



TEKSTIILIPANNAN LUOTETTAVUUDEN JA
KÄYTETTÄVYYDEN ARVIOINTI 24 TUNNIN
SYKEVÄLIMITTAUKSESSA

Aro Olli
Gustafsson Esa
Karjalainen Petri

08FT

Opinnäytetyö
Elokuu 2011
Fysioterapian koulutusohjelma
Tampereen ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Fysioterapian koulutusohjelma

ARO, OLLI, GUSTAFSSON, ESA & KARJALAINEN, PETRI: Tekstiilipannan luotettavuuden ja käytettävyyden arviointi 24 tunnin sykevälimittauksessa

Opinnäytetyö 34 s., liitteet 11 s.
Elokuu 2011

Sykevälivaihtelua analysoimalla pystytään selvittämään autonomisen hermoston toimintaa. Sykevälivaihtelua on tutkittu monissa eri julkaisuissa. Niiden mukaan sykevälialyysi on monipuolinen ja luotettava tapa arvioida yksilön toimintakyvyssä tapahtuvia muutoksia. Useissa tutkimuksissa on todettu sykemittari luotettavaksi välineeksi mitata sykevälilejää.

Opinnäytetyö tehtiin yhteistyössä Firstbeat Technologies Oy:n kanssa, joka on erikoistunut sykeanalyysiohjelmistojen kehittämiseen. Yhteistyössä oli mukana myös Clothing Plus Oy, joka kehittää sykemittareissa käytettäviä materiaaleja. Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa 24 tunnin sykemittauksessa esiintyvien virheiden määrää ja laatua tekstiilipannoilla. Tavoitteena oli auttaa yhteistyökumppaneita selvittämään tekstiilipannan soveltuvuutta yli 16 tunnin mittauksiin.

Opinnäytetyö oli kvantitatiivinen tutkimus, jossa 164 koehenkilöä käytti tekstiilistä sykepantaa 24 tuntia. Mittausryhmät muodostettiin Tampereen ammattikorkeakoulun henkilökunnasta ja opiskelijoista sekä tuttavista. Ennen mittauksia koehenkilöiltä kerättiin esitiedot, ja heitä ohjeistettiin tulevia mittauksia varten. Mittaukset suoritettiin neljän viikon aikana. Kaikista mittauksista 59 oli sellaisia, joista pystyttiin analysoimaan virheprosentti. Mittaukset suoritettiin Polar Team 2 -järjestelmällä ja saatu sykedata analysoitiin Firstbeat -Hyvinvointianalyysi ohjelmalla.

Opinnäytetyön tulosten perusteella voidaan todeta, että tekstiilipannat ovat luotettavia yli 16 tunnin mittauksissa. Kerätystä sykedatasta analysoitu virheprosentti osoittautui riittävän pieneksi. Käyttäjäkokemusten kautta saatu kirjallinen palaute osoitti puutteita tekstiilipannan antureiden valmistusmateriaalissa. Tämä aiheutti testattavilla erilaisia iho-ongelmia sekä epämiellyttäviä tuntemuksia. Yhteenvetona voidaan todeta, että tekstiilipanta on luotettava yli 16 tunnin mittauksissa, mutta sen käytettävyydessä on vielä kehitettävää.

Asiasanat: Syke, sykevälivaihtelu, sykevälialyysi

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Physiotherapy

ARO, OLLI, GUSTAFSSON, ESA & KARJALAINEN, PETRI: Reliability in 24h Heart Rate Variability Measurement with Textile Heart Rate Monitoring Belt

Bachelor's thesis 34 pages, appendices 11 pages
August 2011

Functions of autonomic nervous system can be examined by heart rate variability (HRV) analysis. Heart rate variability has been studied widely. According to these studies heart rate variability analysis and heart rate monitors are reliable methods to assess changes occurring in an individual's functional capacity.

This Bachelor's thesis was carried out in cooperation with Firstbeat Technologies Ltd. and Clothing Plus Oy. The purpose of this work was to study the number and quality of errors that occur in 24 hour measurement with textile heart rate monitoring belt. The objective of this thesis was to find out how suitable these textile belts are in long term measurements. This thesis was quantitative in nature. The data were collected from 164 individuals. The participants wore textile belts for 24 hours. A total of 59 measurements provided suitable data for the error analysis.

The results of this study show that textile belts are well-suited for long-term measurements, but the usability of them requires further development. The errors rate obtained through the analysis was sufficiently low. The feedback provided by the participants offered valuable information about the material used in the sensors of textile belts. The material caused some skin problems and unpleasant sensation among the participants.

Keywords: Heart rate, heart rate variability, heart rate variability analysis

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
2 SYKE JA SYKEVÄLIANALYYSI	7
2.1 Syke	7
2.2 Sykevälivaihtelu	9
2.3 Sykevälianalyysi	11
2.4 Sykevälianalyysin luotettavuus	12
3 SYKKEEN MITTAUKSEN TAUSTAA	13
3.1 Sykemittareiden toimintaperiaate	13
3.2 EKG-mittaus	14
3.3 Lähtökohta opinnäytetyötutkimukselle	15
4 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMA	18
5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS	19
5.1 Koehenkilöt	20
5.2 Mittauksissa käytetty laitteisto	21
5.3 Suunnittelu ja toteutus	22
5.4 Tutkimuksen eettisyys	23
6 TULOKSET	24
6.1 Mittaustulokset	24
6.2 Käyttäjäkokemukset	25
7 POHDINTA	27
7.1 Tutkimuksen kulku	27
7.2 Tuloksiin vaikuttavat tekijät	28
7.3 Johtopäätökset	30
LÄHTEET	32
LIITTEET	35

1 JOHDANTO

Sykevälimittaus on lisännyt sydämen sykkeestä analysoitavien tietojen määrää merkittävästi. Sykevälimittauksella sydämen sykkeestä pystytään analysoimaan paljon enemmän kuin aikaisemmin käytetyillä menetelmillä. Tämä on myös aiheuttanut sen, että sykkeen mittausta suoritetaan pidemmällä aikavälillä jopa useiden vuorokausien ajan yhtäjaksoisesti, mikä taas asettaa haasteita mittausvälineistölle. Aikaisemmin käytettyjen muovipantojen tilalle on tullut myös tekstiilipantoja ja nykyään mittausantureita sijoitellaan myös vaatteisiin.

Tähän asti pitkäaikaisissa mittauksissa on pääsääntöisesti käytetty EKG-laitteistoa tai Firstbeatin Bodyguard-mittaria. EKG-laitteet ovat kuitenkin paikkaan sidottuja eikä Bodyguard:kaan sovellu kaikkiin mittauksiin. Esimerkiksi monet urheilulajit vaativat mittareilta suurempaa kestävyyttä mitä Bodyguard kestää. Sykepantojen kestävyys on erittäin hyvä, mutta niiden käyttöä pitkäaikaisissa mittauksissa ei ole aikaisemmin tutkittu riittävästi. Tämä antaa lähtökohdan opinnäytetyötutkimuksellemme selvittää tekstiilipannan luotettavuutta vuorokauden kestävässä mittauksissa. Opinnäytetyön tarkoitus onkin selvittää tekstiilisen sykepannan keräämän datan virheprosentti 24 tunnin mittauksissa.

Opinnäytetyötutkimus lähti yhteistyökumppanimme tarpeista. Yhteistyökumppanimme toimii Firstbeat Technologies Oy, joka on maailman johtava sykevälialyysiohjelmistojen kehittäjä, sekä Clothing Plus Oy, joka valmistaa sykemittareissa käytettävät pannat. Tuotteiden avulla sydämen sykevälimittauksesta pystytään tuottamaan tarkkaa ja monipuolista tietoa kehon toiminnoista ja elämäntapojen terveystaakasta.

Aihetta silmäiltyämme aloimme hiljalleen ymmärtää miten paljon enemmän sykkeen seurannasta voidaan saada irti, kuin mitä olimme aikaisemmin luulleet. Aihetta tarkemmin mietittyämme kiinnostuimme siitä, koska olemme kaikki olleet tekemisissä sykevälimittausten kanssa urheilun ja liikunnan kautta. Pohdimme jo tällöin mahdollisuutta liittää tämän kaltainen teknologia osaksi

fysioterapeutin työtä. Olemme koulun ohessa olleet jatkuvasti mukana urheiluvalmennuksessa ja sykevälimittaus voisikin olla loistava lisä sillä saralla.

Opiskelujen jälkeen olemme todennäköisesti suuntaamassa yksityiselle sektorille ja työnkuva voi mahdollisesti sisältää työhyvinvoinnin parissa työskentelyä. Työntekijöiden toimintakyvyn seuranta ja siihen liittyvät testausmenetelmät ovat nykypäivänä tärkeä osa fysioterapeutin työnkuva, varsinkin yrityksille myytävien työterveyspalvelujen osana. Olimmekin erittäin tyytyväisiä löytäessämme aiheen jolla on näin suuret mahdollisuudet ajatellen meidän tulevia työuriamme.

2 SYKE JA SYKEVÄLIANALYYSI

2.1 Syke

Syke (syketaajuus) eli sydämen lyöntitiheys kertoo kuinka tehokkaasti verenkiertoelimistö kuljettaa happea keuhkoista lihasten käyttöön. Sydänlihaksella on kyky aikaansaada oma sähköinen signaali ilman ulkopuolelta tulevaa ärsykettä. Sydämessä on erikoistuneista sydänlihassyistä muodostunut impulssinjohtojärjestelmä, jossa aktiopotentiaali syntyy ja siirtyy sydämen eri osiin. Tähän järjestelmään sisältyvät sinussolmuke, eteisradat, eteis-kammiosolmuke sekä eteis-kammiokimppu ja siihen liittyvät haarat. Johtojärjestelmästä impulssi leviää tavallisiin sydänlihassoluihin. Tästä seuraa solujen supistuminen. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2004, 193.)

Sydämen toiminnassa toistuvat säännöllisesti tietyt ja samat vaiheet. Sydämen syke tarkoittaaakin tätä toimintakierron taajuutta eli sykliä. Sykliin kuuluvia vaihteita on kaksi; supistumisvaihe systole ja veltostumisvaihe diastole. Toimintakierron aiheuttaa pääasiassa sinussolmuke, josta aktiopotentiaali leviää koko sydämeen saaden aikaan lihassupistuksen. Sinusrytmi on terveellä ihmisellä lepotilassa noin 60–80 iskua minuutissa. Ellei sinussolmuke aloita toimintakiertoa, ottaa jokin muu johtoratajärjestelmän osa tämän roolin. Tässä tilanteessa sydämen syke muuttuu sitä hitaammaksi, mitä kauempana sinussolmukkeesta uusi aktiopotentiaalinen aiheuttaja on. Johtojärjestelmän toimintaa tutkitaan EKG:n avulla. (Mero, Nummela & Keskinen 1997, 79; Nienstedt 2004, 192–197.)

Sydämen syke nousee tai laskee elimistön tarpeiden mukaan. Muutoksen suuruus riippuu fysiologisista muuttujista kuten sukupuolesta, perimästä, fyysisestä kunnosta tai iästä, sekä ulkoisista tekijöistä kuten ilman lämpötilasta, kehon asennosta tai lääkityksestä, esimerkiksi betasalpaajat. (Sykevälivaihtelu kertoo sydämen työn laadusta 2004.) Sykkeeseen voivat vaikuttaa erilaiset sydämen toimintahäiriöt kuten valtimoiden kovettumistauti, jonka seurauksena sydänlihas joutuu hapenpuutteeseen. Muita sydämen sykkeeseen vaikuttavia

tekijöitä ovat muun muassa rytmihäiriöt, sydämen lisälyöntisyys ja sydämen vajaatoiminta. (Nienstedt 2004, 200–201.)

Sydämen toimintaan liittyviä käsitteitä:

Iskutilavuus: tarkoittaa yhden sydämeniskun tilavuutta (verimäärää), jossa systolen aikana sydän työntää aorttaan ja keuhkovaltimorunkoon noin 70ml verta (Nienstedt 2004, 195).

Leposyke: sydämen sykintätaajuus täydellisessä lepotilassa. Aikuisella se on yleensä noin 60 iskua minuutissa. Harjoittelulla pystytään vaikuttamaan leposykkeen alentumiseen. Kestävyysurheilijoilla leposyke voi laskea jopa 30–40 iskuun minuutissa. (Nienstedt 2004, 197.)

Maksimisyke: Suurin mahdollinen sydämen sykintätaajuus. Eri lähteistä riippuen on olemassa monia tapoja laskea yksilön maksimisyke. Sitä voidaan arvioida esimerkiksi vähentämällä arvosta 220 henkilön ikä vuosissa. Henkilökohtainen maksimiarvo voi kuitenkin poiketa tästä huomattavastikin. (Mero 1997, 79; Nienstedt 2004, 197.)

