



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

SYKEVÄLIVAIHTELUMITTAUKSEEN PERUSTUVAN HYVINVOINTIRAPORTIN KEHITTÄMINEN

Anniina Parviainen

Opinnäytetyö
Lokakuu 2017
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Hyvinvointiteknologian koulutus



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Hyvinvointiteknologian koulutus

PARVIAINEN ANNIINA:

Sykevälivaihtelumittaukseen perustuvan hyvinvointiraportin kehittäminen

Opinnäytetyö 63 sivua, joista liitteitä 13 sivua
Lokakuu 2017

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää asiakasystävällinen, selkeä ja informatiivinen hyvinvointiraporttimalli Livtec Oy:n kaksi vuorokautta kestäväälle sykevälivaihtelumittaukselle (Heart Rate Variability, HRV). Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä julkaisujen ja kirjallisuuden avulla sykevälivaihtelumittauksesta saataviin parametreihin ja niiden avulla arvioitaviin komponentteihin, esimerkiksi palautumiseen ja stressitasoon. Parametrien viitearvot selvitettiin, jotta mittaustuloksille on olemassa vertailuarvot. Hyvinvointiraportin informatiivinen sisältö muodostui pääasiassa sykevälivaihtelumittauksen parametreista. Sykevälivaihtelun ymmärtämisen helpottamiseksi opinnäytetyön teoriaosuudessa käsiteltiin myös ihmisen hermostoa sekä sydämen toimintaa. Tarkoituksena oli perehtyä myös tuotekehitykseen ja sen eri vaiheisiin. Opinnäytetyönä kehitetyn raporttimallin prototyypille suoritettiin käytettävyydestä käyttäjälähtöisesti. Testauksella oli tarkoitus selvittää, vastaako tuote sille asetettuja vaatimuksia ja tavoitteita. Tulokset analysoitiin ja tulosten pohjalta tehtiin muutoksia prototyypin. Muutosten jälkeen hyvinvointiraportin lopullinen versio valmistui. Kyseessä oli uuden tuotteen kehittäminen, koska Livtec Oy:llä ei ollut olemassa aiempaa hyvinvointiraporttimallia.

Raporttimallin valmistuminen mahdollisti HRV hyvinvointianalyysimittauspalvelun aloittamisen Livtec Oy:lle. Nyt Livtec Oy:n asiakkailla on mahdollisuus saada luotettavaa ja tieteellisiin tutkimuksiin perustuvaa tietoa omasta hyvinvoinnistaan, jota on kartoitettu sykevälivaihtelumittauksella. Raportista kehitettiin myös sisällöltään, rakenteeltaan ja ulkoasultaan asiakkaita miellyttävä kokonaisuus. Raporttimallia kehitettiin jatkuvassa yhteistyössä Livtec Oy:n kanssa.

Hyvinvointiraportin kehittäminen on jatkuva tuotekehitysprosessi. Tuotetta muokataan jatkossa analyysoijan huomioiden sekä asiakkaiden palautteiden mukaan. Tulevaisuudessa yksinkertaisempi vaihtoehto olisi, jos hyvinvointiraportin saisi tuotettua samasta ohjelmistosta, joka analysoi mitatun datan. Yksi mahdollisuus on kehittää täysin oma ohjelmisto, joka laskee sykevälivaihtelun parametrit sykeväleistä, analysoi datan ja tulostaa hyvinvointiraportin.

Opinnäytetyö on osittain salainen yritysalaisuuksien vuoksi.

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Master's Degree Programme in Wellbeing Technology

PARVIAINEN, ANNIINA:
The Development of Heart Rate Variability -based Wellbeing Report

Master's thesis 63 pages, appendices 13 pages
October 2017

The purpose of this thesis was to develop a customer friendly and informative wellbeing report for Livtec Oy based on heart rate variability (HRV) measurement. The aim was to explore the parameters of HRV and the components which can be analyzed by these parameters, e.g. recovery and stress levels. The prototype of the wellbeing report was tested by potential customers to clarify whether the report meets the appointed requirements and aims. This thesis was about developing a new product. Livtec Oy did not have a report model for HRV measurements before.

Based on the accomplished work, Livtec Oy was able to start the HRV wellbeing analysis services. Currently, it is possible for Livtec Oy customers to achieve reliable results based on up-to-date information from scientific research about their general wellbeing. The report model was developed in continuous contact with Livtec Oy.

In the future, the development of the wellbeing report is done continuously based on customer and/or analyzer feedback. In addition, the most crucial improvement would be to get the report directly from the program analyzing the measured HRV data.

The thesis work is partly classified.

Key words: heart rate variability, wellbeing analysis, product development

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
1.1	Tavoite.....	7
1.2	Tarkoitus.....	7
1.3	Menetelmät	8
2	SYKEVÄLIVAIHTELUN FYSIOLOGINEN TAUSTA	9
2.1	Hermosto	9
2.1.1	Sympaattinen hermosto.....	10
2.1.2	Parasympaattinen hermosto	11
2.2	Sydämen sähköinen toiminta.....	11
3	SYKEVÄLIVAIHTELU	14
3.1	Sykevälivaihteluun vaikuttavat tekijät	15
3.2	Mittausmenetelmä.....	18
3.3	Analysointi	18
3.3.1	Aikatasoanalyysi.....	19
3.3.2	Taajuustasoanalyysi	21
3.3.3	Poincaré kuvaaja.....	24
3.4	Unen mittaaminen	25
4	TUOTEKEHITYS.....	27
4.1	Tuotekehityksen vaiheet.....	27
4.2	Käyttäjätieto.....	28
4.3	Käytettävyytestaus.....	29
5	HYVINVOINTIRAPORTIN KEHITTÄMINEN.....	31
5.1	Suunnittelu.....	31
5.1.1	Tuotteen määrittely ja vaatimuslista	31
5.1.2	Käyttäjätieto	31
5.1.3	Informatiivinen sisältö	31
5.2	Ensimmäisen version toteutus	31
5.3	Käytettävyytestaus.....	31
5.3.1	Käytettävyytestauksen luotettavuuden arviointi	32
5.4	Käytettävyytestauksen tulokset.....	32
5.5	Lopullinen versio	33
6	POHDINTA	36
	LÄHTEET	38
	LIITTEET.....	42
	Liite 1. Vaatimuslista	42
	Liite 2. Aikataason parametrien viitearvot	43

Liite 3. Taajuustason parametrien viitearvot	44
Liite 4. Unen aikaisen leposykkeen viitearvot.....	45
Liite 5. Stressi-indeksin viitearvot	46
Liite 6. Raportin ensimmäinen versio	47
Liite 7. Raportin lopullinen versio	51

LYHENTEET JA TERMIT

ANS	Autonomic nervous system
AV	Atrioventricular node
BMI	Body mass index
bpm	Beats per minute
EKG	Elektrokardiografia
HF	Korkea taajuus, High frequency
HR	Sydämen syke, Heart rate
HR _{max}	Sydämen maksimisyke
HRV	Sykevälivaihtelu, Heart rate variability
kg	Kilogramma
LF	Matala taajuus, Low frequency
NN	Normal to Normal
m	metri
ms	millisekunti
PNS	Parasympathetic nervous system
PSD	Tehospektritiheys, Power spectral density
RMSSD	Root mean square of successive NN -intervall differences
RR	Kahden R-piikin väli
RSA	Respiratory sinus arrhythmia
SA	Sinoatrial node
SDANN	Standard deviation of the average NN interval
SDNN	Standard deviation of NN intervals
SNS	Sympathetic nervous system
ULF	Ultra low frequency
VLF	Very low frequency

1 JOHDANTO

Ihmisen elimistön kokonaisvaltaista hyvinvointia ja tasapainoa voidaan tutkia sykevälivaihtelumittauksen (Heart Rate Variability, HRV) avulla. Sykevälivaihtelun laajuus kertoo autonomisen hermoston toiminnallisuudesta ja dynamiikasta. Sykevälivaihtelun määrä lisääntyy parasympaattisen hermoston aktivoituessa eli syketiheyden laskiessa. Tällöin ihminen rentoutuu ja palautuminen on käynnissä. Syketiheyden lisääntyessä sykevälivaihtelun määrä laskee, kun elimistö on kuormituksen alla tai stressitilassa. Usean vuorokauden sykevälivaihtelumittauksella pystytään mittaamaan esimerkiksi tavallisen arjen, työpäivän tai vapaapäivän kuormittavuutta, palautumista sekä päivän että yön aikana. (Toppinen-Tanner & Ahola 2012, 115-116; Sovijärvi, Arina & Halmetoja 2016, 418-419.)

1.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää asiakasystävällinen, selkeä ja informatiivinen hyvinvointiraporttimalli Livtec Oy:n kaksi vuorokautta kestäväälle sykevälivaihtelumittaukselle. Livtec Oy on vuonna 2017 aloittanut hyvinvointialan yritys (Y-tunnus 2809328-8), joka tarjoaa asiakkailleen hyvinvointialan konsultointia, hyvinvointimittauksia ja -analyysseja sekä valmennuksia. Kyseessä oli uuden tuotteen kehittäminen, koska Livtec Oy:llä ei ollut olemassa aiempaa hyvinvointiraporttimallia Livtec HRV hyvinvointianalyysiin. Livtec HRV hyvinvointianalyysi suoritetaan Mega Electronicsin Faros 180° -anturilla ja mitattu data analysoidaan saksalaisen BioSignin HRV-Scanner -ohjelmistolla. HRV-Scanner tuottaa mittaustuloksista hyvin teoreettisen analysointiraportin, josta asiakkaan on sinällään hankalaa saada kuvaa omasta hyvinvoinnistaan. Tarkoitus oli määrittää kirjallisuuden avulla hyvinvointiraportin informatiivinen sisältö ja kehittää ulkoasultaan helppolukuinen ja mielenkiintoinen raporttimalli, johon voi osittain hyödyntää HRV-Scanner -ohjelmiston analyysin tuottamia komponentteja.

1.2 Tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä sykevälivaihtelumittauksesta saataviin parametreihin ja niiden avulla arvioitaviin komponentteihin, esimerkiksi palautumiseen ja stressitasoon. Livtec HRV hyvinvointianalyysin asiakkaiden kannalta merkittävät

parametrit selvitettiin kirjallisuuden ja julkaisujen perusteella. Parametrien viitearvot selvitettiin, jotta mittatuloksille on olemassa vertailuarvot. Hyvinvointiraportin informatiivinen sisältö muodostui pääasiassa sykevälivaihtelumittauksen parametreista. Jotta sykevälivaihtelun voi ymmärtää, on tiedettävä perusteet myös ihmisen hermostosta sekä sydämen toiminnasta. Tarkoituksena oli perehtyä myös tuotekehitykseen ja sen eri vaiheisiin. Prototyypille suoritettiin käytettävyytestaus käyttäjälähtöisesti. Testauksella oli tarkoitus selvittää, vastaako tuote sille asetettuja vaatimuksia ja tavoitteita. Tulokset analysoitiin ja tulosten pohjalta tehtiin muutoksia prototyyppiin. Muutosten jälkeen hyvinvointiraportin lopullinen versio valmistui.

1.3 Menetelmät

Opinnäytetyö oli uuden tuotteen tuotekehitysprosessi. Raporttimallia kehitettäessä tehtiin laaja kirjallisuusselvitys merkittävien sykevälivaihteluparametrien selvittämiseksi. Raporttimallin käytettävyytestauksessa hyödynnettiin asiakaslähtöistä käytettävyytestausta. Opinnäytetyö on osittain salainen yrityssalaisuuksien takia.

2 SYKEVÄLIVAIHTELUN FYSIOLOGINEN TAUSTA

Sykevälivaihtelun käsittämiseen täytyy ymmärtää perusteet ihmisen hermoston toiminnasta ja sydänsähkökäyrästä. Hermosto ohjaa ihmisen toimintoja sekä tahdonalaisesti (somaattinen hermosto) että tahdosta riippumatta (autonominen hermosto). Autonominen hermosto ohjaa muun muassa koko verenkiertoelimistön toimintaa. Se määrittelee sydämen sykkeen ja sykevälien vaihtelun. (Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 2012, 102.)

2.1 Hermosto

Ihmisen hermosto on yksi kokonaisuus, mutta se jaetaan osiin erilaisten ominaisuuksien takia. Hermosto jaetaan keskushermostoon ja ääreishermostoon eli perifeeriseen hermostoon (Haug ym. 2012, 102). Keskushermoston muodostavat aivot ja selkäydin. Ääreishermosto jaetaan somaattiseen ja autonomiseen hermostoon. Somaattisella eli tahdonalaisella hermostolla ohjataan luustolihasten toimintaa. Autonominen hermosto on tahdosta riippumaton ja se jaetaan sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. (Haug ym. 2012, 102.)

Keskushermoston aivot ja selkäydin ovat ihmiselimistön tietokone (Haug ym. 2012, 113). Keskushermoston hermosolut ja synapsit ohjaavat lihaksia ja rauhasia aistisoluja analysoimalla. Keskushermosto kehittyy jo sikiökaudella. Sen toiseen päähän kehittyy aivot ja suorasta putkesta selkäydin. Selkäydin on kytkeytynyt elimistön aistinsoluihin, lihaksiin ja rauhasiin selkäytimestä ja aivojen eri osista lähtevillä parillisilla hermoilla. Selkäytimestä lähtee 31 selkäydinhermoparia ja 12 aivohermoparia. Aivojen sensorinen alue vastaanottaa ja reagoi ympäristöstä ja elimistön sisäosista tuleviin aistimuksiin. Aivojen motorinen alue lähettää käskyjä lihaksille ja rauhasiin. Aivojen motivaatioalue ohjaa ihmisen käyttäytymistä tunteiden ja älyllisen harkinnan pohjalta. (Haug ym. 2012, 113.)

Ääreishermosto eli perifeerinen hermosto jakautuu sensoriseen ja motoriseen osaan. Sensorinen osa välittää tietoa muualta elimistöstä keskushermostoon. Motorinen osa kuljettaa tietoa keskushermostosta lihaksiin ja rauhasiin. Ääreishermosto jaetaan myös somaattiseen ja autonomiseen hermostoon eli tahdonalaiseen ja tahdosta riippumattomaan hermostoon. Somaattinen hermosto kiihdyttää lihassolun toimintaa ja

ohjaa luustolihashasten liikkeitä. Toiminta on tahdonalaista sekä tiedostettua. Autonominen hermosto pitää yllä elimistön sisäistä tasapainoa, kun somaattinen hermosto ohjaa liikkeitä. (Haug ym. 2012, 132-133.)

Autonominen eli vegetatiivinen hermosto (autonomic nervous system, ANS) on tahdosta riippumaton hermosto. Autonominen hermosto valvoo ja säätelee verenkiertoelimistön toimintaa. Se ohjaa kaikkia sydämen pumppaustoiminnan osatekijöitä. Se jaetaan edelleen sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon. Sympaattinen ja parasympaattinen hermosto toimivat yhtä aikaa, mutta niillä on vastakkaiset vaikutukset elimistöön. Sympaattinen hermosto lisää elimistön fyysistä suorituskykyä ja toimintaa kiihtyy esimerkiksi pelosta ja vihasta, kun taas parasympaattinen hermosto aktivoituu levossa. Sympaattinen hermosto nostaa ja parasympaattinen hermosto laskee sydämen syketiheyttä (heart rate, HR). Sympaattisen ja parasympaattisen hermoston keskinäinen suhde määrää sydämen autonomisen vireystason. (Haug ym. 2012, 102-136; Task Force 1996, 365-366; Khazan 2013, 100; Junttila & Mäkikallio 2016.)

