**1.Primena pacemaker-a**

Cilj stimulacije srčanog mišića je uspostavljanje pravilnog ritma, pa se zbog toga stimulator naziva *pacemaker* (davač ritma). Pacemaker je potreban kada se srce samo ne stimuliše ispravno (kada postoje aritmije). Pacemaker je električni stimulator za indukovanje kontrakcije srca,poseduje vrlo malu stimulacionu struju i vrlo mali faktor ispune stimulacionih impulsa. Električni impulsi se mogu dovoditi na površinu srca (epicardium), u srčani mišić (myocardium), unutar srčane šupljine (endocardium).

Potencijali na srcu su do 25 mV, sa trajanjem od oko 10 ms. Kapacitivnost srčanog mišića je oko C=1µF/cm2. Pobudna struja treba da je manja od 1 mA, a da pri tom gustina struje treba da bude manja od J = 0.1 mA/cm2. Impedansa tkivo - elektroda je 0.5 do 1 kΩ. Eksitacija započinje u SA čvoru.

**2.Elektrode za pacemaker (konstrukcija, materijali, brojnost i mesto postavljanja)**

Stimulacione elektrode

Značajne karakteristike elektroda su: mehanička izdržljivost , material se nesme: rastvarati u tkivu, iritirati tkivo, učestvovati u elektrolitičkim reakcijama usled stimulacije, biološki reagovati i potrebno je dobro spajanje sa provodnicima. Materijali koji se upotrebljavaju u izradi elektroda su: platina, legure platine i zlata i ostale specijalizovane legure.

Monopolarni pacemaker-i imaju jednu elektrodu u kontaktu sa srcem na koju se dovode negativni impulsi i jednu veliku neutralnu elektrodu koja se postavlja bilo gde u telu kako bi se formirala zatvorena strujna kontura.

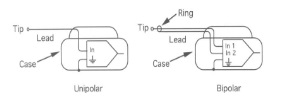
Bipolarni pacemaker-i imaju dve elektrode u kontaktu sa srcem između kojih protiče stimulaciona struja kroz srce.

Stimulacioni parametri (napon/struja, trajanje) su značajni za oba tipa

Površina elektroda je oko 10 mm2.

Senzorske elektrode

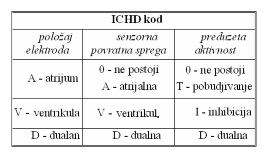
Mogu biti monopolarne ili bipolarne. Koriste se u sprezi sa naprednijim vrstama pacemaker-a.



**3.Klasifikacija pacemakera**

Internacionalna komisija za srčana obolenja (Inter-Society Comission for Heart Disease - ICHD) je izvršila klasifikaciju srčanih stimulatora. Obeležavanje pripadnosti pojedinoj klasi je na osnovu tri slovna znaka koja ukazuju na karakteristike stimulatora. Prvo slovo (pacing) se odnosi na davanje ritma, drugo (sensing) na način dobijanja povratne informacije, i treće (activity) na aktivnost koju realizuje stimulator.

"Pacing" i "sensing" mogu da bude u području atrjiuma (A), ventrikule (V), i u atrijumu i ventrikuli tj. dualni (D), a sensing može da bude i izostavljen (0). "Activity" može da bude 0 - nema aktivnosti, T - okidajuća, I – kočeća, i dualna (D-T ili/i D-I). Sada se koristi i četvrto slovo R – rate response (ako postoji).



**4.Parametri pacemakera**

1) Minimalna frekvencija: definiše se najsporiji spontani srčani ritam koji pacemaker toleriše bez uključenja. Vrednosti su 50, 60, 70 i 80 otkucaja u minutu. Smanjivanje frekvencije srčanog ritma ispod odabrane vrednosti uključuje pacemaker.

2) Ventrikularna senzitivnost (senzitivnost ventrikularnog kanala): definiše se minimalna amplituda test signala pravougaonog oblika koju će pacemaker detektovati. Senzitivnost se varira promenom nagiba QRS kompleksa. Vrednosti napona su 0.8, 1.5, 2.5 mV i 0 (isključen).

3) Atrijalna senzitivnost se definiše analogno ventrikularnoj senzitivnosti, a testira se osetljivost atrijuma time što se analizira P talas u EKG signalu. Vrednosti napona su: 0.8, 1.5, 7.0 mV i 0 (isključeno).