Minuuttitulavuus: Yhden sydänpuoliskon kautta minuutissa kulkeva verimäärä (iskutilavuus*syke = minuuttitulavuus). Ruumiillisessa rasituksessa sydämen minuuttitulavuus kasvaa. Raskaassa rasituksessa minuuttitulavuus voi kasvaa jopa viisinkertaiseksi, 5:stä litrasta noin 25:een litraan. Hyväkuntoisilla tämä kasvu voi olla suurempaakin. Sydämen syke riippuukin paljon yksilön tottumuksista ja harjoitusvaikutuksista. (Nienstedt 2004, 196–197.) Minuuttitulavuuden kasvu voi tapahtua joko iskutilavuutta ja/tai sykettä kasvattamalla. Vallitseva vaikutustapa riippuu yksilön taustasta. Harjaantunut (urheilijan) sydän kasvattaa ensisijaisesti iskutilavuutta, kun taas harjaantumaton turvautuu ensisijaisesti sykkeen kasvattamiseen. Sykkeen verisuonistoon aiheuttamaa painealtoa kutsutaan pulssiksi. (Willmore ym. 2004, 124–132.)

2.2 Sykevälivaihtelu

Sykevälivaihtelulla eli sykevaihtelulla (heart rate variability) tarkoitetaan sydämen sykkeen peräkkäisten R-piikkien vaihtelua, joka ilmaistaan usein millisekunteina. R-piikki kuvaa EKG-kuvassa havaittavaa kammoiden supistumista. Näiden väliin jäävää aikaa kutsutaan R-R -intervalliksi eli sykeväliksi. (KUVIO 1). R-R -intervallia kutsutaan myös N-N -intervalliksi kun ne perustuvat normaaliin sinusrytmiin sydämessä. (Kraemer 2012, 396.)



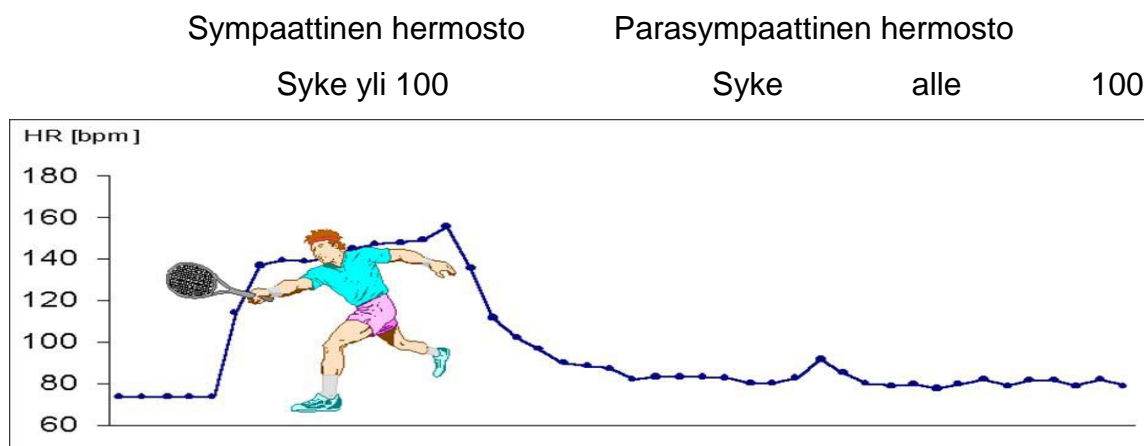
KUVIO 1. Kuvassa näkyy R-R -väli ja yksittäisen piikin eri vaiheet EKG-käyrällä (Borg 2011).

Sykevälivaihtelu on tarkkaan säädeltyä toimintaa, johon vaikuttaa joukko erilaisia tekijöitä. Näitä säätelytekijöitä ovat sympaattinen ja parasympaattinen osa autonomisesta hermostosta sekä hormonaaliset tekijät. Ihmisen autonominen hermosto reagoi erilaisiin haasteisiin sympaattisen ja parasympaattisen hermoston haarojen aktiivisuutta säätämällä. (Hynynen 2011.) Sykevälivaihteluun vaikuttavia tekijöitä ovat lisäksi hengitysrytmissä ja aineenvaihdunnassa tapahtuvat muutokset, jotka ilmenevät autonomisen hermoston kautta, sekä barorefleksit, jotka ylläpitävät verenpainetta oikealla tasolla. (Hautala 2004, 24; Leino 2011, 33.)

Sympaattiset ja parasympaattiset hermot lähtevät keskushermostosta ja johtavat eri puolilla kehoa sijaitseviin kohde-elimisiin. Tavallisesti sympaattinen ja parasympaattinen osa toimivat samanaikaisesti vaikuttaen kohde-elimisiinsä vastakkaisesti. Sympaattinen hermosto aikaansaa sykkeen nousun. Maksimalinen sympaattinen vaikutus voi nostaa sykkeen 250 iskuun minuutissa. Parasympaattisella on taas päinvastainen vaikutus sykkeeseen. Parasympaattinen hermosto vaikuttaa kun syke on alle 100 iskua minuutissa (KUVIO 2). Maksimissaan se voi laskea sykkeen 20–30 iskuun minuutissa. Hormonaalinen

vaikutus perustuu adrenaliinin ja noradrenaliinin erittymisestä verenkiertoon. Sekä adrenaliini että noradrenaliini kiihdyttävät sydämen toimintaa. (Willmore 2004, 124–132; Borg, ym. 2011.)

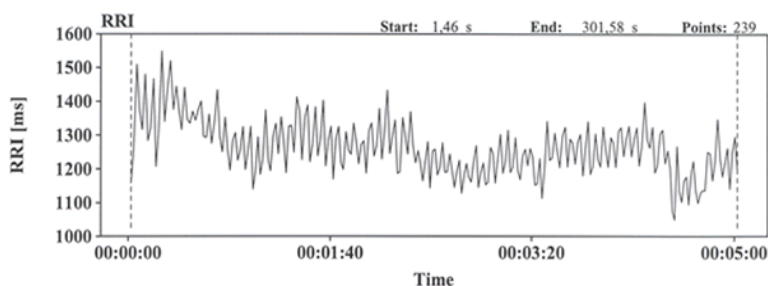
AUTONOMINEN HERMOSTO



KUVIO 2. Sympaattinen aktiivisuus on yhteydessä aineenvaihdunnallisia ponnisteluja vaativiin tilanteisiin (Borg 2011).

Sykevaihtelun määrä vaihtelee iän mukaan. Vaihtelu kasvaa autonomisen hermoston kehittymisen myötä. Sykevaihtelu on suurinta nuorilla aikuisilla noin 15–39 ikävuosien aikana. Tämän jälkeen vaihtelu alkaa selvästi vähentyä. Yli 60-vuotiailla sykevaihtelu on kaikkein vähäisintä. (Laitio 2001.) Tämä ikäjakauma on otettu huomioon opinnäytetyötutkimuksemme testiryhmiä valittaessa.

Terveillä ihmisillä suuri sykevälivaihtelu lepotilassa ja päivittäisten toimintojen aikana merkitsee sitä, että autonominen hermosto on terve (KUVIO 3). Sykevälivaihtelu on sitä suurempaa mitä pienempi syke on. Sykevariaatioita onkin paras seurata silloin kun parasympaattinen aktiivisuus on voimakkainta eli kun ollaan lähellä leposykkeeseen tasoa. (Hynynen 2011.) Autonomista hermostoa käsittelevissä tutkimuksissa sykevaihtelun on huomattu vähenevän syketaajuuden laskiessa alle 50 lyöntiä minuutissa (Kiviniemi 2003). Rasituksen kasvaessa yli 65% yksilön maksimisykkeestä sykevälivaihtelu häviää kokonaan (Sykevälivaihtelu kertoo sydämen työn laadusta 2004). Ylikuormitustilassa sykevälivaihtelu häviää myös leposykkeestä lähes kokonaan (KUVIO 4).

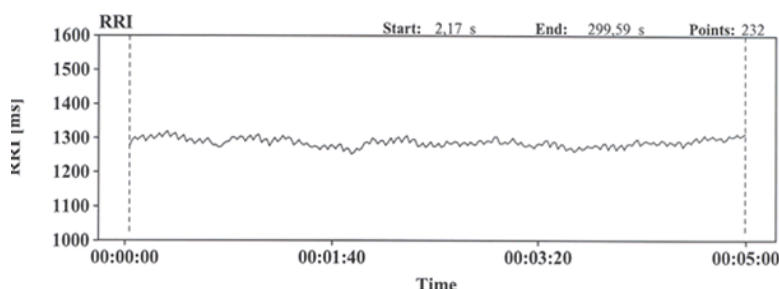


Ennen kuormittavaa jaksoa:

Syke 48 krt/min,
Keskimäär. sykevaihtelu 82 ms

Sykevaihtelu suurta
→ elimistössä palauttavia reaktioita

KUVIO 3. Normaali sykevälivaihtelu terveellä ihmisellä (Kotisaari 2010).



Tilanne 2kk myöhemmin:

Syke 47 krt/min,
Keskimäär. sykevaihtelu 12 ms

Kohonnut kuormittumisen määrä
→ ei merkkejä palautumisesta

KUVIO 4. Sykevälivaihtelu on hävinnyt lähes kokonaan ylikuormittuneella henkilöllä (Kotisaari 2010).

Sykevälivaihtelu jaetaan yleensä kolmeen eri taajusalueeseen. Näitä ovat korkeataajuus (high frequency, HF) 0.15–0.40 Hz, matala taajuus (low frequency, LF) , 0.04–0.15 Hz ja erittäin matala taajuus (very low frequency VLF) 0–0.04 Hz. Korkean taajuuden sykevaihtelun on yleisesti havaittu kuvaavan vagaalista eli parasympaattista aktiivisuutta. Matalan taajuudeen on katsottu kuvaavan sekä sympaattista, että parasympaattista aktiivisuutta. Sen sijaan erittäin matalan taajuuden sykevaihtelun fysiologiaa ei tunneta vielä tarkasti. (Malik ym. 1996.)

2.3 Sykevälianalyysi

Sydämen sykkeen syklinen lyöntivaihtelu tarjoaa epäsuoran autonomisen hermoston mittarin, jota käytetään ennusteen arvioimiseen sekä tieteellisessä tutkimuksessa, että kliinisessä työssä. Sykevälivaihtelun avulla voidaan arvioida luotettavasti sydän- ja verenkiertoelimistön autonomista toimintaa. (Ramaekers ym. 1998.) Sykevälivaihtelua voidaan analysoida monella eri tapaa. Yleisimpiä käytössä olevia menetelmiä ovat aikakenttäanalyysi ja taajuuskenttäanalyysi.

Aikakenttäanalyysissä sykevälivaihtelua tutkitaan ajan funktiona ja taajuuskenttäanalyysissä tutkitaan taas sykevälien sisältämiä taajuuksia ja niiden muutoksia. Aluksi molemmissa analyyseissä sykkeestä tunnistetaan EKG:n avulla R-piikit, jonka jälkeen voidaan laskea kahden R-piikin välinen aika eli R-R-intervalli. Aikakenttäanalyysillä lasketaan R-R -intervallin lisäksi keskisyke, maksimi ja minimi R-R -intervalli sekä niiden erotus (Malik 1996). Taajuuskenttäanalyysi eli spektrianalyysi tehdään sekä lyhyistä että pitkistä analogisista tai digitaalisista EKG-tallenteista. Sillä mitataan sykevälivaihtelun tehoa eri taajuusalueilla (HF, VF, VLF). Teknisesti tämä vaatii enemmän kuin aikakenttäanalyysi. (Malik 1996.) Taajuuskenttäanalyysillä voidaan myös paremmin tutkia parasymptaattisen ja sympaattisen aktivaation aiheuttamia sykevaihteluita toisistaan (Laitio 2001).

2.4 Sykevälialalyysin luotettavuus

Useiden eri tutkimusten mukaan sykevälialalyysin avulla voidaan luotettavasti tutkia sykevälivaihteluissa tapahtuvia muutoksia. Smolander ja kumppanit (2006 & 2011) ovat tutkineet hapen kulutusta ilman yksilöllistä laboratoriomittausta. Näiden tutkimusten mukaan maksimaalista hapenkulutusta voidaan mitata luotettavasti sykevälialalyysistä kenttäolosuhteissa ilman laboratoriossa tehtyä mittausta. Montgomery ym. (2009) tutkivat sykemittareiden luotettavuutta arvioitaessa hapenottoa ja energian kulutusta. Tutkimuksessa verrattiin Suunnon sykemittaria hengityskaasumittariin. Tutkimuksen mukaan Suunnon ohjelmiston avulla tehty mittausta erosi hengityskaasumittauksesta 6–13 %, mutta luotettavuus parani kun Suunnon ohjelmaan lisättiin arvot maksimisykkeestä ja maksimaalisesta hapenotosta. Mäkikallio ym. (1996) tutkimuksen tarkoitus oli tutkia poikkeavuuksia sykevälivaihteluissa potilailla, joilla oli ollut aikaisemmin sydäninfarkti. Tutkimuksen mukaan sykevälivaihteluita tutkimalla voidaan saada arvokasta tietoa poikkeavuuksista sydämen sykkeessä. Tätä ei olla hyvin pystytty aikaisemmin havaitsemaan tavallisilla menetelmillä.

