

Signály srdce I.

Základy EKG

Svodové systémy

Geneze EKG křivky

Další typy EKG

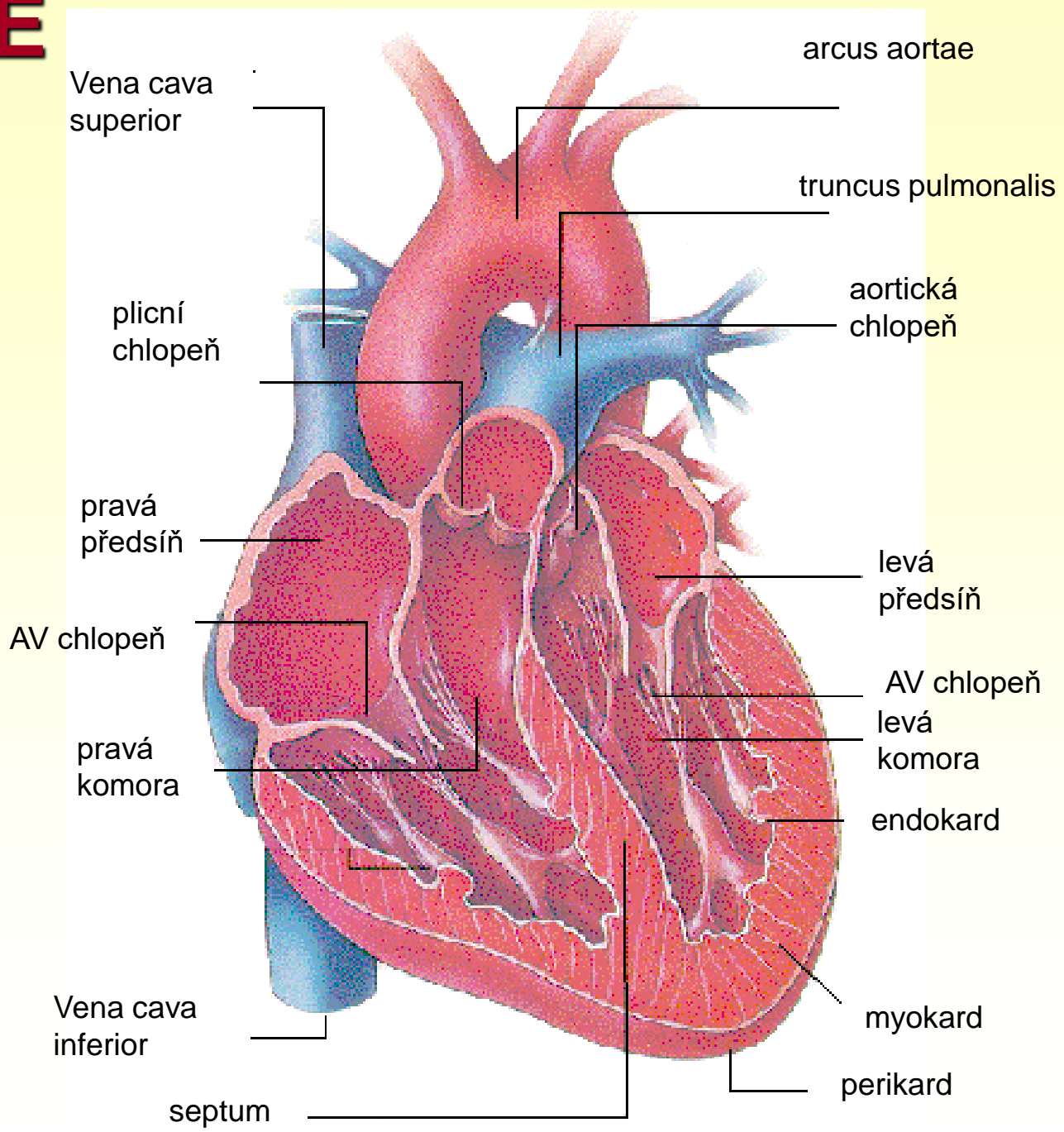
Základní obrazy EKG

Zpracování signálů EKG

Rušení a filtrace EKG signálu

Detekce hrotů a vln

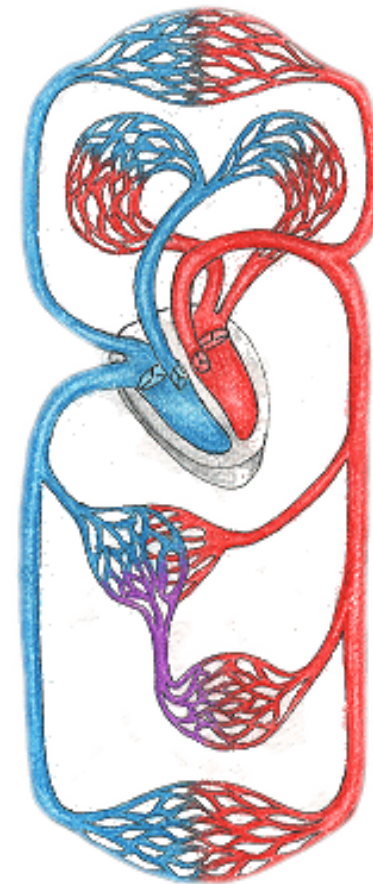
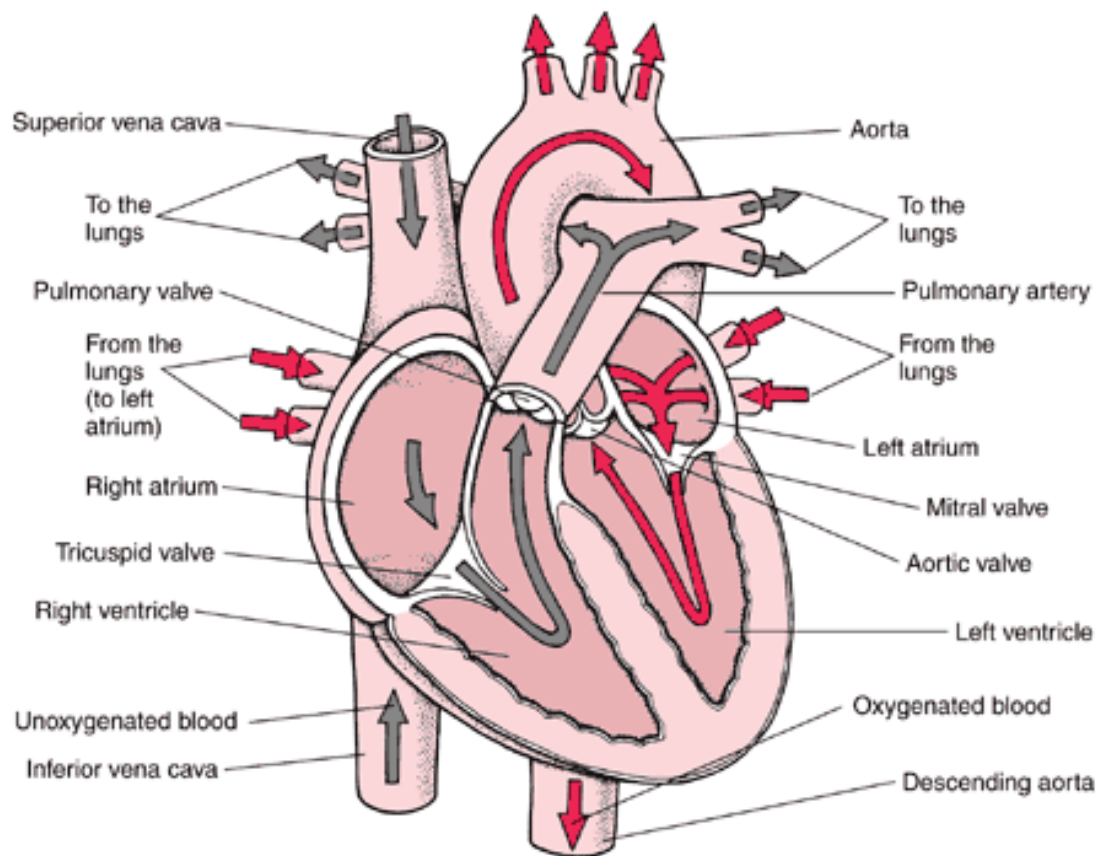
SRDCE



KREVNÍ OBĚH

http://www.kscience.co.uk/animations/blood_system.htm

http://pie.med.utoronto.ca/heart_physiology/module/blood-flow.html



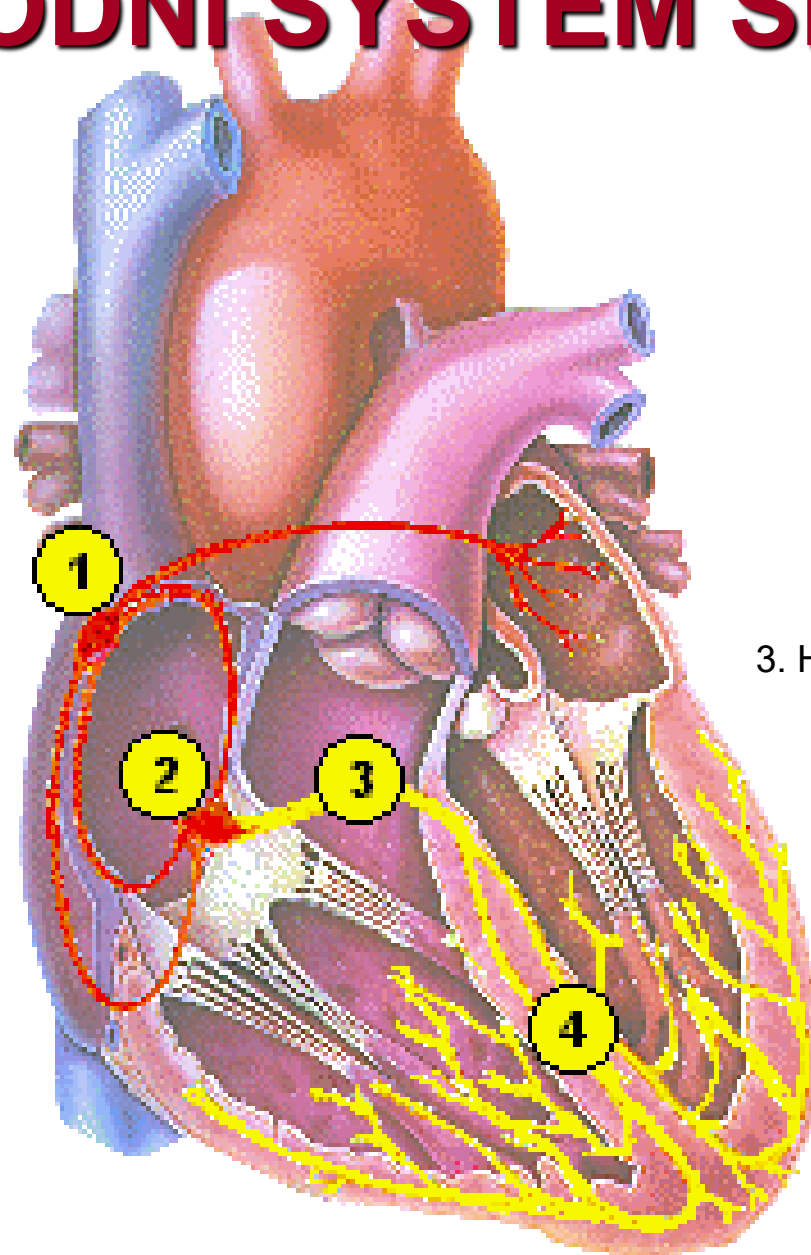
PŘEVODNÍ SYSTÉM SRDEČNÍ

1. SA uzel

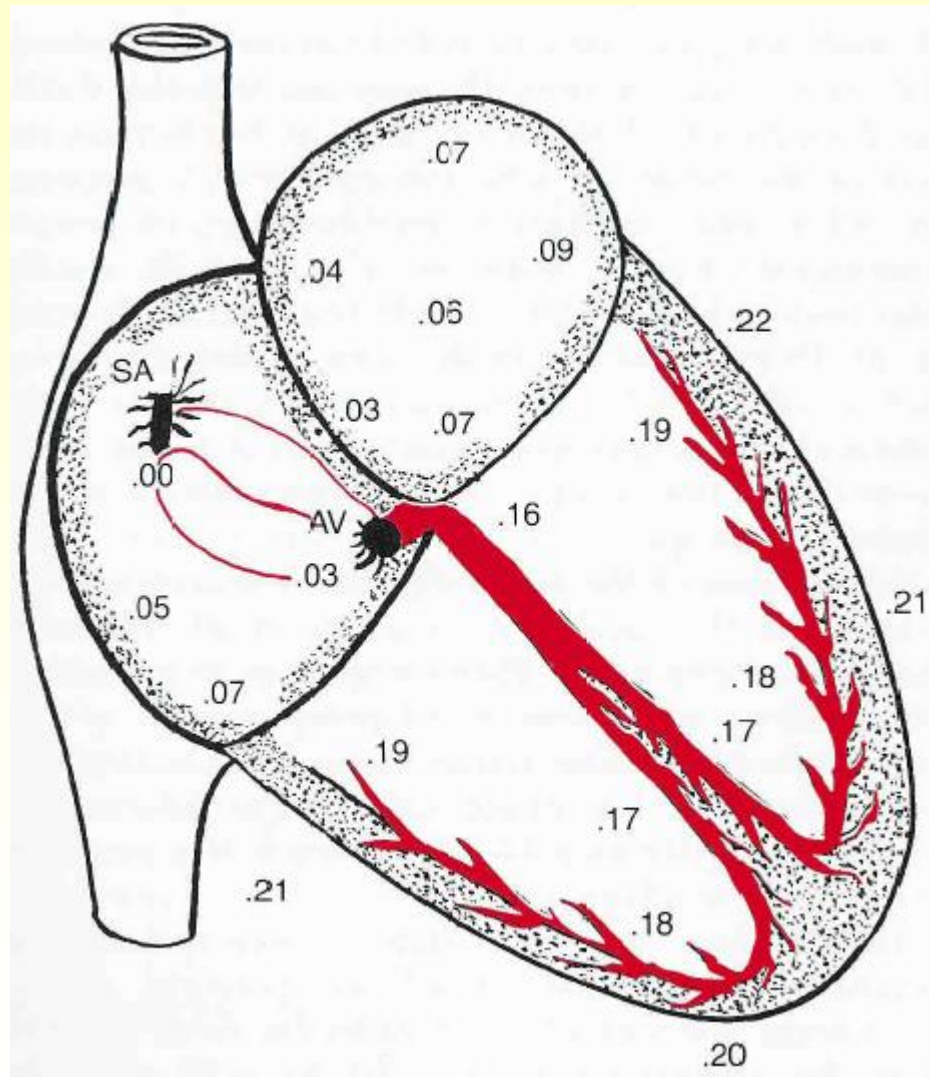
2. AV uzel

3. Hisův svazek

4. Purkyňova vlákna

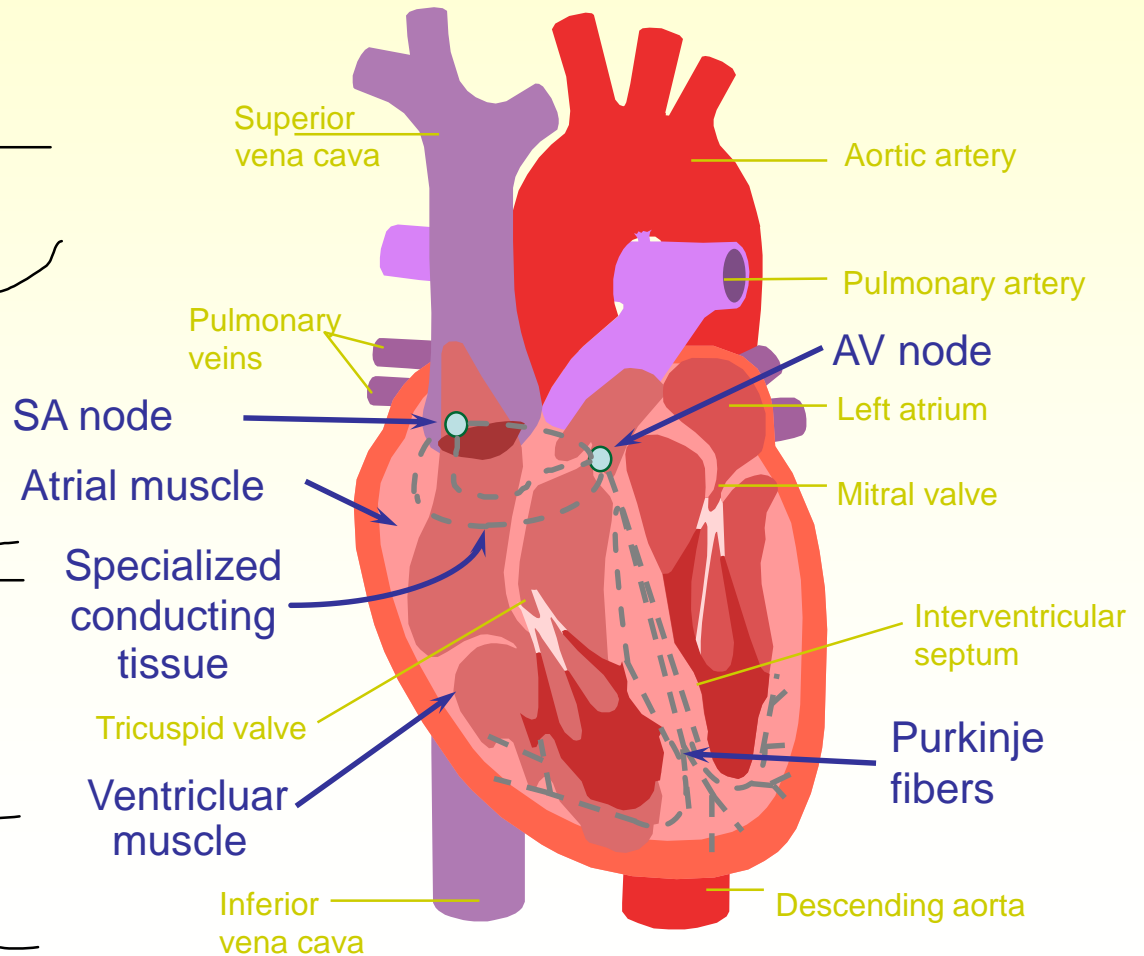
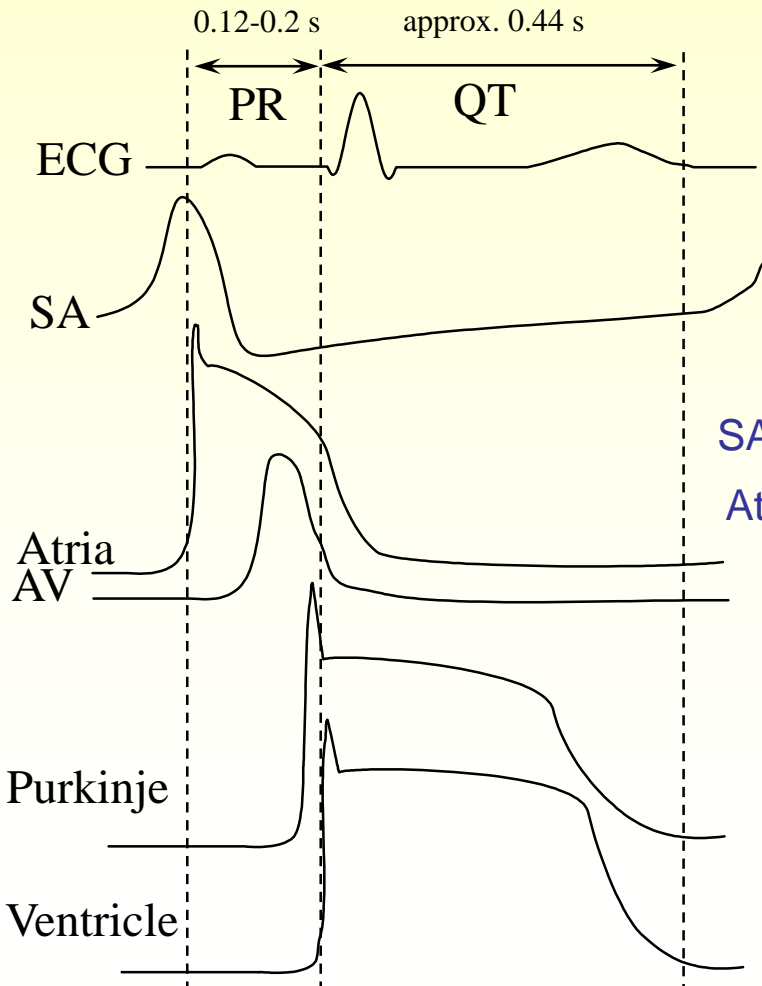


ŠÍŘENÍ DEPOLARIZACE

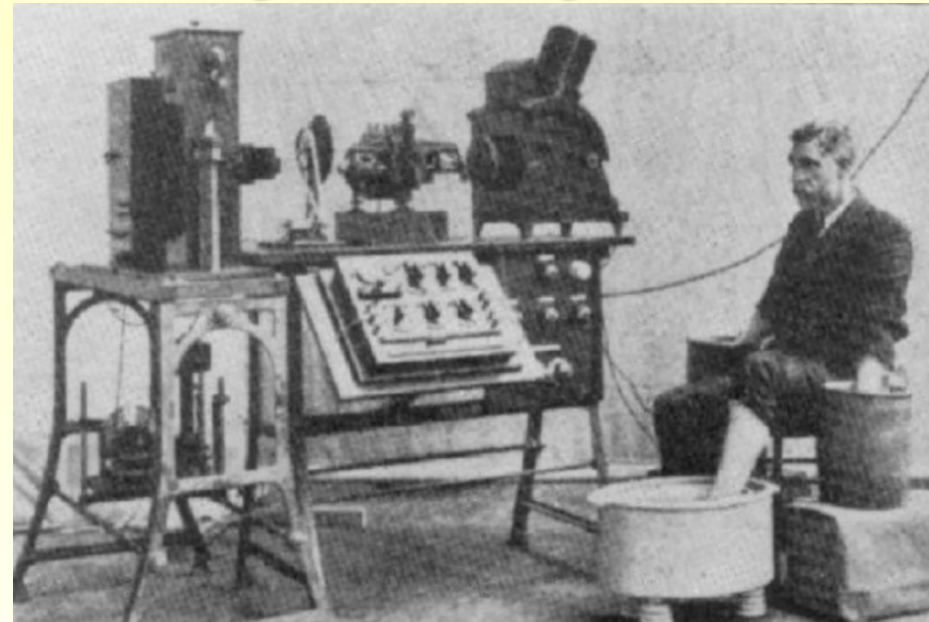
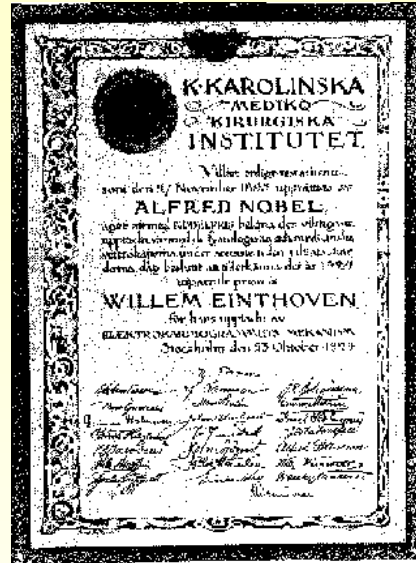


EKG – geneze vzniku

- buňky převodního systému nemají klidový potenciál
- dochází zde ke spontánní depolarizaci



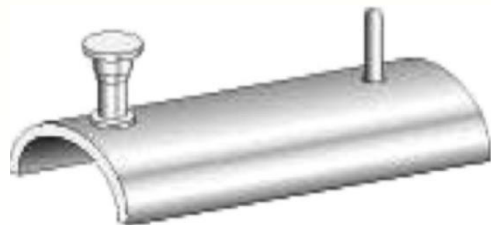
EKG – svodové systémy



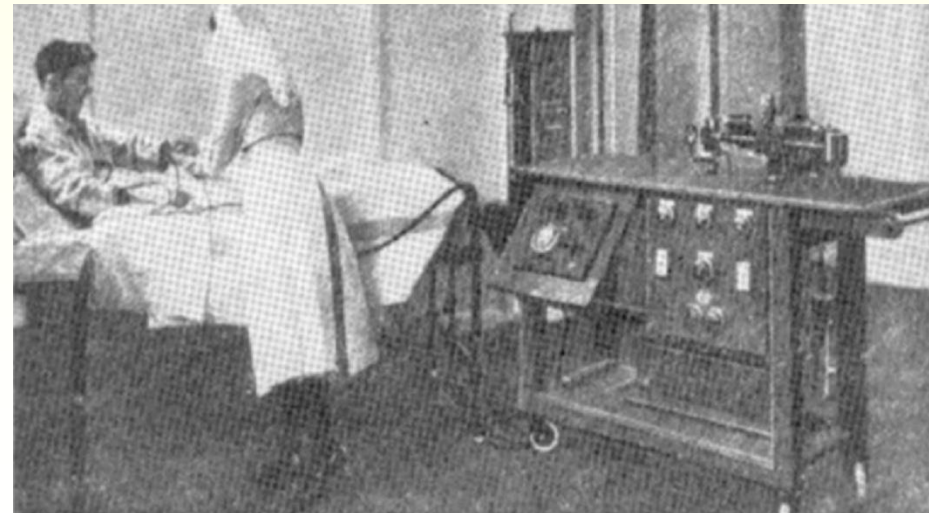
Willem Einthoven

(✱ 22.V.1860 - † 29.IX.1927)

