

**EKG-elektrodimallien vertailu
Firstbeat Hyvinvointianalyysi
-mittauksissa
Firstbeat Technologies Oy**

Miro Vesala

Opinnäytetyö
Marraskuu 2016
Tekniikan ja liikenteen ala
Insinööri (AMK), hyvinvointiteknologian tutkinto-ohjelma

Tekijä(t) Vesala, Miro-Matti	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Marraskuu 2016
	Sivumäärä 63	Julkaisun kieli Suomi
		Verkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi EKG-elektrodimallien vertailu Firstbeat Hyvinvointianalyysi -mittauksissa		
Tutkinto-ohjelma Hyvinvointiteknologia		
Työn ohjaaja(t) Tomi Nieminen, Matti Siistonen		
Toimeksiantaja(t) Firstbeat Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Firstbeat on kehittänyt edistyksellisen sykevälvaihteluun perustuvan analyysimenetelmän ja terveys- ja hyvinvointiteknologian alan kasvaessa on Firstbeatin pyrittävä vastaamaan myös kasvaviin asiakasvaatimuksiin. Firstbeat on kasvanut nopeasti ja se on jo nyt tunnettu yritys hyvinvointiteknologian alalla. Firstbeatilla on ollut vaikeuksia löytää käyttöönsä Hyvinvointianalyysi –mittauksiin EKG-elektrodimallia, joka olisi kaikilta ominaisuuksiltaan hyvä. Firstbeat halusi aiheesta tutkimuksen, sillä EKG-elektrodit ovat merkittävässä asemassa Hyvinvointianalyysi –mittauksissa. Opinnäytetyön toimeksiantona oli kartoittaa markkinoiden paras EKG-elektrodimalli Firstbeatin käyttöön. Työn tavoitteena oli löytää paras EKG-elektrodimalli niin ihoärsyttävyyden, kiinnipysyvyyden kuin käyttömukavuuden näkökulmista Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksiin.</p> <p>Elektrodeja tutkittiin kahdella erillisellä tutkimuksella. Molemmissa tutkimuksissa tutkittiin kyselylomakkeilla elektrodimallien ihoärsyttävyyttä, kiinnipysyvyyttä sekä käyttömukavuutta. Esitutkimuksessa tutkittiin 15 erilaista elektrodimallia, jotka kartoitettiin markkinoilta Firstbeatin kanssa yhteistyössä määriteltyjen kriteerien perusteella. Esitutkimuksen aineisto analysoitiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä, ja tulosten perusteella päätutkimukseen valittiin kolme parhaiten arvostettua EKG-elektrodimallia. Molemmissa tutkimuksissa jokainen koehenkilö testasi jokaista mukaan valittua EKG-elektrodimallia. Myös päätutkimusten aineisto analysoitiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä.</p> <p>Tutkimuksen tuloksien pohjalta voitiin suositella tilastollisesti merkitsevästi parempaa uutta EKG-elektrodimallia Firstbeatin käyttöön. Kendall H92SG –elektrodimalli osoittautui tutkimuksessa tilastollisesti merkitsevästi parhaaksi vaihtoehdoksi jokaisessa mitatussa muuttujassa. Vaihtamalla tässä tutkimuksessa parhaaksi todettuun EKG-elektrodiin Firstbeat pystyy parantamaan Hyvinvointianalyysin käyttäjäkokemusta merkittävästi.</p>		
Avainsanat (asiasanat)		
EKG-elektrodi, elektrodit, Firstbeat Hyvinvointianalyysi, ihoärsyttävyyys, kiinnipysyvyys, käyttömukavuus		
Muut tiedot		

Author(s) Vesala, Miro-Matti	Type of publication Bachelor's thesis	Date November 2016 Language of publication: Finnish
	Number of pages 63	Permission for web publication: x
Title of publication Comparison of ECG-electrodes in Firstbeat Lifestyle Assessment measurements Possible subtitle		
Degree programme Degree Programme in Wellness Technology		
Supervisor(s) Nieminen Tomi, Siistonen Matti		
Assigned by Firstbeat Technologies Oy		
Abstract <p>Firstbeat Technologies Oy is a software company from the field of wellness technology. Firstbeat have developed sensational analysis method to measure people's heart-rate-variability (HRV). Firstbeat is growing fast as a company, and it's already well-known in the field of health and wellbeing technology. Wellness technology is growing fast nowadays and also Firstbeat must develop it's products as a respond for the growing markets. Firstbeat needed new research about ECG-electrodes because electrodes are at the key role during Firstbeat Lifestyle Assessment measurements. An assignment for thesis was to find out best possible ECG-electrode for Firstbeat's measurements. The main goal for this thesis was to survey the best ECG electrode for Firstbeat's use by comparing skin irritation, skin contact and user experience.</p> <p>ECG-electrodes were investigated by two different kind of research. Both studies researched ECG-electrodes skin irritation, skin contact and wear comfort. The feasibility study surveyed features of 15 different ECG-electrodes that were selected by in advance defined criterias. Feasibility study's results were analyzed by one-way analysis of variance and on the grounds of the results 3 different kind of ECG-electrodes were chosen to the main study. Each subject tested all of the studied ECG-electrodes in both studies. Also the results of the main study were analyzed by one-way analysis of variance.</p> <p>As a result this thesis can recommend new ECG-electrode with statistically significantly better lower skin irritation and better user experperince for Firstbeat's use. Kendall H92SG – electrode proved as a best ECG-electrode in all of the measured features. Firstbeat can significantly improve Lifestyle Analysis user experience by starting to use Kendall H92SG – electrode.</p>		
Keywords/tags (subjects) ECG-electrode, electrodes, Firstbeat Lifestyle Assessment, skin irritation, skin contact, wear comfortability		
Miscellaneous		

Sisältö

1	Johdanto.....	3
2	Firstbeat Hyvinvointianalyysi	4
	2.1 Firstbeat Technologies Oy	4
	2.2 Firstbeat Hyvinvointianalyysi	5
	2.3 Firstbeat Hyvinvointianalyysin fysiologinen tausta.....	6
	2.4 Sykevälivaihtelun mittaaminen ja analysointi.....	10
3	EKG-elektrodit	13
	3.1 EKG-elektrodit Hyvinvointianalyysissa	13
	3.2 EKG-elektrodien toiminta.....	14
	3.3 Firstbeatin käyttämät EKG-elektrodit	15
	3.4 EKG-elektrodien ominaisuudet	19
	3.4.1 Ihoärsyttävyys.....	20
	3.4.2 Kiinnipysyvyys	22
	3.4.3 Käyttömukavuus	24
4	Tutkimuksen tavoitteet	26
5	Tutkimuksen toteutus	28
	5.1 EKG-elektrodin kriteerien määrittely ja markkinakartoitus.....	28
	5.2 Esitutkimus	29
	5.3 Pääitutkimus.....	31
	5.3.1 Koehenkilöt.....	31
	5.3.2 Tutkitut elektrodimallit.....	32
	5.3.3 Menetelmät ja muuttujat	34
	5.3.4 Aineiston analysointi	35
6	Tutkimuksen tulokset.....	37
7	Pohdinta	42
	Lähteet.....	48
	Liitteet	52

Kuviot

Kuvio 1. Hyvinvointianalyysin stressi- ja palautumiskuvaaja	6
Kuvio 2. Sydämen sykevälivaihtelu	7
Kuvio 3. Sisäänhengityksen ja uloshengityksen vaikutus sykevälivaihteluun.....	7
Kuvio 4. Firstbeat Bodyguard 2	11
Kuvio 5. Kendall Arbo H34SG	16
Kuvio 6. Ambu Blue Sensor L-00-S	17
Kuvio 7. Fiab F9079	18
Kuvio 8. Customed Custo Sensitive	33
Kuvio 9. Covidien Kendall H92SG	33
Kuvio 10. Covidien Kendall Arbo H34SG	34

Taulukot

Taulukko 1. Elektrodimallien ominaisuuksien keskiarvot ja keskihajonnat (n=100) ...	37
Taulukko 2. Elektrodien kokonaispistemäärät.....	40
Taulukko 3. Tilastollisesti parhaat elektrodit mitatuilta ominaisuuksiltaan	41

1 Johdanto

Ihmisten huomio on kääntynyt viime vuosina yhä enemmän ja enemmän oman hyvinvoinnin ja terveyden seuraamiseen ja ylläpitämiseen. Terveysteknologian ala onkin kasvanut paljon viimeisten 20 vuoden aikana, ja sen voimakas kasvu on yltänyt uusiin ennätyksiin vuosi toisensa jälkeen. Terveysteknologia on noussut Suomen suurimmaksi korkean teknologian ventialaksi. (Terveysteknologia, 2016.)

Suuren kasvun taustalla vaikuttavia syitä on muun muassa uuden teknologian mahdollistaman biohakkeroinnin yleistyminen ihmisten keskuudessa (Terveysteknologia 2016). Biohakkereiksi kutsutaan ihmisiä, jotka mittaavat säännöllisesti itseään uuden teknologian avulla. Biohakkerit pyrkivät parantamaan omaa hyvinvointiaan, terveyttään ja suorituskykyään mittaamalla itseään. Mahdollisuus mitata oman elimistön toimintaa uudella kehittyneellä teknologialla on kasvattanut ihmisten kiinnostusta hyvinvointia ja jaksamista kohtaan, mikä on luonnollisesti avannut paljon erilaisia mahdollisuuksia terveys- ja hyvinvointiteknologian alan yrityksille. (Vesterinen 2015.)

Firstbeat Technologies Oy on yksi hyvinvointialan yritys, jonka kasvun mahdollistavana tekijänä on ollut ihmisten voimakkaasti kasvanut kiinnostus omaa terveyttä ja hyvinvointia kohtaan. Firstbeatin tuotteiden avulla saa helposti tarkkaa ja monipuolista tietoa kehon toiminnoista ja hyvinvoinnista. Firstbeatin tuotteilla saadaan lähes laboratoriotason mittaustarkkuus helposti ymmärrettävässä muodossa kaikkien ihmisten saataville. Muun muassa Firstbeatin kehittämä Hyvinvointianalyysi –palvelu on kasvanut nopeasti ja mittauksia tehdään jatkuvasti enemmän myös kansainvälisillä markkinoilla. (Työkalut hyvinvoinnin ammattilaisille n.d.)

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa kattava selvitys markkinoilta löytyvien EKG-elektrodien soveltuvuudesta käytettäväksi Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa. Tarve tutkimukselle tuli suoraan Hyvinvointianalyysin asiakkailta, jotka ovat kokeneet Firstbeatin nykyisten EKG-elektrodien aiheuttavan liikaa ihoärsytystä mittauk-

sien aikana. Firstbeatin oman tietokannan perusteella (2016) EKG-elektrodien aiheuttama ihoärsytys on toiseksi yleisin asiakaspalaute. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voisiko markkinoilta löytyä EKG-elektrodi, joka olisi parempi asiakkaan käyttökokemuksen perusteella kuin nykyisin käytetty EKG-elektrodimalli. Opinnäytetyön perusteella oli tarkoitus suositella parasta mahdollista EKG-elektrodia käytettäväksi Hyvinvointianalyysi -mittauksissa kiinnipysyvyyden ja ihoärsytyksen sekä kokonaisuuden perusteella.

2 Firstbeat Hyvinvointianalyysi

2.1 Firstbeat Technologies Oy

Firstbeat Technologies Oy on jyvaskyläläinen vuonna 2002 perustettu hyvinvointialan ohjelmisto- ja palveluyritys. Firstbeat on perustettu Kilpa- ja Huippu-urheilun Tutkimuslaitoksen (KIHU) sekä Jyvaskylän yliopiston tutkimustyön pohjalta. Firstbeatin taustalla on kansainvälinen huippuosaaminen monitieteellisesti monilta eri osa-alueilta. Firstbeatin tutkimustyön tuoman osaamisen myötä sydämen sykereaktioiden laboratoriotason mittaustarkkuus on saatu kaikkien ihmisten saataville helposti tulkittavassa muodossa. Firstbeatin kehittämä sykevälivaihteluun perustuvan laskennan avulla saadaan tarkkaa tietoa päivittäisestä stressin ja palautumisen suhteesta, yön unen laadusta ja riittävydestä, liikunnan terveys- ja kuntovaikutuksista sekä kokonaisvaltaisesti hyvinvointiin vaikuttavista osatekijöistä. (Firstbeat Tarina 2016.; Firstbeat Yritys 2016.)

Firstbeatin tuotteita on markkinoilla kolmella eri osa-alueella: hyvinvointi, huippu-urheilu ja kuluttajatuotteet. Firstbeat toimii yhteistyössä hyvinvoinnin ammattilaisten kanssa, erityisesti työhyvinvoinnin sekä kuntovalmennuksen alueilla. Firstbeat on kehittänyt harjoittelun seurantaan ja tehostamiseen suunniteltuja tuotteita lisäksi huippu-urheiluun, jossa sillä on asiakkaana yli 500 ammattilaisurheilujoukkueita ympäri maailmaa. Lisäksi Firstbeatin teknologiaa on monissa kuluttajatuotteissa, kuten

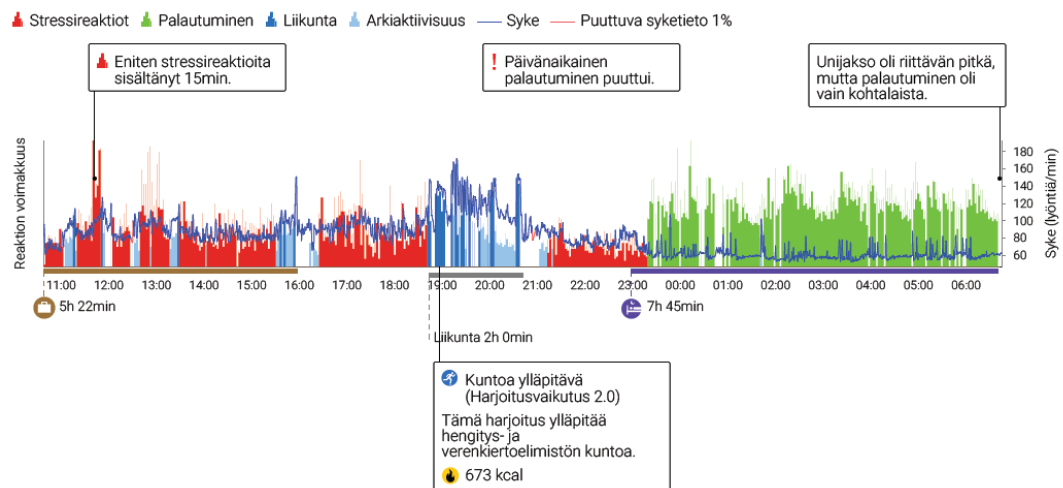
esimerkiksi Garminin, Suunnon ja Sony'n äly- ja urheilukelloissa. (Firstbeat Ratkaisut 2016.)

Firstbeat on saanut viime vuosina monia arvostettuja tunnustuksia ja palkintoja. Vuonna 2004 Firstbeat sai Tasavallan Presidentin myöntämän INNOSUOMI-palkinnon sekä vuoden teknologiayrityspalkinnon aloittavien teknologiayritysten joukossa. Firstbeat on saanut tunnustuksen myös parhaana yliopistopohjaisena startupina. Lisäksi Deloitteen omassa selvityksessä Firstbeat oli nopeiten kasvava suomalainen teknologiayritys vuosina 2007-2009. (Firstbeat Yritys 2016.)

2.2 Firstbeat Hyvinvointianalyysi

Firstbeatin kehittämä Hyvinvointianalyysi (ks. liite 1) on työkalu hyvinvoinnin ammatillisille ihmisten elämäntapojen ja niiden vaikutusten mittaamiseen ja todentamiseen. Hyvinvointianalyysin avulla voidaan arvioida ihmisten stressin ja palautumisen tasapainoa, unen laatua ja palauttavuutta sekä liikunnan terveys- ja kuntovaikutuksia. Hyvinvointianalyysin avulla on mahdollista löytää yksilölliset keinot palautua paremmin, hallita stressiä sekä liikkua itselleen sopivalla tavalla riittävästi. Hyvinvointianalyysin avulla on mahdollista tunnistaa ja ehkäistä pitkäaikaista kuormitusta eli niin sanottua haitallista stressiä. (Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability 2014.)

Hyvinvointianalyysi perustuu sydämen toimintaan, erityisesti sydämen sykevälivaihteluun ja siihen vaikuttaviin tekijöihin. Firstbeatin kehittämä ohjelmisto pystyy tunnistamaan sykevälivaihtelun avulla erilaisia fysiologia tiloja ihmisen elimistössä, kuten esimerkiksi stressi- tai palautumisreaktioita. Liikuntasuoritusten teho ja kuormittavuus pystytään lisäksi arvioimaan sykkeiden ja hapenkulutuksen avulla, ja sen perusteella voidaan sanoa, millaiset olivat liikunnasta saadut terveys- ja kuntovaikutukset. Hyvinvointianalyysin mittaustuloksia havainnollistetaan erilaisilla kuvaajilla (ks. kuvio 1), jotka kertovat erilaisista fysiologisista reaktioista ihmisen elimistössä. (Stress and Recovery Analysis Method Based on 24-hour Heart Rate Variability 2014.)



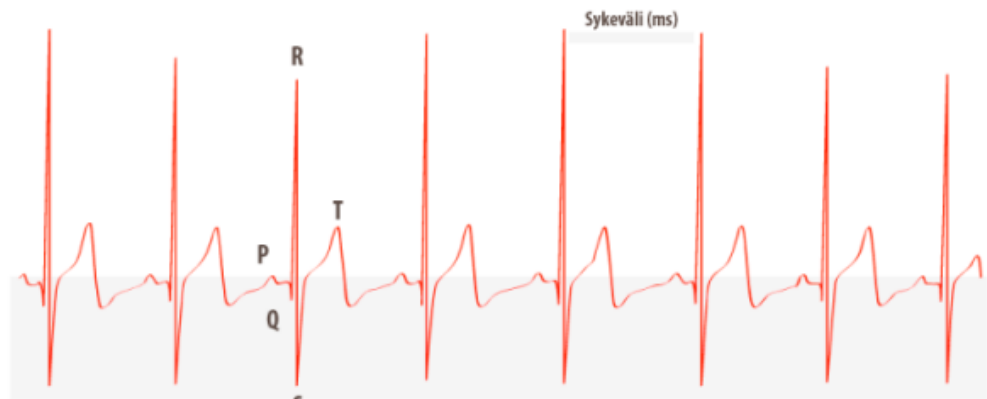
Kuvio 1. Hyvinvointianalyysin stressi- ja palautumiskuvaaja (ks. liite 1)

2.3 Firstbeat Hyvinvointianalyysin fysiologinen tausta

Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittaus perustuu ihmisen elimistön erilaisten fysiologisten reaktioiden mittaamiseen sekä arvioimiseen. Erityisesti Hyvinvointianalyysi perustuu sydämen sykevälivaihtelun mittaamiseen. Sykevälivaihteluun vaikuttavia tekijöitä käsitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa. (Firstbeat Fysiologia 2016.)

