

MAKSIMIVOIMAHARJOITTELUN JÄLKEISEN PALAUTUMISEN SEURANTA SYKEVÄLIANALYYSIMENETELMÄLLÄ

Firstbeat Hyvinvointianalyysin soveltuvuus maksimi-
voimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seurantaan

Saara Koskinen & Johanna Lehosmaa

Opinnäytetyö
Marraskuu 2009

Fysioterapia
Sosiaali- ja terveysala



Tekijä(t) KOSKINEN, Saara LEHOSMAA, Johanna	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 16.11.2009
	Sivumäärä 58 + 19	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi MAKSIMIVOIMAHARJOITTELUN JÄLKEISEN PALAUTUMISEN SEURANTA SYKEVÄLIANALYYSIMENETELMÄLLÄ Firstbeat Hyvinvointianalyysin soveltuvuus maksimivoimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seurantaan		
Koulutusohjelma Fysioterapian koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) NATUNEN, Pekka KOTISAARI, Jaakko		
Toimeksiantaja(t) Firstbeat Technologies Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tutkitusti fyysisen kuormittumisen intensiteetillä on olennainen vaikutus sydämen lyöntitiheyteen ja sitä kautta myös sykevälivaihteluun. Lisäksi palautuminen ja mahdolliset stressireaktiot näkyvät sykevälien vaihteluina. Näiden faktojen vuoksi sykevälianalyysimenetelmän käyttö fyysisen kuormittumisen ja palautumisen mittarina on perusteltua, mutta voimaharjoittelun osalta vielä vähän tutkittua.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä sykeanalyysiohjelmistojen kehittämiseen erikoistuneen Firstbeat Technologies Oy:n kanssa. Tavoitteena oli tehdä projektimuotoinen soveltuvuustutkimus, jonka kautta saataisiin uutta näkökulmaa Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmän käyttömahdollisuuksista. Projektin tarkoitus oli antaa tietoa siitä, miten Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmä soveltuu mittaamaan maksimivoimaharjoituksen jälkeistä yönaikaista palautumista.</p> <p>Tutkimusosio koostui neljän viikon mittaisesta jaksosta, jonka aikana yhdeksän miespuolista, vuosina 1980–1985 syntynyttä koehenkilöä tekivät kolme säädeltyä maksimivoimaharjoitusta viikossa. Näistä kaksi aikaisemmin määritettyä harjoituskertaa, niiden jälkeiset yöt sekä yhtä lepopäivää seurannut yö mitattiin viikoittain. Mittaukset toteutettiin Suunnon Memory Belt -pannoilla, joista sykedatat purettiin ja analysoitiin Firstbeat Hyvinvointianalyysiä käyttäen.</p> <p>Yhteenvedona voitiin tutkimusosion perusteella todeta, että Firstbeat -sykevälianalyysi soveltuu mittaamaan palautumista maksimivoimaharjoittelun osalta, mikäli harjoitus on riittävän tehokas ja kuormittaa siten myös hengitys- ja verenkiertoelimistöä. Toisaalta tulosten moninaisuuden vuoksi yksilökohtaisemmasta tarkastelusta voitaisiin saada tietoa enemmän kuin ryhmätoksesta.</p>		
Avainsanat (asiasanat) sykevälianalyysi, Firstbeat, maksimivoimaharjoittelu, fyysinen kuormittuminen, palautuminen		
Muut tiedot		

Author(s) KOSKINEN, Saara LEHOSMAA, Johanna	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 16.11.2009
	Pages 58 + 19	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title FOLLOW-UP STUDY OF RECOVERY AFTER MAXIMUM STRENGTH TRAINING USING HEART BEAT SIGNAL ANALYSIS METHOD The applicability of Firstbeat HEALTH as a method for the follow-up of recovery after maximum strength training		
Degree Programme Physiotherapy		
Tutor(s) NATUNEN, Pekka KOTISAARI, Jaakko		
Assigned by Firstbeat Technologies Ltd.		
<p>Abstract</p> <p>Studies show that the intensity of physical load significantly affects the heart rate and also the heart rate variability. In addition to that, recovery and possible stress reactions cause changes in the heart rate. Therefore it is justified to use heart beat signal analysis as a tool for measuring physical strain and recovery, but only a few studies have been made from the point of view of strength training.</p> <p>The Bachelor's Thesis was carried out in cooperation with Firstbeat Technologies Ltd., a company specialised in developing software for heart beat analysis. The aim was to create an applicability study which would offer a new perspective on the possible uses of the Firstbeat heart beat signal analysis method. The purpose of this project was to provide information on the applicability of the above-mentioned method for measuring night-time recovery after maximum strength training.</p> <p>The research was carried out within a four-week period during which nine test subjects, males born between 1980 and 1985, followed a prescribed maximum strength training program for three times a week. Each week, measurements were made during two workouts that had been determined earlier, the nights after each workout, and one night after a rest day. They were recorded with Suunto Memory Belts from which the heart beat data were downloaded and analysed with the help of the Firstbeat HEALTH software.</p> <p>In summary, the Firstbeat heart beat signal analysis is suitable for measuring recovery after maximum strength training if the exercise is sufficiently intensive and therefore places a load on the respiratory and circulatory systems. On the other hand, as the results were varied, more valuable information could be collected by examining an individual rather than a group.</p>		
Keywords heart beat signal analysis, Firstbeat, maximum strength training, physical load, recovery		
Miscellaneous		

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 FYYSINEN KUORMITTUMINEN, STRESSI JA VOIMAVARAT	5
2.1 Fyysinen kuormittuminen	5
2.1.1 Fyysinen kunto	6
2.1.2 Fyysisen kuormittumisen tunnuslukuja	7
2.2 Stressi ja voimavarat.....	9
3 PALAUTUMINEN	11
3.1 Kuormittumisen jälkeisen levon ja palautumisen merkitys	12
3.2 Palautumisen seuranta	13
4 VOIMAHARJOITTELU	13
4.1 Maksimivoimaharjoittelu.....	14
4.2 Voimaharjoittelun kuorman määrittäminen toistomaksimiperiaatteella (RM)..	16
5 SYKEVÄLIANALYYSI	17
5.1 Sykevälialan analyysin perusta.....	17
5.2 Sykkeen säätely ja sykevälivaihtelu	18
5.3 Firstbeat Technologies Oy	21
5.4 Yhden sykevälialan analyysimenetelmän hyödyntäminen käytännössä.....	21
5.4.1 Fyysisen kuormittumisen raportti.....	22
5.4.2 Stressiraportti.....	24
5.4.3 Voimavarat raportti.....	25
6 AIHEESEEN LIITTYVIÄ AIEMPIÄ PROJEKTEJA	27
7 PROJEKTIN VAIHEET	29
7.1 Projekti menetelmänä	29
7.2 Projektin tarkoitus ja tarve	30
7.3 Projektin suunnittelu ja toteutus.....	31
7.3.1 Mittausten ajankohta ja mittausjakso.....	31
7.3.2 Koehenkilöt	31
7.3.3 Voimaharjoittelun laatu ja harjoitusohjelmat	33
7.3.4 Mittaaminen	34
7.3.5 Prosessin kulku	34
8 TULOKSET	36
8.1 Harjoitusohjelmien kuormittavuus	38
8.2 Harjoitusten ja lepopäivien jälkeinen palautuminen	42

	2
9 POHDINTA	47
9.1 Projektin luotettavuus	48
9.2 Projektin eettisyys	52
9.3 Tulosten yhteenveto ja johtopäätökset	52
LÄHTEET	56
LIITTEET	59
Liite 1. Fyysisen kuormittumisen raportti	59
Liite 2. Stressiraportti.....	61
Liite 3. Voimavarat raportti.....	63
Liite 4. Taustatietolomake	65
Liite 5. Liikunta-aktiivisuustaulukko	68
Liite 6. Harjoitusohjelmat.....	69
Liite 7. Suunto Memory Belt -pannan käyttöohje	71
Liite 8. Kutsukirje	72
Liite 9. Ohjeita mittauksiin osallistuvalla.....	74
Liite 10. Lupa-anomus	76
Liite 11. Tulostaulukot (vkot 2 - 4).....	77

KUVIOT

KUVIO 1. Sydämen sähköisen toiminnan kuvaaja ja sykeväli (RR).	18
KUVIO 2. Fyysisen kuormittumisen kuvaaja.	23
KUVIO 3. Fyysisen kuormittumisen analyysi.....	23
KUVIO 4. Sykevaihtelua kuvaava indeksi.....	23
KUVIO 5. Stressin ja palautumisen kuvaaja	25
KUVIO 6. Stressijaksojen analyysi.	25
KUVIO 7. Voimavarojen kuvaaja.	26
KUVIO 8. Palauttavien jaksojen analyysi.....	26
KUVIO 9. Voimavaratapaino.....	27
KUVIO 10. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 keskimääräinen kuormittavuus MET-arvoina koko koeryhmän osalta.....	39
KUVIO 11. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 vertailu yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina.....	39
KUVIO 12. Harjoitusviikkojen keskimääräinen kuormittavuus MET-arvoina.	40

KUVIO 13. Harjoitusohjelman 1 kuormittavuus yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina.	41
KUVIO 14. Harjoitusohjelman 2 kuormittavuus yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina.	41
KUVIO 15. Harjoitusohjelman 3 kuormittavuus yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina.	42
KUVIO 16. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 sekä lepo yön jälkeinen palautuminen keskiarvoistettuna koko koeryhmän osalta.....	43
KUVIO 17. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 sekä lepo yön jälkeinen palautuminen keskiarvoistettuna kuuden koehenkilön osalta, joilla kaikki yönaikaiset mittaukset olivat onnistuneet.	44
KUVIO 18. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 sekä lepopäivän jälkeisen palautumisen vertailu yksilöllisesti kuvattuna.	45
KUVIO 19. Harjoitusviikkojen keskimääräinen palautuminen.....	45
KUVIO 20. Harjoitusohjelman 1 jälkeinen palautuminen yksilöllisesti kuvattuna. ...	46
KUVIO 21. Harjoitusohjelman 2 jälkeinen palautuminen yksilöllisesti kuvattuna. ...	46
KUVIO 22. Harjoitusohjelman 3 jälkeinen palautuminen yksilöllisesti kuvattuna. ...	47

TAULUKOT

TAULUKKO 1. RM-tila.....	16
TAULUKKO 2. Projektiin osallistuneiden henkilöiden taustatietoja.	33
TAULUKKO 3. Ensimmäisen viikon mitattujen harjoitusohjelmien kuormittavuus ja öiden aikainen palautuminen.	38

1 JOHDANTO

Pitkäaikaisen tutkimustyön tuloksena voidaan todeta, että sykevälivaihteluun perustuvien menetelmien käyttö fyysisen kuormittumisen ja palautumisen mittarina on mahdollista ja perusteltua. Koska fyysisen kuormittumisen intensiteetillä on olennainen vaikutus sydämen lyöntitiheyteen ja sitä kautta myös sykevälivaihteluun, on ymmärrettävää, että palautuminen ja mahdolliset stressireaktiotkin näkyvät sykevälien vaihteluina. (Borg, Järvinen, Kaikkonen, Kanervo, Kettunen, Kotisaari, Martinmäki, Pulkkinen, Rusko, Saalasti, Seppänen & Tuominen, 7.)

Sykevälivaihteluun perustuvien menetelmien käyttö on viime vuosina lisääntynyt runsaasti etenkin työnkuormittavuuden selvittämisessä, koska nykyään suuri osa työikäisistä kokee työnsä henkisesti liian kuormittavaksi. Borgin ja muiden mukaan suomalaisista työikäisistä jopa 68 %:a kokee työnsä stressaavaksi (Borg ym., 31). Työterveyshuollot eivät kuitenkaan ole ainoita, jotka ovat löytäneet sykevälivaihteluseurannan käyttömahdollisuudet. Myös urheilijat ja heidän valmentajansa ovat alkaneet hyödyntää sykevälivaihtelua niin harjoitusvaikutuksen kuin palautumisenkin seurannoissa selvittämään riittävän ajoissa muun muassa harjoitusjaksojen ylikuormittavuutta.

Urheilussa ja valmennuksessa sykevälivaihteluun perustuvien menetelmien soveltuvuuden tutkiminen ja käyttö on tähän asti keskittynyt pääasiassa kestävyystyyppisten harjoitusten jälkeisen palautumisen seurantaan, mutta voimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seuranta on jäänyt vähemmälle huomiolle. UKK-instituutissa projektitutkijana työskentelevä Hannele Hiilloskorpi korostaa kuitenkin voimaharjoittelun tärkeyttä ja kertoo sen olevan nykyään keskeisessä roolissa suomalaisissa terveydenedistämishjelmissä. Tämä perustuu siihen, että voimaharjoittelulla on paljon positiivisia vaikutuksia esimerkiksi liikkumiskykyyn sekä sydän- ja verisuonitautien ja diabeteksen ehkäisyyn ja hoitoon. (Hiilloskorpi 2005.)

Tämän opinnäytetyön tuloksena esitetään projektimuotoinen soveltuvuustutkimus maksimivoimaharjoittelun jälkeisestä palautumisen seurannasta. Projekti toteutettiin yhteistyössä sykeanalyysiohjelmistojen kehittämiseen erikoistuneen Firstbeat Technologies Oy:n kanssa ja sen päätavoitteena on tuottaa uutta näkökulmaa Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmän käyttömahdollisuuksista. Opinnäytetyöprosessin aikana tar-

koituksenamme oli tutkia sykevälivaihtelumenetelmän käytön sopivuutta voimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seurantaan ja saada vastauksia seuraaviin kysymyksiin: Soveltuuko Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmä mittaamaan maksimivoimaharjoittelun jälkeistä yön aikaista palautumista ja vaikuttaako päivän aikana tehty maksimivoimaharjoittelu yön aikaiseen palautumiseen verrattuna lepopäivän jälkeiseen palautumiseen?

Tässä opinnäytetyössä lähdetään liikkeelle teoreettisesti fyysisestä kuormittumisesta, stressistä ja voimavaroista, jotka ovat olennaisia käsitteitä projektimme kannalta ja joihin palaamme myöhemmin tulososiossa. Lisäksi kerromme tarkemmin, mitä ovat palautuminen, voimaharjoittelu ja sykevälivaihtelu. Tekemäämme projektiin nojaten perehdymme myös Firstbeat Technologies Oy:n Hyvinvointianalyysi -ohjelmiston avulla tuotettujen raporttien tulkintaan fyysisen kuormittumisen, stressin ja voimavarojen osalta. Varsinaisessa tutkimusosiossa pyrimme vielä selvittämään vastauksia työmme kysymyksiin. Tutkimusosio koostuu koeryhmällemme tekemistä mittauksista, joissa tarkasteltiin maksimivoimaharjoitusten osalta fyysistä kuormittumista sekä öiden osalta palautumista keskittyen stressiin ja voimavaroihin. Saamiamme tuloksia havainnollistamme tulkinnan helpottamiseksi pääsääntöisesti pylväsdiagrammimuodossa.

2 FYYSINEN KUORMITTUMINEN, STRESSI JA VOIMAVARAT

2.1 Fyysinen kuormittuminen

Aikojen alusta asti ihminen on luotu liikkuvaksi olenoksi. Tästä osoituksena on se, että suurin osa ihmiskehon massasta muodostuu liikuntaelimestöstä ja sitä huoltavista elinjärjestelmistä. Nykypäivänä kuitenkin lisääntyneen fyysisen inaktiivisuuden ja kuormituksen puutteen vuoksi ihmisen elinjärjestelmien toimintakyky on heikentynyt vähitellen ja ihmiskeho on altistunut monenlaisille sairauksille. Elimistön tasapainoinen fyysinen kuormittaminen onkin olennaisessa roolissa puhuttaessa ihmisen hyvin-

voinnista ja toimintakyvystä. Fyysisellä aktiivisuudella ja kuormittumisella on havaittu olevan merkittävä, positiivinen vaikutus muun muassa luumassan tiheyteen, nivelruston kuntoon lisääntyneen nestekierron kautta sekä lihassolujen rakenteeseen. (Litmanen, Pesonen & Ryhänen 2000, 14–15, 18, 22, 29.) Lisäksi erityisesti kestävyystyypillisellä liikunnalla voidaan edistää tehokkaasti hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa. Fyysisen kuormittumisen intensiteettiin vaikuttavat merkittävästi henkilön ikä, sukupuoli ja fyysinen kunto (Borg ym., 51, 57).

2.1.1 Fyysinen kunto

Fyysisellä kunnolla tarkoitetaan kelpoisuutta, valmiutta tai kykyä suorittaa tietty fyysinen tehtävä (Litmanen ym. 2000, 46). Fyysinen kunto käsitteenä kattaa ihmisen riittävän hyvän fyysisen selviytymisen päivittäisistä toimista, joihin kuuluvat muun muassa työ, arkipäivän askareet, sosiaaliset tapahtumat sekä harrastukset. Fyysinen kunto ei kuvaa siis ainoastaan urheilu- ja liikuntasuorituksissa pärjäämistä. (Aalto 2006, 40.) Hyvä fyysinen kunto koostuu useista osa-alueista, joista tärkeimpiä ovat sydän- ja verenkiertoelimistön kunto eli kestävyys, tuki- ja liikuntaelimistön kunto eli lihaskunto sekä liikkuvuus, kehon koostumus, tasapaino ja koordinaatio. Useat näistäkin osa-alueista voidaan vielä jakaa pienempiin ja tarkempiin osiin, kuten kestävyyskunto perus-, vauhti- ja maksimikestävyyyteen sekä lihaskunto kesto-, maksimi- ja nopeusvoimaan. (Aalto 2005, 9.) Hyvä kunto onkin näiden kaikkien osa-alueiden tasapainoinen yhdistelmä, jolloin ihmisen selviytyminen päivittäisistä toiminnoista on optimaalisinta.

Ihmisen elimistössä tapahtuu fyysistä kuormittumista aina, kun jotakin fyysisen kunnan osa-aluetta rasitetaan. Käytännössä elimistö on jatkuvasti jonkinasteisen fyysisen kuormituksen alaisena, mutta kuormituksen intensiteetti vaihtelee suuresti riippuen meneillään olevista tekemisistä ja tapahtumista.

2.1.2 Fyysisen kuormittumisen tunnuslukuja

Fyysistä kuormittumista voidaan määrittää erilaisin mitattavissa olevin lukuarvoin. O-pinnäytetyömmme tutkimusosio perustuu hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittumisen mittaamiseen ja sitä kautta fyysisen kuormittumisen määrittelemiseen. Hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittumista voidaan mitata muun muassa maksimaalisella hapenkulutuksella sekä MET- ja EPOC-arvoilla.

Maksimaalinen hapenkulutus

Maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) kuvaa hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä. (Litmanen ym. 2000, 18). Sen mitattu arvo vastaa suurinta määrää happea (O_2), minkä elimistö pystyy hyödyntämään fyysisen kuormituksen aikana. Hapenkulutuksen yksikkö on ml/kg/min (Cerny & Burton 2001, 25). Hapen määrän ja ajan lisäksi siis myös henkilön kehonmassalla on vaikutusta VO_2 -arvoihin. Elimistön hapenkulutus kasvaa kuormituksen tehon lisääntyessä ja fyysisen kunnon parantuessa (Borg ym., 69). Ruskon mukaan fyysisesti huonokuntoisella aikuisella VO_{2max} -arvo on keskimäärin 30 ml/kg/min vastaavan arvon ollessa hyväkuntoisella aikuisella 53 ml/kg/min. Jos vertailun vuoksi tarkastellaan vielä hyvän kilpahiittäjän VO_{2max} -arvoa, on se jo luokkaa 87 ml/kg/min. (Rusko 2003, 2.)

Fyysisen kuormittumisen intensiteettiä selvittäessä voidaan määrittää raskuustasoa vastaavat arvot prosentteina maksimaalisesta hapenkulutuksesta, mikä helpottaa tulosten tulkintaa:

- kevyt liikunta 30 %
- kohtuullinen liikunta 50 %
- raskas liikunta 70 %
- erittäin raskas liikunta 85 % ja
- maksimaalinen liikunta 95–100 %.

(Borg ym., 63.)

VO_{2max} -arvoja voidaan mitata joko suoralla tai epäsuoralla mittausmenetelmällä. O-pinnäytetyössämme tarkastelemme arvoja, jotka on saatu epäsuoralla menetelmällä ilman erityisiä koejärjestelyjä. Suora mittausmenetelmä vaatisikin uloshengitysilman

mittaamista laboratorio-oloissa. Epäsuora mittausten menetelmä on suoraa mittausten menetelmää epätarkempi, sillä sen avulla saadaan ainoastaan arvio hapenkulutuksesta, joka perustuu kuormituksen aikaiseen sykkeen nousuun. (Litmanen ym. 2000, 80.)

MET

MET (metabolic equivalent) on yksikkö, jolla kuvataan energiankulutusta. MET-kerrointen avulla pystytään havainnollistamaan fyysisen kuormittumisen tasoa lisäntyneen energiankulutuksen avulla. Yksi MET vastaa energian kulutusta (VO_2), kun istutaan rauhassa eli ollaan käytännössä levossa. Yksinkertaistettuna voidaan sanoa MET-arvon kuvaavan perusaineenvaihduntaa. Näin ollen esimerkiksi kevyt liikunta (kävely 4–5 km/h tms.), mikä vastaa 3–4 MET:iä, kuluttaa käytännössä energiaa kolmi- tai nelinkertaisesti lepotilaan nähden. MET-arvon yksikkö on ml/kg/min (tai l/min). Keskiarvo aikuisella (noin 70 kg:aa painavalla) 1 MET on laskennallisesti suurin piirtein 3,5 ml/kg/min, missä 3,5 ml:aa vastaa kulutetun hapen määrää. (Foss & Keteyian 1998, 91–92; Litmanen ym. 2000, 92.)

EPOC

Kestävyys- tai voimaharjoituksen jälkeen keho tarvitsee edelleen enemmän happea kuin ennen harjoitusta. Tätä lepotasoon nähden lisääntyneitä hapenkulutusta kutsutaan termillä *EPOC (excess postexercise oxygen consumption)*. (McArdle, Katch & Katch 2001, 167.) EPOC:illa mitataan siis palautumisen yhteydessä ja etenkin palautumisen alussa tapahtuvaa hapenkulutusta. EPOC:ia käytetään harjoitusvaikutuksen arvioinnissa rasituskertymän kuvaajana (Borg ym., 60). EPOC:in yksikkö on ml/kg. Kuten VO_{2max} - ja MET-arvojenkin, niin myös EPOC-arvojen avulla pystytään määrittämään fyysisen kuormittumisen intensiteettiä. Yleensä palautuminen fyysisestä kuormittumisesta etenee melko nopeasti muutamien minuuttien aikana, mutta esimerkiksi pidempi kestoisen, korkea tehoisen aerobisen harjoituksen jälkeen hapen kulutus pysyy korkeana suhteellisen pitkään. (McArdle ym. 2001, 167.) Etenkin tällaisissa runsasta kestävyttä vaativissa tilanteissa EPOC-arvojen käyttö kuormittumisen mittarina on perusteltua.

Kuten maksimaalisen hapenkulutuksenkin kohdalla, myös EPOC-arvojen kohdalla voidaan kuormituksen intensiteettiä selvittää rasitustasoa vastaavilla arvoilla:

- kevyt liikunta 4–5 ml/kg
- kohtuullinen liikunta 15–25 ml/kg
- raskas liikunta 60–120 ml/kg
- erittäin raskas liikunta 140–320 ml/kg ja
- maksimaalinen liikunta 120–250 ml/kg.

(Borg ym. 63.)

MET- ja EPOC-arvojen määrittäminen pohjautuu projektissamme VO_{2max} -arvojen tapaan sydämen lyöntitiheyden kasvuun ja sitä kautta tapahtuvaan sykevälivaihtelun vähenemiseen (ks. kappale 5.2 Sykkeen säätely ja sykevälivaihtelu). Koska sykkeen nousu on kuitenkin yhteydessä hapen- ja energiankulutukseen, on kyseisten arvojen käyttö fyysisen kuormittumisen määrittämisessä perusteltua, vaikkakin arvot ovat epätarkempia kuin suorilla mittausmenetelmillä mitattuina (Mero, Nummela, Keskinen & Häkkinen 2004, 89, 107).

2.2 Stressi ja voimavarat

Ihminen pyrkii jatkuvasti pitämään yllä elimistössään fysiologisia vakio-olosuhteita eli homeostaasia, mikä tapahtuu autonomisen hermoston toiminnan kautta. Kuitenkin olosuhteiden ja tilanteiden muuttuessa tämä tasapainotila helposti järkkyy, jolloin autonominen hermosto ei välttämättä olekaan kykenevä vaadittujen fysiologisten ja psykologisten toimintojen säilyttämiseen. Kun tämä homeostaattinen säätely häiriintyy, puhutaan stressistä. (Martinmäki 2002, 9.) Stressitilan aikana ihminen pyrkii vastustamaan elimistöä vaurioittavia tai häiritseviä vaikutuksia, joita jokin ulkoinen tai sisäinen ärsyke saa aikaan (Litmanen ym. 2000, 197).

Stressi on luonnollinen osa elämää (Borg ym., 29). Stressin aikana elimistön aktiivisuustaso nousee ulkoisten ja sisäisten tekijöiden aiheuttamana (Stressi ja stressin mittaustaus 2005). Usein stressi vaikuttaa ihmiseen ympäristötekijöiden kautta, joita kutsutaan stressitekijöiksi. Stressitekijänä voi toimia ylikuormitus (mm. liikaa tehtäviä ja toimintaa/liian haastavia tehtäviä), mutta samalla tavoin myös alikuormitus saattaa aiheuttaa stressiä. Lisäksi joskus ympärillä olevat ihmiset ja heidän odotuksensa laukaisevat stressitilanteen.