3 SYKKEEN MITTAUKSEN TAUSTAA

Ihmisen fyysisen kuormittumisen arviointiin on jo pitkään käytetty sykkeen seurantaa. Sykkeen seurannalla on pitkä ja mielenkiintoinen historia. Jo kauan ennen elektronisia mittareita urheilijat ovat seuranneet sykevaihteluita ja niiden merkitystä fyysisiin kestävyysominaisuuksiin. 1970-luvulla tapahtuivat merkittävimmät muutokset sykemittauksen historiassa. Yksi merkittävimmistä kehityksistä tapahtui Suomessa. Oulun yliopiston professori Seppo Säynäjäkangas kehitti aluksi hiihtäjien käyttöön patterikäyttöisen sormenpään kiinnitettävän sykemittarin. Suomen hiihtomaajoukkue otti laitteen käyttöönsä vuonna 1977. Tämän seurauksena hän perusti Polar Electro Oy:n. Seuraavana vuonna Polarilta ilmestyi Tunturi Pulser, joka oli rintaan kiinnitettävä kaapelivyöllinen sykemittari. Vuonna 1983 Polarilta ilmestyi ensimmäinen langaton sykemittari Sport Tester PE 2000. Siitä seuraavana ilmestyi uudempi tietokonekäyttöliittymäpohjainen versio Sport Tester Pe 3000. Näin nykyaikaiset sykemittarit olivat saaneet alkunsa. Sykemittareiden suosio alkoi kasvaa 80-luvun aikana merkittävästi. (Friel 2006.)

3.1 Sykemittareiden toimintaperiaate

Sykemittari koostuu lähettimestä ja vastaanottimesta. Lähetin kiinnitetään tyyppillisesti joustavalla pannalla rintakehälle ja vastaanottimena toimii rannekellon tyyppinen tietokone (Janz 2002,143–148.) Lähettimessä on tavallisesti 2 elektrodia, jotka mittaavat sydämen sinusrytmiä ihon läpi. Suurin osa sykemittareista on suunniteltu urheilijoiden käyttöön. Tässä opinnäytetyössä käytettävät laitteet keräsivät tiedon pantaan kiinnitettävään laitteeseen. Laite toimi myös lähettäjänä mikä mahdollisti oman sykkeen seurannan Polarin -merkkisen rannekellon avulla. (Janz 2002, 143–148.) Sykemittauksen helppous ja laitteiston kompakti koko tekevät siitä hyvän välineen sykemittauksen tekemiseen isoillekin ryhmille kuten tässä opinnäytetyössä käy esille.

Sykemittareiden on todettu ottavan jonkin verran häiriötä erilaisista elektronisista laitteista. Tämä voi aiheuttaa tiedon häviämistä ja virheellistä dataa. Eri sykemittarit käyttävät samaa taajuutta mikä saattaa aiheuttaa tiedon sekoittumista toisiin mittareihin niiden ollessa lähellä toisiaan. Tästä syystä muun muassa Polar on kehittänyt koodatun lähettimen mikä toimii vain tietyissä mittareissa. (Janz 2002, 143–148.)

Sykemittareita on tutkittu hyvin pitkään. Niiden luotettavuutta on vertailtu EKG-mittauksiin. Laukkasen ym. (1998) artikkeliin on kerätty mukaan useita eri tutkimuksia joissa todistetaan rintakehälle kiinnitettävät sykemittarit luotettaviksi. Esimerkiksi vuonna 1984 Polarin mittarilla tehdyssä tutkimuksessa pystyttiin todistamaan erimerkkiset sykemittarit luotettavaksi, vain 5:n iskun/minuutissa erolla EKG-mittaukseen. Vuoden 1997 tehdyn tutkimuksen mukaan Polarin sykemittarit osoittautuivat luotettaviksi (Laukkanen 1998). Brasilialaisessa tutkimuksessa (2007) tutkittiin sykevälivaihtelua levon ja rasituksen aikana. Mittaukset tehtiin Polarin sykemittarilla ja EKG-laitteella. Polarin avulla saatuja tuloksia verrattiin EKG-mittauksiin. Tulosten mukaan rintakehälle kiinnitettävä sykemittari antoi yhtä luotettavia tuloksia kuin EKG-laite (Vanderlei 2007). Gamelin ym. (2006) olivat tutkineet Polarin sykemittarin kelpoisuutta mitata R-R-intervalleja ortostaattisessa kokeessa. Tuloksia verrattiin EKG-mittauksilla saatuihin arvoihin. Tulosten mukaan sykemittaria voidaan käyttää sykevälien tutkimisessa etenkin makuuasennossa tehdyissä mittauksissa (Gamelin 2006).

3.2 EKG-mittaus

Sydämen sähköisten toimintojen mittausta ja rekisteröintiä kutsutaan elektrokardiografiaksi ja sen mukaan piirrettyä käyrää kuvataan elektrokardiogrammiksi eli EKG:ksi. Elimistön nesteet sisältävät elektrolyyttejä, jotka toimivat hyvinä sähkön johtimina. Sydämen sähköiset impulssit kulkevat elimistön läpi siten, että ne pystytään huomaamaan ja tutkimaan EKG-laitteilla. Siinä elektrodit kiinnitetään tiettyihin kohtiin kehoa, josta mittaus tapahtuu. Mittauksella pystytään havaitsemaan reaaliaikaisesti sydänlihaksessa ja sydämen johtumisjärjestelmässä tapahtuvat normaalista poikkeavat muutokset. (Sand ym. 2011,

277; Willmore 2004, 130; Nienstedt 2004,199.) EKG-mittauksessa yhdessä sydämen lyönnissä on havaittavissa kolme aaltoa, joista muodostuu sykeväli;

- P-aalto, joka vastaa sydämen eteisten depolarisoitumista.
- QPR-kompleksi, joka vastaa kammioiden depolarisoitumista.
- T-aalto, joka vastaa kammioiden repolarisoitumista. (Willmore 2004, 130; Nienstedt 2004,199.)

Sydämen syke ja EKG eroavat toisistaan siten, että EKG kuvaa koko sydänlihaksen toimintaa kun taas syke pelkästään R-piikkien taajuutta tai sykeväli-analyysissa niiden välejä (Firstbeat Technologies Oy).

3.3 Lähtökohta opinnäytetyötutkimukselle

Sykevaihteluita on tutkittu paljon juuri urheilijoilla. Heidän suorituskykyään parantavia tutkimuksia on tehty etenkin Suomessa, joka on edelläkävijä sykevaihteluihin liittyvien tutkimusten tekemisessä. Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen (KIHU) tekemässä tutkimuksessa (2006) oli tarkoituksena selvittää kuinka hyvin sykevaihteluun perustuvat menetelmät kuvaavat kestävyys-harjoittelun kuormittavuutta ja voidaanko sitä käyttää harjoittelun kokonaiskuormituksen ja harjoitusvaikutuksen seurannassa. (Kaikkonen ym. 2006.) Tutkimuksessa selvitettiin myös miten harjoitukset kuormittavat elimistöä ja miten niistä palautuminen tapahtuu harrastamattomilla ihmisillä. Kaikkosen ym. (2006) tekemän tutkimuksen mukaan sykevaihtelua ja siihen liittyviä muuttujia voidaan käyttää arvioitaessa harjoituksen kuormittavuutta välittömän palautumisen tai siitä seuraavan yön aikana. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että Firstbeatin kehittämää Hyvinvointianalyysia voidaan käyttää erityisesti kartoittamaan harjoittelun vaikutuksia seuraamalla yösykevaihteluanalyysin tuloksia. Sen perusteella voidaan arvioida yksittäisestä harjoituksesta ja henkilöön kohdistuvasta ulkopuolisesta stressistä aiheutuvaa kuormitusta elimistölle.

Esa Hynynen (2011) käsittelee väitöskirjassaan stressiä ja urheilijoiden ylikuormittumista ja niiden vaikutusta sykevaihteluihin yön aikana ja aamuheräämisen yhteydessä. Hän vertaa fyysistä harjoitusta ja sen vaikutusta suorituskyvyssä psyykkiseen ja fyysiseen stressiin ja niiden aiheuttamiin muutoksiin elimistössä. Molemmat aiheuttavat ihmisessä akuutin valmiustilan noston ja siitä seuraavan palautumisen myötä tulevan suorituskyvyn nousun jopa aikaista korkeammalle tasolle. Väitöstutkimuksen mukaan yksinkertaisilla kotioloissa tehdyillä sykemitauksilla voidaan tutkia fyysisen ja psyykkisen stressin vaikutuksia sydämen autonomiseen säätelyyn. Tutkimus osoitti kuinka edullista ja helppoa syke seurannan avulla tehty mittaus on ja sitä pystytään hyödyntämään kenellä tahansa (Hynynen 2011).

Jyväskylän yliopistossa tehdyssä Kaisu Martinmäen (2009) väitöstutkimuksessa tutkittiin sykevaihtelun muutoksia ortostaattisessa testissä, kestävyysliikunnassa ja kestävyys harjoittelussa. Väitöstutkimuksen mukaan sykevaihtelua mittaamalla voidaan arvioida etenkin autonomisen hermoston parasympaattisen osan toimintaa. Kaisu Martinmäki (2009) toteaa väitöstutkimuksessaan, että aikataajuusmenetelmällä tehdystä sykevaihtelututkimuksesta voidaan selvittää sydämen parasympaattisen aktiivisuuden määrää tilanteissa, joissa autonomisen hermoston säätelyssä tapahtuu nopeitakin muutoksia. Näitä tuloksia voidaan hyödyntää selvitettäessä hermoston autonomisen säätelyn yhteyksiä aerobiciseen suorituskykyyn, urheilijoiden ylikuormitustilaan, stressiin, ikääntymiseen sekä sydän- ja verisuonitauteihin. (Martinmäki 2009.)

Turun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehittämispäällikkö Ursula Hyrkkänen on tutkinut mobiilin työnteon vaikutusta ihmisen hyvinvointiin (Silvån 2007). Mobiili työntekijä tekee osan työviikosta matkatöinä ja pitää yhteyttä työpaikalle sähköisesti. Mobiilin työn matkapäivä voi kuormittaa elimistöä niin, että elimistö käy ylikierröksillä vielä unenkin aikana. Lepohetkiä, joissa elimistön palauttavat reaktiot ovat käynnissä, on vasta aamuyön tunteina. Olennaista hyvinvoinnin kannalta ei yllättäen olekaan stressin täydellinen välttäminen, vaan se, että väliin saadaan palauttavia hetkiä ja stressireaktio katkeaa. Tutkimuksessa on käytetty sykevälimittausta, jolla kuormitusta on mitattu ja sykevälimittauksen tulosten analysointi toteutettiin Firstbeatin kehittämän Hyvinvointianalyysin avulla (Silvån 2007). Koehenkilöltä mitattu sykevälikäyrä kertoo, että matkapäi-

vät ovat raskaita. Sykevälikäyristä huomaa työn rasituksen ja myös terveystoiminnan osuudet näkyvästi. Niistä voidaan myös havaita, onko kuormitusta ollut oikeaan aikaan, oikeassa paikassa. (Silvån 2007.)

Firstbeat Technologies Oy:n ohjelmistoista Hyvinvointianalyysiä on paljon käytetty niin työhyvinvoinnin arvioinnissa kuin sykevälien tutkimisessa urheilijoilla. Sen avulla voidaan saada tietoa mm. työn kuormittavuudesta ja palautumisen riittävydestä sen suhteen. Hyvinvointianalyysi -ohjelmasta voidaan saada erilaisia raportteja, kuten stressiraportti (LIITE 1), joka havainnollistaa asiakkaalle kuormituksen syytä tai palautumista. Tämän opinnäyte-työtutkimuksen tarkoitus ei ole perehtyä tarkemmin hyvinvointianalyysi -ohjelmaan. Hyvinvointianalyysi -ohjelman luotettavuus on todistettu aiemmissa tutkimuksissa, kuten kappaleessa 2.4 mainitaan. Tarkoitus onkin perehtyä menetelmiin ja laitteistoon, jolla analysoidavaa sykedataa kerätään ja tarkastella niiden toimivuutta.

Fysioterapian kannalta sykevälianalyysin käyttö tuo uusia mahdollisuuksia erityisesti fysioterapiamenetelmien vaikuttavuuden todentamiseksi. Esimerkiksi työfysioterapian näkökulmasta stressiraportti (LIITE 1) ja voimavararaportti antavat hyvän vertailupohjan työn kuormittavuuksiin vaikuttavien toimenpiteiden vaikuttavuuden arvioinnissa. Ennaltaehkäisevässä fysioterapiassa on hyvä mahdollisuus käyttää Hyvinvointianalyysin painonhallintaraporttia, energiankulutuksen raporttia, terveystoiminnan raporttia tai fyysisen kuormituksen raporttia.