4) Ventrikularni energetski izlaz: trajanje impulsa ventrikularnog stimulusa pri amplitudi impulsa 5.5 mA. Vrednosti: 0.5, 1, 1.5, i 2 ms.

5) Atrijalni energetski izlaz: trajanje impulsa atrijalnog stimulusa pri amplitudi od 5.5 mA. Vrednosti su 0, 0.5, 1, i 1.5 ms.

6) AV kašnjenje: kašnjenje izmedju detekcije P talasa ili atrijalnog stimulusa i generisanja ventrikularnog stimulusa. Vrednosti su: 80,

120, 165 i 250 ms.

7) Maksimalna frekvencija pretkomora: uključivanje postepenog spuštanja ili AV bloka za smanjenje frekvencije srca preko dozvoljene vrednosti. Programiraju se vrednosti: 100, 130, 160 i 180 otkucaja u minutu.

8) Frekvencija na koju VVI stimulacija pada: učestanost na kojoj treba da prestane inhibiciona funkcija u slučaju uključenja "postepenog spuštanja". Vrednosti su 55, 65, 75 i 85 otkucaja u minutu.

**5.Laser: fizicke osnove**

Atomi se mogu naći u dva stanja: pobuđenom i nepobuđenom. Kada se atomi nalaze u nepobuđenom stanju za njih kažemo da su u ravnoteži. Da bi generisali svetlost potreban nam je mehanizam **“pumpe”** (termalne, svetlosne ili električno pražnjenje u gasovima) koji izbacuje neke atome u pobuđeno stanje. Pobuđeni atomi se vraćaju u nepobuđeno stanje i pri tome emituju po jedan foton.

Da bi izvršili svetlosno pojačanje potrebno je uspostaviti inverziju populacije atoma (većina atoma u pobuđenom stanju). Inverziju nije moguće izvesti u materijalima koji imaju dva stanja (osnovno i pobuđeno). Inverzija se postiže u materijalima koji mogu imati bar tri ili najbolje četiri stanja.

Atom usled “upumpavanja” energije prelazi u “super- pobuđeno” stanje, gde se zadržava vrlo kratko i prelazi na pobuđeno stanje gde se zadržava duže. Pri prelasku sa pobuđenog na osnovno stanje emituje foton.

Kad se pojavi foton, može pogoditi pobuđen ili nepobuđen atom, zbog inverzije populacije veća je verovatnoća pogotka pobuđenog atoma.

Pogodak nepobuđenog atoma izaziva absorbciju fotona i prelazak atoma u pobuđeno stanje. Kad foton pogodi atom iz inverzne populacije ne dolazi do njegove absorpcije već obara atom u osnovno stanje, usled čega se emituje novi foton. Ovo umnožavanje fotona se naziva stimulisana emisija i predstavlja proces pojačanja svetlosti. Stimulisana emisija stvara monohromatsku i prostorno koherentnu svetlost. Pojačanje svetlosti se vrši na račun energije koju pumpa “upumpava” u pojačavački medium.

Izvori svetlosti – nelaserski:

Termalni –inkadescentni (polihromatsko, nekoherentno)

Električno pražnjenje u gasovima (monohromatsko, nekoherentno)

LED diode (monohromatsko, nekoherentno)

Izvori svetlosti – laserski:

Kontinualni (monohromatsko, koherentno, HeNa, Ar, laser diode)

Impulsni (kvazimonohromatsko, koherentno, impulsi od mikto do femtosekunde)

**6.Laser: primena u medicini**

Laseri se koriste u terapiji, dijagnostici i hirurgiji. Primeri oblasti u kojima se koriste laseri su: oftamologija, neurohirurgija, urologija, otorinolaringologija i dermatologija. Osnovne prednosti lasera su:

-Omogućuje kontrolisano, jako fokusirano zagrevanje tkiva

-Nema mehaničkog dodira sa tkivom na kom se interveniše

-Intervencija kroz tkivo (koje ima mali koeficijent absorpcije) bez oštećenja

-Ekstremno tanak i čist rez sa vrlo malo krvarenja

-Automatska kauterizacija (sprečavanje krvarenja) usled zagrevanja tkiva

Tipovi lasera u medicini:

Ar+ argonski – neurohirurgija, oftamologija, ginekologija i dermatologija

HeNe helijum-neonski – dijagnostika

CO2 ugljendioksidni – opšta hirurgija

 Nd:YAG neodijum itrijum aluminijum garnet laser – opšta hirurgija

Od kliničkih primena izdvaja se primena u kardiovaskularnoj medicini (uklanjanje naslaga sa zidova krvnih sudova gde se upotrebljavaju optička vlakna za precizno usmeravanje svetlosnog snopa na tačno određeno mesto unutar krvnog suda, najčešće CO2 laser).

