

Jukka Lindgren

**SALIBANDYPELAAJAN MITTAAMINEN FAROS 180 -
LAITTEELLA**

SALIBANDYPELAAJAN MITTAAMINEN FAROS 180 - LAITTEELLA

Jukka Lindgren
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma

Tekijä: Jukka Lindgren
Opinnäytetyön nimi: Salibandypelaajan mittaaminen Faros 180 -laitteella
Työn ohjaaja: Lasse Haverinen
Työn toimeksiantaja: Jaakko Kaski
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2017
Sivumäärä: 46 + 7 liitettä

Tässä työssä käsitellään ihmisen suorituskyvyn mittaamista ja siihen vaikuttavia tekijöitä sekä analysoidaan salibandyn pelaajalle tehtyä mittausta. Tavoitteena oli mitata pelaajan kiihtyvyyttä ja sykettä salibandypelin aikana ja nähdä kiihtyvyyden vaikutus sykkeen kehittymiseen. Mittauksessa käytettiin Faros 180 -laitetta, jolla mitattiin kiihtyvyyttä, sykevälivaihtelua ja EKG:tä.

Opinnäytetyö aloitettiin tutustumalla Faros 180 -laitteen käyttöön ja tekemällä testimittauksia. Tämän jälkeen tehtiin varsinainen salibandypelaajan mittaus, josta saatiin mittaustuloksia ja niitä analysoitiin Matlab- ja Microsoft Excel -ohjelmissa.

Tulokseksi saatiin salibandypelaajan ensimmäisen vaihdon aikaisia kiihtyvyyksiä ja nähtiin, kuinka se vaikutti sykkeen kulkuun. Tuloksista nähtiin, että syke reagoi pienellä viiveellä kiihtyvyyden muutoksiin. Faros-laite toimi luotettavasti mittaustilanteessa, mutta lajin luonteesta johtuen lihasjännitykset aiheuttivat häiriöitä EKG:hen ja toinen elektrodi irtosi mittauksen loppupuolella.

Asiasanat: Faros 180, salibandy, kiihtyvyys, sykevälivaihtelu, EKG

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 IHMISEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN	6
2.1 Ihmisen fyysisen suorituskyvyn mittaustavat ja tekniikat	7
2.2 Suorituskyvyn selvittämisessä mitattavat ilmiöt	10
2.3 Sydämen rakenne ja toiminta	12
2.4 Sydämen johtorata järjestelmä	15
2.5 Sydämen sähköimpulssit ja EKG	16
3 SALIBANDY	19
4 MITTALAITTEET	21
4.1 Faros-laite ja käyttötarkoitus	21
4.2 Esimerkkimittaukset ja kytkennät	22
4.3 Testimittaus Faros 180	22
4.4 Testimittauksien tarkastelu	26
4.5 Fysiikka, kiihtyvyys ja sen mittaaminen	27
5 URHEILIJAN SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN	30
5.1 Salibandypelaajan mittaushaaste	30
5.2 Mittauslaitteen kiinnitys ja koemittauksen järjestäminen	30
5.3 Salibandypelaajan fyysisen suorituskyvyn mittaus	32
6 MITTAUSTULOKSET JA ANALYSOINTI	33
6.1 Ensimmäisen vaihdon RMS-kiihtyvyyden muutokset	33
6.2 Sykkeen kehittyminen ensimmäisen vaihdon aikana	37
6.3 Sykkeen ja kiihtyvyyden korrelointi	39
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	41
8 POHDINTA	43
LÄHTEET	45
LIITE	
Liite 1. Matlab-komentoja	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on testata Faros 180 -laitteella tehtyä ihmisen suorituskyvyn mittausta. Faros 180 -laitteella suoritettiin salibandypelaajan mittaustäysimittaisen salibandypelin aikana. Mittauksen jälkeen tuloksia analysoidiin HRV-Scanner-, Microsoft Excel- ja Matlab-tietokoneohjelmissa. Mittaustulosten analysoinnin tueksi vaadittiin ihmisen fysiologiaan sekä sydämen rakenteeseen ja toimintaan perehtymistä. Faros180 -laite antoi tietoa salibandypelaajan kiihtyvyydestä, sykevälivaihtelusta ja EKG:stä. Tämän raportin tavoitteena on kertoa, mistä rakentuu ihmisen suorituskyyky, kuinka sitä voidaan mitata ja kuinka voidaan havainnollistaa Faros 180 -laitteen käyttöä sekä sillä mitattua urheilusuoritusta.

Olen aktiivisesti liikkuva ja ihmisen mittaamisesta kiinnostunut hyvinvointiteknologian opiskelija. Omassa liikkumisessa ja eri harrastuksien parissa olen seurannut oman kuntoni kehittymistä erilaisten kuntotestien sekä Polar-sykemittarien avulla. Olen myös tarkkaillut liikunnan ja ruokailun vaikutuksia kehooni kehonkoostumusmittauksilla. Kiihtyvyyttä, sydämen rakennetta ja toimintaa olemme saaneet opiskella Liikuntafysiikka- sekä Ihmisen yleisanatomia ja fysiologia -opintojaksoilla.

Ammattikorkeakoulun eri opintojaksoilla opiskellessamme meillä on ollut mahdollisuus tutustua monenlaisiin mittaustilanteisiin erilaisissa ympäristöissä, joissa olemme päässeet mittaamaan ystäviä ja ennestään tuntemattomia koehenkilöitä. Ne ovat opettaneet mittaustilanteissa toimimista sekä niihin valmistautumista.

Opinnäytetyöni tavoitteeksi muodostui salibandypelaajan mittaustäysimittaus Faros 180 -laitteella, josta saatavien mittaustulosten avulla tuli selvittää pelaajan kiihtyvyys ja sen vaikutus sykkeen muutoksiin. Tässä työssä käsitellään sydämen toimintaa, ihmisen suorituskyvyn mittaamista sekä salibandypelaajan sykettä ja kiihtyvyyttä salibandypelin aikana.

2 IHMISEN FYYSISEN SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN

Ihmisen suorituskyvyn mittaamiselle on vuosien saatossa muodostunut useita eri määritelmiä. Vuonna 1936 Steinhaus määritteli, että fyysinen suorituskyky on nykyisen olotilan ja kuoleman välinen etäisyys. Willgoose puolestaan kertoi vuonna 1961 määritelmän, että fyysinen suorituskyky muodostuu kyvystä sietää fyysistä rasitusta ilman suurta väsymystä. Nykyaikaisempi määritelmä on esitetty teoksessa Mosby's Medical and Nursing Dictionary: "Fyysinen kunto on ihmisen kykyä selviytyä päivittäisistä toiminnoistaan valppaana ja tarmokkaana liiallisesti väsymättä ja kykenevänä kohtaamaan yllättäviäkin tilanteita sekä nauttimaan erilaisista vapaa-ajan toiminnoistaan." (1, s. 11.)

Vaikka tämä määritelmä on esitetty jo vuonna 1986, kuulostaa se vieläkin nykyaikaan sopivalta käsitykseltä hyvästä suorituskyvystä. American College of Sports Medicine vuonna 2000 julkaisemassa teoksessa ACSM 2000 kuvailaan ihmisen fyysistä suorituskykyä yksinkertaisemmin. Se määrittelee fyysisen suorituskyvyn ominaisuuksiksi, joita ihmisellä on tai jotka hän hankkii selviytyäkseen fyysisistä suorituksista. (1, s. 11.)

Kohderyhmällä tai kohderyhmän erityispiirteillä on vaikutusta fyysisen suorituskyvyn määritelmän rakentumiseen. Kun kyseessä on urheilija, on hänelle hyvä fyysinen suorituskyky onnistuneen kilpailusuorituksen läpivienti. Toisaalta voittoon tai menestymiseen urheilijalle ei kuitenkaan aina riitä erinomainen suorituskyky, kun taas tavalliselle ihmiselle hyvä kunto tarkoittaa sitä, että selviää normaalista elämästä ilman, että kokee epämiellyttäviä fyysisiä tuntemuksia kehoa rasittavien suoritusten aikana. Kuntotesteillä voidaan mitata ihmisen kykyä suoriutua erinäisiä liikuntasuorituksista ja sitä, miten henkilö suoriutuu tietyistä fyysisistä työsuorituksista. Pitkällä aikavälillä kuntotestit antavat tietoa fyysisen suorituskyvyn kehityksestä ja tilasta. Saatavilla mittaustuloksilla ja sitä kautta koehenkilön aktiivisuuden ja liikunnan suunnittelulla voidaan ennaltaehkäistä sairauksia tai niiden kehittymistä sekä parantaa, ylläpitää ja kehittää hyvinvointia ja fyysistä suorituskykyä. (1, s. 11.)

2.1 Ihmisen fyysisen suorituskyvyn mittaustavat ja tekniikat

Ihmisen fyysisen suorituskyvyn mittaaminen voidaan ryhmitellä kolmeen eri pääkategoriaan fyysisten ominaisuuksien perusteella, antropometriin ja kehon koostumuksesta kertoviin mittauksiin, kestävyysominaisuuksien mittauksiin ja hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittauksiin. Kussakin kategoriassa mittaus-tekniikoita ja tapoja mittauksen suorittamiseen on lukuisia.

Antropometrisissä testeissä tehdään pituuteen, kehon massaan ja mittasuhteisiin sekä koostumukseen liittyviä mittauksia, jotka antavat tietoa ihmisen terveydentilasta ja kasvusta. Mittaustulokset kertovat erityisesti, kärsiikö testattava yksilö ali- tai ylipainoisuudesta. Antropometria auttaa syömishäiriöön sairastuneiden ihmisten sekä laihduttajien terveydentilan seurannassa, mutta sitä käytetään myös urheilijan tilan seuraamiseen osana kunnon testaamisessa. Tyypillisiä antropologisia mittauksia ovat yksilön painoindeksin määrittäminen, vyötärön ympärysmittan mittaaminen mittanauhalla ja vyötärö-lantiosuhteen laskeminen (arvioidaan rasvan osuus kehon massasta). (1, s. 45–48.)

Ihmisen keho koostuu rasvasta, proteiineista, vedestä, varastoituneista hiilihydraateista eli glykogeeneista ja kivennäisaineista. Kehon koostumuksen määrittäminen tapahtuu arvioimalla. Tietoa kehon koostumuksesta saadaan mittaamalla yhtä tai useampaa kehon ominaisuutta. Saaduista tuloksista lasketaan matemaattisesti kehonkoostumus. Mitattava ominaisuus voi olla esimerkiksi ihon alaisen rasvakudoksen paksuus tai kehon kyky johtaa sähköä. Kehon koostumuksen arviointimenetelmiä ovat ihonpoimumittaus, vedenalaispunnitus, biosähköinen impedanssimenetelmä, infrapunasädemittaus ja painoindeksiin perustuva arviointimenetelmä. (1, s. 47–50.)

Suorituskyvyn kestävyysominaisuuksia mitattaessa määritetään ihmisen kykyä vastustaa väsymystä fyysisen kuormituksen aikana. Ihmisen kestävyys rakentuu hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnon sekä lihasten aineenvaihdunnan ja hermoston toiminnan perusteella. Säännöllisellä kestävyysharjoittelulla voidaan kehittää hengitys- ja verenkiertoelimistön kuntoa paremmaksi ja parantaa lihas-

ten aineenvaihduntaa. Kuntotestauksessa kestävyyskuntoa määrittäessä apuvälineinä käytetään pyöräergometria tai juoksumattoa, sykettä mitattaessa apuvälineinä käytetään EKG-laitteita tai sykemittaria. Hengityskaasuja mitattaessa käytetään hengityskaasuanalysaattoria. Ihmisten peruskuntoa voidaan mitata erilaisilla juoksu ja kävelytesteillä, joissa pyrkimyksenä on joko edetä mahdollisimman pitkälle määrätyn ajan aikana tai päinvastoin, kuinka paljon aikaa saadaan kulumaan tietyn matkan kävelemiseen tai juoksemiseen. Esimerkiksi Cooperin 12 minuutin juoksutesti on tunnettu juoksutesti peruskunnon mittaukseen. Siinä juostaan 12 minuuttia tasaisella alustalla sekä vauhdilla mahdollisimman nopeasti oman kunnon ja terveyden sallimissa rajoissa. 12 minuutin tultua täyteen juoksu päättyy ja koehenkilö asettaa merkin siihen kohtaan, jossa oli testin päätyttyä. Tulokseksi tulee metrimäärä, jonka koehenkilö on kerennyt saavuttaa 12 minuutin aikana. (1, s. 51, s. 59–60, s. 109.)

Maksimivoima, nopeusvoima ja kestovoima ovat lihaksen voimantuottoominaisuuksia, joita voidaan kehittää fyysisen harjoittelun avulla. Hermosto- ja lihaskudoksen mittauksilla voidaan selvittää yksilön vahvuuksia tai kehityskohteita, joilla on vaikutuksia urheilijan suorituskyvyn kehitykseen tai työntekijän toiminta- ja työkyvyn ylläpitämiseen. Hyvä lihaskunto luo edellytykset selvitä päivittäisistä toiminnoista ja ennaltaehkäisee loukkaantumisia. Voimantuoton mittaukset eri tilanteissa ovat tärkeä apu tarkastellessa urheilijan harjoittelun, vapaa-ajan harrastuksien tai kuntoutuksen tuloksellisuutta. Tuloksia tarkastellessa nähdään, onko asioita tehty harjoittellessa oikein ja tarvittaessa harjoitusohjelmaan voidaan tehdä muutoksia. Ihmisen hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn mittauksia suunniteltaessa täytyy ottaa huomioon useita asioita, että tehtävät testit ja niiden tulokset antavat oikean kuvan koehenkilön voimantuoton tilasta. (1, s. 125.)