Mielenkiintoinen tutkimuskohde sykevälianalyysillä voisi olla kivun kokemisen analysointi. Ihmisen hermoston toiminta reagoi kipuun ja näin voitaisiin ajatella sen näkyvän myös sykeväleissä. Tämän pohjalta ei ole meidän tietojemme mukaan tehty yhtään tutkimusta.

4 TUTKIMUKSEN TAVOITE JA TUTKIMUSONGELMA

Opinnäytetyötutkimuksen tarkoitus on kartoittaa 24 tunnin sykemittauksessa esiintyvien virheiden määrää sekä laatua tekstiilipannoilla. Sykepantojen luotettavuutta on testattu lyhytaikaisissa tutkimuksissa, mutta pidempiaikaisia tutkimuksia kyseisestä aiheesta ei meidän tietojemme mukaan ole tehty. Tavoitteena opinnäytetyössä on auttaa yhteistyökumppaneita selvittämään tekstiilipannan soveltuvuutta yli 16 tunnin mittauksiin. Opinnäytetyön tutkimusongelmia ovat:

1. Mikä on tekstiilipannalla tehdyn sykedatan virheprosentti ja mistä se johtuu?
2. Onko mitattavan henkilön ruumiinrakenteella vaikutusta mittaustulosten luotettavuuteen?

5 TUTKIMUSMENETELMÄ JA TOTEUTUS

Opinnäytetyötutkimus on empiirinen eli havainnoiva tutkimus, jossa pyritään selvittämään sykepannan keräämän datan puhtautta yli 16 tunnin mittauksissa. Empiirinen tutkimus on menetelmä joka pohjautuu teoreettisen tutkimuksen perusteella kehitettyihin menetelmiin. (Heikkilä 2004, 13–18.) Tässä tapauksessa sykemittaus on luotu teoreettisen tiedon pohjalta. Nykyisin sykemittaus on paljon käytettyä ja luotettavaksi todettua kunhan sykemittarin tuottama data on riittävän puhdasta.

Empiirinen tutkimus jaetaan kahteen osaan, jotka ovat kvantitatiivinen ja kvalitatiivinen tutkimus. Kvantitatiivinen tutkimus on määrällistä tutkimusta ja sitä voidaan nimittää myös tilastolliseksi tutkimukseksi. Tällä tutkimusmenetelmällä pyritään saamaan yleistettävissä olevaan tietoa. Tämä taas johtaa siihen, että tutkimukseen osallistuvien määrä on oltava suuri. Kvalitatiivinen tutkimus sen sijaan pyrkii selittämään jonkin asian tai tapahtuman syytä. Se onkin laadullista tutkimusta, jossa ei pyritäkään yleistettävään tietoon. Se tähtää selittämään jonkin asian syytä. (Heikkilä 2004, 13–18.) Tässä opinnäytetyötutkimuksessa pyrittiin saamaan yleistettävää tietoa sykemittauksen luotettavuudesta yli 16 tunnin mittauksessa, joten se oli kvantitatiivinen tutkimus.

Opinnäytetyötutkimuksen tiedonkeruu tapahtui sykepannoilla 24 tunnin mittauksen aikana. Mitattaville henkilöille jaettiin lupalomake (LIITE2) ja esitietolomake (LIITE 3) tiedonkeruuta varten. Näillä oli tarkoitus selvittää mahdollisia mittaukseen vaikuttavia tekijöitä. Näihin kuului muun muassa mitattavien sukupuoli, ikä, paino sekä omat kokemukset mittauksen kulusta.

5.1 Koehenkilöt

Mittaukset suoritettiin tammi- ja helmikuussa 2011. Sykedataa kerättiin viikkojen 3–6 välisenä aikana (LIITE 4). Alun perin oli tarkoitus tehdä kaikki tarvittavat mittaukset kahden viikon aikana, mutta teknisistä syistä johtuen mittaukset tehtiin neljän viikon aikana. Mittauksissa käytetyt koehenkilöt rekrytoimme Tampereen ammattikorkeakoulun henkilökunnasta ja opiskelijoista, sekä tuttavapiiritämme. Laitoimme ilmoituksen koulun sähköiselle ilmoitustaululle, jossa haimme vapaaehtoisia tuleviin mittauksiin. Lisäksi kävimme esittelemässä tulevaa opinnäytetyötutkimusta eri vuosikurssien opiskelijoille ja kysyimme heidän halukkuutta osallistua tutkimukseen. Saatuamme riittävän määrän osallistujia mittauksiin, lähetettiin jokaiselle mitattavalle sähköpostin välityksellä mittausaikataulu, ja esitietoa tulevasta mittauksesta. Samalla he saivat ottaa yhteyttä jos ilmeni kysymyksiä mittauksia koskien.

Mitattavien kokonaismäärä oli 164. Näistä saimme sykedataa 136 henkilöltä, joista naisia oli 112 ja miehiä 24. Koehenkilöiden keski-ikä oli $28 \pm 10,3$ vuotta. Hyvinvointianalysilaitteistossa käytettyjen viitearvojen takia hankimme koehenkilöitä, jotka olisivat 18–60 -vuotiaita (Borg 2011). Ennen mittauksen alkua, koehenkilöt täyttivät lomakkeen (LIITE 2), jolla he suostuivat tutkimukseen ja tulosten julkaisemiseen, sekä esitietolomakkeen (LIITE 3). Ennen mittauksen alkua esittelimme koehenkilöille mittauksissa käytettäviä laitteita sekä ohjasimme niiden käyttöä. Esimerkiksi sykepannan oikean kireyden löytäminen oli tärkeää, sillä sen tuli olla mahdollisimman huomaamaton päällä ja samalla tarpeeksi tiukalla, jotta sykedatan keräys onnistuisi. Jokaiselta testihenkilöltä mitattiin rinnanympäry miekkalisäkkeen kohdalta. Tästä pituudesta vähennettiin 10cm, millä saatiin vakioitua sopiva kireys. Mittaukset suoritettiin keskimäärin 20 henkilön ryhmissä johtuen sykedataa keräävien laitteiden määrästä. Mittarit jaettiin koehenkilöille aamuisin ja kerättiin pois noin 24 tunnin kuluttua seuraavana aamuna Tampereen ammattikorkeakoulun tiloissa.

Opinnäytetyötutkimuksen lopullisiin tuloksiin pystyimme käyttämään 59 mittausta. Mitattavilta henkilöiltä keräsimme palautetta (LIITE 3), jonka

perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä sykepannan ja lähettimen käytettävyyden liittyen.

5.2 Mittauksissa käytetty laitteisto

Mittaustiedon hankkimiseen käytimme Clothing Plus Oy:n valmistavia tekstiilipantoja ja Polar Electro Oy Team 2 -järjestelmää. Tällä hetkellä markkinoilla olevista sykedataa kerää-vistä laitteistoista Polarin Team 2 -järjestelmä oli ainut, jonka yhteistyökumppanimme kokivat sopivan tämän tutkimuksen asettamiin tarpeisiin, koska tarvitsimme laitteiston jonka tuli pystyä tallentamaan 24 tunnin ajalta sykedataa. Samalla oli myös tärkeää, että pystymme mahdollisimman nopeasti lataamaan tiedot koehenkilöiden sykkeistä ja antamaan mittarit uusille testattaville. Mittauksia varten saimme 50 tekstiilipantaa ja 20 niihin kiinnitettävää Polar Team 2-lähetintä, joihin oli mahdollista tallentaa syketietoa 48 tunnin ajalta. Tekstiilipantojen materiaaleista meillä ei ole tarkempia tietoja tuotekehittelyn takia. Näiden lisäksi meillä oli Polar Team 2 -latausyksikkö ja tukiasema, joiden avulla pystyimme keräämään sykedatan tietokoneelle ja lataamaan lähettimet säännöllisin väliajoin (Team 2).

Sykedataa keräävän laitteiston lisäksi saimme Firstbeat Technologies Oy:ltä Hyvinvointianalyyysi -ohjelmiston, jonka avulla pystyimme purkamaan ja tarkastelemaan lähemmin lähettimiin tallentunutta tietoa koehenkilöiden sykkeistä. Ohjelman avulla pystyimme laskemaan virheprosentit sykeväleistä, mikä oli välttämätöntä tutkimuksemme tarpeita ajatellen (Borg 2011).

5.3 Suunnittelu ja toteutus

Teimme opinnäytetyön yhteistyössä kahden ison yrityksen kanssa. Firstbeat Technologies Oy on sykeohjelmistoja valmistava yritys ja Clothing Plus Oy valmistaa sykemittareissa käytettäviä materiaaleja (Firstbeat Technologies Oy; Clothing Plus Oy). Molemmat yritykset ovat kansainvälisesti tunnettuja ja edelläkävijöitä omalla alallaan. Yhteistyön tarkoituksena on auttaa molempia yrityksiä kehittämään heidän tuotteita.

Yhteistyö yritysten kanssa alkoi opinnäytetyötämme ohjaavan opettajan kautta. Opinnäytetyötutkimuksen suunnittelu aloitettiin syksyllä 2010. Saimme yhteistyökumppaneilta toiveen tutkimuksessamme käytettävien koehenkilöiden määrästä, jonka jälkeen teimme lupa-anomuksen käyttää Tampereen ammattikorkeakoulun opiskelijoita ja henkilökuntaa mittauksissamme. Suunnittelimme tarkat aikataulut päiville, jolloin mittaukset suoritettaisiin. Määritimme kellonajat, jolloin mittarit luovutettiin testattaville ja ohjeistettiin niiden käyttö. Kävimme tutustumassa Polar Team 2 -järjestelmään ja saimme opastusta sen käyttöön. Samalla saimme mittauslaitteiston testikäyttöön, jotta hallitsisimme niiden käytön mittauksen alettua.

Tutkimuksemme mittaukset oli tarkoitus aloittaa tammikuussa 2011 viikolla 2. Se ei kuitenkaan sopinut aikatauluunne, emmekä saaneet mittauslaitteistoa yhteistyökumppaneiltamme vielä tuolloin. Mittaukset aloitettiin viikolla 3. Tavoitteena oli saada 60 mittausta yhtä viikkoa kohden. Toisen mittausviikon lopussa laitteiston kanssa tuli ongelmia ja suuri osa mittauksista menetettiin. Kolmannella viikolla oli vaikeuksia mittauksen kanssa. Aikataulut olivat tiukat ja niissä pysyminen oli haasteellista. Sen lisäksi kovassa käytössä olleet sykemittarit alkoivat temppuilemaan ja ilmeni puutteita niiden toiminnassa. Osasta emme pystyneet purkamaan syketiedostoja tietokoneelle ja osa ei tallentanut sykedataa ollenkaan mittauksen aikana. Tämän takia jouduimme suunnittelemaan ylimääräisen mittausryhmän neljännelle viikolle, jotta saisimme edes osan menetetyistä datasta korvatuksi.

Mittausten loputtua keräsimme kaiken mittausdatan yhteen ja teimme yhteenvedon saaduista käyttäjäkokemuksista. Valmistelimme esityksen, jossa esittelimme alustavat tulokset ja käyttäjäkokemukset sykepannan ja mittarin käytävyydestä yhteistyökumppaneille ja ohjaavalle opettajallemme.

Kesä- ja heinäkuuta varten jaoimme kaikille omat osuudet mihin lähdimme itsenäisesti etsimään tietoa. Elokuun alussa aloimme yhdessä keräämään saatuja teorioita kasaan. Aloimme luonnostelemaan opinnäytetyöraportin kirjallista versiota. Jäsentelimme lopulliset tiedot mittauksista tarkasteltavaan muotoon, analysoimme sykedatan ja kokosimme käyttäjäkokemuksista yhteenvedon. Aloimme myös pohtimaan opinnäytetyötutkimuksen kulkua ja kaikkea mitä olimme saaneet aikaan.

