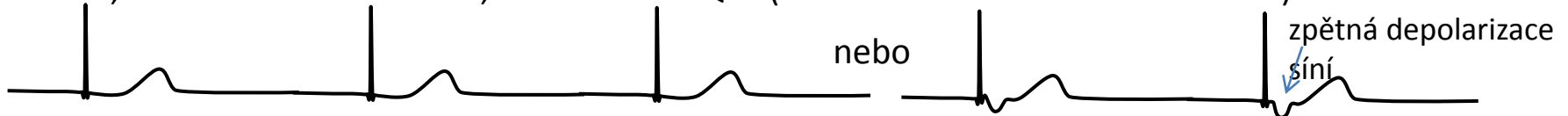
# 2) Srdeční rytmus

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

**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 jednu svůj rychlejší rytmus určený SA uzlem, který se ale nepřevádí do komor

# 3) Srdeční frekvence

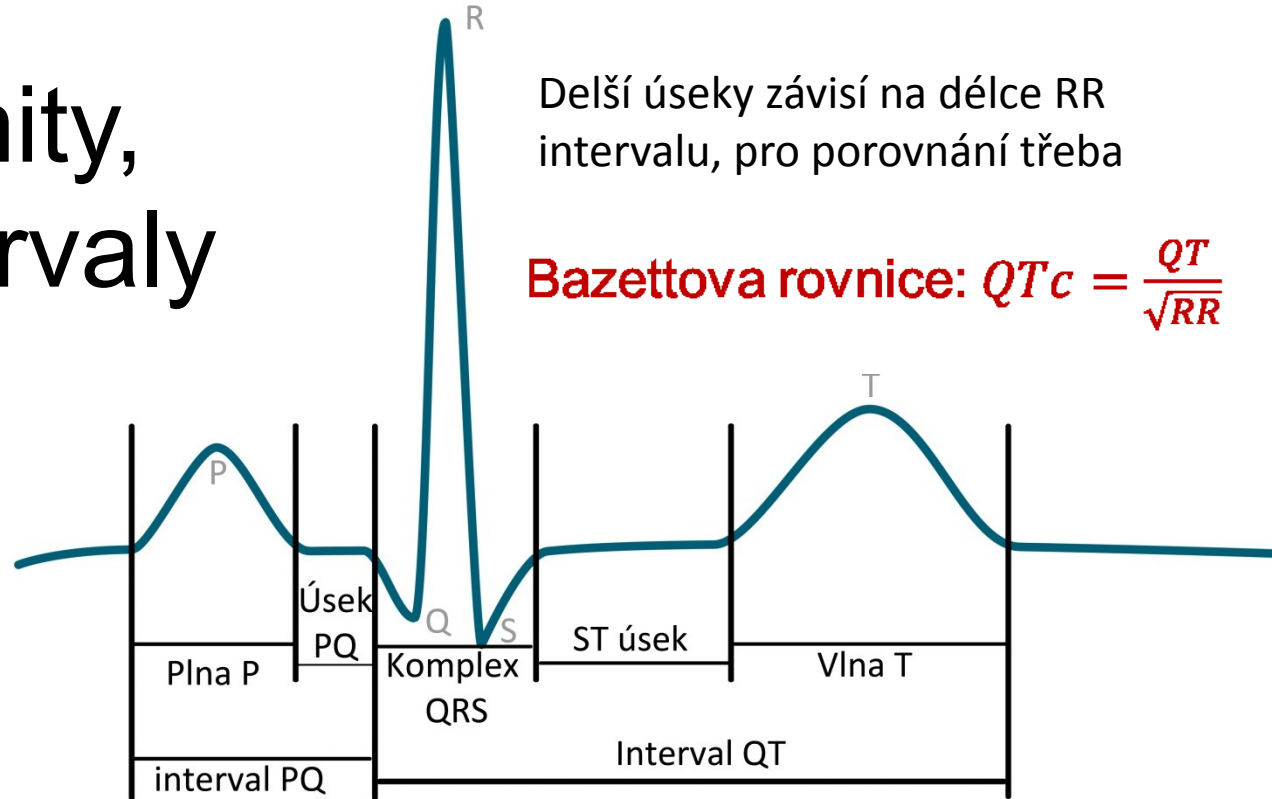
- Frekvence stahu komor (protože ta určuje srdeční výdej) na EKG – frekvence depolarizací komor
- HR (heart rate) = 1 / RR (jednotky bpm: beat per minute)
- Fyziologická: 60 – 90 bpm v klidu  
maximální fyziologická cca 220-věk (pokud máte 250, něco je asi zle)
- Tachykardie: > 90 bpm v klidu
  - Může být sinusová (vyšší aktivita sympatiku, léky, ...)
  - Tachyarytmie: rytmus není sinusový
  - Pokud je > cca 200 u pacienta, rytmus s největší pravděpodobností sinusový nebude (záleží na kontextu)
- 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

Delší úseky závisí na délce RR intervalu, pro porovnání třeba

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



EKG (II svod):

- **P**: depolarizace síní
- **Úsek PQ**: síně jsou depolarizované, komory se ještě nezačaly depolarizovat
- **Q**: první negativní kmit QRS komplexu (depolarizace komorového septa)
- **R**: první pozitivní kmit QRS komplexu (depolarizace srdečního hrotu)
- **S**: negativní kmit následující po R (depolarizace bazální části levé komory)
- **Úsek ST**: komory jsou depolarizované a ještě se nezačaly repolarizovat
- **P**: repolarizace komor

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

# 4) Vlny, kmity

## Vlna P:

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

## QRS:

Q: první negativní kmit

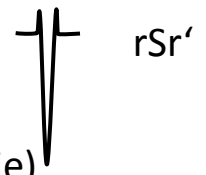
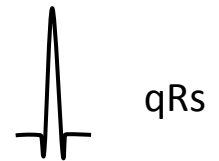
R: první pozitivní kmit

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 (')



## Vlna T:

- Je pozitivní/negativní/bipolární?

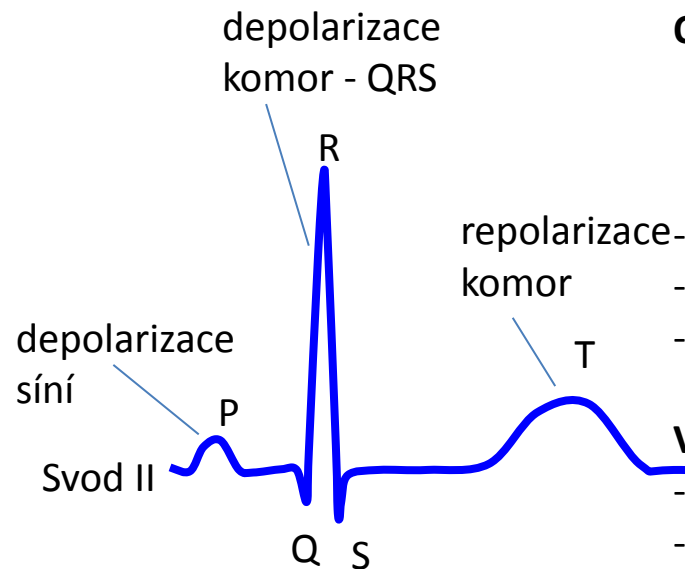
- Má stejnou polaritu jako nejsilnější výchylka QRS?

- Ano: konkordantní (ok), Ne: diskordantní (patologie)

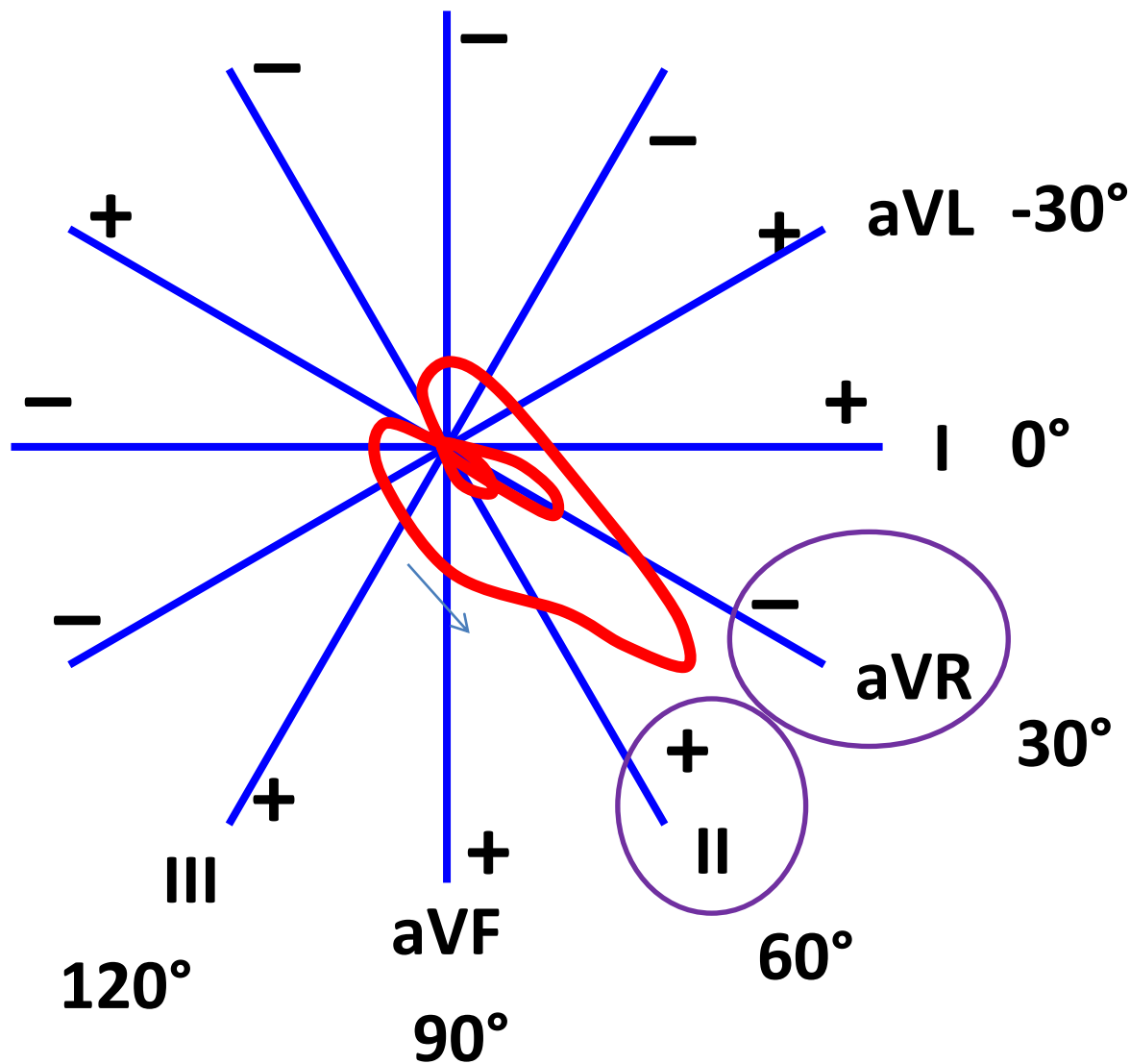
- **Bipolární T:**

- Preterminálně negativní (-/+)

- Terminálně negativní (+/-)

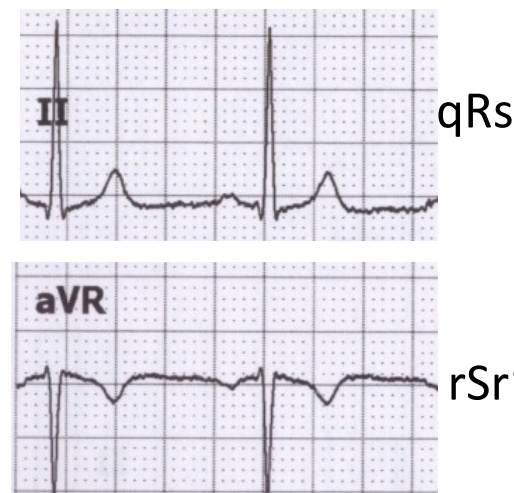


# Svod II a aVR – proč?



Všimněte si vzhledu EKG ve svodu II a aVR. Oba svody se dívají na elektrickou srdeční aktivitu z podobného úhlu (odchylka jen  $30^\circ$ ), 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.



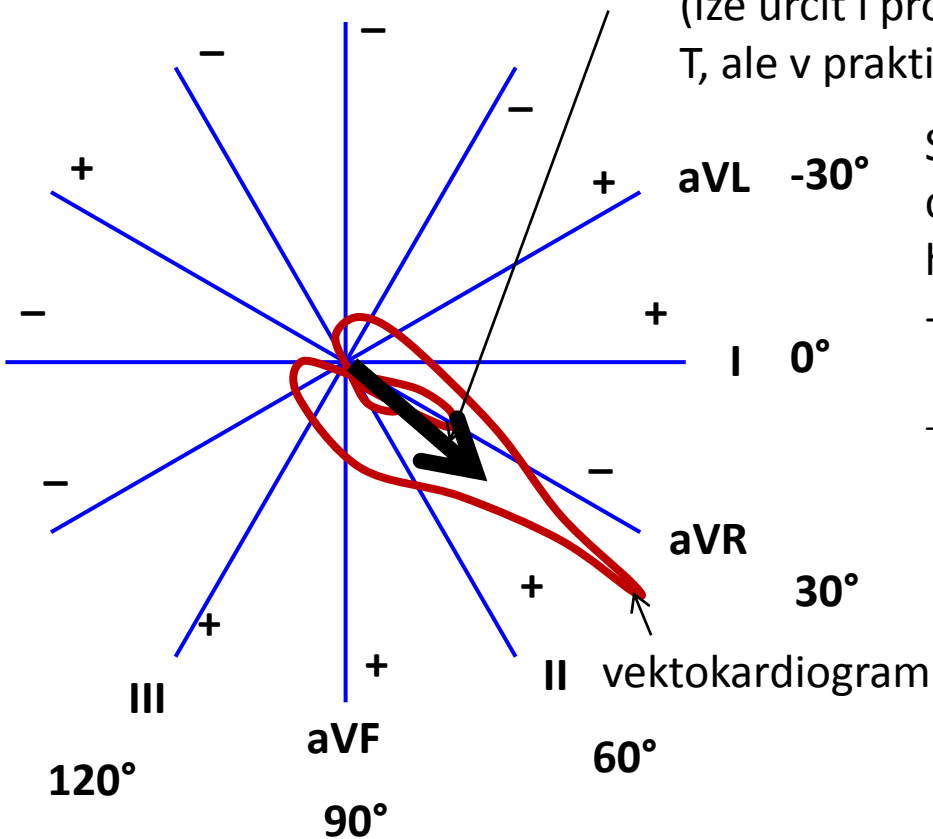
aVR má obvykle negativní T a P

Díky jinému vzhledu má QRS v aVR a II svodu různý zápis. Čili, stejný elektrický děj v srdci má různý zápis jen díky tomu, že si kdysi elktrokardiologové řekli, že se jim líbí takováhle polarita svodů (a nebo způsob zápisu).

# 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 praxi 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:  $> 120^\circ$  **KDY?**

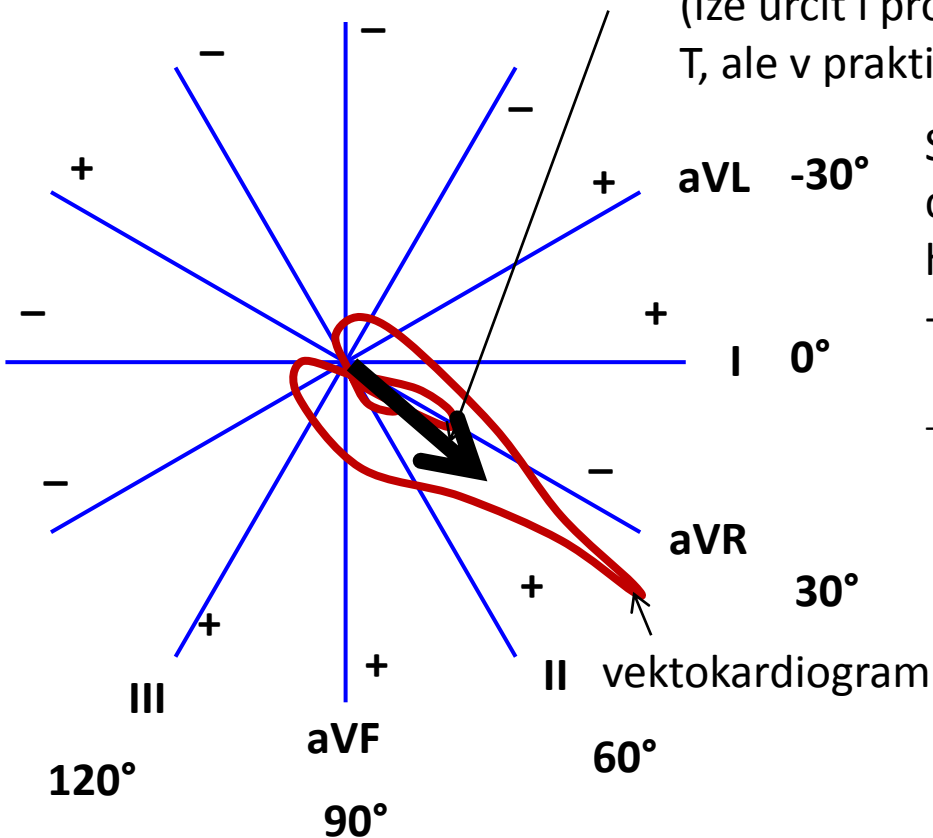
Deviace doleva:  $< -30^\circ$  **KDY?**

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

# 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 praxi 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  $90^\circ - 120^\circ$

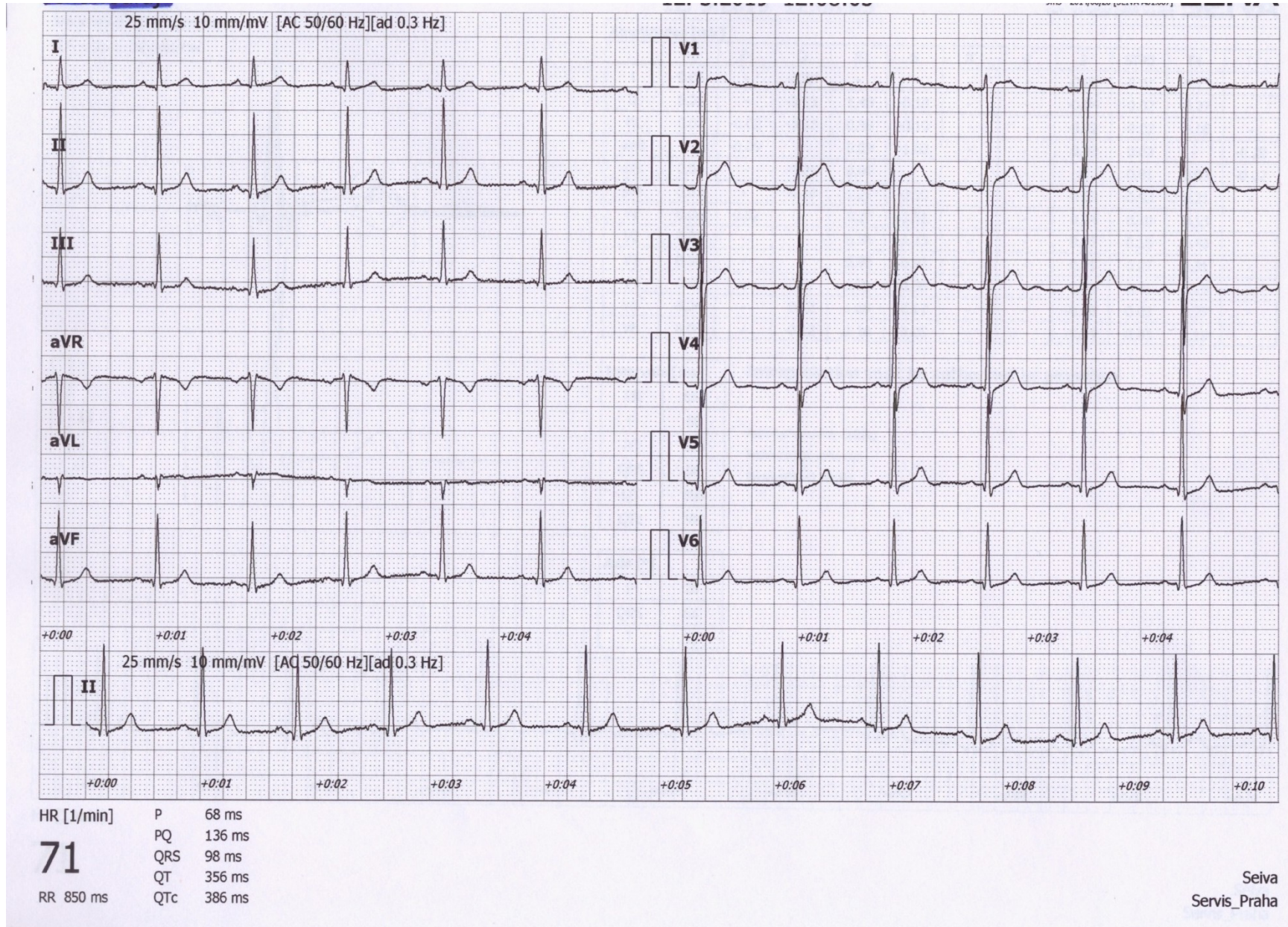
## **Rozmezí nefyziologické:**

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

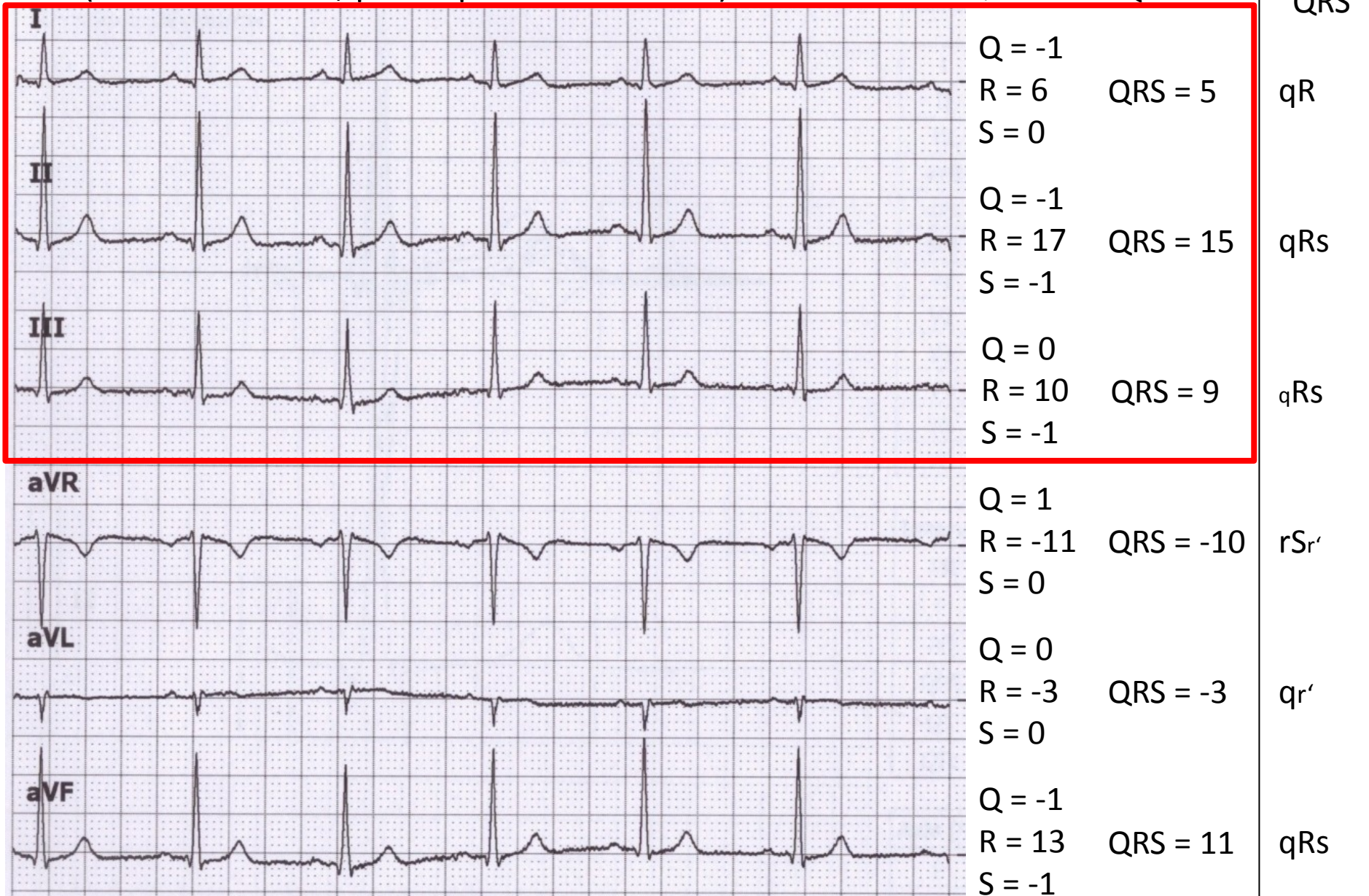
# 5) Elektrická osa srdeční – jak na ni?



