

Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu
Katedra za medicinsku fiziologiju

EKG: REGISTROVANJE I ANALIZA



Willem Einthoven



The Nobel Prize in Physiology or Medicine 1924

"for his discovery of the mechanism of the electrocardiogram"

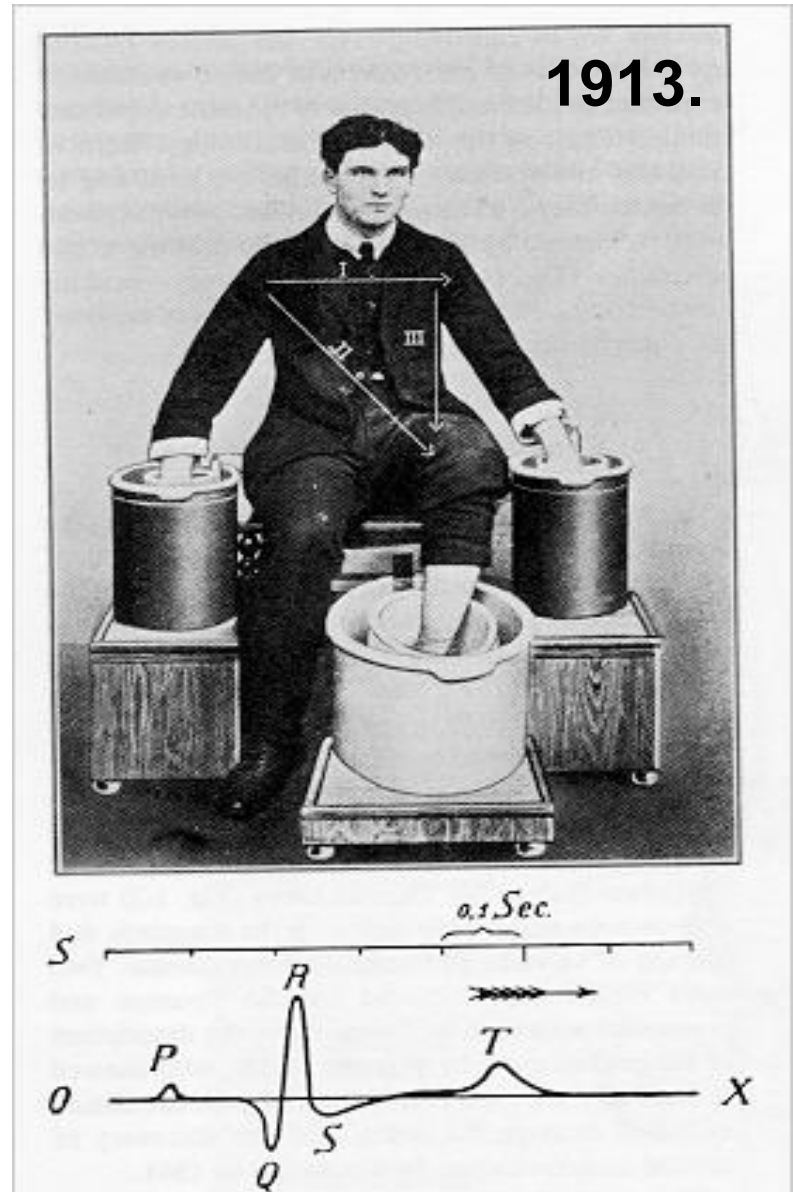


Willem Einthoven

the Netherlands

Leiden University
Leiden, the Netherlands

b.1860
(in Semarang, Java, then Dutch East Indies)
d.1927



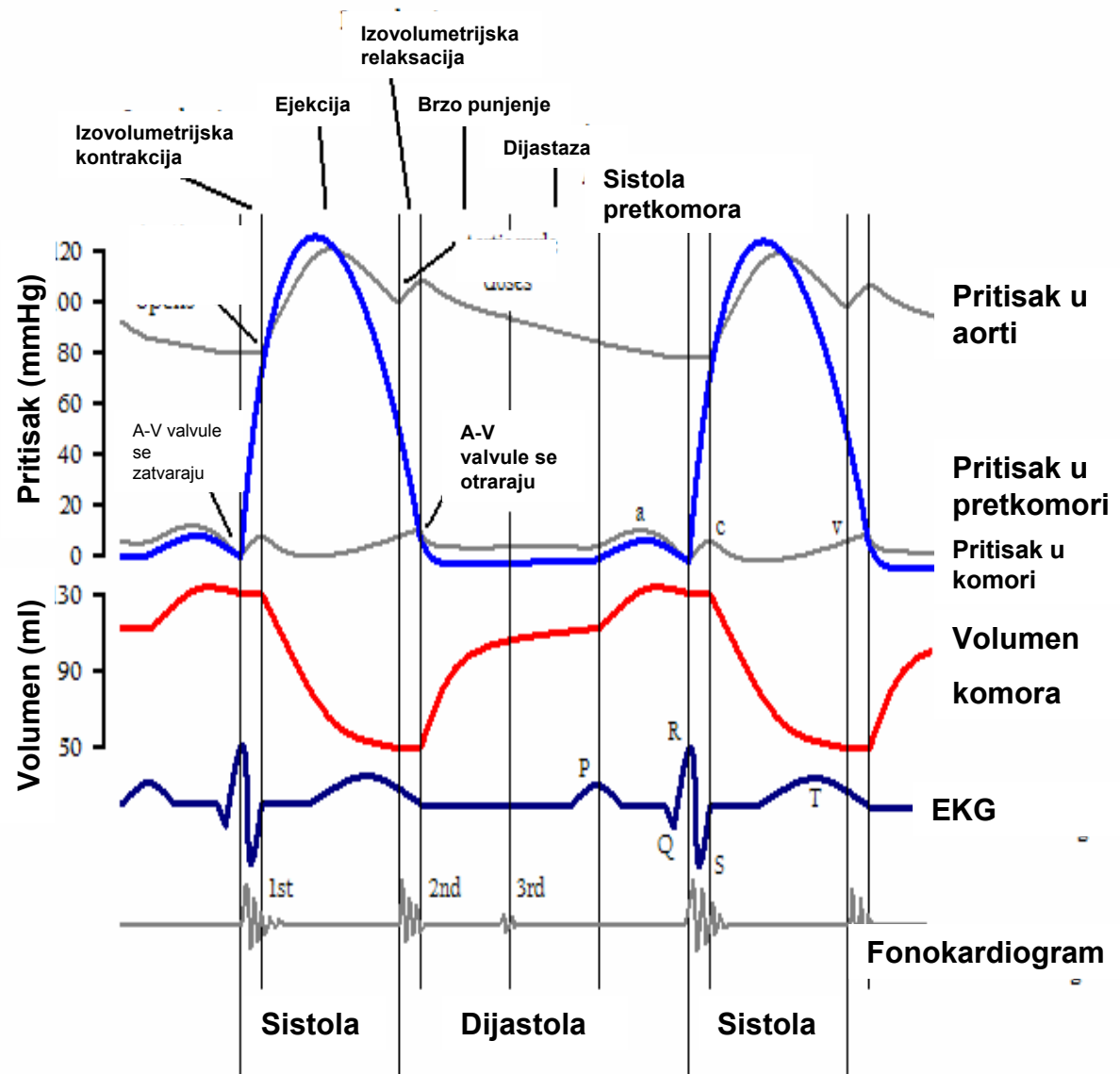
Srčani ciklus i Vigersov dijagram

- Fenomeni koji prate srčanu radnju su:

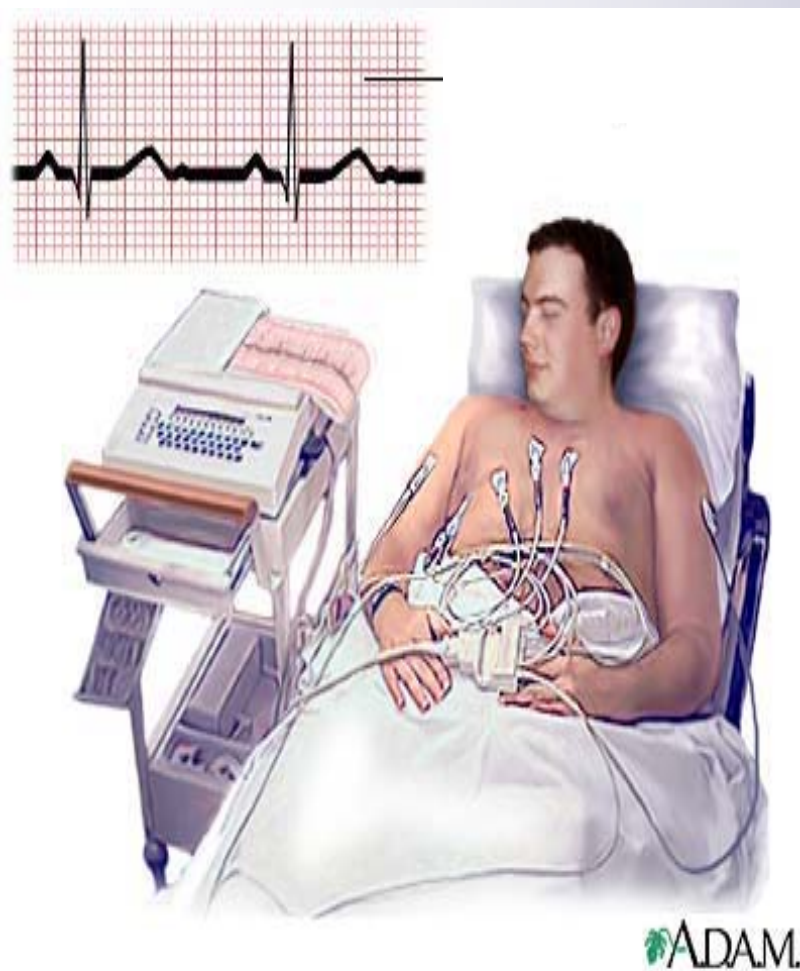
1. Električni

2. Mehanički

3. Zvučni



EKG-elektrokardigram



Elektrokardiografija:

-*metoda* registrovanja električne aktivnosti koja prati srčani rad

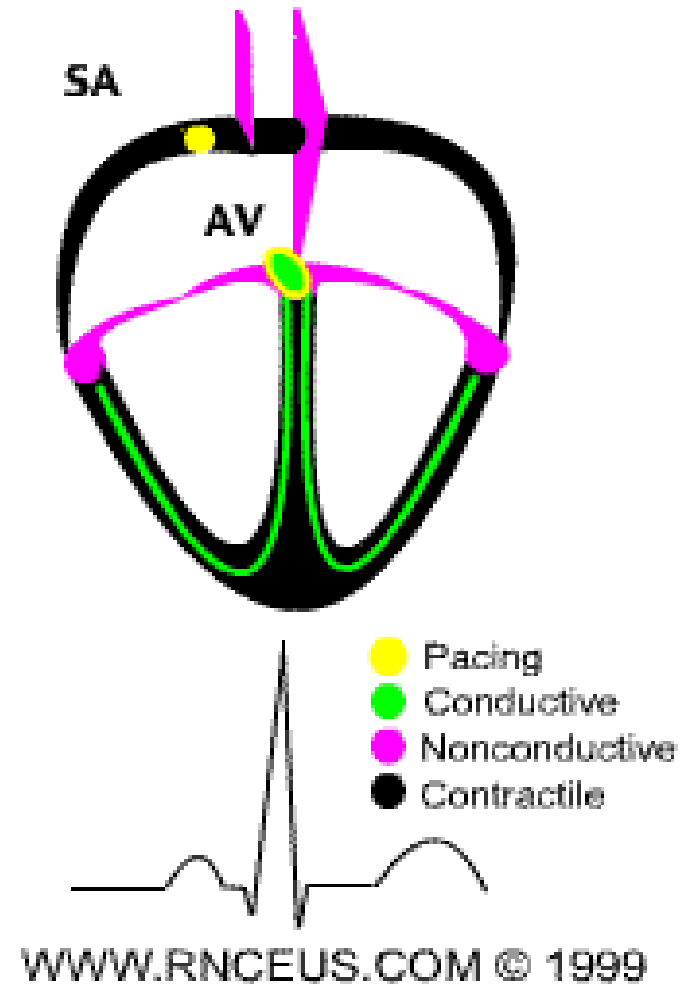
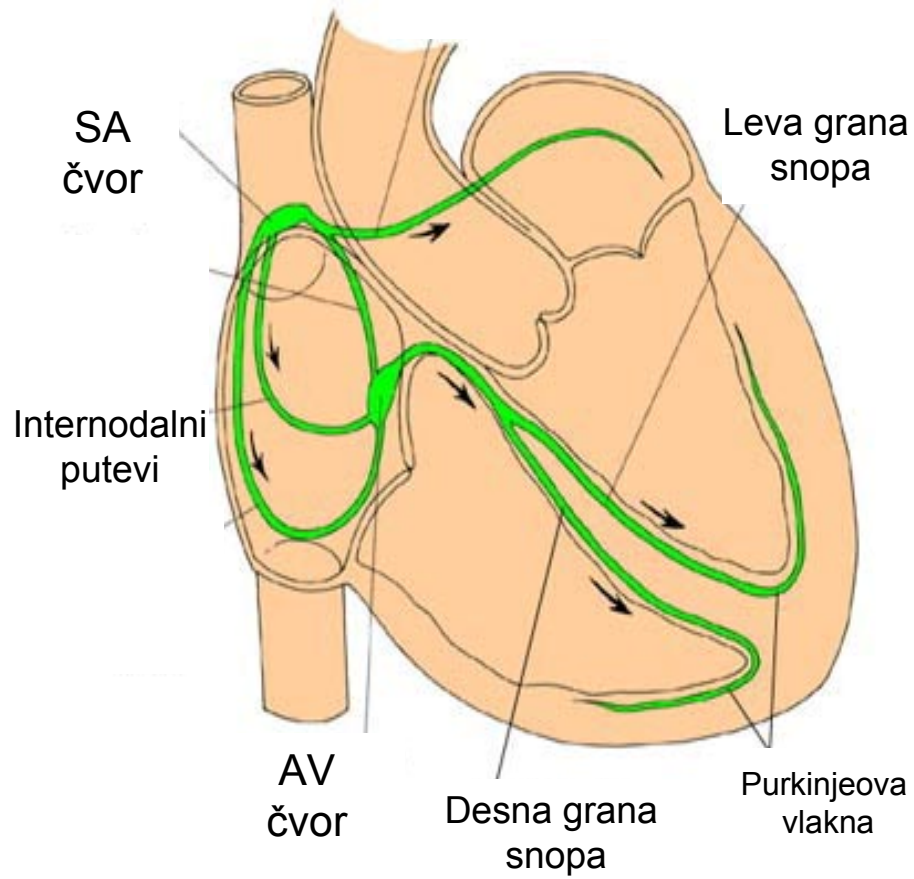
Elektrokardiograf:

-*aparat* kojim se registruju akcioni potencijali iz srca postavljanjem elektroda na kožu pacijenta

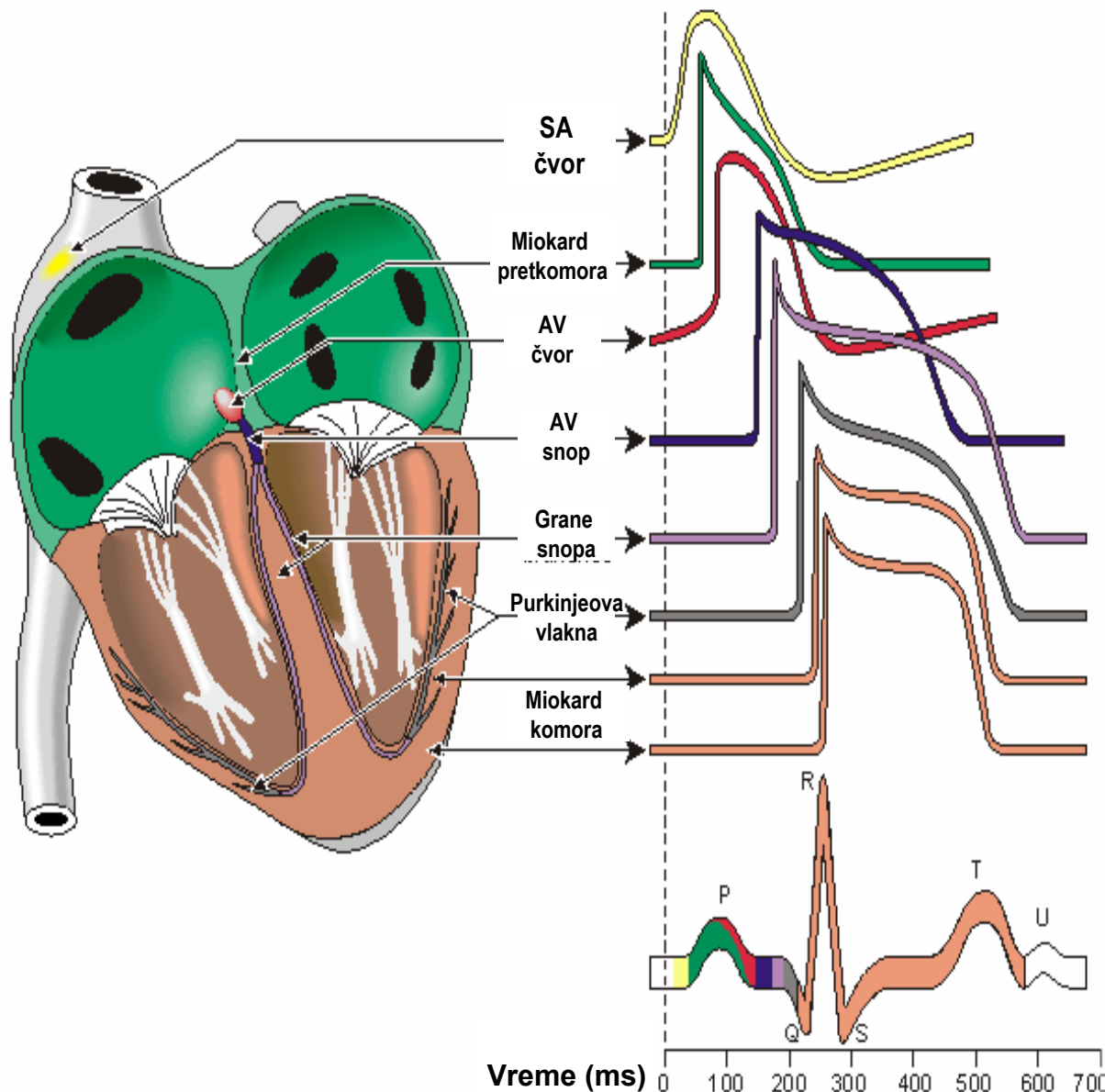
Elektrokardigram:

- *zapis* električne aktivnosti srca

SPROVODNI SISTEM SRCA

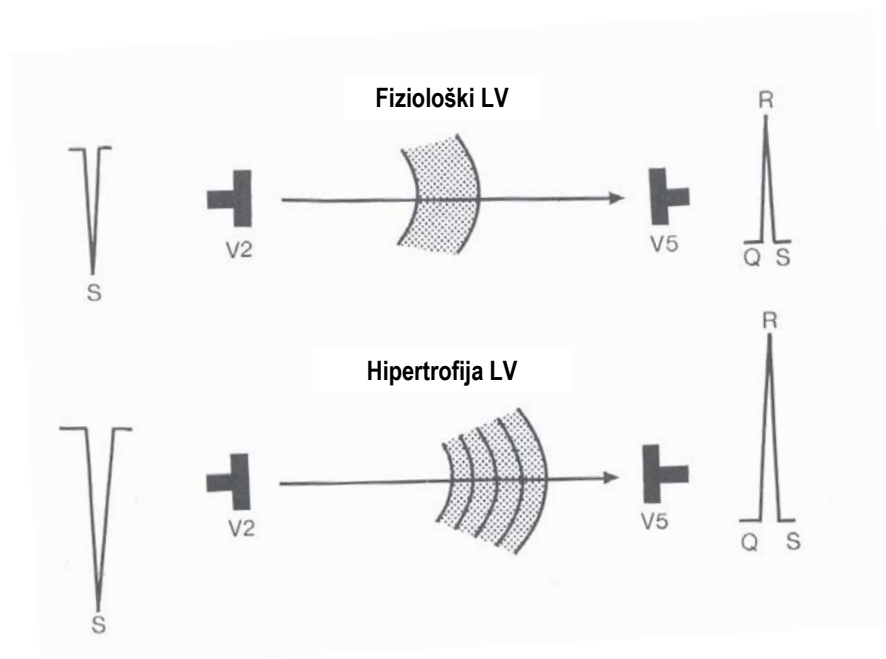
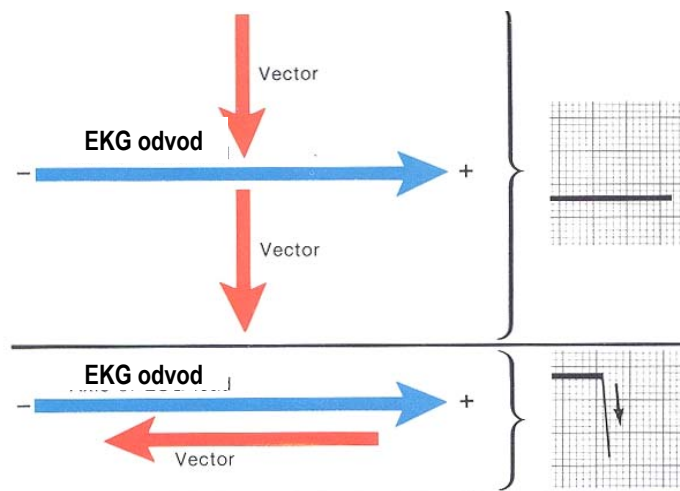
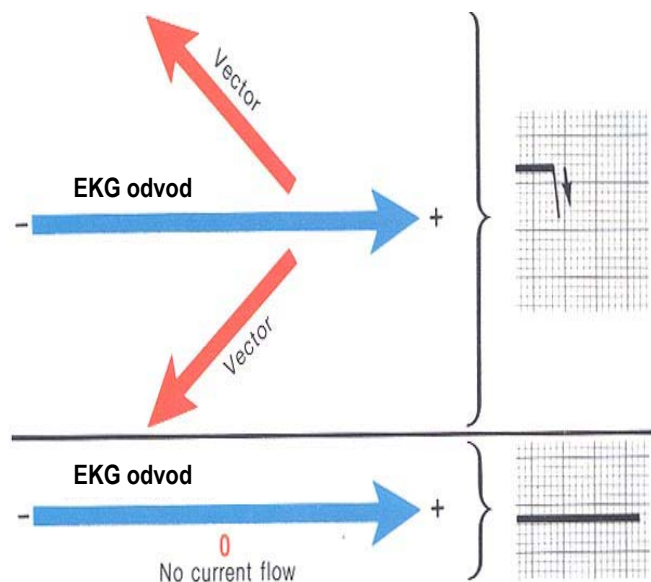
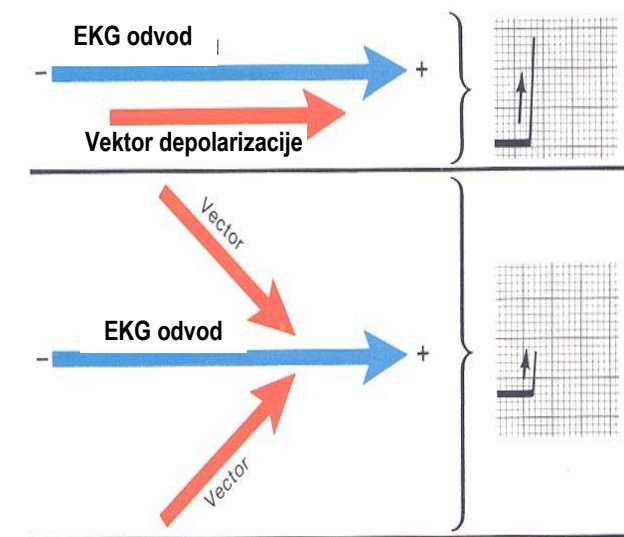


Akcioni potencijali kardiomiocita



- Monofazne krive AP su različite za pojedinačne kardiomiocite
- EKG predstavlja zbirnu električnu aktivnost svih kardiomiocita

Elektrokardiografski principi



ODVODI: sistem snimanja EKG u 12 odvoda

Zašto nije dovoljno snimati EKG iz samo jednog odvoda?



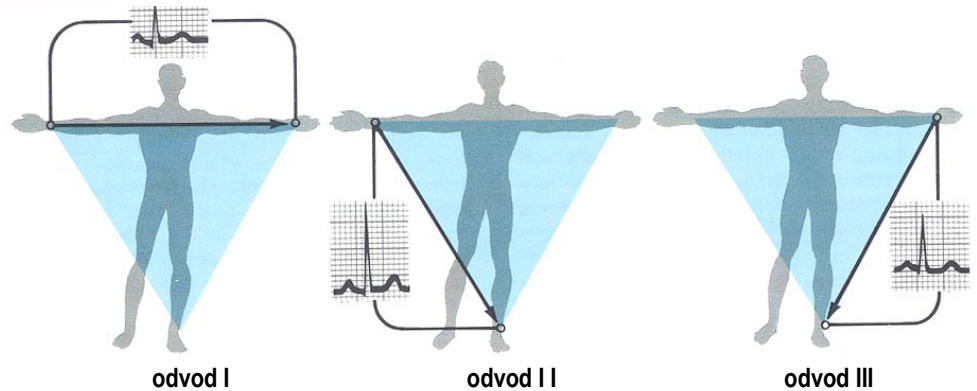
Svaki EKG odvod je definisan svojom

- Osovinom — prava između postavljenih elektoda
 - Orijentacijom — položaj osovine
 - Polaritetom — lokacija pozitivnog i negativnog pola na elektordama
-

EKG ODVODI: 12 (3+3+6)

