

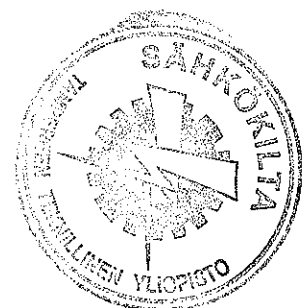
1. Selosta seuraavat hermosolun biosähköiset toiminnot (mitä hermosolussa tapahtuu ja miksi, jotta alla mainitut toiminnot tapahtuisivat):
 - a) hermosolun depolarisoituu, ja
 - b) hermosolun repolarisoituu.
2. Kuvaa EKG:n mittausjärjestelmä. Mitä mitataan, miten mitataan, millainen laitteisto, millainen mittaussignaali, miten signaalia käsitellään, millaisia ongelmia ja häiriöitä saattaa esiintyä mittauksessa?
3. Röntgenkuvaus ja ultraäänikuvaus ovat yleisiä lääketieteellisiä kuvausmenetelmiä.
 - a) Kuvaile röntgensäteilyn ja ultraäänen fysikaalisia ominaisuuksia, jotka ovat oleellisia kuvantamisen kannalta. Selvitä, millaisiin fysikaalisiin ilmiöihin perustuu molemmissa menetelmissä kuvainformaation synty.
 - b) Millaisia sovelluksia niillä on (eli mitä kohteita niillä tyypillisesti kuvataan).
 - c) Vertaile myös niiden potilasturvallisuutta.
4. Mitkä väittämät ovat oikein ja mitkä väärin. Oikeasta vastauksesta tulee 1 piste ja väärästä menettää 0.5 pistettä. Ei vastausta = 0 p. (vastaa konseptipaperille)
 - a) Aivojen hermosolujen magneettinen stimulaatio liittyy magneettikuvaukseen, jossa kuvataan aktivoituneiden hermojen magneettista vastetta.
 - b) Jos tunnet EKG-signaalin kuudessa raajakytkennässä, niin voit niiden perusteella päätellä, millainen EKG on kuudessa rintakytkennässä.
 - c) Sydämen yhden lyönnin aikana pumppeama verimäärä eli iskutilavuus voidaan mitata mittaamalla rintakehän sähköisen impedanssin muutos.
 - d) Jotta aivojen heräevaste EEG:ssa saadaan näkyviin, täytyy tutkimus toistaa useita kertoja ja laskea vasteiden keskiarvo.
 - e) Defibrillaattori on laite, jota käytetään erityisesti kammiovärinän pysäyttämiseen.
 - f) Sydämen tahdistin on hyvä esimerkki täysin automaattisesti toimivasta hoitolaitteesta.