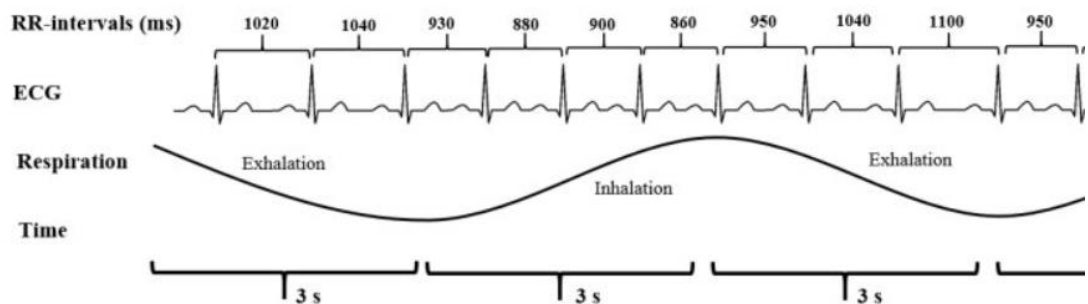
Sykevälivaihtelu

Ihmisen sydämen syke ei ole milloinkaan täysin tasainen, vaan sydämen lyöntien välissä on havaittavissa sykevälivaihtelua. Sykevälivaihtelun jatkuvaan muutokseen vaikuttavat monet elimistön fysiologiset reaktiot, kun elimistö pyrkii mukautumaan ympäristön sille asettamiin vaatimuksiin. (Guyton & Hall 2006, 205). Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan peräkkäisten sydämen lyöntien välillä tapahtuvaa ajallista vaihtelua (ks. Kuvio 2). Sydämen sykevälivaihtelun laskentaan käytetään yleensä R-R-intervalleja eli sydämen vasemman kammion supistumisista aiheutuvia sähköisiä impulsseja. Niiden ajallista vaihtelua mitataan tyypillisesti millisekunneina (1/1000 s). (Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J. & Schwartz P. J. 1996.)



Kuvio 2. Sydämen sykevälivaihtelu (Firstbeat materiaalipankki n.d.)

Sykevälivaihtelun määrä on yksilöllistä. Sykevälivaihteluun vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ikä, sukupuoli, yleinen terveydentila, fyysinen suorituskyky, verenpaine ja kolesteroli. Sykevälivaihtelua pidetään yleisesti terveen ja hyvinvoivan sydämen mittarina, ja sykevälivaihtelu onkin usein sitä suurempaa, mitä paremmassa fyysisessä kunnossa henkilö on. (Hynynen 2011, 19.; Guyton & Hall 2006, 205.) Sykevälivaihtelun vaikuttavat merkittävästi myös hengityksen säätely ja sen ilmiö, jota kutsutaan respiratoriseksi sinusrytmiaksi. Tämä tarkoittaa sitä, että sisäänhengityksen eli inhalaation aikana sykevälivaihtelu pienenee ja uloshengityksen eli ekspiration aikana suurenee (ks. kuvio 5). (Arstila, A., Björkqvist, S-E., Hänninen, O. & Nienstedt, W. 2006, 193.)



Kuvio 3. Sisäänhengityksen ja uloshengityksen vaikutus sykevälivaihteluun (Mukaiilu Stress and recovery analysis method based on 24-hour heart rate variability 2014).

Autonominen eli tahdosta riippumaton hermosto ohjailee sykevariaation suuruutta vastaamaan mahdollisimman hyvin elimistön fysiologisia tarpeita. Näin elimistö pyrkii mukautumaan ympäristön sille asettamiin vaatimuksiin. Sykevälivaihtelu kasvaa tyyppillisesti elimistön rauhoittuessa ja laskee kehon kuormittuessa. Sykevälivaihtelu muodostuu pääasiassa autonomisen eli tahdosta riippumattoman hermoston eri osien vuorovaikutuksesta. (Winsley 2002, 328-344.)

Autonominen hermosto

Autonominen hermosto on tahdosta riippumaton keskushermoston haara, joka säätelee käytännössä kaikkia ihmisen tahdosta riippumattomia toimintoja. Autonominen hermosto säätelee muun muassa ihmisen verenkiertoa ja hengitystä, virtsarakon ja ruoansulatuskanavan toimintaa sekä vaikuttaa elimistön lämmönsäätelyyn valmistaen sitä selviämään päivittäisistä haasteista. Autonomisen hermoston aktivoituminen vaikuttaa sydämen toimintaan, muun muassa nostaa sydämen syketaajuutta. (Gayton & Hall 2006, 748.)

Autonominen hermosto muodostuu sympaattisesta ja parasympaattisesta haarakkeesta. Nämä hermostot vaikuttavat samoihin elimistön toimintoihin, mutta päinvastaisesti. Sympaattinen hermosto kiihdyttää elintoimintoja, kun taas parasympaattinen hermosto rauhoittaa niitä. Normaalioloissa autonomisen hermoston osat sympaattinen ja parasympaattinen toimivat samanaikaisesti, jolloin elintoiminnon toimintatavan määrittää käskyn suhteellinen voimakkuus. (Arstila ym. 2006, 540; Faller, A., Schünke, M & Schünke, G. 2004, 606.)

Sympaattinen hermosto on autonomisen hermoston haara ja sen päätehtävänä on kiihdyttää ihmisen elintoimintoja. Sympaattinen hermosto nostaa muun muassa sydämen sykettä ja verenpainetta, säätelee kehon lämpötilaa ja lisää hieneritystä. (McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. 1996, 287-288.) Sympaattisen hermoston aktivoituminen saa lisäksi aikaan hengitysteiden avartumisen ja sydämen lyöntitihey-

den lisääntymisen. Lisäksi se lisää luustolihas- verenkiertoa sekä vähentää ruoansulatuskanavan verenkiertoa. Sympaattisen hermoston yksi tehtävä on nostaa elimistön vireystila tasolle, jolla se pystyy suoriutumaan niin fyysisistä kuin henkistä haastetilanteista. Sympaattinen hermosto aktivoituu erityisesti silloin, kun elimistön vireystilan tulee nousta esimerkiksi urheilusuoritusta varten. Sympaattisen hermoston aktivoitumista kutsutaan ns. taistele-pakene-reaktioksi. (Guyton & Hall 2006, 758.)

Parasympaattisen hermoston tehtävänä on, päinvastoin kuin sympaattisen hermoston, rauhoittaa ihmisen elimistön toimintoja. Se laskee sydämen sykettä ja verenpainetta, laskee energiankulutusta sekä lisää verenkiertoa ruoansulatuselimistössä kiihdyttäen siten sen toimintaa. Parasympaattinen hermosto on aktiivisimmillaan levon aikana. Parasympaattisen aktiivisuuden aikana sykevälivaihtelu on suurta ja elimistöllä on kyky palautua, ja vastaavasti sympaattisen aktiivisuuden aikana sykevälivaihtelun määrä on pieni. (Arstila ym. 2006, 543-545.)

Autonominen hermosto ja sykevälivaihtelu

Yksi autonomisen hermoston tärkeimmistä tehtävistä on säädellä ihmisen sydämen sykettä ja sykevälivaihtelua. Sympaattinen hermosto nostaa sydämen sykettä ja näin laskee sykevälivaihtelun määrää. Parasympaattinen haarake sen sijaan saa sydämen sykkeen laskemaan, jolloin sykevälivaihtelun määrä lisääntyy. Autonomisen hermoston toiminta pitää sydämen sykkeen keskimäärin noin 60-80 lyönnissä minuutissa päivittäisissä toimissa. Ihmisen sydämen syke voisi olla keskimäärin jopa noin 90-120 lyöntiä minuutissa ilman autonomisen hermoston siihen kohdistavaa säätelyä. (McArdle ym. 1996, 285.)

Parasympaattinen hermosto vaikuttaa sydämen toimintaan nopeammin kuin sympaattinen puoli, sillä sen on todettu voivan vaikuttaa jo puolen sekunnin kuluttua hermoimpulssista, kun taas sympaattisen hermoston vaikutus havaitaan yleensä vasta noin sekunnin viiveellä sykevälivaihtelusta. Sykevälivaihtelu palaa ennalleen parasympaattisen vasteen jälkeen noin sekunnin viiveellä, kun sympaattisen vasteen jälkeen sykevälivaihtelun palautumisessa saattaa kulua aikaa jopa 20 sekuntia. Tässä

suhteessa autonomisen hermoston osat, parasympaattinen ja sympaattinen hermosto, eroavat selvästi toisistaan. (Spear, J.F, Kronhaus, K.D, Moore, E.N & Kline R.P. 1979.)

2.4 Sykevälivaihtelun mittaaminen ja analysointi

Sykevälivaihtelun mittaaminen on tänä päivänä helppoa pitkälle kehittyneen mittaus- teknologian ansiosta. Sykevälivaihtelusta on tullut paljon mitattu muuttuja teknolo- gian kehittymisen ohella myös siksi, että sitä mittaamalla saadaan tarkkaa tietoa au- tonomisen hermoston toiminnasta, joka kertoo stressin ja palautumisen suhteesta elimistössä. Sykevälivaihtelun mittaaminen on lisäksi yleistynyt urheilijoiden keskuu- dessa, sillä se on todettu olevan arvokas muuttuja mitattavaksi urheilijoille harjoitte- lun ja levon tasapainon löytämisessä sekä harjoittelusta parhaan mahdollisen hyödyn saamisessa. (Fogelholm, M., Lindholm, H., Lusa, S., Miilunpalo, S., Moilanen, J., Paro- nen, O. & Saarinen, K. 2007, 69.)

Sykevälivaihtelua voidaan mitata mittalaitteella, joka määrittelee sykevälivaihtelun suuruuden laskemalla R-piikkien välisen ajan R-R-signaalista. (Laitio, T., Scheinin, H., Kuusela, T., Mäenpää, M. & Jalonen, J. 2001) R-R-signaalilla tarkoitetaan sydämen lyöntien välistä aikaa. Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa käytetään Firstbeatin kehittämää Bodyguard 2 –mittalaitetta (ks. kuvio 4), joka prosessoi R-R- signaalia 1 millisekunnin (1000 Hz) resoluution tarkkuudella siihen integroidun algo- ritmin avulla (Korhonen & Parak n.d.). Bodyguard 2 -mittalaite on suunniteltu mittaa- maan nimenomaan sydämen sykettä sekä sykevälivaihtelua. Mittalaitteella voidaan tallentaa myös sydänsähkökäyrää eli EKG:ta, mutta mittalaite ei ole lääketieteellinen diagnostinen työkalu terveyden arvioimiseen.

Firstbeat Bodyguard 2 –mittalaitteen paino on 24 grammaa. Sen ladattavan akun kesto on noin 144 h ja tallennuskapasiteetti 480 h. Mittaustarkkuus sykemittauksissa on 1 ms eli 1000 Hz. Mittalaitteen liikeanturin näytteenantotaajuus on 12,5 Hz, reso- luutio 8 Bit ja G-skaala on 4G. Mittalaitteen IP-kotelointiluokka on IP52 mittauksen aikana ja kun kaapeli on irti, kotelointiluokka on IP22. IP52 kotelointi takaa sen, että

laite on pölytiivis sekä suojattu kohtisuorasti tippuvalta vedeltä. Mittalaitteesta saadaan data ja sitä voidaan myös ladata liittämällä se tietokoneen USB-porttiin. (Työkalut hyvinvoinnin ammattilaisille n.d.)



Kuvio 4. Firstbeat Bodyguard 2 (Työkalut hyvinvoinnin ammattilaisille n.d.)

Firstbeat Bodyguard 2 –mittalaite on suunniteltu ympärivuorokautisiin sykemittauksiin. Sitä ei kuitenkaan voida käyttää vedessä, suihkussa tai saunassa, sillä laite ei ole täysin vedenkestävä. Muuten laite voi olla kiinnitettynä EKG-elektrodeilla koko mittauksen ajan mittaajan kehoon. EKG-elektrodit kiinnitetään ihoon niin, että toinen elektrodi kiinnitetään laitteeseen ja se liimataan oikean solisluun alapuolelle, ja toinen elektrodi kiinnitetään kaapelin päähän ja se liimataan alimman vasemman kylkiluun kohdalle. Kun laite on kiinnitettynä kehoon, se aloittaa mittauksen automaattisesti, ja kun laite poistetaan iholta, se myös lopettaa mittauksen automaattisesti. (Työkalut hyvinvoinnin ammattilaisille 2016 n.d.)

Sykevälivaihtelun mittaamiseen kehitetyt analyysimenetelmät ovat pitkälle vietyjä matemaattisia analyyseja. Sykevälivaihtelun analysoimiseen on olemassa useita luotettavia menetelmiä, joista yleisimmät ovat myös Firstbeatin käyttämät aikakenttä-analyysi ja taajuuskenttä-analyysi. (Laitio ym. 2001)

Aikakenttäanalyysi

Aikakenttäanalyysi on tilastollinen analyysi, jolla voidaan tutkia sykevälien ajallista kestoa, keskimääräistä sykevälivaihtelua sekä niiden eroja ja poikkeamia. Se on yksinkertaisimpia analyysimenetelmiä, joita on kehitetty sykevälivaihtelun määrän ja syke-
tasojen analysoimiseen. Aikakenttäanalyysi perustuu sykkeen R-piikkien tunnistamiseen EKG-signaalista, ja sen peruseriaatteena onkin R-R-intervallijaksojen tunnistamisen jälkeen niiden välisen ajan laskeminen millisekuntien tarkkuudella. R-R-intervallijaksojen lisäksi aikakenttäanalyysillä lasketaan tavallisesti myös sydämen keski-
sykettä, maksimi ja minimi R-R-intervalleja sekä niiden erotuksia. Aikakenttäanalyysi on jokseenkin virheherkkä menetelmä, joten ulkoiset mittausvirhettä aiheuttavien häiriötekijöiden sekä muiden häiriöiden poistaminen EKG-käyrästä on perusedellytys luotettavien tulosten saamiseen. (Laitio ym. 2001; Malik ym. 1996.)

Aikakenttäanalyysissä käytetään yleensä muuttujana RMSSD:tä (Root Mean Square Differences of Successives R-R intervals), joka kuvaa peräkkäisten sydämen lyöntien välistä ajallista vaihtelua. RMSSD kuvaa parasympaattista aktivaatioita ihmisen tahdosta riippumattomassa eli autonomisessa hermostossa. SDRR (Standard Deviation of the RR intervals) puolestaan kertoo sydämen sykevälien keskihajonnasta. SDRR:n avulla voidaan tutkia sekä sympaattisen että parasympaattisen hermoston vaikutusta sykevälivaihteluun. (Malik ym. 1996.)

Taajuuskenttäanalyysi

Taajuuskenttäanalyysi eli spektrianalyysi on toinen analyysimenetelmä, jolla pystytään analysoimaan sydämen sykevälivaihtelua eri taajuuksilla. Taajuuskenttäanalyysi perustuu eri taajuuksilla mittaamiseen, ja niiden avulla se pystyy mittaamaan tarkasti sykevälivaihtelun tehoa. Taajuuskenttäanalyysi pystyy mittaamaan sykevälivaihtelua korkeataajuusalueella HF, matalataajuusalueella LF ja erittäin matalataajuuden alueella VLF. Taajuuskenttäanalyysillä voidaan mitata aikakenttäanalyysiä tarkemmin sympaattisen ja parasympaattisen hermoston vaikutuksia sykevälivaihteluun. Sen avulla pystytään lisäksi erottamaan aikakenttäanalyysia tarkemmin toisistaan sympaattisen ja vagaalisen aktivaation vaikutukset sykevariaatioon. Taajuuskenttäanalyysi ei ole niin

virheeltis menetelmä kuin aikakenttäanalyysi, jossa virheet tulee suodattaa hyvin pois jo ennen analysointia. (Malik ym. 1996; Furlan ym. 1990.)

3 EKG-elektrodit

3.1 EKG-elektrodit Hyvinvointianalyysissa

EKG-elektrodit ovat Hyvinvointianalyysi -mittauksissa tärkeässä asemassa sykeväli-vaihtelun mittaamisessa, koska ne välittävät sydämen lähettämiä sähköimpulsseja analysoitavaksi mittalaitteelle. Elektrodien toimintaan vaikuttavat monet tekijät, jotka on syytä huomioida valittaessa oikeanlaista elektrodia tiettyyn käyttötarkoitukseen. (Honkanen 2002.)

Elektrokardiogramma eli EKG tarkoittaa sydämen tutkimiseen kehitettyä lääketieteellistä menetelmää, jonka avulla voidaan arvioida ja diagnosoida sydämen toimintaa. EKG-mittauksissa sydämen lähettämät sähköimpulssit pystytään tunnistamaan EKG-elektrodien avulla. EKG-elektrodit ohjaavat sydämen sähköimpulssit analysoitavaksi mittalaitteelle, jossa niiden avulla saadaan tietoa esimerkiksi sydämen sykkeestä ja sykevälivaihtelusta. (Kligfield 2007; Baji, T., Shirmohammadi, S., Groza, V. & Batkin, I. 2013.)

Firstbeat Hyvinvointianalyysi -mittausten parissa käytetään vuosittain kymmeniätuhansia elektrodeja pelkästään sen omissa mittauksissa, ja määrät ovat tulevaisuudessa kasvamassa uusien palveluntarjoajien sekä yrityksen toiminnan ulkomaille leviytymisen myötä. Firstbeatin arvion mukaan sen käyttämien elektrodien määrä saattaa jopa tuplaantua seuraavan vuoden aikana. Elektrodien toimivuus halutulla tavalla vaikuttaa voimakkaasti koko Hyvinvointianalyysi-tuotteen asiakaskokemukseen ja tyytyväisyyteen. Firstbeat haluaa olla jatkossa kehittämässä johtavan teknologian ohella myös nimenomaan asiakasystävällisiä tuotteita. (Pölönen 2016.)

Elektrodit on merkittävä osa Firstbeatin Hyvinvointianalyysi –mittauksia, sillä jokainen mittauksiin osallistuva mittaaja pitää elektrodeja iholla kolme vuorokautta yhtäjaksoisesti. Pölösen mukaan aiemmin on pidetty tärkeämpänä sitä, että elektrodi on luotettava ja pystyy tarjoamaan analysoitavaksi luotettavaa signaalia. Elektrodien kehittyessä Firstbeat on alkanut panostaa enemmän myös niiden käyttömukavuuteen. Firstbeat pyrkiikin käyttämään mittauksissaan nykyään vain elektrodeja, jotka aiheuttavat sykedatan luotettavuuden ehdoilla suurimmalle osalle mittaajista mahdollisimman vähän ihoärsytystä. (Pölönen 2016.)

