

Tehnologija u medicini - pitanja i odgovori za ponavljanje

1 Uvod u tehnologije u medicini

1. Bionicko oko - sustav Argus II Retinal Prosthesis

- prvi implantibilni uređaj za liječenje odraslih osoba oboljelih od *retinitis pigmentosa*
- sastoji se od: elektroničkog dijela implantiranog u i oko oka, video kamere na naočalama, procesora za obradu video signala
- slike snimljene kamerom se pretvaraju u signale koji se bežično prenose do elektroničkog dijela, stimulusi retine se očnim živcem prenose do mozga gdje su prepoznati kao impulsi svjetlosti

2. Biomedicinsko inženjerstvo - denicije, područja

Biomedicinsko inženjerstvo je onaj dio inženjerske struke koji:

- unaprijeđuje znanje u inženjerstvu, biologiji i medicini kao i temeljnim znanostima
- unaprijeđuje ljudsko zdravlje projektiranjem novih uređaja, programa i metoda i njihovom primjenom u dijagnostici, monitoringu, terapiji i rehabilitaciji, ali i prevenciji i predikciji u zdravstvu
- integrira inženjerske i biološke znanosti te kliničku praksu

2 Izvori bioelektrickih potencijala

1. Ljudsko tijelo - grada, kemijski sastav

Tkivo - skupine sličnih stanica

Organi - skupine sličnih tkiva

Sustavi - funkcionalne cjeline sastavljene od različitih organa

Organizam - funkcionalna cjelina 11 sustava

Kemijski sastav: Vodik(63%), Kisik(26%), Ugljik(9%), Dušik(1%), Minerali(Ca, P, K, S, Na, Cl, Mg - 0,7%), ostali elementi(Fe, I, F, ...<0,01%)

2. Stanicna membrana - svojstva, karakteristicne vrijednosti

Stanična membrana - polupropusni lipidni dvosloj izgrađen od bjelačevina i lipida, odvaja unutrašnji dio stanice od vanstaničnog prostora

Debljina: 10 nm

Pore: 8nm

$\epsilon = 5$, $C = 0,5 - 1 \mu F/cm^2$

3. Difuzija kroz polupropusnu membranu

Fickov zakon: $\frac{dm}{dt} = S \cdot D \cdot \frac{dc}{dx}$

- pasivni proces
- prelazak tvari iz područja više koncentracije u područje niže koncentracije
- ioni K⁺ izlaze iz stanice, stvara se višak pozitivnog naboja te se javlja razlika potencijala, difuzija se odvija tako dugo dok se ne uspostavi električko polje koje zaustavi proces

4. Akcijski potencijal - nastanak, tijek događaja, karakteristичne veličine

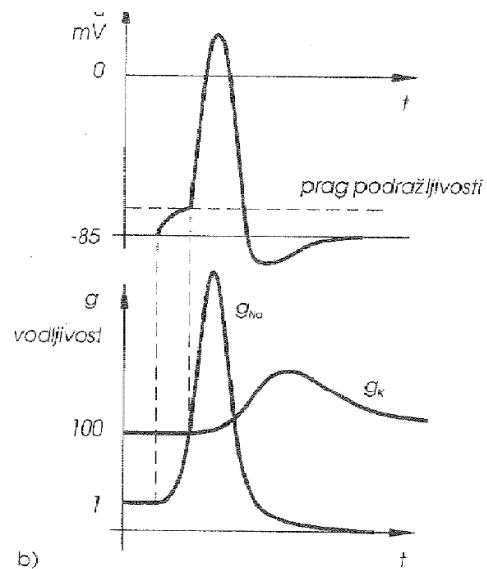
Nastaje podraživanjem stanične membrane živca mehanički, kemijski ili električnim putem.