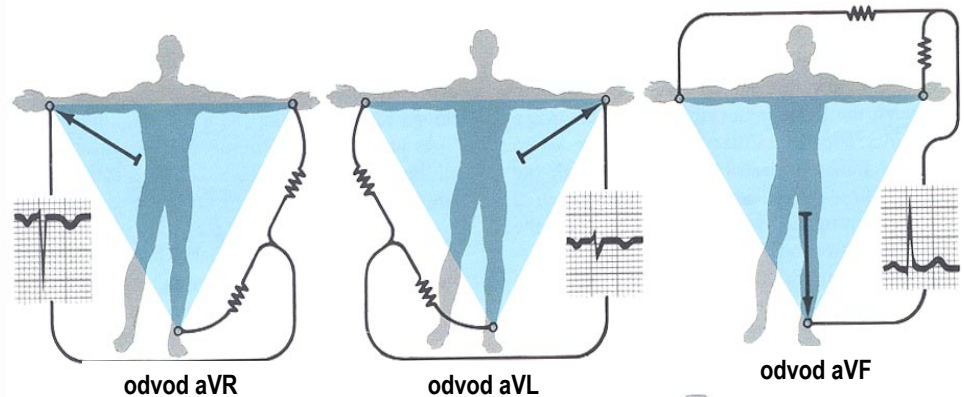
- **STANDARDNI BIPOLARNI :**

- I
- II
- III



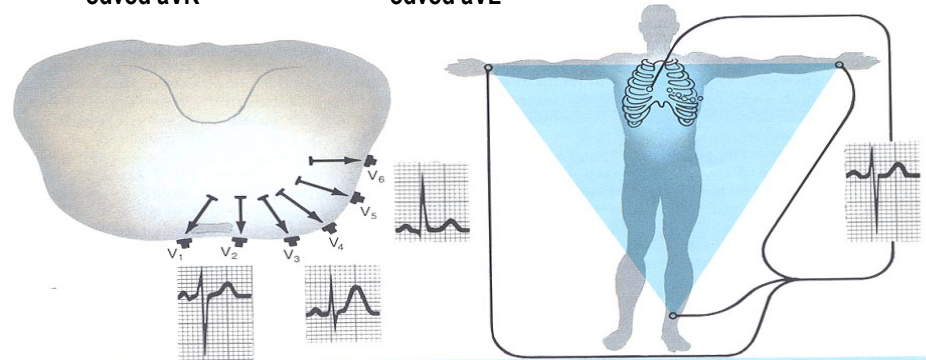
- **POJAČANI EKSTREMITETNI:**

- aVR
- aVL
- aVF



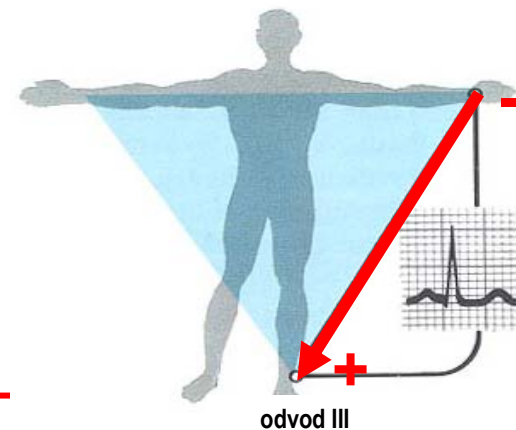
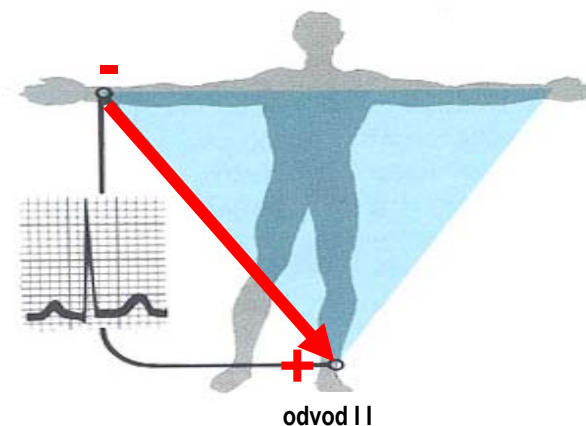
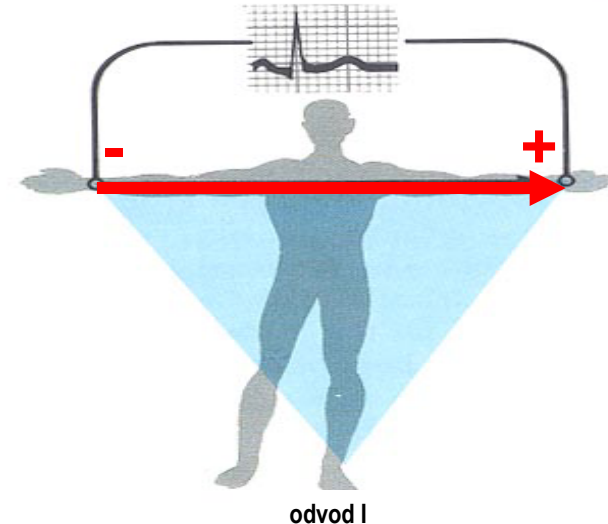
- **PREKORDIJALNI:**

- V₁ – V₆



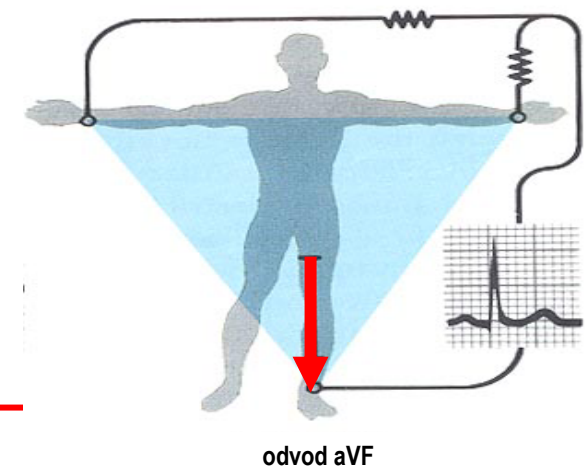
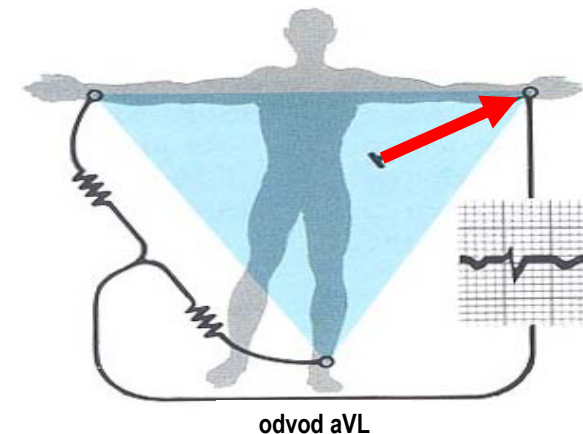
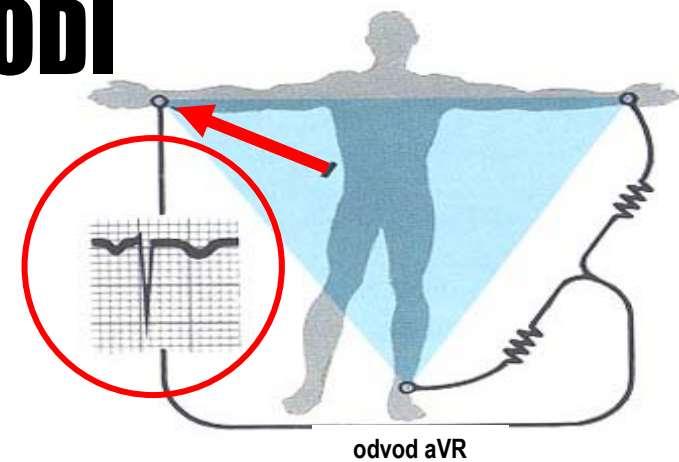
STANDARDNI, BIPOLARNI ODVODI

- Obeležavaju se: I, II, III
Ajnthovenovi
- Bipolarni: registruju **razliku u potencijalu** između dva ekstremiteta
 - I: desna vs. leva ruka
 - II: desna ruka vs. leva noga
 - III: leva ruka vs. leva noga
- Registruju potencijale koji se šire kroz **frontalnu** ravan
- Služe za brzu **procenu položaja** srca u grudnoj duplji



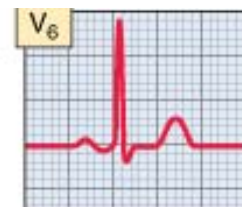
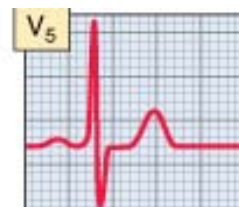
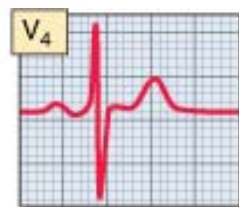
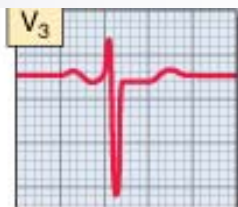
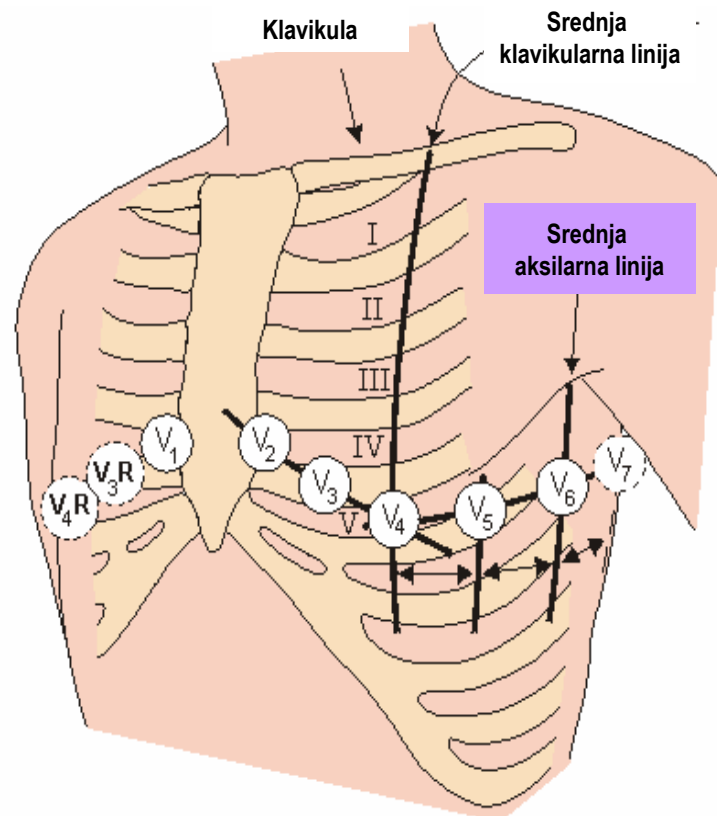
POJAČANI EKSTREMITETNI ODVODI

- Obeležavaju se: **aVR**, **aVL**, **aVF**
 - **Unipolarni**: registruju potencijal koji stiže do registrujuće elektrode na ekstremitetu
 - Pozitivan pol je spojen sa registrujućom elektrodom:
 - **aVR** na desnoj ruci
 - **aVL** na levoj ruci
 - **aVF** na levoj nozi
- a negativan pol je spojen sa nultom tačkom za koju su preko otpornika od 5 k Ω vezana sva tri ekstremiteta
- Registruju potencijale koji se šire kroz **frontalnu ravan**



PREKORDIJALNI ODVODI

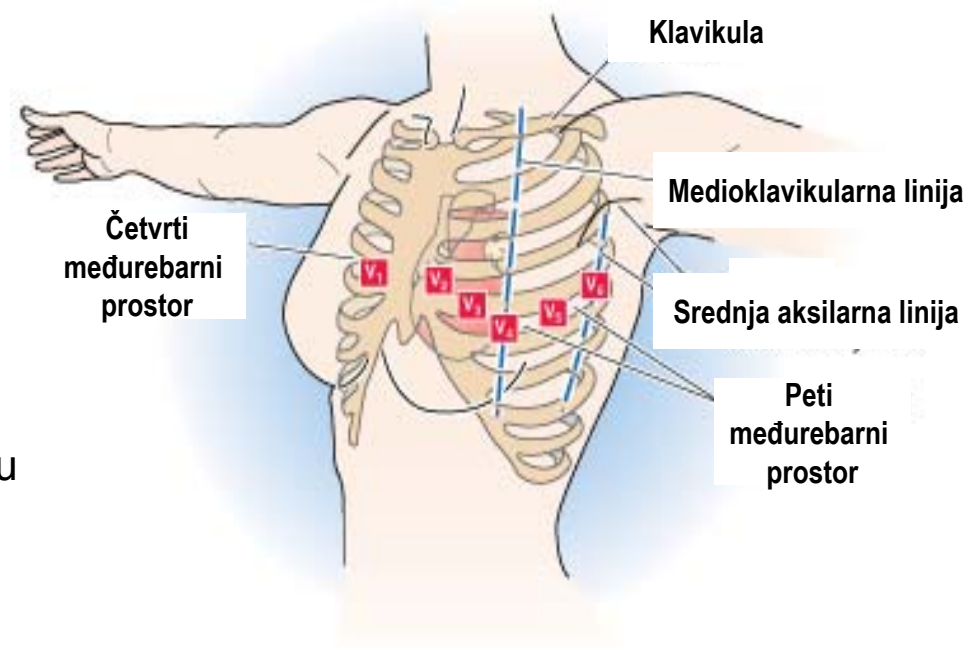
- Obeležavaju se: V1-V6
- **Unipolarni**
- Registrujuća elektroda se postavlja na određenu tačku prekordijuma, prema kojoj stižu potencijali iz:
 - V1 } - desne pretkomore i komore
 - V2 }
 - V3 - septuma
 - V4 - srčanog vrha
 - V5 } - leve komore
 - V6 }
- Registruju potencijale koji se šire kroz **transverzalnu** ravan
- Služe za procenu fiziološkog stanja ili oštećenja miokarda



PREKORDIJALNI ODVODI

Položaj registrujuće elektrode:

- **V1** — četvrti međurebarni prostor uz desnu ivicu sternuma
- **V2** - četvrti međurebarni prostor uz levu ivicu sternuma
- **V3**- na sredini između V2 i V4
- **V4**- peti levi međurebarni prostor uz desnu ivicu sternuma
- **V5**- na prednjoj aksilarnoj liniji
- **V6** — na srednjoj aksilarnoj liniji



EKG ODVODI: rezime

	Ekstremitetni	Prekordijalni
Bipolarni	I, II, III (STANDARDNI EKSTREMITETNI ODVODI)	-
Unipolarni	aVR, aVL, aVF (POJAČANI EKSTREMITETNI ODVODI)	V₁ - V₆