Esimerkiksi työssä olevan henkilön hermo-lihasjärjestelmää tutkittaessa tulee selvittää, minkälaisia voimantuottovaatimuksia työtehtävät ja työntekijän suoritukset sisältävät. Työn voimantuottovaatimusten ja työssä esiintyvien eri liikkeiden pohjalta voidaan tehdä hermolihaskudoksen mittauksia, joissa mitataan joko maksimi-, nopeus- tai kestovoimaa, riippuen siitä, mikä voimantuottoominaisuus antaa parhaiten kuvaa työntekijän hermolihaskudoksen kunnos-

ta, terveydestä ja hyvinvoinnista. Urheilussa lihasvoimalla urheilija voi haastaa vastustajaa, hallita omaa kehoa ja hallita pelivälinettä erilaisissa asennoissa ja liikkeissä, joissa lajin vaatimat suoritukset luovat omat voimantuottovaatimuksensa. Lajista riippuen urheilija tarvitsee maksimivoimaa, nopeusvoimaa ja kesto-voimaa selviytyäkseen mahdollisimman hyvin erilaisissa kilpailutilanteissa. Urheilulajin voimantuottovaatimukset, liikkeet ja tehtävät määrittävät, millaisia hermo-lihasjärjestelmän mittauksia tulee käyttää, että urheilijan saamat mittaus-tulokset vastaavat urheilulajin vaatimuksia. (1, s. 125.)

Jalkakyykky ja penkkipunnerrus ovat tyypillisiä testejä, joissa mitataan maksimi-voimaa. Maksimivoima määrittyy esimerkiksi siten, kuinka monta kiloa mitattava henkilö saa nostettua yhdessä suorituksessa. Jalkakyykyssä testataan polven ojentaja- ja pakaralihasten voimantuottoa sekä myös osittain selkälihasten suorituskykyä. Penkkipunnerruksessa suorittajalta vaaditaan olkavarren ojentajien, olkapään ja rintalihasten voimantuottoa. (1, s. 138, s. 148.)

Kun testataan urheilijaa testimittauksessa, jossa vaaditaan hänen hermoratajär-jestelmäänsä tuottamaan suurin mahdollinen voima pienimmässä mahdollisessa ajassa tai suurimmalla mahdollisella nopeudella, testataan urheilijan kykyä tuot-taa nopeusvoimaa. Nopeusvoimaa eli nopeuden ja voiman yhteisvaikutusta voidaan testata erilaisilla hyppytesteillä, joita ovat esimerkiksi kevennyshyppy, pudotushyppy, staattinen hyppy ja vauhditon pituushyppy. Muita nopeusvoimaa mittaavia testejä ovat penkkipunnerrustesti, reaktionopeustestit ja liikkumisno-peustestit. (1, s. 149–166.)

Kun lihas tai lihasryhmä pystyy tuottamaan useita lihassupistuksia määrättyssä ajassa tietyllä kuormituksella tai ylläpitämään tiettyä voimatasoa tarpeeksi kau-an, muodostuu voima-ominaisuus kesto-voima. Kestovoimatestejä, jotka mita-taan toistomaksimimenetelmänä, ovat esimerkiksi etunojapunnerrukset, vatsa- ja selkälihastestit ja toistokyykistys ilman painoja. Urheilija suorittaa näissä tes-teissä niin monta toistoa kuin jaksaa. Kestovoimaa voidaan mitata myös tes-taamalla lihasten staattista kestävyyttä. Esimerkiksi staattinen hartioitten ja kä-sivarren lihasten kesto-voimamittaus toteutetaan siten, että urheilija seisoo ja kannattelee käsillään edessään määrättyä painoa niin kauan kuin jaksaa. Testi-

tulokseksi tulee suorituksen kesto sekunteina. Käsien on pysyttävä vaakatasossa mahdollisimman kauan, muuten mittaus päättyy. (1, s. 169–179.)

2.2 Suorituskyvyn selvittämisessä mitattavat ilmiöt

Ihmisen terveys, fyysinen aktiivisuus ja fysiologinen kunto liittyvät vahvasti toisiinsa ja yhdessä perimän, elintapojen, ympäristön ja henkilökohtaisten ominaisuuksien kanssa ne muodostavat kokonaisuuden, josta muodostuu aina sen hetkinen suorituskyky. Ihmisen fyysistä suorituskykyä voidaan siis arvioida erilaisilla mittausmenetelmillä. Suorituskykymittauksissa mitataan monia eri ilmiöitä, joita mittaamalla saadaan tietoa, jolla on vaikutusta suorituskykyyn. Mitattavia ilmiöitä ovat esimerkiksi laktaatti, hapenottokyky, rasva, syke, sykevälivaihtelu, EKG, kiihtyvyys, hemoglobiini ja muut veritutkimukset ja luuntiheys. (1, s. 7, s. 11; 2, s. 431.)

Urheilijan kuormittaessa itseään alkaa lihaksiin kertyä laktaattia eli maitohappoa, josta lihakset poistavat sen verenkiertoon ja sieltä sen kertymä voidaan mitata. Laktaattitesti on oiva apu selvittäessä urheilijan suorituskykyä. Testatesa kuormitusta kasvatetaan vaiheittain hitaasta nopeudesta suurempaan ja mitä suurempi on kuormitus, sitä enemmän laktaattia muodostuu. Urheilijan sormenpäästä tai korvalehdestä otetaan verinäyte, josta pika-analysaattorin avulla laktaatti-arvo poimitaan noin minuutin päästä siitä, kun verinäyte on otettu. (1, s. 113–114.)

Maksimaalisella hapenottokyvyllä on vaikutusta urheilijan suorituskykyyn. Elimistö pystyy tuottamaan energiaa aerobisesti hapen avulla tai anaerobisesti ilman happea. Kun suoritusteho suorituksessa pysyy matalana, ehtivät lihakset tuottamaan tarvitsemansa energian hapen avulla. Kovatehoisissa suorituksissa täytyy energiaa saada nopeammin, joten sen tuotto tapahtuu myös ilman happea. Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttaa ikä, sukupuoli, työtätekevien lihasten määrä, testin kuormitusmalli, testin kuormituksen kesto ja harjoittelu. Laktaatti- ja maksimaalisilla hapenottokyky mittauksilla voidaan selvittää energiantuottosysteemien jakautumista urheilusuorituksissa. (1, s. 51–53; 2, s. 100–103; 3, s. 157–158.)

Sykkeen mittaaminen on kaiken tasoisille urheilijoille hyvä keino seurata harjoittelun raskuudesta keholle tai urheilusuorituksista palautumista. Leposykettä seurattaessa saadaan tietoa, onko kuntoilijalla tai urheilijalla mahdollisesti ylipainusta. Alhainen syke on hyvä merkki kehon hyvästä palautumisesta, korkea leposyke kertoo yleensä, että urheilijalla on ylipainusta tai hän on sairastunut. (4, s. 40–41.)

Peräkkäisten sydämenlyöntien aikaa mitattaessa ja vertaillaan tarkastellaan sykeväli vaihtelua. Mitä enemmän peräkkäisten sydämenlyöntien välinen aika vaihtelee, sitä enemmän keho on palautunut. Levossa tai kevyessä liikunnassa sykeväli vaihtelu on siis suurta, kun taas raskuuden kasvaessa se pienenee. Stressistä kärsivän ihmisen tai ylipainuksesta kärsivän urheilijan peräkkäisten sydämen lyöntien vaihtelu on pientä, niinpä sykeväli vaihtelua seuraamalla voidaan liikunnan tai kilpaurheilun raskuus säätää sopivaksi, ettei suorituskyky lähde laskemaan. (4, s. 40–41; 5.)

Veri kiertää elimistössä suljetussa putkistossa, joka koostuu sydäimestä ja verisuonista. Verenkierto verisuonistossa tapahtuu suoniston sisällä olevan paineen ja sen muutosten avulla. Kun verenpaineet suonistossa muuttuvat, liikkuu veri suuremmasta paineesta pienempään. Peruspaine putkistossa muodostuu siitä, että verisuonisto pitää sisällään verta elastisten seinämien avulla ja tarpeen mukaan supistaa autonomisen hermoston välityksellä suonien seinämien sileää lihaskudosta. Ihmisen ollessa levossa peruspaine on keskimäärin noin 70–80 mmHg. Se on nimeltään diastolinen paine, koska se mitataan sydämen systolisten vaiheiden välillä. Diastolisen verenpaineella on tarkoituksena huolehtia, että kaikki kudokset saavat riittävästi verta. Sydämen kammio lihasten supistuessa siirtyy veri aorttaan. Silloin voidaan mitata sykähdyksen aikainen verenpaine eli systolinen verenpaine. Lepotilassa olevan ihmisen verenpaine on keskimäärin 120 mmHg. Pitkäkestoisessa urheilusuorituksessa, jossa isot lihakset työskentelevät, saattaa systolinen verenpaine nousta jopa kaksinkertaiseksi. Huippu-urheilijoilta on mitattu maksimaalisen suorituksen aikana 240–250 mmHg lukuarvoja. (4, s. 91–92.)

Kehonkoostumuksella on suurta vaikutusta ihmisen suorituskykyyn. Seuraamalla rasvan määrää ja sijoittumista kehossa, saadaan tietoa siitä, että onko oman arkirytmien fyysinen rasitus riittävää tai liian runsasta sekä onko elintavat ja ravinto kohdillaan. Rasvan määrä koko kehossa tai tietyissä kehon osissa kertoo aineenvaihdunnasta toimivuudesta ja hormonitoiminnasta. Esimerkiksi, jos rasva kertyy sisäelinten ja navan ympäröivien tieteille, se voi kertoa kortisolin (stressihormoni) epätasapainosta kehossa tai vääristyneestä vuorokausirytmistä. Jos rasvaa kertyy lonkan seudulle (”jenkkakahvat”), täytyy hiilihydraattien määrää ruokavaliossa vähentää ja ajoittaa niiden syönti liikunnan jälkeen. Kehonkoostumuksen selvittäminen on parempi mittari kertomaan aineenvaihdunnan tilasta ja hormonitoiminnasta kuin paino. Lihaksen ja rasvan keskinäisellä suhteella on myös vaikutusta ihmisen suorituskykyyn. (6, s. 35–45.)

2.3 Sydämen rakenne ja toiminta

Sydän on ontto lihas, joka painaa 300–350 grammaa. Se sijaitsee rintalastan takana, vartalon keskilinjaa ajatellen hiukan vasemmalla. Kolmasosa sen koosta on keskilinjan oikealla puolella (kuva 1). Sydämen tehtävänä on pumpata sähköisin sykäyksin verta verisuoniin, ja pitää siten yllä ihmisen verenkiertoa sekä levossa että rasituksessa. (7, s. 186.)

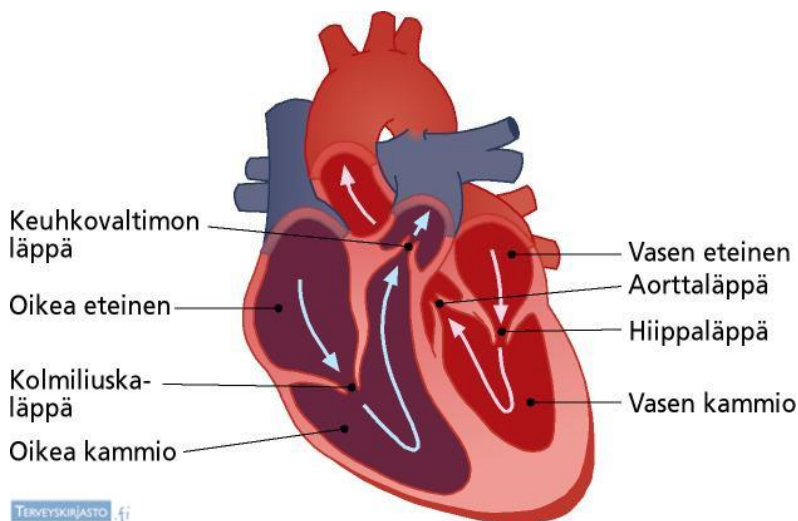


KUVA 1. Sydämen sijoittuminen kehossa (8)

Sydämen sykkiminen tapahtuu sähköimpulssin avulla, joka saa alkunsa sinus-solmukkeesta. Sydän koostuu poikkijuovaisesta lihaksesta, jonka erikoisuutena kehon muihin lihaksiin on se, että solujen monitumaisuuden ja järjestäytyneisyyden vuoksi sähköimpulssin todella nopea siirtyminen solusta toiseen on mahdollista. Sydänlihassoluja yhdistävät välilevyt, jotka johtavat sähköä äärimmäisen hyvin. Tästä johtuen sähköimpulssi etenee läpi solujen niin nopeasti, että se on melkein samanaikaista. (7, s. 192.)