2.1.1 Sympaattinen hermosto

Sympaattinen hermosto (sympathetic nervous system, SNS) sisältää rauhasiin, sydämeen ja sileälihaksiin menevät motoriset hermosyyt. Sympaattinen hermosto aktivoituu kriisitilanteessa tai fyysisesti vaativassa tilanteessa parantaen fyysistä suorituskykyä. Sympaattisen hermoston kohde-elimä ovat silmät, sylkirauhaset, sydän, keuhkot, ruoansulatuskanava, ruoansulatusrauhaset, maksa, lisämunuaisydin, virtsarakko, sukupuolielimet, verisuonet ja hikirauhaset. Sympaattisen hermoston aktivoituessa muun muassa pupillit laajenevat, syke nopeutuu ja sydämen supistusvoima suurenee, keuhkoputket laajenevat, ruoansulatuksen erityis vähenee, verisuonet supistuvat ja hieneritys lisääntyy. Sympaattinen hermosto toimii yhtenä kokonaisuutena ja vaikuttaa useaan kohde-eliimeen yhtä aikaa. Lisämunuaisydin lisää kokonaisvaltaista vaikutusta erittämällä adrenaliinia veren mukana kaikkialle elimistöön. Sympaattisen hermoston toimintaa voidaan kuvata ”taistele tai pakene” -reaktion avulla. Pelko aiheuttaa sydämen pumppausvoiman kasvun ja verisuonten supistumisen, jolloin luustolihakset saavat enemmän verta. Sympaattinen aktiivisuus laajentaa keuhkoputkia ja hengitystiheys kasvaa, mikä lisää elimistön hapensaantia. Myös energiansaanti tehostuu. Hikoilu haihduttaa lämpöä ja adrenaliini parantaa keskittymiskykyä merkittävästi. Nyt elimistö on valmiina ”taisteluun” tai ”pakoon”. (Haug ym. 2012, 102-139.)

Sympaattinen hermosto on merkittävässä roolissa lyhytaikaisessa stressitilanteessa. Stressi voi jatkua myös pitkään. Tällöin sympaattisen hermoston pitkäkestoisella aktiivisuudella on useita negatiivisia vaikutuksia. Verenpaine kohoaa, energiavarastot kuluvat sekä ruoansulatus hidastuu. Tällöin sydän- ja verisuonitauteihin sairastumisen riski kasvaa. (Haug ym. 2012, 139.)

2.1.2 Parasympaattinen hermosto

Parasympaattinen hermosto (parasympathetic nervous system, PNS) sisältää rauhasiin, sydämeen ja sileälihaksiin menevät motoriset hermosyyt. Parasympaattinen hermosto aktivoituu levossa. Se stimuloi ruoansulatuselimistöä sekä elimistön varastojen kartuttamista. Parasympaattisen hermoston kohde-elimä ovat muun muassa silmät, sylkirauhaset, sydän, keuhkot, ruoansulatuskanava, virtsarakko ja sukupuolielimet. Parasympaattinen hermoston aktivoituminen voi aiheuttaa kohde-elimissä muun muassa pupillien supistumista, sykkeen hidastumista, keuhkoputkien supistumista ja ruoansulatuskanavan peristaltiikan eli suoliston aaltomaisen supistelun lisääntymistä. Parasympaattinen hermosto on aktiivinen stressittömässä tilanteessa. Sydämen pumppausvoima on pieni ja verenpaine laskee. Ruoansulatuskanavan peristaltiikka ja erityistoiminta ovat vilkkaita. Parasympaattisen hermoston vaikutus voi tosin ilmentyä vain yhdessä kohde-elimessä kerrallaan. (Haug ym. 2012, 102-139.)

2.2 Sydämen sähköinen toiminta

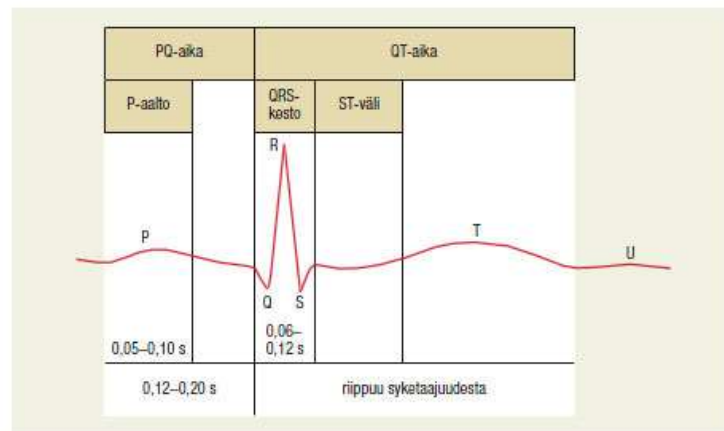
Sydän jakautuu neljään eri onteloon: kahteen eteiseen ja kahteen kammioon. Veri tulee kudoksista oikeaan eteiseen ja sieltä oikeaan kammioon, joka pumppaa veren keuhkovaltimoa pitkin keuhkoihin. Keuhkoista veri palaa happirikkaana vasempaan eteiseen ja sieltä vasempaan kammioon, josta se kulkeutuu aorttaa pitkin muualle elimistöön. (Haug ym. 2012, 254; Khazan 2013, 97.) Sydämen sähköinen toiminta lähtee liikkeelle sinussolmukkeesta (sinoatrial node, SA). Sieltä aktiopotentiaali leviää nopeasti sydämeen lihassoluista muodostuvaa impulssijohtorataa pitkin eteisiin ja eteiskammiosolmukkeen (atrioventricular node, AV) kautta eteiskammiokimppuun (Hisin kimppua), haarakkeisiin sekä Purkinjin säikeisiin. Johtoradan sähkövirta ei näy sydänsähkökäyrässä sen solumassa pienuuden takia. Sähköinen impulssi aiheuttaa sydänlihaksen supistumisen synkronoidusti ensin eteisten ja sitten kammioiden välillä.

Sinussolmuke ohjaa koko sydämen supistumisen rytmiä. (Haug ym. 2012, 254-263; Acharya, Krishnan, Spaan & Suri 2007, 121; Khazan 2013, 97; Shaffer, McCraty & Zerr 2014, 1; Nikus ja Mäkijärvi 2016.) Sinussolmuke muodostaa 100-120 impulssia minuutissa. Autonomisen hermoston kontrolloinnin takia sydämen syke levossa terveellä henkilöllä on 50 – 70 lyöntiä minuutissa. Sympaattisten hermosyiden aiheuttama stimulaatio kasvattaa sydämen syketiheyttä. Parasympaattisten eli vagushermostyiden aiheuttama stimulaatio laskee sydämen sykettä. Sympaattisen ja parasympaattisen hermoston välinen balanssi on dynaaminen terveessä elimistössä eli muuttuu jatkuvasti riippuen sisäisistä ja ulkoisista ärsykkeistä. Niiden aktiivisuus on yhtäläinen kuitenkin parasympaattisen vaikutuksen ollessa dominoiva. Sydämen syketiheys nousee noin 5 sekunnissa ja saavuttaa vakaan tason noin 20 – 30 sekunnissa sympaattisten hermosyiden tuodessa sydämeen jatkuvan aktivaatiosignaalin. Parasympaattisen hermoston aiheuttama aktivaatio taas näkyy sydämen sykkeessä lähes välittömästi. (Haug ym. 2012, 138; Acharya ym. 2007, 121; Shaffer ym. 2014, 2-3.)

Sydämen sähköistä toimintaa voidaan tutkia mittaamalla ihoon kiinnitettyjen elektrodien välisiä sähköisiä jännite-eroja. Mittauksen rekisteröinnistä käytetään nimitystä elektrokardiografia, EKG (electrocardiography, ECG). EKG -mittauksella voidaan seurata sydämen sähköistä toimintaa potentiaalieroilla ja huomata mahdollisia poikkeamia toimintakyvyssä. Potentiaalierot luodaan kytkemällä sähköä johtavat elektrodit standardoidun rekisteröintimenetelmän mukaisesti. Perinteisessä EKG-mittauksessa käytetään 12-kytkentää, jossa on 6 raajakytkentää ja 6 rintakytkentää. Jokainen elektrodi rekisteröi sydämen sähköistä aktivaatiota eri suunnasta. (Haug ym. 2012, 264-267; Mäkijärvi 2005.)

Tyypillisessä sydänsähkökäyrässä on kolme aaltoa: P-aalto, QRS-kompleksi, T-aalto ja U-aalto. P-aalto kuvaa eteisten aktivaatiota eli depolarisaatiota. P-aallon alkuosa kuvaa ensin aktivoituvaa oikeaa eteistä ja jälkiosa vasenta eteistä. P-aallon kokonaiskesto kuvaa aikaa, joka kuluu eteisten aktivaatioon. QRS-kompleksi kuvaa kammioden aktivaatiota eli depolarisaatiota. Kammioden aktivaatio leviää nopeasti sydänlihaksen läpi sydämen sisäpinnalta ulkopinnalle. Q-kirjaimella merkitään ensimmäistä negatiivista heilahdusta, R-kirjaimella ensimmäistä positiivista heilahdusta ja S-kirjaimella toista negatiivista heilahdusta. Jos QRS-kompleksissa on toinen positiivinen tai negatiivinen heilahdus, niitä merkitään kirjaimilla R' ja S'. T-aalto kuvaa kammioden palautumista eli repolarisaatiota. Palautuminen etenee ulkopinnalta sisäpinnalle hitaasti. T-aallon jälkeen

voi näkyä vielä erillinen U-aalto, mutta sen syntymekanismi ei ole vielä selvillä (Shaffer ym. 2014, 2; Nikus & Mäkijärvi 2016). Jokaisesta aallosta ja aaltojen välisistä etäisyyksistä pystytään arvioimaan sydämen terveydellistä tilaa. QRS-kompleksi on suurin kammioiden suuren lihassmassan vaikutuksesta. RR tai NN-intervalli on R-piikkien eli sydämenlyöntien välinen etäisyys. P-Q tai P-R -väli on aika, jonka aktiopotentiaali kulkee sinussolmukkeesta kammioihin. Eteisten repolarisaation ei yleensä näy sydänsähkökäyrässä, koska se hukkuu QRS-kompleksin alle. Tyypillinen EKG-käyrä on esitetty kuvassa 1. (Haug ym. 2012, 264-267; Khazan 2013, 98; Nikus & Mäkijärvi 2016.)

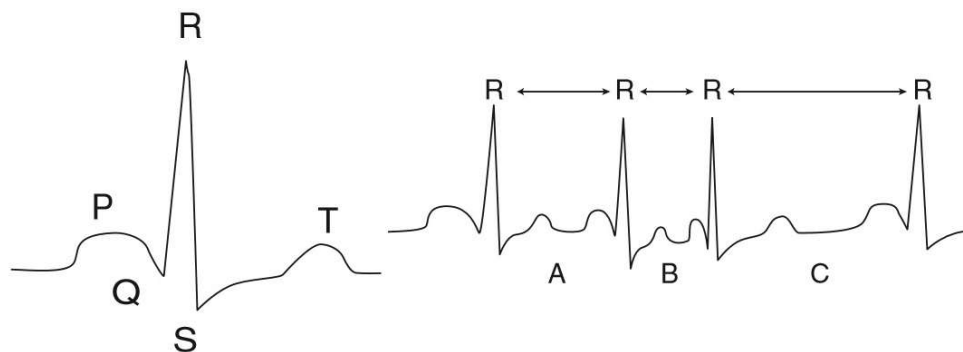


KUVA 1. EKG-käyrän eri vaiheet (Laine 2014).

3 SYKEVÄLIVAIHTELU

Sykevälivaihtelu tarkoittaa sydämen sykkeiden välisen eron vaihtelevuutta. Sitä pidetään hermoston ja sydämen keskinäisen toiminnan mittana, joka heijastaa sydämen ja aivojen yhteyttä sekä autonomisen hermojärjestelmän dynaamisuutta. Sykevälivaihtelu on siis itsesäätelvien järjestelmien toiminnallisen kapasiteetin indeksi. Terveellä yksilöllä fysiologinen järjestelmä on jatkuvasti vastaanottavainen ja joustava sekä valmis toimimaan, kun on tarve. Ihmisen suorituskyky paranee leposykevälivaihtelun lisääntyessä. (Shaffer ym. 2014, 6; McCraty & Shaffer 2015, 59.)

Sykevälillä eli RR-intervallilla (myös Normal-to-Normal eli NN-intervallilla) tarkoitetaan EKG-signaalin QRS-kompleksin R-piikkien välistä etäisyyttä millisekunteina (ms) (kuva 2). Normaalisti sydämen syketiheys eli syke ei ole koskaan vakio. Sydämen syke on jatkuvasti joko kasvamassa tai laskemassa. Sympaattisen hermoston aktivaatio aiheuttaa sydämen sykkeen kasvua, minkä vaikutuksesta sykkeiden väliset etäisyydet pienenevät ja sykevälien vaihtelevuus vähenee. Parasympaattisen hermoston aktivaatio aiheuttaa sydämen sykkeen hidastumista ja sykevälien kasvamista. Tällöin myös sykevälivaihtelu on suurempaa. Syketiheys sekä sykevälit eli RR-intervallit muuttuvat muun muassa hengityksen mukaan. Sisäänhengityksen aikana syketiheys kasvaa ja uloshengityksen aikana laskee. Fyysinen aktiviteetti pienentää sykevälivaihtelua merkittävästi, mutta vain hetkellisesti. Fyysisesti kuormittavan tehtävän aikana syketiheys kasvaa ja näin ollen sykevälivaihtelu pienenee. Sykevälivaihtelu palaa ennalleen fyysisen aktiivisuuden palautumisen jälkeen. (Umetani, Singer, McCraty & Atkinson 1998, 597; Acharya ym. 2007, 122; Thayer, Åhs, Fredrikson, Sollers III & Wager 2012, 754; Xhyheri, Manfrini, Mazzolini, Pizzi & Bugiardini 2012, 322; Khazan 2013, 98-101; McCraty & Shaffer 2015, 47.)



KUVA 2. Sykekäyrä ja sykevälivaihtelu (Khazan 2013, 98).

Sykevälivaihtelu kuvastaa sydämen kyvykkyyttä reagoida muuttuviin olosuhteisiin ja odottamattomaan ärsykkeeseen. Sykevälivaihtelun laajuus kertoo yleisesti sydämen terveydellisestä tilasta, autonomisen hermoston toiminnan tilasta sekä elimistön toimintojen sopeutumiskyvystä. Lepotilassa terveen ja hyväkuntoisen ihmisen sykevälivaihtelu on suuri. Sympaattisen hermoston aktiivisuuden lisääntyessä, esimerkiksi stressi- tai kriisitilanteessa, syketiheys kasvaa ja sykevälivaihtelu vähenee. Sykevälivaihtelua voi pienentää myös krooninen sairastaminen ja kunnan heikkeneminen. Parasympaattisen hermoston aktiivisuuden lisääntyessä, esimerkiksi levon aikana, syketiheys laskee ja sykevälivaihtelu kasvaa. (Haug ym. 2012, 102-139; Acharya ym. 2007, 122; Thayer ym. 2007, 754; Khazan 2013, 98-101; Alén & Arokoski 2015.)