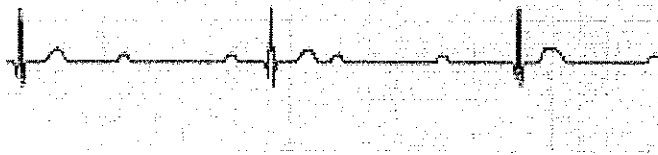
1. Selosta seikkaperäisesti, miksi ja kuinka lepotilassa olevan hermosolun solukalvon yli kehittyy lepojännite. Selosta, mitkä tekijät vaikuttavat ja miten lepojännitteen arvoon. Kuinka suuri se on likimain normaalissa solussa?
2. Vastaa lyhyesti ja ytimekkäästi (max 20 sanaa/kohta) seuraaviin EKG:hen liittyviin kysymyksiin:
 - a) Mitä EKG mittaa ja millaista informaatiota se antaa lääkäreille?
 - b) Piirrä tyypillinen EKG-käyrä (myös aika ja amplitudiskaala) yhden sydämen lyönnin ajalta ja nimeä siinä näkyvät aallot.
 - c) Mitä tarkoittavat käsitteet kytkeä, kytkeävektori ja kytkejärjestelmä?
 - d) Millainen on ns. standardi 12-kytkentäinen EKG-järjestelmä?
 - e) Miten (millaisella laitteistolla) EKG mitataan?
 - f) Mainitse kaksi erilaista ongelmaa, jotka voivat tyypillisesti esiintyä EKG:n mittauksessa, miten nämä ongelmat voivat näkyä mitatussa EKG-signaalissa ja kuinka näiltä ongelmilta voidaan välttää.
3. Vastaa seuraaviin magneettikuvaukseen (MRI) liittyviin kysymyksiin
 - a) Mitä tarkoittaa Larmor-taajuus? Anna Larmor-taajuuden yhtälö, jolla osoitat, miten ja mistä se riippuu. Mitä suuruusluokkaa magneettikuvauksessa Larmor-taajuus tyypillisesti on? Mihin aineen fysikaaliseen ilmiöön Larmor-taajuus liittyy?
 - b) Miten Larmor-taajuutta käytetään hyväksi magneettikuvauksessa?
 - c) Millaisia magneetteja tai kelastoja tarvitaan ja mihin tarkoitukseen magneettikuvauksessa?
4. Mitkä väittämät ovat oikein ja mitkä väärin. Oikeasta vastauksesta tulee 1 piste ja väärästä menettää 0.5 pistettä. Ei vastausta = 0 p. (vastaa konseptipaperille)
 - a) Tomografiakuvaus eli kerroskuvaus voidaan toteuttaa vain röntgensäteilyn avulla.
 - b) Ultraääni etenee vakionopeudella kaiken tyyppisissä kudoksissa ja siksi sitä voidaan käyttää kehon kuvantamisessa ja veren virtausnopeuden mittauksessa.
 - c) Veren happisaturaation mittaaminen eli pulssioksimetria perustuu ultraäänen siroamiseen hemoglobiinimolekyyleistä.
 - d) Jotta aivojen heräteaste EEG:ssä saadaan näkyviin, täytyy tutkimus toistaa useita kertoja ja laskea vasteiden keskiarvo.
 - e) Defibrillaattori on laite, jota käytetään erityisesti kammiovärinän pysäyttämiseen.
 - f) Sydämen tahdistin on sydämeen asennettava automaattinen laite, joka stimuloi sähkövirran avulla sydänlihasta.



1. Oletetaan, että kaliumionikonsentraatio hermosolun sisäpuolella on 140 mmol/l ja ulkopuolella 3 mmol/l ja että solukalvo läpäisee vain kaliumioneja.
 - a) Miten on mahdollista, että solukalvon yli vaikuttaa kyseinen K-ionikonsentraatioero?
 - b) Selosta ne fysikaaliset tapahtumat, joiden seurauksena saavutetaan ns. tasapainotilanne kyseisen ionin suhteen eli mitkä fysikaaliset ilmiöt vaikuttavat ionien liikkumiseen solukalvon yli ja miten. Mitä tasapainotilanne tarkoittaa?
 - c) Kuinka suuri jännite syntyy solukalvon yli em. tilanteessa? Oletetaan että solu on huoneen lämpötilassa.
Kaasuvakio $R=8.31 \text{ J/(mol K)}$. Faradayn vakio $F=96500 \text{ C/equivalentti}$.
Boltzmannin vakio $k=1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$. Alkeisvaraus $q=-1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$
2. EKG:n mittaamisessa ja EKG-laitteen suunnittelussa täytyy ottaa huomioon hyvin erilaisia häiriöitä, jotka vaikuttavat mittaukseen ja mittaussignaalin laatuun.
Tarkastele (1) erilaisia EKG-rekisteröinnissä ilmeneviä häiriölähteitä (mistä häiriöt voivat olla peräisin), (2) millaisia häiriöitä niistä voi kytkeytyä EKG-signaalin joukkoon (miten häiriöt kytkeytyvät ja millaisia häiriöt ovat) ja (3) miten näitä kytkeytymisiä voidaan pienentää tai välttää (millainen mittausjärjestelmä, mittaustilanne tai -laitteisto).
3. Ultraäänen hyödyntämisellä on tärkeä merkitys lääketieteellisissä tutkimusmenetelmissä.
 - a) Kerro ultraäänen fysikaalisista ominaisuuksista ja vuorovaikutusmekanismeista kudoksen kanssa, joita hyödynnetään lääketieteellisissä sovelluksissa.
 - b) Kuvaa tärkeimmät ultraäänen sovellukset lääketieteessä.
4. Ovatko alla olevat väittämät oikein vai väärin?
Oikeasta vastauksesta saa yhden pisteen ja väärästä menettää 0.5 pistettä.
 - a) Altistuttaessa sähköiskussa hyvin lyhytkestoiselle (muutaman millisekunnin mittaiselle) sähkövirralle, todennäköisyys, että henkilöllä käynnistyy kammiovärinä, on suurin, jos sähköisku saadaan kammiodien repolarisaation eli T-aallon aikana.
 - b) Alfa, beeta, theta ja delta -aallot kuvaavat eri voimakkuuksilla esiintyviä aivoaaltoja.
 - c) Lämpölaimennusmenetelmä on yleisesti kliinisessä käytössä oleva menetelmä mitata sydämen minuuttitilavuutta.
 - d) Magneettikuvaus perustuu elektronien magneettisten ominaisuuksien mittaamiseen.
 - e) Pulssioksimetria tarkoittaa sydämen sykkeen eli pulssin mittaamista.
 - f) ^{99m}Tc -isotooppi on yleisin isotooppikuvauksessa käytettävä radioisotooppi.



