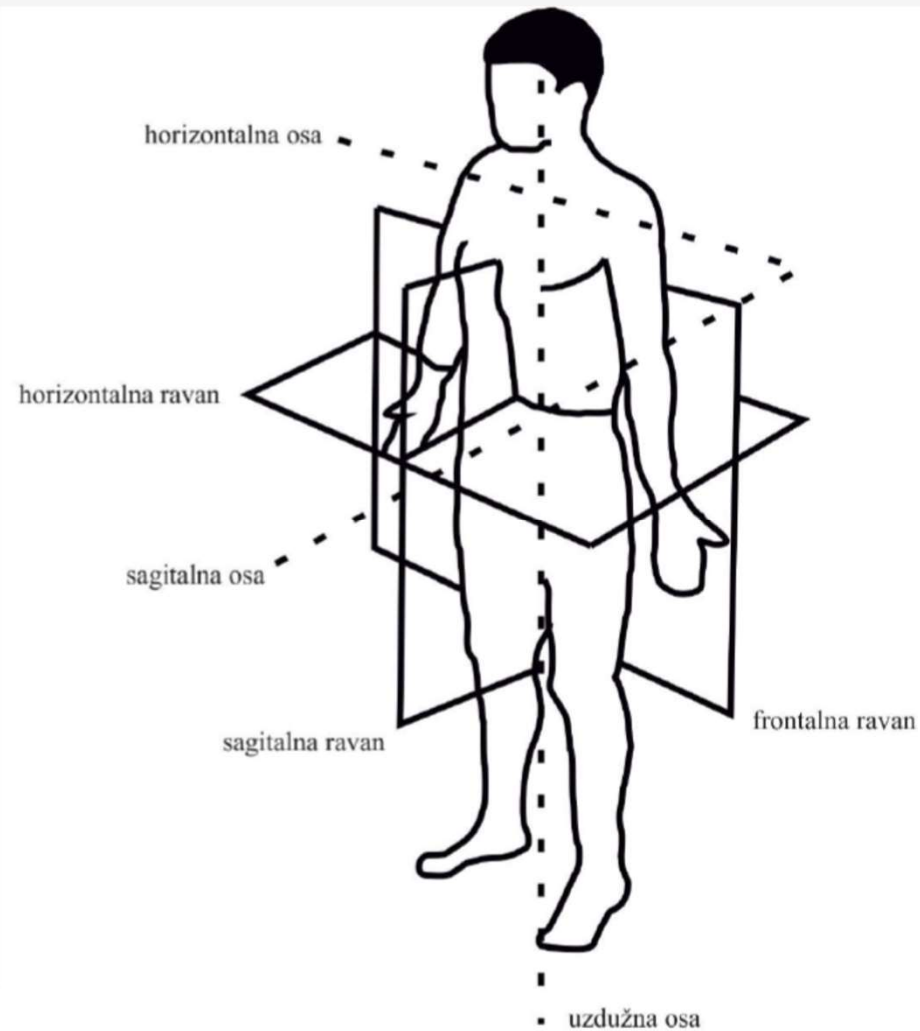


OSNOVE BIOMEDICINSKOG INŽENJERSTVA

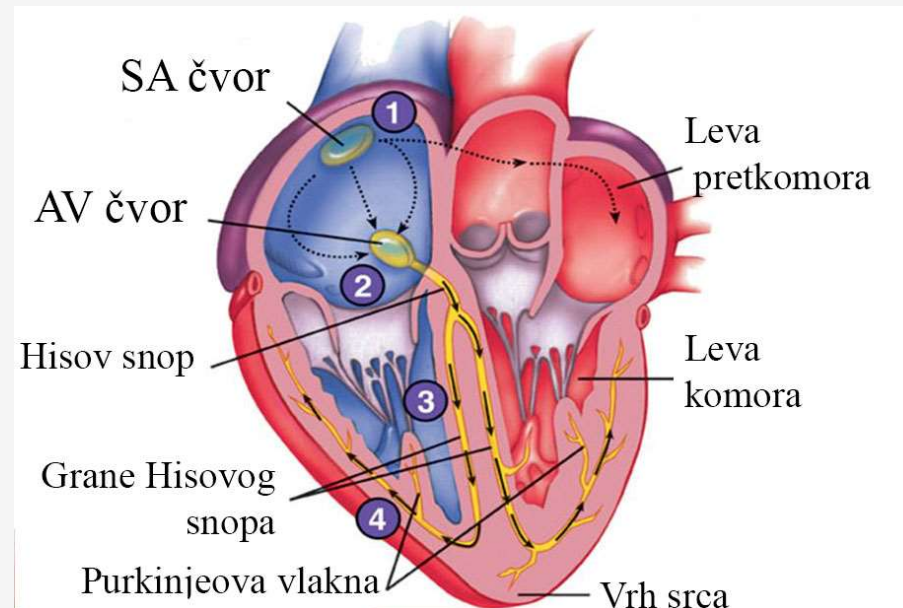
ELEKTROKARDIOGRAFIJA

Definicija ravni kod čoveka

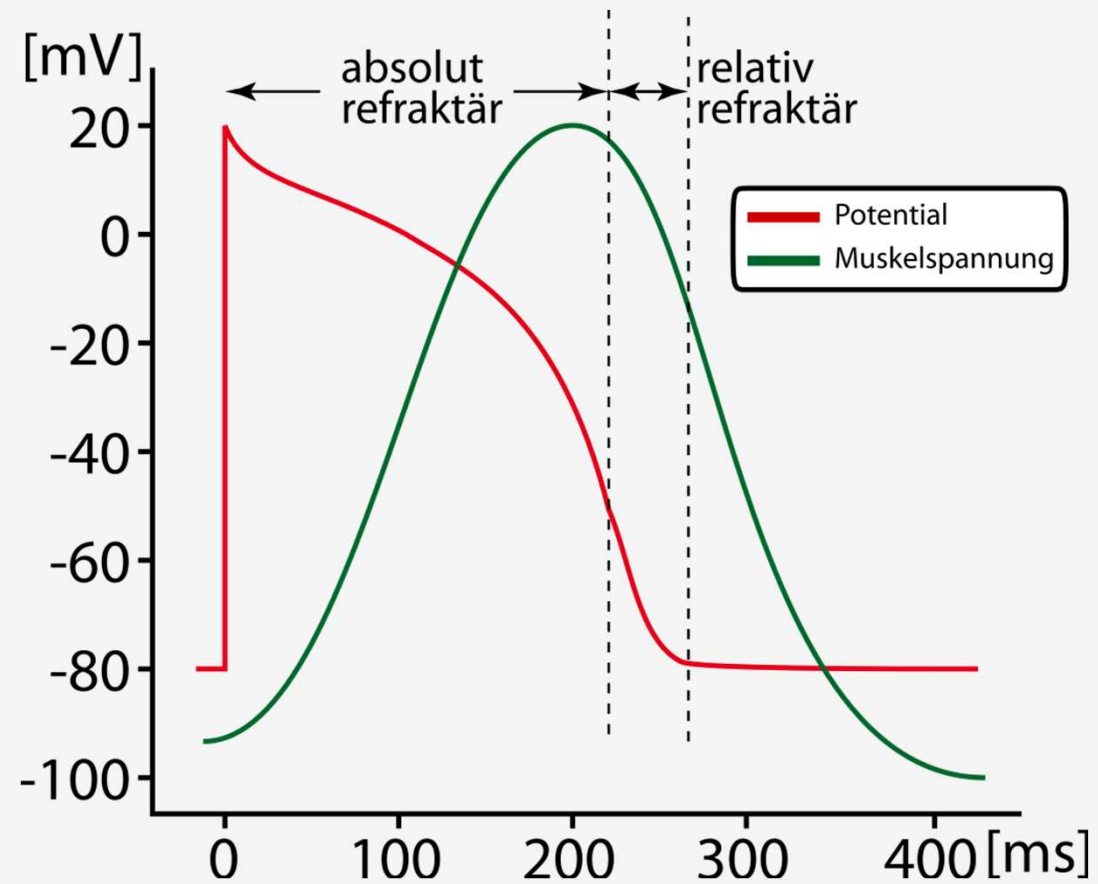


KARDIOVASKULARNI SISTEM

Mišići u ljudskom telu se pokreću slanjem električnih impulsa iz nervnog sistema. Međutim, srce ima svojstvo da samostalno generiše električne impulse. Električni impulsi nastaju u **sino-atrijalnom** (SA) čvoru koji je smešten u gornjem delu desne pretkomore. Oni se dalje prostiru do atrio-ventrikularnog (AV) čvora, koji se nalazi između desne pretkomore i desne komore. Tu se stvara malo zakašnjenje u prenosu kako bi se pretkomore ispraznile. Potom impulsi putuju kroz komore i izazivaju njihovu kontrakciju. Jedna potpuna kontrakcija pretkomora i komora naziva se otkucaj srca i traje oko jednu sekundu. Kod odrasle, zdrave osobe, broj otkucaja u minuti je između 60 i 80. Ovo je jako bitna odlika