-u onkologiji (otklanjanje tumora u grudnom košu, bronhoskopija u lokalnoj anesteziji gde optičko vlakno dovodi svetlosni zrak na željeno mesto, najčešće CO2 i Nd:YAG laseri).

-u dermatologiji (uklanjanje pigmentiranog tkiva, otklanjanje promena ispod epidermisa gde argonski snop prolazi kroz epidermis (spoljni sloj kože) sa minimalnom absorpcijom, absorbuje se u kapilarima i rezultuje koagulacijom krvi u kapilarima, otklanjanje tetovaža).

-u gastroenterologiji (endoskopska primena Nd:YAG ili Ar+ lasera pri operaciji čira).

-u ginekologiji (intervencije na uterusu, otklanjanje koncentrisanih promena i tumora, najčešće CO2 i Nd:YAG laseri).

-u oftamologiji (argonski i kriptonski laseri, intervencije na retini (mrežnjači), intervencija se obavlja kroz zenicu).

- u otorinolaringologiji (uklanjanje tumora sa glasnih žica).

**7.Pulsni oksimetar: princip rada**

Pulsnim oksimetrom se meri procenat kiseonika u arterijskoj krvi. To je jedina ne invazivna metoda za praćenje zasićenosti krvi kiseonikom. Može se meriti na prstu, uhu, nosu ... kod novorodjenčadi i na stopalu, nozi ... Pulsni oksimetri pored zasićenosti kiseonikom mogu pokazivati i srčani ritam. Osnovni princip koji omogućava merenje nivoa kiseonika je osobina krv da menja boju u zavisnosti od koncentracije kiseonika u krvi. Ako je krv zasićena kisonikom njena boja je svetlo crvena kako se smanjuje koncentracija kisonia, krv postaje tamnije crvena.

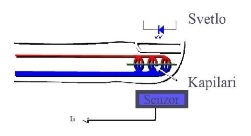
Beer Lambert-ov zakon

Intenzitet izmerene svetlosti *Itrans* je data:

*Itrans = Iin e-DCa*

Gde je *D* rastojanje koju svetlost predje kroz supstancu, *C* je koncentracija rastvora u tečnosti i *(α)* je koeficijent apsorpcije.

Dva svetlosna izvora koja daju najbolje rezultate su crvena (660nm) i infra crvena (940nm).



**8.Šta su elektrode i kako se dele prema nacinu korišcenja**

Elektrode su pretvarači struje u jonskoj sredini (organizmu) u struju slobodnih elektrona u provodniku. Elektrode u kontaktu sa organizmom pokazuju rezistivno-kapacitivne efekte. Na kontaktu elektroda i organizma dolazi do složenih biohemijskih procesa koji značajno smanjuju preciznost merenja bioloških signala.

Po načinu upotrebe razlikujemo dve vrste: elektrode koje koristimo više puta i elektrode za jednokratnu upotrebu. Elektrode, koje se mogu ponovo upotrebiti, primenjujemo posle čišćenja ili sterilisanja posle svake upotrebe. Od elektroda se pored dobrih električnih osobina očekuje da se lako čiste i sterilišu, kao i da se lako pričvršćuju na telo. Elektrode moraju biti fiksirane. Neophodno je primeniti i provodnu pastu (zbog pora, dlačica i ostalih neravnina na koži). Provodna pasta mora da bude hipoalergijska i treba da bude adhezivna. Jednoupotrebne elektrode se u poslednje vreme sve češće koriste jer su jednostavnije, a cena je prihvatljiva.