Sydän on väsymätön, mikä on sen erityinen ominaisuus. Se pitää verenkiertoelimistön toiminnollisuutta yllä supistumalla ja palautumalla takaisin. Supistumisvaihetta kutsutaan systoleksi ja palautumisvaihetta puolestaan diastoleksi. Veri lähtee sydäimestä valtimoita pitkin ja palaa takaisin laskimoissa. Sydän voidaan jakaa kahteen puoliskoon, vasempaan ja oikeaan. Niiden välillä ei ole suoraa verenkulkuyhteyttä. Vasemman kammion täytyttyä veri siirtyy isoon verenkiertoon aorttaa pitkin, joka on ihmisen suurin valtimo. Kierrettyään ihmisen kudoksissa (kaikkialla muualla paitsi keuhkoissa) veri tulee ylä- ja alaonttolaskimoa pitkin takaisin sydämen oikean puolen eteiseen, josta se laskeutuu oikeaan kammioon. Oikeasta kammioista veri syöksyy keuhkovaltimorunkoon, joka ohjaa veren keuhkoihin kaasujen vaihtoon (hapen saanti hengitysilmosta ja hiilidioksidin luovutus). Keuhkoista veri tulee takaisin hapekkaana sydämeen keuhkolaskimoista. Veri virtaa ison verenkierron valtimoissa runsashappisena ja laskimoissa niukkahappisena, mutta tilanne kääntyy pienessä verenkierrossa toisinpäin. Sydämen ollessa velttona (diastole) veri virtaa laskimoista eteisiin ja sieltä kammioihin. Sydämen supistumisessa (systole) sydän puristuu kasaan ja veri siirtyy kammioista pois valtimoihin. (2, s. 82–90; 7, s. 192.)

Sydämessä on neljä läppää, jotka ohjaavat ja säätelevät veren oikeanlaista virtausta sydämeen ja sieltä pois olemalla joko auki tai sulkeutumalla kiinni. (Kuva 2.) Läpät rakentuvat purjeista, joiden määrät ja muodot vaihtelevat. Ne ovat sijoittuneet siten, että oikealla puolella niitä on kaksi ja vasemmalla on kaksi. Kolmiliuskaläppä toimii oikean eteisen ja kammion välillä, veren virtaussuunta on ainoastaan eteisestä kammioon. Keuhkovaltimon läppä on oikean puolen läpistä toinen, joka nimensä mukaisesti auki ollessaan, ohjaa veren oikeasta kammioista valtimoon. Läpän sulkeuduttua estyy väärä virtaussuunta valtimosta takaisin kammioon. Vasemmalla puolella on myös läppä eteisen ja kammion välillä, sitä kutsutaan hiippaläpäksi. Se toimii kolmiliuskaläpän kanssa samankaltaisesti, mutta on rakenteeltaan hieman erilainen. Hiippaläpässä purjeita on kaksi, kun kolmiliuskaläpässä niitä on kolme. Näistä kahdesta läpistä käytetään myös yhteisnimitystä eteis-kammioläpät. Läpistä neljäs, aorttaläppä sijaitsee vasemman kammion ja aortta- valtimon välissä. Aorttaläppä rakentuu kolmesta puolikuun muotoisesta läppäpurjeesta aivan kuten toinenkin ”puolikuuläppä” eli keuhkovaltimoläppä. (9; 10.)



KUVA 2. Sydämen läpät (9)

Sydäntä ympäröi sydänpussi eli pericardium, joka on sydämen uloin rakenteellinen osa. Se muodostuu kahdesta kalvosta, joista sisempi kiinnittyy sydämen ulkopintaan ja ulompi kalvo on kiinni sydäntä ympäröivissä kudoksissa. Kalvojen välissä on umpinainen tila, jossa on vähän liukasta nestettä. Neste yhdessä

sileiden kalvopintojen kanssa pienentää sydämen supistumisesta aiheutuvan kitkan erittäin pieneksi. (11, s. 150–151.)

Sydämen seinämästä isoin osa rakentuu sydänlihaksesta eli myocardiasta. Vasemman ja oikean kammion seinämien välillä on huomattava ero niiden paksuutta vertaillessa. Oikean kammion seinämä on 5 mm paksu. Vasemmalla puolella vastaavassa kohdassa se on 12 mm. Paksuusero selittyy sillä, että vasemmalla kammiolla on raskaampi työ, kun se pumpppaa veren isoon verenkiertoon. Molemmat kammiot laittavat saman verimäärän yhtä aikaa liikkeelle, mutta vasemmalla kammiolla vastapaine on 7 kertaa suurempi kuin oikean. Ihmisen harjoitellessa, syödessä ja levätessä lihakset vahvistuvat. Näin tekee myös sydänlihas. Normaalilla ihmisellä sydämen paino on siis 300–350 g, mutta kestävyysurheilijalla sydämen paino voi kasvaa jopa 550 grammaan. (7, s. 188.)

2.4 Sydämen johtorata järjestelmä

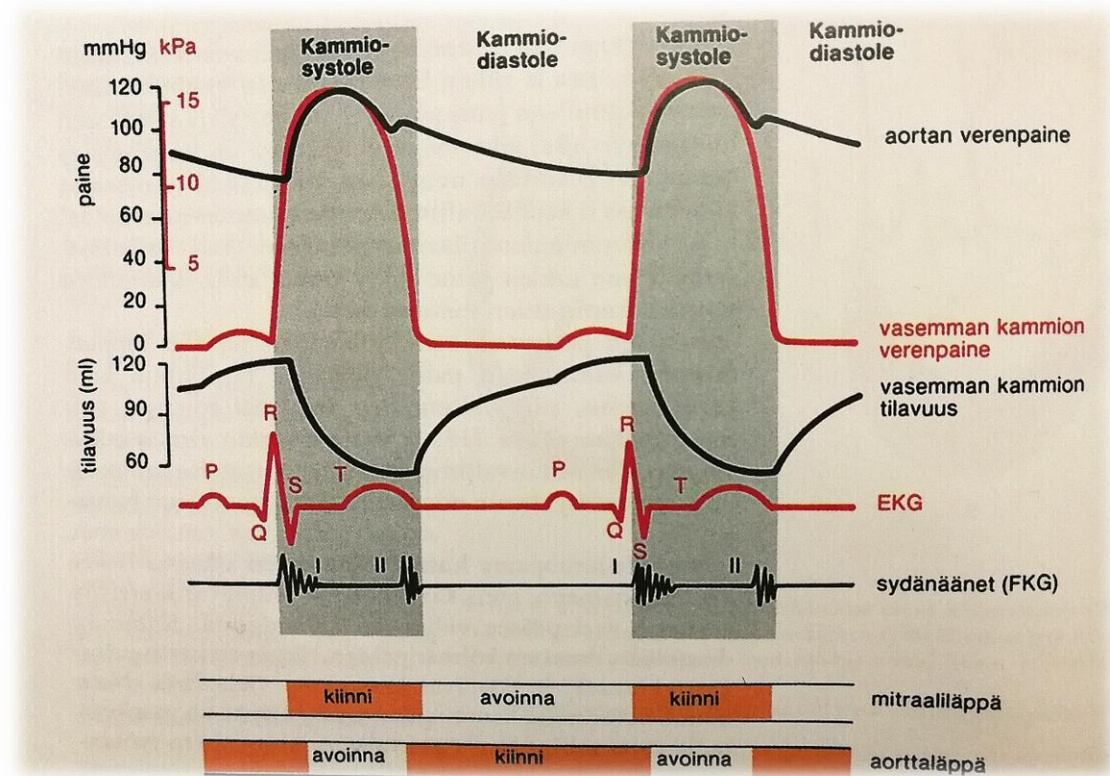
Sinussolmukkeesta yleensä alkunsa saava impulssi eli aktiopotentiaali kulkee sydänlihassoluista rakentunutta johtojärjestelmää pitkin sydämen eri puolille. Sähköisen ärsyksen synnyttämisestä ja kuljettamisesta vastaa siis pieni, mutta tärkeä osa sydänlihassoluista. Johtoratajärjestelmään kuuluu sinussolmukkeen lisäksi eteisradat, eteis-kammiosolmuke, eteis-kammiokimppu ja sen haarat. Aktiopotentiaalit liikkuvat johtojärjestelmässä paljon nopeammin kuin muissa sydänlihaissoluissa. Täten impulssi purkautuu järjestelmää pitkin koko sydämeen ja leviää siitä normaaleihin sydänlihassoluihin, jolloin koko sydän supistuu. Sydämen sähköisyys perustuu sydänlihassolujen kalvojännitteeseen. Kalvojännite syntyy, kun solun sisällä ja ulkopuolella on sekä negatiivisesti natriumioneja että positiivisesti varautuneita kaliumioneja. Aktiopotentiaalin eli impulssin aiheuttava natrium-kalium-ioniliikenne mahdollistuu ionikanavia pitkin. (7, s. 68; 11, s. 146.)

Solun sähköinen toimintasykli koostuu kolmesta eri vaiheesta lepopotentiaalista, depolarisaatiosta ja repolarisaatiosta, jotka seuraavat toisiaan. Solun ollessa lepopotentiaalissa positiivisesti varautuneet kaliumionit pääsevät valumaan muutamia avoinna olevia kaliumkäytäviä pitkin solukalvon läpi solun ulkopuolelle negatiivisesti varautuneiden natriumionien sekaan. Ulkona ovat Natriumionit

eivät mahdu samoja käytäviä pitkin sisään tasoittamaan syntyvää varauseroa. Näin ollen solun ulkopuolelle syntyy kaliumionien ansiosta positiivinen ja vastaavasti sisälle negatiivinen varaus. Lepopotentiaali vaihtuu depolarisaatioksi, kun aktiopotentiaalin lähtiessä solukalvoon avautuu natriumkäytäviä. Varaus erosta johtuen natriumioneja vyöryy avoinna olevia kanavia pitkin solun sisään, niitä on aluksi ulkona enemmän, kuin sisällä. Syntyy käänteispotentiaali, kun Solun sisällä ollut negatiivinen varaus muuttuu positiiviseksi. Ionikäytävät reagoivat herkästi jännitteen muutoksiin. Siksi vieressä olevat käytävät avautuvat myös, jolloin impulssi siirtyy solukalvoa pitkin. Repolarisaatiossa natriumkäytävät menevät kiinni, mutta kaliumkäytäviä aukeaa, jolloin kaliumionit tunkeutuvat ulos. Tästä johtuen solunsisäinen varaus tulee uudestaan negatiiviseksi. (7, s. 70.)

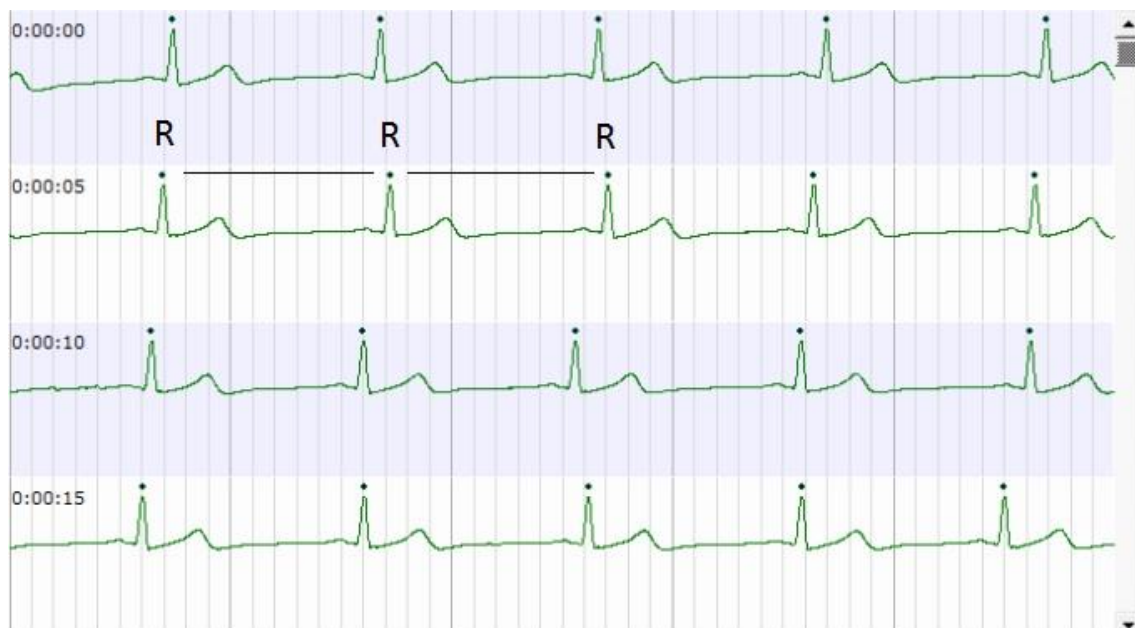
2.5 Sydämen sähköimpulssit ja EKG

EKG (elektrokardiografia) eli sydänfilmi on yksi eniten käytetyistä tutkimuksista. Sen avulla sydämen toiminnasta saadaan monipuolista tietoa. Se ei aiheuta mitattavalle henkilölle vaaraa. EKG mittaa pieniä sähköimpulsseja, jotka säätävät sydämen supistumista. (Kuva 3.) EKG:ssä ihmisen ihoon kiinnitetään elektrodia, joilla pystytään huomaamaan ihon päältä pieniä sähkövirtauksia. Mittauksen avulla voidaan piirtää käyrä, josta voidaan nähdä sydämen toimintaa. Käyrästä voidaan tulkita, esiintyykö mitattavalla koehenkilöllä sydämen rytmihäiriötä tai sydänlihaksen hapenpuutetta. EKG:llä pystytään lisäksi selvittämään johtumishäiriöitä, sydämen kuormittumista sen eri osissa sekä sydämen koon muutoksia. EKG-mittauksessa käytetään yleensä 12 eri kanavaa, joista puolet mittaa sähköimpulsseja raajoista ja puolet rinnasta. EKG-käyrien muoto riippuu elektrodien sijainnista, joten siksi niiden paikat ovat määritelty tarkasti. Elektrodipaikkojen tarkka standardointi helpottaa käyrien tulkitsemista. (11, s. 147–148; 12.)



KUVA 3. Sydämen vasemman puolen supistumisen ja palautumisen kierto EKG:ssä (7, s. 196.)