jer svaka promena u trajanju ili intenzitetu otkucaja može ukazivati na neku vrstu anomalije srčane aktivnosti. Ove promene mogu nastati kao posledica nekog patološkog stanja organizma ili pod uticajem autonomnog nervnog sistema prilikom npr. stresa, fizičke aktivnosti i klimatskih promena.



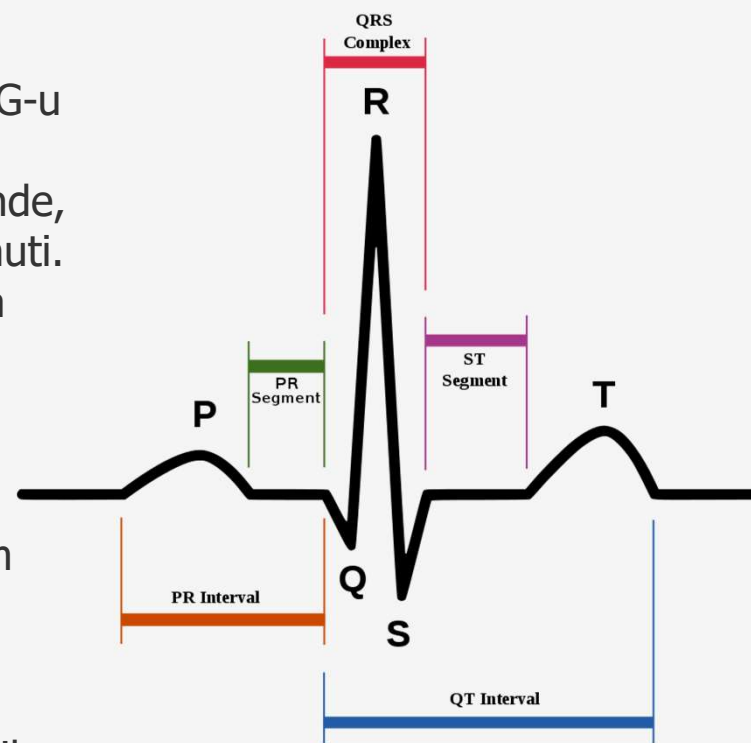
Akcioni potencijal srčanog mišića



Elektrokardiografija

Depolarizacija pretkomore uzrokuje nastanak P talasa, a depolarizacija komore QRS talas (kompleks). Repolarizacija komore uzrokuje ST talas. Vreme ponavljanja srčanog ciklusa predstavlja vremenski interval na EKG-u koji se meri između tačaka obeleženim sa R na talasima depolarizacije komore za dva srčana ciklusa. Obično se radi o vremenu od jedne sekunde, što odgovara frekvenciji od 1Hz, ili **srčanom ritmu** od 60 otkucaja u minuti. Ova vrednost menja se u zavisnosti od mnogih faktora, npr. menja se sa opterećenjem, bolešću i slično.