**9.Elektrodni ofset i polucelijski potencijal**

Dva različita metala u elektrolitu generišu napon. Ako je jedan od metala Ag, a drugi metal Cu napon je V=0,4 V. Ovaj napon je posledica promena na površini elektroda u dodiru sa elektrolitom. Pojavu potencijalne razlike elektrode zbog kontakta sa elektrolitom nazivamo polućelijski potencijal elektrode. Napon koji se javlja izmedju Ag i Cu elektrode je: VAg+ - VCu2+ = 0,46V



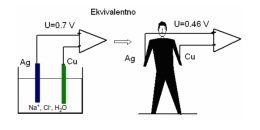
**10.Polarizljive i nepolarizljive elektrode**

Elektrode u kojima nema prenosa naelektrisanja kroz graničnu površinu metal - elektrolit su potpuno *polarizljive* ili *nereverzibilne elektrode*. Kod ovih elektroda dolazi samo do jedne od hemijskih reakcija oksidacija ili redukcija.

Elektrode kod kojih dolazi do prenosa naelektrisanja su *nepolarizljive* ili potpuno *reverzibilne* i kod njih su izražene obe hemijske reakcije. Realne elektrode pokazuju osobine i polarizljivih i nepolarizljivih elektroda.

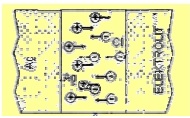
Za snimanje elektrofizioloških signala se korite nepolarizljive elektrode.

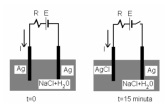
Elektrode postavljene na površinu tela daju efekat elektromotorne sile (baterije) koja vrši elektrolitičku disocijaciju tkiva. Oslobadja se vodonik, a korodiraju elektrode.

Metali sa visokim negativnim potencijalom elektrode kao što je npr Al teže da budu hemijski aktivniji od metala sa pozitivnim potencijalom kao što je Ag. Ako samo jedna elektroda nije inertna formiranje jona medju elektrodama ima toksično dejstvo.

**11.Ag-AgCl elektrode: karakteristike, dobijanje, primena**

*Srebro/srebro-hlorid elektroda* se sastoji od čvrste srebrne (Ag) ploče velike čistoće (99.9999%) presvučene tankim slojem srebro hlorida (AgCl). Prisustvo AgCl dozvoljava da se elektrode ponašaju kao skoro potpuno nepolarizljive s obzirom da prisustvo AgCl ne dozvoljava stvaranje dvoslojne elektrode. AgCl u elektrolitu disosuje na jone Ag+ i jone Cl-. Joni Cl- se slobodno kreću izmedju elektrode i elektrolita, i onemogućuju formiranje dvojnog sloja. Ova elektroda ima malu impedansu, i stabilan ofset potencijal.

Rapodela jona Ag+ i Cl- u sloju AgCl na Ag/AgCL elektrodi. Joni Cl se kreću od elektrolita ka Ag i grade jedinjenje AgCl na površini Ag.



Sloj srebrohlorida na Ag/AgCl elektrodama se dobija procesom hlorisanja hemijski čistog srebra (99.9999%). Srebrne elektrode postaju pozitivne u rastvoru NaCl u vodi. Struja kroz elektrodu intenziteta 1 mA/cm2 u trajanju od nekoliko minuta formira sloj srebrohlorida na povrišini srebra.

Elektrode_2_007.jpg

Offset potencijal Ag/AgCl elektrode u kontaktu sa rastvorom različitih koncentracija KCl u vodi. Potencijali su mereni u odnosu na standardnu vodoničnu elektrodu.  
Ag/AgCl elektrode imaju izrazite fotosenzitivne osobine, mada nije potpuno razumljivo da li svetlo koje utiče na Ag/AgCl elektrode rezultuje stvaranjem potencijala ili samo prouzrokuje promenu ofset potencijala. Poželjno je da se elektroda zakloni od svetla da bi se obezbedila stabilnost rada.

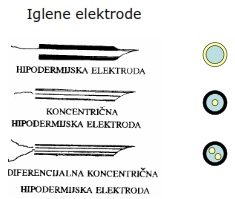
**12.Primeri površinskih elektroda**

Metalne provodne elektrode su najčešće u obliku tankog diska. Mehaničko pomeranje elektroda u odnosu na površinu kože indukuje elektromotornu silu (dvojni sloj se ponaša kao oblast gradijentnog naelektrisanja). NEOPHODNO JE FIKSIRATI ELEKTRODE.

Pore, dlačice i ostale neravnine na koži ne dozvoljavaju da glatka površina elektrode ima prisan kontakt sa kožom, već se formira neravnomeran i nedefinisan vazdušni sloj izmedju elektrode i kože.