Jokainen yksilö reagoi stressiin eri tavalla. Nämä niin kutsutut stressireaktiot voidaan jakaa kolmeen ryhmään, joita ovat fysiologiset reaktiot (stressihormonien määrän lisääntyminen), tunnereaktiot (mm. huolestuminen) sekä toiminnalliset reaktiot (mm. ponnistelujen lisääminen). (Litmanen ym. 2000, 198.) Alun perin stressireaktio on liittynyt lähinnä fyysisten uhkien ja vaarojen torjumiseen, mutta nykyään psyykinen, vaikeammin huomattavissa oleva stressi on enenevässä määrin ajankohtainen (Katajainen, Lipponen & Litovaara 2003, 31). Lisäksi on tärkeää huomioida myös sosiaaliset tekijät puhuttaessa stressistä, sillä sen esiintyvyys on läsnä kaikissa sosiaalisissa järjestelmissä – ihmisen sisällä, ihmisten välillä ja yhteiskunnassa. Vaikka stressireaktiot mielletäänkin usein negatiivisiksi tapahtumiksi, eivät ne aina kuitenkaan ole sitä. Stressiä aiheuttavat monet eri ärsykkeet eli stressitekijät, jotka liittyvät rakkauteen ja vihaan, kilpailuun ja saavutuksiin – yleensäkin kaikkeen, minkä kanssa ihminen on tekemisissä. (Liuska 1998, 35.) Itse asiassa stressi on jopa välttämätöntä, sillä se saa ihmisen liikkeelle ja toiminnan alkamaan. Stressin kestolla ja voimakkuudella on kuitenkin olennainen merkitys sen laatuun eli siihen, onko stressi hyväksi vai ei. (Litmanen ym. 2000, 198.) Tähän keston ja voimakkuuteen vaikuttaa suuresti se, miten henkilö kykenee säätämään ja hallitsemaan stressiä. Stressin kokeminen onkin pitkälti kiinni jokaisen henkilön subjektiivisesta tulkinnasta, minkä vuoksi kaksi henkilöä kokee usein saman tilanteen eri tavoin kuormittavana. (Borg ym., 33.)

Fysiologisesti stressi näkyy muun muassa verenkierron lisääntymisenä, sydämen sykkeen ja verenpaineen kohoamisena, hengityksen tihenemisenä sekä hapen, glukoosin ja rasvojen kulutuksen kasvamisena (Litmanen ym. 2000, 198). Koska ihmisen elimistö taistelee jatkuvasti sen tasapainotilaa häiritseviä muutoksia vastaan, jäävät stressin varhaiset merkit usein huomioimatta elimistön antamista pienistä vinkeistä huolimatta. Hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaa seuraamalla voi ihmisen fysiologisesta tilasta saada kuitenkin tietoa jo stressitilan varhaisessa vaiheessa, jopa ennen kuin ihminen itse havaitsee oireita. (Borg ym., 31.)

Jos stressi on hallinnassa, on se monesti ihmiselle käynnistävä voimavara (Katajainen ym. 2003, 31). Voimavaroilla käsitetään elimistön kyky reagoida sisäisiin ja ulkoisiin stressitekijöihin (Borg ym., 35). Yksilön voimavaroilla tarkoitetaan niitä fyysisiä, psyykkisiä ja sosiaalisia asioita, jotka helpottavat ihmisen selviytymistä elämässä. Fyysiset voimavarat käsittävät muun muassa hyvän fyysisen kunnon, psyykkiset vaakan itsetunnon, hyvän itsetuntemuksen, tunneälyn ja monipuolisen stressinhallinnan

sekä sosiaaliset perheen, ystävät ja kyvyn toimia vuorovaikutuksessa muiden kanssa. (Hakanen, Ahola, Härmä, Kukkonen & Sallinen 1999, 21.) Voimavarat ovat oleellinen osa puhuttaessa stressistä ja siitä selviytymisestä, sillä ne lisääntyvät palautumisen yhteydessä ja puolestaan kuluvat stressireaktioiden aikana. Voimavarojen riittävydestä ja niiden säännöllisestä palautumisesta huolehtimalla on siten mahdollista välttää ylikuormitusta ja uupumusta. (Borg ym., 35.)

Stressi ja urheilu

Urheilijoilla harjoittelu perustuu stressiteoriaan, mikä koostuu elimistön fyysisen ja psyykkisen ärsyksen aiheuttamasta hälytysreaktiosta, sopeutumisesta harjoituksen vaatimukseen tai niiden vastustamisesta sekä harjoituksen aiheuttamasta väsymys- ja uupumusvaiheesta. Fyysinen harjoitus on siis urheilijalle ärsyke – stressireaktio. Sen aikana elimistö alkaa hyödyntää energiavarastoja ja puolustusmekanismeja. Lisäksi hormonien erityks lisääntyy ja lihakset aktivoituvat. Tällöin elimistö pyrkii sopeutumaan mahdollisimman hyvin niihin vaatimukseen, joita stressireaktio saa aikaan eli vastustamaan homeostaasin järkkymistä. (Rusko 2003, 62.) Mikäli fyysisen harjoituksen aiheuttama stressireaktio jää päälle, urheilusuorituksesta palautuminen on vähäistä. Jos urheilijan fyysisestä harjoittelusta johtuva stressi on pitkäaikaista, kutsutaan sitä ylikunnoksi (Martinmäki 2002, 9).

3 PALAUTUMINEN

Palautumisella tarkoitetaan elimistön rauhoittumista, jolloin aktiivisuustaso laskee ja sekä ulkoiset että sisäiset stressitekijät vähenevät tai häviävät kokonaan. Palautumisen aikana autonomisessa hermostossa tapahtuu muutoksia, kun toinen sen haaroista, parasympaattinen hermosto, aktivoituu toimimaan. Parasympaattisen hermoston aktivoituessa kohde-elimen toiminta rauhoittuu, jolloin esimerkiksi sydämen syke alentuu ja ruuansulatus tehostuu (ks. kappale 5.2 Sykkeen säätely ja sykevälivaihtelu). (Borg ym., 81.)

Palautumista edistäviä tekijöitä ovat muun muassa rentoutuminen, lepo, hyvä ajanhallinta, säännöllinen liikunta, terveelliset elämäntavat sekä toimivat sosiaaliset suhteet

(Stressi ja stressin mittaus 2005). Ihmisen rentoutumiskykyyn ja tätä kautta palautumiseen vaikuttavat lisäksi monet eri tekijät, kuten persoonallisuuden piirteet, kokemukset stressitilanteista ja kyky vapautua paineista (Heino 2000, 263). Palautumisella on olennainen merkitys jaksamisen näkökulmasta katsottuna, sillä riittävän palautumisen myötä on mahdollista hallita isoakin hetkittäistä stressikuormaa. Stressinhallinnassa onkin syytä huomioida, että stressin täydellisen poistamisen sijaan on hyvä keskittyä enemmän palauttaviin jaksoihin ja niiden tärkeyteen, sillä elimistön on säännöllisin väliajoin saatava palautua. (Stressi ja stressin mittaus 2005.)

3.1 Kuormittumisen jälkeisen levon ja palautumisen merkitys

Urheiluharjoituksen jälkeen ilmenee aina jonkin asteista väsymistä tai jopa uupumista. Väsymistä voidaanakin kutsua tietynlaiseksi suojaimekanismiksi elimistön ylikuormitusta vastaan. Harjoituksen jälkeisen palautumisen tarve kasvaa sitä enemmän mitä edistyneemmästä urheilijasta on kysymys. Urheiluharjoitteisiin on tärkeää kiinnittää huomiota niin kuormittumisen kuin palautumisenkin osalta, koska muuten urheilijan energiavarastot saattavat köyhtyä ja suorituskyky laskea. Liiallinen kuormittuminen riittämättömällä palautumisella voi johtaa pidemmällä aikavälillä ylikuormitustilaan, josta palautuminen voi viedä viikkoja tai jopa kuukausia. Voi jopa olla, että urheilija ei palautumisen jälkeenkään enää tavoita samaa fyysistä suorituskykyään kuin ennen ylikuormitustilaan joutumista. Kuormittumisen ja palautumisen järkevä järjestäminen ja niiden välisen tasapainon löytyminen onkin eräs tärkeimmistä edellytyksistä harjoitustehokkuuden maksimoimiseksi. (Weineck 1982, 231; Heart beat based recovery analysis for athletic training. White paper by Firstbeat Technologies Ltd. 2009, 1.)

Palautumisen käynnistymistä viivästyttävät muun muassa stressi, mielessä pyörivät ajatukset tai raskas ruokailu myöhään illalla. Lisäksi iltaan sijoittuva liikuntasuoritus kuormittaa kehoa mahdollisesti vielä nukkumaanmenovaiheessa. Palautumisen tulisi kuitenkin käynnistyä jossain vaiheessa unen aikana riippuen tehdyn liikuntasuorituksen tehosta. (Borg ym., 36–37.) Lepo ja uni vaikuttavat elimistöön luonnollisesti elvyttäen sitä tasolla, joka riippuu unen syvyydestä ja ”aktiivisuudesta”. Karkeasti uni voidaan jakaa REM-uneksi ja non-REM-uneksi. REM-unta kuvaillaan aktiiviuneksi, vilkeuneksi tai unennäkemisen univaiheeksi, johon liittyy opitun tiedon käsittely ja

muistiin tallentaminen sekä psyykkinen tasapaino. Non-REM-univaiheet lajitellaan taas unen syvyyden mukaan. Usein juuri syväunen määrä lisääntyy voimakkaammin fyysisen rasituksen jälkeen, jolloin palautuminen tehostuu. (Rehunen 1997, 193.) Yöllinen palautuminen on tehokkainta silloin, kun päivän aikainen fyysinen kuormittuminen pysyy niin sanotusti sopivissa rajoissa. Hyvin suuri fyysinen kuormittuminen saattaa vaikuttaa siis palautumiseen negatiivisesti, mutta kehoa kevyemmin kuormittavan suorituksen jälkeen uni on usein syvempää ja palautuminen tehokkaampaa. (Heart beat based recovery analysis for athletic training. White paper by Firstbeat Technologies Ltd. 2009, 1.) Jos nukuttu aika jää yössä liian lyhyeksi, mieliala ja suorituskyky muuttuvat, mikä vaikuttaa esimerkiksi lihashallinnan ja taitavuuden osalta koordinaatiokyvyn heikkenemiseen, reaktioajan pitenemiseen sekä virhesuoritusten lisääntymiseen (Rehunen 1997, 195).

3.2 Palautumisen seuranta

Fyysisen kuormittumisen jälkeistä palautumista voidaan seurata monilla eri tavoilla. Subjektiiivisilla muuttujilla saadaan tietoa urheilijan omista arvioista esimerkiksi vointiin, suoritusvalmiuteen sekä fyysiseen ja psyykkiseen kuntoon liittyen, kun taas objektiivisilla muuttujilla voidaan valvoa palautumista lääketieteellisin keinoin rekisteröimällä sydämen ja keuhkojen sekä humoraalisten järjestelmien muuttujia. (Weineck 1982, 238.) Objektiivisiä seurantamenetelmiä ovat kehon laktaattimittaukset, hormonaaliset, immunologiset ja kemialliset mittaukset, ortostaattiset testit sekä sydämen sykkeen ja sykevälivaihtelun seurannat. Subjektiiivisiä ja objektiivisiä seurantameto- deita käytetään niin yhdessä kuin erikseenkin. (Heart beat based recovery analysis for athletic training. White paper by Firstbeat Technologies Ltd. 2009, 2.)

4 VOIMAHARJOITTELU

Fossin ja Keteyianin (1998, 340) mukaan lihasvoima voidaan määrittää voimaksi tai jännitykseksi, minkä lihas tai lihasryhmä kykenee tuottamaan vastusta vastaan yhdessä maksimaalisessa suorituksessa. Voimaa tuottaessa tapahtuu lihassupistus, joka voi

olla joko konsentrinen (voittava lihastyö), eksentrinen (jarruttava lihastyö) tai näiden yhdistelmä. Lihassupistuksen eri tavoilla tuotettavat voimat jaotellaan hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköitten rekrytoinnin määrän ja tavan sekä energiantuotto vaatimusten mukaan maksimi-, nopeus- ja kestovoimaominaisuuksiin. Perusedellytyksenä voimankehittymiselle on se, että harjoittelussa käytettävän kuorman avulla tapahtuva lihasjännitys ylittää riittävästi lihaksen saaman normaalin kuormitustason. (Häkkinen 1990, 41, 101.)

Voimaharjoittelussa lihasryhmiä suositellaan harjoittamaan ”isoista pieniin” -periaatteen mukaan, mikä tarkoittaa sitä, että harjoittelu aloitetaan suuremmista lihasryhmistä ja edetään pienempiin. Tätä voidaan perustella sillä, että lihaksilla on käytössään suurin määrä energiaa harjoituksen alkaessa, minkä vuoksi suuret, enemmän energiaa kuluttavat lihasryhmät kannattaa harjoitella ensin. ”Isoista pieniin” -periaatteen mukaan harjoitus tulisi tehdä järjestyksessä reisi- ja pakaralihakset, rinta- ja selkälihakset, hartialihakset, käsivarret sekä viimeisenä pohkeet, kyynärvarret ja vatsa. (Haavisto, Kantaneva, Kasurinen, Kilpiä & Paakkunainen 2002, 41.)

4.1 Maksimivoimaharjoittelu

Maksimivoimalla tarkoitetaan suurinta yksilöllistä voimatasoa, joka saadaan aikaan lihaksen tai lihasryhmän tuottaessa tahdonalaista kertaupistusta (Mero ym. 2004, 285). Maksimivoimaharjoittelussa korostuvat puhdas suoritustekniikka sekä sataprosenttinen keskittyminen. Sarjat ovat intensiivisiä ja lyhyitä, maksimaalisilla kuormilla toteutettavia. Kuormat voivat olla jopa isompia kuin itse kyetään liikuttamaan, jolloin liikkeen suorittaja tarvitsee avustajan liikkeen voittavassa vaiheessa, jotta pääsee itse tekemään eksentrisen, negatiivisen työn vaiheen. (Aalto 2005, 56–57.) Maksimivoiman kehittymisen kannalta on käytettävä sitä suurempia painoja mitä enemmän harjoittelevalla henkilöllä on voimaharjoittelutaustaa ja mitä pidemmälle harjoittelu on edennyt. Harjoittelumäärällä ei voida vaikuttaa maksimivoiman kehittymiseen, jos kuormitustaso pysyy liian alhaisena. (Häkkinen 1990, 101.) Maksimivoimaharjoittelua tehtäessä sarjojen välillä tulee olla kolmesta viiteen minuuttia kestävä täydellinen tauko, jotta seuraava sarja onnistuisi vähintään edellisen sarjan teholla (Aalto 2005, 56).

Karkeasti maksimivoimaharjoittelu voidaan jakaa *hermostolliseen* ja *hypertrofiseen harjoitteluun*. Hermostollinen voimaharjoittelu tehdään suurilla kuormilla ja pienillä toistomäärillä, jolloin kehittyy hermoston kyky rekrytoida eli sytyttää uusia lihassoluja toimimaan. Hypertrofisessa voimaharjoittelussa taas toistomäärät ovat hiukan suurempia ja kuormat suhteessa pienempiä. Tällöin pyritään aikaan saamaan lihasmassan kasvua lihaksen poikkipinta-alan kasvun myötä. (Aalto 2005, 5–57.)

Hermostollinen voimaharjoittelu

Hermostollisessa voimaharjoittelussa kuormat ovat noin 80–100 % maksimista, jolloin toistomäärät sarjaa kohden ovat hyvin vähäiset, esimerkiksi yhdestä kolmeen toistoa. Tällainen hermostovaikutuksen kautta kehittyvä maksimivoima aiheuttaa verraten pientä lihasmassan kasvua varsinkin jo kokeneemmilla voimaharjoittelijoilla. Useissa urheilulajeissa tämä on edullista, koska voimaominaisuudet saadaan kehittymään ilman, että kehon paino nousee samassa suhteessa. (Häkkinen 1990, 69.)

Hypertrofinen voimaharjoittelu

Hypertrofinen voimaharjoittelu vaikuttaa puolestaan erityisesti lihasmassan kasvuun. Tällöin harjoittelussa käytettävä kuorma on submaksimaalinen eli noin 60–80 %:n tasolla treenattavien lihasten maksimivoimasta. Toistomäärät sarjaa kohden ovat keskimäärin 6–12 eli sarjat ovat verrattain pidempiä kuin hermostollisessa harjoittelussa. Sarjat tehdään maksimitoistoperiaattella, jolloin toistoja tehdään niin monta kuin kullakin kuormalla pystytään uupumukseen asti. Hypertrofisessa voimaharjoittelussa on mahdollista käyttää ns. pakkotoistoperiaatetta, jolloin kussakin uupumukseen asti vietyssä sarjassa suoritetaan vielä pari toistoa avustajan avulla. Pakkotoistoperiaatteen sijaan voidaan käyttää myös ns. laskevaa sarjaa, jolla tarkoitetaan sitä, että uupumisen jälkeen avustaja poistaakin kuormaa sen verran, että suorittaja voi tehdä vielä kahdesta kolmeen toistoa lisää parin sarjan verran. Lisäksi voidaan ajoittain käyttää lähes maksimikuormaa suorittamalla kahdesta kolmeen toistoa lyhyemmällä palautusajalla muutamien sarjojen verran. Äärimmilleen viety hypertrofinen voimaharjoittelu on tyypillisintä esimerkiksi kehonrakentajille. Usein hypertrofisessa voimaharjoittelussa kuormitetaan käytännössä samaa lihasryhmää useammilla eri harjoitteilla, millä pyritään erottelemaan saman lihasryhmän lihakset mahdollisimman hyvin toisistaan. (Häkkinen 1990, 71–72.)

4.2 Voimaharjoittelun kuorman määrittäminen toistomaksimiperiaatteella (RM)

Yhden toiston maksimitestillä (1 RM, one repetition maximum) tarkoitetaan suurinta kuormamäärää jossain yksittäisessä liikkeessä, joka saadaan suoritettua yhden kerran. Suorituksen tulee olla tekniikaltaan puhdas ja hyväksyttävä. Yhden toiston maksimitesti voidaan toteuttaa kenttäolosuhteissa niin vapailla painoilla kuin erilaisilla kiinteillä kuntosalilaitteillakin. Jotta tulos saadaan mahdollisimman luotettavaksi, testattavan on hyvä suorittaa aluksi yhdestä kolmeen kappaletta lämmittelysarjoja 40–60 %:n kuormilla arvioidusta maksimista, jonka jälkeen vielä yhdestä kolmeen kappaletta lähestymissarjoja 60–80 %:n painoilla arvioidusta maksimista. Jo tällöin toistojen välillä tulee pitää kolmesta viiteen minuuttia kestävä, palauttavat tauot. Maksimikuorma on tavoitteena saavuttaa viimeistään viidennen yrityksen jälkeen. (Mero ym. 2004, 285.) Suoritettujen toistojen lukumäärän mukaan on mahdollista katsoa RM-taulukosta, kuinka suurta prosentuaalista osuutta maksimivoimasta tietty toistomäärä vastaa (ks. taulukko 1). Taulukon avulla voidaan siten määrittää maksimikuorma, millä testattava jaksaa tehdä yhden toiston.

TAULUKKO 1. RM-taulukko.

(Häkkinen 1990, 202)

Toistojen maksimaalinen lukumäärä sarjassa	Kuorma prosentteina maksimivoimasta
1 RM	100 %
2 RM	95 (+/-2) %
3 RM	90 (+/-3) %
4 RM	86 (+/-4) %
5 RM	82 (+/-5) %
6 RM	78 (+/-6) %
7 RM	74 (+/-7) %
8 RM	70 (+/-8) %
9 RM	70 (+/-9) %
10 RM	65 (+/-10) %
11 RM	57 (+/-11) %
12 RM	53 (+/-12) %

5 SYKEVÄLIANALYYSI

5.1 Sykevälianalyysin perusta

Ihmisen elimistön adaptoituminen erilaisiin tilanteisiin erottuu sydämen sykkeessä. Tämä erottuminen näkyy erilaisina mikro- ja makroskooppisina reaktioina ja vaihteluina, joiden vuoksi sydämen syke on harvoin tasainen. Sykevälistä ja sen vaihteluista onkin saatavissa hyvin paljon tietoa ihmisen fysiologiasta, koska suuri osa kehon toiminnoista on joko suoraan tai epäsuoraan yhteydessä sydämen toiminnan säätelyyn. Esimerkkejä näistä kehon toiminnoista ovat fyysinen aktiivisuus ja liikunta, stressireaktiot ja rentoutuminen sekä hengityksen säätely. (Sykeanalyysin perusta 2007.)

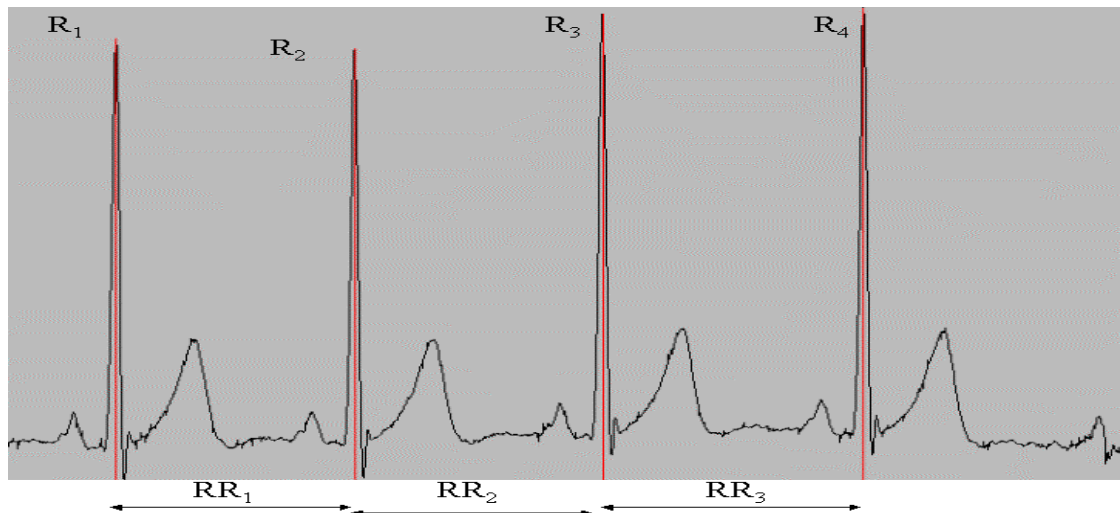
Sykemittaus sykepannan avulla perustuu sydämen syketaajuuteen (Mero ym. 2004, 85). Syketaajuus taas on yhteydessä sydänlihassolun sähköisiin tapahtumiin, joita solukalvon ionivirrat saavat aikaan. Levossa sydänlihassolun kalvo on polarisoitunut, jolloin solun ulkopinta on positiivisesti varautunut, kun taas solun sisäpinnan varaus on negatiivinen. Tämä muodostaa potentiaalieron solun sisä- ja ulkopinnan välille, mikä on levossa -90 mV:a. Sydänlihassolun depolarisoituessa kyseinen potentiaaliero häviää aluksi kokonaan, minkä jälkeen polaarisuus muuttuu hetkellisesti positiiviseksi. Depolarisaatiota seuraa hitaampi repolarisaatiovaihe, jonka aikana solukalvon sisäpinnan negatiivinen varaus palautuu vähitellen ja sydänlihassolu siirtyy takaisin polarisoituneeseen tilaan. (Sovijärvi, Uusitalo, Länsimies & Vuori 1994, 113–114.)

Sydämen sähköisiä tapahtumia mitattaessa (EKG) yhdessä sydämen lyönnissä on havaittavissa kolme aaltoa, joiden kokonaisuus muodostaa sykevälin:

- P-aalto vastaa eteisten depolarisoitumista, joka alkaa hetki ennen eteisten supistumista. Kestoltaan P-aalto on 0,08–0,10 sekuntia.
- QRS-kompleksi vastaa kammioden depolarisoitumista, minkä aikana kammioden supistuminen käynnistyy. Kestoltaan QRS-kompleksi on 0,06–0,10 sekuntia.
- T-aalto vastaa kammioden repolarisoitumista.

(Bjälle, Haug, Sand, Sjaastad & Toverud 1999, 230; Sovijärvi ym. 1994, 114.)

EKG-käyrässä QRS-kompleksiin kuuluvat R-piikit muodostuvat siis sydämen kammioiden supistuessa. Peräkkäisten R-piikkien väliä kutsutaan sykeväliksi (RR-väli). Sykevälien tarkastelu on keskitetty juuri R-piikkien tutkimiseen, sillä nämä piikit ilmenevät sydämen sykkeessä selvästi ja virheet sykevälien tarkastelussa jäävät siten pieniksi (Moody 2009). Sykevälivaihtelulla tarkoitetaan kahden peräkkäisen sydämen lyönnin välisen ajan vaihtelua ja sykevälialaalyysilla sykevälivaihtelun selvittämistä (Borg ym., 23).



KUVIO 1. Sydämen sähköisen toiminnan kuvaaja ja sykeväli (RR).

(Glossary of terms used in time series analysis of cardiovascular data. RR interval 2002.)

Yhden sydämen lyönnin aikana esiintyvien aaltojen keston muuttuessa myös sykevälin pituus muuttuu, mikä mahdollistaa sydämen toimintaan perustuvan analysoinnin sykevälejä tarkastelemalla. Täytyy kuitenkin muistaa, että sykepanta avulla tapahtuva mittaus ei ole EKG-mittaus. Sykepanta ainoastaan huomioi sydämen sähköisestä toiminnasta johtuvat taajuuden muutokset erittelemättä tätä toimintaa sen tarkemmin.

5.2 Sykkeen säätely ja sykevälivaihtelu

Hermostolla ja hormonitoiminnalla on oleelliset roolit sydämen toiminnan säätelyssä. Ilman niiden vaikutusta ihmisen sydän löisi noin 100 kertaa minuutissa, jolloin sydän supistuisi sinusolmukkeeseen (= sydämen tahdistinsolmuke, josta sydämen supistumis-

impulssi normaalisti alkaa) automaattisen rytmin eli perussykkeen mukaan. Erityisesti autonomisen hermoston välittämällä säätelyllä on suuri merkitys sydämen lyöntitiheyteen ja sykevälivaihteluun. (Bjälje ym. 1999, 233.) Autonomisen hermoston toimintaa voidaanakin arvioida mittaamalla sykevälivaihtelua levossa ja verenkierron toimintakokkeiden aikana (Martinmäki 2002, 9–10). Sykevälivaihtelua analysoimalla on taas mahdollista tehdä päätelmiä sympaattisen ja parasympaattisen hermoston toiminnasta ja toiminnan suhteesta (Borg ym., 23).

