

**KESTÄVYYS- JA TEHOLAJIURHEILIJOIDEN
KUORMITTUMINEN JA KUORMITTUMISEN SEURANTA
LYHYELLÄ AIKAVÄLILLÄ**

Sanna Nikola-Määttä

Liikuntafysiologian Pro gradu -tutkielma

Kevät 2018

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Ohjaajat: Vesa Linnamo ja Minna Tervo

TIIVISTELMÄ

Nikola-Määttä, Sanna (2018). Kestävyys- ja teholajiturheilijoiden kuormittumisen seuranta lyhyellä aikavälillä. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, Liikuntafysiologian Pro-Gradu -tutkielma, 69 s.

Kuormittumisen seuranta on oleellinen osa urheilijoiden harjoittelua ja valmennusta. Ylikuormitus on yleisempää yksilölajeissa kuin joukkuelajeissa. Kestävyyslajien edustajilla on todettu olevan suurempi riski sairastua ylikuormitustilaan. Lisäksi ylikuormittumista on enemmän aikuisilla miehillä kuin naisilla, mutta toisaalta nuorilla tyttöurheilijoilla on havaittu enemmän ylikuormittumista kuin poikaurheilijoilla.

Tässä Pro gradu -työssä on tarkasteltu Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia nuorten 16-18 v kestävyysurheilijoiden ja 16-19 v teholajiturheilijoiden kuormittumista kevyellä ja kovalla jaksolla (kestävyysurheilijat) ja kevyellä ja korkeanpaikan leiriltä paluuviikon (teholajiturheilijat) jaksolla. Molemmissa ryhmissä oli 9 koehenkilöä, 2 naista ja 7 miestä. Kuormittumista seurattiin ortostaattisen testin sykkeen (HR) ja sykevälivaihtelun (RMSSD) lepo- ja seisoma-arvojen, CheckMyLevel (CML) laitteella peukalohermoon annetun intensiteetin sekä syljen kortisolin avulla.

Ryhmien välillä löytyi tilastollisesti merkitseviä eroja absoluuttisissa arvoissa, mutta ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa suhteellisten muuttujien osalta. Absoluuttisissa arvoissa HRseisten ($p=0,03$) oli suurempi teholariryhmällä kevyen jakson lopussa, kestävyysryhmällä kevyen jakson alussa RMSSDseisten ($p=0,03$) oli suurempi ja teholariryhmällä kovan/leiriltä paluuviikon kortisoli ($p=0,02$) oli suurempi. Kestävyysryhmällä havaittiin positiivinen korrelaatio kevyellä jaksolla HRhuippu muutoksen ja CML-intensiteetin välillä ($r=0,16$, $p=0,03$). Kovan jakson HRlepo muutos korreloi positiivisesti kevyen jakson CML-intensiteetin kanssa ($r=0,24$, $p=0,03$). RMSSDlepoarvo korreloi negatiivisesti kevyen jakson CML-intensiteetin muutoksen kanssa ($r=-0,26$, $p=0,03$). Leiriltä paluuviikon kortisoli korreloi negatiivisesti kevyen jakson RMSSDlepo kanssa ($r=-0,51$, $p=0,03$). Kestävyysryhmän sisällä ainoa tilastollisesti merkitsevä ero HRhuippu arvossa, mikä oli kevyen jakson lopussa suurempi verrattuna kovan jakson loppuun ($p=0,01$). Teholariryhmän sisällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

Tulosten perusteella voidaan todeta, että lyhyen aikavälin kuormittumisen seurannassa sykkeen ja sykevälivaihtelun seuraaminen kertoo urheilijalle luotettavasti kehon palautumisen tilasta mutta yksilökohtainen vaihtelu oli huomattavaa. Lyhyellä aikavälillä ei kuitenkaan saatu selville ryhmien välisiä eroja luotettavasti. Peukalohermosta mitattu intensiteetti korreloi kestävyysryhmässä sykkeen ja sykevälivaihtelu kanssa, josta voisi päätellä, että myös uusi sovellus saattaa rekisteröidä mahdollista ylikuormitusta.

Avainsanat: Kuormittuminen, syke, sykevälivaihtelu, RMSSD, kortisoli, intensiteetti, CheckMyLevel

ABSTRACT

Nikola-Määttä, Sanna (2018). Monitoring of endurance and power athletes overreaching in short term period. Faculty of Physical Education, University of Jyväskylä, Master Thesis in Exercise Physiology, 69 p.

Monitoring of overreaching is an essential part of athletes' training and coaching. Overreaching is more common in individual sport than in team sports. Endurance athletes have been found to have a higher risk for overtraining. In addition, there is more overtraining amongst adult males than women, but younger female athletes have been found to be more prone to overtraining than young males.