NEOPHODNO JE PRIMENITI PROVODNU PASTU (Conductive Gel). PASTA MORA DA BUDE HIPOALERGIJSKA, I TREBA DA BUDE ADHEZIVNA. TIPIČNA PASTA IMA OTPORNOST 10Ω, I ZANEMARLJIVU KAPACITIVNOST.

Posebno su interesantne elektrode koje koriste samolepljive polimere. Adhezivna svojstva ovih elektroda su odlična, a impedansa je prihvatljiva. Električne osobine provodnih polimera su stabline, ali slabije od osobina Ag/AgCl.

Postoje i elektrode koje mogu da se koriste za merenja kod kojih su ispitanici pokretni, a potrebno je meriti elektrofiziološke signale u dužem vremenskom periodu. Jedna od takvih elektroda je "spray-on" razvijena za potrebe agencija NASA u cilju beleženja srčanih signala pri svemirskim letovima. Elektrode su provodni lepak kojim se fiksira kontaktna žica koja je natopljena istim sredstvom za lepljenje.

**13.Primeri implantabilnih elektroda**

Materijali od kojih se često prave implantibilne elektrode su:

platina, legura platine i iridijuma (<10%), iridijum, tantal, nerdjajući čelik, zlato. Pogodne su elektrode i od volframa, molibdena i nekih drugih stabilnih metala. Pogodan je i kristalni silicijum.

***Intramuskularne elektrode****.* Jedan posebno pogodan oblik za aktivaciju mišića je fleksibilna čelična žica koja se pričvršćuje za željenu tačku organizma na taj način sto se njen kraj pravi u obliku “sidra”.

Ova elektroda se postavlja hipodermijskom iglom. Žica je izolovana, a bez izolacije je samo približno 5 mm kod kraja. Ovakva elektroda se realizije i od legure PtxIr1-x. Električne osobine PtxIr1-x elektrode su bolje u odnosu na osobine čelične elektrode, ali su mehaničke osobine lošije.

S obzirom da se krajevi elektrode relativno pomeraju potrebno je da se obezbedi "produžavanje" odnosno "skraćivanje". To se postiže pravljenjem elektrode u obliku **spirale** koja je gusto motana oko tankog jezgra, i kod koje je **korak zavojnice (opruge) približno jednak prečniku jezgra**.

Materijali za izolaciju intramuskularne elektrode su **teflon i PVC**. Uobičajeno je da se provodnik od koga se pravi elektroda proizvodi u obliku nekoliko tankih vlakana koja su upredena. Svako od vlakana je pri tom nezavisno izolovano, a i sva vlakna izolovana tankim slojem izolatora. Debljina ovakvih elektroda je reda 100 µm, a mogu se koristiti i nešto deblje elektrode.

***Epimizijalne elektrode*** se prave od platine, iridijuma ili sličnog materijala, koji se varenjem spaja sa čeličnom žicom koja vodi do konektora. Pločica se pokriva slojem izolatora od teflona, silikonske gume, ili nekog drugog, tankog, medicinski čistog, bio-kompatibilnog materijala. Elektroda se pričvršćuje za mišić šivenjem za mišićni omotač (epimizijum).

Epimizijalne elektrode se nekada prave i kao bipolarne. U ovom slučaju se na površinu mišića postavljaju dve elektrode koje su pokrivene jednim izolatorskim slojem. Na taj način se dobija bolja lokalizacija električnog polja. Prečnik Pt diska je 5 mm. Provodnik od čelične žice je tačkasto zavaren i izolovan teflonom, i provučen kroz cev od silikonske gume.

***«Cuff» (Manžetna) elektrode*** su namenjene potpunom okruživanju nerva u cilju snimanja aktivnosti ili stimulacije. Za snimanje nervne aktivnosti je vrlo važno "prekriti" provodnik sa spoljne strane najboljim moguićm izolatorom da bi se minimiziralo sakupljanje aktivnosti sa drugih nerava ili mišića.

Na nerv se direktno postavljaju neizolovani provodnici, i to po mogućstvu potpuno sirkumferentno. Rastojanje izmedju ovih prstenastih kontatka mora da bude u granicama koje su odredjene akcionim potencijalom koji snimamo i direktno zavise od prečnika nerva. Minimalno rastojanje izmedju dva prstena izmedju kojih se snima je reda 6 do 10 mm.