Autonomisen hermoston toiminta on tahdosta riippumatonta, tosin tahdosta riippumatonkin toiminta on yhteydessä siihen elimistön vireystilaan, joka tietoisesti valitaan (Sovijärvi ym. 1994, 314). Se säätelee sydänlihaksen lisäksi sileän lihaksiston sekä rauhasen toimintaa (Karhumäki, Lehtonen, Nieminen & Syrjäkallio-Ylitalo 2006, 145). Autonominen hermosto jakautuu sympaattiseen ja parasympaattiseen osaan, jotka eroavat toisistaan sekä anatomisesti että toiminnallisesti: Sympaattisella hermostolla on sydämen toimintaa kiihdyttävä vaikutus esimerkiksi fyysistä suorituskykyä vaativissa tilanteissa ja stressireaktioiden aikana, kun taas parasympaattinen hermosto vaikuttaa sydämen toimintaa jarruttavasti. (Bjälje ym. 1999, 88, 90.) Sympaattinen hermosto osallistuu aineenvaihdunnallista panosta vaativien toimintojen säätelyyn ja edistää osaltaan hapenkuljetusta aktiivisina oleviin lihaksiin ja aivoihin mahdollistaen fyysisen aktiivisuuden ylläpitämisen, kun taas parasympaattinen hermosto säätelee pääasiassa lepoa, kasvua ja palautumista (Martinmäki 2002, 3). Sydämen toiminnan kannalta tämä tarkoittaa sitä, että sympaattisten hermosyiden aktivoituminen kiihdyttää sykettä ja vastavuoroisesti parasympaattisten hermosyiden aktivaatio hidastaa sitä (Bjälje ym. 1999, 234). Sekä sympaattiset että parasympaattiset hermot lähtevät keskushermostosta ja johtavat kehon eri puolilla oleviin kohde-elimien. Tavallisesti molemmat osat toimivat samanaikaisesti vaikuttaen kohde-eliimiinsä vastakkaisesti. (Borg ym., 19.)

Sydämen lyöntitiheys vaihtelee elimistön vaatimusten ja tarpeiden mukaan. Terveillä ihmisillä levossa sykevälivaihtelu noudattaa tiettyä säännönmukaisuutta sydämen sykkeen kiihtyessä sisään hengityksen aikana ja hidastuessa uloshengityksen aikana. (Kawachi 2000.) Sykevälivaihtelun suuruus on yhteydessä sisäisiin ja ulkoisiin fysiologisiin tekijöihin, joita ovat muun muassa fyysinen kunto, ikä, sukupuoli, perimä ja kuormittumistila sekä ilman lämpötila, kosteus ja kehon asento (Sykevälivaihtelu kertoo

sydämen työn laadusta 2004). Lisäksi etenkin voimaharjoittelun osalta tärkeitä sykkeeseen vaikuttavia tekijöitä ovat lihastyötapana (dynaaminen/staattinen/ konsentrinen/ eksentrinen) sekä työskentelevä lihasmassa (yläraajat/alaraajat/koko vartalo) (Borg ym., 67). Myös ajatukset ja tunteet vaikuttavat sydämen lyöntitiheyteen ja sitä kautta sykevälivaihteluun (Bjälje ym. 1999, 92). Yleisesti on ajateltu suuren sykevälivaihtelun olevan merkki hyvästä fyysisestä kunnosta ja sopeutumisesta erilaisiin tilanteisiin, kun taas normaalia pienempi sykevälivaihtelu on liitetty stressiin (Martinmäki 2002, 21).

Sykevälivaihtelun suuruus on päinvastainen sykkeen suuruuteen nähden. Näin ollen sykevälivaihtelu on terveellä ihmisellä suurempaa levossa parasympaattisen hermoston aktivaation aikana, jolloin syketaaso on alempi ja pienempää kuormittumisen aikana sympaattisen hermoston ollessa aktivoituneena, jolloin syketaaso on korkeampi. Kun kuormituksen rasitustaso nousee noin 65 %:iin henkilön yksilöllisestä maksimisykkeestä, sykevälivaihtelu häviää kokonaan. (Sykevälivaihtelu kertoo sydämen työn laadusta 2004.) Tiivistettynä voidaan siis sanoa parasympaattisen hermoston ja sen toiminnasta johtuvan suuren sykevälivaihtelun linkittyvän palautumiseen, lepoon ja hyvinvointiin. Puolestaan sympaattisen hermoston toiminnan aikana ilmenevä pieni sykevälivaihtelu ilman fyysistä rasitusta viittaa mahdollisesti stressiin ja vähentyneisiin voimavaroihin. (Stressi ja stressin mittaus 2005.) Sykevälivaihtelun onkin todettu olevan herkkä mittamaan sekä akuuttia (dynaaminen kuorma) että pitempään jatkunutta stressiä ja elimistön ylikuormitustilaa (kasaantuva kuorma). Esimerkkinä tästä voidaan mainita, että kun laboratorio-olosuhteissa koehenkilölle aiheutetaan psyykkistä kuormaa (kuten vaikeiden päätösten tekeminen), on sen todettu laskevan sykevälivaihtelun määrää. (Kawachi 2000.)

Sykevälien tarkastelua on mahdollista tehdä kahdella eri menetelmällä: aikakenttäanalyysillä ja taajuuskenttäanalyysillä. Taajuuskenttäanalyysillä erotetaan sykevälivaihtelusta yleensä kolme eri taajuusalueita, joita ovat korkeataajuuksinen (0.15–0.40 Hz), matalataajuuksinen (0.04–0.15 Hz) sekä erittäin matalataajuuksinen (0–0.04 Hz) sykevälivaihtelu. Aikakenttäanalyysissä muuttujana on puolestaan yksinkertaisuudessaan sykeväli, mikä soveltuu pelkkää syketaasoa paremmin elimistön fysiologisten tapahtumien tarkasteluun. (Martinmäki 2002, 22–23.) Moodyn (2009) mukaan taajuuskenttäanalyysit antavat sykevälivaihtelusta aikakenttäanalyysistä enemmän tietoa, vaikka yksinkertaisemmat aikakenttäanalyysit soveltuvatkin tuomaan esille merkittä-

viä asioita liittyen ikään, terveyteen, psyykkiseen ja fyysiseen kuormittumiseen sekä sairauden vakavuuteen. Vuonna 2000 kirjallisuudessa oli esitelty jo yli 26 tapaa mitata sykevälivaihtelua. Sykevälivaihtelun mittareille yhteistä on se, että ne tarjoavat noninvasiivisen tavan arvioida parasympaattisen hermoston vaikutusta sydämen rytmiin. (Kawachi 2000.)

5.3 Firstbeat Technologies Oy

Firstbeat Technologies Oy on Jyväskylässä sijaitseva, vuonna 2002 perustettu asiantuntijayritys, joka on erikoistunut sykeanalyysiohjelmistojen kehittämiseen. Yrityksen tuotteiden avulla sydämen sykevälimittauksesta voidaan tarkasti tuottaa monipuolista tietoa kehon toiminnoista. Tämä perustuu siihen, että sympaattisen ja parasympaattisen hermoston vaikutuksia sydämen sykkeeseen pystytään laskennallisesti tunnistamaan ja erottelemaan. Firstbeat Technologies Oy:n kehittämän Hyvinvointianalyysi -ohjelman avulla on mahdollista saada täsmällistä tietoa urheilun ja liikunnan vaikutuksista kehoon, työn kuormittavuudesta, koehenkilöiden stressitilasta sekä palautumisesta. Lisäksi menetelmää voidaan hyödyntää painonhallinnassa. Tuotteet perustuvat pitkään, yli 20 vuoden tieteelliseen tutkimustyöhön muun muassa urheilufysiologian alueelta, mikä lisää tuotteiden luotettavuutta. (Yritys 2007.)

5.4 Yhden sykevälialyysimenetelmän hyödyntäminen käytännössä

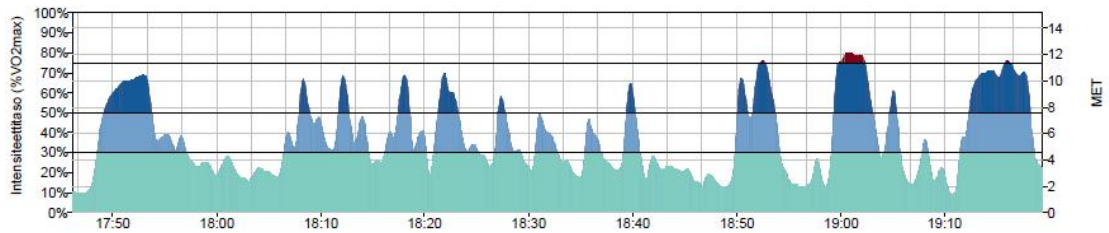
Opinnäytetyössämme käyttämämme Firstbeat Hyvinvointianalyysi -ohjelman avulla on mahdollista tuottaa erityisen tietokoneelle luodun ohjelmiston kautta tilastollisia raportteja, joissa sykepannalle tallentunut sykedata on analysoitu ja muunnettu käyttäjäväliseen muotoon. Raportteja on saatavilla fyysisen kuormittumisen, harjoitusvaikutuksen, terveystiikunnan, energiankulutuksen, painonhallinnan, stressin sekä voimavarojen osa-alueilta. Lisäksi ohjelman avulla on mahdollista tuottaa elämäntapojen terveystarkastus- sekä diabetekseen altistavien elämäntapariskien kartoitusraportit. Joiltakin osa-alueilta on myös saatavilla yksilöraporttien rinnalle isompaa ryhmää koskevia raportteja. (Borg ym., 16.) Koska opinnäytetyömme on tarkoitus selvittää fyysi-

sestä kuormituksesta palautumista, valitsimme tutkittavaksemme yksilöraportit fyysisen kuormittumisen, stressin ja voimavarojen osa-alueilta.

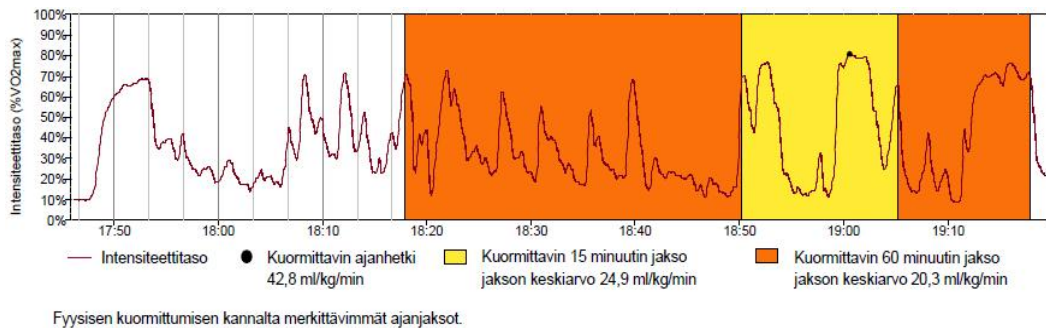
5.4.1 Fyysisen kuormittumisen raportti

Firstbeat Hyvinvointianalyysi -ohjelmalla tuotettu fyysisen kuormittumisen raportti antaa tietoa mitattavana olleen henkilön fyysisen kuormittumisen määrästä ja rasitus-tasosta mittausjakson aikana. Tiedot on saatavilla raportista fyysiseen rasitukseen liit-tyvinä tunnuslukuina ja kuvaajina. (Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta, 68.) Fyysisen kuormittumisen raportti koostuu neljästä eri kuvaajasta, yhdestä ympyrädiagrammista ja yhdestä taulukosta, jotka muodostuvat koehenkilön mittausjakson aikaisesta sykedatasta (ks. liite 1):

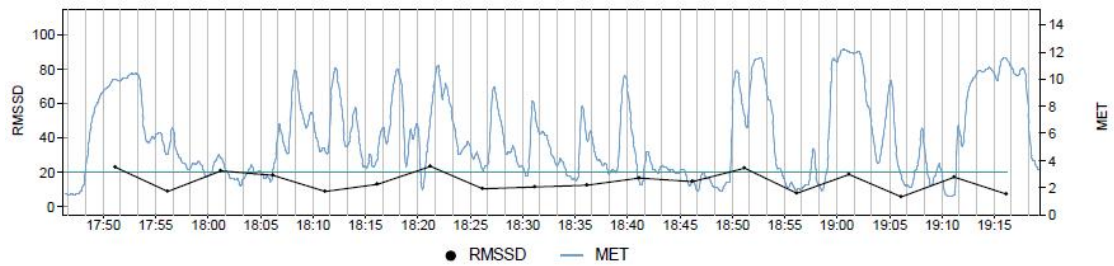
- *Fyysisen kuormittumisen kuvaaja* (ks. kuvio 2) kertoo mittausjakson aikaisen rasitustason prosentuaalisena osuutena koehenkilön maksimaalisesta hapenku- lutuksesta. Kuvaajan lisänä oleva ympyrädiagrammi kertoo vielä eri muodossa fyysisen aktiivisuuden rasitustason jakaantumisen prosentteina maksimaalises- ta hapenkulutuksesta sekä eri rasitustasojen suhteelliset osuudet mittausjakson aikana.
- *Fyysisen kuormittumisen analyysi* (ks. kuvio 3) kuvaa kuormittumisen kannal- ta merkittävimpiä ajanjaksoja muun muassa fyysisesti kuormittavimman 15 minuutin jakson sekä 60 minuutin jakson.
- *Fyysisen kuormittumisen tunnusluvut* esittävät taulukkomuodossa kuormittu- misen aikaisia fyysiseen aktiivisuuteen liittyviä lukuarvoja, mikä mahdollistaa mittausjakson aikaisen kuormittumisen numeerisen tarkastelun.
- *Sykevaihtelua kuvaava indeksi* (ks. kuvio 4) kertoo parasympaattisen hermos- ton toiminnasta.
- *Fyysisen kuormittumisen seuranta* kuvaa koko seurantajakson aikaisten kaik- kien mittausten jakautumista eri intensiteettitasoille.



KUVIO 2. Fyysisen kuormittumisen kuvaaja.



KUVIO 3. Fyysisen kuormittumisen analyysi.



Parasympaattisen hermoston toimintaa kuvaava indeksiluku. Indeksia voidaan käyttää fyysisestä aktiivisuudesta palautumisen todentamiseen. Korkea indeksiluku on yhteydessä parasympaattisen hermoston kohonneeseen aktiivisuuteen. Mikäli indeksiluku pysyy matalalla, myös fyysisen aktiivisuuden jälkeen, ei palautumista tapahdu. (RMSSD = Root Mean Square of Successive Differences in RR intervals)

KUVIO 4. Sykevaihtelua kuvaava indeksi.

Firstbeat Technologies on määritellyt fyysisen kuormittumisen raportin soveltuvan käytettäväksi muun muassa työn fyysisen kuormittavuuden arvioinnissa sekä yksittäisten työtehtävien rasittavuuden analysoinnissa. Työhön liittyvien monipuolisten arviointien lisäksi raporttia on mahdollista käyttää myös havainnoitaessa fyysisestä kuormituksesta palautumista. (Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta, 68.)

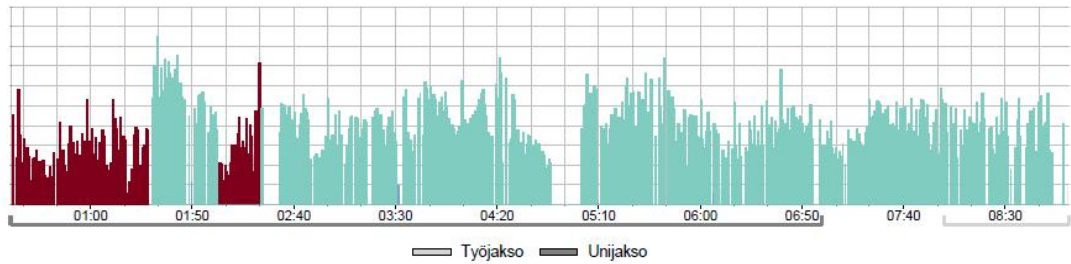
Firstbeat hyvinvointianalyysi mittaa fyysisistä kuormittumista hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta. Sen vuoksi myös kaikki lukuarvot, mitä fyysisen kuormittumisen raportti tarjoaa, perustuvat elimistön hengitykselliseen ja verenkierrolliseen toimintaan ja niiden yksilölliseen kapasiteettiin. Hyvinvointianalyysin avulla ei siis ole mahdollista selvittää paikallista lihastason kuormittumista. (Borg ym., 48.)

Opinnäytetyömme tulososiossa tarkastelemme fyysisen kuormittumisen raportista pääasiassa fyysisen kuormittumisen tunnuslukuja, joista olemme valinneet lähempään tarkasteluun voimaharjoittelun aikaisen maksimaalisen hapenkulutuksen (VO_{2max}), MET-arvon sekä EPOC-huipun.

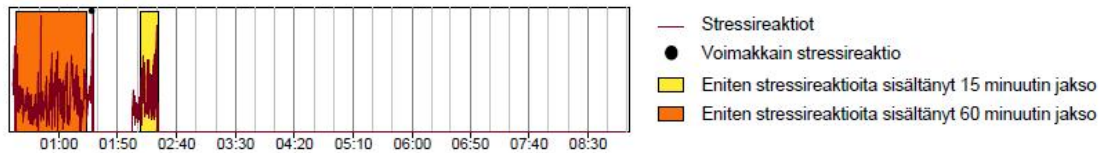
5.4.2 Stressiraportti

Stressiä voidaan käytännössä arvioida autonomisen hermoston toiminnan mittauksilla (Martinmäki 2002, 9–10). Tämän perusteella voidaankin todeta, että stressireaktioiden tarkasteleminen sykevälialalyysin avulla on mahdollista (ks. kappale 5.2 Sykkeen säätely ja sykevälivaihtelu). Firstbeat Hyvinvointianalyysi -ohjelmalla tuotettu stressiraportti antaa tietoa koehenkilön suorittaman mittausjakson aikana esiintyneistä fysiologisista reaktioista, jotka liittyvät stressiin ja palautumiseen (Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta, 51). Stressiraportti koostuu neljästä eri kuvaajasta ja yhdestä ympyrädiagrammista (ks. liite 2):

- *Stressin ja palautumisen kuvaaja* (ks. kuvio 5) näyttää ajan funktiona mittausjakson aikaisen stressin, palautumisen, liikunnan, kevyen fyysisen aktiivisuuden ja muut tapahtumat sekä näiden suhteelliset voimakkuudet. Kuvaajan lisäksi oleva ympyrädiagrammi kertoo vielä mittausjakson aikana ilmenneiden fysiologisten tilojen ajat ja suhteelliset osuudet.
- *Stressijaksojen analyysi* (ks. kuvio 6) kuvaa kuormittumisen kannalta merkittävimpiä ajanjaksoja muun muassa kuormittavimman 15 minuutin sekä 60 minuutin jakson.
- *Stressireaktioiden ja palautumisen seuranta* kuvaa koko seurantajakson aikaisen kaikkien mittausten stressireaktioiden ja palautumisen suhteellisiä osuuksia.



KUVIO 5. Stressin ja palautumisen kuvaaja.



Stressireaktioiden kannalta merkittävimmät ajanjaksot.

KUVIO 6. Stressijaksojen analyysi.

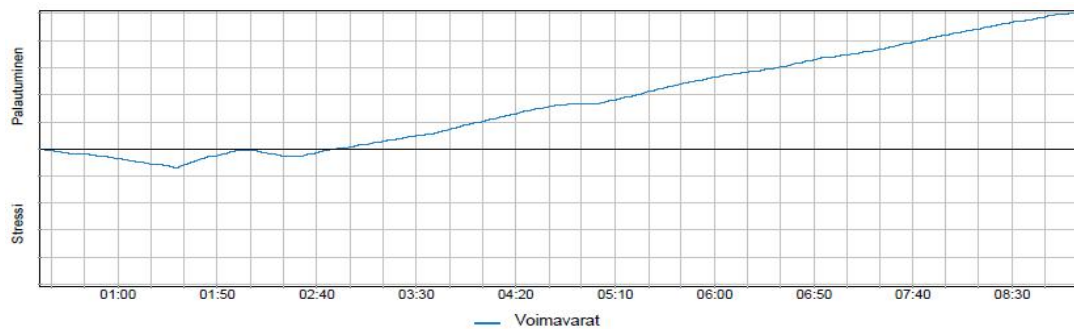
Firstbeat Technologies on määritellyt stressiraportin soveltuvan muun muassa päivän- aikaisen stressin ja palautumisen analysointiin sekä eri työtehtävien kuormittavuuden analysointiin. Lisäksi stressiraporttia on mahdollista hyödyntää myös öisin suoritettavien mittausten aikana havainnoitaessa stressissä ja palautumisessa tapahtuvia muutoksia. (Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta, 51.)

Opinnäytetyömme tulososiossa käsittelemme stressiraportista pääasiassa ympyrädiagrammista saatavaa palautumisprosenttia, joka kuvaa tässä tapauksessa yön aikaisen palautumisen osuutta suhteessa stressiin, liikuntaan, kevyeen fyysiseen aktiivisuuteen ja muihin tapahtumiin. Muilla tapahtumilla tarkoitetaan tiloja, jolloin elimistössä tapahtuvat reaktiot eivät ole yhteydessä stressiin ja palautumiseen (Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta, 55).

5.4.3 Voimavarat raportti

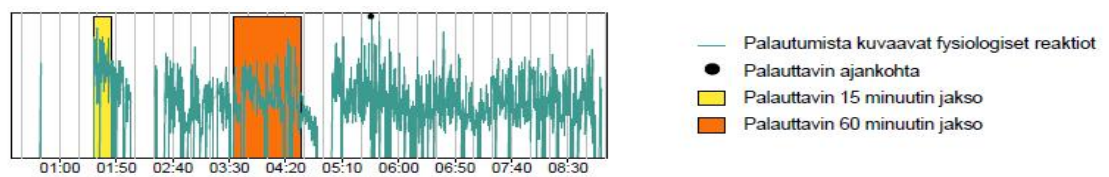
Firstbeat Hyvinvointianalyysi -ohjelmalla tuotettu voimavarat raportti antaa tietoa koehenkilölle toteutetun mittausjakson aikaisista muutoksista elimistön voimavaroissa. Voimavaroihin vaikuttavat olennaisesti palautumisen määrä ja laatu sekä pitkään jatkunut fyysinen ja/tai psyykinen kuormittuminen. Voimavarat raportti koostuu viidestä kuvaajasta (ks. liite 3):

- *Voimavarojen kuvaaja* (ks. kuvio 7) kertoo koehenkilön voimavaroissa tapahtuvista muutoksista ajan funktiona.
- *Palauttavien jaksojen analyysi* (ks. kuvio 8) kuvaa palautumisen kannalta merkittävimpiä ajanjaksoja muun muassa palauttavimman 15 minuutin sekä 60 minuutin jakson.
- *Stressin ja palautumisen osuudet jaksoittain* kertoo mittausjakson eri aikoina esiintyneiden stressireaktioiden ja palautumisen suhteelliset osuudet.
- *Voimavaratasapainoa* (ks. kuvio 9) kuvaava suhdeluku kertoo stressin ja palautumisen keskimääräisestä tasapainosta koko mittausjakson ajalta sekä sanallisessa että palkkikuvaaja muodossa. Palkkikuvaajassa asteikko on -100–100, jossa -100 vastaa täydellistä stressiä ja 100 täydellistä palautumista.
- *Seurantakuvaaja* kuvaa koko seurantajakson aikaisten kaikkien mittausten jakautumista voimavarojen näkökulmasta.



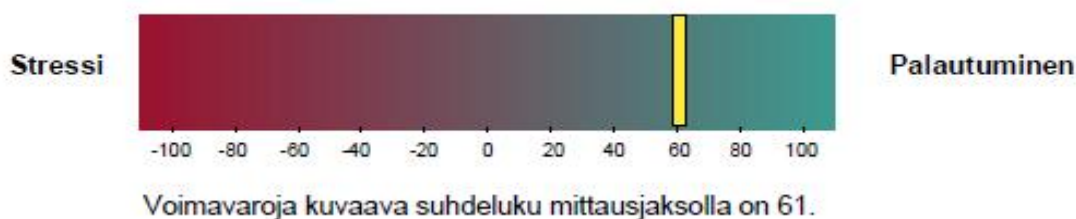
Jakson aikaisten stressireaktioiden ja palautumisen vaikutus voimavaratasoon. Nouseva sininen käyrä kertoo voimavarojen lisääntymisestä, laskeva käyrä niiden kulumisesta.

KUVIO 7. Voimavarojen kuvaaja.



Palautumisen kannalta merkittävimmät ajanjaksot.

KUVIO 8. Palauttavien jaksojen analyysi.



KUVIO 9. Voimavaratasapaino.

Firstbeat Technologies on määritellyt voimavarat raportin soveltuvan muun muassa työtehtävien välisten muutosten analysointiin sekä voimavaroissa tapahtuvien muutosten arviointiin vuorokauden aikana. Lisäksi voimavarat raporttia on mahdollista hyödyntää analysoitaessa voimavaroja palauttavia ajanjaksoja esimerkiksi yöaikoina toteutettujen mittausten avulla. (Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta, 58.)

Opinnäytetyömme tulososiossa käsittelemme voimavarat raportista saatavaa suhdelukua, joka kuvaa voimavaratasapainoa eli tässä tapauksessa yön aikaisen palautumisen ja stressireaktioiden suhdetta toisiinsa.

6 AIHEESEEN LIITTYVIÄ AIEMPIA PROJEKTEJA

Hynynen, Hämäläinen, Jylhä, Liukkonen, Nummela ja Rusko pyrkivät kehittämään maastohiihdon kuormittumista, palautumista ja fyysisiä ominaisuuksia kartoittavan seurantajärjestelmän sykevälivaihteluun perustuen. Projektiin osallistuneet olivat joko maastohiihdon a-maajoukkueen tai SkiCats -ryhmän urheilijoita. Sykemittaukset tapahtuivat harjoitusleirien aikana vuosina 2004 ja 2005. Mittauksissa keskityttiin yön aikaisen palautumisen seurantaan, mutta myös päivän aikana tehtyjä, erityisesti kovempia fyysisiä harjoituksia mitattiin harjoitusvaikutuksen selvittämiseksi. Sykevälivaihtelua mittaavan menetelmän tukena käytettiin aamuisin myös subjektiivista palautuneisuuskyselyä. Harjoitusvaikutuksen seurannoissa keskityttiin erityisesti EPOC-arvojen ja yönaikaisissa palautumisen mittauksissa voimavarojen tulkintaan. (Hynynen, Hämäläinen, Jylhä, Liukkonen, Nummela & Rusko 2006, 2, 12.)

Suurimpana johtopäätöksenä Hynynen ja muut totesivat autonomisen hermoston toimintaan perustuvan sykevälivaihteluanalyysin antavan mielekkäitä tuloksia maasto-

hiihtäjien palautumisesta. Toisaalta tarkemmat mittaustulokset vaatisivat analyysiltä vielä lisäherkkyttä tulosten moninaisuuden vuoksi. Heidän projektissaan käyttämien sykevälivaihtelumenetelmien avulla oli kuitenkin jo mahdollista selvittää, palautuuko urheilija paremmin kevyempien harjoittelujaksojen aikana. Jos näiden jaksojen aikana palautumista ei tapahdu riittävästi, saattaa se olla merkki urheilijan ylikuormittuneisuudesta. Hynynen ja muut suosittelivat seuraamaan palautumista mahdollisimman säännöllisesti, jotta mittauksista saisi suurimman hyödyn. Syke seurannan tueksi he kokivat tärkeäksi kerätä urheilijoiden omia tuntemuksia palautumisesta. (Hynynen ym. 2006, 19–20.)