3.1 Sykevälivaihteluun vaikuttavat tekijät

Iällä ja sukupuolella on merkittävä vaikutus sykevälivaihteluun. Ihmisen sykevälivaihtelu kasvaa nopeasti ennen ensimmäistä syntymäpäivää ja nousee edelleen 15 ikävuoteen saakka leposykkeen laskiessa. Hermostollinen säätelyjärjestelmä heikkenee ikääntymisen myötä ja vaikuttaa siten myös sykevälivaihtelun määrän vähenemiseen. Sukupuolen vaikutus sykevälivaihteluun on merkittävä etenkin nuoremmilla, mutta katoaa noin 50 vuoden jälkeen. Sukupuolen merkityksen poistuminen 50 ikävuoden jälkeen johtuu naisten hormonaalisista muutoksista vaihdevuosisien aikana. Nuorilla naisilla sykevälivaihtelu on vähäisempää kuin saman ikäisillä miehillä. Iän merkitys on kokonaisuudessaan huomattavampi kuin sukupuolen. (Umetani ym. 1998, 599; Alén & Arokoski 2015; Föhr, Pietilä, Helander, Myllymäki, Lindholm, Rusko & Kujala 2016, 2-13; Sammito & Böckelmann 2016a, 19.)

Vuorokauden ajalla on myös merkitys saavutettuun sykevälivaihtelun arvoon. Päivällä sykevälivaihtelun määrä on vähäisempää kuin yöllä. (Sammito & Böckelmann 2016a, 19.)

Fyysinen aktiivisuus ja hyvä kunto parantavat parasympaattisen hermoston aktiivisuutta ja lisäävät sykevälivaihtelua sekä naisilla että miehillä. Kuitenkin liiallinen urheilu voi vaikuttaa sykevälivaihteluun vähentävästi. Elimistön rakenteet ja fyysiset ominaisuudet heikkenevät ikääntymisen myötä. Kokonaisvaltainen fyysisen suorituskyvyn heikkeneminen alkaa 30-vuotiaana ja se laskee yhden prosenttiyksikön joka vuosi. Elimistön rakenteellinen ja toiminnallinen heikkeneminen sekä saavutetun fyysisen toimintakyvyn huonontuminen vähenevät säännöllisen liikkumisen myötä. Fyysisellä aktiivisuudella on sykevälivaihtelua kasvattava vaikutus. (Alén & Arokoski 2015.) Föhrin ym. (2016, 6) tutkimuksen mukaan fyysisesti aktiivisilla henkilöillä, jotka liikkuvat yli 300 minuuttia viikossa, oli korkeampi sykevälivaihtelu, parempi palautumisindeksi päivällä sekä yöllä ja alhaisemmat stressitasot kuin vähän tai ei ollenkaan eli 0 – 300 minuuttia liikkuvilla. (Föhr ym. 2016, 6.) Pitkällä aikavälillä fyysinen aktiivisuus kasvattaa fyysistä kuntoa ja sillä on positiivinen vaikutus yölliseen palautumiseen, vaikkakin palautuminen voi olla huonompaa harjoituksen jälkeisenä yönä. Myllymäki, Kyröläinen, Savolainen, Hokka, Jakonen, Juuti, Martinmäki, Kaartinen, Kinnunen & Rusko (2011, 152) ovat tutkineet myöhään illalla tapahtuneen voimakkaan fyysisen aktiviteetin vaikutusta yöuniin. Tuloksien mukaan voimakas fyysinen harjoittelu ei häiritse unen laatua, mutta voi vaikuttaa nukkumisen ensimmäisten tuntien ajan nostamalla sydämen sykettä ja lyhentämällä tätä kautta unen aikana tapahtuvan palautumisen aikaa. (Myllymäki ym. 2011, 152.) Sydämen rasituskestävyys paranee kestävyysliikunnan myötä. Tällöin leposyke madaltuu ja alttius rytmihäiriöihin vähenee. Fyysinen aktiivisuus vähentää myös sepelvaltimotaudin riskiä. Säännöllinen liikunta alentaa verenpainetta sekä levossa että rasituksessa. Sopiva harjoituksen kesto on 30-90 minuuttia ja harjoitus tulisi toistaa 2-5 kertaa viikossa. Tällöin täytyy terveyden kannalta sopiva energiankulutus 1500 kilokaloria viikossa. Käypä hoito -suositus (Liikunta: Käypä hoito -suositus 2016) 18-64 -vuotiaille on kohtuukuormitteista kestävyysliikuntaa ainakin 150 minuuttia tai raskasta liikuntaa 75 minuuttia viikossa. Liikunnan voi suorittaa useissa eri jaksoissa. Yli 65 -vuotiaille suositellaan kestävyysliikuntaa kuten 18-64 -vuotiaillekin, mutta lisäksi liikkuvuutta ja tasapainoa

ylläpitävää ja kehittävää liikuntaa. (Alén & Arokoski 2015; Liikunta: Käypä hoito -suositus 2016; Sammito & Böckelmann 2016a, 19.)

Myös ihmisen painoindeksi (engl. Body Mass Index, BMI) vaikuttaa sykevälivaihtelun määrään. Painoindeksillä voidaan suhteuttaa ihmisen paino pituuteen. Painoindeksi lasketaan kaavalla

$$BMI = \frac{\text{paino}}{\text{pituus}^2}$$

missä paino on kilogrammoina (kg) ja pituus metreinä (m). Painoindeksin yksikkö on kg/m². Normaalipainoisen henkilön painoindeksi on 18,5 – 25 kg/m². Henkilö on alipainoinen, jos painoindeksi on alle 18,5 kg/m² ja ylipainoinen, jos painoindeksi on yli 25 kg/m². (Mustajoki 2015; Föhr ym. 2016, 4.) Föhrin ym. (2016, 6) tutkimuksen mukaan normaali painoindeksi on yhteydessä alhaisempaan stressireaktion voimakkuuteen työpäivän aikana sekä laadukkaampaan palautumiseen nukkumisen aikana. Rungas fyysinen aktiivisuus normaalin painoindeksin lisäksi on yhteydessä alhaisempaan stressitasoon työpäivinä riippumatta iästä tai sukupuolesta. (Mustajoki 2015; Föhr ym. 2016, 11; Sammito & Böckelmann 2016a, 19.)

Stressi voidaan määritellä epätasapainona, joka syntyy ulkoisten vaatimusten ja yksilön sisäisten resurssien välille. Stressin aikana autonomisen hermoston sympaattinen toiminta on vallitsevaa ja parasympaattinen toiminta on vähäistä. Stressi pienentää sykevälivaihtelua, koska vähentyneen parasympaattisen sekä lisääntyneen sympaattisen aktiivisuuden vaikutus sydämen autonomiseen toimintaan on välitön. Stressitila voi aiheutua jostain yksittäisestä tilanteesta tai äkkinäisestä tapahtumasta tai se voi olla asteeltaan heikompi ja pitkäaikainen henkinen kuormitus. Autonominen hermosto aktivoituu lyhyellä viiveellä stressaavassa tilanteessa. Palautuminen äkillisestä stressaavasta tilanteesta voi olla nopeaa ja tapahtua minuuteissa. Pitkäkestoisen stressin aikana sympaattinen hermosto on aktivoituneena jatkuvasti ja palautumista ei tapahdu. Parasympaattisen hermoston alentuneen aktiivisuuden on havaittu liittyvän myös depression, ahdistuneisuushäiriöön, paniikkihäiriöön sekä traumaperäiseen stressireaktioon. (Puttonen 2006; Toppinen-Tanner & Ahola 2012, 22-23; Wang, Zhao, O'Neil, Turner, Liu & Berk 2013, 4; Föhr ym. 2016, 2-13; Sammito & Böckelmann 2016a, 19.)

Myös useilla sairauksilla on merkittävä vaikutus sykevälivaihteluun. Sydänsairaudet, diabetes, keuhkosairaudet ja munuaissairaudet psyykkisten sairauksien ohella vaikuttavat alentavasti sykevälivaihteluun. Sydäninfarktin seurauksena sykevälivaihtelu laskee, mutta palautuu normaaliksi muutamien viikkojen tai kuukausien aikana toipumisen edetessä normaalisti. (Camm & Ewing 1991, 685; Sammito & Böckelmann 2016a, 19.)

Pietilä, Helander, Myllymäki, Korhonen, Jimison & Pavel (2015, 2342) ovat tutkimuksessaan selvittäneet, miten elintavat, muun muassa liikunta ja alkoholin käyttö, vaikuttavat yölliseen palautumiseen mittaamalla autonomisen hermoston balanssia sykevälivaihtelun perusteella. Merkittävin palautumiseen vaikuttava tekijä oli alkoholin käyttö. Mitä enemmän mitattava henkilö nautti alkoholia, sitä enemmän se vähensi yöllistä palautumisaikaa. (Pietilä ym. 2015, 2342.)

3.2 Mittausmenetelmä

Sykevälimittaus voidaan suorittaa rekisteröimällä ja tallentamalla EKG-signaalia esimerkiksi kaupallisella Holter-laitteella. Datan analysointi voidaan suorittaa mittaamalla EKG-signaalista RR -intervallit signaalinkäsittelyyn, muun muassa suodattamisen, jälkeen jollakin ohjelmistolla. Signaaliin voi tulla kohinaa mittauksen aikaisten häiriöiden johdosta. Häiriöt voivat johtua esimerkiksi ihon ja elektrodin huonosta tai vaihtelevasta kontaktin laadusta, mikä voi aiheutua ihmisen liikkeistä tai hikoilusta. Kohina suodatetaan pois, jotta signaalin analysointi on luotettavampaa. (Peltola 2010, 27-31; Xhyheri ym. 2012, 322.)

Sykevälivaihtelumittaus voi olla lyhyt- tai pitkäkestoinen. Lyhytkestoinen mittaus kestää yleensä noin 5-10 minuuttia ja pitkäkestoinen mittaus yli 24 tuntia. Pidempi 24 tunnin mittaus on havaittu luotettavaksi mittausajaksi useassa tutkimuksessa. Aikatasoanalyysia suositellaan käytettäväksi pitkäaikaisissa mittauksissa ja taajuustasoanalyysia lyhytaikaisissa mittauksissa. (Task Force 1996, 355; Xhyheri ym. 2012, 321-322; Khazan 2013, 104.)

3.3 Analysointi

Sykevälivaihtelua tarkastellaan EKG-signaalista mitatuista sydämensykkeiden välisistä peräkkäisistä aikaeroista eli RR-intervalleista. Analyysi suoritetaan laskemalla RR-

intervallien avulla parametrit aika- ja taajuustasossa. Aika- ja taajuustason analyysien tulokset vastaavat toisiaan, mutta aikataason analyysit ovat yksinkertaisempia suorittaa. Sekä aika- että taajuustasoanalyysien parametrit ovat riippuvaisia mittauksen kestosta. Sykevälivaihtelumittaukseen aiheutuu sekä lyhyt- että pitkäkestoisia rytmejä autonomisen hermoston aktiivisuuden, verenpaineen, hengityksen ja muiden kontrolloivien järjestelmien välisistä vuorovaikutuksista. (Task Force 1996, 362; Khazan 2013, 104-105; Shaffer ym. 2014, 8; McCraty & Shaffer 2015, 48.)

3.3.1 Aikatasoanalyysi

Aikatasoanalyysi on lineaarinen menetelmä, jolla tarkastellaan EKG -signaalin R-piikkien eli sykkeiden välisiä ajanjaksoja eri tilastollisilla menetelmillä. Aikataason menetelmät määrittelevät RR-intervallien vaihtelevuutta. Eri mittauksista saatuja parametreja voi vertailla keskenään vain silloin, kun mittaukset ovat olleet keskenään saman mittaiset ja data on kerätty samalla menetelmällä. Useiden parametrien arvot ovat riippuvaisia mittausjakson kestosta. (Task Force 1996, 355; Khazan 2013, 104; McCraty & Shaffer 2015, 52; Xhyheri ym. 2012, 322.)

SDNN (Standard Deviation of NN intervals) tarkoittaa sykeväliä eli NN -intervallien keskihajontaa tietyllä ajanjaksolla. SDNN arvon yksikkö on millisekunti (ms). SDNN lasketaan kaavalla

$$SDNN = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (NN_i - NN_{keskiarvo})^2}{n}}$$

missä n on sykeväliä lukumäärä ja NN yksittäinen sykeväli millisekunteina (ms). (Task-Force 1996; Peltola 2010, 36-37; Khazan 2013, 104.)

SDNN ilmaisee kokonaissykevälivaihtelua. Sen arvo kertoo sykevälivaihtelun määrästä ja kuvaa autonomisen hermoston aktiivisuutta. SDNN kuvaa kaikkien pitkäaikaisten komponenttien kuten vuorokauden rytmin ja fyysisen aktiivisuuden vaikutusta sykevälivaihteluun mitatulta ajanjaksolta. Sympaattisen hermoston aktiivisuuden lisääntyessä sykevälivaihtelu vähenee ja SDNN arvo on alhainen. Parasympaattisen aktiivisuuden lisääntyessä sykevälivaihtelu lisääntyy ja arvo on korkeampi. Ikään suhteutettu alhainen SDNN arvo ennustaa sairastuvuutta ja kuolevuutta. Esimerkiksi

henkilöillä, joilla on 24 tunnin mittauksessa normaali SDNN arvo, on 400% alhaisempi riski kuolevuuteen kuin henkilöillä, joilla on alhainen SDNN arvo (McCraty & Shaffer 2015, 52). Sopiva ajanjakso vaihtelevuuden mittaamiseen on 24 tuntia. Pitkäaikaisen 24 tunnin mittauksen SDNN arvo korreloi taajuustason ULF -komponentin ja kokonaistehon kanssa. (Task-Force 1996, 355; Xhyheri ym. 2012, 322; Khazan 2013, 104; McCraty & Shaffer 2015, 52.)

SDANN (Standard Deviation of the Average NN Interval) tarkoittaa NN-intervallien keskiarvoa 5 minuutin ajanjaksoilta koko mittauksen ajalta. SDANN kertoo sykevälivaihtelun laajuudesta 5 minuutin sykleissä. SDANN poikkeava arvo kertoo kohonneesta sympaattisesta aktiivisuudesta. (Task Force 1996, 355; Xhyheri ym. 2012, 322.)

SDNN indeksi on keskiarvo SDNN arvoista 5 minuutin ajanjaksoilta. Tämä kuvaa sykevälien vaihtelevuutta, johon vaikuttaa ainoastaan tekijät 5 minuutin aikana. 24 tunnin mittauksessa testiaika jaetaan 288 5 minuutin jaksoon ja jokaiselle 5 minuutin jaksolle lasketaan SDNN arvo. SDNN indeksin arvon oletetaan kuvaavan autonomista vaikutusta sykevälivaihteluun. Pitkäaikaisen 24 tunnin mittauksen SDNN indeksin arvo korreloi taajuustason VLF- komponentin kanssa. (Xhyheri ym. 2012, 322; McCraty & Shaffer 2015, 52.)