1. Hermosolun sähköinen toiminta perustuu oleellisesti Na- ja K-ionien jakaumaan solukalvon eri puolilla ja niiden virtaukseen solukalvon läpi.
 - a) Tarkastele solua ensin sen ollessa lepotilassa. Millainen konsentraatioero (-gradientti) vallitsee Na- ja K-ioneille hermosolun solukalvon yli ja miten tämä ero syntyy?
 - b) Kun solukalvoa ärsytetään riittävän voimakkaalla sähkövirralla niin, että ns. kynnysjännite ylittyy, mitä Na- ja K-ioneille tapahtuu seuraavien n. 2 ms aikana ja miksi.
 - c) Miten solukalvon yli vaikuttava potentiaaliero eli kalvojännite muuttuu b-kohdan ionivirtausten seurauksena verrattuna a-kohdan tilanteeseen?
- 2.a) Kuvaa lyhyesti sydämen johtoratajärjestelmän toiminnallinen rakenne ja merkitys sydämen sähköisen toiminnan kannalta.
- b) Alla olevassa kuvassa 1 on lyhyt EKG-rekisteröinti henkilöltä, jolla sydämen sähköinen toiminta ei ole normaali. Päätele (perustele), millaisesta sydämen sähköiseen toimintaan liittyvästä ongelmasta kuvassa on kyse.
- c) Millaisella hoitolaitteella kyseinen ongelma voidaan hoitaa ja miten?



Kuva 1



3. Magneettikuvaus (MRI) perustuu tiettyjen ytimien ydinmagneettiseen resonanssi-ilmiöön. Vastaa lyhyesti seuraaviin kysymyksiin:
 - a) Minkä atomin ydinten ydinmagneettista resonanssia yleisimmin MRI-kuvauksessa hyödynnetään?
 - b) Mistä ydinten ominaisuudesta ydinten magneettisuus syntyy?
 - c) Mitä ydinten muodistamille ydinmagneeteille tapahtuu, kun niihin vaikuttaa voimakas 1 T magneettikenttä?
 - d) Millaisilla magneeteilla c-kohdassa mainittu magneettikenttä voidaan synnyttää?
 - e) Mitä tarkoittaa Larmor-taajuus?
 - f) Miksi MRI-kuvauksessa tarvitaan myös gradienttikenttiä?
4. Ovatko alla olevat väittämät oikein vai väärin?
Oikeasta vastauksesta saa yhden pisteen ja väärästä menettää 0.5 pistettä.
 - a) Altistuttaessa sähköiskussa hyvin lyhytkestoiselle (muutaman millisekunnin mittaiselle) sähkövirralla, todennäköisyys, että henkilöllä käynnistyy kammiovärinä, on suurin, jos sähköisku saadaan kammioiden depolarisaation eli QRS-kompleksin aikana.
 - b) Interferenssihäiriöllä tarkoitetaan häiriöiden kytkeytymistä mittaussignaaliin potilaan ulkopuolista häiriölähteistä esim. kapasitiivisen tai induktiivisen kytkennän kautta.
 - c) Veren virtausnopeus voidaan mitata myös kehon sisäosissa olevista verisuonista ultraäänen Doppler-siirtymään perustuvalla menetelmällä.
 - d) Termistori on yleisesti lääketieteessä käytetty lämpötila-anturi, koska sen vaste eli resistanssin muutos lämpötilan funktiona on lineaarinen.
 - e) Pulssioksimetrillä mitataan veren happikylläisyyttä infrapunavalon absorptioon perustuen.
 - f) Säteilyturvallisuudessa käytetty suure ekvivalenttiansioma riippuu ionisoivan säteilyn tyypistä eli siitä, millaiselle säteilylle keho on altistunut.