EKG:stä löytyvä QRS-kompleksi on kuvaus sydämen lyönnistä, joka syntyy, kun sydän sähköisesti aktivoituu (kuva 4). HRV (Heart rate variability) eli sykeväli-vaihtelumittauksessa mitataan peräkkäisten sydämenlyöntien välistä aikaa. Tarkemmin sanottuna se tapahtuu mittaamalla R-R-intervalleja eli sitä, kuinka kauan aikaa kuluu R-aallosta seuraavaan R-aaltoon, ja vertaamalla peräkkäisten R-aaltojen aikoja. Sydämen sykevälivaihteluun vaikuttaa ikä, perintötekijät, vartalon asento, vuorokaudenaika ja ihmisen terveydentila. Kuvaan 4 on merkattu R-piikit ja niistä muodostuvat R-R-intervallit. (5.)



KUVA 4. Kuvaan merkattu R-R-intervalleja, jotka ovat mitattu Faros 180 -laitteella

Peräkkäisten R-piikkien aikojen vertaamisella voidaan selvittää mitattavan henkilön terveydentilaa ja kuntoa. Stressistä kärsivän henkilön peräkkäisten R-aaltojen aika pysyy samana. Vastaavasti, kun ihminen on terve ja hyväkuntoinen, peräkkäisten R-piikkien aika vaihtelee. Silloin se on alttiimpi reagoimaan rasitukseen. (5.)

3 SALIBANDY

Suomessa salibandy on lajina jalkapallon jälkeen harrastetuin joukkuepeli. Kilpasalibandyä pelataan suorakulmion muotoisella pelikentällä, jonka mitat ovat 20 x 40 m. Pelikenttää ympäröi kansainvälisen Salibandyliiton hyväksymä kulumistaan pyöristetty kaukalo. Salibandykentän pintamateriaalina käytetään synteettistä mattoalustaa tai parkettia. Salibandymaalit ovat kooltaan 115 x 160 cm ja maalivahdin alue, jossa vain maalivahti saa olla, on kooltaan 1 x 2,5 m. Maaleja ja maalivahdin aluetta ympäröi maalialue, joiden sisällä maalivahdit saavat pelata kädellään. Ne ovat kooltaan 4 x 5 m. Peli-aika on riippuvainen sarjajärjestelmästä. Korkeimpien sarjatasojen otteluissa peli-aika on 3 x 20 min tehokasta peli-aikaa. Tehokkaassa peliajassa pelikello pysäytetään jokaisesta pelikatkosta. Pelikatkoja aiheutuu vastustajan rikkeistä, pallon mennessä kaukalon yli ja erän päättyessä. (3, s. 21.)

Tässä opinnäytetyössä salibandyn pelaajaa mitattiin pelissä, jossa peli-aika oli tehokasta. Salibandypelissä kentällä pelaa vastakkain kaksi joukkuetta, joilla molemmilla saa olla kerrallaan viisi kenttäpelaajaa ja yksi maalivahti. Jos maalivahti otetaan pois, saa kentällä olla kuusi kenttäpelaajaa. Viralliseen salibandyotteluun saa joukkue nimetä 20 pelaajaa, jotka merkitään pöytäkirjaan. Pelin aikana pelaajia saadaan vaihtaa vapaasti, mutta vaihtojen tulee tapahtua kentälle menneessä ja poistuessa joukkueen omalla vaihtoalueella, joka on molemmilla joukkueilla 10 metriä leveä. Salibandyä pelataan mailalla, joka on valmistettu muovista, lasikuidusta ja muista synteettisistä materiaaleista, kuten hiilikuidusta. Pelissä on pelivälineenä mukana yksi pallo, joka on painoltaan 23 grammaa ja läpimitaltaan 72 millimetriä. Siinä on 26 reikää ja virallisia värejä ovat ainoastaan valkoiset, punaiset ja vaaleankeltaiset pelipallot. (3, s. 21–25.)



KUVA 5. Salibandykenttä Helsingin Hartwall Areenassa (13)

4 MITTALAITTEET

4.1 Faros-laite ja käyttötarkoitus

Tässä opinnäytetyössä mittalaitteena käytettiin Faros 180 -laitetta (kuva 6). Laitteella voidaan mitata ihmistä monipuolisesti ja turvallisesti. Se mittaa ihoon kiinnitettävien anturien avulla EKG:tä, HRV:tä ja kiihtyvyyttä. Näiden mittausten avulla voidaan selvittää kehon stressitilaa, palautumista ja hyvinvointia. Mittausten avulla saadaan nopeasti tietoa ihmisen kunnosta ja voinnista. Laitteen tekevät mittaukset jäävät talteen HRV-Scanner-ohjelmaan, jossa mittaustuloksia voidaan tarkastella ja analysoida.



KUVA 6. Faros 180

Faros 180 on kooltaan pieni, kevyt ja helppokäyttöinen. Sen ulkomitat ovat 48 x 29 x 12 mm ja se painaa 13 g. Malli on väriltään musta-punainen ja pintamateriaaleina on käytetty muovia ja kumia. Laitteen lataaminen tapahtuu mini-USB-portin kautta ja akun lataamisessa täyteen kuluu aikaa yksi tunti. Laitteella mitaaminen tapahtuu kytkemällä mini-USB-porttiin kaapeli, jossa on kaksi anturia.

Faros180 on CE- ja FDA 510(k) -luvut saanut luokan IIa lääkinällinen laite.
(14.)

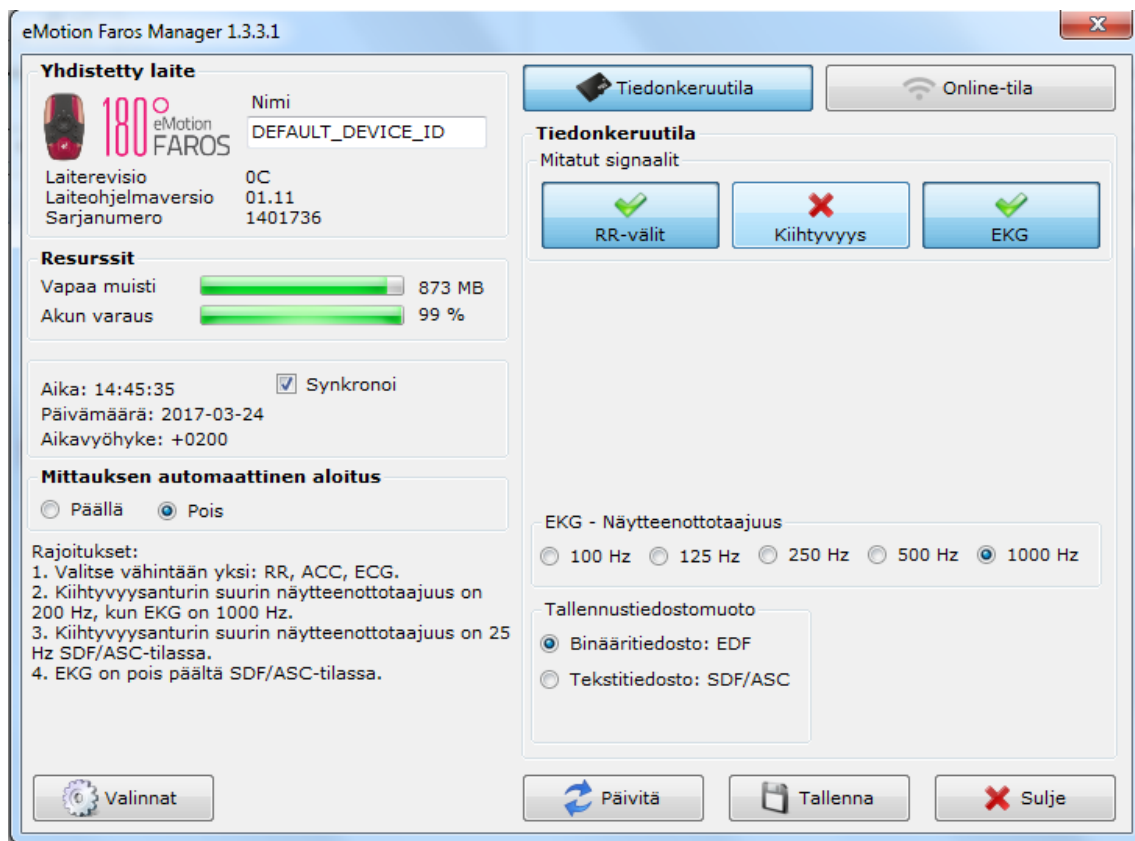
4.2 Esimerkkimittaukset ja kytkennät

4.3 Testimittaus Faros 180

Laitteen alustaminen mittaukseen:

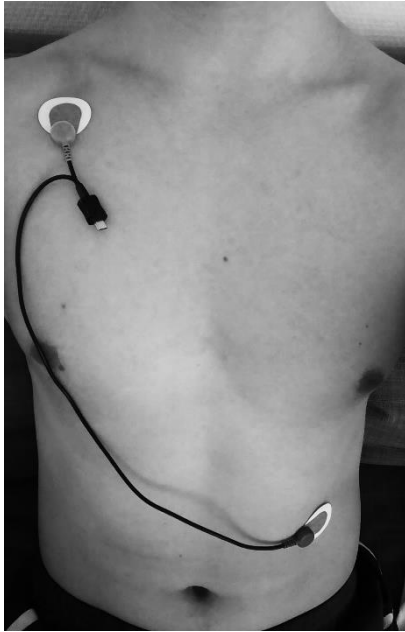
1. Valitaan oma tietokone
2. Valitaan Faros 180
3. Valitaan eMotion Faros Manager 1.3.3.1
4. Valitaan EmotionFarosManager.

Neljannen kohdan jälkeen avautuu näkymä, jossa laite alustetaan mittaukseen. (Kuva 7.) Laite voidaan alustaa Online-tilaan tai Tiedonkeruu-tilaan. Ne eroavat toisistaan siten, että Online-tilassa mittaus käynnistetään ja suljetaan Bluetooth-yhteyden avulla tietokoneelta. Tiedonkeruu-tilassa Faros 180 irrotetaan tietokoneesta ja mittaus kytketään alkamaan Faros 180 -laitteen päältä painamalla virtapainiketta kerran. Kun mittaus halutaan lopettaa, kytketään se pois painamalla samasta painikkeesta uudestaan. Tiedonkeruutilassa ei voi seurata mitausta ja henkilön fysiologisia toimintoja reaaliajassa, kuten Online-mittauksessa. Tulokset saadaan vasta, kun laite kytketään uudestaan tietokoneeseen.



KUVA 7. Faros 180 -laitteen alustaminen mittaukseen

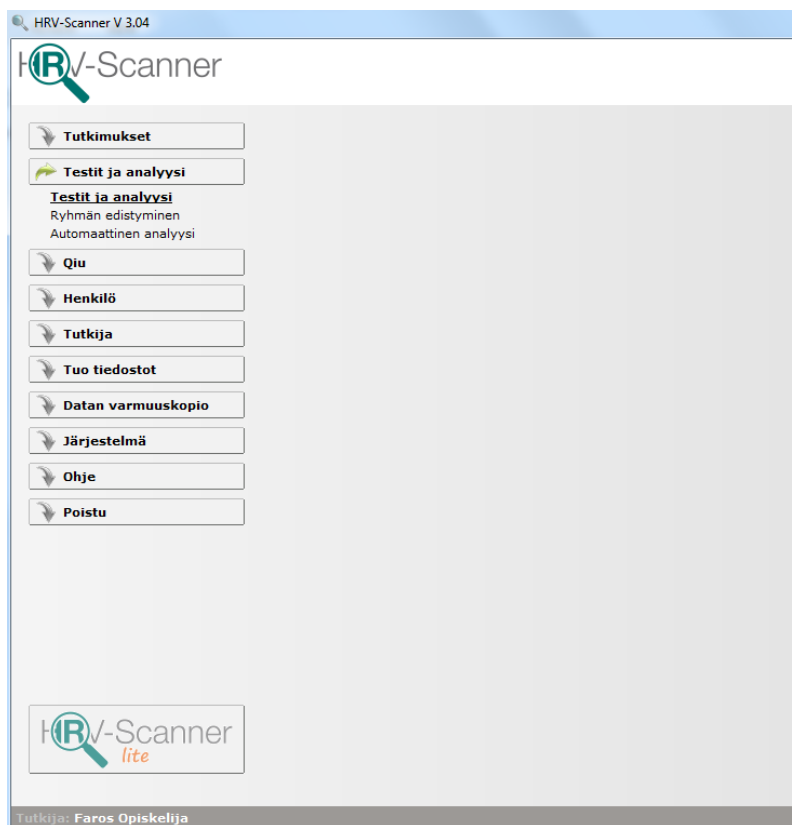
Testimittaus jatkui valitsemalla mitattavat ominaisuudet. Kiihtyvyyttä ei Faroksen testimittauksessa valittu, koska testin tavoitteena oli laitteen toimintaperiaatteen sisäistäminen. EKG-mittauksen näytteenottotaajuudeksi valittiin 1000 Hz, eli näytteitä haluttiin otettavan 1000/sekunti. Etukäteen oli tiedossa, että kun tiedonkeruutilassa tehty mittaus on muodossa EDF, pystytään se avaamaan HRV-Scanner-ohjelmassa. HRV-Scanner on tietokoneohjelma, jossa tehdään Faros-laitteilla Online-mittauksia ja analysoidaan Tiedonkeruutilassa ja Online-mittauksissa kerättyjä mittaustuloksia. Tallennusmuodoksi valittiin EDF ja painettiin tallenna painiketta. Sitten siirryttiin kiinnittämään pienet Faros-laitteen kanssa yhteensopivat elektrodit (kuva 8). Testin aikana istuttiin kaksi minuuttia paikallaan.