1924 Nobelova cena za vynález
elektrokardiografu



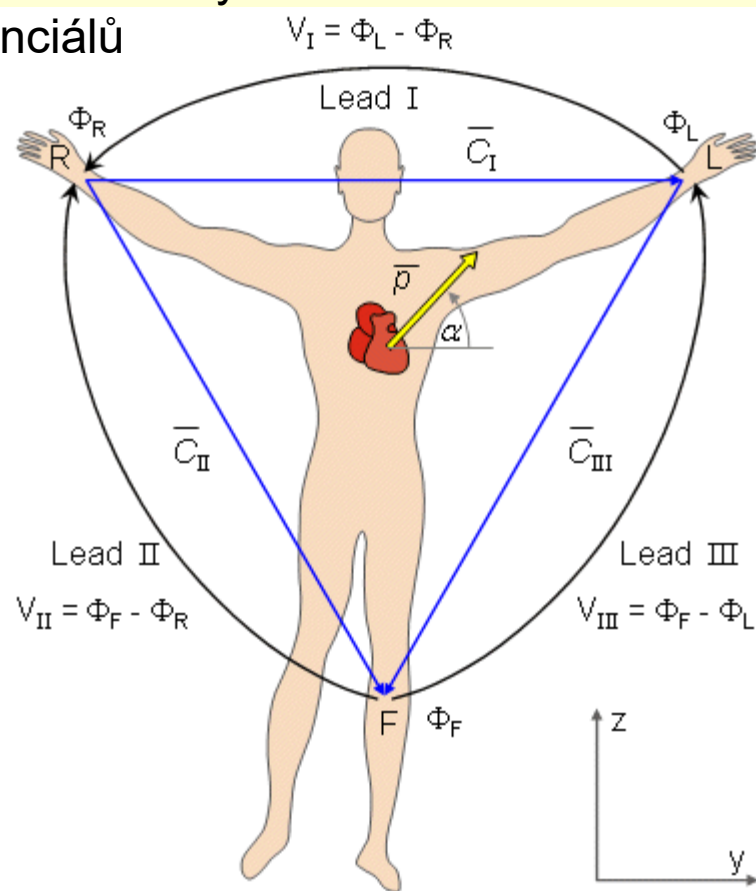
Jeden z typů kovových elektrod



mobilní EKG z roku 1920

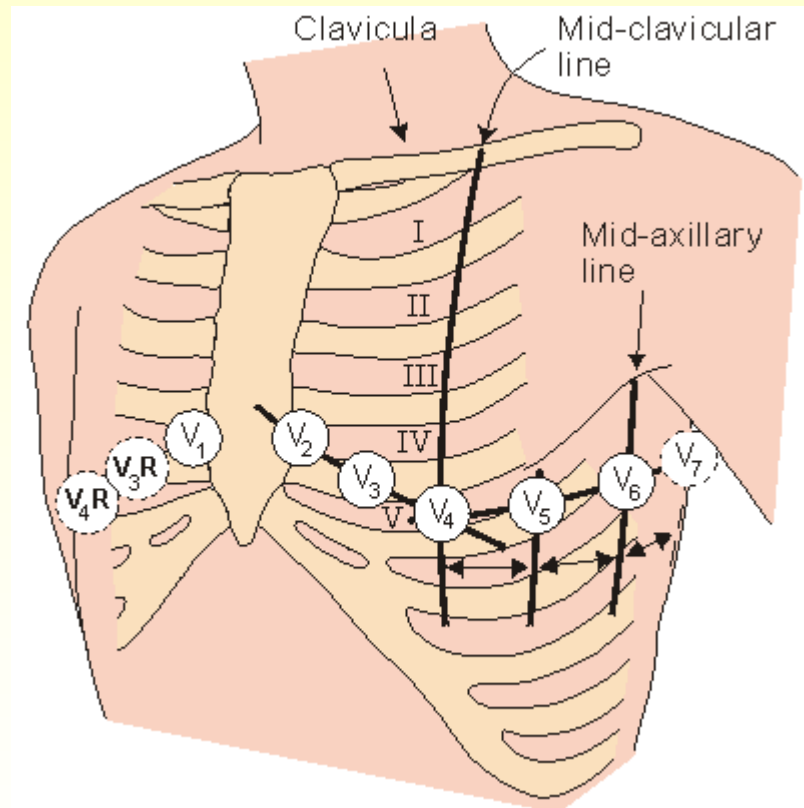
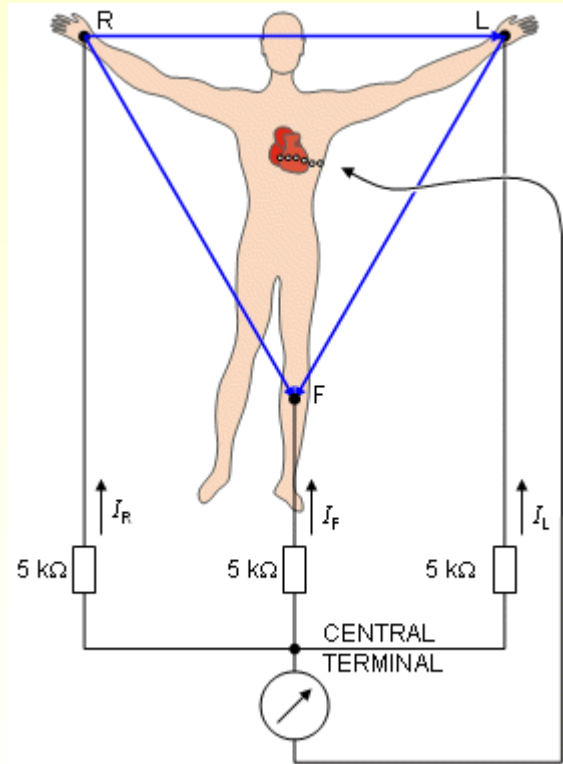
EKG svody

- 3 standardní končetinové svody
- snímáme rozdíl potenciálů



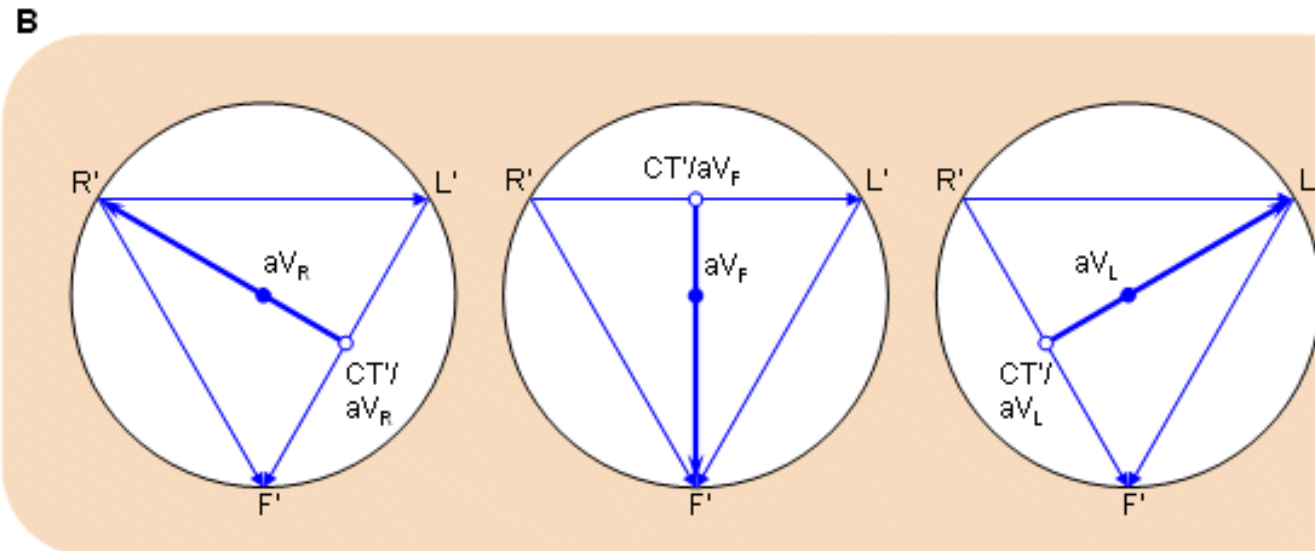
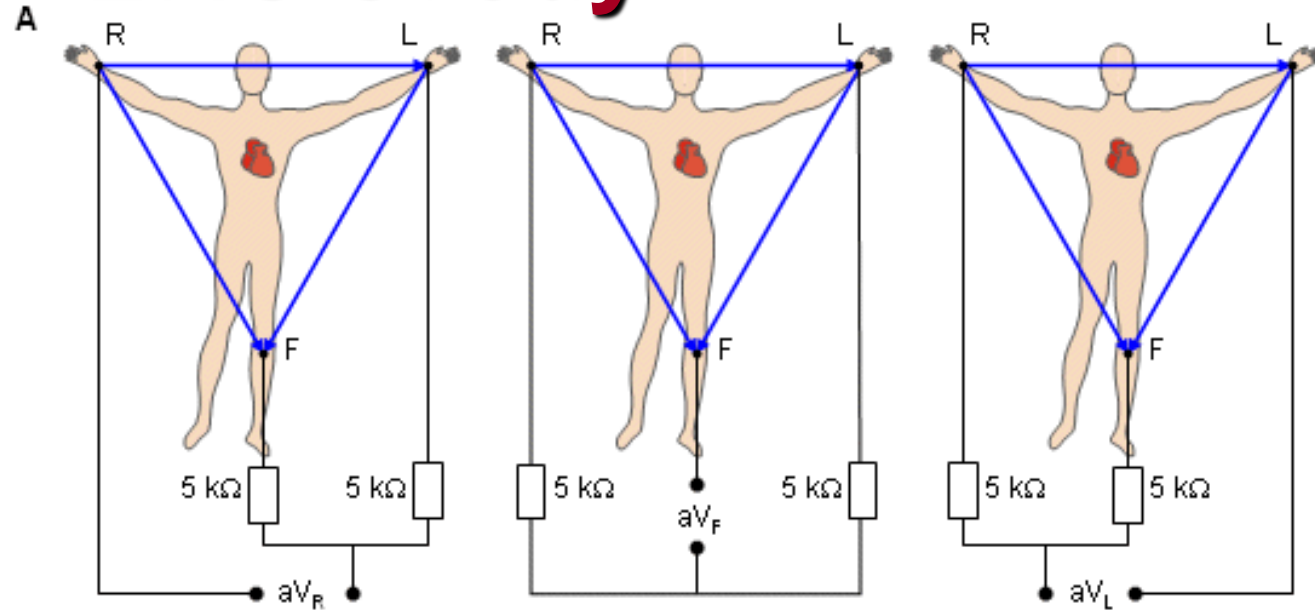
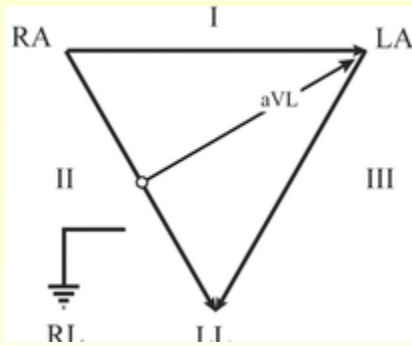
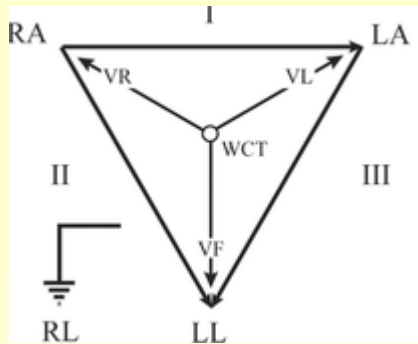
Einthovenovy bipolární končetinové svody

EKG svody



Hrudní unipolární Wilsonovy svody

EKG svody



Goldbergerovy zesílené svody

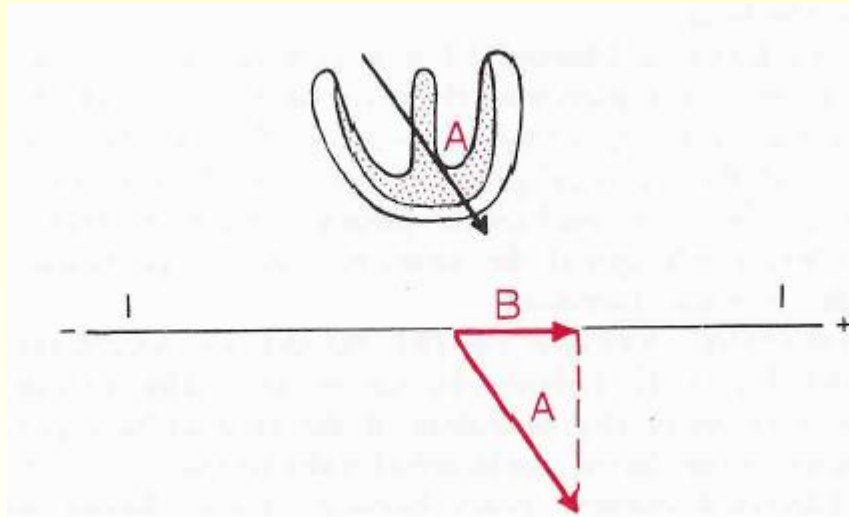
EKG – svodové systémy

STANDARDNÍ 12 SVODOVÝ SYSTÉM

- **končetinové svody – I, II, III**
- **Wilsonovy svody – V1, V2, V3, V4, V5, V6**
- **Goldbergerovy (zesílené) svody – aVL, aVR, aVF**

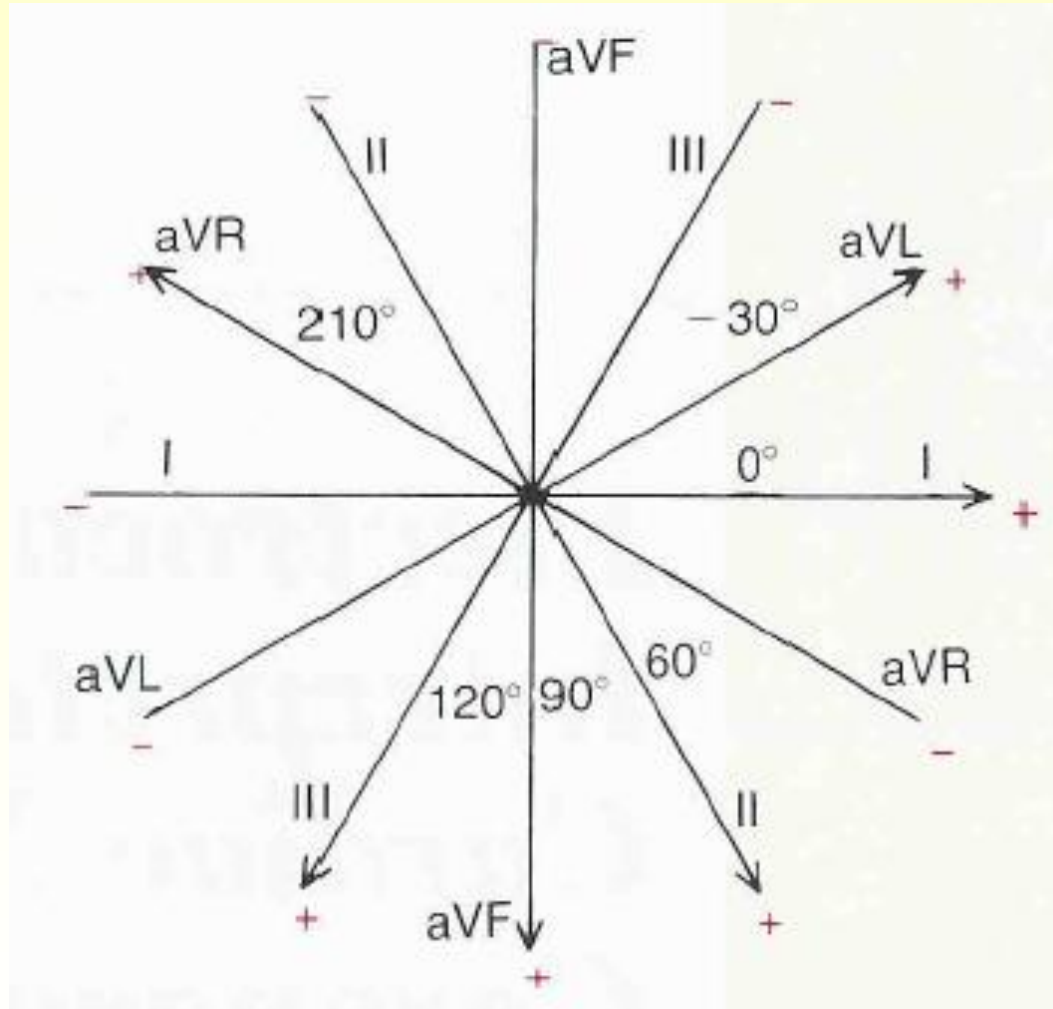
VEKTOR DEPOLARIZACE

Směr elektrického
vektoru při částečné
depolarizaci



Znázornění vektoru

EKG SVODY



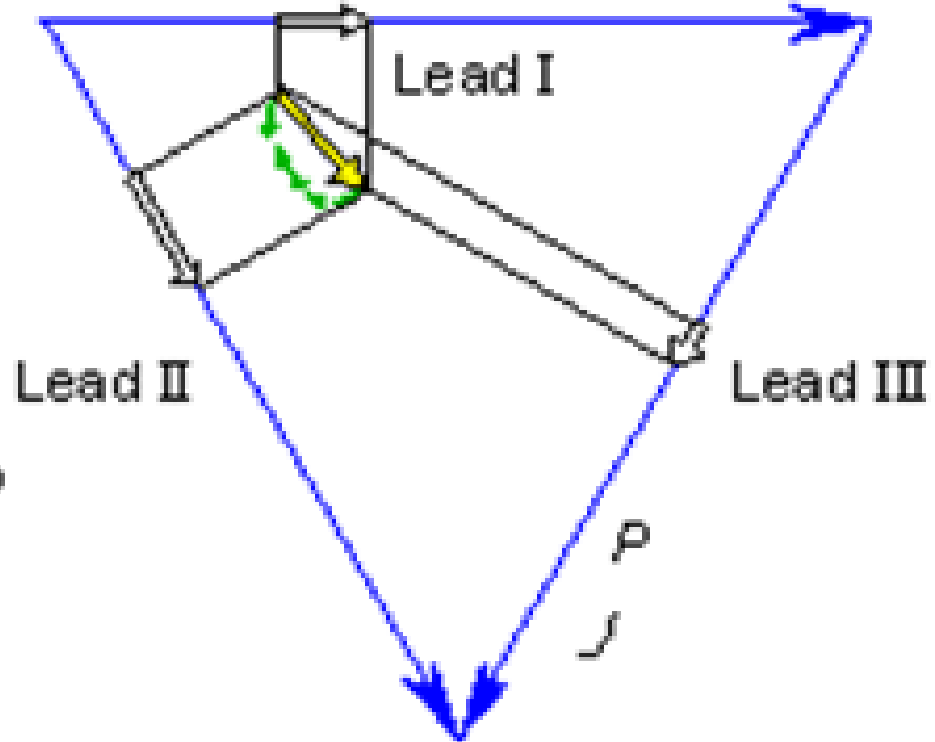
Vzájemné úhlové poměry různých svodových systémů
Cabrerův kruh

Depolarizace síní

ATRIAL
DEPOLARIZATION
80 ms

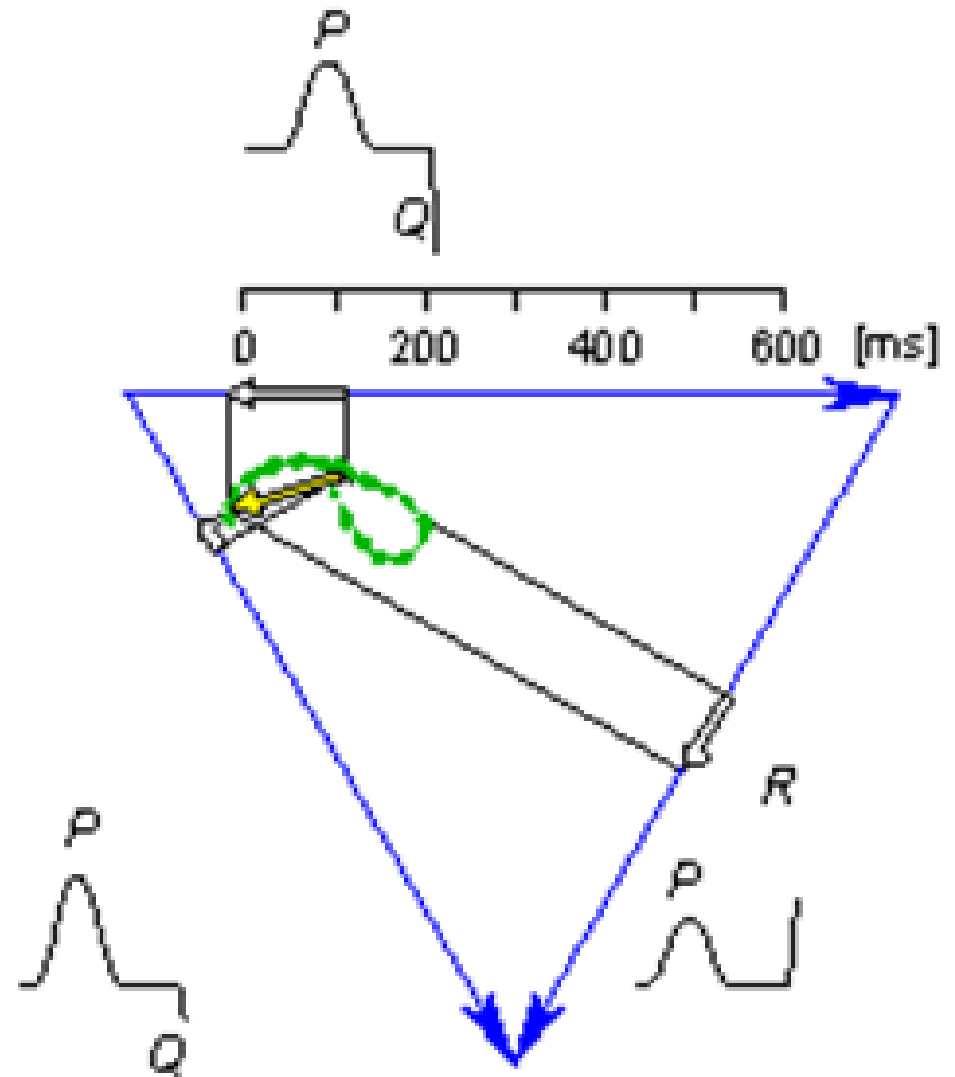


0 200 400 600 [ms]



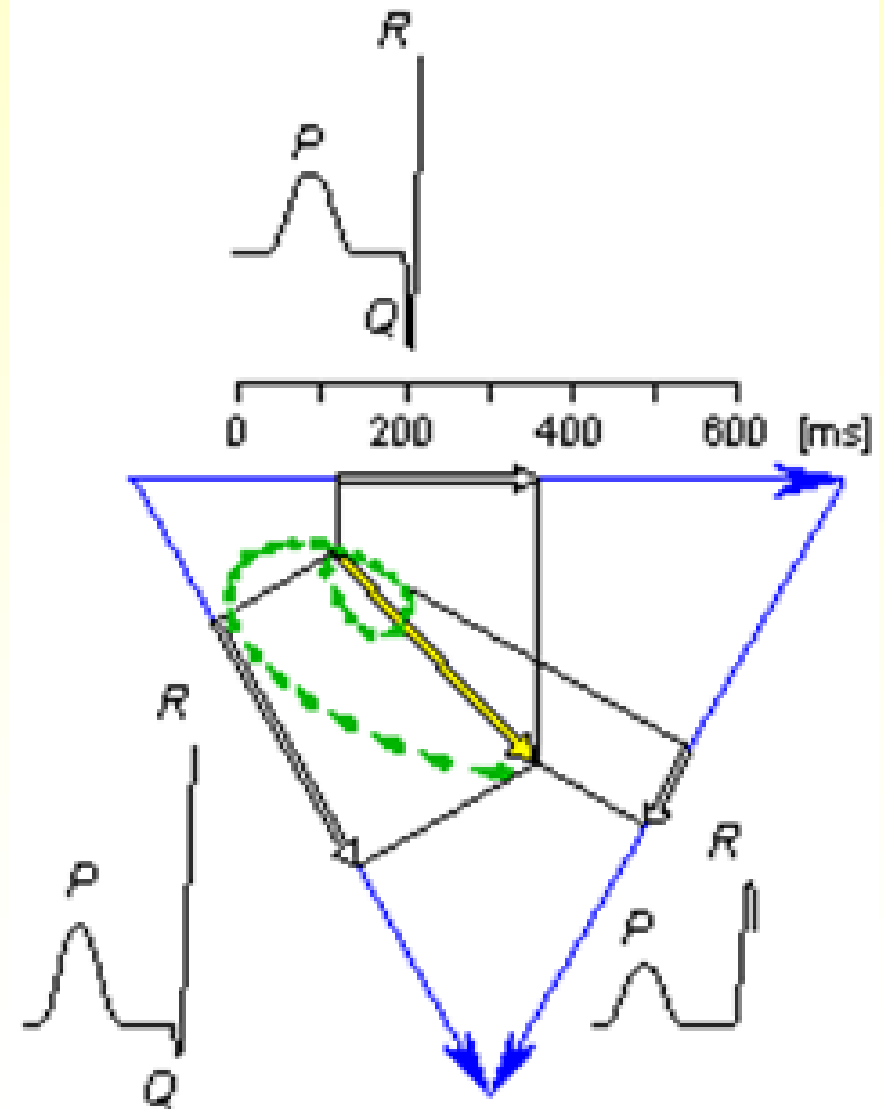
Depolarizace septa

SEPTAL
DEPOLARIZATION
220 ms



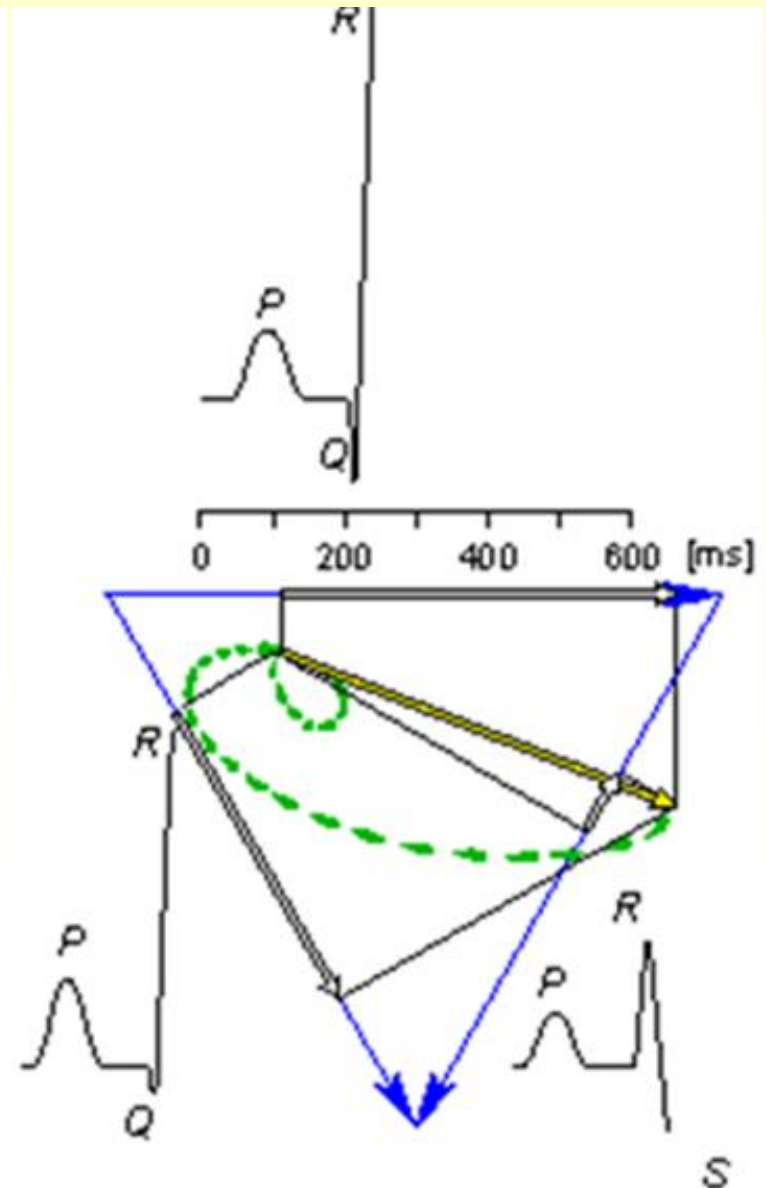
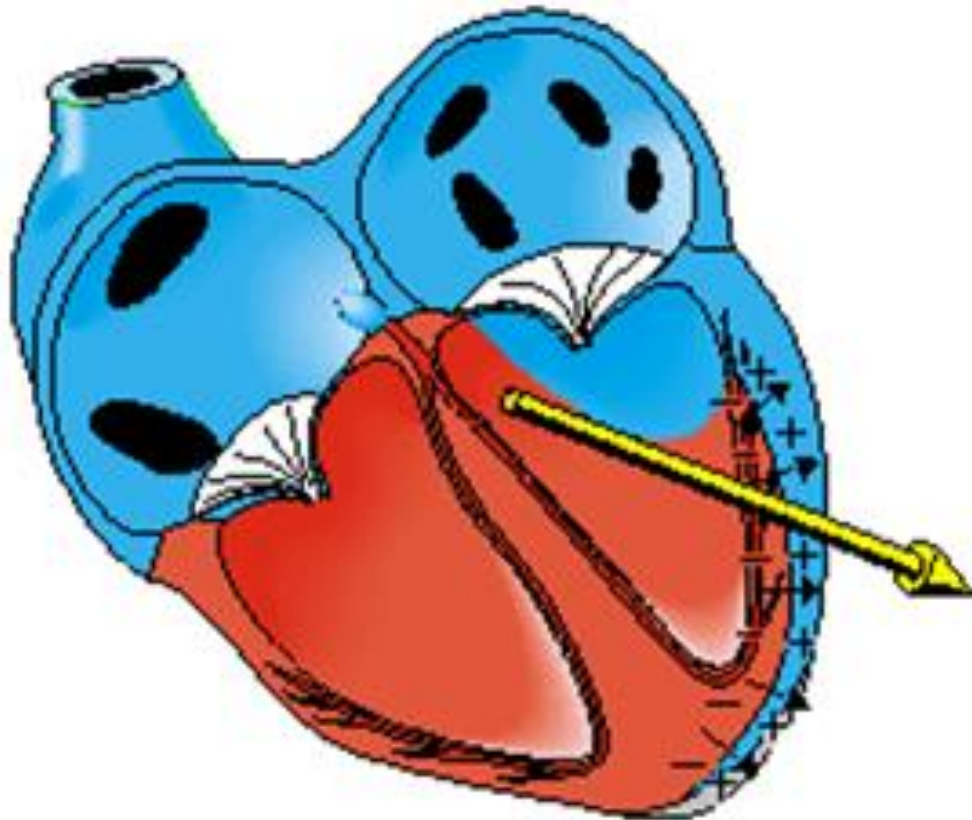
Vrcholná depolarizace