# Určení elektrické osy srdeční

(frontální rovina, pro depolarizaci komor)

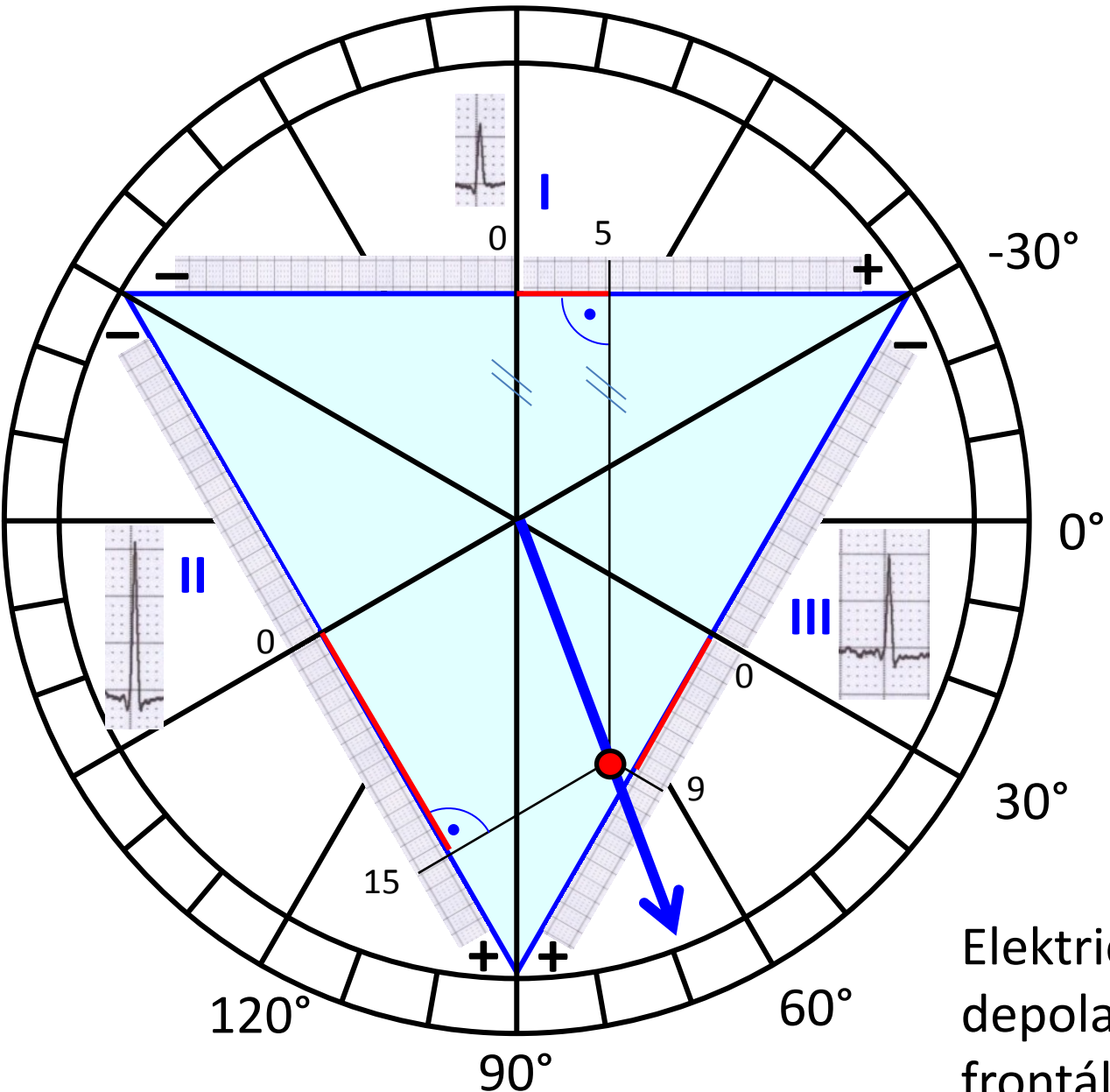
výchylky QRS	součet výchylek QRS	Zápis QRS
--------------	---------------------	-----------



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



# Určení elektrické osy srdeční – postup z praktik

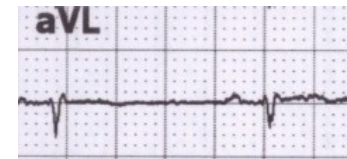
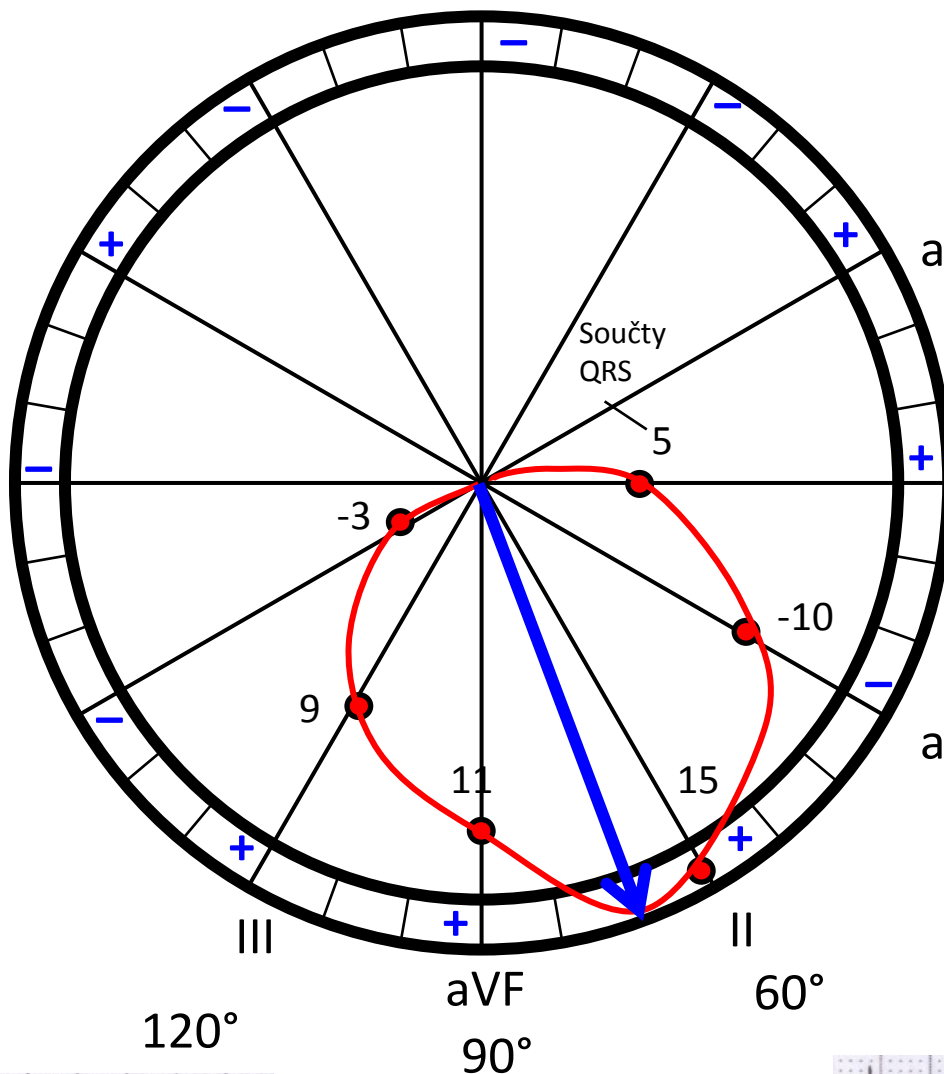


Elektrická osa srdeční pro depolarizaci komor ve frontální rovině je 70°

# Určení elektrické osy srdeční – jiný postup

Exaktní matematická metoda  
Kouknu a Vidím

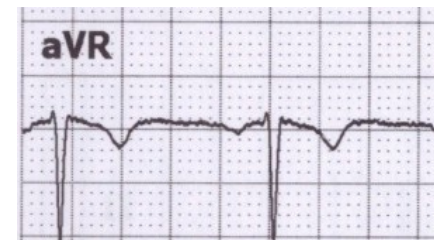
Podívejte se,  
který svod  
má  
nejvýraznější  
kmity R – ten  
bude za  
sebou  
„táhnout“  
osu



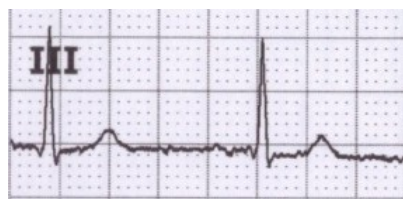
aVL -30°



I 0°



aVR 30°



120°



aVF 90°

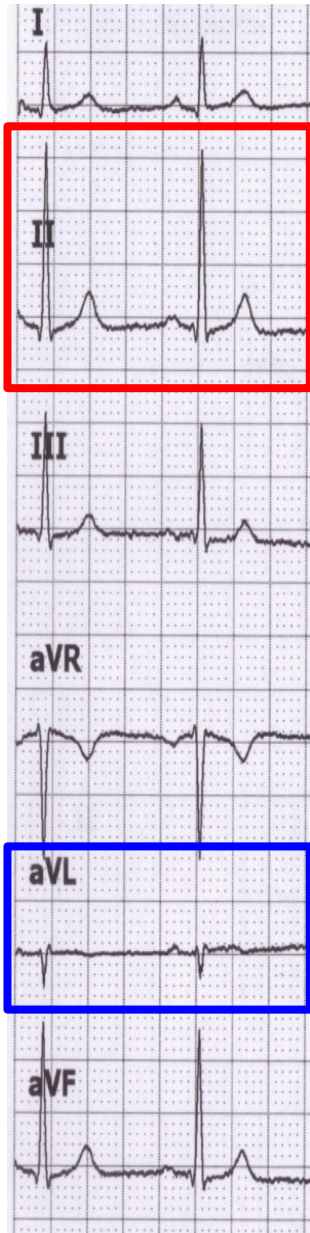


60°



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 součet  
QRS QRS



I  
Q = -1  
R = 6  
S = 0

II  
Q = -1  
R = 17  
S = -1

III  
Q = 0  
R = 10  
S = -1

aVR  
Q = 1  
R = -11  
S = 0

aVL  
Q = 0  
R = -3  
S = 0

aVF  
Q = -1  
R = 13  
S = -1

QRS = 5

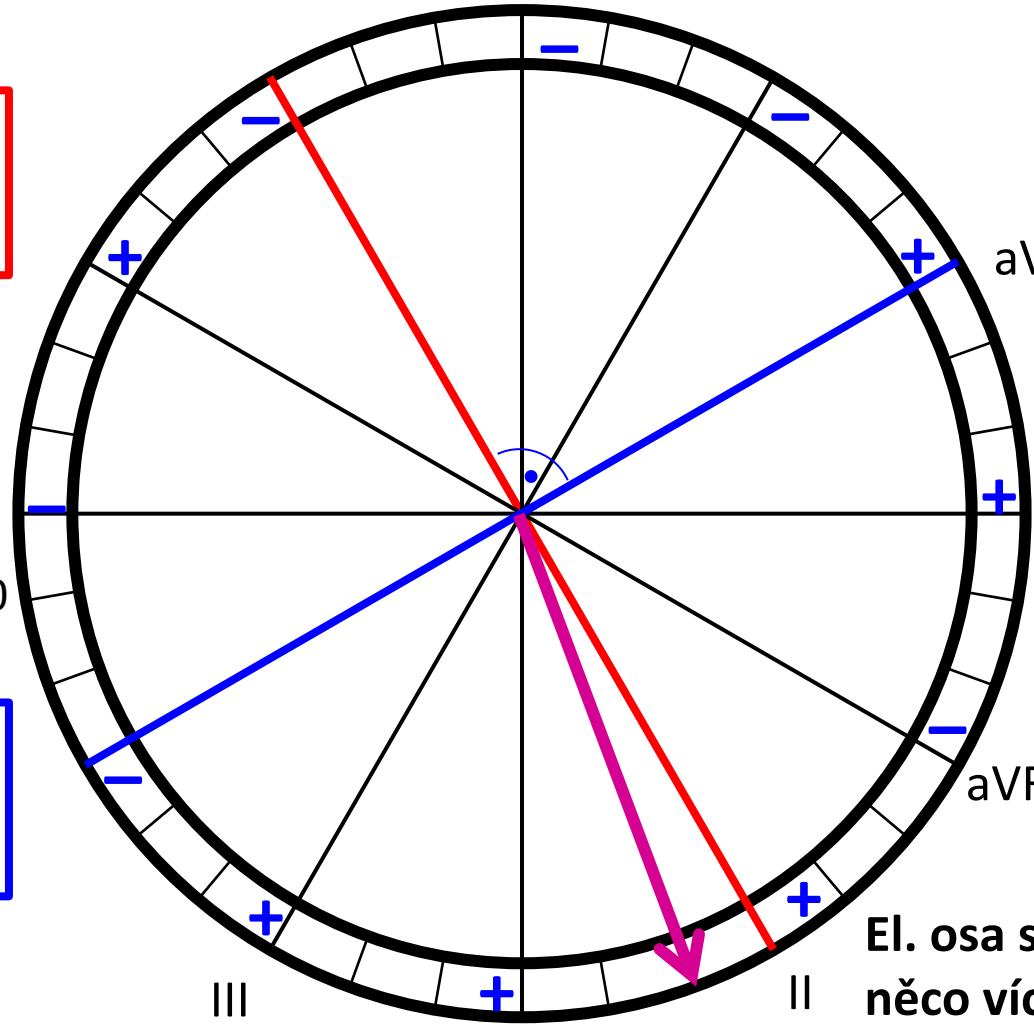
QRS = 15

QRS = 9

QRS = -10

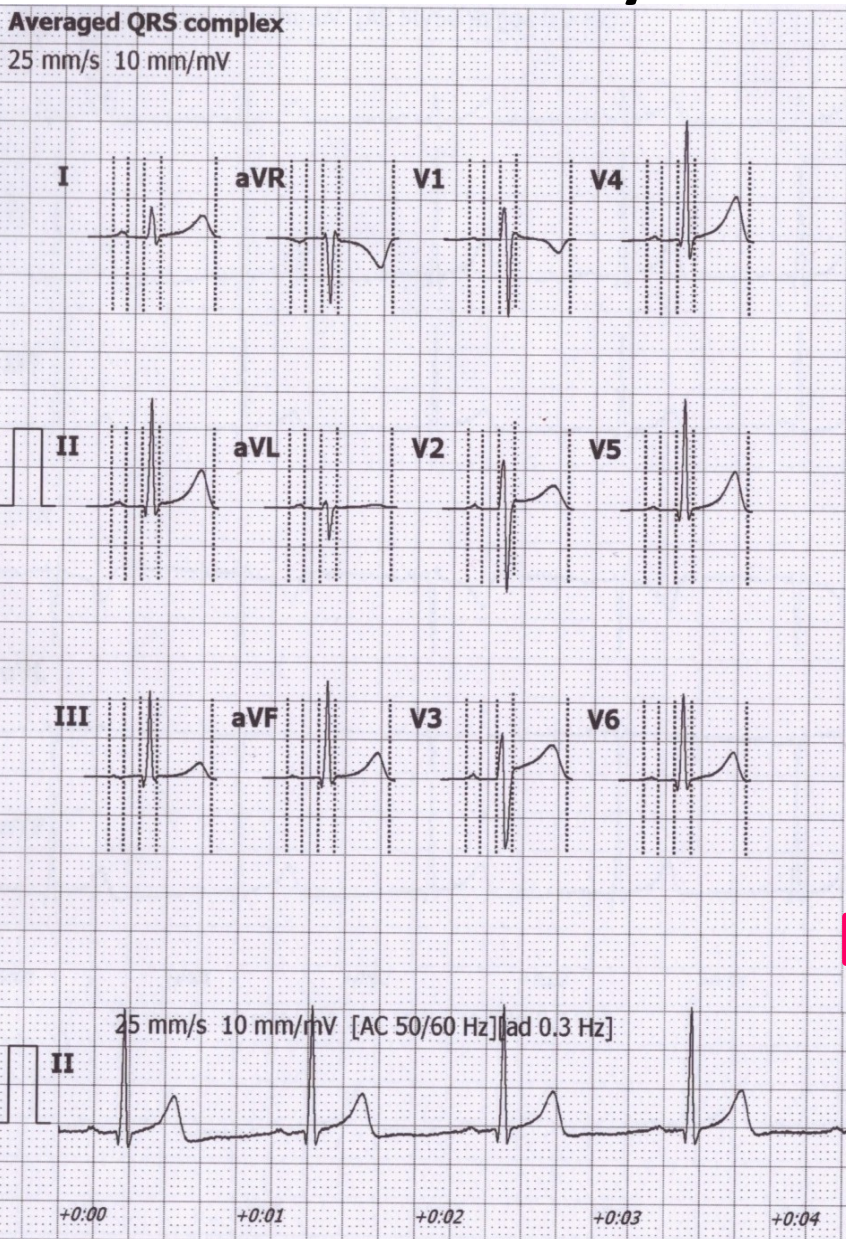
QRS = -3

QRS = 11



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

# 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

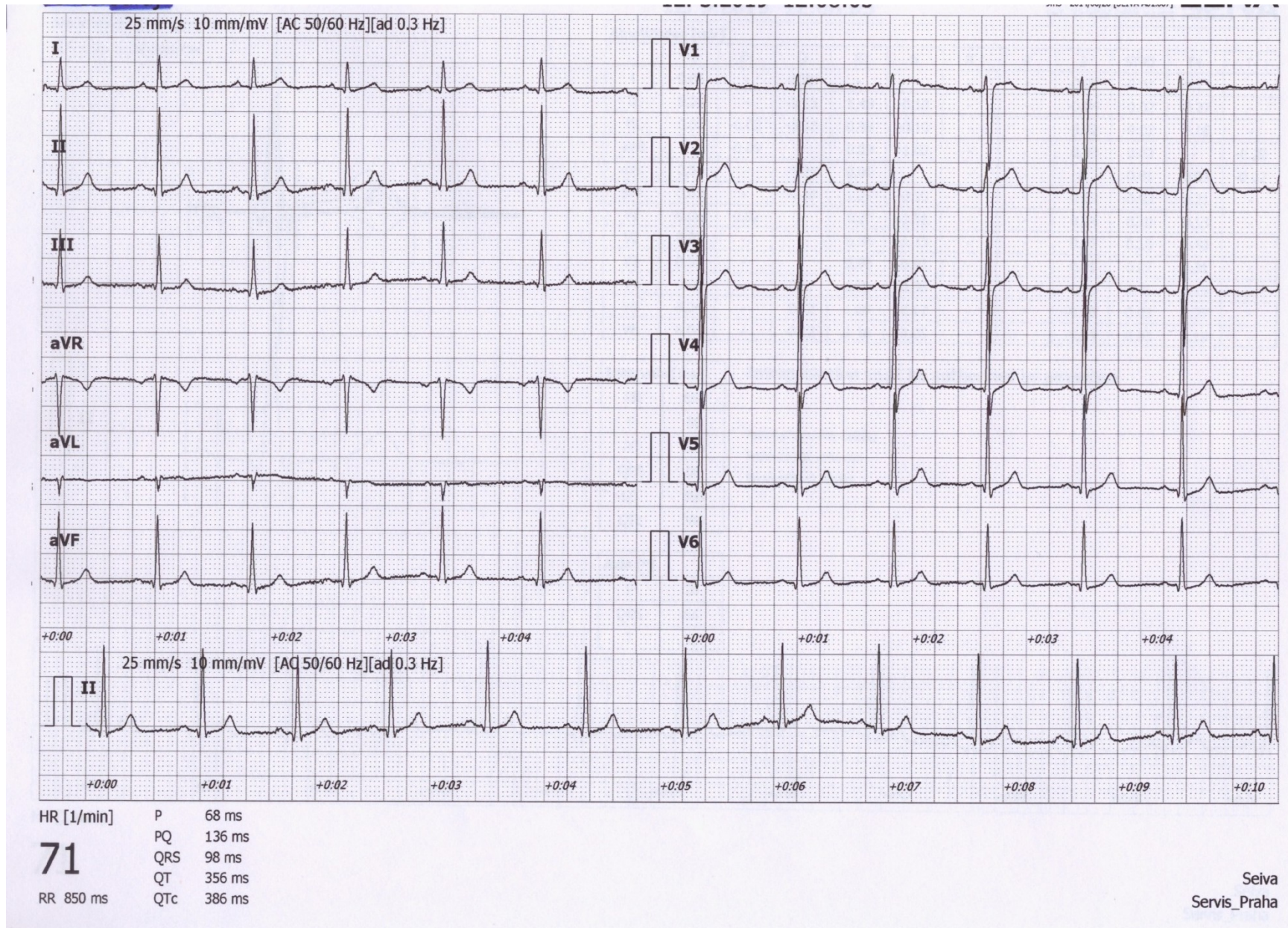
el. osa pro depolarizaci síní

**72°** el. osa pro depolarizaci komor

el. osa pro repolarizaci komor

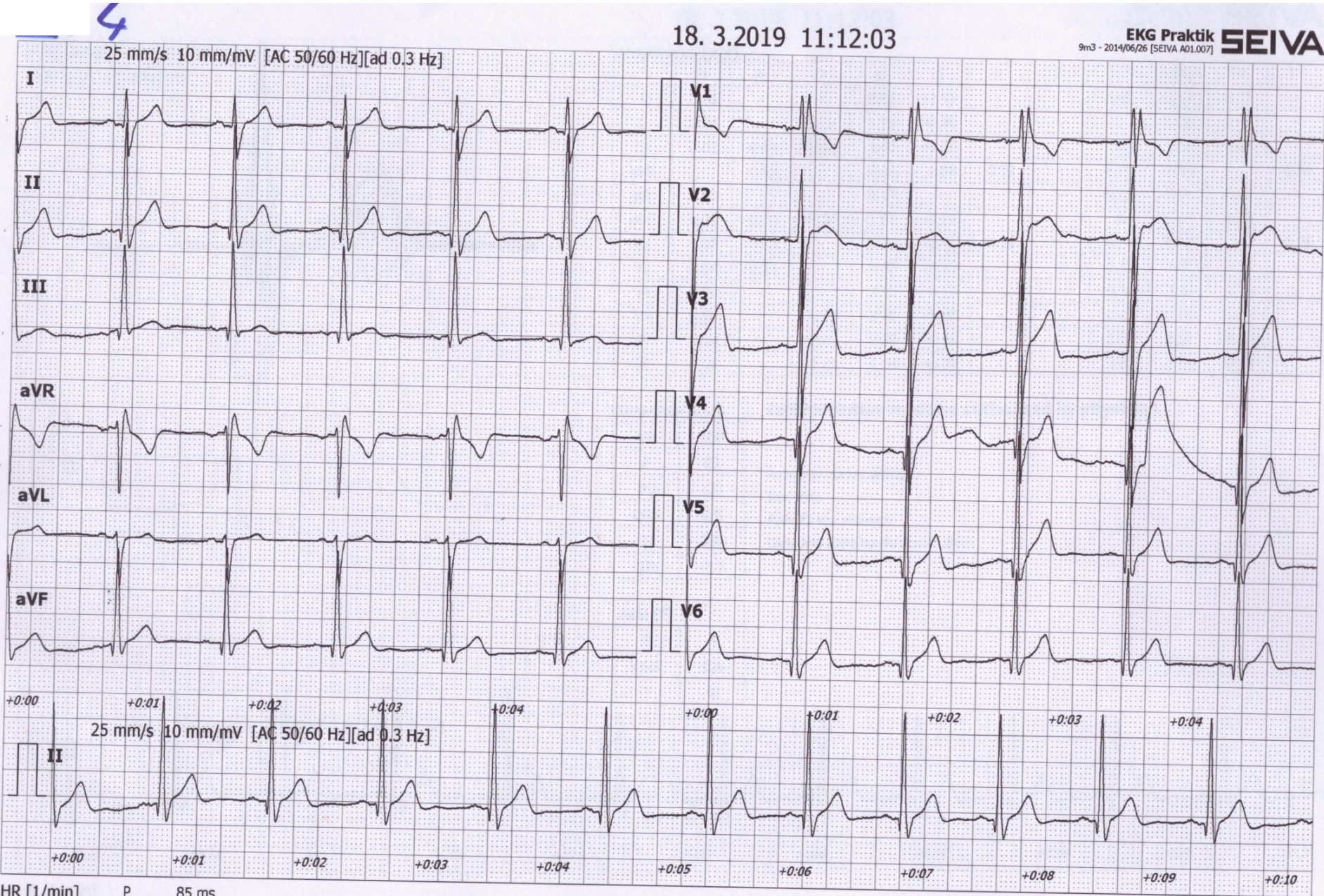
HR [1/min]

# Určení elektrické osy srdeční



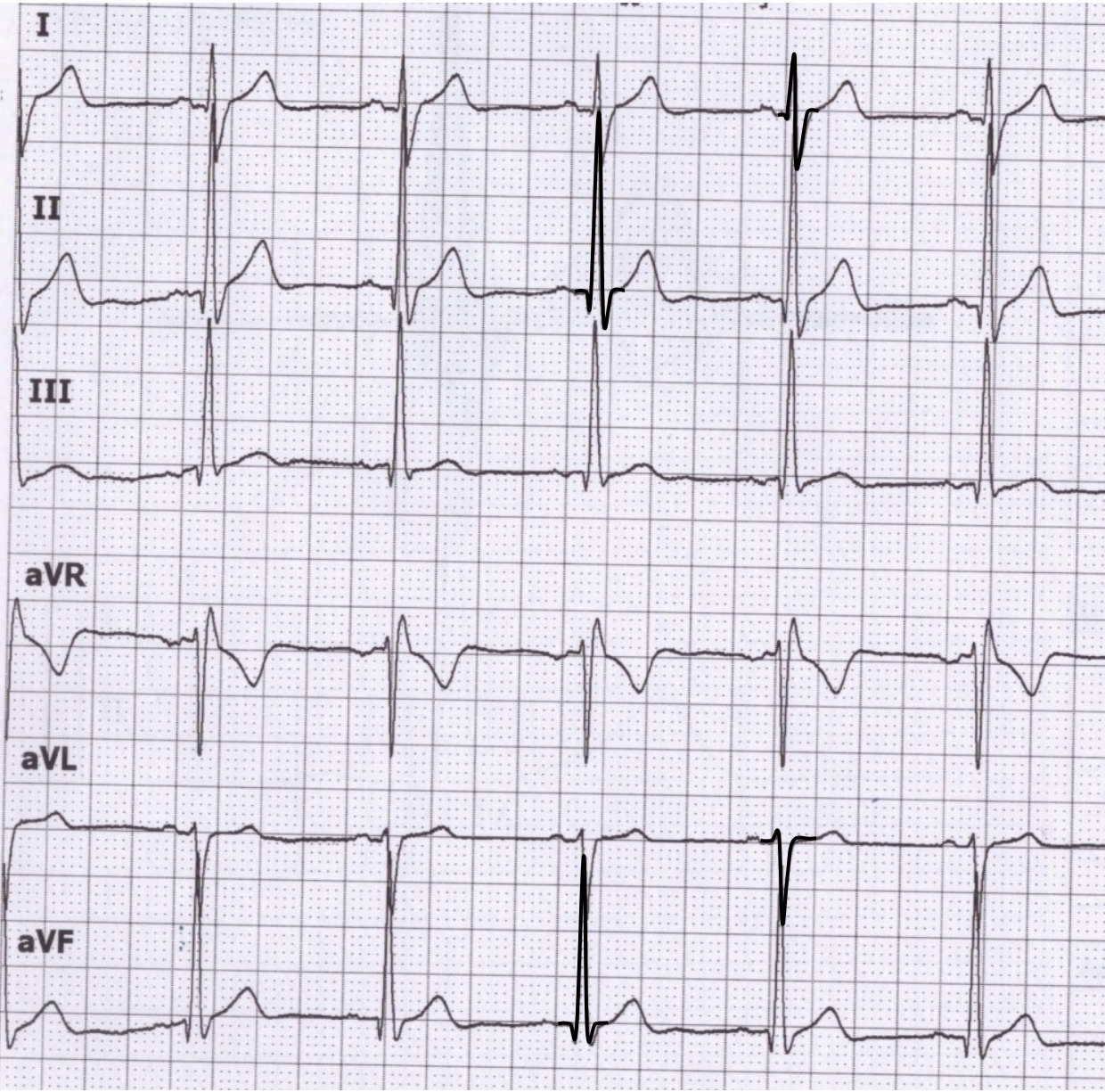


# Příklad 1: Určete elektrickou osu srdeční



# Příklad 1

## Určete elektrickou osu srdeční - výpočet

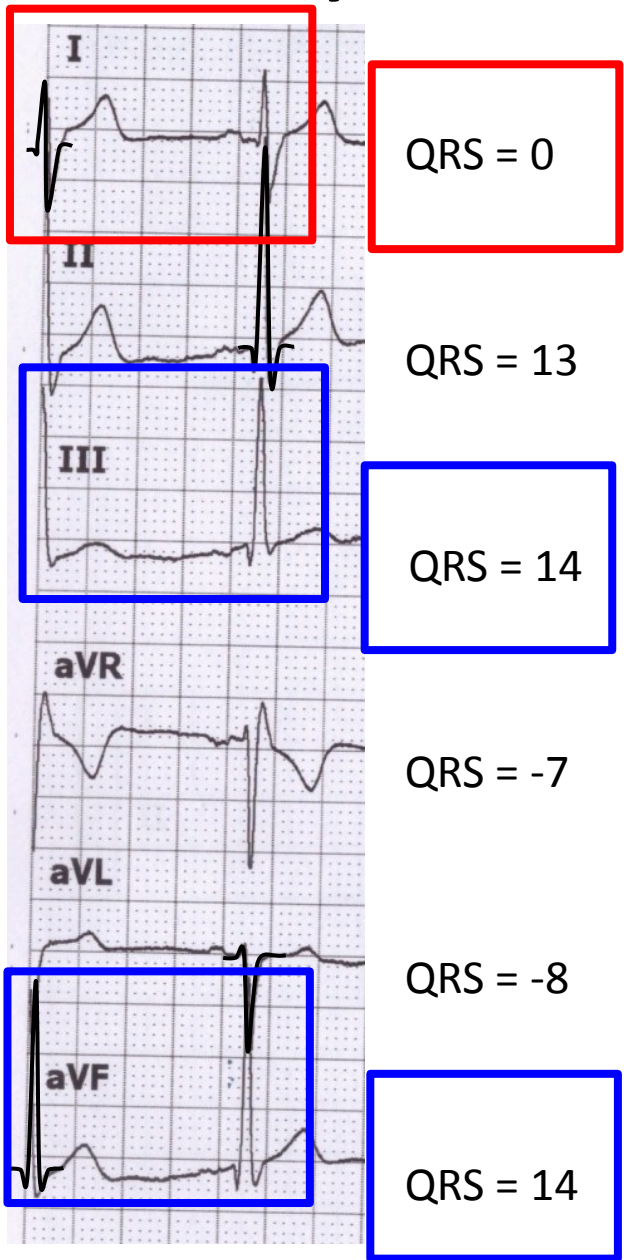


výchylky QRS	součet výchylek QRS	Zápis QRS
Q = 0 R = 7 S = -7	QRS = 0	QR
Q = -2 R = 20 S = -3	QRS = 13	qRs
Q = -2 R = 17 S = -1	QRS = 14	qRs
Q = 1 R = -11 S = 3	QRS = -7	rSr'
Q = 1 R = -9 S = 0	QRS = -8	rQ
Q = -2 R = 18 S = -2	QRS = 14	qRs



