

Kalle Laakso

# Biopac-laitteisto ja sen käyttö opetuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Hyvinvointiteknologia

Insinööriytyö

10.11.2014

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Kalle Laakso Biopac-laitteisto ja sen käyttö opetuksessa 34 sivua + 4 liitettä 10.11.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Hyvinvointiteknologia
Suuntautumisvaihtoehto	Hyvinvointiteknologia
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Mikael Soini Lehtori Jukka Kuikanvirta
<p>Ihmisen elimistössä tapahtuu jatkuvasti erilaisia fysikaalisia ilmiöitä, joiden toimintaa voidaan tutkia. Ilmiöiden perusteella voidaan päätellä asioita ihmisen elimistön tilasta ja havaita poikkeamia. Fysiologisilla mittauksilla tutkitaan näitä ilmiöitä ja niiden taustoja, sekä syntyä. Signaaleja voidaan mitata monesta ihmisen toiminnan kannalta oleellisesta osaluueesta, kuten muun muassa lihaksiston, sydämen ja aivojen toiminnasta sekä hengityksestä ja verenkierrosta.</p> <p>Tässä insinööriyössä on tutustuttu Biopac-laitteiston käyttömahdollisuuksiin fysiologisten mittausten suorittamisessa ja sen soveltuvuudesta opetuskäyttöön. Työssä on käsitelty erityisesti kolmea keskeistä fysiologista signaalia EMG:tä, EKG:tä ja EEG:tä. Metropolia Ammattikorkeakoulun hyvinvointiteknologian opetuksessa nämä signaalit ovat keskeisessä osassa opintoihin kuuluvilla Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 1, 2 ja 3 -opintojaksoilla.</p> <p>Insinööriyössä on lisäksi tuotettu EMG-, EKG- ja EEG-signaaleihin ja niiden mittaamiseen perustuvat laboratoriotyöohjeet, joissa suoritetaan yksinkertaiset ja havainnollistavat mitaukset kyseisistä signaaleista Biopac-laitteistolla ja analysoidaan mitattua dataa.</p> <p>Biopac-laitteisto soveltuu erinomaisesti opetuskäyttöön havainnollistamaan opiskelijoille fysiologisten signaalien syntyä, mittausperiaatteita, signaalien käsittelyä sekä analysointia. Laitteistoa käyttämällä opiskelija toteuttaa mittauksia ja harjaantuu niiden suorittamiseen sekä oppii ottamaan huomioon muun muassa signaaliin syntyviä häiriötekijöitä.</p> <p>Insinööriyön tuloksena syntyneitä laboratoriotyöohjeita tullaan käyttämään jatkossa opetuksen tukena Metropolia Ammattikorkeakoulun tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelman hyvinvoinnin ja terveyden sovellukset -suuntautumisvaihtoehdossa.</p>	
Avainsanat	Biopac, Kliininen Fysiologia, EMG, EKG, EEG, Hyvinvointiteknologia

Author(s) Title Number of Pages Date	Kalle Laakso The Biopac System and Its Educational Use 34 pages + 4 appendices 10 November 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Health Informatics
Specialisation option	Health Informatics
Instructor(s)	Mikael Soini, Principal Lecturer Jukka Kuikanvirta, Senior Lecturer
<p>A variety of physiological activities is constantly taking place in the human body and these activities can be measured and studied. By studying and analyzing the measured signals, we can make presumptions about the state of the person's health and body. Physiological measurements are used to study the activities and their backgrounds, as well as how the signals emerge. Signals can be measured from various parts and systems of the human body, for example muscles, heart, brains and the respiratory and circulatory system.</p> <p>This thesis studies the possibilities of the Biopac system in measuring physiological signals, and its suitability for educational use. The focus of this study has been on three main physiological signals, EMG, ECG and EEG. These signals play a key part in the physiological contents of courses such as Applied anatomy, Physics and Biophysics 1, 2 and 3, in the Degree Programme of Health Informatics at Metropolia University of Applied Sciences.</p> <p>The main goal of this thesis was to produce three laboratory worksheets concerning the physiological signals EMG, ECG and EEG. The worksheets include simple and illustrative measurements executed with the Biopac system. The measured data is then analyzed.</p> <p>The Biopac system is really well adapted into educational purposes to concretize the mechanisms behind physiological signals and how they are measured, processed and analyzed. By using the system, students can carry out measurements and get practice in performing them and taking into account possible sources of interference in the signal.</p> <p>The laboratory worksheets are going to be used for educational purposes in the Metropolia University of Applied Sciences Bachelor's Degree of Information and Communication Technology specialisation option, Health Technology.</p>	
Keywords	Biopac, Clinical physiology, EMG, ECG, EEG, Health Informatics

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Kliininen fysiologia	2
2.1	Fysiologiset signaalit	2
2.2	Fysikaalisesta ilmiöstä analysoitavaksi signaaliksi	3
2.3	Fysiologiset mittaukset	4
2.3.1	EMG (Elektromyografia)	5
2.3.2	EKG (Elektrokardiografia)	6
2.3.3	EEG (Elektroenkefalografia)	9
2.4	Mittausten vakiointi	11
3	Biopac	11
3.1	Biopac-laitteistot	12
3.2	Biopac MP36	13
3.3	BSL 4 -ohjelma	14
4	Fysiologian opetus hyvinvointiteknologian koulutusohjelmassa	16
4.1	Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 1	17
4.2	Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 2	17
4.3	Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 3	18
4.4	Biopac-laitteiston soveltuvuus opetukseen hyvinvointiteknologian koulutusohjelmassa	19
5	Biopac-mittaukset	20
5.1	EMG-mittaus	20
5.2	EKG-mittaus	24
5.3	EEG-mittaus	27
5.4	Datan Analysointi	29
6	Laboratoriotyöohjeet	31
7	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

## Liitteet

Liite 1. EMG-Laboratoriotyöohje

Liite 2. EKG-Laboratoriotyöohje

Liite 3. EEG-Laboratoriotyöohje

Liite 4. Biopac MP36; Tekniset spesifikaatiot

## Lyhenteet

A/D	Analog/Digital, analogia-digitaali.
CT	Computed Tomography, tietokonetomografia (TT).
EEG	Elektroenkefalografia.
EKG	Elektrokardiografia.
EMG	Elektromyografia.
MP36	Biopac MP36 -keskusyksikkö.
MRI	Magnetic Resonance Imaging, magneettikuvantaminen.
RS-232	Recommended Standard 232 -liitäntä.
tDCS	transcranial Direct Current Stimulation.
USB	Universal Serial Bus -liitäntä.

## 1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on tuottaa Metropolia Ammattikorkeakoulun hyvinvointiteknologian opiskelijoille fysiologisten signaalien ja mittausten ymmärrystä helpottavat laboratoriotyötehtävät suoritettavaksi Biopac-laitteistolla. Hyvinvointiteknologian insinööri kohtaa työllistyessään tuotekehitystehtäviin monia erilaisia fysiologisia signaaleja, joita käsitellään eri tavoin. Laboratoriotyötehtävien suorittaminen auttaa opiskelijaa ymmärtämään signaalien syntyä, niiden mittaamista ja mitatun datan analysointia.

Fysiologisilla mittauksilla voidaan tutkia ihmiskehossa tapahtuvia fysikaalisia ilmiöitä. Ilmiöiden perusteella voidaan vetää johtopäätöksiä ja havaita poikkeamia ihmiskehon toiminnasta. Fysiologisten mittausten avulla pyritään tarkastelemaan näitä ilmiöitä, niiden taustoja sekä signaalien syntyä.

Ajatus Biopac-laitteistolla suoritettavista laboratoriotyötehtävistä syntyi muiden opiskelijoiden kanssa käydyistä keskusteluista ja yhteisestä toteamuksesta, että koulutuksessa on liian vähän käytännössä suoritettavia laboratoriotehtäviä. Fysiologiset signaalit jäävät vain teorian tasolle, ja konkretiaa kaivataan enemmän. Tilanne on osittain parantunut vuosien mittaan uusien vuosikurssien opetussuunnitelmissa, mutta hekin ovat pääsääntöisesti kokeneet, että tällaisia laboratoriotöitä kaivattaisiin enemmän. Näitä laboratoriotyötehtäviä tullaan jatkossa käyttämään opetuksen tukena Metropolia Ammattikorkeakoulun tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelman hyvinvoinnin ja terveyden sovellukset-suuntautumisvaihtoehtoon kuuluvilla fysiologian ja signaalien mittaamiseen liittyvillä opintokokonaisuuksilla.

Insinööriyössä tarkastellaan ja avataan käsitteitä kliininen fysiologia sekä fysiologinen signaali. Työssä käydään myös läpi, miten mitattu fysikaalinen ilmiö muuntuu digitaalisesti käsiteltäväksi signaaliksi sekä esitellään Biopac-laitteistoa ja sen mahdollistamia mittauksia, datan analysointia ja laitteiston opetuksellista käyttöä.

Työssä esitellään suppeasti laboratoriotyöohjeet, mittaustoimenpiteet ja niiden vaiheet. Tarkemmin mittaustoimenpiteet on esitelty liitteinä olevissa laboratoriotyöohjeissa (liite 1, 2 ja 3), joiden tuottaminen on ollut tämän insinööriyön pääasiallinen tavoite.

## 2 Kliininen fysiologia

Kliininen fysiologia on tieteenala, joka tutkii ihmiselimestön elintoimintoja. Sairaustilojen kehittyminen, taustatekijöiden ymmärrys ja toimintahäiriöiden hoito vaatii elimistön toiminnan tuntemista. Kaikki ihmiskehossa tapahtuvat elintoiminnot ovat monimutkaisia prosesseja, jotka ovat toisistaan riippuvaisia. Kaikki sairaudet aiheuttavat jonkinlaisia muutoksia ihmisen fysiologisessa toiminnassa. Tätä tieteenalaa, joka tutkii näiden prosessien toimintaa, kutsutaan fysiologiaksi. Ihmiskehon elintoimintoja tarkastellaan useimmiten suurempina ryhminä, joita ovat ruoansulatusjärjestelmä, verenkierto tai hermosto ja niiden fysiologia. Fysiologian tuntemus on lääketieteellisen hoidon ja toiminnan perusta. [1; 2.]

Kliinisen fysiologian tutkimuksia tarvitaan tavallisten kansanterveydellisten sairauksien sekä monien muiden harvinaisempien sairauksien diagnosoinnissa ja seurannassa. Tutkimukset voivat myös auttaa määrittelemään sairauden vakavuutta sekä mahdollista leikkaus- tai toimenpidetarvetta. Fysiologisia tutkimuksia on mahdollista käyttää erilaisten fyysisten sekä psyykkisten stressitekijöiden tutkimisessa. Käytettyjen menetelmien luotettavuuden kannalta on merkittävää toimenpiteiden vakiointi sekä henkilökunnan osaaminen ja perehtyneisyys tutkimuslaitteiden käyttöön. [1; 2.]

### 2.1 Fysiologiset signaalit

Ihmiskehossa tapahtuvat fysiologiset ilmiöt synnyttävät mitattavia signaaleja, joita voidaan mitata erilaisilla laitteistoilla. Mitatut signaalit voivat olla esimerkiksi kehossa tapahtuvia sähköisiä ilmiöitä, erinäisiä aineenvaihdunnan tai hengityksen synnyttämiä virtauksia tai lihasten tuottamaa voimaa. Mitattua signaalia voidaan käyttää esimerkiksi diagnostiin tarkoituksiin. [3.]

Signaalit ovat ajasta riippuvaisia mitattuja ilmiöitä, jotka sisältävät informaatiota. Fysiologiset signaalit sisältävät tietoa fysiologisesta toiminnasta. Yleisesti kliinisessä fysiologiassa ei riitä pelkkä signaalin mittaaminen, vaan se vaatii monimutkaista signaalin käsittelyä ja analyysiä. [3.]



## 2.2 Fysikaalisesta ilmiöstä analysoitavaksi signaaliksi

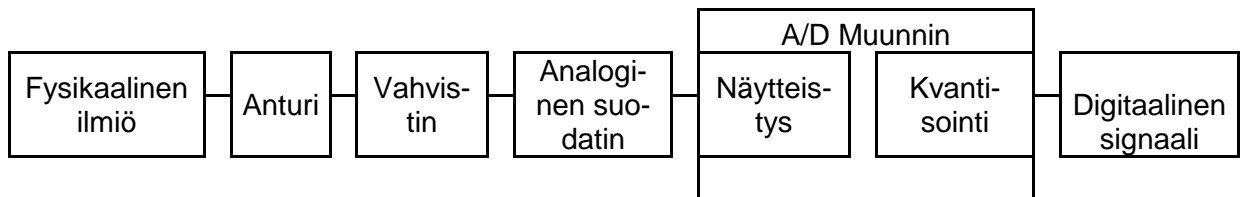
Nykyäänvaltaosa fysiologisten signaalien mittauksista tehdään digitaalisesti tietokoneiden avustuksella. Fysikaalisen ilmiön mittaamisen ja datan analysoinnin välissä on kuitenkin monenlaisia vaiheita. Ihmiskehossa tapahtuvaa fysikaalista ilmiötä tarkastellaan erilaisten antureiden avulla, joiden tehtävänä on muuttaa ilmiö sähköjännitteeksi. Anturilla on hyvin olennainen osa mittauksen tarkkuuden kannalta ja mahdolliset häiriöt syntyvätkin useimmiten anturin ja mitattavan pinnan, kuten ihon rajapinnassa. Mittauksen laadun ja tarkkuuden kannalta on olennaista, että tuo rajapinta olisi mahdollisimman häiriötön ja mittaustoimenpide vakioitu. [3.]

Mittauksia voidaan suorittaa joko suoraan mielenkiinnon kohteena olevasta ilmiöstä, tai kuten fysiologisissa mittauksissa joudutaan usein tekemään, mittaamalla epäsuoraan mitattavaa ilmiötä. Suorassa mittauksessa pystytään tarkastelemaan toivottua ilmiötä välittömästi, kuten verenpainetta suonensisäisellä painekatetrilla. Epäsuorassa mittauksessa joudutaan turvautumaan epäsuoraan mittaustapaan. Esimerkiksi veren virtauksen mittaamiseen verisuonissa käytetään avuksi ultraääntä ja doppler-siirtymää. Fysikaalisen ilmiön ja anturin ominaisuudet määräävät käytetyn menetelmän tarkkuutta, resoluutiota sekä mahdollista vääristymää. [3.]

Mittausrajapinnasta anturilla mitattu sähköjännite johdetaan vahvistimelle, jonka tarkoituksena on vahvistaa sähköinen signaali sellaisella tasolle, että sen käsittely on helpompaa. Erityisesti erittäin pienissä elektrofysikaalisissa ilmiöissä, joissa signaalin amplitudi on mikrovolttiluokkaa, vahvistimen merkitys korostuu. Ennen digitointia mitattua signaalia voidaan suodattaa erilaisilla analogisilla suodattimilla. Esimerkiksi sähköverkosta syntyvä 50Hz:n häiriötaajuus voidaan suodattaa pois ennen digitointia. [3; 4.]

Vahvistettu ja osittain suodatettu jännitesignaali digitoidaan Analog/Digital-muuntimen (A/D-muunnin) avulla. A/D-muunnos koostuu kahdesta osasta. Ensimmäisessä osassa analoginen signaali näytteistetään. Signaalista otetaan tasavälein näytteitä ennalta määritellyllä näytteenottotaajuudella, joka määräytyy Nyqvistin näytteenottoteoreeman mukaisesti. Näytteenottotaajuus ilmaistaan hertzeinä. Tämän jälkeen jännitenäytteet muunnetaan digitaaliseen muotoon kvantisointimenetelmällä. Kvantisointimenetelmässä tietty jänniteväli muutetaan vastaamaan tiettyä numeerista tasoa. Kvantisointitasojen määrän määrittelee A/D-muuntimen bittien lukumäärä. Esimerkiksi 12-bittinen A/D-muunnin käyttää  $2^{12}$  eli 4096:ta eri kvantisointitasoa. Kvantisointitasojen määrä määrittää mitatun

signaalin resoluutiota eli erottelutarkkuutta. Esimerkiksi, jos mitatun signaalin skaala olisi välillä  $0\text{--}100\mu\text{V}$ , 12-bittisen A/D-muunnoksen resoluutio olisi  $100\mu\text{V}/4096 = 0,02441\mu\text{V} \approx 0,025\mu\text{V}$ . Huomioitavaa on kuitenkin, että A/D-muunnoksen resoluutio ei määrittele mitatun signaalin tarkkuutta eli sitä, kuinka tarkkaan mittaus vastaa todellista fysiologista ilmiötä. Fysiologisen mittauksen resoluutioon vaikuttavat merkittävimmin mittausolosuhteet, niiden vakiointi sekä mittalaitteiston ominaisuudet. A/D-muunnoksen eri vaiheet on kuvailtu kuvassa 1. [3; 4]



Kuva 1. A/D-muunnos

Digitoidun signaalin käsittely tehdään digitaalisesti. Signaalia voidaan suodattaa, siitä voidaan poimia erinäisiä piirteitä ja olennaisuuksia sekä muunnella sitä erilaisiin käyttö-tarkoituksiin. Käsittely riippuu merkittävästi sovelluksesta sekä signaalista. [3; 4.]

### 2.3 Fysiologiset mittaukset

Fysiologisiin mittauksiin käytetään lääketieteellistä tekniikkaa ja erilaisia mittalaitteistoja. Tutkimuksissa mitataan elimistön sähköisiä, mekaanisia sekä aineenvaihdunnallisia tapahtumia levon, kuormituksen sekä altistusten yhteydessä. Nykypäivänä fysiologisten mittausten suorittaminen on asiakkaan näkökulmasta useimmiten hyvin vaivatonta eikä aiheuta kipuja tai muita tuntemuksia mitattavalle henkilölle. Mittaukset perustuvat erilaisiin antureihin tehtyihin fysiologisten ilmiöiden fysikaalisiin mittauksiin. Mittauksia voidaan suorittaa kertaluontoisesti tai vuorokausiseurantoina. [3.]

Mittauksia voidaan suorittaa niin ihmiskehon pinnalta erinäisten pintaelektrodien avulla sekä tunkeutumalla syvemmälle kudoksiin esimerkiksi neulaelektrodeilla. Muita mittauksia voivat olla esimerkiksi hengitysilmavirtauksen mittaus tai pulssioksimetrillä suoritettava veren happisaturaation mittaus. Invasiiviset mittausmenetelmät tuottavat yleisesti ottaen tarkempia tuloksia, mutta nykyään noninvasiivisilla menetelmillä päästään luotettavaan tulokseen, ja ne ovat potilaalle mieltäisempiä. [3.]

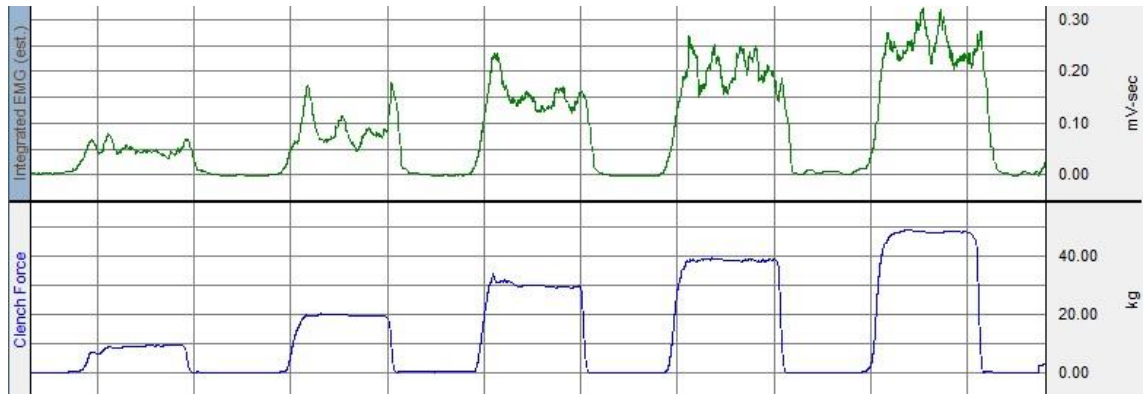
Mittausten suorittaminen ja mitatun datan analysointi diagnostisiin tarkoituksiin vaatii kuitenkin mittaajalta ja tulosten tulkitsijalta suurta ammattitaitoa ja ymmärrystä mitattua signaalia kohtaan. On tunnettava fysiologisen ilmiön perusteet sekä mittauksen periaatteet ja tekniikat. Huomioon otettavaa on myös mahdolliset mittaukseen vaikuttavat häiriötekijät ja niiden mahdolliset aiheuttajat. Mitatun datan analysoinnin haaste on suodattaa pois ei-haluttua dataa, kuten ulkoisia häiriöitä, jotta siitä voitaisiin erottaa oleellinen informaatio. [3.]