APICAL
DEPOLARIZATION
230 ms



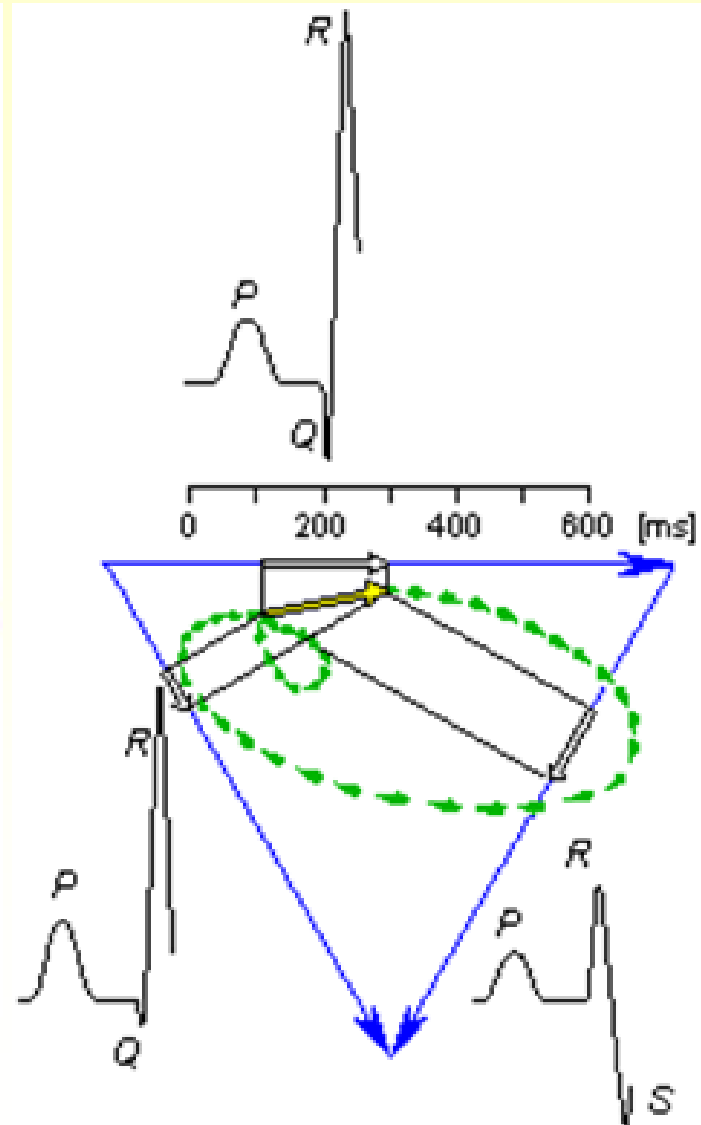
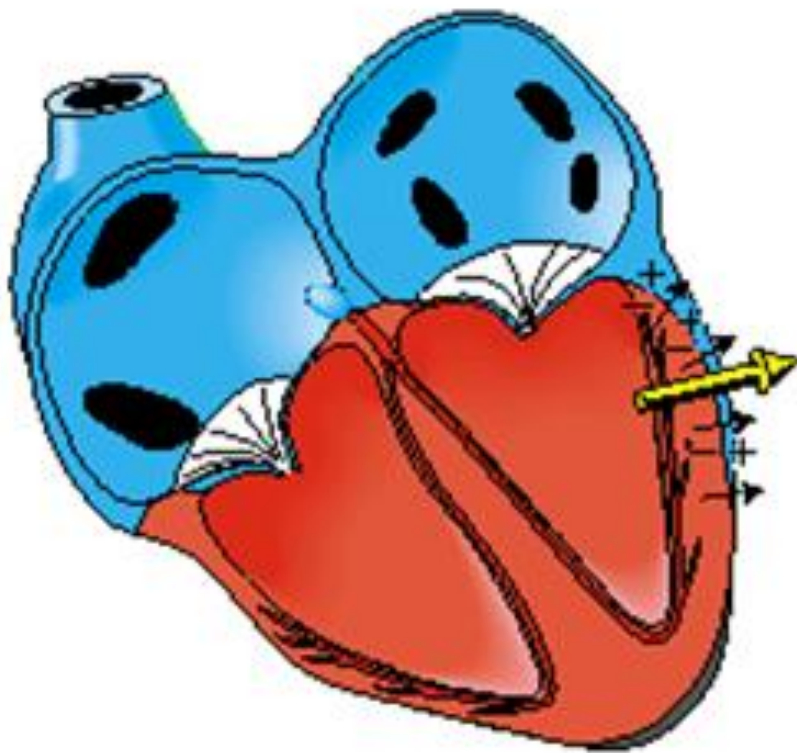
Depolarizace levé komory

LEFT VENTRICULAR
DEPOLARIZATION
240 ms

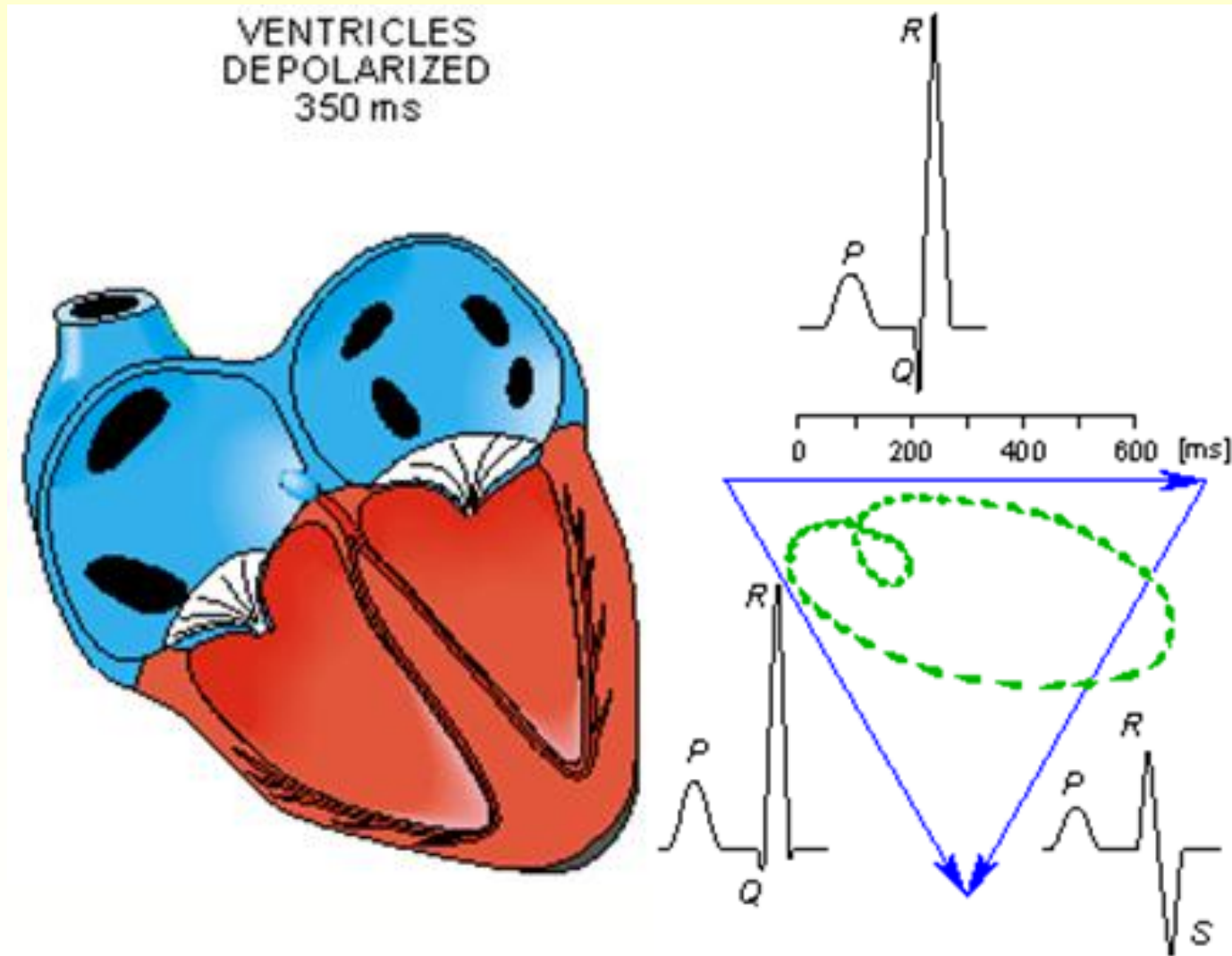


Pozdní depolarizace levé komory

LATE LEFT VENTRICULAR
DEPOLARIZATION
250 ms

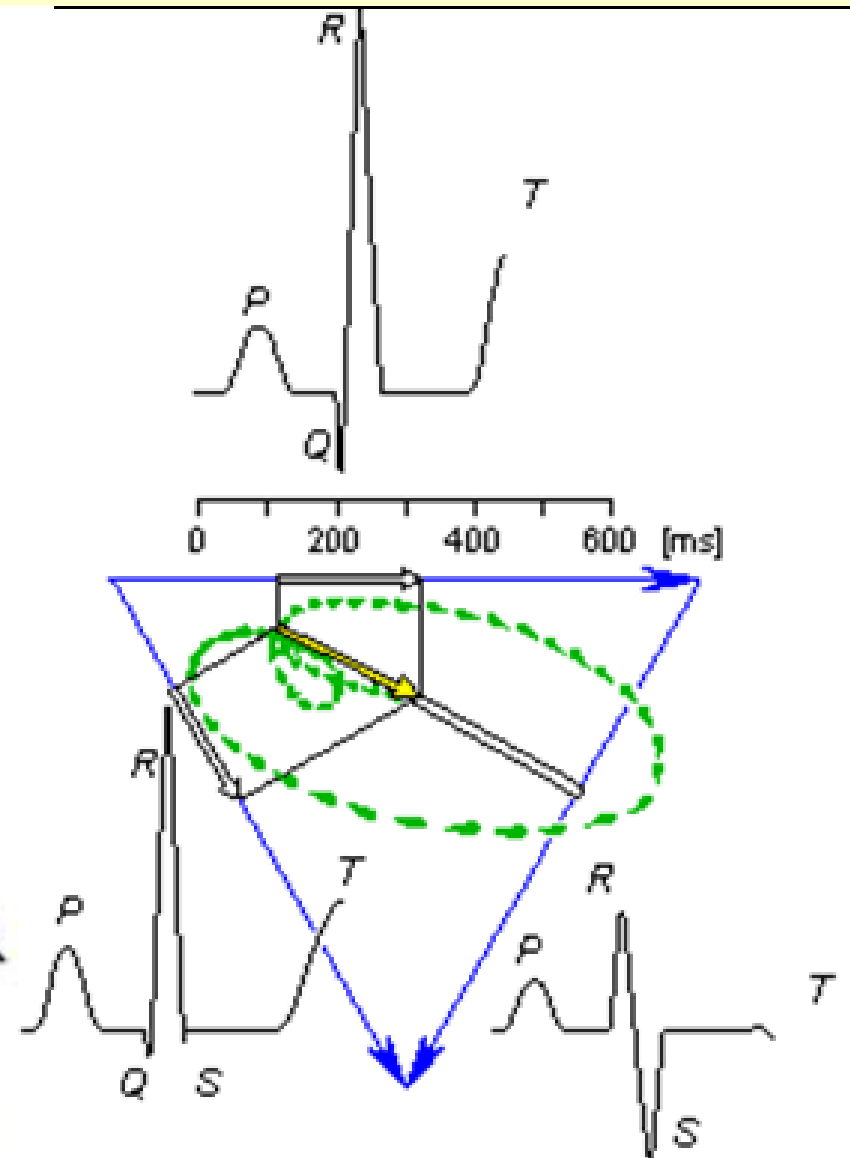
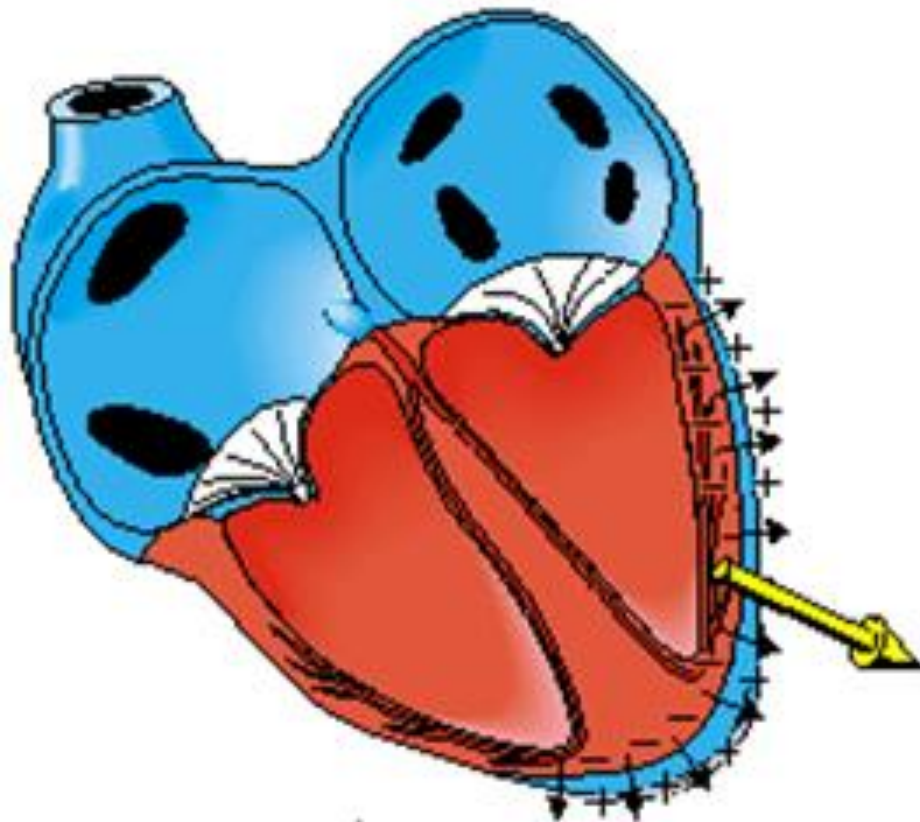


Depolarizace komor



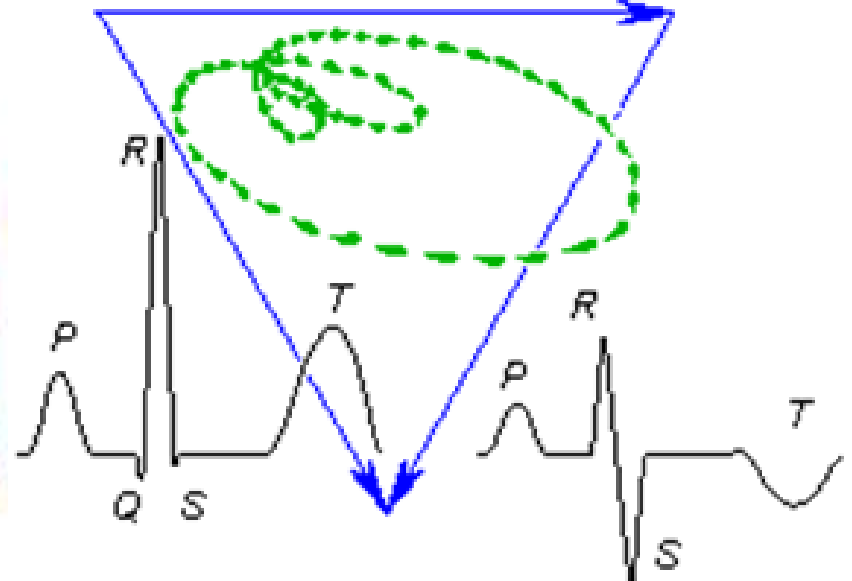
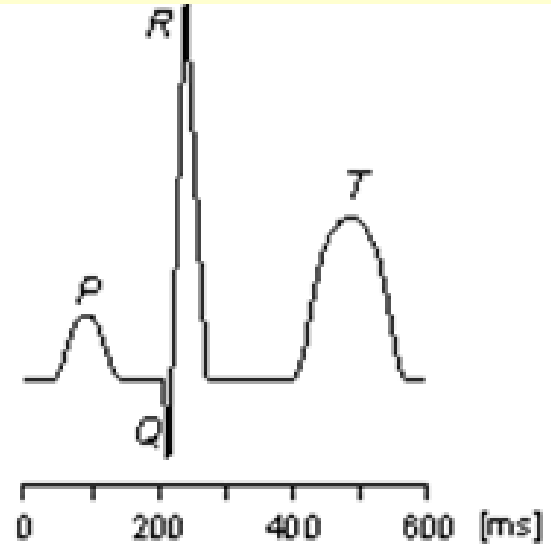
Repolarizace komor

VENTRICULAR
REPOLARIZATION
450 ms

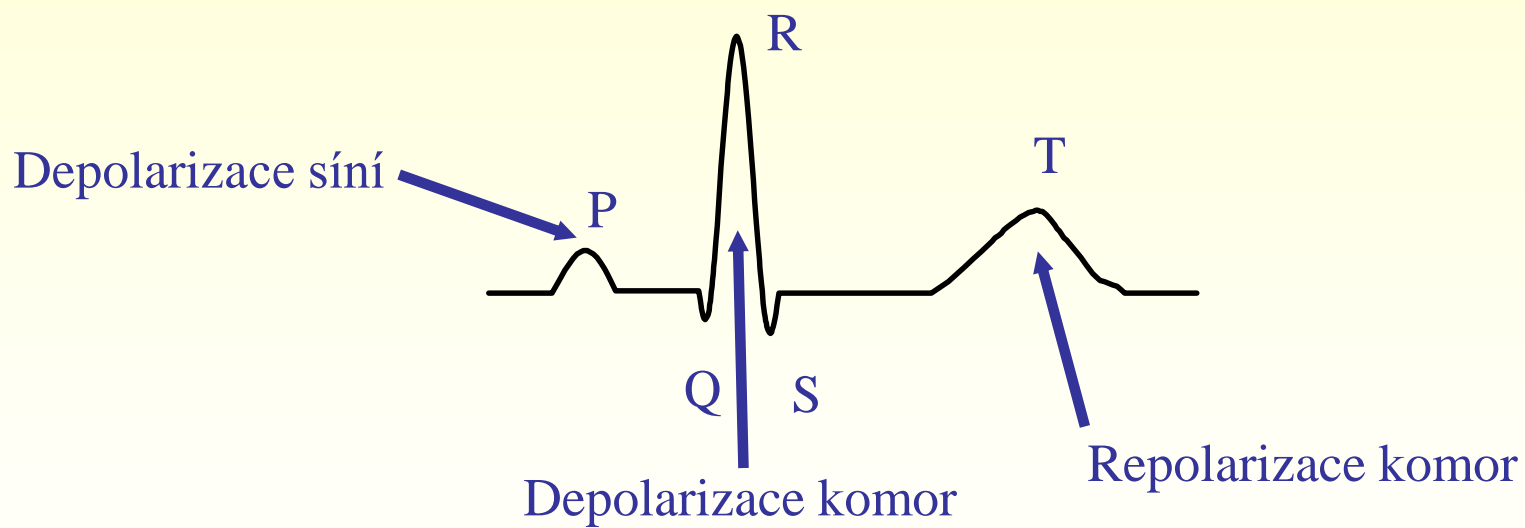


Repolarizace komor

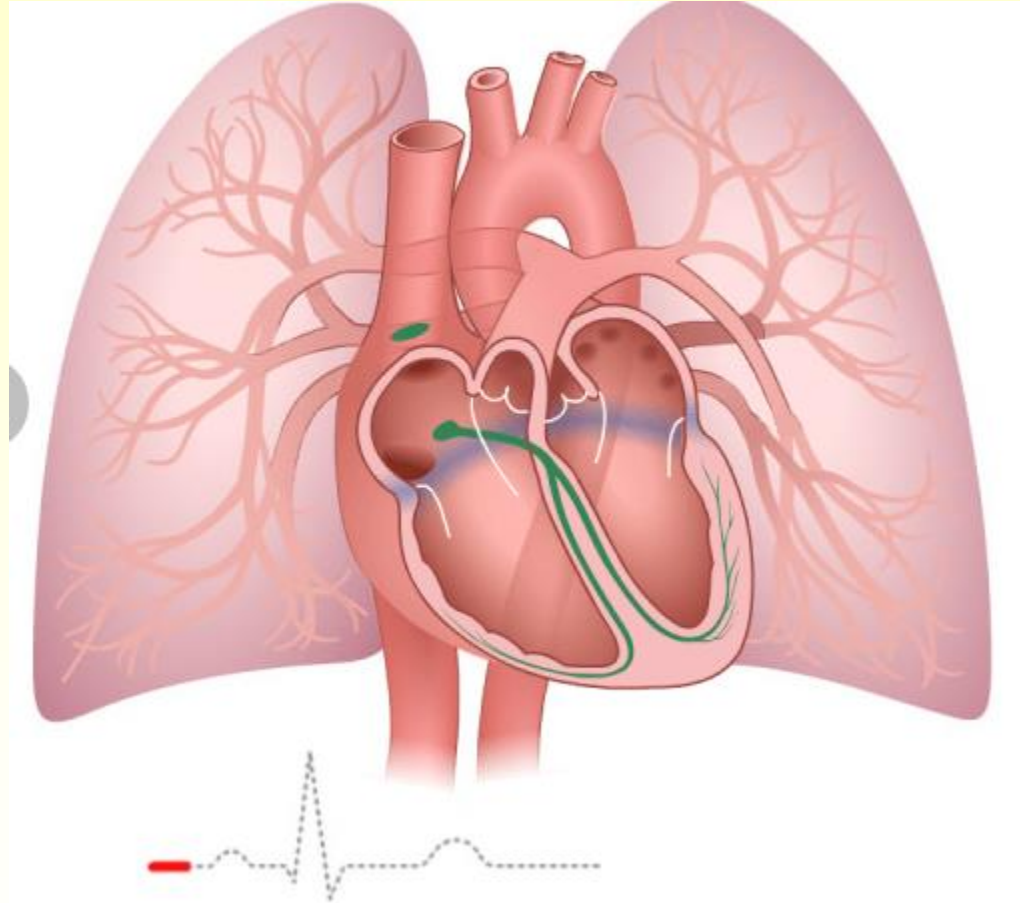
VENTRICLES
REPOLARIZED
600 ms



EKG křivka

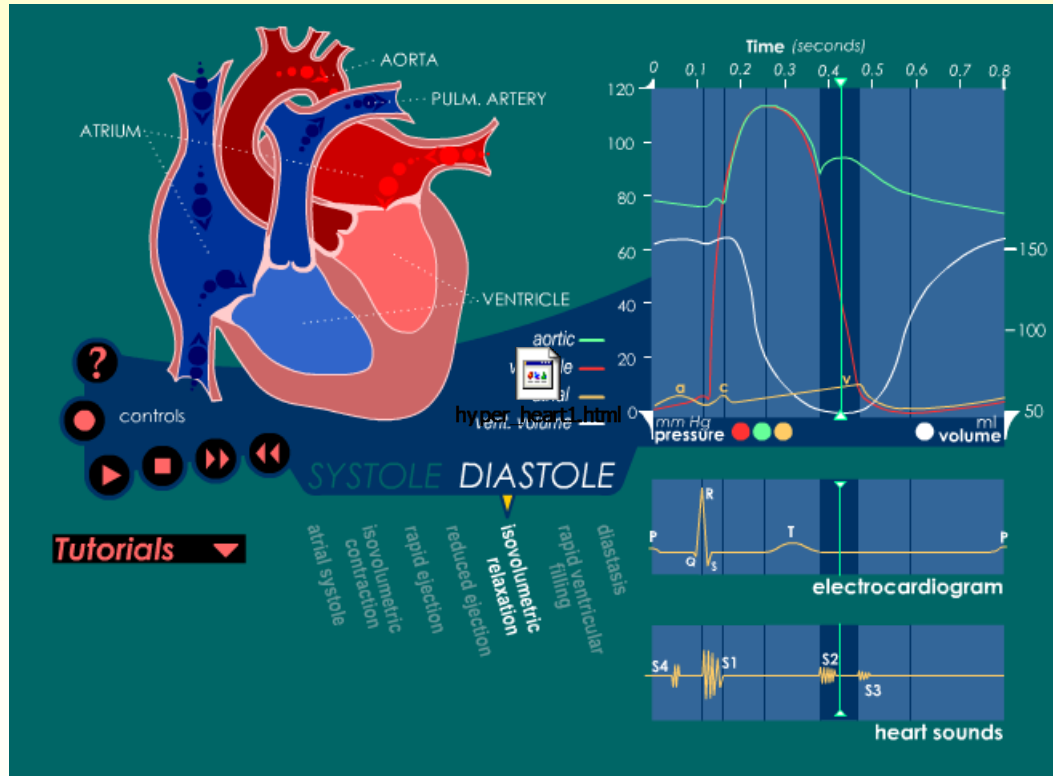


EKG animace



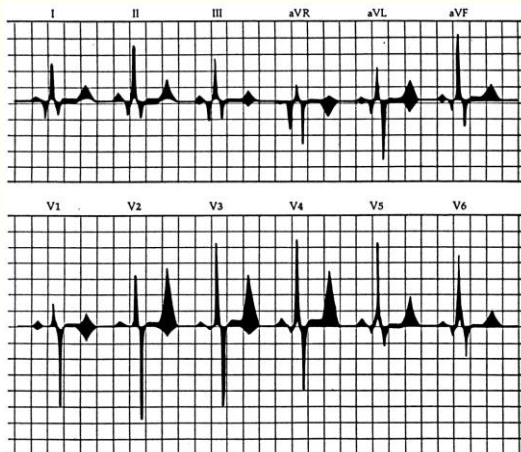
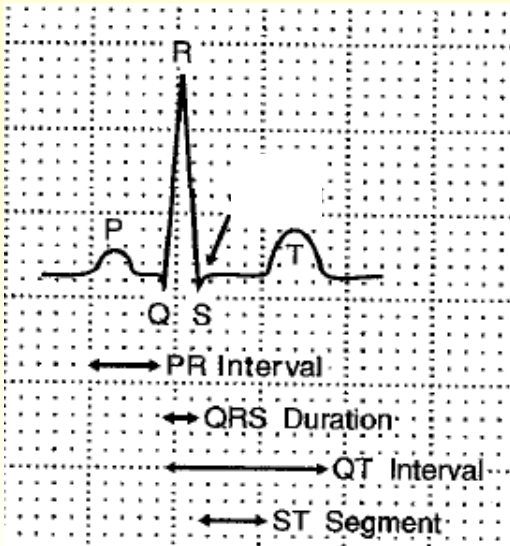
http://pie.med.utoronto.ca/heart_physiology/module/ecg.html

EKG animace



https://library.med.utah.edu/kw/pharm/hyper_heart1.html

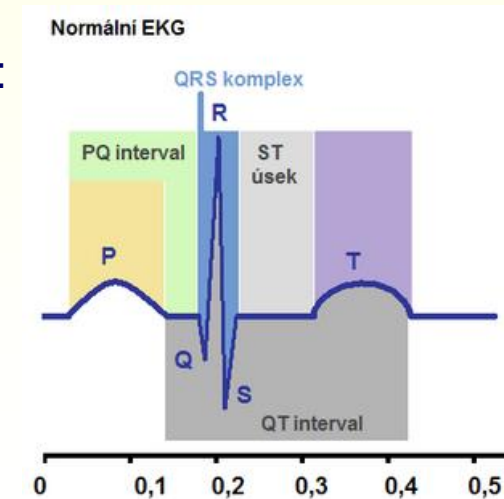
Analýza EKG



- Na EKG se hodnotí:
 - srdeční frekvence
 - pravidelnost srdeční akce
 - směr elektrické osy srdeční
 - velikost a délka vln P, Q, R, S, T
 - velikost a délka úseků P-Q, Q-R-S, S-T, Q-T

- Fyziologické EKG ovlivňuje:

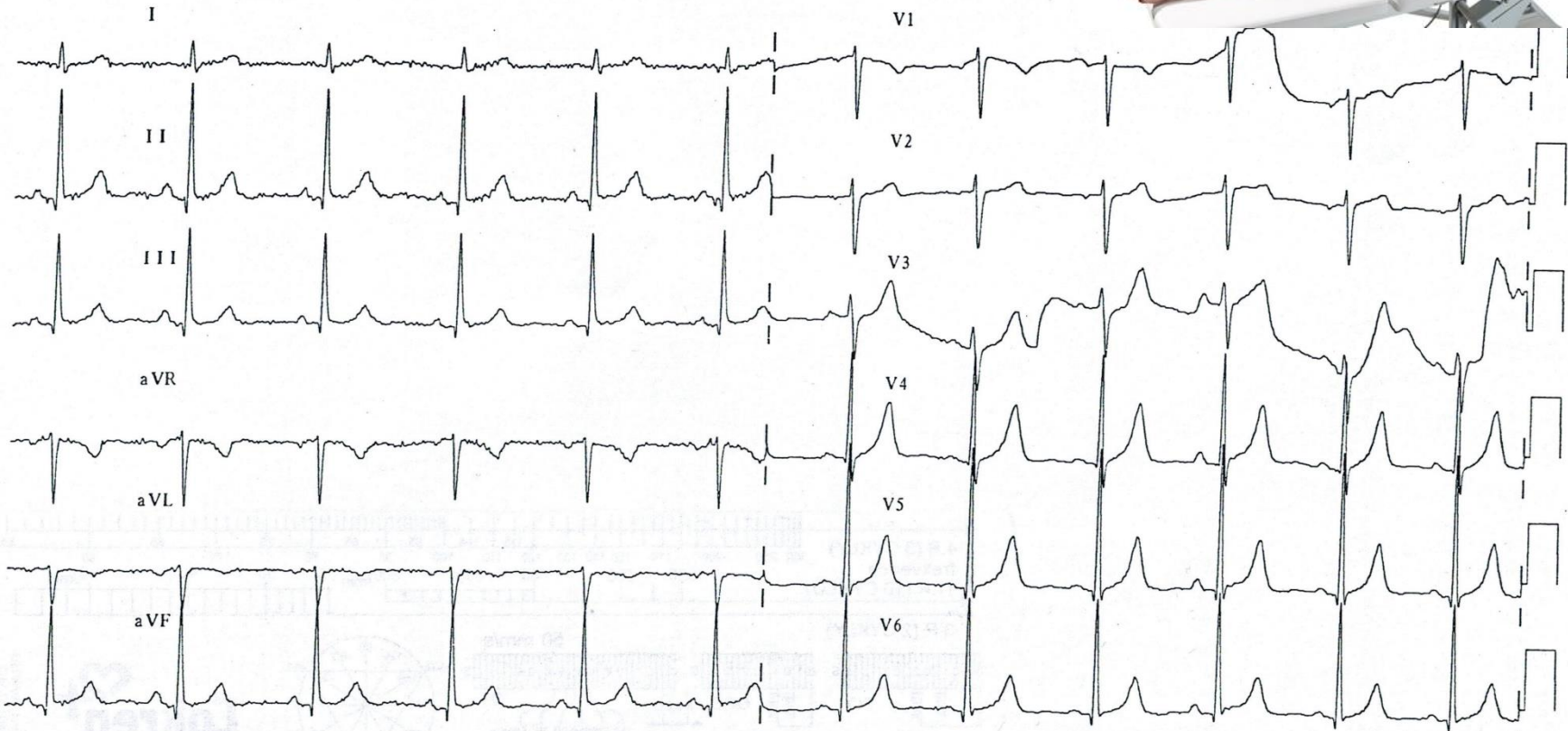
- věk
- konstituce
- poloha
- dýchání
- fyzická zátěž



Klidové EKG

Rate 70
PR 141
QRSD 96
QT 393
QTc 424

--Axis--
P 70
QRS 88
T 71



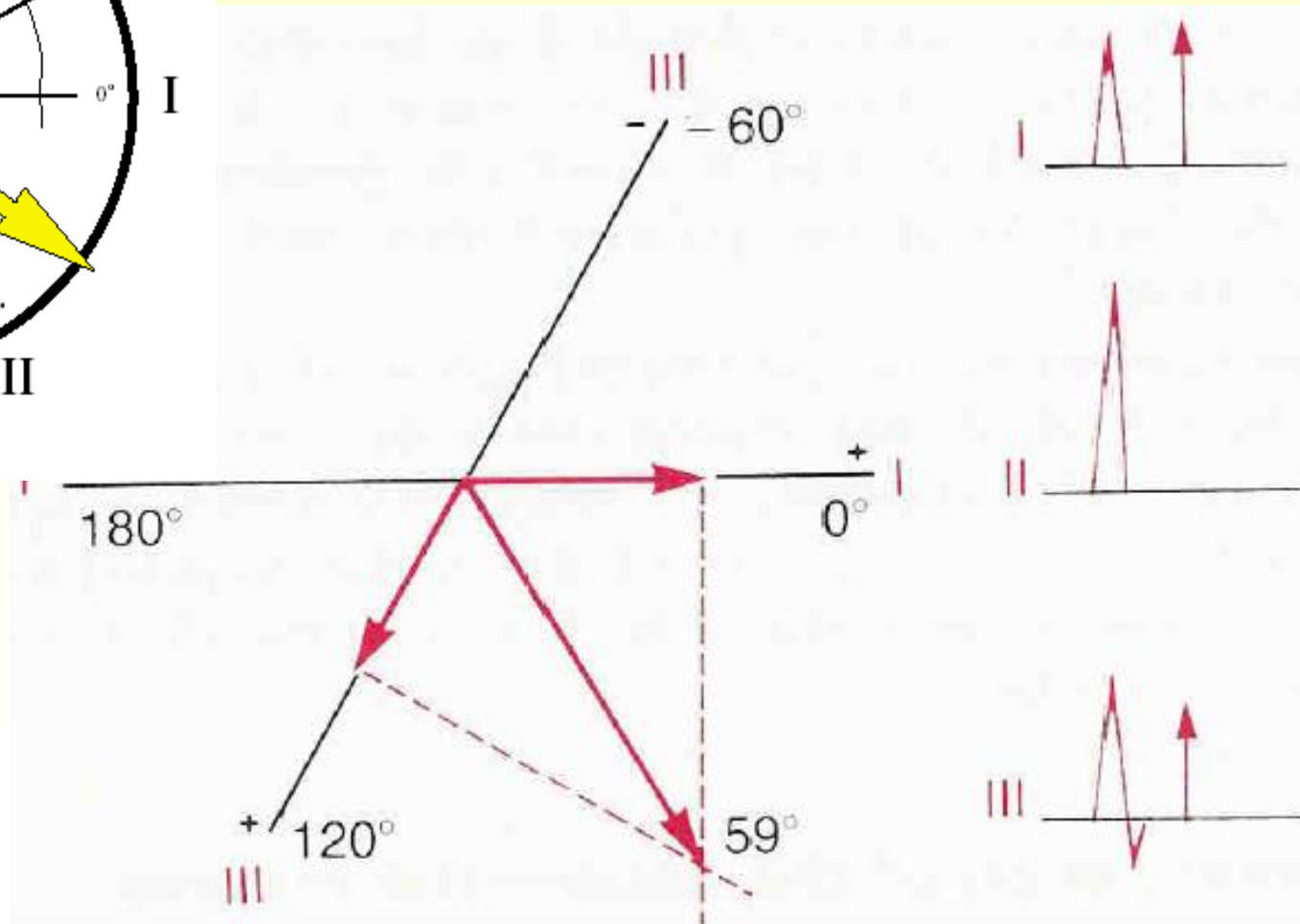
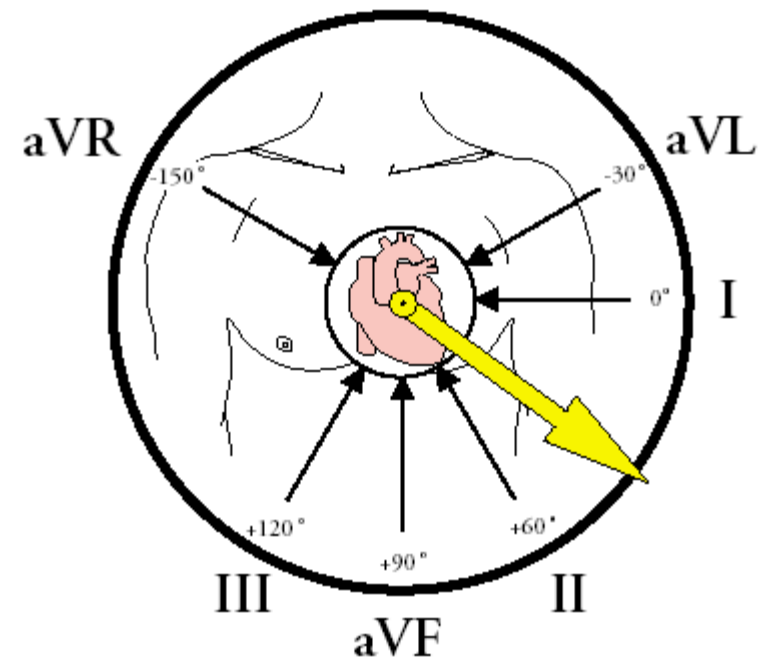
Hodnocení EKG křivky

EKG desatero

viz předchozí snímek

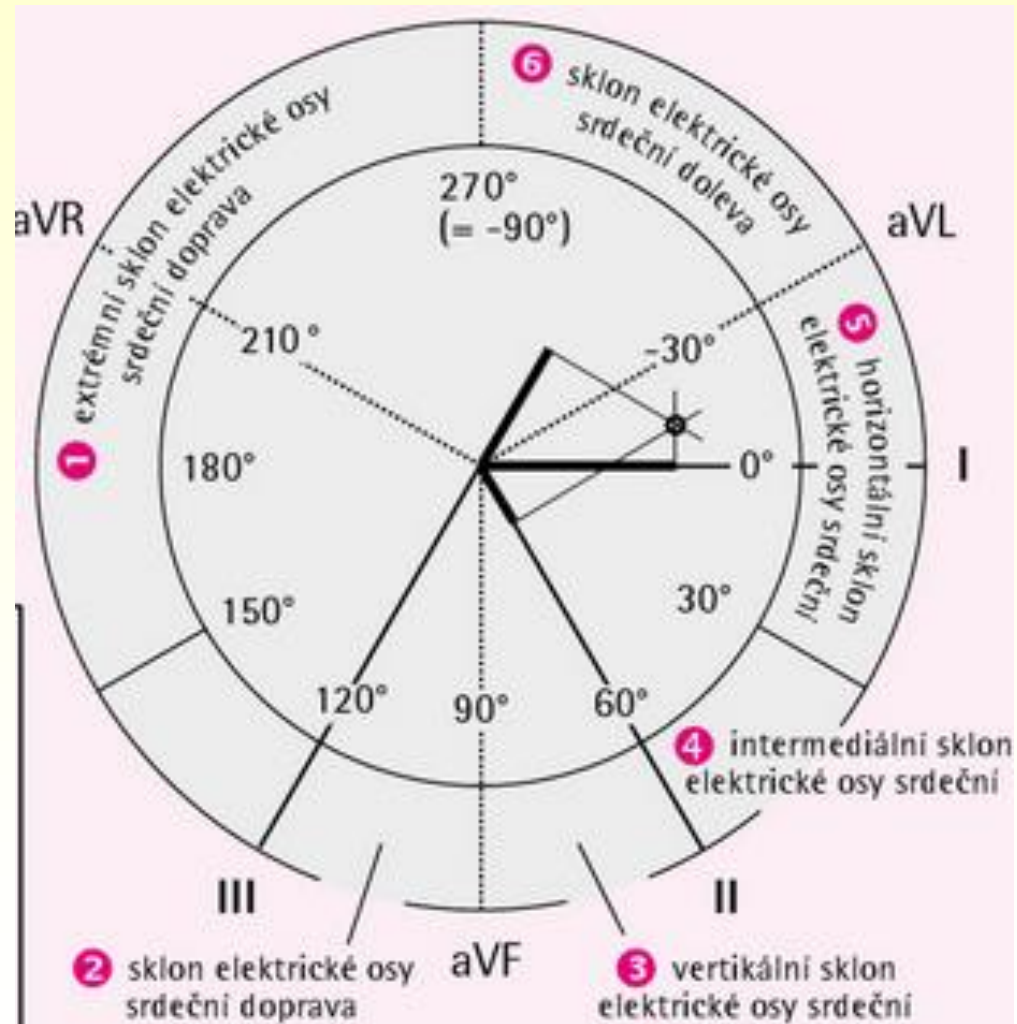
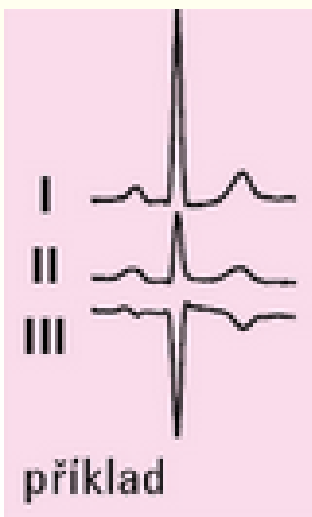
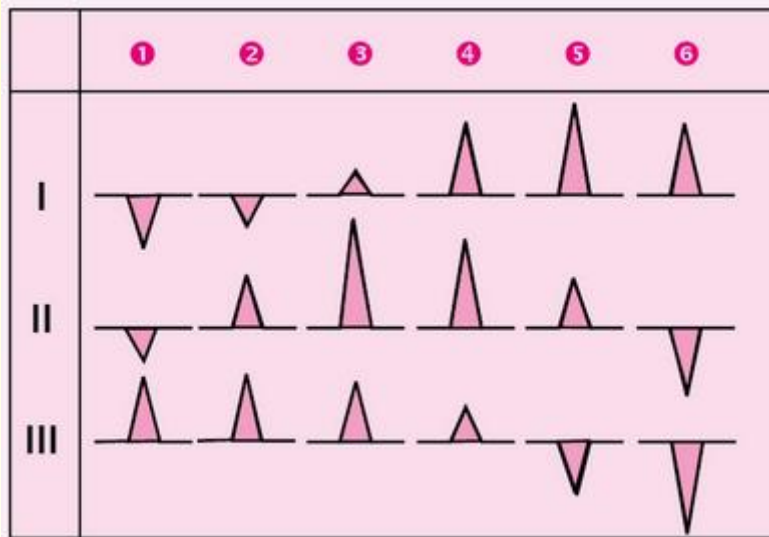
1.	srdeční akce	pravidelná
2.	srdeční rytmus	pravidelný sinusový
3.	srdeční frekvence	v normě, 70 cyklů/min
4.	P vlna	normální
5.	PQ interval	v normě, 4 mm, 160 ms
6.	QRS komplex	v normě, 96 ms
7.	ST úsek	normální v izolinii
8.	T vlna	norma
9.	QT interval	norma, 393 ms
10.	elektrická osa srdeční	fyzilogicky, 88°

ELEKTRICKÁ SRDEČNÍ OSA



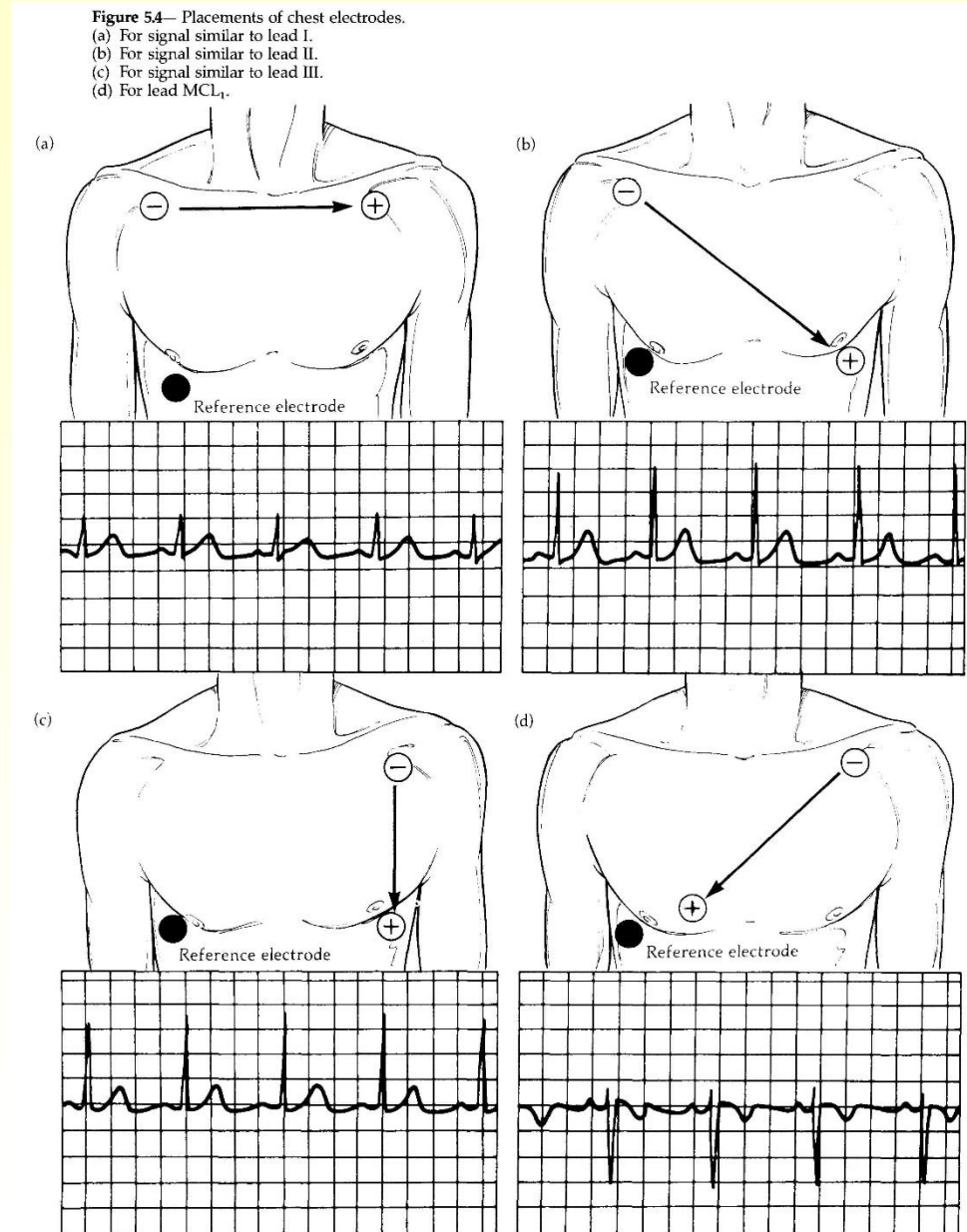
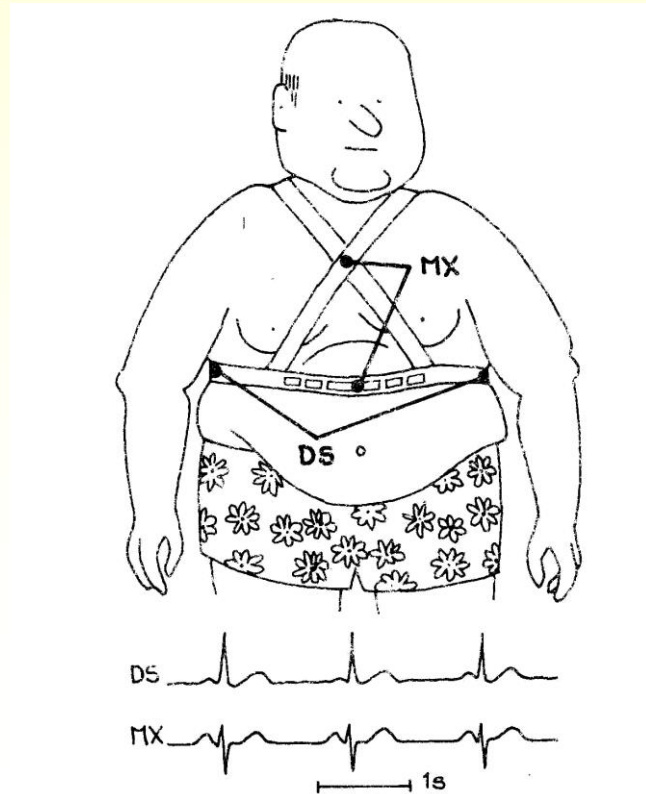
Cabrerův kruh

určení sklonu elektrické osy srdeční



Nahradní umístění elektrod

- co nejmenší vliv pohybu vyšetřovaného na kvalitu signálu – pohybové artefakty, myopotenciály;
- co nejmenší vliv vodičů na mobilitu vyšetřovaného



EKG zátěžové

bicyklová ergometrie, ergometrie



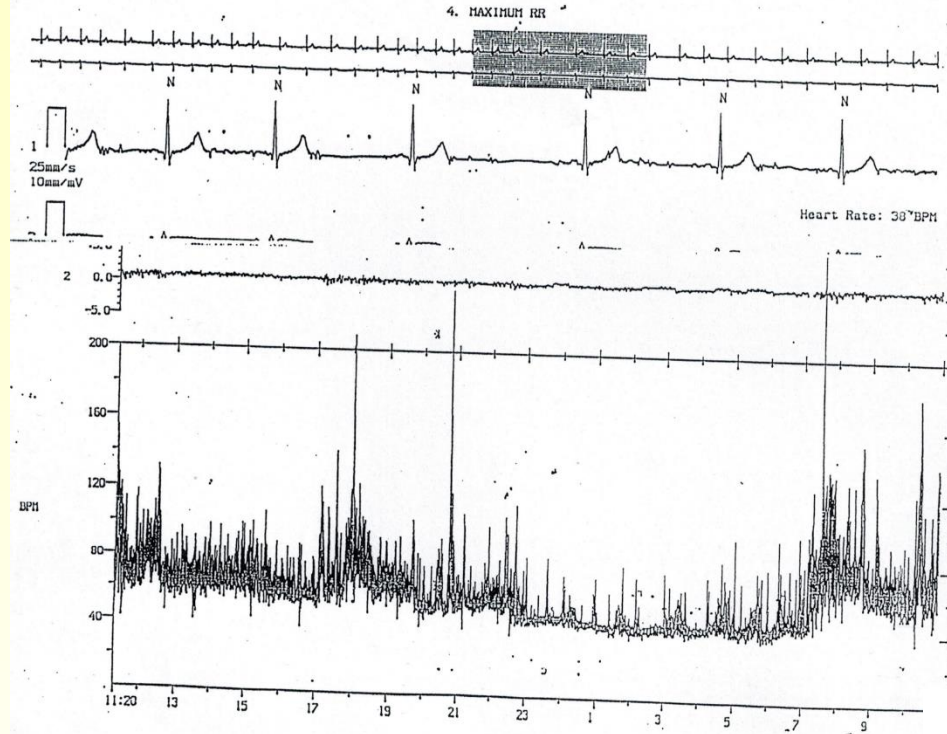
Sportovní, pracovní lékařství

- fyzická zátěž
- standardní protokoly
- zastaví se při vysoké tepové frekvenci



Stanovení maximální možné hodnoty srdeční frekvence při zátěžovém testu
 $MHR = 220 - \text{věk}$

Holterovská monitorace



SUMMARY

A total of 83122 beats were observed for the entire recording period of 23 hours, 39 minutes.
 The maximum heart rate during this period was 135 BPM during minute 7:33.
 The minimum heart rate was 35 BPM during minute 1:59.
 Atrial Fibrillation was present for 0X of the recording. Atrial Flutter for 0X. Junctional Rhythm for 0X.

SUPRAVENTRICULAR REPORT

A total of 0 supraventricular ectopic beats were observed; with 0 isolated single events, 0 couplets, and 0 runs.

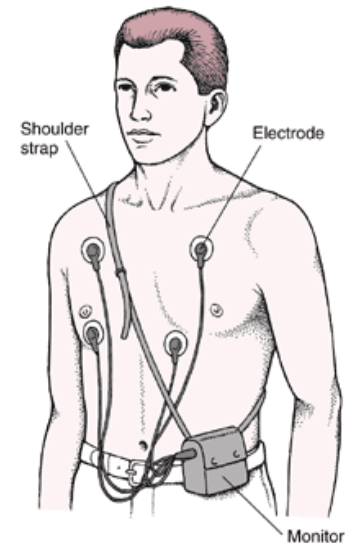
VENTRICULAR REPORT

A total of 0 ventricular ectopic beats were observed; with 0 isolated single events, 0 couplets, and 0 runs.

ST SEGMENT REPORT

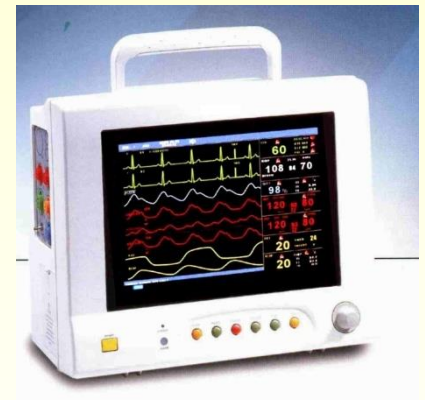
For channel 1, the maximum ST segment elevation/depression observed was + 2.0 mm during minute 8:12.
 For channel 2, the maximum ST segment elevation/depression observed was + 1.4 mm during minute 10:56.

Závěr: T^1 v ale sín. r. s přiměřenými tep. fr. při klidném bdění s akcelerací na max. 135/min.
 Ve spánku nejnižší tep. fr. 35-38 při RR int. 1,6 sec. - sinusová bradykardie.
 Jiné formy bradykardie nezastiženy - nemá AV blok.