Najbolje rezultate daju tzv. trifazne elektrode kod kojih elektroda ima tri prstena koji su na jednakim rastojanjima, a krajnja dva su kratko spojena. Takva elektroda vrlo dobro potiskuje snimanje svih ostalih aktivnosti osim aktivnost u samom nervu.

Primena PtxIr1-x provodnika je povoljna zbog impedanse elektroda, ali i mehaničkih osobina žice.

Postavljanje ove elektrode je relativno složeno, jer je neophodno preparirati nerv, tj. odvojiti ga od svih ostalih struktura što je invazivno i može da dovede do oštećenja nerva. Takodje posle postavljanja elektrode doći će do oticanja nerva, i ovaj proces može da dovede do nekroze nerva.

***Intraneuralne elektrode*** se prave od silicijuma, na kome se nalaziveći broj elektroda. U nekim slučajevima silicijumski nosač ima formu "mača" na čijem jednom kraju se nalazi elektronsko kolo i konektor, a na drugom su elektrode koje ostvaruju kontakt sa tkivom.

Uobičajeno je da se elektroda pravi na silicijumskom substratu postupcima razvijenim za proizvodnju integrisanih kola. Konačno na elektrodi se s obzirom da je od silicijuam proizvodi i elektronski kolo koje radi primarnu obradu i multipleksiranje ako je to potrebno.

***Intrakortiklane elektrode*** “Cone” (kornet) elektrode se prave na taj način što se dve tanke zlatne žice pričvrste za dva kraja korneta napravljenog od silikatnog stakla kome nedostaje vrh. Visina ovog staklenog korneta je oko 2 mm, a prečnik reda 50 µm. Da bi se elektroda postavila u koru velikog mozga treba malo povrediti površinu korteksa i postaviti na to mesto elektrodu. U kratkom vremenu kroz kornet će prorasti neuroni, i elektroda će pouzdano vrlo trajno snimati aktivnost tih neurona.

Specijalne elektrode za stimulaciju korteksa prave se i u drugim oblicima. Na primer, za stimulaciju vizuelnog korteksa napravljena je elektroda, od monokristala silicijuma, koja ima 100 tankih igala na rastojanjima reda 150

µm, dužine oko 2.5 mm, i koje su sve povezane osnovom debljine 250 µm,

koja uključuje i elektronska kola za primarnu obradu signala, multiplekser i konektor.

Čip koji ima otvore dimenzija koji odgovaraju prečnicima pojedinih aksona, tj. oko 50 do 100µm. Ovakav čip može da se postavi na prekinut periferni nerv, a da se zatim obezbedi da aksoni prorastu kroz otvore. Na ovaj način je obezbedjeno snimanje ili stimulacija sa pojedinih aksona.

**Mikroelektrode** se upotrebljavaju za snimanje intracelularnih potencijala, tj. beleženje električne aktivnosti u ćeliji u odnosu na ekstracelularnu tečnost. Aktivni elektrodni vrhovi mikroelektroda moraju biti toliko mali da ne ugrožavaju normalno funkcionisanje ćelije. Obično ti vrhovi imaju debljinu izmedju 0.1-10 nm.

Mikroelektrode se dele na staklene i metalne mikroelektrode u odnosu na kontakt elektrode i elektrolit u ćeliji.

Metalne mikroelektrode se prave nagrizanjem metalnog vrha šipke koja se provlači polako kroz nagrizajući rastvor sa ciljem da se formira kupasti vrh.

Tako napravljena tanka metalna šipka se stavlja u kadu sa izolacionim rastvorom da bi se formirao izolacioni sloj. Ulazna otpornost ove elektrode je reda 10 MΩ, a značajni su i kapacitivni efekti elektrode u odnosu na

ćeliju i ekstracelulalrnu tečnost.

Metalne mikroelektrode imaju metalni kupast vrh, a ostatak je prekriven slojem izolatora. Kod metalnih mikroelektroda prelaz sa jonske na elektronsku provodnost vrši se na vrhu elektrode tj. u samoj ćeliji. Pretežni deo otpora mikroelektrode je u nekoliko prvih mikrona od vrha elektrode (Rm). Ova oblast se prema tome nalazi u ćeliji. Kapacitet izmedju elektrolita u ćeliji i metalne mikroelektrode predstavljen je sa Cm.