Erilaisiin antureilla suoritettaviin fysiologisiin mittauksiin vaikuttavat virhe- ja häiriölähteet syntyvät pääsääntöisesti lihasten ja elektrodin välisten kudosten vaikutuksesta. Kontaktipinnalla tapahtuva liike aiheuttaa mitattuun signaaliin kohinaa sekä häiriöitä, jota täytyy suodattaa pois. Myös mittauskaapelien ja sähköverkon kautta signaaliin tulee häiriöitä. Osa fysiologisista mittauksista voi aiheuttaa myös itse mitattavaan fysiologiseen toimintaan häiriöitä ja muutoksia esimerkiksi potilaan pelkotilojen myötä. Mittaukset eivät saisi häiritä mitattavaa ilmiötä eikä normaaleja elintoimintoja. [3.]

### 2.3.1 EMG (Elektromyografia)

Elektromyografia (EMG) on menetelmä, jolla tutkitaan lihasten tuottamaa sähköistä toimintaa. EMG:llä voidaan tutkia muun muassa lihasten aktivaatiotasoa, aktivaatiojärjestystä, lääketieteellisiä poikkeamia toiminnassa sekä yleisesti lihasten tuottaman liikkeen syntyä. Lääketieteessä useimmiten EMG:tä käytetään erilaisten hermolihassairauksien tutkimiseen, alaselän kiputiloihin, kinesiologiaan sekä liikkeenhallinnan ongelmiin. Erityisesti urheilulääketieteessä EMG:n käyttö keskittyy lihastasapainon kehittämiseen sekä opettamaan urheilijalle tiettyjen lihasryhmien tehokasta käyttöä. [5; 6.]

Ihmisen hermosto säätelee ja toimittaa toimintakäskyt hermoratoja pitkin lihaksille. Esimerkiksi käsivarren ja raajojen liikkeet lähtevät aivojen primäärisestä motorisesta alueesta. Sähköinen signaali kulkee aivoista selkäydintä pitkin perifeeraaliseen hermostoon, jossa vasteena se tuottaa tiettyjen motoristen yksiköiden aktivaation. Neuronien tuottama impulssi saa aikaan lihaksissa tahdonalaisen liikkeen. EMG:n avulla mitattava sähköinen impulssi syntyy, kun alun perin lepotilassa oleva polarisoitunut lihassäie depolarisoituu signaalin kulkiessa sen pinnan ylitse. Kyseinen depolarisaatio ionien liikkeen kanssa luo sähkökentän lihassäikeitten alueelle. EMG-signaali on siis motoristen yksiköiden aktiopotentiaalien tuottama ilmiö. Kuvassa 2 on esitelty Biopac-laitteistolla mitattu EMG- ja puristusvoimakäyrä. [5; 6.]



Kuva 2. Biopac-laitteistolla mitattu EMG- ja puristusvoimakäyrä.

EMG:n mittaamiseen voidaan käyttää noninvasiivisia pintaelektrodeja ja invasiivisia neulaelektrodeja. Neulaelektrodien avulla voidaan tutkia tarkemmin yksittäisten lihasten toimintaa ja aktivaatiota, kun pintaelektrodit taas antavat kokonaisvaltaisemman kuvan tutkittavan alueen lihastoiminnasta. Pintaelektrodeja käytettäessä signaali on siis usean motorisen yksikön aktiopotentiaalien summa. [5; 6.]

EMG-mittauksiin voivat vaikuttaa useat erilaiset virhe- sekä häiriölähteet. Pintaelektrodeja käytettäessä useimmiten häiriötä syntyy elektrodin ja lihaksen välisen ihokudoksen vaikutuksesta signaaliin. Myös liike mittauksen aikana aiheuttaa häiriöitä ja kohinaa. Muiden lihasten kuin mitattavan lihaksen toiminta voi myös aiheuttaa häiriöitä mittaukseen. [5; 6.]

EMG-signaalien jännite on varsin pieni, noin 1 - 20 mV, joten signaalia täytyy voimistaa vahvistimien avulla ennen analysointia. Häiriöiden poistamiseksi signaali täytyy käyttää erilaisten ali- ja ylipäästösuodattimien kautta, jotta suurimmista häiriöistä päästään eroon. [5; 6.]

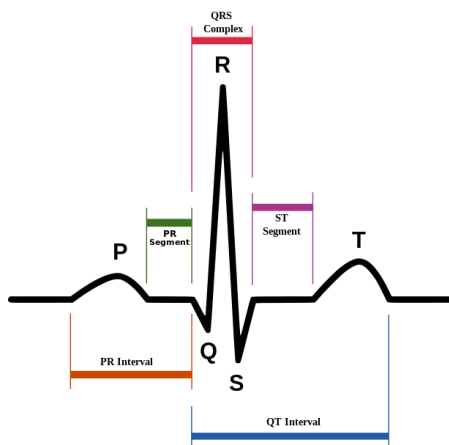
### 2.3.2 EKG (Elektrokardiografia)

Sydämen sähköinen toiminta havaittiin ja rekisteröitiin ensi kertaa 1800-luvun jälkipuoliskolla. Waller rekisteröi ja raportoi ensi kertaa suoraan sydämen pinnalta mitattua sähköpotentiaalia vuonna 1887. Einthovenin kehittämä galvanometri mahdollisti vuonna 1902 sydämen synnyttämän sähkökentän suoran rekisteröinnin kehon pinnalta. Nykyinen unipolaarinen EKG-mittaus keksittiin 1933 Frank N. Wilsonin toimesta, ja se on kehittynyt nykyiseksi 12-kytkentäiseksi EKG:ksi. [7.]

Elektrokardiografialla (EKG) tutkitaan sydämen toimintaa ja siihen liittyviä sähköisiä impulsseja. Sydämen sähköistä toimintaa säätelee sinussolmuke, joka tahdistaa sydäntä. Koska sydämessä tapahtuvat aktiopotentiaalit ovat hyvin voimakkaita, voidaan potentiaaliheilahdukset mitata monesta eri kohtaa elimistöä. [5; 6.]

Sydämessä veri virtaa aina korkeamman paineen alueelta matalamman paineen alueelle, josta se virtaa edelleen suonistoon. Sinusolmukkeen synnyttämä aktiopotentiaali leviää koko sydämen alueelle ja rytmittää sen toimintaa alkaen eteisistä, jonka jälkeen se siirtyy kammioihin. Depolarisaatiosta johtuvat aktiopotentiaalihin heilahdukset synnyttävät mitattavan signaalin. [5; 6.]

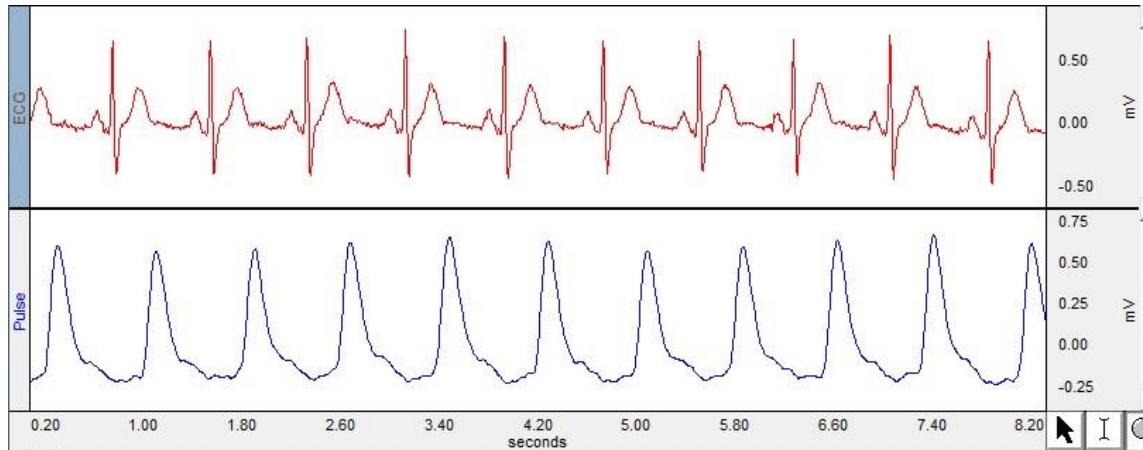
EKG-signaalin ensimmäisen heilahdus on P-aalto, jonka ensimmäinen puolisko kuvaa oikean eteisen aktivaatiota eli depolarisaatiota ja jälkimmäinen puolisko taas vasemman eteisen depolarisaatiota. Tätä seuraa PQ-väli, jonka aikana supistumisimpulssi kulkee eteisistä kammioihin. PQ-välin aikana mikään sydämen osa ei repolarisoidu tai depolarisoidu, joten sillä välillä EKG-käyrä näyttää suoraa viivaa. Kammioiden depolarisaatiota kutsutaan QRS-kompleksiksi, joka koostuu kolmesta potentiaaliheilahduksesta, Q, R ja S. Kammioiden palautuminen lepotilaan eli repolarisaatio näkyy EKG-käyrässä T-aaltona. Eteisten matala repolarisaatioimpulssi ei näy EKG-käyrässä, koska se peittyy QRS-kompleksin alle. EKG:llä rekisteröitävät jännitteet ovat korkeimmillaan muutaman millivoltin suuruisia. Kuvassa 3 on esitelty normaali sinusrytmi. [5; 6.]



Kuva 3. Normaali sinusrytmi (Public Domain).

Elektrokardiografiaa käytetään muun muassa rytmihäiriöiden tutkimiseen ja toteamiseen sekä sydäninfarktin ja muiden sydänperäisten sairauksien, kuten sydänlihastulehduksen

ja sydänpussintulehduksen diagnosointiin. EKG:n avulla saadaan tietoa sydämen tilasta, mutta sen avulla tehdyistä poikkeamista on vaikea tehdä selkeää ja täysin varmaa diagnoosia, sillä useat eri sairaudet voivat aiheuttaa lisäyöntejä ja muita poikkeamia käyrään. Kuvassa 4 on esitelty Biopac-laitteistolla mitattu EKG- ja pulssikäyrä. [5; 6.]



Kuva 4. Biopac-laitteistolla mitattu EKG-signaali ja pulssikäyrä.

EKG:n etuna on sen noninvasiivisuus ja suhteellisen helppo toteutus. Tarkan ja hyvän EKG-mittauksen suoritus vaatii ammattitaitoa, mutta lääketieteessä se on tänä päivänä varsin rutiinitutkimus tutkittaessa sydämen toimintaan liittyviä sairausepäilyjä. Tutkimuskäytössä useimmiten nykyään käytetään 12-kanavaista EKG:ta, jossa elektrodeja asetellaan molempiin käsiin, molempiin raajoihin sekä kuusi elektrodia rintakehään. Mitä useampi kanava EKG:ssa on, sitä useammasta suunnasta sydämen toimintaa tarkastellaan ja tämän avulla voidaan tarkemmin määrittellä mahdollisen vaurion tai muun häiriön sijainti ja alkuperä. Yksinkertaisimmillaan EKG:ta voidaan kuitenkin mitata kolmella kytkennällä. [5; 8.]

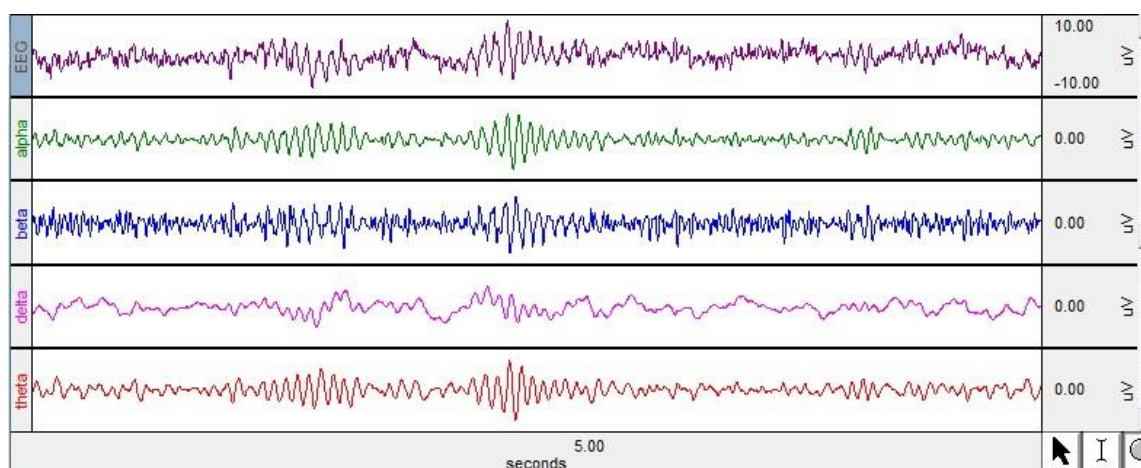
EKG:n sisältämä valtaisa tietomäärä ja tulkinnan monimutkaisuus tekee EKG-signaalin diagnostisesta käytöstä hyvin tarkkuutta vaativaa ja haastavaa. Valtaosa lääkäreistä tuntee EKG-signaalin havaittavat muutokset akuutin infarktin tai rytmihäiriöiden yhteydessä, mutta osaa löydöksistä ja poikkeamista ei osata selittää, sillä ihmisen sydämen toiminta on hyvin yksilöllistä. [8; 10.]

EKG-signaaliin liittyvät häiriölähteet harvoin syntyvät EKG-laitteessa tai potilaskaapeleissa. Häiriön syynä on lähestulkoon aina inhimillinen virhe mittaussuorituksessa tai ul-

koinen ympäristön häiriötekijä. Erityisesti laaja-kanavaisissa EKG-rekisteröinneissä virheitä syntyy elektrodien virheellisistä kytkennöistä. Lihaskäynnityksestä ja vapinasta syntyvä häiriö näkyy EKG-signaalissa perustason heilahteluna. Voimakkaat hengitysvaihtelut voivat myös tuottaa häiriöitä mitattuun signaaliin. Kaikissa nykyisissä EKG-laitteissa on 50Hz:n suodatin, jolla suodatetaan verkkovirrasta syntyviä häiriöitä. Häiriö näkyy signaalissa perusviivan pienenä värähtelynä 50Hz:n taajuudella. Taajuuden suodatus saattaa hieman muuttaa mitatun EKG-signaalin muotoa. [9.]

### 2.3.3 EEG (Elektroenkefalografia)

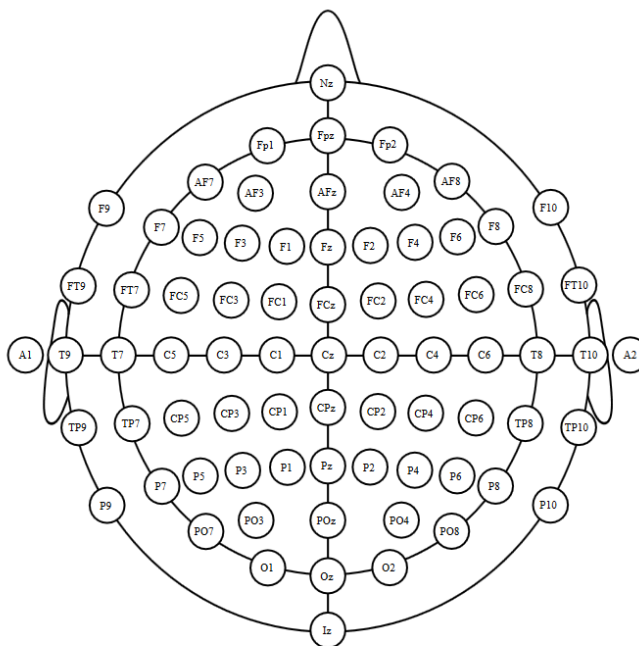
EEG:n avulla tutkitaan aivojen sähköistä toimintaa. Mittauksen avulla saadaan tietoa aivokuorella olevien hermosolujen (neuronien) sähköisestä toiminnasta. Aivojen sähköinen toiminta ilmenee aaltojen jännitteen sekä taajuuden vaihteluna. Rytmiset jännitteenvaihtelut johtuvat jossain määrin samaa rytmiä noudattavien neuronien toiminnasta. Mitatut signaalit ovat mikrovolttiluokkaa ja taajuudet yleensä 0,5–50Hz:n välillä. Aivojen sähköinen toiminta jaotellaan yleisesti neljään olennaisimpaan taajuusalueeseen; delta-aaltoihin (0–3 Hz), theta-aaltoihin (4–7 Hz), alfa-aaltoihin (8–13 Hz) sekä beeta-aaltoihin (14–30 Hz). Jokaisella taajuusalueella on omat ominaispiirteensä. Aivoista voidaan mitata myös muita korkeampitaajuisia aaltoja, kuten gamma-aaltoja (30–100 Hz), joiden tarkasta merkityksestä ei ole vielä täyttä varmuutta. Gamma-aaltojen arvellaan liittyvät aisti- ja motorisiin toimintoihin. Kuvassa 5 on esitelty Biopac-laitteistolla mitatut EEG-signaalit. [5; 11.]



Kuva 5. Biopac-laitteistolla mitatut EEG-signaalit.

Alfa-aallot ovat havaittavissa ihmisen ollessa hereillä, mutta silmät kiinni. Alfa-aaltoja pidetäänkin jonkinlaisena lepotaajuutena, jonka ilmiöiden otaksutaan johtuvan verkkokalvolle ja näköhermolle tulevien ärsykkeiden vaikutuksesta. Beta-aaltoja esiintyy sellaisten aivotointojen aikana, jotka vaativat paljon ajattelemista sekä syvimässä REM-unessa. Beta-aallot korostuvat stressi-, jännitys-, ja intensiivisen toiminnan tilanteissa. Delta- ja theta-aaltoja esiintyy varsinkin unen aikana, jolloin alpha-aallot vähitellen korvautuvat delta- ja theta-aalloilla. Theta-aaltoja voidaan rekisteröidä myös tunnetilojen vaihtelun aikana, kuten ihmisen turhautuessa. Kaikkien aaltojen esiintyminen on hyvin yksilökohtaista, ja EEG-käyrin tulkinta on hyvin haastavaa. [11.]

EEG:tä mitataan asettamalla useita elektrodeja pään alueelle, 10-20-järjestelmän osoittamiin standardoituihin sijainteihin. Mitä enemmän elektrodeja on, sitä tarkempia mitaustuloksia saadaan ja pystytään minimoimaan mahdollisesti aiheutuvia häiriöitä. Kuvassa 6 on esitelty 10-20-järjestelmän mukaiset elektrodien sijoittelut. [11.]



Kuva 6. Elektrodien sijoitteluun käytetty 10-20-järjestelmä. (Marius Hart, Creative Commons)

EEG:llä rekisteröitävät potentiaalit ovat erittäin pieniä ja mittaus on varsin virhe-altista. Mitattavaa signaalia joudutaan vahvistamaan huomattavasti, jotta siitä saadaan suodatettua oikeat taajuudet. Mitä pienempi impedanssi on elektrodin ja päänahan välisessä kontaktissa, sitä parempia mitaustuloksia saadaan. Erityisesti haastetta tuottaa saada



tarpeeksi hyvä kontakti päänahkaan hiusten peittämään päähän. Osa kehon muista fysiologisista ilmiöistä voi myös aiheuttaa suuria virhesignaaleja. [11.]

EEG:n käyttökohteita ovat muun muassa unenlaadun tutkimus, epilepsian, kooman, aivokuoleman sekä erilaisten aivosairauksien diagnosointi. Aiemmin sitä on käytetty myös kasvainten, aivoverenkierron häiriöiden sekä muiden aivosairauksien tunnistamiseen. Käyttö näihin tarkoituksiin on kuitenkin vähentynyt uusien kuvantamismenetelmien, kuten MRI-, Magnetic Resonance Imaging, sekä CT-, Computed Tomography, -kuvantamisen myötä. [11.]

## 2.4 Mittausten vakiointi

Fysiologisten mittausten vakioinnilla on merkittävä rooli mittaustulosten luotettavuuden ja tarkkuuden kannalta. Mittausten kannalta olennaisia ulkoisia tekijöitä, jotka saattavat vaikuttaa fysiologiseen mittaukseen, ovat muun muassa vuorokaudenaika, fyysinen aktiivisuus sekä henkinen vireystila. Myös ihmisen mittausta kohtaan kokemat pelkotilat voivat merkittävästi vaikuttaa ihmiskehossa tapahtuviin fysiologisiin ilmiöihin ja tuottaa suoritettavan tutkimuksen kannalta virheellisen mittaustuloksen. Huomioitavaa on kuitenkin, että ulkoisista tekijöistä huolimatta mittaukset saattavat olla teknisesti korkealatuisia. [3.]

Mittausten tulkinnan kannalta mittausten vakioinnilla on huomattava merkitys. Vakioinnilla pyritään luomaan tutkimuksellisesti edustava mittaus, joka on verrannollinen ja siitä pystytään tekemään oleellisia päätelmiä sekä voidaan yleistää muihin tilanteisiin. Mittausten edustavuutta edesauttaa, jos tutkimusten suoritus tehdään aina vakioidulla tavalla vakioiduissa olosuhteissa. Näin pystytään rajaamaan osaa ulkoisista ja yksilön tuottamisesta tekijöistä pois. [3.]