Nummela, Vääntinen, Hynynen, Finni, Jouste, Keränen, Luhtanen, Mets, Mononen, Mäkelä, Norvapalo, Rusko, Salonen, Toivonen ja Tummavuori taas pyrkivät kehittämään kuormitus- ja palautumiskonsepteja jalkapalloon, yleisurheilun teholarajeihin sekä kivääriammuntaan. Projektin tarkoituksena oli selvittää 1) voiko sykevälivaihtelusta saatua EPOC -arviota käyttää harjoittelun kuormittavuuden mittarina ja 2) voiko sykevälivaihtelun avulla arvioida eri lajien urheilijoiden kuormittuvuutta ja palautumista. Lisäksi projektin tarkoituksena oli vielä kehittää käytännön mallit joukkue-, teho- ja tarkkuuslajeihin, joiden avulla urheilijoiden kuormittumista ja palautumista voitaisiin seurata sykevälivaihteluun perustuvilla menetelmillä. Sykevälivaihteluita kerättiin mittausjaksojen aikana fyysisistä harjoituksista ja harjoitusten jälkeisistä öistä. Myös urheilijoiden subjektiiviset arviot huomioitiin (Nummela, Vääntinen, Hynynen, Finni, Jouste, Keränen, Luhtanen, Mets, Mononen, Mäkelä, Norvapalo, Rusko, Salonen, Toivonen & Tummavuori 2006, 7.)

Nummela ja muut päätyivät projektissaan erilaisiin johtopäätöksiin lajista riippuen. Heidän tutkimustensa mukaan sykevälivaihtelun avulla on mahdollista saada arvokasta tietoa liittyen jalkapalloilijoiden harjoitusten kehittämiseen erityisesti harjoitusten aikaisen fyysisen kuormittumisen osalta, jonka mittaamiseen EPOC soveltui hyvin. Hyödyllisintä tietoa he totesivat saavansa, kun tuloksia tarkasteltiin yksilökohtaisesti, sillä joukkuelajeissa jokaisen urheilijan fyysinen kuormittuminen on erilaista. Palautumisen osalta tulokset näyttivät myös lupaavilta ja käyttökelpoisilta, mutta tulkinnan moninaisuuden vuoksi sykevälivaihteluseurannoissa käytetty menetelmä vaatisi heidän mielestään vielä lisäkehitystä. Yleisurheilun teholarajien osalta EPOC:in todettiin olevan pätevä harjoitusvaikutuksen arvio kestävyyttä vaativissa lajeissa ja ainoastaan niissä. Yömittausten aikainen sykevälivaihtelu osoitettiin jalkapalloilijoiden tavoin pä-

tevän myös yleisurheilijoilla harjoitusten kuormittavuuden ja niistä palautumisen seurannassa. Tällöin mittauksista voidaan arvioida yksittäisten harjoitusten, harjoitusjaksojen sekä ulkopuolisten stressitekijöiden vaikutusta elimistön kokonaiskuormitukseen. Myös yleisurheilijoille suoritetuissa mittauksissa yksilöllisyys korostui. Kivääriampujilla EPOC:in käyttö kuormittumisen arviointimenetelmänä ei toiminut vastaavalla tavalla kuin jalkapalloilijoilla ja yleisurheilijoilla, sillä lajin vaatimukset eivät ole niin fyysisiä vaan ne keskittyvät psyykkeeseen. Yömittaukset toimivat kuitenkin hyvin myös kivääriampujilla elimistön kokonaisstressin määrittämisessä, vaikka eivät sinänsä perustuneetkaan fyysiseen kuormittumiseen. Erityisesti kivääriampujien kohdalla nähtiin kuitenkin tärkeäksi psyykkisen mittarin käyttö sykevälivaihteluun perustuvan mittausmenetelmän lisänä. (Nummela ym. 2006, 46–50.)

7 PROJEKTIN VAIHEET

7.1 Projektin menetelmä

Opinnäytetyömme on projektimuotoinen soveltuvuustutkimus, joka perustuu kvantitatiiviseen tutkimusmenetelmään. Hirsjärvi, Remes ja Sajavaara ovat määritelleet kvantitatiivisen tutkimusmenetelmän pohjautuvan käsitykseen siitä, että todellisuus koostuu tosiasioista, jotka voidaan objektiivisesti todeta (realistinen ontologia). Olennaista tutkimukselle on, että kerättävä aineisto soveltuu määrälliseen, numeeriseen mittaamiseen. Tutkimusmenetelmän keskeisiä piirteitä ovat aiemmin tehtyjen tutkimusten johdopäätösten ja teorioiden esittäminen, käsitteiden määrittäminen, hypoteesien eli ennako-oletusten esittäminen, aineiston keruun suunnitteleminen, koehenkilöiden valitseminen, aineiston muokkaaminen tilastollisesti käsiteltävään muotoon sekä tilastolliseen analysointiin perustuvien päätelmien tekeminen. Näiden pohjalta tutkimuksen on pyrkimys saada aikaan teoria, joka systematisoi tiettyä ilmiötä koskevia säännönmukaisuuksia. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2000, 129–130.)

Virtasen mukaan projekti taas on tietyllä organisaatiolla ja tietyin resurssein toteutettu kertaluontoinen toimenpide tai hanke. Projektin aikana pyritään suorittamaan ennalta

sovittu tehtävä edeten tiettyjen kehitysvaiheiden mukaisesti, joita ovat suunnittelu, käynnistäminen, toimeenpano, ohjaus ja arviointi. (Virtanen 2000, 35.) Tämän perusteella määrittelemmekin opinnäytetyömme projektiksi, joka käsittää Firstbeat Technologies Oy:lle tekemämme kvantitatiivisen tutkimuksen.

7.2 Projektin tarkoitus ja tarve

Opinnäytetyönä tekemämme projektin on tarkoitus antaa tietoa siitä, miten Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmä soveltuu mittaamaan maksimivoimaharjoituksen jälkeisen yön aikaista palautumista. Firstbeat Technologies Oy:n kehittämää sykevälianalyysimenetelmää on aiemmin käytetty kestävyystyöppisten harjoitusten jälkeisen palautumisen seurannassa, mutta voimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seuranta on jäänyt vähemmälle huomiolle. Tämän vuoksi saimmekin yritykseltä idean aiheeseemme vuoden 2008 lopussa. Projektimme päätavoitteena on saada aikaan uutta näkökulmaa Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmän käyttömahdollisuuksista.

Projektiin liittyvät kysymykset:

1. (Pääkysymys) Soveltuuko Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmä mittaamaan maksimivoimaharjoittelun jälkeistä yön aikaista palautumista?
2. (Alakysymys) Vaikuttaako päivän aikana tehty maksimivoimaharjoittelu yön aikaiseen palautumiseen verrattuna lepopäivän jälkeiseen palautumiseen nuorilla 23–33-vuotiailla henkilöillä?

Projektin kysymyksiin liittyvät hypoteesit:

1. Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmä soveltuu mittaamaan kestävyysharjoittelun jälkeisen palautumisen tavoin myös maksimivoimaharjoittelun jälkeistä palautumista, mikäli harjoituksen intensiteetti on riittävän suuri.
2. Riittävän suurella intensiteetillä toteutetulla maksimivoimaharjoituksella on yön aikaista palautumista vähentävä vaikutus verrattuna lepopäivän jälkeiseen palautumiseen.

7.3 Projektin suunnittelu ja toteutus

Projektimme suunnittelu tapahtui yhteistyössä Firstbeat Technologies Oy:n ja opinnäytetyötämme ohjaavan opettajan Pekka Natusen kanssa, mikä auttoi meitä mielekkään tutkimuksen järjestämisessä. Suunnitteluvaiheessa pohdimme muun muassa mittausjakson kestoa, koehenkilöiden määrää ja laadullisia ominaisuuksia, voimaharjoittelun laatua ja harjoituskertojen lukumäärää sekä sykeanalyysimittausten määrää ja luonnetta. Päästyämme näistä asioista yhteisymmärrykseen aloitimme tutkimuksen varsinaisen työstämisen.

7.3.1 Mittausten ajankohta ja mittausjakso

Kaikki projektissamme käytetyt mittaukset ovat keväältä 2009. Tarkempi mittausjakso oli pääsääntöisesti 13.4.–10.5.2009. Henkilökohtaisista syistä kaksi koehenkilöä aloitti mittausjakson viikon varsinaista ajankohtaa myöhemmin ja siitä johtuen jatkoi sitä myös viikon pidempään.

Mittausjakson kestoksi valitsimme siis neljä viikkoa. Suunnitteluvaiheessa päädyimme opinnäytetyömme ohjaajien kanssa tulokseen, että neljän viikon aikana saisimme riittävästi tietoa pidemmällä aikavälillä tapahtuvan voimaharjoittelun vaikutuksista palautumiseen, mutta projekti ei silti paisuisi liian laajaksi kokonaisuudeksi. Koska lisäksi tiesimme mittausjakson olevan intensiivinen ja vaativan koehenkilöiltä sekä aikaa että sitoutumista, katsoimme neljän viikon olevan sellainen aika, minkä koehenkilöt pystyisivät vielä motivoituneesti suorittamaan.

7.3.2 Koehenkilöt

Ajattelimme sopivan koeryhmän muodostuvan noin kymmenestä koehenkilöstä, jotta saisimme tutkimusmateriaalia tarpeeksi selvittämään, löytyykö tuloksista mahdollisesti yhteneväisyyksiä. Etsimme projektiimme vuosina 1975–1985 syntyneitä miespuolisia koehenkilöitä, joilla ei mittausjakson aikana olisi juurikaan muita liikuntaharras-

tuksia, jotta palautumisen seuranta olisi luotettavampaa. Koehenkilöiden ikähaitari määräytyi lähinnä fysiologian pohjalta, sillä sydämen sykevälivaihtelun on osoitettu laskevan ikääntymisprosessin myötä (Kawachi 2000). Valitsimme nuoria, yli 20-vuotiaita koehenkilöitä, joilla lisäksi voimaharjoitusten tekeminen on fysiologisesti katsottuna tehokasta ja palautuminen nopeaa. Koehenkilöiden ikään vaikutti myös se, että ajattelimme koeryhmän keräämisen oman ikäistemme joukosta olevan helpompaa kuin jostain muusta ikäryhmästä. Lisäksi halusimme rajata ja yhtenäistää projektiamme, jonka vuoksi koehenkilöiden iät saivat poiketa toisistaan maksimissaan kymmenellä vuodella. Projektiimme osallistui alun perin 11 koehenkilöä, joista yhdeksän oli mukana mittausjakson loppuun saakka. Koeryhmä muodostui tuttavapiiristämme.

Haimme projektiimme ainoastaan miespuolisia koehenkilöitä homogeenisemmän koeryhmän aikaansaamiseksi ja koska käsite maksimivoima on ajatuksissa helpompi yhdistää miehiin. Tämä perustuu todennäköisesti siihen, että miesten absoluuttinen voima on suurempaa kuin naisten johtuen miesten lihasten suuremmasta poikki- ja solupinta-alasta (Häkkinen 1990, 168). Monesti miehet myös uskaltavat kuntosalilla käydessään turvautua isompiin painoihin kuin naiset, mikä on olennaista maksimivoimaharjoittelun onnistumisessa. Uskoimme myös koehenkilöiden löytyvän helpommin miesten kuin naisten joukosta.

Ennen mittausjakson alkua koehenkilöt täyttivät Firstbeat Technologies Oy:n esitietolomaketta mukaillen laatimamme taustatietolomakkeen (ks. liite 4), jolla varmistimme heidän terveydentilansa olevan kunnossa ja sitä kautta totesimme heidän pystyvän turvallisesti osallistumaan tutkimukseen. Lisäksi taustatietolomakkeella selvitimme koehenkilöiden liikunta-aktiivisuutta (ks. liite 5) ja urheilutaustaa, unen ja stressin määrää sekä energian saantia, mikä on olennaisessa asemassa puhuttaessa fyysisestä kuormituksesta ja erityisesti sen jälkeisestä palautumisesta. Koehenkilöt olivat liikuntataustoiltaan hyvin erilaisia. Osa koehenkilöistä oli tehnyt voimaharjoittelua ja maksimivoimaharjoitteluaakin jo pidempään, kun taas osalla oli voimaharjoittelusta ainoastaan vähän kokemusta. Taustatietolomakkeen tiedoista erityisesti henkilön iän, pituuden, painon sekä aktiivisuusluokan perusteella Hyvinvointianalyysi -ohjelma muodosti fyysisen kuormittumisen raportista saatavat, arvioidut lukuarvot (mm. VO_{2max} , MET, EPOC).

TAULUKKO 2. Projektiin osallistuneiden henkilöiden taustatietoja.

koehenkilöt	ikä (v)	pituus (cm)	paino (kg)	aktiivisuusluokka	voimaharjoittelutausta	unen määrä (h)
1	23	182	82	3	1–3 krt/vko	6–8
2	23	171	69	4	harrastanut vähän	7
3	23	181	83	7,5	4–5 krt/vko	7–10
4	23	174	70	7	aiemmin säännöllisesti	6–11
5	24	187	96	7	3–4 krt/vko	7
6	24	191	90	7	3 krt/vko	8
7	26	180	95	6	harrastanut aiemmin	6–8
8	26	183	82	8,5	aiemmin säännöllisesti	6–8
9	29	182	83	9	ajoittain, aiemmin paljon	8–10

7.3.3 Voimaharjoittelun laatu ja harjoitusohjelmat

Saimme itse valita, minkälaisen voiman osalta projektimme halusimme tehdä. Firstbeat Technologiesilta ehdotettiin voimalajiksi maksimivoimaa, joka tuntui myös meidän mielestämme luonnolliselta valinnalta. Täysillä tehdyllä maksimivoimaharjoituksella voimaharjoittelun kuormitus saadaan maksimoitua ilman, että voimaharjoittelu kääntyy liikaa jo enemmän tutkitun kestävyysharjoittelun puolelle. Koska Hyvinvointianalyysi pohjautuu hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan, rakensimme harjoitusohjelmamme niin, että pääpaino oli hypertrofisessa maksimivoimaharjoittelussa (ks. kappale 4.1 Maksimivoimaharjoittelu). Tällöin toistoja tulee enemmän sarjaa kohden kuin pelkässä hermostollisessa maksimivoimaharjoittelussa, jolloin myös hengitys- ja verenkiertoelimistö ehtii kuormittua tehokkaammin. Lisäksi ajattelimme hypertrofisen voimaharjoittelun olevan koehenkilöille mielekkäämpää useampien toistojen takia ja hermostollinen voimaharjoittelu olisi saattanut muodostua loukkaantumisriskiksi etenkin vähemmän harjoitelleiden kohdalla, sillä se vaatii tekijältään täysin puhdasta tekniikkaa ja mielellään avustajaa.

Harjoitusohjelmat suunnittelimme yhdessä kokeneen voimaharjoittelua harrastavan ystävämme kanssa. Harjoitusohjelmia oli kaikkiaan kolme, joista jokainen oli määrä tehdä kerran viikon aikana. Ohjelmista kaksi painottui alavartaloon ja selkään sekä yksi ylävartalon lihaksiin (ks. liite 6). Pyrimme tekemään ohjelmista järkeviä kokonaisuuksia, joiden avulla fyysinen kuormittuminen harjoituksen aikana olisi mahdollisim-

man suurta, mutta ei kuitenkaan ylivoimaisen kuormittavaa. Tämän vuoksi harjoitusohjelmissa liikkeitä oli maksimissaan kuusi/ohjelma ja liikkeet keskittyivät erityisesti isojen lihasryhmien kuormittamiseen.

Valitsimme harjoitusohjelmiin helposti toteutettavia, yksinkertaisia liikkeitä suoritettavaksi esimerkiksi vapaiden painojen avulla, jotta harjoittelemisen olisi mahdollista lähes jokaisella kuntosalilla ja koehenkilöiden olisi helpompaa omaksua liikkeet sekä panostaa enemmän suoritustehoon. Tarkoituksenamme oli saada harjoitukset myös mahdollisimman mielekkäiksi koehenkilöille, jotta heidän motivaationsa säilyisi koko neljän viikon jakson ajan. Järjestimme koehenkilöille mahdollisuuden harjoitella ilmaiseksi Keljonkankaalla sijaitsevan Liikuntakeskus Linean tiloissa, jotta ainakaan kuntosalin löytäminen ei muodostuisi heille suoritusesteeksi. Suurin osa koehenkilöistä käyttikin tämän mahdollisuuden hyväkseen.

7.3.4 Mittaaminen

Mittaukset toteutettiin Suunnon Memory Belt -pannoilla, jotka tallentavat koehenkilön jokaisen sydämen lyönnin pinnan ollessa valmiustilassa (ks. liite 7). Sykepannoille tallentuneet datat purettiin ja analysoitiin Firstbeat hyvinvointianalyysiä käyttäen. Apuna meillä oli käytössä Firstbeat hyvinvointianalyysin tekninen käyttöohje. (Firstbeat Hyvinvointianalyysi. Tekninen käyttöohje). Mittauksissa tarvitsemamme välineet saimme lainaksi Firstbeat Technologies Oy:ltä.

7.3.5 Prosessin kulku

Ennen projektin aloittamista lähetimme tuleville koehenkilöillemme kutsukirjeen sähköpostitse, jossa kerroimme projektimme tavoitteista ja toteutustavasta (ks. liite 8). Kutsukirjeessä ilmoitimme myös päivämäärät, milloin koehenkilöillä on mahdollisuus osallistua järjestämäämme alkuinfoon. Alkuinfon tarkoituksena oli selvittää projektin kulkua.

Alkuinfossa jaoin koehenkilöille aloituspaketin, joka sisälsi esitteen Firstbeat Hyvinvointianalyysistä, sykepannan ja sen käyttöohjeet, viikon mittauspäiväkirjaa varten, ohjeet mittauksiin osallistumisesta (ks. liite 9) sekä lupa-anomuksen (ks. liite 10) ja taustatietolomakkeen. Ennen lupa-anomuksen allekirjoittamista kävimme aloituspaketin tarkasti yhdessä läpi ja varmistimme, että jokainen koehenkilö tietää, mihin on ryhtymässä.

Alkuinfon jälkeen siirryimme kuntosalille tekemään alkumittaukset harjoitusohjelmien liikkeissä käytettävien sopivien kuormien määrittämiseksi. Samalla pystyimme ohjaamaan ja tarvittaessa korjaamaan koehenkilöiden suoritustekniikoita. Alkumittaukset suoritimme toistomaksimiperiaatteella (ks. kappale 4.2 Voimaharjoittelun kuorman määrittäminen toistomaksimiperiaatteella). Alkumittauksista saamiemme tulosten avulla määritimme jokaiselle koehenkilölle yksilölliset kuormamäärät liikkeisiin ja merkitsimme ne heidän harjoitusohjelmiinsa. Yksilölliset harjoitusohjelmat koehenkilöt saivat sähköpostitse.

Infotilaisuuden jaoin useammalle päivälle, jotta alkumittaukset olisi mahdollista tehdä pienemmällä ryhmäkoolla. Tällöin ohjaaminen olisi yksilöllisempää eikä tilaisuus venyisi liian pitkäksi. Alkumittaukset olivat fyysisesti rankkoja, koska mittasimme kolmen harjoitusohjelman kuormat kerralla liikkeiden kokonaismäärän ollessa 13. Koehenkilöiden väsyessä maksimisuoritukseen ei välttämättä kannustuksesta huolimatta aivan päästy ja tämän vuoksi ohjasimme heitä tarvittaessa lisäämään kuorman määrää mittausjakson edetessä, jotta voimaharjoitukset pysyisivät koko jakson ajan mahdollisimman kuormittavina.

Seuraavan neljän viikon pituisen jakson aikana koehenkilömme tekivät kolme säädeltyä maksimivoimaharjoitusta viikossa, joista kaksi aikaisemmin määritettyä harjoituskertaa mitattiin viikoittain. Sykepanta oli tarkoitus ottaa käyttöön ennen harjoituksen alkua ja poistaa harjoituksen päätyttyä. Koska tutkimusosiomme tarkoitus oli kuitenkin seurata palautumista, panta otettiin käyttöön uudestaan harjoituksen jälkeisenä iltana ennen nukkumaanmenoa ja poistettiin herätessä. Näiden mittausten lisäksi jokaiseen viikkoon kuului yksi lepopäivää seuraava mitattu yö. Mittauksia oli siis kaikkiaan viisi yhden viikon aikana ja koko mittausjakson aikana 20.

Mittauksissa käyttämillemme sykepannoille mahtuu sykedataa runsaasti, mutta kuitenkin vain rajallinen määrä. Osa koehenkilöistä kävi tyhjennyttämässä pantaansa viikoittain, osa hiukan harvemmin riippuen pannassa olevan muistin täyttymisestä. Pantojen purkamisen yhteydessä näimme koehenkilöistä kahdeksaa vähintään kerran mittausjakson aikana. Samalla pääsimme kyselemään heidän kuulumisiaan ja tarkastelemaan heidän kanssaan jo analysoituja tuloksia. Lisäksi olimme koehenkilöihin yhteydessä mittausjakson edetessä sähköpostitse ja kannustimme heitä myös sitä kautta.

Koehenkilöiden oli määrä täyttää mittauspäiväkirjaa vähintään kaikkien fyysisten suoritusten ja niitä seuraavien öiden osalta. Päiväkirjaan oli tarkoitus merkitä voimaharjoituskertojen osalta kellonajat, muutokset kuormissa sekä tuntemukset. Myös muu fyysinen aktiivisuus ja mahdolliset psyykkeessä tapahtuneet isommat huomiot pyydettiin kirjaamaan. Lisäksi öiden aikaiset heräilyt ja aamun tuntemukset tuli kirjata muistiin, jos mahdollista.

Mittausjakson päätyttyä suoritimme koehenkilöille loppumittaukset alkumittausten tapaan. Loppumittausten tarkoituksena oli selvittää harjoitusjakson hyödyllisyyttä voiman lisääntymisen kannalta, joka osaltaan tukee käsitystä siitä, olivatko suunnittelemamme harjoitusohjelmat tarpeeksi kuormittavia ja kehittäviä. Ajattelimme tulevien loppumittausten myös motivoivan koehenkilöitä tehokkaampiin suorituksiin, koska kukapa ei haluaisi kehittyä voimaominaisuuksiltaan tällaisen mittausjakson aikana.

8 TULOKSET

Valitsimme tulososioon tutkittavaksi fyysisen kuormittumisen raportista VO_{2max} -, MET- sekä EPOC-arvot. EPOC:ia lukuun ottamatta kaikki arvot on ilmoitettu mittauskerran keskiarvoina. Taulukossa esiintyvä EPOC-arvo on harjoituskerran aikana ilmennyt korkein lukema eli $EPOC_{huippu}$. Stressin ja voimavarojen osalta tarkastelemme prosentuaalista palautumista sekä voimavaroja kuvaavaa suhdelukua. Tulososiossa käyttämämme käsitteet on esitelty aiemmin luvussa 2.

Tulokset olemme esittäneet viikoittain taulukkomuodossa. Ensimmäisen viikon taulukon olemme poimineet tekstin lomaan esimerkiksi (ks. taulukko 3) ja muiden viikko-

jen taulukot löytyvät liitteistä (ks. liite 11). Aineistoa havainnollistamme tuloksia selkeyttävinä pylvädiagrammeina. Vertailemme aluksi eri harjoitusohjelmien aikaan saamaa kuormittavuutta ja sen jälkeen harjoitusten ja lepyön jälkeistä palautumista. Vertailua teemme koko ryhmän sekä yksilöiden osalta. Pylvädiagrammeissa tarkastelemme harjoitusten osalta MET-arvoja kuormittavuuden selvittämiseksi ja öiden osalta prosentuaalista palautumista. MET-arvojen avulla on mahdollista nähdä yhden harjoituksen ajalta tietyn koehenkilön kokonaiskuormittuminen keskimääräisen energiankulutuksen kautta, kun taas $EPOC_{\text{huippu}}$ -arvot vastaisivat ainoastaan harjoituskerran kuormittavinta hetkeä. Toisaalta koska $VO_{2\text{max}}$ - ja MET-arvot korreloivat toisiaan, valitsimme MET-arvot, koska mielestämme ne ovat yksinkertaisemmin ymmärrettävissä.

Osalla koehenkilöistä mittaukset onnistuivat paremmin kuin toisilla. Etenkin yön aikaisissa mittauksissa esiintyi joidenkin koehenkilöiden kohdalla pitkiäkin aikoja, jolloin dataa ei ollut tallentunut pannalle. Tämän vuoksi mittauksen virheprosentti oli osalla liian suuri tulosten luotettavuuden kannalta. Tulosten analysoinnissa emme ole huomioineet arvoja harjoituksista, joissa mittausvirhe nousee yli 30 %:iin. Öiden aikainen mittausvirhe saa taas olla maksimissaan 25 %:a. Harjoitusten osalta katsoimme riittävän luotettavaksi hieman isommallakin virheprosentilla esiintyvät tulokset, koska fyysisen kuormittumisen aikainen sykevälivaihtelu on tasaisempaa kuin levon aikainen. Toisaalta yön aikana toteutetuissa stressimittauksissa virheellisiltä jaksoilta ei tunnusteta stressiä tai palautumista, jonka vuoksi mittausvirheen täytyy olla pienempi. Stressimittauksen osalta käytämme virheprosenttia, joka on Firstbeat Technologies Oy:n yleisesti käyttämä (20–25 %:a). (Kotisaari 2009.)

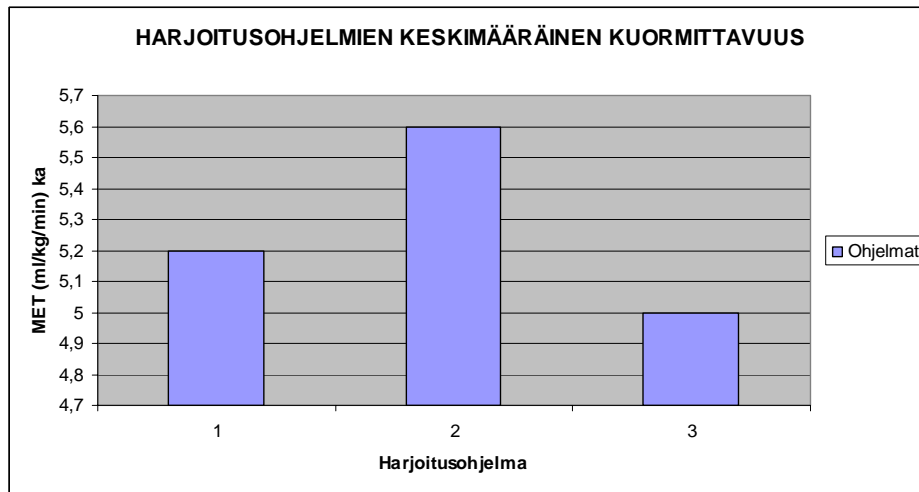
TAULUKKO 3. Ensimmäisen viikon mitattujen harjoitusohjelmien kuormittavuus ja öiden aikainen palautuminen.