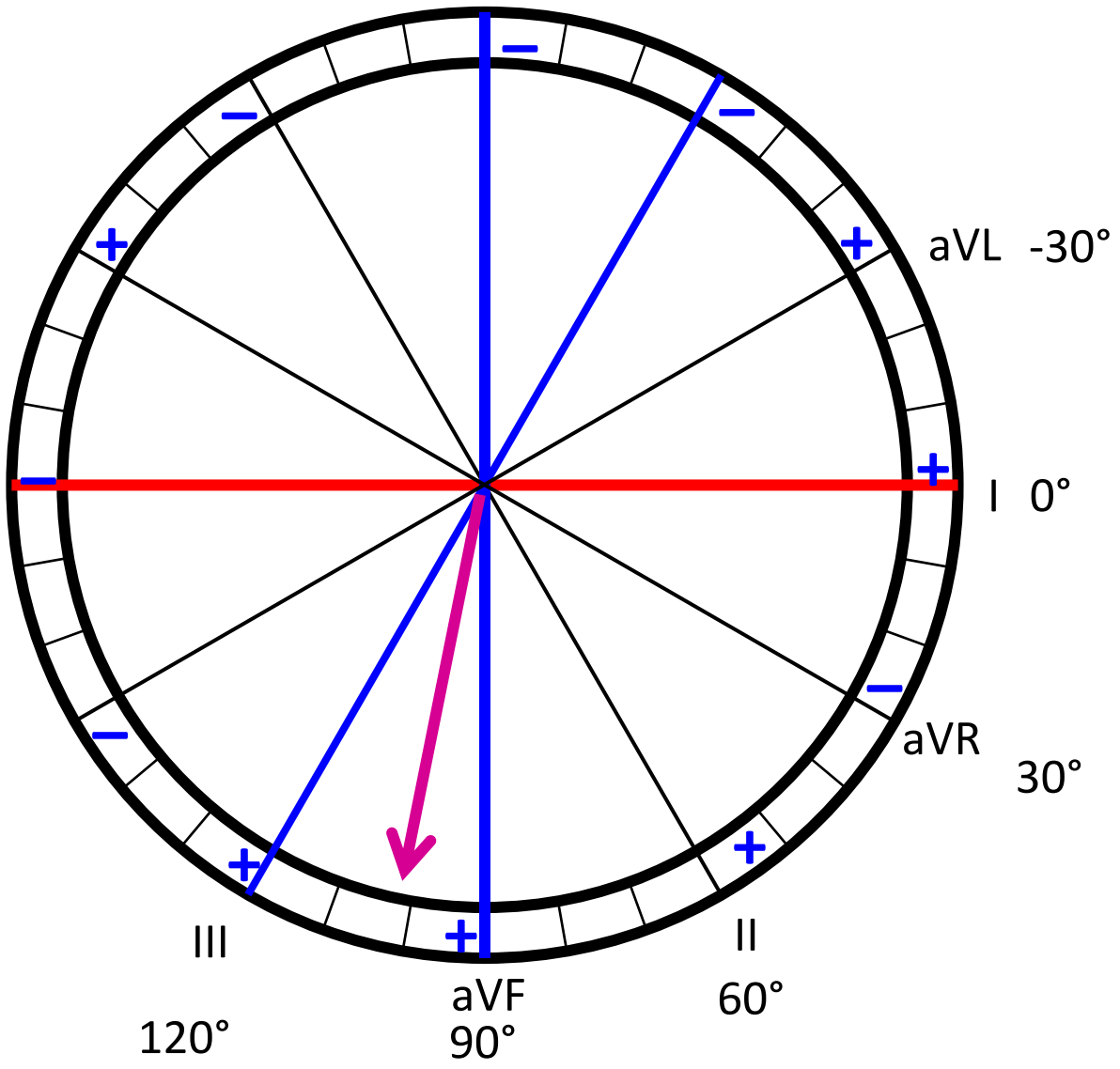
# Příklad 1

## Odhad osy



QRS je nejmenší v I svodu. Osa je tažena nejvíce svodem III a aVF (kolmý na I).

Čili el. osa srdeční bude mezi 90° a 100°.

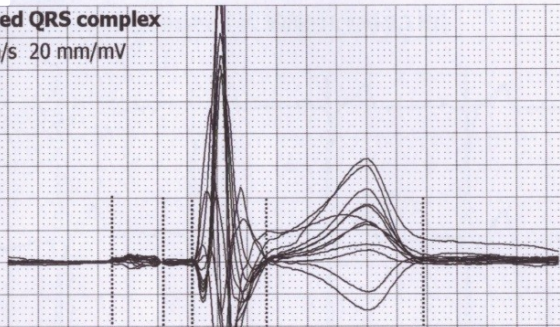


# Příklad 1 A co na to počítač?

18. 3.2019 11:12:03

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]

Averaged QRS complex  
100 mm/s 20 mm/mV



Amplitudes [mV]

	P+	P-	Q	R	S	R'	S'	J	ST40	T+	T-
I	0.06	-	-	0.55	-0.53	-	-	-0.01	0.05	0.33	-
II	0.04	-	-0.21	1.79	-0.30	-	-	0	0.08	0.45	-
III	0.02	-0.04	-0.18	1.45	-0.08	-	-	0.01	0.03	0.12	-
aVR	-	-0.05	-	0.12	-1.08	0.32	-	0.01	-0.06	-	-0.38
aVL	0.05	-	-	0.13	-	-	-	-0.01	0.01	0.11	-
aVF	0.01	-0.01	-0.20	1.60	-0.17	-	-	0	0.05	0.28	-
V1	0.02	-0.05	-	0.55	-0.41	0.59	-	0.02	-0.04	-	-0.26
V2	0.04	-0.02	-	1.19	-1.10	-	-	0.22	0.21	0.33	-
V3	0.05	-	-	2.15	-1.15	-	-	0.16	0.26	0.76	-
V4	0.04	-	-0.32	2.85	-0.60	-	-	-0.01	0.05	0.66	-
V5	0.04	-	-0.29	2.20	-0.31	-	-	0.02	0.10	0.57	-
V6	0.03	-	-0.23	1.54	-0.23	-	-	0.02	0.08	0.43	-

Intervals [ms]

RR	866
P	85
PQ	133
QRS	125
QT	386
QTc	416

Interpretation must be authorized by physician

Automatic marker setting

Sex: Male

Patient's age unknown

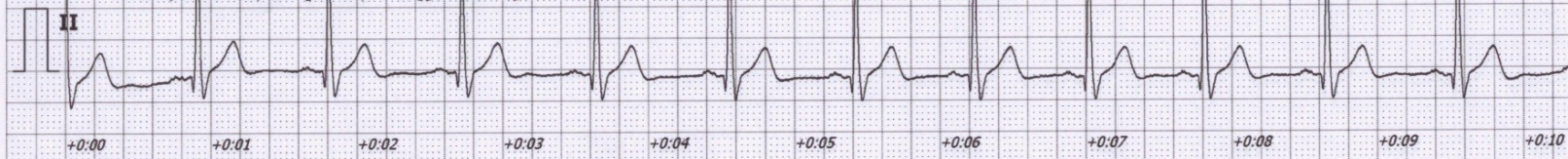
Complete Right Bundle Branch Block

Axis [°]

P	4
QRS	105
T	42

105°

25 mm/s 10 mm/mV [AC 50/60 Hz][ad 0.3 Hz]



HR [1/min]

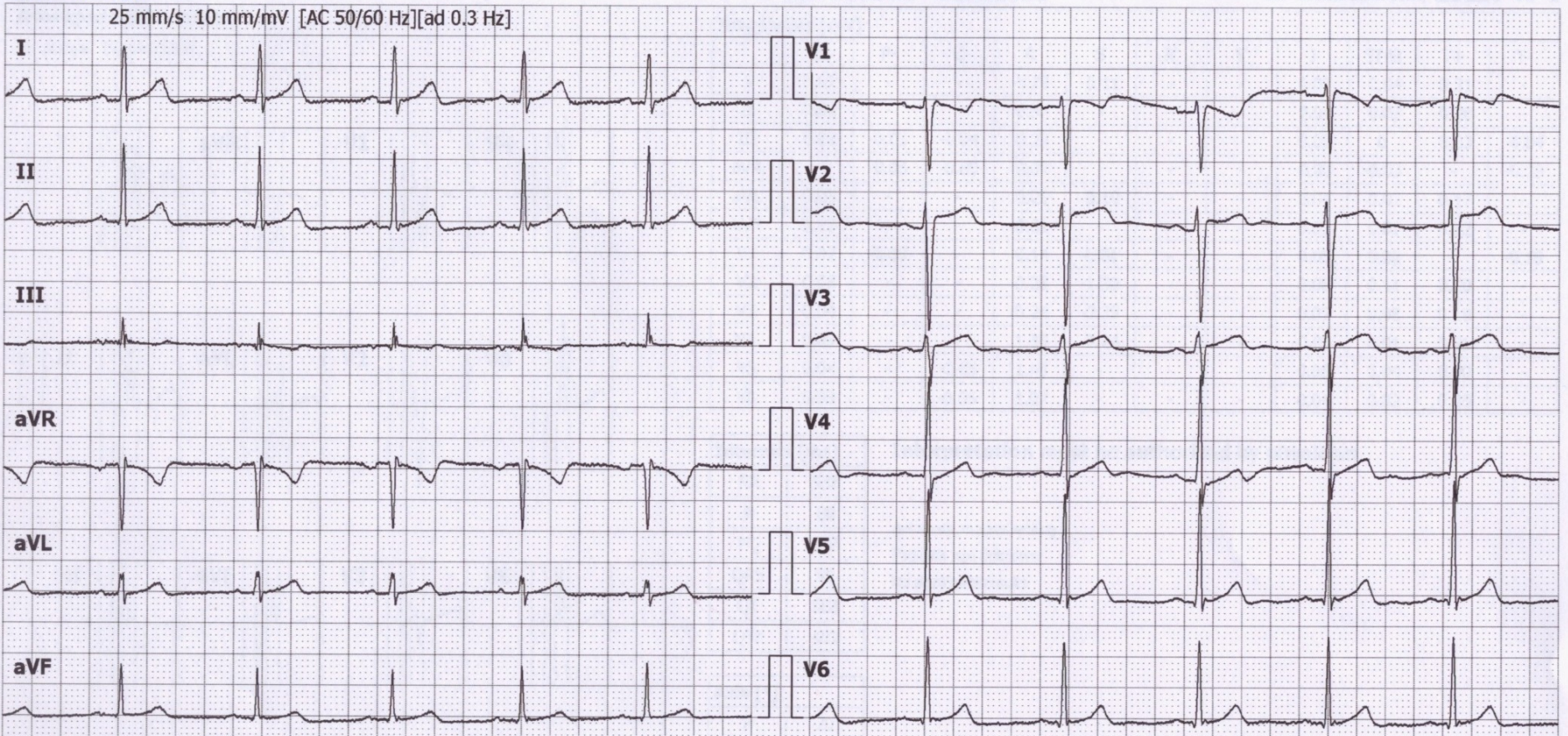
69

# Příklad 2: Určete elektrickou osu srdeční

2

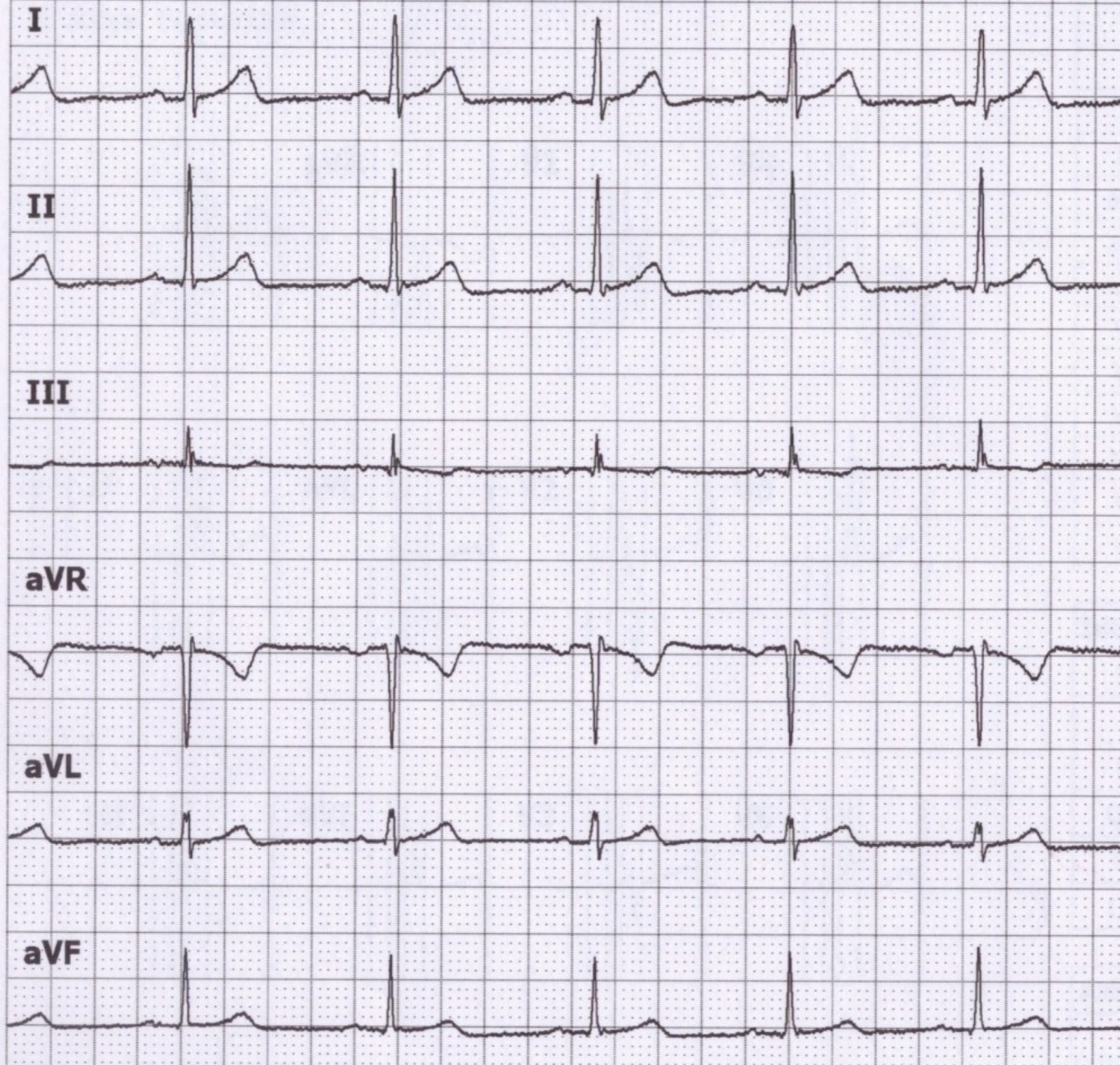
18. 3. 2019 12:05:00

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]



# Příklad 2

25 mm/s 10 mm/mV [AC 50/60 Hz][ad 0.3 Hz]



Q = 0  
R = 9      QRS = 7  
S = -2

Q = 0  
R = 13     QRS = 12  
S = -1

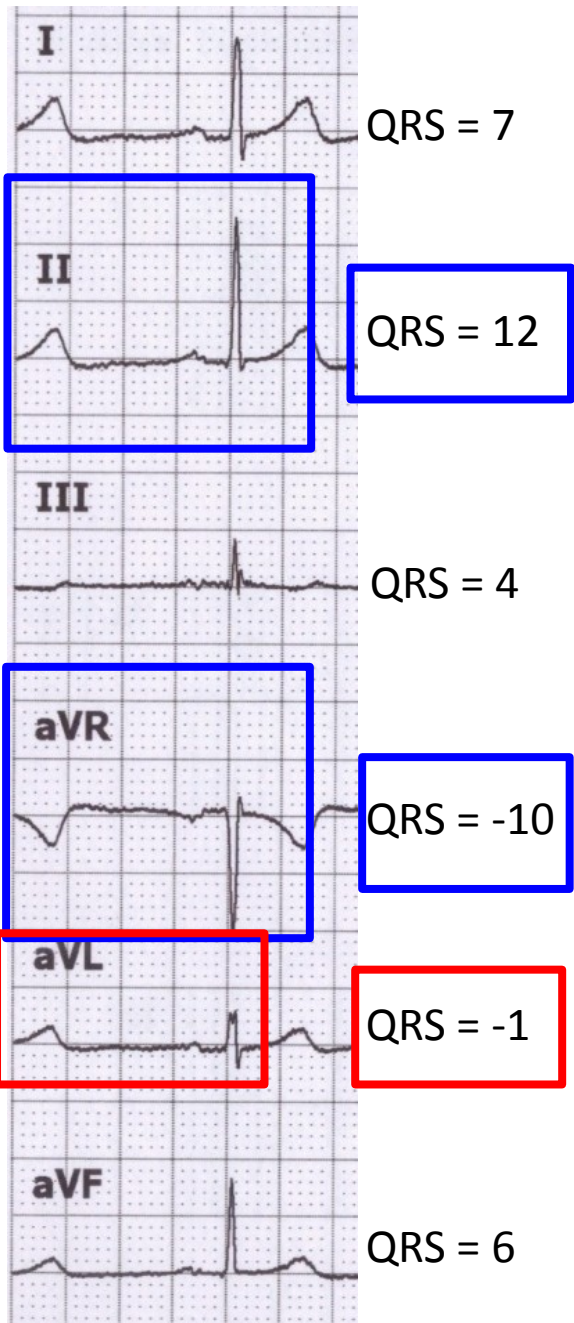
Q = 0  
R = 4      QRS = 4  
S = 0

Q = 0  
R = -11    QRS = -10  
S = 1

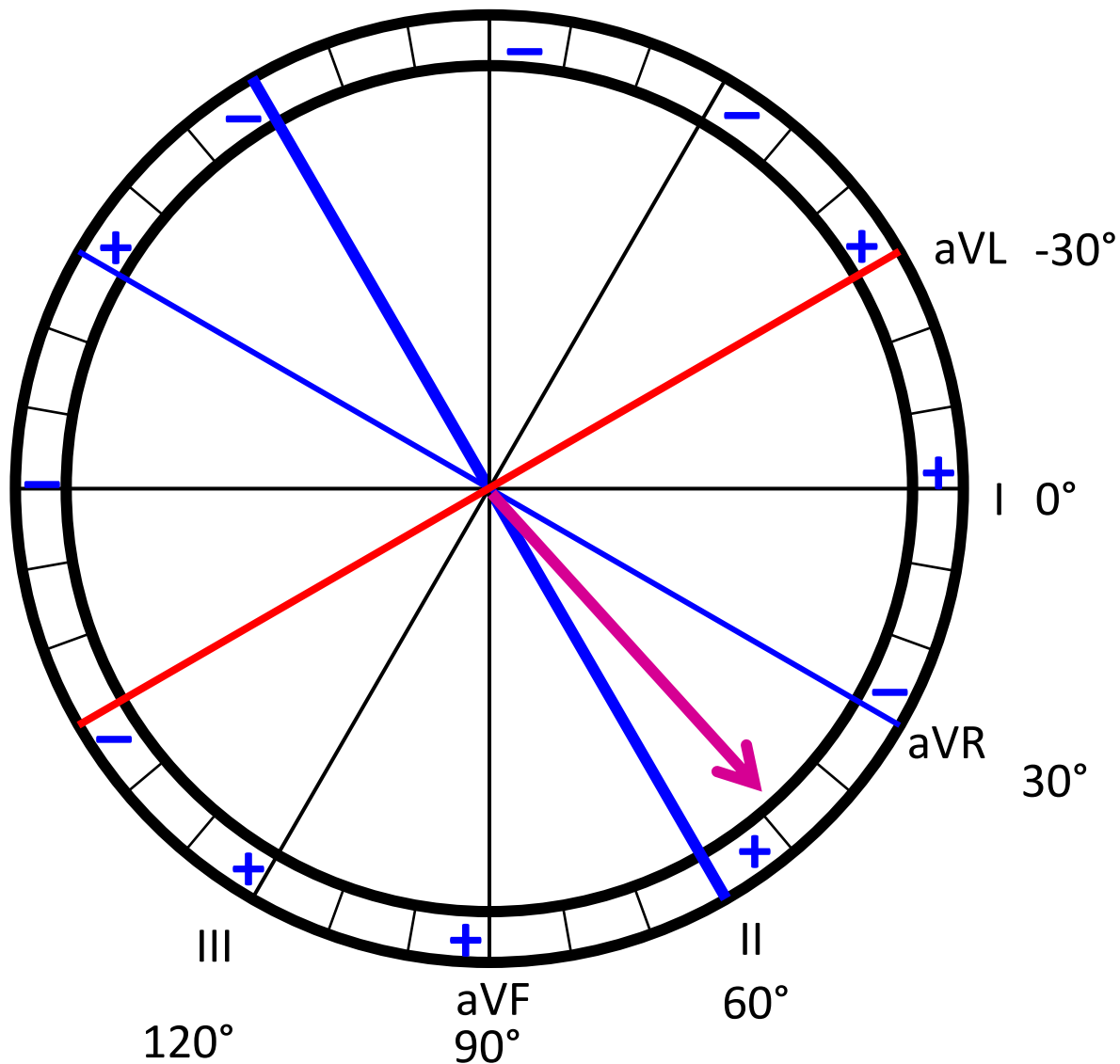
Q = 0  
R = 3      QRS = -1  
S = -2

Q = -1  
R = 8      QRS = 6  
S = -1

# Příklad 2



Osa bude někde mezi II a aVR, tedy mezi  $60^\circ$  a  $30^\circ$ . aVL je nejmenší (je dobré se orientovat podle největšího i nejmenšího svodu). Podle počítače je osa  $37^\circ$ .



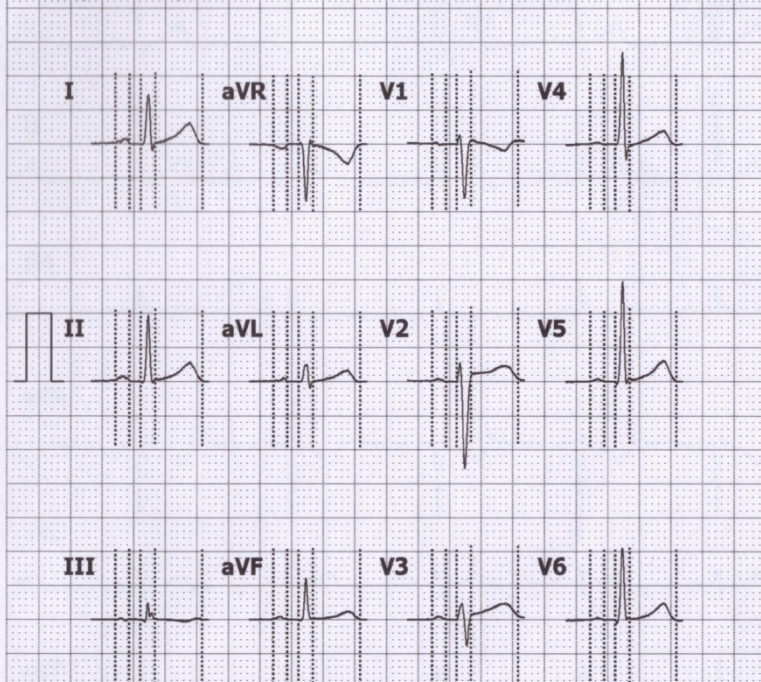
2

# Příklad 2

18. 3.2019 12:05:00

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]

Averaged QRS complex  
25 mm/s 10 mm/mV



Amplitudes [mV]

	P+	P-	Q	R	S	R'	S'	J	ST40	T+	T-
I	0.07	-	-	0.73	-0.11	-	-	0.03	0.04	0.31	-
II	0.06	-	-	0.97	-	-	-	0.04	0.03	0.28	-
III	0.02	-0.03	-0.04	0.25	-	-	-	0.02	0	0.03	-0.04
aVR	-	-0.06	-0.85	0.07	-	-	-	-0.03	-0.03	-	-0.29
aVL	0.05	-	-	0.25	-0.10	-	-	0.01	0.02	0.17	-
aVF	0.03	-	-	0.61	-	-	-	0.03	0.01	0.12	-
V1	0.02	-0.03	-	0.14	-0.81	-	-	0.05	0.02	-	-0.15
V2	0.03	-	-	0.28	-1.30	-	-	0.08	0.11	0.20	-
V3	0.04	-	-	0.24	-0.39	-	-	0.07	0.08	0.19	-
V4	0.03	-	-	1.36	-0.24	-	-	-0.03	0.01	0.21	-
V5	0.04	-	-0.05	1.48	-	-	-	0.05	0.04	0.30	-
V6	0.03	-	-0.05	1.07	-	-	-	0.04	0.02	0.25	-

Intervals [ms]

RR	938
P	88
PQ	158
QRS	91
QT	388
QTc	402

Interpretation must be authorized by physician

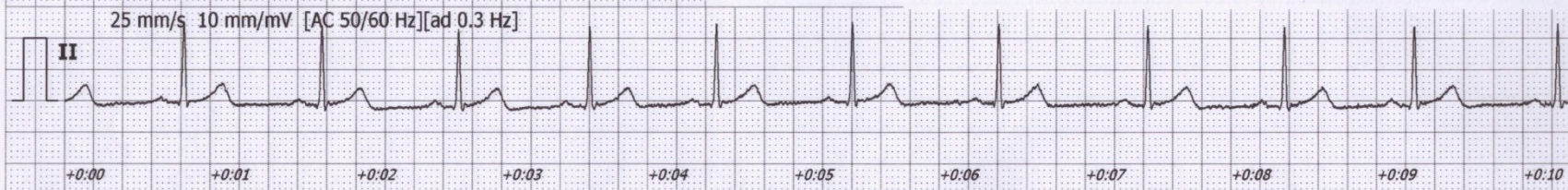
Automatic marker setting

Patient's age unknown

No significant results

Axis [°]

P	20
QRS	37
T	22



HR [1/min]