## 3 Biopac

Biopac on amerikkalainen yritys, joka valmistaa ja kehittää laitteistoja opetuksellisiin sekä tieteellisiin tarkoituksiin. Heidän tuotetarjonnastaan löytyy soveltuvia laitteita niin kouluympäristöihin kuin myös tieteellisen tutkimuksen tekemiseen. Laitteistot ovat käy-

tössä useissa eri korkeakouluissa ympäri maailman. Laitteistosta myydään erinäisiä kokonaisuuksia eri käyttötarkoituksiin, niin perusmittauksiin soveltuvista kokonaisuuksista aina esimerkiksi tDCS-stimulaatiota (transcranial Direct Current Stimulation) mahdollistaviin tieteellisiin yksiköihin. Biopac-tuotetarjonnan laajinta yksikköä, MP150:tä, käytetään useissa tieteellisissä tutkimuksissa ja julkaisuissa erinäisten fysiologisten mittausten suorittamiseen ja datan analysointiin. [14.]

Yrityksen ja laitteiden laadukkuudesta kertoo se, että toiminnassaan yritys noudattaa ISO9001-laatustandardeja sekä sen MP36/35/45-yksiköt täyttävät myös IEC60601-1-lääkintälaitestandardin kriteerit. IEC60601-1-standardin jaottelussa laitteet ovat luokiteltu Class I Type BF -laitteiksi. [12; 15.]

### 3.1 Biopac-laitteistot

Biopacin tuotetarjonta jakautuu käytännössä kolmeen eri yksikköön ja niihin liitettäviin moduuleihin ja antureihin. Yksikköjä ovat *Biopac Science Lab* MP40, *Biopac Student Lab* MP36 sekä MP150 *Data Acquisition and Analysis Systems*.

Kevyin kokonaisuus, *Biopac Science Lab* MP40, on tarkoitettu pienten yksinkertaisten mittausten suorittamiseen esimerkiksi anatomian ja fysiologian opetuksessa. Sen avulla on mahdollista suorittaa kaikista perinteisimpiä fysiologisten signaalien mittauksia, kuten EMG, EKG ja EEG. Laitteeseen kytkettävien antureiden ja moduulien määrä on varsin rajallinen, mutta se mahdollistaa kuitenkin olennaisimmat mittaukset, jotta oppilaat saisivat selkeän kuvan fysiologisten mittausten suorittamisesta sekä mitatun datan analysoinnista.

*Biopac Student Lab* MP36-yksikkö on suunnattu korkeakouluympäristöihin ja sen käyttömahdollisuudet ovat hyvin laajat. Moduuli- ja anturivalikoima mahdollistaa sen käytön niin tieteellisessä tutkimuksessa kuin opetuksellisessa käytössä. Laite kattaa kaikki *Biopac Science Lab* MP40:n mahdollistamat mittaukset, mutta erinäisten antureiden ja moduulien myötä sen käyttömahdollisuudet laajenevat aina esimerkiksi lihasten stimulointiin *BSLSTMB Voltage Stimulator* -moduulin avulla. Lisäksi muita hankittavia moduuleja ovat esimerkiksi *Signal Processing Breadboard Kit*- SS39L, jonka avulla laitteeseen voi tehdä koekytkentäalustalle omia kytkentöjä mitattavan signaalin käsittelemiseksi. *Biopac* MP36 Ultimate-anturi- ja elektrodikokonaisuus on esitelty kuvassa 7.

MP150 *Data Acquisition and Analysis Systems* on tarkoitettu tieteellisen tutkimuksen tekemiseen ja sitä käytetäänkin useissa eri julkaisuissa mittalaitteistona. Yksikköön liitettävistä moduuleista on mahdollista rakentaa aivan täysverisiä ja lähes vastaavia laitteita kuin on käytössä esimerkiksi sairaalaympäristöissä erinäisten mittausten tekemiseen. Yksikköön voi liittää muun muassa langattomia EEG-mittalaitteita. Laitteiston mukana tuleva ohjelmisto, *Acknowledge, Acquisition & Analysis Software*, mahdollistaa hyvin laajamittaisen ja yksityiskohtaisen datan analysoinnin. [13.]

### 3.2 Biopac MP36

Biopac Student Lab MP36 sisältää neljä analogista sisääntuloa eli siihen on mahdollista kytkeä samanaikaisesti maksimissaan neljä erillistä anturia tai elektrodikaapelia. Sisääntuloportit ovat perinteisiä RS-232-sarjaporttiliittimiä (Recommended Standard 232). Lisäksi laitteen etulevyssä on portti elektrodien toiminnan tarkastamiselle. Tarkastusportti toimii siten, että se syöttää antureille signaalin ja mittaa samalla impedanssiarvoa, jonka tavoitteellinen lukema on olla alle  $10\Omega$ :a.



Kuva 7. MP36 Biopac Student Lab Ultimate -kokonaisuus.

Analogisiin sisääntuloihin kytketään mittauksissa käytettävät anturit sekä elektrodien kytkentäkaapelit. Erilaisia laitteeseen kiinnitettäviä antureita ovat muun muassa

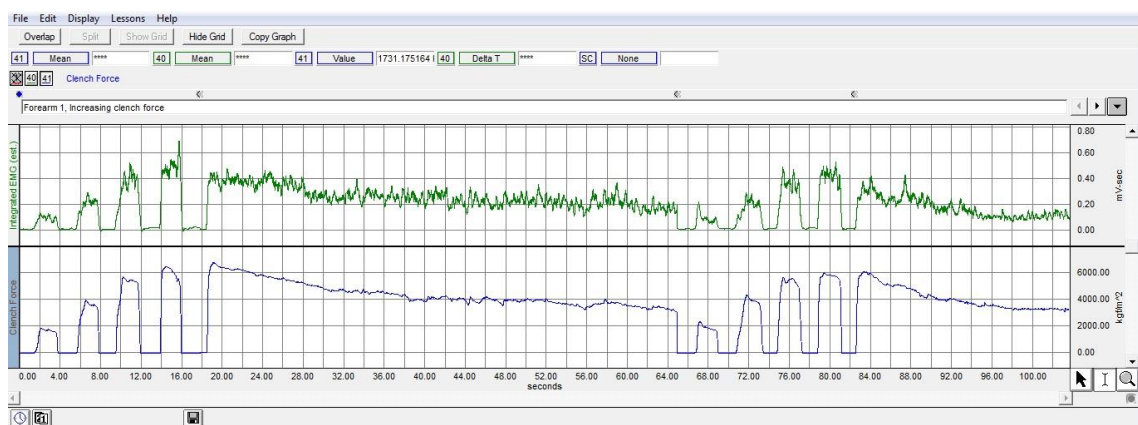
- elektrodien kytkentäkaapelit
- puristusvoimamittari

- pulssimetri
- ilmavirta-anturi
- stetoskooppi
- verenpainepanta.

Biopac MP36 -yksikkö kytketään tietokoneeseen USB-liitännän (Univesal Serial Bus) avulla. Yksikkö itsessään ei sisällä mitään mittausten aikana painettavia painikkeita, vaan sitä hallinnoidaan tietokoneelle asennettavalla BSL4-mittaus- ja analysointiohjelmalla. Laite sisältää runsaasti erilaisia vahvistimia ja suodattimia, joiden läpi mitattu signaali kulkeutuu ennen sen digitaalista esittämistä tietokoneen ruudulla. Yksikön tekniset spesifikaatiot on esitelty liitteessä 4.

### 3.3 BSL 4 -ohjelma

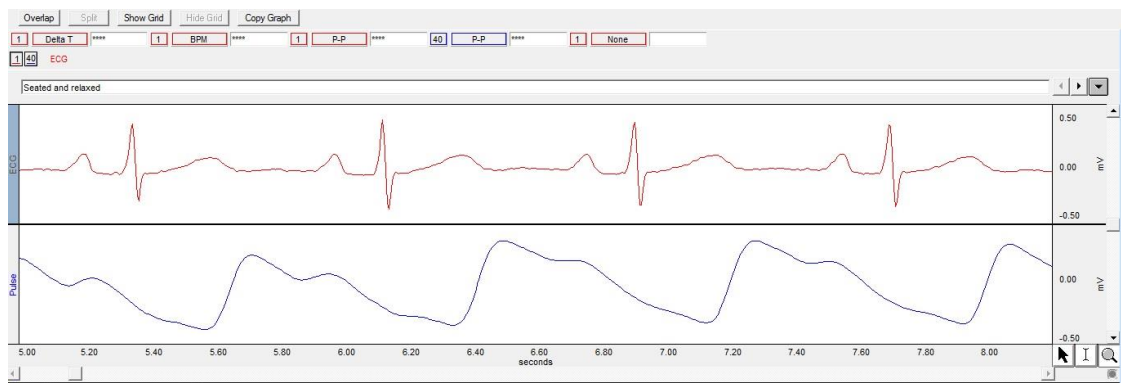
Biopac MP36 -laitteistoa ja sillä suoritettuja mittauksia suoritetaan sekä analysoidaan mukana tulevan BSL4-ohjelman avulla. Ohjelma avautuu perinteiseen näköiseen Windows-näkymään (kuva 8) ja kaikki mittaamiseen sekä analyysiin tarvittavat ominaisuudet ovat hyvin esillä. Ohjelma omaa monipuoliset ominaisuudet datan keruuseen ja analysointiin. Ohjelmaa käynnistettäessä valitaan, halutaanko suorittaa mittaus vai analysoida jo mitattua dataa. Osiot eivät eroa toisistaan ulkonäöllisesti, vaan datan keruu ja analysointi tapahtuu samalla käyttöliittymällä.



Kuva 8. Biopac BSL4 -käyttöliittymä.

Ohjelmiston käyttöliittymä on hyvin selkeä ja yksinkertainen. Pienen harjaantumisen jälkeen ohjelman käyttö on varsin helppoa ja mieluista. Mittauksia suoritettaessa ohjelmisto ohjaa ja neuvoo mittausten suorittamista.

BSL 4 -ohjelmalla dataa analysoidessa mitattu data näkyy ruudun yläreunassa käyrän muodossa. Riippuen mittauksista ja mitattujen signaalien määrästä mitattuja käyriä voi olla yksi tai useampi. Mitattua dataa voi skaalata haluamallaan tavalla käyttäen siihen tarkoitettuja työkaluja. Ohjelmalla voi esimerkiksi skaalata näkymän siten, että laajasta mitatusta EKG-signaalista voi tarkastella yksittäisiä PQRST-komplekseja (kuva 9).



Kuva 9. Skaalattu näkymä neljästä erillisestä PQRST-kompleksista.

Datan analysoimiseksi ja tulosten mittaamiseksi ohjelmisto sisältää useita analyysivalitsimia. Näillä analyysivalitsimilla saat haluamasi mitta-arvot mitatusta signaalista maalamalla kyseisen kohdan ja tarkastamalla tuloksen analyysivalitsimesta (kuva 10).



Kuva 10. Analyysivalitsimet EKG-mittauksessa.

Ohjelmiston analyysivalitsimet on esitelty taulukossa 1.

Taulukko 1. BSL4-ohjelman eri analyysivalitsimet

<b>Analyysivalitsin</b>	<b>Määritelmä</b>
area	Valitun alueen ala
calculate	Lasku valitsimien kesken
correlate	Korrelaatiokerroin eri mittausarvojen kesken
delta	Valitun alueen alueen ensimmäisen ja viimeisen pisteen amplitudien välinen ero
delta S	Valitun alueen mitattujen näytteiden määrä (Sample)
delta T	Valitun alueen alun ja lopun aikaero (Time)
freq	Valitun alueen taajuus
integral	Valitun alueen integraali
lin_reg	Valitun alueen lineaarinen regressio
max	Valitun alueen maksimiarvo
median	Valitun alueen mediaaniarvo
mean	Valitun alueen keskiarvo
min	Valitun alueen minimiarvo
peak to peak	Huipusta-Huippuun arvo
slope	Alueen alkupisteen ja päätepisteen välinen muutos aikayksikköä kohden
stddev	Keskihajonta
T @ max	Ajanhetken maksimiarvo
T @ median	Ajanhetken mediaaniarvo
T @ min	Ajanhetken minimiarvo
x-axis: T	Tarkan cursorilla valitun kohdan aika
value	Tarkan cursorilla valitun kohdan arvo

Analyysi-ikkunassa mitattujen signaalien alla on myös vapaamuotoinen tekstikenttä, johon halutessaan voi tehdä muistiinpanoja mittauksesta.

#### **4 Fysiologian opetus hyvinvointiteknologian koulutusohjelmassa**

Metropolia Ammattikorkeakoulun hyvinvointiteknologian koulutusohjelma on 240 opintopisteen insinöörikoulutus, joka sisältää kolme opintojaksoa fysiologiaa, jotka ovat Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 1, 2 ja 3. Näiden opintojaksojen keskeisenä sisältönä ovat ihmiskehossa tapahtuvat biofyysiset ja fysiologiset ilmiöt. Kullakin opintojak-

solla on oma keskeinen käsiteltävä fysiologinen signaali, jonka syntyä ja merkitystä yritetään avata opiskelijalle. Hyvinvointiteknologian opiskelijan ei oleteta eikä pidä osata tulkita signaalia, mutta mittaustoimenpiteen hallitseminen ja signaalin käsittely on keskeinen osa opiskelijan osaamista. Kyseisiin signaaleihin liittyvässä tuotekehitystyössä on hyvä olla selkeä kuva mitattavasta signaalista, sen synnystä sekä mittaluokasta. [16.]

#### 4.1 Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 1

Opintojakson osaamistavoitteet ovat:

Opiskelija ymmärtää solujen, kudosten sekä tuki- ja liikuntaelinten rakenteen ja toiminnan niin, että pystyy hahmottamaan biosähköisten ilmiöiden perusteet ja mitattavien signaalien fysiologisen syntyprosessin. Opiskelija hahmottaa mittausten rajapintaprosessit ja signaalin käsittelyn, esittämisen ja soveltamisen eri vaiheet. Opiskelija ymmärtää ihmiskehon liikkeiden ja liikkeisiin liittyvien parametrien mittaamisen ja analysoinnin perusteet. Opiskelija ymmärtää biomekaniikan ja kinesiologian perusteet sekä harjaantuu biomekaniikan menetelmiin, laiteteknologiaan ja mittauksiin. [16.]

Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 1 -opintojakson osaamistavoitteissa on selkeästi määriteltä, että opiskelijan on hahmotettava biosähköisten ilmiöiden mittauksiin liittyvät rajapintaprosessit ja signaalin käsittely. Opintojakson keskeisenä aihepiirinä on EMG, elektromyografia, joka kuvaa hermostossa ja lihaksissa tapahtuvaa sähköistä toimintaa. [16.]

EMG-mittausten avulla on helppo tutustua yhteen selkeimmistä ihmiskehossa tapahtuvista biosähköisistä ilmiöistä lihasten supistumiseen. Asiaa voi tutkia Biopac-laitteistolla mittaamalla lihasten supistumista ja siihen liittyviä sähköistä ilmiötä. Esimerkiksi kyynärvarren lihasten sähköistä toimintaa on helppo mitata, sillä nyrkkiä puristaessa kyynärvarren alueella sijaitsevat lihakset tekevät valtaosan työstä.

#### 4.2 Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 2

Opintojakson osaamistavoitteet ovat:

Opiskelija ymmärtää sydän- ja verenkiertoelimistön sekä hengityselimistön rakenteen, toiminnan ja niissä syntyvät fysiologiset signaalit. Opiskelija ymmärtää verikudoksen ja kaasujenvaihdon merkityksen elintoiminnoille. Opiskelija harjaantuu sydän- ja verenkiertoelimistön signaalien sekä hengityksen ja kaasujen vaihdon

parametrien mittaamiseen, analysointiin ja mittalaitteisiin. Opiskelija tuntee kliinisen fysiologian perusteet. [16.]

Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 2 -opintojakson osaamistavoitteissa määritellään, että opiskelija ymmärtää sydän-, verenkierto- ja hengityselimistön toimintaa. Kyseisissä järjestelmissä tapahtuvat fysiologiset ilmiöt ja syntyvät signaalit ovat keskeisessä osassa opintojaksoa. Opintojakson keskeisenä fysiologisena signaalina on EKG, elektrokardiografia, joka kuvaa sydämen sähköistä toimintaa. Opintojaksolla käsitellään myös hengitykseen liittyviä fysiologisia ilmiöitä, joita voidaan myös tutkia Biopac-laitteistolla. [16.]

EKG-mittausten avulla opiskelija saa havainnollisen kuvan sydämen toiminnasta ja siihen liittyvistä sähköisistä ilmiöistä. EKG-mittauksia voi suorittaa Biopac-laitteistolla erilaisin anturikonfiguraatioin.

#### 4.3 Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 3

Opintojakson osaamistavoitteet ovat:

Opiskelija ymmärtää ruuansulatuksen, sisäerityksen, aistinelinten ja hermoston rakenteen ja toiminnan. Opiskelija tuntee aineenvaihdunnan perusteet. Opiskelija perehtyy valvevireystilan, unen ja kivun fysiologiaan sekä merkitykseen hyvinvoinnille.

Opiskelija pystyy hahmottamaan erityisesti hermoston biosähköisten signaalien syntyprosessin ja biofysiikan. Opiskelija hahmottaa mitattavien signaalien rajapintaprosessit, signaalin käsittelyn, esittämisen ja soveltamisen eri vaiheet.

Opiskelija harjaantuu neuro- ja aistinfysiologisiin mittauksiin ja ymmärtää niissä käytettävien laitteiden rakenteen ja toiminnan. Opiskelija pystyy suunnittelemaan ja rakentamaan yksinkertaisen, fysiologisen mittalaitteen. [16.]

Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 3 -opintojakson osaamistavoitteissa määritellään, että opiskelijan kuuluu ymmärtää hermoston toimintaa ja tapahtuvien biosähköisten ilmiöiden syntyprosesseja. Lisäksi opiskelija on hahmotettava mitattavien signaalien rajapintaprosessit sekä signaalinkäsittelyn ja esittämisten eri vaiheet. Opiskelija harjaantuu neuro- ja aistinfysiologisiin mittauksiin ja ymmärtää mittauslaitteiden toimintaa. [16.]

Mitattavista neurofysiologisista signaaleista selkein on EEG, elektroenkefalografia, joka kuvaa aivojen sähköistä toimintaa. EEG-signaalin tulkinta on hyvin haastavaa, mutta



siitä voidaan selkeästi havaita muutoksia eri viireystiloissa. Biopac-laitteistolla suoritettavat EEG-mittaukset avaavat ja havainnollistavat signaalin syntyä sekä mittaussuoritusta. Biopac-laitteistolla on mahdollista suorittaa myös keuhkojen ilmapvirtauksen mittauksia, jotka avaavat hengitykseen liittyviä käsitteitä.

#### 4.4 Biopac-laitteiston soveltuvuus opetukseen hyvinvointiteknologian koulutusohjelmassa

Biopac-laitteisto mahdollistaa opetuksellisen käytön monenlaisissa sovelluksissa ja koulutuksissa. Biopac myy anturi- ja elektrodikokoonpanoiltaan erilaisia Biopac *Student Lab* MP36 -kokonaisuuksia moniin eri käyttötarkoituksiin. Erillisiä käyttötarkoituksia ovat muun muassa biomekaniikka, neurofysiologia, eläinfysiologia sekä lääketieteellinen tekniikka. Biopac *Student Lab* MP36 -yksikkö soveltuu laajennettavuutensa ja käyttömahdollisuuksiensa puolesta erinomaisesti fysiologisten signaalien opettamiseen korkeakouluissa.

Mittausdataa analysoimalla opiskelija oppii signaalinkäsittelytaitoja, hahmottaa paremmin fysiologisia ilmiöitä sekä mitattavien signaalien mittaluokkia ja suureita. Pelkät luennoilla esitettävät signaalien kuvat eivät avaa mittaamiseen ja signaalien käsittelyyn liittyviä käsitteitä ja tekniikkaa, vaan jäävät pelkiksi irrallisiksi käyriksi, joiden tarkka merkitys helposti unohtuu. Tämän takia Biopac-laitteistolla suoritettavat mittaukset ja signaalin analysoinnit parantavat opiskelijoiden ymmärrystä signaaleista ja niiden analysointiin käytettävistä menetelmistä.

Opiskelijoiden on hyvä harjaantua fysiologisten mittausten suorittamiseen sekä otta-  
maan huomioon mahdollisia häiriölähteitä ja -tekijöitä, joita mittauksen yhteydessä saat-  
taa esiintyä. Itsenäisesti suoritettavien mittausten yhteydessä opiskelijat voivat ottaa  
huomioon häiriötekijöiden minimointiin pyrkiä seikkoja ja testata häiriöiden vaikutusta mi-  
tattuun signaaliin. Rasvainen iho, hiukset ja muut epäpuhtaudet saattavat vaikuttaa sig-  
naalin mittaamiseen ratkaisevasti hankaloittaen sitä tai heikentämällä signaalin laaduk-  
kuutta.