RMSSD (Root Mean Square of Successive NN -Intervall Differences) kertoo peräkkäisten sykevälien eli RR-intervallien keskimääräisestä vaihtelusta millisekunteina (ms).

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (NN_{i+1} - NN_i)^2}$$

missä n on RR-intervallien lukumäärä ja NN yksittäinen sykeväli millisekunteina (ms). (Task-Force 1996, 357-358; Peltola 2010, 37.)

RMSSD on ensisijainen aikatazon parametri, jolla määritetään parasympaattisuuden aiheuttamia välillisiä muutoksia sykevälivaihteluun. RMSSD arvo on yhteydessä sydämen parasympaattiseen säätelyyn ja täten arvoa voidaan käyttää elimistön

palautumisen todentamiseen. Suuri arvo viittaa parasympaattisen hermoston kohonneeseen aktiivisuuteen ja siten myös palautumiseen. Pieni arvo kertoo korkeammasta stressitasosta eli huonosta palautumisesta. RMSSD arvo heijastaa itsesäätelyvyden kapasiteettia. (Task-Force 1996, 357-358; Xhyheri ym. 2012, 322; Khazan 2013, 105; McCraty & Shaffer 2015, 52; Sammito & Böckelmann 2016b, 1311.)

NN50 on peräkkäisten NN-intervallien määrä jotka eroavat toisistaan yli 50 ms. **pNN50** on NN50 määrä jaettuna NN-intervallien kokonaismäärällä ja tulos ilmoitetaan prosentteina (%). Se kuvaa lyhytaikaisia eli korkean taajuuden muutoksia NN-intervalleihin eli sykevälivaihteluun, jotka ovat seurausta parasympaattisesta aktiivisuudesta. (Task Force 1996; Xhyheri ym. 2012, 322; Khazan 2013, 105.)

$$pNN50 = \frac{NN50}{NN_{total}}$$

Stressi-indeksi kuvaa parasympaattisen hermoston vaikutuksen vähenemistä ja sympaattisen hermoston aktivoitumista psyykkisesti tai fyysisesti raskaan haasteen vaikutuksesta. Stressi-indeksi lasketaan professori Baevskyn kehittämällä kaavalla

$$Stressi - indeksi = \frac{AMo}{2 * Mo * MxDMn}$$

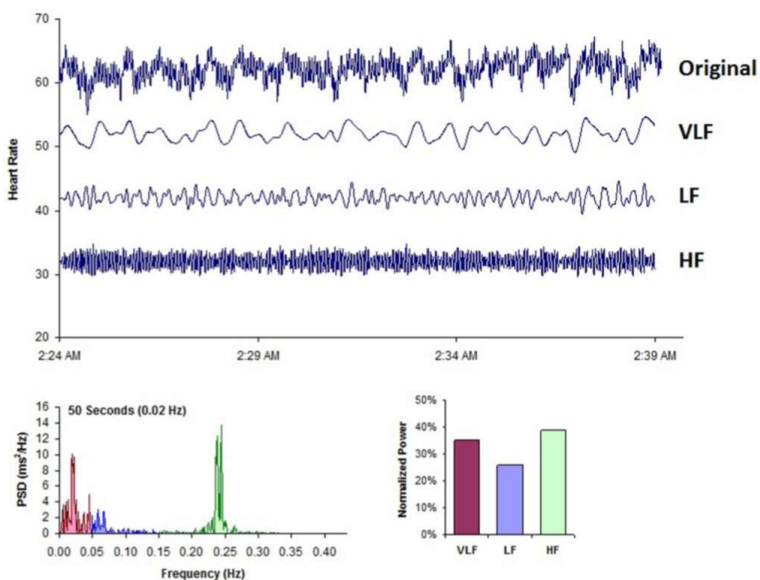
missä Mo on useimmin esiintyvä RR-intervallin arvo, AMo useimmin esiintyvien RR-intervallien määrä prosentuaalisesti suhteutettuna RR-intervallien kokonaismäärään ja $MxDMn$ on RR-intervallien vaihteluväli eli suurimman ja pienimmän arvon välinen ero. (Mega Electronics 2012, 50-51.)

3.3.2 Taajuustasoanalyysi

Sykkeen taajuuskomponentit ovat jakautuneet neljälle eri taajuusalueelle: korkealle taajuudelle (High Frequency, HF), matalalle taajuudelle (Low Frequency, LF), erittäin matalalle taajuudelle (Very Low Frequency, VLF) ja ultra-matalalle taajuudelle (Ultra Low Frequency, ULF). Taajuuskomponenttien tehot ilmaistaan tehospektritiheyden (Power Spectral Density, PSD) avulla. Se kertoo tehon jakautumisesta taajuuden funktiona. Tehospektritiheyden kuvaajassa taajuuden tehokomponentin korkeus ilmaisee rytmin amplitudia sekä stabiilisuutta. Taajuus kertoo ajanjaksosta, jolla rytmi esiintyy.

Taajuustasoanalyysia on suositeltu ohjeistuksen (Task Force 1996, 359) mukaan käytettäväksi lyhytaikaisille mittauksille, mutta sitä voidaan käyttää myös pitkäaikaisissa, esimerkiksi 24 tunnin mittauksissa. Pitkäaikaisissa mittauksissa taajuusanalyysi voidaan suorittaa 5 minuutin osissa. Lyhytaikainen mittaus tuottaa luotettavat HF ja LF komponentit, mutta luotettavien VLF ja ULF komponenttien saamiseksi on suoritettava pitkäaikainen 24 tunnin mittaus (McCarty & Shaffer 2015, 50). Suurin etu taajuustasoanalyysissa aikatasoanalyysiin verrattuna on se, että se tarjoaa/soveltaa sekä taajuuden että amplitudien informaatiota sykevälivaihtelumittauksen tietyillä aaltomuodon rytmeillä. Näin ollen voidaan erotella useita oskillaatioita minkä tahansa mittauksessa HRV mittauksessa. (Task Force 1996, 359; Billman 2011, 5-6; Xhyheri ym. 2012, 323; Shaffer ym. 2014, 8; McCarty & Shaffer 2015, 49-50.)

Kuvassa 3 (Shaffer ym. 2014, 8) on esitetty tyypillinen sydämen sykevälivaihtelun käyrä levossa olevalta aikuiselta henkilöltä. HF, LF ja VLF taajuuskaistat on erotettu alkuperäisestä HRV-signaalista suodattamalla ja tehospektritiheydet on ilmaistu erikseen jokaiselle kaistalle.



KUVA 3. Sykevälivaihtelun taajuuskomponentit, niiden tehospektritiheydet ja normalisoidut tehot (Shaffer ym. 2014, 8).

Korkean taajuuden eli **HF-komponentin** (ms^2) taajuusalue on 0,15 - 0,4 Hz. Tämä taajuusalueen komponentti kuvastaa niitä rytmejä, joiden jaksot ovat 7 ja 2,5 sekunnin välillä. HF-komponentin spektri on 24 tunnin mittauksessa jokaisen 288 5-minuutin segmentin kokonaisteho. Korkeataajuisen tehon kaista kuvastaa parasympaattisen

hermoston vaikuttavuutta. Nuorilla terveillä yksilöillä HF-kaistan arvo saattaa nousta merkittävästi yön aikana ja laskea päivän aikana. HF-kaistaa kutsutaan myös usein hengityskaistaksi, koska se on yhteydessä hengitystaajuuteen. Ilmiötä, jossa hengitys vaikuttaa syketiheyden vaihteluun kutsutaan respiratoriseksi sinusarytmiaksi (Respiratory Sinus Arrhythmia, RSA). (Task Force 1996, 380; Billman 2011, 5-8; Xhyheri ym. 2012, 323; Shaffer ym. 2014, 9; McCraty & Shaffer 2015, 49.)

Matalan taajuuden eli **LF-komponentin** (ms^2) esiintymisalue on 0,04 - 0,15 Hz. Tämä taajuusalueen komponentti kuvastaa niitä rytmejä, joiden jaksot ovat 25 ja 7 sekunnin välillä. LF-komponenttiin vaikuttaa muun muassa verenpaineen säätely ja se heijastaa sympaattisen hermoston vaikutusta sydämen sykkeen säätelyyn. Matalan taajuuden alueelle voi muodostua muodostuu tehopiikki matalataajuisesta eli hitaasta hengityksestä. Joidenkin tutkimusten mukaan LF kaista kuvaisi parasympaattista aktiivisuutta, mutta se on toisten tutkimusten mukaan naiivi olettaus ja yksinkertaistaa liikaa sympaattisen ja parasympaattisen hermoston monimutkaista keskinäistä ei-lineaarista toimintaa. LF komponentti kuvastaa sympaattista ja parasympaattista hermostoa sekä muita vielä tunnistamattomia tekijöitä. (Task Force 1996, 380; Billman 2011, 5-8; Xhyheri ym. 2012, 323; Shaffer ym. 2014, 9; McCraty & Shaffer 2015, 49.)

Erittäin matalan taajuuden komponentti eli **VLF-komponentti** (ms^2) esiintyy taajuusalueella 0,0033 - 0,04 Hz. Tämä taajuusalueen komponentti kuvastaa niitä rytmejä, joiden jaksot ovat 300 ja 25 sekunnin välillä. VLF ja ULF taajuusalueilla vaikuttavina tekijöinä ovat muun muassa vuorokauden rytmi, elimistön lämmönsäätely, aineenvaihdunta, hormonit sekä kehon sisäiset rytmit. VLF-kaistalla on merkittävämpi yhteys yleiseen kuolleisuusriskiin kuin LF ja HF kaistoilla. Alhaisella VLF-kaistan teholla on yhteys muun muassa tulehdukseen, alhaisiin testosteronitasoihin, rytmihäiriöistä aiheutuviin kuolemiin ja traumaperäiseen stressihäiriöön. Terveillä yksilöillä VLF tehopiikissä havaitaan kasvu yön aikana, joka lisääntyy merkittävästi ennen heräämistä. Tämä autonomisen aktiivisuuden kasvu voi johtua aamun lisääntyneestä kortisoli-tasosta. VLF-komponentin normaali arvo heijastaa elimistön terveellistä toimintaa. (Task Force 1996, 357-360; Xhyheri ym. 2012, 323; Shaffer ym. 2014, 10-11; McCraty & Shaffer 2015, 49.)

ULF-komponentti (ms^2) esiintyy alle 0,0033 HZ taajuusalueella. Tämän alueen rytmien jaksonajat ovat yli 300 sekuntia eli yli 5 minuuttia. Tämän taajuuden komponentti

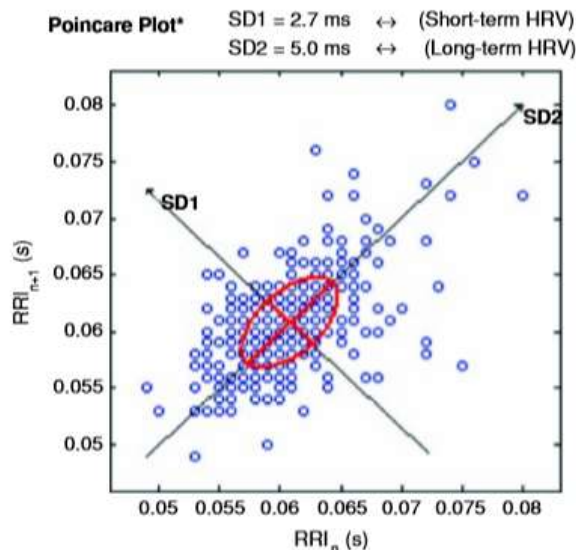
voidaan havaita vain pitkäaikaisissa mittauksissa. Vaihteluun vaikuttaa muun muassa vuorokauden rytmi, kehon lämmönsäätely ja aineenvaihdunta. Sykevälivaihtelumittauksia varten luodut ohjeistukset vuodelta 1996 (Task Force 1996) määrittävät, että pitkäaikaisessa 24 tunnin mittauksessa data jaetaan taajuustason analyysia varten 5 minuutin osiin. Tällöin kaikki yli 5 minuutin sykliset vaihtelut suodattuvat pois. Tämän takia ULF komponenttia on tutkittu hyvin vähän ja siitä ei ole paljoa informaatiota. Nämä pidempiaikaiset vaihtelut tulevat näkyviin, jos dataa tarkastellaan sinällään eikä sitä jaeta 5 minuutin osiin. (Task Force 1996, 358-360; McCraty & Shaffer 2015, 51.)

Taajuustasossa sympaattisen ja parasympaattisen hermoston balanssia mitataan LF ja HF -taajuuskomponenttien tehojen suhteella eli **LF/HF**. LF/HF -suhde lasketaan LF ja HF komponenttien normalisoiduista arvoista (normalized units, n.u.). Suhdeluku voi vääristyä hetkellisesti esimerkiksi henkilön kohdatessa haastavan tilanteen tai rauhallisen hengityksen vaikutuksesta. (Task Force 1996, 358-360; Peltola 2010, 39-40; Khazan 2013, 105-106; McCraty & Shaffer 2015, 52.)

3.3.3 Poincaré kuvaaja

Poincaré kuvaaja graafinen aikataason analyysimenetelmä. Sitä voidaan käyttää sekä lyhyt- että pitkäaikaisissa mittauksissa. Peräkkäiset sykevälit piirtyvät kaksiulotteisesti xy-kuvaajaan, jonka x-akseli on RR_n -intervalli ja y-akseli RR_{n+1} -intervalli. Kuvaajaan sovitetaan ellipsi, jotta sykevälivaihtelun parametrit saadaan selville. Ellipsin lävistää suorat poikittain ja pitkittäin. Parametri **SD1** (ms) on Poincaré kuvaajan poikittaisen akselin (lyhyempi suora ellipsin sisällä) mukainen keskihajonta ja **SD2** (ms) Poincaré kuvaajan pitkittämän akselin (pidempi suora ellipsin sisällä) mukainen keskihajonta. SD1 ja SD2 on havainnollistettu kuvassa 4 (Acharya, Joseph, Kannathal, Lim & Suri 2006, 1038). Akselien leikkauskohta on keskimääräisen sykevälivaihtelun kohdalla. Parametri SD1 kuvaa nopeita muutoksia sykevälivaihtelussa ja SD2 pidempiaikaista sykevälien vaihtelevuutta. Koska parasympaattisen hermoston vaikutus sykkeessä näkyy nopeammin kuin sympaattisen, SD1 parametrin oletetaan kuvaavan parasympaattisen hermoston vaikutusta sykenopeuteen. SD2 parametriin vaikuttaa sekä sympaattinen että parasympaattinen hermosto. **SD1/SD2** kuvaa parametrien SD1 ja SD2 suhdetta. Parametri SD1 korreloi vahvasti parametrien RMSSD ja HF kanssa, kun taas SD2 korreloi parametri SDNN kanssa. (Acharya ym. 2006, 1037-1038; Karmakar, Khandoker,

Voss & Palaniswami 2011, 2; Melillo, Bracale & Pecchia 2011, 3-6; Hoshi, Pastre, Vanderlei & Godoy 2013, 271-273.)



KUVA 4. Poincaré kuvaaja. (Acharya ym. 2006, 1038.)