3.2 EKG-elektrodien toiminta

EKG-elektrodit on tarkoitettu biosähköisten ilmiöiden rekisteröimiseen ihokudoksen pinnalta. Ihmisen sydän lähettää jokaisen lyönnin yhteydessä sähköimpulssin, joka pystytään tallentamaan mittaajan iholle kiinnitettävän EKG-elektrodin avulla. Sydämen johtoratajärjestelmä ja sydänlihassolukko aikaansaavat jännitekentän, joka ilmenee ihmisen iholla sähköimpulsseina. Elektrodien toiminta perustuu siihen, että ne tunnistavat elektrolyyteissä esiintyviä jännitteitä, jotka tunnistamisen jälkeen johdetaan eteenpäin vahvistimelle. (Kligfield 2007.)

Elektrodin toimintaan vaikuttaa merkittävästi ihokudoksen ja elektrodin välillä käytettävä elektrodipasta. Elektrodipastan tehtävänä on muodostaa ja ylläpitää sähköä johtava yhteys ihokudoksen ja elektrodin välillä mittauksen ajan. Elektrodipastan ominaisuudet ovat tärkeämmät pitkäaikaisrekisteröinneissä kuin lyhytaikaisissa. Elektrodipasta ei saa myöskään muuttaa elektrodin sähköisiä ominaisuuksia, jotta mitaustulokset ovat luotettavia. Kaikista paras vaihtoehto olisi käyttää elektrodipastan tilalla hyvin sähköä johtavaa liimaa. (Honkanen 2002; Baji ym. 2013.)

Elektrodit jaetaan yleensä käyttökertojen tai käyttötavan mukaan joko kerta- tai kestäkäyttöisiin elektrodeihin. Pidempiaikaisessa rekisteröinnissä, jossa mittaaja muun muassa liikkuu, käytetään yleensä kertakäyttöisiä elektrodeja. Kestokäyttöisiä käytetään enemmän lyhyemmissä diagnostisissa EKG-mittauksissa. Kestokäyttöiset elektrodit valmistetaan yleensä kestävämmistä materiaaleista. (Honkanen 2002.) Firstbeat käyttää mittauksissaan vain kertakäyttöisiä elektrodeja. Kertakäyttöisiä elektrodeja

on markkinoilla paljon erilaisia, joten niiden ominaisuuksien tarkka selvittäminen on oleellista parhaan löytämisessä. (Pölonen 2016.)

3.3 Firstbeatin käyttämät EKG-elektrodit

Käyttäjäkokeemukset

Firstbeatin Hyvinvointianalyysi –mittauksissa Bodyguard 2 –mittalaite kiinnitetään ihoon kahdella kertakäyttöisellä elektrodilla EKG-signaalin tallentamista varten. Nykyisin käytetyt elektrodit olivat aiheuttaneet toistuvasti ongelmia Firstbeatille huonon käyttökokemuksen takia. (Kotisaari 2016.) Firstbeat oli viime vuosina käyttänyt pääasiassa kolmea erilaista elektrodimallia mittauksissaan. Firstbeat on suositellut elektrodeja peruskäyttäjille, urheilijoille sekä herkkäihoisille Lensun elektroditutkimuksessa (2015) havaittujen elektrodien ihoärsyttävyyden, kiinnipysyvyyden ja mitausvirheen erojen perusteella. Kendall Arbo –elektrodimalli osoittautui kokonaisuudeltaan parhaaksi Lensun tutkimuksessa, ja se on tällä hetkellä Firstbeatilla yleisesti käytössä. (Lensu 2015.)

Lensun opinnäytetyössä liikunnassa parhaaksi elektrodiksi osoittautui Ambu Blue Sensor L, joten Firstbeat on suositellut sitä liikunnassa käytettäväksi sen muita elektrodimalleja paremman kiinnipysyvyyden vuoksi. Lensun tutkimuksen sekä Firstbeatin asiantuntijoiden mukaan urheilijat eivät ole antaneet palautetta ihoärsyttävyydestä, kunhan mittalaite pysyy kiinni luotettavasti kovankin urheilusuorituksen aikana. Vähiten Lensun tutkimuksessa ihoärsytystä aiheutti Fiab F9079, mutta Firstbeat on suositellut sitä vain herkkäihoisten käyttöön heikomman kiinnipysyvyyden takia. (Lensu 2015.) Firstbeat on suositellut elektrodeja mittaajille mahdollisen esitiedon tai erityisen toiveen perusteella valitsemalla vaihtoehtoista soveltuvien elektrodimalli. Mikäli esitietoja ei ole saatavilla, käytetään kaikissa mittauksissa samaa peruskäyttäjälle tarkoitettua elektrodimallia. (Kotisaari 2016.)

Kendall Arbo H34SG -elektrodi

Kendall Arbo H34SG –elektrodi (ks. kuvio 6) on Covidien Ltd:n valmistama elektrodi-malli. Se on ollut eniten käytetty elektrodimalli Firstbeatin Hyvinvointianalyysi -mittauksissa viime vuosina. Lensun tutkimuksen mukaan se on Firstbeatin käytössä olleista elektrodeista monikäyttöisin ominaisuuksiltaan. (Lensu 2015.)

Kendall Arbo H34SG -elektrodin paksuus on 1 mm ja koko 50 x 45 mm. Liima-alueen pinta-ala on elektrodissa 1210 mm². Elektrodin pinta on vedenkestävä, joten sitä ei tarvitse irrottaa suihkussa käynnin yhteydessä. Se kuitenkin suositellaan vaihdettavaksi vähintään kerran vuorokaudessa ihoärsytyksen välttämiseksi. Elektrodissa on käytetty valmistajan mukaan ihoystävällistä, mutta vahvaa liima-ainetta. Liima-aine on salainen eikä siitä ole tarkempaa tietoa saatavilla, kuin että se sisältää akrylaatteja. Neppari on valmistettu tässä elektrodissa komposiitista. Tässä elektrodissa on hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl) ja johdinaineena on käytetty nopeaa hydrogeeliä. (Hydrogel electrodes n.d.)



Kuvio 5. Kendall Arbo H34SG (Firstbeat materiaalipankki 2016.)

Kendall Arbo H34SG –elektrodin tekniset tiedot ovat seuraavat:

- päärakenne PE-vahtomuovia
- koko 50 x 45 mm
- hiilikuituinen neppari
- hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl)
- mahdollista käyttää myös röntgen- ja magneettikuvauksissa

(Hydrogel Electrodes n.d.).

Ambu Blue Sensor L-00-S -elektrodi

Ambu Blue Sensor L-00-S –elektrodimalli (ks. kuvio 7) on ollut Firstbeatin käytössä urheilijoille suositeltavana elektrodimallina. Se on Lensun (2015) tutkimuksen perusteella liikuntaan parhaiten soveltuva elektrodimalli Firstbeatin käyttämistä elektrodeista, koska sillä oli paras kiinnipysyvyys. (Lensu 2015.) Elektrodi on valmistettu polyuretaanivaahdosta, mikrohuokoisesta teipistä sekä PVC-muovista. Elektrodissa on nikkeli-päälysteinen messinkineppari mittalaitetta varten. (Ambu ECG-electrodes n.d.)

Ambu Blue Sensor L –elektrodin koko on 68 x 55 mm ja se on selvästi suurin halkaisijaltaan Firstbeatilla käytössä olevista elektrodeista. Isoon koon vuoksi sen liima-aine pääsee kontaktiin isomman ihoalueen kanssa mahdollistaen paremman kiinnipysyvyyden. Elektrodin liima-alueen pinta-ala on 2121 mm². Toisaalta se myös aiheuttaa ison kokonsa vuoksi enemmän ihoärsytystä kuin muut Firstbeatin käyttämistä elektrodeista Lensun tutkimuksen perusteella. (Lensu 2015.) Elektrodin liima-aineesta ei ole tarkkaa tietoa saatavilla. Tässä elektrodissa on käytetty johdinaineena märkäpastaa. Elektrodissa on nikkeli-päälysteinen messinkineppari ja hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl). Elektrodin tiedoissa ei mainita vedenkestävyydestä, joten tämä elektrodi suositellaan tyyppillisesti irrotettavaksi suihkussa käynnin ajaksi. (Ambu ECG-electrodes n.d.)



Kuvio 6. Ambu Blue Sensor L-00-S (Firstbeat materiaalipankki 2016.)

Ambu Blue Sensor L-00-S -elektrodin tekniset tiedot ovat seuraavat:

- ulkopinta PET/PE-muovia
- elektrodityyny polyuretaanivaahtoa (PUR), nepparikannatin PVC-muovia
- koko 68 x 55 mm
- nikkelpäällystetty messinkineppari
- hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl)
- nikkelpäällystetty messinkineppari

(Ambu BlueSensor L -data sheet n.d.).

Fiab F9097 -elektrodi

Fiab F9079 -elektrodiä (ks. kuvio 8) Firstbeat on käyttänyt Hyvinvointianalyysi-mittauksissa vain herkkäihoisilla mittaajilla. Se on kooltaan Firstbeatin kolmesta elektrodista pienin (36 x 40 mm). Elektrodin liima-aineen pinta-alasta ei ole tarkkaa tietoa. Fiab F9079 -elektrodin liima-aine on biohajoavaa synteettistä hartsia sekä sisältää akrylaattiyhdisteitä. Fiabin mukaan liima-aine on ihoystävällistä, ja se onkin osoittautunut Firstbeatin käyttämistä malleista vähiten ihoa ärsyttäväksi. (Lensu 2015.) Fiabin päämateriaalina on PE-vaahtomuovi, ja sen neppari on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Elektrodissa ei ole käytetty PVC-muovia tai lateksi. Elektrodissa on hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl). Elektrodin vedenkestävyydestä ei ole tietoa saatavilla, joten se suositellaan irrotettavaksi suihkun yhteydessä. (Data Sheet F9079 - F9079P n.d.)



Kuvio 7. Fiab F9079 (Data Sheet F9079 - F9079P n.d.).

Fiab F9079 –elektrodin tekniset tiedot ovat seuraavat:

- päärakenne PE-vaahтомуovia
- koko 36 x 40 mm
- neppari ruostumatonta terästä
- hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl)
- liima-aine biohajoavaa synteettistä hartsia
- ei sisällä PVC-muovia

(Data Sheet F9079 – F9079P n.d.)

3.4 EKG-elektrodien ominaisuudet

Elektrodien ominaisuudet vaikuttavat käyttökokemukseen merkittävästi. Firstbeatin asiantuntijoiden mukaan ihoärsyttävyyys ja kiinnipysyvyys ovat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa käytettävän EKG-elektrodin tärkeimmät ominaisuudet. Elektrodin ihoärsyttävyyys ja kiinnipysyvyys muodostavat osan elektrodin käyttömukavuudesta. Kaikki nämä ominaisuudet vaikuttavat siihen, mikä on elektrodin käyttökokemus ja miten koko Hyvinvointianalyysi -mittausprosessi onnistuu. Hyvinvointianalyysi –mittauksissa onnistuneesti käytettävän elektrodin tulisi aiheuttaa mahdollisimman vähän ihoärsytystä mittaajille, mutta samalla liima-aineen tulisi olla riittävän vahvaa, jotta tuloksista saadaan luotettavat. Tavallisesti vahvempi liima reagoi voimakkaammin ihokudoksen kanssa, jolloin iho myös ärsyyntyy enemmän. (Kotisaari 2016; Pölönen 2016.)

Elektrodin käyttökokemukseen voi vaikuttaa elektrodin teknisten ominaisuuksien ohella myös käyttäjän ominaisuudet ja tavat toimia. Mittaajien yksilölliset ominaisuudet on otettava huomioon elektrodeja tutkittaessa, sillä Firstbeatin kannalta olennaista on käyttää elektrodimallia, jonka ominaisuudet ovat riittävän hyvät suurimmalla osalla sitä käyttävistä mittaajista (Kotisaari 2016). Elektrodien ominaisuuksiin ja materiaaleihin liittyvää tutkimustyötä kaivattaisiin tulevaisuudessa lisää, jotta elektrodien tutkiminen ja vertailu olisi helpompaa. Seuraavaksi esitellään tarkemmin elektrodien tärkeimmät ominaisuudet niin ihoärsyttävyyden, kiinnipysyvyyden kuin käyttömukavuuden näkökulmista.

3.4.1 Ihoärsyttävyyys

Yksi EKG-elektrodin tärkeimmistä ominaisuuksista Hyvinvointianalyyseissä mittaajalle on se, kuinka paljon ihoärsytystä se aiheuttaa mittauksen aikana. Ihoärsyttävyyys on merkittävä myös yrityksen asiakastyytyväisyyden näkökulmasta, sillä mitä vähemmän elektrodi aiheuttaa kutinaa tai ihoärsytystä, sitä huomaamattomampi ja miellyttävämpi mittausprosessi mittaajalle on. Ihoärsytyksellä tarkoitetaan palautuvan ihovaurion ilmaantumista ihokudokselle. Ihoärsytys on tulehdustila, jossa iho kuivuu, punoittaa, kutiaa tai lohkeilee. Ihoärsytys luokitellaan tyypillisesti kahteen luokkaan, joita ovat kosketuksesta peräisen oleva ihoärsytys ja allerginen ihoärsytys. Elektrodien aiheuttama ihoärsytys on suurimmalla osalla mittaajista nimenomaan kosketuksesta aiheutuvaa ihoärsytystä, joka on suhteellisen nopeasti ohimenevää. (Ihoärsyttävyyys n.d.) Elektrodien aiheuttaman ihoärsytyksen taustalla voi olla mittaajan ihon yksilölliset ominaisuudet tai elektrodin materiaalit tai neppari.

Materiaalin vaikutus elektrodin ihoärsyttävyyteen on merkittävä Firstbeatin oman monivuotisen kokemuksen perusteella. (Kotisaari 2016). Myös elektrodivalmistajat ovat tehneet omia tutkimuksiaan materiaalin vaikutuksesta elektrodin ihoärsyttävyyteen jo kehitysvaiheessa, mutta tulokset ovat salaisia. Tyypillisesti kertakäyttöinen elektrodimalli on valmistettu niin sanotusta runkomuovista, jonka keskelle on asetettu varsinainen elektrodi. (Honkanen 2002.) Elektrodeissa käytetään yleisesti materiaaleina erilaisia vaahtomuoveja, polyuretaanivaahtoa ja myös PVC-muovia. PVC-muovi on luokiteltu ihmiselle haitalliseksi aineeksi ja se voi aiheuttaa ihoärsytystä tai allergisia reaktioita tietyille ihotyypeille. PVC-muovia olisikin hyvä pyrkiä välttämään elektrodien valmistuksessa. (Polyvinyl Chloride n.d.) Elektrodin materiaali vaikuttaa ratkaisevasti sen hengittävyteen, jolla taas voi olla vaikutusta ihoärsyttävyyteen.

Ohuemmat elektrodit hengittävät paremmin ja ovat myös aiheuttaneet vähemmän ihoärsytystä. Toisin sanoen mitä paremmin elektrodin alle jäävä osa hengittää, sitä vähemmän iho yleensä ärsyyntyy. Materiaalin paksuuden merkityksen ohella lisäksi ihoärsyttävyyteen voidaan nähdä vaikuttavan myös elektrodin pinta-ala. Firstbeatin mukaan on todennäköistä, että mitä isompi elektrodi on, sitä enemmän iho ärsyyntyy. (Kotisaari 2016).

EKG-elektrodeissa käytetään vahvoja liima-aineita, jotta ne pysyisivät ihossa kiinni mittauksen ajan ja sydämen sykesignaali säilyisi mahdollisimman luotettavana (Honkanen 2002). Elektrodeissa käytetyissä liimoissa käytetään raaka-aineina akrylaattiyhdisteitä. Akrylaattien tiedetään aiheuttavan allergista kosketushottumaa, mutta ne voivat olla yhteyksissä myös hengitystieyliherkkyyksiin. (Akrylaatit 2013.) Elektrodien liima-aineista ei valitettavasti ole saatavilla tarkempia tietoja, sillä valmistajat ovat määritelleet ne salaisiksi. Liima-aineet ovat hyvin todennäköisesti akrylaattien vuoksi eniten ihoärsytystä aiheuttava osa elektrodeissa. (Kotisaari 2016.)

Hyvinvointianalyysi –mittauksissa käytettävissä elektrodeissa tulee olla neppari Firstbeat Bodyguard 2 -mittalaitteen kiinnitystä varten. (Työkalut hyvinvoinnin ammattilaisille n.d.) Elektrodeja löytyy markkinoilta nikkeli-, ruostumaton teräs-, messinki- ja komposiittineppareilla varustettuina. Nepparin materiaali on tärkeää huomioida elektrodia valittaessa, sillä varsinkin nikkeli on yleisesti tunnettu kosketusyliherkkyttä aiheuttava raaka-aine. Nikkeli-allergia ilmenee useimmiten juuri erilaisina kosketushottumina. (Sunderman 1977.) Toisaalta Firstbeatin yleisessä käytössä olevassa Kendall Arbo –elektrodissa on komposiittinen neppari ja se on aiheuttanut mitaajille enemmän ihoärsytystä verrattuna nikkelillä varustettuun elektrodiin (Lensu 2015). Nepparin materiaalin vaikutus on siis mahdollisesti hyvin pieni verrattuna elektrodin liima-aineeseen ja materiaaleihin (Pölönen 2016).

Kaikkien edellä mainittujen tekijöiden ohella on lisäksi hyvä huomioida elektrodin ja käyttäjän ominaisuuksien yhteisvaikutuksesta aiheutuva ihoärsytys. Firstbeatin asiantuntijan mukaan yksi iso ihoärsytystä aiheuttava tekijä voi olla hikoilu. Ihmisen hikirauhasen erittämä hiki on voi sekoittuessaan elektrodin liima-aineeseen tai elektrodipastaan aiheuttaa joillakin ihotyypeillä ihoärsytystä. Tämän ohella on myös mahdollista, että joillain ihmisillä iho on niin herkkä, ettei se kestä vieraita aineita iholla. (Kotisaari 2016.)

Elektrodin ihoärsyttävyydelle ja huonolle käyttömukavuudelle syynä voi olla myös sen vääränlainen kiinnitystapa ihoon. Monet käyttäjät kiinnittävät elektrodit ohjeiden vastaisesti painamalla elektrodia keskeltä johdinaineen päältä, jolloin johdinaine sekoittuu elektrodin liima-aineen kanssa. Liima- ja johdinaine reagoidessaan keskenään voivat aiheuttaa ihoärsytystä, mutta tästä tarvittaisiin kuitenkin lisää tutkimusta, jotta voitaisiin puhua vaikutuksista. Myös elektrodien vaihtaminen suosituksia

harvemmin voi lisätä ihon ärsyyntymistä. Elektrodien käyttäjän vastuulla on vaihtaa elektrodeja ohjeiden mukaisesti. (Pölönen 2016.) Ihoärsyttävyyttä voivat aiheuttaa siis elektrodin omat ominaisuudet, kuten liima-aine tai valmistusmateriaali, mutta ihoärsyttävyys voi olla myös yhdessä elektrodin ominaisuuksien kanssa käyttäjän ominaisuuksista tai toiminnasta johtuvaa.