Biopac-laitteisto on suunniteltu opetus- ja tutkimuskäyttöön, ja sen käyttö on varsin help-  
poa ja selkeää. BSL4-sovelluksen käyttö on pienen harjaantumisen jälkeen hyvin yksin-  
kertaista ja itseohjaavaa. Lisäksi mukana tuleva materiaali mahdollistaa hyvin monipuol-  
lisen laitteen käytön opetteluun niin peruskäytöstä aina haastavampiin itse suunniteltuihin

mittauksiin. Mukana tuleva materiaali sisältää myös hyvin selkeät teoriapohjat suoritettaville mittauksille.

Laitteiston käyttö luo mahdollisuuden opiskelijoille suorittaa mittauksia käytännössä ja soveltaa aiemmin oppimaansa teoriaa käytäntöön. Käytäntöön soveltaminen lisää opiskelijoiden mielenkiintoa ja syventää osaamista. Käytännön tekemisellä voidaan parantaa opiskelijoiden oppimista ja lisätä heidän aktiivisuuttaan opiskelussa. Aktiivinen ja käytännönläheinen opiskelumenetelmä parantaa opiskelijoiden soveltamiskykyä ja kehittää merkittävästi työelämän kannalta oleellisia taitoja. Fysiologia on oppiaine, joka ei avaudu vain tutkimalla teoriaa ja kirjallisuutta. Mittausten suorittaminen auttaa opiskelijoita sisäistämään asioita paremmin.

## 5 Biopac-mittaukset

Biopac-laitteiston mukana tuleva ohjekirja sisältää hyvin kattavat ohjeet laitteiston käyttöön sekä tallennetun datan analysointiin. Laitteiston avulla on mahdollista suorittaa valmiita yksittäisen laboratorioskerran mukaisia mittauksia tai vaihtoehtoisesti on mahdollista yhdistellä omia anturikombinaatioitaan ja mitata erinäisiä fysiologisia signaaleja.

Tässä osiossa esitellään mittausten suorittamiseen liittyvät toimenpiteet. Tarkemmat ja yksityiskohtaiset ohjeet mittausten suorittamiseen löytyvät liitteenä olevista laboratoriotyöohjeista. Laboratoriotyöohjeiden keskeisenä sisältönä ovat fysiologiset signaalit, EMG, EKG ja EEG.

### 5.1 EMG-mittaus

Biopac-laitteistolla suoritettavassa L02-mittauksessa tarkastellaan kyynärvarren lihak-sistossa tapahtuvaa sähköistä toimintaa. Sähköisen EMG-signaalin mittaamisen lisäksi siinä käytetään puristusvoimamittaria, jolla voidaan mitata käden tuottamaa puristusvoimaa.

Mittausten suorittamiseen Biopac-laitteistolla tarvitaan seuraavat asiat (kuva 11);

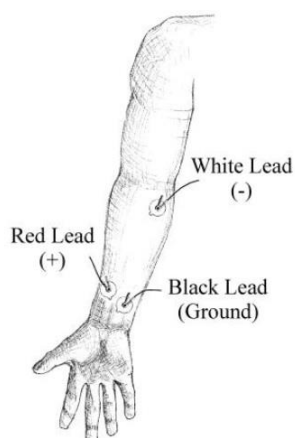
- Biopac MP36 -keskusyksikkö

- tietokone ja BSL 4 -ohjelmisto
- 6 kpl EL503-elektrodeja
- 1 kpl SS2L-kytkentäkaapeleita
- puristusvoimamittari
- kuulokkeet (valinnainen).

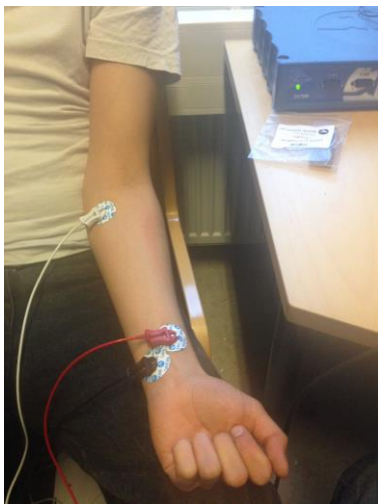


Kuva 11. EMG-mittaukseen käytetty välineistö.

Mittaus suoritetaan asettamalla molempiin käsiin kolme elektrodia kuvan 12 mukaisesti. Vasemman käden elektrodit sijoittuvat kuvaan 12 nähden peilikuvana (kuva 13). Seuraavaksi SS2L-kytkentäkaapeli kytketään MP36-keskusyksikköön ja sen kolme värillistä kytkentäpäätä kuvan 12 mukaisiin sijainteihin värikooditusten mukaan kulloinkin mitattavaan käteen.



Kuva 12. EMG-elektrodien sijoittelu oikeassa kädessä.



Kuva 13. EMG-elektrodien sijoittelu vasemmassa kädessä.

Mittauksen kohteena olevaan käteen otetaan puristusvoimamittari, jonka avulla määritellään käden tuottama puristusvoima. Mittaus voidaan suorittaa myös ilman puristusvoimamittaria puristaen nyrkkiä, mutta mittarilla suoritettu mittaus on testattavalle mieluisampi ja mittauksesta saa enemmän dataa irti.

Mittaussuoritus alkaa kalibroinnilla, jossa määritellään nolla- ja maksimipuristusvoimatasot ohjelmistolle. Kalibrointi suoritetaan asettamalla puristusvoimamittari pöydälle siten, että siihen ei kohdistu ulkoisia voimia. Kun nolla-taso on rekisteröity, kalibrointi jatkuu maksimitason määrittämisellä, joka tapahtuu suorittamalla kahden sekunnin mittainen maksimipuristus (kuva 14). Näiden kahden voima-tason avulla laitteisto suorittaa automaattisen kalibroinnin ja määrittelee sopivan tarkasteluvälin sekä tavoitepuristusvoimat mittauksen suorittamiselle.

Mittaussuoritus jakautuu neljään osioon, joista kaksi suoritetaan oikean ja kaksi vasemman käden lihaksistolle. Ensimmäisessä ja kolmannessa mittauksessa tutkitaan motoristen yksikköjen aktivaatiota ja sähköistä toimintaa, toisessa ja neljännessä käden väsymistä.

Ensimmäisessä mitaussyorituksessa mitataan oikean käden motoristen yksikköjen aktivaatiota ja sähköistä toimintaa. Mittaus tapahtuu suorittamalla neljä erillistä puristusta kahden sekunnin välein. Tavoitteena on, että jokainen puristus on edellistä voimakkaampi ja neljäs puristus vastaa maksimipuristusta. Sopivaa puristusvoimaa on hyvä

harjoitella ensin muutama kerta, jotta osaa suhteuttaa käyttämäänsä voimaa. Ruudulla mittauksen tässä vaiheessa näkyvä käyrä vastaa puristusvoimamittarin mittauksia.



Kuva 14. Oikean käden maksimivoimapuristus ilman puristusvoimamittaria

Mittaussuorituksen toisessa osiossa mitataan käden lihaksiston väsymistä. Mittaus suoritetaan puristamalla puristusvoimamittaria niin voimakkaasti kuin mahdollista pyrkien ylläpitämään mahdollisimman tasaista puristusta. Maksipuristuksen jatkuessa käsi väsyä ja mittauksessa näkee selvästi, kuinka voima alkaa vähentyä ja puristus heiketä. Puristusta ylläpidetään niin pitkään, kunnes maksipuristuksen alussa käyrään syntyneen piikin mukainen voimalukema on puolittunut. Mittausta suorittava henkilö tarkkailee käyrää ja ilmoittaa mitattavalle henkilölle oikean ajankohdan, jolloin voi lopettaa puristamasta.

Mittaussuorituksen kolmas ja neljäs kohta vastaavat täysin ensimmäistä ja toista kohtaa, mutta tässä mittaukset suoritetaan vasemmalle kädelle. Välissä elektrodien kytkentäjohdot täytyy siirtää toisen käden elektrodeihin. Mittaus suoritetaan molemmille käsille, jotta hallitsevan ja ei-hallitsevan käden voimaeroja voidaan tutkia ja analysoida.

Neljän mittauksen jälkeen laitteistolla on myös mahdollista ”kuunnella” kuulokkeilla EMG-signaalia. Kuultu ääni on EMG-signaalin synnyttämää taajuuden vaihtelua kohinan muodossa.

Kun mittaukset on suoritettu, mitattua dataa voidaan analysoida. Analysoinnissa voidaan verrata oikean ja vasemman käden mittauksista puristusvoimien eroja, kuten maksimipuristuksen voimakkuutta tai lihasten aktivaatiota. Kummallekin kädelle suoritetuista väsymykseen liittyvistä mittauksista voidaan analysoida käsien väsymistä, väsymisnopeutta sekä puristuksen voimakkuutta.

Biopac-laitteistolla mitattua dataa voidaan analysoida ja tutkia BSL 4 -ohjelmistolla varsin yksityiskohtaisesti. Tarkempia EMG-mittauksen analyysimenetelmiä ja tapoja on esitelty ja ohjeistettu liitteenä olevassa EMG-laboratoriotorityö-monisteessa.

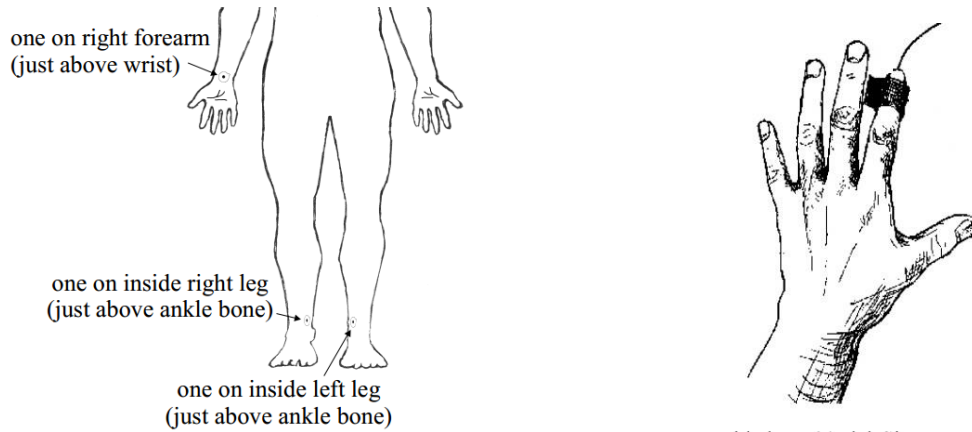
## 5.2 EKG-mittaus

Biopac-laitteistolla suoritettavassa L07-mittauksessa tarkastellaan sydämen sähköistä toimintaa ja pulssia. Tarkasteltavana on EKG-signaali ja sormenpäästä pulssimetrillä mitattu pulssikäyrä.

Mittauksen suorittamiseen Biopac-laitteistolla tarvitaan seuraavat asiat;

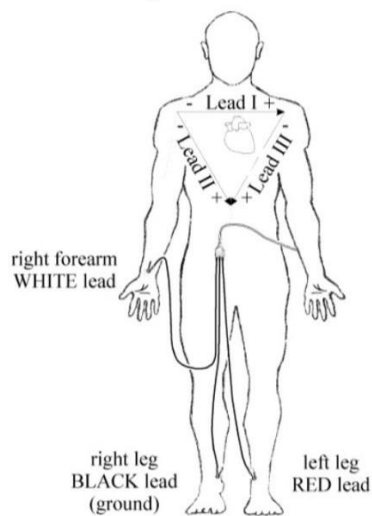
- Biopac MP36 -keskusyksikkö
- tietokone ja BSL 4 -ohjelmisto
- 3 kpl EL503-elektrodeja
- 1 kpl SS2L-kytkentäkaapeleita
- SS4LA-pulssimetri.

Mittaus suoritetaan Einthovenin kolmion mukaisen LEAD II -raajakytkenän määrittelyä elektrodien sijainneista. Nämä elektrodien sijainnit ovat oikea ranne sekä oikea ja vasen nilkka. Lisäksi pulssimetri asetetaan vasemman käden etusormeen (kuva 15). Pulssimetrin asettamisessa tulee huomioida, ettei sitä kiristetä liikaa jotta sormessa tapahtuva verenkierto ei esty. Ennen elektrodien kiinnittämistä, ihon pintaa voi hieman rikkoa ja käyttää elektrodigeeliä. Tällä toimenpiteellä parannetaan iho-elektrodi-rajapintaa ja vähennetään mahdollisia häiriöitä.



Kuva 15. Elektrodiin ja pulssimetrin sijoittelu EKG-mittauksessa

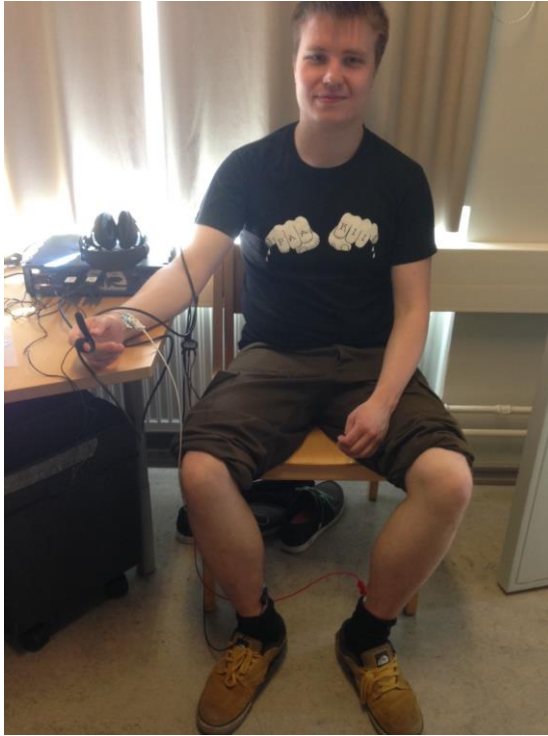
Kun elektrodit on asetettu oikeisiin sijainteihin, kytketään SS2L-kytkentäkaapeli MP36-keskusyksikön CH1-sisääntuloon ja sen kolme värillistä kytkentäpäätä kuvan 16 mukaisiin sijainteihin värikoodien mukaan.



Kuva 16. Elektrodiin sijoittelu ja kytkennät EKG-mittauksessa

Mittaus suoritetaan alkuun kalibroinnilla, jolloin laite tarkastaa elektrodiin ja pulssimetrin toiminnan sekä skaalaa mittausalueen soveltuvaksi. Kalibroinnin aikana täytyy varmistaa, että elektrodeihin ja antureihin ei kohdistu vetoa, sekä mitattava henkilö on rentoutunut ja pysyy paikallaan. Laitteisto mittaa lyhyen kalibrointijakson EKG- ja pulssisignaalia.

EKG-mittaus jakautuu kahteen erilliseen osioon: mitattavan henkilön istuessa rentoutuneena paikallaan (kuva 17) sekä rasituksen jälkeiseen mittaukseen. Biopac L07 -laboratoriotyöhön kuuluu myös erilliset mittaukset, jossa vapaa käsi asetetaan ämpärilliseen kylmää vettä tai kättä pidettäisiin pään päällä. Nämä mittaukset voi jättää myös tekemättä.



Kuva 17. Rentoutuneena suoritettava EKG-mittaus käynnissä

Ensimmäinen, istuen ja rentoutuneena suoritettava mittaus suoritetaan ensin. Kun koehenkilö on mukavasti asettautunut tuolille ja totuttautunut mittaustilanteeseen, voidaan tallentaa ensimmäinen 40 sekunnin mittainen jakso. Kun ensimmäinen mittaus on suoritettu, voidaan kytkentäkaapelit ja pulssimetri irrottaa. Rasituksen jälkeinen mittaus suoritetaan, kun koehenkilö on fyysisesti hieman rasittunut ja hänen hengityksensä kiihtynyt. Koehenkilö voidaan laittaa esimerkiksi hyppimään kyykkyhyppyjä tai juoksemaan portaita ennen mittauksia. Rasituksen jälkeinen mittaussuoritus on myös 40 sekunnin mittainen.

Kun molemmat mittaukset on suoritettu, voidaan mitattua dataa analysoida. Mitatusta signaalista voidaan tarkastella muun muassa PQRST-kompleksin eri aaltojen, intervallien, segmenttien sekä pulssin muutoksia ennen ja jälkeen rasituksen.



Biopac-laitteistolla mitattua dataa voidaan analysoida ja tutkia BSL 4 -ohjelmistolla varsin yksityiskohtaisesti. Tarkempia EMG-mittauksen analyysimenetelmiä ja tapoja on esitelty ja ohjeistettu liitteenä olevassa EMG-laboratoriotoryömonisteessa.

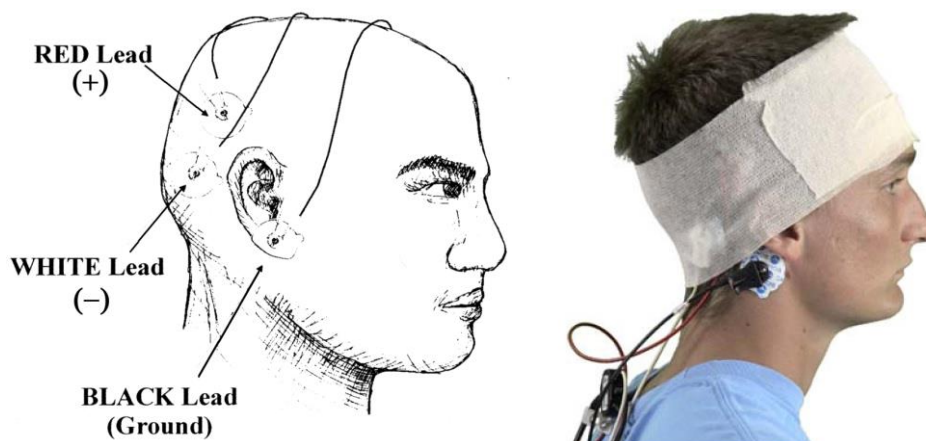
### 5.3 EEG-mittaus

Biopac-laitteistolla suoritettavassa L03-mittauksessa tarkastellaan aivoissa tapahtuvaa sähköistä toimintaa yleisesti sekä siinä tapahtuvia muutoksia, kun ihminen pitää silmiä auki ja kiinni. Aivojen sähköisen toiminnan mittaamista sanotaan elektroencefalografia-mittaukseksi (EEG).

Mittauksen suorittamiseen Biopac-laitteistolla tarvitaan seuraavat asiat;

- Biopac MP36-keskusyksikkö
- tietokone ja BSL 4 -ohjelmisto
- 3 kpl EL503-elektrodeja
- 1 kpl SS2L-kytkentäkaapeleita.

Mittaus suoritetaan asettamalla kolme elektrodia kiinni päänahkaan, aivojen takaraivo-lohkon kohdalle. Kaksi elektrodista mittaa syntyvää signaalia, kolmas on maadoitus-elektrodi. Elektrodit sijoittuvat kuvan 18 mukaisesti takaraivon alueelle. Kun elektrodit on asetettu paikalleen, kytketään SS2L-kytkentäkaapeli Biopac MP36 -keskusyksikköön ja sen kolme värillistä kytkentäklipsiä kuvan 18 värikoodien mukaisesti kiinni elektrodieihin. Kun kytkentäkaapelit on kytketty elektrodieihin, puristetaan ne paremmin kiinni päänahkaan sideharsorullan avulla. Tämä toimenpide myös vähentää elektrodieihin kohdistuvaa vetoa. Annetaan elektrodien asettua 5 minuuttia ennen kalibroinnin suorittamista.



Kuva 18. EEG-Elektrodien sijoittelu takaraivohkon alueelle ja tuenta sideharsorullalla.

Mittaus suoritus alkaa kalibroinnilla, jossa tarkastetaan elektrodien toiminta ja asetetaan sopiva mittaskaala signaalille. Kalibrointi tapahtuu rekisteröimällä 20 sekunnin mittainen jakso EEG-signaalia. Kalibroinnin ajan koehenkilön on istuttava paikallaan rentoutuneena silmät kiinni.

Mittauksen aikana on tärkeää, että koehenkilö pysyy paikoillaan eikä liikuta raajojaan. EEG-signaalia mitattaessa silmät auki on tärkeää, ettei koehenkilö räpyttele silmiään.

Mittaus suoritus kestää yhteensä 60 sekuntia ja siinä on kolme erillistä vaihetta. Mittaus aloitetaan 20 sekunnin jaksolla, jolloin koehenkilö pitää silmänsä kiinni. Kun 20 sekuntia on kulunut, pyytää mittausta suorittava henkilö koehenkilöä avaamaan silmänsä ja asettaa samalla F4-painikkeella markkerin signaaliin. Kun yhteensä 40 sekuntia on kulunut, pyytää mittausta suorittava henkilö koehenkilöä sulkemaan silmänsä ja asettaa samalla signaaliin toisen markkerin. Mittaus jatkuu, kunnes 60 sekuntia on kulunut. Kun signaali on mitattu, voit uusia mittauksen tai päättää sen ja siirtyä datan analysointiin.