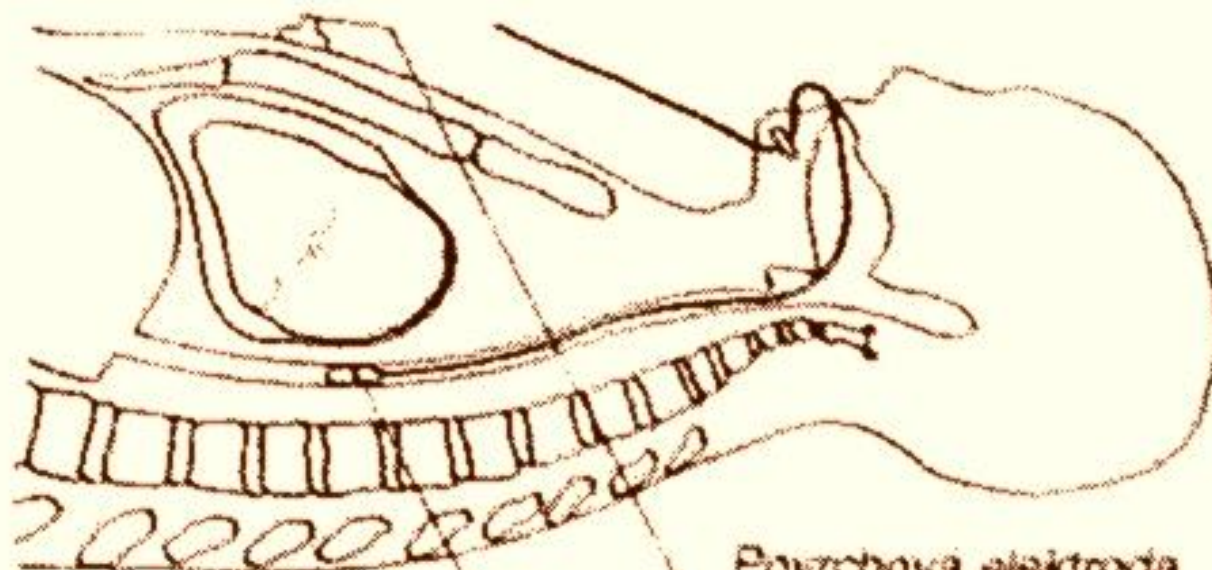


Monitorování EKG v intenzivní péči

- **monitorování (dlouhodobé)**
 - „bedside“ – monitorování jednoho svodu v reálném čase + dechová frekvence
 - změna rytmu
 - výskyt extrasystoly – začne houkat alarm



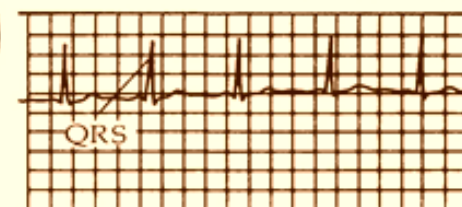
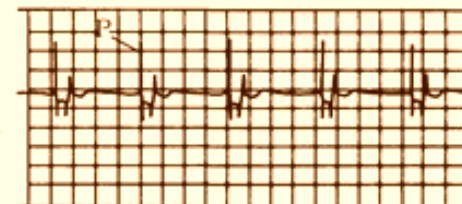
Jícnová elektrokardiografie



Jícnová elektroda
pro snímání EKG
a srdeční stimulaci

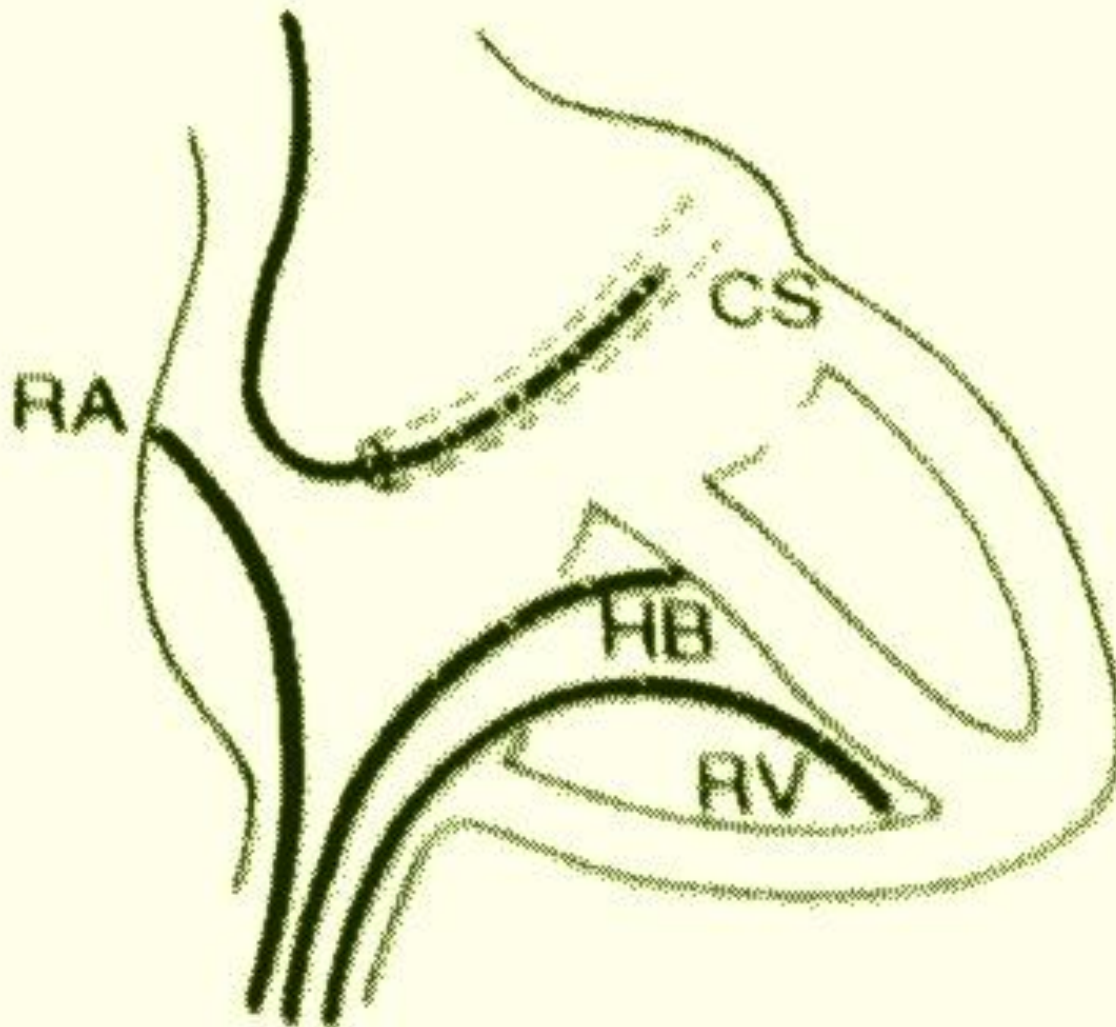
Povrchová elektroda
pro snímání povrchového EKG

Esophageal lead (Ebp)



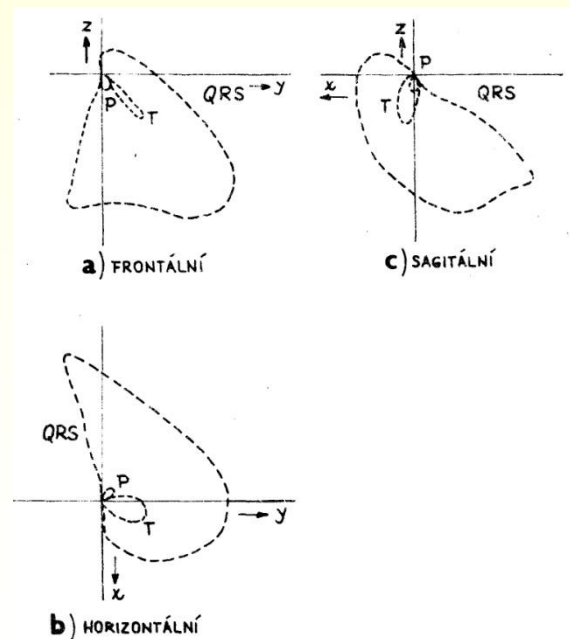
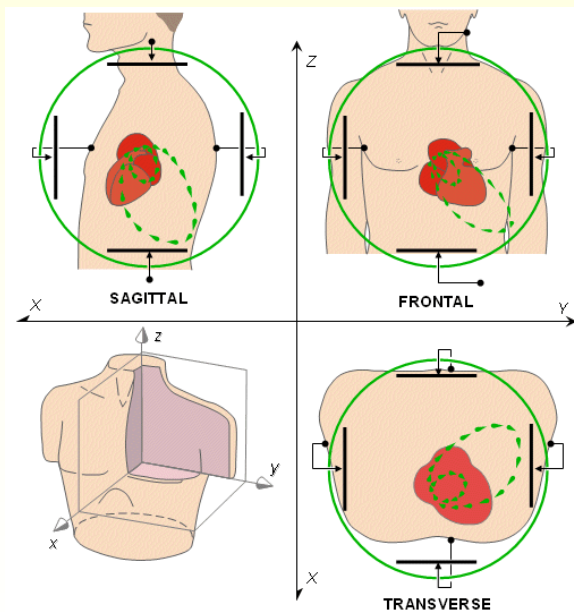
Lead II

Intrakardiální EKG

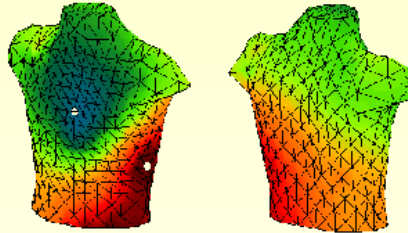
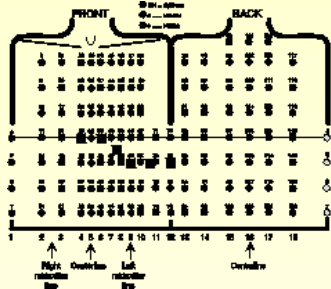


Vektorkardiografie (ortogonální svody)

- vyjadřují prostorové vlastnosti elektrického pole kolem srdce (hrudníku) pomocí tří ortogonálních signálů;
- zobrazení pomocí tří rovinných smyček;



Izopotenciálové mapování



EKG ve veterinární medicíně

končetinové svody :

snímají srdce ze stran a zezadu v horizontální rovině

I, II, aVL „se dívají“ na levý laterální povrch

III, aVF zezadu

aVR na pravou síň

hrudní svody :

snímají srdce v transverzální rovině

C1 „se dívá“ na pravou síň a komoru

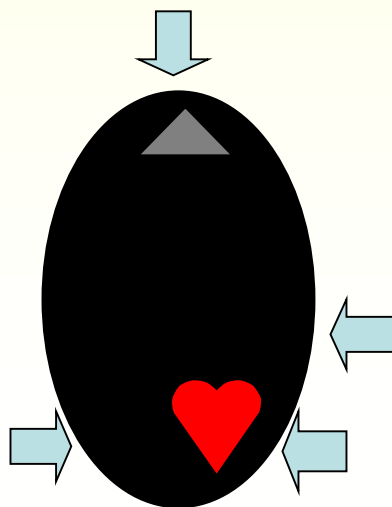
C4 na septum a levou komoru

C5 na levou komoru

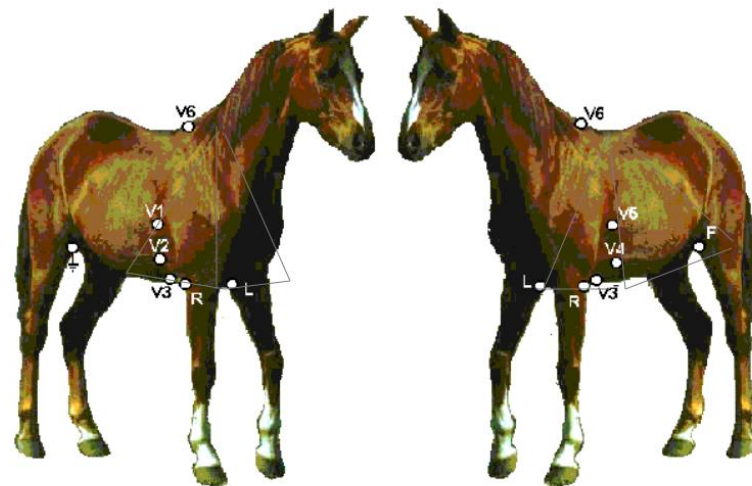
C6 levou síň

Poloha zvířete

- v sedě
- v náruči majitele
- na pravém boku
(ve stoje vznikají ARTEFAKTY !)



Tetraedronový svodový systém
(Hanák a Jagoš, 1983)

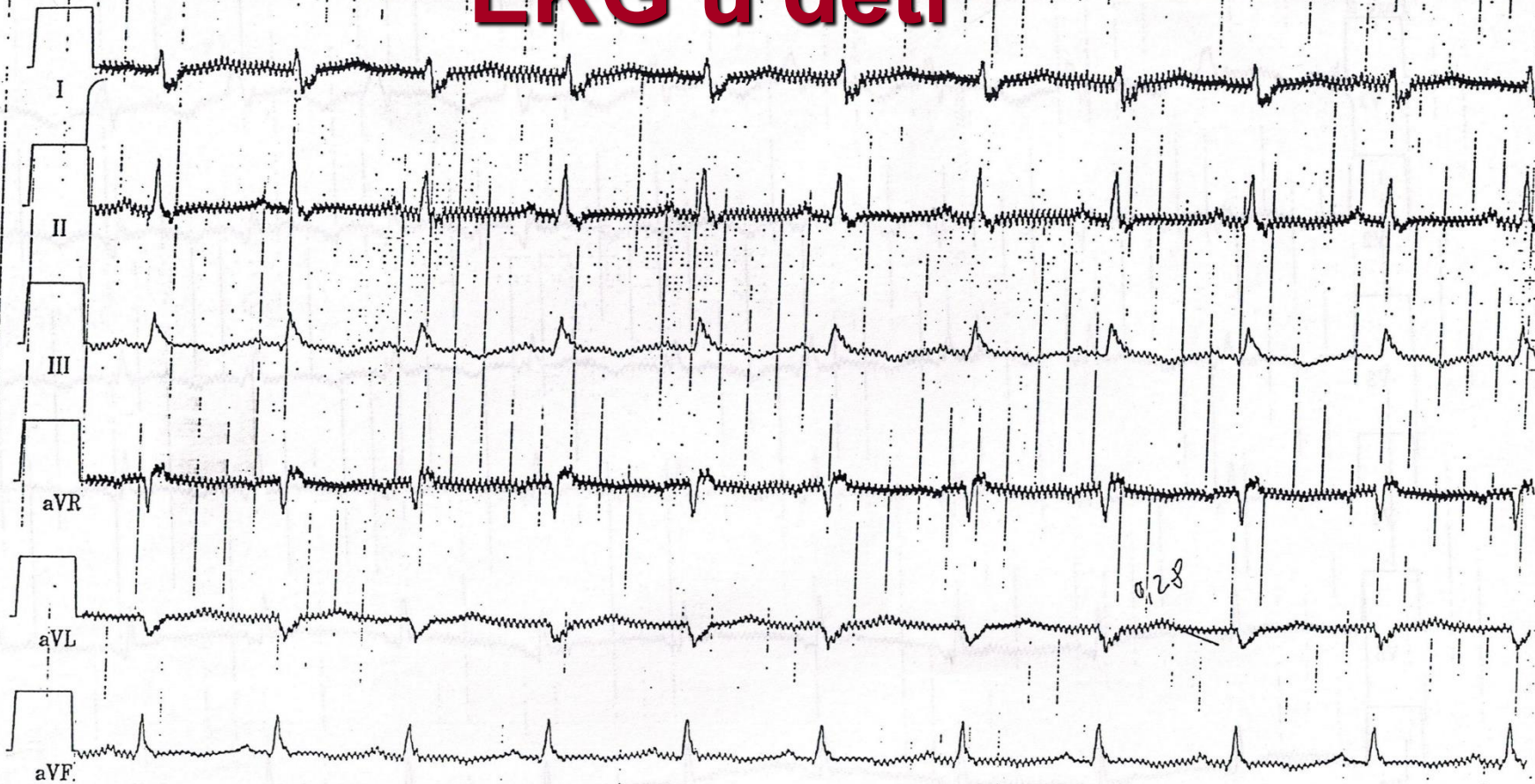


EKG u dětí

Age	Mean (range) Heart Rate (beats/min)	Mean (max) PR Interval (s)	Mean (range) QRS Axis (degrees)	Mean (max) QRS Interval (s)
0-4 weeks	145 (95-180)	0.10 (0.12)	+110 (30-180)	0.05 (0.07)
1-6 months	145 (110-180)	0.11 (0.14)	+70 (10-125)	0.05 (0.075)
6-12 months	135 (110-170)	0.11 (0.14)	+60 (10-110)	0.05 (0.075)
1-3 years	120 (90-150)	0.11 (0.15)	+60 (10-110)	0.05 (0.075)
4-5 years	110 (65-135)	0.13 (0.15)	+60 (0-110)	0.06 (0.075)
6-8 years	100 (60-130)	0.14 (0.16)	+60 (-15- +110)	0.06 (0.075)
9-11 years	85 (60-110)	0.14 (0.15)	+60 (-30- +105)	0.06 (0.085)
12-16 years	65 (60-110)	0.15 (0.17)	+60 (-30- +105)	0.07 (0.085)
> 16 years	80 (60-100)	0.15 (0.20)	+60 (-30- +105)	0.08 (0.10)

Reproduced from: Amieva-Wang NE. *A Practical Guide to Pediatric Emergency Medicine*. New York: Cambridge University Press; 2011.

EKG u dětí



ID: 16-Jan-2010 18:34:26

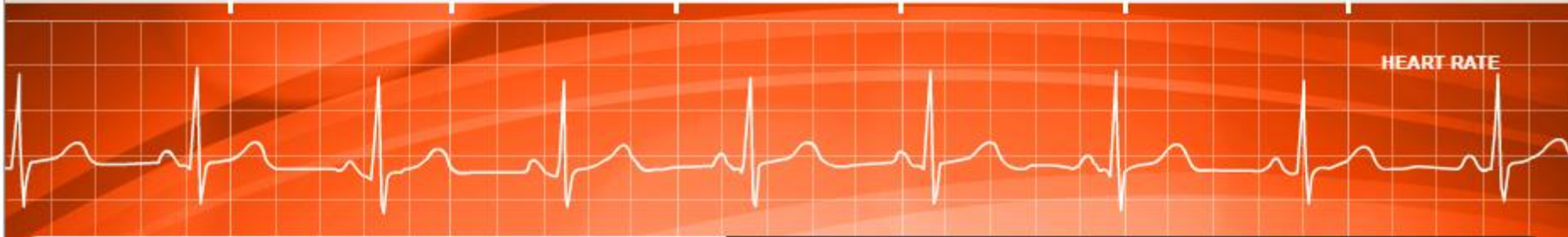
Vent. rate 126 bpm
PR interval 124 ms
QRS duration 96 ms
QT/QTc 320/463 ms
P-R-T axes 56 88 -6

Sinus tachycardia
Low voltage QRS
Incomplete right bundle branch block
T wave abnormality, consider anterior ischemia
Abnormal ECG

Unconfirmed

Základní EKG obrazy

The 6 Second ECG



Attempts: # Correct: % Correct: Time / ECG:

01:00



Sinus Rhythm	NSR with PAC	NSR with 1° AVB	NSR with PJC	NSR with PVC
Sinus Bradycardia	SVT	2° AVB Type I	Junctional Rhythm	Idioventricular
Sinus Tachycardia	Atrial Fibrillation	2° AVB Type II	Accel Junctional	Accelerated IVR
Sinus Arrhythmia	Atrial Flutter	2° AVB 2:1	Junctional Tachy	VTach
Sinus Exit Block	Paced Atrial	3° AV Block	Wandering Pacemaker	VFib
Sinus Arrest				Paced Ventricular



SKILLSTAT

LEARN

GAME

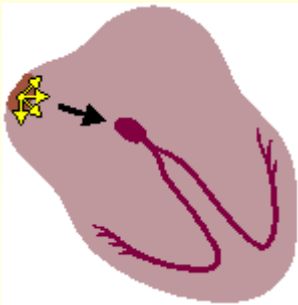


<https://www.skillstat.com/tools/ecg-simulator>

Normální sinusový rytmus

NORMAL SINUS RHYTHM

Impulses originate at S-A node at normal rate

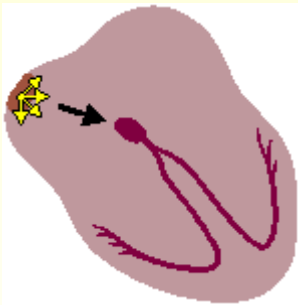


All complexes normal, evenly spaced
Rate 60 - 100/min

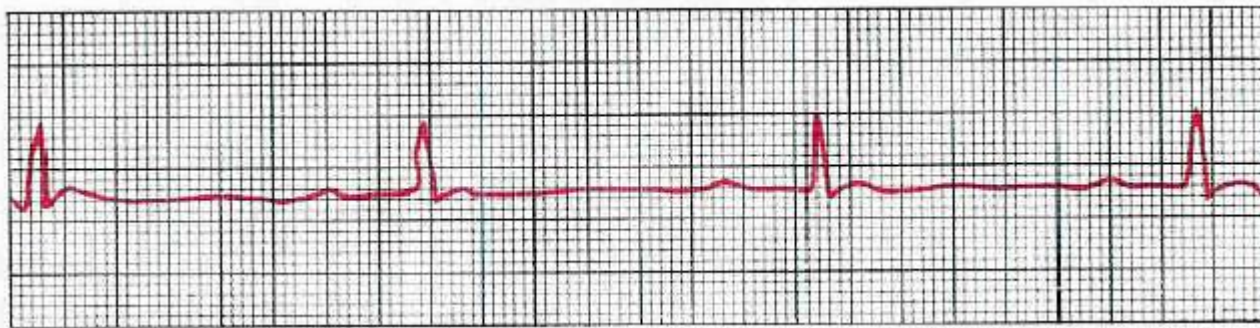
Sinusová bradykardie

SINUS BRADYCARDIA

Impulses originate at S-A node at slow rate



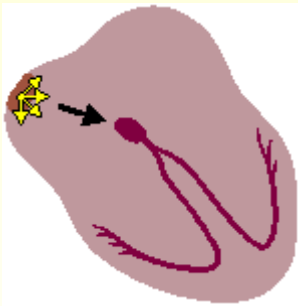
All complexes normal, evenly spaced
Rate < 60 - 100/min



Sinusová tachykardie

SINUS TACHYCARDIA

Impulses originate at S-A node at rapid rate



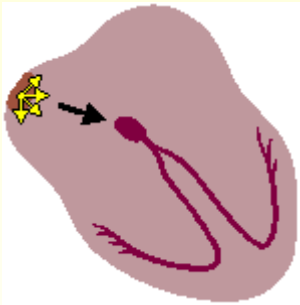
All complexes normal, evenly spaced
Rate > 100/min



Respirační arytmie

SINUS TACHYCARDIA

Impulses originate at S-A node at rapid rate

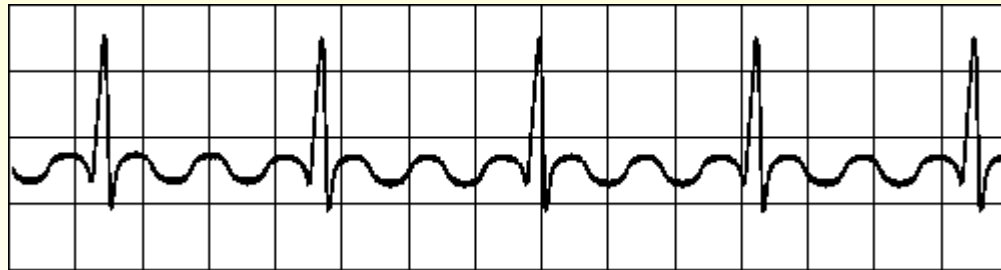
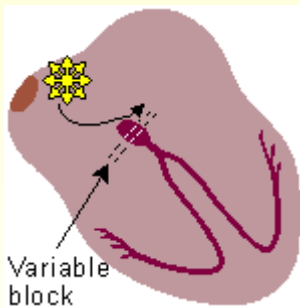


All complexes normal, rhythm is irregular
Longest R-R interval exceeds shortest > 0.16 s

Flutter síní

ATRIAL FLUTTER

Impulses travel in circular course in atria

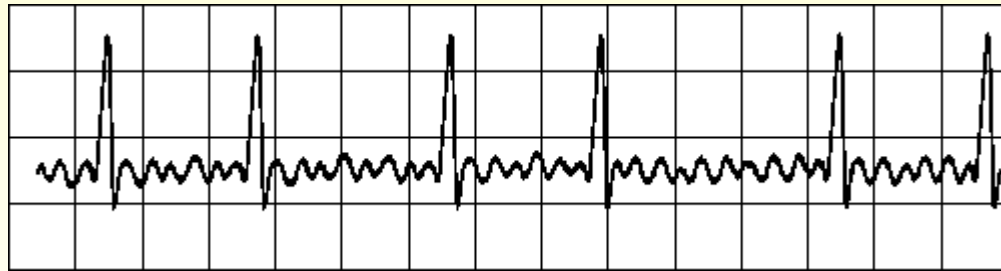
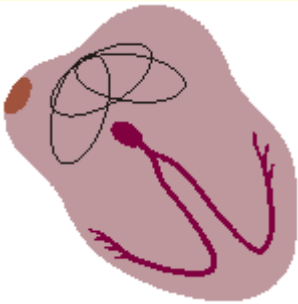


Rapid flutter waves, ventricular response irregular

Fibrilace síní

ATRIAL FIBRILLATION

Impuses have chaotic, random pathways in atria



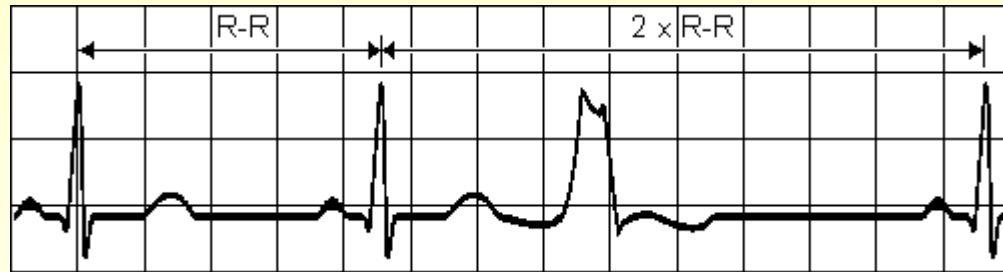
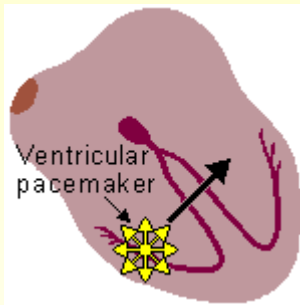
Baseline irregular, ventricular response irregular

Komorová extrasystola

(premature ventricular contraction, PVC)

PREMATURE VENTRICULAR CONTRACTION

A single impulse originates at right ventricle



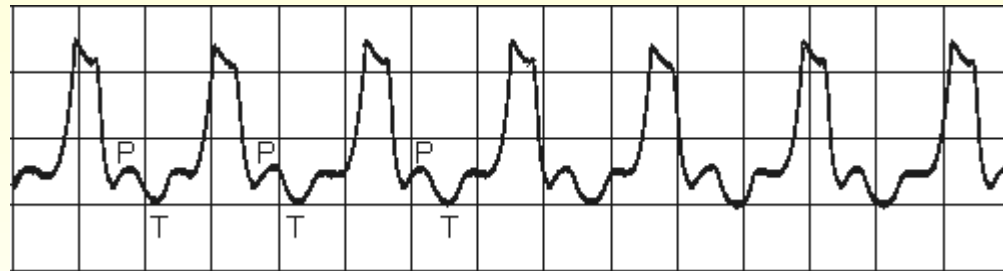
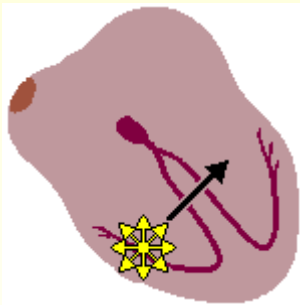
Time interval between normal R peaks
is a multiple of R-R intervals



Komorová tachykardie

VENTRICULAR TACHYCARDIA

Impulse originate at ventricular pacemaker

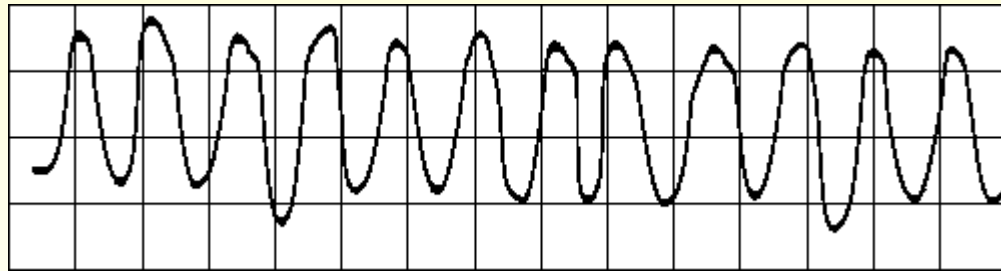
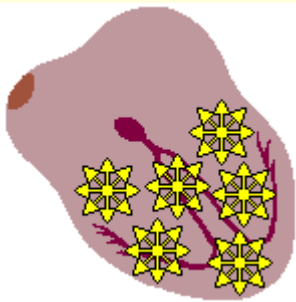


Wide ventricular complexes
Rate > 120/min

Fibrilace komor

VENTRICULAR FIBRILLATION

Chaotic ventricular depolarization

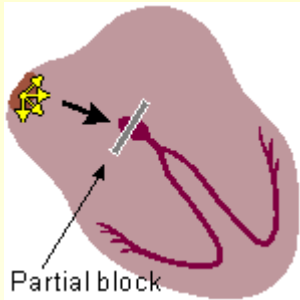


Rapid, wide, irregular ventricular complexes

A-V blokáda, 1. stupeň

A-V BLOCK, FIRST DEGREE

Atrio-ventricular conduction lengthened



P-wave precedes each QRS-complex but PR-interval is > 0.2 s

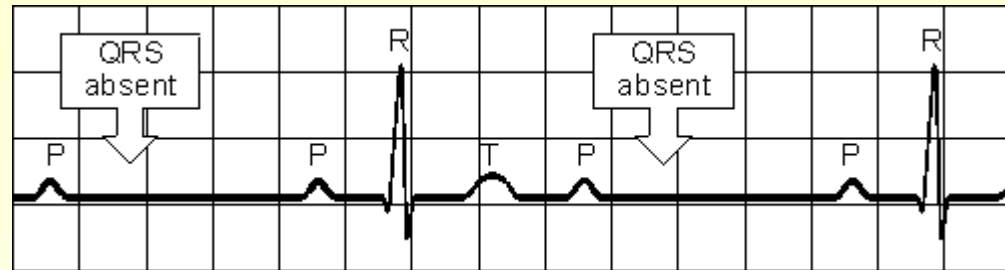
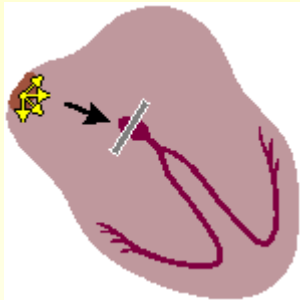
Prodloužení srdečního cyklu při 1.-stupňové blokádě AV uzlu