3.4.2 Kiinnipysyvyys

Elektrodin ihoärsyttävyyden ohella on tärkeää, että elektrodi pysyy kiinni mittaajan ihossa koko mittauksen ajan. Kiinnipysyvyydellä tarkoitetaan sitä, kuinka hyvin elektrodit pysyvät kiinni mittauksen aikana mittaajan ihossa. (Honkanen 2002.) Kiinnipysyvyyteen voidaan nähdä vaikuttavan monia erilaisia tekijöitä, joita käsitellään tässä luvussa.

Kiinnipysyvyys vaikuttaa siihen, pystyykö laite tallentamaan riittävästi luotettavaa mittausdataa Hyvinvointianalyysin tuloksien luomiseksi ja mittauksen onnistumiseksi. Kontaktin ihon ja elektrodin välillä tulee olla riittävän tiukka, jotta sydämen lähettämät sähköimpulssit kulkeutuvat aina mittalaitteeseen saakka. (Korhonen & Parak n.d.) Hyvä kiinnipysyvyys takaa onnistuneet mittausprojektit ja vähentää turhia uusintamittauksia. Hyvä kiinnipysyvyys on myös mittaajalle mielekkäämpää ja helpompaa, kun kokoajan tarvitse tarkkailla elektrodien paikallaan pysyvyyttä. Lisäksi se mahdollistaa mittauksen tekemisen myös kovan fyysisen kuormituksen aikana niin, ettei mittaus katkea elektrodien irtoamisen takia. (Kotisaari 2016.)

Elektrodin kiinnipysyvyyteen voivat vaikuttaa monet eri tekijät. Elektrodin liima-aine on ominaisuus, jonka voidaan olettaa vaikuttavan kiinnipysyvyyteen kaikista elektrodin ominaisuuksista eniten. Elektrodien liima-aineet koostuvat akrylaattiyhdisteistä, mutta tarkempaa tietoa ei niistä ole saatavilla. Liima-aineet ovat usein pitkän kehitystyön tulos, joten on ymmärrettävää, etteivät elektrodivalmistajat voi ilmoittaa liiman tarkempaa koostumusta. Tarkempaa tietoa liima-aineista ei saatu edes kysymällä niistä suoraan elektrodivalmistajilta. Suurimmassa osassa elektrodeista mainitaan liima-aineen olevan vahvaa, mutta ihoystävällistä. Havainnoimalla elektrodien liimapintaa on havaittavissa joitain eroavaisuuksia, lähinnä liiman värissä, määrässä ja

koostumuksessa. Liima-aineen todellisen kiinnipysyvyyden ja vahvuuden saa selvillä käytännössä kuitenkin vain testaamalla elektrodeja erilaisilla käyttäjillä, erilaisissa olosuhteissa. (Kotisaari 2016.)

Liima-aineen ominaisuuksien ohella kiinnipysyvyyteen vaikuttaa elektrodin materiaali, paksuus ja koko. Elektrodin paksuus saattaa olla yhteydessä kiinnipysyvyyteen, mutta siitä tarvittaisiin lisää tutkimustietoa. (Kotisaari 2016.) Elektrodin koko eli pinta-ala on sen sijaan tutkitusti yhteydessä parempaan kiinnipysyvyyteen. Muun muassa Lensu on havainnut, että mitä suurempi elektrodi oli pinta-alaltaan, sitä paremmin se pysyi kiinni. (Lensu 2015.) Myös Firstbeatin vuosien tuoman kokemuksen perusteella mitä suurempi elektrodi on kooltaan, sitä isommalta alueelta elektrodi liimautuu ihoon ja pysyy tästä syystä paremmin kiinni ihossa. Elektrodin alkaessa repottaa, isosta pinta-alasta on hyötyä, koska se on liimautunut isommalta alueelta ihoon. Elektrodin koosta ei ole enää hyötyä kiinnipysyvyydelle tiettyyn kokoon asti mentäessä, sillä todella suurikokoiset elektrodit ovat usein vain tiellä ja irtoavat siksi helpommin. (Kotisaari 2016; Pölönen 2016.)

Olosuhteet Hyvinvointianalyysi -mittauksissa saattavat olla vaihtelevat ja myös niillä voi olla vaikutusta kiinnipysyvyyteen. Jo Suomessa olosuhteet vaihtelevat paljon, sillä kesäaikaan mitattaessa kuumuus, hikoilu ja ihon kosteus on merkittävästi suurempaa kuin talvella, jolloin iho on usein kuivempi ja kylmempi. Ottaen huomioon, että Hyvinvointianalyysi-mittauksia tehdään yli 40 maassa, voivat mittausolosuhteet vaihdella hyvin merkittävästi. Elektrodin vaatimuksena olisi toimia näissä kaikissa olosuhteissa mahdollisimman hyvin. (Pölönen 2016.)

Vaihtelevien mittausolosuhteiden lisäksi elektrodin hyvä kiinnipysyvyys tarkoittaa sitä, että se pysyy hyvin kiinni erilaisilla kiinnityspinnoilla. Erilaisilla kiinnityspinnoilla tarkoitetaan ihotyyppiä, joka on aina yksilöllinen jokaisella mittaajalla. Esimerkiksi osalla ihmisistä on enemmän ihokarvoja, jolloin kiinnipysyvyys on heikompi. Sen lisäksi iän myötä ihon kimmoisuus vähenee, mikä voi myös heikentää elektrodin kiinnipysyvyyttä. Elektrodit voivat lisäksi joissain tapauksissa saada iskuja tai osumia, jotka niiden pitää kestää irtoamatta. Lisäksi hikoilun määrä on hyvin yksilöllistä, ja siinä voi olla suuriakin eroja mittaajien välillä. (Mt.)

Liima-aine, elektrodin materiaali ja koko sekä vaihtelevat mittausolosuhteet ja kiinnityspinnat ovat Firstbeatin asiantuntijoiden mukaan merkittävimmät ja vaikuttavimmat osatekijät, joista elektrodin kiinnipysyvyyden voidaan ajatella muodostuvan ja jotka tulee ottaa huomioon parasta mahdollista elektrodimallia Hyvinvointianalyysi – mittauksiin valittaessa. Kaiken kaikkiaan elektrodi saatetaan joutua kiinnittämään monilta ominaisuuksiltaan hyvin erilaiselle iholle. Paras elektrodi kiinnipysyvyydeltään onkin se, joka pysyy hyvin kiinni mahdollisimman monella pinnalla mahdollisimman monipuolisissa olosuhteissa. (Kotisaari 2016.)

3.4.3 Käyttömukavuus

Tuotteen käyttämisestä syntyy käyttäjälle kokemus ja tunne, jotka vaikuttavat tuotteen käyttömukavuuteen. Käyttökokemuksen yksi kuuluisimmista tutkijoista on Donald Norman, joka on määritellyt teoksessaan ”Emotional Design” tunnetilan ja tunteen seuraavasti: ”Tunnetila tarkoittaa yleistä nimitystä arvottamisjärjestelmästä, joka voi olla tiedostettua tai tiedostamatonta; tunne sen sijaan tarkoittaa tietoista ja tunnistettua ymmärrystä tunnetilasta.” (Norman 2004.)

Normanin teoksen mukaan ihmisen tunteet jotain tuotetta kohtaan voidaan jakaa kolmeen kategoriaan. Teorian mukaan tunne käyttökokemuksesta on ensimmäisellä tasolla vaistomainen ja se kohdistuu automaattisesti aisteilla havaittavaan tuotteen ulkomuotoon, kuten kokoon ja väreihin. Teorian toisen osan tunteita ovat tuotteen käyttämiseen liittyvät tunteet, joita syntyy tuotetta käytettäessä erilaisten kognitiivisten prosessien tuloksena. Hyvä esimerkki tästä on mielihyvän tunne, jonka tuotteen hyvä käyttömukavuus voi saada aikaan. Viimeinen Normanin teorian tasoista on reflektiivinen, joka on pohdiskelevin teorian tasoista ja myös kaikista monimutkaisin. Tähän vaikuttavat myös muun muassa henkilön omat arvot. (Norman 2004.)

Normanin teorian perusteella voidaan hahmotella käyttäjän kokemaa tyytyväisyyttä EKG-elektrodeista ja siihen vaikuttavista osatekijöistä. Ensimmäisen taso elektrodien

käyttökokemuksessa on se, kun henkilö näkee tai koskettaa elektrodimallia ensimmäisen kerran. Tässä vaiheessa elektrodin käyttömukavuuteen vaikuttavat tiedostamattomasti esimerkiksi elektrodin materiaali, koko sekä ulkonäkö. Jos elektrodi on huomaamaton ja helppokäyttöinen, se voi tukea käyttäjän mielipiteitä elektrodin muistakin ominaisuuksista.

Normanin teorian toinen taso liittyy tuotteen käyttämiseen ja sen käyttämisestä syntyvään käyttökokemukseen. Tätä teorian toista tasoa kuvataan usein varsinaiseksi käyttökokemukseksi, sillä siihen vaikuttaa nimenomaan se, minkälaisia tunteita tuotteen käyttäminen saa aikaan. (Norman 2004.) Monesti uudet asiat aiheuttavat ihmisille pelkoa, ja näin ollen myös stressiä. Monet ihmiset esimerkiksi pelkäävät teknisiä mittalaitteita, jännittävät ylipäättään itsensä mittaamista tai kokevat olonsa epämu-kavaksi mittauksen aikana. Pelon aiheuttama stressireaktio on peräisin ihmisen autonominen eli tahdosta riippumattoman hermoston sympaattisen osan aktivoitumisesta. (Gray 1987.) Stressin aiheuttamilla muutoksilla, kuten hikoilulla, voi olla kehon fysiologisten muutosten kautta vaikutusta esimerkiksi elektrodin kiinnipysyvyyteen, ja toisaalta myös sen ihoärsyttävyyteen. (Pölönen 2016.)

Elektrodien käyttökokemukseen vaikuttavat niiden ihoärsyttävyyys ja kiinnipysyvyyys. Elektrodin käyttökokemus heikkenee, jos se aiheuttaa käytön aikana paljon ihoärsytystä tai kutinaa. Ihoärsyttävyyden ohella hyvän käyttökokemuksen kannalta on tärkeää, että elektrodi pysyy hyvin kiinni koko mittauksen ajan. Jos elektrodi irtoilee kesken mittauksen, siitä aiheutuu mittaajalle ylimääräistä työtä sekä mittauksen luotettavuus heikkenee. Elektrodin kiinnipysyvyyys voi vaikuttaa käyttömukavuuteen myös päinvastoin, sillä jos elektrodi liimautuu ihoon liian voimakkaasti, voi se jättää ihoon pitkäaikaisetkin jäljet.

Normanin teorian kolmas taso liittyy käyttökokemukseen, joka käyttäjälle jää elektrodeista mittauksen päätyttyä. (Norman 2004.) Erityisesti mittausprosessi itsessään määrittää sen, millainen käyttökokemus mittaajalle elektrodeista jää. Tämä on teorian tasoista monimutkaisin, sillä siihen vaikuttaa aiempien tasojen ohella myös käyttäjän oma arvomaailma. Hyvinvointianalyysi –mittauksen käyttökokemukseen vaikuttavat vahvasti ihoärsyttävyyys, kiinnipysyvyyys ja käyttömukavuus elektrodista. EKG-elektrodien käyttökokemukseen vaikuttaa myös se, mikä psykologinen vaikutus niillä on mittaajaan.

4 Tutkimuksen tavoitteet

Firstbeat on pyrkinyt parantamaan tuotteidensa asiakasystävällisyyttä, ja tarve tälle tutkimukselle tuli suoraan asiakkaiden toiveesta. Firstbeatin tietokannan mukaan yksi yleisimmistä asiakaspalautteista on ollut jo pitkään elektrodien aiheuttama ihoärsytys ja kutina. Firstbeat oli käyttänyt aiemmin mittauksissaan kolmea edellä esiteltyä ominaisuuksiltaan erilaista elektrodimallia. Näihin elektrodimalleihin liittyen on tehty muutama vuosi sitten opinnäytetyötutkimuksia, joissa on selvitetty elektrodien eroja ja soveltuvuutta erilaisiin käyttötarkoituksiin. Näiden selvitysten pohjalta oli luotu Firstbeatin omat elektrodisuosituksset, joiden mukaan Firstbeat on suositellut elektrodeja asiakkailleen, esimerkiksi herkkäihoisille ja urheilijoille ominaisuuksiltaan erilaisia elektrodimalleja, mikäli mittaajien esitiedot on saatavilla. (Pölönen 2016.)

Jokaiselta tällä hetkellä käytössä olleelta elektrodimallilta löydettiin jokin vahvuus, mutta yhtäläillä myös heikkous. Firstbeatin yleisessä käytössä ollut Kendall Arbo-elektrodi oli valittu käyttöön Lensun opinnäytetyön (2015) perusteella. Lensun tutkimuksen pohjalta käyttöön valittu Kendall Arbo –elektrodi oli kuitenkin aiheuttanut runsaasti ihoärsytystä monille Firstbeatin asiakkaille. Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli löytää Arbo-elektrodille parempi vaihtoehto käytettäväksi Firstbeatin mittauksiin. Kendall Arbo -elektrodimallin etuna on kuitenkin ollut melko hyvä kiinnipysyvyys, joten vaatimuksena ihoärsytyksen vähäisyyden ohella uudelle elektrodille oli, että se pysyisi vähintään yhtä hyvin kiinni kuin Arbo–elektrodimalli. (Pölönen 2016.)

Firstbeat oli pyrkinyt ratkaisemaan elektrodien ihoärsyttävyyden aiheuttamia ongelmia kokeilemalla mittauksissaan erilaisia elektrodimalleja. Firstbeat ei ole kyennyt löytämään Arbon tilalle elektrodimallia, joka olisi ihoärsyttävyydeltään parempi ja kiinnipysyvyydeltään vähintään yhtä hyvä, kuin nykyisin käytetty Arbo. Firstbeatin testaamissa elektrodeissa oli todettu Firstbeatin asiantuntijoiden omien käyttökokeusten mukaan samaa ongelmaa: mikäli elektrodi pysyi hyvin kiinni mittauksen ajan, se ärsytti silloin runsaasti ihoa. Jos taas elektrodi ei ärsyttänyt ihoa, se pysyi kiinni huonosti. (Kotisaari 2016.)

Firstbeatin nykyisin herkkäihoisille suosittelimat elektrodimallit olivat osoittautuneet liian heikoiksi kiinnipysyvyydeltään, mikä voi aiheuttaa mittauksen luotettavuuden laskua sekä hankaloittaa mittausprosessia. Firstbeatin tällä hetkellä liikuntaan suosittelimat elektrodit ovat puolestaan aiheuttaneet mittaajille runsaasti ihoärsytystä, mikä on vaikuttanut urheilijoiden yleiseen mittauskokemukseen negatiivisesti. Firstbeatin Hyvinvointianalyysin vallatessa yhä enemmän markkinoita myös huippu-urheilun alueella on noussut ajankohtaiseksi kehittää Hyvinvointianalyysia paremmaksi myös urheilijoiden näkökulmasta. (Pölönen 2016.)

Firstbeat halusi uuden selvityksen markkinoilla olevista elektrodimalleista, koska sen tavoitteena olisi saada nykyisten elektrodisuosituksen tilalle käyttöön yksi elektrodimalli, joka on ihoärsyttävyydeltä, kiinnipysyvyydeltä ja käyttömukavuudeltaan niin hyvä, että sitä voitaisiin suositella kaikille asiakkaille urheilutaustasta ja ihotyypistä välittämättä. Saman elektrodimallin käyttäminen kaikilla asiakkailla nopeuttaisi ja selkeyttäisi Firstbeatin nykyisiä toimintatapoja. Lisäksi oli tarkistettava, että uusien elektrodimallien mittausvirhe pysyisi sallituissa rajoissa riittävän alhaisena (< 10 %). Tyypillisesti Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa virheprosentti on noin 4 %. Firstbeatille on tärkeää, että elektrodi on luotettava myös mittausvirheen näkökulmasta. (Mts.)

Opinnäytetyön tavoitteena oli siis kartoittaa etukäteen määriteltyjen kriteerien perusteella markkinoiden paras EKG-elektrodimalli käytettäväksi Hyvinvointianalyysi –mittauksiin Kendall Arbo –elektrodimallin tilalle. Toisaalta työn perusteella pitäisi myös pystyä määrittelemään parhaan mahdollisen elektrodin ominaisuudet, vaikka sellaista ei markkinoilta nyt löydettäisikään eli työn tavoitteena oli myös se, että Firstbeat pystyy jatkossa toteuttamaan luotettavia elektroditutkimuksia tämän opinnäytetyön pohjalta. Opinnäytetyön tutkimuskysymyksenä oli, onko Firstbeatin tällä hetkellä käyttämä EKG-elektrodimalli, Kendall Arbo, markkinoiden paras EKG-elektrodi niin käyttömukavuuden, ihoärsyttävyyden kuin kiinnipysyvyyden näkökulmista käytettäväksi Firstbeatin Hyvinvointianalyysi –mittauksissa.

5 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa pyrittiin selvittämään parasta mahdollista EKG-elektrodimallia käytettäväksi Firstbeatin Hyvinvointianalyysi –mittauksiin. Tutkimus suoritettiin kahdessa osassa, joista esitutkimuksen tavoitteena oli kartoittaa markkinoilta etukäteen määriteltyjen kriteerien perusteella soveltuvimmat elektrodimallit ja testaamalla valita niistä parhaat kolme vaihtoehtoa jatkoon varsinaiseen isomman otoksen päätutkimukseen. Laajemman tutkimuksen tavoitteena oli tutkia, mikä esitutkimuksen perusteella valituista elektrodimalleista olisi ihoärsyttävyydeltään, kiinnipysyvyydeltään, liikunnassa kiinnipysyvyydeltään, käyttömukavuudeltaan ja kaikkien näiden ominaisuuksien kokonaispistemäärältään paras käytettäväksi Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa. Molemmissa tutkimuksissa jokainen koehenkilö testasi kaikkia tutkittuja elektrodimalleja, jotta otoksesta saatiin mahdollisimman kattava. Jokaisella koehenkilöllä oli lisäksi Bodyguard 2 –mittalaite oli kiinnitettynä yhteen tutkituista elektrodimalleista, joka valittiin satunnaisesti kaikille koehenkilöille.

5.1 EKG-elektrodin kriteerien määrittely ja markkinakartoitus

Ennen varsinaisia tutkimuksia määriteltiin yhteistyössä Firstbeatin asiantuntijoiden kanssa ne ominaisuudet, joista koostuisi paras mahdollinen Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa käytettävä EKG-elektrodi. Markkinakartoituksen kriteerien määrittelyssä käytettiin apuna aiempia elektrodeihin liittyviä tutkimuksia sekä jo Firstbeatin käytössä olevien EKG-elektrodimallien tietoja. Elektrodien kriteerien määrittelyssä oli lisäksi mukana Firstbeatin asiantuntijoita, joilla oli vuosien käytännön kokemus erilaisista elektrodimalleista. Tällä oli iso merkitys, sillä työssä kartoitettiin nimenomaan parasta elektrodimallia juuri Firstbeatin tarpeisiin.