Seuraavaksi mitattua dataa voidaan analysoida. Mitatusta signaalista voidaan tutkia EEG-signaalissa tapahtuvia muutoksia, kun silmiä pidetään kiinni ja kun ne avataan. Lisäksi signaalista voidaan tutkia alfa-, beta-, delta-, ja theta-aaltojen taajuuksia ja verrata niitä oletettuihin aaltojen taajuuksiin.

Biopac-laitteistolla mitattua dataa voidaan analysoida ja tutkia BSL 4 -ohjelmistolla varsin yksityiskohtaisesti. Tarkempia EEG-mittauksen analyysimenetelmiä ja tapoja on esitelty ja ohjeistettu liitteenä olevassa EEG-laboratoriotyö-monisteessa.

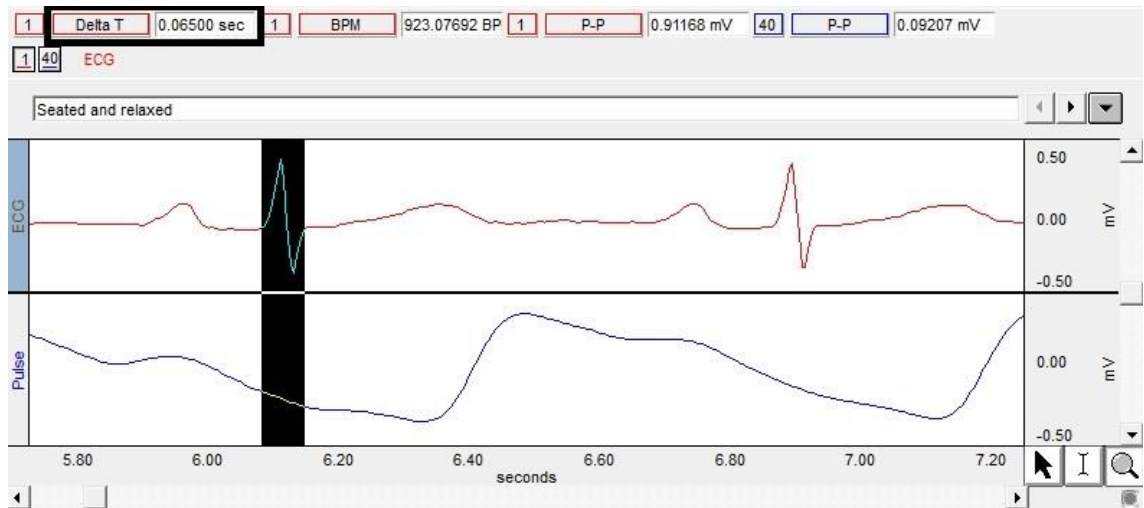
## 5.4 Datan Analysointi

Biopac-laitteistolla mitatun Datan analysoinnin tarkoitus on avata signaaleiden ominaisuuksia ja piirteitä opiskelijoille. Signaalien tarkempi tarkastelu avaa opiskelijoille signaalien eri vaiheiden merkitystä ja havainnoi, miten kukin fysiologinen ilmiö esittyy mitatussa datassa.

Biopac-laitteistolla mitattua dataa voidaan analysoida mukana tulevalla BSL4-ohjelmalla. Ohjelma on helppokäyttöinen sekä varsin itseselitteinen hetken käytön ja harjaantumisen jälkeen. Datan analysointi tapahtuu käyttämällä valitun signaalin analyysivalitsimia, joiden toiminnot on esitelty aiemmin taulukossa 1.

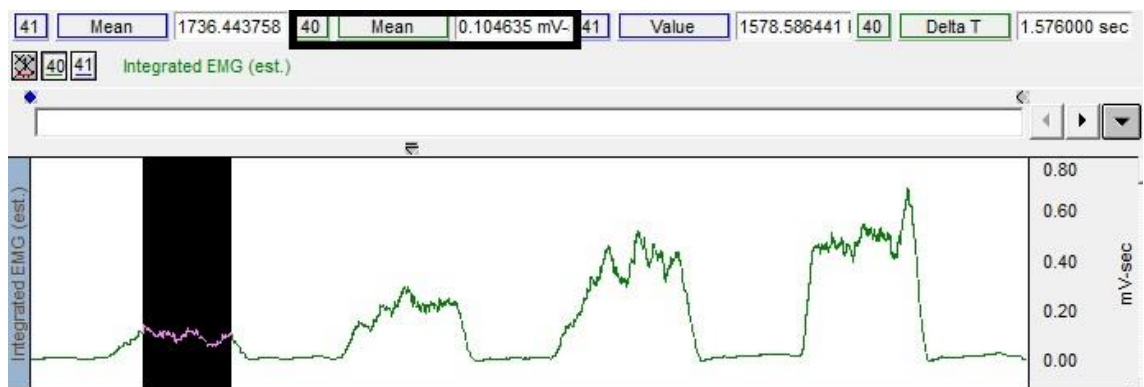
Analyysinäkymässä mitattu data näkyy ruudulla käyrän muodossa. Riippuen mittauksista ja mitattujen signaalien määrästä mitattuja käyriä voi olla yksi tai useampia. Ohjelman avulla mitattua dataa voidaan skaalata ja näkymää rajata halutulle tarkastelualueelle. Tarkempi tarkastelu tapahtuu maalaamalla haluttu kohta signaalista luuppi-työkalulla ja skaalaamalla näkymää Autoscale Horizontal- sekä Autoscale Waveforms-työkaluilla.

Maalamalla tai valitsemalla I-työkalulla halutun tarkastelukohdan signaalista näkyvät analyysivalitsimien arvot ruudun yläreunassa. Analyysivalitsimia voi muuttaa tarkastelun alaisena olevan signaalin ja siitä halutun datan mukaan. Esimerkiksi Delta T-valitsimella voi nähdä maalatun kohdan ajallisen keston. Delta T -valitsinta voi hyödyntää muun muassa määrittelemään QRS-kompleksin ajallisen pituuden sekunteina kokonaisesta PQRST-kompleksista (kuva 19).



Kuva 19. QRS-kompleksin ajallinen pituus.

Mitatessa esimerkiksi yksittäisen kädenpuristuksen synnyttämän EMG-signaalin voimakkuutta voidaan käyttää avuksi MEAN-analyysivalitsinta. Tällöin maalataan puristuksen aikaisen signaalin tasainen osuus ilman nousua ja laskua. Ohjelmisto laskee MEAN-työkalulla signaalin voimakkuuden keskiarvon kyseisellä välillä (kuva 20).



Kuva 20. Yksittäisen puristuksen Mean-analyysi.

Datan analysoinnin mahdollistava analyysisovellus on saatavilla rekisteröitymistä vastaan Biopac.com-sivustolta, joten opiskelijat voivat halutessaan tarkastella ja analysoida dataa myös itsenäisesti mittausuoritteiden jälkeen.

## 6 Laboriotyöohjeet

Insinööriyön tavoitteena oli luoda kolme erillistä laboriotyöohjetta, jotka käsittelevät eri fysiologisia signaaleja. Käsiteltävät signaalit ovat EMG, EKG ja EEG. Nämä kolme signaalia kuuluvat Soveltava anatomia, fysiikka ja biofysiikka 1, 2 ja 3 -opintojaksojen keskeisiin oppimistavoitteisiin signaalien ymmärryksen sekä niiden mittaamisen osana. Laboriotyöohjeiden on tarkoitus avata hyvinvointiteknologian opiskelijalle signaalien mittaukseen kuuluvaa käsitteistöä, terminologiaa sekä mittauskäytäntöjä. Mittaustekniikan periaatteet ovat keskeisessä osassa hyvinvointiteknologian opiskelijan ammattitaitoa.

Laboriotyöohjeet on tarkoitettu käytettäväksi kurssien ohessa, joko kurssin sisältöön kuuluvina laboriotehtävinä tai opiskelijoiden itsenäisesti suorittamina töinä muun opiskelun ohessa oman mielenkiintonsa mukaan. Tarkoituksena oli myös laboriotyöohjeiden avulla luoda mahdollisuus jo fysiologian kurssit suorittaneille opiskelijoille tutustua laitteen käyttöön, mittausmenetelmiin ja -periaatteisiin sekä datan analysointiin.

Laboriotyöohjeiden tavoitteena on ohjata opiskelijaa tai laitteen käyttäjää suorittamaan fysiologisen signaalien mittausta ja analysoimaan mitattua dataa.

## 7 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli luoda Biopac-laitteistolla suoritettavat laboriotyötehtävät hyvinvointiteknologian opetukseen kuuluvien fysiologian opintojen tueksi. Työssä on lisäksi avattu käsitettä kliininen fysiologia ja käsitelty laboriotyöohjeiden sisältönä olevia fysiologisia signaaleja. Laboriotöiden tarkoituksena on lisätä opiskelijan ymmärrystä signaalien synnystä, niiden mittaamisesta sekä signaalien analysoinnista. Avaamalla teoriaa käytännön kautta opiskelija oppii hahmottamaan signaaleihin liittyviä kokonaisuuksia paremmin ja soveltamaan tietoa myös muissa opinnoissaan ja työelämässä.

Biopac-laitteisto osoittautui erinomaiseksi keinoksi syventää opiskelijan teoriataustaa fysiologisista signaaleista käytännön tekemisen avulla. Mittausten suorittaminen on mielenkiintoista ja havainnollistavaa. Laitteisto tarjoaa erilaisen lähestymistavan fysiologisten signaalien mittaamisen ja analysoinnin opiskeluun. Mittauksia tekemällä opiskelijat oppivat

huomioimaan mittauksen onnistumisen kannalta oleellisia asioita ja sisäistävät paremmin signaalien sisältämää informaatiota.

Insinööriytyö syvensi omaa osaamista fysiologisten signaalien saralla valtavasti ja erityisesti laboratoriotöiden suunnittelu vaati paljon signaalien taustojen ja ominaisuuksien opiskelua. Biopac-laitteisto luo mainiot puitteet opiskelijoille suorittaa omatoimisesti fysiologisia mittauksia ja signaalien analysointia syventääkseen osaamistaan mielenkiintonsa mukaan.

Insinööriytyön tuloksena syntyneitä laboratoriotyömonisteita tullaan käyttämään jatkossa opetuksen tukena Metropolia Ammattikorkeakoulun tieto- ja viestintätekniikan tutkinto-ohjelman hyvinvoinnin ja terveyden sovellukset -suuntautumisvaihtoehtoon kuuluvilla fysiologian ja signaalien mittaamiseen liittyvillä opintokokonaisuuksilla. Laboratoriotyötävät antavat opiskelijoille kuvan mitä laitteisto mahdollistaa ja toivottavasti lisäävät opiskelijoiden mielenkiintoa fysiologisia signaaleja kohtaan.

## Lähteet

- 1 Suomen Bioanalytikkoliitto ry. 2011. Kliininen Fysiologia ja Isotooppilääketiede. <[http://www.bioanalytikkoliitto.fi/bioanalytikon\\_ammatti/erikoisalajat/kliininen\\_fysiologia\\_ja\\_isotoopp/](http://www.bioanalytikkoliitto.fi/bioanalytikon_ammatti/erikoisalajat/kliininen_fysiologia_ja_isotoopp/)> Luettu 20.4.2014.
- 2 Sovijärvi Anssi, Uusitalo Arto, Länsimies Esko, Vuori Ilkka. 1994. Kliininen Fysiologia. Helsinki: Duodecim.
- 3 Sovijärvi Anssi, Ahonen Aapo, Hartiala Jaakko, Länsimies Esko, Savolainen Sauli, Turjanmaa Väinö, Vanninen Esko. 2003 Kliininen fysiologia ja isotooppilääketiede. Helsinki: Duodecim.
- 4 Haltsonen Seppo, Levomäki Jaakko, Rautanen Esko. 2006. Digitaalitekniikka (Pii-rit). Edita: Helsinki.
- 5 Nienstedt Walter, Hänninen Osmo, Arstila Antti, Björkqvist Stig-Eyrik. 2008. Ihmisen Fysiologia ja Anatomia. Helsinki: WSOY.
- 6 Haug Egil, Sand Olav, Sjaastad Øysten, Toverud Kari. 1994. Ihmisen Fysiologia. Helsinki: WSOY.
- 7 Thaler, M. 2010. The only EKG book You´ll ever need. Wolters Kluwer.
- 8 Heikkilä Juhani, Mäkijärvi Markku. 2003. EKG. Helsinki: Duodecim.
- 9 Mäkijärvi Markku, 2005; EKG-rekisteröinnin virheet ja häiriöt. Duodecim <[http://www.terveysportti.fi/dtk/ekg/koti?p\\_artikkeli=ekg00011&p\\_haku=ekg](http://www.terveysportti.fi/dtk/ekg/koti?p_artikkeli=ekg00011&p_haku=ekg)> Luettu 18.4.2014.
- 10 Heikkilä Juhani, Mäkijärvi Markku. 2005. Elektrokardiografia on tiedettä ja taidetta. Duodecim. <[http://www.terveysportti.fi/dtk/ekg/koti?p\\_artikkeli=ekg00001&p\\_haku=ekg](http://www.terveysportti.fi/dtk/ekg/koti?p_artikkeli=ekg00001&p_haku=ekg)> Luettu 18.4.2014.
- 11 Partanen Juhani, Falck Björn, Hasan Joel, Jäntti Ville, Salmi Tapani, Tolonen Uolevi. 2006. Kliininen neurofysiologia. Helsinki: Duodecim.
- 12 Biopac Systems Inc. About Biopac. <<http://www.biopac.com/Corporate.asp?Index=1>> Luettu 19.5.2014.
- 13 Biopac Systems Inc. Publication search. <<http://www.biopac.com/Publication-Search.asp>> Luettu 19.5.2014.
- 14 Biopac Systems Inc. BSL Users. <<http://www.biopac.com/ProductImages/corporate%20images/bsl%20users%20world.pdf>> Luettu 19.5.2014.

- 15 Biopac Systems Inc. BSL Hardware guide. <<http://www.biopac.com/Manuals/bsl%20hardware%20guide.pdf>> Luettu 19.5.2014.
- 16 Metropolia Ammattikorkeakoulu. 2012. Opinto-opas, Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma H12A. <<http://opinto-opas-ops.metropolia.fi/index.php/fi/16183/fi/85>> Luettu 13.5.2014.



## EMG-Laboratoriotyöohje

Liite 1 sisältää insinööriyön tuloksena tuotetun Biopac-laitteistolla suoritettavan EMG-laboratoriotyöohjeen



Soveltava anatomia, fysiologia ja biofysiikka 1  
Biopac laboratoriotyöohje  
EMG

---

1. Perustehtäviä liittyen Elektromyografiaan (EMG), sen mittaamiseen ja siihen liittyvään termistöön.  
Huomioi, että tehtäviin ei ole vastauksia vaan ovat ne kertaaluonteisia ja tiedonhaku on itsenäistä.

a) Määrittele EMG

---

---

---

---

---

---

---

b) Mihin EMG-mittauksia käytetään? Sovellukset?

---

---

---

---

---

---

---

c) Miten ja missä elektrodien mittaama signaali syntyy?

---

---

---

---

---

---

---

d) Minkälaisia elektrodeja EMG:n mittaamiseen voidaan käyttää? Erot? (in vivo / in vitro)

---

---

---

---

---

---

---



---

e) Määrittele motorinen yksikkö

---

---

---

---

---

---

---

---

f) Miten motoriset yksiköt ja EMG liittyvät toisiinsa?

---

---

---

---

---

---

---

---

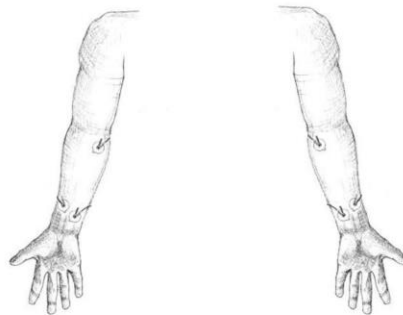
## 2. Laboratoriotyöohjeet; EMG-mittaus

Biopac-laitteistolla suoritettavaan L02-Elektromyografia-mittaukseen tarvittavat seuraavat välineet;

- Biopac MP36-keskussyksikkö
- Tietokone ja BSL 4 ohjelmisto
- 6 kpl EL503-elektrodeja
- 1kpl SS2L-kytkentäkaapeleita
- SS25LA-Puristusvoimamittari
- BSL-Out 1-Kuulokkeet (valinnainen)

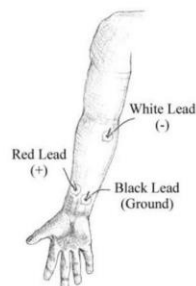
### A. Elektrodiin ja anturien asettelu

Aseta molempiin kyynärvarsiin kolme pintaelektrodiä alla olevan kuvan osoittamalla tavalla. Ennen elektrodien kiinnitystä voit rapsuttaa ihon pintaa hieman rikki ja käyttää elektrodigeeliä iho-elektrodi-rajapinnan kontaktin parantamiseksi ja häiriöiden vähentämiseksi.



### Oikea käsi

Kytke SS2L-kytkentäkaapeli Biopac-keskussyksikön CH1-porttiin ja kiinnitä värikoodatut klipsit alla olevan kuvan mukaisesti oikeassa kädessä oleviin elektrodeihin. Aseta SS25LA-puristusvoimamittari oikeaan käteen leveämpi pää sormien puolelle ja liitä Biopac-keskussyksikön CH2-porttiin. Lisäksi jos haluat mittauksen lopuksi ”kuunnella” EMG-signaalia, kiinnitä kuulokkeet laitteen takana olevaan ANALOG OUT-porttiin.



## B. Mittaussuoritus

Käynnistä Biopac-ohjelmisto, valitse mittaussuorituksista "L02-EMG-2" ja paina OK. Ohjelma pyytää osoittamaan kansion, johon mittaus tallennetaan. Valitse mielestäsi sopiva, esim. verkkolevy, jotta voit myös muualla avata mittaustiedoston. Nimeä tiedosto mittauksen kohteena olevan henkilön nimellä. HUOM. Analysohjelma on saatavilla myös omaan käyttöön Biopac.com-sivustolta. Paina OK.

Biopac L02-EMG-2-mittaukseen kuuluu yhteensä neljä erillistä osiota, kaksi per käsi. Ensimmäisessä osiossa mitataan käden puristusvoimaa neljällä, toinen toistaan voimakkaammalla puristuksella. Tavoitteena on, että viimeinen puristus olisi maksimivoimapuristus. Toinen mittaus mittaa käden väsymistä. Siinä aloitetaan maksimipuristuksella, jota ylläpidetään siihen saakka kunnes voima on puolittunut. Samat mittaukset suoritetaan myös vasemmalle kädelle.

Ohjelma asettaa kunkin mittauksen jälkeen kerätyn datan päättymiskohtaan markkerin, pienen kolmion, joka merkkää kyseisen osion päättymiskohtaa. Käytä näitä markkereita erottamaan eri mittauksen alkamiskohdat.

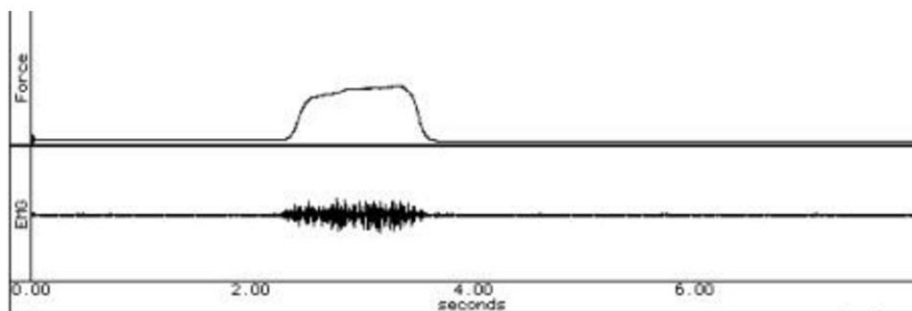
## Kalibrointi

Lue kalibrointiohjeet tarkasti läpi ennen kalibroinnin suorittamista.

Ohjelmisto vaatii mittalaitteiston kalibrointia. Varmista, että elektrodeihin ja antureihin ei kohdistu vetoa sekä mitattava henkilö on rentoutunut ja pysyy paikallaan. EMG-mittauksen kalibrointi suoritetaan kahdessa osassa. Paina CALIBRATE.

Ensin puristusvoimamittari on asetettava pöydälle siten, että siihen ei kohdistu ulkoisia voimia. Paina OK.

Seuraava osa suoritetaan siten, että dynamometri otetaan käteen ja kaksi sekuntia kalibroinnin aloittamisen jälkeen suoritetaan ruudulla havaittava kahden sekunnin mittainen maksimivoimapuristus. Puristuksen kalibrointisykli kestää 8 sekuntia, joten ajoita maksimipuristus tuolle välille. Kalibrointisignaali näkyy näytöllä kalibroinnin mittauksen jälkeen. Jos signaali on selkeä ja alkaa nolla-tasosta päättyen nolla-tasoon, kalibrointi on onnistunut. Jos kalibrointisignaali on jotain häiriötä, uusi kalibrointi painamalla REDO CALIBRATION.