3.4 Unen mittaaminen

Unella on merkittävät vaikutukset terveyteen. Unen terveysvaikutuksia voidaan arvioida esimerkiksi viiden eri uneen liittyvän tunnusmerkin kannalta. Merkittäviä ja huomioitavia asioita ovat unen kesto, unen jatkuvuus, ajoitus, valppaus tai uneliaisuus hereillä ollessa sekä unen laatu. (Buysse 2014, 10-11.) Määrällisesti 7-8 tuntia on sopiva määrä unta suositusten mukaan. Sekä alhainen (alle 6 tuntia) että liiallinen (yli 9 tuntia) unen määrä on epäsuotuisaa terveydelle. (Härmä 2007; Addison, Jenkins, White & LaVigne 2014, 1279; Sovijärvi ym. 2016, 22.) Kaikilla unen tunnusmerkeillä on huomattavia vaikutuksia terveyteen. Puutteet tai poikkeamat tunnusmerkeissä voivat aiheuttaa useita terveydellisiä ongelmia, kuten sydänsairauksia, aineenvaihduntaan liittyviä sairauksia tai masennusta. (Buysse 2014, 12.)

Uni jaetaan REM (rapid eye movement) ja NREM (non-rapid eye movement) vaiheisiin. REM-uni on vilkeunta, jolloin aivosähkötoiminta on vilkasta, verenkierto ja hengitys rauhatonta ja lihakset ovat jännittyneinä hetkittäin. NREM-uni on ns. perusunta, jolloin parasympaattisen hermoston vaikuttavuus lisääntyy. Nukahtaessa ihminen siirtyy ensin NREM-uneen ja se syvenee vaiheittain. NREM vaiheet 1 ja 2 ovat kevyttä unta ja vaihe 3 syvää unta. Näiden kolmen vaiheen jälkeen tulee lyhyt REM-unen jakso. Yön ajan

NREM- ja REM-jaksot vuorottelevat noin 90 minuutin sykleissä. Yön aikana syklejä ehtii olla noin 4-6 kappaletta. Unen laatua voi parantaa lisäämällä NREM-unen 3. vaiheen määrää. (Versace, Mozzato, Tona, Cavallero & Stegagno 2002, 151; Tobaldini, Nobili, Strada, Casali, Braghiroli & Montano 2013, 1-2; Partonen 2015; Sovijärvi ym. 2016, 22-23.)

Unenlaadun määrittäminen jollain tasolla onnistuu myös sykevälivaihtelumittauksen avulla. Siirtyessä valvetilasta NREM-uneen parasympaattisen hermoston vaikuttavuus lisääntyy ja tämä ilmenee myös sykevälivaihtelun taajuustason HF-komponentin tehon merkittävänä lisääntymisenä. NREM-unesta siirryttäessä REM-uneen parasympaattisen hermoston vaikuttavuus vähenee ja sympaattisen hermoston vaikuttavuus lisääntyy. (Versace ym. 2002, 156; Tobaldini ym. 2013, 4.) Syketiheys on suurempi REM-unessa kuin NREM-unessa (Versace ym. 2003, 159; Stein & Pu 2012, 50). Taajuustason LF-komponentin teho on korkeampi REM-unessa kuin NREM-unessa (Versace ym. 2003, 159). HF arvon voidaan olettaa olevan syvän unen aikana jopa yli 90 % kokonaistehosta (TP). (Tobaldini ym. 2013, 1-2; Herzig, Eser, Radtke, Wenger, Rusterholz, Wilhelm, Achermann, Arhab, Jenni, Kakebeeke, Leeger-Aschmann, Messerli-Bürgy, Meyer, Munsch, Puder, Schmutz, Stülb, Zysset, & Leeger-Aschmann 2017, 3.)

Yleensä yöllinen RMSSD arvo on 1,5 -kertainen päivän RMSSD arvoon verrattuna. Yöllinen palautuminen on voinut jäädä vähäiseksi, jos yöllinen arvo ei ole korkeampi kuin päivällä mitattu arvo. Suhteen ollessa suurempi tai yhtä suuri kuin 1,5 -kertainen voidaan olettaa, että parasympaattisen hermoston vaikuttavuus on ollut suurempaa ja palautumista on tapahtunut. (Ramaekers, Ector, Aubert, Rubens & Van de Werf 1998, 1337.)

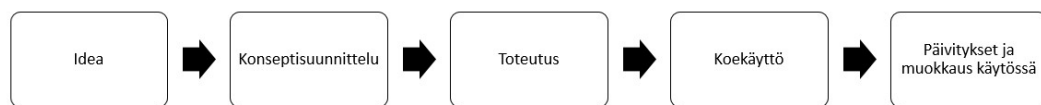
4 TUOTEKEHITYS

Opinnäytetyössä kehitettiin 24 tunnin sykevälivaihtelumittaukseen pohjautuva hyvinvointiraporttimalli. Raportin kehittäminen oli vaiheittaista tuotekehitystä. Tuotekehityksessä huomioitiin muun muassa käyttäjätieto sekä informaation selkeä ja mielekäs esittäminen.

4.1 Tuotekehityksen vaiheet

Tuotekehitys on toimintaa, jossa on tarkoitus kehittää uusi tuote tai parantaa jo olemassa olevaa tuotetta. Se käynnistyy idean tai tarpeen noustessa esiin. Jokisen (2010) mukaan tuotekehitysprosessin neljä eri vaihetta ovat käynnistäminen, luonnostelu, kehittäminen ja viimeistely. Käynnistämisyksityksessä selvitetään muun muassa tuotteen kehittämiskustannukset, markkinointinäkökulmat ja tuotot. Kehityspäätös syntyy käynnistämisyksityksessä positiivisena lopputulemana. Tuotekehityksen luonnosteluvaiheessa analysoidaan tehtävä sekä laaditaan vaatimukset ja tavoitteet. Luonnosteluvaiheessa myös etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuluonnoksia kehitettävälle tuotteelle vaatimuksiin ja tavoitteisiin vastaamalla. Tuotteen kehittäminen alkaa luonnoksen laatimisella. Kehitystyölle asetetaan reuna- ja alkuehdot miettimällä muun muassa mitä ominaisuuksia ratkaisulla tulee olla, mikä tarkoitus ratkaisun tulee täyttää, mitä ominaisuuksia ratkaisulla ei saa olla, mitä asiakkaat toivovat sekä mitkä ovat muiden vastaavien tuotteiden heikot kohdat. Tavoitteet ja vaatimukset voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan. Ensimmäinen luokka on kiinteät vaatimukset eli vaatimukset, jotka ratkaisun tulee ehdottomasti täyttää. Toinen luokka on vähimmäisvaatimukset. Vähimmäisvaatimuksissa on olemassa raja-arvo, joka on saavutettava. Kolmas luokka on toivomukset, jotka huomioidaan mahdollisuuksien mukaan. Tuotteen toiminnan kannalta merkittävät ominaisuudet optimoidaan. Kehitysvaiheen lopputulemana on kehitetty konstruktioidotus. Kehitystyö on aloitettava alusta, jos vaatimuksia ei pystytä toteuttamaan. Viimeistelyvaiheessa yksityiskohtat muotoillaan ja viimeistellään sekä suunnitellaan koekappale eli prototyyppi. Tuotekehitys ei pääty varsinaisen tuotannon alkaessa ja tuotteen mennessä markkinoille. Tuotetta on kehitettävä jatkuvasti, jotta sen kilpailukyky säilyy. Asiakkaiden palaute sekä havaitut häiriöt tai viat ovat lähtökohtia tuotteen uudelleenkehittämiseen. (Kotler ja Keller 2006, 640-652; Jokinen 2010, 14-100.)

Hyysalon (2009, 60) mukaan tuotekehityksen vaiheet, jotka löytyvät lähes jokaisesta tuotekehitysprosessista ovat idea, konseptisuunnittelu, toteutus, koekäyttö sekä sitä seuraavat päivitykset ja tuotteen muokkaus käytössä (kuva 5). Tuotekehitys lähtee ideasta ja etenee konseptisuunnitteluun. Suunnitteluvaiheessa määritellään tuotteelle vaatimukset ja määritetään sen pääpiirteet. Suunnitteluvaihetta voidaan tarvittaessa toistaa, jotta tuote saadaan vastaamaan odotuksia ja voidaan aloittaa toteutus. Toteutuksen jälkeen vuorossa on koe- ja varhainen käyttö. Tuotetta voi tämän jälkeen vielä päivittää tai tehdä uusia versioita. Tuotteen jatkuva kehitys käyttöönoton jälkeen asiakaspalautetta kuunnellen luo tuotteesta toimivan ja asiakkaan tarpeita vastaavan. (Hyysalo 2009, 55-65.)



KUVA 5. Tuotekehityksen vaiheet (Hyysalo 2009, 55-65).

Tässä työssä sovelletaan Hyysalon (2009, 60) kokoamaa tuotekehitysprosessikaaviota, joka sisältää useiden eri tuotekehitysprosessien yleisimpiä vaiheita. Tämän työn tuotekehitysprosessi tosin on tarvelähtöinen.

4.2 Käyttäjätieto

Tuotekehityksen yksi avainasioista on tiedonkeruu koskien tuotteen käyttäjiä. Käyttäjätieto on tietoa, jota hyödyntäen luodaan kuvaus tuotteesta, joka palvelee todellista käyttäjää täyttämällä asiakkaan tarpeet. Hyysalon (2009, 17) mukaan onnistunut tuote on teknisesti toimiva, kaupallisesti kannattava sekä tuottaa käyttäjilleen hyötyä ja mielihyvää. Tuote tulee myös olla haluttava, hyödyllinen, käytettävä sekä miellyttävä (Hyysalo 2009, 20). Tuotteen tulee vastata asiakkaan odotuksia sekä tarpeita. Sen täytyy myös edistää asiakasta saavuttamaan päämääränsä ja kehittämään toimiaan. (Hyysalo 2009, 17-20.)

Käyttäjien tarpeet sekä toiveet kartoitetaan jo tuotekehityksen ideavaiheessa. Konseptisuunnitteluvaiheessa keskitytään siihen mitä käyttäjä vaatii tuotteelta ja listataan ominaisuudet. Silloin kartoitetaan myös kuka käyttää tuotetta ja mitä käyttäjä hyötyy tuotteesta. Suunnitteluvaiheessa ei enää hankita uutta käyttäjätietoa vaan olemassa olevan informaation perusteella työstetään tuotteen ominaisuuksia. Tuotteelle asetetut

vaatimukset on saatava kohtaamaan tuotteelle halutut ominaisuudet sekä reunaehdot. Prototyyppi-, koekäyttö- tai pilottivaiheessa saadaan uutta tietoa muun muassa tuotteen virheistä. Uutta tietoa voi hyödyntää tuotteen päivittämisessä tai uudelleenkehittämisessä. (Hyysalo 2009, 61-64.)

Käyttäjätietoa voidaan hankkia muun muassa haastatteluilla, havainnoimalla, erilaisilla tutkimuksilla sekä käyttäjien kanssa tehtävällä yhteistyöllä. Hyysalo (2009, 77) määrittelee eri tasoja käyttäjätiedon hankinnassa, tallentamisessa sekä hyödyntämisessä. Käyttäjien innostamassa suunnittelussa käyttäjätietoa hankitaan suunnittelijan intuition kehittämistä varten. Tietoa voidaan kerätä intuition pohjalta ja sitä voidaan hyödyntää suoraan suunnitteluratkaisuksi. Käyttäjakeskeinen suunnittelu perustuu systemaattiseen käyttäjätiedon keräämiseen. Mallien kautta päädytään suunnitteluratkaisuihin. (Hyysalo 2009, 74-77.) Käyttäjätietoa voi hankkia myös ennako-oletuksiin perustuen. Suunnittelijan henkilökohtainen kokemus käyttäjänä on hyvin luotettava lähde. Myös itsensä käyttäminen mallina miten käyttäjät toimivat, on toinen luotettava lähde. Myös käyttökokemus kilpailevasta tuotteesta voi hyödyttää viitearvojen luomista tuotteelle ja sen käytölle. (Hyysalo 2009, 77-84.)

4.3 Käytettävyydestaus

Hyysalon (2009, 164) mukaan käytettävyydestauksella haetaan tietoa siitä, miten käyttäjät hahmottavat laitteen toiminnan, aiheuttavatko jotkin laitteen piirteet virhesuorituksia tai ymmärretäänkö piirteet toisin kuin suunnittelijat olivat tarkoittaneet. Käytettävyydestauksella selvitetään laitteen tai tuotteen muutostarpeita. Testien toteuttaminen on helppoa ja tuloksista saadaan selville tuotteen ongelmakohdat. Testikäyttäjiä seurataan onnistuvatko he käytössä oletetusti ja kuten on suunniteltu. Testin aikaiset muistiinpanot ja mahdolliset nauhoitukset tuovat esille mihin tulisi erityisesti kiinnittää huomiota. (Hyysalo 2009, 164-165.)

Käytettävyydestauksessa haetaan vastauksia esimerkiksi mikä tuotteen käytössä toimi hyvin tai odotetusti, mitä virheitä tai ongelmia ilmeni, missä ongelmia ilmeni eniten, oliko virheet systemaattisia eri käyttäjien välillä ja ymmärsivätkö käyttäjät jotain systemaattisesti eri tavalla kuin ajateltiin (Hyysalo 2009, 165).

Hyysalon (2009, 175) mukaan käyttäjakeskeisiä testausmenetelmiä ovat muun muassa ääneen ajattelu -testi, joka voidaan suorittaa muun muassa yksin tai pareina. Laitteen

testauksessa testikäyttäjän koekäyttäessä laitetta voidaan mitata aikaa, joka käyttäjältä menee tietyn tehtävän suorittamiseen. Laitteen käyttöä voidaan analysoida myös haastatteluilla tai numeroskaalaa hyödyntävillä kyselylomakkeilla. (Hyysalo 2009, 175-176.)

5 HYVINVOINTIRAPORTIN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyössä kehitettiin 24 tunnin sykevälivaihtelumittaukseen hyvinvointiraporttimalli, jota täydennetään asiakkaan henkilökohtaisilla tiedoilla, kuten nimi, ikä, puhelinnumero, pituus ja paino, sekä mittaustuloksilla, kuten sykevälivaihtelun parametreilla ja stressi-indeksillä. Raporttimallin kehittäminen suoritettiin hyödyntäen vaiheittaista tuotekehitysmallia. (Hyysalo 2009, 55-65.) Tässä kappaleessa keskitytään raporttimallin suunnitteluun ja toteutukseen. Suunnittelu sisälsi raporttimallin määrittelyn, sisällön sekä tiedon visualisoinnin. Toteutus sisälsi raporttimallit ensimmäisestä versiosta valmiiseen versioon. Raporttimallia tullaan päivittämään käyttäjäkokemusten ja asiakaspalautteen mukaan.

5.1 Suunnittelu

5.1.1 Tuotteen määrittely ja vaatimuslista

5.1.2 Käyttäjätieto

5.1.3 Informatiivinen sisältö

5.2 Ensimmäisen version toteutus

5.3 Käytettävyydestaus

Raportin prototyypille suoritettiin käytettävyydestaus käyttäjälähtöisesti perustuen Hyysalon teoriaan (2009, 164-165). Tarkoitus oli selvittää täyttääkö raportti asiakkaan tarpeet ja käykö raportista helposti ilmi mitä mittauksen tulokset osoittavat. Käytettävyydestauksella selvitettiin myös raportin muutostarpeita ja ongelmakohtia. Käytettävyydestauksella haettiin vastauksia mikä raportissa toimi hyvin ja mikä aiheutti epäselvyyttä. Testauksessa tarkasteltiin myös, olivatko ongelmat systemaattisia eri testaajien välillä.