Staklena mikroelektroda je kapilara ispunjena zasićenim rastvorom KCl u kojoj je platinska (Pt) žica. Kontakt metal elektrolit je u elektrodi, a ne u ćeliji. Kontakt sa ćelijom se ostvaruje preko elektrolita u elektrodi.

Ulazna impedansa ovih elektroda je reda 100 MΩ. Kapacitivnost u odnosu na ćeliju, kao i u odnosu na ekstracelularnu tečnost je velika, kao i u slučaju metalnih elektroda.

**14.Ultrazvuk fizicke osnove: karakteristike, generisanje, doplerov efekat, prostiranje kroz materiju**

Fizičke osnove

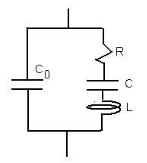
Ultrazvuk je longitudinalna oscilacija sredine na učestanostima od preko 20 kHz. Za njih važe sva pravila i zakoni za talasna kretanja (zakoni prelamanja, odbijanja, absorpcije itd). Dobro prostiranje kroz gasove, fluide i čvrsta tela. Refleksija i refrakcija (odbijanje i prelamanje) na graničnim površinama (različita tkiva imaju različite koeficijente apsorpcije).

Piezoelektrični efekat je promena dimenzija određenih materijala usled dejstva električnog polja i obrnuto. Prirodni piezoelektrični materijali: kvarc i turmalin (velika stabilnost, potrebno jako el. Polje).

Veštački materijali polarizovani feroelektrici: barium-titanat, olovo-cirkonijum-titanat. Nastaju zagrevanjem materijala iznad Kirijeve temperature, a zatim hlađenjem uz prisustvo jakog električnog polja nastaju feroelektrici. Imaju smanjenu stabilnost, ali veliku emitovanu energiju i pri slabom el.polju.

Generisanje ultrazvuka se postiže piezoelektričnim pretvaračom.

Ekvivalentna šema piezopretvarača

* Co – kapacitet metalnih ploča
* L – inercijalna svojstva
* C – elastičnost kristala
* R – toplotni gubici pri oscilovanju

Prostiranje ultrazvuka

Izvor izaziva longitudinalne oscilacije molekula u elastičnim sredinama

a brzina talasa zavisi od osobina sredine.Na graničnim površinama dve sredine ultrazvučni talas se prelama i reflektuje. Prelamanje i refleksija zavise od mehaničkih impendansi dve sredine.

Slabljenje ultrazvuka

Eksponencijalna zakonitost *I* = *I0e*−α*x* α = *f* β

Dubina prodiranja opada sa *f* zato se za veće dubine koristi se niža učestanost. Minimalna debljina koja se posmatra treba da je veća od četvrtine talasne dužine talasa. U medicini se koeficijent slabljenja smatra konstantnim na celom posmatranom objektu

Polutalasni sloj je dubina na koju ultrazvuk prodire dok mu intenzitet ne opadne na polovinu i on zavisi od frekvencije ultrazvuka (0.8-15MHz).

Doplerov efekat se primenjuje se od 1958. godine u medicini.

Promena učestanosti reflektovanog talasa u odnosu na inicijalni talas pri relativnom pomeranju izvora i reflektora. Promena frekvencije je srazmerna relativnoj brzini *∆f = 2vr / λ, λ = v / f*

*f* je frekvencija; *v* je brzina prostiranja talasa; *λ* talasna dužina ultrazvuka; vr relativna brzina objekta u odnosu na izvor; *∆f* promena učestanosti

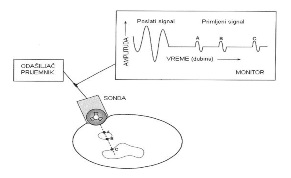
Ako se objekat približava izvoru vr je pozitivno, pa dolazi do povećanja učestanosti koja se detektuje, a ako se objekat relativno udaljava promena učestanosti je negativna. Ova metoda se primenjuje za merenje protoka krvi, ali i pomeranja fetusa ili nekih organ.

Osnovni principi ultrazvučnih merenja

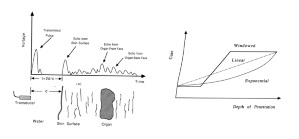
Sonda se prislanja na kožu pacijenta i impulsno se pobudjuje sa nekoliko perioda ultrazvučnog talasa. Impuls se odbija od same površine kože, a zatim i od svih površina na kojima postoji nehomogenost. Reflektovani talasi dolaze sa vremenskim kašnjenjem koje zavisi od rastojanja izvora od detektovane površine. Reflektovani talas pobudjuje sondu (mehanički) koja zbog toga na svojim krajevima generiše električni napon koji se registruje, pojačava i obrađuje. Vreme propagacije reflektovanog signala je srazmerno rastojanju granične površine i izvora/prijemnika ultrazvuka.