1. Tarkastellaan hermosolua, jonka solukalvo erottaa solun sisäpuolisen ja ulkopuolisen nesteen. Solukalvon yli vaikuttaa K^+ -ionien konsentraatioero siten, että solun ulkopuolella on suurempi K^+ -ionikonsentraatio kuin sisäpuolella. Oletetaan myös, että solukalvo läpäisee vain K^+ -ioneja. **Selitä lyhyesti ja ytimekkäästi,**
 - a) miten ja minkä voimien vaikutuksesta ionit virtaavat solukalvon läpi ja
 - b) millaiseen tasapainotilaan tällainen solujärjestelmä pyrkii eli milloin ionien virtaus loppuu ja miksi.
2. Radioaktiivisia isotooppeja käytetään hyväksi erilaisissa isotooppikuvausmenetelmissä.
 - a) Millaista radioaktiivista säteilyä (ytimen hajoamistavat) isotooppikuvauksissa voidaan hyödyntää?
 - b) Mitä tarkoittaa radionuklidin fysikaalinen ja biologinen puoliintumisaika ja mikä merkitys niillä on isotooppikuvauksessa?
 - c) Mikä on radionuklidin ^{99m}Tc merkitys isotooppikuvauksessa ja millaisia fysikaalisia ominaisuuksia sillä on?
3. Verenkiertojärjestelmän toimintaa kuvaa hyvin kaksi suuretta: valtimoiden keskipaine (mean arterial pressure, MAP) ja sydämen aikayksikössä (esim. minuutin aikana) pumppaama verimäärä eli sydämen minuuttitilavuus (cardiac output, CO).
 - a) Selosta joku kliinisessä käytössä oleva mittaussuure ja siinä tarvittava laitteisto valtimoiden keskipaineen mittaamiseksi.
 - b) Selosta joku kliinisessä käytössä oleva mittaussuure ja siinä käytettävä laitteisto sydämen minuuttitilavuuden mittaamiseksi.
4. Kammiovärinä (ventricular fibrillation) on vakava kuolemaan johtava sydämen tila, joka voi käynnistyä mm. henkilön saaman sähköiskun seurauksena.
 - a) Selitä, mitä kammiovärinä tarkoittaa ja miksi se voi johtaa kyseisen henkilön kuolemaan.
 - b) Luettele, mitkä tekijät vaikuttavat siihen, käynnistyykö henkilöllä kammiovärinä sähköiskun seurauksena.
 - c) Kuvaile lyhyesti hoitolaite, jolla käynnistynyt kammiovärinä voidaan pysäyttää ja miten.
5. Oletetaan, että 3 cm paksuun lihaskudokseen tulevan röntgensäteilyn intensiteetti on 1 W/cm^2 .
 - a) Laske tämän lihaskudoksen läpäisseen säteilyn intensiteetti. Lihaksen lineaarinen vaimennuskerroin on 0.20 cm^{-1} .
 - b) Oletetaan, että 3 cm paksun lihaksen sisällä onkin 1 cm paksu luu (eli 1 cm lihaksesta on korvautunut luulla). Laske tässä tapauksessa kudoksen läpäisseen säteilyn intensiteetti ja arvioi, kuinka hyvin luu erottuu röntgenkuvassa. Luun lineaarinen vaimennuskerroin on 0.486 cm^{-1} .