Tijek događaja:

1. Raste propusnost membrane za Na⁺ ione
2. Nakon toga raste propusnost za K⁺ i pada propusnost za Na⁺ ione
3. Smanjuje se propusnost za K⁺ ione
4. Aktivno izbacivanje Na⁺ i povratak K⁺ iona - Na-K pumpa

Trajanje akcijskih potencijala različito je za živčane, mišićne, srčane i druge stanice.

- živčane stanice - 1 ms
- skeletni mišići - 2 do 5 ms
- srčani mišići - 200 do 400 ms.



5. Sinapse - vrste, djelovanje, tipovi sinaptičkih veza, vremenska i prostorna sumacija

Vrste:

- ekscitacijske:
 - luče acetilkolin i time olakšavaju prodor Na iona
 - depolarizacija
- inhibicijske:
 - luče aminokiseline, otežavaju prodor Na, olakšavaju prodor K
 - hiperpolarizacija

Tipovi:

- neuronsko - neuronska
- neuromuskulturna (motorička pločica)

Vremenska sumacija - nastaje djelovanjem jedne presinapse ako je frekvencija podražaja dovoljno visoka

Prostorna sumacija - nastaje istovremenim djelovanjem više presinapsi

6. Osjetila - podjela prema vrsti podražaja

Mehanoreceptori - dodir, tlak, sluh

Termoreceptori - toplo, hladno

Kemoreceptori - miris, okus (slano, slatko, kiselo i gorko), reakcija na O₂ i CO₂

Fotoreceptori - vid

Nocireceptori - bol, oštećenja

7. Receptorski potencijali, odnosi potencijala mirovanja i intenziteta podražaja, odnosi frekvencije impulsa i intenziteta podražaja

Receptorski potencijal - promjena potencijala u mirovanju pod utjecajem podražaja

Promjena potencijala mirovanja prema intenzitetu podražaja:

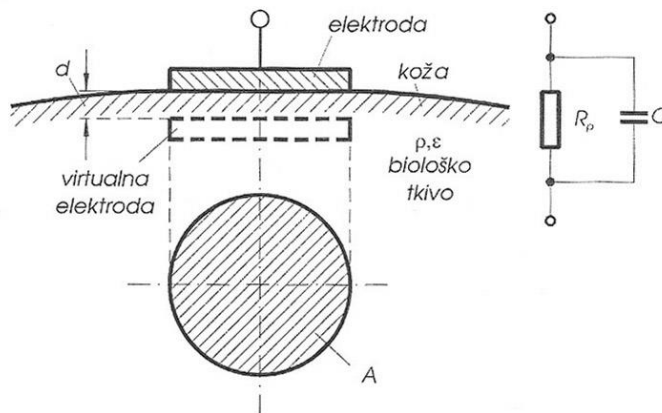
- Linearna
- Logaritamska

Odnos između frekvencije impulsa i intenziteta podražaja:

$$f = k(I - I_0)^n$$

- $n < 1$ – kompresija osjeta (npr. logaritamska krivulja), prisutna je kod vida i sluha
- $n = 1$ – linearan odnos

8. Nadomjesna shema koza-elektroda



Slika 3.2. Sučelje između elektrode i kože i pojednostavljena nadomjesna shema

3 Pojacala bioelektrickih potencijala

1. Znacajke mjerenja bioelektrickih potencijala

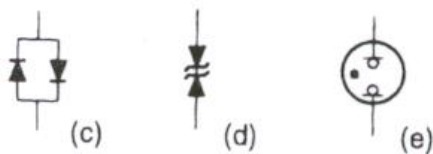
Diferencijalno mjerenje - izvedba kao diferencijalno ili instrumentacijsko pojačalo

- Veliko pojačanje - tipični ulazi 10 μ V - 1 mV
- Frekvencijski opseg 0,01 Hz - 10 kHz
- Smetnje iz okoline
- Visoka ulazna impedancija
- Visok faktor potiskivanja zajedničkog signala
- Niskošumna izvedba

2. Ulazni signali biomedicinskih signala - od cega se sastoji

- Korisni mjereni potencijal
- Polarizacijski potencijal
- EM smetnje napajanja
- Naponi ostalih uređaja spojenih na pacijenta

3. Zastita ulaznog stupnja



Ograničavanje napona ograničivačima i ograničenje struje otpornicima.