KUVA 8. Elektrodienn kiinnityspaikat

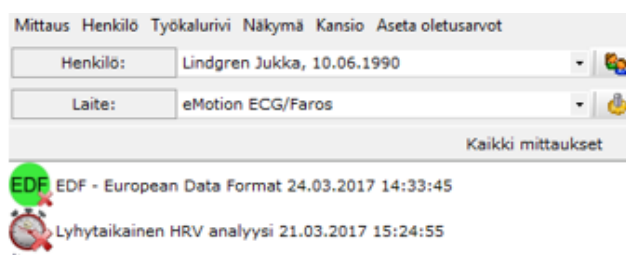
Mittaustulosten hakeminen tapahtui seuraavasti:

1. Aukaistiin tietokoneelta ohjelma HRV-Scanner.
2. Valittiin Testit ja Analyysi.
3. Valittiin alle avautuvista vaihtoehtoista Testit ja Analyysi. (Kuva 9.)



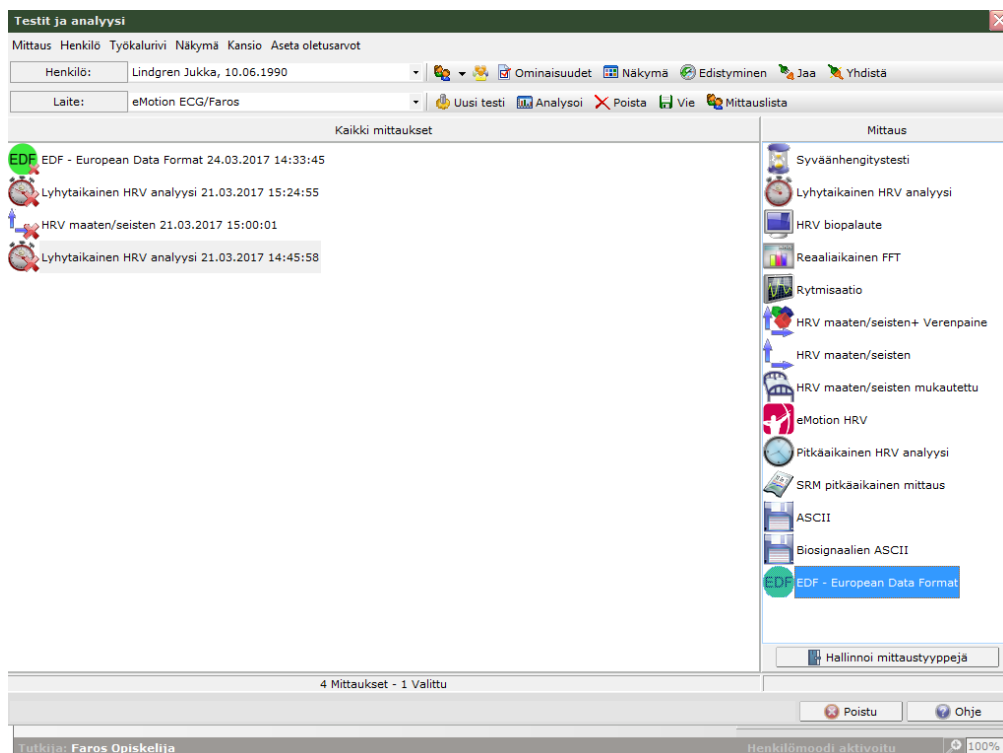
KUVA 9. Kuvakaappaus HRV-Scanner -ohjelmasta

4. Seuraavaksi täytyi valita testihenkilö. (Kuva 10.)



KUVA 10. Testihenkilön valitseminen

5. Henkilövalinnan jälkeen ohjelma päivitti näkymän ja näytti aikajärjestyksessä koehenkilölle suoritettut mittaukset.
6. Tiedonkeruu-tilassa tehdyt mittaukset näkyivät EDF-etuliitteellä, joka tulee sanoista European Data Format. (Kuva 11).



KUVA 11. Testihenkilölle tehtyt mittaukset

7. Tiedot tallennettiin EDF-muotoon.
8. Mittaustulosten tarkastelu tapahtui valitsemalla viimeisin mittaus ja painamalla sen jälkeen Analysoi-painiketta.
9. Mittaustulosten tarkastelu tapahtui valitsemalla viimeisin mittaus ja painamalla sen jälkeen Analysoi-painiketta.

4.4 Testimittaustuloksien tarkastelu

Analysointi painikkeen jälkeen avautui näkymä, josta voidaan tarkastella mittaustuloksia (Kuva 12). Ylhäällä näkyi testin EKG koko mittauksen ajalta. Siinä esiintyivät sydämen lyönneistä muodostuvat QRS-kompleksit. Ohjelma merkkasi myös pisteellä R-aallon. Näistä peräkkäisistä R-piikeistä muodostuu käsite RR-intervalli. RR-intervalleja vertaamalla voidaan selvittää mitattavan henkilön terveydentilaa ja kuntoa. Stressistä kärsivän henkilön peräkkäisten R-aaltojen aika pysyy samana. Vastaavasti kun ihminen on terve ja hyväkuntoinen, peräkkäisten R-piikkien aika vaihtelee. Silloin se on alttiimpi reagoimaan rasitukseen.

(5.)

EKG:n alla näkyi sykkeen muutokset mittauksen ajalta. 20 sekunnin ajalta syke on ollut hieman yli 50. Skaalaa voidaan muuttaa oikealta kohdasta Skaalaus Syke. Koska syke on ollut aika matalalla testin ajan, voidaan maksimia hieman laskea 200:sta 70:een, jolloin sykkeen tarkastelu onnistui paremmin.



KUVA 12. Testimittausdatan tarkastelu HRV-Scanner-ohjelmassa

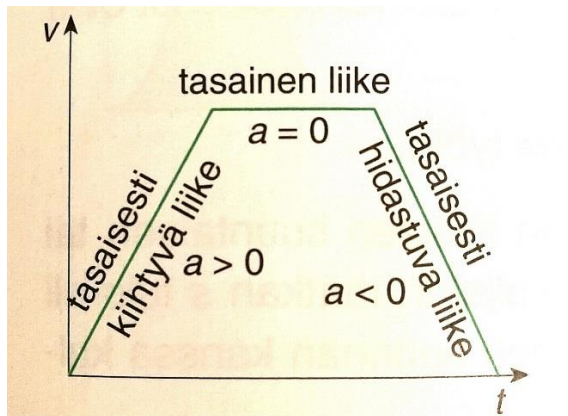
4.5 Fysiikka, kiihtyvyys ja sen mittaaminen

Urheilun mahdollisuudet perustuvat mekaniikan lakeihin, joten urheilun suhde fysiikkaan on todella konkreettinen. Urheilu ja siinä esiintyvä ilmiömaailma antaa paljon eri fysiikan sovelluskohtia monelta eri fysiikan alueelta. Erityisesti mekaniikan lakeja tarkastelemalla voidaan ymmärtää fysiikan merkitys urheilu-suoritusten onnistumiselle. Salibandysta löytyy lukuisia osa-alueita, joissa kussakin fysiikka voi merkitä mittaamista, kvantitatiivista esittämistä, lakien tuntemusta, teoreettista selittämistä ja mallintamista sekä tieteellistä tutkimus- ja kehitystyötä. Fysiikkaa voidaan siis salibandyssä soveltaa lukuisiin eri kohteisiin,

kuten palloon, mailaan, ilmanvastukseen, peliasuun, sisäpelikenkiin, maaleihin, verkkoihin, pelialustoihin, harjoitteluun ja pelaajien koordinaation ja kunnon seuraamiseen. (15, s. 90–91.)

Mekaniikan osa-alueessa kinematiikassa tutkitaan kappaleiden liikkeitä, kuten nopeutta ja kiihtyvyyttä. Tasaisessa liikkeessä nopeus ei muutu ja tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä kiihtyvyys on joka hetki sama. Salibandya pelatessa pelaajan liike muodostuu kiihtyvästä liikkeestä ja hidastuvasta liikkeestä. Yhteisnimitys näille liikkeille on muuttuva liike. (16, s. 15.)

Nopeus ja kiihtyvyys ovat vektorisuureita, joiden suunta ilmoitetaan merkeillä + tai –. Kuvassa 13 liikkeen alkukohtana on origo. (17, s. 45.)



KUVA 13. Nopeus ajan funktiona sekä kiihtyvyys a (17, s. 45.)

Faros 180 -laitteen sisään on rakennettu kiihtyvyyssanturi. Kiihtyvyyden mittaaminen on mahdollista, kun laitetta alustaessa mittaukseen valitaan kiihtyvyys mitattavaksi ominaisuudeksi. (Kuva 14.)

Tiedonkeruutila

Online-tila

Tiedonkeruutila
 Mitatut signaalit

✓ RR-väli

✓ Kiihtyvyys

✓ EKG

Kiihtyvyyssanturi - Näytteenottotaajuus
☐ 10 Hz ☐ 50 Hz ☐ 200 Hz
☐ 25 Hz ☐ 100 Hz ☒ 400 Hz

Kiihtyvyyssanturi - Dynaaminen alue
☐ ± 2 g ☒ ± 8 g
☐ ± 4 g ☐ ± 16 g [1 g = 9.81 m/s²]

EKG - Näytteenottotaajuus
☐ 100 Hz ☐ 125 Hz ☐ 250 Hz ☒ 500 Hz ☐ 1000 Hz

Tallennustiedostomuoto
☒ Binääritiedosto: EDF
☐ Tekstitiedosto: SDF/ASC

Päivitä

Tallenna

Sulje

KUVA 14. Mitattavien ilmiöiden valitseminen mittaukseen

5 URHEILIJAN SUORITUSKYVYN MITTAAMINEN

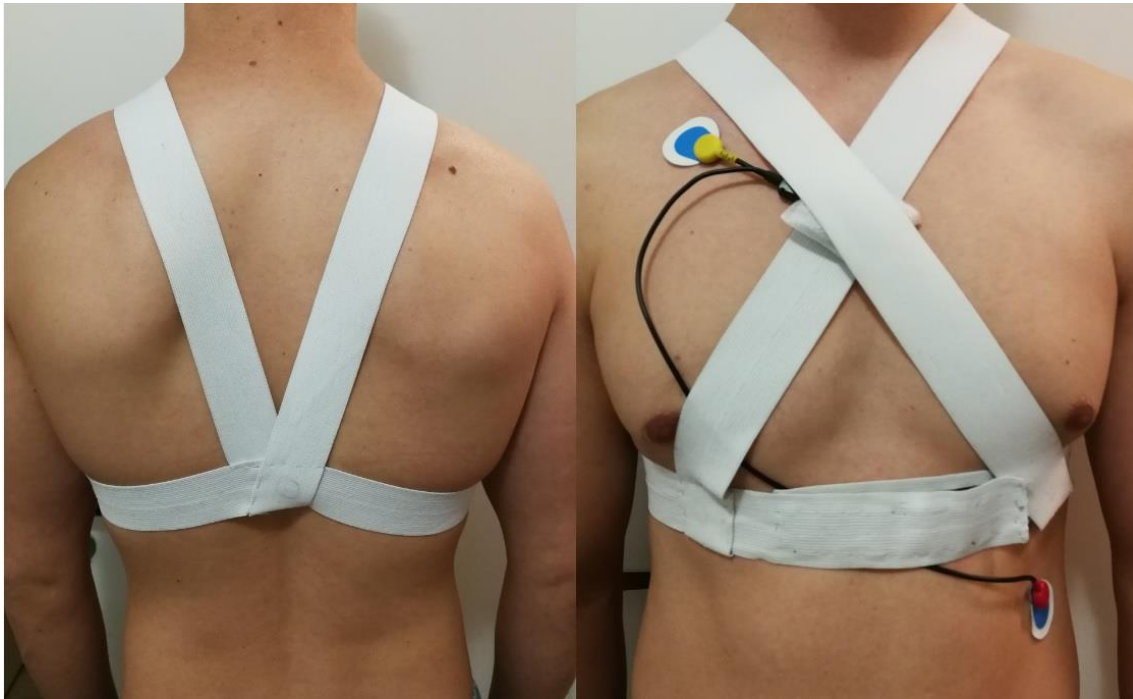
5.1 Salibandypelaajan mittaushaaste

Opinnäytetyön aiheeksi valikoitui salibandypelaajan mittaaminen. Tavoitteena oli mitata pelaajan kiihtyvyyttä ja sykettä sekä analysoida kiihtyvyyden vaikutusta sykkeeseen. Laitteeksi valikoitui Faros 180 -laite, koska se oli tilanteeseen sopiva mittauslaite ja se oli Oulun ammattikorkeakoululta lainattavissa. Opinnäytetyö välineistöön kuului myös kannettava tietokone, jossa oli Faros-laitteeseen kuuluva HRV-Scanner-ohjelma, kaksi kappaletta mittauskaapeleita ja napoihin kiinnitettäviä mittauslätkiä. Tuloksia analysoitiin HRV-Scanner-, Microsoft Excel- ja Matlab-ohjelmissa.