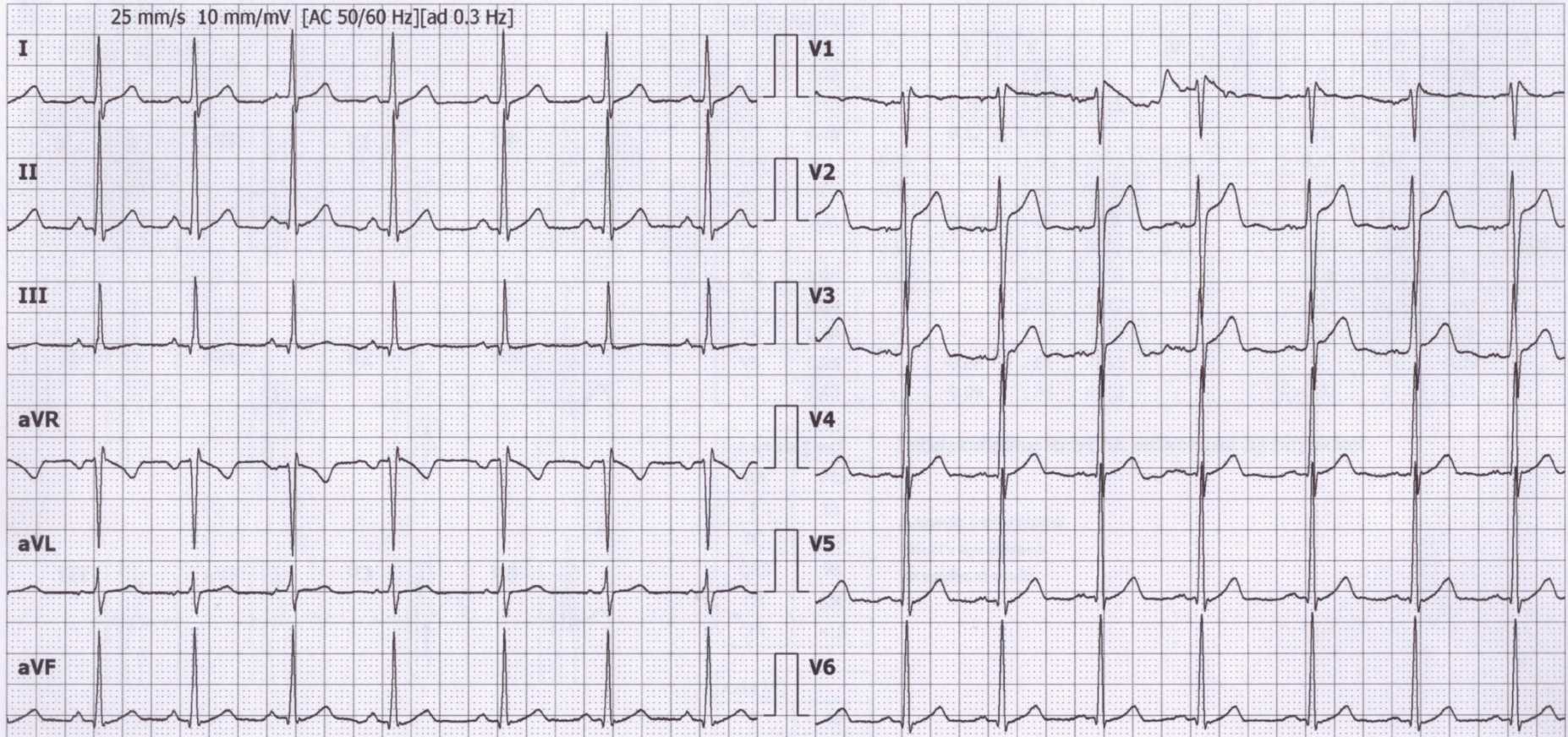
64

# Příklad 3: Určete elektrickou osu srdeční

5

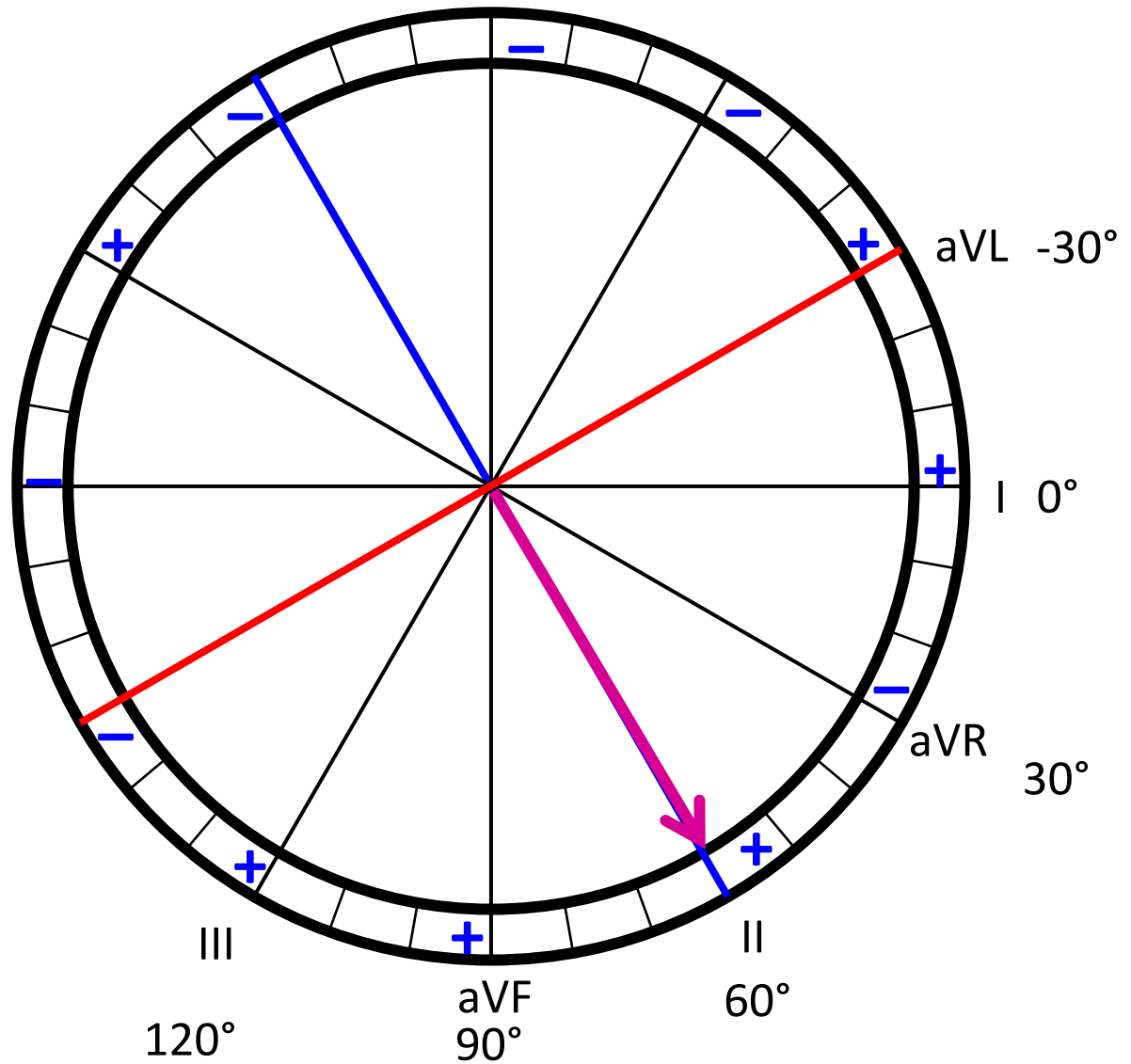
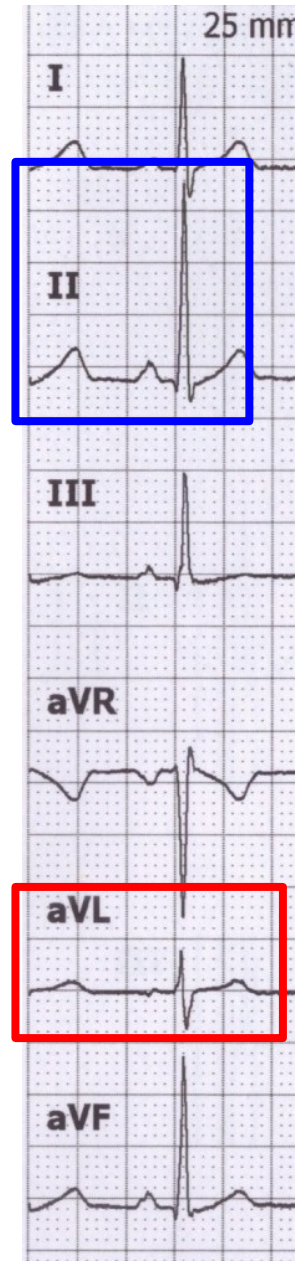
18. 3.2019 11:48:14

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]



# Příklad 3

Největší součet QRS je v II a nejmenší v aVL. Osa bude kolem 60°. Podle počítače je el. osa srdeční 56°.





# Příklad 3

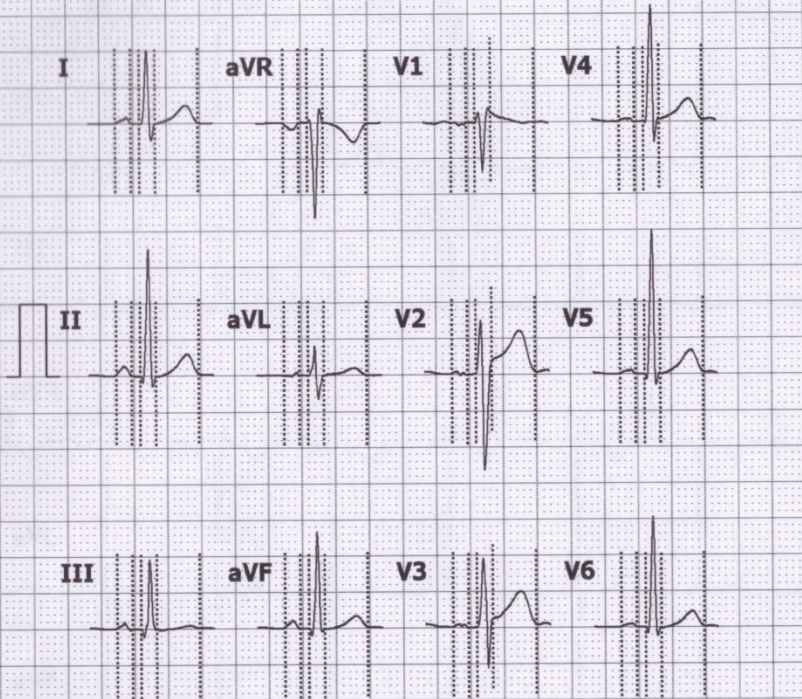
5

18. 3.2019 11:48:14

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]

## Averaged QRS complex

25 mm/s 10 mm/mV



## Amplitudes [mV]

	P+	P-	Q	R	S	R'	S'	J	ST40	T+	T-
I	0.08	-	-	1.02	-	-	-	-0.02	0.02	0.24	-
II	0.13	-	-0.10	1.77	-0.15	-	-	-0.01	0	0.28	-
III	0.09	-	-0.12	0.96	-	-	-	0.01	-0.02	0.04	-
aVR	-	-0.09	-	0.05	-1.33	0.19	-	0.02	-0.01	-	-0.26
aVL	0.04	-0.02	-	0.41	-0.33	-	-	-0.01	0.02	0.10	-
aVF	0.11	-	-0.10	1.35	-0.05	-	-	0	-0.01	0.15	-
V1	-	-0.05	-	0.15	-0.70	0.21	-	0.14	0.08	-	-0.03
V2	0.03	-0.03	-	0.74	-1.36	-	-	0.18	0.23	0.57	-
V3	0.04	-	-	0.95	-0.57	-	-	0.11	0.14	0.47	-
V4	0.04	-	-	1.62	-0.30	-	-	0.03	0.05	0.29	-
V5	0.05	-	-0.08	2.01	-0.16	-	-	0	0.01	0.30	-
V6	0.05	-	-0.09	1.54	-0.13	-	-	-0.02	0	0.21	-

## Intervals [ms]

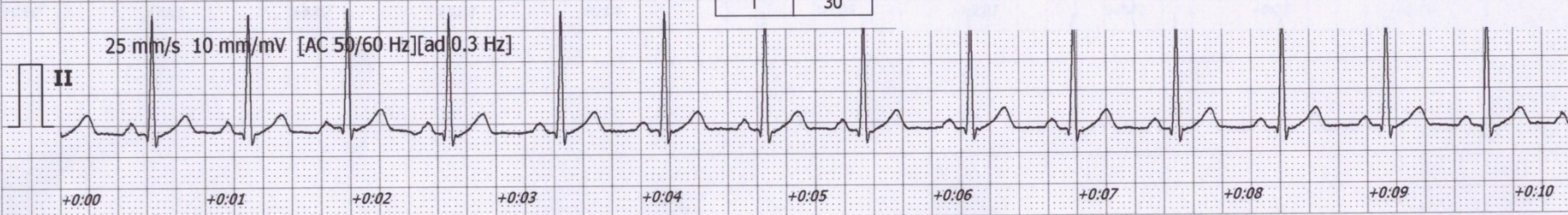
RR	703
P	91
PQ	143
QRS	95
QT	350
QTc	418

**Interpretation must be authorized by physician**

Automatic marker setting  
Patient's age unknown  
No significant results

## Axis [°]

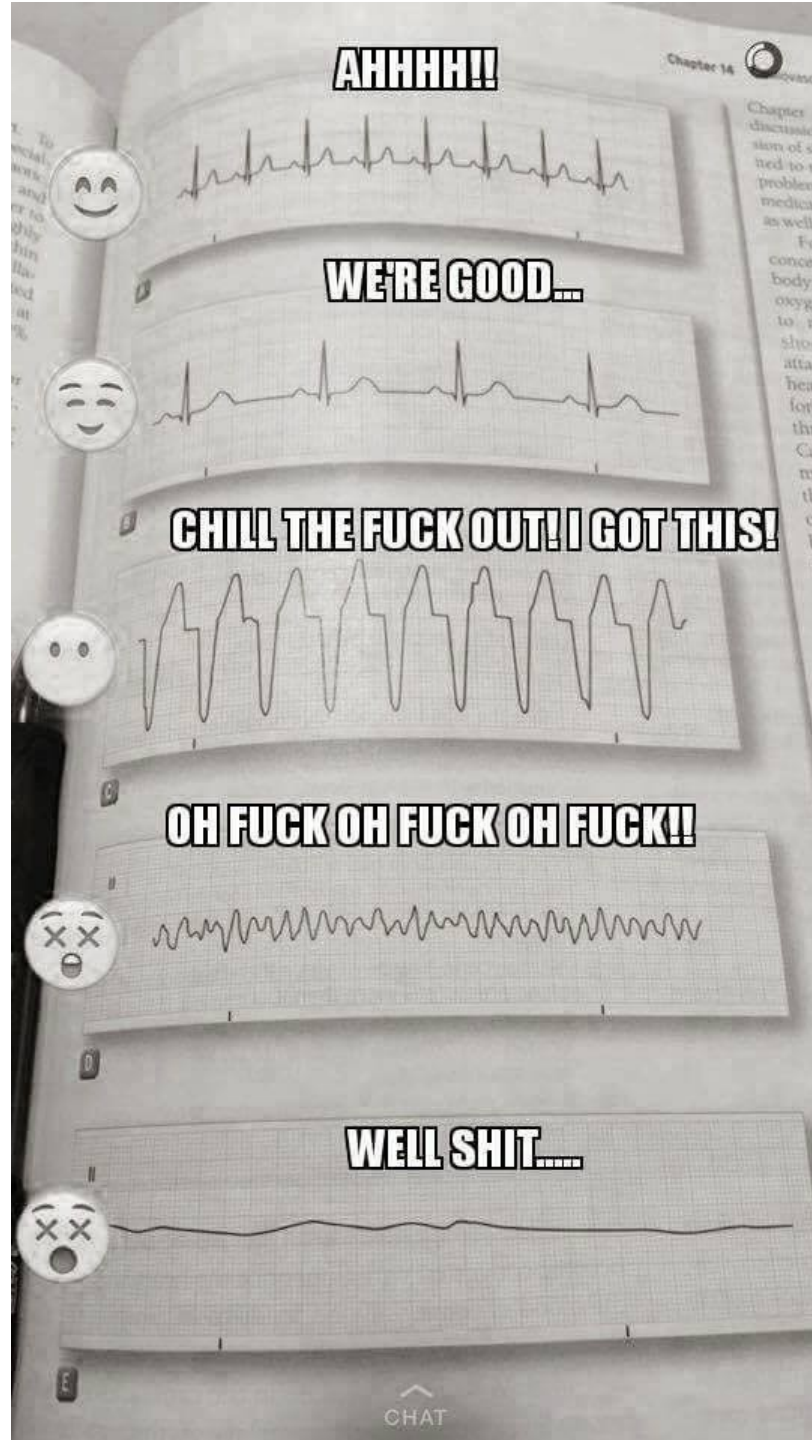
P	48
QRS	56
T	30



Více, co je to dvojitě zaslepená studie?  
Dva chirurgové hodnotí EKG

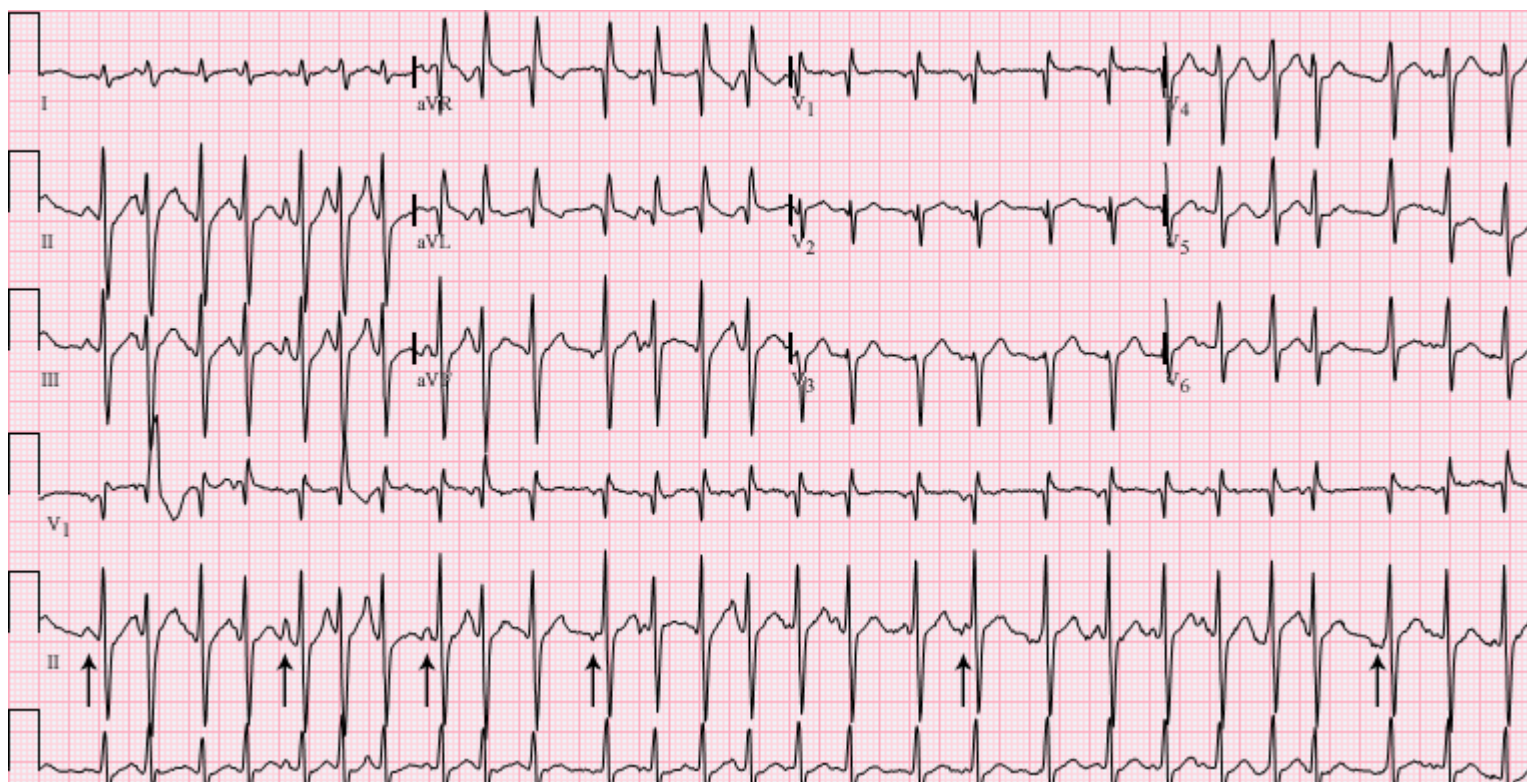


# Arytmie



# Arytmie

Porucha vzniku a/nebo vedení vzruchu v srdci



[https://www.youtube.com/watch?v=h7rYckVx7Oc&feature=share&fbclid=IwAR37Rea5MIOkD0VD0g9xMDtVazvdODXAdSVAR4VRQWpGijekX0kpsBWGs\\_o](https://www.youtube.com/watch?v=h7rYckVx7Oc&feature=share&fbclid=IwAR37Rea5MIOkD0VD0g9xMDtVazvdODXAdSVAR4VRQWpGijekX0kpsBWGs_o)

# Kvalitní rytmus potřebuje

Hluboký stabilní klidový potenciál, rychlá depolarizace, dostatečně dlouhé AP

## Následný potenciál

Vzruch vyvolaný předcházejícím AP

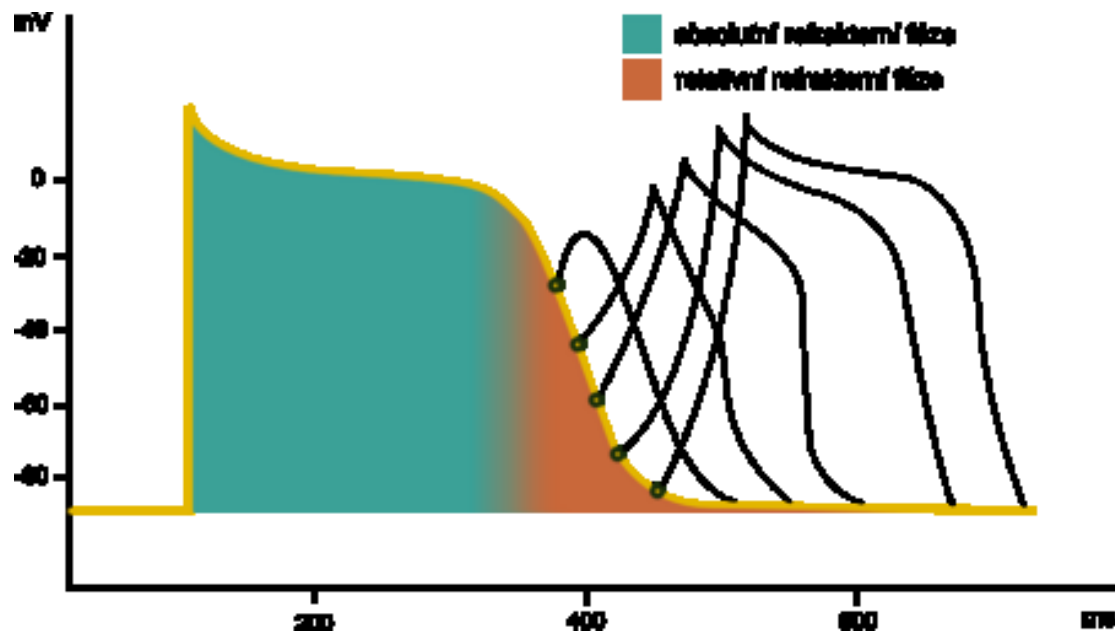
**Časný následný potenciál (CNP)** – vzruch vzniká v průběhu repolarizace (hlavně ve vulnerabilní fázi)

- vzniká u prodlouženého AP (dlouhého QT)
- CNP může být spuštěn bradykardií (AV blok), hypokalemií (diuretika), hypomagnesemií, blokátory Na<sup>+</sup> a Ca<sup>2+</sup> kanálů
- Výskyt CNP v Purkyňových vláknech může vést k vyvolání CNP v sousedním myokardu (myokard má kratší AP než Purkyňova vlákna, je již téměř repolarizován a může být stimulován)... CNP v salvách povede ke komorové tachykardii (reentry, torsade de pointes)
- CNP má pomalejší depolarizaci, šíří se tkání pomaleji

**Pozdní následný potenciál** – vzruch vzniká po repolarizaci

- hyperpolarizace a následná depolarizace s překročením prahu pro otevření Na kanálů
- při vyšší TF, intoxikaci digitalisem, hyperkalcémií

Následná depolarizace - vznik AP v relativní refrakterní fázi (konec vlny T) – patologické – riziko odpálení arytmií (netřeba znát ke zkoušce z fyziologie)



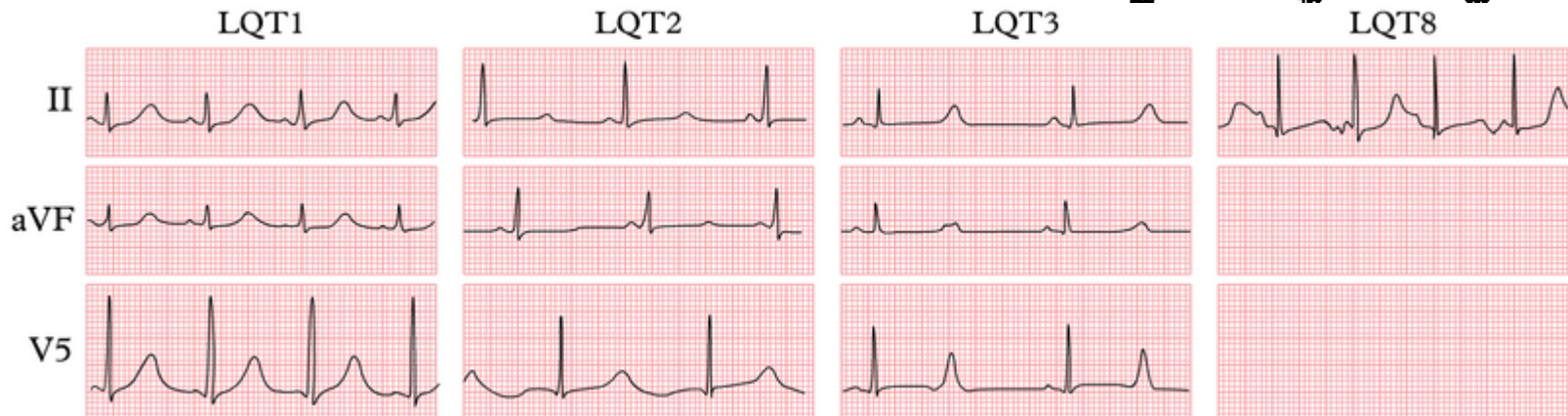
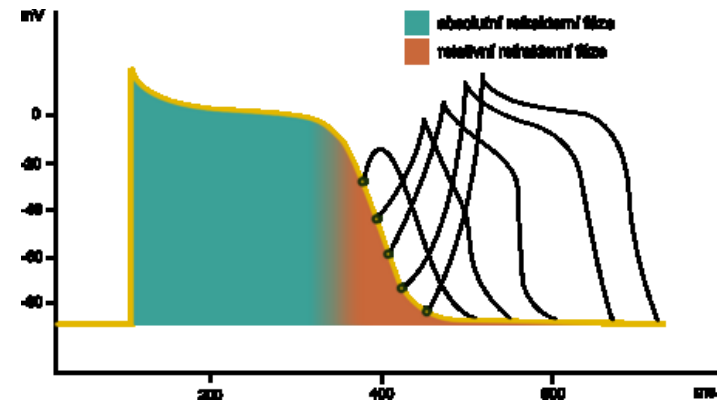
Například když blesk udeří na konci vlny T



Rychlost vedení vzruchu je určena rychlostí depolarizace. CNP má pomalejší depolarizaci a šíří se pomaleji. Při vhodných podmínkách (stav repolarizace okolní tkáně, velikost komor, rychlost šíření) stihne obkroužit srdce a vrátit se v čase, kdy je tkáň zase v relativní refrakterní fázi.