Elektrodien kartoittamista varten määritellyt tärkeimmät kriteerit olivat 1) voimakas liima-aine kuten kiinnipysyvyydeltään hyväksi todetussa Kendall Arbo –elektrodissa 2) ihoystävälliset materiaalit 3) materiaalin paksuus enintään 1 mm 4) elektrodin

koko max 50 x 50 mm 5) elektrodin valmistajana iso eurooppalainen toimija, jolta elektrodeja nopeasti ja Firstbeatin tarpeen mukaan tietyn kokoisissa pakkauksissa. Lisäksi pyrittiin ottamaan vertailuun mukaan sekä komposiittisella että ruostumattomasta teräksestä valmistetulla nepparilla varustettuja elektrodeja, koska myös nepparin materiaalilla voi olla vaikutusta ihoärsyttävyyteen. Yhtenä kriteerinä oli lisäksi virheprosentti, jonka tuli olla riittävän alhainen ($> 10\%$), jotta mittausten suorittaminen kyseisellä elektrodimallilla olisi riittävän luotettavaa. Esitutkimukseen valittiin edellä esitettyjen kriteerien perusteella yhteensä 15 elektrodimallia 7 eri elektrodivalmistajalta. Lisäksi jokaista esitutkimukseen valittua elektrodimallia testattiin erikseen ennen esitutkimusta, jotta esitutkimukseen saatiin mukaan vain varmasti hyviä vaihtoehtoja ja huonot elektrodimallit suljettua pois jo tässä vaiheessa.

5.2 Esitutkimus

Esitutkimuksen tarkoituksena oli tutkia markkinakartoituksen perusteella valittuja elektrodimalleja ja valita niistä kolme parasta kaikilta ominaisuuksiltaan jatkokon laajempaan päätutkimukseen. Esitutkimuksen aineisto analysoitiin tilastollisilla menetelmillä, joilla saatiin luotettavaa tietoa elektrodien ominaisuuksista ja soveltuvuudesta Firstbeatin käyttöön.

Esitutkimuksen koehenkilöiksi valittiin 16 vapaaehtoista Firstbeatin työntekijää. Koehenkilöistä miehiä oli 7 ja naisia 9. Tutkittavat henkilöt olivat iältään 18 – 38 -vuotiaita. Esitutkimuksen luotettavuuden lisäämiseksi oli tärkeää, että kaikilla esitutkimukseen osallistuneilla koehenkilöillä oli aiempaa kokemusta erilaisista elektrodimalleista ja niiden toimivuudesta, jolloin elektrodien arvioiminen oli huomattavasti helpompaa ja luotettavampaa.

Esitutkimuksen aineisto kerättiin kolmessa osassa internetkyselylomakkeilla, joilla jokaisella arvioitiin kerrallaan viittä elektrodimallia. Esitutkimuksen koehenkilöt käyttivät kerrallaan 5 erilaista elektrodimallia kolme vuorokautta, jonka päätteeksi arvioitiin niiden toimivuutta kyselylomakkeella. Tämä toistettiin yhteensä kolme kertaa,

koska tutkittuja EKG-elektrodeja oli 15. Arvioinnin luotettavuuden takaamiseksi jokaisen mittausjakson jälkeen pidettiin muutaman päivän tauko, jotta iho ehti palautua mahdollisesta ärsytyksestä.

Kyselyissä esitettiin jokaisesta EKG-elektrodista yhteensä 7 kysymystä, joihin vastattiin arvioimalla kyseistä ominaisuutta numeerisella 10-portaisella asteikolla. Elektrodin ihoärsyttävyyttä sekä kiinnipysyvyyttä arvioitiin vastaamalla kolmeen kysymyseen. Edellä kuvattuja ominaisuuksia arvioitiin 10-portaisella asteikolla, jossa ominaisuus oli sitä parempi, mitä isomman arvosanan se sai. Yhdellä kysymyksellä mitattiin lisäksi kaikkien elektrodin ominaisuuksien kokonaispistemäärää. Lisäksi jokaisesta elektrodista oli mahdollista antaa palautetta myös vapaasti kirjoittaen.

Esitutkimuksen tulokset analysoitiin IBM SPSS Statistics 22 -tilasto-ohjelmalla. Yksisuuntaisen varianssianalyysin mukaan elektrodeilla oli esitutkimuksessa tilastollisesti merkitseviä eroja ihoärsyttävyydessä ($F=3.119$, $df=14$, 195 , $p<0.001$), kiinnipysyvyydessä ($F=4.778$, $df=14$, 191 , $p<0.001$), liikunnassa kiinnipysyvyydessä ($F=5.687$, $df=14.150$, $p<0.001$) ja kokonaispistemäärässä ($F=2.008$, $df=14$, 195 , $p=0.019$).

Tulosten analysoinnin jälkeen aloitettiin elektrodien valitseminen päätutkimusta varten. Kolmea parasta elektrodimallia valittaessa poissuljettiin aluksi 15 tutkitusta elektrodista kaikki tilastollisesti merkitsevästi huonoimmat elektrodit ihoärsyttävyydessä, kiinnipysyvyydessä sekä kokonaispistemäärässä. Elektrodeja pudotettiin tässä vaiheessa yhteensä kuusi. Jäljelle jääneistä elektrodeista valittiin viisi parasta elektrodia kokonaispistemäärän perusteella, joka muodostui kaikkien mitattujen muuttujien keskiarvoista. Sen jälkeen elektrodimallit asetettiin paremmuusjärjestykseen kaikissa eri luokissa ja vertailtiin niiden sijoituksia toisiinsa. Lopuksi näistä viidestä valittiin kolme parasta elektrodia kaikilta ominaisuuksiltaan eli jätettiin pois elektrodit, joilla oli esimerkiksi todella hyvä kiinnipysyvyys, mutta suuri ihoärsyttävyys.

Valitut elektrodit olivat Custo Sensitive, Kendall Arbo ja Kendall H92SG. Custo Sensitive osoittautui esitutkimuksen parhaaksi elektrodiksi kokonaispistemäärältään, Kendall H92SG toiseksi parhaaksi ja Kendall Arbo H34SG neljänneksi parhaaksi. Kendall Arbo -elektrodi päätettiin ottaa mukaan päätutkimukseen, koska se oli tasaisempi ominai-

suuksiltaan kuin kolmanneksi sijoittunut Skintact –elektrodi. Lisäksi se on tällä hetkellä Firstbeatin käytössä oleva elektrodimalli, joten oli hyvä saada se kontrolliksi mukaan tutkimukseen.

5.3 Päättökäimus

Tässä tutkimuksessa pyrittiin selvittämään parasta mahdollista elektrodimallia käytettäväksi Firstbeatin Hyvinvointianalyysi –mittauksissa, joten oli tärkeää, että niin esitutkimuksen kuin varsinaisen päätökäimuksen koehenkilöt valittiin vastaamaan tavallisesti mittauksiin osallistuvia henkilöitä niin hyvin kuin mahdollista. Koehenkilöitä oli hankkimassa keskisuomalainen Firstbeatin yhteistyökumppanina toimiva salibandyjoukkue. Tällä tavoin tutkimuksen vastausprosentti saatiin mahdollisimman korkeaksi, tutkimus voitiin toteuttaa nopealla aikataululla ja lisäksi aineistonkeruumenetelmä oli yritykselle edullinen.

5.3.1 Koehenkilöt

Tutkimukseen osallistui 103 vapaaehtoista koehenkilöä. Koehenkilöt olivat 18 – 60 -vuotiaita, ja heistä miehiä oli 49 %. Koehenkilöistä keskisuomalaisia oli 92 %. Tutkittavien ikä oli keskimäärin 33 vuotta. Hyvinvointianalyysi -mittaukseen osallistuvan henkilön ikä on keskimäärin Firstbeatin tietokannan mukaan 44 -vuotta, ja heistä 99,8 % on iältään 17-70 -vuotiaita. Tutkittavista 4 % asetti aktiivisuusluokakseen heikon (0-2), 30 % kohtalaisen (3-5), 52 % hyvän (6-7) ja 14 % huippukunnon (8-10). Mittauksiin osallistuvan henkilön aktiivisuusluokka on Firstbeatin oman tietokannan mukaan keskimäärin 5 eli kohtalainen. Aktiivisuusluokalla tarkoitetaan Firstbeatin asteikkoa, josta mittaaja valitsee arvon kuvaamaan fyysistä aktiivisuuttaan asteikolla 0-10: heikko (0-2), kohtalainen (3-5), hyvä (6-7) ja erinomainen (8-10). Herkkäihoisia oli tutkimuksessa kyselyn perusteella 25 % kaikista koehenkilöistä.

Vaikka tutkimuksen otosta ei valittu satunnaisotannalla, oli otos kuitenkin riittävän hyvä kuvaamaan perusjoukkoa ikäjakaumaltaan, sukupuolijakaumaltaan ja aktiivi-

suusluokkajakaumaltaan. Myös tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden ammattiluokkia arvioitaessa havaittiin, että se vastasi hyvin yleensä Fistbeat Hyvinvointianalyysiin osallistuvia henkilöitä. Ihotyypin voidaan olettaa olevan yksilöllinen, joten se on joka tapauksessa satunnainen otantamenetelmästä riippumatta. Tutkittava otos vastasi siis hyvin tavallisesti Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksiin osallistuvia henkilöitä.

5.3.2 Tutkitut elektrodimallit

Customed Custo Sensitive

Custo Sensitive -elektrodimalli (ks. kuvio 9) on saksalaisen Customed GmbH -nimisen yrityksen vaahtomuovista valmistama EKG-elektrodi. Elektrodin materiaalina ei ole käytetty lateksia tai PVC-muovia, jotka saattavat lisätä ihoärsyttävyyttä. Elektrodimallin koko on 35 x 50 mm ja paksuus 1 mm. Elektrodimalli aiheuttaa Customedin mukaan vähemmän liikkeestä johtuvaa virhettä, koska mittalaite kiinnitetään elektrodin keskelle ja siinä käytetään kiinteää johdingeeliä. Elektrodissa sensori on valmistettu hopea- ja hopeakloridista (Ag/AgCl).

Liima-aine on salainen eikä siitä ole muuta tietoa saatavilla kuin että se on vahva mutta ihoystävällinen. Neppari on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Elektrodi on vedenkestävä eli sitä ei ole välttämätöntä irroittaa suihkun yhteydessä. Elektrodissa on kuusi reikää nepparin ympärillä, joten sen pitäisi custo medin mukaan hengittää paremmin iholla. (Custo Sensitive ECG Electrodes 2011.)



Kuvio 8. Customed Custo Sensitive (Custo Sensitive ECG Electrodes 2011.)

Covidien Kendall H92SG

Kendall H92SG –elektrodimalli (ks. kuvio 10) on Covidien Ltd:n valmistama elektrodimalli. Covidienin mukaan elektrodimallin ovaali muoto tekee siitä monikäyttöisemmän ja helpottaa sen sijoittamista mittaajan ihoon verrattuna tavalliseen pyöreään elektrodiin. Elektrodin paksuus on 1 mm ja koko 48 x 34 mm. Sen pinta vedenkestävä, joten sitä ei tarvitse irrottaa suihkussa käynnin ajaksi.

Elektrodissa on käytössä Covidienin mukaan ihoystävällinen, mutta vahva liima-aine takaamassa hyvän kiinnipysyvyyden. Liima-aine on salainen eikä siitä ole saatavilla tarkempaa tietoa, kuin että se sisältää akrylaattiyhdisteitä. Neppari on tässä elektrodissa valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Tässä elektrodissa on hopea- ja hopeakloridisensori (Ag/AgCl) ja johdinaineena käytetään nopeaa hydrogeeliä. (Covidien H92SG -data sheet.)



Kuvio 9. Covidien Kendall H92SG (Covidien H92SG – data sheet n.d.)

Covidien Kendall Arbo

Covidienin Kendall Arbo –elektrodimalli (ks. kuvio 11) oli kolmantena tutkittavana elektrodimallina tässä tutkimuksessa. Sen tarkemmat tiedot on esitelty jo aiemmin tässä opinnäytetyössä (ks. Firstbeatin käyttämät elektrodit), sillä se on tällä hetkellä Firstbeatin käytössä oleva elektrodimalli.



Kuvio 10. Covidien Kendall Arbo H34SG (Firstbeat materiaalipankki 2016.)

5.3.3 Menetelmät ja muuttujat

Tutkimuksen selitettäviä muuttujia olivat käyttömukavuus, kiinnipysyvyys, kiinnipysyvyys liikunnassa, ihoärsyttävyyys ja mittausten virheprosentti. Käyttömukavuudesta, kiinnipysyvyydestä, kiinnipysyvyydestä liikunnassa ja ihoärsyttävyydestä kerättiin aineisto koehenkilöiltä tätä tutkimusta varten laadituilla kyselylomakkeella (ks. liite 2) heille tehtyjen Firstbeat Hyvinvointianalyysi -mittausten yhteydessä. Elektrodikysely laadittiin yhteistyössä Firstbeatin käytettävyyssiantuntijan kanssa, jotta sillä saataisiin koehenkilöistä kaikki tarvittava tieto. Yhteensä jokaista elektrodia kohden vastattiin seitsemään kysymykseen. Elektrodikyselyiden vastausprosentti oli 96 %. Mittausten virheprosentti saatiin Firstbeatin Hyvinvointianalyysi- ja SPORTS –ohjelmistoilla.

Ihoärsyttävyyttä mitattiin kahdella eri kysymyksellä, joissa asteikko oli 5-portainen (1=täysin eri mieltä, 5=täysin samaa mieltä). Kysymykset olivat ”Elektrodi aiheutti minulle ihoärsytystä” ja ”Elektrodi aiheutti minulle kutinaa”. Ihoärsytykseen liittyvien

kysymysten asteikot käännettiin analyysivaiheessa siten, että korkeat pistemäärät tarkoittivat pientä ihoärsyttävyyttä. Ihoärsyttävyyttä mittaavista kysymyksistä muodostettiin keskiarvomuuttuja ihoärsyttävyydelle.

Kyselylomakkeessa arvioitiin elektrodien kiinnipysyvyyttä kahdella kysymyksellä, joissa oli 5-portainen asteikko (1 = elektrodi irtosi, 3 = elektrodi irtosi puolittain/repotti, 5 = elektrodi pysyi kiinni koko ajan). Kysymykset olivat *”Elektrodi pysyi kiinni mittauksen aikana”* ja *”Elektrodi pysyi kiinni liikunnan aikana”*. Kiinnipysyvyyttä arvioidessa oli huomioitava, että Bodyguard 2 –mittalaite tarvitsee molempien elektrodien lähettämät signaalit toimiakseen, joten jos toinen elektrodi irtosi, oli koehenkilöitä opastettu arvioimaan koko elektrodin kiinnipysyvyys heikoksi. Kiinnipysyvyyttä mittaavista kysymyksistä muodostettiin keskiarvomuuttuja kiinnipysyvyydelle. Liikunnan kiinnipysyvyyttä mitattiin erikseen yhdellä kysymyksellä, joka oli *”Elektrodi pysyi kiinni liikunnan aikana”*.

Elektrodin käyttömukavuutta arvioitiin yhdellä kysymyksellä 5-portaisella asteikolla (1=huono, 5=loistava). Kysymys oli *”Anna kokonaisarvosana elektrodin käyttömukavuudelle”*. Kaikkiin kysymyksiin tuli vastata sen mukaan, mikä vaihtoehdoista oli sopivin jokaisen yksilön kohdalla.

Lisäksi tutkimuksessa haluttiin selvittää, mikä elektrodi olisi paras ottaen huomioon yhtä aikaa käyttömukavuuden, ihoärsyttävyyden ja kiinnipysyvyyden. Näiden ominaisuuksien keskiarvomuttujista laskettiin uusi keskiarvomuuttuja, josta käytetään tässä tutkimuksessa nimitystä kokonaispistemäärä.

5.3.4 Aineiston analysointi

Tutkimuksen aineisto analysoitiin IBM SPSS Statistics 22 –ohjelmistolla käyttömukavuuden, ihoärsyttävyyden, liikunnassa kiinnipysyvyyden, kiinnipysyvyyden yleisesti sekä kokonaispistemäärän osilta. Elektrodien mittausvirhettä analysoitiin lisäksi Firstbeatin Hyvinvointianalyysi- sekä SPORTS –ohjelmistojen avulla, jotta voitiin olla varmoja, että mittausvirheen osuus oli sallituissa rajoissa jokaisen elektrodin osalta. Tässä tutkimuksessa raja-arvona pidettiin 10 % mittausvirhettä, joten sitä suurempaa

mittausvirhettä aiheuttavat elektrodit olisi suljettu pois liian suuren virhealttiuden takia.

Yksisuuntaisen varianssianalyysin (ANOVA) avulla tutkittiin, mikä elektrodi on paras ihoärsyttävyydeltään, kiinnipysyvyydeltään, liikunnassa kiinnipysyvyydeltään, käyttömukavuudeltaan sekä kokonaispistemäärältään. Selitettävät muuttujat ajatellaan välimatka-asteikkolisina muuttujina eli varianssianalyysia voitiin käyttää elektrodien paremmuuden arviointiin eri muuttujissa. Parittaiset vertailut tässä tutkimuksessa tehtiin Tukeyn mittatikkutestillä.

Varianssianalyysin avulla voidaan tutkia, eroavatko ryhmät tilastollisesti merkittävästi toisistaan vastemuuttujissa. Varianssianalyysia pidetään kokeellisen tutkimuksen perusmenetelmänä ja sillä on merkittävä asema monilla eri tieteenaloilla. (Karjalainen 2010.) Varianssianalyysi perustuu selitettävän muuttujan varianssin jakamiseen kahteen osaan. Ensimmäinen mittaa ryhmien sisäistä hajontaa ja toinen mittaa ryhmien luokkakeskiarvojen välillä olevaa hajontaa. Jos ryhmien välinen vaihtelu on suurta ja sisäinen vaihtelu pientä, on todennäköistä että ryhmien välillä on tilastollisesti merkitseviä eroja. Jos suurinosa kokonaisvaihtelusta on ryhmien sisäistä vaihtelua, on todennäköistä, että luokkien keskiarvot ovat peräisin samanlaisesta jakaumasta. Tämä tarkoittaa sitä, että niiden välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa.

Varianssianalyysissa käytetään F-testiä, jonka F-testisuure ja p-arvo kuvastavat ryhmien välisten erojen tilastollista merkitsevyyttä. P-arvo osoittaa todennäköisyyden virheen tekemiselle, jos nollahypoteesi ryhmäkeskiarvojen samankaltaisuudesta hylätään. Jos p-arvo jää alle yleisenä raja-arvona pidettyyn 0,05 nähden, nollahypoteesi voidaan yleensä hylätä. (Karjalainen 2010.)