5.4 Tutkimuksen eettisyys

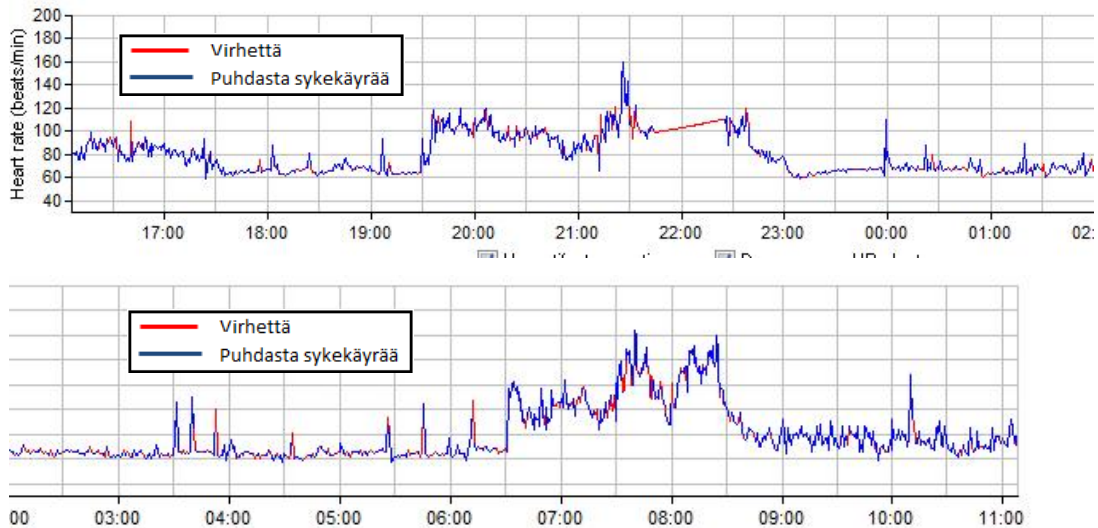
Opinnäytetyötutkimuksessa ja kaikissa muissakin tutkimuksissa, missä käytetään ihmisiä koehenkilöinä, on huomioitava tutkimuksen eettinen näkökulma. Tästä opinnäytetyötutkimuksesta puhuttaessa eettisyyteen liittyy tutkittavan yksilön päätösvapauden turvaaminen ja yksityisyyden suojaaminen. Tämä asetti-kin haasteita koko tutkimusprosessillemme, koska keräsimme testattavilta henkilökohtaisia tietoja mittauksia varten.

Haimme tutkimukseen henkilöitä Tampereen ammattikorkeakoulun henkilökunnasta ja opiskelijoista. Testattavien rekrytointia varten anoimme virallisen luvan koulumme vararehtorilta. Opinnäytetyötutkimuksen alussa esittelimme tutkimuksen vaiheet ja tarkoituksen kaikille tutkittaviksi osallistuville. Henkilöt saivat tämän jälkeen vapaaehtoisesti päättää osallistumisestaan tutkimukseen. Tutkimuksen alkaessa testattavat allekirjoittivat lupa-anomuksen, jossa he antoivat meille mahdollisuuden käyttää heidän mittaustuloksiaan tämän opinnäytetyötutkimuksen tekemisessä. Koko tutkimuksen ajan käsitelimme testattavia anonymisti, mikä säilytti heidän yksityisyytensä. Testattavien nimiä ei yhdistetty henkilötietoihin vaan niihin lisättiin henkilötunniste. Tämän avulla pyrittiin välttämään henkilötietojen yhdistämistä suoraan yksittäiseen henkilöön.

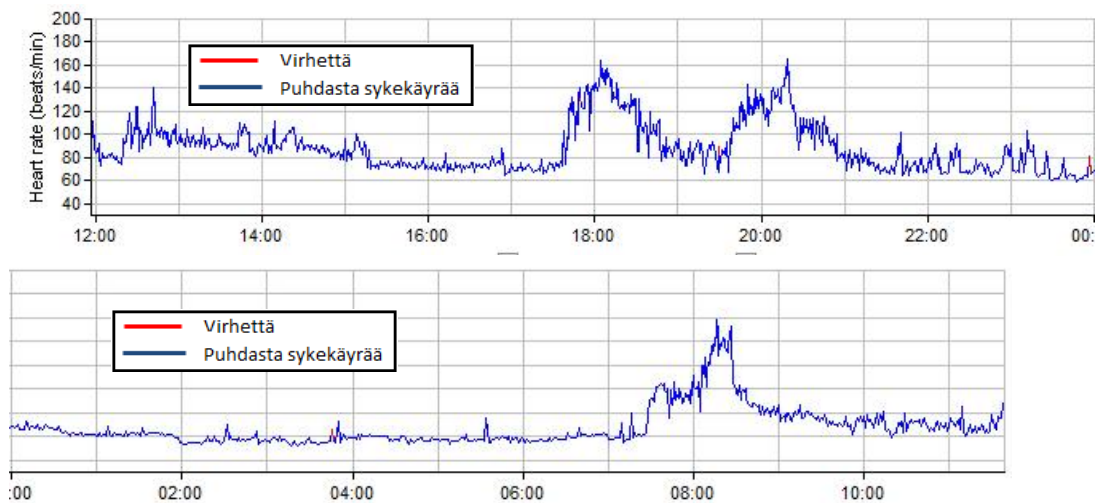
6 TULOKSET

6.1 Mittaustulokset

Opinnäytetyötutkimukseen saimme kerättyä yhteensä 164 mittausta, joista osa kuitenkin menetettiin erilaisten teknisten ongelmien seurauksena. Käyttökelpoisia mittauksia (yli 16 tuntia) saimme 59kpl (LIITE 5), joista alle 10% sisältävää virhettä on 53kpl. Alle 10% virhettä sisältävien mittausten virheen keskiarvo ja keskihajonta olivat $2,4\pm 2,2\%$, kaikkien 59 mittausten $3,7\pm 4,6\%$. Suurin mittausrvirhe oli 26% (KUVIO 5) ja pienin 1% (KUVIO 6).



KUVIO 5. Kuvassa on sykekäyrä, jossa virhettä on ollut 26 %.



KUVIO 6. Tämä sykekäyrä esittää puhdasta dataa, virheprosentti 1%.

Ruumiinrakenteen vaikutus mittaustulosten luotettavuuteen oli yhtenä tutkimusongelmana. Tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden painoindeksin (bmi) keskiarvoksi muodostui $23,1 \pm 3,5\%$ (TAULUKKO 1). Mitattavista suurin bmi oli 34, jonka sykekäyrässä virhettä 1%. Pienin bmi oli 18, jonka sykekäyrässä virhettä 9%. Tämän lisäksi vain kahdella mitattavista, joiden bmi oli alle 20, virheprosentti oli yli 10%. Näiden tulosten mukaan mitattavien bmi:llä ei havaittu olevan merkitystä virheprosenttien määrässä. Ruumiinrakenteella ei siis todettu olevan merkittävää vaikutusta mittaustulosten luotettavuuteen.

TAULUKKO 1. Keskiarvot ja keskihajonnat

Mittauksia (kpl)	59	53
Mittauksen pituus keskiarvo (h)	$22,3 \pm 2,2$	$22,6 \pm 1,7$
virhe% keskiarvo	$3,7 \pm 4,6$	$2,4 \pm 2,2$
bmi keskiarvo	$23,1 \pm 3,5$	$23,3 \pm 3,6$
Rinnanymp. keskiarvo (cm)	$82 \pm 10,8$	$83 \pm 10,9$
Keski-ikä (v)	$30,7 \pm 12,5$	$31,5 \pm 12,8$
Miehiä (kpl)	7	6
Naisia (kpl)	52	47

6.2 Käyttäjäkokemukset

Keräsimme jokaiselta mitattavalta käyttäjäkokemuksia kirjallisen palautteen muodossa. Testasimme laitteita ennen varsinaisten mittausten alkua, joten tiesimme mihin asioihin halusimme kiinnittää huomiota ja mistä erityisesti toivoimme palautetta. Olimme hyvin kiinnostuneita tietämään sykepannan käyttömukavuudesta 24 tunnin mittauksen aikana ja etenkin yön aikana. Lähettimestä lähtevä ”sirittävä” ääni oli myös yksi tarkastelun kohteista, sillä epäilimme sen saattavan häiritä joitain.

Saimme yhteensä 53 kirjallista palautetta mittarin käytettävyydestä (LIITE 6). Näistä 18 koski sykepannan aiheuttamaa ihoärsytystä ja 15 mitattavaa koki lähettimestä lähtevän äänen häiritsevänä. Näiden lisäksi palautetta tuli myös koskien sykepannan kireyden säätöä ja sen paikallaan pysymisestä. Palautteissa oli myös vertailua aiempiin kokemuksiin muovisista sykepannoista. Osa palautteen antaneista oli yllätynyt kuinka huomaamaton panta oli ollut.

Ihoärsytystä koskevissa palautteissa osalle mitattavista tuli pientä hiertymää sykepannan sensoreiden kohdalle. Muutamat saivat jopa rakkoja kyseiselle alueelle. Tämä saattoi johtua mm. liian kireälle säädetyistä sykepannasta. Toistuva liikkuminen sängyssä yön aikana voi myös aiheuttaa hankausta iholle sykepannan kontaktipinnan liikuessa. Tässä esimerkki erään käyttäjän kokemuksesta: ”Mukavuutta häiritsi sykepannan aiheuttamat hiertymät iholle (kohdat josta panta otti sykkeen!)” .

Sykepannan lähettimen ääntä koskevia palautteita tuli useilta palautteen antaneista. Osa oli sitä mieltä, että pannan äänen kuuli vai hiljaisissa tiloissa, eikä se häirinnyt. Osa oli taas sitä mieltä, että pannan kanssa ei pystynyt kunnolla nukkumaan, sillä sen ”siritys” oli niin häiritsevää. Muutama myös totesi toistuvan ”sirityksen” haittaavan keskittymistä vaativissa tilanteissa. Tässä esimerkki: ”Häiritsevä tekijä sykepannassa oli sen ääni (siritys), joka häiritsi varsinkin keskittymistä vaativissa tehtävissä kuten lukemisessa. Yöllä ääni ei häirinnyt nukkumista.”

Saamamme palautteet ovat Clothing Plus Oy:n kehitystyötä ajatellen hyvin tärkeitä. Näiden avulla he pystyvät kehittämään sykepannoissa käytettäviä materiaaleja ja saamaan sykepannoista käyttäjäystävällisempiä erityisesti pitkäaikaisia mittauksia silmällä pitäen.

7 POHDINTA

7.1 Tutkimuksen kulku

Opinnäytetyötutkimus alkoi testimittauksilla, joissa testattiin laitteiston ja kyselylomakkeen toimivuutta. Testimittauksilla luotiin hyvät ennakoasetelmat tuleville varsinaisille mittauksille. Nämä mittaukset antoivat viitteitä siitä, että tekstiilipannoilla pystytään keräämään luotettavaa dataa. Lisäksi totesimme laitteiston toimivan ja olevan tarkoituksenmukainen.

Varsinaisten mittausten alkuvaiheessa oli hieman ongelmia mittaukseen osallistuvien ohjeistuksessa. Ohjeistukseen ja laitteiston käytön opastukseen kului enemmän aikaa kuin oli alun perin suunniteltu. Itse mittaukset sujuivat suunnitelmien mukaan. Toisella viikolla tietokone, jossa kaikki kerätty mittausdata oli, hajosi yllättäen. Mittausdata oli ehditty siirtämään myös toiselle tietokoneelle, mutta se ei meitä auttanut, sillä se oli tallennettu väärään muotoon. Kävimme tutustumassa laitteistoon ja sen käyttöön ennen varsinaisten mittausten alkua. Koulutus tapahtui nopeasti yhteistyökumppanin tiukan aikataulun takia ja nähtävästi se ei ollut tarpeeksi kattava hallitaksemme laitteiston ja ohjelmiston käytön. Menetetystä syke-datasta huolimatta jatkoimme mittauksia suunnitelmien mukaan.

Jotta emme jäisi kovin kauaksi asetetusta mittausten tavoitemäärästä, hankimme lisää mittausryhmiä. Mittausten loppuvaiheessa syke-dataa keräävissä lähettimissä alkoi ilmestyä ongelmia. Kaksi mittaria ei tallentanut syke-dataa ollenkaan ja kolmesta mittarista emme pystyneet siirtämään syke-dataa tietokoneelle lainkaan. Tästä johtuen emme saaneet lopuista ryhmistä kaikkia mittauksia hyödynnettyä. Tietokoneen hajoamisen ja laitteistovikojen takia emme päässeet tavoitemäärään mittauksissa. Opinnäytetyötutkimuksen sujuvuuden kannalta olisi ollut hyvä saada kattava laitteiston ja ohjelmiston koulutus, jolla olisimme mahdollisesti pystyneet välttämään tekniset ongelmat.