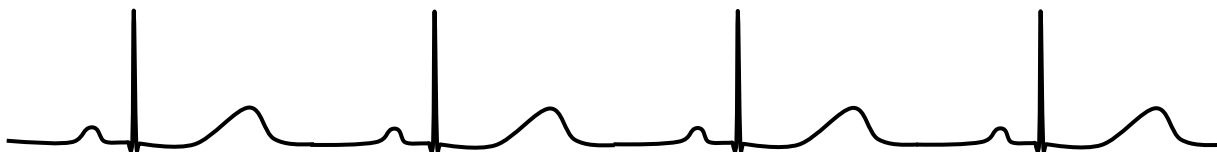
# Long QT syndrom

- Příčina – genetická porucha repolarizačních (draslíkových) kanálů, častější u žen
- Zvýšené riziko komorových arytmií, reentry (torsade de pointes, fibrilace komor) – delší vulnerabilní fáze repolarizace
- Jiné příčiny dlouhého QT – nízké hladiny K, Ca, Mg, srdeční selhání, léky

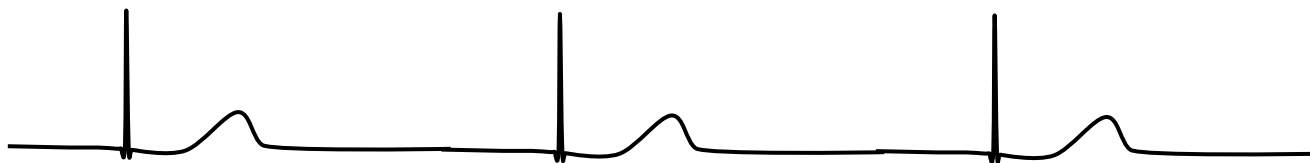


# Rytmus

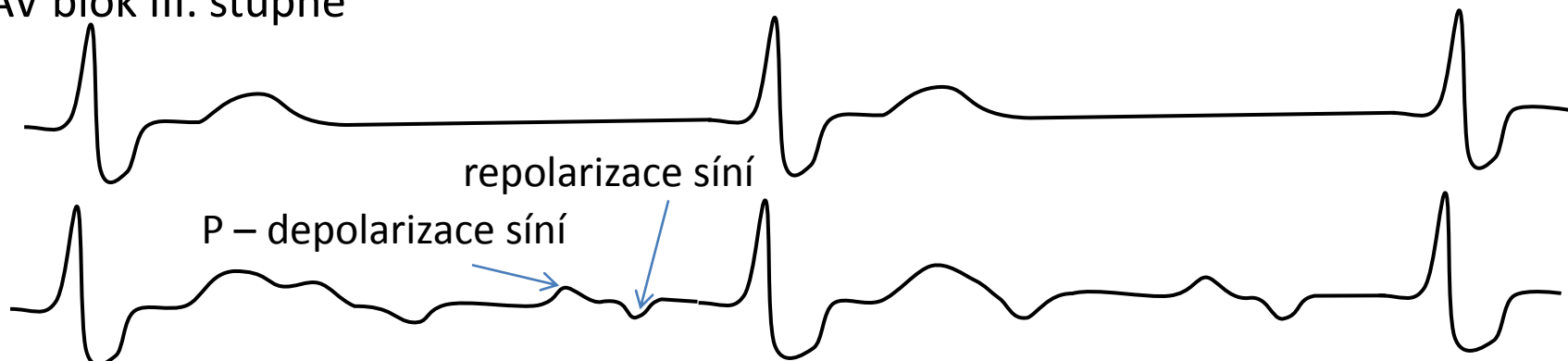
**Sinusový rytmus** – před každým QRS je přítomna vlna P – vzruch začíná v SA uzlu, ne na něj navázaná depolarizace komor



**Junkční rytmus** – nejsou přítomné normální vlny P před QRS – vzruch začíná v AV uzlu, 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



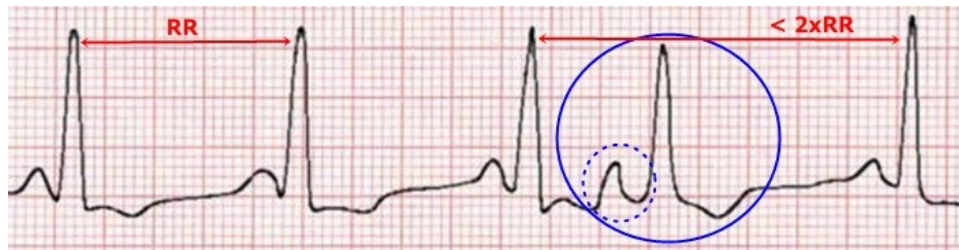
**Kontrolní otázka.**

**Jak rozeznáme síňovou a komorovou extrasystolu?**



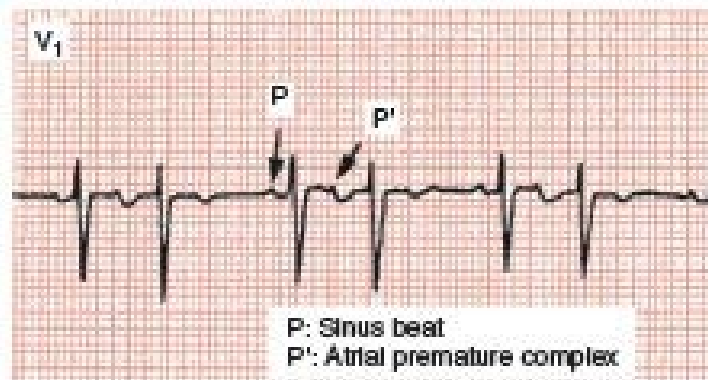
# Extrasystoly

Pro zajímavost, netřeba ke zkoušce



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

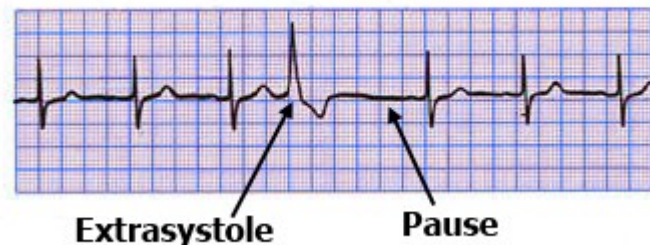
- QRS komplex extrasystoly má normální tvar (vzruch se komorou šíří normálně),
- vlna P nemá normální tvar (může být záporná či zakrytá QRS),
- může být s postextrasystolickou pauzou (pokud se vzruch šíří zpětně síněmi a vybijí SA)



**Ventrikulární (KES)** – ektopický vzruch vzniká v komoře

- QRS komplex nemá normální tvar (**obludý**) – vzruch se komorou šíří nestandardně
- při pomalé srdeční frekvenci je bez kompenzační pauzy (extrasystola je vmezeřená mezi normální QRS)
- pokud další vzruch pocházející z SA uzlu přijde v čase, kdy je komora ještě refrakterní, obsahuje kompenzační pauzu

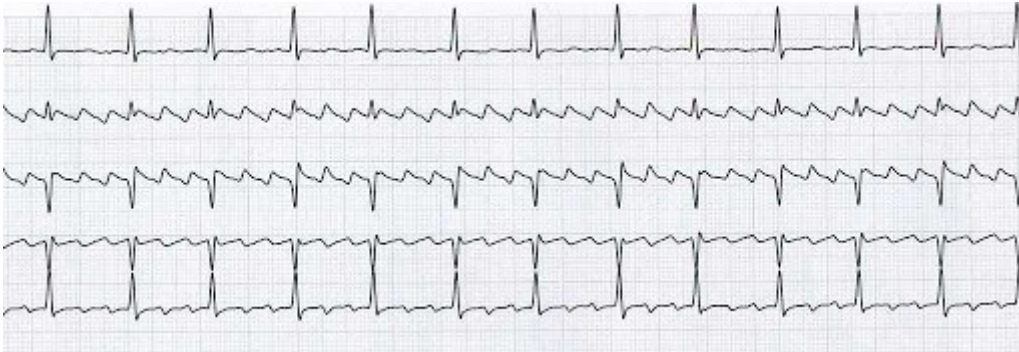
## Ventricular Extrasystole



# Arytmie – flutter a fibrilace síní

**Flutter síní** – vzruch se točí v síních dokola (reentry, krouživý vzruch) – na EKG jsou pravidelné „zuby“ (obvykle stejný počet na RR interval, ale není to pravidlo), tachykardie, pravidelné RR, chybí P

- např. 3 zuby na RR: 3 kolečka vzruchu kolem síní – první dvě kolečka se nepřevedou na komory (komory jsou ještě refrakterní), třetí se převede depolarizuje komory (QRS)



**Síňová fibrilace** – chybí P, taky „zubatá“ izolinie, ale rudy jsou slabé a nepravidelné, RR nepravidelné (vzruch se převádí na komory náhodně), frekvence 80 – 180 bpm



**Flutter a fibrilace síní** - nejsou život ohrožující (komory se chrání svou refrakteritou), ale vyčerpávají srdce a nedovolí jeho regulaci. Řeší se kardioverzí.

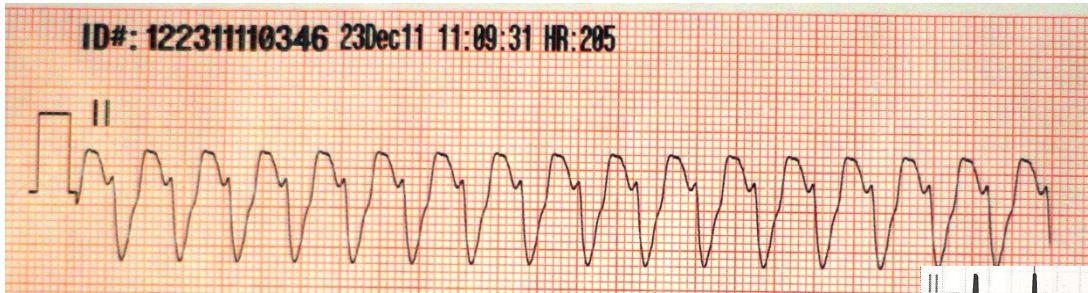
# Arytmie - flutter a fibrilace komor

Pro zajímavost, netřeba ke zkoušce

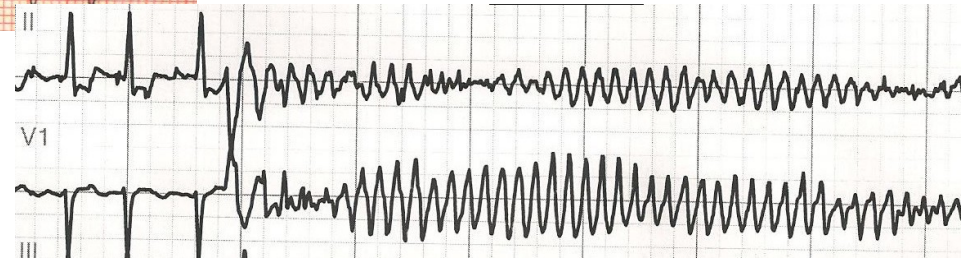
Fibrilace: nesynchronizovaná aktivita kardiomyocytů

[https://www.youtube.com/watch?v=IU3NHrjw-IA&ab\\_channel=NerdDoctor](https://www.youtube.com/watch?v=IU3NHrjw-IA&ab_channel=NerdDoctor)

**Komorová tachykardie, flutter** – žádné QRS, divný tvar (vlnobyťí), vysoká frekvence, často pravidelnost (křivé sinusovky), často je podstatou reentry, náhlý začátek/konec



Torsades de pointes – „torzády“

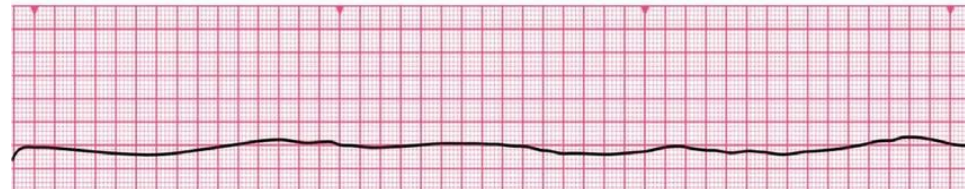


Čím vyšší frekvence, tím hůř se plní komory, srdce dost nepumpuje, klesá krevní tlak. **Bezpulzové komorové tachykardie se defibrilují.** Můžou přejít ve fibrilaci.

**Komorová fibrilace** – srdce nefunguje jako pumpa, poškození mozku po 3 – 5 minutách fibrilace, bez včasné defibrilace přechází v asystolii (kardiomyocyty jsou neprokrvené, vyčerpané)



**Asystolie** – není přítomná elektrická aktivita, nedá se řešit defibrilací (adrenalin, mačkej a doufej)



EKG pro sestry:

[https://www.wikiskripta.eu/w/Stru%C4%8Dn%C3%BD\\_p%C5%99ehled\\_arytmi%C3%AD/S%C5%A0\\_\(sestra\)](https://www.wikiskripta.eu/w/Stru%C4%8Dn%C3%BD_p%C5%99ehled_arytmi%C3%AD/S%C5%A0_(sestra))

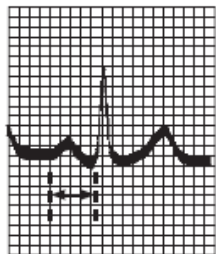


**Klídek, já jsem jenom klinická. Na dvě minutky...**

# Atrioventrikulární blok

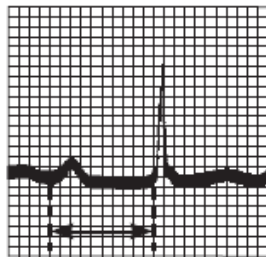
Pro zajímavost, netřeba ke zkoušce

AV blok  
II. stupně



PR = 0.16 s

Normal complex



PR = 0.38 s

AV blok I. stupně

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

Mobitz I or Wenckebach



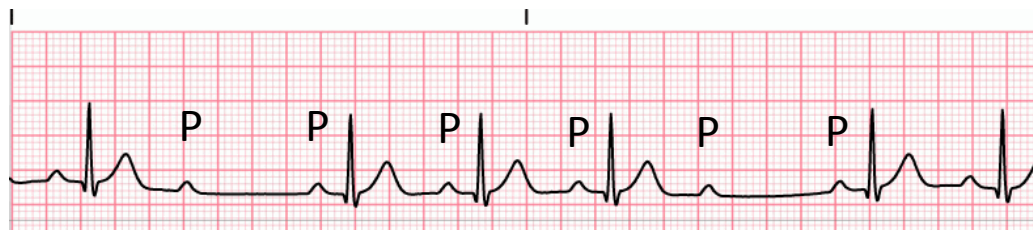
Mobitz II



2:1 block

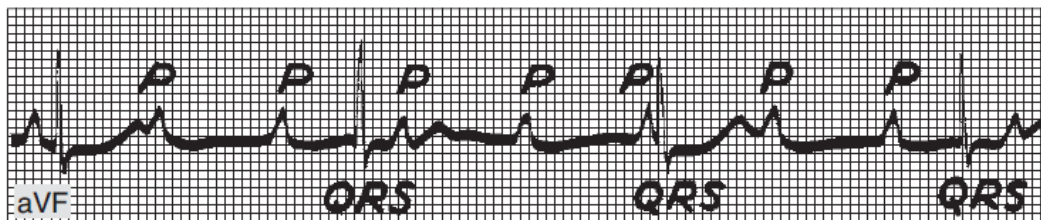


AV blok  
II. stupně



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

AV blok  
III. stupně








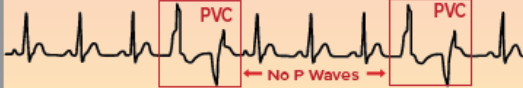





Kompletní blokáda převodu vzruchů ze síní na komory, P a QRS se objevují nesynchronizovaně



# 11 Rhythms Nurses Need to Know

## Basic EKG/ECG Rhythms

Common & Formal Rhythm Names	6 Second Rhythm Strip	Identifiers
S H O C K A B L E	<b>V-Fib</b> Ventricular Fibrillation  <p>NO PULSE      Rate: Unmeasurable</p>	Irregular, No P Wave, No QRS
	<b>V-Tach</b> Ventricular Tachycardia  <p>NO PULSE      Wide QRS      Rate: Fast (100-250 bpm)</p>	Regular, No P Wave, Wide QRS
	<b>Torsade de Pointes</b> Type Of Ventricular Tachycardia  <p>NO PULSE      Rate: Very Fast (200-250 bpm)      Tall and Short Waves</p>	Irregular, No P Wave, Wide QRS
*Synchronized Cardioversion possible for SVT if medication ineffective.		
<b>SVT*</b> Supraventricular Tachycardia  <p>Rate: Very Fast (150-250 bpm)</p>	Regular, P Wave Hidden, Normal QRS	
<b>STEMI</b> ST Elevation Myocardial Infarction  <p>↑      ST Elevation      ↑</p>	Reg or Irreg, P Wave, ST Elevated	
<b>A-Fib</b> Atrial Fibrillation  <p>↑ Erratic Waves      ↑      * QRS normally narrow but not always</p>	Irregular, No P Wave, Normal QRS*	
<b>A-Flutter</b> Atrial Flutter  <p>↑ "Sawtooth" Pattern      ↑</p>	Reg or Irreg, No P Wave, Normal QRS	
<b>PVC</b> Premature Ventricular Contraction  <p>PVC      PVC ← No P Waves →</p>	Irregular, No P Wave, Wide QRS	
<b>Sinus Brady</b> Sinus Bradycardia  <p>Rate: Slow (&lt;60 bpm)</p>	Regular, P Wave, Normal QRS	
<b>Sinus Tach</b> Sinus Tachycardia  <p>Rate: Fast (&gt; 100 bpm)</p>	Regular, P Wave, Normal QRS	
<b>NSR</b> Normal Sinus Rhythm  <p>Rate: Normal (60-100 bpm)</p>	Regular, P Wave, Normal QRS	

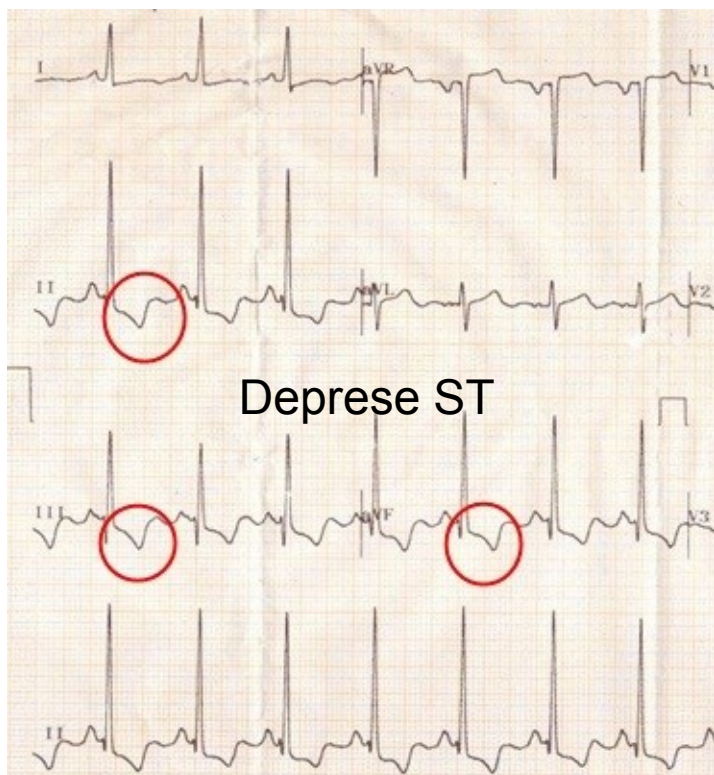
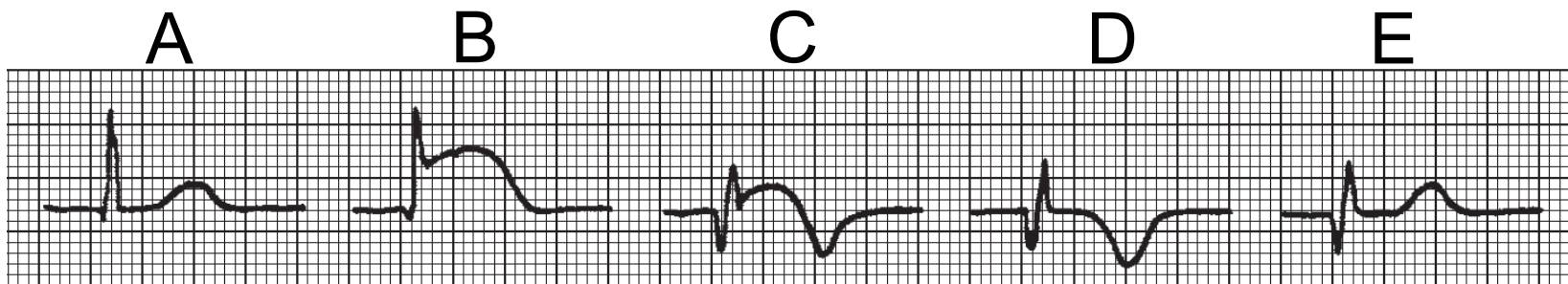




# Ischemie srdce

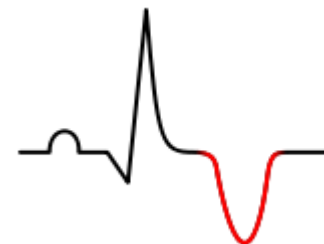
elevace ST  
(Pardeho vlna)

Patologické Q

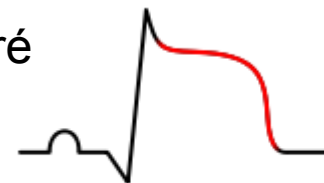


## Transmurální infarkt

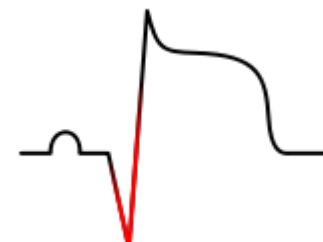
Negativní T (obrácený směr repolarizace)



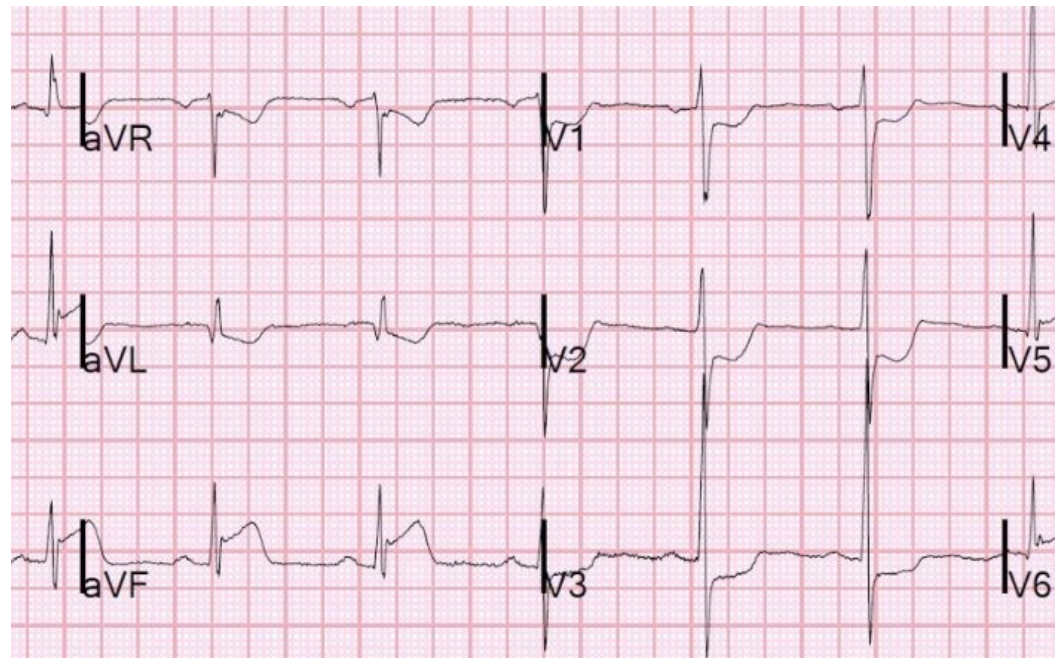
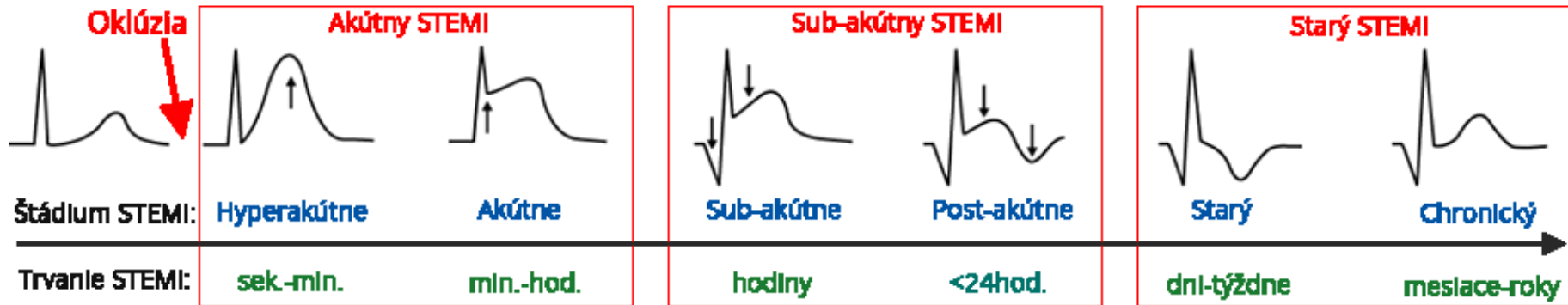
Elevace ST – některé části tkáně se depolarizují se zpožděním



Patologické Q

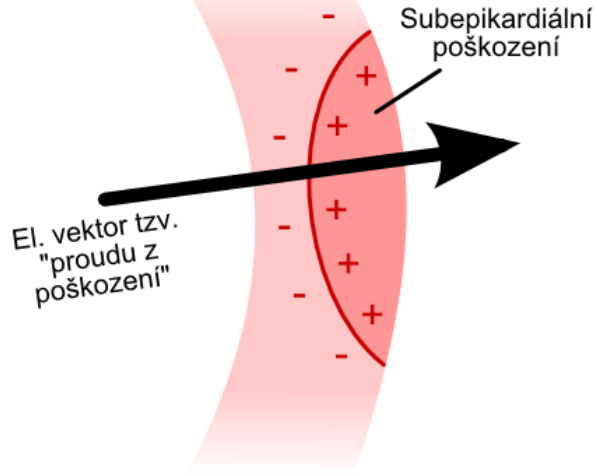


# STEMI (ST Elevation Myocardial Infarction)

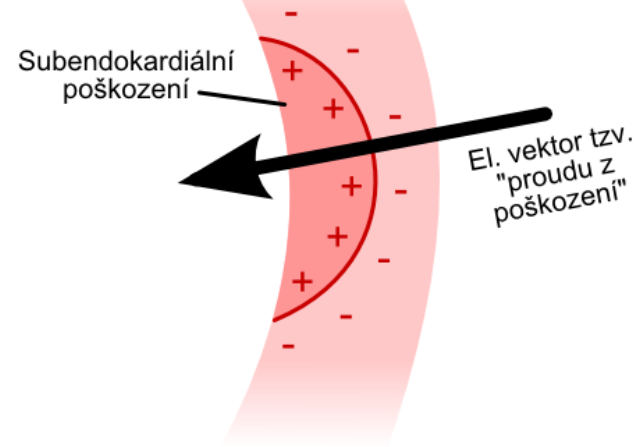


# Detekce umístění poškození podle svodu rovnoběžném s el. vektorem způsobeným poškozením

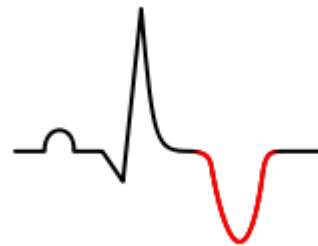
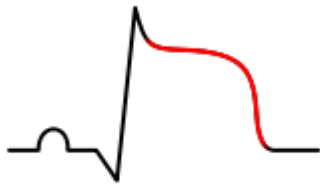
**Elevace ST**



**Deprese ST**



Nad IM je elevace ST, v kolmých svodech deprese ST



Průběh hladin biochemických ukazatelů u akutního infarktu myokardu[2]