Tulokset on esitetty yksilöittäin (yht. viisi mittausta). Tyhjät ruudut vastaavat epäonnistuneita mittauksia.

koehenkilöt	1. VIIKKO											
	1. harjoitus (ohjelma 2)			1. palautusyö		2. harjoitus (ohjelma 3)			2. palautusyö		lepyö	
	%-VO _{2max}	MET	EPOC huippu	%palautuminen	voimavarat	%-VO _{2max}	MET	EPOC	%palautuminen	voimavarat	%palautuminen	voimavarat
1	38	4,9	30			47	6,1	45			55	70
2	41	5,6	43	57	70	33	4,6	31	89	100	81	100
3	49	7,5	53	63	41	42	6,4	31	78	71	86	93
4	34	5,3	18	84	91	26	4,0	11			76	100
5	54	6,8	73	93	100	51	6,3	94	88	100	95	100
6	45	6,8	41			39	5,9	32				
7	36	4,8	35	91	100	44	5,9	61	91	100	91	100
8	51	7,6	54	33	24	34	5,0	10	90	100	47	34
9	28	4,1	16			29	4,2	14	90	100		

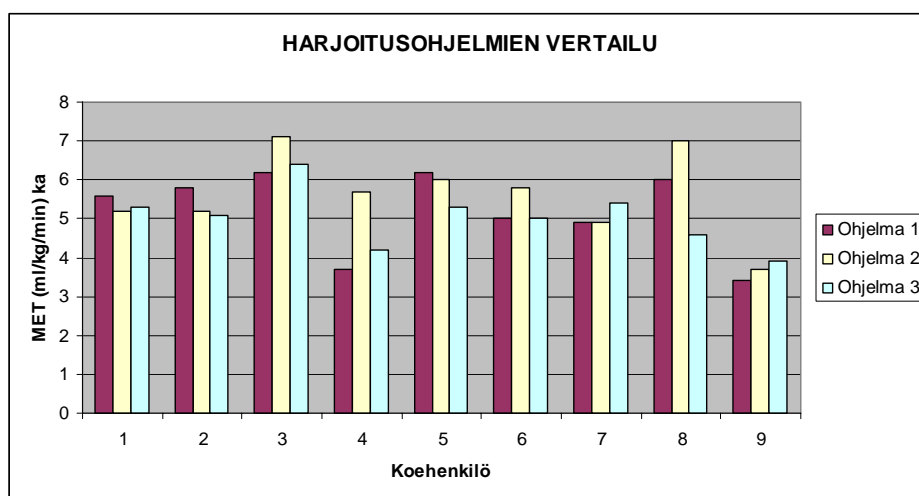
8.1 Harjoitusohjelmien kuormittavuus

Harjoitusohjelmien keskimääräistä kuormittavuutta vertailtaessa koko ryhmän osalta ja koko mittausjakson ajalta (ks. kuvio 10) harjoitusohjelma 2 osoittautuu kuormittavimmaksi. Harjoitusohjelmassa 2 rasitus kohdistui eniten suuriin lihasryhmiin käsittäen selän, pakaroiden ja takareisien lihakset. Toiseksi kuormittavin oli harjoitusohjelma 1, missä keskityttiin vahvistamaan rintalihaksia sekä kyynärvarren koukistaja- ja ojentajalihaksia. Vähiten kuormittava oli harjoitusohjelma 3, jossa painotus oli etureisien, pakaroiden ja pohkeiden lihaksissa. Erot harjoitusohjelmien kuormittavuuden välillä jäivät kuitenkin melko pieniksi vaihteluvälin ollessa koehenkilöiden arvioituina MET-arvoina mitattuna ainoastaan 5,0–5,6 eli 0,6 yksikköä.



KUVIO 10. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 keskimääräinen kuormittavuus MET-arvoina koko koeryhmän osalta.

Vertailtaessa eri harjoitusohjelmien kuormittavuutta yksilöllisemmin (ks. kuvio 11) erot harjoitusohjelmien välillä ovat pääsääntöisesti huomattavasti suurempia kuin tarkasteltaessa ryhmää kokonaisuutena. Parhaimmillaan yhden koehenkilön MET-arvot vaihtelivat jopa 2,4 yksikköä, mikä kertoo eri harjoitusten kuormittaneen häntä hyvin eriasteisesti. Toisaalta muutaman koehenkilön kohdalla vaihtelut olivat hyvinkin vähäisiä, alimmillaan 0,4 yksikköä, mikä tasaa keskiarvotuloksia. Korkeimmat MET-arvojen vaihtelut on nähtävissä koehenkilöillä, joita ohjelma 2 kuormitti eniten. Yksilöllisesti tarkasteltuna harjoitusohjelma 2 kuormitti eniten neljää, harjoitusohjelma 1 kolmea ja harjoitusohjelma 3 kahta koehenkilöä.



KUVIO 11. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 vertailu yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina.

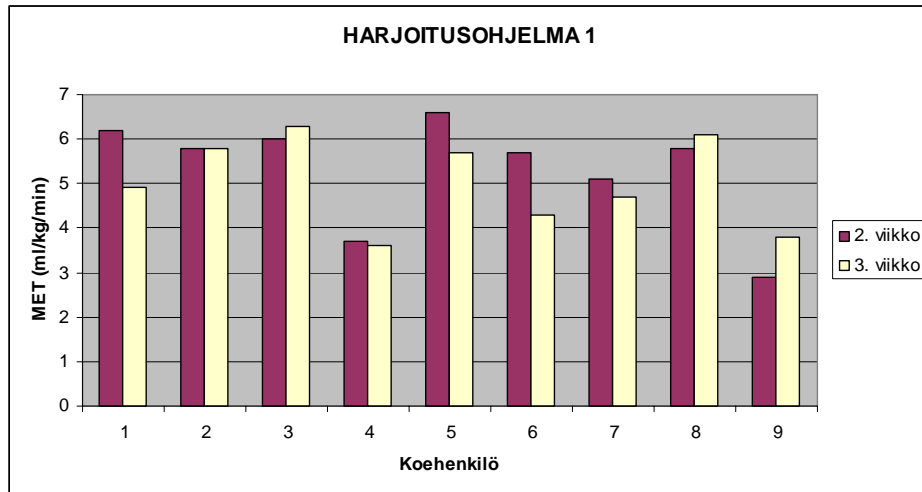
MET-arvot on ilmoitettu keskiarvoina harjoitusohjelmittain.

Vertailtaessa harjoitusjakson eri viikoilla tapahtunutta keskimääräistä kuormitusta koko ryhmän osalta (ks. kuvio 12) todetaan, että ensimmäinen viikko kuormitti koehenkilöitä eniten, minkä jälkeen viikoittainen kuormittavuus kääntyi laskuun. Viimeisellä viikolla kuormittavuudessa tapahtui kuitenkin vielä pientä kohoamista. Toisaalta erot eri viikkojen välillä olivat pieniä, MET-arvoina 4,9–5,7 eli 0,8 yksikköä. Viikoittaista kuormittumista tarkasteltaessa on kuitenkin syytä huomioida, että eri viikoilla mitattiin eri harjoitusohjelmien kuormittavuutta: viikolla 1 ohjelmat 2 ja 3, viikolla 2 ohjelmat 1 ja 2, viikolla 3 ohjelmat 1 ja 3 sekä viikolla 4 ohjelmat 2 ja 3.

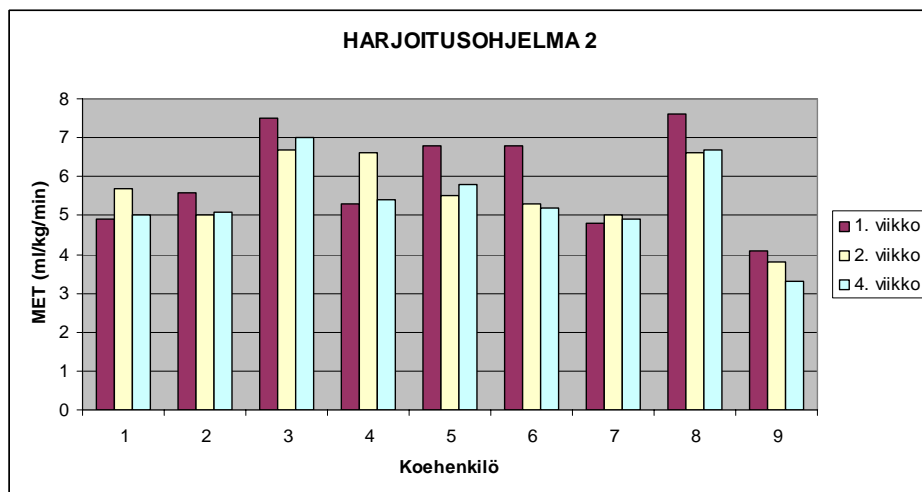


KUVIO 12. Harjoitusviikkojen keskimääräinen kuormittavuus MET-arvoina. MET-arvot on ilmoitettu keskiarvoina koko ryhmän osalta.

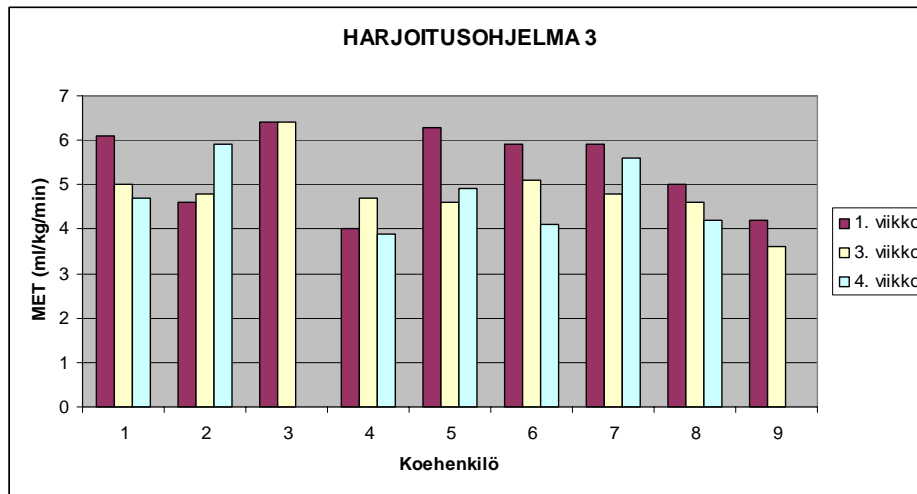
Tarkasteltaessa eri harjoitusohjelmien kuormittavuutta yksilökohtaisemmin viikoittain (ks. kuviot 13–15) on nähtävissä, että suurimmalla osalla koehenkilöistä ensimmäinen harjoituskerta jokaisen harjoitusohjelman osalta oli kaikkein kuormittavin. Harjoitusohjelmassa 1 tämä pätee viiden sekä harjoitusohjelmissa 2 ja 3 kuuden koehenkilön kohdalla. Yksilökohtaisen tarkastelun tuloksena on huomattavissa myös, että saman harjoitusohjelman tehokkuus vaihteli viikosta riippuen yhden koehenkilön kohdalla ajoittain paljonkin. Parhaimmillaan kevyimmän ja rasittavimman harjoituksen ero saman ohjelman kohdalla oli 1,8 MET-yksikköä. Suurimmat harjoituskertojen välillä tapahtuneet kuormituksen vaihtelut ilmenivät harjoitusohjelmissa 2 ja 3.



KUVIO 13. Harjoitusohjelman 1 kuormittavuus yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina. Harjoitusohjelma 1 mitattu viikoilla 2 ja 3.



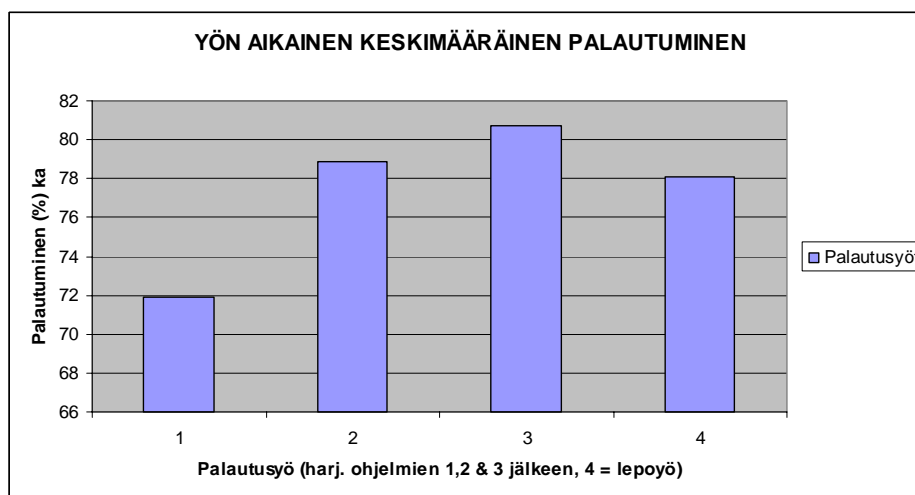
KUVIO 14. Harjoitusohjelman 2 kuormittavuus yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina. Harjoitusohjelma 2 mitattu viikoilla 1, 2 ja 4.



KUVIO 15. Harjoitusohjelman 3 kuormittavuus yksilöllisesti kuvattuna MET-arvoina. Harjoitusohjelma 3 mitattu viikoilla 1, 3 ja 4.

8.2 Harjoitusten ja lepopäivien jälkeinen palautuminen

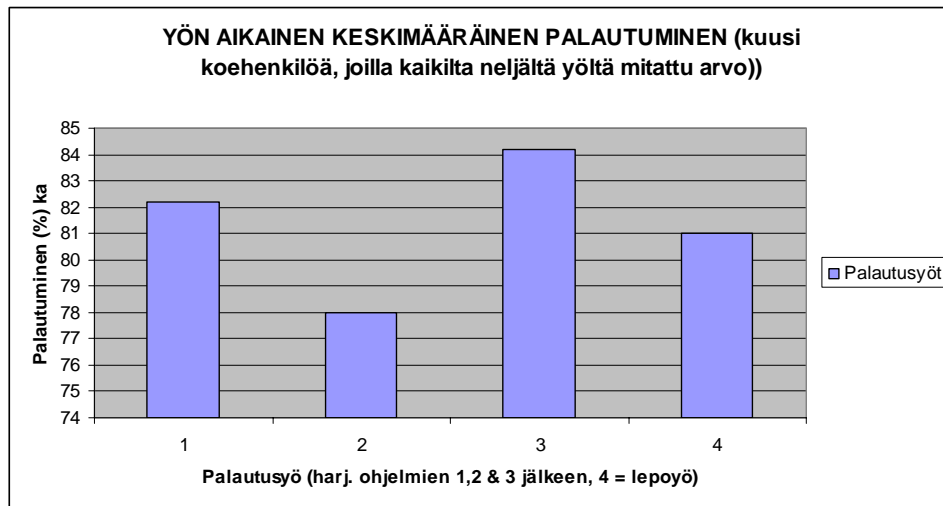
Mitattujen öiden keskimääräistä arvioitua palautumista vertailtaessa koko ryhmän osalta ja koko mittausjakson ajalta (ks. kuvio 16) harjoitusohjelman 3 jälkeen mitatut yöt osoittautuvat palauttavimmiksi. Toiseksi palauttavimpia olivat yöt, jotka mitattiin harjoitusohjelman 2 jälkeen, kun taas lepopäiviä seuraavien öiden palautuminen sijoittui hieman ohjelman 2 jälkeisen yön lukuarvoa alemmaksi. Vähiten palautumista tapahtui harjoitusohjelman 1 jälkeisinä öinä. Palautumisen prosentuaalinen vaihtelu mitattujen öiden välillä on 71,9–80,7 eli ero on kaikkiaan 8,8 % -yksikköä.



KUVIO 16. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 sekä lepo yön jälkeinen palautuminen keskiarvoistettuna koko koeryhmän osalta.

Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a.

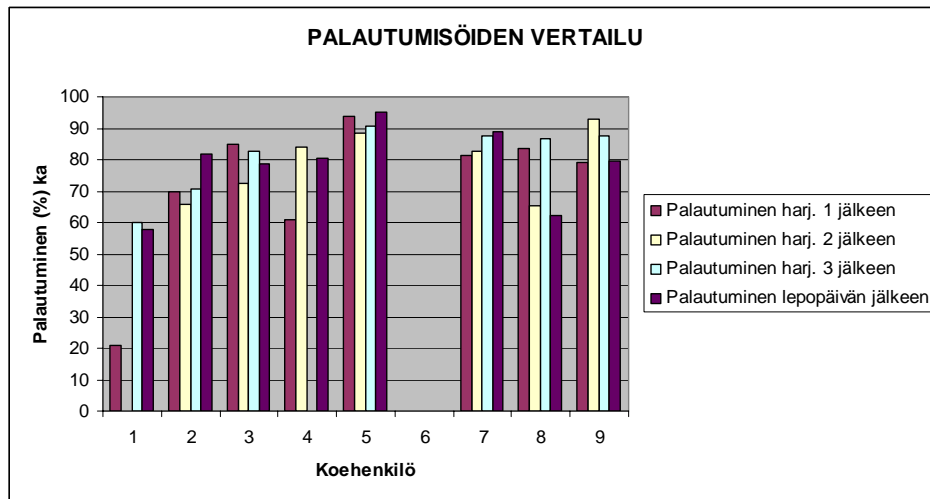
Koska joillakin koehenkilöillä osa yönaikaisista mittauksista epäonnistui liian korkean virheprosentin vuoksi, heidän mittauksiaan ei voitu analysoida jokaisen mitatun yön osalta. Kun tarkastellaan yönaikaista keskimääräistä palautumista ainoastaan niiden koehenkilöiden osalta (6 kpl), joilla oli kaikilta öiltä onnistuneesti mitatut arvot (ks. kuvio 17), nähdään, että palautuminen seurasi pitkälti samaa linjaa kuin harjoitusten kuormittavuus. Kuormittavimman harjoitusohjelman 2 jälkeinen palautuminen oli vähäisintä. Harjoitusohjelmien 1 ja 3 jälkeinen palautuminen pysyi myös linjassa kuormittavuuden kanssa tarkoittaen sitä, että kevyimmäksi osoittautuneen harjoitusohjelman 3 jälkeinen palautuminen oli suurinta. Lepopäiviä seuranneiden öiden aikainen palautuminen oli toiseksi vähäisintä. Palautumisen prosentuaalinen vaihtelu näiltä kuudelta koehenkilöltä mitattujen öiden välillä oli 78–84,2 eli ero oli kaikkiaan 6,2 % -yksikköä.



KUVIO 17. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 sekä lepyön jälkeinen palautuminen keskiarvoistettuna kuuden koehenkilön osalta, joilla kaikki yönaikaiset mittaukset olivat onnistuneet.

Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a.

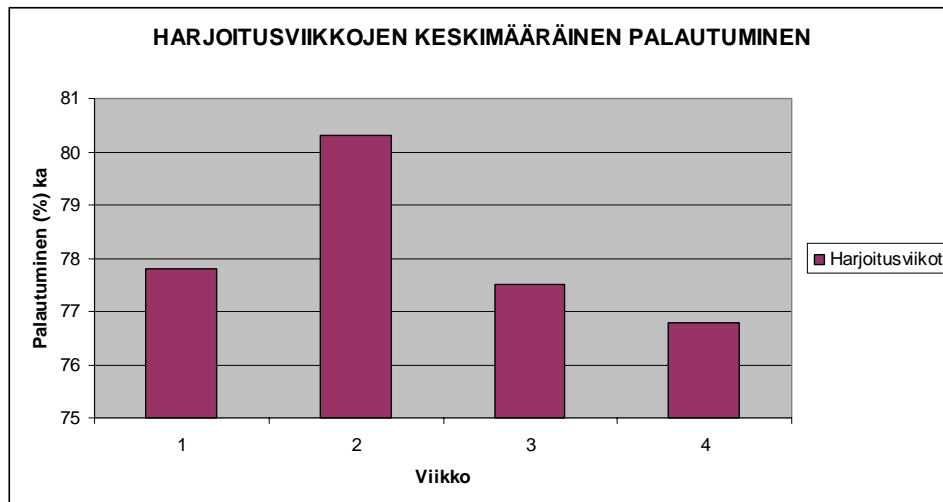
Vertailtaessa mitattujen öiden palautumista yksilöllisemmin (ks. kuvio 18) erot yönaikaisten palautumisten välillä ovat kuormittumisen tapaan pääsääntöisesti suurempia kuin koko ryhmää tarkasteltaessa. Parhaimmillaan yhden koehenkilön prosentuaalisen palautumisen arvot vaihtelivat jopa 39 % -yksikköä ja pienimmillään 6,5 % -yksikköä. Öiden aikaisen palautumisen seurannassa on kuitenkin huomioitava, ettei yksistään harjoituksen aikaisella fyysisellä kuormittumisella ole koko osuutta yön aikaisen palautumisen määrään, vaan siihen vaikuttavat myös päivän aikaiset muut fyysiset ja psyykkiset tapahtumat.



KUVIO 18. Harjoitusohjelmien 1, 2 ja 3 sekä lepopäivän jälkeisen palautumisen vertailu yksilöllisesti kuvattuna.

Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a. Palautumisen arvot on keskiarvoistettu yökohtaisesti.

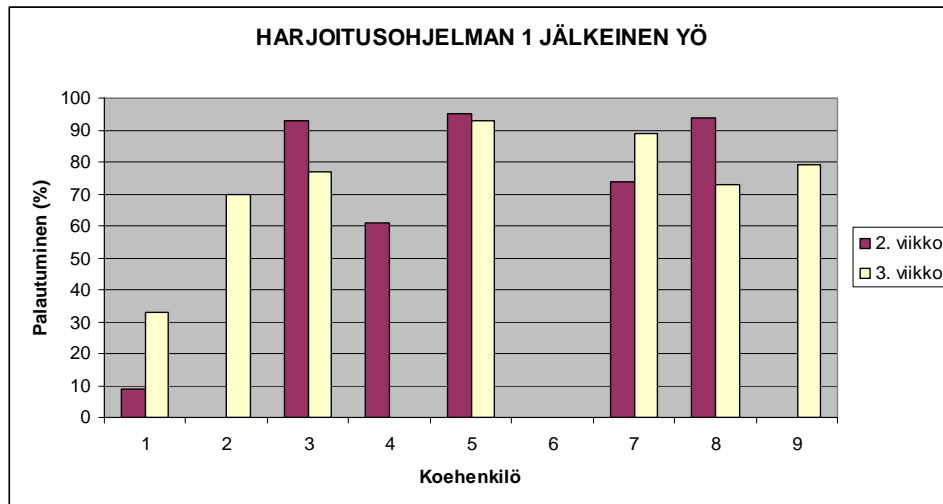
Vertailtaessa harjoitusjakson eri viikoilla tapahtunutta keskimääräistä palautumista (ks. kuvio 19) nähdään, että toisella viikolla palautuminen oli kaikkein suurinta ja viimeisellä viikolla vähäisintä. Erot viikkojen vaihteluissa liikkuvat välillä 76,8–80,4 eli 3,6 % -yksikköä.



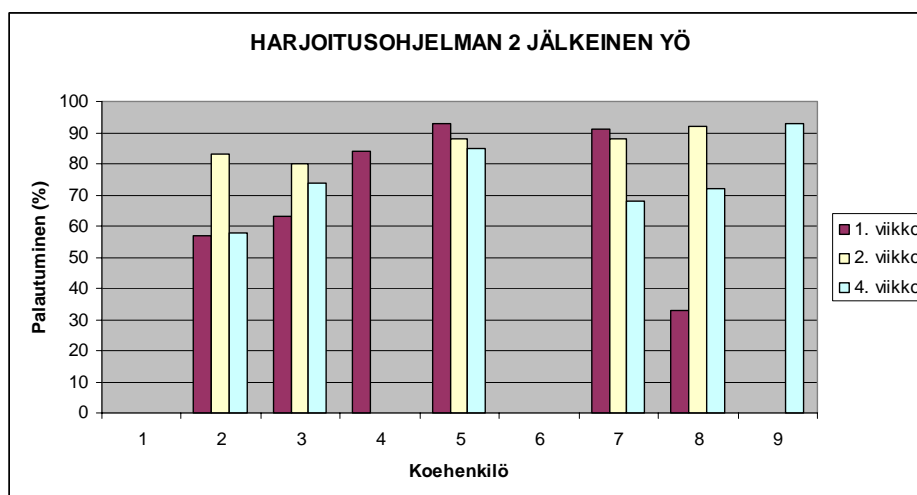
KUVIO 19. Harjoitusviikkojen keskimääräinen palautuminen.

Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a. Prosenttiarvot on ilmoitettu keskiarvoina koko ryhmän osalta.

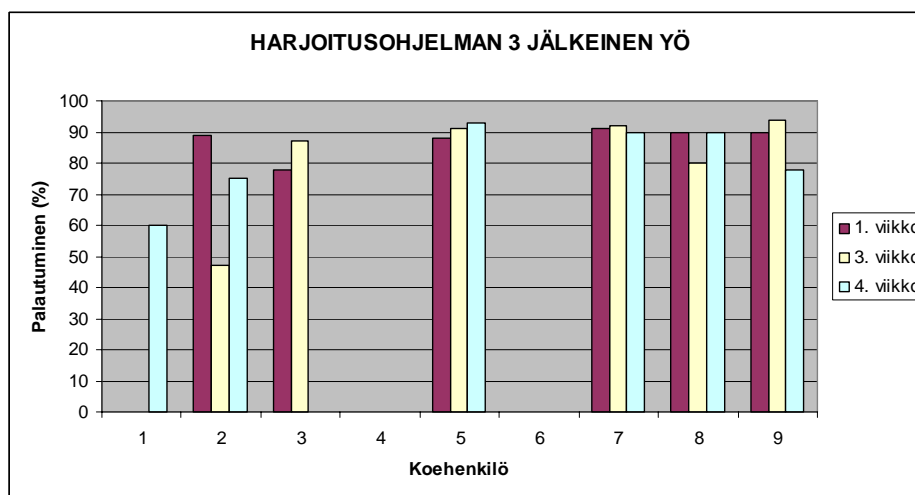
Tarkasteltaessa eri harjoitusohjelmien jälkeistä viikoittaista palautumista yksilökohtaisemmin (ks. kuviot 20–22) nähdään, että palautuminen oli yksilöstä riippuen hyvin erilaista eikä yhtäläisyyksiä ole nähtävissä samalla tavoin kuin kuormittavuuden kohdalla. Useampia yönaikaisia mittauksia myös epäonnistui, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa.