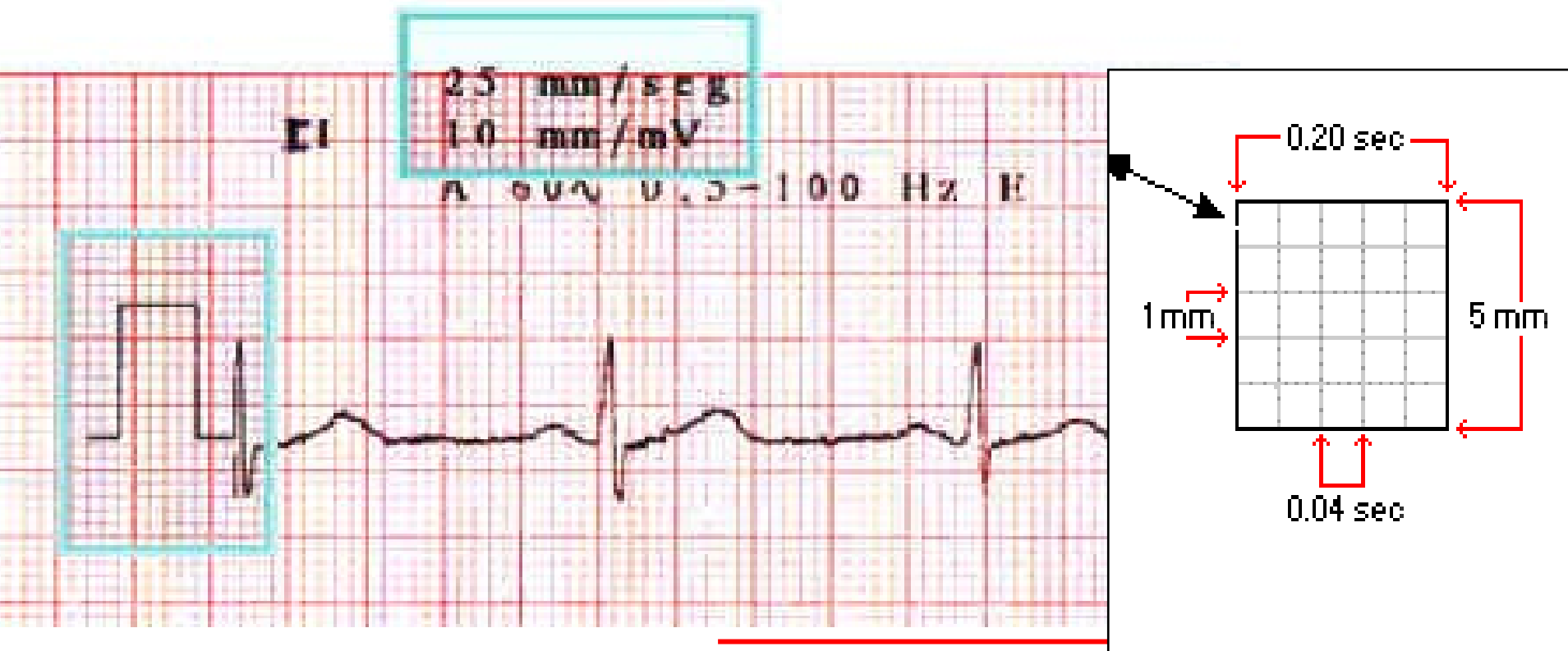
EKG papir: standardizacija i kalibracija

1. X osa: vreme (s) - Brzina kretanja papira: **25 mm/s**; **1mm – 0.04 s**

Y osa, voltaža (mV): **10 mm/mV**

1mm – 0.1 mV

2. Ime, prezime i starost pacijenta,
datum i vreme registrovanja



Talasi, segmenti i intervali u EKG-u

- **TALASI:**

- pozitivne ili negativne defleksije

- **P**

- **QRS kompleks**

- **T**

- **SEGMENTI:**

- deo izoelektrične linije između dva talasa

- **P-Q segment**

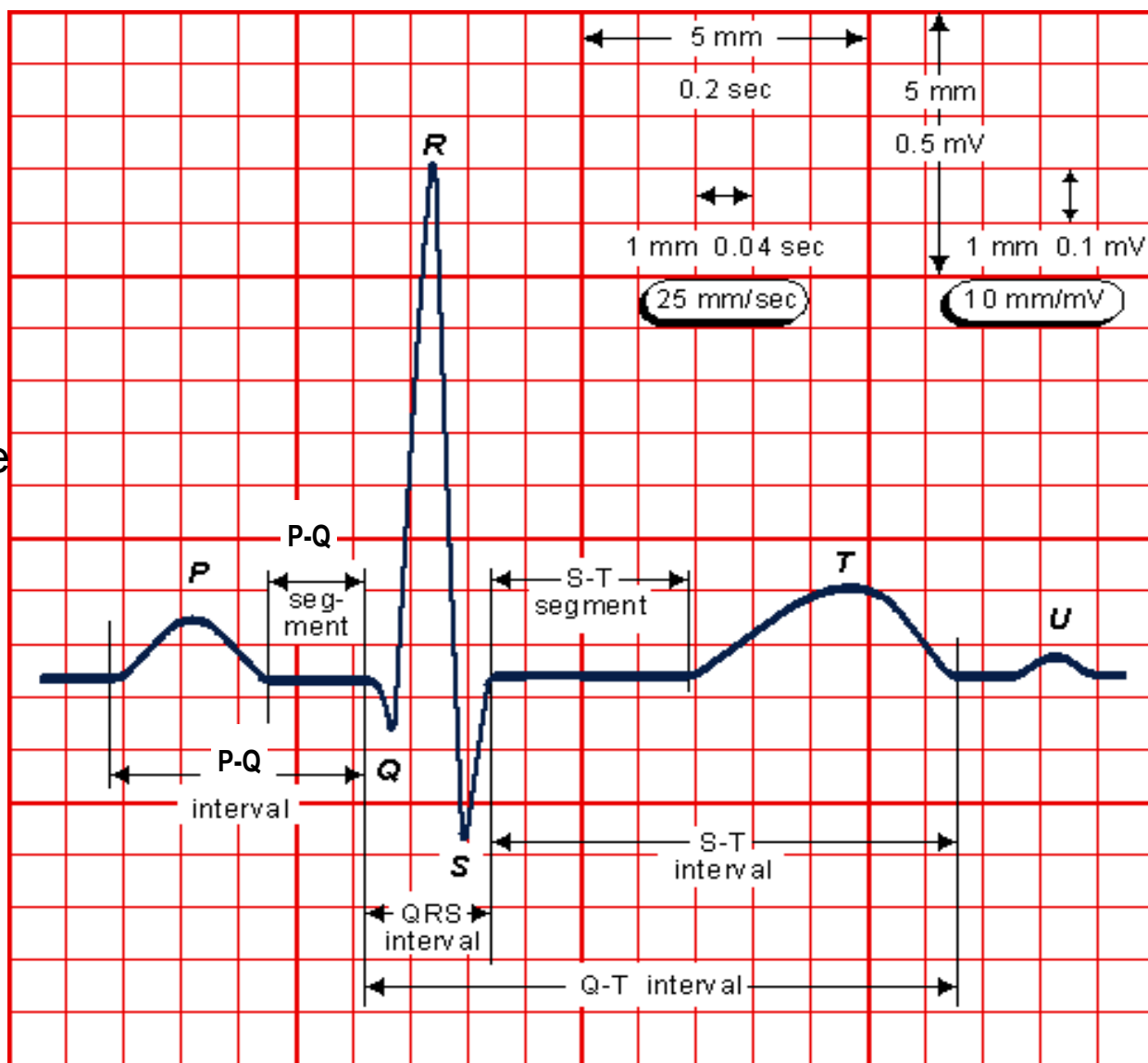
- **S-T segment**

- **INTERVALI:**

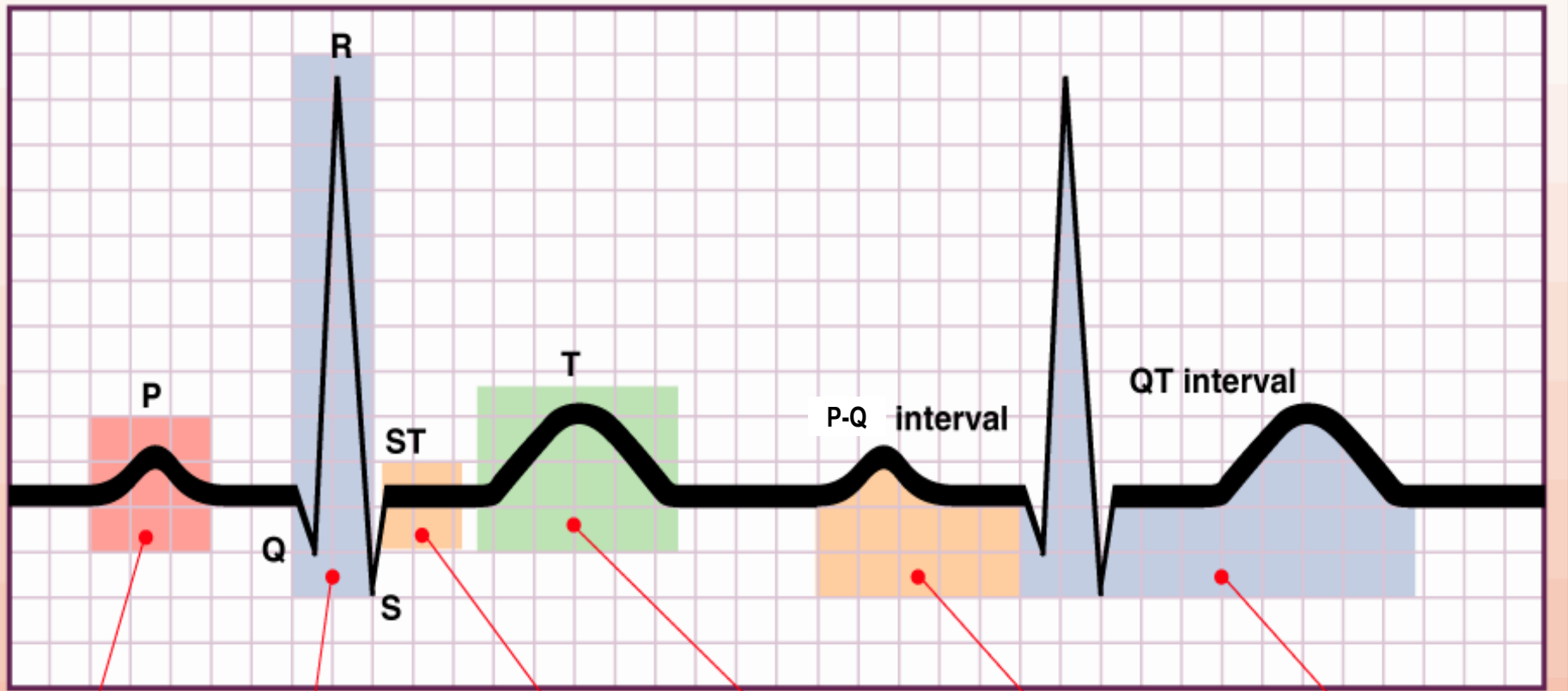
- skup jednog segmenta i jednog ili više talasa

- **P-Q interval**

- **Q-T interval**

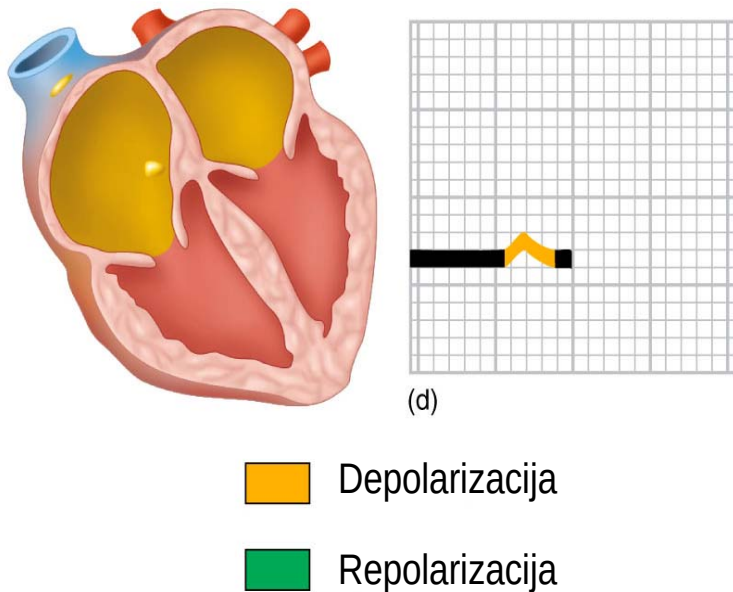


Svaka faza *električne aktivnosti* srca je predstavljena određenim *talasom*



Depolarizacija pretkomora (P talas)	Depolarizacija komora (QRS kompleks)	Plato faza AP komora (ST talas)	Repolarizacija komora (T talas)	P-Q interval	Depolarizacija i repolarizacija komora (Q-T interval)
---	--	---------------------------------------	---------------------------------------	--------------	---

P talas, P-Q segment i P-Q interval



P talas

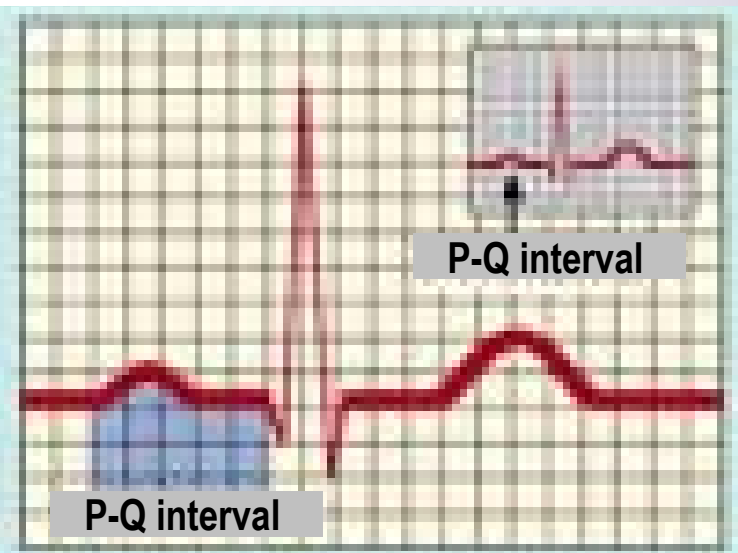
- Prva pozitivna defleksija
- **Predstavlja depolarizaciju pretkomora**
- Trajanje: **0,05 do 0,12s**
- Voltaža: **do 0,25 mV**
- Negativan je u aVR odvodu