Parametr	Začátek vzestupu hladin [h]	Vrchol hladin [h]	Normalizace [dny]	Maximální zvýšení hladin [násobek horní hranice normálních hodnot]	Normální hodnoty
<b>Myoglobin</b>	0,5–2	4–10	0,5–1	20×	M 19–92 µg/l Ž 12–76 µg/l
<b>Kreatininkinasa</b>	2–6	12–24	2–3		0,0–5,0 µg/l
<b>Izoenzym kreatininkinazy</b>	3–6	16–36	3–5	25×	M 0,2–3,6 µkat/l <a href="#">[tab2_1]</a> Ž 0,2–3,1 µkat/l
<b>Srdeční troponin T cytopl</b>	3–8	12–18 (1. vrchol) 72–96 (2. vrchol)	7–14	300×	0,00–0,05 µg/l
<b>Srdeční troponin I cytopl</b>	3–12	12–24	5–10		0,0–0,1 µg/l
<b>Aspartátaminotransferáza</b>	4–8	16–48	3–6	25×	0,05–0,72 µkat/l
<b>laktátdehydrogenáza</b>	6–12	24–60	7–15	8×	3,5–7,7 µkat/l

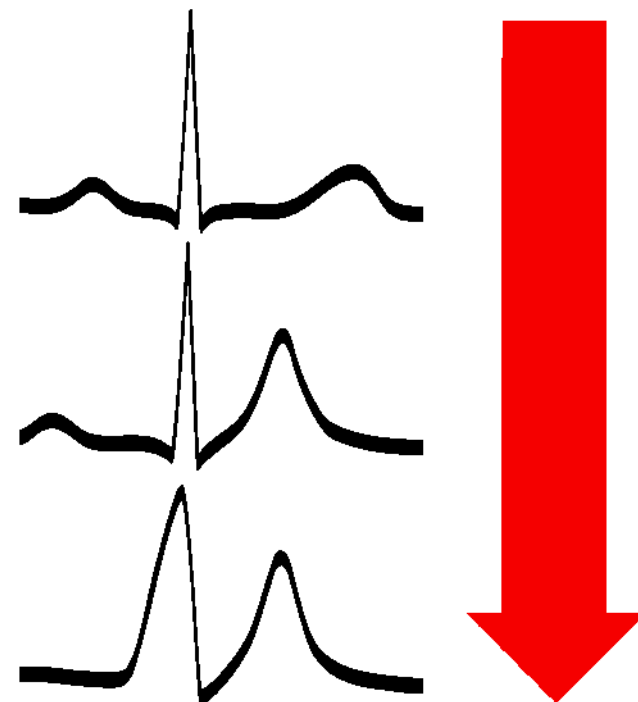
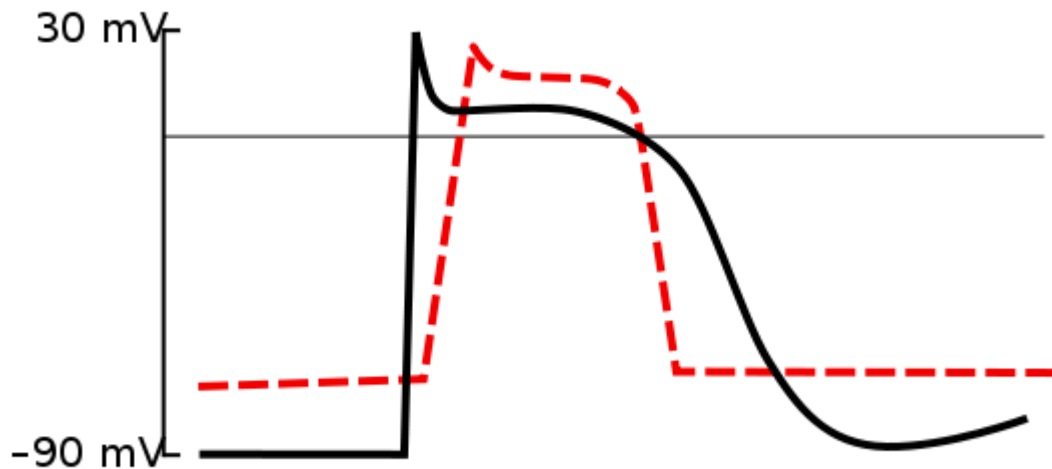
**Kontrolní otázka.**

**Jak vypadá hyperkalémie na EKG? A co nám hrozí?**



# Hyperkalemie (a acidoza)

Zkracování AP, zvyšování  
klidového potenciálu



Zkracování QT,  
špičaté vysoké T, rozšířené  
QRS

Hyperkalemie – zástava srdce v diastole (klidový  
membránový potenciál stoupne tak, že se deaktivují Na<sup>+</sup>  
kanály a ty se neotevřou)

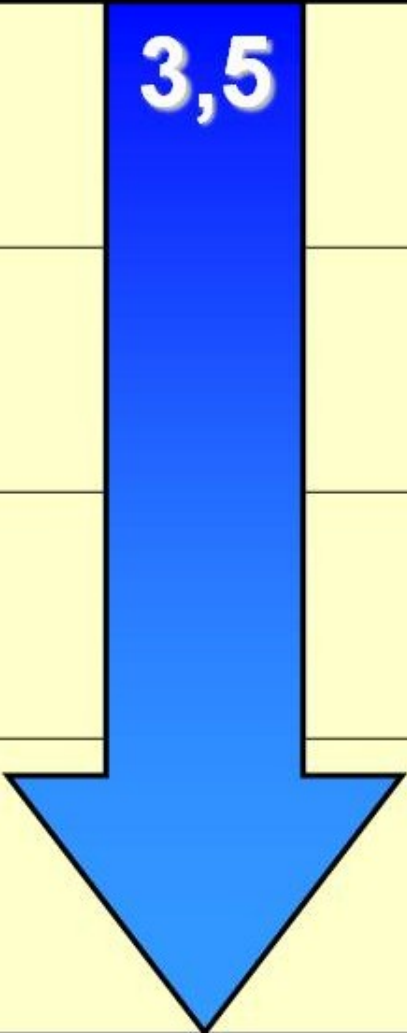

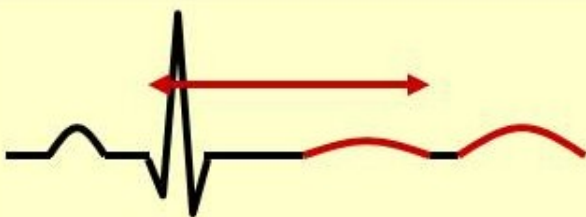


# Trest smrti injekcí v USA - podání chloridu draselného

Zástava srdce



# Hypokalemie (a alkalóza)

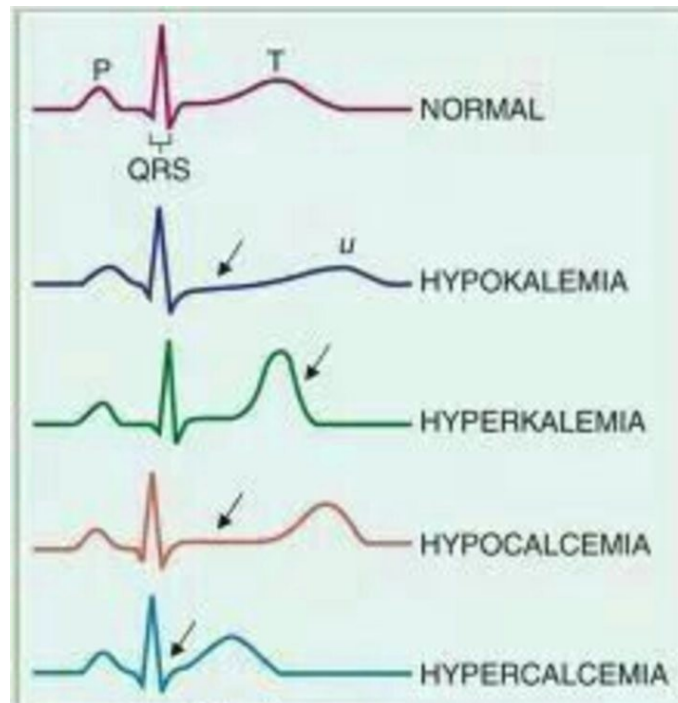
- Extracelulární alkalóza vede k vylučování  $H^+$  z buňky a vstup  $Na^+$  do buňky ( $Na/H$  výměník).  $Na^+$  je z buňky čerpáno za  $K^+$  ( $Na^+/K^+$  ATPáza). Čerpání  $K^+$  do buňky vede k extracelulární hypokalemii.
- Nedostatek  $K^+$  podporuje sekreci  $H^+$  v distálním tubulu. Vzniká alkalóza.
- Hypoglykémie nebo nedostatek inzulínu buňky ztrácejí  $K^+$  - hyperkalemie

		<b>nízké, oploštělé vlny T</b>
		<b>nízké až inverzní T prodloužení QT vlna U</b>
		<b>splynutí vlny T a Q deprese ST komorové ES</b>
		<b>prodloužení PQ rozšíření, nižší QRS arytmie z ČND, zástava</b>



**Hyperkalcemie** – zkrácení QT, zkrácení AP (zrychlená aktivace repolarizačních K kanálů), zvýšená citlivost na digitalis (digitalis zvyšuje intracelulární Ca)  
- Zástava srdce v systole

**Hypokalcemie** – prodloužení QT (ST), prodloužení AP (zpomalená aktivace repolarizačních K kanálů)



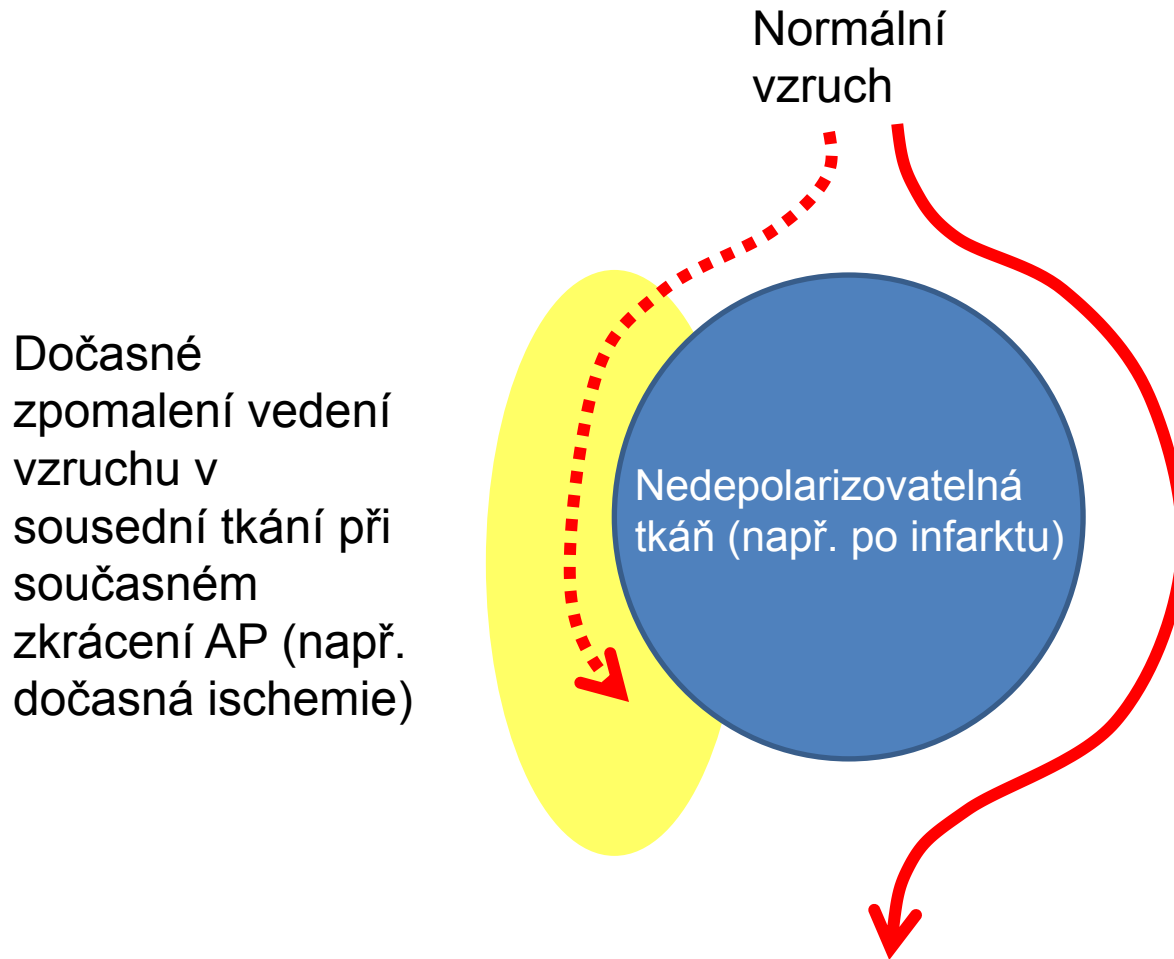


# Arytmie – reentry (krouživý vzruch)

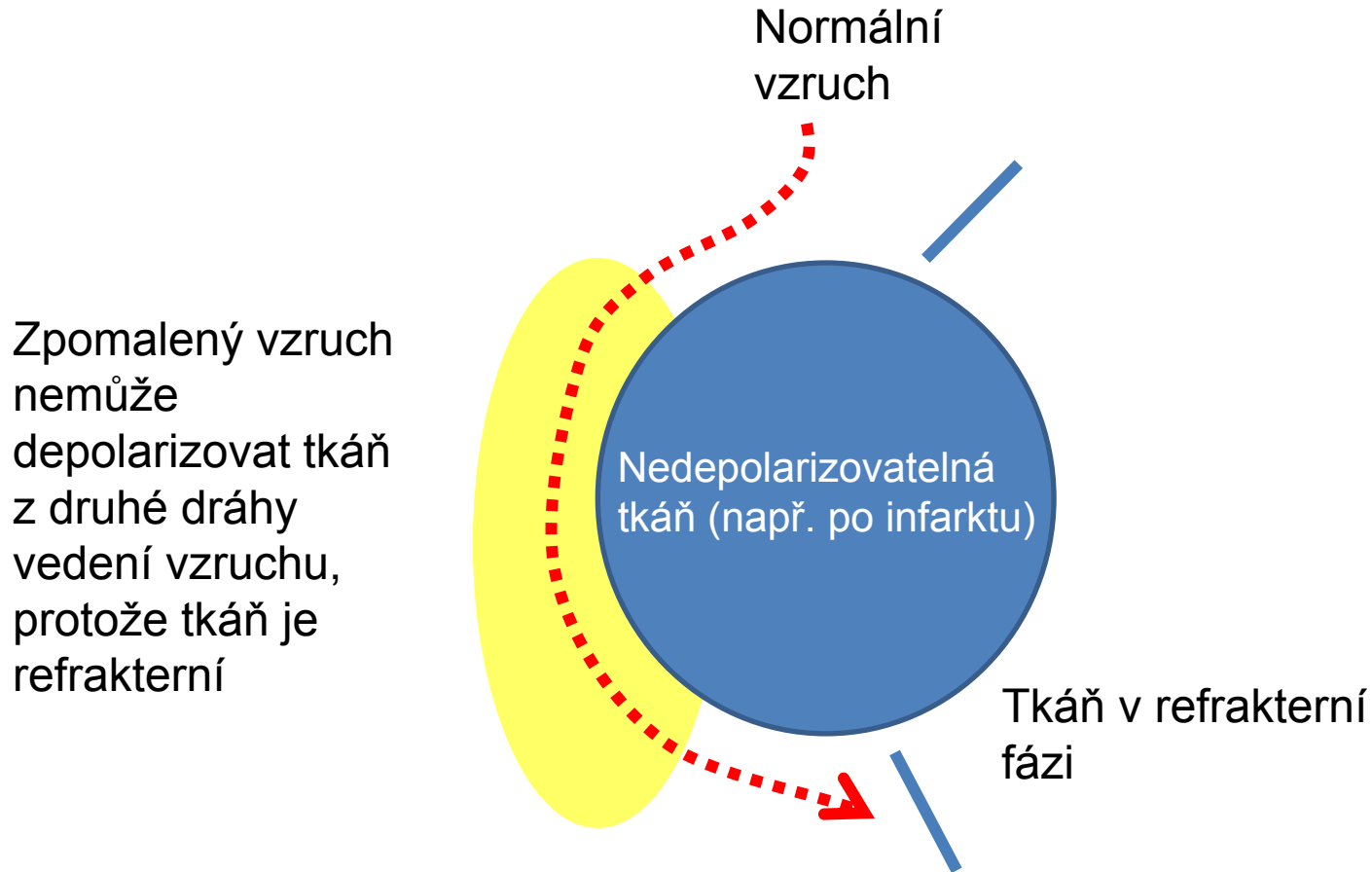
Normální stav,  
vzruch obejde  
poškozenou  
tkáň, dvě  
dráhy vedení  
vzruchu



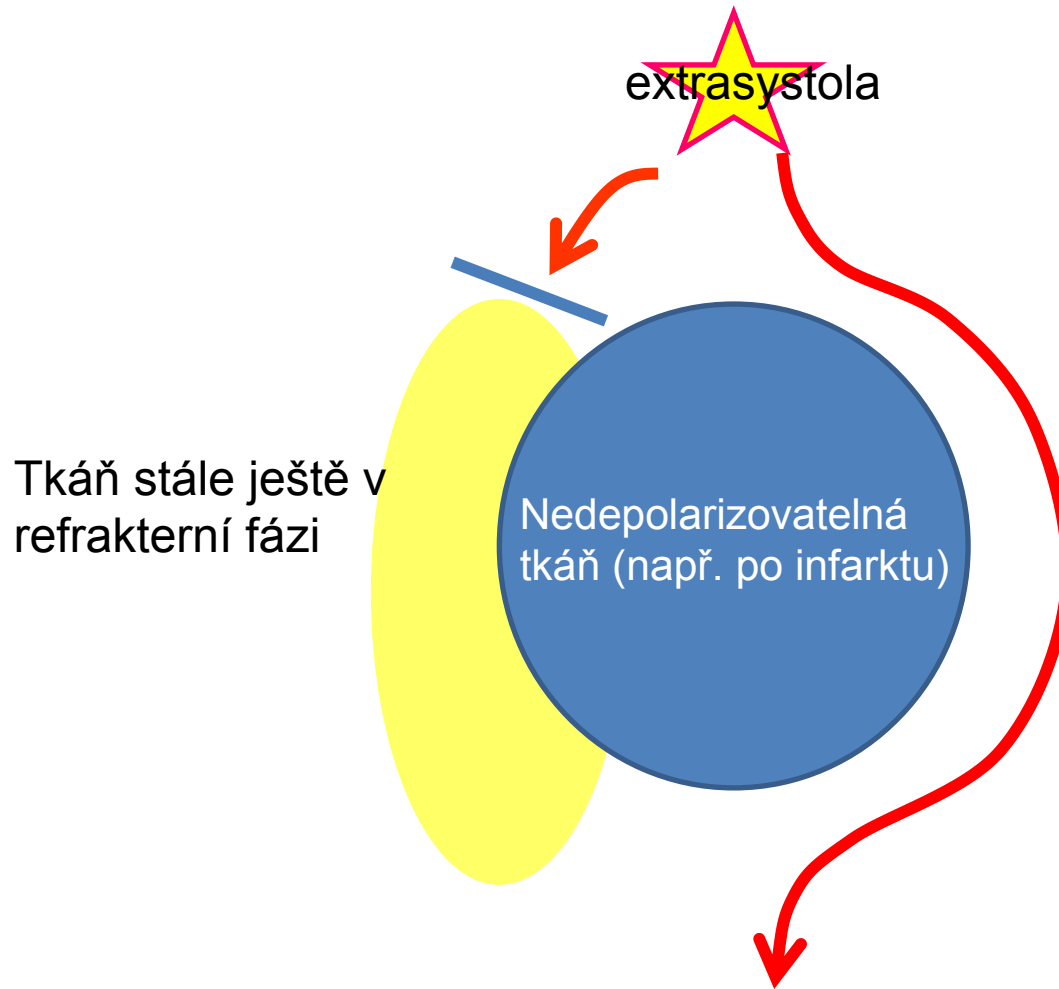
# Arytmie – reentry (krouživý vzruch)



# Arytmie – reentry (krouživý vzruch)

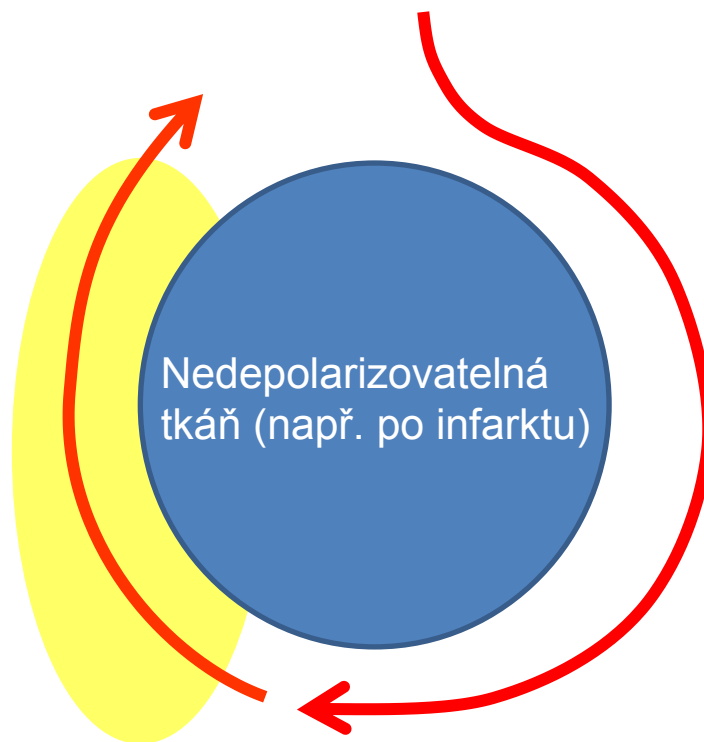


# Arytmie – reentry (krouživý vzruch)



# Arytmie – reentry (krouživý vzruch)

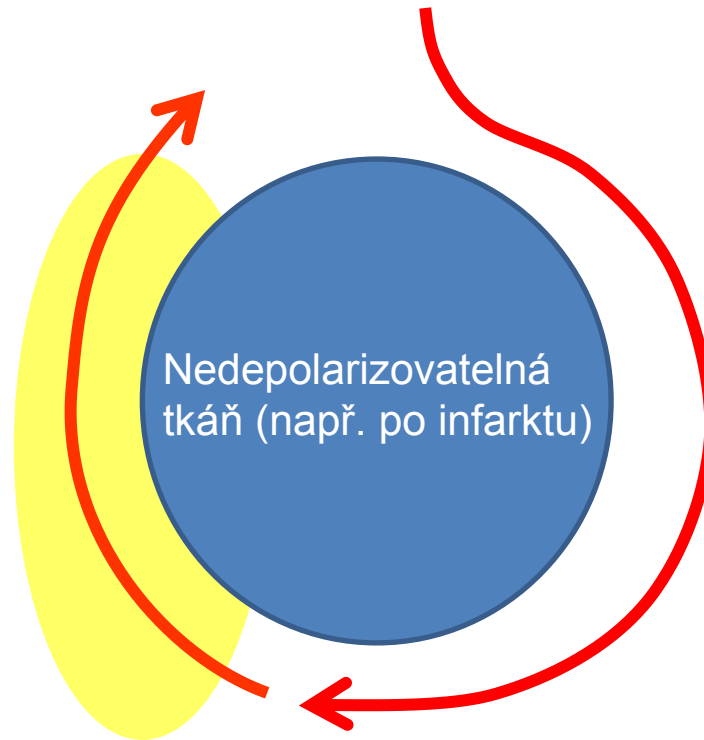
Tkán již zotavená  
po refrakterní fázi



# Arytmie – reentry (krouživý vzruch)

## Podmínky vzniku reentry:

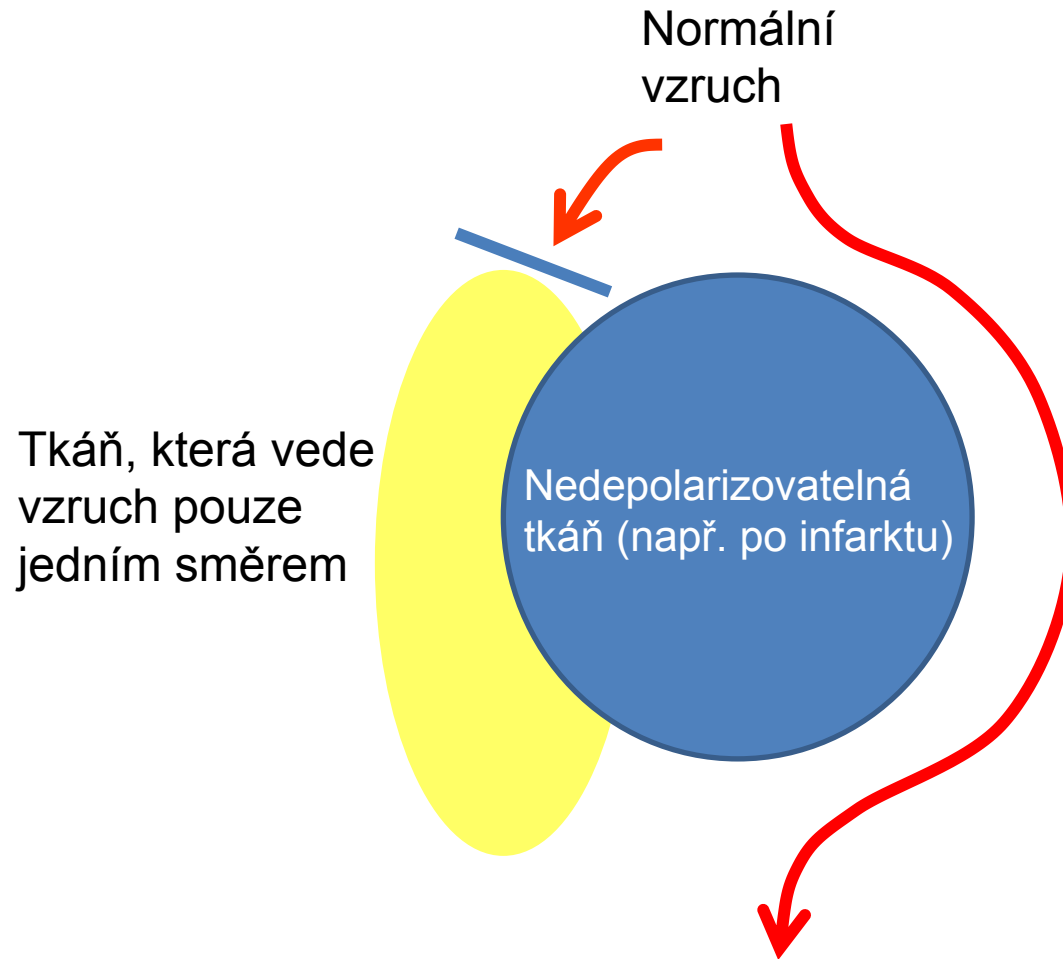
- Dvě cesty vedení vzruchu správné délky (časové)
- Jedna cesta má zpomalené vedení vzruchu (a/nebo zkrácenou refrakterní)
- Příchod extrasystoly ve správný čas