Intenziteti potencijala srca koji deluju na elektrode indirektno su proporcionalni njihovim rastojanjima od srca. Potencijali su utoliko viši ukoliko su elektrode locirane bliže srcu. Srčani potencijali mereni elektrodama na površini tela mogu da se predstavie i naponskim dipolom ili električnim vektorom čija se veličina, smer i položaj vremenski bitno menjaju. Radi utvrđivanja kako se njegova prosečna vrednost i smer menjaju sa vremenom, treba izvršiti registrovanje potencijala srca u najmanje dve ravni pod pravim uglom. Pri ovome, poznavanje apsolutnih vrednosti intenziteta vektora i nije potrebno, jer se u elektrokardiografiji koriste komparativne metode merenja. Naime, sama analiza sastoji se u tome da lekar, upoređujući oblik snimljene sa oblikom etalon krive, uoči njihovu razliku, koja je dovoljna za definiciju prave dijagnoza poremećaja u radu srca.



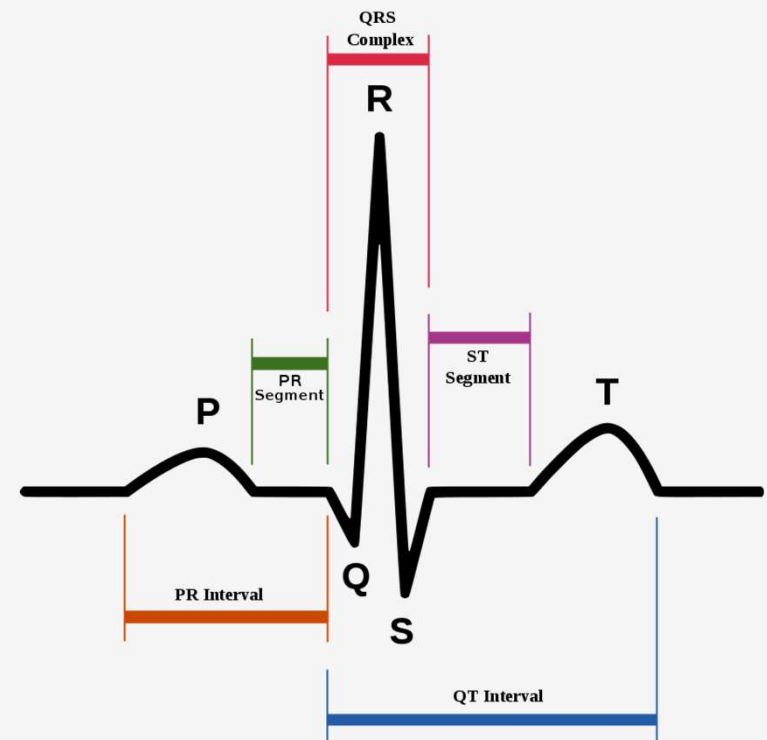
Elektrokardiografija

Normalne vrednosti amplituda:

P	0.2mV
Q	0.1mV
R	0.5-1.5mV
S	0.2mV
T	0.1-0.5mV

Normalne vrednosti intervala:

P-Q	(0.12-0.20s)
QRS	(0.06-0.10s)
S-T	(0.18-0.30s)
Q-T	(0.35-0.40s)



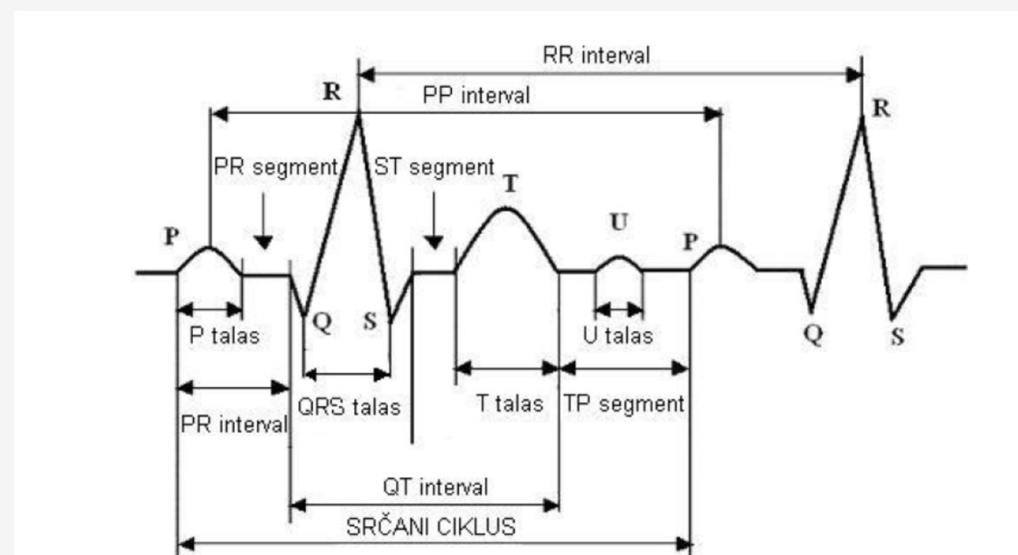
EKG signal

RR interval – predstavlja rastojanje između dva susedna R pika i služi za određivanje komorskog ritma.

PP interval – predstavlja rastojanje između dva susedna P talasa i služi za određivanje pretkomorskog ritma.