P-Q segment

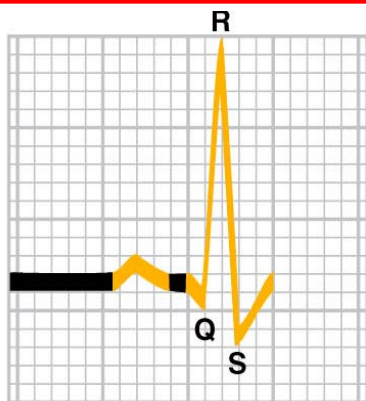
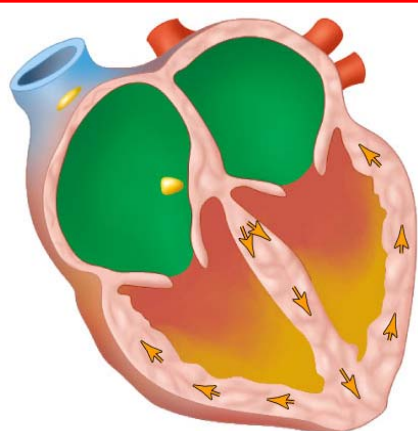
- Izoelektrični deo od kraja P do početka QRS kompleksa
- Poklapa se sa **plato fazom akcionog potencijala pretkomora**, propagacijom impulsa i AV zadržavanjem 0,11s.

P-Q interval

- Od početka P talasa do početka QRS kompleksa
- Trajanje: **0,16 do 0,20s**

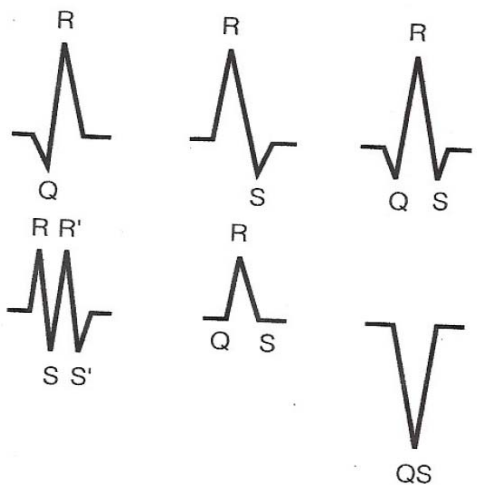


QRS kompleks



 Depolarizacija

 Repolarizacija

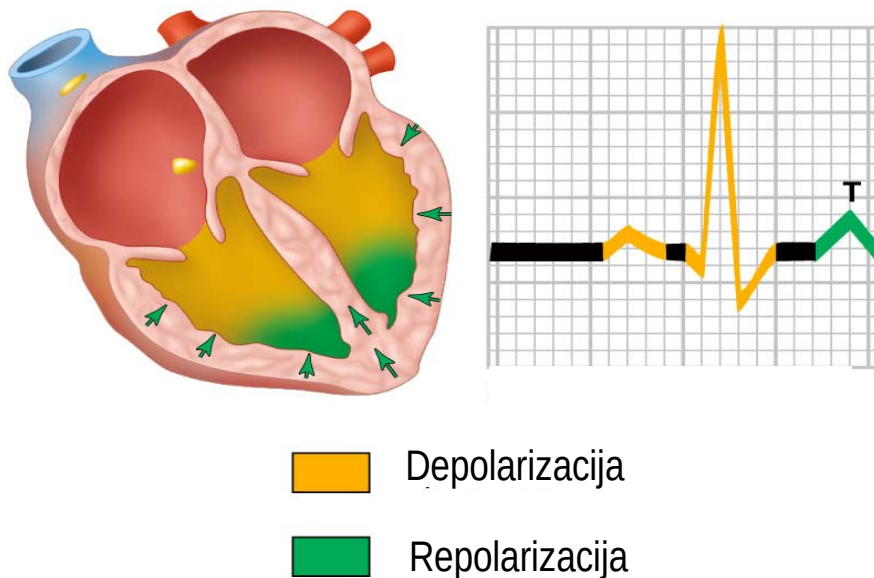


QRS kompleks

- **Q talas**: prva negativna defleksija
- **R talas**: prva pozitivna defleksija
- **S talas**: negativna defleksija posle Q talasa

- Predstavlja **depolarizaciju komora**
- Vremenski preklapa repolarizaciju pretkomora
- Trajanje: **0,08 do 0,11s**
- Voltaža: **do 2,5 mV**

T talas

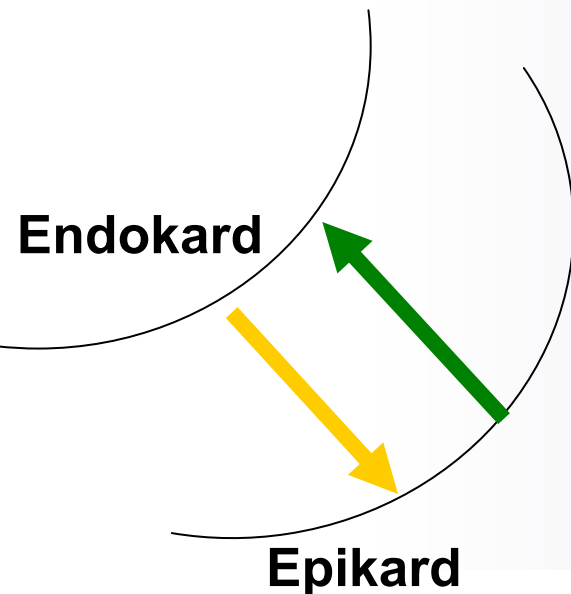


T talas

- Predstavlja **repolarizaciju komora**
- Trajanje: **0,16 do 0,25s**
- Voltaža: **do 0,4 mV**

Zašto je T talas pozitivan?

- repolarizacija kreće od epikarda ka endokardu

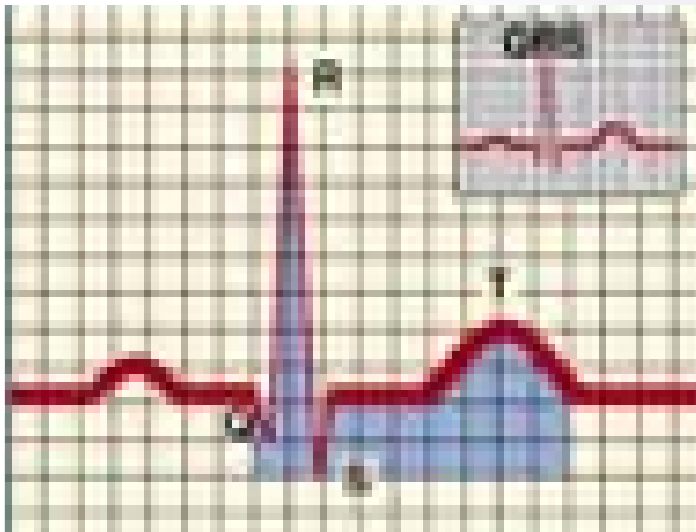


S-T segment i Q-T interval



S-T segment

- Izoelektrični deo od kraja QRS kompleksa do početka T talasa
- **Predstavlja plato fazu akcionog potencijala komora**
- Elevacija ili depresija ST segmenta za više od 1 mm je značajan patološki nalaz
- Trajanje: **do 0,25s**

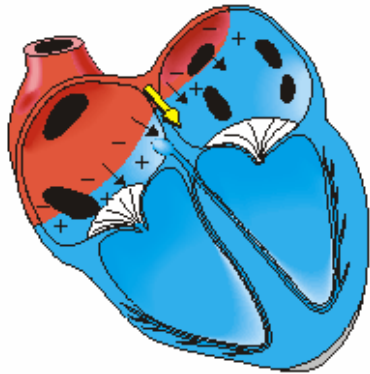


Q-T interval

- Od početka Q talasa do kraja T talasa
- Uključuje QRS kompleks, ST segment i T talas
- Predstavlja celokupnu električnu aktivnost komora – električna sistola
- Trajanje: **0,35 do 0,42s**

Geneza EKG signala u standardnim odvodima

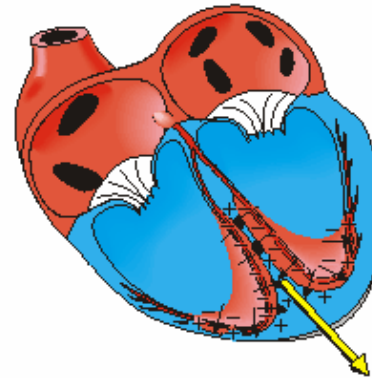
Depolarizacija
pretkomora
80 ms



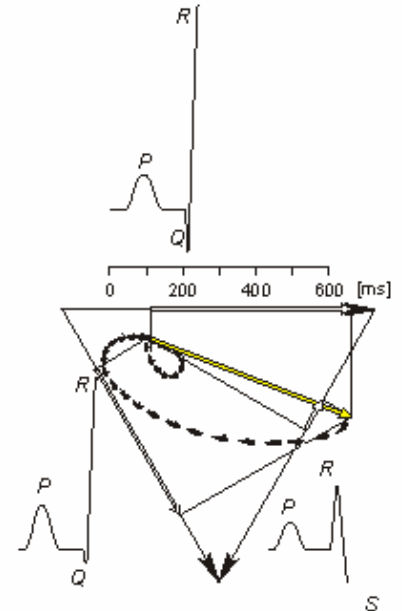
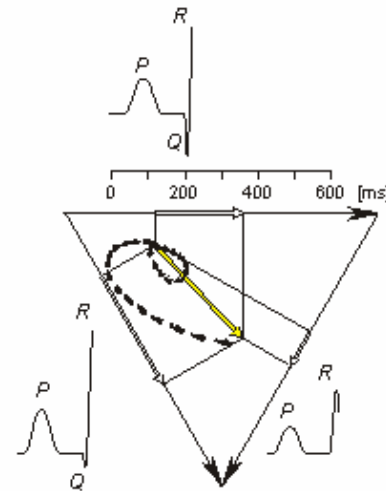
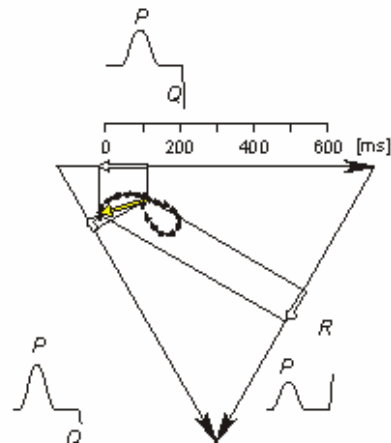
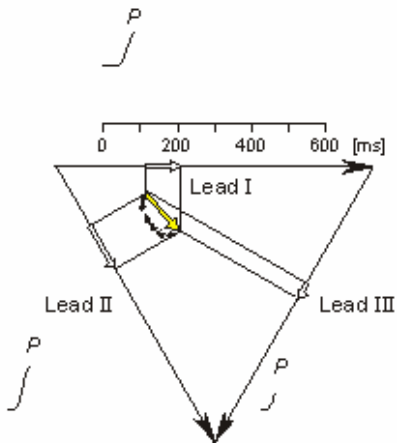
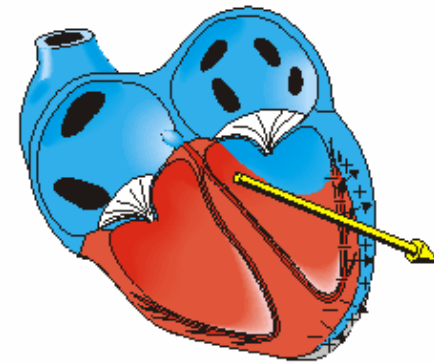
Depolarizacija
septuma
220 ms