In this Master thesis the overreaching behavior of young 16-18 years endurance athletes and 16-19 years power athletes from Vuokatti-Ruka Sports Academy in a light and hard period (endurance athletes) and a light period and returning week from high camp (power athletes) was examined. Both groups had 9 subjects, 2 women and 7 men. The overreaching was monitored by orthostatic test including heart rate (HR) and heart rate variability (RMSSD) rest and standing values, intensity to the thumb nerve with ChcekMyLevel (CML) device and saliva cortisol levels.

There were statistically significant differences between the groups in the absolute values, but no statistically significant difference between were observed the in the relative changes. In the absolute values HRstanding ($p = 0,03$) was higher in power group at the end of the light period, in the light period RMSSDstanding ($p=0,03$) was higher in the endurance group and the hard / camp return week cortisol level ($p=0,02$) was higher in the power group. In the endurance group was found the correlation between the HRpeak relative change and the CML-intensity result in a light period ($r=0,16$, $p=0,03$). The change of HRrest in the hard period correlated positively with the light period's CML-intensity result ($r=0,24$, $p=0,03$). The RMSSDrest relative change had a negative correlation with the light period's CML-intensity result ($r = -0,26$, $p=0,03$). The cortisol's change of the returning week had a negative correlation with the RMSSDrest value of the light period ($r=-0,51$, $p=0,03$). Within the endurance group, the only statistically significant difference was the HRpeak which was higher at the end of light period compared with the end of the hard period ($p=0,01$). There were no statistically significant differences within the power group.

Based on the results, monitoring of the short-term overreaching by heart rate and heart rate variability describe reliably about the condition of the athletes recovery but the individual variation was remarkable. However, in the short term, the differences between the groups cannot be established reliably. The intensity measured by the thumb nervous correlated in the endurance group with heart rate and heart rate variability. Based on the correlations, it could be concluded that the new application may also register possible overreaching.

Keywords: Overreaching, heart rate, HRV, RMSSD, cortisol, intensity, CheckMyLevel

KÄYTETYT LYHENTEET

ACTH	adenokortikotropiini, kortikotropiinihormoni
BCAA	branched-chain amino acids, haaraketjuiset aminohapot
CML	CheckMyLevel, kaupallinen laite
CRH	kortikotropiinia vapauttava hormoni
HPA-akseli	hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisakseli
HRV	heart rate variable, suomeksi sykevälivaihtelu
IL-1 β	sytokiini
IL-6	sytokiini
OTS	Over Training Syndrome, suomeksi ylikuormitus
RMSSD	sykevälivaihtelua kuvaava parametri, sykkeen RR-intervallien neliöjuuren erotus
T/C -suhde	testosteroni-kortisoli -suhde
TNF- α	sytokiini
UUS	Unexplained Underperformance Syndrome, selittämätön alhaisen suorituskyvyn oireyhtymällä
VO _{2max}	maksimaalinen hapenottookyky

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	4
2 KUORMITTUMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ.....	6
2.1 Hermostollinen ja perifeerinen kuormitus	6
2.2 Fyysinen kuormitus ja sen fysiologiset vasteet.....	7
2.3 Korkeanpaikan harjoittelu.....	9
2.4 Psykkinen kuormitus ja sen fysiologiset vasteet.....	11
2.5 Ylikuormitus ja palautuminen.....	13
3 KUORMITTUMISEN SEURAAMINEN	17
3.1 Sykevälivaihtelu autonomisen hermoston ja pitkäaikaisen psykkinen kuormittumisen seurannassa	17
3.2 Hormonaaliset muutokset fyysisen ja psykkinen kuormittumisen seurannassa..	19
3.3 Hermolihasjärjestelmän kuormittumisen seuranta.....	20
3.4 Suorituskyvyn seuraaminen	20
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA KOEASETELMA	24
5 MENETELMÄT	26
5.1 Koehenkilöt.....	26
5.2 Harjoittelu	26
5.3 Tutkimusprotokolla.....	27
5.4 Ortostaattinen testi; sykereaktio ja sykevälivaihtelu.....	27
5.5 Intensiteetti (CML).....	28
5.6 Hormonaaliset testit	31