PR interval – obuhvata vreme potrebno za depolarizaciju pretkomora, kašnjenje sprovođenja u AV čvoru i prolazak impulsa kroz Hisov snop i njegove grane, sve do nastanka depolarizacije komora. Meri se od početka P talasa do početka QRS kompleksa.

QRS interval – predstavlja vreme depolarizacije komora. Meri se od početka **Q talasa** (ili R ukoliko Q nije vidljiv) do kraja S talasa.



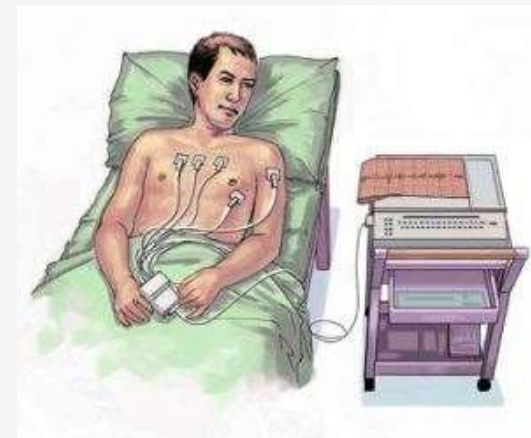
EKG signal

Frekvencijski opseg EKG signala je 0.05Hz – 100Hz, a amplitude su od 1-10mV.

Kratkotrajni QRS kompleks je nadominantniji deo u normalnom EKG signalu.

Na osnovu vremenskih trenutaka u kojima se javljaju i oblika QRS kompleksa može se doći do značajnih informacija o stanju srca.

QRS kompleksi se koriste za određivanje srčanog ritma, za klasifikaciju srčanih ciklusa i kao polazna tačka u algoritmima za kompresiju EKG signala, što znači da je detekcija QRS kompleksa u osnovi gotovo svih algoritama za automatsku obradu EKG signala.



POZICIJE ELEKTRODA

Standardno 12 – kanalno snimanje podrazumeva korišćenje 10 elektroda. Svaka elektroda ima svoje mesto postavljanja. Tri elektrode se postavljaju na udove i to na: levu ruku(LA), desnu ruku(RA) i levu nogu(LL). Jedna elektroda, za uzemljenje, postavlja se na **desnu nogu**. Preostalih šest elektroda su grudne. Kanali koji se dobijaju snimanjem su: I, II, III, **aVR(augmented vector right)**, **aVL(augmented vector left)**, **aVF(augmented vector foot)** i šest grudnih kanala, V₁-V₆