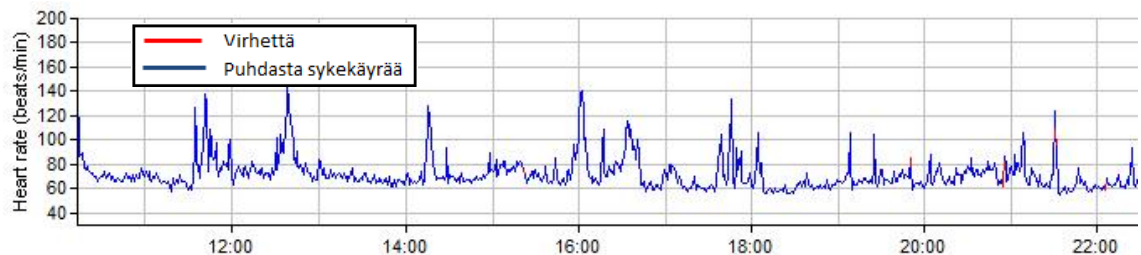
7.2 Tuloksiin vaikuttavat tekijät

Opinnäytetyötutkimukseen, sen etenemiseen ja siitä saatuihin tuloksiin vaikutti moni asia. Oma vaikutuksensa oli ohjelmistolla, jota käytettiin aineiston keräämiseen ja sen analysoimiseen. Polar Team 2 -ohjelmalla tallennettiin kaikki kerätty sykedata. Meidän kokemusten perusteella ohjelma ei ollut käyttäjäystävällinen. Sykedatan siirtäminen Hyvinvointianalyysi -ohjelmistoon sopivaksi oli hankalaa. Tiedostot tallentuivat oletuksena tiedostomuodossa, joka ei ollut yhteensopiva Hyvinvointianalyysi -ohjelmiston kanssa. Emme aluksi huomanneet tätä ja se oli osasy syy tiedostojen menetykseen. Sopivien asetusten määrittäminen oli tehty ohjelmassa monimutkaisesti. Oikeiden asetusten löytyttyä itse laitteiston käyttö ja sykedatan lataaminen lähettimistä oli helppoa ja nopeaa. Tämä oli hyvin olennaista mittausaikatauluissa pysymisen kannalta. Sykedatan virheiden tutkimisessa käytetty Firstbeatin Hyvinvointianalyysi -ohjelma antoi virheprosentin suoraan mittausdatasta. Ohjelman käyttö oli helppoa ja yksinkertaista.

Mittauksissa sykedatan keräämiseen käytetty kangaspanta ja siihen liitettävä lähetin vaikuttivat omalta osaltaan myös tuloksiin. Sykepannan kireyden säätömahdollisuuksista huolimatta sitä ei saanut kaikille mitattaville sopivan kokoiseksi. Pannan kireyttä ei pystynyt säätämään tarpeeksi tiukaksi laihoilla ihmisillä. Tästä seurasi se, että sykedataa keräävä kontaktipinta irtosi helpommin mitattavan iholta ja se aiheutti virheitä mittaustuloksiin. Tässä tutkimuksessa käytettiin tietyn kokoista pantaa. Markkinoilla on kuitenkin erikokoisia pantoja, joten joka ruumiinrakenteelle varmasti löytyy sopiva. Osalla mitattavista panta taas oli liian kireällä. Se aiheutti etenkin yön aikana muovisen kontaktipinnan hankautumista ihoa vasten ja siitä seurasi erilaisia rakkuloita, kipeitä kohtia yms. kyseiselle alueelle. Sykepannan kontaktipintojen kostuttaminen vedellä ennen sen asettamista iholle on yleisohje kaikissa kuluttajakäyttöön tarkoitetuissa sykemittareiden pannoissa (Team 2). Sen tulisi edesauttaa sykedatan keräämistä. Näissä mittauksissa kuitenkin huomasimme muutamissa tapauksissa veden käytön aiheuttavan sen, että sykepanta suorastaan liimautui iholle ja 24 tunnin kuluttua sen pois ottaminen jopa sattui

tai oli muuten vain vaikeaa. Käyttäjäpalautteissa (LIITE 6) tämä asia nousi esille useasti.

Mitattavien henkilöiden nukkumistottumuksilla havaittiin vaikutusta mittauksiin. Rauhallisella ja paikallaan pysyvällä nukkujalla sykepanta pysyy hyvin paikallaan ihokontaktissa ja virheitä esiintyy vähän. Levottomasti nukkuvalla ja paljon yön aikana liikehtivällä henkilöllä taas sykepanta irtoaa helpommin ihokontaktista ja mahdollisuus virheiden esiintymiseen on suurempi. Virhe voi olla jatkuvaa ja pientä, jolloin sen voidaan ajatella johtuvan kontaktin puutteesta ihon ja anturipintojen välillä. Kuviossa 7 esimerkki tyypillisestä sykekäyrästä, jossa esiintyy pientä satunnaista virhettä. Tällaisella ei ole merkittävää vaikutusta tuloksiin. Pitkä kontaktipinnan puute aiheuttaa isompia virheitä.



KUVIO 7. Sykekäyrän virheprosentti 3, joka on lähellä tulosten keskiarvoa.

Sykepannan käyttömukavuuteen vaikuttavia tekijöitä oli pannassa olevan lähettimen merkkivalo ja ”sirittävä” ääni. Lähettimessä paloi vihreä valo aina kun se tallensi sykedataa. Valo oli sen verran kirkas, että se erottui paidan läpi. Tämä saattaa olla häiritsevää henkilöillä, jotka joutuvat päivittäin esiintymään ihmisten edessä, kuten eräs mitattavista kommentoi käyttäjäpalautteessa (LIITE 6). Suurinta osaa mitattavista tämä ei kuitenkaan häirinnyt. Lähettimestä lähtevä ”sirittävä” sen sijaan häiritsi 15 koehenkilöä. Mitattavat kokivat äänen häiritseväksi keskittymistä vaativissa tehtävissä ja hiljaisessa ympäristössä. Muutaman henkilön nukkumista ääni vaikeutti huomattavasti.

7.3 Johtopäätökset

Opinnäytetyö muuttui merkittävästi matkan varrella. Alun perin suunniteltu 160 henkilön mittaus jäi otannaltaan pienemmäksi kuin oli tarkoitus. Lopullisissa tuloksissa pystyimme hyödyntämään 59 analysoitua mittausta. Tämä ei meidän mielestä kuitenkaan huomattavasti vaikuttanut mittauksen luotettavuuteen. Virheprosentit jäivät hyvin pieniksi ja se osoitti tekstiilisen sykepannan toimivan pitkäaikaisessa käytössä. Kuudessa mittauksessa tuli virheprosentiksi yli kymmenen. Viisi tällaista isomman virheprosentin omaavaa mittausta tuli viimeisen mittausviikon aikana, joista suurin virheprosentti oli 26 (KUVIO 5). Tarkkaa syytä virheiden esiintymiseksi on vaikea sanoa. Voimme olettaa yhdeksi syyksi mittauslaitteiston viat, joita alkoi ilmetä viimeisissä mittauksissa pitkäaikaisen käytön jälkeen. Tätä oletusta vahvistaa se, että mittarit 7 ja 9 antoivat ison virheprosentin kahdella eri mittauskerralla. Yhtenä virheiden ilmestymisen syistä voidaan pitää mitattavan henkilön rintakehän kokoa. Oletuksena voidaan pitää pienen bmi:n omaavilla henkilöillä kapeaa rintakehää. Tässä tutkimuksessa käytetty tekstiilipanta oli tietyn mittainen ja säätömahdollisuudet olivat rajalliset. Jos mitattavan rintakehä oli hyvin kapea, ei pantaa pystynyt säätämään tarpeeksi kireälle. Tämän takia sykepannan anturit eivät pysy hyvin ihokontaktissa ja sykedatan keräys katkeilee. Rintakehän kapeus tai bmi ei ole yksiselitteinen syy virheille, vaan asiaan vaikuttaa myös kehon koostumus yms. Kyseisiä tapauksia, joissa epäilimme isompien virheprosenttien ilmestymisen johtuvan rintakehän kapeudesta, oli enintään kolme kappaletta. Mittauksiin osallistuneiden joukossa oli myös henkilö, joka harrastaa kehonrakennusta. Hän oli hyvin lihaksikas ja vartalotyyppi oli selkeästi vyötäröstä hartioihin levenevä. Tämä aiheutti sen, että sykepanta ei pysynyt kunnolla paikallaan vaan laskeutui helposti alaspäin. Näiden tapausten perusteella voimme todeta ruumiinrakenteen vaikuttavan mittauksiin ja lisäävät virheiden mahdollisuutta, mutta eivät kuitenkaan niin merkittävästi, että se vaikuttaisi tutkimuksen luotettavuuteen. Tätä väitettä todistaa virheprosenttien kokonaismäärän jääminen hyvin pieneksi.

Kaikkien 59 mittauksen virheprosentin keskiarvoksi muodostui $3,7 \pm 4,6\%$. Alle 10 virheprosentin omaavia mittauksia oli 53. Näiden mittausten keskiarvo oli

2,4±2,2%. Näiden mittausten sykekäyriä tarkasteltaessa pystyimme huomaamaan vain lyhyitä ja hetkellisiä katkoksia sykeväleissä. Syitä siihen miksi tulee pieniä virheitä, on todella vaikea sanoa. Sykepannan antureiden hetkelliset irtoamiset ihokontaktista voivat aiheuttaa pientä virhettä lähes huomaamatta, esim. nukkuessa asennon vaihtaminen. Muiden elektronisten laitteiden lähellä oleminen saattaa aiheuttaa häiriöitä mittareihin. Sykepantaan kiinnitettävän lähettimen akku saattaa lähes tyhjänä aiheuttaa mittausvirheitä.

Opinnäytetyötutkimuksen tulokset osoittivat tekstiilisen kangaspannan luotettavaksi yli 16 tunnin sykevälimitauksessa. Sykedata oli riittävän puhdasta luotettavaan analyysiin ja siinä ilmaantuneiden virheiden kokonaismäärä jäi hyvin pieneksi. Mittauksista kerätyt käyttäjäkokemukset osoittautuivat erittäin merkittäväksi opinnäytetyön tuloksia ajatellen. Niiden avulla saimme arvokasta tietoa tekstiilipantojen materiaalien kehittämiseen. Käyttäjäkokemuksista ilmeni selkeästi, että sensorit aiheuttivat liian paljon hiertymiä käyttäjillä. Oli yllättävää huomata kuinka suureksi osaksi sykepannan käytettävyys osoittautui tässä tutkimuksessa. Tällainen tutkimus olisi hyvä uusia toisen tyyppisellä tekstiilipannalla, jotta nähtäisiin miten erityyppiset pannat vaikuttavat tuloksiin. Erityisesti käyttäjämukavuuden parantaminen olisi tärkeää. Tulevaisuudessa olisi myös mielenkiintoista nähdä sykevälimitausta hyödynnettävän enemmän fysioterapian eri osa-alueilla. Esim. sairaaloissa voitaisiin tehdä sykevälimitausta ilman, että se olisi paikkaan sidonnaista niin kuin EKG-mittaus.

LÄHTEET

Borg, P., Järvinen, H. Kaikkonen, T., Kanervo, M., Kettunen, J., Kotisaari, J., Martinmäki, K., Pulkkinen, A., Rusko, H., Saalasti, S. Seppänen, M. & Tuominen S. 2011. Hyvinvointianalyysi -Käsikirja. Versio 3.0.1.. Firtsbeat Technologies Oy.

Clothing Plus Oy. Luettu 15.7.2011.
<http://www.clothingplus.fi/index.php?s=home>.

Firstbeat Technologies Oy. Luettu 15.7.2011. www.firstbeat.fi/fi.
luettu 3.8.2011. <http://www.firstbeat.fi/fi/fysiologia/sykeanalyysi>,
luettu 3.8.2011.
http://www.firstbeat.fi/fi/tuotetuki/usein-kysytyt_kysymykset/sydamen-syke-ja-autonominen-hermosto.

Friel, J. 2006. Total heart rate training. Berkeley: Ulysses press.

Gamelin, F. X., Berthoin, S. & Bosquet, L. 2006. Validity of the Polar S810 Heart Rate Monitor to Measure R-R Intervals at Rest. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. Volume 38. Issue 5. pp 887-893. Luettu 17.8.2011.
http://journals.lww.com/acsmmsse/Abstract/2006/05000/Validity_of_the_Polar_S810_Heart_Rate_Monitor_to.13.aspx.

Hautala, A. 2004. Effect of Physical Exercise on Autonomic Regulation of Heart Rate. Oulun yliopisto. Väitöskirja.

Heikkilä, T. 2004. Tilastollinen Tutkimus. 5. painos. Helsinki: Edita Prima Oy.

Hynynen, E. 2011. Heart rate variability in chronic and acute stress with special reference to nocturnal sleep and acute challenges after awakening. Jyväskylän yliopisto. Liikunta –ja terveystieteen tiedekunta. Väitöskirja.

Janz, K. 2002. "Use of Heart Rate Monitors to Assess Physical Activity." Teoksessa: *Physical Activity Assessments for Health-Related Research*. Welk, G. Champaign: Human Kinetics.

Kaikkonen, P., Nummela, A., Hynynen, E., Merikari, J., Rusko, H., Teljo, M. & Vänttinen, S. 2006. Kuormittuminen ja palautuminen yksittäisissä harjoituksissa sekä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana harjoittelemattomilla. *Publications of the Research Institute for Olympic Sports (KIHU)*, No. 5. Luettu 16.7.2011. http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/julkaisusarja_nro5.pdf.