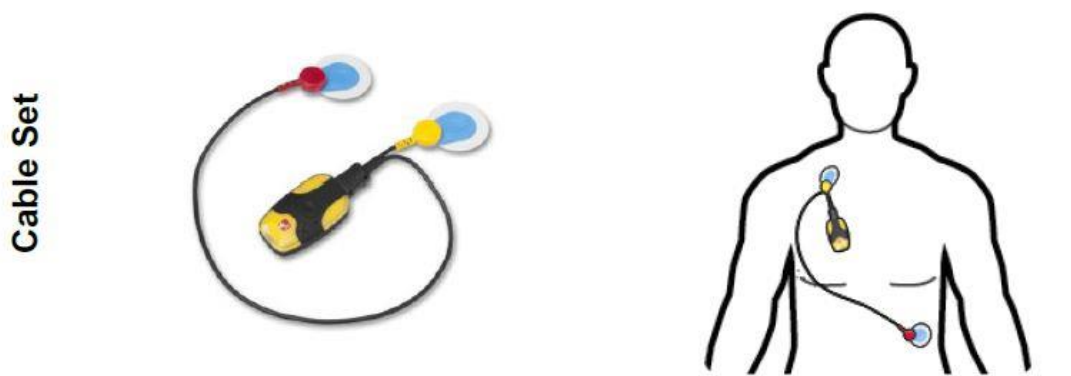
Ensimmäinen ratkaistava asia oli Faros-laitteen kiinnittäminen mahdolliseen koepelaajaan, koska Oulun ammattikorkeakoululta ei löytynyt Faros-laitteeseen sopivaa sykevyötä. Kiinnitystavassa täytyi ottaa huomioon pelaajan mahdollisesti hikoava iho, salibandypelaajan nopeat suunnanmuutokset ja mahdolliset pelissä tulevat kontaktit koepelaajan ja vastustajien välillä.

5.2 Mittauslaitteen kiinnitys ja koemittauksen järjestäminen

Mittaustilannetta varten luotiin leveästä kuminauhakankaasta salibandyyn sopivat valjaat, joiden avulla Faros-laite ja sen kaapeleiden päässä olevat elektrodit saataisiin pysymään koepelaajassa kiinni (kuva 15). Kiinnitys tehtiin Faros 180:n käyttöohjeen mukaisesti (kuva 16).



KUVA 15. Valjailla kiinnitetty Faros 180



KUVA 16. Faros 180 -laitteen käyttöohjeessa näytetty laitteen kiinnitysohje

Tavoitteiden hahmottamisen ja Faros 180 -laitteen toimintaperiaatteen sisäistämisen jälkeen työ eteni koehenkilön ja koemittauksen järjestämiseen. Koepeelaaja löytyi paikallisesta salibandyjoukkueesta. Koemittauksilanne sovittiin joukkueen seuraaviin harjoituksiin 15.3.2017. Faros-laite ja valjaat kiinnitettiin koe-

pelaajalle ennen harjoituksia ja annettiin olla harjoitusten loppuun asti. Mittausdataa kertyi ajallisesti reilun tunnin verran. Koemittauksen tavoitteena oli, että Faros-laite pysyy vauhdikkaassa pelaajassa kiinni, valjaat eivät häiritse pelaajan pelaamista, Faros-laite toimii ja dataa pelaajasta saadaan ulos. Koemittaus onnistui ja sen tavoitteet täyttyivät. Pelaajan kanssa sovittiin, että mittauslaite ja valjaat laitettaisiin seuraavassa pelissä 18.3.2017 pelaajaan kiinni.

5.3 Salibandypelaajan fyysisen suorituskyvyn mittaus

Mittaustilanteessa Faros-laite ja valjaat kytkettiin pelaajaan kiinni samoin kuin koemittaustilanteessa. Samalla, kun mittaus aloitettiin, laitettiin sekuntikello käyntiin. Tämä siksi, että muistiinpanoihin voitiin merkata aikaleimoja pelaajan liikkeistä. Tämä helpottaisi suurta datamäärää analysoitaessa. Pelaajan keskittyminen peliin huomioitiin aloittamalla mittaus ennen joukkueen yhteistä pelipalaveria ja alkulämmittelyä. Pelin aikana pelaajan vaihdoista erien aikana tehtiin muistiinpanoja. Peli kuvattiin ja sain videomateriaalin heti pelin jälkeen käyttööni.

Koko mittaustilanne sisälsi pelipalaverin, alkulämmön, kolme erää ja jatkoajan. Mittaus oli myös käynnissä erätauoilla. Mittausdataa kertyi yli neljä tuntia. Pelin jälkeen laitetta pois ottaessa pelaaja kertoi, että ainakin toinen kaapeleiden päässä sijaitsevasta ihoon kiinnitettävästä elektrodista oli irronnut kesken kolmannen erän. Hieneritys kolmannessa erässä oli elektrodissa olevalle liimalle ja sen päälle kiinnitettävälle urheiluteipille liikaa. Tämä oli yksi syy siihen, että mitaustulosten analysointi kohteeksi otettiin juuri ensimmäinen vaihto, koska mitauslaite oli siinä hyvin kiinni.

6 MITTAUSTULOKSET JA ANALYSOINTI

Mittausdataa kertyi erittäin runsaasti, mikä johtui mittaustilanteesta. Kyseessä oli nuorten SM-sarjan ottelu, jossa mitattiin 1. kentällisen keskushyökkääjää. Ottelussa, joka kolmannen erän jälkeen venyi jakoajalle asti, kertyi mitattavalle pelaajalle yhteensä 33 vaihtoa. Tässä raportissa analysoidaan vaihdoista ensimmäistä. Faros 180 mittasi ottelun ajan RR-välejä, kiihtyvyyttä ja EKG:tä. Faros 180 -laite alustettiin mittaukseen laittamalla EKG:n näytteenottotaajuudeksi 500 Hz, Kiihtyvyysanturin näytteenottotaajuudeksi asetettiin 100 Hz, ja kiihtyvyysanturin dynaamiseksi alueeksi valittiin ± 8 . Mittauksen jälkeen saadut mitausdatat purettiin laitteesta tietokoneelle ja niitä analysoitiin HRV-Scanner-, Matlab- ja Excel-ohjelmissa. Jotta pelin kiihtyvyyttä pystyttiin analysoimaan tarkemmin, täytyi Matlab-ohjelman avulla laskea ensimmäisen vaihdon RMS (Root Mean Square) -arvo eli neliöllinen keskiarvo.

6.1 Ensimmäisen vaihdon RMS-kiihtyvyyden muutokset

Mitattava pelaaja oli keskushyökkääjä, joten hän oli ennen tuomarin vihellystä kyykistyneenä aloitukseen. Kuvassa 17 näkyy numeroituna RMS-kiihtyvyyksien muutokset, joihin analysoinnissa viitataan.



KUVA 17. Kiihtyvyyden muutokset ensimmäisessä vaihdossa

Kahden sekunnin kohdalla näkyy kuvassa pieni nousu, joka tulee siitä, että pelaaja kyykistyy nopeasti aloitukseen. Kolmannen sekunnin kohdalla tuomari vihelsi pelin alkaneeksi. Sen jälkeen tuli ensimmäinen kiihtyvyydspiikki, kun pelaaja aloituksen hävittyään siirtyi takaperin omalle hyökkäysalueen puolustuspai-
kalleen.

Toinen kuvaan merkitty kiihtyvyys tuli siitä, että mitattava pelaaja antoi painetta vastustajan pallolliselle pelaajalle, ettei tämä saisi syötettyä palloa rauhassa eteenpäin. Hän siis ottaa muutaman tehokkaan juoksuaskeleen, jarruttaa ja pa-
laa takaperin takaisin omalle paikalleen.

Noin 14 sekunnin kohdalla ja kiihtyvyydessä numero neljä pelaaja reagoi välit-
tömästi, kun vastustajan puolustajalta epäonnistui syöttö peliä rakentaessa.
Syötön epäonnistuessa pelaaja oli pallostä n. 10 metrin päässä. Pallo kimpoili
vastustajan kahden puolustajan lapojen kautta heidän vaihtoaitionsa lähetyville.

(Kuva 18.) Mitattava pelaaja kiihdytti vapaana olevaan palloon, josta muodostui vaihdon ensimmäinen huippukiihtyvyyssarvo 2061 mG.

Kohdassa 5 pelaaja pääsi palloon ensimmäisenä, aloitti jarruttamisen ja pallon suojaamisen. Mitattava pelaaja ajautui pallon kanssa kulmaan vastustajan puolustaja selässään.

KiihtyvyySpiikki 6 tuli vaihdon ensimmäisestä ja ainoasta harhautuksesta. Pelaaja oli lähdössä maalin taakse, mutta tekikin suunnanmuutoksen nopeasti kääntymällä laidan kautta ja syötti pallon omalle puolustajalle lähelle keskivii-vaa. Kohdassa 7 on kaksi kiihtyvyyttä. Ne syntyivät puolustajan pitäessä edel-leen palloa ja mitattavan pelaajan hakiessa paikkaa.

Kohdassa 8 pelaaja sai pallon vastustajan vaihtoaition edessä, mutta syötti sen heti poikittain (kentän halki) toiselle puolustajalle. Sitten mitattava pelaaja juok-see poikittain kentän halki puolustajaa auttamaan. Tämän jälkeen vastustaja rikkoi puolustajaa, tuomari vihelsi pilliin ja vaihto päättyy. Mitattava pelaaja yh-dessä muiden kanssa hölkkäsi vaihtoon.

Kohdassa pelaaja 9 on mennyt laidan yli vaihtoon ja siirtyy istumaan vaihtopen-kille odottamaan seuraavaa vaihtoa.



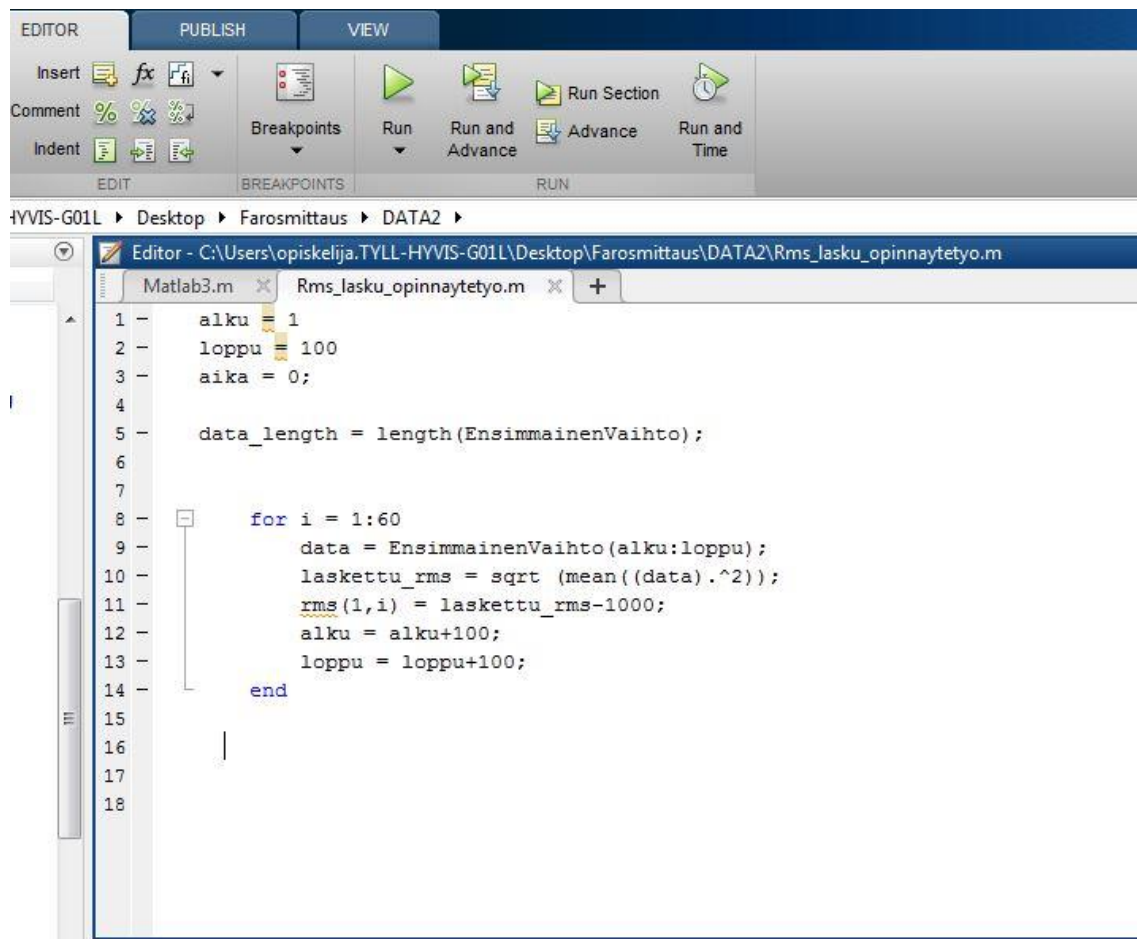
KUVA 18. Mitattavan pelaajan kiihdytys vapaana olevaan palloon

Pelin kiihtyvyyssdataa käsiteltiin Matlab-ohjelmassa, jossa koko pelin yli miljoonasta kiihtyvyyssarvosta kiihtyvyydet rajattiin EnsimmäinenVaihto-muuttujaan. Siinä oli yksi rivi ja 6000 saraketta. Aktiivinen vaihto, jossa peli oli käynnissä, kesti noin 33 sekuntia. Dataa kuitenkin rajattiin 60 sekunnin ajalta, että kiihtyvyyden muutos ja sykkeen muutos saadaan havainnollistettua vaihdon loppumisen jälkeen. Kiihtyvyyden näytteenottotaajuus oli 100 Hz eli sekunnissa otettiin 100 kiihtyvyyssarvoa. Ennen koodin ajamista kiihtyvyydet käännettiin Matlab-ohjelmassa transpose -komennolla muotoon 6000 riviä ja yksi sarake, jotta kiihtyvyyksille voitaisiin laskea RMS-arvo. Liitteessä 1 on enemmän esimerkkejä Matlab-ohjelmassa käytetyistä komennoista.

```
>> Vaihto1Kiihtyvyys = KiihtyvyysSumma(1:1,618000:624000);
>> EnsimmäinenVaihto = transpose(Vaihto1Kiihtyvyys);
```