$$I = RA - LA$$

$$aVR = RA - \frac{LA + LL}{2}$$

$$II = RA - LL$$

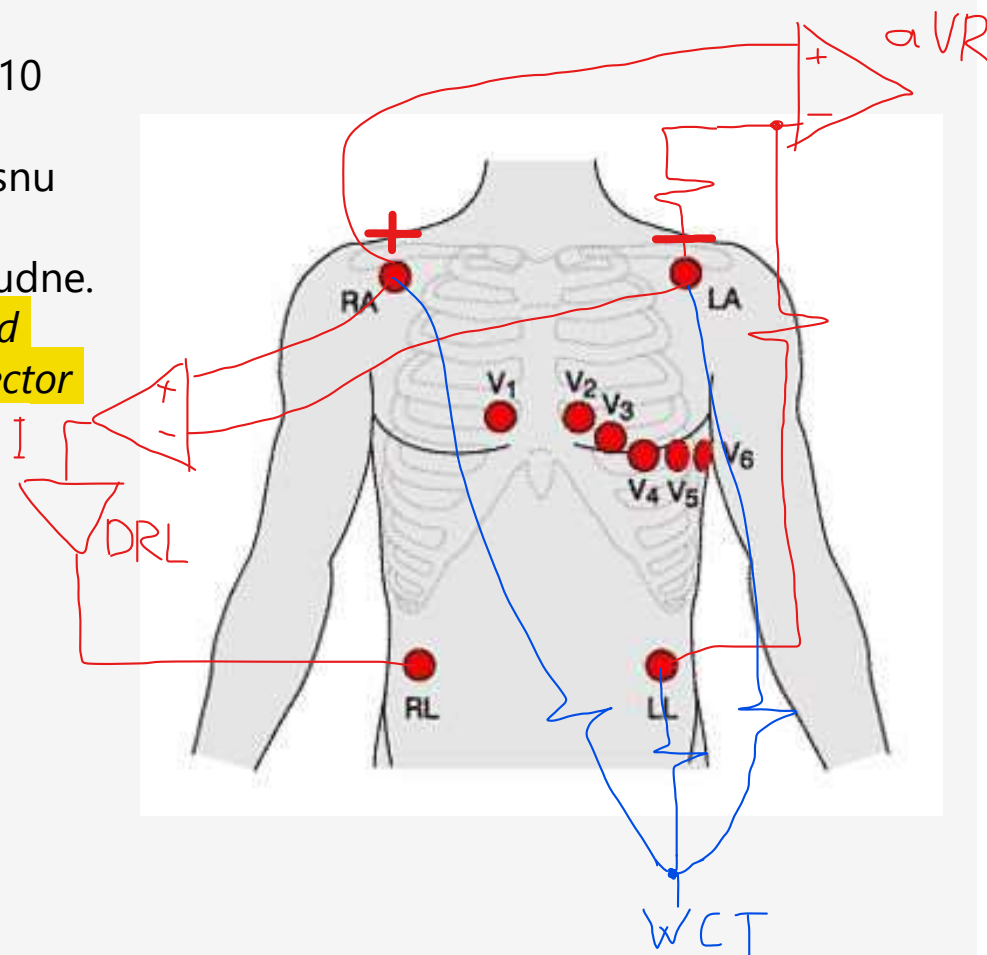
$$aVL = LA - \frac{LL + RA}{2}$$

$$III = LA - LL$$

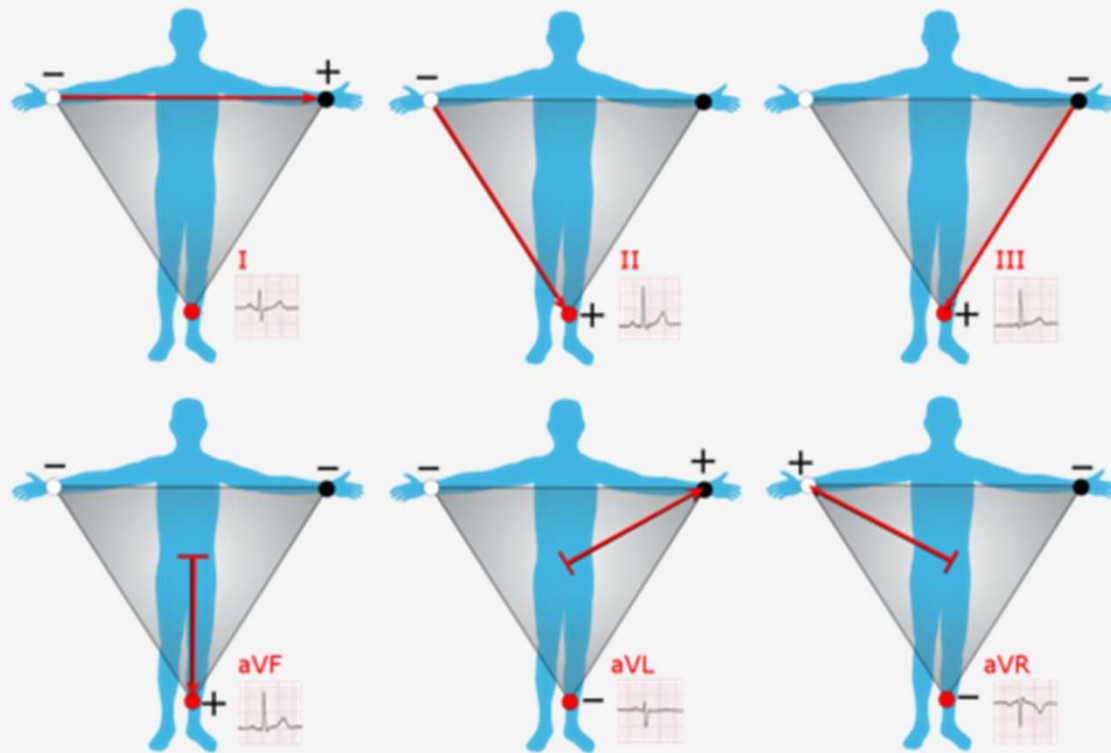
$$WCT = \frac{RA + LA + LL}{3}$$

$$aVF = LL - \frac{RA + LA}{2}$$

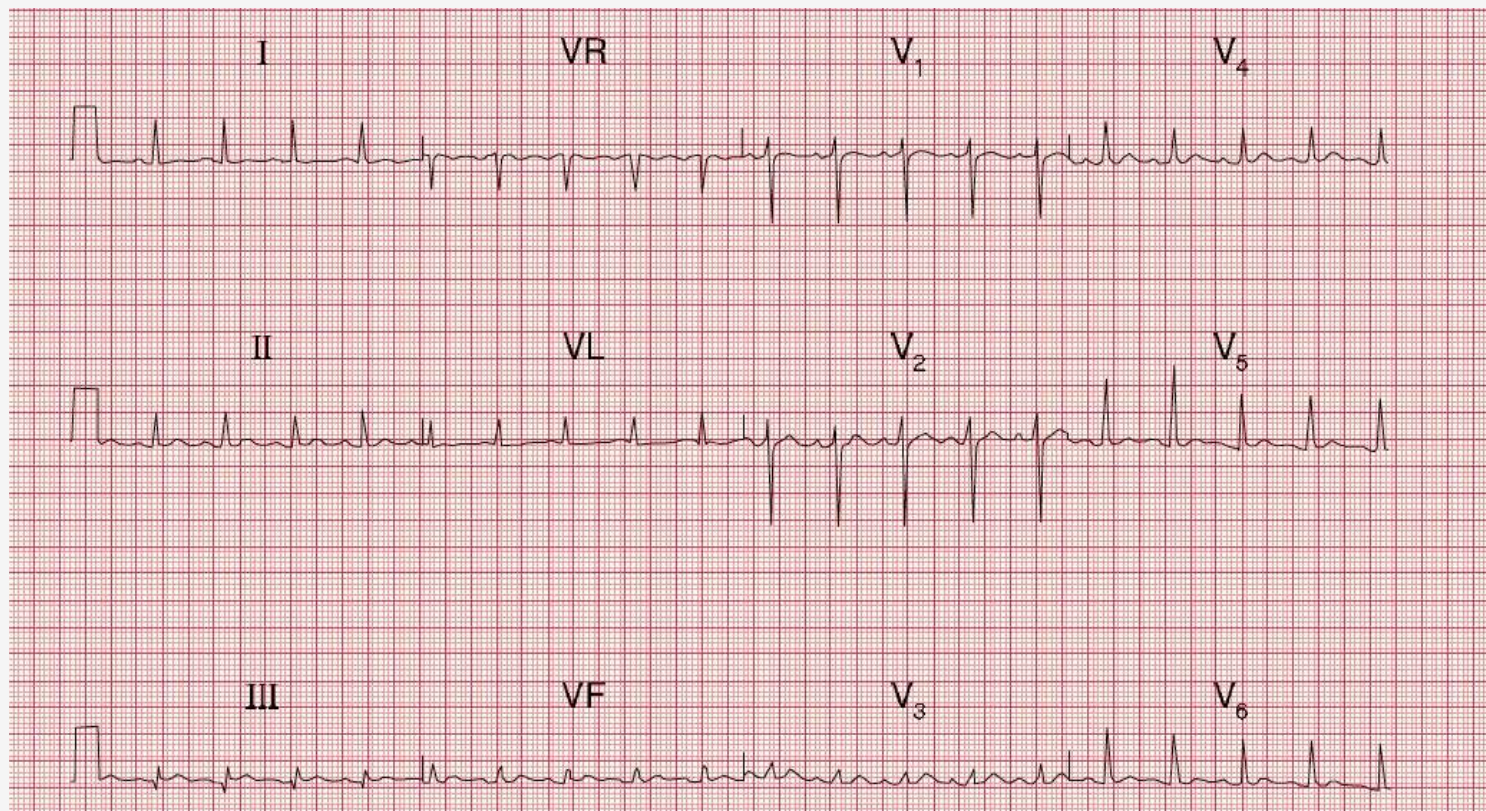
WCT – Wilsonov Centralni Terminal



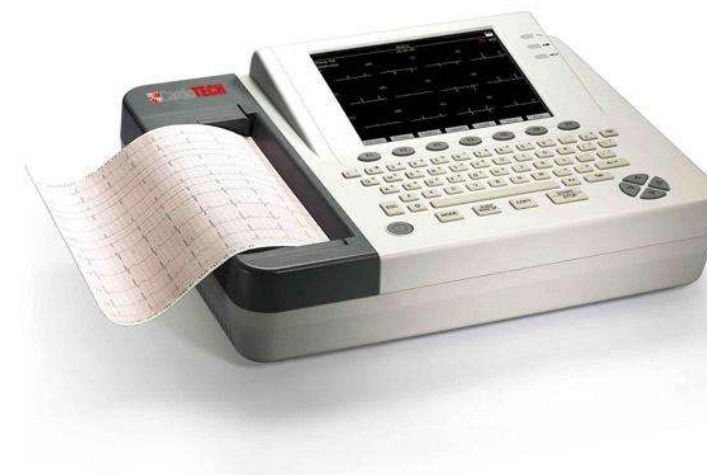
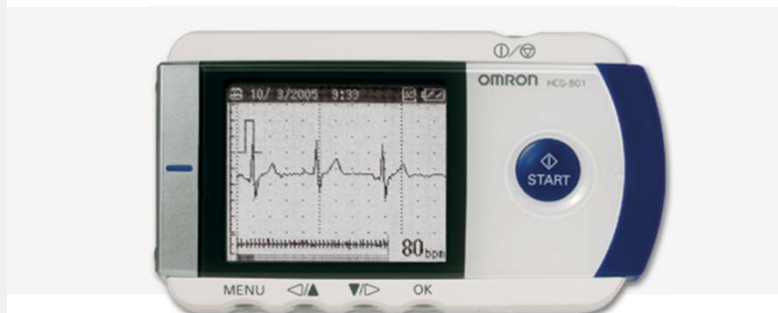