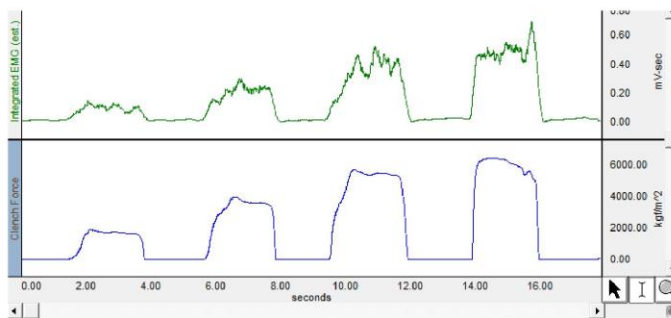


### Oikean käden mittaus:

Lue mittausohjeet huolellisesti läpi ennen mittauksen aloittamista.

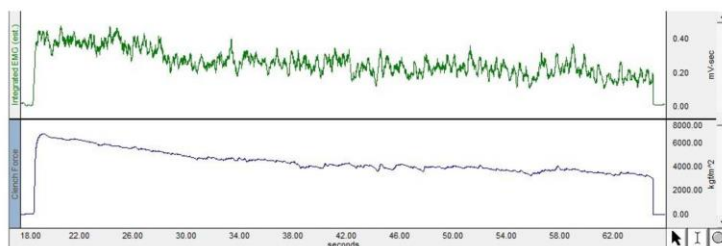
Tavoitteena on suorittaa neljä erillistä puristusta siten, että jokainen puristus on edellistä voimakkaampi ja neljäs puristus on maksimivoimapuristus. Mittaus suoritetaan kahden sekunnin jaksoissa. Ensimmäinen kahden sekunnin mittainen puristus tapahtuu siis kaksi sekuntia mittauksen aloittamisen jälkeen, jota seuraa kaksi sekuntia taukoa. Toista kunnes toinen toistaan voimakkaampia puristuksia on yhteensä 4kpl ja viimeinen on maksimipuristus.

- 1) Kun kalibrointi on suoritettu, voit aloittaa mittauksen. Paina RECORD. Suorita neljän puristuksen sarja aina voimistaen puristusta. Kun mittaus on suoritettu, paina SUSPEND. Mittaustuloksen pitäisi näyttää suunnilleen samalta kuin alla olevassa kuvassa. Voiman lisääminen joka puristuksella saattaa vaatia useamman yrityskerran voiman hahmottamiseksi. Toista mittaus painamalla REDO, jos koet että puristukset eivät olleet tasaisesti toinen toistaan voimakkaampia.



Seuraava mittaus suoritetaan puristamalla puristusvoimamittaria maksimivoimapuristuksella niin kauan, kunnes näytöllä näkyvä puristusvoima puolittuu. Tässä mitataan väsymystä. Tietokonetta operoivan henkilön tehtäväksi jää katsoa mikä on maksimipuristuksen voimakkuus ja seurata väsymyksen aiheuttamaa käyrän laskua, kunnes puristuksen voima on puolittunut.

- 2) Aloita mittaus painamalla RESUME. Purista maksimivoimapuristus ja ylläpidä sitä niin kauan, kunnes käyrää tarkkaileva henkilö ilmoittaa voiman puoliintuneen. Lopeta puristamasta. Jatka mittausta vielä muutama sekunti puristuksen päättymisen jälkeen. Voit jälleen toistaa mittauksen painamalla REDO, jos käyrä ei vastaa suunnilleen alle olevaa.





---

### Vasemman käden mittaus:

Toista oikealle kädelle suoritettut mittaukset 1 ja 2 myös vasemmalle kädelle. Mittausten suorittamiseksi kiinnitä kytkentäkaapelit peilikuvana vasemman käden elektrodeihin.

### Mittauksen päättäminen

Kun olet toistanut edelliset mittauksen myös vasemmalle kädelle ja sinulla on mitattuna yhteensä neljä erillistä mittausta, paina vasemmasta yläreunasta STOP. Laite kysyy haluatko lopettaa mittaamisen ja tallentaa mittaustiedoston. Paina YES.

Mittausten suorittamisen jälkeen ohjelmisto antaa sinulle vielä mahdollisuuden ”kuunnella” EMG-signaalia. Jos haluat kuunnella sitä, aseta kuulokkeet päähän ja paina LISTEN. Tämän jälkeen koehenkilö voi puristaa kättään ja kuulokkeista kuuluu taajuuden vaihteluna EMG-signaalin voimakkuus. Kun olet kuunnellut signaalia mielestäsi tarpeeksi kauan, paina STOP.

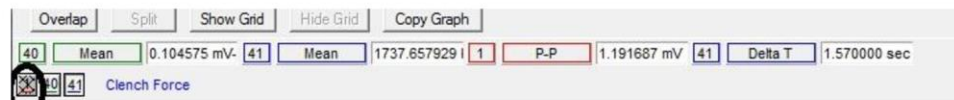
Tämän jälkeen voit kuitata mittaussuorituksen tehdyksi painamalla DONE. Ohjelma kysyy mitä haluat tehdä; Suorittaa mittauksen eri henkilölle tai analysoida dataa. Valitse ANALYZE CURRENT DATA ja paina OK.

Tämän jälkeen voit irrottaa kytkentäkaapelit, elektrodit sekä puristusvoimamittarin. Ole varovainen ja aseta piuhat sekä anturit näitisi takaisin paikoilleen.



### C. Datan analysointi

Kun olet valinnut datan analysoitavaksi, mitattu data näkyy ruudulla kahdessa eri osiossa. Ylemmässä osiossa on mitattu EMG-käyrä ja alemmassa puristusvoimamittarilla mitattu puristusvoimakäyrä. HUOM! Paina lisäksi CTRL-nappi pohjassa ylitse CH1-nappia vasemmasta ylänurkasta tuodaksesi esiin raaka-EMG-datan, jota tarvitset analyysitehtävissä. Ch 40 kuvastaa datan analysoinnissa EMG-käyrää, Ch 41 puristusvoimakäyrää ja Ch 1 raaka-EKG-dataa.



Datan analysoimiseksi sinun tarvitsee zoomailla haluttuun kohtaan ja väliin. Käytä siihen MAGNIFY-työkalua, joka löytyy oikeasta alanurkasta (luuppi-painike). Maalaa I-työkalulla haluttu väli signaalista, esimerkiksi yksi erillinen puristus. Käytä analysoinnissa DISPLAY-vetovalikon alla olevia AUTOSCALE HORIZONTAL ja AUTOSCALE WAVEFORMS-työkaluja, jos käyrät eivät zoomailun jälkeen mahdu enää kyseiselle näyttöalalle ja skaalaa näkymää. Opettele käyttämään näitä työkaluja halutun rajatun datan näkemiseksi. Muista aina zoomailun jälkeen ottaa MAGNIFY-toiminto pois käytöstä painamalla luuppi-painikkeen vierestä nuoli-nappia. Saat maalattua haluamasi alan I-työkalulla oikeassa alanurkassa.

### D. Analyysitehtävät

Käyrien yläpuolella näkyy eri mittaus- ja analyysivalintoja. aseta ne seuraavasti:

- Ch 40 - Mean (Valitun alueen keskiarvo)
- Ch 41 - Mean (Valitun alueen keskiarvo)
- Ch 1 - P-P (Huipusta huippuun)
- Ch 40 - Value (Kuvaa kyseessä olevan pisteen arvoa)
- Ch 41 - Delta T (Aikaväli (s))



Paina oikeasta alanurkasta I-painiketta, jotta pääset valitsemaan käsiteltävän datan alueen.



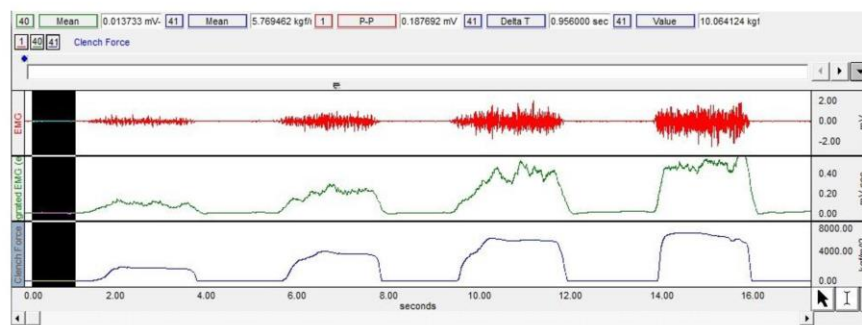
## Oikea käsi

### Voiman mittaus

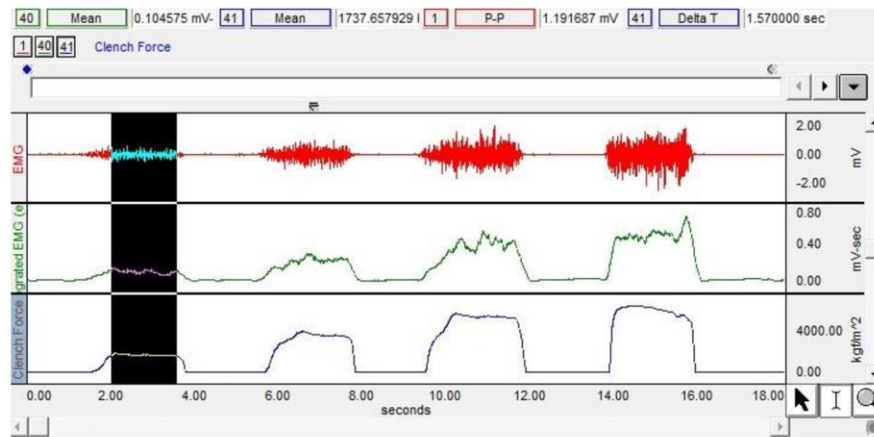
Voiman mittauksiin tarvittavat analyysivalinnoista vain kolmea, CH40 -mean, CH1 P-P ja CH41-mean.

Suorita seuraavat mittaukset;

Valitse sekunnin mittainen aika työkalulla ennen ensimmäistä puristusta. Tämä kuvaa lihastonusta eli relaxaatiossa tapahtuvaa sähköistä toimintaa lihaksessa. Älä sisällytä mittaukseen yhtään nousevaa voiman osuutta. Ota ylös CH40 MEAN, CH1 P-P ja CH41 MEAN -arvot tulostaulukkoon kohtaan PURISTUS OIKEA 0.



Valitse ensimmäisestä puristuksesta puristuksen aikainen tasainen osuus, älä nousua tai laskua. Ota ylös CH40 MEAN, CH1 P-P ja CH41 MEAN-arvot tulostaulukkoon kohtaan PURISTUS OIKEA 1.



Toista Edellinen kohta kolmelle seuraavalle puristukselle. Ota ylös CH40 MEAN, CH1 P-P ja CH41 MEAN-arvot tulostaulukkoon kohtaan PURISTUS OIKEA 2-4.

Valitse väsymistä kuvaavasta käyrästä kaksi viimeistä sekuntia ennen puristuksen päättymistä ja ota arvot ylös tulostaulukkoon kohtaan VÄSYMYS.

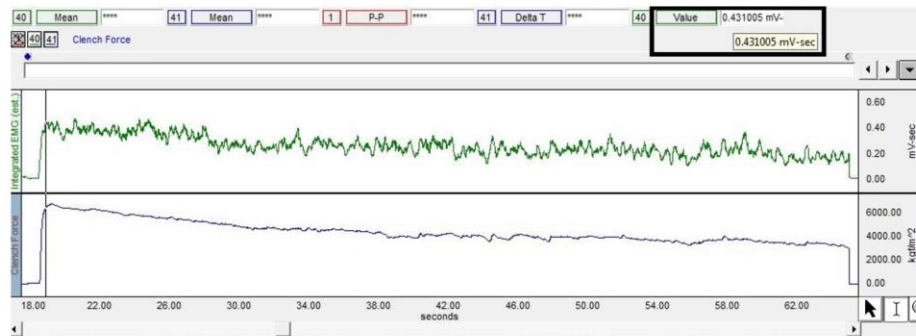


### Väsymisen mittaaminen

Väsymisen mittaamiseen tarvittavat analyysivalinnoista seuraavia: CH40 -VALUE, CH41-DELTA T.

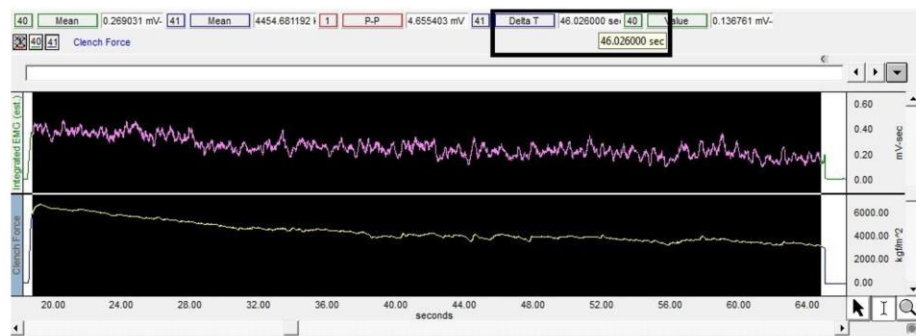
Suorita seuraavat mittaukset;

Mittaa väsymistä kuvaavasta käyrästä puristuksen huippu-arvo painamalla I-työkalulla tarkalleen sen korkeimmasta kohdasta. Ota ylös CH40 -VALUE-arvo tulostaulukkoon.



Mittaa väsymistä kuvaavasta käyrästä puristuksen matalin arvo painamalla I-työkalulla tarkalleen sen matalimmasta kohdasta, juuri ennen puristuksen päättymistä. Päätit väsymismittauksen siinä kohtaa, kun puristusvoima oli puolittunut, joten tuloksen pitäisi olla noin 50 % ensimmäisen mittauksen arvosta. Ota ylös CH40 -VALUE-arvo tulostaulukkoon.

Mittaa aika joka kului voiman puoliintumiseen. Maalaa siis edellisten mittausten kahden eri pisteen väli ja ota ylös CH41-DELTA T-arvo tulostaulukkoon.





Vasen käsi

Toista samat analyysit vasemman käden mittauksille kuin mitä oikean käden signaaleista analysoitiin. Täytä arvot tulostaulukon kohtaan VASEN.

Tulostaulukot

Puristus	Puristuvoima ( $kgf/m^2$ )	Peak-to-peak (mV)	Mean EMG (mV)
OIKEA	CH41- MEAN	CH-P-P	CH40-MEAN
0			
1			
2			
3			
4 (max)			
VÄSYMYS			
VASEN			
0			
1			
2			
3			
4 (max)			
VÄSYMYS			

	Oikea	Vasen
Maksimipuristuksen voima (mV)		
~50% Maksimipuristuksen voimasta (mV)		
Väsymisaika (CH-DELTA T) (s)		

Kun olet suorittanut kaikki tarvittavat mittaukset, paina yläpalkista SAVE AS. Tallenna data alussa valitsemaasi kansioon. Muista että analysointia voi suorittaa myös itsenäisesti Biopac-sivuilla ladattavalla analyysi-ohjelmalla. Sulje ohjelma sekä virrat Biopac-keskusyksiköstä. Laita tarvikkeet takaisin paikoilleen.



---

**E. Analyysikysymykset**

Vastaa seuraaviin kysymyksiin mittaamasi datan analysoinnin ja yleisen EMG-tietämyksesi perusteella. Huomioi jälleen ettei kysymyksiin ole suoria vastauksia, vaan tiedonhankinta on itsenäistä ja voit kysyä esimerkiksi fysiologian opettajalta perusteluja vastauksiin.

a) Miten mittauksen kohteena olevan henkilön kätisyys näkyy mittauksissa?

---

---

---

---

---

---

---

b) Miten EMG-signaali ja dynamometrillä mitattu puristusvoima vertautuvat?

---

---

---

---

---

---

---

c) Mitä tarkoittaa lihastonus? Miten se näkyy relaksaatiossa mitatussa sekunnin jaksossa?

---

---

---

---

---

---

---

d) Mitkä olivat maksimivoimapuristuksen huippuarvot (mV)? Laske prosentuaalinen ero oikean ja vasemman käden maksimipuristukselle.

Oikea: \_\_\_\_\_ mV

Prosentuaalinen ero:

Vasen: \_\_\_\_\_ mV



---

e) Kuinka suuri on ero oikean ja vasemman käden väsymisessä? (Aika, voimakkuus)

---

---

---

---

---

---

f) Mitkä henkilökohtaiset ominaisuudet vaikuttavat puristusvoimakkuuden suuruuteen?

---

---

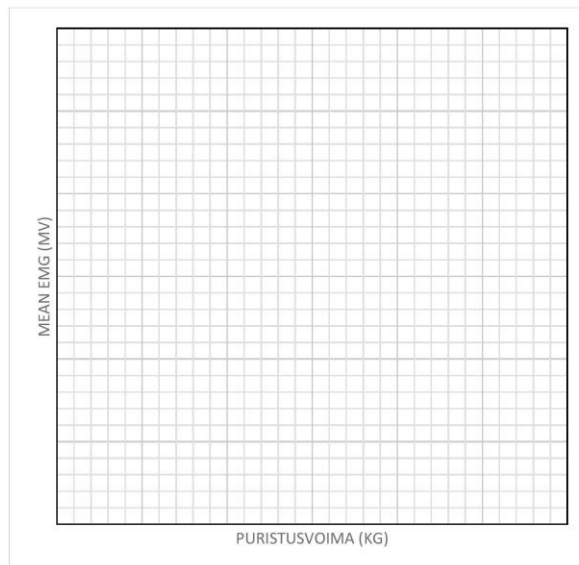
---

---

---

---

g) Piirrä oikean käden mittauksista; Mean EMG (mV) ja puristusvoima (kg) suhde. Skaalaa luvut ruudukkoon siten, että käytät siitä mahdollisimman suuren alan.





Soveltava anatomia, fysiologia ja biofysiikka 1  
Biopac laboratoriotyöohje  
EMG

---

h) Miten Mean EMG (mV) ja puristusvoima (kg) suhtautuvat toisiinsa? Miten käyrä kasvaa (lin, log, muu?) ?

---

---

---

---

---

---

## EKG-Laboratoriotyöohje

Liite 2 sisältää insinööriyön tuloksena tuotetun Biopac-laitteistolla suoritettavan EKG-laboratoriotyöohjeen.



Soveltava anatomia, fysiologia ja biofysiikka 2  
Biopac laboratoriotyöohje  
EKG

- 
1. **Perustehtäviä** liittyen Elektrokardiografiaan (EKG), sen mittaamiseen ja siihen liittyvään termistöön.  
Huomioi, että tehtäviin ei ole vastauksia, vaan ovat ne kertausluonteisia ja tiedonhaku on itsenäistä.

a) Määrittele EKG

---

---

---

---

---

---

---

---

b) Mihin EKG-mittauksia käytetään? Sovellukset?

---

---

---

---

---

---

---

---

c) Miten elektrodien mittaama signaali syntyy?

---

---

---

---

---

---

---

---

d) Mikä sydämen osa tahdistaa sydämen toimintaa? Missä se sijaitsee?

---

---

---

---

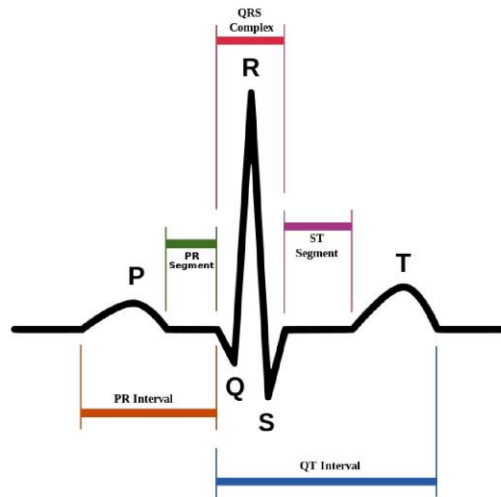
---

---

---

---

e) Selosta PQRST-kompleksi, mitä eri heilahdukset kuvaavat?