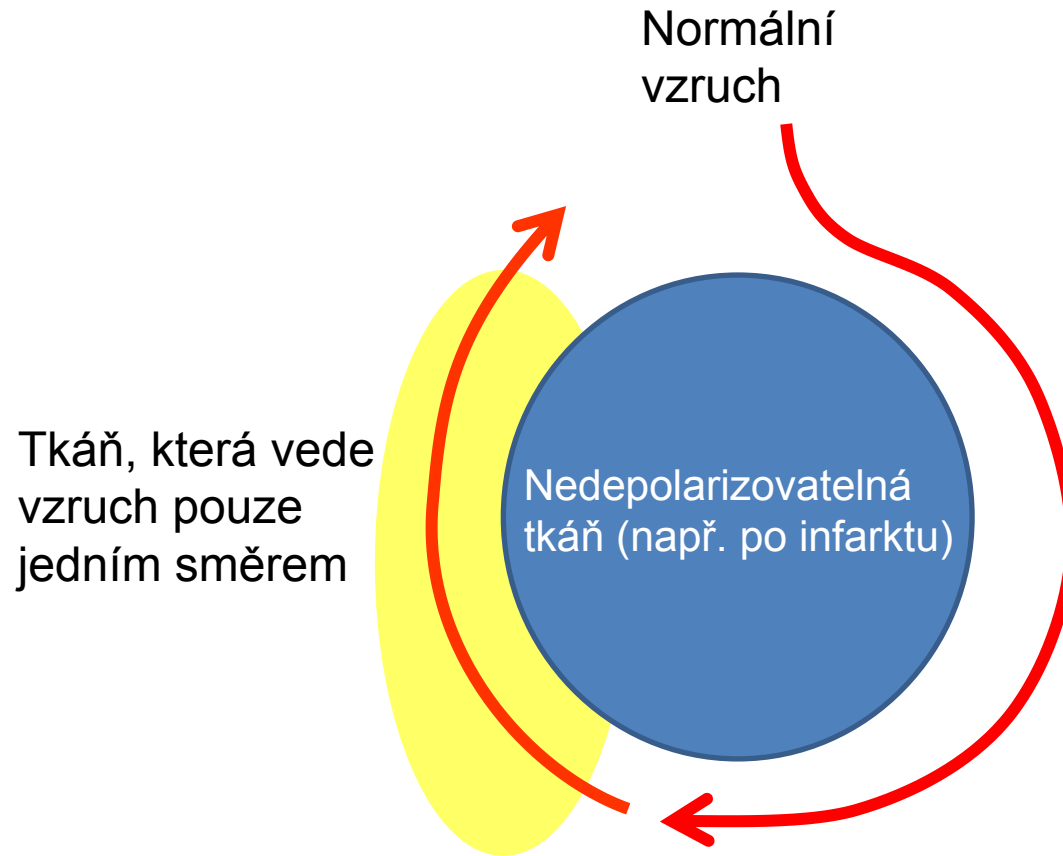
Re-entry



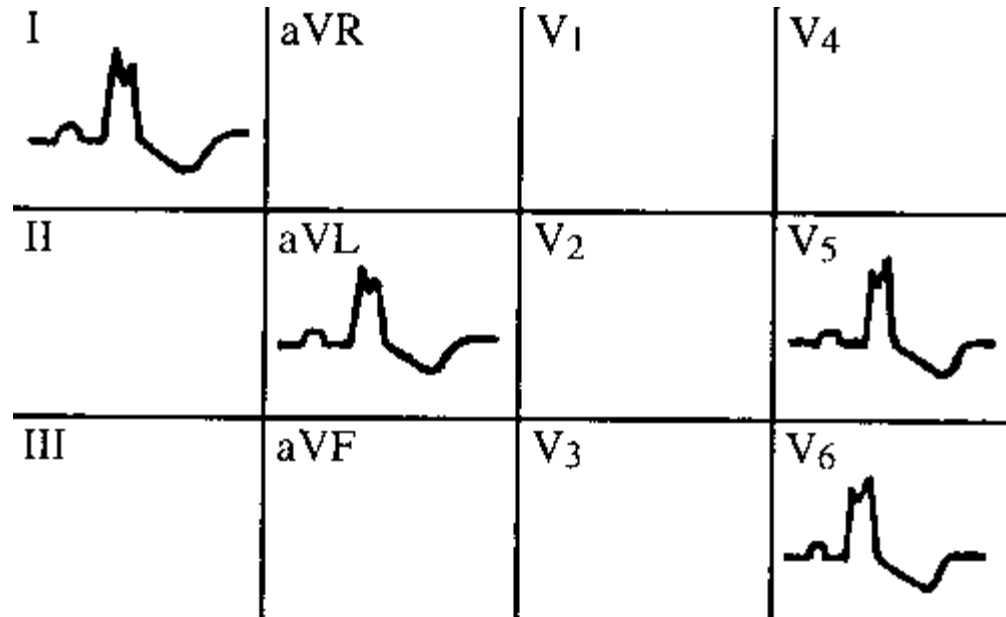
# Reentry jednodušeji



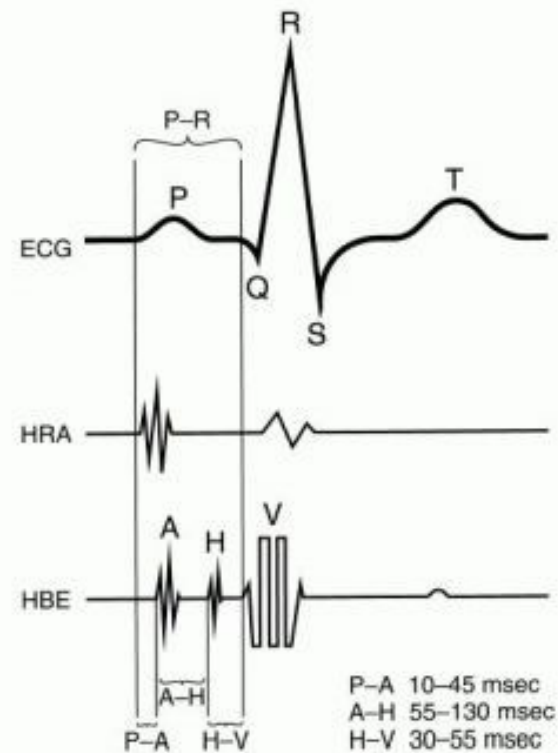
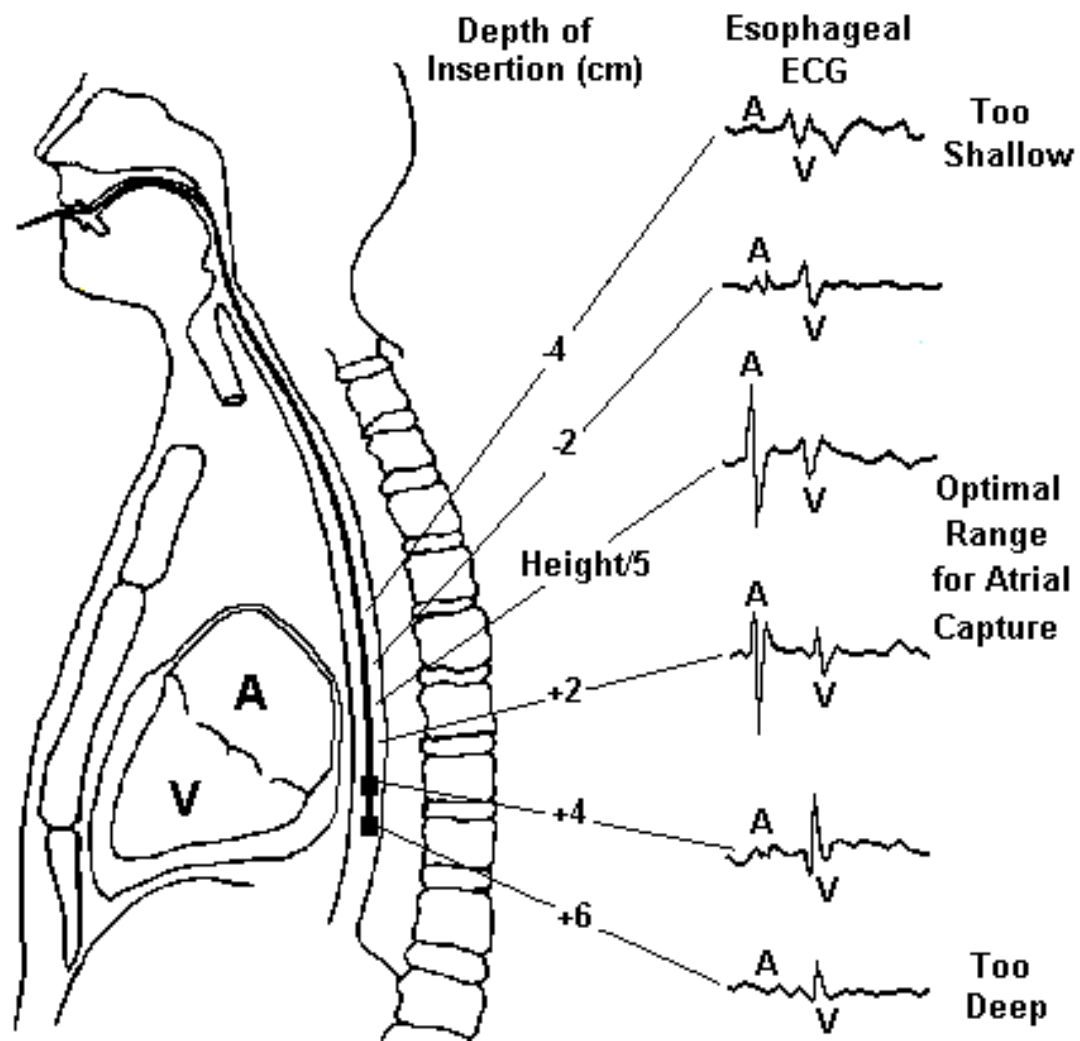
# Reentry jednodušeji

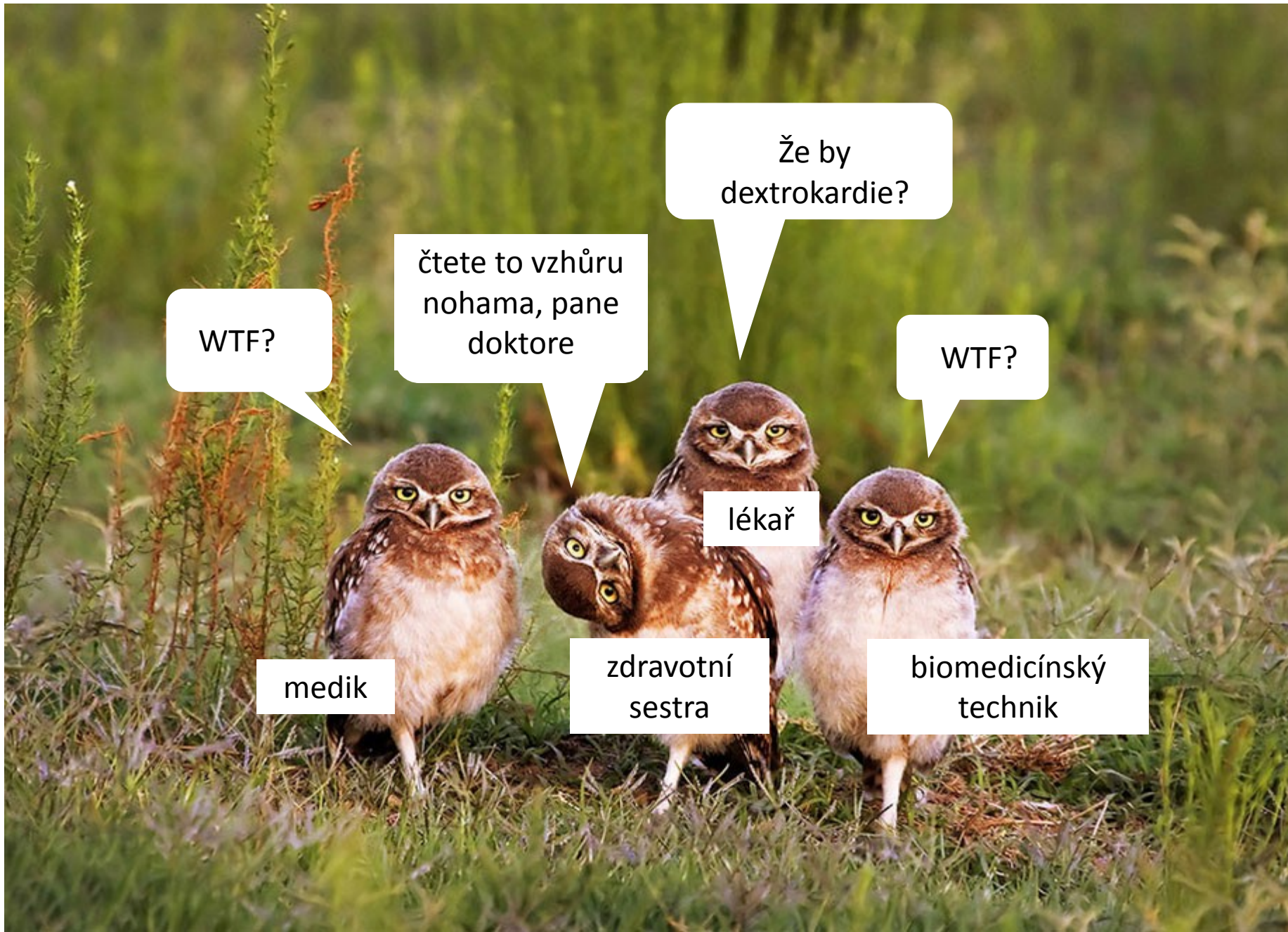


Blokáda levého Tawarova raménka –  
pokud je nově vzniklá, může být i příznakem infarktu myokardu



# Jícnové EKG





WTF?

čtete to vzhůru  
nohama, pane  
doktore

Že by  
dextrokardie?

WTF?

medik

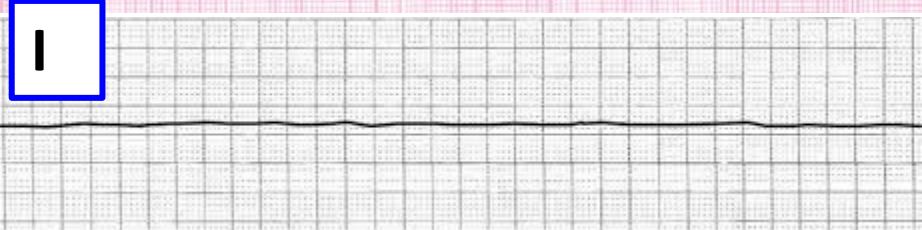
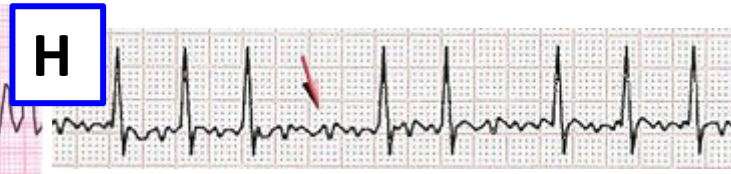
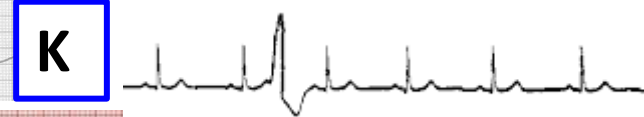
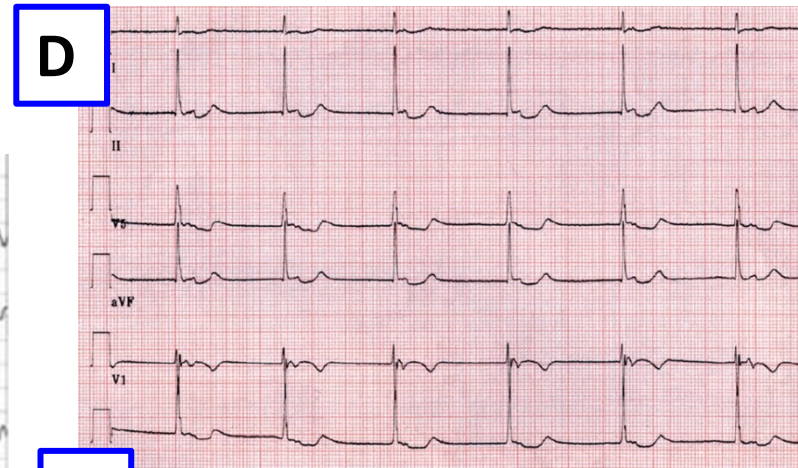
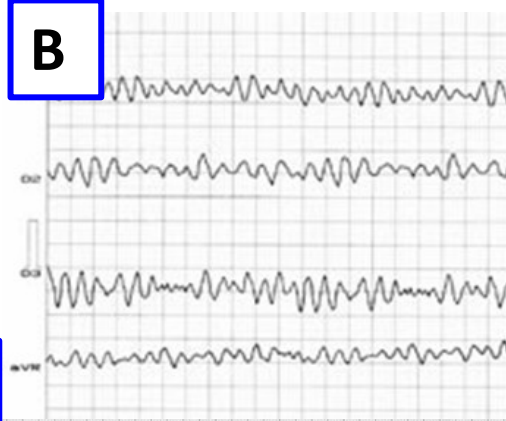
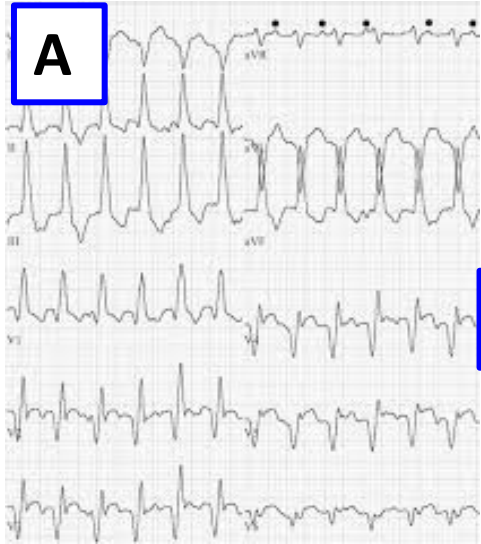
lékař

zdravotní  
sestra

biomedicínský  
technik

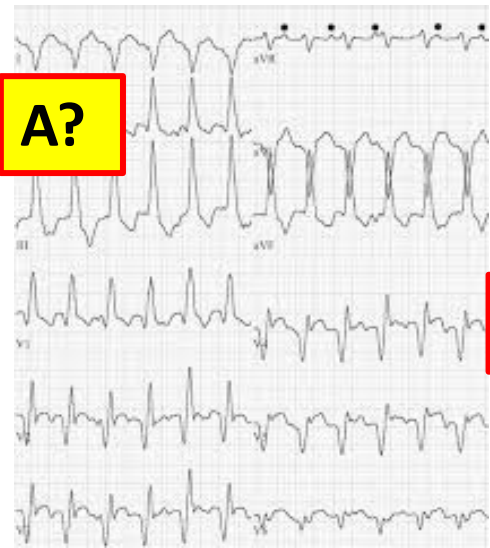
# Kvíz (netřeba ke zkoušce)

Které rytmy jsou se zástavou oběhu? (Když je nevyřešíme, pacient zemře)



# Kvíz (netřeba ke zkoušce)

Které rytmy jsou se zástavou oběhu? (Když je nevyřešíme, pacient zemře)



**A?**

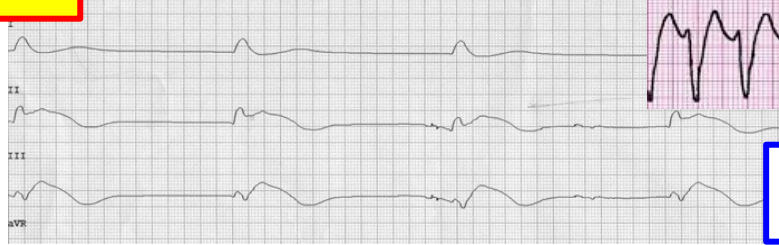
**F?**

**G**

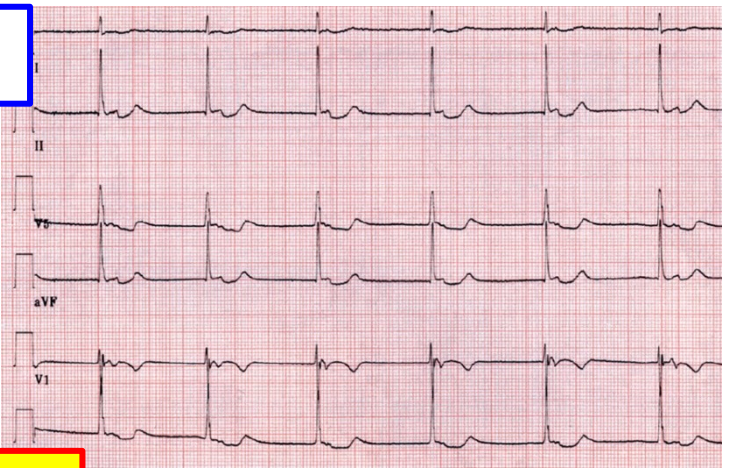


**B**

**C**



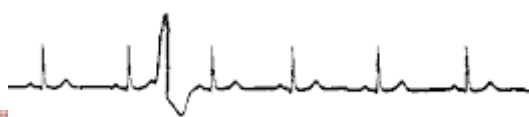
**D**



**E?**

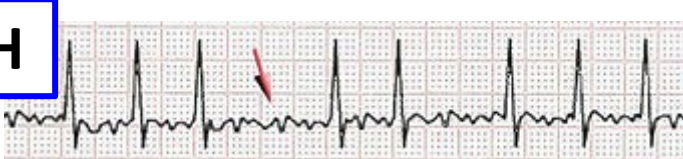


**K**



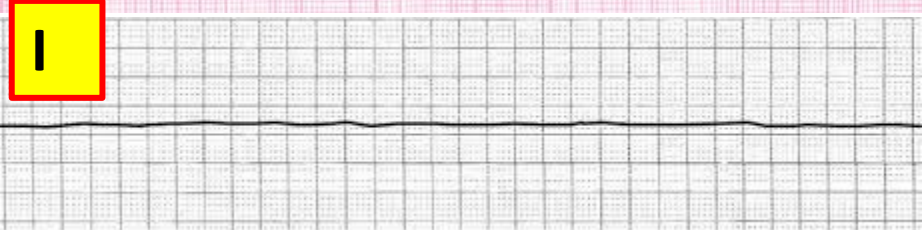
**Sáhneme si na pacienta**

**H**

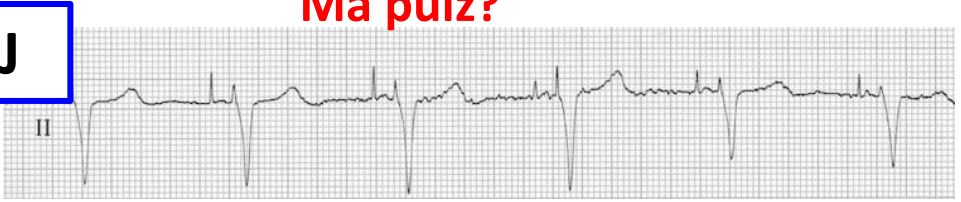


**Je pacient při vědomí?  
Má pulz?**

**I**



**J**



# Kvíz (netřeba ke zkoušce)

Které rytmy jsou se zástavou oběhu? (Když je nevyřešíme, pacient zemře)

**Sáhneme si na pacienta:  
Má pulz?  
Pokud nemá, není oběh,  
je třeba to hned řešit.**

**A?**

Ventrikulární tachykardie s pulzem



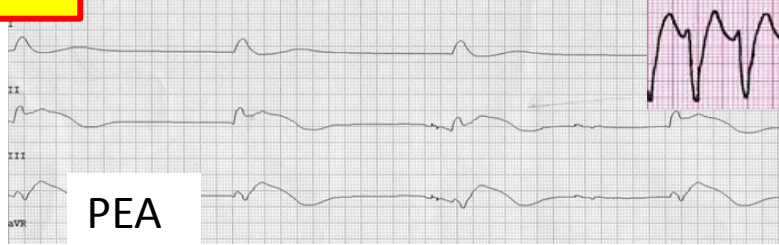
**B**

fibrilace



**C**

PEA



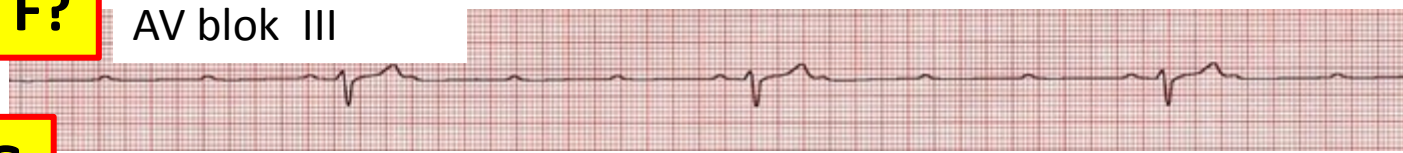
**E?**

Bezpuľzová ventrikulární tachykardie



**F?**

AV blok III



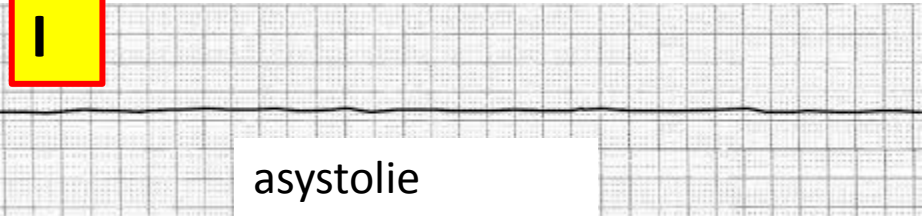
**G**

torzády



**I**

asystolie



Někdy je pulz tak pomalý, že není dostatečná hemodynamika (TK)



**Kvíz** (netřeba ke zkoušce)

Které rytmy jsou se zástavou oběhu? (Když je nevyřešíme, pacient zemře)

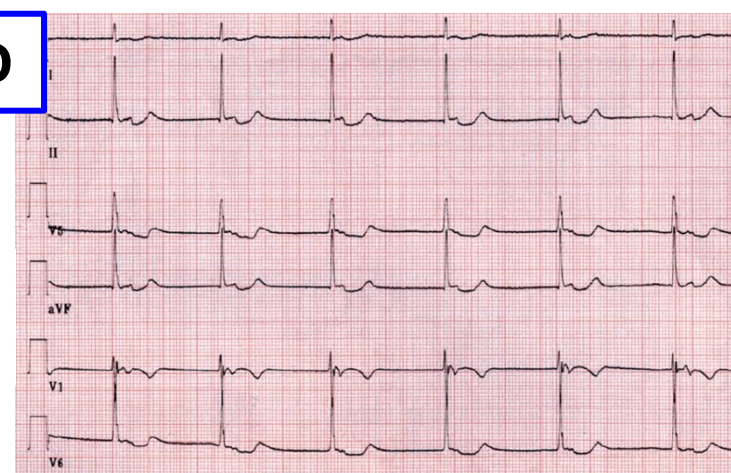
Junkční rytmus,  
pomalý, ale v pohodě

**Sáhneme si na pacienta.**

**Zeptáme se pacienta.**

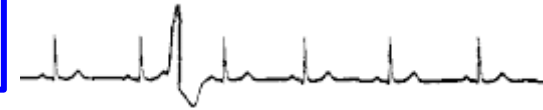
**Má pulz? Jak se cítí? Co krevní tlak?**

**D**



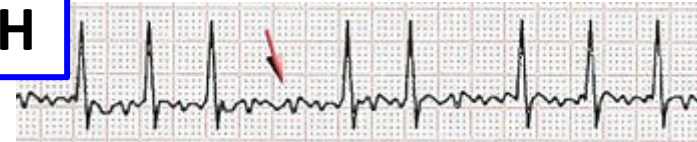
KES v sinusovém rytmu,  
jednou za čas normálka

**K**



Síňová fibrilace. Žádná sláva, nic příjemného,  
ale žít se s tím dá. Řeší se kardioverzí

**H**



**J**

pacemaker



**Kvíz** (netřeba ke zkoušce)

Které rytmy jsou defibrilovatelné?