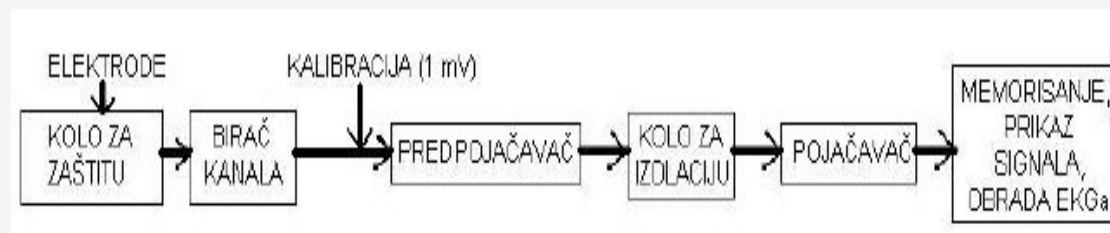
POZICIJE ELEKTRODA



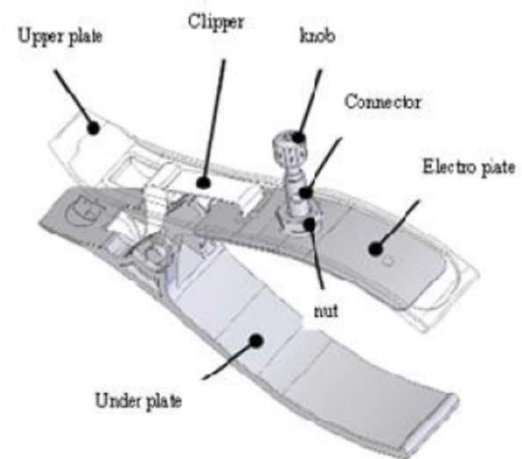
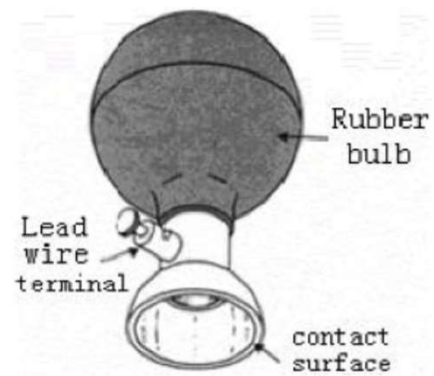
SIGNALI



ELEKTROKARDIOGRAF



Elektrode za snimanje EKG-a

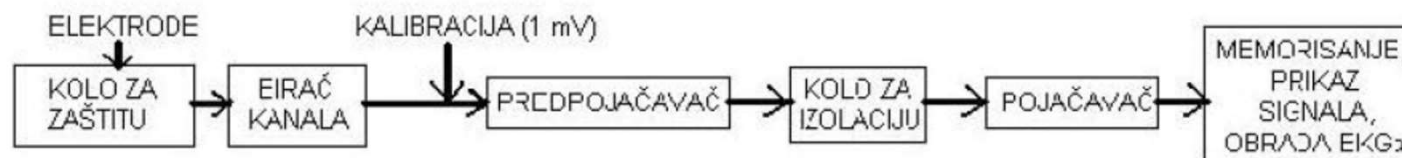


EKG uređaj

Kolo za zaštitu. Ovaj deo uređaja sprečava da struja koja može da ugrozi pacijenta dodje na elektrode, i sprečava da neki slučajni veliki ulazni signal ošteti uređaj.