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

f) Miten mittauksessa käytetty Biopac SS4LA-pulssimittari toimii?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

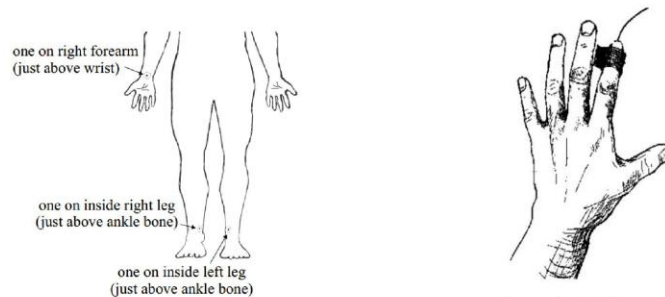
## 2. Laboratoriotyöohjeet; EKG-mittaus

Biopac-laitteistolla suoritettavaan L07–Elektrokardiografia-mittaukseen tarvittavat seuraavat välineet;

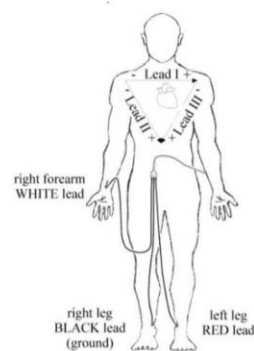
- Biopac MP36–keskussyksikkö
- Tietokone ja BSL 4 ohjelmisto
- 3 kpl EL503 elektrodeja
- 1kpl SS2L–kytkentäkaapeleita
- SS4LA–Pulssimetri

### A. Elektrodiin ja anturien asettelu

Tässä mittauksessa käytettävään EKG LEAD II-raajakytentään käytetään kolmea EL503–elektrodia. Elektrodit sijoitetaan alla olevan kuvan mukaisesti. Ennen elektrodiin kiinnitystä voit rapsuttaa ihon pintaa hieman rikki ja käyttää elektrodigeeliä iho-elektrodi-rajapinnan kontaktin parantamiseksi ja häiriöiden vähentämiseksi. Lisäksi käytössä on pulssimetri, joka sijoitetaan vasempaan etusormeen alla olevan kuvan mukaisesti. Pulssimetriä ei tule kiristää niin kireälle, että se estäisi veren virtauksen sormessa.



Kytke SS2L-kytkentäkaapeli Biopac-keskussyksikön CH 1-sisääntuloon ja kiinnitä klipsit värikoodien mukaan alla olevan kuvan määrittelemiin elektrodiin. Lisäksi kytke pulssimetri keskussyksikön CH 2-sisääntuloon.



Aseta mitattava henkilö istumaan tuolille siten, että elektrodiin tai kaapeleihin ei kohdistu vetoa. Aseta kädet lepäämään polvien päälle.

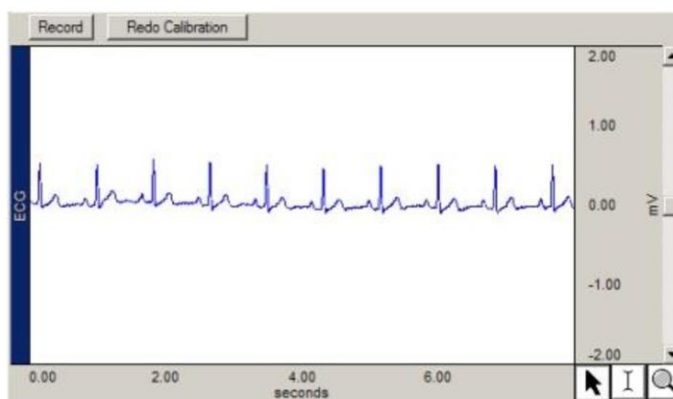


## B. Mittaussuoritus;

Käynnistä Biopac-ohjelmisto, valitse mittaussuorituksista "L07-ECG&P-I" ja paina OK. Ohjelma pyytää osoittamaan kansion, johon mittaus tallennetaan. Valitse mielestäsi sopiva, esim. verkkolevy, jotta voit myös muualla avata mittautiedoston. Nimeä tiedosto mittauksen kohteena olevan henkilön nimellä. HUOM. Analyysiohjelma on saatavilla myös omaan käyttöön Biopac.com-sivustolta. Paina OK.

### Kalibrointi

Ohjelmisto vaatii mittalaitteiston kalibrointia. Varmista, että elektrodeihin ja antureihin ei kohdistu vetoa sekä mitattava henkilö on rentoutunut ja pysyy paikallaan. Paina vasemmasta ylänurkasta CALIBRATE. Seuraa kuinka laitteisto mittaa lyhyen kalibrointijakson EKG- ja pulssi-signaalia. Tarkista että signaalit ovat havaittavissa ja niissä ei ole katkoksia. Tasaisen pulssi-signaalin saaminen saattaa vaatia pulssimetrim kireyden tarkastamista ja säätöä. Mikäli signaali on katkonainen tai erityisen heikko, voit uusia kalibroinnin painamalla REDO CALIBRATION.



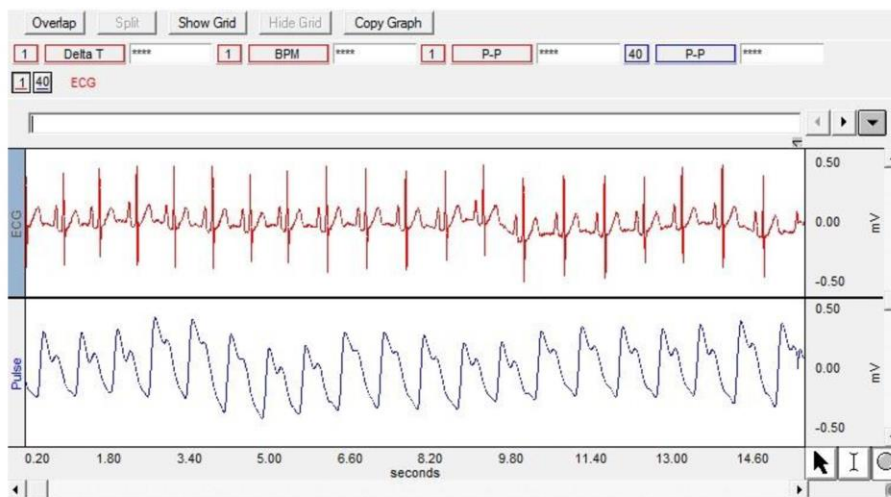
### Mittaus

Lue mittausohjeet huolellisesti läpi ennen mittauksen aloittamista.

Ohjelma asettaa kunkin mittauksen jälkeen kerätyn datan päättymiskohtaan markkerin, pienen kolmion, joka merkkää kyseisen mittauksen päättymiskohtaa. Käytä näitä markkereita erottamaan eri mittauksen alkamiskohdat.

Mittaus suoritetaan mitattavan henkilön istuessa paikallaan rentoutuneena, sekä rasituksen jälkeen. Biopac L07-labraan kuuluu myös erilliset mittaukset, jossa toinen käsi asetetaan ämpärilliseen kylmää vettä tai kättä pidettäisiin pään päällä. Nämä mittaukset voit jättää tekemättä. Analyysiin tarvittava data sisältyy kahteen mittaukseen.

- 1) Ensimmäisen rentoutuneena tapahtuvan mittauksen aloittamiseksi, paina RECORD vasemmasta ylänurkasta. Anna mittauksen olla käynnissä 40 sekuntia. Aika juoksee käyrien alla X-akselilla. Kun 40 sekuntia on kulunut, paina vasemmasta yläreunasta SUSPEND. Mikäli teet virheen tai haluat syystä tai toisesta uusia mittauksen, paina REDO.



Kun olet tyytyväinen ensimmäiseen mittaukseen, irrota kytkentäkaapelit elektrodeista sekä pulssimetri sormesta. Laita mitattava henkilö suorittamaan fyysistä rasitusta esimerkiksi kyykkyhyppyjen muodossa tai juoksemalla portaita edestakaisin. Kun henkilö on silminnähdyn hieman rasittunut ja hänen hengityksensä on kiihtynyt, aseta hänet jälleen istumaan ja kiinnitä kytkentäkaapelit sekä pulssimetri.

- 2) Aloita rasituksen jälkeinen mittaus painamalla RECORD oikeasta ylänurkasta. Mittaa jälleen 40 sekuntin mittainen jakso. Kun 40 sekuntia on kulunut, paina SUSPEND. Hengityksen kiihtymisen ja lihaksissa tapahtuneen aktivaation takia signaaliin saattaa tulla aikaisempaa enemmän häiriötä. Mikäli häiriötä on huomattavan paljon, toista mittaus painamalla REDO.

Rasituksen jälkeisen mittauksen jälkeen ohjelma pyytää vielä suorittamaan kaksi erillistä mittausta. Toinen mittaus suoritetaan vapaa käsi kylmässä vedessä, toinen käsi pään päällä. Voitte oman harkintanne mukaan suorittaa kyseiset mittaukset, mutta kaksi ensimmäistä mittausta antavat jo tarvittavan datan analyysitehtäviä varten.

### Mittauksen päättäminen

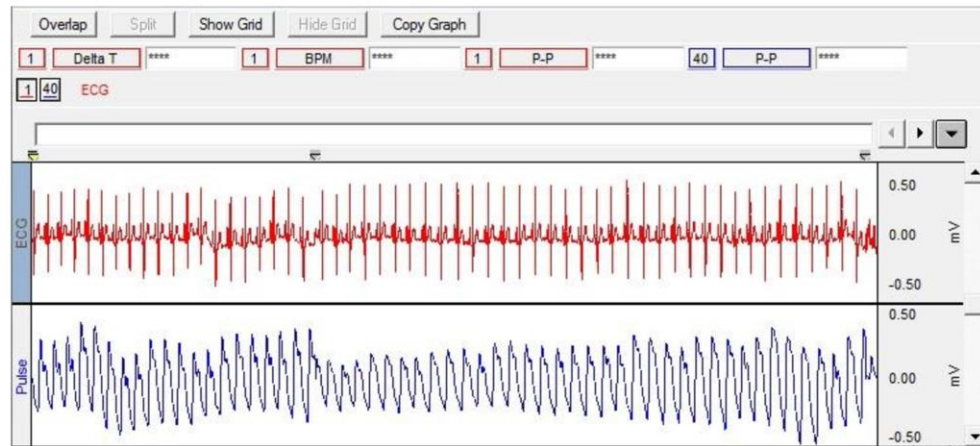
Kun haluttu mittaus on suoritettu, paina DONE. Ohjelma kysyy mitä haluat tehdä; Suorittaa mittauksen eri henkilölle tai analysoida dataa. Valitse ANALYZE CURRENT DATA ja paina OK.

Tämän jälkeen voit irrottaa kytkentäkaapelit, elektrodit, sekä pulssimetrin mitattavasta henkilöstä. Ole varovainen ja aseta piuhat nästisti takaisin paikoilleen.



### C. Datan analysointi

Kun olet valinnut datan analysoitavaksi, mitattu data näkyy ruudulla kahdessa eri osiossa. Ylemmässä osiossa on mitattu EKG-käyrä ja alemmassa pulssi-käyrä. Channel 1 kuvastaa datan analysoinnissa EKG-käyrää ja Channel 40 pulssikäyrää.

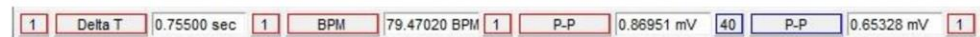


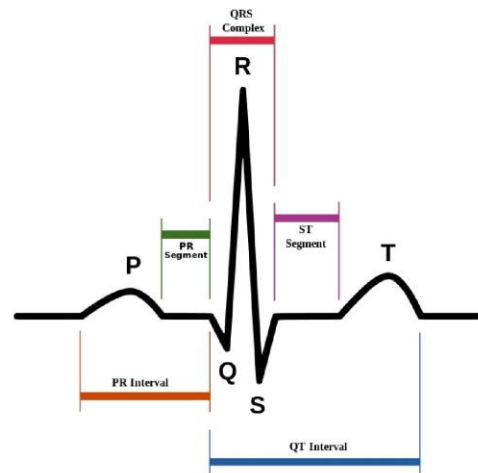
Datan analysoimiseksi sinun tarvitsee zoomailla haluttuun kohtaan ja väliin. Käytä siihen MAGNIFY-työkalua, joka löytyy oikeasta alanurkasta (luuppi-painike). Maalaa työkalulla haluttu väli signaalista, esimerkiksi 4 erillistä PQRST-kompleksia. Käytä analysoinnissa DISPLAY-vetovalikon alla olevia AUTOSCALE HORIZONTAL ja AUTOSCALE WAVEFORMS-työkaluja, jos käyrät eivät zoomailun jälkeen mahdu enää kyseiselle näyttöalalle ja skaalaa näkymää. Opettele käyttämään näitä työkaluja halutun rajatun datan näkemiseksi. Muista aina zoomailun jälkeen ottaa MAGNIFY-toiminto pois käytöstä painamalla luuppi-painikkeen viereistä nuoli-nappia. Saat maalattua haluamasi alan I-työkalulla oikeassa alanurkassa.

### D. Analyysitehtävät

Käyrien yläpuolella näkyy eri mittaus- ja analyysivalintoja; aseta ne seuraavasti;

- Ch 1 - Delta T (Aikaväli (s))
- Ch 1 - BMP (Lyöntiä minuutissa)
- Ch 1 - P-P (Huipusta huippuun, Amplitudi)
- Ch 40 P-P (Huipusta huippuun, Amplitudi)





Käytä ylläolevaa kuvaa avuksesi aaltojen ja jaksosten määrittelyssä.

### EKG

Aloita analysoimalla EKG-käyrästä amplitudeja (mV) ja aikaa (s). Käyrien yläpuolella oleva analyysivalinta CH1 – P-P kertoo sinulle amplitudin ja CH1 – Delta T ajan. Paina oikeassa alanurkassa olevaa I - nappia ja maalaa haluttu väli valitaksesi tietyn jaksos signaalista. Mitataksesi tietyn aallon amplitudin ja keston, aloita maalaus tarkalleen aallon alusta ja päättää sen loppuun.

Valitse yksi mahdollisimman tasainen PQRST-kompleksi levossa mitatusta signaalista ja yksi rasiuksessa mitatusta signaalista. Suorita seuraavat mittaukset niille;

Mittaa levossa mitatusta signaalista;

Mittaa yhden P-aallon amplitudi (mV) ja kesto (s)

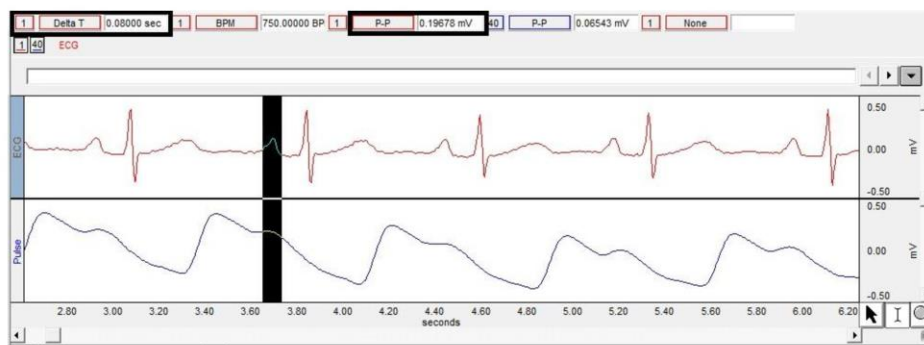
Mittaa QRS-kompleksi amplitudi (mV) ja kesto (s)

Mittaa yhden T-aallon amplitudi (mV) ja kesto (s)

Mittaa PR- ja QT-intervallin kesto (s)

Mittaa PR- ja ST-segmentit kesto (s)

Mittaa kahden erillisen PQRST-kompleksin välinen T-P-väli (s)



*Esimerkki P-aallon amplitudin ja keston mittaamisesta.*

Mittaa rasituksessa mitatusta signaalista;

Mittaa yhden P-aallon amplitudi ja kesto

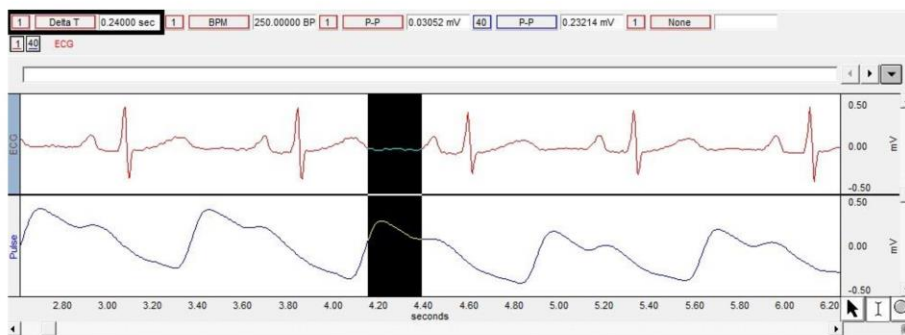
Mittaa QRS-kompleksi amplitudi ja kesto

Mittaa yhden T-aallon Amplitudi ja kesto

Mittaa PR- ja QT-intervallit (sekuntia)

Mittaa PR- ja ST-segmentit (sekuntia)

Mittaa kahden erillisen PQRST-kompleksin välinen T-P-väli



*Esimerkki T-P-välin mittauksesta*





Täytä mitatut arvot alta löytyvään taulukkoon.

Mittaussuoritus	Levossa	Rasituksen jälkeen
P-aallon A (mV)		
QRS-kompleksin A (mV)		
T-Aallon A (mV)		
P-aallon kesto (s)		
QRS-kompleksin kesto (s)		
T-aallon kesto (s)		
PR-intervallin kesto (s)		
PR-segmentin kesto (s)		
ST-segmentin kesto (s)		
QT-intervallin kesto (s)		
TP-välin kesto (s)		

### Syke ja Pulssi

Valitse jälleen kaksi mahdollisimman tasaista PQRST-kompleksia ja pulssi-aaltoa sekä levossa, että rasituksessa mitatusta datasta. Toista samat mittaukset näille kahdelle eri kompleksille ja laske kahden eri mittauksen keskiarvo. Täytä arvot alla olevaan taulukkoon.

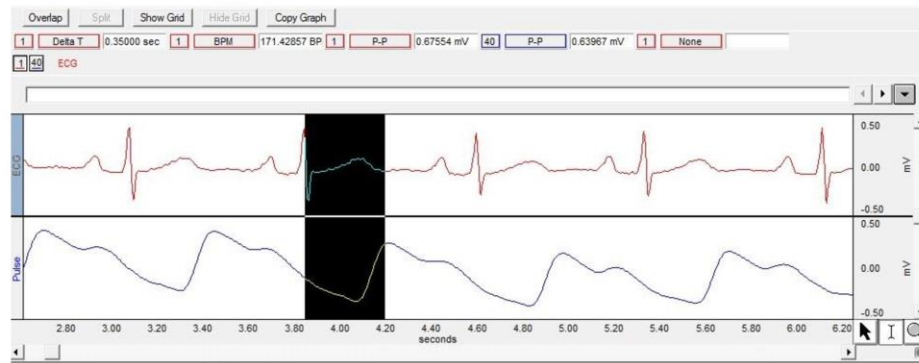
Suorita seuraavat mittaukset;

Maalaa R-huippu - R-huippu väli kahdesta vierekkäisestä PQRST-kompleksista. Katso Delta T- valinnasta aika ja BMP analyysivalinnasta syke. Toista sama myös toiselle PQRST-kompleksiparille rasituksessa. Suorita molemmista kaksi erillistä mittausta ja laske mittausten keskiarvo. Täytä alla olevaan taulukkoon.

Maalaa alla olevasta pulssi-käyrästä kahden vapaasti valitsemasi pulssiaallon huippujen väli. Ota ylös Delta T ja BMP tiedot alla olevaan taulukkoon. Täytä arvot sivun alareunassa olevaan taulukkoon. Tee kaksi erillistä mittausta ja laske niiden keskiarvo. Täytä arvot alla olevaan taulukkoon.

Tila	EKG/Pulssi	Mittaus	Työkalu	1. Mittaus	2. Mittaus	KA
Levossa	EKG	R-R (s)	Delta T			
	EKG	Syke (BMP)	BMP			
	Pulssi	Huippu-Huippu (s)	Delta T			
	Pulssi	syke (BMP)	BMP			
Rasituksen jälkeen	EKG	R-R (s)	Delta T			
	EKG	Syke (BMP)	BMP			
	Pulssi	Huippu-Huippu (s)	Delta T			
	Pulssi	syke (BMP)	BMP			

Mittaa EKG-signaalin R-huipun ja sitä seuranneen pulssikäyrän huipun välinen aika (käytä Delta T-työkalua). Tämä kuvastaa aikaa joka kestää kammioiden supistumisesta sormenpäässä havaittavaksi pulssiksi. Suorita mittaus levossa ja rasituksen jälkeen mitatulle signaalille.



Tila	Työkalu	R-Huippu - Pulssi Huippu (s)
Levossa	Delta T	
Rasituksen jälkeen	Delta T	

Kun olet suorittanut kaikki tarvittavat mittaukset, paina yläpalkista SAVE AS. Tallenna data alussa valitsemaasi kansioon. Muista että analysointia voi suorittaa myös itsenäisesti Biopac-sivuilta ladattavalla analyysi-ohjelmalla. Sulje ohjelma sekä virrat Biopac-keskuksesta. Laita tarvikkeet takaisin paikoilleen.



---

**E. Analyysikysymykset**

Vastaa seuraaviin kysymyksiin mittaamasi datan analysoinnin ja yleisen EKG-tietämyksesi perusteella. Huomioi jälleen ettei kysymyksiin ole suoria vastauksia, vaan tiedonhankinta on itsenäistä ja voit kysyä fysiologian opettajalta perusteluja vastauksiin.

- a) Onko levossa ja rasituksessa mitatuissa amplitudeissa ja aaltojen kestoissa eroja? Miksi ja mikä sen aiheuttaa?

---

---

---

---

---

---

---

- b) Missä intervallissa tai segmentissä tapahtuu suurin muutos levon ja rasituksen välillä?