**A?**

Ventrikulární  
tachykardie s pulzem

**C**

**B**

fibrilace

**E?**

**F?**

AV blok III

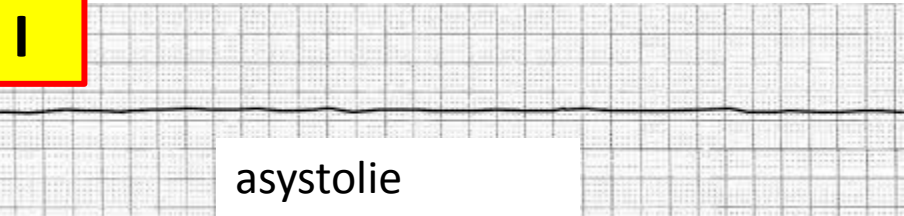
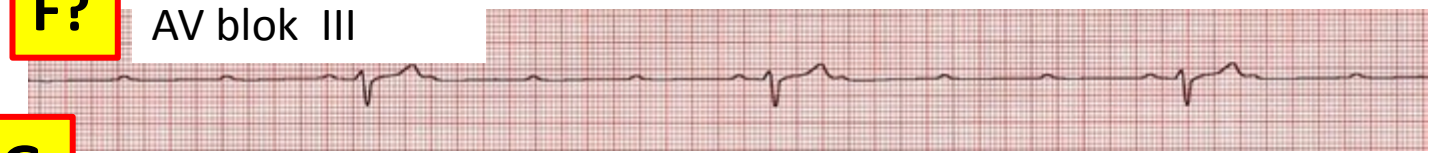
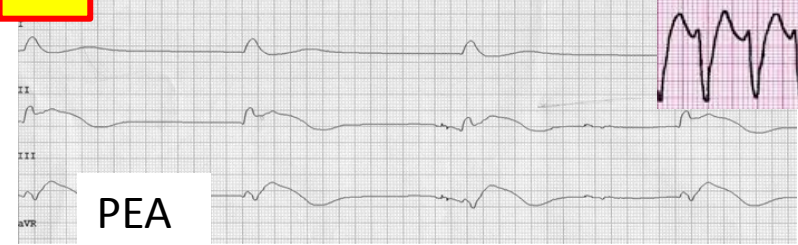
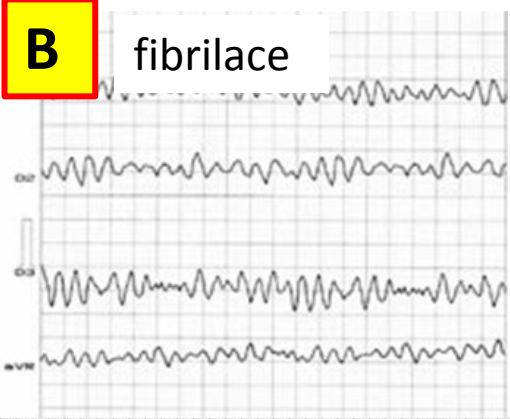
PEA

**G**

torzády

**I**

asystolie



**Kvíz** (netřeba ke zkoušce)

Které rytmy jsou defibrilovatelné?

**A?**

Ventrikulární  
tachykardie s pulzem

kardioverze

**B**

fibrilace

**C**

PEA

**F?**

AV blok III

**E?**

Ventrikulární  
tachykardie bezpulzová

Implantace  
pacemakeru

**G**

torzády

**I**

asystolie

**KPR**

+ včasná defibrilace (AED)

(podat Amiodaron, později adrenalin)

## Kvíz (netřeba ke zkoušce)

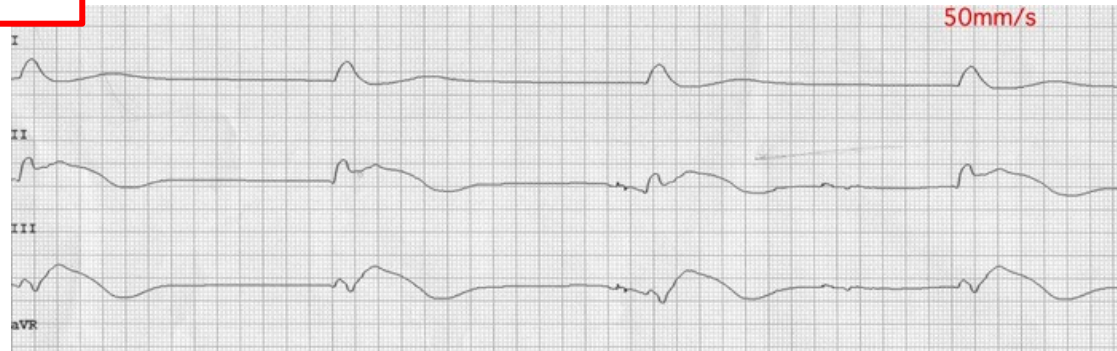
Co ten zbytek?

### Nedefibrovatelné rytmy

**PEA – bezpulzová elektrická aktivita!!!!** Vypadá jako pravidelná elektrická aktivita, někdy hodně podobná použitelnému EKG. Ale nedochází k srdečním stahům. Oběh je zastaven.

**Sledujte stav pacienta, ne jen přístroj!!!**

**C**

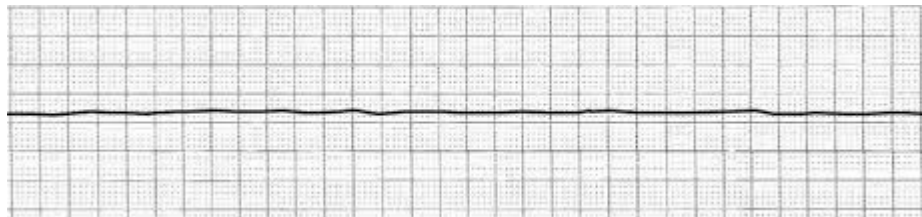


**Co s tím?**

**KPR, adrenalin a  
motlitby**

Asystolie – žádná elektrická aktivita, není co defibrilovat

**I**

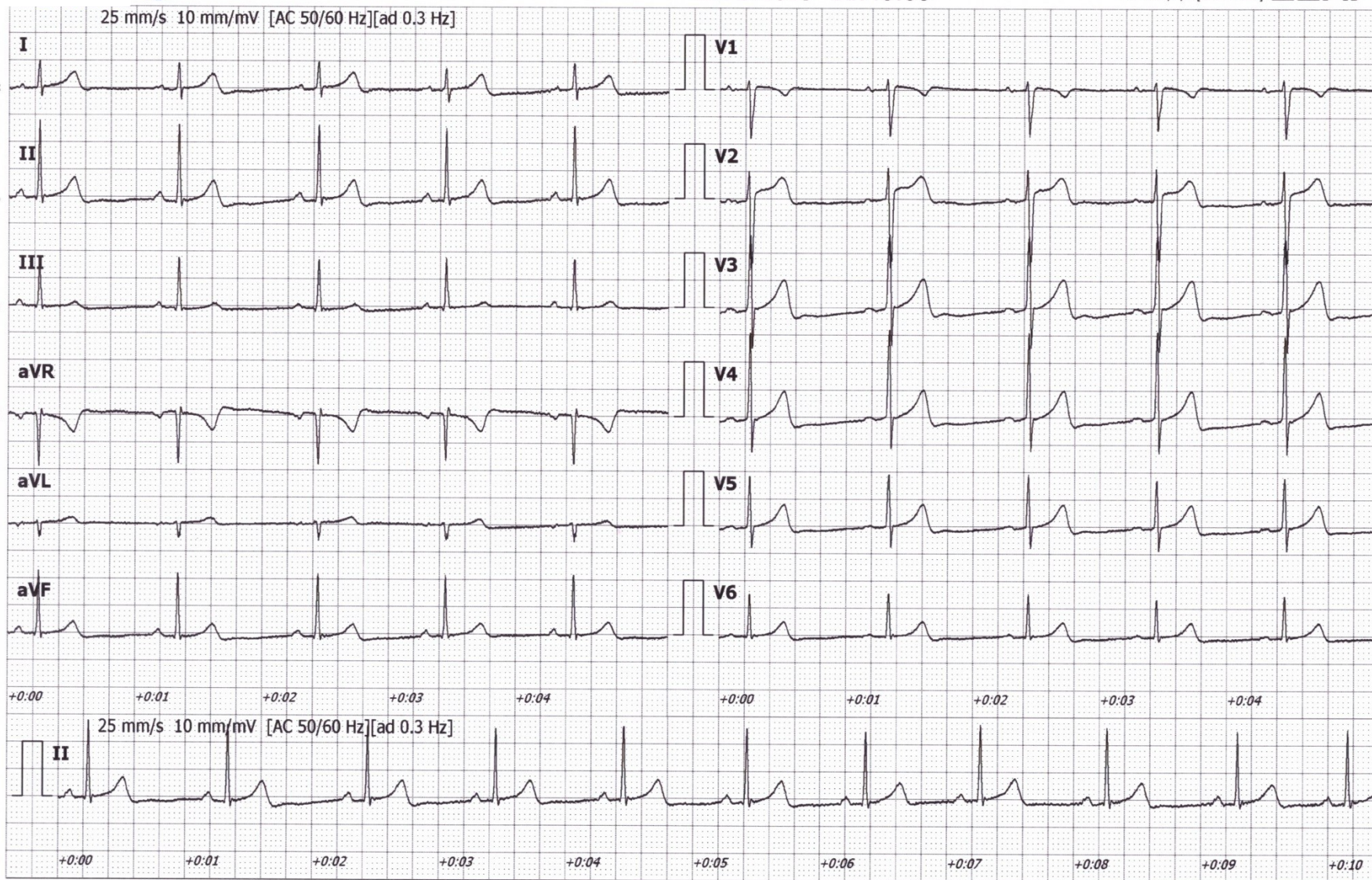


# Příklad k procvičení 1



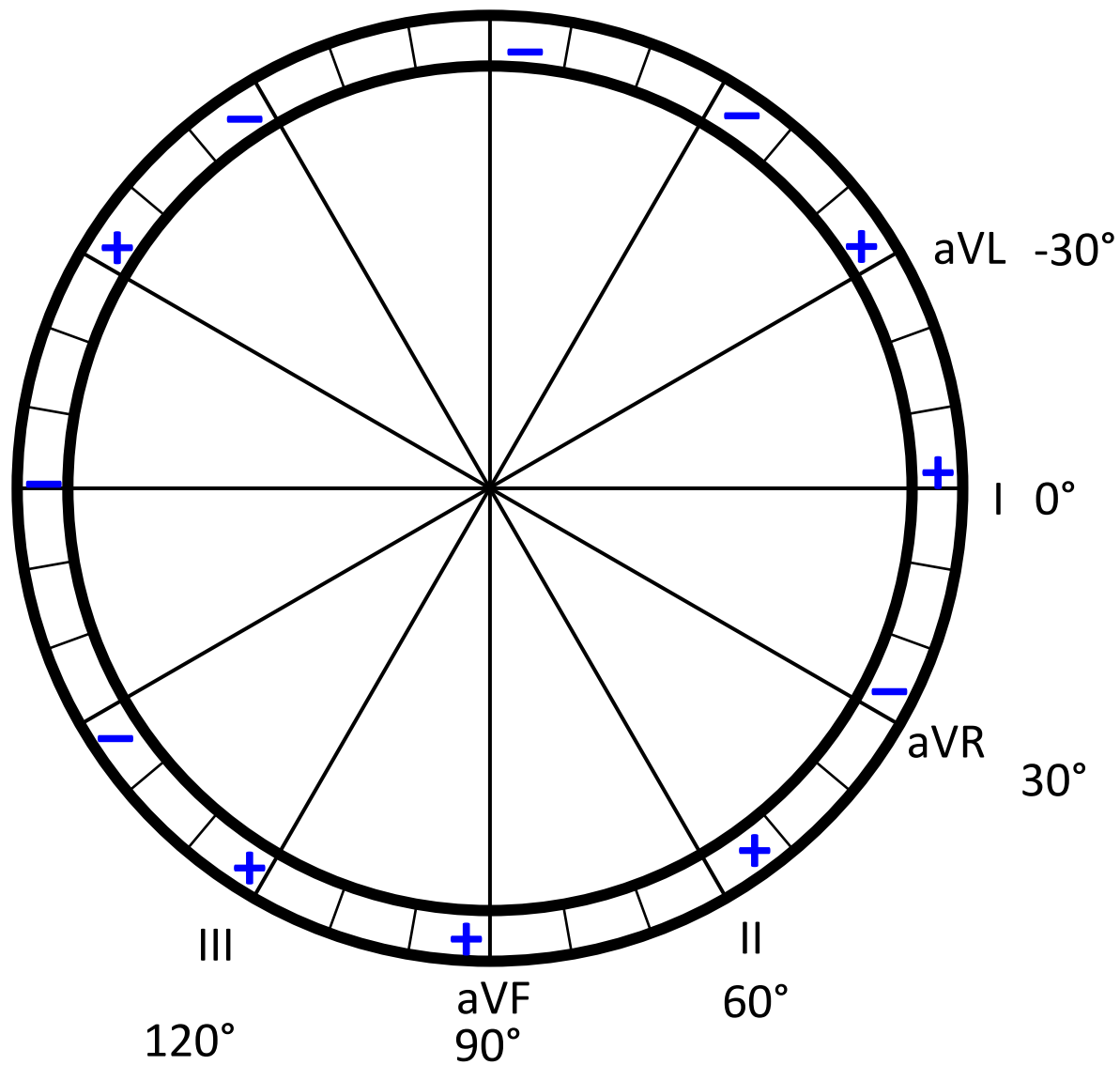
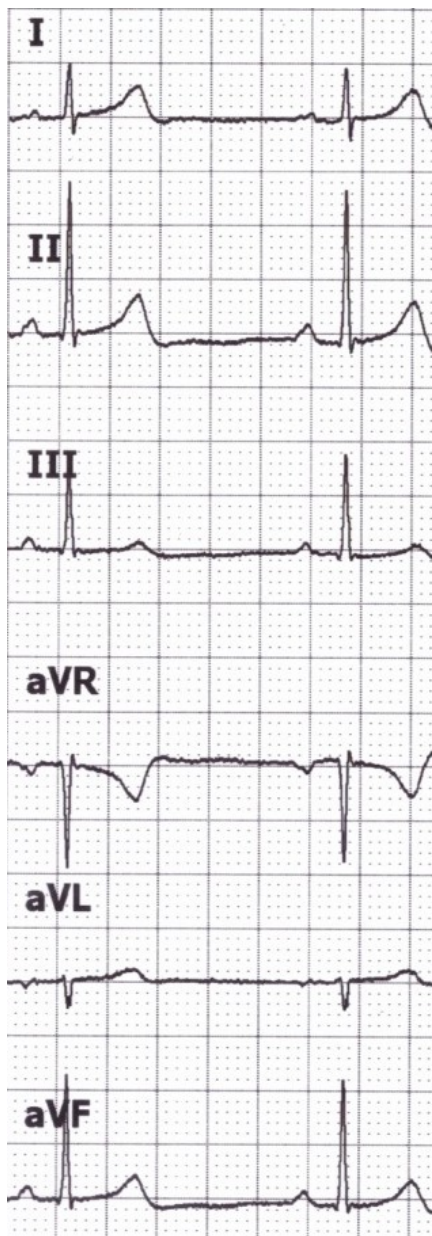
18. 3.2019 11:46:06

EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]



HR [1/min]	P	73 ms
	PQ	156 ms
<b>60</b>	QRS	76 ms
	QT	380 ms
RR 1005 ms	QTc	380 ms

# Příklad k procvičení 1

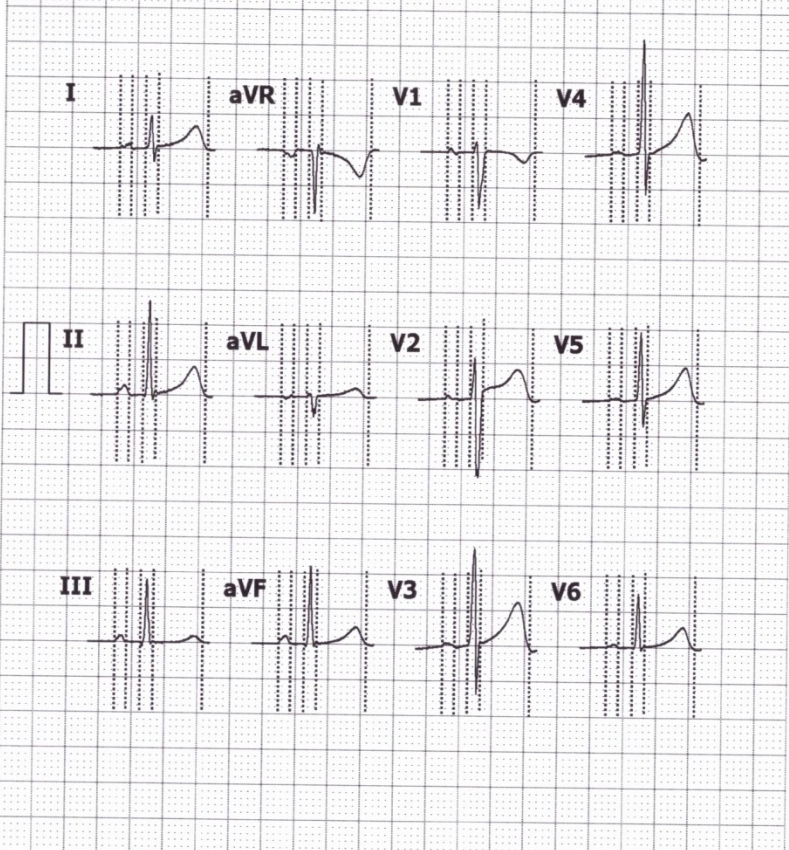


# Příklad k procvičení 1 - vysledky

10. 5. 2019 11:40:00

9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007] **SEIVA**

**Averaged QRS complex**  
25 mm/s 10 mm/mV



Amplitudes [mV]											
	P+	P-	Q	R	S	R'	S'	J	ST40	T+	T-
I	0.07	-	-	0.47	-0.19	-	-	0.05	0.05	0.33	-
II	0.13	-	-	1.34	-0.07	-	-	0.06	0.03	0.40	-
III	0.08	-0.02	-0.06	0.89	-	-	-	0.01	-0.02	0.08	-0.02
aVR	-	-0.09	-0.90	0.09	-0.06	-	-	-0.05	-0.04	-	-0.37
aVL	0.04	-0.04	-	0.05	-0.30	-	-	0.02	0.03	0.14	-
aVF	0.10	-	-0.04	1.11	-0.04	-	-	0.03	0.01	0.24	-
V1	0.05	-0.05	-	0.16	-0.81	-	-	0.01	0.02	-	-0.16
V2	0.04	-0.01	-	0.58	-1.13	-	-	0.11	0.17	0.45	-
V3	0.05	-	-	1.39	-0.70	-	-	0.07	0.09	0.66	-
V4	0.05	-	-	1.63	-0.58	-	-	0.03	0.07	0.63	-
V5	0.04	-	-	0.97	-0.39	-	-	0.04	0.06	0.49	-
V6	0.05	-	-	0.77	-0.05	0.04	-	0.04	0.03	0.31	-

Intervals [ms]	
RR	1005
P	73
PQ	156
QRS	76
QT	380
QTc	380

Axis [°]	
P	61
QRS	68
T	32

**Interpretation must be authorized by physician**

- Automatic marker setting
- Patient's age unknown
- No significant results



HR [1/min]

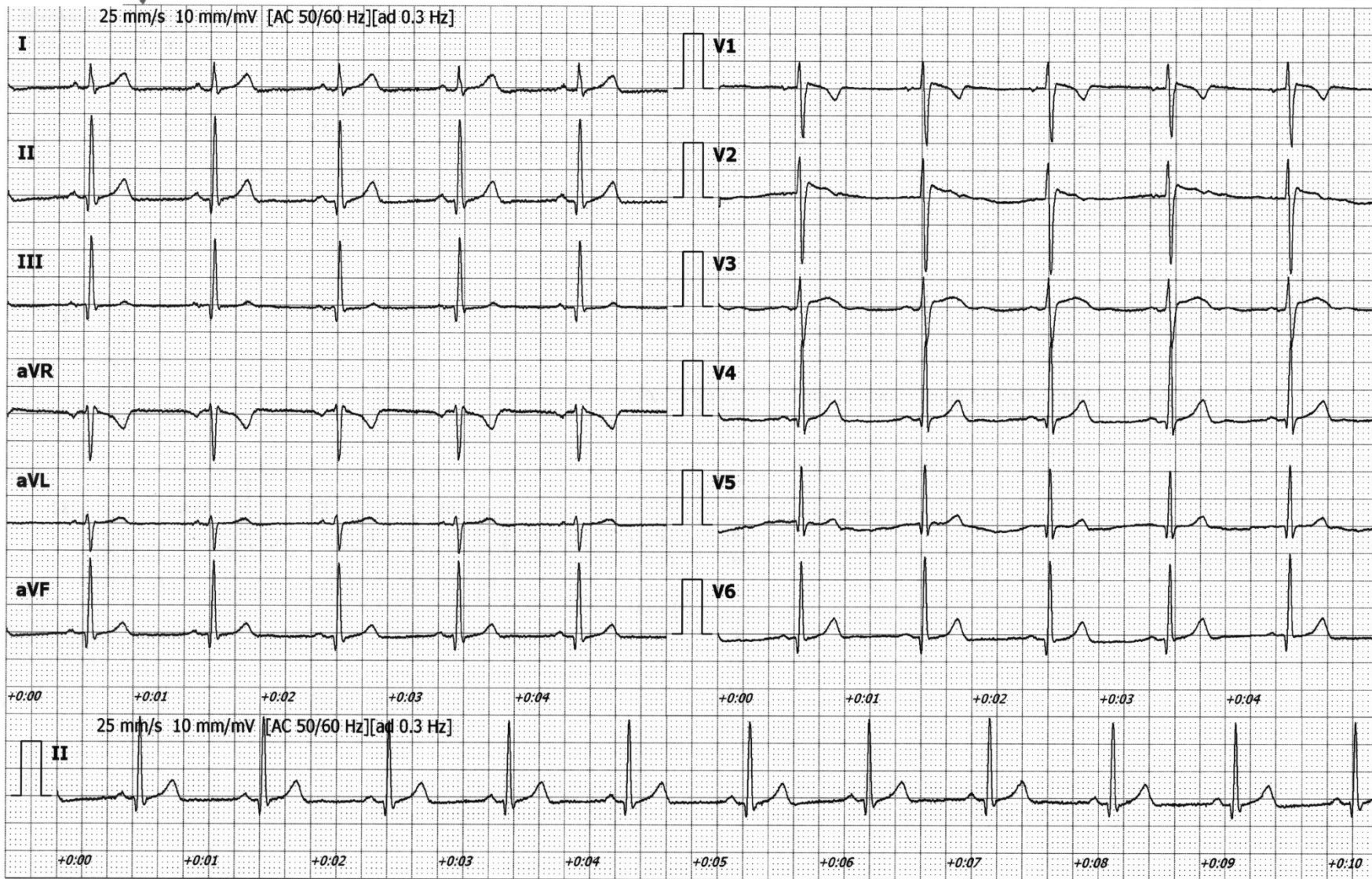
60

# Příklad k procvičení 2

7

18. 3. 2019 12:03:25

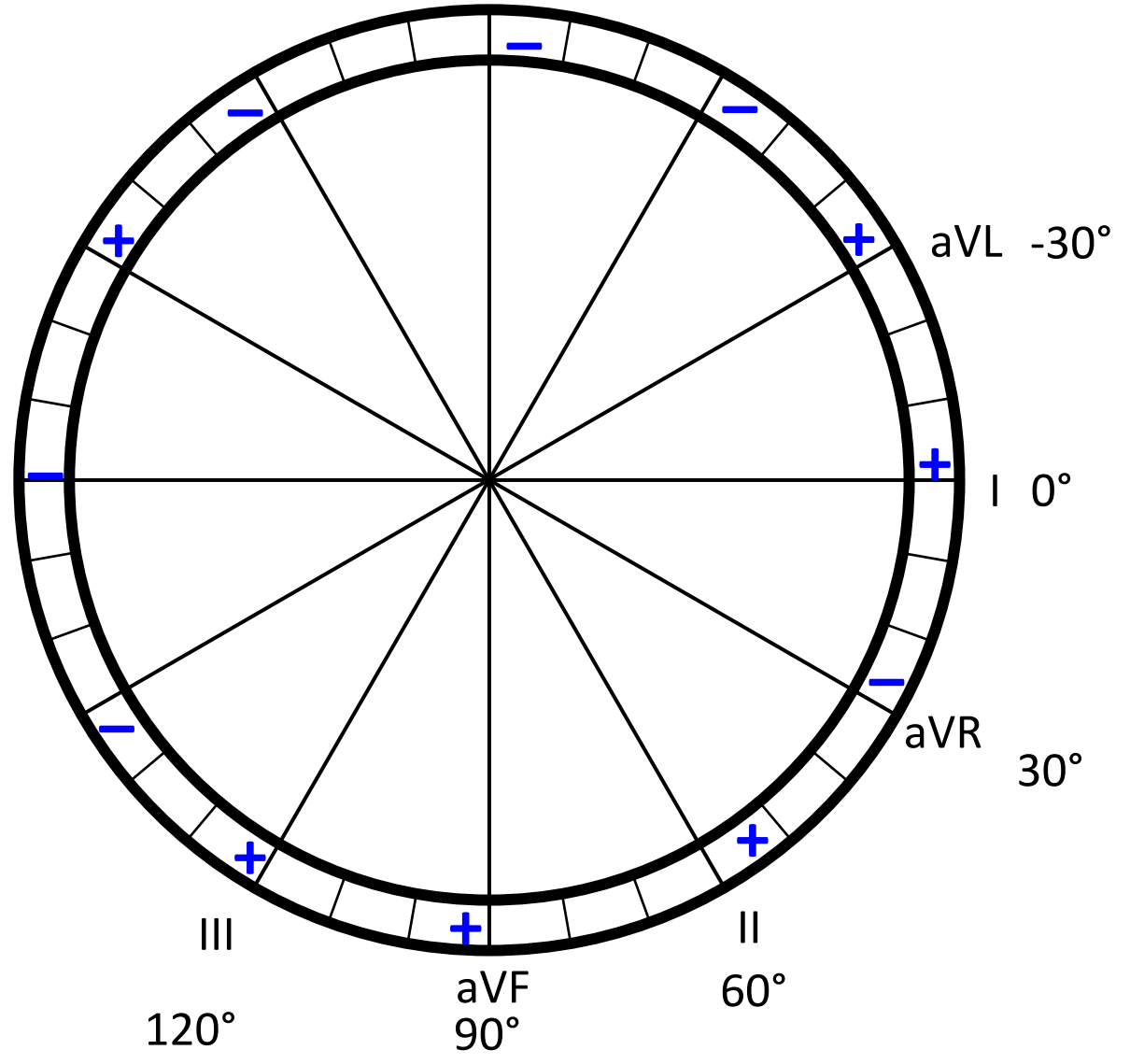
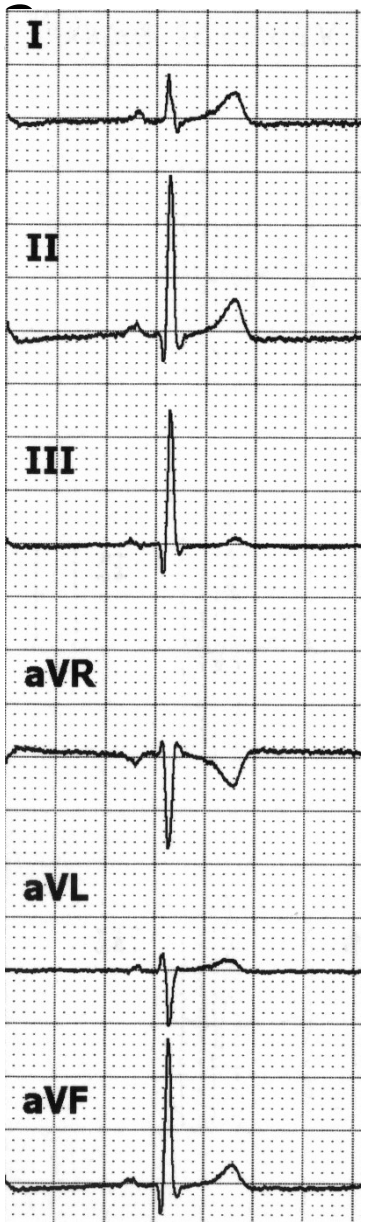
EKG Praktik SEIVA  
9m3 - 2014/06/26 [SEIVA A01.007]



HR [1/min]	P	71 ms
<b>63</b>	PQ	128 ms
RR 956 ms	QRS	91 ms
	QT	380 ms
	QTc	390 ms



# Příklad k procvičení



# Čas na čaj