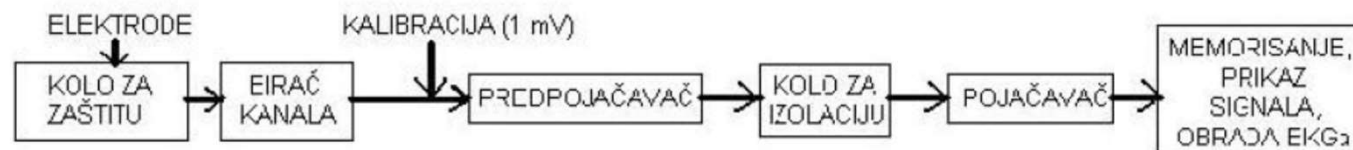
Birač odvoda. Svaka elektroda je vezana za birač odvoda. Birač određuje koja elektroda ili koje elektrode su povezane na odgovarajuće pojačavačke elemente.

Kalibracioni blok. Kalibrisani generator naponskog signala generiše impulse sa amplitudom 1 mV.



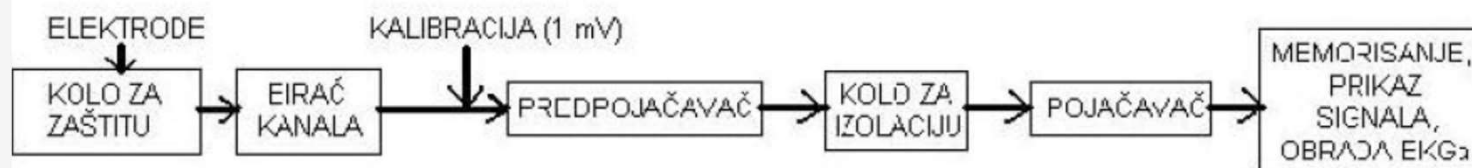
EKG uređaj

Predpojačavač. Predpojačavački stepen mora da ima pojačanje reda $A = 2000$, veliku ulaznu impedansu za diferencijalni ($Z_{ul} > 10 \text{ M}\Omega$) i zajednički signal ($Z_{ul} > 100 \text{ M}\Omega$), i veliki faktor potiskivanja zajedničkog signala ($\text{CMRR} > 100 \text{ dB}$). Najčešće se koristi instrumentacioni pojačavač sa tri operaciona pojačavača. Kod većine uređaja izbor pojačanja se vrši na ovom delu EKG uređaja.



EKG uređaj

Pojačavač. Ovaj pojačavač služi za prilagodjenje izlaznog napona ulaznom kolu primenjenog pisača ili monitora. Ovaj naizmenični (AC) pojačavački stepen obezbedjuje deflekciju mlaza na monitoru ili pisaču u željenom opsegu. Često se ovaj deo naziva "driver amplifier". Ovaj pojačavač ima za cilj i da potisne eventualni jednosmerni ofset koji dolazi sa predpojačavača. Ovaj pojačavač ima i mogućnost podešavanja nule uređaja (podešavanje ofseta izlaznog signala).



Standardi propisani za EKG uređaj

1. Linearnost i distorzija. Odstupanje od linearnosti mora da bude manje od 5% za izlazni signal (peak to peak) za signale koji se beleže na pisaču (ekranu) između 5 i 50 mm. Za skretanja manja od 5 mm devijacija ne sme da bude veća od 0.25 mm, u frekvencijskom opsegu od 0.05 do 100 Hz.

2. Ulazni opseg. Ulazni signali treba da budu manji od 10 mV (peak to peak).

Standardi propisani za EKG uređaj

3. Ulazna impedansa i struja. Ulazna impedansa između priključaka ne sme da bude manja od 5 M Ω . U toku merenja svi drugi odvodi treba da budu uzemljeni. Instrument ne sme da dozvoli da veća struja od 1 mA postoji u kolu pacijenta.

4. Centralni priključak. Otporna mreža treba da ima centralni priključak (terminal) i ne sme da dovede do veće distorzije signala od 2%. Centralni terminal ne sme da ima manju impedansu od 3.3 M Ω .

5. Pojačanje. Uređaj treba da ima tri opsega pojačanja: 5, 10 i 20 mm/mV na izlaznom pojačavaču.

Standardi propisani za EKG uređaj

6. Frekvencijski opseg. Frekvencijski odziv treba da bude ravan (odstupanje do +0.5 dB) u opsegu 0.14 do 25 Hz. Za signale koji imaju amplitudu manju ili jednaku 5 mV na 25 Hz izlaz na sinusnu pobudu konstantne amplitude sa 100 Hz ne sme da bude smanjen za više od 3 dB.

7. Faktor potiskivanja zajedničkog signala (CMRR). Za svaki položaj birača odvoda sa pojačanjem na 10 mm/mV i sa povezanim svim odvodima na 50 Hz i 220 V napajanja sa jednim odvodom koji je uzemljen i jednim odvodom koji ima redno kapacitet od 22 pF i 100 kΩ defleksija ne sme da bude veća od 20 mm.