A-V blokáda, 2. stupeň

A-V BLOCK, SECOND DEGREE

Sudden dropped QRS-complex



Intermittently skipped ventricular beat

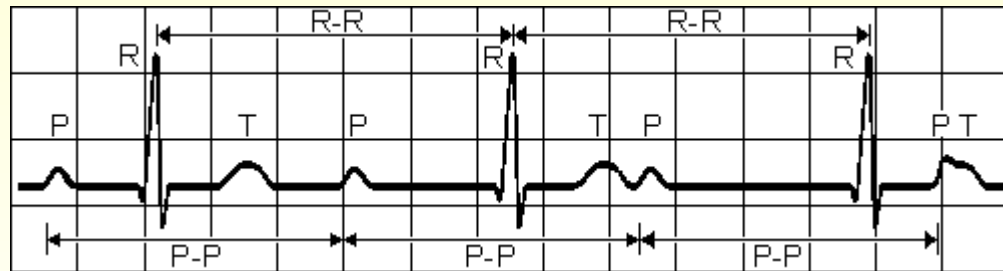
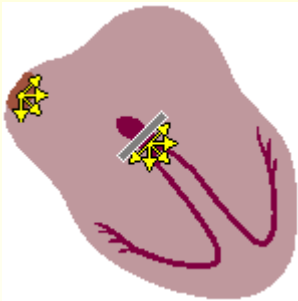
Blokáda AV uzlu 2. řádu, III. svod



A-V blokáda, 3. stupeň

A-V BLOCK, THIRD DEGREE

Impulses originate at AV node and proceed to ventricles
Atrial and ventricular activities are not synchronous



P-P interval normal and constant,
QRS complexes normal, rate constant, 20 - 55 /min

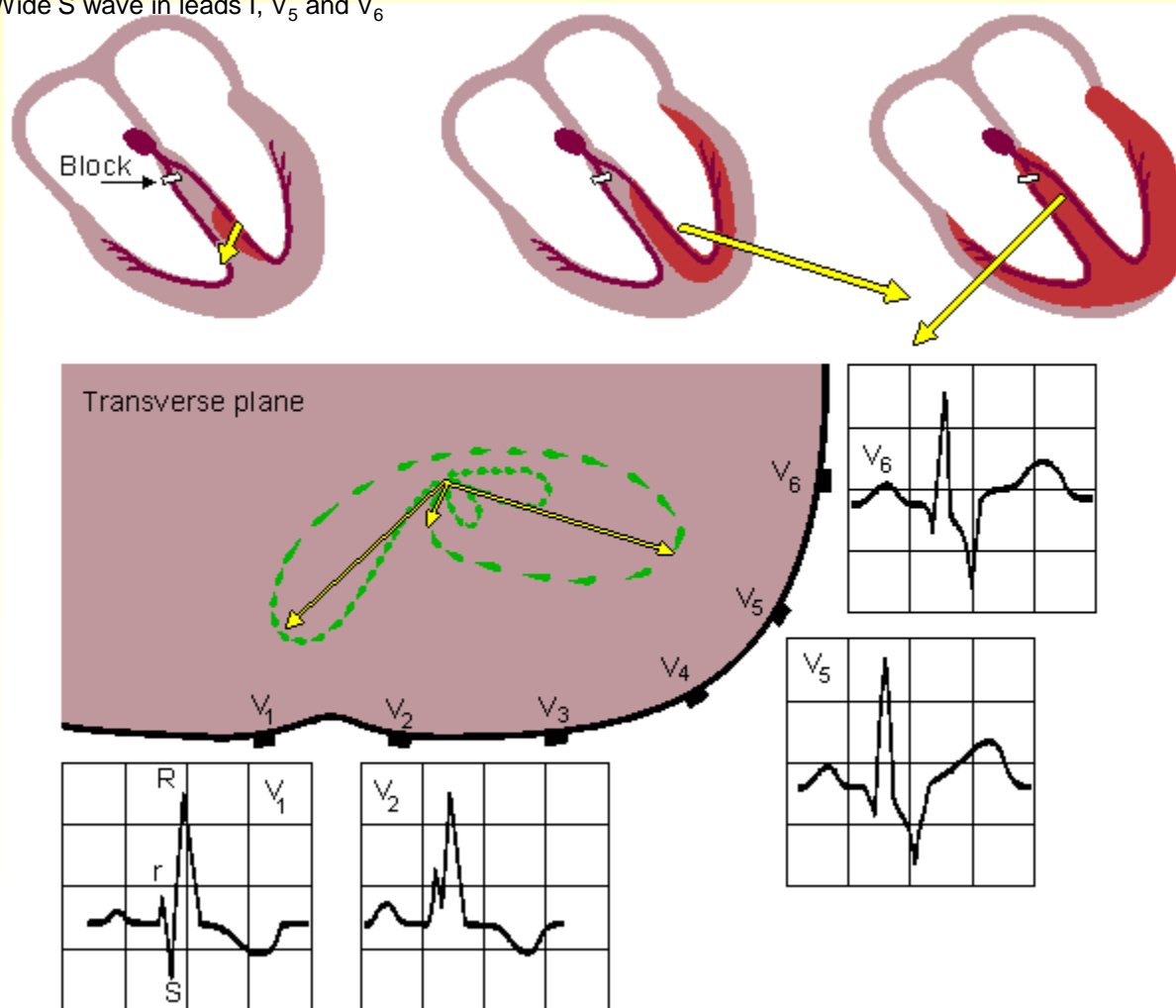
Úplná AV blokáda



Blokáda pravého Tawarova raménka

RIGHT BUNDLE-BRANCH BLOCK

QRS duration greater than 0.12 s
Wide S wave in leads I, V₅ and V₆

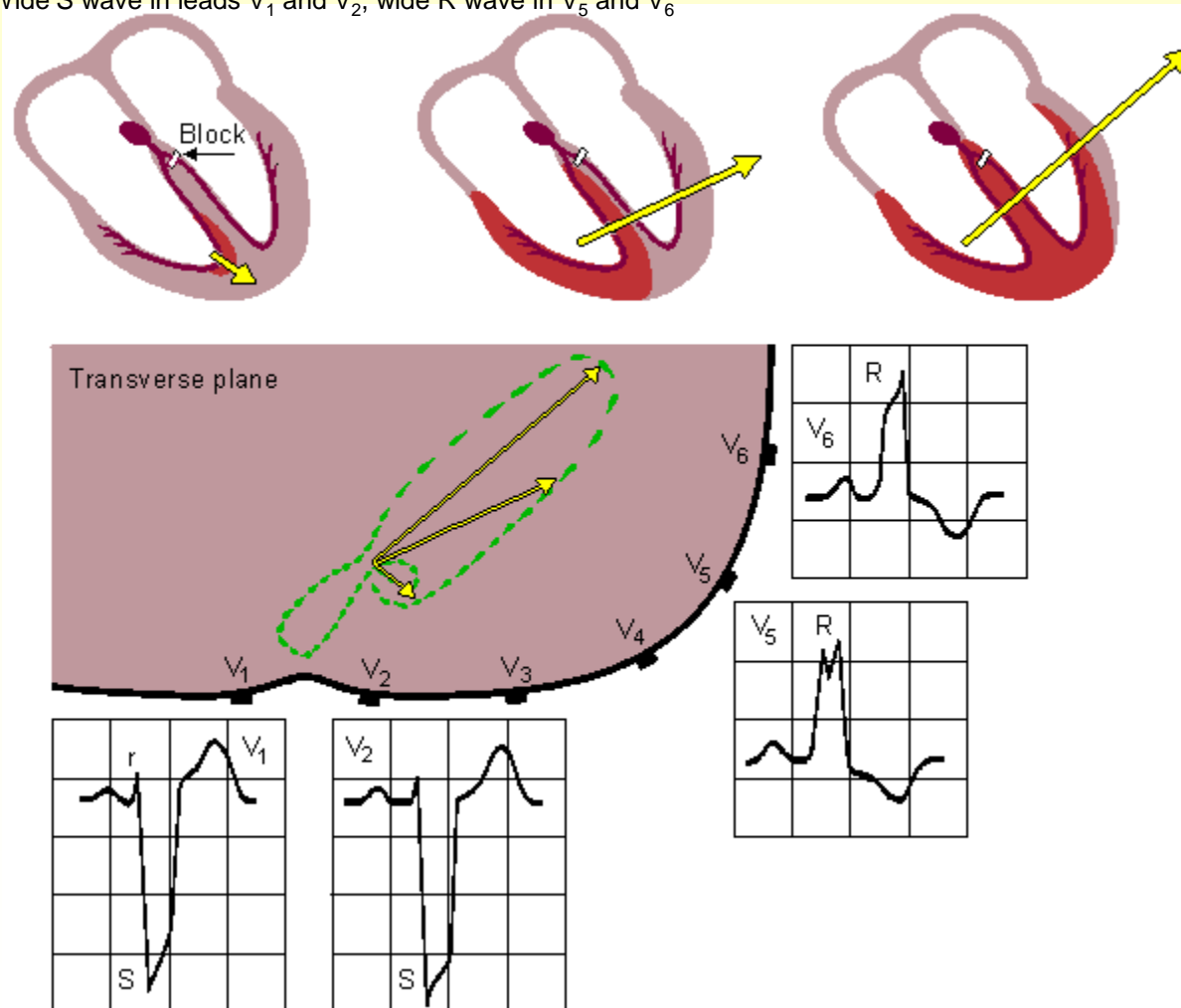


Blokáda levého Tawarova raménka

LEFT BUNDLE-BRANCH BLOCK

QRS duration greater than 0.12 s

Wide S wave in leads V₁ and V₂, wide R wave in V₅ and V₆



Síňová hypertrofie

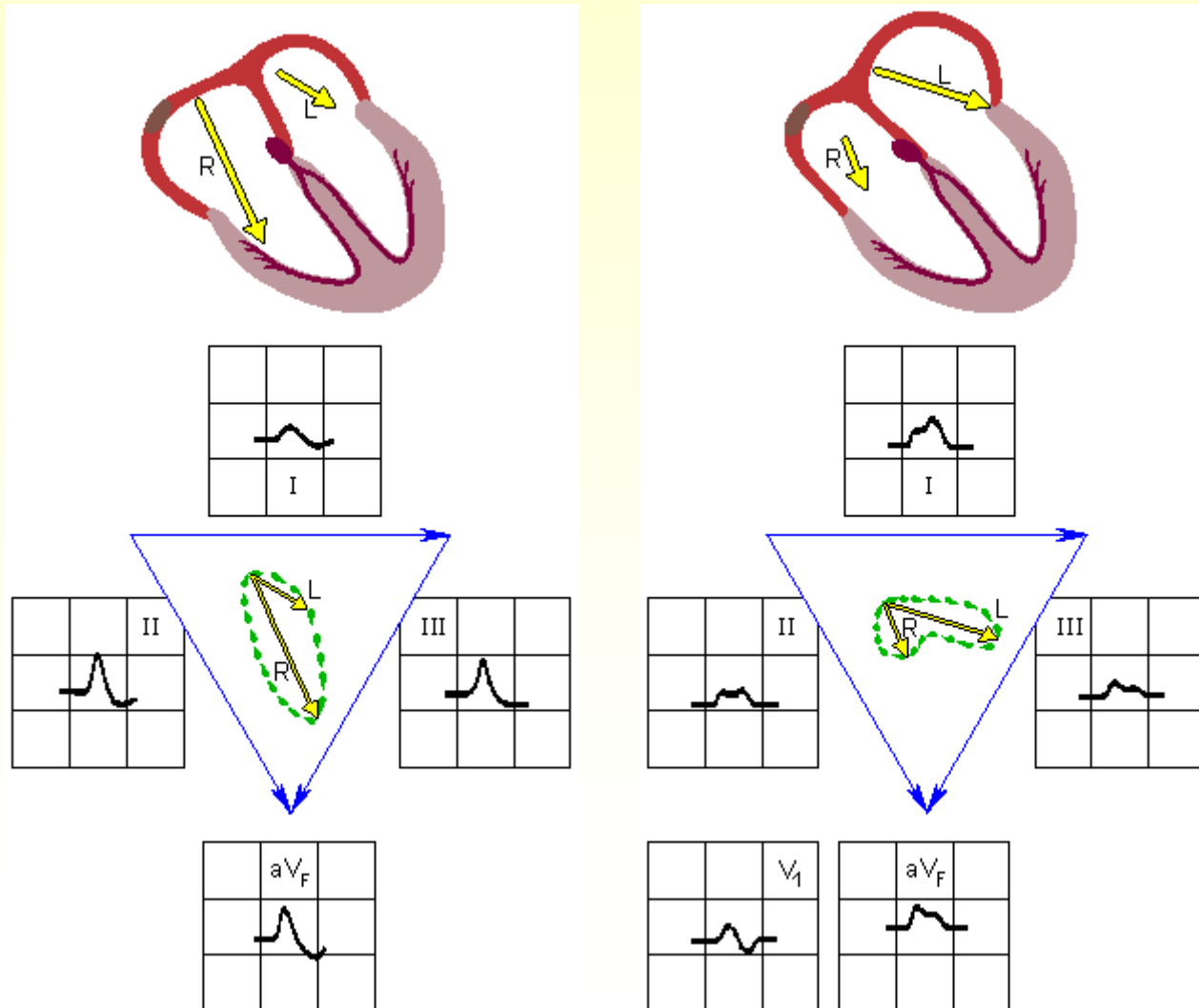
RIGHT ATRIAL HYPERTROPHY

Tall, peaked P wave in leads I and II

LEFT ATRIAL HYPERTROPHY

Wide, notched P wave in lead II

Diphasic P wave in V_1

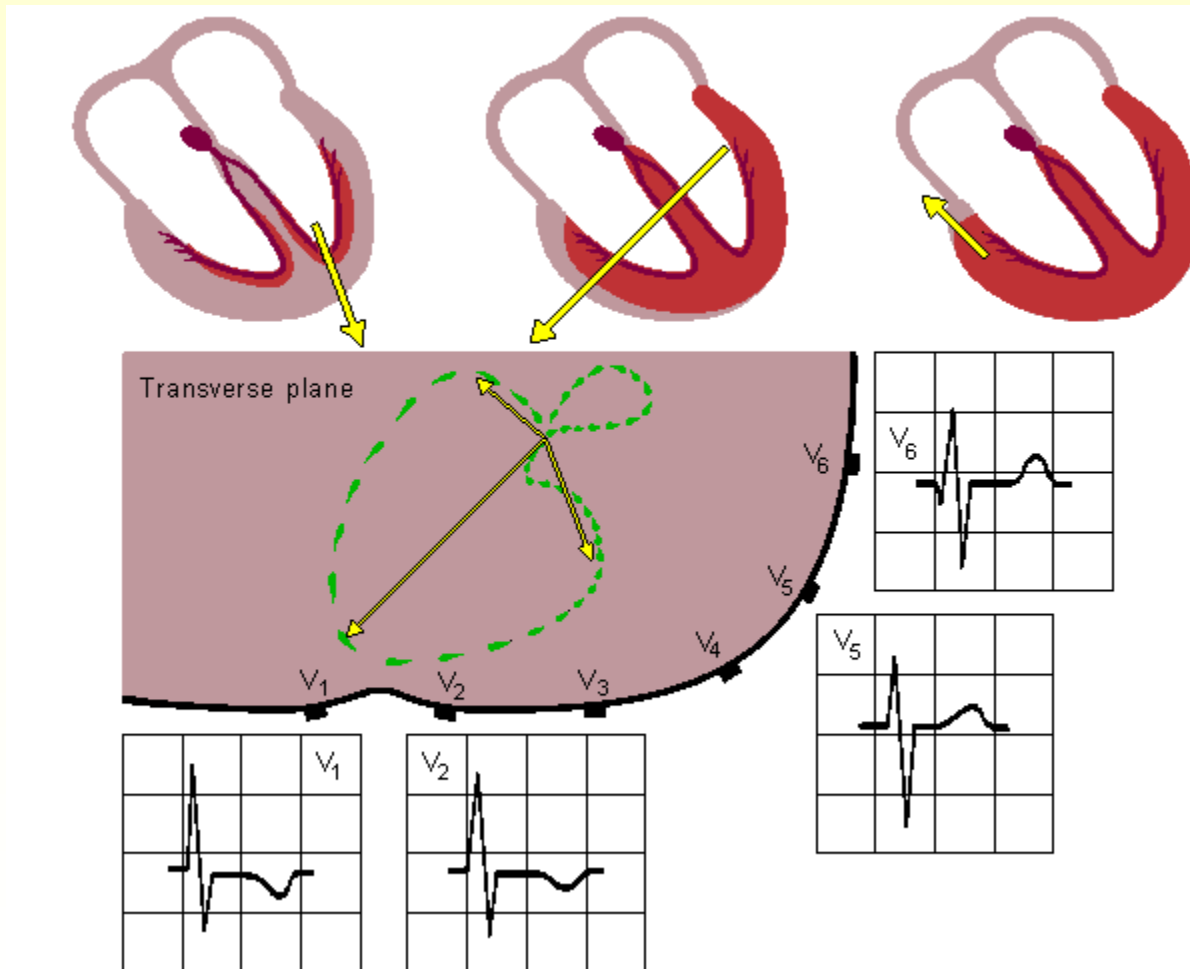


Hypertrofie pravé komory

RIGHT VENTRICULAR HYPERTROPHY

Large R wave in leads V_1 and V_3

Large S wave in leads V_5 and V_6

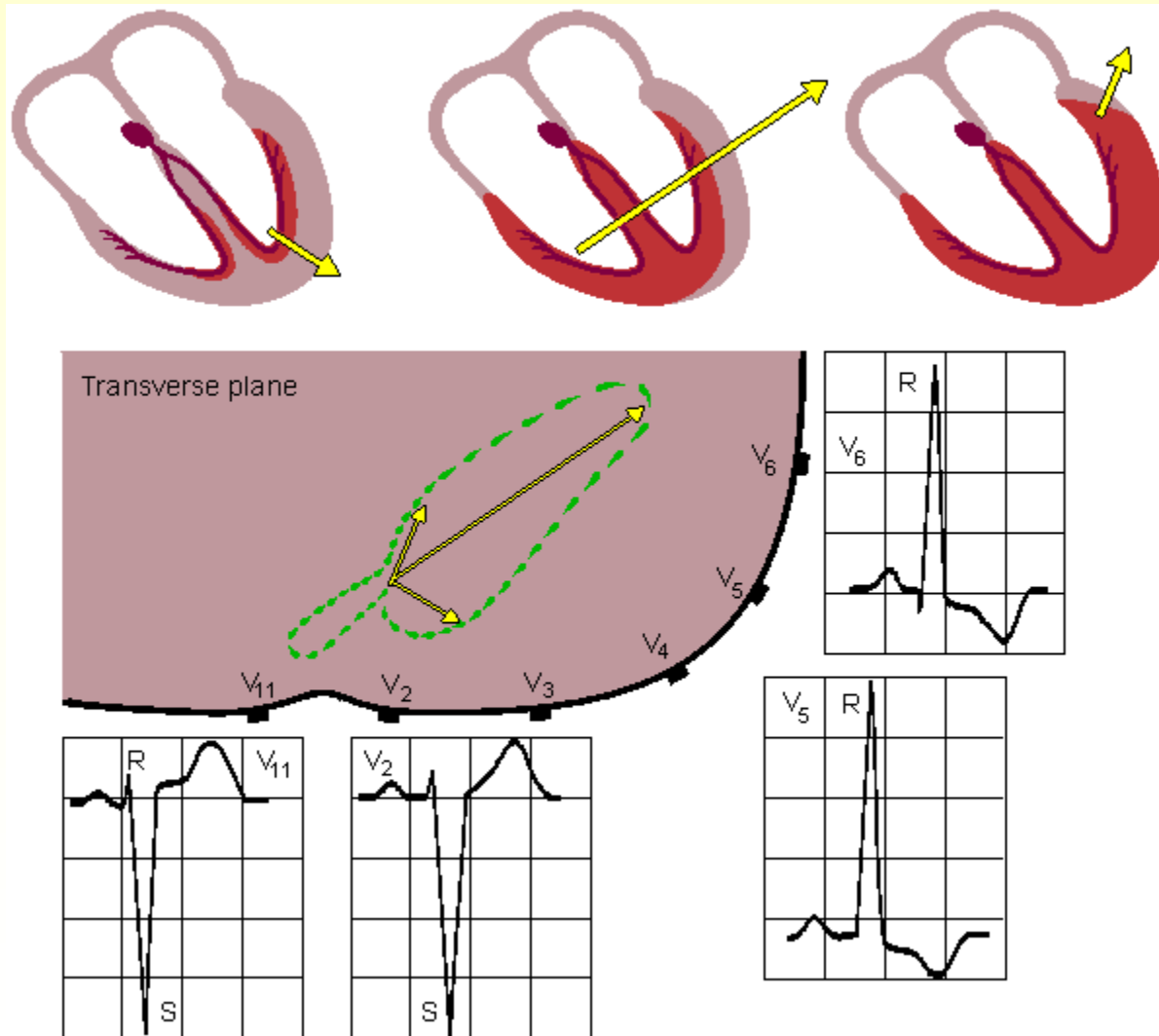


Hypertrofie levé komory

LEFT VENTRICULAR HYPERTROPHY

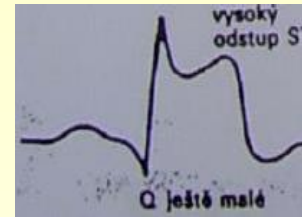
Large S wave in leads V₁ and V₂

Large R wave in leads V₅ and V₆

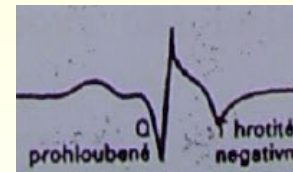


Infarkt myokardu

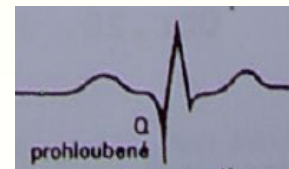
1. Akutní stadium
(po hodinách)



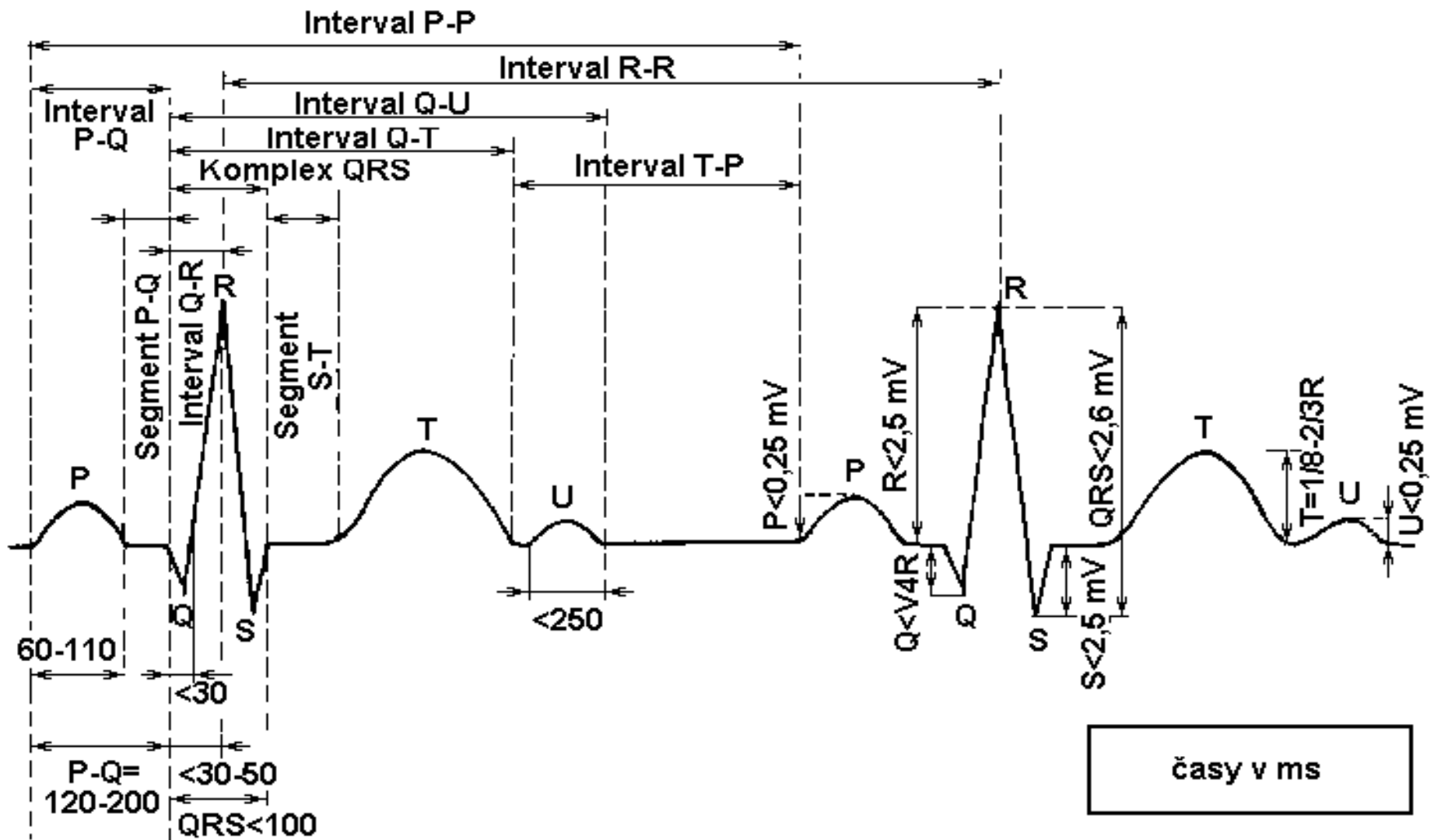
2. Následné stadium
(po dnech až týdnech)