Raportin prototyyppi esimerkkimittauksella ja -analyysilla lähetettiin arvioitavaksi viidelle henkilölle sähköpostitse pdf-muodossa 15.6.2017. Jokaista käytettävyydestaajaa pyydettiin kertomaan joko kuvin ja/tai sanoin raportista kolme kohtaa, jotka heidän

mielestään olivat toimivat ja kolme kohtaa, jotka kaipasivat muutosta parempaan. Heillä oli myös mahdollisuus antaa vapaata kommenttia liittyen raporttiin.

5.3.1 Käytettävyydestauksen luotettavuuden arviointi

Heikkilän (2014, 1) mukaan tutkimuksen luotettavuuden kannalta on tärkeää, että otos on tarpeeksi suuri ja edustava, vastausprosentti on korkea ja kysymykset mittaavat oikeita asioita kattaen koko tutkimusongelman.

Käytettävyydestauksen otos oli pieni, mutta vastausprosentti oli 100 %. Käytettävyydestaukseen ei valittu suurta otosta, koska ei ollut tarkoitus saada raportin toimivuudesta tilastollista analyysia vaan muutamia kohdennettuja parannusehdotuksia. Neljä käytettävyydestaajaa olivat 33-40 -vuotiaita naisia ja yksi käytettävyydestaaja oli 65-vuotias mies. Yksi testaaja oli ammatiltaan personal trainer, yhdellä testaajalla oli kilpaurheilutausta ja kolme muuta testaajaa oli aktiivisia kuntoliikkuja. Tutkimusongelma eli käytettävyyden arviointi tuli suoritettua erittäin hyvin käytettävyydestaajien toimesta ja käytettävyydestauksen tavoite saavutettiin. Otoksen edustavuuden parantamiseksi testaukseen olisi voitu valita enemmän miehiä sekä ei-aktiivisesti liikkumalla itsestään huolehtivia henkilöitä.

5.4 Käytettävyydestauksen tulokset

Käytettävyydestaajat analysoivat raporttimallin viikon sisällä sen vastaanottamisesta. Jokainen testaaja oli merkinnyt kolme kohtaa, jotka heidän mielestään oli selkeitä ja/tai sellaisenaan toimivia ja kolme kohtaa, jotka kaipasivat muutosta. Jotkut testaajat antoivat myös vapaata sanallista palautetta. Pienen otoksen vuoksi tuloksista ei tehty tilastollista analyysia.

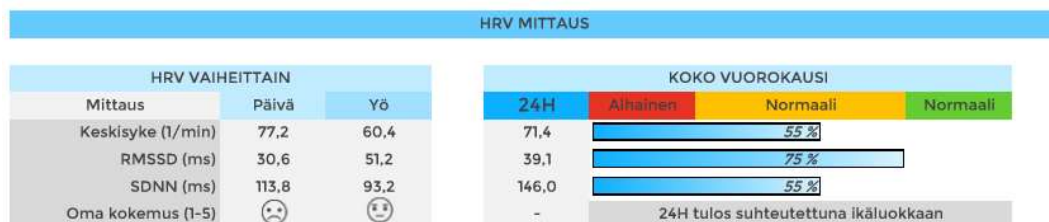
Raportin toimivina komponentteina käytettävyydestaajat mainitsivat sanalliset analyysit, kansilehden havainnollistavat kuvat (kuva 9), koko vuorokauden värikuvaajan (kuva 10), suositukset yhteenvetosivulla, yhteenvedon kolmiokuvaajan (kuva 14), selkeän stressiindeksin kuvaajan (kuva 15), omien kokemusten huomioinnin ja termien (syke, SDNN ja RMSSD) selittämisen. Vapaata sanallista palautetta tuli useammalta testaajalta raikkaasta ja värikkäästä kokonaisuudesta, raportin yleisilmeestä, rakenteesta ja selkeydestä.

Parannusta vaativina osioina käytettävyydestä testajat mainitsivat 24h kuvaajan kummallekin mittauspäivälle (kuva 11) sekä yhteenvedon 24h viitearvotaulukon (kuva 14). Neljä viidestä testajasta kommentoi liian pientä fonttikokoa. Yksi testaja kommentoi RMSSD-kuvaajan liian pientä fonttia (kuva 10). Yksi testaja oli myös tehnyt ehdotelman yhteenvetosivun rauhallisemmasta asettelusta ja kannusti myös käyttämään Livtec Oy:n nimeä useammassa kohdassa raporttia, etenkin otsikoinneissa.

Suurin osa parannusehdotuksista koettiin erittäin hyödyllisiksi ja raporttimalliin tehtiin muutoksia. Muutoksia on kuvailtu seuraavassa kappaleessa, jossa muodostettiin raportin lopullinen versio.

5.5 Lopullinen versio

Käytettävyydestä testauksessa ilmenneiden huomioiden ja muutostarpeiden pohjalta valmistui lopullinen versio. Lopullinen versio on esitetty Liitteessä 7. Raporttimalliin tehtiin muutoksia muun muassa otsikointiin, fonttikokoon, yhteenvetosivun asetteluun, kuvaajiin ja taulukoihin. RMSSD -kuvaaja (kuva 10) tuodaan raporttiin suoraan HRV-Scanner -ohjelmistosta ja sen fonttikokoon ei pystytty vaikuttamaan. Kuvassa 16 on esitetty HRV mittauksen tulostähtymä prototyypiversiossa. Kuvassa 17 on esitetty saman mittauksen tulokset lopullisessa raporttimallissa. Tulososion otsikointi on muuttunut ja samoin koko vuorokauden tulosten vertaaminen viitearvoihin. 24 tunnin mittaustulokset yhdistettiin samaan taulukkoon päivän ja yön tulosten kanssa.



KUVA 16. HRV mittauksen tulokset prototyypiraportissa.

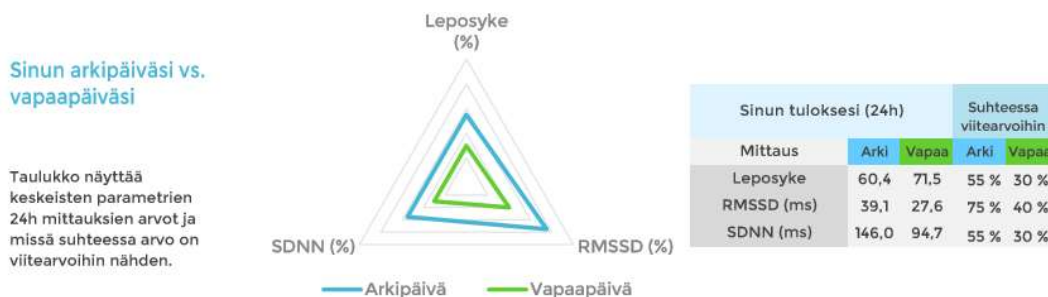


KUVA 17. HRV mittauksen tulokset lopullisessa versiossa.

Myös yhteenvetosivun arkipäivän ja vapaapäivän vertailun taulukko (kuva 18) koki muutoksen (kuva 19). Lopullisessa versiossa yhteenvetotaulukossa lukee suoraan, miten arvo suhteutuu viitearvoihin eikä asiakkaan tarvitse itse katsoa arvoa taulukosta.

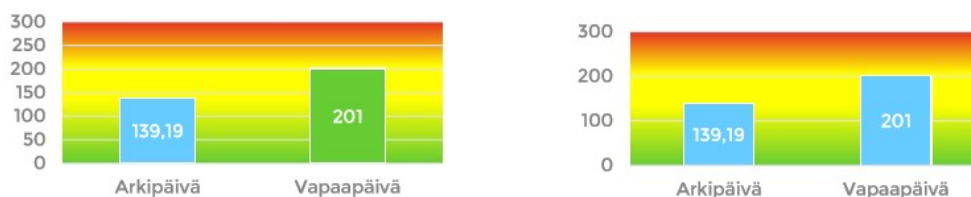


KUVA 18. Yhteenvetosivun arkipäivän ja vapaapäivän vertailu prototyypissä.



KUVA 19. Yhteenvetosivun arkipäivän ja vapaapäivän vertailu lopullisessa versiossa.

Vapaassa palautteessa yksi testaja koki stressi-indeksikuvaajan vapaapäivä-palkin vihreän värin antavan mielikuvan paremmasta tuloksesta, vaikka kyseisessä mittauksessa näin ei ole (kuva 20). Kuvaajaa selvennettiin laittamalla palkkeihin sama väritys.



KUVA 20. Muutos stressi-indeksipalkin väritykseen.

Raportin lopullinen versio on esitetty Liitteessä 7. Raporttia tullaan kehittämään jatkuvasti analyysoijan huomioiden sekä asiakaspalautteiden perusteella. Livtec Oy:n hyvinvointimittausmittauspalvelu sisältää myös palautekeskustelun yhdessä asiakkaan kanssa. Palautekeskustelussa asiakkaan hyvinvointiraportti ja mittaustulokset käydään yhdessä läpi analyysoijan kanssa.

6 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää asiakasystävällinen, selkeä ja informatiivinen hyvinvointiraporttimalli Livtec Oy:n kaksi vuorokautta kestäväälle sykevälivaihtelumittaukselle. Tarkoituksena oli perehtyä sykevälivaihtelumittauksesta saataviin parametreihin ja niiden avulla arvioitaviin komponentteihin, esimerkiksi palautumiseen ja stressitasoon. Livtec HRV hyvinvointianalyysin asiakkaiden kannalta merkittävät parametrit selvitettiin kirjallisuuden ja julkaisujen perusteella. Parametrien viitearvot selvitettiin, jotta mittatuloksille on olemassa vertailuarvot.

Hyvinvointiraporttimallin kehittämässä käytettiin useita kotimaisia ja kansainvälisiä teorialähteitä. Teoriaosuudessa käsiteltiin hermoston ja sydämen toimintaa, jotta sykevälivaihtelun ymmärtäminen olisi helpompaa. Laajin teoriaosuus käsitteli sykevälivaihtelua ja siitä mitattavia parametreja. Teoriaosuudessa käsiteltiin myös yleistä tuotekehitysmallia. Opinnäytetyönä kehitetyn raporttimallin informatiivinen sisältö perustuu useisiin tieteellisiin julkaisuihin, jotka käsittelevät sykevälivaihtelua, sen mittaamista ja analysointia. Raporttimallin prototyypin testaamisessa hyödynnettiin käyttäjälähtöistä tutkimusmenetelmää. Testauksen jälkeen raporttimalli viimeisteltiin ja luotiin viimeinen versio. Raportin kehittäminen jatkuu jatkuvasti asiakkaiden palautteen sekä sen käytön yhteydessä ilmenevien muutostarpeiden perusteella.

Opinnäytetyön aihe kehittyi Livtec Oy:n tarpeesta saada raporttimalli HRV hyvinvointianalyysiin. Raporttimallin valmistumisen myötä Livtec Oy pystyi käynnistämään HRV hyvinvointianalyysimittauspalvelun. Nyt Livtec Oy:n asiakkailta on mahdollisuus saada sykevälivaihtelumittauksella kartoitettua luotettavaa ja tieteellisiin tutkimuksiin perustuvaa tietoa omasta hyvinvoinnistaan. Raportista kehitettiin myös sisällöltään, rakenteeltaan ja ulkoasultaan asiakkaita miellyttävä kokonaisuus. Raporttimallin kehitystyö toteutettiin jatkuvassa yhteistyössä Livtec Oy:n kanssa. Raporttimallin asiakasystävällisyyttä ja selkeyttä kartoitettiin käytettävyydestestauksella. Käytettävyydestestaukseen osallistui viisi henkilöä, jotka arvioivat raportin selkeyttä, ulkoasua ja hyödyllisyyttä. Käytettävyydestestauksen otos jätettiin tarkoituksella suppeaksi, koska tavoitteena oli saada avointa sanallista palautetta mikä olisi ollut hankalaa suurella otoksella. Otannassa olisi voinut ottaa paremmin huomioon käytettävyydestestaaajien monipuolisemman taustan. Tällä kertaa otantaan valikoitui aktiivisesti liikkumalla itsestään huolehtivia henkilöitä, joiden iät jakaantuivat 33 ja 65 vuoden välille.

Perinteisen tuotekehitysmallin (Hyysalo 2009, 55-65) sijaan voisi olla hyödyllistä pohtia jonkin ohjelmistokehittämisessä käytettyjen ketterien kehittämismenetelmien, kuten agile, lean ja scrum käyttämistä. Näillä menetelmillä tuotekehitysprosessi käsitetään hyvin joustavana tuotteen jatkuvana kehittämisenä ja muun muassa tuotteen vaatimuksiin voidaan tehdä muutoksia hyvin lähellä tuotteen valmistumista. (Hyysalo 2009, 57; Cobb 2015, 15-30.)

Raportin jatkokehittäminen jatkuu Livtec Oy:ssä käytön yhteydessä. Tulevaisuudessa yksinkertaisempi vaihtoehto olisi, jos hyvinvointiraportin saisi tuotettua samasta ohjelmistosta, joka analysoi mitatun datan. Yksi mahdollisuus on kehittää täysin oma ohjelmisto, joka laskee sykevälivaihtelun parametrit sykeväleistä, analysoi ja tulostaa hyvinvointiraportin. Hyvinvointiraportti voisi myös tallentua suoraan analysointiohjelmistosta pilvipalveluun, josta asiakas pääsisi tutkimaan mittaus- ja analysointituloksiaan omilla tunnuksillaan.

LÄHTEET

- Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M. & Suri, J. S. 2006. Heart rate variability: a review. *Medical and biological engineering and computing*, 44 (12), 1031-1051.
- Acharya, R., Krishnan, S. M., Spaan, J. A. & Suri, J. S. 2007. *Advances in cardiac signal processing*. Berlin: Springer.
- Addison, C., Jenkins, B., White, M. & LaVigne, D. A. 2014. Sleep duration and mortality risk. *Sleep*, 37(8), 1279-1280.
- Alén, M. & Arokoski, J. 2015. *Liikunnan ja harjoittelun fysiologiset perusteet*. fys00007. Helsinki: Duodecim.
- Billman, George E. 2011. Heart rate variability – a historical perspective. *Frontiers in Physiology*, 2 (86), 1-13.
- Buysse, D. J. 2014. Sleep health: can we define it? Does it matter. *Sleep*, 37 (1), 9-17.
- Camm, J. & Ewing, D. 1991. Heart rate variability: an important new risk factor in patients following myocardial infarction. *Clinical cardiology*, 14 (8), 683-685.
- Cobb, C.G. 2015. *The Project Manager's Guide to Mastering Agile: Principles and Practices for an Adaptive Approach*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Föhr, T., Pietilä, J., Helander, E., Myllymäki, T., Lindholm, H., Rusko, H. & Kujala, U. M. 2016. Physical activity, body mass index and heart rate variability-based stress and recovery in 16 275 Finnish employees: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 16, 701.
- Haug, E., Sand, O., Sjaastad, O.V. & Toverud, K.C. 2012. *Ihmisen fysiologia*. 1.-5. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Heikkilä, T. 2014. *Tutkimuksen luotettavuuden arviointi*. Helsinki: Edita Publishing Oy. Luettu 24.6.2017.
<http://www.tilastollinentutkimus.fi/7.RAPORTOINTI/TutkimuksenLuotettavuus.pdf>
- Herzig, D., Eser, P., Radtke, T., Wenger, A., Rusterholz, T., Wilhelm, M., Achermann, P., Arhab, A., Jenni, O., Kakebeeke, T.H., Leeger-Aschmann, C.S., Messerli-Bürgy, N., Meyer, A.H., Munsch, S., Puder, J.J., Schmutz, E.A., Stülb, K., Zysset, A.E. & Leeger-Aschmann, C. S. 2017. Relation of Heart Rate and its Variability during Sleep with Age, Physical Activity, and Body Composition in Young Children. *Frontiers in physiology*, 8 (109), 1-12.
- Hoshi, R. A., Pastre, C. M., Vanderlei, L. C. M. & Godoy, M. F. 2013. Poincaré plot indexes of heart rate variability: relationships with other nonlinear variables. *Autonomic Neuroscience*, 177 (2), 271-274.
- Hyysalo, Sampsa. 2009. *Käyttäjätuotekehityksessä. Tieto, tutkimus, menetelmät*. Taideteollisen korkeakoulun julkaisu B 97. Helsinki.