6 Tutkimuksen tulokset

Tässä luvussa tarkastellaan tutkimuksen tuloksia ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen. Tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia, mikä olisi ihoärsyttävyydeltään, kiinnipysyvyydeltään ja käyttömukavuudeltaan paras EKG-elektrodimalli käytettäväksi Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksiin. Kyselytutkimuksella tutkittuja elektrodimalleja vertailtiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä ja asetettiin paremmuusjärjestykseen ihoärsyttävyyden, kiinnipysyvyyden, kiinnipysyvyyden liikunnassa ja käyttömukavuuden perusteella. Lisäksi tutkimuksessa vertailtiin elektrodien kokonaispistemääriä, jotka muodostettiin kaikista elektrodien mitatuista muuttujista. Aineiston kuvailevat tiedot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Elektrodimallien ominaisuuksien keskiarvot ja keskihajonnat (n=100)

	Elektrodimalli					
	Custo Sensitive		Kendall H92SG		Kendall Arbo	
	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta	Keskiarvo	Keskihajonta
Ihoärsyttävyys	3.89	0.93	3.73	1.02	3.20	1.12
Kiinnipysyvyys	3.77	1.34	4.39	1.05	4.25	1.12
Kiinnipysyvyys liikunta	3.46	1.71	4.32	1.26	3.93	1.51
Käyttömukavuus	3.72	0.88	3.80	0.93	3.19	1.07
Kokonaispistemäärä	3.79	0.90	4.10	0.74	3.72	0.83

Ihoärsyttävyys

Yksisuuntaisen varianssianalyysin (ANOVA) mukaan ihoärsyttävyydessä oli elektrodimallien välillä tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ($F=11.97$, $df=2$, 291 , $p<0.001$). Parittaisten vertailujen mukaan Custo Sensitive –elektrodi aiheutti tilastollisesti merkitsevästi vähemmän ihoärsytystä verrattuna Kendall Arbo –elektrodiin ($p<0.001$), mutta ei Kendall H92SG –elektrodiin verrattuna ($p=0,550$). Kendall H92SG –elektrodi aiheutti tilastollisesti merkitsevästi vähemmän ihoärsytystä kuin Kendall Arbo –elektrodi ($p=0.001$). Tulosten perusteella Custo Sensitive– ja Kendall H92SG–elektrodit aiheuttivat siis vähemmän ihoärsytystä mittausten aikana kuin Kendall Arbo –elektrodi.

Kiinnipysyvyys

Kiinnipysyvyydessä havaittiin elektrodimallien välillä tilastollisesti merkitseviä eroja ($F=7,274$, $df=2$, 291 , $p=0.001$). Parittaisten vertailujen perusteella Kendall H92SG –elektrodi oli tilastollisesti merkitsevästi parempi kiinnipysyvyydeltään Custo Sensitive –elektrodiin ($p=0.001$) verrattuna, mutta ei verrattuna Kendall Arbo –elektrodiin ($p=0.692$). Myös Kendall Arbo –elektrodi oli tilastollisesti merkitsevästi parempi kiinnipysyvyydeltään kuin Custo Sensitive –elektrodi ($p=0.014$). Tulosten perusteella Kendall H92SG- sekä Kendall Arbo –elektrodimallit olivat siis kiinnipysyvyydeltään parempia kuin Custo Sensitive –elektrodi eli ne pysyivät kiinni mittaajan ihossa mittauksen aikana paremmin kuin Custo Sensitive –elektrodi.

Liikunnassa kiinnipysyvyys

Kiinnipysyvyydessä liikunnassa todettiin olevan tilastollisesti merkitseviä eroja elektrodimallien välillä ($F=7,660$, $df=2$, 281 , $p=0.001$). Parittaisten vertailujen mukaan Kendall H92SG –elektrodi oli tilastollisesti merkitsevästi parempi kiinnipysyvyydeltään liikunnassa Custo Sensitive –elektrodiin ($p<0.001$) verrattuna, mutta ei verrattuna Kendall Arbo –elektrodiin ($p=0.191$). Kendall Arbo –elektrodi ei eronnut tilastollisesti kiinnipysyvyydeltään liikunnassa Custo Sensitive –elektrodista ($p=0.079$). Tulosten perusteella Kendall H92SG oli kiinnipysyvyydeltään liikunnassa parempi eli se pysyi paremmin kiinni mittaajan ihossa liikunnan aikana kuin Custo Sensitive –elektrodi.

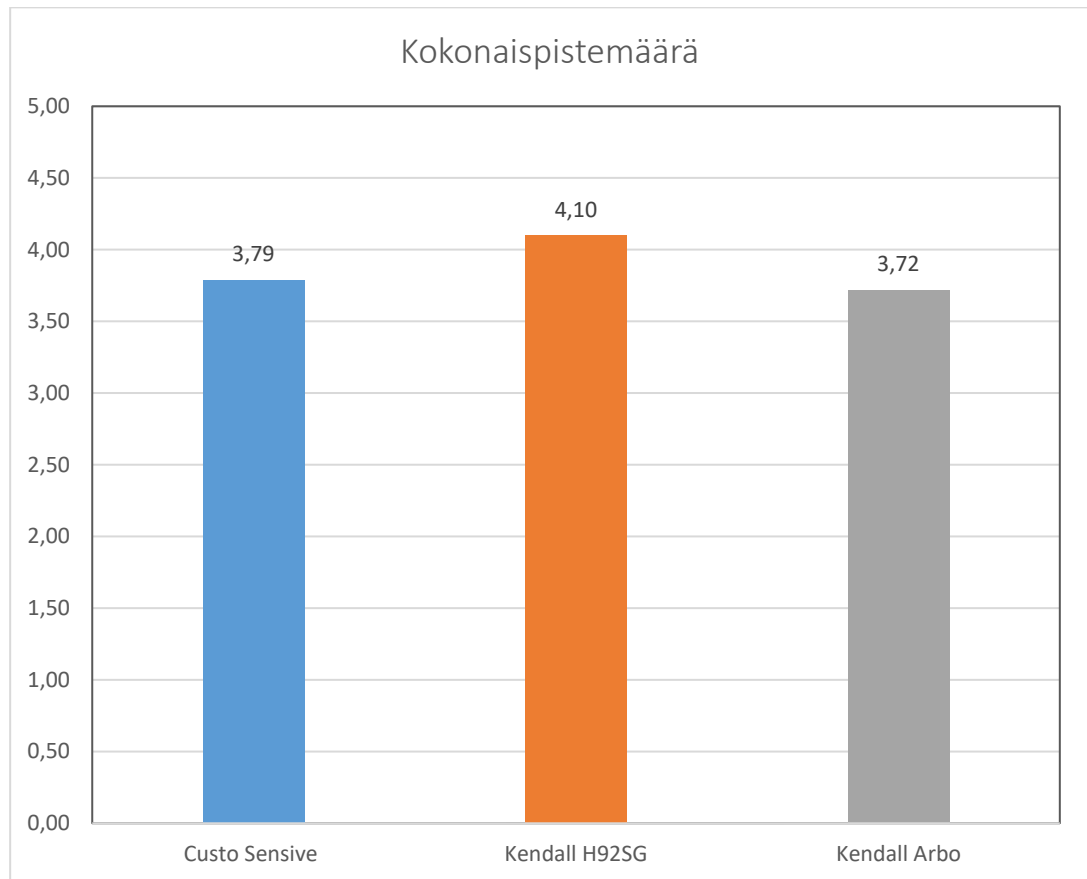
Käyttömukavuus

Käyttömukavuudessa havaittiin elektrodimallien välillä tilastollisesti erittäin merkitseviä eroja ($F=11.393$, $df=2$, 291 , $p<0.001$). Parittaisten vertailujen perusteella Kendall H92SG –elektrodi sekä Custo Sensitive –elektrodi osoittautuivat käyttömukavuudeltaan tilastollisesti merkitsevästi paremmiksi kuin Kendall Arbo –elektrodi ($p<0.001$). Sen sijaan Custo Sensitive –ja Kendall H92SG –elektrodeilla ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja keskenään ($p=0.862$). Tulosten perusteella voidaan todeta, että Kendall H92SG- ja Custo Sensitive –elektrodit ovat käyttömukavuudeltaan parempia kuin Kendall Arbo –elektrodimalli.

Kokonaispistemäärä

Elektrodeja vertailtiin lisäksi kokonaispistemäärän avulla. Elektrodien kokonaispistemäärä laskettiin ihoärsyttävyyden, kiinnipysyvyyden, kiinnipysyvyyden liikunnassa ja käyttömukavuuden perusteella. Kokonaispistemäärässä oli tilastollisesti merkitseviä eroja elektrodien välillä ($F=5.029$, $df=2$, 291 , $p=0.007$). Parittaisten vertailujen perusteella Kendall H92SG –elektrodi oli tilastollisesti merkitsevästi parempi kokonaisuudeltaan verrattuna Kendall Arbo –elektrodiin ($p=0.008$) sekä Custo Sensitive –elektrodiin ($p=0.044$). Kendall Arbo –elektrodilla ei sen sijaan ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kokonaisuudeltaan Custo Sensitive –elektrodiin ($p=0.829$). Tulosten perusteella voidaan sanoa, että Kendall H92SG –elektrodi oli kokonaispistemäärältään parempi kuin Custo Sensitive –ja Kendall Arbo –elektrodit (ks. taulukko 2) eli se oli parempi kaikkien mitattujen ominaisuuksien perusteella.

Taulukko 2. Elektrodiien kokonaispistemäärät.



Virheprosentit

Tutkimuksen tarkoituksena oli löytää elektrodimalli, jonka mittausvirheprosentti olisi korkeintaan 10 %. Elektrodien virheprosentit saatiin Hyvinvointianalyysi- ja SPORTS-ohjelmistojen avulla. Virheprosentit olivat Custo Sensitive –elektrodilla 6,9 %, Kendall H92SG –elektrodilla 6,7 % ja 5,6 % Kendall Arbo –elektrodilla.

Tulosten yhteenveto

Tulosten perusteella (ks. Taulukko 3.) parhaat elektrodimallit ihoärsyttävyydeltään olivat Custo Sensitive ja Kendall H92SG. Sekä yleisessä kiinnipysyvyydessä että kiinnipysyvyydessä liikunnassa tutkimuksen parhaiksi osoittautuivat Kendallin elektrodimallit H92SG ja Arbo. Käyttömukavuuden osalta Kendall H92SG ja Custo Sensitive olivat tutkimuksen parhaat elektrodimallit. Kokonaispistemäärältään eli kaikkien mitattujen muuttujien perusteella tutkimuksen paras elektrodimalli oli Kendall H92SG.

Kendall H92SG –elektrodimalli oli jokaisessa mitatussa ominaisuudessa tilastollisesti merkitsevästi paras elektrodi tai paras jonkin toisen elektrodin ohella. Muut elektrodimallit eivät olleet kaikilta ominaisuuksiltaan yhtä hyviä kuin Kendall H92SG. Custo Sensitive –elektrodi aiheutti vähän ihoärsytystä, mutta sen kiinnipysyvyys ei ollut niin hyvä kuin muilla malleilla. Kendall Arbo –elektrodilla oli sen sijaan hyvä kiinnipysyvyys, mutta se aiheutti muita elektrodimalleja enemmän ihoärsytystä. Kendall H92SG oli tutkimuksen paras elektrodimalli sekä kaikilta ominaisuuksiltaan että kokonaispistemäärältään.

Taulukko 3. Tilastollisesti parhaat elektrodit mitatuilta ominaisuuksiltaan

	Ihoärsyttävyys	Kiinnipysyvyys	Liikunta	Käyttömukavuus	Kokonaispistemäärä
Paras elektrodi	Custo Sensitive / H92SG	H92SG / Arbo	H92SG / Arbo	H92SG / Custo Sensitive	H92SG

7 Pohdinta

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, voisiko markkinoilta löytyä ihoärsyttävyydeltään, kiinnipysyvyydeltään ja käyttömukavuudeltaan parempi elektrodimalli käytettäväksi Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa kuin nykyisin käytössä oleva Kendall Arbo H34SG –elektrodi. Firstbeat on saanut toistuvasti negatiivista asiakaspalautetta Hyvinvointianalyysi –mittauksissaan käyttämistään EKG-elektrodeista huonon käyttömukavuuden ja erityisesti liiallisen ihoärsyttävyyden takia. Firstbeat haluaa uudistua ja kehittää tuotteitaan sekä tarjota asiakkailleen parhaan mahdollisen käyttökokemuksen. Tästä syystä Firstbeat halusi toteuttaa laajan opinnäytetyötutkimuksen elektrodeihin liittyen.

Päättökäytöksessä vertailtiin Kendall H92SG-, Custo Sensitive- ja Firstbeatin mittauksissa yleisessä käytössä olevaa Kendall Arbo –elektrodimallia. Varianssianalyysin tulosten pohjalta löydettiin sekä ihoärsyttävyydeltään että kokonaisuudeltaan parempi elektrodimalli kuin nykyisin käytössä ollut Kendall Arbo H34SG -elektrodimalli. Lisäksi uusi ihoärsyttävyydeltään ja kokonaisuudeltaan parempi Kendall H92SG -elektrodimalli osoittautui vähintään yhtä hyväksi myös kiinnipysyvyydeltään aiemmin käytettyyn malliin verrattuna.

Kendall H92SG– sekä Custo Sensitive –elektrodimallit osoittautuivat paremmiksi ihoärsyttävyydeltään kuin nykyisin Firstbeatin käyttämä elektrodimalli Kendall Arbo H34SG. Elektrodien ominaisuuksia vertailtaessa huomattiin, että kaikkien elektrodimallien liima-aineissa oli käytetty akrylaattiyhdisteitä, mutta tarkempaa tietoa ei niistä ollut saatavilla. Elektrodien liima-aineissa saattoi olla eroja, sillä elektrodien välillä oli eroja ihoärsyttävyydessä. Lima-aineen voidaan olettaa vaikuttavan ihoärsyttävyyteen, koska liima-aine on elektrodin materiaaleista eniten kosketuksissa ihon kanssa. Elektrodimallin koko voi yhdessä liima-aineen kanssa olla vaikuttava tekijä ihoärsyttävyyteen, sillä mitä isompi elektrodi oli pinta-alaltaan, sitä enemmän siitä aiheutui tutkittaville ihoärsytystä. Eniten ihoärsytystä aiheutti isokokoisin Kendall

Arbo –elektrodimalli. Tämä on linjassa aiemman tutkimuksen kanssa (Lensu 2015), jonka mukaan eniten ihoärsytystä aiheutti kooltaan suurin elektrodimalli.

Elektrodin päämateriaalin vaikutus ihoärsyttävyyteen on todennäköisesti pieni, sillä elektrodien välillä oli eroja ihoärsyttävyydessä, vaikka ne olikin valmistettu samasta materiaalista. Kaikkien mallien päämateriaalina oli käytetty PE-vahtomuovia. PVC-muovia tai lateksia ei ollut missään näistä kolmesta elektrodimallista. Myös elektrodin nepparin saattaa vaikuttaa ihoärsyttävyyteen, sillä tutkimuksen kahden ihoärsyttävyydeltään parhaaksi arvioidun elektrodimallin neppari on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, kun taas enemmän ihoa ärsyttävän Kendall Arbo –mallin neppari oli valmistettu komposiitin ja lasikuidun seoksesta.

Käytetyn johdinaineen vaikutus oletettiin minimaaliseksi. Johdinaneen ja varsinaisen elektrodin sensorin yhteisvaikutusta arvioitaessa havaittiin, että eniten ihoa ärsyttäneessä Kendall Arbo H34SG –elektrodissa hopea/hopeakloridi (Ag/AgCl) sensori oli päällystetty komposiitti-lasikuituseoksella. Kendall H92SG –elektrodimallissa oli myös hopea/hopeakloridi (Ag/AgCl) sensori, mutta se oli päällystetty eri materiaalilla. Custo Sensitive –elektrodimallin sensori oli niin ikään hopea/hopeakloridista (Ag/AgCl) valmistettu, mutta sen päällysmateriaalista ei ollut tietoa saatavilla. Elektrodin sensorin päällysmateriaali ja siinä käytetyn johdingeen yhteisvaikutus saattaa siis olla yksi ihoärsytystä aiheuttava tekijä.

Tutkimuksen parhaiksi kiinnipysyvyydeltään arvioitiin Kendall H92SG ja Kendall Arbo H34SG –elektrodimallit. Niiden liima-aineista on tiedossa vain, että sisältyvät akrylaattiyhdisteitä. Todennäköisesti niissä on käytetty samankaltaisia raaka-aineita, koska ne ovat saman valmistajan tekemiä. Custo Sensitive –elektrodimalli osoittautui heikoimmaksi kiinnipysyvyydeltään, mutta senkään liima-aineen koostumuksesta ei ole tarkempaa tietoa saatavilla. On kuitenkin havaittavissa, että Custo Sensitive oli tutkituista elektrodimalleista kooltaan pienin ja siinä oli ihon hengittävyyttä parantamaan suunniteltuja reikiä, joten sen liima-aine oli pienemmän ihoalueen kanssa kosketuksissa. Elektrodin koolla oli siis vaikutusta elektrodin kiinnipysyvyyteen siten, että isokokoisemmilla todettiin olevan parempi kiinnipysyvyys mittauksen aikana. Tämä tulos on linjassa aiemman tutkimuksen kanssa, jonka mukaan isokokoisin elektrodimalli osoittautui parhaaksi kiinnipysyvyydeltään Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa (Lensu 2015).

Käyttömukavuudeltaan parhaat tutkituista elektrodimalleista olivat Kendall H92SG sekä Custo Sensitive. Käyttömukavuus näyttäisi muodostuneen tulosten perusteella eniten ihoärsyttävyydestä, sillä huonoimmaksi käyttömukavuudeltaan arvosteltiin myös eniten ihoärsytystä aiheuttanut elektrodimalli Kendall Arbo H34SG. Kendall Arbo –elektrodin käyttömukavuutta saattoi laskea myös se, että siinä oli liima-ainetta isoimmalla alueella. Mitä laajemmalle alueelle elektrodin liima-aine leviää, sitä todennäköisemmin se aiheuttaa ihoärsytystä tai jättää mittauksen jälkeen liima-ainetta ihoon. Kiinnipysyvyys ei vaikuttanut niin paljo käyttömukavuuteen, sillä parhaiksi kiinnipysyvyydeltään arvioidut elektrodimallit Kendall H92SG – ja Kendall Arbo H34SG erosivat toisistaan käyttömukavuudeltaan siten, että Kendall H92SG osoittautui paremmaksi kuin Kendall Arbo H34SG.