Ograničivači napona:

- c) Antiparalelno spojene diode
- d) Zenerove diode
- e) Plinom punjene cijevi (tinjalice)

4. Faktor potiskivanja - denicija, tipicne vrijednosti

Omjer pojačanja diferencijalnog signala i zajedničkog signala, izražava se u decibelima.

Za instrumentacijska pojača tipično 100-120 dB

$$H = \frac{AD}{AZ}$$

4 Organi i sustavi ljudskog tijela

1. Nabroji sustave ljudskog tijela

Krvožilni, probavni, endokrni, limfni, mišićni, živčani, reproduktivni, dišni, koštani, mokraćni, pokrovni

2. Navedi funkcije krvožilnog sustava

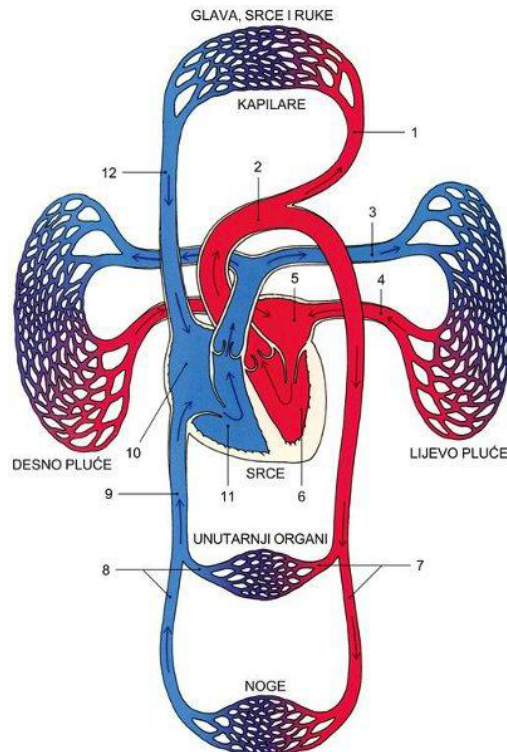
Prenosi tvari u i iz stanica, uravnotežuje tjelesne temperature i pH vrijednosti

3. Grada srca

Masa oko 300 g, veličine šake, 72 otkucaja u minuti

Sastoji se od dva atrija i dva ventrikula, lijeva i desna strana su odijeljene septumom, a protok kroz atrije i ventrikule reguliraju srčani zalisci (trikuspidalni, bikuspidalni, aortni i pulmonalni)

4. Krvni optok

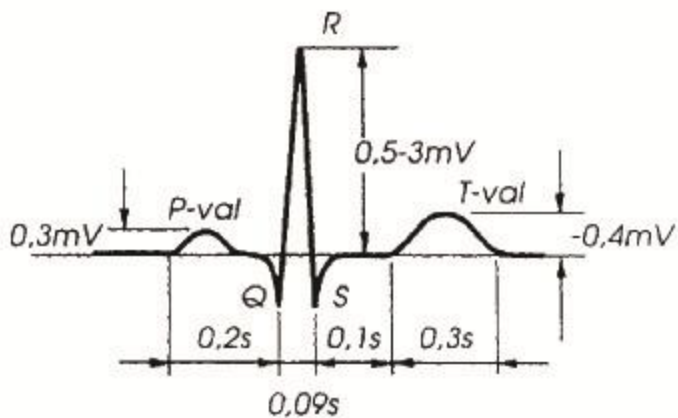


Tjelesni krvotok - put od lijeve klijetke do desne pretklijetke, dostavlja hranjive tvari i kupi otpadne

Plućni krvotok - put od desne klijetke do lijeve pretklijetke, obogaćuje krv kisikom i izbacuje CO₂

Sustav zalistaka osigurava protok samo u jednom smjeru.