Härmä, M. 2007. Uni ja terveys. Duodecim. tt100446. Helsinki: Duodecim.

Jokinen, T. 2010. Tuotekehitys. Elektroninen julkaisu perustuu teokseen Tapani Jokinen: Tuotekehitys 6. painos (2001), ISBN951-672-313-6. Luettu 26.3.2017. <http://lib.tkk.fi/Reports/2010/isbn9789526033204.pdf>

Junttila, J. & Mäkikallio, T. 2016. Sydämen toiminnan hermostollinen säätely. Duodecim Opinportti. karo1070. Helsinki: Duodecim

Karmakar, C. K., Khandoker, A. H., Voss, A. & Palaniswami, M. 2011. Sensitivity of temporal heart rate variability in Poincare plot to changes in parasympathetic nervous system activity. Biomedical engineering online, 10 (1), 1-14.

Khazan, I. Z. 2013. The clinical handbook of biofeedback: A step-by-step guide for training and practice with mindfulness. New York: John Wiley & Sons.

Kotler, Philip & Keller, Kevin Lane. 2006. Marketing management. 12. painos. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Laine, M. 2014. Normaali EKG. Duodecim Terveyskirjasto. syk00055. Helsinki: Duodecim.

Liikunta. 2016. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseura Duodecimin ja Suomen Fysiatriryhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen lääkäriseura Duodecim. Luettu 28.2.2017. <http://www.kaypahoito.fi>

McCraty, R. & Shaffer, F. 2015. Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. Global Advances in Health and Medicine, 4 (1), 46-61.

Mega Electronics. 2012. Documentation for HRV-Scanner. Versio 3.0. Kuopio: Mega Electronics Ltd.

Melillo, P., Bracale, M. & Pecchia, L. 2011. Nonlinear Heart Rate Variability features for real-life stress detection. Case study: students under stress due to university examination. Biomedical engineering online, 10 (1), 1-16.

Mustajoki, P. 2015. Painoindeksi (BMI). Duodecim Terveyskirjasto. dlk01001. Helsinki: Duodecim.

Myllymäki, T., Kyröläinen, H., Savolainen, K., Hokka, L., Jakonen, R., Juuti, T., Martinmäki, K., Kaartinen, J., Kinnunen, M-L & Rusko, H. 2011. Effects of vigorous late-night exercise on sleep quality and cardiac autonomic activity. Journal of sleep research, 20 (1pt2). 146-153.

Mäkijärvi, M. 2005. EKG-kytkennät. Duodecim Terveysportti. ekg00009. Helsinki: Duodecim.

Nikus, K. & Mäkijärvi, M. 2016. Normaali EKG. Duodecim Opinportti. karo1104. Helsinki: Duodecim.

- Partonen, T. 2015. Unisykli. Duodecim Opinportti. mas00057. Helsinki: Duodecim.
- Peltola, M. 2010. Analysis of Heart Rate Variability from 24-hour Ambulatory Electrocardiographic Recordings. *Acta Universitatis Ouluensis D Medica* 1087.
- Pietilä, J., Helander, E., Myllymäki, T., Korhonen, I., Jimison, H. & Pavel, M. 2015. Exploratory analysis of associations between individual lifestyles and heart rate variability-based recovery during sleep. In *Engineering in Medicine and Biology Society, IEEE*, 2339-2342.
- Puttonen S. 2006. Stressin fysiologiset vaikutukset. *Duodecim* 24 (3), 28-31. ttl00352. Helsinki: Duodecim.
- 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 (9), 1334-1341.
- Sammito, S. & Böckelmann, I. 2016a. Factors influencing heart rate variability. In *International Cardiovascular Forum Journal* (6), 18-22.
- Sammito, S. & Böckelmann, I. 2016b. Reference values for time-and frequency-domain heart rate variability measures. *Heart Rhythm*, 13 (6), 1309-1316.
- Shaffer, F., McCraty, R. & Zerr, C. L. 2014. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Frontiers in psychology*, 5, 1040, 1-19.
- Sovijärvi, O., Arina, T. & Halmetoja, J. 2016. Biohakkerin käsikirja. Päivitä itsesi ja vapauta sisäinen potentiaalisi. Jyväskylä: Grano Oy.
- Stein, P. K. & Pu, Y. 2012. Heart rate variability, sleep and sleep disorders. *Sleep medicine reviews*, 16 (1), 47-66.
- 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. 1996. *European heart journal* 17, 354-381.
- Thayer, J. F., Åhs, F., Fredrikson, M., Sollers III, J. J. & Wager, T. D. 2012. A meta-analysis of heart rate variability and neuroimaging studies: Implications for heart rate variability as a marker of stress and health. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews* 36, 747-756.
- Tobaldini, E., Nobili, L., Strada, S., Casali, K. R., Braghiroli, A. & Montano, N. 2013. Heart rate variability in normal and pathological sleep. *Frontiers in physiology*, 4, 1-11.
- Toppinen-Tanner, S. & Ahola, K. 2012. Kaikkea stressistä. Työterveyslaitos. Tallinna: Tallinna Raamatutrükikoja OÜ.
- Umetani, K., Singer, D. H., McCraty, R. & Atkinson, M. 1998. Twenty-four hour time domain heart rate variability and heart rate: relations to age and gender over nine decades. *Journal of the American College of Cardiology*, 31 (3), 593-601.

Versace, F., Mozzato, M., Tona, G. D. M., Cavallero, C. & Stegagno, L. 2003. Heart rate variability during sleep as a function of the sleep cycle. *Biological psychology*, 63 (2), 149-162.

Wang, Y., Zhao, X., O'Neil, A., Turner, A., Liu, X. & Berk, M. 2013. Altered cardiac autonomic nervous function in depression. *BMC psychiatry*, 13 (1), 187-193.

Xhyheri, B., Manfrini, O., Mazzolini, M., Pizzi, C. & Bugiardini, R. 2012. Heart rate variability today. *Progress in cardiovascular diseases*, 55 (3), 321-331.

LIITTEET

Liite 1. Vaatimuslista

Kohderyhmä	Aikuiset	Nuoret aikuiset Työikäiset Eläkeläiset
	Sisältö	Henkilötiedot
		Nimi Sähköpostiosoite Pituus Paino Ammatti
	Mittaustiedot	Mittauspäivämäärät Mittauksen kesto
	Mittaustulokset	Päivä Yö Koko vuorokausi Sanallinen kokonaisarvio, yhteenveto Parametrien vertaaminen viitearvoihin Visuaalinen tulosten esittäminen
	Hyvinvoinnin komponentit	Palautuminen Stressi-indeksi Unenlaatu
	HRV parametrit	HR RMSSD SDNN Stressi-indeksi
Ominaisuudet	Ulkoasu	Livtec logo Livtec värit Selkeys Visuaalisesti miellyttävä Helppolukuinen
	Formaatti	PDF Tuloste
	Hyödyllisyys	Täyttää asiakkaan tarpeet ja odotukset

Liite 2. Aikatason parametrien viitearvot

Liite 3. Taajuustason parametrien viitearvot

Liite 4. Unen aikaisen leposykkeen viitearvot

Liite 5. Stressi-indeksin viitearvot

Liite 6. Raportin ensimmäinen versio

1 (4)

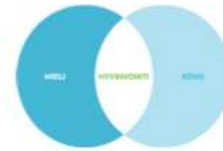


Hei Milla

Hienoa, että huolehdit terveydestäsi ja osallistut Livtec HRV hyvinvointianalyysiin. Tämä mittauksen pohjalta tuotettu henkilökohtainen raporttisi kertoo arki- ja vapaapäiväsi kuormittavuudesta sekä kuinka palauttavaa on vapaa-aikasi, yöunesi ja vapaapäiväsi. Raportti antaa sinulle tärkeää tietoa, joiden avulla pystyt ylläpitämään kehittämään terveyttä edistäviä elämäntapoja ja jaksamista.

HRV analyysi on hyvinvoinnin kuumemittari!

Lukuisat tieteelliset tutkimukset osoittavat, että kehon ja mielen eli sydämen ja aivojen välillä on vahva linkki, joka rakentuu autonomisen hermostomme kautta. Parasympaattinen hermosto on vastuussa rauhoittumisesta ja sympaattinen hermosto aktivoituu toimintaa vaativissa tehtävissä. Tätä tasapainoa voidaan mitata sykeväivaihtelun (HRV, heart rate variability) avulla.



Mitä Livtec HRV analyysin mittarit kertovat?

Mittarit syke, RMSSD ja SDNN kertovat yhdessä tästä elimistöstäsi virastilasta ja palautumisesta. Alhainen leposyke on terveyttä edistävä asia ja kertoo myös hyvästä fyysisestä kunnosta. RMSSD mittaa sykeväivaihtelun nopeutta ja korkeat arvot kertovat rentouttavan parasympaattisen hermoston aktivoitumisesta ja palautumisesta. Korkea sykeväivaihtelun laajuus, SDNN, kertoo puolestaan koko säätelykoneistomme vahvuudesta.

Tulokset ovat aina yksilöllisiä, mutta alhaiset arvot voivat kertoa stressistä, vajavaisesta fyysisestä palautumisesta, infektiosta tai kasvaneesta terveysriskistä.



Lääketieteellinen vastuuvapautus-lauseke

Livtec HRV analyysi mittaa hyvinvointitietoa. Mittaustuloksia ei voi hyödyntää lääketieteelliseen diagnostointiin. Jos sinulla on sydän- tai rintakipuja, rytmihäiriötä tai muita epämielisiä tunteuksia konsultoi lääkärisi niiden diagnostointiin. Annetut suositukset perustuvat väestötasolla havaittuihin terveyshyötyihin, eivät yksilötason vaikutuksiin tai riskeihin.



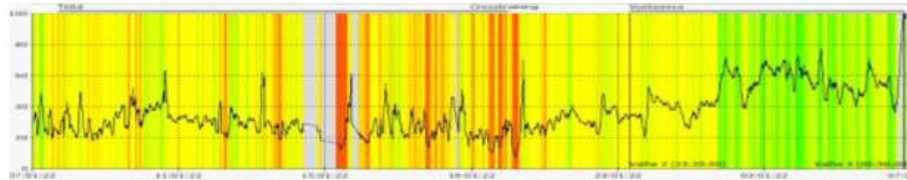
ARKIPÄIVÄ

Milla

PÄIVÄN KUORMITTAVUUS JA PALAUTUMINEN

Ylempässä kuvajasssa on vuorokaudenäkaiset kuormittavat ja palauttavat jaksot eli hetkittävät RMSSD arvot. Kuormitukset sekä neutraalit ja palauttavat hetket on ilmaistu kuvajassa eri värein.

Palauminen
Neutraali
Kuormitus
Alhainen palautus
Ei mitattavaa



Analyysi

HRV MITTAUS

HRV VAIHEITTAIN		
Mittaus	Päivä	Y6
Keskisyke (1/min)	77,2	60,4
RMSSD (ms)	30,6	51,2
SDNN (ms)	113,8	93,2
Oma kokemus (1-5)	☹️	☺️

KOKO VUOROKAUSI			
24H	Alhaanen	Normaali	Normaali
71,4	<div style="width: 55%;"></div> 55 %		
39,1	<div style="width: 75%;"></div> 75 %		
146,0	<div style="width: 55%;"></div> 55 %		
-	24H tulos suhteutettuna ikäluokkaan		

Syke-analyysi
RMSSD analyysi

SDNN analyysi

Analyysi

UNI

Havainto	Tavoite	Sinulla
Unen pituus (h)	7-8	7,50
Kokonaispalautuminen (Yön RMSSD vs päivän RMSSD)	>1,5	1,7
Loppuyön vs Alkuyön RMSSD	-	Korkeampi
Oma kokemus	-	☺️

Arvio

Analyysi

Analyysi

Analyysi

Analyysi

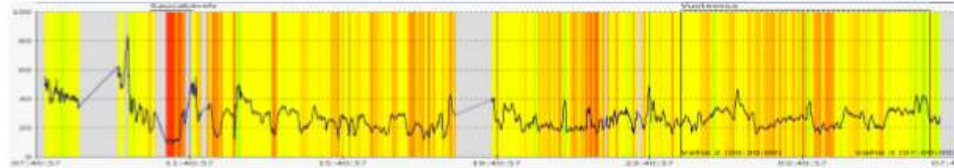


VAPAAPÄIVÄ

Milla

PAIVÄN KUORMITTAVUUS

Yleensä kuvaajassa on vuorokaudenäkaiset kuormittavat ja palauttavat jaksot eli hetkittävät RMSSD arvot. Kuormitukset sekä neutraalit ja palauttavat hetket on ilmaistu kuvaajassa eri värein.



Vapaapäiväsi oli kuormittavuudeltaan raskaampi kuin työpäiväsi. Selkeitä stressipiikkejä ei ole, mutta ei myöskään palauttavia hetkeä. Tiivis päivä, kuten itse kirjoitit. Työpäivään verrattuna yönesi kesto ja laatu jäi selvästi heikommaksi. Tutkitusti jo pienet alkoholiannokset heikentävät unen laatua, valitettavasti tämä lisääntyy iän myötä.

HRV MITTAUS

SYKEVÄLIMITTAUKSET VAIHEITTAIN

Mittaus	Päivä	Yö
Keskisyke (l/min)	80,1	71,5
RMSSD (ms)	27,6	27,6
SDNN (ms)	99,4	59,2
Oma kokemus (1-5)	☹️	☹️

KOKO VUOROKAUSI

24H	Alhainen	Normaali	Normaali
76,9	<div style="width: 30%;"></div>	30 %	
27,6	<div style="width: 40%;"></div>	40 %	
94,7	<div style="width: 30%;"></div>	30 %	
-	24H tulos suhteutettuna ikäluokkaan		

Leposykeesi on keskimääräistä korkeampi. Syke on aina yksilöllinen, mutta matala syke korreloi fyysisen kunnon kanssa.

Kehosi säätelykyky ja palautumistasoa mittaava RMSSD oli hieman keskimääräistä alhaisempi. Tutkimusten mukaan korkea RMSSD toisaalta kertoo riittävästä palautumisesta, mutta on myös terveyttä edistävä tekijä ja suojaa esimerkiksi sydän- ja verisuonitauteilta.