---

---

---

---

---

---

---

- c) Mikä on TP-intervallin merkitys EKG-signaalissa, mitä siinä tapahtuu ja miten se vaihtelee?

---

---

---

---

---

---

---

- d) Vaihteleeke syke mitattuna EKG-signaalista ja pulssi-signaalista?

---

---

---

---

---

---

---





---

e) Kuinka paljon syke muuttuu levon ja rasituksen jälkeisen mittauksen välillä?

---

---

---

---

f) Mitä kuvastaa PQRS-kompleksin R-huipun ja sitä välittömästi seuraavan pulssi-aallon huipun välinen aika?

---

---

---

---

g) Selosta pulssin ja sykkeen välinen ero

---

---

---

---

---

---

---

---

## EEG-Laboratoriotyöohje

Liite 3 sisältää insinööriyön tuloksena tuotetun Biopac-laitteistolla suoritettavan EEG-laboratoriotyöohjeen.



Soveltava anatomia, fysiologia ja biofysiikka 3  
Biopac laboratoriotyöohje  
EEG

- 
1. Perustehtäviä liittyen Elektroencefalografiaan (EEG), sen mittaamiseen ja siihen liittyvään termistöön.  
Huomioi, että tehtäviin ei ole vastauksia, vaan ovat ne kertausluonteisia ja tiedonhaku on itsenäistä.

a) Määrittele EEG

---

---

---

---

---

---

b) Mihin EEG-mittauksia käytetään? Diagnostiset sovellukset?

---

---

---

---

---

---

c) Miten EEG-signaali syntyy?

---

---

---

---

---

---

d) Mistä eri aalloista EEG-signaali koostuu?

---

---

---

---

---

---



Soveltava anatomia, fysiologia ja biofysiikka 3  
Biopac laboratoriotyöohje  
EEG

---

e) Mitä taajuusalueita eri EEG-aallot kuvaavat?

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

f) Mitä standardisoitunutta järjestelmää käytetään EEG-elektrodien sijoittelussa?

---

---

---

---

---

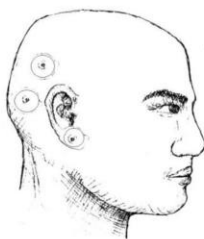
## 2. Laboratoriotyöohjeet; EEG-mittaus

Biopac-laitteistolla suoritettavaan L03–Elektroenkefalografia-mittaukseen tarvitset seuraavat välineet;

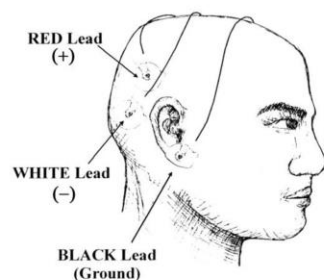
- Biopac MP36–keskusyksikkö
- Tietokone ja BSL 4 ohjelmisto
- 3 kpl EL503 elektrodeja
- 1kpl SS2L–kytkentäkaapeleita
- Sideharsorulla

### A. Elektrodien ja anturien asettelu

Tässä mittauksessa suoritetaan bipolaarinen EEG-mittaus käyttäen kolme EL503-elektrodia. Elektrodit sijoitetaan oikealle puolelle päätä, takaraivolohkon alueelle alla olevan kuvan mukaisesti. Korvalehteen tuleva elektrodi on maadoituselektrodi ja sen sijoittelu ei ole aivan niin tarkkaa. Elektrodien kiinnittäminen päänahkaan voi olla hankalaa hiusten takia. Suositeltavaa on mitata signaali lyhythiuksiselta mieheltä. Päänahkaa voi puhdistaa ylimääräisestä rasvasta ennen elektrodien kiinnittämistä. EEG-signaalin luonteen vuoksi on toivottavaa laittaa hieman elektrodigeeliä elektrodiin ennen kiinnittämistä. Tällä toimenpiteellä pyritään parantamaan iho-päänahka-rajapinnan kontaktia ja vähentämään häiriöitä.



Kytke SS2L-kytkentäkaapeli Biopac-keskusyksikön CH 1-sisääntuloon ja kiinnitä klipsit värikoodien mukaisesti alla olevan kuvan määrittelemiін elektrodeihin. Kun olet kiinnittänyt klipsit elektrodeihin, tue punaisen ja valkoisen kaapelin elektrodit kiinni päähän pyöräyttämällä sideharsorulla pään ympäri.



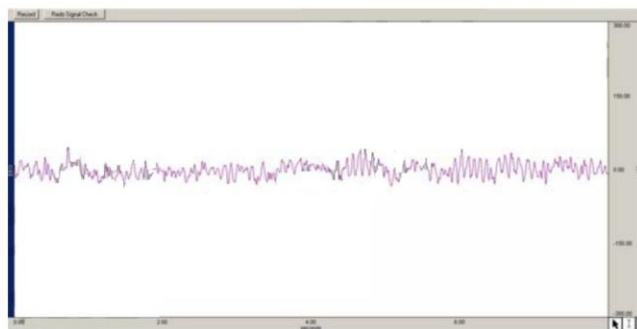
Aseta mitattava henkilö istumaan tuolille rentoutuneena ja anna elektrodien asettua 5 minuutin ajan. Henkilön tulisi välttää ylimääräistä liikettä koko mittauksen aikana.

## B. Mittaussuoritus;

Käynnistä Biopac-ohjelmisto, valitse mittaussuorituksista "L03-Electroencephalography (EEG)1" ja paina OK. Ohjelma pyytää osoittamaan kansion, johon mittaus tallennetaan. Valitse mielestäsi sopiva, esim. verkkoalevy, jotta voit myös muualla avata mittaustiedoston. Nimeä tiedosto mittauksen kohteena olevan henkilön nimellä. HUOM. Analyysiohjelma on saatavilla myös omaan käyttöön Biopac.com-sivustolta. Paina OK.

### Kalibrointi

Ohjelmisto vaatii mittalaitteiston kalibroinnin. Varmista, että elektrodeihin ei kohdistu vetoa sekä mitattava henkilö on rentoutunut, silmät kiinni ja pysyy paikallaan. Paina vasemmasta ylänurkasta CALIBRATE. Seuraa kuinka laitteisto mittaa lyhyen kalibrointijakson EEG-signaalia. Tarkista että signaali on yhtenäinen ja siinä ei ole katkoksia. Tavoitesignaali on varsin tasainen 0  $\mu$ V-tasolla värähtelevä käyrä, vertaa alla olevaan kuvaan. Mikäli signaali on katkonainen tai siinä on selkeitä häiriöitä, voit uusia kalibroinnin painamalla REDO CALIBRATION



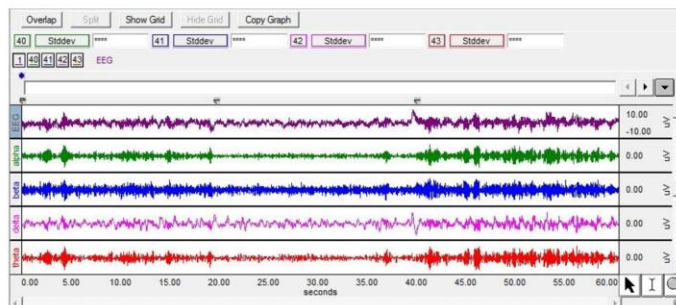
### Mittaus

Lue mittausohjeet huolellisesti läpi ennen mittauksen aloittamista.

Mittaus suoritetaan mitattavan henkilön istuessa paikallaan rentoutuneena ensin silmät kiinni 20 sekunnin ajan, sitten silmät auki 20 sekunnin ajan ja jälleen silmät kiinni 20 sekunnin ajan. On tärkeää, että mittauksen aikana henkilö on täysin paikallaan, eikä liikuta erityisesti kasvolihaksiaan. Silmien ollessa auki on tärkeää pyrkiä olemaan räpäyttämättä silmiään.

Mittausta suorittava henkilö ilmoittaa koehenkilölle aina kun 20 sekuntia on kulunut ja on aika avata tai sulkea silmät. Painamalla samalla F4-nappia, saat mitattuun signaaliin asetettua markkerin muutoksen kohdalle, hyödynnä tätä ominaisuutta selkeyttäaksesi muutoskohtia analyysia varten.

- 1) Kun henkilö on asettunut rentoutuneena istumaan ja pitänyt silmänsä kiinni jo hetken aikaa, voit aloittaa mittauksen painamalla RECORD vasemmasta ylänurkasta. Anna mittauksen olla käynnissä 20 sekuntia, jonka jälkeen pyydä koehenkilö avaamaan silmänsä, jatka mittausta jälleen 20 sekuntia. Kun yhteensä 40 sekuntia on kulunut, pyydä koehenkilö jälleen sulkemaan silmänsä, mittaa 20 sekunnin jakso. Kun olet mitannut yhteensä 60 sekunnin jakson, paina SUSPEND. Mikäli teit virheen tai haluat syystä tai toisesta uusia mittauksen, paina REDO.



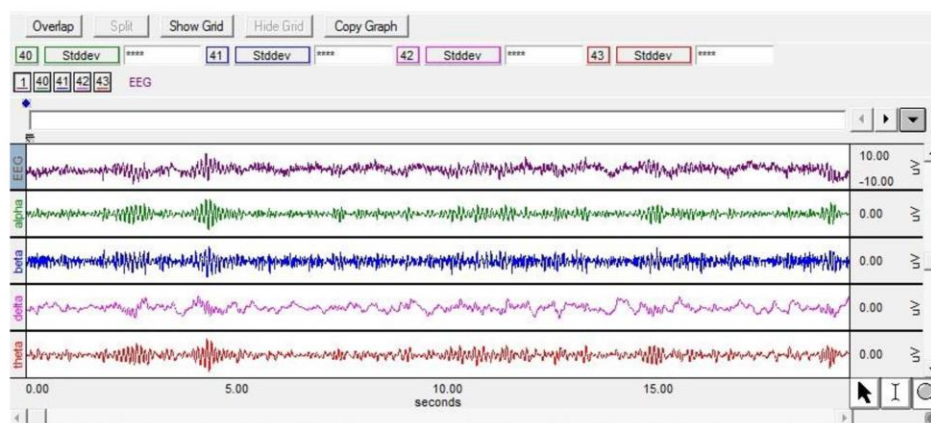
### Mittauksen päättäminen

Kun haluttu mittaus on suoritettu, paina DONE. Ohjelma kysyy mitä haluat tehdä; Suorittaa mittauksen eri henkilölle tai analysoida dataa. Valitse ANALYZE CURRENT DATA ja paina OK.

Tämän jälkeen voit irrottaa kytentäkaapelit ja elektrodit mitattavasta henkilöstä. Ole varovainen ja aseta piuhat näitisi takaisin paikoilleen.

### C. Datan analysointi

Kun olet valinnut datan analysoitavaksi, EEG-käyrä näkyy neljänä erillisenä käyränä, alioittain jaoteltuna (alfa, beta, delta, theta). Saat lisäksi raaka EEG-datan esiin painamalla CTRL-nappi pohjassa CH1-nappia vasemmasta ylänurkasta. Datan analysoinnissa CH1 kuvastaa raaka EEG-dataa, CH40 alpha-aaltoja, CH41 beta-aaltoja, CH42 delta-aaltoja ja CH43 theta-aaltoja.



Datan analysoimiseksi sinun tarvitsee zoomailla haluttuun kohtaan ja väliin. Käytä siihen MAGNIFY-työkalua, joka löytyy oikeasta alanurkasta (luuppi-painike). Maalaa työkalulla haluttu väli signaalista, esimerkiksi 4 erillistä PQRS-kompleksia. Käytä analysoinnissa DISPLAY-vetovalikon alla olevia AUTOSCALE HORIZONTAL ja AUTOSCALE WAVEFORMS-työkaluja, jos käyrät eivät zoomailun jälkeen mahdu enää kyseiselle näyttöalalle ja skaalaa näkymää. Opettele käyttämään näitä työkaluja halutun rajatun datan näkemiseksi. Muista aina zoomailun jälkeen ottaa MAGNIFY-toiminto pois käytöstä painamalla luuppi-painikkeen vierestä nuoli-nappia. Saat maalattua haluamasi alan I-työkalulla oikeassa alanurkassa.

### D. Analyysitehtävät

Käyrien yläpuolella näkyy eri mittaus- ja analyysivalintoja; aseta ne seuraavasti;

Ch 40 - Stddev

Ch 41 - Stddev

Ch 42 - Stddev

Ch 43 - Stddev

SC - Freq







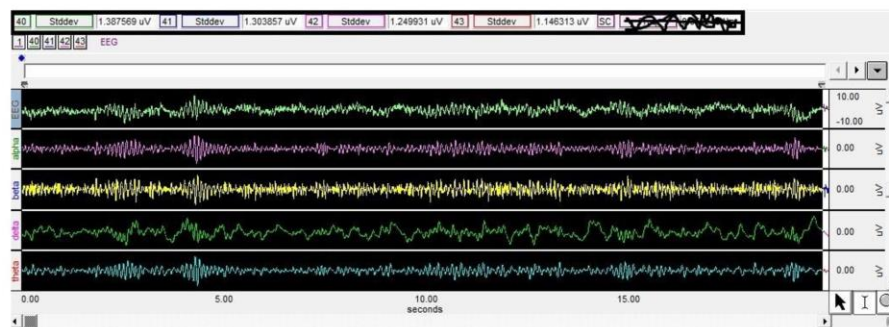
Lue analysiohjeet huolellisesti läpi ennen analysoinnin aloittamista.

Aloita analysoimalla EEG-käyrästä eri aaltojen keskihajontaa (Stddev). Paina oikeassa alanurkassa olevaa I-nappia ja maalaa haluttu väli valitaksesi mitatusta signaalista. Mitataksesi tietyn osion keskihajonnan, aloita maalaus tarkalleen osion alusta ja päättää sen loppuun.

Maalaa erikseen kaikki kolme 20 sekunnin osiota (silmät kiinni / silmät auki / silmät uudestaan kiinni). Kirjoita alla olevaan taulukkoon seuraavat arvot analysivalitsimista kustakin osiosta;

Alpha	CH40–Stddev
Beta	CH41–Stddev
Delta	CH42–Stddev
Theta	CH43–Stddev

Aalto	CH	Silmät kiinni	Silmät auki	Silmät uudestaan kiinni
Alpha	40 Stddev			
Beta	41 Stddev			
Delta	42 Stddev			
Theta	43 Stddev			



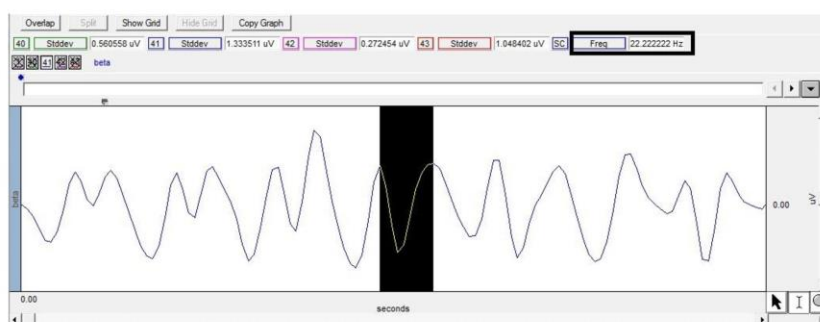
*Esimerkkikuva Stddev-analysistä*



Seuraavaksi analysoi EEG-käyristä eri aaltojen taajuuksia (Freq).

Skaalaa näkymään noin 5 sekunnin mittainen osa kustakin osiosta (silmät kiinni / silmät auki / silmät uudestaan kiinni). Valitse kussakin osiossa aalloista mahdollisimman tasainen yksittäinen jakso ja maalaa se. (huipusta huippuun, katso kuva alla). Käytä SC-työkalua apunasi ja määrittele kunkin aallon taajuus. Muista valita kukin aalto aina analysointia varten painamalla signaalia. Kirjoita arvot alla olevaan taulukkoon.

Aalto	Taajuus	Silmät kiinni	Silmät auki	Silmät uudestaan kiinni
		1. Jakso	2. Jakso	3. Jakso
Alpha	SC Freq (Hz)			
Beta	SC Freq (Hz)			
Delta	SC Freq (Hz)			
Theta	SC Freq (Hz)			



*Esimerkkikuva yksittäisen beta-aallon taajuudesta*

Seuraavaksi tarkastele eri aalloissa tapahtuvia näkyviä muutoksia silmät kiinni- ja silmät auki-tilojen välillä. Huomio erityisesti Alpha ja Beta-aallot. Kysymykset ovat Analyysikysymykset osiossa.

Kun olet suorittanut kaikki tarvittavat mittaukset, paina yläpalkista SAVE AS. Tallenna data alussa valitsemaasi kansioon. Muista että analysointia voi suorittaa myös itsenäisesti Biopac-sivuilta ladattavalla analyysi-ohjelmalla. Sulje ohjelma sekä virrat Biopac-keskustyksiköstä. Laita tarvikkeet takaisin paikoilleen.



---

#### E. Analyysikysymykset

Vastaa seuraaviin kysymyksiin mittaamasi datan analysoinnin ja yleisen EEG-tietämyksesi perusteella. Huomioi jälleen ettei kysymyksiin ole suoria vastauksia, vaan tiedonhankinta on itsenäistä ja voit kysyä fysiologian opettajalta perusteluja vastauksiin.

Vertaile silmät auki- ja silmät kiinni-mitattujen mittausten dataa.

- a) Ovatko mitatut signaalit säännönmukaisia ja tasaisia?

---

---

---

---

---

---

---

---

- b) Korostuvatko beta-aallot silmät avoimna tehdyissä mittauksissa? Miksi kyllä/eivät?

---

---

---

---

---

---

---

---

- c) Mitä eri osioista (silmät auki/kiinni/taas auki) mitattu keskihajonta (Stddev) kuvaa?

---

---

---

---

---

---

---

---

## Biopac MP36; Tekniset spesifikaatiot

### MP36R Specifications

Electrode Check Resistance Range:	0-1 M $\Omega$ (Vin+ and Vin- to GND)
Analog inputs:	4 isolated channels (front panel CH 1–CH 4)
Sample rate:	4 CH @ 100K s/second 1 sample/second
Trigger Input:	Analog CH1-CH4 or Digital D1-D8
Threshold:	Adjustable threshold level with Positive or Negative Trigger
A/D resolution:	24-bit (before digital filtering)
Signal to noise ratio:	> 89 dB min Tested at lowest Gain at 1,000 s/s with grounded front end
Voltage resolution:	Gain dependent: 2.38 microvolts /bit (Gain 5) to 0.024 nanovolts /bit (Gain 50,000)
Storage buffer:	512 K
Input voltage range:	Gain dependent: 400 microvolts to 4.0 Volts p-p
Input noise voltage:	9 nV rms /sqrt(Hz) and 0.1 $\mu$ V rms noise (0.1 Hz to 35 Hz) - nominal
Input noise current:	100 fA rms /sqrt(Hz) and 10 pA p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz) - nominal
Input protection:	$\pm$ 1 mA/V current limited
Maximum input voltage:	4 V p-p (between Vin+ and Vin-)
Differential input impedance:	2 M $\Omega$ (between Vin+ and Vin-)
Software Filters:	Three programmable digital (IIR) filters; automatic or user-adjustable
Hardware Filters:	Fixed hardware low pass – 20 KHz Fixed hardware high pass – switchable DC, 0.05 Hz, 0.5 Hz, 5 Hz
Common mode input impedance:	(between Vin+/Vin- and GND) DC 11 M $\Omega$ AC (50/60 Hz) 1,000 M $\Omega$
CMRR:	110 dB minimum at 50/60 Hz
Gain ranges:	5 – 50,000 (automatic preset or user adjustable)
Baseline adjustment:	<i>Gain</i> (automatic or user adjustable) 5, 10, 20, 50: $\pm$ 100 mV 100, 200, 500: $\pm$ 10 mV 1,000 to 50,000: $\pm$ 4 mV
Electrode offset potential tolerance:	<i>Gain</i> 5, 10, 20, 50: $\pm$ 2 V 100, 200, 500: $\pm$ 200 mV 1,000 to 50,000: $\pm$ 80 mV
Analog Output	
Number of channels:	1
D/A resolution:	16 bits
Accuracy:	$\pm$ 0.01% of FSR
Headphones	
Output impedance:	50 $\Omega$
Output voltage:	-10 V to +10 V
Output drive current:	5 mA max
Serial interface:	USB, Type 2.0 high speed
Headphone:	Drives 16-32 $\Omega$ standard stereo headphones
I/O port:	8 TTL compatible inputs and 8 TTL compatible outputs
Trigger:	TTL compatible input and synchronization port – see External Trigger Inputs.
DC input:	Power input; requires 12 VDC @ 1 Amp. Use the AC300A 12 VDC @ 1.25 Amp power supply adapter to connect to any mains rated as 100-250 VAC @ 50/60Hz, 40VA.
Fuse:	1.0 amp fast-blow fuse
Dimensions & Weight:	7 cm x 29 cm x 25 cm, 1.4 Kg