5. EKG, karakteristne veličine



6. Anatomija i funkcija dišnog sustava

Služi za izmjenu plinova vezanih za hemoglobin u krvi

Gornji dišni putovi: nazalni prolazi(nos, nosna šupljina i sinusi), ždrijelo, grkljan, dušnik.

Donji dišni putovi: bronhiji, pluća, bronchiole i alveole u plućima

Dijafragma - tanka kupola u obliku listova mišića, smještena u predjelu donjih rebara i kralježnice je najvažniji mišić inspiracije i drugi dio respiratornog sustava koji je uključen u kretanje zraka

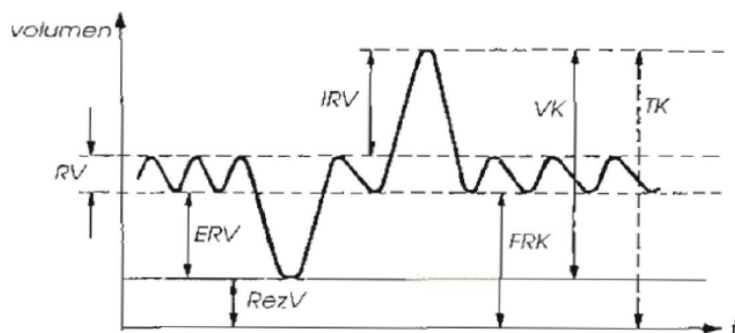
7. Karakteristne veličine respiracije

RV - 400-500 ml

IRV - 3000 ml

ERV - 1100 ml

RezV - 1000-2500 ml



IRV	inspiracijski rezervni volumen
ERV	ekspiracijski rezervni volumen
RV	respiracijski volumen
RezV	rezidualni volumen
FRK	funkcionalni rezervni kapacitet
VK	vitalni kapacitet
TK	totalni kapacitet

8. Grada živčanog sustava

Središnji živčani sustav

- Mozak

- Leđna moždina
- Periferni živčani sustav
- Živci

9. Veliki mozak (grada i funkcija)

Lijeva i desna hemisfera razdvojene uzdužnog fisurom.

Moždana kora - debljine 1,5 - 4,5 mm, siva tvar, 2300 cm³, 12-18 milijardi neurona

Frontalna, parietalna, okcipitalna i temporalna regija

10. Mali mozak

Koordinacija svih motoričkih akcija (i voljnih), održavanje ravnoteže, kontrola "glatkoće" pokreta, kontrola brzih većinom nesvjesnih pokreta

11. Medumozak

Talamus:

- funkcija relejne stanice - integriranje i obrada senzornih signala

Hipotalamus:

- odgovoran za mehanizme održavanja homeostaze
- upravljanje endokrinim sustavom

12. Produljena moždina

Kontrolira refleksne radnje kao što su gutanje, disanje, žvakanje, ...

U njoj se križaju živčani putovi iz lijeve i desne strane tijela

13. Autonomni živčani sustav

- Regulira homeostazu - održavanje ravnotežnog stanja organizma
- Sustav simpatikusa i parasimpatikusa
- Agonistički-antagonistički sustav
- Kontrola glatkih (probavnih i izlučnih) mišića
- Lučenje žlijezda
- Regulacija srca, disanja i temperature
- Održavanje ravnoteže

14. Periferni živčani sustav

Refleksni luk:

- Aferentni živci - prenose informaciju od receptora do međuživaca u leđnoj moždini
- Eferentni živci - prenose naredbu od međuživca do mišića
- Međuživci mogu biti inhibicijskog ili ekscitacijskog djelovanja, ovisno o mišiću kojeg reguliraju

15. Elektroencefalografija

Razmještaj elektroda po glavi standardiziran, naponi se mjere mono i bipolarno

16. Karakteristicni signali mozga

- α -valovi - opušteno stanje, 8-13 Hz, 50 μ V, okcipitalna regija
- β -valovi - duševna aktivnost, I(14-30 Hz), II(30-50 Hz), 20 μ V, frontalna i parijentalna regija
- δ -valovi - duboki san, 0,5-3,5 Hz, 60-100 μ V, kora velikog mozga
- Θ -valovi - emocijski stres, 4-7 Hz, 70 μ V, parietalna i temporalna regija

17. EEG mape

Nastaju grafičkim prikazom i interpolacijom izmjerenih vrijednosti između elektroda.