KUVIO 20. Harjoitusohjelman 1 jälkeinen palautuminen yksilöllisesti kuvattuna. Harjoitusohjelma 1 mitattu viikoilla 2 ja 3. Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a.



KUVIO 21. Harjoitusohjelman 2 jälkeinen palautuminen yksilöllisesti kuvattuna. Harjoitusohjelma 2 mitattu viikoilla 1, 2 ja 4. Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a.



KUVIO 22. Harjoitusohjelman 3 jälkeinen palautuminen yksilöllisesti kuvattuna. Harjoitusohjelma 3 mitattu viikoilla 1, 3 ja 4. Palautuminen on ilmoitettu prosentteina yöajasta, jolloin täydellistä palautumista vastaa 100 %:a.

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja saatujen tulosten valossa pohtia Firstbeat -sykevälialianalyysin soveltuvuutta maksimivoimaharjoittelun jälkeisen yönaikaisen palautumisen mittaamiseen. Jotta tämä olisi mahdollista, pyrimme selvittämään, vaikuttaako päivällä tehty maksimivoimaharjoitus ylipäänsä yönaikaiseen palautumiseen ja millä suuruudella. Aikaisemmin tämän opinnäytetyön luvussa 5 olemme käsitelleet sykevälivaihtelua teoreettisesti, minkä pohjalta voidaan todeta sykevälivaihtelun antavan monipuolista ja melko tarkkaakin tietoa autonomisen hermoston toiminnasta sekä erityisesti tämän opinnäytetyön kannalta merkittävän parasympaattisen, lepoa ja palautumista säätelevän haaran toiminnasta.

Työn päätuotoksena syntyi projekti, joka käsittää kvantitatiivisen tutkimusosion. Sykevälivaihtelun ja Firstbeat -sykevälialianalyysin käyttöä urheilijoiden apuna on tutkittu jonkin verran jo ennestään ja tuloksina on todettu sykevälivaihtelun antavan pätevää tietoa muun muassa urheilijoiden palautumisesta. Sitä kautta myös mahdollisia ylikuormitustiloja on voitu urheilijoilla selvittää ja välttää. Kuitenkin voimaharjoittelu ja sen jälkeinen palautuminen on jäänyt tutkimuksissa vähemmälle huomiolle, minkä vuoksi tämä projekti aloitettiin – tavoitteena tuottaa uutta näkökulmaa Firstbeat -sykevälialianalyysin ja tarkemmin sanottuna Firstbeat Hyvinvointianalyysin käyttömah-

dollisuuksista. Koska sykevälivaihtelu perustuu hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintaan lihastason paikallisen kuormittumisen sijaan, voi järkevästi selittää, miksi voimaharjoittelun aiheuttamat muutokset sykevälivaihtelun avulla toteutetussa palautumisen seurannassa ovat jääneet vähemmälle huomiolle. Toisaalta, jos voimaharjoittelu toteutetaan riittävän suurella intensiteetillä, pitäisi sen rasittaa kestävyysharjoittelun tavoin myös hengitys- ja verenkiertoelimistöä ja sen vuoksi kuormittumisen vaikutus saattaa näkyä myös palautumisessa.

Tässä opinnäytetyössä aiemmin esittelemiimme muihin projekteihin verrattaessa oma projektimme eroaa muista pääasiassa tarkastelun kohteena olevan harjoitusmuodon vuoksi. Lisäksi valitsimme tuloksien tarkastelemiseen MET-arvot mittamaan harjoitusvaikutusta, kun taas aikaisempien projektien tutkimuksissa on käytetty pääsääntöisesti EPOC-arvoja. Hynynen ja muut (2006, 17–18) totesivat projektissaan EPOC-arvojen soveltuvan käytettäväksi lähinnä kestävyysharjoittelun yhteydessä, sillä heidän tulostensa mukaan EPOC-arvot jäivät hyvin alhaisiksi mitattaessa niitä voimaharjoittelun osalta. Tämän tuloksen ja myös omien tulostemme vuoksi olikin mielestämme perusteltua valita MET-arvot kuormittumisen tarkempaan tarkasteluun. Vaikka selvitimme harjoitusvaikutusta aikaisemmin käsittelemistämme tutkimuksista poiketen eri arvolla, tuloksissa ilmeni silti paljon yhtäläisyyksiä. Tekemämme tutkimuksen mukaan sykevälivaihtelun avulla tarkasteltuna maksimivoimaharjoittelulla ja palautumisella on yhteys toisiinsa, kuten on myös kestävyysharjoittelulla ja palautumisella. Lisäksi aikaisempien projektien tavoin myös meidän projektissamme korostuivat koehenkilöiden väliset yksilölliset erot. On kuitenkin syytä huomioida, että tekemämme projekti antaa ainoastaan yhden selvityksen voimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seurannasta ja koska tarkempia vertailukohtia ei ole, on projektin tuloksia tarkasteltava kriittisesti.

9.1 Projektin luotettavuus

Kaikille tutkimuksille on yhteistä se, että ne pyritään toteuttamaan mahdollisimman vähäisillä virheillä. Siitä huolimatta tutkimusten luotettavuudet ja pätevyyydet vaihtelevat suuresti. Luotettavuuden arviointi onkin olennainen osa jokaista tutkimusta. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2004, 216.) Myös tässä opinnäytetyössä tuli esiin vir-

heitä, jotka vaikuttivat heikentävästi projektin kulkuun ja tutkimusosion tuloksiin. Toisaalta esiin tuli paljon myös asioita, jotka mielestämme lisäsivät tämän opinnäytetyön tutkimusosion luotettavuutta.

Mittausjakso oli kestoaltaan neljä viikkoa, minkä aikana saimme mielestämme riittävästi materiaalia tulosten tulkintaa varten eivätkä yksittäiset epäonnistuneet mittaukset vaikuttaneet merkittävästi projektin lopputulokseen. Tällöin esimerkiksi koehenkilöillä olleet ”väsyneemmät” harjoituskerrat tai huonommin nukutut yöt eivät yksittäisinä tuloksina olleet olennaisesti merkittäviä tämän opinnäytetyön lopullisten tulosten kannalta. Mittausjakso oli mielestämme sopivan pituinen myös ylläpitämään koehenkilöiden motivaatiota loppuun saakka, mikä ilmeni heidän kommentistaan, mittauspäiväkirjoistaan sekä Hyvinvointianalyysillä mitatuista tuloksistaan. Alku- ja loppumittaus-ten perusteella voitiin lisäksi todeta, että suurimmalla osalla koeryhmäläisistä tapahtui voimankehitystä mittausjakson aikana. Toisaalta, jos mittausjakso olisi ollut pidempi, olisi se lisännyt tulosten luotettavuutta entisestään. Pidempi mittausjakso olisi kuitenkin vaatinut koehenkilöiltä pitkäjänteisyyttä ja runsasta sitoutumista, minkä vuoksi koeryhmä olisi täytynyt todennäköisesti koota sellaisista henkilöistä, joiden laji vaatii voimaharjoittelua muutenkin.

Koeryhmä koostui yhdeksästä henkilöstä, mikä oli mielestämme riittävä otanta tuottamaan tutkimuskelpoista materiaalia. Jos koehenkilöitä olisi ollut mukana enemmän, luotettavuus ja pätevyys olisivat lisääntyneet runsaamman aineiston vuoksi. Samalla opinnäytetyö olisi kuitenkin paisunut meille liian laajaksi kokonaisuudeksi. Koeryhmä oli iältään ja sukupuoleltaan yhtenäinen, minkä vuoksi tuloksia oli mahdollista analysoida koko ryhmän osalta. Toisaalta ryhmän homogeenisyyttä rikkoi se, että koehenkilöillä oli erilaiset liikuntataustat, etenkin voimaharjoittelutaustat, mitä emme huomioineet tulosten analysointivaiheessa. Parilta koehenkilöltä puuttui voimaharjoittelukokemus jopa lähes täysin, minkä vuoksi täyttä tehoa vaativa maksimivoimaharjoittelu heti alkuun oli hieman järjetön tehtävä heille. Suurin osa koehenkilöistä teki mittausjakson ajan myös muuta liikuntaa, mikä vaikeutti analysointia siitä, liittyikö mitatun palautumisen määrä enimmäkseen voimaharjoitteluun vai myös johonkin muuhun fyysiseen kuormitukseen. Painotimme kuitenkin mittausjakson alussa, että koehenkilöt eivät teki mittauspäivänä muuta arkipäivän rutiineista poikkeavaa fyysistä toimintaa, mikä toteutuikin kohtalaisen hyvin.

Koehenkilöille mittausjakson aikana tehdyt alku- ja loppumittaukset antoivat mielestämme oman panoksensa koehenkilöiden motivoimiseksi. Alkumittauksissa saimme ohjattua ja tarkastettua liikkeiden suoritustekniikat sekä toistomaksimin avulla määritettyä riittävät aloituspainot, mikä takasi sen, että koehenkilöt uskalsivat ja osasivat laittaa liikkeisiin riittävästi kuormaa maksimaalisia suorituksia varten. Koska alku- ja loppumittauksissa testattiin painot kaikkiin harjoituksissa käytettyihin liikkeisiin samalla kertaa, mittaukset olivat koehenkilöille fyysisesti hyvin rankkoja. Viimeisimpänä tehdyt liikkeet saattoivatkin antaa koehenkilöiden väsymyksen vuoksi virheellisiä tuloksia. Virheellisiä tuloksia aiheutti myös se, että aloituskuorman määrä, millä koehenkilö jaksaisi tehdä mahdollisimman vähän toistoja, oli vaikea asettaa. Lisäksi kuntosalilla, jossa mittaukset suoritettiin, loppui joidenkin liikkeiden kohdalla painot kesken. Näiden seikkojen vuoksi toistoja kertyi ajoittain liian paljon luotettavan maksimin määrittämiseksi. Ensimmäisten harjoituskertojen aikana koehenkilöt joutuivatkin vielä tarkistamaan painojansa. Alku- ja loppumittauksista saatujen tulosten luotettavuutta heikensi mahdollisesti myös mittaajien kokemattomuus voimaharjoittelun kuormien määrittämisessä sekä mittauskertojen suunnittelemattomuus. Alku- ja loppumittauksissa osa liikkeistä suoritettiin eri järjestyksessä, minkä vuoksi tulokset eivät olleet täysin vertailukelpoisia. Joidenkin koehenkilöiden kohdalla myös mittaaja vaihtui alku- ja loppumittauksen välillä, mikä saattoi näkyä tuloksissa. Pää tarkoituksena oli kuitenkin lähinnä alkumittausten avulla selvittää koehenkilöille sopivat harjoittelukuormat maksimaaliseen voimaharjoitteluun, missä onnistuimme mielestämme loppujen lopuksi hyvin.

Mittausjakson aikana käytettiin kolmea harjoitusohjelmaa viikoittain, mikä mahdollisti sen, että harjoitukset kohdistuivat eri lihasryhmiin ja kuormittivat koko vartaloa. Uskomme tämän motivoineen koehenkilöitä. Fyysisen kuormittumisen raporteista näimme myös, että suurimmalla osalla koehenkilöistä yksittäiset harjoitteet olivat kuormittaneet heitä hyvin kaikkien kolmen ohjelman kohdalla. Maksimaalisen hapenottokyvyn kautta mitattu, yksittäisten harjoitteiden rasitustaso nousi kaikilla koeryhmän jäsenillä suurimmassa osassa mittauksia 50–85 %:iin vastaten kohtalaisesta erittäin raskasta liikuntaa, mikä kertoi harjoitteiden olleen riittävän kuormittavia. Tulososiossa olisimmekin voineet tarkastella enemmän yksittäisten harjoitteiden kuormittavuuden kautta harjoituskerran rasitustasoa, koska ainoastaan MET:ien osalta keskiarvoja tarkastellessamme rasitustason arvot jäivät melko pieniksi. Harjoitusohjelmissa pääpaino oli hypertrofisessa maksimivoimaharjoittelussa, minkä vuoksi Hyvinvointianalyysin

mittaama hengitys- ja verenkiertoelimistö ehti luultavasti kuormittua liikkeiden aikana paremmin kuin hermostollisessa maksimivoimaharjoittelussa toistomäärän ansiosta. Harjoitusohjelmat laadimme itse ja ne olivat ensimmäiset maksimivoimaharjoitteluun liittyvät saliohjelmat, mitkä olimme koskaan tehneet. Tämän vuoksi ohjelmien toimivuus jännittikin meitä. Onneksi saimme kuitenkin ulkopuolista apua ohjelmien laatimiseen, mikä vahvisti uskoamme harjoitusohjelmien hyvästä laadusta. Koehenkilöiden fyysisestä kuormittumisesta myös näkyi, että ohjelmat toimivat käytännössä haluamallamme tavalla.

Tarjosimme koehenkilöille mahdollisuuden harjoitella ilmaiseksi Liikuntakeskus Liinean kuntosalilla, mikä takasi sen, että ainakaan kuntosalin puute ei muodostunut kenellekään harjoitusesteeksi ja kaikki harjoitusohjelmissä käytetyt liikkeet oli mahdollista toteuttaa. Useimmat koehenkilöistä käyttivätkin tämän mahdollisuuden hyväkseen. Harjoitusten aikaiset mittaukset onnistuivat hyvin ja saimme materiaalia lähes kaikista mittauksista, minkä vuoksi tulosten tarkastelu oli luotettavampaa. Tähän vaikutti varmasti myös se, että mittausmenetelmä itsessään oli yksinkertainen käyttää eikä vaatinut koehenkilöiltä erityisiä järjestelyjä. Toisaalta osalla yönaikaisia mittauksia epäonnistui runsaastikin liian ison virheprosentin vuoksi, mikä johtui pääasiassa siitä, että panta oli yöllä liikkunut pois paikoiltaan ja mittaus sen vuoksi keskeytynyt. Tämä johti siihen, että palautumisen osalta saimme hyväksytyjä mittaustuloksia suhteessa vähemmän ja jouduimme jättämään osan koehenkilöistä yöajalta saatujen tulosten analysointivaiheessa jopa tarkastelun ulkopuolelle, että tulokset säilyivät mahdollisimman luotettavina. Yönaikaisia mittauksia tarkastelimme koko mittausjakson ajalta. Emme siis jättäneet pois aikaa, jolloin koehenkilöt eivät olleet mahdollisesti vielä nukahtaneet (esim. ½ tuntia mittausjakson alusta), mikä luultavasti vähensi yönaikaista kokonaispalautumista. Koehenkilöille kerran viikkoon kuuluneet lepopäivät eivät myöskään kaikkien kohdalla pysyneet palauttavina päivinä, minkä vuoksi lepopäiviä seuranneisiin palautumisöihin saattoi vaikuttaa heikentävästi päivän aikana tehdyt fyysiset suoritukset, vaikka koehenkilö itse olisikin luokitellut harjoitukset ”kevyiksi”.

Palautumisen luotettavan arvioinnin lisäämiseksi olisimme voineet käyttää mittausten tukena koehenkilöiden itsearviointia nukutun yön tuntemuksista, mikä olisi ollut yksinkertainen toteuttaa aamuisin täytettävällä subjektiivisella mittarilla. Myös koko mittauspäiväkirja olisi pitänyt olla paremmin ohjelmoitu, mikä olisi lisännyt koehenkilöiden tuntemusarvioiden ja muidenkin merkintöjen määrää. Nyt koehenkilöille anta-

mamme tyhjä vihko ei tähän pystynyt tarkasta ohjeistuksesta huolimatta. Tosin olisimme voineet itsekkin olla tämän projektin organisoijina intensiivisemmin mukana koehenkilöiden mittausjakson etenemisessä.

9.2 Projektin eettisyys

Tehtäessä tutkimusta, jossa käytetään ihmisiä koehenkilöinä, on tarkasteltava myös tutkimuksen eettisyyttä. Eettisyys on haastava käsite, mikä on ollut pitkään esillä niin lääketieteellisen kuin yhteiskuntatieteellisenkin tutkimuksen piirissä. Tutkimuksen eettisyydestä puhuttaessa tärkeimmät asiat liittyvät koehenkilöiden päätösvapauden turvaamiseen sekä yksityisyyden suojaan. (Clarkeburn & Mustajoki 2007, 66.)

Tämän opinnäytetyön sisältämän projektin alkuvaiheessa lähetimme mahdollisille koehenkilöille kutsukirjeen, missä kerroimme projektin tavoitteista ja kestosta. Jos kutsukirjeen lukijan kiinnostus heräsi, hänen oli mahdollisuus osallistua infotilaisuuteen, missä täsmensimme projektin kulkua ja sen vaatimia toimenpiteitä. Vasta tämän jälkeen koehenkilöt tekivät lopullisen valintansa siitä, olivatko he halukkaita osallistumaan projektiin. Projektiin osallistuminen oli siis kaikille vapaaehtoista ja keskeyttäminen sallittua missä tahansa projektin etenemisen vaiheessa, minkä kaksi alkuperäisestä koeryhmästäme käyttikin hyväkseen jo mittauksen alkutaipaleella. Varsinaisen projektin alkaessa mukaan lähteneet koehenkilöt allekirjoittivat lupa-anomuksen, jossa he antoivat meille mahdollisuuden käyttää heidän mittauksiaan tämän opinnäytetyön tekemisessä. Koko prosessin ajan käsitelimme koehenkilöitä anonyymisti, mikä säilytti heidän yksityisyytensä.

9.3 Tulosten yhteenveto ja johtopäätökset

”Ennen harj. → väsynyt, harj. aikana → oksettava, harj. jälkeen → väsynyt, mutta onnellinen ☺”

(Ote erään koehenkilön mittauspäiväkirjasta.)

Harjoitusohjelmien osalta voidaan sanoa keskimääräisen kuormittavuuden koko ryhmää tarkasteltaessa olleen tasaista, vaikka harjoitusohjelma 2 nousikin kuormittavuudeltaan aavistuksen yli muiden. Yksilöllisesti erot olivat kuitenkin suurempia ja kuormittavimman harjoitusohjelman titteli vaihteli koehenkilöstä riippuen. MET-arvot olivat ryhmätasolla viidestä kuuteen, mikä vastaa kohtalaista liikuntaa. Yksilöllisesti vaihteluväli oli suurempi noin kolmesta seitsemään MET:iä, mikä voidaan yhdistää kevyestä kohtalaiseen liikuntaan. (Litmanen ym. 2000, 92.) Koska voimaharjoittelun aikana tulee suoritusten väleissä palauttavia taukoja, vaikuttaa se luonnollisesti koko harjoituskerran MET:ien keskiarvoon. Tämän vuoksi onkin ymmärrettävää, että MET-arvot jäivät kohtalaisen alhaisiksi ja vaihteluvälit harjoitusten välillä pieniksi toisin kuin yhtäjaksoisissa kestävyys suorituksissa. Lisäksi on muistettava MET-arvojen olevan vain koehenkilön taustatietojen perusteella Hyvinvointianalyysi -ohjelman muodostama arvio, mihin vaikuttaa muun muassa koehenkilön subjektiivinen käsitys hänen fyysisestä aktiivisuudestaan. Tuloksia tarkasteltaessa oli kuitenkin positiivista huomata, että jonkinasteisia eroja harjoitusohjelmien kuormittavuuden välillä ilmeni ja koko ryhmän osalta tarkasteltuna raskaimmaksi olettamamme, eniten suuria lihasryhmiä kuormittava harjoitusohjelma 2 osoittautui myös mittaustulosten perusteella kuormittavimmaksi. Toisaalta ohjelma 3 oli kevyin, jonka kuormitus kohdistui myös alaraajojen suuriin lihasryhmiin. Tämä johtui mahdollisesti siitä, että ohjelmassa oli yhtenä kuormittajana teknisesti haastavampi liike, Zercher kyykky, jota koehenkilöt eivät olleet aikaisemmin tehneet.

Viikoittaista kuormittumista seurattaessa ensimmäinen harjoitusviikko osoittautui kuormittavimmaksi, mikä selittyy mahdollisesti sillä, että ensimmäisillä harjoituskerroilla koehenkilöt joutuivat vielä hakemaan sarjoihin sopivia kuormia alkumittauksista huolimatta. Sama ilmiö oli nähtävissä myös yksilökohtaista kuormittavuutta vertailtaessa harjoitusohjelmittain: Suurimmalla osalla koehenkilöistä ensimmäinen harjoituskerta jokaisen ohjelman kohdalla osoittautui kuormittavimmaksi. Useampi koehenkilö kertoikin ensimmäisten harjoituskertojen jälkeen pienentäneensä joidenkin liikkeiden kuormia, jotta sarjojen tekeminen puhtaasti loppuun asti oli ylipäänsä mahdollista. Ensimmäisen viikon aiheuttamaan suurempaan kuormittumiseen vaikutti todennäköisesti kuormien epäselvyyden lisäksi myös se, että keskimääräisesti kuormittavimmaksi osoittautunut harjoitusohjelma 2 oli mukana. Puolestaan kolmas harjoitusviikko, jolloin ohjelmaa 2 ei tehty, oli kuormitukseltaan hieman muita viikkoja kevyempi. Viikoittaisessa kuormituksessa oli nähtävissä lievää laskusuhdannetta, mikä saattoi johtua osak-

siitä, että harjoitukset tulivat koehenkilöille tutuiksi ja mahdollisen kehittymisen myötä kuormia ei kuitenkaan uskallettu lisätä maksimaalisen kuormituksen ylläpitämiseksi. Toisaalta neljännellä viikolla kuormittavuudessa tapahtui pientä parannusta edeltävään viikkoon verrattuna, mikä saattoi olla merkki ”viimeisestä rutistuksesta”, mutta myös siitä, että ohjelma 2 oli taas mukana pelissä.

”Ps. taisin nähdä painajaisia yöllä... Saako niistäkin kertoa?”

(Ote erään koehenkilön mittauspäiväkirjasta.)

Palautumista tapahtui koko mittausjakson ajan hyvin pääsääntöisesti kaikkien mitattujen öiden aikana kaikilla koehenkilöillä, joilla mittaukset olivat onnistuneet. Palautumisarvoja tarkasteltaessa on huomioitava, että prosenttiarvoon vaikuttaa koko mittausjakso, joka alkoi siitä, kun panta laitettiin illalla päälle ennen sänkyyn menemistä ja otettiin pois aamulla sängystä noustaessa. Tämän vuoksi prosentuaalisen palautumisen arvoon saattoi vaikuttaa sitä heikentävästi aika, jolloin koehenkilö ei ollut vielä nukahtanut, koska mahdollisesti ainakin mittausjakson alussa unen laatu oli huonompaa ja sitä kautta palautumisen määrä jäi vähäisemmäksi. Keskimääräisesti prosentuaalisen palautumisen vaihteluväli oli kuuden koehenkilön kohdalla, joilla kaikki mittaukset antoivat tuloksia, 78–84,2, mikä vastaa kuitenkin hyvää palautumista.

Yönaikainen keskimääräinen palautuminen koko ryhmän osalta korreloi harjoitusohjelmien kuormittavuuden kanssa. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että kuormittavimman ohjelman 2 jälkeen yöt olivat keskimääräisesti vähiten palauttavia, kun taas kevyimmäksi osoittautuneen ohjelman 3 jälkeen palautuminen oli tehokkainta. Tuloksiin saattoi vaikuttaa jo palautumisen yhteydessä puhuttu (ks. kappale 3.1) fyysisen aktiivisuuden vaikutus palautumisen alkamiseen, jolloin sopivan fyysisen suorituksen jälkeen palautuminen alkaa nopeammin ja raskaan fyysisen suorituksen jälkeen palautumisen alku siirtyy, mikä lyhentää yöllistä palautumisaikaa. Myös fyysisten harjoitusten suoritusajankohdalla on suuri merkitys palautumisen käynnistymiseen. Osa koehenkilöistä tekikin harjoitukset pääasiallisesti iltaisin, mikä osaltaan saattoi viivästyttää heidän palautumisensa alkua verrattuna niihin pariin koehenkilöön, jotka tekivät harjoituksensa päiväaikaan. Lepopäivien jälkeinen keskimääräinen palautuminen oli kaikista öistä toiseksi vähäisintä. Toisaalta ihmisen elimistö palautuukin monesti tehokkaammin, mikäli päivän aikana on esiintynyt sopivassa määrin fyysistä aktiivisuutta eikä pelkästään laiskottelua. Koska osa koehenkilöistä teki mittausjakson ohella

myös muuta fyysistä harrastustoimintaa, lepopäivät eivät aina olleet täyttä lepoa, vaikka yritimme kovasti painottaa lepopäivien tärkeyttä mittausjakson alussa.

Tutkimustulosten perusteella voidaan yhteenvedona todeta, että palautumista tapahtui koehenkilöillä eri tavoin riippuen kuormituksen intensiteetistä. Palautuminen noudatti siis kuormittavuuden linjaa, jolloin palautumista tapahtui vähiten kuormittavimman suorituksen jälkeisenä yönä. On silti otettava huomioon, että palautumiseen vaikuttavat varsinaisen fyysisen harjoittelun ohella myös psyykkiset seikat ja kaikki muut päivän aikaiset tapahtumat. Verrattaessa lepopäivien jälkeisiä öitä maksimivoimaharjoittelua sisältävien päivien jälkeisiin öihin on mahdotonta muodostaa mitään yleispätevää tulosta siitä, onko palautuminen lepopäivien jälkeen erilaista ja missä suhteessa. Tulokset vaatisivatkin jokaisen koehenkilön kohdalla yksilökohtaisempaa ja tarkempaa tarkastelua päiväkirjaa ja henkilön subjektiivisia tuntemuksia apuna käyttäen, mikä ei sinänsä enää vastannut mielestämme tämän opinnäytetyön tarkoitukseen.

Tutkimusosioomme nojaten voimme siis lyhykäisyydessään sanoa Firstbeat -sykevälianalyysimenetelmän soveltuvan palautumisen mittaamiseen maksimivoimaharjoittelun osalta, mikäli harjoitus on riittävän tehokas ja kuormittaa siten myös hengitys- ja verenkiertoelimistöä. Tutkimustuloksissa ilmeni kuitenkin suuria yksilöllisiä eroja, minkä vuoksi sykevälianalyysin avulla saisi varmasti enemmän tietoarvoa yksilökohtaisemmasta tarkastelusta.