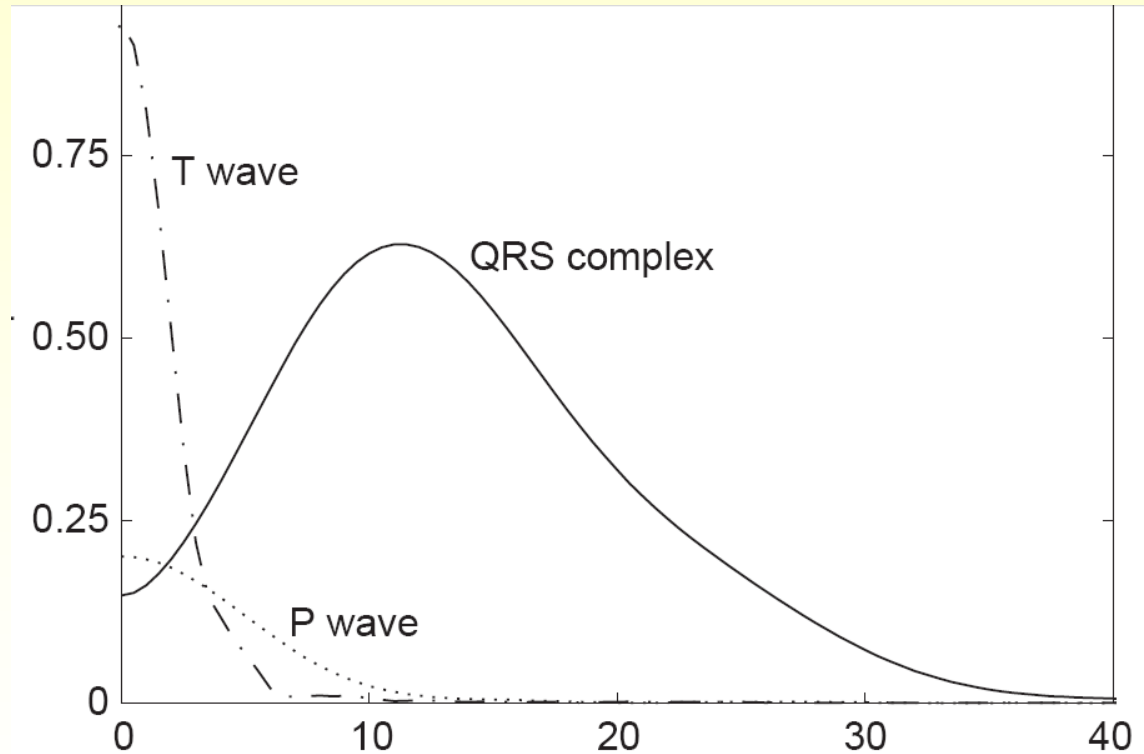
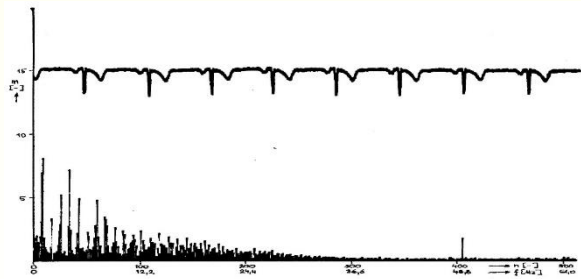
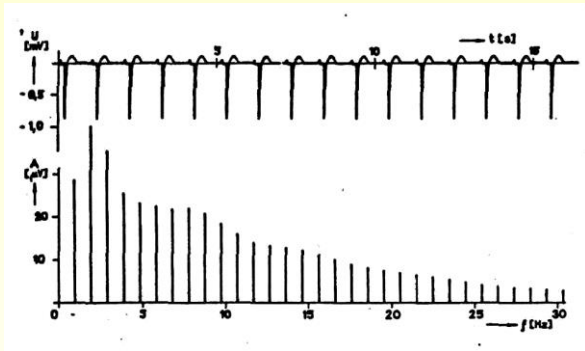
3. Pozdní stadium
(po měsících až letech)



Vlastnosti signálu EKG v časové oblasti



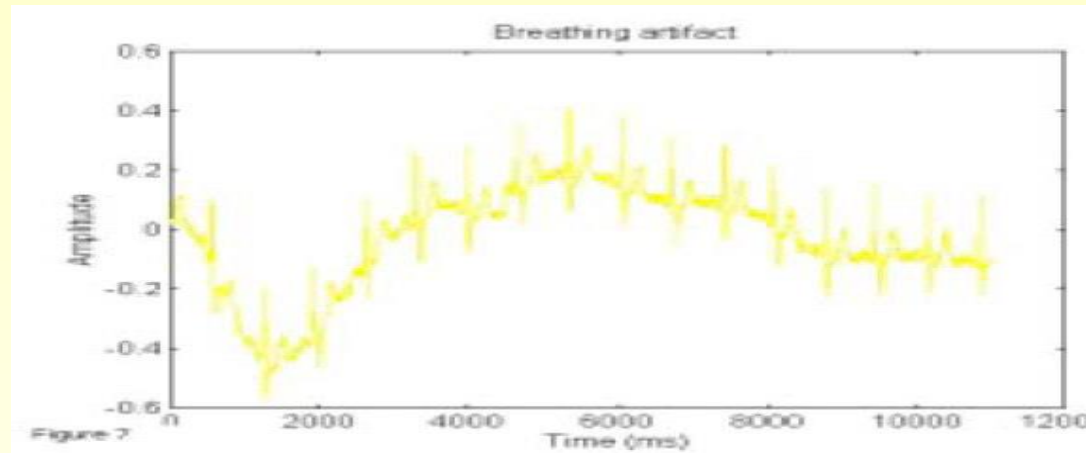
Vlastnosti signálu EKG ve frekvenční oblasti



Rušení signálu EKG

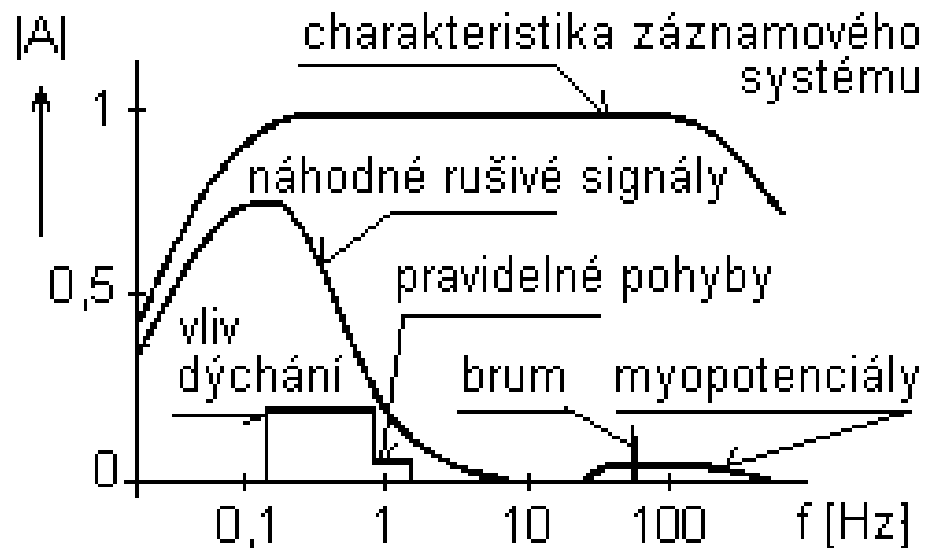
• ÚZKOPÁSMOVÉ RUŠENÍ

- kolísání (drift)
základní
izoelektrické linie
- síťové rušení (50 Hz)



• ŠIROKOPÁSMOVÉ RUŠENÍ

- myopotenciály
- rychlé (skokové)
změny izoline
- impulsní rušení



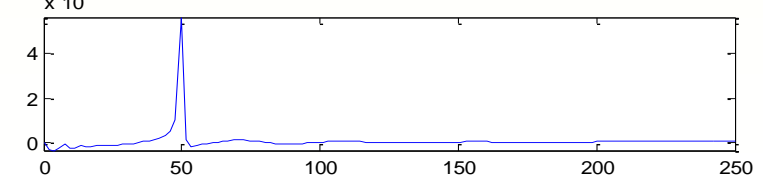
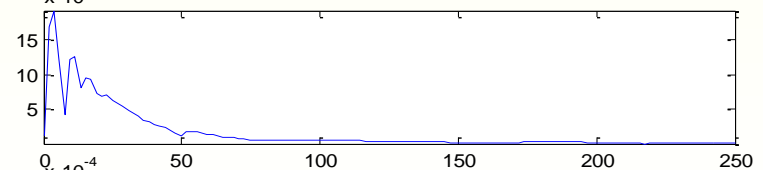
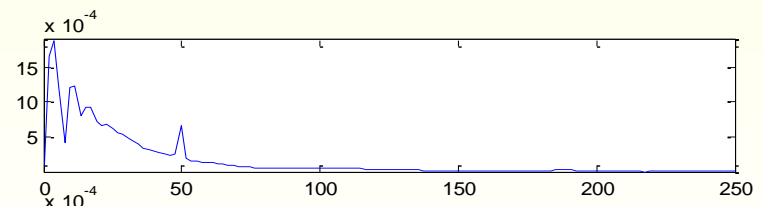
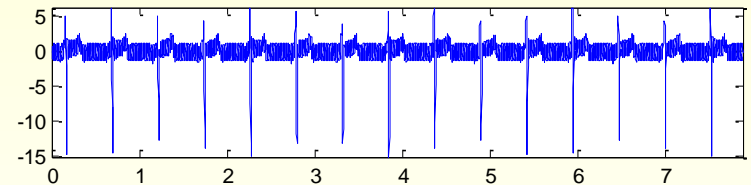
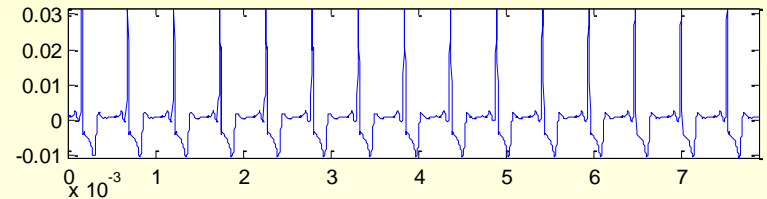
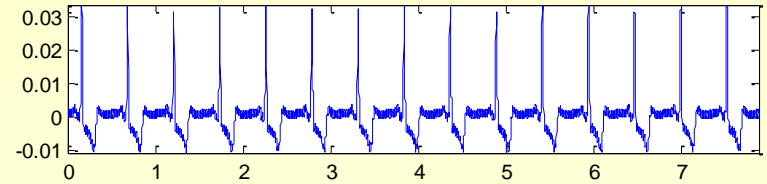
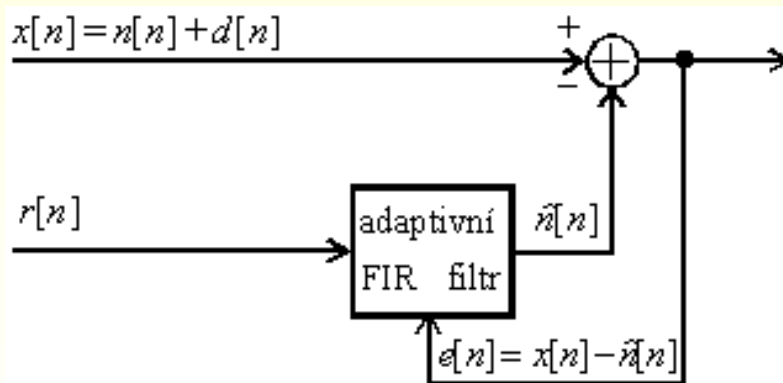
Zpracování a analýza signálu EKG

- **potlačení rušení**
- **výběr charakteristik**
- **klasifikace**
- **interpretace**

Potlačení rušení

Filtrace síťového brumu 50 Hz

- Lineární filtrace
- Adaptivní filtrace

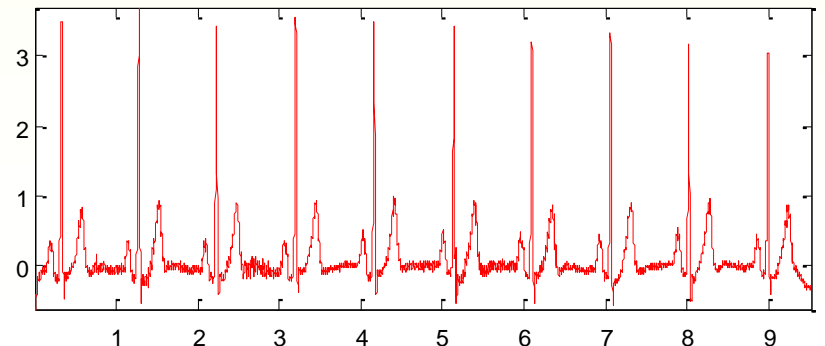
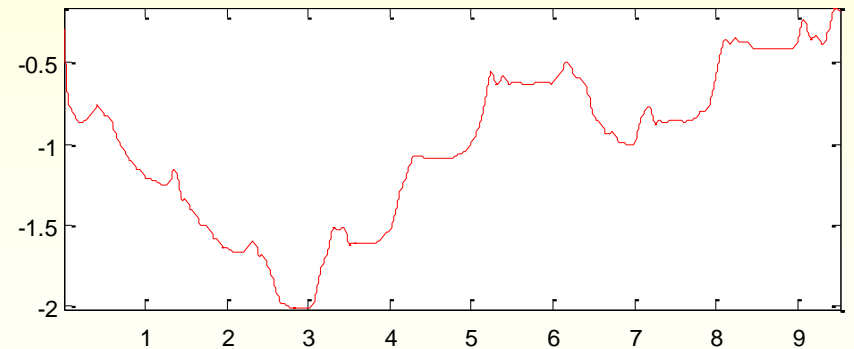
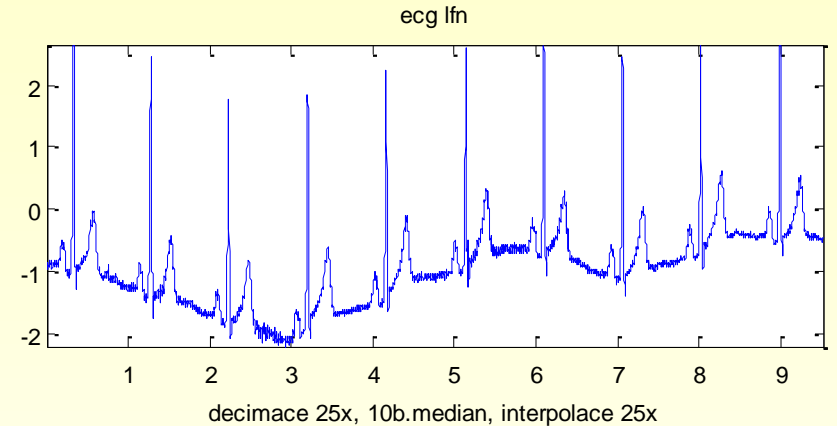


- Nelineární heuristické algoritmy

Potlačení rušení

Filtrace driftu izoelektrické linie

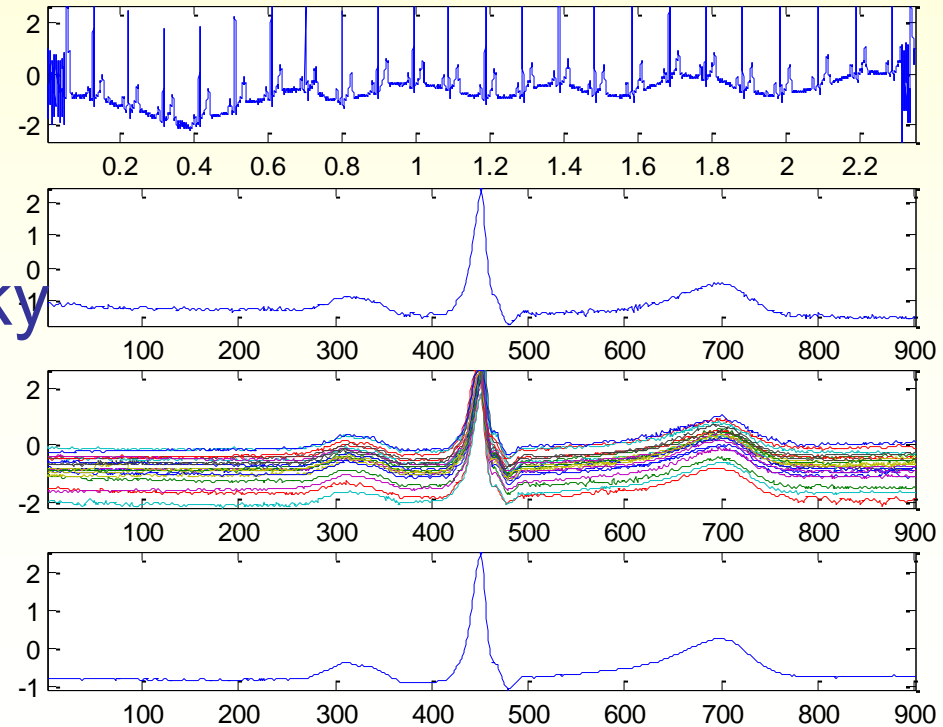
- lineární filtrace horní propustí
- odečtení odhadu kolísání driftu
- heuristické algoritmy



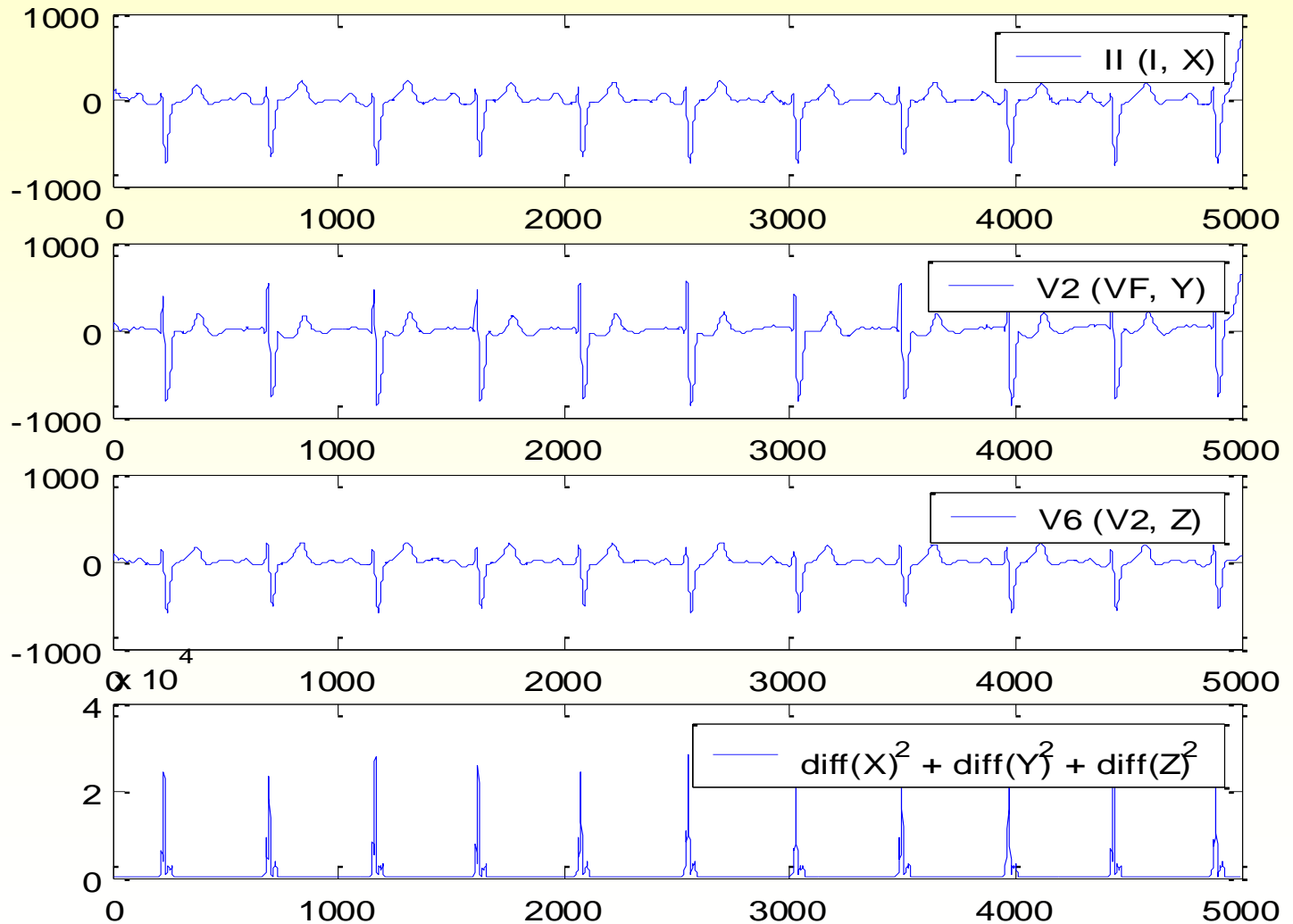
Potlačení rušení

Filtrace myopotenciálu

- synchronní průměrování
- wavelety
- dekompoziční techniky



Zpracování vícesvodového záznamu



Detekce signálů v EKG

Obecný postup:

- Pan Tompkinsův algoritmus detekce R špičky
- Rozměření QRS komplexu
- Detekce T-vlny
- Určení konce T vlny
- Detekce atriálního signálu
- Analýza S-T segmentu

Detekce komplexu QRS

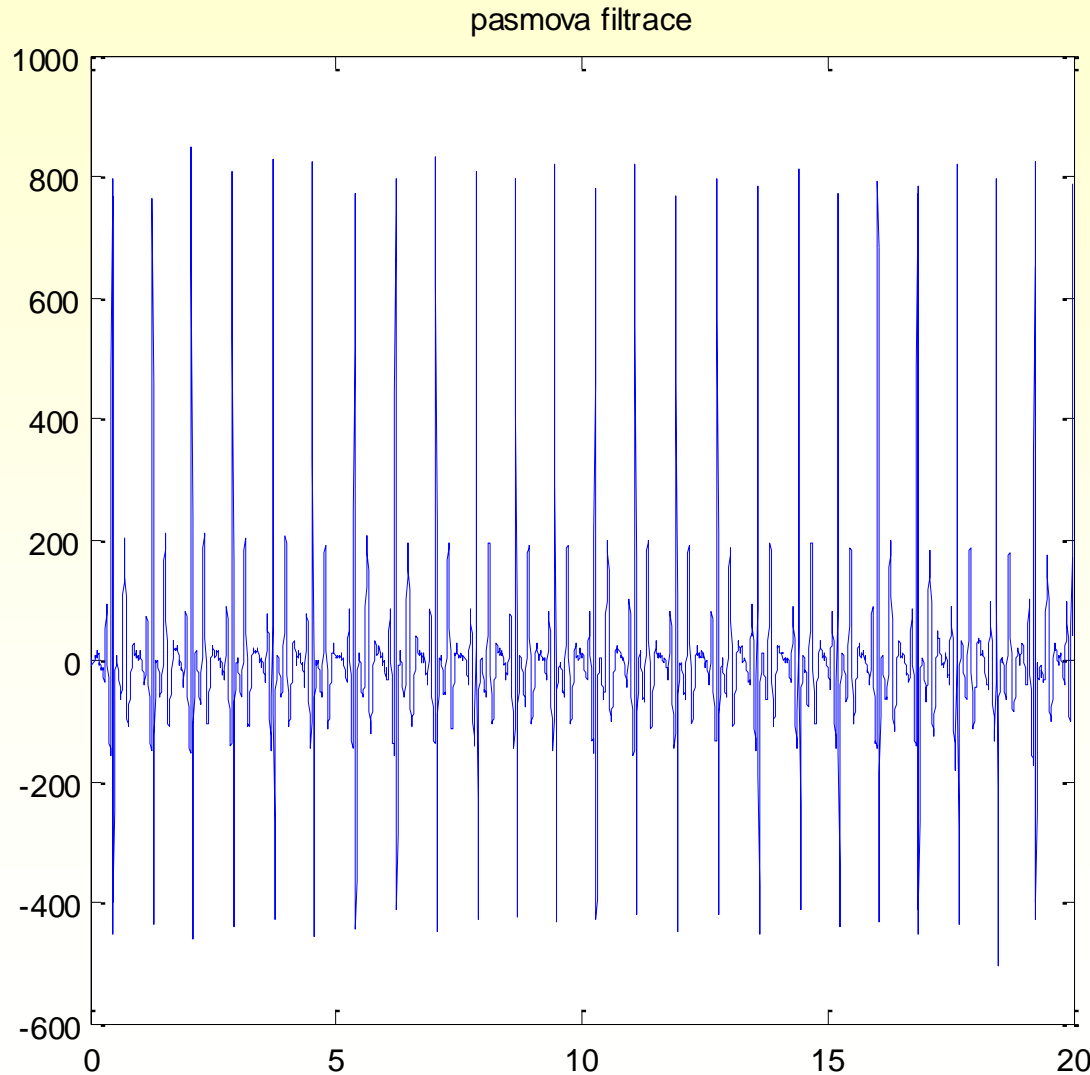
QRS komplex

- nejvýraznější grafoelement v EKG signálu
- základní procedura všech počítačových analýz
- na spolehlivosti, přesnosti a rychlosti QRS detekce závisí celá EKG analýza

Pan-Tompkinsonův algoritmus nalezení QRS

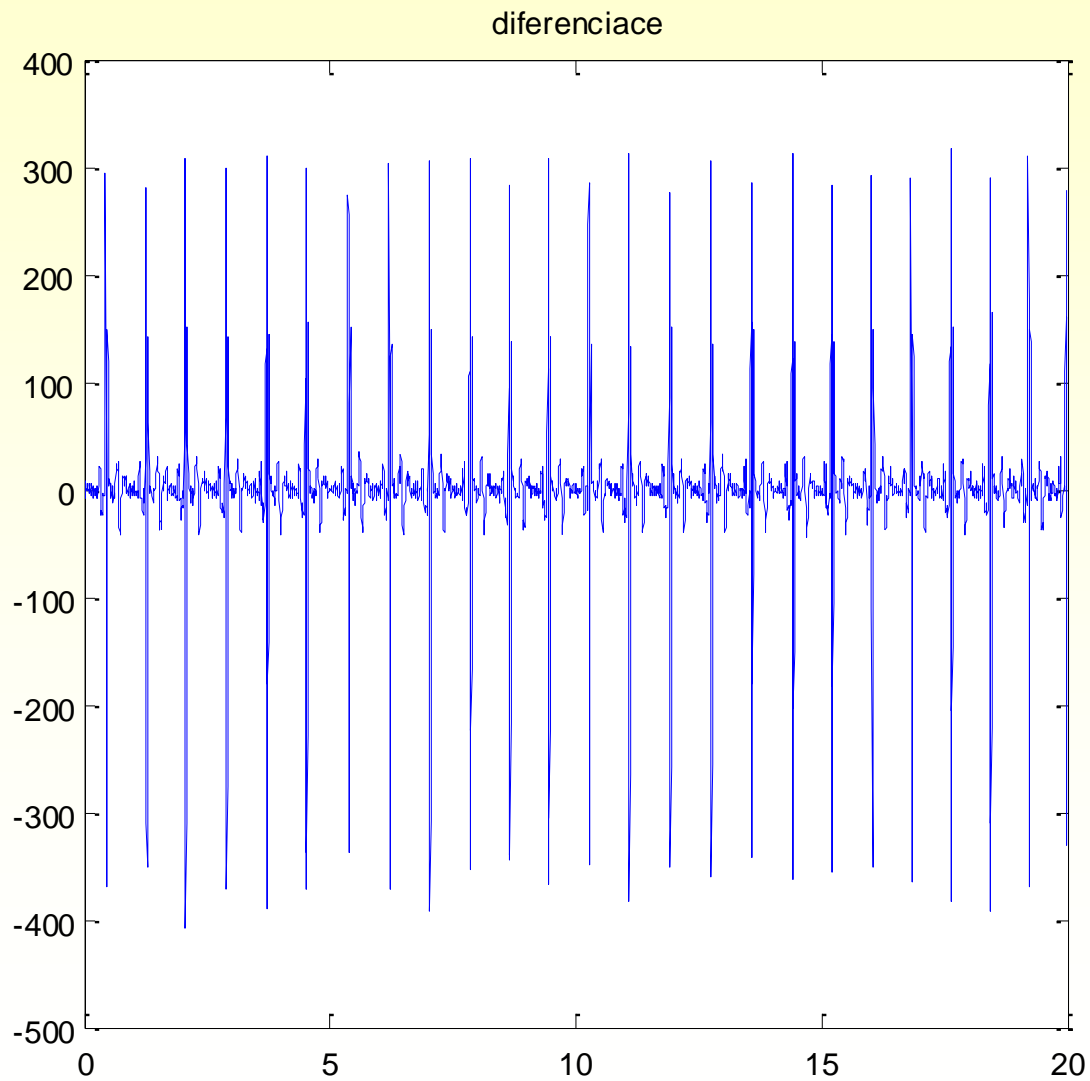
1. PP
2. diff(x)
3. x^2
4. MA
5. práh

1. filtrace



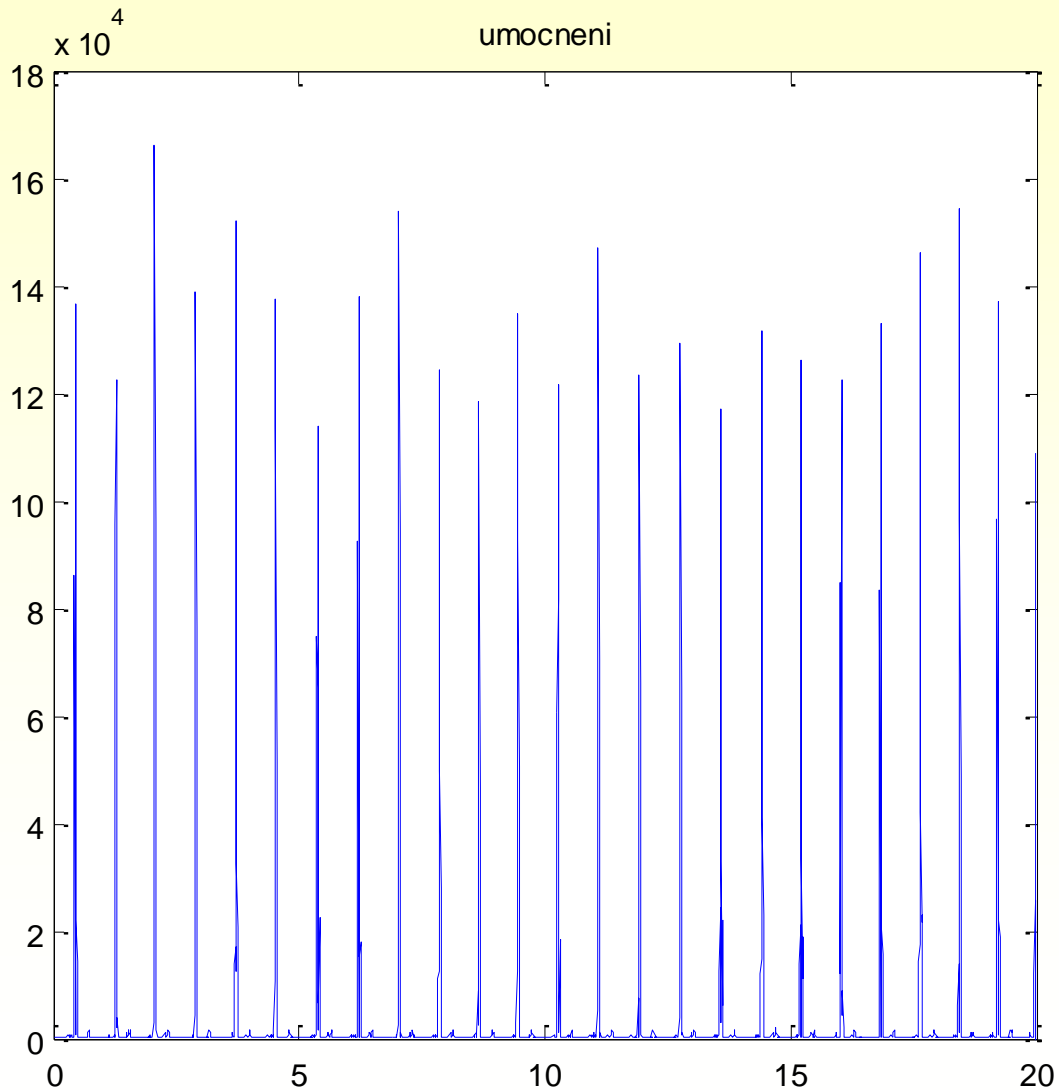
```
[b,a] = butter(2, [4 30]/(fs/2)); % filtrace mezi 4 a 30 Hz
```