Kiviniemi, A. M., Hautala, A. J., Seppänen T., Mäkikallio, T. H., Huikuri, H. V. & Tulppo M. P. 2003. Sydämen Sykkeen ja Sykevaihdelun Välinen Yhteys Urheilijoilla. Liikunta & Tiede. Merikosken kuntoutus- ja tutkimuskeskus. Oulun yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Luettu 21.8.2011.
http://www.lts.fi/filearc/86_kiviniemi.pdf?LTS_reg=gkn3f38t4hhpb31shveemd6nv2.

Kotisaari, J. 2010. Firstbeat Hyvinvointianalyysi Käyttäjäkoulutus. Jyväskylä.

Kraemer, W. & Fleck, S. & Deschenes, M. 2011. Exercise Physiology: Integrating Theory and Application. Philadelphia: Wolters Kluwer.

Laitio, T., Scheinin, H., Kuusela, T., Mäenpää, M. & Jalonen, J. 2001. Mitä sydämen sykevaihtelu kertoo. Finnanest. Vol. 34 Nro 3. Luettu 28.6.2011.
http://www.finnanest.fi/files/a_laitio.pdf.

Leino, J. 2011. The Prognostic Power of the Clinical Exercise Test. Tampereen yliopisto. Väitöskirja.

Laukkanen, R. & Virtanen, P. 1998. Heart rate monitors – state of the art. Article in Journal of Sports Sciences 16:S3-S7. Luettu 17.8.2011.
http://www.vivasunsports.com/view_faq.php?article_id=201.

Malik, M. 1996. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation and clinical use. Circulation. 93: 1043–1065. Luettu 15.7.2011.
<http://circ.ahajournals.org/content/93/5/1043.full>.

Martinmäki, K. 2009. Transient changes in heart rate variability in response to orthostatic task, endurance exercise and training with special reference to autonomic blockades and time-frequency analysis. Jyväskylän yliopisto. Liikunta – ja terveystieteen tiedekunta. Väitöskirja.

Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 1997. Nykyaikainen urheiluvalmennus. Jyväskylä: Mero Oy.

Montgomery, P., Green, D., Etxebarria, N., Pyne, D., Saunders, P. & Minahan, C. 2009. Validation of Heart Rate Monitor-Based Predictions of Oxygen Uptake and Energy Expenditure. Journal of Strength and Conditioning Research. Volume 23. Issue 5. pp 1489-1495 Luettu 1.8.2011.
http://www.firstbeat.net/files/montgomery_et_al_2009.pdf.

Mäkikallio, T., Seppänen, T., Niemelä, M., Airaksinen, J., Tulppo, M. & Huikuri, H. 1996. Abnormalities in Beat to Beat Complexity of Heart Rate Dynamics in Patients With a Previous Myocardial Infarction. Journal of the American College of Cardiology Volume 28, Issue 4. Pages 1005-1011. Luettu 16.8.2011.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0735109796002434>.

Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-E. 2004. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15. uudistettu painos. Helsinki: Werner Söderström Oy.

Polar Team 2 Manual. SW Help. Luettu 15.7.2011.

http://www.polar.fi/e_manuals/Team2/Polar_Team2_sw_help_English.pdf.

Ramaekers, D., Ector, H., Aubert, A. E., Rubens A., & Van de Werf F. 1998. Heart rate variability and heart rate in healthy volunteers. Is the female autonomic nervous system cardioprotective?. *European Heart Journal.*, 19: 1334–1341. Luettu 23.8.2011.

<http://eurheartj.oxfordjournals.org/content/19/9/1334.full.pdf>.

Sand, O., Sjaastand, Q., Haug, E., Bjålie, J. & Toverud, K. 2011. Ihminen. Fysiologia ja anatomia. 1. painos. Helsinki: WSOYpro Oy.

Silvån S. 2007. Akuutin arkisto.Yle. Luettu 15.7.2011.

http://yle.fi/akuutti/arkisto2007/250907_d.htm.

Smolander, J., Ajoviita, M., Juuti, T., Nummela, A. & Rusko, H. 2011. Estimating oxygen consumption from heart rate and heart rate variability without individual calibration. *Clinical Physiology and Functional Imaging*. Volume 31, Issue 4: 266–271. Luettu 1.8.2011.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1475-097X.2011.01011.x/abstract>.

Smolander, J., Juuti, T., Kinnunen, M. L., Laine, K., Louhevaara, V., Männikkö, K. & Rusko, H. 2007. A new heart rate variability-based method for the estimation of oxygen consumption without individual laboratory calibration: Application example on postal workers. Department of Biology of Physical Activity, University of Jyväskylä. University of Kuopio. Luettu 1.8.2011.

http://www.firstbeat.net/files/smolander_et_al_2007.pdf.

Sykevälivaihtelu kertoo sydämen työn laadusta. 2004. Polar. Luettu 27.7.2011.

<http://keho.net/artikkelit/naytaartikkeli/Sykevalivaihtelu-kertoo-sydamentyon-laadusta-889>.

Willmore, J., Costill, D. & Kenney L. W. 2008. *Physiology of sports and exercise*. 4. painos. USA: Human Kinetics.

Vanderlei, L. C. M., Silva, R. A., Pastre, C. M., Azevedo F. M. & Godoy, M. F. 2007. Comparison of the Polar S810i monitor and the ECG for the analysis of heart rate variability in the time and frequency domains. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*. Departamento de Fisioterapia. Universidade Estadual Paulista. Luettu 17.8.2011.

<http://www.scielo.br/pdf/bjmb/2008nahead/7049.pdf>.

LIITTEET

LIITE 1

Stressiraportti

Henkilö: Karjalainen Petri

Päivämäärä: 22/02/2011

Henkilön taustatiedot

Ikä 26
Pituus (cm) 177
Paino (kg) 76
Leposyke 50
Maksimisyke 198
Painoindeksi (BMI) 24,3

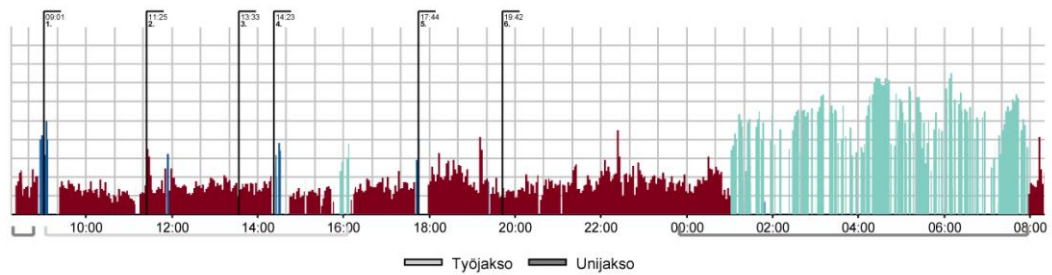
Mittausjakson tiedot

Pituus 24:04:01
Aikaväli 8:15:48 - 8:19:49
Matalin syketaso 50
Korkein syketaso 144
Keskisyke 75
Huomiot



— Syke — Keskiarvoistettu syke — Mittaushäiriöt (1%)

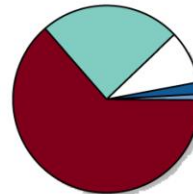
Stressin ja palautumisen kuvaaja



Päiväkirjamerkinnot

1. Kiire bussiin
2. Vaikea asiakas
3. Ruoka
4. Pomon tapaaminen
5. Ruoka
6. + TV:n katselua

■ Stressireaktiot	15h 18min	(64%)
■ Palautuminen	5h 48min	(24%)
■ Liikunta	29 min	(2%)
■ Kevyt fyysinen aktiivisuus	14 min	(1%)
□ Muut tapahtumat	2h 15min	(9%)



Stressireaktioiden, palautumisen, liikunnan ja muiden tapahtumien ajat ja suhteelliset osuudet (%) mittausjakson aikana.

Stressireaktiot (stressi)

Ulkoisten ja sisäisten tekijöiden aiheuttamia aktiivisuustason nousuja elimistössä.

Palautuminen

Ulkoisten ja sisäisten stressitekijöiden poissaolosta tai vähenemisestä seuraavaa elimistön rauhoittumista ja aktiivisuustason laskua.



Liikunta

Fyysinen aktiivisuus, jossa teho on >30% VO2max.

Kevyt fyysinen aktiivisuus

Varsinaista liikuntaa rasiustasoltaan alhaisempi fyysinen aktiivisuus.

Muut tapahtumat

Tilat, jotka eivät viittaa stressiin, palautumiseen, fyysiseen aktiivisuuteen tai siitä palautumiseen.

Suostumus tutkimukseen ja tietojen käsittelyyn

Olemme kolmannen vuoden fysioterapiaopiskelijoita ja tämä tutkimus on osa opinnäytetyötämme. Opinnäytetyöohjaajana toimii yliopettaja Jarmo Perttunen jarmo.perttunen@tamk.fi, 0505603159. Mittaus tapahtuu uusilla tekstiilipannoilla, jota tutkittavan tulee pitää päällä n. 24h. Mittauksen tarkoituksena on selvittää tekstiilipannan luotettavuutta sykkeen seurannassa. Tutkittavilta ei vaadita muita toimenpiteitä. Sykepanta otetaan käyttöön aamupäivästä ja kerätään pois seuraavana aamuna, eli mittausaika on n. 24h. Sykepantojen käyttö on täysin turvallista ja tutkittavat osallistuvat tutkimukseen omalla vastuulla. Opinnäytetyö on osa maailman johtavan sykevälialyysiohjelmia tuottavan yrityksen käytettävyyteen perustuvia tutkimuksia.

Osallistun opinnäytetyötutkimukseen omalla vastuullani ja tietojani saa käyttää opinnäytetyötutkimukseen:

Yhteistyökumppanit ovat mahdollisesti tekemässä jatkotutkimuksia tämän opinnäytetyötutkimuksemme pohjalta.

Olen kiinnostunut sykevälimittauksiin perustuvista jatkotutkimuksista ja sallin tietojeni säilyttämisen näitä varten.

Kyllä: En:

Yhteistyössä: Clothing Plus OY & Firstbeat Technologies OY

Yliopettaja Jarmo Perttunen

Petri Karjalainen

Olli Aro

Esa Gustafsson

Osallistun tutkimukseen:

Nimenselvennys:

Petri Karjalainen
Olli Aro
Esa Gustafsson

**TEKSTIILIPANTATUTKIMUKSEN KYSELYLOMAKE
TESTIHENKILÖSTÖLLE****Ennen mittausta täytettävät kysymykset**

ID: _____

Mitattava täyttääMies: Nainen:

Ikä: _____

Paino: _____ kg

Pituus: _____ cm

Oletko käyttänyt sykepantaa aikaisemmin?

Kyllä: En:

Kuinka monta kertaa viikossa harrastat liikuntaa, jossa hengästyt.

0: 1-2: 3-4: 5-7:

Rinnan ympäryys: _____ cm

Mittaaja täyttää

Kehon rakenne

H: I: J: K:

Mittauksen jälkeen

Esiintyikö mittauksen aikana ongelmia sykepinnan kanssa?

Kyllä: Ei:

Oliko sykepanta pois iholta jossain vaiheessa mittausta ja jos oli niin kuinka kauan?

Kyllä: Ei: Mihin aikaan?: _____

Nukuitko päiväunia mittauksen aikana?

Kyllä: Ei: Mihin aikaan? _____

Mihin aikaan menit nukkumaan?__- Heräsit?_____

Miten arvioit sykepinnan käyttömukavuutta asteikolla 1-5.