Depolarizacija
apeksa
230 ms

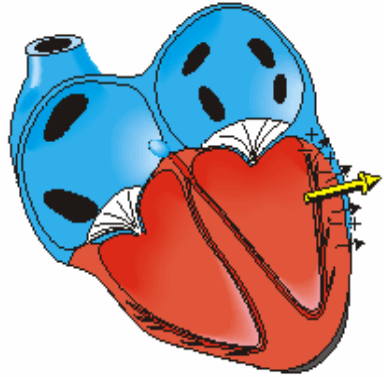


Depolarizacija
leve komore
240 ms

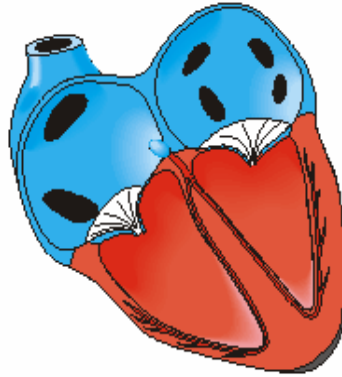


Geneza EKG signala u standardnim odvodima

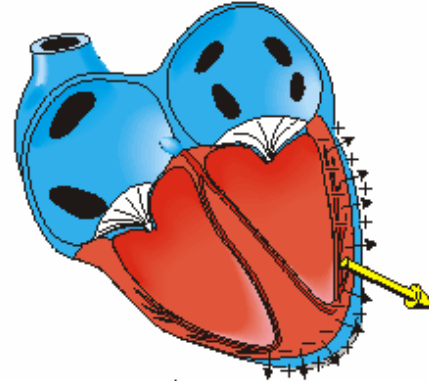
Depolarizacija
leve komore
250 ms



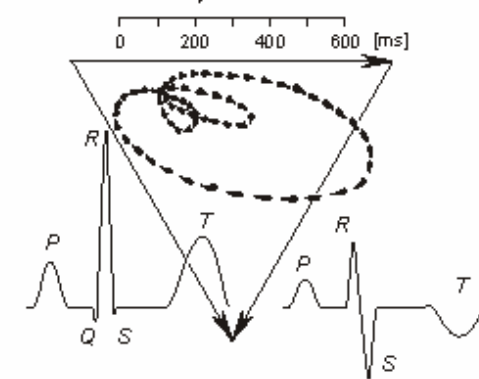
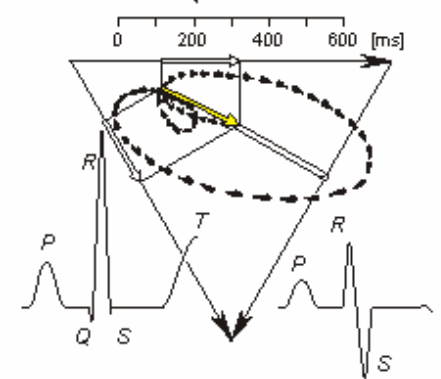
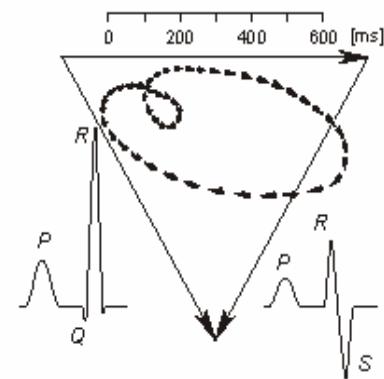
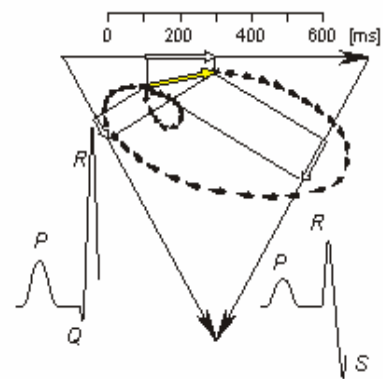
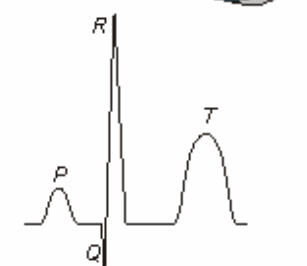
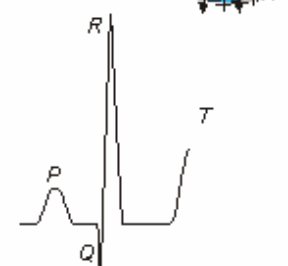
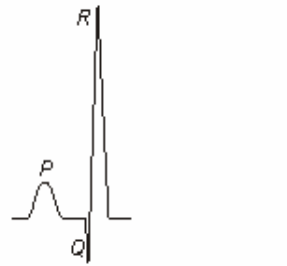
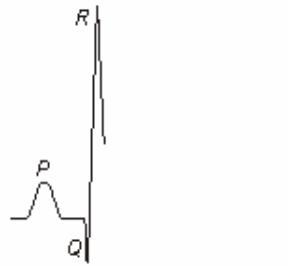
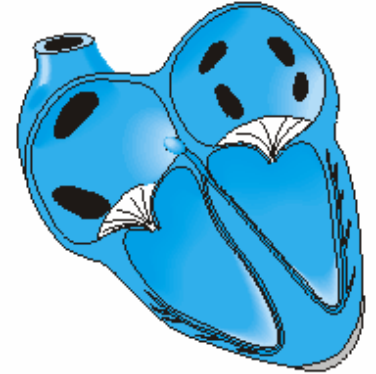
Komore
depolarizovane
350 ms



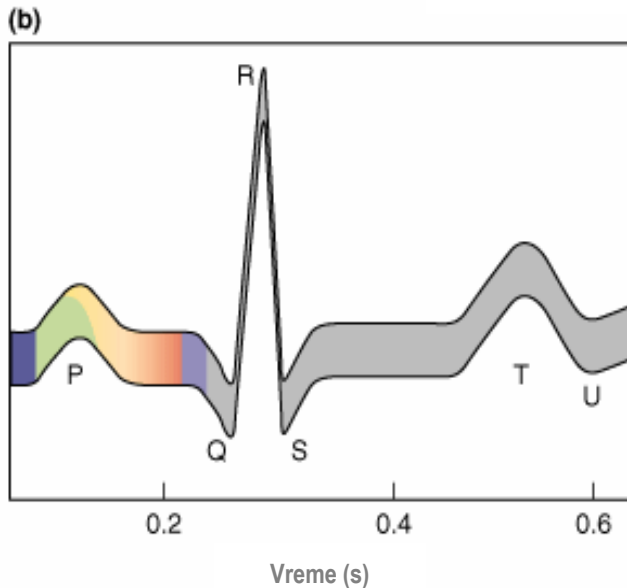
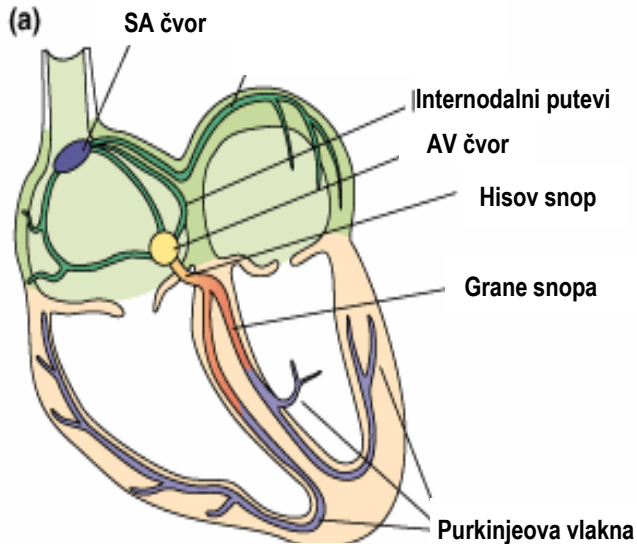
Repolarizacija
komora
450 ms



Komore
repolarizovane
600 ms



Električni fenomeni u srcu i njihov EKG korelat



DOGAĐAJ	EKG	Napomena
Depolarizacija pretkomora	P talas	
Depolarizacija AV čvora i Hisovog snopa	P-Q segment	Izoelektričan zbog nedovoljne osetljivosti
Repolarizacija miokarda		Vremenski prekriva QRS kompleks
Depolarizacija komorskog miokarda	QRS kompleks	
Repolarizacija komorskog miokarda	T talas	

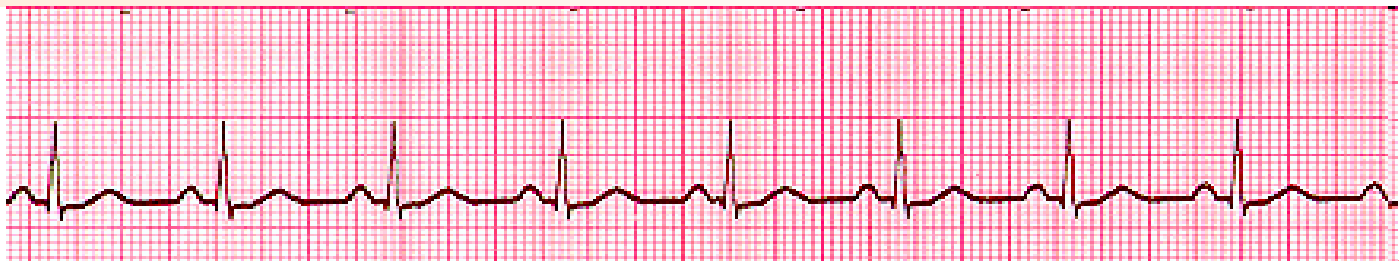
ANALIZA EKG

Analiza svakog EKG-a obuhvata:

- 1. RITAM**
 - 2. FREKVENCA**
 - 3. ELEKTRIČNA OSOVINA**
-

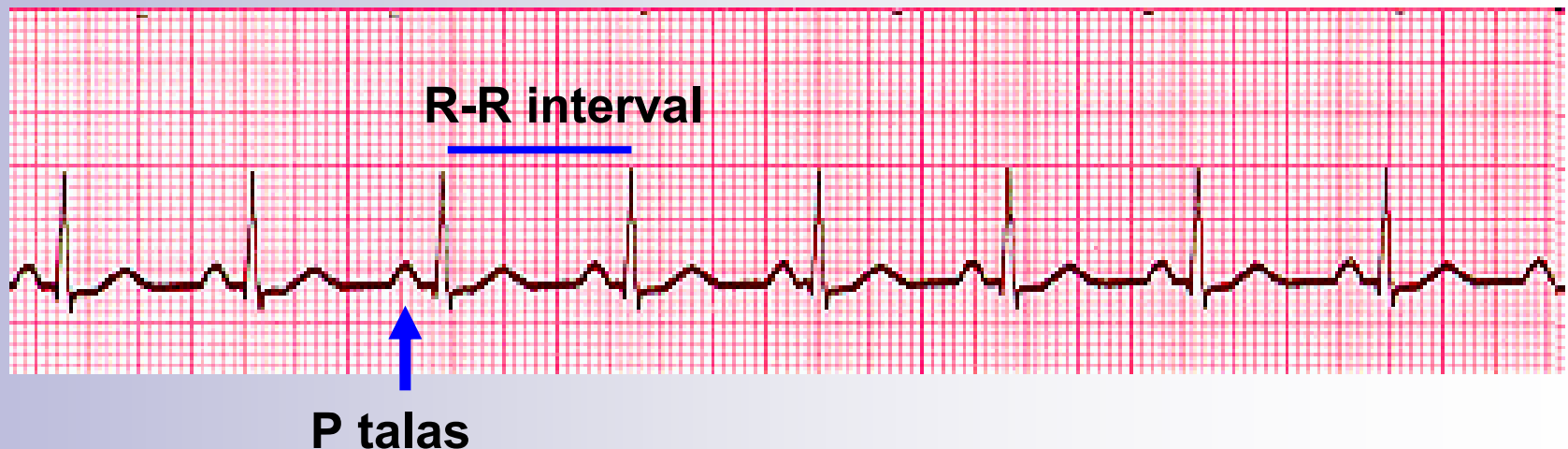
Prisustvo patoloških znakova u EKG-u, npr.

4. Hipertrofija
5. Infarkt



RITAM

- Ko je predvodnik srčanog ritma? Da li svakom QRS kompleksu prethodi P talas?
 - **Ritam je sinusni**
- Da li su vremenski intervali između dva sukcesivna R talasa isti?
 - **Srčana radnja je ritmična**



SRČANA FREKVENCA (f)

- Broj srčanih ciklusa u jednoj minuti
 - fiziološki: 60 do 100 min⁻¹
 - **Tahikardija**: $f > 100 \text{ min}^{-1}$,
 - **Bradikardija**: $f < 60 \text{ min}^{-1}$
- Srčana frekvenca se može odrediti:
 - Palpacijom ictusa cordisa
 - Auskultacijom srca
 - EKG

a. $f = 1/T = 60/R-R$

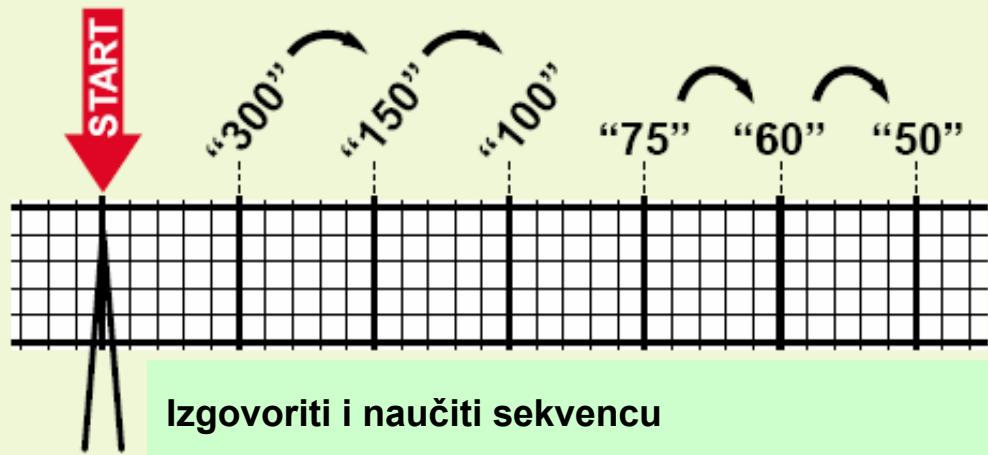
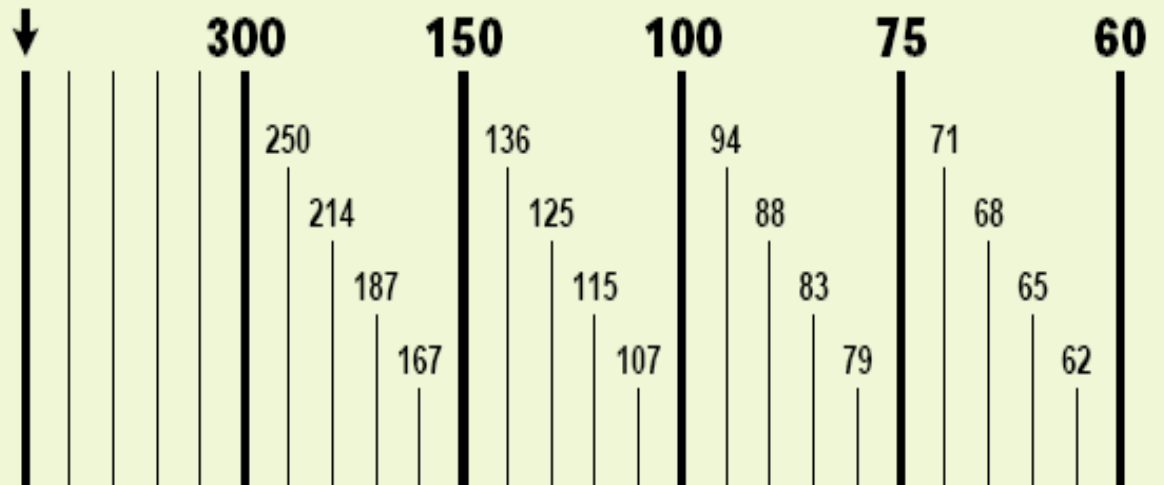
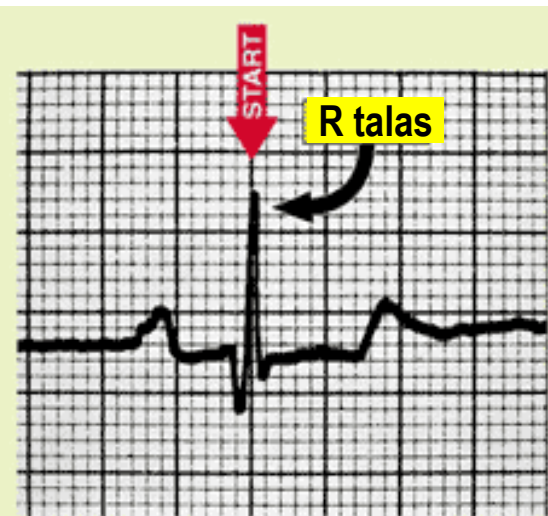
Metode za izračunavanje srčane frekvence

b.