2. differenziace

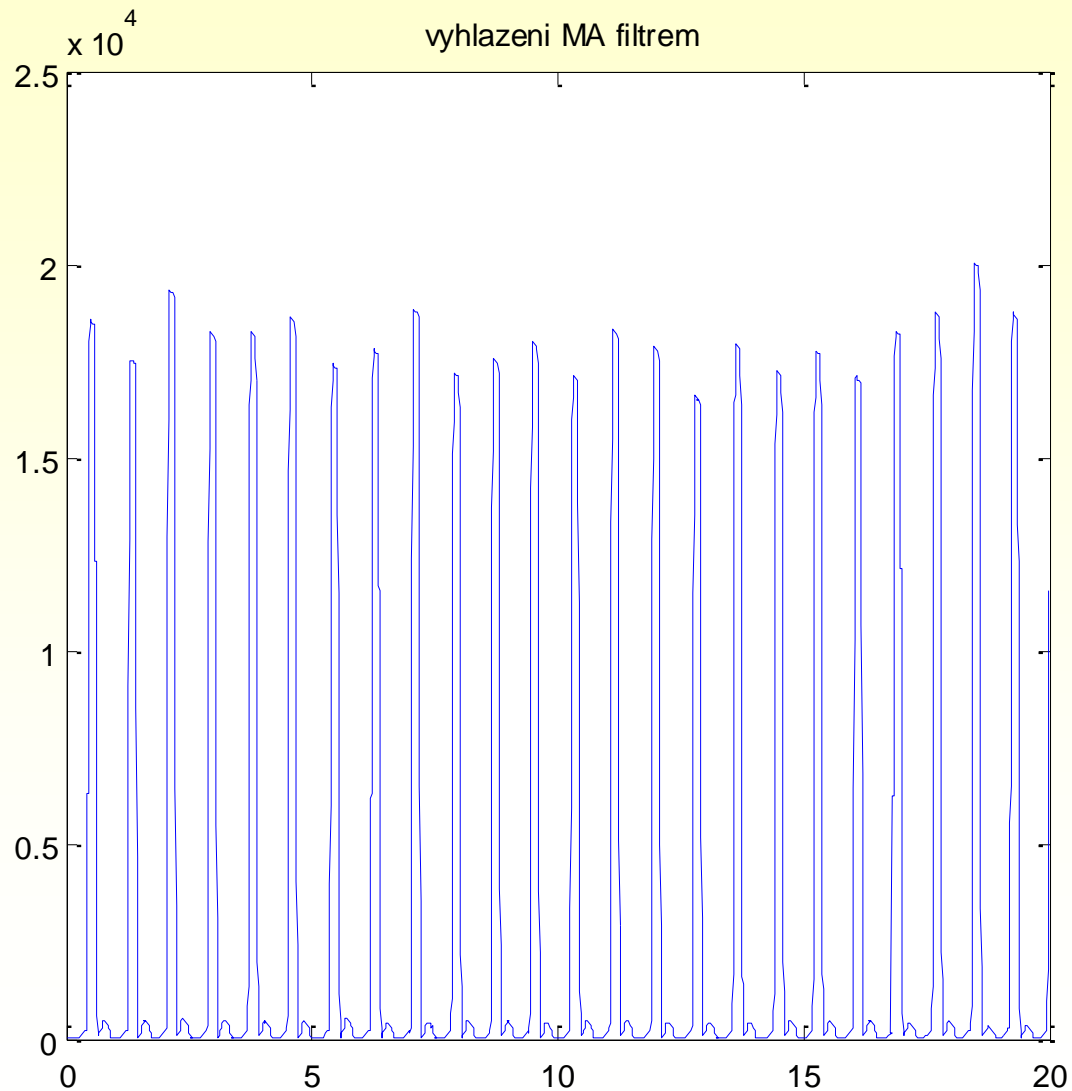


3. umocnění

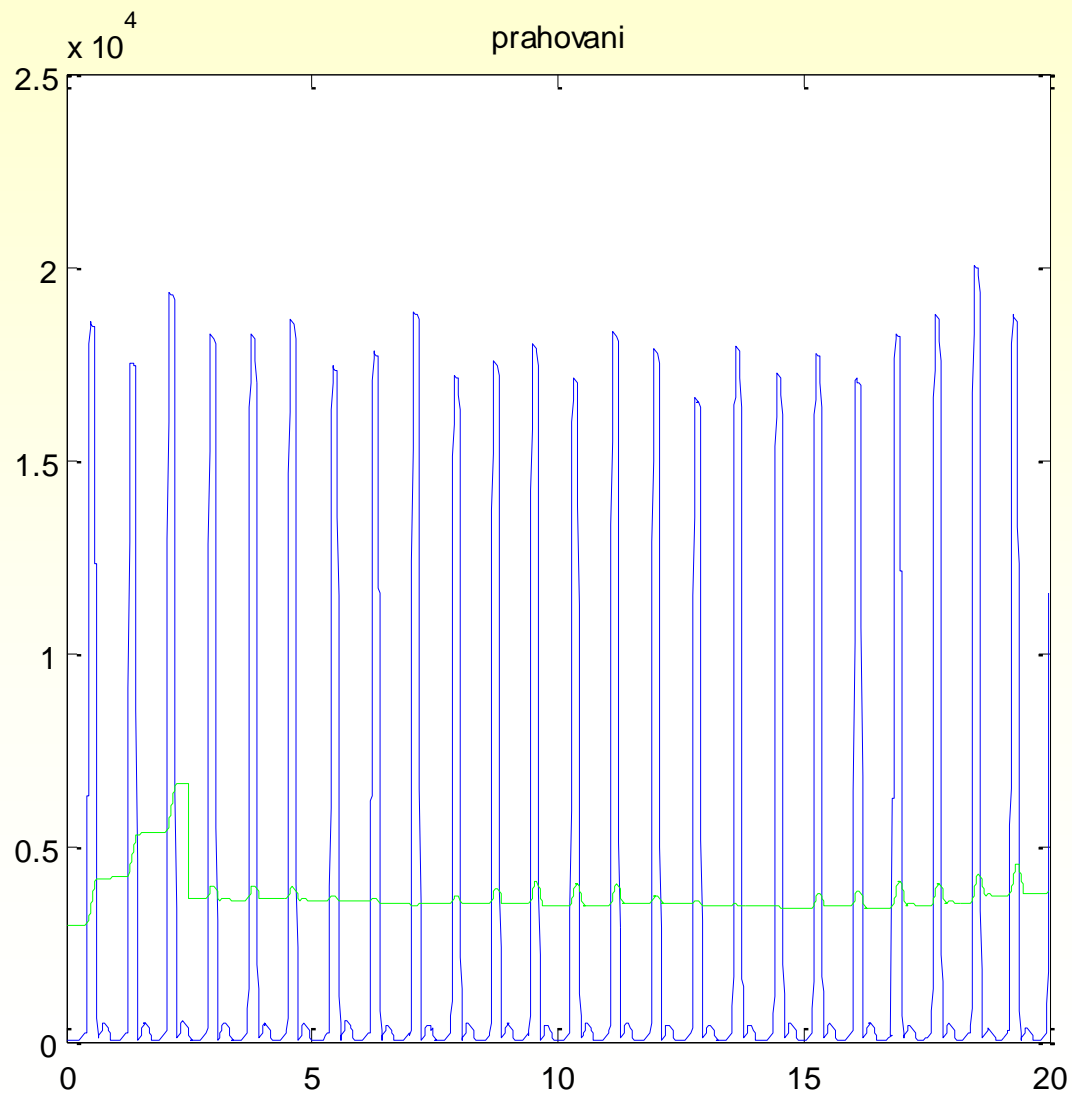
zvýraznění větších hodnot signálu a potlačení malých hodnot signálu



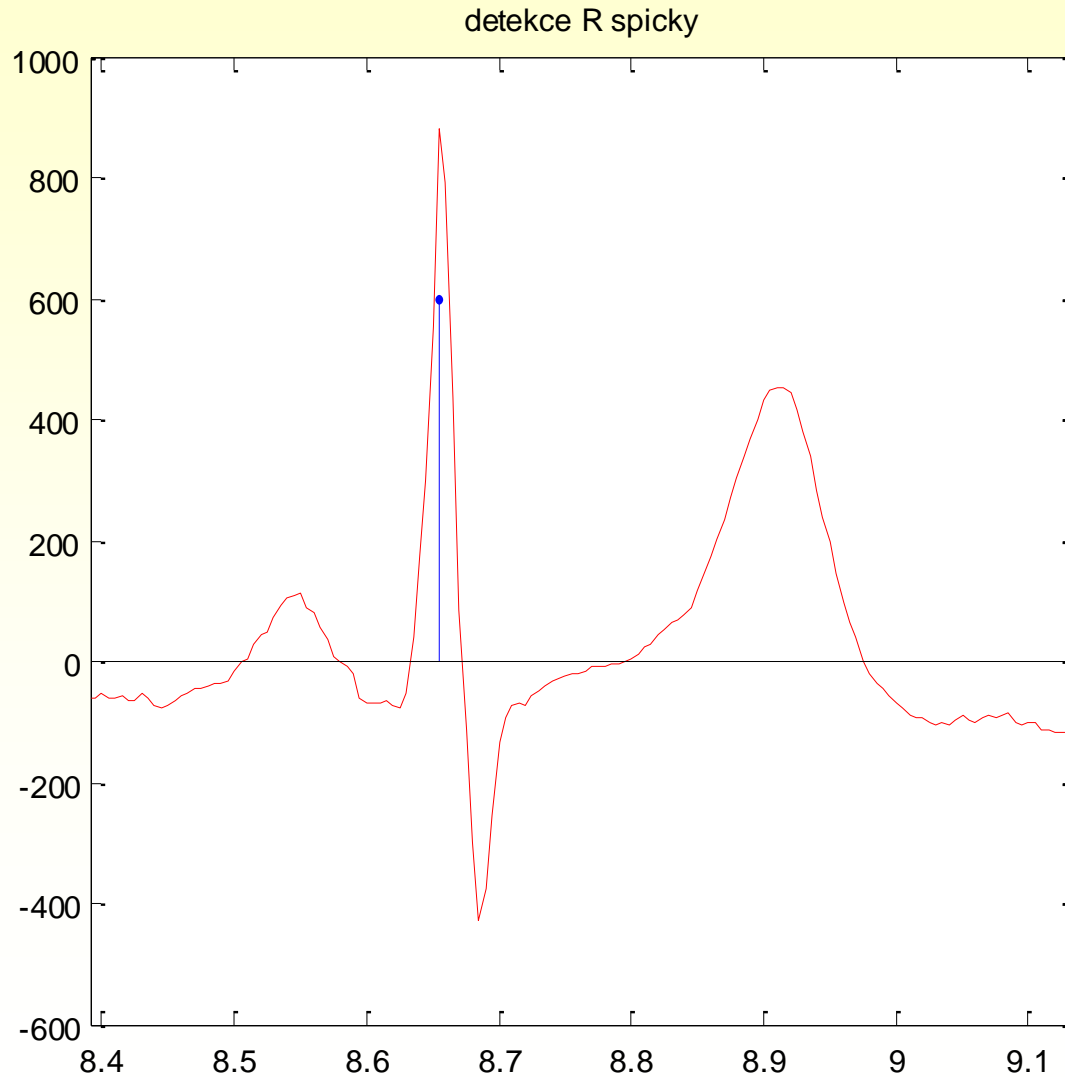
4. vyhlazení MA filtrem



5. prahování



6. detekce R špiček

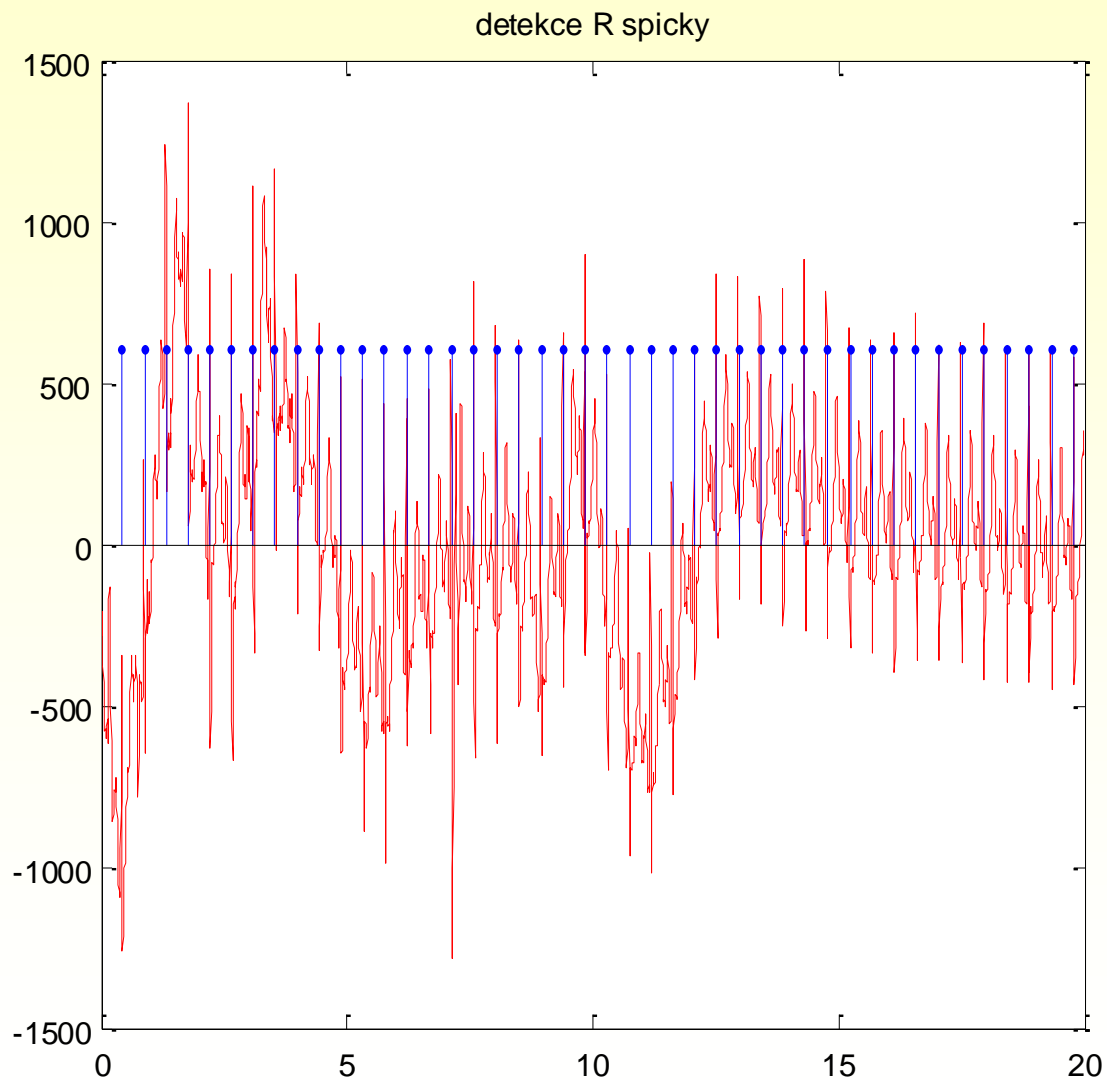


```

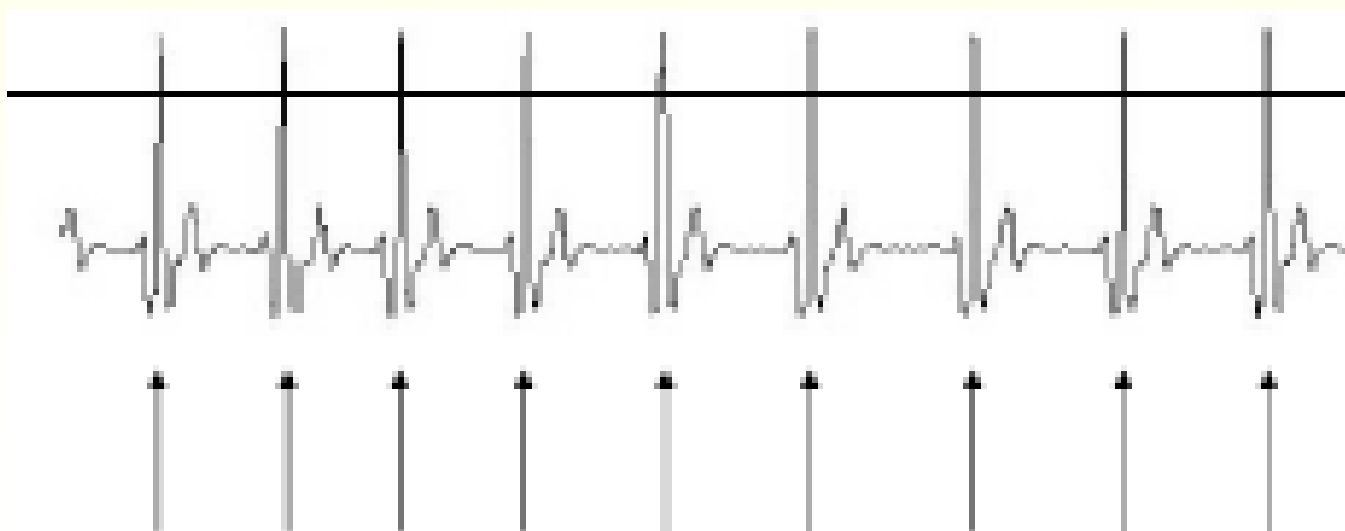
function r=spicky(signal,fs)
% Implementace algoritmu pro detekce QRS komplexu v EKG signalu
% fs vzorkovaci kmitocet
signal= signal-mean(signal);           % odstraneni ss slozky
N      = length(signal);                % delka signalu
x_osa  = [1:length(signal)]./fs;       % horizontalni osa
[b,a]  = butter(2, [4 30]/(fs/2));     % pasmova filtrace
signalf = (filtfilt(b,a,signal));      % filtrace s nulovym f.p.
sig_dif=[diff(signalf);0];             % diferenciaci EKG
sig_2   = (sig_dif).^2;                 % umocneni signalu
sig_ma  = filtfilt([ones(1,160/160)],1,sig_2); % klouzavy prumer
prah    = mean(sig_ma);
kpp=find(diff(sig_ma>prah)==1);
kpn=find(diff(sig_ma>prah)==-1);
if kpn(1) > kpp(1)
for i=1:length(kpn)
    [m,nr(i)]=max(signal(kpn(i):kpn(i))); % vypocet presne pozice
end ;
else
for i=1:length(kpp)
    [m,nr(i)]=max(signal(kpn(i):kpp(i))); % vypocet presne pozice
end;
end;
r=kpp+nr'-1;

```

Analýza EKG signálu

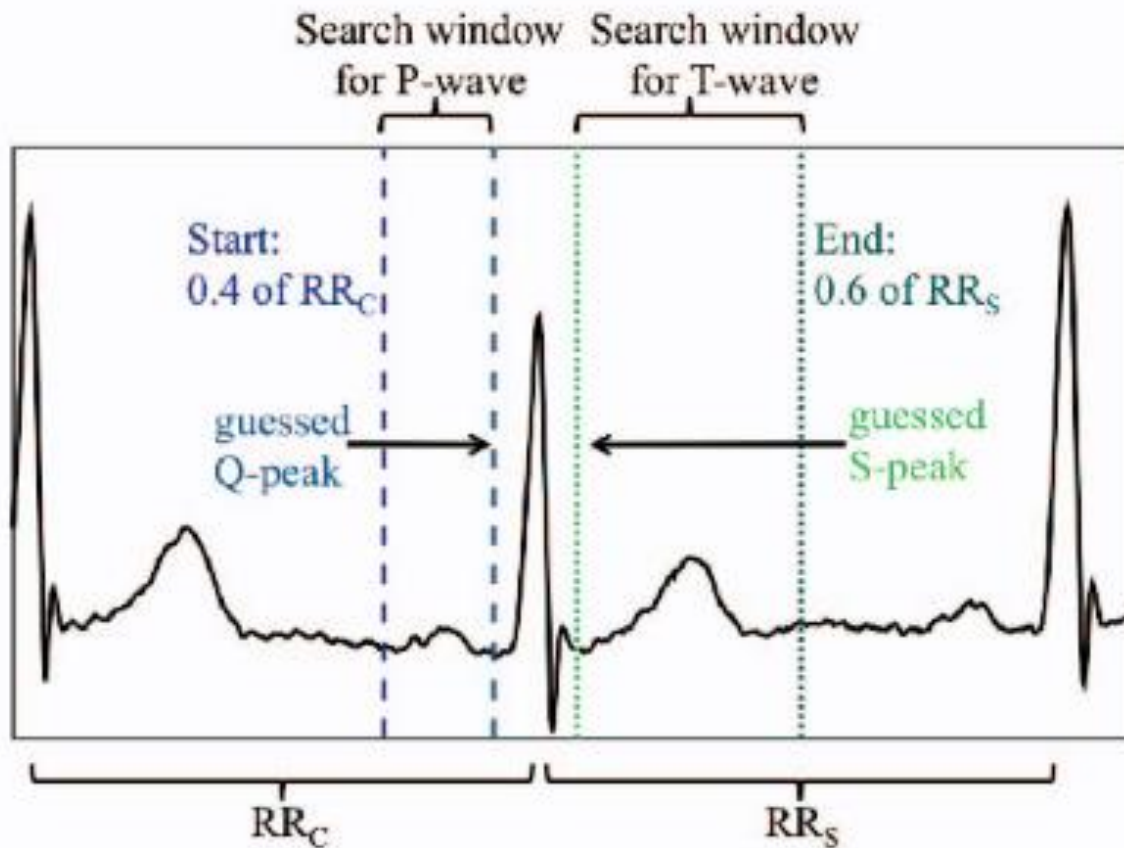


Hledání R špiček pomocí vzájemné korelace



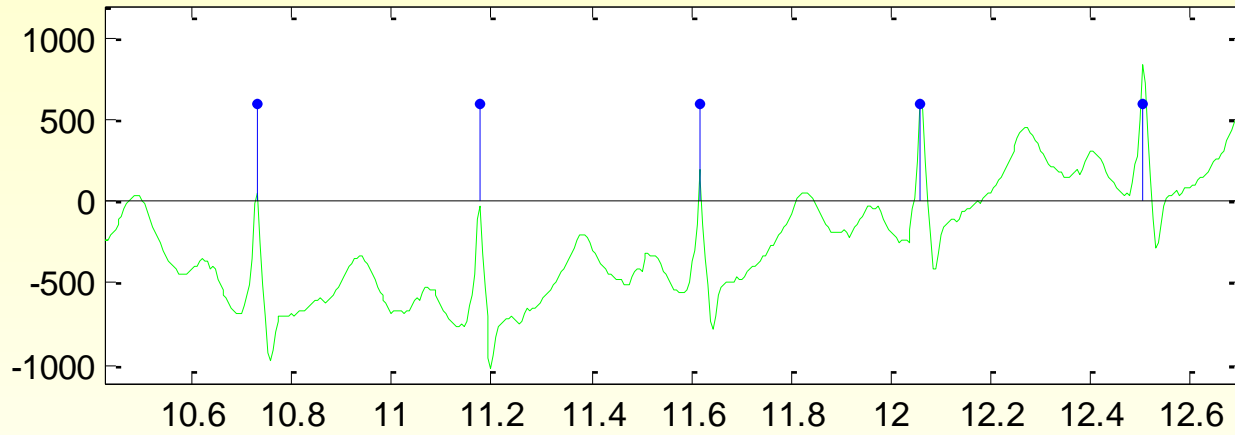
Detekce signálů v EKG

detekce T vlny

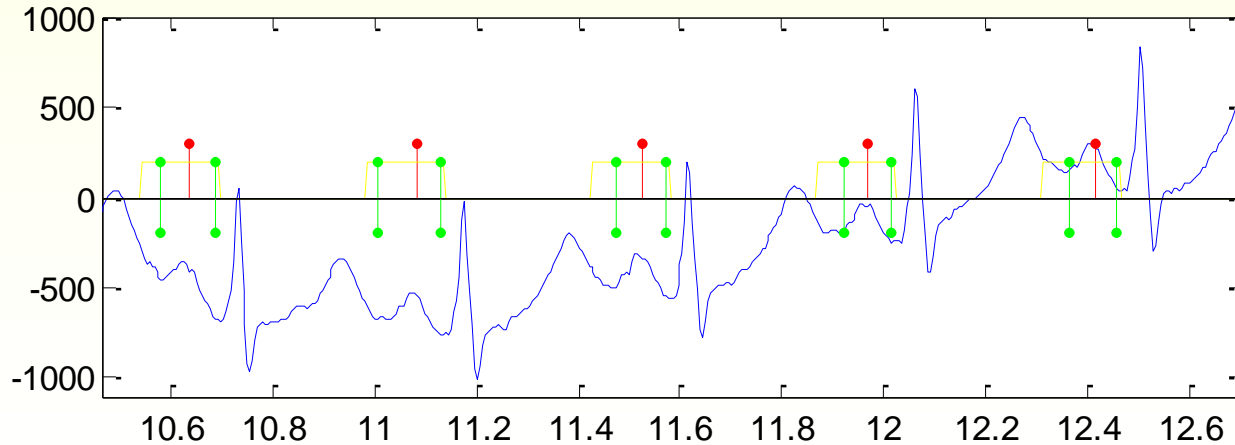


Detekce P vlny

detekce QRS komplexu



detekce P vlny



Určení začátků a konců vln