Tämän jälkeen tehtiin koodi, jotta voitaisiin poistaa häiriöt ja kiihtyvyyden muutoksia olisi helpompi tarkastella. Koodissa laskettiin RMS-kiihtyvyys ja RMS-kiihtyvyydestä vähennettiin maanvetovoima vähentämällä kiihtyvyyssarvoista 1000. (Kuva 19.) Koodissa otetaan silmukkaan aina 100 arvoa (yksi sekunti)

vaihdon alusta loppuun ja lasketaan niille RMS-arvo. Kun koodi on ajettu läpi, löytyy RMS-muuttujasta yksi rivi ja 60 saraketta, eli RMS-kiihtyvyys joka sekunnille



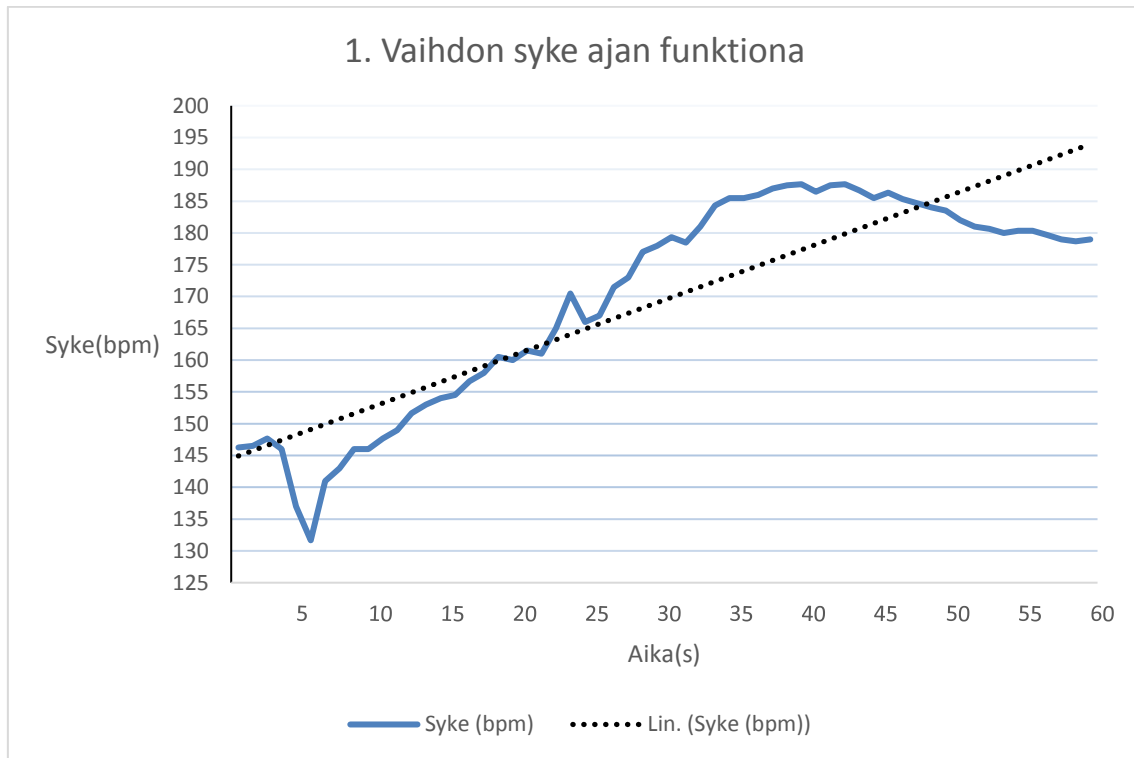
KUVA 19. RMS-kiihtyvyyden laskeminen Matlab -ohjelmassa

6.2 Sykkeen kehittyminen ensimmäisen vaihdon aikana

Sykedatoja ei tarvinnut laskea. Sykedatat avattiin HRV-Scanner -ohjelmassa ja tallennettiin sieltä ASCII-tiedostona tietokoneen työpöydälle, josta ne poimittiin Microsoft Excel -ohjelmaan.

Sykearvo oli 145 lyöntiä/min ennen tuomarin vihellystä pilliin. keskushyökkääjä oli silloin juuri kyykistyneenä aloitukseen. Aika korkeaa sykearvoa (145 lyöntiä/min) selittää se, että pelaajat olivat juuri juosseet kentälle ja ottivat lämmittelykiihdytyksiä ennen pelin alkamista. Syke nousi aika tasaisesti läpi vaihdon.

Kun vaihto loppui 33 sekunnin kohdalla, se jatkoi vielä nousuaan, mutta pelaajan siirtyessä vaihtopenkille istumaan, se lähti laskemaan. Ensimmäisen vaihdon maksimisyke 188 lyöntiä/min mitattiin 38 sekunnin kohdalla. Näytteenotto-taajuus sykkeelle oli 500 Hz ja sykkeen keskiarvo vaihdon ajalta oli 167 lyöntiä/min.



KUVA 20. Sykkeen muutokset ensimmäisessä vaihdossa

6.3 Sykkeen ja kiihtyvyyden korrelointi

Kun ensimmäisen vaihdon RMS-kiihtyvyyden muutokset ja sykkeen kehittymisen laitetaan samaan kuvaajaan, nähdään kuinka syke reagoi hieman jäljessä kiihtyvyyden muuttuessa (kuva 21).



Kuva 21. Kiihtyvyyden vaikutukset mitatun pelaaja sykkeeseen

Syke kasvaa, kun on kiihtyvyyttä. Aloituksen jälkeen (kuvassa 21, kohta 4–6s) tuleva kiihtyvyys on noin kaksi sekuntia sykkeen reagointia edellä. Kiihtyvyyden huippulukema tulee noin 23 sekunnin kohdalla ja sykehuippu vasta noin 38 sekunnin kohdalla. Sykehuipun aikaan pelaaja oli noin 5 m vaihtoaitiosta, hölkäämässä vaihtoon, ja peli on vihelletty vastustajan rikkeen vuoksi 5 sekuntia aiemmin poikki. (Kuva 22.)



KUVA 22. Hetki, jolloin syke on korkeimmillaan

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön aiheena oli salibandypelaajan mittaushaaste. Tavoitteena oli mitata pelaajan kiihtyvyyttä ja sykettä, sekä selvittää kiihtyvyyden vaikutus sykkeenkehitykseen. Tuloksia saatiin kiihtyvyydestä koko pelin ajalta, mutta EKG:n elektrodin irtoaminen aiheutti sen, että tuloksia päädyttiin analysoimaan ensimmäisestä erästä. Kaikista ensimmäisen erän vaihdoista saatiin kiihtyvyys analysoitua ja piirrettyä kuvaajaksi. Myös kiihtyvyyden ja sykkeen muutokset saatiin liitettyä samaan kuvaajaan, joten salibandypelaajan kiihtyvyyden vaikutus sykkeen kehitykseen saatiin havainnollistettua ja työlle asetetut tavoitteet saatiin täyttymään.

Ongelmana heti opinnäytetyön aloitettua oli mittauslaitteen kiinnitys mittaustilanteessa. Koska sykevyötä ei ollut käytettävissä, päädyttiin ratkaisuun, jossa Faros 180 kiinnitettiin leveästä kuminauhasta tehdyillä valjailla, jotka ommeltiin heti aloituspalaverin jälkeisinä päivinä. Valjaista tuli hyvät ja istuvat. Ne eivät häirineet salibandyn pelaamista ja laite pysyi koemittauksessa hyvin pelaajan yllä koko harjoituksen ajan.

Testimittaus oli vain reilun tunnin mittainen ja mitattiin pelaajan harjoituksissa. Varsinaisessa mittauksessa, joka suoritettiin pelissä, pelaaja hikoili enemmän ja mittauksen kesto oli noin neljä tuntia. Mittaus sisälsi aloituspalaverin, alkulämmittelyn ulkona ja pelikentällä, pelin kolme erää ja jatkoajan sekä loppuverryttelyn. Toinen kahdesta laitteen EKG-elektrodeista irtosi kolmannen erän alkupuolella. Syynä siihen oli liian kova hieneritys. Vaikka elektrodissa oli vahva kiinnityspinta ja päälle laitettiin vielä varmistusteippaus, irtosivat molemmat. Kyseessä oli alemman elektrodin kiinnitys, joka tulee navasta vasemmalle kylkeen kiinni. Salibandy on nopea laji, jossa tulee suunnan muutoksia ja kiertoja keskivartalolle. Kiertoja ja ihon venytyksiä tulee varsinkin laukauksissa ja mailaa muuten liikuttaessa.

Mittaustuloksia analysoidessa HRV-Scanner-ohjelmalla oli epäily, voiko laitteella mitata luotettavasti salibandypelaajaa. EKG-data oli ajoittain erittäin häiriöistä hetkistä, jolloin pelaaja on liikkunut kentällä. Salibandypelissä tulee voi-

makkaita lihasjännityksiä rintakehälle sekä keskivartalolle mailan käytöstä ja pelaajan suunnanmuutoksista. EKG:ssä havaitaan ihon pinnalta sydämen sähkövirtauksia. Sydämen sähkövirtauksien tunnistaminen vaikeutui huomattavasti, kun mukaan tuli lihasjännityksiä. Mielenkiintoista olisikin nähdä, miten muuttuu EKG-data, kun laite on kiinni sykevyössä. EKG-paita voisi olla ratkaisu kovaa hieneritystä ja lihasjännityksiä vastaan (kuva 23). EKG-paidassa löytyisi useampi elektrodi ja se voitaisiin laittaa pelipaidan alle pelin ajaksi.



KUVA 23. EKG-paita, jonka on kehittänyt talk2myShirt (15)

8 POHDINTA

Salibandypelaajan kiihtyvyyttä, EKG:tä ja sykettä oli mielenkiintoista analysoida. Aiheesta löytyisi paljon jatkossa tutkittavaa. Varsinkin kiihtyvyyden muutoksia olisi mielenkiintoista vertailla eri pelaajien välillä. Koko joukkueesta voisi selvittää kellä pelaajalla on korkein huippukiihtyvyyssarvo pelin aikana ja onko se puolustajalla vai hyökkääjällä. Yhden pelaajan kiihtyvyyssarvoja voisi vertailla seuraavissa tilanteissa: pelaaja vaihtaa vanhat sisäpelikengät uusiin, kiihtyvyyssarvojen muuttuminen pelinaikana, loukkaantumisen vaikutus kiihtyvyyteen sekä huippukiihtyvyys erot runkosarjan ensimmäisen ja viimeisen pelin kesken. Kiihtyvyyssarvojen eroavaisuuksia voisi myös analysoida eri sarjatasojen välillä ja eri pelialustojen (esim. parketin ja taraflex-maton) välillä. Mielenkiintoista olisi myös vertailla kahden eri kiihtyvyyttä mittaavan laitteen mittaustuloksia, jotka on mitattu yhtä aikaa samasta koehenkilöstä.

Koko opinnäytetyöprosessi oli haastava ja sisälsi erittäin paljon uusia asioita. Minulle oli luontevampaa ja mielekkäämpää sosiaalisessa mittaustilanteessa toimiminen ja mittauksen suorittaminen, kuin sen analysointi ja siitä kirjoittaminen. Hankaluuksia oli tavoitteissa kiinni pysyminen, koska mittausdataa oli erittäin paljon, joten tutkittavaa sekä analysoitavaa oli runsaasti. Prosessin läpi vieminen vei minua pois omalta mukavuusalueeltani ja selkeytti oman tekemisen vahvuuksia sekä heikkouksia. Pidän ryhmä- ja parityöskentelyssä toimimisesta, koska se on minulle luontevaa ja ajatukseni kulkevat silloin selkeämmin. Kun joudun yksin hallitsemaan näin laajaa kokonaisuutta, on se todella raskas ja suuri haaste. Kokemus Matlab-ohjelman käytöstä oli vähäistä, joten mittaustulosten analysointiin meni paljon aikaa, mutta sen käyttöön tutustuminen toi arvokasta kokemusta tärkeästä ohjelmatyökalusta. Raportin kirjoitusprosessi vei eniten aikaa opinnäytetyössä ja oli selvästi työn laajin osa-alue.

Opinnäytetyö oli pääosin yksin työskentelyä ja ajoittain ongelmien ratkaisut veivät päiviä ja jopa viikkoja. Ongelmien ratkominen ja uusiin asioihin perehtyminen kehitti ongelman ratkaisukykyäni ja taisteluasennetta minulle hankalien asioiden ratkaisemisessa. Prosessi antoi kokemusta mittaustilanteisiin valmistau-

tumisesta, mittaustilanteessa toimimisesta, ihmisen fysiologiasta ja mittausdatan analysoimisesta. Kun opinnäytetyötä suunniteltiin, oli yhtenä tavoitteena tämän työn lisäksi tehdä ohjevideo Faros-laitteiden ja HRV-Scanner -ohjelman käyttöön, mutta jo aikaisessa vaiheessa huomattiin, että sille ei jäisi aikaa. Kirjoitusvaihe viivästytti opinnäytetyön valmistumista ja sen ajallisia valmistumistavoitteita useaan kertaan jouduttiin siirtämään.

Salibandypelaajan kiihtyvyys oli minulle uusi ilmiö. Ennen mittauksia ja tulosten analysointia minulla ei ollut tietoa, miltä salibandypelaajan kiihtyvyys näyttäisi. Tämän prosessin jälkeen olen paljon valmiimpi toimimaan vastaavanlaisissa tilanteissa ja ymmärtämään, mitä tulosten analysointiin vaaditaan sekä minkälaisia haasteita liittyy onnistuneen mittaustilanteen läpiviemiseen.