1500 podeliti sa brojem malih kvadratića između dva uzastopna R talasa	Samo ako je srčana radnja ritmična	Gde je drugi R talas? 1 – 300 min ⁻¹ 2 – 150 min ⁻¹ 3 – 100 min ⁻¹ 4 – 75 min ⁻¹ 5 – 60 min ⁻¹ 6 – 50 min ⁻¹
300 podeliti sa brojem velikih kvadrata između dva uzastopna R	Samo ako je srčana radnja ritmična	
Broj R talasa u 6 sekundi pomnožiti sa 10	Može se primeniti i kada srčana radnja nije ritmična	

“Pravilo 300”

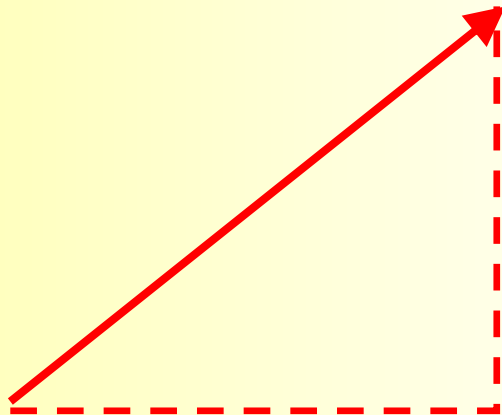
Brza procena srčane frekvence



ELEKTRIČNA OSOVINA SRCA

Depolarizacija srca se predstavlja vektorom

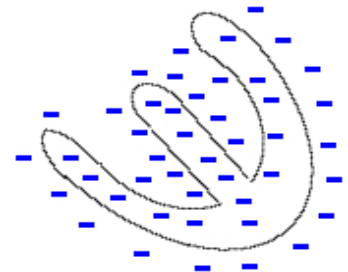
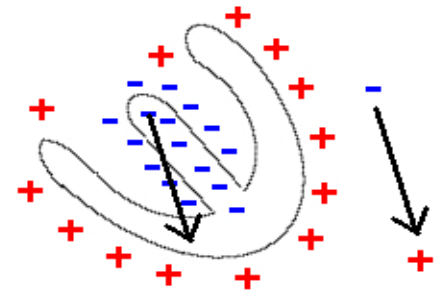
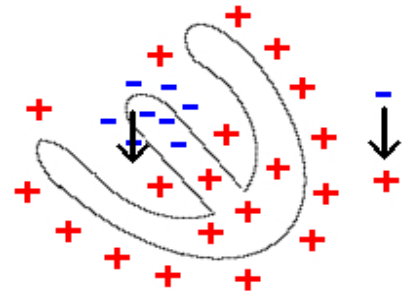
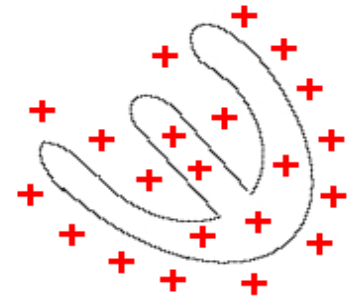
Zbirni vektor depolarizacije u jednom trenutku predstavlja osovinu – orijentaciju, položaj srca u grudnom košu



Projekcija vektora

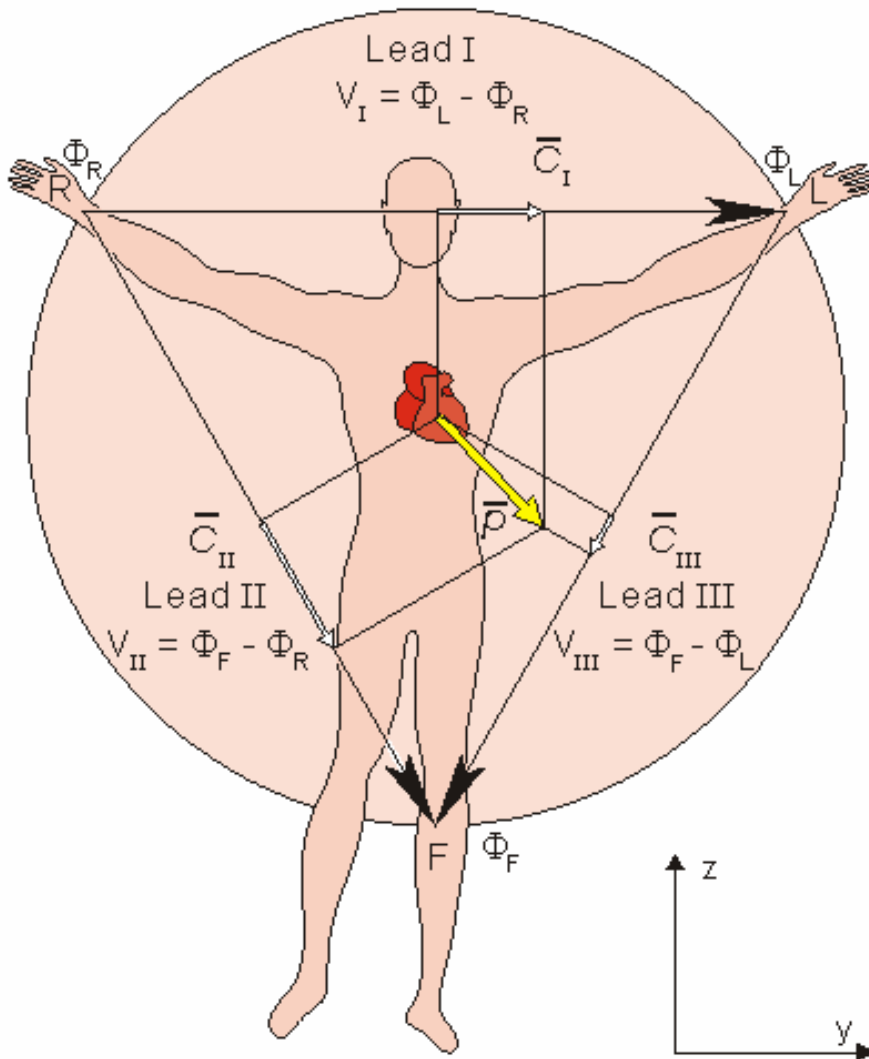
Svaki vektor je definisan svojim:

- pravcem
- smerom
- intenzitetom



- **Električna osovina srca , srednji QRS vektor,** je smer srčanog vektora tokom depolarizacije
- Fiziološki opseg: -30 do +120°
- **Položaj srca u grudnom košu: +59°**

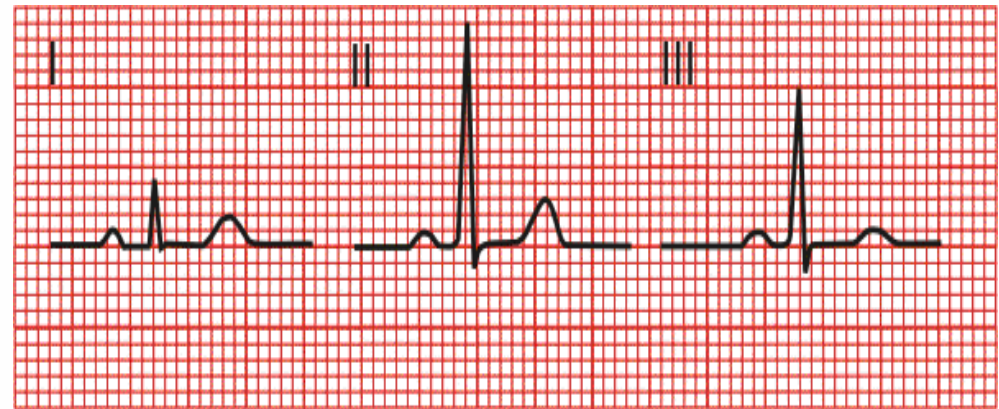
Ajnthovenov trougao i zakon



Φ_L = potencijal na levoj ruci
 Φ_R = potencijal na desnoj ruci
 Φ_F = potencijal na levoj nozi

V_I = voltaža odvoda I
 V_{II} = voltaža odvoda II
 V_{III} = voltaža odvoda III

$V_I = \Phi_L - \Phi_R$
 $V_{II} = \Phi_F - \Phi_R$
 $V_{III} = \Phi_F - \Phi_L$

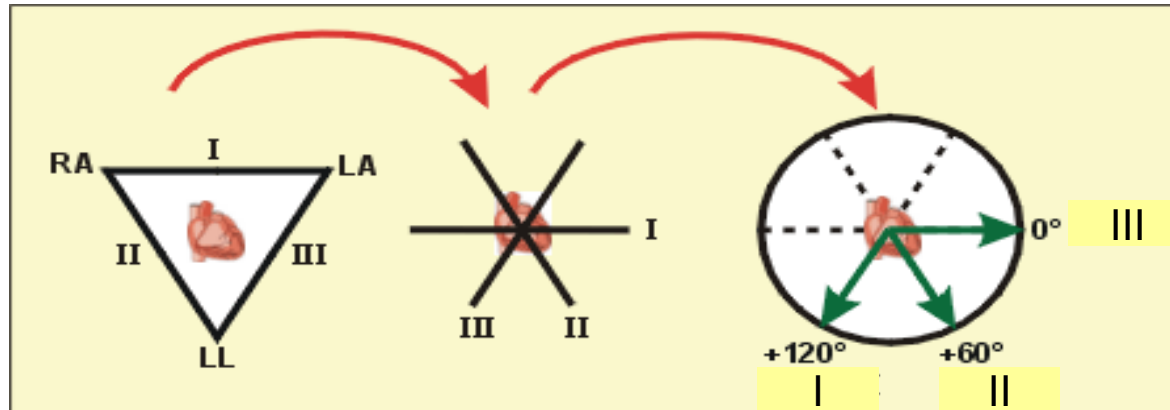


$$V_{II} = V_I + V_{III}$$

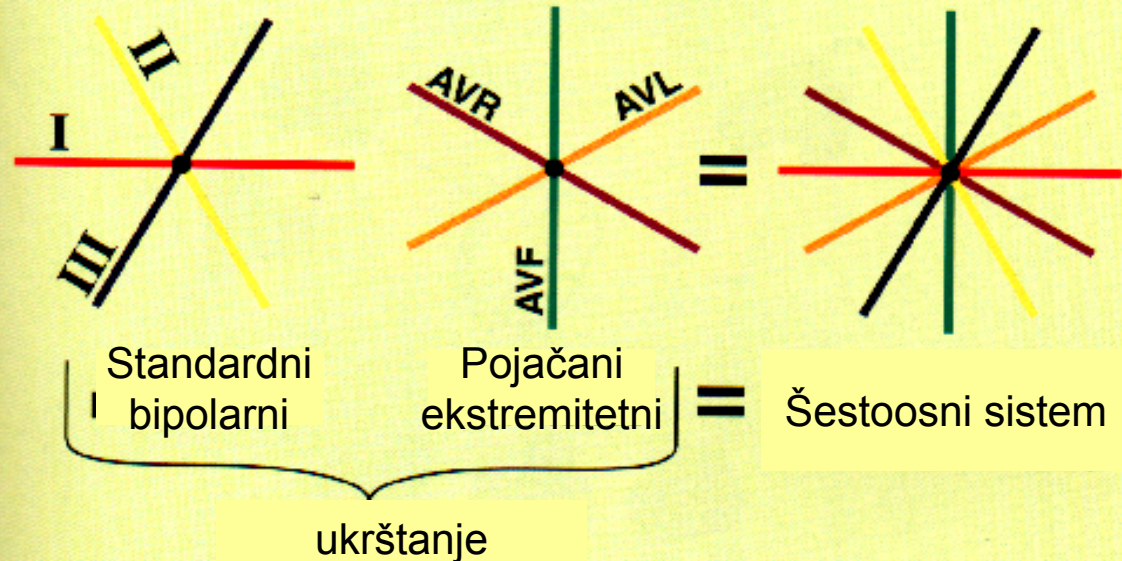
TRIOSNI I ŠESTOOSNI SISTEM

Položaj i smer srednjeg QRS vektora u frontalnoj ravni se određuje pomoću:

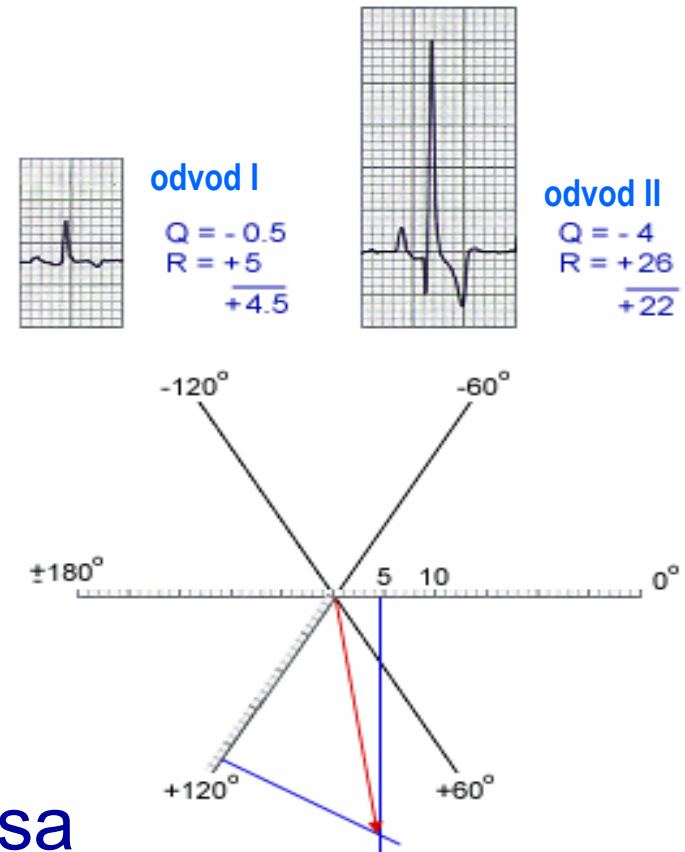
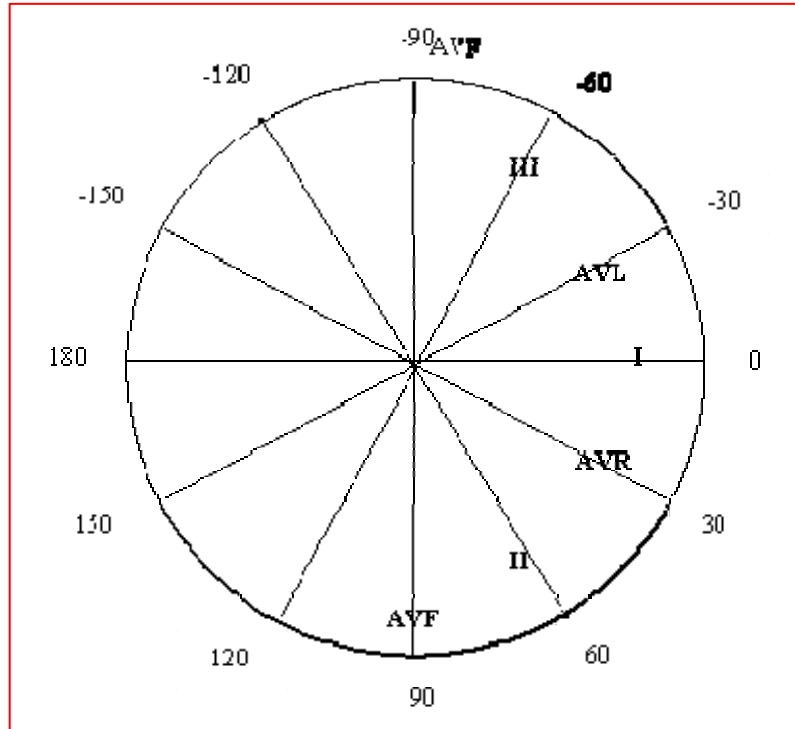
- *Triosnog sistema*
(3 standardna odvoda)
- *Šestoosnog sistema*
(6 ekstremitetnih odvoda)



ODVODI SA EKSTREMITETA



Konstrukcija srednjeg QRS vektora



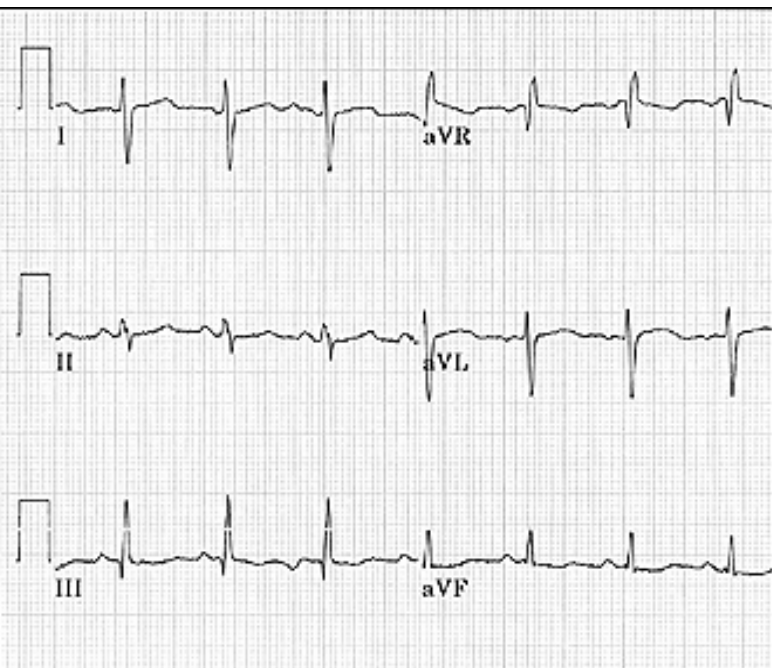
- Neto voltaža QRS kompleksa
- Ajnthovenov zakon

Brza procena smeru električne osovine srca

Frontalna ravan:

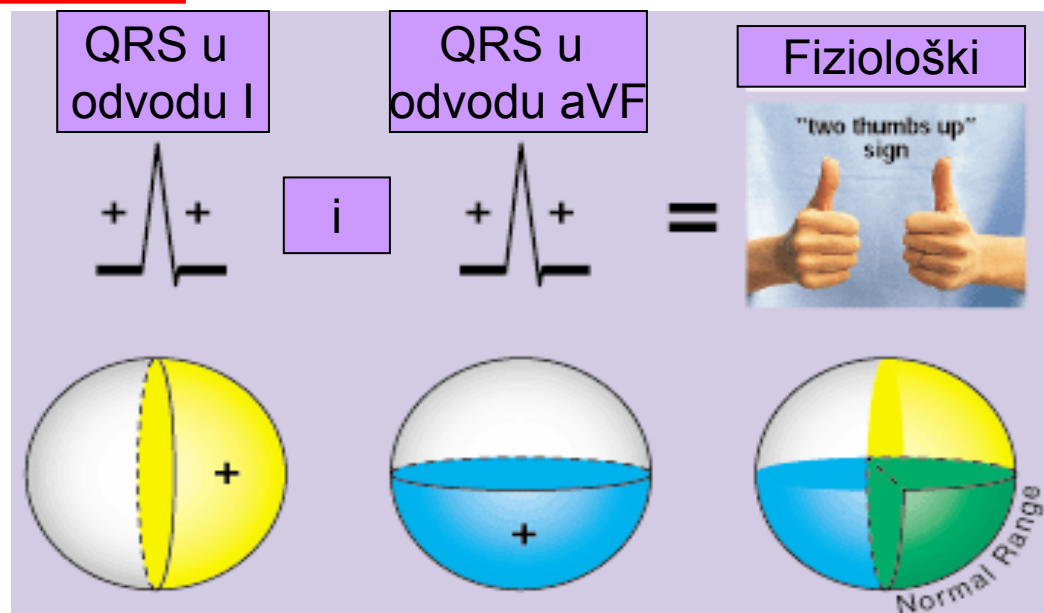
Na osnovu voltaže

R talasa u **I** i **aVF** odvodu:



Negativan u I, pozitivan u aVF, dakle:
devijacija u desno

Voltaža R talasa u V2 odvodu
Ukazuje na smer vektora u
horizontalnoj ravni

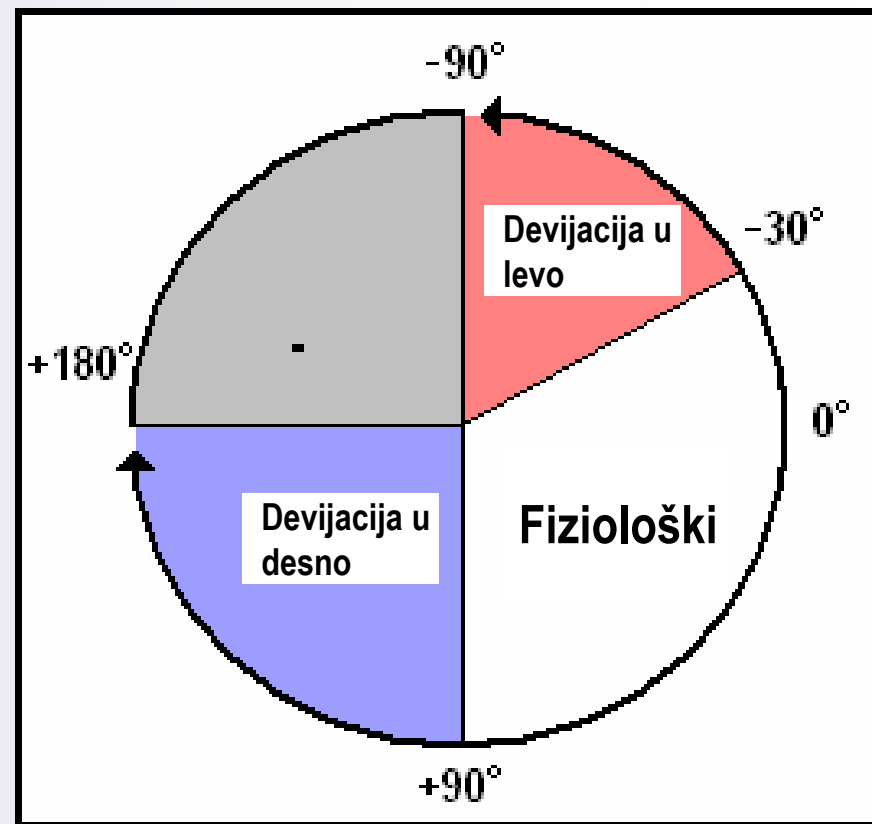


R talas	ODVOD aVF	
	Pozitivan	Negativan
ODVOD I	Pozitivan	Fiziološki
	Negativan	Devijacija u desno
		Devijacija u levo

Devijacije električne osovine srca

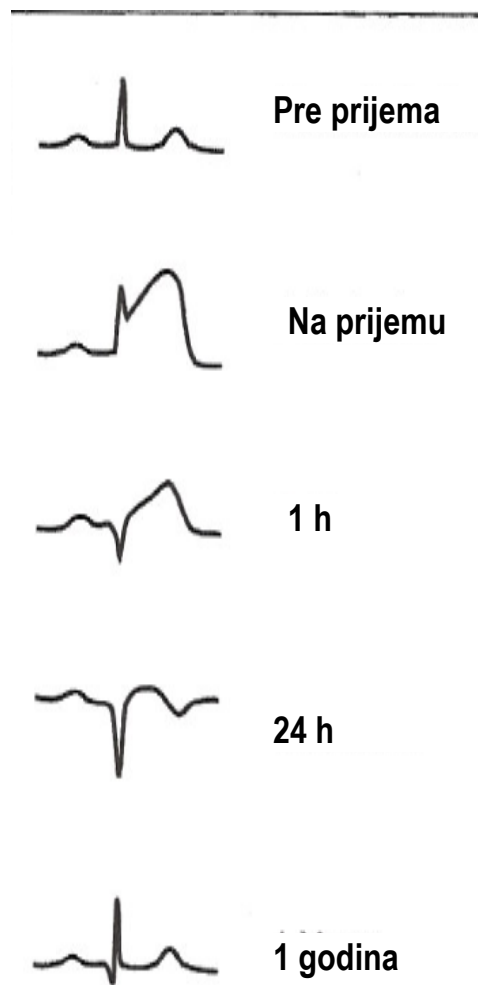
Devijacije električne osovine srca:

- DEVIJACIJA OSOVINE U LEVO
 - Fiziološki uzrok: osobe gracilne građe
- DEVIJACIJA OSOVINE U DESNO
 - Fiziološki uzrok: trudnoća



Hipertrofija i infarkt miokarda

- Ne predstavljaju fiziološki nalaz
- Hipertrofija miokarda uzrokuje skretanje električne osovine srca i porast voltaže
- Markeri infarkta:
 - Elevacija (ili depresija S-T segmenta) za > 1 mm
 - Inverzija T talasa
 - Dubok Q zubac



TEZE ZA SEMINAR

SEMINAR

EKG: REGISTROVANJE I ANALIZA

1. Sprovodni sistem srca
 2. Akcioni potencijali u srcu i odnos prema signalu EKG-a
 3. EKG: metoda, aparat i zapis
 4. Principi registrovanja EKG-a
 5. Sistem 12 konvencionalnih odvoda EKG-a
 6. EKG papir: standardizacija i kalibracija
 7. Talasi, segmenti i intervali u EKG-u
 8. Analiza EKG-a
 - a. Ritam
 - b. Frekvenca
 - c. Električna osovina
-