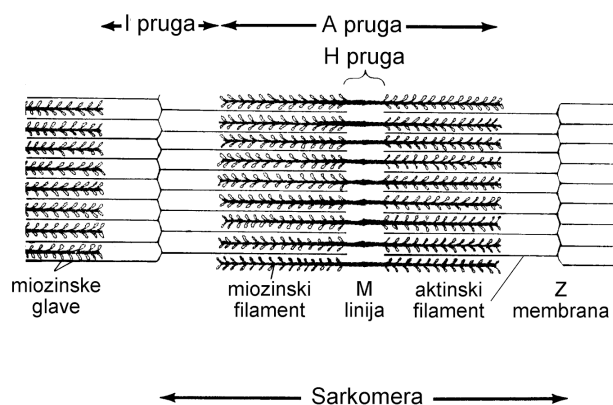
18. Kostani sustav

- potpora tijelu,
- štit organima u tjelesnim šupljinama,
- hvatište mišićima,
- mjesto stvaranja krvnih stanica
- biokemijski regulator koncentracije kalcija i drugih minerala u organizmu
- 206-350 kostiju ovisno o dobi i anatomiji

19. Svojstva i grada skeletnih misica

Građeni od poprečno-prugastog mišićnog tkiva:

- razlog ispruganosti - raspored aktinskih i miozinskih vlakana (svijetle pruge - aktin, tamne pruge (A-pruge) - aktin i miozin)
- sastoji se od fibrila - mišićna vlakna duljine 0,1 do 30 cm, promjera 10 μ m do 100 μ m
 - građeni od miofibrila promjera 1-2 μ m koji se protežu dužinom cijelog mišićnog vlakna, a uzdužno su podijeljene Z-membranama na sarkomere (oko 2,5 μ m)



Unutar sarkomere vlakna građena od nitastih bjelančevina: miozinska vlakna - deblji filamenti (100nm), aktinska vlakna - tanji filament (5 nm)

20. Kontrakcija skeletnih misica

1. molekula ATP-a se veže na miozinsku glavu (hidroliza) \rightarrow ADP i fosfat - ostaju vezani na glavu
2. energija oslobođena hidrolizom služi za naginjanje glave prema aktivnom mjestu aktinskog filameta - stvara se slaba veza između aktinskog i miozinskog vlakna

3. oslobađanje ADP-a i fosfata uzrokuje jače vezanje glave na aktinsko vlakno te se stvara sila za klizanje aktinskog vlakna 5-10 nm prema H-prugi
4. glava je čvrsto vezana na aktinsko vlakno sve do vezanja nove molekule ATP-a čime se prekida veza te se može započeti novi ciklus

21. Tipovi mišićnih vlakana

Prema brzini hidrolize ATP-a:

- Sporaoksidacijska vlakna ili tip I "crvena"
- Brza oksidacijsko-glikolitička vlakna ili tip IIA
- Brzaglikolitička vlakna ili tip IIB "bijela"

22. Elektromiografija

Elektromiografija je metoda praćenja rada mišića koja se temelji na mjerenju i analizi električkih signala koje proizvode mišićna vlakna tijekom kontrakcije.

Električki signali koje proizvode mišićna vlakna nazivaju se mioelektričkim (ME) signalima, a njihov zapis elektromiogram (EMG).