LÄHTEET

1. Keskinen, Kari L – Häkkinen, Keijo – Kallinen, Mauri 2007. Kuntotestauksen käsikirja, 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen Seura ry.
2. Mero, Antti – Nummela, Ari – Keskinen, Kari – Häkkinen, Keijo 2004. Urheilvalmennus: kuormitusfysiologiset, ravintofysiologiset, biomekaaniset ja valmennusopilliset perusteet. Lahti: VK-Kustannus Oy.
3. Korsman, Jyri – Mustonen, Jouko 2011. Salibandyn käsikirja. EU: UNIpress
4. Anttila, Seppo – Roponen, Toni 2008. Kaikki hiihdosta: tekniikka, välineet ja harjoittelu. WSOY: Jyväskylä.
5. Sykevälivaihtelu(HRV). Polar. Saatavissa:
https://support.polar.com/fi/tuki/Sykevalivaihtelu_HRV . Hakupäivä 18.5.2017.
6. Jaakkola, Kaisa 2012. Hormonitasapaino: opas energiseen elämään. EU: Tammi.
7. Nienstedt, Walter – Hänninen, Osmo – Arstila, Antti – Björkqvist, Stig-Erik 2014. Ihmisen Fysiologia ja Anatomia, 18. uudistettu painos. Helsinki: WSOY.
8. Verenkierto ja lymfakierto. Oma Terveys Oy. Saatavissa:
<http://www.terve.fi/sydan-ja-verisuonitaudit/verenkierto-ja-lymfakierto>. Hakupäivä 11.12.2017.
9. Syväne, Mikko 2014. Sydämen rakenne. Suomen sydänliitto ry. Saatavissa: <http://www.sydan.fi/terveys-ja-hyvinvointi/sydamen-rakenne>. Hakupäivä 11.12.2017.
10. Sydämen läpät ja veren kierto 2008. Duodecim Terveyskirjasto. Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=ldk00246. Hakupäivä 11.12.2017.

11. Leppäluoto, Juhani – Kettunen, Raimo – Rintamäki, Hannu – Vakkuri Olli – Vierimaa, Heidi – Lätti, Sole 2013. Anatomia ja fysiologia - Rakenteesta toimintaan, 3. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
12. Mustajoki, Pertti – Kaukua, Jarmo 2008. Rasitus-EKG. Duodecim Terveyskirjasto. Saatavissa: http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=snk03212 Hakupäivä: 5.12.2017
13. Superfinaalin lipunmyynti alkaa 11. syyskuuta. 2016. Salibandyliitto. Saatavissa: <http://salibandy.fi/uutiset/huippu-urheilu-uutiset/superfinaalin-lipunmyynti-alkaa-11-syyskuuta/>. Hakupäivä 6.12.2017.
14. Bittium. Faros-laite. Saatavissa: https://www.bittium.com/products_services/medical/bittium_faros. Hakupäivä 18.5.2017.
15. Kurki-Suonio, Kaarle – Kurki-Suonio, Riitta 1994. Fysiikan merkitykset ja rakenteet. Helsinki: Limes Ry
16. Hautala, Mikko – Peltonen, Hannu 2007. Insinöörin (AMK) Fysiikka OSA 1, 8.painos. Saarijärvi: Lahden Teho-Opetus Oy.
17. Lehto, Heikki – Luoma, Tapani 2008. Fysiikan kertauskirja. Helsinki: Tammi.
18. talk2myShirt. Saatavissa: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/5958>. Hakupäivä 11.12.2017

EDF –tiedoston aukaisu (edf read -koodilla ja edfreadUntilDone)

```
edfread("17-18-20.edf")
```

```
ans.transducer
```

```
ans
```

```
edfread("17-18-20.edf")
```

```
ans.units
```

```
edfread("17-18-20.edf")
```

```
ans.records
```

```
edfread("17-18-20.edf")
```

```
ans.physicalMin
```

```
ans.physicalMax
```

```
edfread("17-18-20.edf")
```

```
ans.units
```

```
edfread("17-18-20.edf")
```

```
clear all
```

```
edfread("16-19-11.edf")
```

```
load("16-19-11.edf")
```

edfreadUntilDone -koodi

```
edfreadUntilDone("16-19-11.EDF")
```

```
[hdr,record] = edfread();
```

```
[hdr,record] = edfread(16-19-11.EDF);
```

```
[hdr,record] = edfread("16-19-11.EDF");
```

```
hdr.units
```

```
[hdr,record] = edfread("16-19-11.EDF");
```

Kuvaajan piirto (Koko mittaus)

```
plot(0:1:size(record,2),record(1,:))
```

```
plot(0:1:size(record,2)-1,record(1,:))
```

Kiihtyvyyksien laskeminen yhdeksi muuttujaksi

```
kiihtyvyyssumma = record(2:2,1:end)+record(3:3,1:end)+record(4:4,1:end);
```

```
plot(0:1:size(kiihtyvyyssumma,2)-1,kiihtyvyyssumma(1,:))
```

```
kiihtyvyyssum-
```

```
ma=sqrt(record(2:2,1:end).^2+record(3:3,1:end).^2+record(4:4,1:end).^2);
```

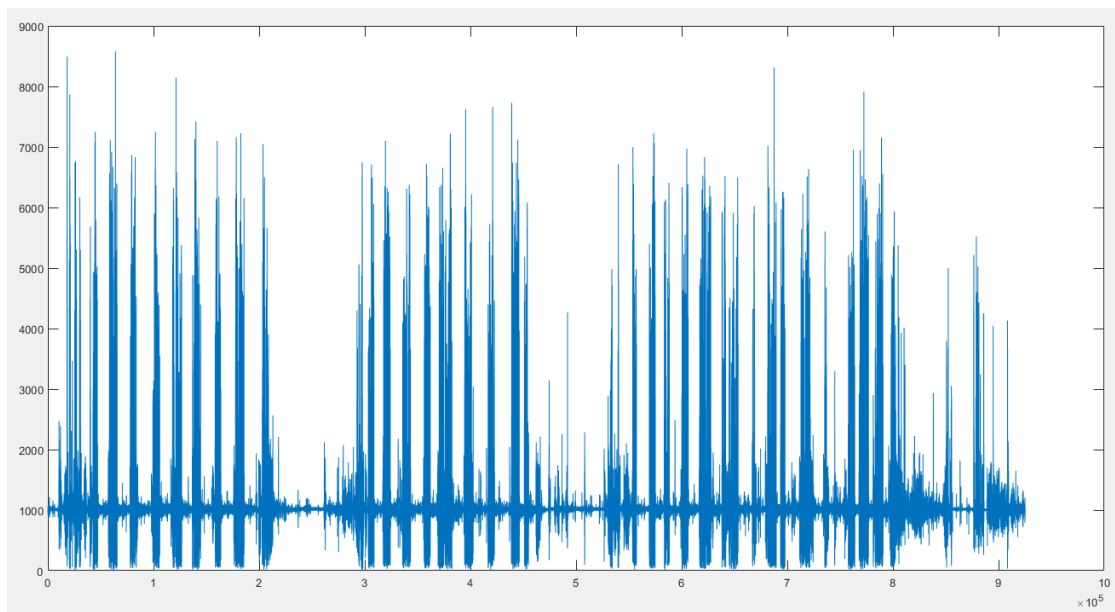
```
plot(0:1:size(kiihtyvyyssumma,2)-1,kiihtyvyyssumma(1,:))
```

Pelin kiihtyvyyden rajaaminen

```
>> kiihtyvyyssummaPeli = kiihtyvyyssumma(5.757e+05:1.501e+06);
```


Kuvaajan piirtäminen

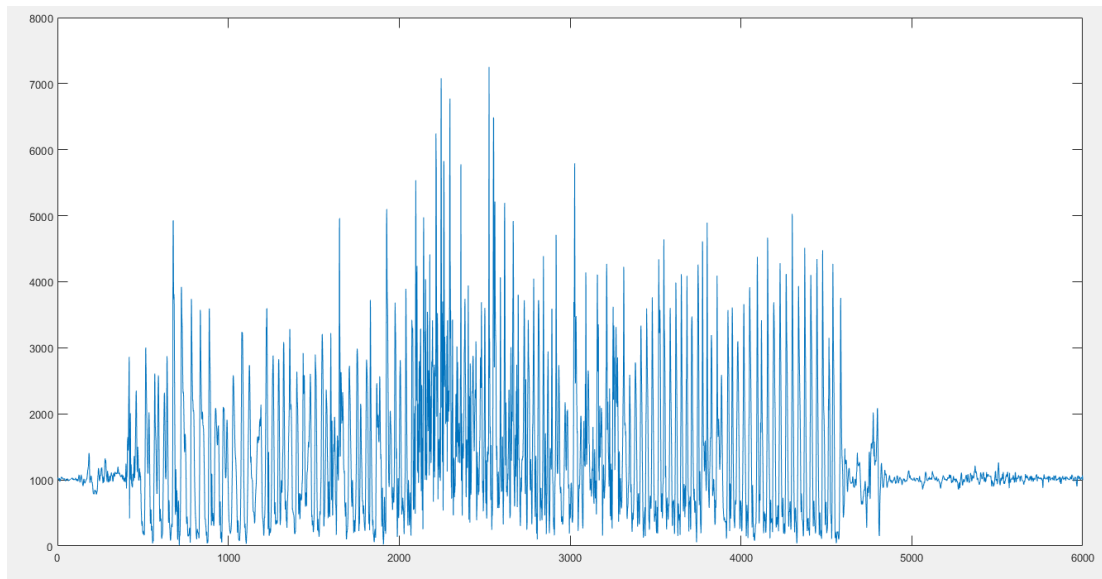
```
>> plot(0:1:size(kiihtyvyyssummaPeli,2)-1,kiihtyvyyssummaPeli(1,:))
```



Vaihdon suodattamaton kiihtyvyyss

```
>> vaihto1Kiihtyvyyss = kiihtyvyyssumma(1:1,618000:624000);
```

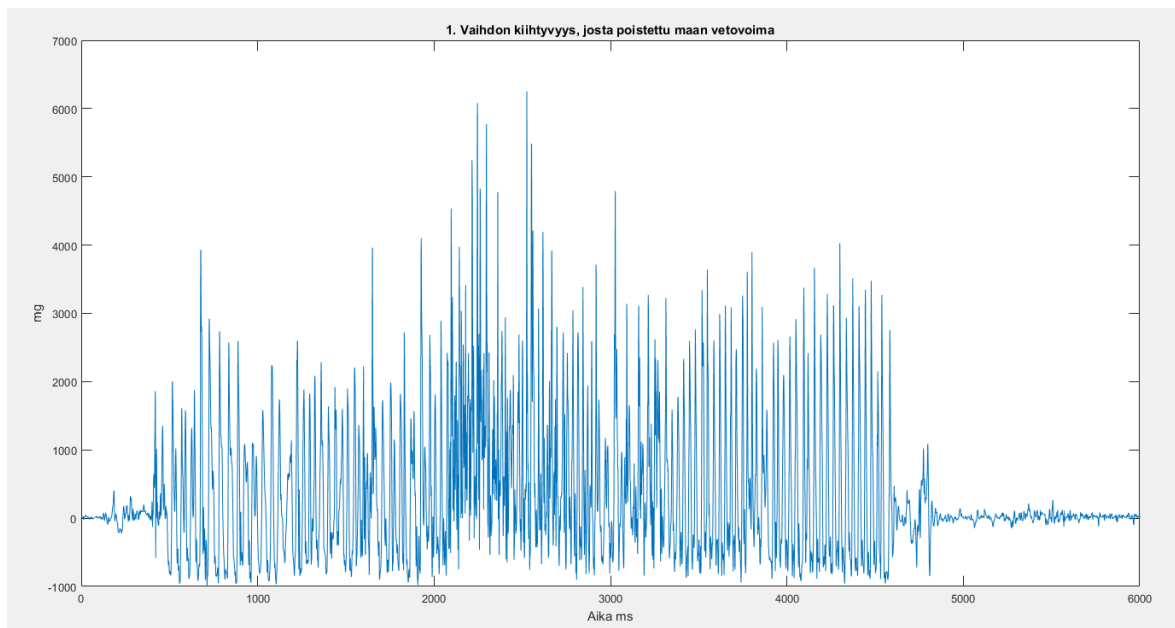
```
>> plot(0:1:size(vaihto1Kiihtyvyyss,2)-1,vaihto1Kiihtyvyyss(1,:))
```



Maan vetovoiman poisto ja kuvaaja

```
>> Vaihto1 = (vaihto1Kiihtyvyys - 1000);
```

```
>> plot(0:1:size(Vaihto1,2)-1,Vaihto1(1,:))
```



Vaihto 1

```
>> Vaihto1Kiihtyvyys = KiihtyvyysSumma(1:1,618000:624000);
```

```
>> EnsimmäinenVaihto = transpose(Vaihto1Kiihtyvyys);
```

Ensimmäisen vaihdon kiihtyvyys (rms)

Vaihto1

```
alku = 1  
loppu = 100  
aika = 0;  
  
data_length = length(EnsimmäinenVaihto);  
  
for i = 1:60  
    data = EnsimmäinenVaihto(alku:loppu);  
    laskettu_rms = sqrt(mean((data).^2));  
    rms(1,i) = laskettu_rms-1000;  
    alku = alku+100;  
    loppu = loppu+100;  
end
```

Skripti ajetaan ja tulostetaan kuvaaja ensimmäisen vaihdon rms-kiihtyvyyksistä (rms-muuttujasta)