Mielestämme tämän opinnäytetyön tulokset antavat hyvän kuvan siitä, miten maksimivoimaharjoittelu ja palautuminen ovat yhteydessä toisiinsa sykevälivaihteluun perustuvalla menetelmällä mitattuna. Työtä tehdessämme nousi mieleemme kuitenkin kysymyksiä, mitkä kaipaivat vielä lisäselvitystä. Maksimivoimaharjoittelun jälkeistä palautumista voisi mielestämme tutkia pidempi kestoisella mittausjaksolla ja homogeenisemmalla ryhmällä, joka olisi esimerkiksi samaa lajia harrastava joukkue. Olisi myös mielenkiintoista tarkastella palautumista muunlaisen voimaharjoittelun osalta tai jopa vertailla, kuinka eri voimalajien jälkeinen palautuminen eroaa toisistaan. Kaikissa tulevilla jatkotutkimuksissa korostaisimme kuitenkin tarkempien subjektiivisten mittareiden käyttöä sekä päiväkirjojen ohjelmointia.

LÄHTEET

Aalto, R. 2005. Kuntoilijan käsikirja: opas tulokselliseen kuntoliikuntaan. Jyväskylä: Docendo.

Aalto, R. 2006. Työelämän selviytymisopas: käytännön ohjeita työhyvinvointiin. Jyväskylä: Docendo.

Bjälje, J., Haug, E., Sand, O., Sjaastad, Ø. & Toverud K. 1999. IHMINEN. Fysiologia ja anatomia. Porvoo: WSOY.

Borg, P., Järvinen, H., Kaikkonen, T., Kanervo, M., Kettunen, J., Kotisaari, J., Martinmäki, K., Pulkkinen, A., Rusko, H., Saalasti, S., Seppänen, M. & Tuominen, S. n.d. Firstbeat hyvinvointianalyysi. Käsikirja. Versio 3.0.1. Jyväskylä: Firstbeat Technologies.

Cerny, F. & Burton, H. 2001. Exercise physiology for health care professionals. USA, Champaign: Human Kinetics, cop.

Clarkeburn, H. & Mustajoki, A. 2007. Tutkijan arkipäivän etiikka. Tampere: Vastapaino.

Firstbeat hyvinvointianalyysi. Raporttien tulkinta. n.d. Versio 3.0. Jyväskylä: Firstbeat Technologies.

Firstbeat hyvinvointianalyysi. Tekninen käyttöohje. n.d. Versio 3.0. Jyväskylä: Firstbeat Technologies.

Foss, M. & Keteyian, S. 1998. Fox's physiology basis for exercise and sport. 6th ed. Boston: WBC/McGraw-Hill.

Glossary of terms used in time series analysis of cardiovascular data. RR interval. 2002. Viitattu 1.11.2009. <http://www.cbi.dongnocchi.it/glossary/RR.html>.

Haavisto, S., Kantaneva, M., Kasurinen, R., Kilpiä, P. & Paakkunainen, P. 2002. Personal trainer: henkilökohtainen kuntovalmentaja. Helsinki: Gummerus.

Hakanen, J., Ahola, K., Härmä, M., Kukkonen, R. & Sallinen, M. 1999. Voiman lähteet: työn voimavarojen ABC. Helsinki: Työterveyslaitos.

Heart beat based recovery analysis for athletic training. White paper by Firstbeat Technologies Ltd. 2009. Jyväskylä: Firstbeat Technologies. Viitattu 1.11.2009. http://www.firstbeat.fi/files/Recovery_white_paper.pdf.

Heino, S. 2000. Valmentautumisen psykologia: ”iloisemmin, rohkeammin, keskittyneemmin!” Lahti: VK-Kustannus.

Hiilloskorpi, H. 2005. Lihasvoimaharjoittelu – sopivalla annostuksella turvaa toimintakyvyn ylläpitämiseen. Tampere: UKK-instituutti. Viitattu 11.11.2009.

<http://www.ukkinstituutti.fi>, tietokeskus, julkaisut, terveystieteiden tutkimuslaitokset, liikkeestä liikehallintaan.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2000. Tutki ja kirjoita. 6. uud. laitos. Helsinki: Tammi.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2004. Tutki ja kirjoita. 10., osin uud. laitos. Helsinki: Tammi.

Hynynen, E., Hämäläinen, I., Jylhä, R., Liukkonen, J., Nummela, A. & Rusko, H. 2006. Maastohiihdon kuormitusseurannan kehittämisprojekti vuoteen 2006 / Torino. KIHUn julkaisusarja nro 2. Jyväskylä: KIHU.
http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/julkaisusarja_nro2.pdf.

Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet: vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Jyväskylä: Keijo Häkkinen.

Karhumäki, E., Lehtonen, M., Nieminen, K. & Syrjäkallio, M. 2006. Päästä varpaisiin: ihmisen anatomia ja fysiologia. Helsinki: Edita.

Katajainen, A., Lipponen, K. & Litovaara, A. 2003. Voimavarat käyttöön: hyvää oloa ja onnellisuutta. Helsinki: Duodecim.

Kawachi, I. 2000. Heart rate variability. Tiivistelmä John D. & Catherine T. MacArthurin teoksesta. Viitattu 1.11.2009.
<http://www.macses.ucsf.edu/Research/Allostatic/notebook/heart.rate.html>.

Kotisaari, J. 2009. Maksimivoimaharjoittelu -opinnäytetyöstä. Sähköpostiviesti 8.6.2009. Vastaanottaja J. Lehosmaa. Asiantuntijan vastauksia esittämiimme kysymyksiin.

Litmanen, H., Pesonen, J. & Ryhänen, E-L. 2000. Kunnan kirja. Porvoo: WSOY.

Liukko, S. & Perttula, S. 2009. Opinnäytetyön raportointi. Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Liuska, H. 1998. Jaksako opiskelija?: opiskelijan stressitekijät ja voimavarojen hankinta. Oulu: Oulun yliopisto.

Martinmäki, K. 2002. Sydämen parasympaattisen säätelyn arvioiminen sykevaihtelun avulla – Autonomisen hermoston salpaustutkimus. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos.

McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2001. Exercise physiology: energy, nutrition, and human performance. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, cop.

Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. 2004. Urheiluvalmennus: kuormitusfysiologiset, ravintofysiologiset, biomekaaniset ja valmennusopilliset perusteet. Lahti: VK-Kustannus.

Moody, G. 2009. RR Intervals, Heart Rate, and HRV Howto. Viitattu 1.11.2009.
<http://www.physionet.org/tutorials/hrv>.

Nummela, A., Vääntinen, T., Hynynen, E., Finni, J., Jouste, P., Keränen, T., Luhtanen, P., Mets, T., Mononen, K., Mäkelä, I., Norvapalo, K., Rusko, H., Salonen, M., Toivonen, R. & Tummavuori, M. 2006. Jalkapallon, yleisurheilun teholajien ja kivääriammunnan kuormitus- ja palautumiskonseptien kehittäminen. KIHUn julkaisusarja nro 6. Jyväskylä: KIHU. http://www.kihu.fi/tuotostiedostot/julkinen/julkaisusarja_nro6.pdf.

Pikaohje Suunto Memory Belt -pannan käyttämiseen. n.d. Jyväskylä: Firstbeat Technologies. Viitattu 29.10.2009. http://www.firstbeat.fi/files/Suunto_Memory_Belt_pikaohje.pdf.

Rehunen, S. 1997. Terveys ja liikunta. Lahti: VK-Kustannus.

Rusko, H. 2003. Cross country skiing. Malden: Blackwell Science.

Sovijärvi, A., Uusitalo, A., Länsimies, E. & Vuori, I. 1994. Kliininen fysiologia. Helsinki: Duodecim.

Stressi ja stressin mittaaminen. 2005. Jyväskylä: Firstbeat Technologies. Viitattu 29.10.2009. <http://www.firstbeat.fi/files/Stressipaperi.pdf>.

Sykeanalyysin perusta. 2007. Jyväskylä: Firstbeat Technologies. Viitattu 7.9.2009. http://www.firstbeat.fi/index.php?page=11&sub_page=40.

Sykevälivaihtelu kertoo sydämen työn laadusta. 2004. Polar – 18.10.2004. Viitattu 10.9.2009. <http://keho.net/artikkelit/naytaartikkeli/Sykevalivaihtelu-kertoo-sydamentyon-laadusta-889>.

Taustatietolomake. n.d. Jyväskylä: Firstbeat Technologies. Viitattu 29.10.2009. <http://www.firstbeat.fi/files/Taustatietolomake.pdf>.

Viitasalo, J., Raninen, J. & Liitsola, S. 1985. Voimaharjoittelu – perusteet ja käytännön toteutus. Jyväskylä: Finntrainer.

Virtanen, P. 2000. Projektityö. Helsinki: WSOY.

Weineck, J. 1982. Optimaalinen harjoittelu. Helsinki: Valmennuskirjat.

Yritys. 2007. Jyväskylä: Firstbeat Technologies. Viitattu 7.9.2009. <http://www.firstbeat.fi/index.php?page=8>.

LIITTEET

Liite 1. Fyysisen kuormittumisen raportti

Fyysisen kuormittumisen raportti

Henkilö:

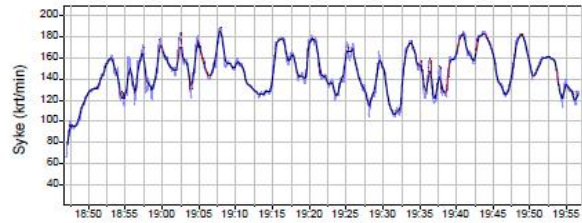
Päivämäärä: 16.4.2009

Henkilön taustatiedot

Ikä 24
Pituus 187
Paino 94
Leposyke 38
Maksimisyke 196
Painoindeksi (BMI) 26,9

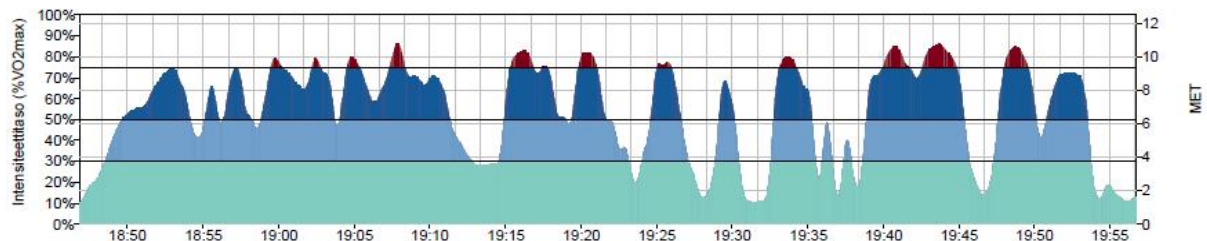
Mittausjakson tiedot

Mittausjakson pituus 01:09:41
Mittausjakson aikaväli 18:46:52 - 19:56:33
Matalin syketaso 88
Korkein syketaso 189
Keskisyke 147
Huomiot



— Syke — Keskiarvoistettu syke — Mittaushäiriöt (4 %)

Fyysisen kuormittumisen kuvaaja

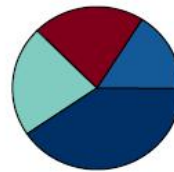


Työtehtävät (keskiarvo ja maksimi %VO2max):

(Työtehtäviä ei annettu.)

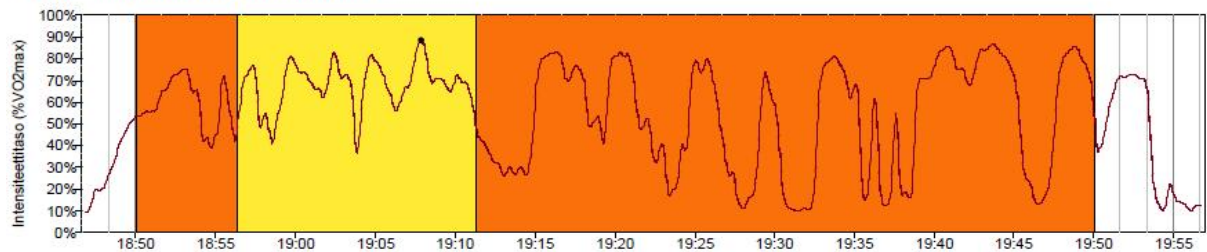
Mittauksen aikaisten työtehtävien fyysinen kuormittaminen. Prosenttiluku työtehtävän perässä kertoo työtehtävän keskimääräisen sekä korkeimman rasitustason.

0-30% VO2max 0-13 ml/kg/min	15 min	(22 %)
31-50% VO2max 14-22 ml/kg/min	11 min	(16 %)
51-75% VO2max 22-33 ml/kg/min	28 min	(41 %)
76-100% VO2max 33-44 ml/kg/min	15 min	(21 %)



Fyysisen aktiivisuuden jakaantuminen eri intensiteettitasoille sekä suhteelliset osuudet mittausjakson aikana.

Fyysisen kuormittumisen analyysi



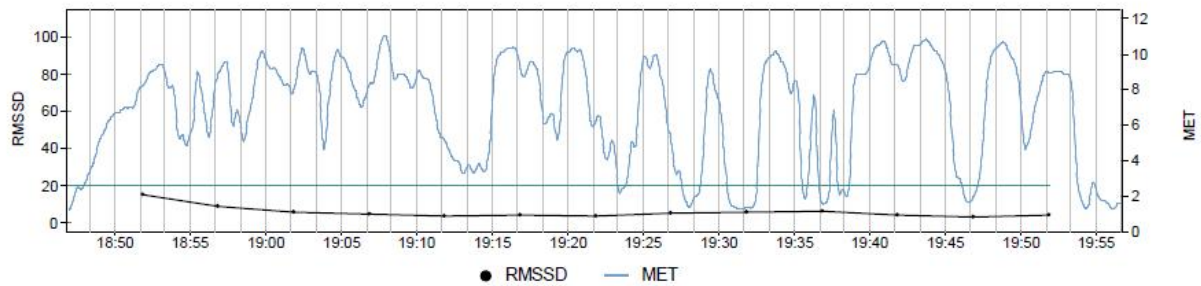
— Intensiiteettitaso ● Kuormittavin ajanhetki 38,7 ml/kg/min
■ Kuormittavin 15 minuutin jakso jaksion keskiarvo 29,7 ml/kg/min
■ Kuormittavin 60 minuutin jakso jaksion keskiarvo 25 ml/kg/min

Fyysisen kuormittumisen kannalta merkittävimmät ajanjaksot.

Fyysisen kuormittumisen tunnusluvut

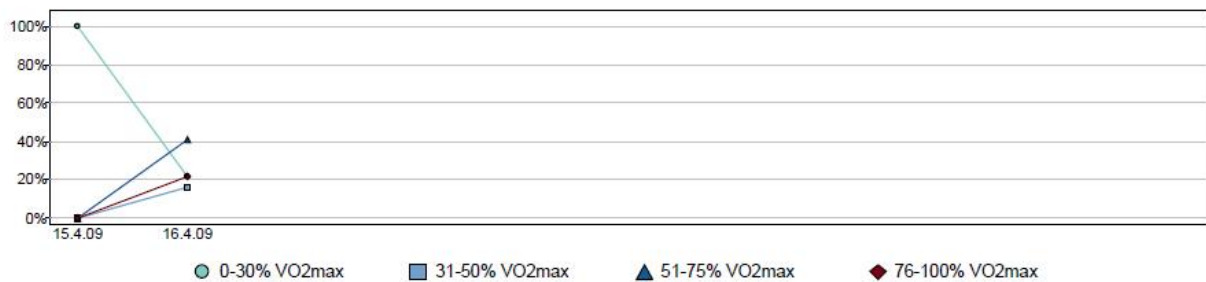
	Keskiarvo	Vaihteluväli		Keskiarvo	Vaihteluväli
Syketaso (krt/min)	147	88 - 189	Energiankulutus (kcal/min)	11	2 - 18
Syke % maksimista	75 %	45 % - 96 %	Ventilaatio (l/min)	63	8 - 118
%HRR	69 %	31 % - 96 %	Hengitystiheys (krt/min)	30	12 - 41
			RMSSD	5	3 - 32
	Keskiarvo	Vaihteluväli	Koko jakso		
VO2 (ml/kg/min)	23,8	4,1 - 38,7	Energiankulutus (kcal)	766	
%VO2max	54 %	9 % - 88 %	EPOCpeak (ml/kg)	73	
MET	6,8	1,2 - 11			

Sykevaihtelua kuvaava indeksi (RMSSD)



Parasympaattisen hermoston toimintaa kuvaava indeksiluku. Indeksia voidaan käyttää fyysisestä aktiivisuudesta palautumisen todentamiseen. Korkea indeksiluku on yhteydessä parasympaattisen hermoston kohonneeseen aktiivisuuteen. Mikäli indeksiluku pysyy matalalla, myös fyysisen aktiivisuuden jälkeen, ei palautumista tapahdu. (RMSSD = Root Mean Square of Successive Differences in RR intervals)

Fyysisen kuormittumisen seuranta



Fyysisen aktiivisuuden jakaantuminen eri intensiteettitasoille seurannan aikana.

Liite 2. Stressiraportti

Stressiraportti

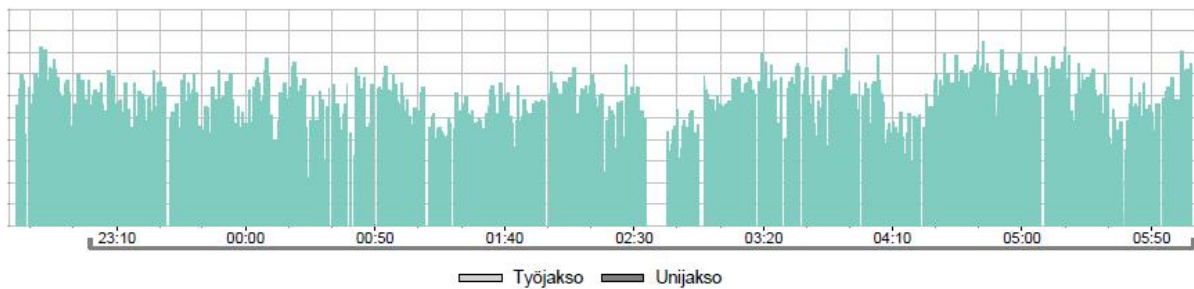
Henkilö:

Päivämäärä: 16.4.2009

Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	24	Mittausjakson pituus	07:38:00
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	22:28:26 - 6:06:26
Paino	94	Matalin syketaso	40
Leposyke	38	Korkein syketaso	76
Maksimisyke	196	Keskisyke	46
Painoindeksi (BMI)	26,9	Huomiot	



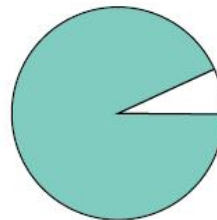
Stressin ja palautumisen kuvaaja



Päiväkirjamerkinnot

(Työtehtäviä ei annettu.)

Stressireaktiot	0 min	(0%)
Palautuminen	7h 6min	(93%)
Liikunta	0 min	(0%)
Kevyt fyysinen aktiivisuus	0 min	(0%)
Muut tapahtumat	32 min	(7%)



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

**Stressireaktiot (stress)**

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.

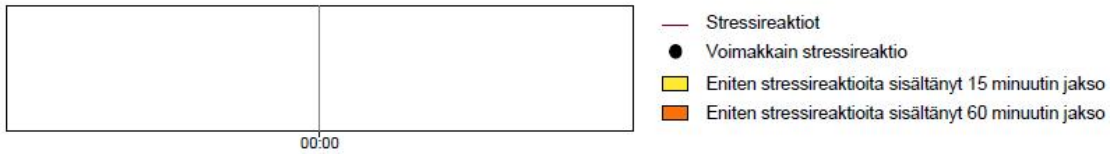
Kevyt fyysinen aktiivisuus

Varsinaista liikuntaa rasiustasoltaan alaisempi fyysinen aktiivisuus.

Muut tapahtumat

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

Stressijaksojen analyysi



Stressireaktioiden kannalta merkittävimmät ajanjaksot.



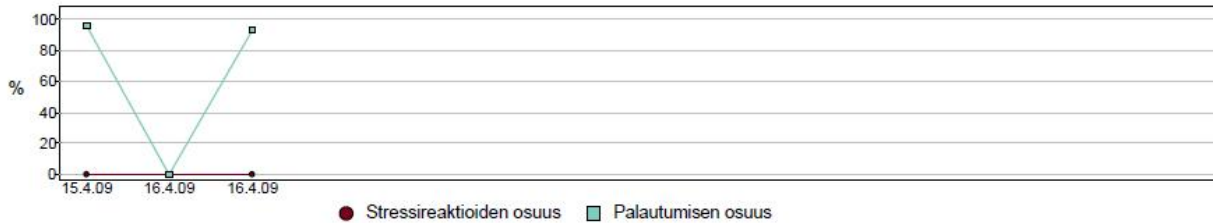
Stressin lyhyt- ja pitkäaikaisvaikutukset

Stressi ei ole ainoastaan negatiivinen asia, vaan sitä voidaan pitää myös positiivisena voimavarana. Lyhytkestoisena stressi parantaa suorituskkyä, mutta jatkuessaan pidempään ilman palautumista se voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja. Olennaista stressinhallinnassa ei ole stressin puuttuminen, vaan palauttavien jaksoiden merkitys. Stressireaktioita voi tarpeen vaatiessa esiintyä päivän aikana, mutta säännöllisin väliajoin elimistön on saatava palautua.

Kuormittuminen

"Stressikasauma" elimistössä eli tila, jonka toistuvat stressireaktiot elimistöön aiheuttavat ja joka kuluttaa elimistön voimavaroja. Pitkäaikainen kuormittuminen ilman voimavarojen kertymistä voi johtaa uupumukseen.

Stressireaktioiden ja palautumisen seuranta



Stressireaktioiden suhteelliset osuudet (%) seurannan aikana.

Liite 3. Voimavarat raportti

Voimavarat raportti

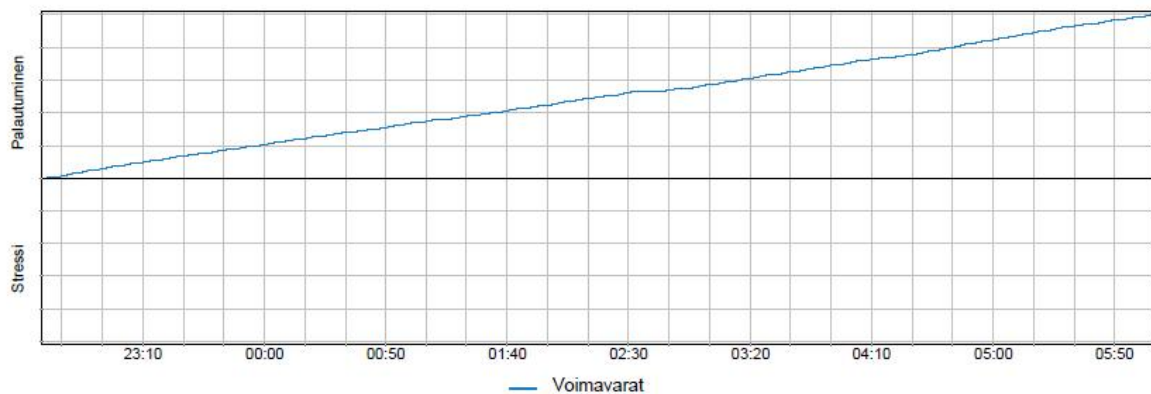
Henkilö:

Päivämäärä: 16.4.2009

Henkilön taustatiedot		Mittausjakson tiedot	
Ikä	24	Mittausjakson pituus	07:38:00
Pituus	187	Mittausjakson aikaväli	22:28:26 - 6:06:26
Paino	94	Matalin syketaso	40
Leposyke	38	Korkein syketaso	76
Maksimisyke	196	Keskisyke	46
Painoindeksi (BMI)	26,9	Huomiot	



Voimavarojen kuvaaja



Jakson aikaisten stressireaktioiden ja palautumisen vaikutus voimavaratasoon. Nouseva sininen käyrä kertoo voimavarojen lisääntymisestä, laskeva käyrä niiden kulumisesta.

Voimavarat

Kyky reagoida ulkoisiin ja sisäisiin stressitekijöihin. Elimistön voimavarat lisääntyvät palautumisen aikana ja vähenevät pitkällisten tai toistuvien stressireaktioiden seurauksena.

Stressireaktio (stressi)

Ulkoisten ja sisäisten stressitekijöiden aiheuttama aktiivisuustason nousu elimistössä. Lyhytkestoisena stressi parantaa suorituskykyä, mutta jatkuessaan pidempään ilman palautumista se voi aiheuttaa terveydellisiä haittoja.

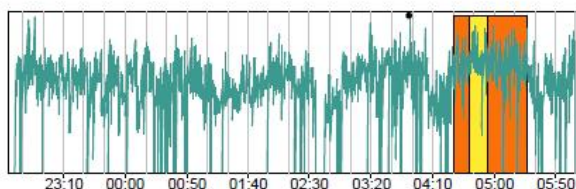
Palautuminen

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

Kuormittuminen

"Stressikasauma" elimistössä eli tila, jonka toistuvat stressireaktiot elimistöön aiheuttavat ja joka kuluttaa elimistön voimavaroja. Pitkäaikainen kuormittuminen ilman voimavarojen kertymistä voi johtaa uupumukseen.

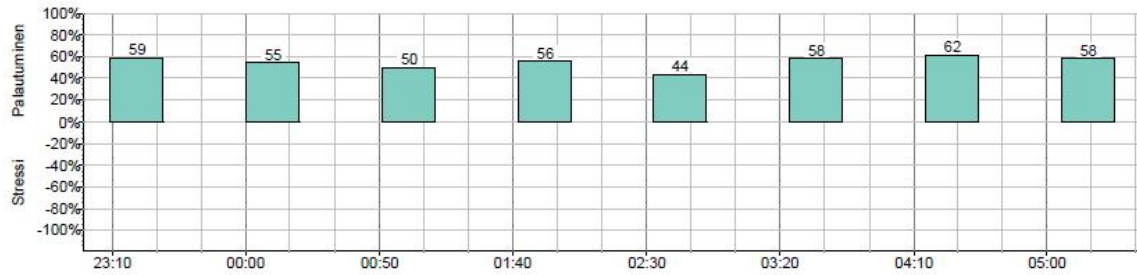
Palauttavien jaksosten analyysi



- Palautumista kuvaavat fysiologiset reaktiot
- Palauttavin ajankohta
- Palauttavin 15 minuutin jakso
- Palauttavin 60 minuutin jakso

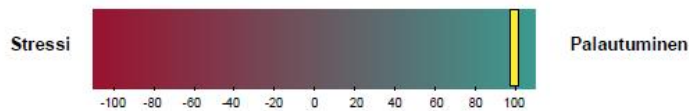
Palautumisen kannalta merkittävimmät ajanjaksot.