HuonoVälttävä Tyydyttävä Hyvä Erinomainen

1: 2: 3: 4: 5:

Muita huomioita: _____

Mittausaikataulu

(P = Mitatulta ryhmältä kerätään mittarit)

Klo:	Ma 17.1.2011	Ti 18.1.2011	Ke 19.1.2011	To 20.1.2011	Pe 21.1.2011
9.00					
9.15		Mittaus R1P			
9.30					
9.45	Mittaus R1		Mittaus R2P	Mittaus R3P	
10.00		Mittaus R2	Mittaus R3	Mittaus R4	Mittaus R4P

Klo:	Ma 24.1.2011	Ti 25.1.2011	Ke 26.1.2011	To 27.1.2011	Pe 28.1.2011
8.00	Mittaus R5	Mittaus R5P	Mittaus R6P		
8.15		Mittaus R6			
8.30					
8.45					
9.00					
9.15					
9.30					
9.45			Mittaus R7	Mittaus R7P	
10.00				Mittaus R8	Mittaus R8P

Klo:	Ma 31.1.2011	Ti 1.2.2011	Ke 2.2.2011	To 3.2.2011	Pe 4.2.2011
8.15			Mittaus R10P	Mittaus R1P	
8.30					
8.45					
9.00					
9.15					
9.30					
9.45					
10.00			Mittaus R11		Mittaus R12P
10.15					
10.30					
10.45					
11.00				Mittaus R12	
11.15					
11.30					
11.45	Mittaus R9	Mittaus R9P			
12.00					
12.15					
12.30		Mittaus R10			
12.45					
12.45					

Tulokset ja esitiedot mittauksista

(x = puutteita esitiedoissa)

Mittaukset	Sukupuoli	Ikä (v)	Paino (kg)	Pituus (cm)	bmi	Rinnanymp. (cm)	Virhe %	Tuntia (h)
Mittaus 1	M	31	84	180	25,93	95	4	20,39
Mittaus 2	N	21	48	160	18,8	69	5	24,54
Mittaus 3	N	22	70	170	24,2	77	3	23,37
Mittaus 4	x	x	x	x	x	x	9	22,26
Mittaus 5	N	47	70	169	24,50	87	4	21,5
Mittaus 6	N	25	51	161	19,70	73	1	23,26
Mittaus 7	N	22	66	173	22,00	76	0	24,09
Mittaus 8	N	60	67	155	27,90	94	0	23,44
Mittaus 9	N	45	66	169	23,10	80	2	23,45
Mittaus 10	N	41	63	174	20,80	80	1	24,26
Mittaus 11	N	27	60	177	19,20	76	2	24,07
Mittaus 12	N	51	82	163	30,90	85	1	23,43
Mittaus 13	M	51	100	183	29,90	115	1	24,29
Mittaus 14	N	33	65	165	23,90	84	0	23,29
Mittaus 15	N	33	63	162	24,00	82	1	23,21
Mittaus 16	N	23	68	180	21,00	83	5	23,45
Mittaus 17	N	63	69	164	25,70	88	2	22,54
Mittaus 18	N	20	57	171	19,50	92	1	23,54
Mittaus 19	N	34	60	161	23,20	69	5	22,28
Mittaus 20	N	19	52	171	17,80	74	9	23,57
Mittaus 21	N	20	64	176	20,70	73	3	24,09
Mittaus 22	N	27	61	171	20,52	75	1	22,29
Mittaus 23	x	x	x	x	x	x	2	24,2
Mittaus 24	N	35	57	163	21,50	75	1	23,55
Mittaus 25	N	19	69	173	23,10	83	2	22,18
Mittaus 26	N	30	60	170	20,80	77	1	22,19
Mittaus 27	N	18	53	164	19,70	71	3	23,57
Mittaus 28	N	19	55	155	22,90	77	7	23,55
Mittaus 29	N	23	68	168	24,10	80	2	22,16
Mittaus 30	N	39	86	175	28,10	84	3	18,16
Mittaus 31	N	22	65	170	22,50	87	4	23,45
Mittaus 32	N	24	67	175	21,90	75	1	23,48
Mittaus 33	N	21	59	170	20,40	72	3	23,07
Mittaus 34	N	21	69	175	22,50	x	3	19,31
Mittaus 35	N	20	58	162	22,10	75	2	18,42
Mittaus 36	N	25	87	165	32,00	x	3	22,56
Mittaus 37	N	24	54	173	18,00	69	1	23,43
Mittaus 38	M	28	87	190	24,10	90	2	22,55
Mittaus 39	N	33	55	168	19,50	x	1	23,45
Mittaus 40	N	34	57	168	20,20	x	2	22,16
Mittaus 41	N	19	66	167	23,70	80	1	22,03
Mittaus 42	N	19	55	173	18,40	x	1	16,07

2(2)

Mittaukset	Sukupuoli	Ikä (v)	Paino (kg)	Pituus (cm)	bmi	Rinnanymp. (cm)	Virhe %	Tuntia (h)
Mittaus 43	N	20	87	161	33,60	96	1	22,01
Mittaus 44	N	23	60	170	20,80	x	1	22,05
Mittaus 45	N	33	68	168	24,00	77	1	22,12
Mittaus 46	N	36	63	165	23,10	79	1	22,1
Mittaus 47	N	19	76	170	26,30	97	2	19,15
Mittaus 48	M	58	82	182	24,80	101	1	23,32
Mittaus 49	M	50	78	184	23,00	x	1	23,37
Mittaus 50	M	43	104	196	27,10	115	4	22,39
Mittaus 51	N	47	58	157	23,50	x	2	23,35
Mittaus 52	N	59	76	165	27,90	85	1	23,07
Mittaus 53	x	x	x	x	x	x	9	22,18

Mittaus 54	x	x	x	x	x	x	16	22,28
Mittaus 55	N	20	56	159	22,20	70	12	23,34
Mittaus 56	N	23	48	158	19,20	72	26	19,03
Mittaus 57	N	23	54	169	18,90	73	13	18,58
Mittaus 58	M	22	85	179	26,50	x	10	11,44
Mittaus 59	N	27	68	173	22,70	85	10	23,22

Mittauksissa 54-59 esitetään suurimmat virheprosentit.

Käyttäjäkokemuksia mittareista ja sykepannoista

Kirjallisia palautteita saatiin 53kpl. Näistä 15 kpl koski ihoärsytystä tms. ja 15 kpl koski häiritsevää ääntä.

Sykepannan lähettimen ääntä koskevat palautteet

- ”Sykepannan pitämä sirtyys hieman häiritsi, mutta vuorokausi sen kanssa sujui helposti. Ei häirinnyt nukkuessa, vaikka sitä pelkäsinkin.”
- ”Kone napsutti ja valo häiritsi hiukan yöllä.”
- ”Sykepannasta kuuluu nakutus, muuten ei ole mitään mainittavaa.”
- ”Mittari sirkutti inhottavasti.”
- ”Ärsyttävä ääni.”
- ”Sirkutus vähän häiritsevää näin pitkällä yhtenäisellä käytöllä. Hihna jonkin verran epämukava ja hiertävä.”
- ”Tsirpittävä ääni häiritsee, etenkin nukkumista.”
- ”Piippasi häiritsevästi.”
- ”Itse panta oli mukava. Mittari oli melko iso pallukka, vihreä vilkkuvalo näkyi paidan läpi, mikä oli hieman häiritsevää. Sirinä kuului päivän aikana töissä ja illalla nukkumaan mennessä, mutta ei ollut suuri haitta.”
- ”Heinäsirkan ääni ei ole miellyttävä nukkuessa. Muuten ei ongelmia. Pannan mukavuutta voisi parantaa pitkäkestoisissa mittauksissa.”
- ”Nukkuminen pannan kanssa vaikeaa: Ei pysy paikoillaan, jatkuvia heräämisiä. Ääni pannasta häiritsi myös: Unen saanti vaikeaa. Yöllä pakko ottaa pois, jotta sai nukuttua.”
- ”Heräsin yöllä muutaman kerran. Kun pantaa piti niin kauan, painoi se jonkun verran. Ääni joka siitä lähti, häiritsi välillä, eikä pantaa voinut ”unohtaa”. Muuten panta oli tosi hyvä.”
- ”Pieni häiritsevä nakutus-ääni. Vyö meni muutaman kerran rullalle itsestään.”

- ”Koitin säätää ympärysmittaa, mut ei auttanut. Ehkä jos olis ollut tiukempi panta tai hartiatuella (”henkselityyppinen”) niin olis ollu eri tilanne. Panta meni nukkuessa rullalle takaa. Ääni mikä kuului laitteesta, oli hiukan häiritsevä. Heräsin yöllä useamman kerran siihen.”
- ”Sykepannan pieni ääni häiritsi tilanteissa, missä oli muuten aivan hiljaista. Saattaa häiritä keskittymistä vaativissa tilanteissa kuten lukiessa.”
- ”Häiritsevä tekijä sykepannassa oli sen ääni (sirtys), joka häiritsi varsinkin keskittymistä vaativissa tehtävissä kuten lukemisessa. Yöllä ääni ei häirinnyt nukkumista. Välillä sykepanta tuntui ahdistavalle, vaikka sen oli säätänyt oikealle pituudelle.”
- ”Sirtys häiritsi. Nukkuminen oli huonoa ja levotonta pannan kanssa.”
- ”Kumilanka meni oikealta sivulta ”ryppyyn”. Kova ääni. Laite aika kookas.”
- ”Pannan kiinnityskohta painoi. Piti ihmeellistä surinaa.”
- ”Päivällä mittarista kuului välillä sirittäväää ääntä, mutta yöllä sitä ei kuulunut peiton läpi, eikä siis häirinnyt nukkumista.”
- ”Vaikka mittarin sirinän kuulee, niin se ei kuitenkaan häirinnyt. Oletin, että etenkin yöllä sirinä häiritsisi, mutta näin ei käynyt.”
- ”Panta pitää pientä ääntä, mutta ei häiritse. Vyön materiaali kiertyy helposti.”
- ”Laite sirittää, mutta ei se nukkumista häirinnyt.”
- ”Mittari pysyi hyvin päällä. Sirinä ei haitannut toimintaa.”

Sykepannan materiaaleja koskevat palautteet

- ”Pannan materiaali huono, meni ”ruttuun” narumaiseksi. Kiinnitysmekanismi huonompi kuin esim. omassa T6:ssa. Aiheutti jonkun verran ihoärsytystä.”
- ”Pannan muoviosien kohdalta iho vähän ärtyi/punotti.”
- ”Aiheutti pientä ihoärsytystä.”
- ”Pitkän käytön aikana alkaa hieman hangata.”

- ”Muuten erinomainen, mutta yöllä tuntui painavan ihoa, ja heräämisen jälkeen ihossa painaumisjäljet.”
- ”Pannan muovikohdat ärsytti ihoa.”
- ”Sykepannan kumiset osat ärsyttivät ihoa.”
- ”Aamulla oli hieman ihoärsytystä/kutinaa antureiden kohdalla.”
- ”Sykepanta oli muuten miellyttävä päällä, mutta yön jälkeen ylös noustuani pannan toinen anturi oli hiertänyt ikävästi, siitä jäi siis iholle punainen jälki ja ihoa pieneltä alueelta rullalle. Kipeä kohta kuitenkin unohtui suht nopeasti ja pidin pantaan lopun ajan suunnitellusti.”
- ”Sykepanta pysyi hyvin kiinni myös urheilun aikana, painoja nostessa se oli tosin hiukan tiellä. Sensorit liimautuivat ihoon kiinni yön aikana, mikä hankaloitti laitteen irrottamista.”
- ”Tikitys häiritsi hiljaisissa tilanteissa, muuten pannan pystyi melkein unohtamaan. Ehkä kosketuspinnat tuntuivat vähän tarraavan ihoon.”
- ”Minulla on herkkä iho ja sykepannan käyttäminen vuorokauden ympäri hieman ärsytti ihoa. Myös pannan kiinnityskohta hieman häiritsi (tosin samaa ongelmaa on ollut kaikissa käyttämässäni mittareissa).”
- ”Välillä panta tuntui takertuneen liian tiukasti kiinni ihoon.”
- ”Tuli ihottumaa/hiertymää muovisten kohtien alle.”
- ”Tuli rakkoja iholle →panta liian kireällä?”
- ”Yön aikana muodostui vesirakkula rintakehään vasemmanpuoleisen anturin alle.”
- ”Mukavuutta häiritsi sykepannan aiheuttamat hiertymät iholle (kohdat josta panta otti sykkeen!)”
- ”Kun pannan otin pois, rasittava tunne jäi joksikin aikaa pannan käytön jälkeen.”

Muita kommentteja

- ”En ole ihan varma mittasiko panta yöllä koko aikaa, kun tsirpitystä ei herätessä kuulunut.”
- ”Pysyi hyvin paikoillaan. Pystyi aika hyvin unohtamaan, että panta oli päällä.”
- ”Sydämentahdistin. Ei päästä sykettä alle 75.”
- ”Huomattavasti mukavampi käyttää kuin aikaisempi versio. Mittaus alkaa välittömästi iholle laitettaessa ja piippaus sekä vihreä merkkivalo kertovat selkeästi onko sykevyö kontaktissa.”
- ”Kyljellään nukuttaessa pannan etuosa tuppaa irtoamaan iholta ”kaareutumisen” takia.”
- ”Hiukan meni nauha kurttuun. On hiukan läskipoimuja sillä kohtaa. Muuten sen oloa ei huomannut.”
- ”Käyttö oli nyt miellyttävämpi kuin vanhoilla pannoilla. Voisiko vaihtoehtona olla sykkeen kuvanta ranteesta, rinnasta (teippi?). Vyön materiaallinen edell. kehittäminen ihoystävällisemmäksi!”
- ”Mitään ongelmia ei ollut; edes sirinä ei ärsyttänyt.”
- ”En ole koskaan tykännyt sykepannasta, mutta tämän käyttö oli melko huomaamatonta. Sirinää ei käytössä huomannut.”
- ”Ihanan huomaamaton.”
- ”Panta pysyi hyvin paikallaan myös urheilun aikana, vaikka liikkuminen oli varsin monipuolista.”
- ”Panta pysyi tosi huonosti paikalla. Panta tuli just leveän selkälihaksen korkeudelle ja jos yhtään selässä on lihasta, nii varmasti valuu pois paikalta.”