SDNN kertoo sydämen ja keho säätelykoneiston vahvuudesta. Se siis korreloi fyysisen kunnon kanssa, mutta stressi, infektio ja rasitus voivat alentaa sitä. Sinun SDNN arvo oli normaaliarvojen sisällä, mutta keskimääräistä alempi.

Tiivis vapaapäivä, ei optimaalisesti palauttanut sinua alkavaan viikkoon. Vajavaa yötä ja puuttuvat rauhalliset hetket vaikuttavat tähän.

UNI

Havainto	Tavoite	Sinulla	Arvio
Unen pituus (h)	7-8	6:30	Yönesi määrä on alle tavoitetason
Kokonaispalautuminen (Yön RMSSD vs päivän RMSSD)	>1,5	1,0	Palauttavan yön sykevaihtelun tulisi olla 1,5-kertainen päivään verrattuna. Alhaisempi lukema voi kertoa helposta edellisestä päivästä tai vajavaisesta unesta.
Loppuyön vs Alkuyön RMSSD	-	Sama	Aamuyön sykevaihtelu oli samalla tasolla kuin alkuyöstä, tämä voi kertoa että palautumisesi on jäänyt vajaaksi
Oma kokemus	-	☹️	Mittauksen tulos vastaa tuntemustasi.



YHTEENVETO

Milla

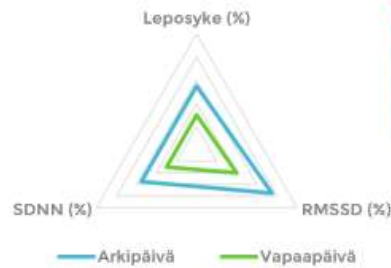
Taustatietosi

Etunimi: Milla
 Sukunimi: Mitattava
 Puhelin: 040 1234567
 Email: nimi@posti.com

Pituus: 172 cm.
 Paino: 64 kg
 Ikä: 42 v.
 Ammatti: Ammatti

Sinun arkipäiväsi vs. vapaapäiväsi

Taulukko näyttää keskeisten parametrien 24H mittauksien arvot ja voit verrata niitä oikealla oleviin ikäryhmäsi viitearvoihin.



Sinun tuloksesi 24h			Viitearvot		
Mittaus	Arki	Vapaa	25 %	50 %	75 %
Keskisyke	60,4	71,5	73,5	62,0	52,8
RMSSD (ms)	39,1	27,6	22,9	30,0	36,3
SDNN (ms)	146,0	94,7	82,8	129,0	179

Mittauspäivien stressi-indeksi

Stressi-indeksi lasketaan Prof. Baevskyn kehittämällä menetelmällä ja se summaa päiviesi kuormittavuuden.



Stressi-indeksin mukaan arkipäivän kuormituksen oli keskimääräisellä tasolla, vapaapäiväsi olivat selvästi stressaavampi. Päivän yleinen hektisyys vaikuttaa tuloksiin vajavaisen yönän kanssa.

Suositus palautumisen edistämiseksi

HRV-hyvintilanalyysin mukaan sinun kehoasi säätelykyky on liikunnallisuuden myötä kohtuullisen vahva, mutta arjen hektisyys näkyy heikentävästi tuloksissa. Tasapainoisen elämäntyylin varmistaminen on aina terveyttä ja hyvinvointia edistävä asia. Säännöllinen liikunta, terveellinen ravinto, työn tasapainon varmistaminen ja energisöivät sosiaaliset suhteet vaikuttavat myönteisesti. Tärkeistä olisi varata päivään palauttavia hetkiä: Rentoutusharjoitukset, syvähengityksen opettelu tai sinun kohdalla vaikkapa vaan hiljaiset hetket ilman virikkeitä luonnossa tai kotosalla ovat keinoja palautua ja samalla vahvistaa kykyä rentoutua. Jokaisella on omat toimivat tapansa rauhoittua, ja niitä kannattaa vaalia hektisessä arjessa.

Suositus liittyen uneen

Vajavaalinen yöni lisää kortisolisitasoa, mikä nostaa stressitasoa ja kasvattaa ruokahalua. Mikäli arki on hektistä, olisikin erittäin tärkeää varmistaa riittävä yöni. Jo 2 annosta alkoholia heikentää yönän laatua.

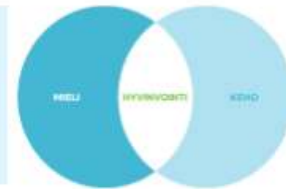


Hei Milla

Hienoa, että huolehdit terveydestäsi ja osallistut Livtec HRV hyvinvointianalysiin. Tämä mittauksen pohjalta tuotettu henkilökohtainen raporttisi kertoo arki- ja vapaapäiväsi kuormittavuudesta sekä kuinka palauttavaa on vapaa-aikasi, yönesi ja vapaapäiväsi. Raportti antaa sinulle tärkeää tietoa, jonka avulla pystyt ylläpitämään ja kehittämään terveyttä edistäviä elämäntapoja ja jaksamistasi.

Livtec HRV
hyvinvointianalyysi
on hyvinvoinnin
kuumemittari!

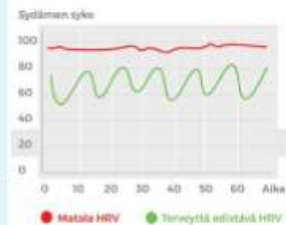
Lukuisat tieteelliset tutkimukset osoittavat, että kehon ja mielen eli sydämen ja aivojen välillä on vahva linkki, joka rakentuu autonomisen hermostomme kautta. Parasymptaattinen hermosto on vastuussa rauhoittumisesta ja sympaattinen hermosto aktivoituu toimintaa vaativissa tehtävissä. Tätä tasapainoa voidaan mitata sykeväli vaihtelun (HRV, heart rate variability) avulla.



Mitä Livtec HRV
hyvinvointianalyysin
mittarit kertovat?

Mittarit syke (HR), sykeväli vaihtelun dynamiikka (RMSSD) ja sykeväli vaihtelun laajuus (SDNN) kertovat yhdessä elimistösi vireystilasta ja palautumisesta. Alhainen leposyke on terveyttä edistävä asia ja kertoo myös hyvästä fyysisestä kunnosta. Sykeväli vaihtelun dynamiikan korkeat arvot kertovat rentouttavan parasymptaattisen hermoston aktivoitumisesta ja palautumisesta. Korkea sykeväli vaihtelun laajuus kertoo puolestaan koko säätelykoneistomme vahvuudesta.

Tulokset ovat aina yksilöllisiä, mutta alhaiset arvot voivat kertoa stressistä, vajavaisesta fyysisestä palautumisesta, infektioista tai kasvaneesta terveysriskistä.



Lääketieteellinen
vastuuvapautus-lauseke

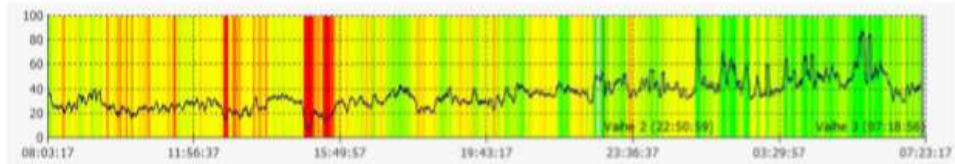
Livtec HRV analyysi mittaa hyvinvointitietoa. Mittaustuloksia ei voi hyödyntää lääketieteelliseen diagnoosiin. Jos sinulla on sydän- tai rintakipuja, rytmihäiriöitä tai muita epämääräisiä tuntemuksia konsultoi lääkärisi niiden diagnoosiin. Annetut suositukset perustuvat väestötasolla havaittuihin terveyshyötyihin, eivät yksilötason vaikutuksiin tai riskeihin.



ARKIPÄIVÄ Milla

PÄIVÄN KUORMITTAVUUS JA PALAUTUMINEN

Yleisessä kuvaajassa on vuorokaudenaikaiset kuormittavat ja palauttavat jaksot eli hetkittäiset RMSSD arvot. Kuormitukset sekä neutraalit ja palauttavat hetket on ilmaistu kuvaajassa eri värein.



Analyysi

LIVTEC HRV MITTAUS

Mittaus	Päivä	Yö	24h	24h arvo suhteutettuna viitearvoihin (%)		
				Keskisyke	RMSSD	SDNN
Keskisyke (l/min)	70,7	49,7	64,6			
RMSSD (ms)	28,8	47,6	35,4			
SDNN (ms)	161,2	111,5	213,5			
Oma kokemus (1-5)	☹️	☺️	-			

Syke-analyysi

RMSSD analyysi

SDNN analyysi

Analyysi

UNI

Havainto	Tavoite	Sinulla	Arvio
Unen pituus (h)	7-8	5,50	<i>Analyysi</i>
Kokonaispalautuminen (Yön RMSSD vs päivän RMSSD)	>1,5	1,7	<i>Analyysi</i>
Loppuyön vs Alkuyön RMSSD	-	Korkeampi	<i>Analyysi</i>
Oma kokemus	-	☹️	<i>Analyysi</i>



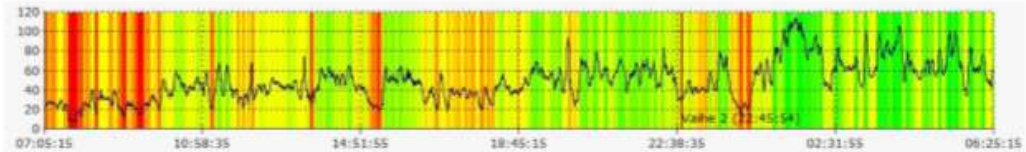
VAPAAPÄIVÄ

Milla

PÄIVÄN KUORMITTAVUUS

Ylempässä kuvaajassa on vuorokaudenaikaiset kuormittavat ja palauttavat jaksosi eli hetkittäiset RMSSD arvot. Kuormitukset sekä neutraalit ja palauttavat hetket on ilmaistu kuvaajassa eri värein.

Palautuminen Neutraali Kuormitus **Stressipilkkejä** Ei mittadata



Vapaapäiväsi oli kuormittavuudeltaan raskaampi kuin arkipäiväsi. Selkeitä stressipilkkejä ei ole, mutta ei myöskään palauttavia hetkeä. Tiivis päivä, kuten itse kirjoitit. Työpäivään verrattuna yönesi kesto ja laatu jäi selvästi heikommaksi. Tutkitusti jo pienet alkoholiannokset helkentävät unen laatua, valitettavasti tämä lisääntyy iän myötä.

LIVTEC HRV MITTAUS

Mittaus	Päivä	Yö	24h	24h arvo suhteutettuna viitearvoihin (%)		
Keskisyke (1/min)	81,2	63,5	76,1	Keskisyke	RMSSD	SDNN
RMSSD (ms)	42,1	65,2	49,9	50	90	60
SDNN (ms)	133,5	115,4	156,6			
Oma kokemus (1-5)	☹️	😊	-			

Leposykkeesi on keskimääräinen. Alhainen leposyke kertoo hyvästä fyysisestä kunnosta, mutta esim. rasitustila nostaa sykettä.

Kehosi säätelykykyä ja palautumistasoa mittaava RMSSD oli selvästi keskimääräistä parempi. Tutkimusten mukaan korkea RMSSD toisaalta kertoo riittävästä palautumisesta, mutta on myös terveyttä edistävä tekijä ja suoja esimerkiksi sydän- ja verisuonitaudeilta.

SDNN kertoo sydämen ja kehosi säätelykoneiston vahvuudesta. Se siis korreloi fyysisen kunnan kanssa, mutta stressi, infektio ja rasitus voivat alentaa sitä. Sinun SDNN arvo on hieman keskimääräistä parempi

Tiivis vapaapäivä ei optimaalisesti palauttanut sinua alkavaan viikkoon. Vajavaa yötä ja puuttuvat rauhalliset hetket vaikuttavat tähän.

UNI

Havainto	Tavoite	Sinulla	Arvio
Unen pituus (h)	7-8	7,5	Yönesi määrä on tavoitetasoin mukainen
Kokonaispalautuminen (Yön RMSSD vs päivän RMSSD)	>1,5	1,5	Unenaikainen sykeväli vaihtelu tulisi olla 1,5-kertainen valveilla oloon verrattuna kuten sinulla oli. Unesi on valmistunut sinua uuteen päivään.
Loppuyön vs Alkuyön RMSSD	-	Sama	Aamuyön sykeväli vaihtelu oli samalla tasolla kuin alkuyöstä, tämä voi kertoa että palautumisesi on jäänyt vajaaksi
Oma kokemus	-	😊	Mittauksen tulos vastaa tuntemustasi.

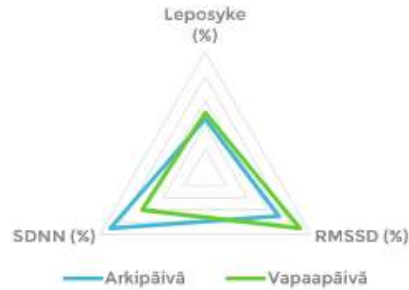
YHTEENVETO Milla

Taustatietosi

Etunimi:	Milla	Pituus:	170 cm.
Sukunimi:	Mitattava	Paino:	64 kg
Puhelin:	040 1234567	Ikä:	42 v.
Email:	nimi@posti.com	Ammatti:	Ammatti

Sinun arkipäiväsi vs. vapaapäiväsi

Taulukko näyttää keskeisten parametrien 24h mittauksien arvot ja missä suhteessa arvo on viitearvoihin nähden.



Mittaus	Sinun tuloksesi (24h)		Suhteessa viitearvoihin	
	Arki	Vapaa	Arki	Vapaa
Leposyke	49,7	63,5	45 %	50 %
RMSSD (ms)	35,4	49,9	70 %	90 %
SDNN (ms)	213,5	156,6	90 %	60 %

Mittauspäivien stressi-indeksi

Stressi-indeksi lasketaan Prof. Baevskyn kehittämällä menetelmällä ja se summaa päiviesi kuormittavuuden.



Stressi-indeksin mukaan arkipäivän kuormitukseksi oli keskimääräisellä tasolla, vapaapäiväsi olikin hieman stressaavampi. Päivän yleinen hektisyys voi vaikuttaa tuloksiin.

Suositus palautumisen edistämiseksi

HRV-hyvinvointianalyysin mukaan sinun kehosi säätelykyky on liikunnallisuuden myötä kohtuullisen vahva. Tasapainoisen elämänrytmin varmistaminen on aina terveyttä ja hyvinvointia edistävä asia. Säännöllinen liikunta, terveellinen ravinto, työn tasapainon varmistaminen ja energisoivat sosiaaliset suhteet vaikuttavat myönteisesti. Tärkeää olisi varata päivään palauttavia hetkiä. Jokaisella on omat toimivat tapansa rauhoittua, ja niitä kannattaa vaalia hektisissä päivissä.

Suositus liittyen uneen

Vajavainen yöuni lisää kortisolitasoja, mikä nostaa stressitasoa ja kasvattaa ruokahalua. Mikäli arki on hektistä, olisikin erittäin tärkeää varmistaa riittävä yöuni. Jo 2 annosta alkoholia heikentää yöunen laatua.