Stressin ja palautumisen osuudet jaksoittain



Stressiä ja palautumista kuvaavien reaktioiden voimakkuus mittausjakson eri aikoina. Koko mittausjakso on jaettu kahdeksaan osaan. Prosenttiosuudet pylväiden kohdalla kuvaavat näiden reaktioiden osuutta kullakin jaksolla.

Voimavaratasapaino



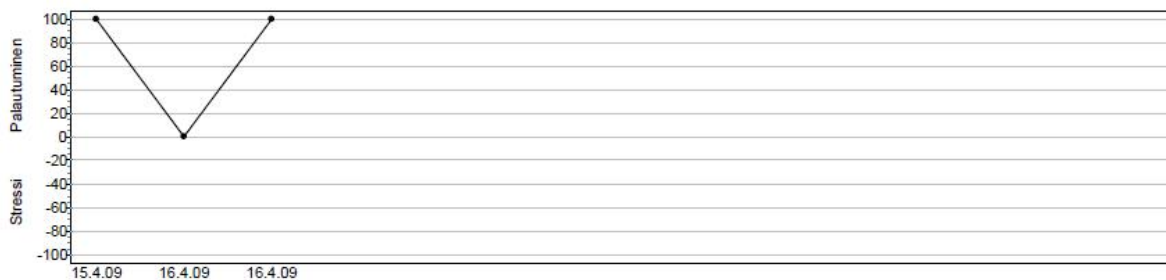
Voimavaroja kuvaava suhdeluku mittausjaksolla on 100.



Palautumisen merkitys voimavaratasapainoon

Voimavarojen hetkellinen kuluminen ei lisää kuormittumisen riskiä, mikäli myös palautumista esiintyy stressijaksojen välissä. Mikäli voimavaratasapaino pysyy yhtäjaksoisesti useita päiviä kuormittumisen puolella, on hyvä miettiä keinoja tehostaa omia stressinhallintakeinojaan. Säännölliset tauot, töiden suunnittelu ja rentoutuminen itselle tärkeiden asioiden parissa kartuttavat voimavaroja ja parantavat työtehokkuutta.

Voimavarojen seuranta



Stressin ja palautumisen tasapaino seurannan aikana.

Liite 4. Taustatietolomake

(Firstbeat Technologies Oy:n taustatietolomaketta mukailten)

Taustatietolomake

Taustatietolomakkeen kysymysten avulla on tarkoitus selvittää tämän hetkistä terveyttäsi ja liikunta-aktiivisuuttasi sekä tekijöitä, joilla on vaikutusta palautumiseesi. Täytä lomake huolellisesti ja ajatuksella, jotta harjoittelusi olisi turvallista ja palautumisesi seuranta mahdollisimman luotettavaa. Tietoja käytetään ainoastaan projektityöhön ja ne pysyvät anonyymeina.

Pannan numero _____

Nimi: _____

Puhelin ja sähköposti: _____

Syntymäaika ____ / ____ / 19____

Tupakoitko? kyllä, päivässä n. ____ savuketta en

Pituus: _____ cm Paino: _____ kg

Aktiivisuusluokka ____ (Valitse numero 0 – 10 liitteenä olevasta taulukosta.)

Lisätiedot

Jos olet käynyt maksimaalisessa räsitusstestissä viime aikoina tai muuten tiedät alla olevat lukuarvot, voit täyttää seuraavat kohdat. Mikäli lukuarvoja ei ole tiedossa, ohjelmisto arvioi ne yllä olevien taustatietojen perusteella.

Maksimisyke [krt/min] _____

Hapenkulutus [ml/kg/min] _____

Vitaalikapasiteetti [l] _____

Leposyke [krt/min] _____

METmax [l/min] _____

Nykyinen terveydentila

Onko sinulla

hengenahdistusta	on	ei
korkeaa verenpainetta	on	ei
sydänsairautta	on	ei
jotakin muuta sairautta	on	ei

Jos on, niin mitä?

Onko sinulla lääkitys?	on	ei
------------------------	----	----

Jos on, niin mikä?

Onko rinnassasi esiintynyt pistosta tai kipua?	on	ei
--	----	----

Onko kipu lisääntynyt

fyysisen rasituksen aikana	on	ei
----------------------------	----	----

henkisen rasituksen aikana	on	ei
----------------------------	----	----

Onko sinulla tuki- ja liikuntaelinvaivoja?	on	ei
--	----	----

Onko sinulla viimeisen viikon aikana ollut lihassärkyjä aiheuttanutta

kuumetta	on	ei
----------	----	----

flunssaa	on	ei
----------	----	----

HUOM!

Hyvinvointianalyysin käyttöä ei suositella seuraavien sairaustilojen tm. yhteydessä:

eteisvärinä, eteislepatus, sydämensiirto, haarakatkos.

Mittauksesta ei ole haittaa em. tilojen yhteydessä, mutta luotettavien analyysien tekeminen voi olla hankalaa.

Urheilutausta ja liikunta-aktiivisuus

Urheiluharrastukset tällä hetkellä (merkitse perään harjoituskertojen määrä viikossa)

Oletko aiemmin harrastanut jotain urheilulajia aktiivisesti, mitä?	en
--	----

Oletko aiemmin harrastanut voimaharjoittelua	olen	en
--	------	----

Jos olet, kuinka intensiivistä voimaharjoittelu on ollut

Oletko tehnyt aiemmin maksimivoimaharjoittelua	olen	en
--	------	----

Jos olet, milloin viimeksi

Uni ja stressi

Kuinka monta tuntia yleensä nuket yössä _____

Heräiletkö öisin kyllä en

Jos heräilet, mitkä tekijät häiritsevät untasi

Koetko olevasi tällä hetkellä väsynyt kyllä enTunnetko olevasi tällä hetkellä stressaantunut kyllä en

Ruokailu ja energian saanti

Kuinka monta kertaa päivässä syöt _____

Syötkö lämpimän aterian joka päivä kyllä enKäytätkö ravintolisia kyllä en

Jos käytät, mitä

Vakuutan antamani tiedot oikeiksi

aika ja paikka

allekirjoitus

Liite 5. Liikunta-aktiivisuustaulukko

(Ote Firstbeat Technologies Oy:n taustatietolomakkeesta)



Fyysisen aktiivisuuden arvio

Valitse aktiivisuusluokka, joka parhaiten kuvaa liikuntaasi (kestävyystyypistä liikuntaa tai fyysistä työtä) viimeisten 2 - 3 kuukauden aikana:

Tyypillinen fyysinen aktiivisuutesi	Ohjeellinen viikkoharjoittelumäärä	Aktiivisuusluokka
En harrasta liikuntaa ja vältän raskaita fyysisiä ponnisteluja.	-	0
Harrastan kevyttä liikuntaa satunnaisesti noin kerran viikossa.	Vähemmän kuin 15min	1
	Vähemmän kuin 30min	2
	~30min	3
Harrastan säännöllistä liikuntaa 2-3 / viikossa.	~45min	4
	< 2h	5
	~2 - 4h	6
Harrastan säännöllistä liikuntaa 3 - 7 / viikossa.	~3 - 5h	7
Harjoittelen tavoitteellisesti vähintään 4 / vkossa	~5 - 7h	7,5
Harjoittelen säännöllisesti lähes päivittäin.	~7 - 9h	8
	~9 - 11h	8,5
Harjoittelen päivittäin.	~11 - 13h	9
	~13 - 15h	9,5
	Enemmän kuin 15h	10

Liite 6. Harjoitusohjelmat

Kolmijakoinen treeniohjelma:

- Aerobinen lämmittely n. 10 min (esim. ohjelma 1 → soutu, ohjelma 2 & 3 → kuntopyörä/juoksu)
- Nopeat venytykset treenattaville lihaksille
- Lämmittelyliikkeet (3 liikettä/ 1x20, suositeltavat lämmittelyliikkeet kursivoitu ohjelmiin)
- Treeniohjelma 1, 2 tai 3
- Lyhyt aerobinen palautus n. 5 min kevyesti + venyttelyt

Merkkien selityksiä:

- = sarja jatkuu suoraan, ei palautusta
- rinvaihto = sarjojen välillä palautus (2-5 min)
- MAX = toistoja tehdään niin pitkään kuin liikkeet pysyvät puhtaina eli loppuun asti
- osittaiset = kun liikettä ei jaksata tehdä enää täydellä liikeradalla, tehdään toistoja liikeradan puoliväliin saakka ja loppuun asti näin
- (X %) = painomäärä, %:a liikesuorituksen maksimipainosta

1. Rinta, hauis, ojentaja, (olkapää)

<i>Leveä penkkipunnerrus tangolla</i>	1x3 (90-100%) → MAX (80-70%) + osittaiset ylhäältä puoleen väliin 1x15 (50-60%)
Vinopenkki käsipainoilla	1x8 (80-90%) 1x12 (60-70%)
<i>Kapea penkkipunnerrus tangolla</i>	3x5 (80%) 1x12 (60%)
Hauis scott -penkissä	1x6 (80-90%) → MAX (70%) + osittaiset
<i>Hauis taljassa</i> + käsipainoilla	1x8 (70-90%)(voi tehdä selin makuulla, jottei saa autettua selällä) → Hauis käsipainoilla vuorotahtia 1x15/käsi (70%) Huom! Näiden kahden viimeisen liikkeen välillä ei muuta taukoa kuin laitteelta käsipainoille siirtyminen!

Staattiset vatsalihakset

2. Selkä, pakara, takareisi

<i>Maastaveto</i>	2x5 (80-90%) 1x15 (60-70%)
<i>Alaselkäpenkki</i>	1x10 (lisäpainona levykiekko) → MAX (-5kg) → MAX (-2,5kg) → 1x20 ilman painoja
<i>Ylätalja rintaan lapio-ottella</i>	1x6-8 (80%-90%) → MAX (80%) → MAX (70%)
<i>Polvenkoukistus istuen/maaten</i>	1x6 (80-90%) → MAX (70%) + osittaiset 1x15 (50%)
<i>Askelkyykky, jarrutellen alas</i>	3x10 (60-80%)/jalka

3. Etureisi, pakara, pohje

<i>Kyykky/jalkaprässi</i>	2x3 (60%) + 10-20kg x 3 + 10-20kg x 3 → loppuun saakka
<i>Polvenojennus</i>	1x8 (80-90%) 1x15 (60-70%)
<i>Zercher kyykky</i>	1x6 (80%) 3x8 (60%)
<i>Pohkeet</i>	1x5 (90%) → MAX (80%) → MAX (70%) 1x20 (40-50%)
<i>Vatsarutistukset</i>	

**Sarjat pitää tehdä tiukkoina jotta päästään maksimivaikutukseen!!
Löysäillen jää tulokset saamatta...**

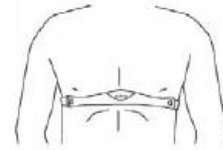
Liite 7. Suunto Memory Belt -pannan käyttöohje
(Pikaohje Suunto Memory Belt -pannan käyttämiseen)



Pikaohje Suunto Memory Belt –pannan käyttämiseen

Pannan kiinnittäminen

1. Kostuta pannan sisäpuolella keskiosan molemmin puolin sijaitsevat elektrodipinnat (kts. kuva yllä) vedellä tai elektrodipastalla.
2. Pue panta ylessi teksti oikeinpäin ja tarkista, että panta istuu tiukasti iholla rintaasi vasten (kts. kuva).



Tallennuksen suorittaminen

3. Panta aktivoituu ja aloittaa tallennuksen automaattisesti, kun olet kiinnittänyt sen rintaasi vasten. Merkinä onnistuneesta mittauksen aloituksesta on lyhyt vihreän merkkivalon välähdys pannan etupuolella.
4. Mittauksen aikana vihreä merkkivalo vilkkuu neljän sekunnin välein käynnissä olevan tallennuksen merkiksi.
5. Tallennus loppuu automaattisesti irrotettuasi pannan rinnasta. Minuutin kuluttua signaalin häviämistä panta siirtyy virransäästötilaan ja kyseisen tiedoston tallennus päättyy.

Merkkivalojen ja äänten selitykset

Toiminto	Valo	Ääni
Pannan aktivointi, mittaus alkaa	1 x vihreä	—
Tallennus käynnissä	Vihreä valo 4s välein	Ei ääntä
Tallennus päättyy	3 x vihreä	— — —
Muisti alkaa täyttyä, tallennus jatkuu vielä	3 x oranssi, jonka jälkeen oranssi 4s välein	— — —
Paristo loppumassa	3 x punainen, jonka jälkeen punainen 4s välein	— — —

— Lyhyt merkkiääni

Äänisignaalia koskevat asetukset on valittavissa Firstbeatin tarjoaman ohjelmiston kautta ja yleisesti ne on asetettu pois päältä.

Mikäli panta ei löydä sykesignaalia ja vihreä valo ei 4s välein vilku, toista vaiheet 1-2.

Ongelmien jatkuessa, ota yhteys palvelun tarjoajaan _____ .

Huom!

Pidempiaikaisissa mittauksissa iho voi ärtä, kun se ei pääse hengittämään vapaasti. Pannan takaosassa olevat neljä metallinastaa voi halutessaan peittää mittauksen ajaksi ihoteipillä välttämään ihon ärtymisen.

Liite 8. Kutsukirje

Hei!

Opiskelemme fysioterapiaa Jyväskylän ammattikorkeakoulussa ja teemme opinnäytetyötä **maksimivoimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seurannasta Firstbeat -sykeanalyysimenetelmällä**. Projektimme koeryhmä koostuu vuosina 1975-1985 syntyneistä miehistä. Tervetuloa mukaan projektiimme; samanaikaisesti parannat sekä lihasvoimatasoasi että saat tärkeää tietoa kehosi palautumisprosesseista.

Projekti toteutetaan yhteistyössä Firstbeat Technologies Oy:n kanssa (www.firstbeat.fi), joka on sykeanalyysiohjelmistojen kehittämiseen erikoistunut asiantuntijayritys. Yrityksen tuotteiden avulla sydämen sykevälimittauksesta pystytään tuottamaan tarkkaa ja monipuolista tietoa kehon toiminoista ja elämäntapojen terveysvaikutuksista. Idea projektiimme lähti siitä, että voimaharjoittelusta palautumista ei ole ennen juurikaan tutkittu Firstbeat -sykeanalyysin avulla. Tutkimuksemme tavoitteena on siis selvittää sykeanalyysin soveltuvuutta palautumisen seurantaan tämän maksimaalisen voimaharjoittelun yhteydessä.

Toteutamme tutkimuksen Firstbeat -pinnan (kuin sykepanta) avulla, joka tallentaa sydämesi sykevälivaihtelua. Purkamalla pannalle tallentuneet tiedot erityisen analyysiohjelman avulla saamme tärkeää tietoa harjoituksesi kuormittavuudesta ja palautumisestasi. Panta on yksinkertainen käyttää ja tarkennetut ohjeet saat myöhemmin. *Mittausjakson kesto on neljä viikkoa (13.4.-10.5.2009), johon kuuluu kolme ohjelmoitua maksimivoimaharjoitusta viikossa. Voimaharjoittelun pääpaino on alaraajojen isoissa lihaksissa, jolloin treenikerran kuormitus saadaan maksimoitua. Tällöin myös palautumisen seuranta on selkeintä suuren kontrastin vuoksi. Harjoitusohjelmat pystyt toteuttamaan salista riippumatta, mutta mittausjakson ajan sinulla on mahdollisuus harjoitella ilmaiseksi Liikuntakeskus Lineassa. Viikottaisista voimaharjoituksista kaksi mitataan, jolloin sinun tulee pitää pantaa harjoituksen sekä sitä seuraavan yön ajan. Lisäksi vertailun vuoksi pantaa tulee pitää yhden kerran viikossa sellaisen yön ajan, jota edeltävänä päivänä et ole harjoitellut. Mittausjakson aikana *sinun tulee täyttää harjoituspäiväkirjaa*, jotta tuloksista saadaan mahdollisimman luotettavia.*

Miksi tutkimukseen kannattaa osallistua?

- Saat arvokasta tietoa palautumisestasi henkilökohtaisesti ja ryhmäpalautteen muodossa.
- Saat neljän viikon mittaisen ohjatun voimaharjoittelujakson, jonka aikana pystyt nostamaan voimatasoasi ja seuraamaan alku-, väli- ja loppumittausten avulla kehittymistäsi. Tekemällä harjoitukset täysillä kehityt varmasti!
- Saat halutessasi harjoitella ilmaiseksi Liikuntakeskus Linean kuntosalilla mittausjakson ajan. www.lk-linea.fi
- Saat mittausjakson aikana uusia eväitä voimaharjoitteluun ja halutessasi sen päättyttyä myös yläraajojen lihaksiin painottuvan harjoitusohjelman.
- Saat mittausjakson päättyttyä analyysin kehon koostumuksestasi siihen tarkoitetulla laitteella. Analyysi tehdään Jyväskylän ammattikorkeakoulun Hyvinvointialan yksikössä Kyllönmäellä.

Tervetuloa kuulemaan aiheesta lisää. Projektin alkuinfo pidetään Liikuntakeskus Lineassa kolmena eri päivänä, joista voit valita itsellesi sopivan. Alkuinfon kesto on noin kaksi tuntia, jonka aikana suoritamme myös henkilökohtaiset alkumittaukset harjoituspainojen määrittämiseksi. Varaudu siis liikuntavarustein! Alkuinfon päivämäärät ovat:

Su 5.4. alkaen klo 19.00

Ma 6.4. alkaen klo 18.30

Ke 8.4. alkaen klo 19.30

Projektin päättyttyä pidämme vielä yhteisen loppuinfon, jossa käymme läpi tuloksia ryhmäpalautteen muodossa. Tällöin mukana on myös edustaja Firstbeat Technologiesilta. Loppuinfon päivämäärä selviää myöhemmin.

VARMISTATHAN OSALLISTUMISESI MAHDOLLISIMMAN PIAN JA ILMOITAT SAMALLA, MIKÄ PÄIVÄ OSALLISTUT ALKUINFOON!

Jos sinulle heräsi jotain kysymyksiä, ota rohkeasti yhteyttä!

Saara Koskinen
s-posti + puhelinnumero

Johanna Lehosmaa
s-posti + puhelinnumero

Liite 9. Ohjeita mittauksiin osallistuvalla

Ohjeita mittauksiin osallistuvalla

- Jokainen mittauksiin osallistuva täyttää aluksi taustatietolomakkeen ja lupa-anomuksen, jonka jälkeen hän saa kolme maksimivoimaharjoitusohjelmaa. Harjoitusohjelmia on tarkoitus kierrättää, jolloin jokainen ohjelma toteutuu kerran viikossa.
- Mittausjakson kesto on neljä viikkoa (13.4.-10.5.2009), jonka aikana maksimivoimaharjoituksia tulee tehdä kolme kertaa viikossa (3 x vko).
- Mittausjakson aikana osallistuja pitää Firstbeat -pantaa viikossa kahden harjoituskerran sekä niitä seuraavien öiden aikana: panta laitetaan päälle ennen harjoitusta ja otetaan pois sen jälkeen. Panta laitetaan uudelleen päälle nukkumaan mentäessä ja otetaan pois aamulla herätessä.
- Firstbeat -pantaa pidetään viikoittain tiettyjen saliohjelmien ja niitä seuraavien öiden aikana:
 - vko 16: ohjelmat 2-3 (13.-19.4),
 - vko 17: ohjelmat 1-2 (20.-26.4),
 - vko 18: ohjelmat 1-3 (27.4-3.5),
 - vko 19: ohjelmat 2-3 (4.-10.5).
- Lisäksi osallistuja pitää Firstbeat -pantaa vertailun vuoksi kerran viikossa yhden sellaisen yön aikana, jota edeltävänä päivänä hän ei ole tehnyt fyysisesti rasittavia suorituksia (lepopäivän jälkeinen yö).
- YHTEENSÄ FIRSTBEAT -PANNAN KANSSA TEHTYJÄ HARJOITUKSIA TULEE SIIS MITTAUSJAKSON AIKANA KAHDEKSAN (8) JA NUKUTTUJA ÖITÄ 12.
- Firstbeat -pantoihin tallentuneet tiedot tulee purkaa kerran viikossa, jotta uutta dataa mahtuu tallentumaan. Pantojen purku tapahtuu osoitteessa Sammonkatu 5 A 5, johon panta tuodaan tai sitten voit jättää sen sovittuna ajankohtana Liikuntakeskus Lineaan, josta haemme sen purettavaksi. Jokaiselle osallistujalle on varattu kaksi pantaa, jolloin toista pantaa voi käyttää toisen ollessa purkuvaiheessa.
- Osallistuja pitää harjoituksistaan päiväkirjaa (pieni vihko), johon hän kirjaa

- harjoituspäivämäärän ja kellon ajan
 - toteutuneen harjoituksen (sekä mittausjaksoon liittyvät että muutkin fyysiset suoritukset): mm. vuorossa ollut ohjelma (ohjelma 1-3), harjoitukseen kulunut aika, mahdolliset poikkeamat harjoituksen kulussa (eri painot, sarjojen määrä, kivut tms. ja syy, mistä poikkeama johtui)
 - tuntemukset ennen harjoitusta, harjoituksen aikana sekä sen jälkeen
 - harjoitusta edeltävän yön unimäärä
- Pistämme ilmoitusasiat ja mahdolliset muutokset osallistujien sähköpostiin, joten tarkkaile s-postiasi säännöllisesti!
- Jos sinulle tulee jotain kysyttävää, ota rohkeasti yhteyttä:

Saara Koskinen

s-posti + puhelinnumero

Johanna Lehosmaa

s-posti + puhelinnumero

Liite 10. Lupa-anomus

Lupa-anomus

Projektin tarkoituksena on saada tietoa, kuinka Firstbeat -sykevälialanalyysi sopii maksimivoimaharjoittelun jälkeisen palautumisen seurantaan. Projekti käsittää neljän viikon mittaisen harjoittelujakson, jonka aikana koehenkilöiden tulee harjoitella heille annettujen voimaharjoitteluohjelmien mukaisesti kolmesti viikossa. Harjoitusjakson aikana koehenkilöiden harjoittelua ja palautumista seurataan Firstbeat -pannan sekä koehenkilöiden pitämän harjoituspäiväkirjan avulla. Koehenkilöillä on mahdollisuus harjoitella ilmaiseksi Liikuntakeskus Linean kuntosalilla. Mittausjaksoa ennen koehenkilöille suoritetaan henkilökohtaiset alkumittaukset. Lisäksi koehenkilöiden harjoituspainot tarkistetaan mittausjakson puolivälissä sekä lopussa. Koehenkilöt saavat myös itselleen arvokasta tietoa palautumisestaan sekä mahdollisuuden osallistua kehonkoostumuksen mittaukseen harjoittelujakson loputtua.

Osallistun maksivoimaharjoittelun jälkeistä palautumista seuraavaan projektiin vapaaehtoisesti. Minulle on kerrottu, mistä projektissa on kyse ja tiedän, mikä minun roolini projektin koehenkilönä on. Minulle on annettu kolme voimaharjoitteluohjelmaa ja minua on myös ohjattu ohjelmien turvalliseen toteuttamiseen. Tutkimustuloksiani saa hyödyntää projektin edistymisessä sekä opinnäytetyön tulosten yhteenvedossa. Tietojani käsitellään luottamuksellisesti eikä henkilöllisyyteni tule esiin tutkimustuloksissa. Osallistun projektiin omalla vastuullani.

aika ja paikka

koehenkilön allekirjoitus

nimenselvennys

fysioterapian opiskelija Saara Koskinen

fysioterapian opiskelija Johanna Lehosmaa

Ohjaava opettaja Pekka Natunen

Liite 11. Tulostaulukot (vkot 2 - 4)

koe- hen- ki- löt	2. VIIKKO											
	1. harjoitus (ohjelma 1)			1. palautusyö		2. harjoitus (ohjelma 2)			2. palautusyö		lepyö	
	%- VO _{2max}	MET	EPOC huippu	%palautu- minen	voima- varat	%- VO _{2max}	MET	EPOC	%palautu- minen	voima- varat	%palautu- minen	voima- varat
1	47	6,2	71	9	-80	44	5,7	43			71	68
2	42	5,8	51			36	5,0	25	83	100		
3	39	6,0	19	93	100	44	6,7	32	80	92	65	60
4	24	3,7	10	61	71	43	6,6	33			85	100
5	53	6,6	67	95	100	44	5,5	56	88	91	95	100
6	38	5,7	34			35	5,3	29				
7	38	5,1	49	74	76	37	5,0	31	88	88	95	100
8	39	5,8	13	94	100	44	6,6	46	92	100	91	100
9	20	2,9	6			26	3,8	14			86	100

koe- hen- ki- löt	3. VIIKKO											
	1. harjoitus (ohjelma 1)			1. palautusyö		2. harjoitus (ohjelma 3)			2. palautusyö		lepyö	
	%- VO _{2max}	MET	EPOC huippu	%palautu- minen	voima- varat	%- VO _{2max}	MET	EPOC	%palautu- minen	voima- varat	%palautu- minen	voima- varat
1	38	4,9	49	33	-12	39	5,0	35			48	41
2	42	5,8	54	70	61	35	4,8	29	47	12		
3	42	6,3	21	77	100	43	6,4	45	87	100	85	100
4	23	3,6	14			30	4,7	8				
5	45	5,7	53	93	100	37	4,6	29	91	100		
6	28	4,3	25			34	5,1	25				
7	35	4,7	61	89	100	36	4,8	83	92	100	88	100
8	41	6,1	26	73	71	31	4,6	23	80	94		
9	26	3,8	45	79	100	25	3,6	25	94	100	92	100

koe- hen- ki- löt	4. VIIKKO											
	1. harjoitus (ohjelma 2)			1. palautusyö		2. harjoitus (ohjelma 3)			2. palautusyö		lepyö	
	%- VO _{2max}	MET	EPOC huippu	%palautu- minen	voima- varat	%- VO _{2max}	MET	EPOC	%palautu- minen	voima- varat	%palautu- minen	voima- varat
1	38	5,0	41			36	4,7	39	60	47		
2	37	5,1	25	58	59	42	5,9	51	75	100	83	100
3	46	7,0	32	74	100							
4	35	5,4	12			25	3,9	10				
5	47	5,8	49	85	100	40	4,9	44	93	100	95	100
6	34	5,2	21			27	4,1	17				
7	36	4,9	17	68	76	42	5,6	63	90	100	81	100
8	45	6,7	36	72	88	28	4,2	90	90	100	49	29
9	23	3,3	14	93	100			78	78	100	61	90