Standardi propisani za EKG uređaj

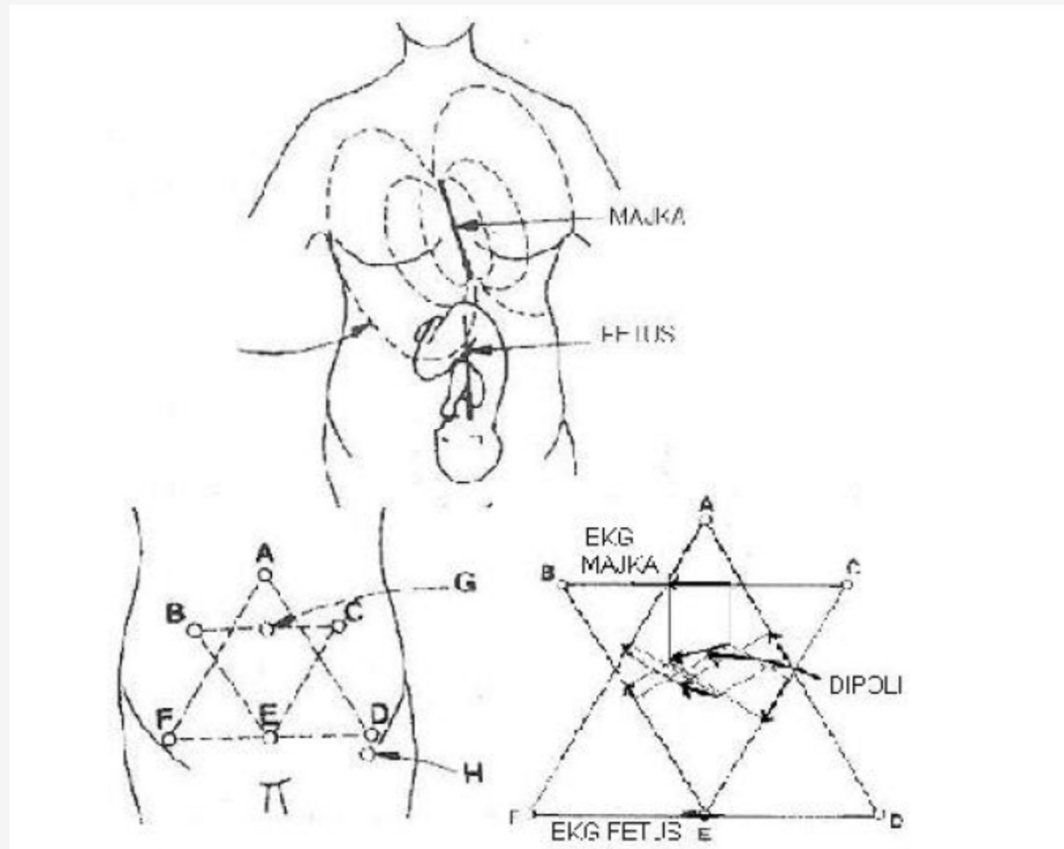
8. Kalibracija. Kalibracija standardnim signalom intenziteta 1 mV treba da bude ugradjena za svako pojačanje.

9. Brzina zapisivanja. Standardna brzina zapisivanja je 25 mm/s. Treba da bude na raspolaganju i brzina od 50 mm/s. Tačnost brzina mora da je u opsegu od 2%.

10. Izlaz. Izlazna impedansa mora da bude manja od 100 Ω . Izlazni napon treba da je u opsegu 1 V.

11. Obeležavanje događaja. Ručno kontrolisani marker treba da bude ugradjen na uređaj.

Fetalni EKG



Fetalni EKG

Fetalna elektrokardiografija je metoda snimanja električnih potencijala srčanog mišića fetusa primenom površinskih elektroda na abdomenu majke, i primenom slične tehnike kao pri snimanju normalnog EKG signala.

Uobičajeno se za fetalni elektrokardiogram koristi skraćenica FEKG.

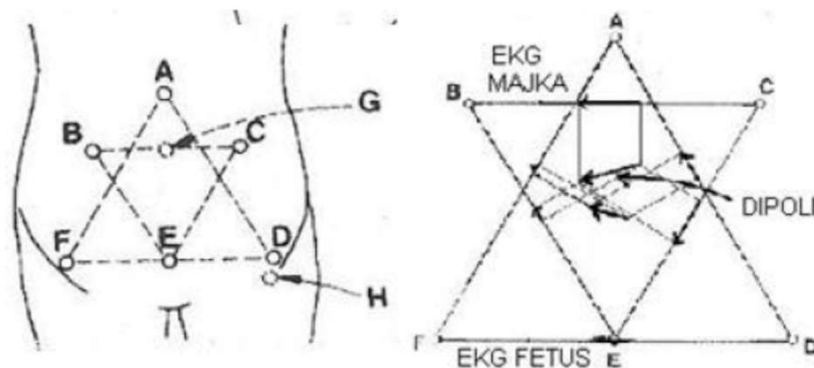
FEKG signal može da se snima približno od 16 nedelje starosti ploda, a u nekim slučajevima čak i od 11 nedelje.

FEKG se menja u zavisnosti od dužine trudnoće, pa ova metoda može vrlo uspešno da se koristi i za određivanje starosti ploda.

Fetalni EKG

Najčešće korišćen položaj elektroda (Blondheim-ova konfiguracija sa 6 elektroda) odgovara zamišljenom vertikalnom položaju ploda sa glavom nadole, i primenom Einthovenove konfiguracije za položaj ploda (A-D-F) i Einthovenove konfiguracije elektroda pomerene sa grudnog dela na abdomen (B-C-E).

Mogu se postaviti i dve elektrode na ledja majke (G i H).



Integrirana kola snimanje EKG-a – ADS1298