1. Mitkä seuraavista väittämistä ovat tosia ja mitkä epätosia?
Oikeasta vastauksesta saa 1 pisteen ja väärästä vastauksesta menettää ½ pistettä. Vastaamatta jättäminen tuottaa 0 pistettä. Älä arvaa, jos et tiedä.
- a) Magneettikuvauksessa vety-ydinten Larmor-taajuus on suoraan verrannollinen vaikuttavaan magneettivuon tiheyteen B, jolla ydinmagneetit samansuuntaistetaan.
 - b) Lämpölaimennusmenetelmässä ruiskutetaan yleensä kylmä keittosuolaboluus sydämen oikeaan eteiseen ja mitataan sen jälkeen aika, jolloin kylmäbolus havaitaan keuhkovaltimossa ja josta kulkuajasta voidaan määrittää sydämen minuuttitilavuus.
 - c) Herätevastetutkimus tarkoittaa EEG:n mittaamista erityisesti unen aikana.
 - d) Sydänlihaksessa oleva eteis-kammiosolmuke on normaalilla tavalla toimivassa sydämessä ainoa "portti" sähköiselle aktivaatiolle siirtyä eteisistä kammion puolelle.
 - e) Veren happisaturaatio mitataan yleensä sormenpäästä ultraäänen avulla.
 - f) Makroshokilla tarkoitetaan tilannetta, jossa liiallinen sähkövirta pääsee ihokontaktin kautta kehoon ja sitä kautta sydämeen käynnistään kammiovärinän.

2. Yhtälö
$$R = \left(\frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1} \right)^2$$

liittyy oleellisesti erääseen yleisesti käytössä olevaan lääketieteelliseen kuvausmenetelmään.

- a) Selosta, mitä yhtälö esittää, mitä muuttujia siinä on ja mistä ne riippuvat.
 - b) Selosta **lyhyesti** kyseisen kuvausmenetelmän pääperiaatteet ja kuinka em. yhtälöä sovelletaan siinä.
3. Lääketieteellisissä mittauksissa käytetään hyvin erilaisia antureita tuntoeliminä.
- a) Selvitä **lyhyesti** sellaisen anturin rakenne ja toimintaperiaate, jolla mitataan biopotentiaaleja ihon pinnalta.
 - b) Selvitä **lyhyesti** resistiivisen venymäliuska-anturin toimintaperiaate ja millaisia lääketieteellisiä käyttösovelluksia sillä on.
4. Selvitä lepotilassa olevan hermosolun solukalvon yli olevan jännitteen eli kalvojännitteen muutokset, kun solua stimuloidaan sähkövirralla. Kuvaa sähköinen vaste eli aktiopulssi (piirrä kuva ja nimeä aktiopulssin eri vaiheet). Kuinka solukalvon läpäisevyys eri ioneille muuttuu aktiopulssin aikana?
5. Oheisessa kuvassa on esitetty EKG millimetripaperilla (yksi ruutu vastaa yhtä millimetriä, joka vastaa EKG-signaalia 0.1 mV) mitattuna standardeilla II- ja III-raajakytkennöillä. Oletetaan, että R-aallon ja T-aallon huiput ajoittuvat samaan aikaan molemmissa kytkennöissä.
- a) Mittaa R-aallon ja T-aallon huippuamplitudit näissä kytkennöissä. Määritä sitten geometrisesti Einthovenin kolmion avulla sydämen sähköistä toimintaa kuvaavan sähköisen sydänvektorin suunta ja suuruus (mV:na) EKG:n R-aallon ja T-aallon maksimiampitudin ajankohtana. Piirrä kuva.
 - b) Määritä edelleen geometrisesti Einthovenin kolmion avulla R-aallon amplitudi I-raajakytkennässä ja vahvistetussa aVR-raajakytkennässä.
 - c) Voitko tässä tehtävässä annetun informaation avulla ennustaa, millaiselta EKG-signaalit näyttäisivät rintakytkennöissä? Perustele vastauksesi.