Elektrode: potkožne i površinske

23. Svojstva površinskih EMG signala

Amplituda: 100 μ V do 5mV

Frekvencija: 10 - 300 Hz, spektar se pomiče prema nižim frekvencijama kod umora

24. Koje informacije može dati površinska elektromiografija

Aktivnost mišića, koordinacija mišića i umor mišića

25. Mehanička potpora cirkulaciji (kada se koristi, vrste)

Koristi se pri operativnim zahvatima kada ne želimo da srce funkcionira ili kada srce ne može raditi ili je oslabljenog kapaciteta usljed zatajenja ili nakon kardiokirurških operacija

Vrste:

- Po mjestu ugradnje: Implantabilna, parakorporealna
- Po trajanju podrške: kratkotrajna, dugotrajna
- Total artificial heart (TAH)

26. Tehnologija cirkulacijske potpore

VAD(Ventricular assist device): pumpe sa izbačajem volumena ili pumpe sa kontinuiranim protokom(centrifugalne ili aksijalne)

ECLS(Extracorporeal life support): cirkulacijska pumpa sa u seriju spojenim oksigenatorom sa ili bez rezervoara za vensku krv, uvijek kratkotrajne primjene

27. Hemodijaliza

Metoda odstranjivanja otpadnih tvari i viška vode iz krvi u slučaju zatajenja bubrega, najčešći oblik liječenja bolesnika s konačnim zatajenjem bubrega

3 puta tjedno po 4 sata

28. Umjetni bubreg (MEMS)

Umjetni bubreg djeluje na dvostrukom načelu:

- Koristi hemofilter kojim uklanja toksine iz krvi
- U isto vrijeme primjenjuje napredna otkrića u bioinženjerstvu kako bi uzgojio nove bubrežne stanice i omogućio druge biološke funkcije zdravog bubrega

Ovaj se proces oslanja na krvni tlak tijela koji filtrira toksine, a ne treba pumpe ili električnu energiju za pokretanje

29. Umjetni bubreg (stanično i tkivno inženjerstvo)

Stanično inženjerstvo primjenjuje inženjerska načela i metode na probleme stanične i molekularne biologije u temeljnim i primijenjenim istraživanjima.

Tkivno inženjerstvo povezuje spoznaje i dostignuća tehničkih i prirodnih znanosti, a u medicini ima za cilj u potpunosti obnoviti građu i funkciju tkiva/organa nakon različitih patoloških procesa

Tkiva razvijena „in vitro“ osiguravaju terapijske mogućnosti u području transplantacijske medicine kao i području razvoja „umjetnih“ organa. Danas se primjenom različitih tipova nosača i uz dodatak odgovarajućih biomolekula nastoje uzgojiti regenerativni biološki materijali (tkivni elementi) poput kože, kosti i hrskavice.

30. Umjetni vid (izvedbe)

Izvan očna: stimulacija vidnog korteksa ili vidnog živca

Unutar očna: elektrode implantirane na(epiretinalna) ili iza(subretinalna) mrežnice ili unutar bjeloočnice(STS)

Epiretinalna:

- elektrode neposredno uz ganglijske stanice
- nije potrebna funkcionalnost ostalih stanica mrežnice
- procesiranje signala koji se dovodi na ganglijske stanice je složenije

Subretinalna:

- elektrode između bipolarnih i fotoreceptorskih stanica
- procesiranje signala umanjeno budući da se koristi prirodno procesiranje

STS:

- najtrajnija metoda, sigurnija i pouzdanija
- povratna elektroda implantirana u oko(intravitrealno)

31. Umjetni sluh (umjetna puznica)

Vanjski dio - mikrofoni, procesor i zavojnica

Unutarnji dio -prijemnik sa elektrodama(do 24) spojenim na slušni živac

Magnet drži prijemnik(ugrađen ispod uha) i odašiljač skupa

Moguće slušanje u realnom vremenu

Formule(dodatne):

Weber-Fechnerov zakon(osjet i promjena intenziteta podražaja):

$$S = k \cdot \ln\left(\frac{I}{I_0}\right)$$