Tutkimuksen ansiona voidaan pitää sitä, että tässä tutkimuksessa pyrittiin löytämään markkinoiden paras elektrodimalli eikä vain vertailemaan jo yrityksen käytössä olleita elektrodeja. Tutkimuksen vahvuuksia arvioitaessa on myös huomioitava, että se toteutettiin kahdessa osassa. Opinnäytetyössä toteutettiin käytännössä kaksi erillistä tutkimusta, jolla pyrittiin takaamaan tulosten luotettavuus. Esitutkimus oli tärkeä osa opinnäytetyötä, koska markkinoilta valituista elektrodimalleista saatiin esitutkimuksen tulosten perusteella valittua päätutkimukseen kaikista potentiaalisimmat elektrodimallit. Ilman esitutkimusta elektrodit olisi valittu päätutkimuksen pelkästään niiden teknisten tietojen perusteella, jolloin käyttökokeista ei olisi pystytty huomiomaan lainkaan. Esitutkimuksen aineisto analysoitiin tilastollisilla menetelmillä, jolloin tulokset ovat luotettavia ja niistä voidaan tehdä johtopäätöksiä.

Päätutkimuksen ansiona voidaan myös pitää sen otoskokoja ($n=103$). Huomioon on lisäksi hyvä ottaa se, että jokainen koehenkilö testasi lisäksi kolmea erilaista elektrodimallia. Tyypillisesti kvantitaavisessa tutkimuksessa 100 koehenkilöä pidetään riittävän kuvaavana perusjoukkoon nähden. (Karjalainen 2010.) Otos kuvasi hyvin tavallisesti Firstbeatin -mittauksiin osallistuvia henkilöitä, mikä oli tärkeää tulosten yleistettävyyden kannalta. Yksi tutkimuksen vahvuuksista oli myös se, että mittalaitteen vaikutus kiinnipysyvyyteen tai ihoärsyttävyyteen otettiin tutkimuksessa huomioon siten, että mitattavilla oli mittalaitteet kiinnitettynä eri elektrodimalleihin. Tämä tutkimus toi lisäarvoa aiempiin tutkimuksiin verrattuna siinä, että tässä tutkimuksessa jokainen koehenkilö testasi kaikkia tutkittuja elektrodimalleja. Lisäksi omalta osaltaan tämän

tutkimuksen merkitystä korostaa myös se, että elektrodimallien ominaisuuksia arviotiin numeerisilla asteikoilla ja tilastollisilla menetelmillä.

Tämän tutkimuksen ehdottomasti merkittävin vahvuus oli molemmissa tutkimuksissa käytetyt tilastolliset menetelmät, jotka takaavat tutkimuksen tulosten luotettavuuden ja yleistettävyyden. Kvantitatiivisessa tutkimuksessa halutaan tyypillisesti tutkia, onko eri ryhmien välillä eroja mitatuissa muuttujissa. Laajemmasta perusjoukosta poimituissa tuloksissa ryhmien välillä havaitut erot eivät kuitenkaan välttämättä tarkoita todellisia eroja perusjoukossa. Tällöin kyse voi olla esimerkiksi otantavirheen takia aiheutuneista eroista. Tästä syystä tilastolliset menetelmät ovat arvokkaita, sillä niiden avulla saadaan luotettavaa tietoa ryhmien todellisista eroista. Tässä tutkimuksessa käytetyt tilastolliset menetelmät ovat merkittävä tekijä tutkimuksen tuloksissa, koska niitä käyttämällä saatiin luotettavaa tietoa, oliko ryhmien välillä todella tilastollisesti merkitseviä eroja niin esitutkimuksessa kuin päätutkimuksessakin.

Tutkimusten aineisto analysoitiin molemmissa tapauksissa varianssianalyysilla, joka osoittaa onko tutkittavien ryhmien välillä todella eroja. Varianssianalyysilla analysoidulla aineistosta saatiin luotettavaa tietoa EKG-elektrodimallien eroista ja ominaisuuksista. Mikäli elektrodimallien välillä havaitaan tilastollisesti merkitseviä eroja jossain ominaisuudessa, tarkoittaa se sitä, että kyseisen elektrodimallin voidaan todeta olevan toista parempi tässä ominaisuudessa tekemättä virhettä. Niin esitutkimuksessa kuin päätutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitseviä eroja elektrodimallien välillä. Ryhmäkeskiarvojen eroja tutkittiin myös parittaiseen vertailuun tarkoitetulla Tukeyn-mittatikkutestillä, joka huomioi koko aineiston hajonnan. (Mt.)

Tutkimuksen tuloksiin liittyy joitain rajoituksia, jotka tulee huomioida tuloksia arvioitaessa. Tässä tutkimuksessa ei pystytty ottamaan huomioon sitä, aiheuttaako useampi elektrodi yhtäaikaaisesti kiinnitettynä isomman rasituksen iholle kuin yksi kerrallaan. Todellisuudessa elektrodit saattavat aiheuttaa vähemmän ihoärsytystä yksitelten kiinnitettynä. Tutkimuksen tuloksiin saattoi vaikuttaa myös se, mille paikalle tietty elektrodimalli sijoitettiin mittauksen ajaksi ja oliko siihen kiinnitetty mittalaitetta (ks. Liite 3.) Joihinkin kohtiin sijoitetut elektrodit saattavat joutua enemmän

hankaukseen tai hikoiluun. Lisäksi tuloksia analysoitaessa huomattiin, että Kolmogorov-Smirnovin ja Levenen testien mukaan varianssianalyysin normaalisuus- ja homoskedastisuusoletukset eivät täysin toteutuneet, joten tuloksiin on hyvä suhtautua pienellä varauksella.

Uuden elektrodimallin löytymisen jälkeen opinnäytetyössä pyrittiin selvittämään parhaan elektrodimallin valmistajalta mahdollisuutta toimituksiin Firstbeatin tarpeen ko-koisissa pakkauksissa. Jatkossa Firstbeat haluaisi parantaa paremman elektrodimallin ohella Hyvinvointianalyysi –palvelun hygienisyyttä toimittamalla mittauselektrodit avaamattomissa pakkauksissa. Asia jää toistaiseksi selvitykseen, mutta toteutuessaan se toisi uuden paremman elektrodimallin ohella merkittävästi lisäarvoa nykyisen tuotteen käyttökokemukseen verrattuna.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että markkinoiden paras elektrodimalli käytettäväksi Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksiin oli Kendall H92SG. Se osoittautui tutkimuksen perusteella parhaaksi niin tutkittavien elektrodien kokonaispistemäärän kuin jokaisen yksittäisen ominaisuuden osalta. Kokonaispistemäärä huomioikin nämä kaikki ominaisuudet kuvaten elektrodin käyttökokemusta kokonaisuudessaan. Tämä on uusi ja merkittävä löydös Firstbeatille, sillä sen avulla pystytään parantamaan Firstbeat Hyvinvointianalyysin käyttökokemusta. Aiempien tutkimusten tulosten mukaan elektrodimallien ongelmallisuutena on ollut niiden ominaisuuksien epätasaisuus: hyvän ihoärsyttävyyden taustalla on ollut heikko kiinnipysyvyys ja hyvän kiinnipysyvyyden taustalla suuri ihoärsyttävyys.

Tulosten pohjalta voidaan suositella Firstbeatille käytettäväksi Kendall H92SG -elektrodimallia Hyvinvointianalyysi –mittauksiin. Tutkimusta pystytään hyödyntämään jatkossa myös Firstbeatin tulevissa elektroditutkimuksissa. Elektrodimallien kehittyessä tulevaisuudessa on yrityksen etujen mukaista tutkia elektrodimalleja tekemällä tämännäköisiä tutkimuksia lisää. Jatkossa kaivattaisiin lisää tutkimustietoa myös elektrodien ominaisuuksiin vaikuttavista materiaaleista, jotta elektrodien ominaisuuksien vertaileminen ei olisi niin paljon oman käyttökokemuksen varassa. Tutkimuksen parhaaksi arvioitu elektrodimalli todettiin hyväksi isossa otoksessa, mutta tulos ei ota kuitenkaan huomioon sitä, että kyseinen elektrodimalli voi aiheuttaa suuriakin ongel-

mia joillekin mittaajille yksilöllisten erojen takia. Jatkossa voisi olla aiheellista tarkastella elektrodin toimivuutta laadullisella tutkimuksella, jolloin elektrodin ihoärsyttävyydestä ja kiinnipysyvyydestä saataisiin kuvailevampaa ja syvällisempää tietoa.

Tämä tutkimus osoitti sen, että nykyisten elektroduositusten mukaan yleiseen käyttöön valittu elektrodimalli oli korvattavissa paremmalla vaihtoehdolla. Firstbeat oli tyytyväinen opinnäytetyön tuloksiin, sillä tutkimuksessa päästiin yrityksen edustajien kanssa etukäteen asetettuun tavoitteeseen uuden paremman elektrodimallin löytämisestä. Tuloksia pystytään hyödyntämään myös uuden elektrodimallin valinnassa Hyvinvointianalyysi –mittauksiin sekä myös Firstbeatin tulevilla elektroditutkimuksissa.

Lähteet

- Ambu ECG-electrodes. Ambu. Viitattu 20.7.2016.
http://www.ambu.com/corp/products/clinical_studies/ambu%20AE_bluesensor_ecg_electrodes.aspx
- Akrylaatit., 2013. Kemikaaliturvallisuus. Työterveyslaitoksen internet -sivut. Viitattu 10.7.2016. http://www.ttl.fi/fi/kemikaaliturvallisuus/ainekohtaista_kemikaalitie-toa/akrylaatit/Sivut/default.aspx
- Arstila, A., Björkqvist, S-E., Hänninen, O. & Nienstedt, W. 2006. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Helsinki: WSOY.
- Baji, T., Shirmohammadi, S., Groza, V. & Batkin, I. 2013. Impact of Skin–Electrode Interface on Electrocardiogram Measurements Using Conductive Textile Electrodes. 1-3. Viitattu 20.8.2016. <https://janet.finna.fi>, IEEE Xplore Digital Library.
- Covidien ECG-electrode Data Sheet. N.d. Viitattu 20.8.2016.
<http://www.covidien.com/imageServer.aspx/doc242691.pdf?contentID=31382&contenttype=application/pdf>
- Custo Sensitive ECG electrodes. 2011. Data sheet Customedin sivustolla. Viitattu 20.7.2016. <https://www.customed.de/includes/customed%20documents/EN/TFL-0032-custo-sensitive-ECG-Electrodes-12-10-2011-DK-1194-EN-001-LEN.pdf>
- Data Sheet F9079 -F9079 n.d. FIAB: Foam ECG Disposable Electrodes. Viitattu 24.7.2016. <http://www.o2-med.com/img/cms/Elettrodi%20ECG%20F9079-100%20%20-%20%2036x40%20mm-.pdf>
- Faller, A., Schünke, M & Schünke, G. 2004. The Human Body: An introduction to structure and function. Tutkimus. Pliezhausen: Georg Thieme Verlag.
- Firstbeat Bodyguard 2 -mittalaitteen tekniset tiedot n.d. Firstbeat Technologies Oy:n internet -sivut. Viitattu 10.7.2016. <http://www.firstbeat.fi/userData/firstbeat/hyvinyointi/BG2-tech-specs-FIN.pdf>
- Firstbeat Fysiologia. n.d. Firstbeat Technologies Oy:n internet-sivut. Viitattu 11.7.2016. <https://www.firstbeat.com/fi/fysiologia/>
- Firstbeat materiaalipankki. n.d. Firstbeat Technologies Oy:n materiaalipankki 2016.
- Firstbeat Ratkaisut. n.d. Firstbeat Technologies Oy:n internet –sivut. Viitattu 12.7.2016. <https://www.firstbeat.com/fi/ratkaisut/>
- Firstbeat Tarina. n.d. Firstbeat Technologies Oy:n internet-sivut. Viitattu 10.7.2016. <https://www.firstbeat.com/fi/yritys/tarina/>

Firstbeat Yritys. n.d. Firstbeat Technologies Oy:n internet -sivut. Viitattu 12.7.2016.
<http://www.firstbeat.fi/fi/yritys>

Fogelholm, M., Lindholm, H., Lusa, S., Miilunpalo, S., Moilanen, J., Paronen, O. & Saarin, K. 2007. Tervettä liikettä - terveysliikunnan hyvät käytännöt työterveyshuollossa. Helsinki: Työterveyslaitos

Furlan, R., Guzzetti, S., Crivellaro, W. 1990. Continuous 24-hour assessment of the neural regulation of systemic arterial pressure and RR variabilities in ambulant subjects. *Circulation* 81, 2, 537 -547.

Gray, J.A. 1987. *The Psychology of Fear and Stress*. Second Edition. Cambridge University Press. 30-37. Viitattu 20.8.2016.

[https://books.google.fi/books?id=nww5AAAIAAJ&lpg=PR6&ots=rnCr8wXhuY&dq=fear%20ef-](https://books.google.fi/books?id=nww5AAAIAAJ&lpg=PR6&ots=rnCr8wXhuY&dq=fear%20effect%20stress&lr&hl=fi&pg=PR9#v=onepage&q=fear%20effect%20stress&f=false)
[fect%20stress&lr&hl=fi&pg=PR9#v=onepage&q=fear%20effect%20stress&f=false](https://books.google.fi/books?id=nww5AAAIAAJ&lpg=PR6&ots=rnCr8wXhuY&dq=fear%20effect%20stress&lr&hl=fi&pg=PR9#v=onepage&q=fear%20effect%20stress&f=false)

Guyton, A. C. & Hall J. E. 2006. *Text book of Medical Physiology*. 11. painos. Pennsylvania. W.B. Saunders Company. 748-749, 757-758.

Honkanen J, 2002. Mittauselektrodit. 1-5. Viitattu 15.8.2016. <http://www.kolumbus.fi/jukka.u.honkanen/tdata/mittauselektrodit.pdf>

Hydrogel Electrodes n.d. Covidien: ECG Electrodes. Viitattu 1.7.2016.
<http://anmar.tychy.pl/wp-content/uploads/2014/12/elektrody.pdf>

Hynynen, E. 2011. Heart rate variability in chronic and acute stress. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto. Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta. Viitattu 4.7.2016.
<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/26562/978-951-39-4207-6.pdf?sequence=2>

Ihoärsyttävyyys. Kemikaalineuvonta. Kemikaalineuvonnan nettisivut. Viitattu 15.7.2016. <http://www.kemikaalineuvonta.fi/fi/Saadossalue/CLP/Luokitus/Terveydelle-aiheutuvat-vaarat/Ihosyovyttavyyshoarsytys/>

Karjalainen, L. 2010. Tilastotieteen perusteet. 232-233. Pii-Kirjat: Ristiina.

Kligfield, J. 2007. Recommendations for the Standardization and Interpretation of the Electrocardiogram. *Journal Of The American College Of Cardiology*. 49, 10. Viitattu 25.8.2016.

<http://content.onlinejacc.org/article.aspx?articleid=1188784#TheECGSignalandItsProcessing>

Korhonen, I. & Parak, J. n.d. Accuracy of Firstbeat Bodyguard 2 beat-to-beat heart rate monitor. Tutkimus. Tampere: Tampere University of Technology. Viitattu 26.7.2016. https://www.firstbeat.com/app/uploads/2015/10/white_paper_bodyguard2_final.pdf

Kotisaari, J. 2016. Hyvinvointiasiantuntija. Firstbeat Technologies Oy. Haastattelu 10.8.2016.

Laitio, T., Scheinin, H., Kuusela, T., Mäenpää, M. & Jalonen, J. 2001. Mitä sydämen sykevaihtelu kertoo? *Finnanest* 34, 3, 249 - 255.

Lensu, M. 2015. Elektrodimallien vertailu mittausvirheen ja käyttömukavuuden perusteella Firstbeat Hyvinvointianalyysi –mittauksissa. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma. Viitattu 2.7.2016. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201505158236>

Lewis, M.J. 2005. Heart rate Variability: A tool asses cardiac autonomic function. *Computers, Informatics Nursing*. 6. painos. Baltimore: Williams & Wilkins

Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J. & Schwartz P. J. 1996. Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Tutkimus. Department of Cardiological Sciences, St George's Hospital Medical School, London. Viitattu 4.7.2016. <http://circ.ahajournals.org/content/93/5/1043.full>

McArdle, W. D., Katch, F. I., Katch, V. L. 1996. Exercise physiology: energy, nutrition and human performance. 4. painos. 318-320. Baltimore: Williams & Wilkins

Norman, D. 2004. Emotional Design: Why We Love (or Hate) Everyday Things. Basic Books.

Pagani, M., Lombardi, F., Guzzetti, S., Rimoldi, O., Furlan, R., Pizzinelli, P., Sandrone. 1986. Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympatho-vagal interaction in man and conscious dog. Tutkimus. Institute of Cardiovascular research, University of Milano. Viitattu 16.7.2016.

Polyvinyl chloride (PVC). N.d. U.S. National Library of Medicine. Artikkelit ToxTown www-sivustolla. Viitattu 14.8.2016.

Pölonen, V-M. 2016. Tilausvastaava. Firstbeat Technologies Oy. Haastattelu 18.8.2016.

Stress and recovery analysis method based on 24-hour heart rate variability. 2014. White paper: Firstbeat Technologies Oy. Viitattu 28.6.2016. https://www.firstbeat.com/app/uploads/2015/10/Stress-and-recovery_white-paper_20145.pdf

Spear, J.F, Kronhaus, K.D, Moore, E.N & Kline R.P. 1979. The effect of brief vagal stimulation on the isolated rabbit sinus node. American Heart Association. Viitattu 21.7.2016. <http://circres.ahajournals.org/content/44/1/75.short>

Sunderman, F. W., 1977. A review of the metabolism and toxicology of nickel. *Annals of Clinical and Laboratory Science*. 7, 5, 377-380. <http://www.annclinlabsci.org/content/7/5/377.short>

Terveysteknologia jälleen ennätyslukemiin. 2016. Uutinen Teknologiateollisuuden www-sivuilla 5.4.2016. Viitattu 29.6.2016.

<http://teknologiateollisuus.fi/fi/ajankohtaista/uutiset/terveysteknologia-jalleen-ennatyslukemiin>

Työkalut hyvinvoinnin ammattilaiselle n.d. Firstbeat Technologies Oy:n internet -sivut. Viitattu 15.7.2016. <http://www.firstbeat.fi/fi/tyo-ja-hyvinvointi/tyokalut-hyvinvoinnin-ammattilaiselle>

Vesterinen, V. 2015. Biohakkerointi – terveyden ja suorituskyvyn optimointia. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus (KIHU). Viitattu 2.7.2016. http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/2015_ves_biohakkerointi_sel66_22993.pdf

Winsley R. 2002. Acute and chronic effects of exercise on heart rate variability in adults and children: A Review. *Pediatric Exercise Science* 14, 328 - 344.