**15.Ultrazvuk mod A**

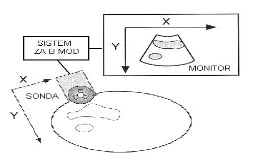
Mod A(amplitude mode) se dobija snimanjem jednom nepokretnom sondom. Primjenjuje se za određivanje dubine sloja od koga se talas reflektovao. Služi za detekcije u unutrašnjosti tkiva u kome se nalaze izrazite prepreke, otkrivanje stranog tela u oku, odredjivanje srednje linije izmedju dve hemisfere u mozgu, otkrivanje eventualnog tumora u mozgu.

Rˆ (0 , 0 , z ) = ∫ ec(*t)*δ (t – 2z/c) dt

Korekcija slabljenja



**16.Ultrazvuk mod B**

Mod B (Brightness mode) se najčešće danas dobija snimanjem jednom pokretnom sondom. Informacija o položaju posmatranog objekta se konvertuje u električni signal u indikatoru položaja koji drži sondu. Ovaj signal upravlja x i y ulazima, a eho amplituda upravlja z ulazom monitora. Amplituda eho signala moduliše osvetljaj ekrana. Današnji modeli svi koriste displeje sa sivom skalom. Reflektovani (eho) signali su nelinearno procesirani da bi se istakli signali nižih amplituda.

Vrste B mod skenera

• Statički B skeneri

– Slika se dobija ručnim pomeranjem sonde

– Potrebno je izvesno vreme za dobije slike

– Statički B skeneri ne mogu da se koriste za posmatranje organa koji se brzo pomeraju

• B skeneri u realnom vremenu

– Mehanički ili elektronski upravljano pomeranje sonde

– Slike se dobijaju za nekoliko milisekundi

**17.Ultrazvuk mod TM**

Mod TM (time motion) ima sličan princip rada kao A mod (jednom nepokretnom sondom).

Y osa prikazuje rastojanje granične površi od sonde, a X vreme merenja, intezitet mlaza je modulisan kao kod B moda

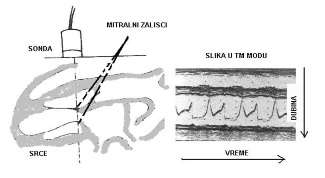
Posmatranje dinamičkih procesa

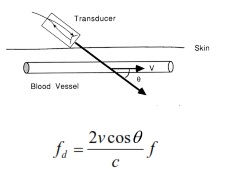
– Stacionarni delovi imaju stalno mesto na ekranu

– Pomični delovi imaju promenljivo mesto

Rezultat se obično prikazuje na pisaču sa konstantnom brzinom trake

Amplituda zapisa odgovara relativnom pomeraju. Funkcija refleksivnosti je funkcija i vremena R(x,y,z,t). Uglavnom služi za posmatranje srčanih zalisaka ili pomeranja ploda.



**18.Ultrazvuk dopler**

Primena Doplerovog efekta

Uređaji koji rade sa kontinualnim davačem

Uređaji koji rade sa impulsnim davačem

Prisustvo reflektovanih talasa od svih pokretnih ciljeva

Teškoće u izolovanju samo pojave koju pratimo u reflektovanom zračenju

Potrebno je koristiti fokusirano zračenje

Odabira se put na kome se nalazi mali broj krvnih sudova

Dupleks skener

Kombinovan B mod u realnom vremenu i dopler za merenje protoka krvi.

Na B mod slici prikazuje se kurzorska linija koja prikazuje pravac talasa za dopler. Dopler sonda može biti integrisana u samu sondu za snimanje B moda ili se dodaje na sondu za snimanje eksterno.

Kolor dopler

Prikaz brzine protoka u realnom vremenu. Brzina protoka krvi se dobija doplerom i prikazuje se preko slike dobijene B modom. Crvena boja obeležava protok ka sondi, a plava od sonde. Svetlija nijansa boje predstavlja veću brzinu proticanja krvi.