Liitteet

Liite 1. Hyvinvointianalyysi Miro Vesala

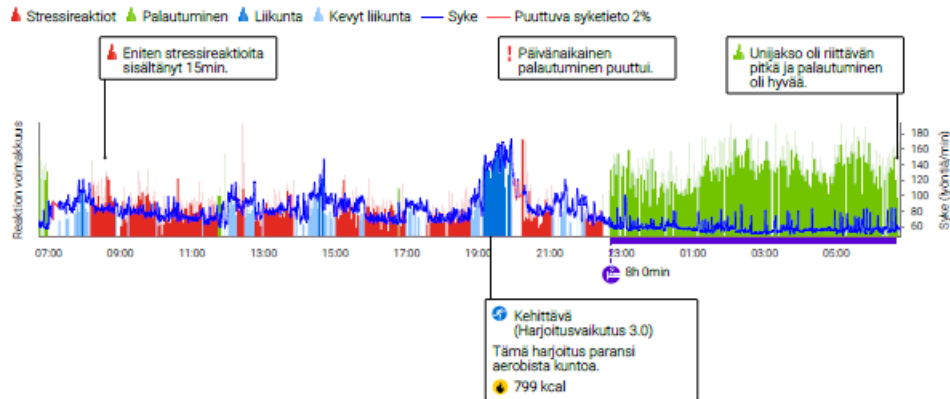


Hyvinvointianalyysi

Miro Vesala

HYVINVOINTIANALYYSI

Henkilö: Miro Vesala				Mittaus: ke 06.04.2016 06:44	
Ikä	22	Aktiivisuusluokka	7.5 (Hyvä)	Alkamisaika	
Pituus (cm)	194	Leposyke	47	Kesto	24h 3min
Paino (kg)	92	Maksimisyke	193	Syke (alin/keskiarvo/korkein)	49 / 73 / 173
Painoindeksi	24.4				



▲ STRESSI JA PALAUTUMINEN



TYÖ

Työjaksoa ei ole merkitty

UNI

Itse raportoitu unenlaatu: 😊

Unijakson pituus:	8h 1min	Heikko < 5,5h	Kohtalainen 5,5h - 7h	Hyvä ≥ 7h
Palautumisen määrä unijaksosta:	88%	< 50%	50 - 74%	≥ 74%
Palautumisen laatu (sykeväilvaihtelu):	58 ms	0 - 25 ms	26 - 53 ms	≥ 53 ms

▲ LIIKUNTA

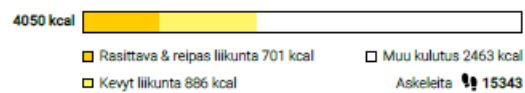
Liikuntapistee: 100/100 (hyvät terveysvaikutukset)

Heikko	Kohtalainen	Hyvä
0 - 29	30 - 59	60 - 100

Rasittavaa liikuntaa 20min
Reipasta liikuntaa 29min
Kevyttä liikuntaa 2h 57min

ENERGIANKULUTUS

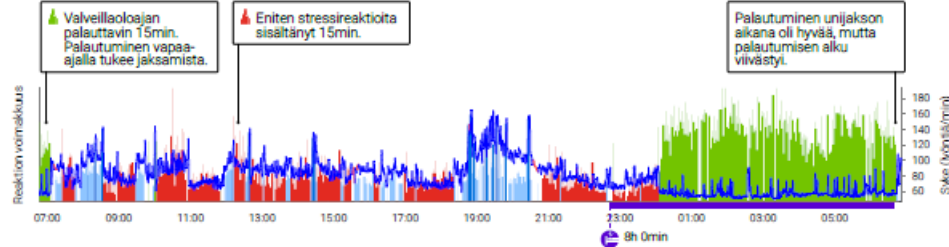
Energiankulutus yhteensä:



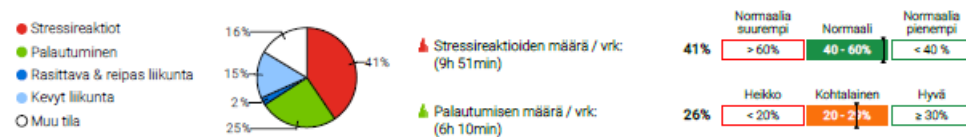
HYVINVOINTIANALYYSI

Henkilö: Miro Vesala				Mittaus:	
Ikä	22	Aktiivisuusluokka	7.5 (Hyvä)	Alkamisaika	to 07.04.2016 06:47
Pituus (cm)	194	Leposyke	47	Kesto	24h 4min
Paino (kg)	92	Maksimisyke	193	Syke (allin/keskiarvo/korkein)	49 / 76 / 166
Painoindeksi	24.4				

Stressireaktiot Palautuminen Liikunta Kevyt liikunta Syke Puuttuva syketieto 2%



STRESSI JA PALAUTUMINEN



TYÖ

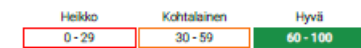
Työjaksosia ei ole merkitty

UNI



LIIKUNTA

Liikuntapistee: **100/100** (hyvät terveysvaikutukset)



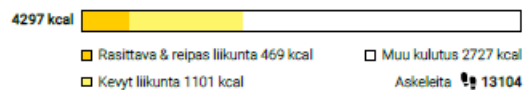
Rasittavaa liikuntaa **14min**

Reipasta liikuntaa **21min**

Kevyttä liikuntaa **3h 44min**

ENERGIANKULUTUS

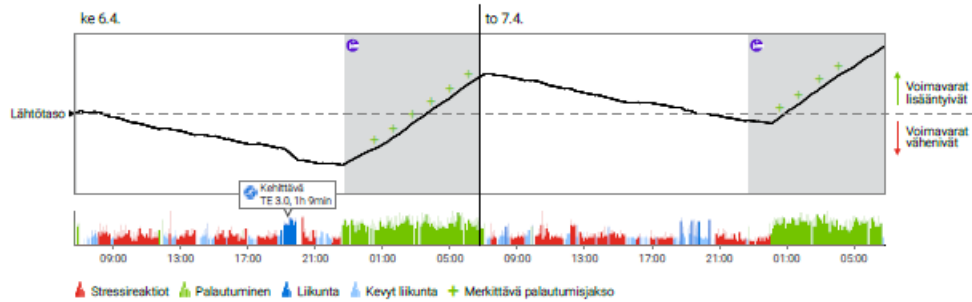
Energiankulutus yhteensä:



HYVINVOINTIANALYYSIN YHTEENVETO

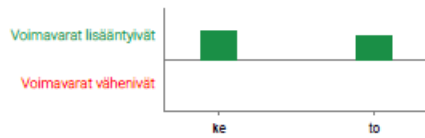
Henkilö: Miro Vesala	Kartoitus: 06.04.2016 - 07.04.2016		
Ikä	22	Aktiivisuusluokka	7.5 (Hyvä)
Pituus (cm)	194	Leposyke	47
Paino (kg)	92	Maksimisyke	193
Painoindeksi	24.4		

Voimavarat

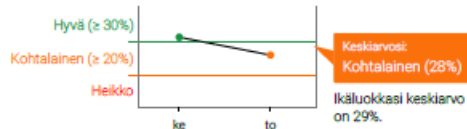


STRESSI JA PALAUTUMINEN

Stressin ja palautumisen tasapaino:

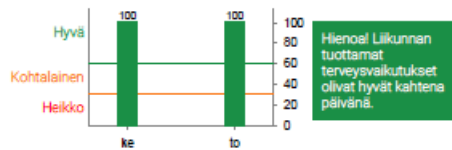


Palautumisen määrä / vrk:



LIIKUNTA

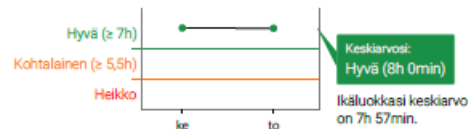
Liikuntapistteet:



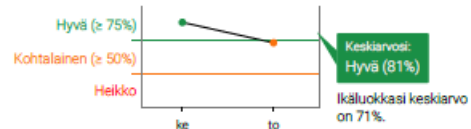
Mittaukseen sisältyi yksi kuntoa kehittävää harjoitusta (harjoitusvaikutus 3.0 tai korkeampi).

UNI

Unijakson pituus:

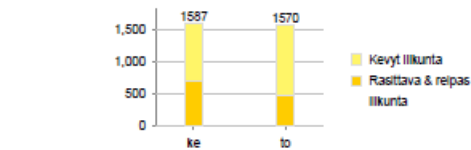


Palautumisen määrä unijaksosta:



ENERGIANKULUTUS

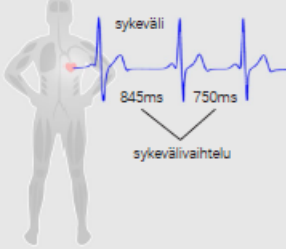
Liikuntakalorit (kcal):



Kokonaiskulutus: 4050 4296

Askeleita: 15343 13104

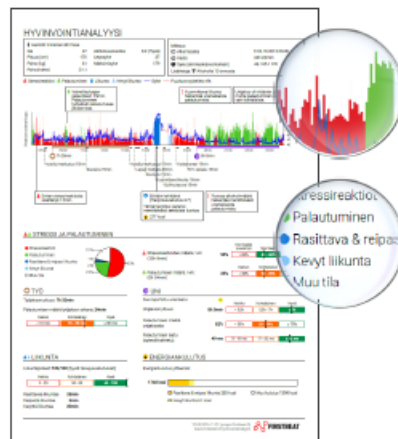
MITÄ HYVINVOINTIANALYYSI KERTOO?



Hyvinvointianalyysi auttaa sinua **hallitsemaan stressiä, palautumaan paremmin ja liikkumaan oikein**. Hyvinvointianalyysi perustuu sydämen sykevälivaihtelun analyysiin.

Hyvinvointianalyysin avulla näet mikä nostaa stressitasoasi, mikä auttaa sinua palautumaan ja liikutko riittävästi. Näin opit, kuinka voit päivittäisillä valinnoillasi vaikuttaa omaan terveyteesi ja voimavaroihisi.

Tavoitteena on löytää tasapaino työn ja vapaa-ajan sekä kuormituksen ja levon välillä. Olennaista ei ole täydellinen stressin puuttuminen, vaan riittävä palautuminen ja sopivan elämäntytmin löytäminen.



STRESSIREAKTIO tarkoittaa vireystilan nousua elimistössä. Reaktio voi olla positiivinen tai negatiivinen. Keskimäärin stressireaktioita on 50 % vuorokaudessa.*

PALAUTUMINEN tarkoittaa elimistön rauhoittumista. Tärkeitä palautumisjaksoja ovat yöuni, tauot ja rauhoittavat hetket päivän aikana. Keskimäärin palautumista on 26 % vuorokaudessa.*

LIIKUNTA tarkoittaa fyysistä kuormitusta, jonka aikana energiankulutus nousee selvästi lepotasolta (yli 2 MET).

Rasittavan liikunnan teho on yli 60 %

Reippaan liikunnan teho on 40–60 % ja

Kevyen liikunnan teho on alle 40 % maksimaalisesta suorituskyvystä

MUU TILA on tyypillisesti liikunnasta palautumista, lyhyitä heräilyjä unijakson aikana tai puuttuvaa syketietoa esim. suihkun aikana.



Harjoitusvaikutus kertoo yksittäisen liikuntasuorituksen vaikutuksen kunnon kehittymisen. Harjoitusvaikutuksen asteikko on 1-5 (kts. oikealla).



Liikuntapisteet summaavat liikunnan vaikutukset terveyteen päivän ajalta. Pisteet kertyvät aerobisen liikunnan keston ja tehon perusteella. Hyvän tuloksen (60 p.) saavuttaaksesi sinun tulisi liikkua noin 30 min reippaasti tai 20 min rasittavalla teholla. Keskimäärin liikuntapisteet ovat 50 pistettä vuorokaudessa.*

Unijakson pituus tarkoittaa päiväkirjaan merkittyä jaksoa nukkumaanmenosta heräämiseen.

Palautumisen määrä tarkoittaa palautumisen osuutta unijaksosta. Keskimäärin unijaksosta on palautumista 60%.*



Palautumisen laatu tarkoittaa sykevälivaihtelun määrää unijakson aikana. Matala arvo viittaa yleensä heikkoon palautumiseen, korkeampi arvo parempaan palautumiseen. Ikä vaikuttaa sykevälivaihteluun ja sen vaikutus on huomioitu viitearvoissa. Palautumisen laatua heikentävät erilaiset kuormitustekijät, kuten sairaudet, päihteet, pitkään jatkunut stressi ja heikko fyysinen kunto.

Askeleet tunnustetaan liikedatan avulla ja niitä kertyy juoksusta ja kävelystä. Askeleita ei kerry esimerkiksi pyöräilystä tai hyvin kevyestä liikkeestä. Yli 10,000 askelta päivässä kuvaa erittäin aktiivista päivää.

TAVOITTEET

Valitse henkilökohtaiset tavoitteet, joiden avulla pyrit edistämään hyvinvointiasi.

Työ

- Muistan syödä ja juoda myös kiireen keskellä.
- Pysin sisällyttämään arkiaktiivisuutta myös työpäivään.
- Muokkaan aikatauluni realistiseksi.
- Asetan itselleni takarajan, jolloin lähdän töistä kotiin.
- Töistä lähdettyäni irrotan ajatukseni työstä itseäni miellyttävillä asioilla.

Vapaa-aika


- Rentoudun säännöllisesti (esim. rentoutushetki; TV:n katselu tai lukeminen).
- Opettelen sanomaan "Ei".
- Pidän kiinni harrastuksistani, sillä ne edistävät hyvinvointiani.
- Pidän kiinni säännöllisestä ateriarvymistä.
- Vältän runsaasti rasvaa, sokeria ja suolaa sisältäviä tuotteita.
- Pudotan painoani ____ kg.
- Lisään arkiaktiivisuutta tekemällä jotain fyysistä päivittäin.
- Harrastan liikuntaa vähintään ____ kertaa viikossa.

Yö ja nukkuminen

- En tee töitä / stressaavia asioita ennen nukkumaanmenoa.
- Pysin rentoutumaan ennen nukkumaanmenoa esim. lukemalla.
- Vähennän alkoholinkäyttöä parantaakseni uneni laatua.
- Käyn ajoissa nukkumaan.

Omat tavoitteet

Liite 2: Elektrodikysely

ELEKTRODIKYSELY  FIRSTBEAT

Vastaamalla elektrodikyselyyn tuet O2-naisten liigajoukkuetta, saat itsellesi Hyvinvointianalyysi –raportin sekä olet mukana Hyvinvointianalyysi -lahjakortin arvonnassa (arvo 200€)!

Kehitämme Firstbeat Hyvinvointianalyysejä entistä miellyttävämmäksi. Pyydämme Teitä ystävällisesti vastaamaan oheisiin kysymyksiin liittyen elektrodien ihoärsyttävyyteen, kiinnipysyvyyteen ja kokonaisuuteen sekä palauttamaan tämä kyselylomake yhdessä mittalaitteen kanssa Firstbeatille. Kyselyyn vastanneet ovat mukana lahjakortin arvonnassa Firstbeat Hyvinvointianalyyseihin. Lahjakortin voi käyttää itse tai antaa lahjaksi. Arvonta suoritetaan 20.8.2016. Voittajalle ilmoitamme henkilökohtaisesti.

Vastaajan nimi:

Mikä elektrodi oli kiinni mittalaitteessasi: Custo Sensitive ___ Kendall H92SG___ Kendall Arbo___

Oletko herkkäihoinen: Kyllä ___ Ei / En tiedä ___

ELEKTRODI: Custo Sensitive



Arvioi elektrodin ihoärsyttävyyttä ympyröimällä parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=ei aiheuttanut yhtään, 5=aiheutti paljon):

- Elektrodin aiheutti kutinaa 1 2 3 4 5
- Elektrodi aiheutti ihottumaa 1 2 3 4 5
- Elektrodi aiheutti kokonaisuudessaan ihoärsytystä: 1 2 3 4 5

Arvioi elektrodin kiinnipysyvyyttä ympyröimällä parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=pysyi kiinni todella huonosti, 5=pysyi kiinni todella hyvin):

- Elektrodi pysyi kiinni mittauksen ajan: 1 2 3 4 5
- Elektrodi pysyi kiinni liikunnan aikana: 1 2 3 4 5

Anna kokonaisarvosana elektrodin käyttömukavuudelle (1=huono, 5=loistava): 1 2 3 4 5

ELEKTRODI: Kendall H92SG



Arvioi elektrodin ihoärsyttävyyttä ympäröimällä parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=ei aiheuttanut yhtään, 5=aiheutti paljon):

- Elektrodin aiheutti kutinaa 1 2 3 4 5
- Elektrodi aiheutti ihottumaa 1 2 3 4 5
- Elektrodi aiheutti kokonaisuudessaan ihoärsytystä: 1 2 3 4 5

Arvioi elektrodin kiinnipysyvyyttä ympäröimällä parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=pysyi kiinni todella huonosti, 5=pysyi kiinni todella hyvin):

- Elektrodi pysyi kiinni mittauksen ajan: 1 2 3 4 5
- Elektrodi pysyi kiinni liikunnan aikana : 1 2 3 4

Anna kokonaisarvosana elektrodin käyttömukavuudelle (1=huono, 5=loistava): 1 2 3 4 5

ELEKTRODI: Kendall Arbo



Arvioi elektrodin ihoärsyttävyyttä ympäröimällä parhaiten kuvaava vaihtoehto (1=ei aiheuttanut yhtään, 5=aiheutti paljon):

- Elektrodin aiheutti kutinaa 1 2 3 4 5
- Elektrodi aiheutti ihottumaa 1 2 3 4 5
- Elektrodi aiheutti kokonaisuudessaan ihoärsytystä: 1 2 3 4 5

Arvioi 1=pysyi kiinni todella huonosti, 5=pysyi kiinni todella hyvin

- Elektrodi pysyi kiinni mittauksen ajan: 1 2 3 4 5
- Elektrodi pysyi kiinni liikunnan aikana : 1 2 3 4 5

Anna kokonaisarvosana elektrodin käyttömukavuudelle (1=huono, 5=loistava): 1 2 3 4 5

Liite 3. Tervetuloa Firstbeat Hyvinvointianalyysiin

TERVETULOA FIRTSBEAT HYVINVOINTIANALYYSIIN

Sydämen sykevälän mittauksen avulla saat monipuolista tietoa omasta hyvinvoinnistasi

Mittauksen aloitus ja elektrodit

Aloita mittaus heti kun mahdollista. Mittaa yhtäjaksoisesti 3 vuorokautta. Aloita mittaus aamulla ja lopeta mittaus 3 vrk:n kuluttua aamulla herättyäsi. Tehtävänäsi on arvioida ja vertailla elektrodeja jo mittauksen aikana ja vastata mittauksen päätyttyä kirjekuoressa tuleeseen kyselylomakkeeseen.



- **Custo Sensitive** - **Kendall H92SG** - **Kendall Arbo**

Kiinnitä elektrodit alla olevien kuvien mukaisesti:

- Paikoille A = **Custo Sensitive** (laite kiinni koko mittauksen ajan tässä elektrodissa)
- Paikoille B = **Kendall H92SG** (ilman laitetta)
- Paikoille C = **Kendall Arbo** (ilman laitetta)