5.7 Tilastollinen analyysi	32
6 TULOKSET	33
6.1 Ortostaattinen sykereaktio.....	33
6.1.1 Kestävyyssryhmä.....	33
6.1.2 Teholajiryhmä	36
6.2 RMSSD	39
6.2.1 Kestävyyssryhmä.....	39
6.2.2 Teholajiryhmä	41
6.3 Intensiteetti (CML).....	43
6.3.1 Kestävyyssryhmä.....	43
6.3.2 Teholajiryhmä	44
6.4 Kortisoli	45
6.4.1 Kestävyyssryhmä.....	45
6.4.2 Teholajiryhmä	46
6.5 Ryhmien välinen ero	47
6.6 Kuormitustekijöiden suhteellisten muutosten korrelaatio.....	49
7 POHDINTA	51
7.1 Yhteenvedo päätuloksista	51
7.2 Intensiteetin ja sykkeen sekä intensiteetin ja sykevälivaihtelu väliset korrelaatiot	52
7.3 Sykevälivaihtelun ja kortisolin välinen korrelaatio.....	53
7.4 Kuormittumisen käyttäytyminen kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla ja korkeanpaikan leiriltä paluuviikolla.....	53
7.5 Tutkimuksen rajoitteet	54
7.6 Johtopäätökset.....	55

8 LÄHTEET..... 57

Liite 1 Keskiarvot ja keskihajonnat

Liite 2 Kestävyyssryhmä, korrelaatio suhteellinen muutos

Liite 3 Teholajiryhmä, korrelaatio suhteellinen muutos

1 JOHDANTO

Kuormittumisen säännöllisellä seurannalla saadaan tietoa urheilijoiden suorituskyvystä, harjoittelun edistymisestä aikaisempiin vuosiin verrattuna, mutta myös tietoa lyhyen aikavälin kuormittumisesta (eng. overreaching), viitteistä pidempään jatkuneesta ylikuormitustilasta (eng. overtraining) tai pitkän aikavälin kuormittumisen seurauksena johtuvasta ylikuntotilaan (eng. overtraining syndrome OTS) viittaavista tekijöistä. Kuormittumisen seurantaan käytettäviä mittareita ja työkaluja ovat muun muassa suorituskykyä kuvaavat ergometritestit, joissa mitataan sykettä ja veren laktaattia, hormonaaliset muutokset kuten kortisoli ja testosteroni sekä näiden suhde, sykevälivaihtelu levossa ja hermolihasjärjestelmän tilaa mittaavat hyppytestit. (Urhausen ym. 2002; Mero ym.2016, 607.).

Ylikuormitustila on määrällisesti suurempi yksilöurheilijoilla kuin joukkuelajeissa (Uusitalo, 2017) ja etenkin kestävyyslajien edustajilla on todettu olevan suurin riski sairastua ylikuormitustilaan, sillä keho on pitkiä aikoja valtaisan stressin alla (Carfagno&Hendrix, 2014). Ylikuormittumista on enemmän aikuisilla miehillä kuin naisilla, mutta toisaalta nuorilla tyttöurheilijoilla on havaittu enemmän ylikuormittumista kuin poikaurheilijoilla (Uusitalo 2017.). Lisäksi ylikuormitustilan riski korreloi yhtä lailla taitotason kuin sen aikaisemman esiintyvyyden kanssa. Ylikuormitustilaan vaikuttaa fyysisen rasituksen lisäksi myös psyykinen kuormitus. (Carfagno&Hendrix, 2014.).

Tässä Pro gradu -työssä tarkastellaan nuorien kestävyys- ja teholajiuurheilijoiden kuormittumista kahdella eri harjoitusjaksolla. Kestävyysurheilijoiden kohdalla tarkastellaan kevyen ja kovan harjoitusjakson kuormittavuutta ja teholajiuurheilijoilla kevyen ja korkean paikan leirin jälkeisen viikon, leiriltä paluuviikon, kuormitusta. Kestävyysurheilijoilla harjoitus kovalla jaksolla on määrällisesti suurempi kuin kevyellä jaksolla. Kestävyysurheilijoiden lajeina on hiihto, ampumahiihto tai hiihtosuunnistus ja teholajiuurheilijat edustavat alppilajeja. Aineisto perustuu Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia

valmennuksen kehittämishankkeeseen, joka on toteutettu Jyväskylän yliopiston hallinnoimana EAKR-hankkeena 1.12.2015 - 30.4.2017.

2 KUORMITTUMISEEN VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

2.1 Hermostollinen ja perifeerinen kuormitus

Hermosto koostuu kahdesta perusosasta: keskushermostosta ja ääreishermostosta (perifeerinen hermosto). Keskushermosto käsittää sekä aivot ja selkäytimen, mitkä linkittyvät yhteen ydinjatkoksen kautta. Ääreishermosto sisältää 31 paria selkärankahermoja ja 12 paria aivohermoja. Ääreishermosto koostuu käytännössä liikehermoista eli motorisista hermoista (α - ja γ -motoneuronit), jotka alkavat selkäytimestä kuljettaen keskushermostosta tietoa aksonien avulla lihaksiin ja sensorien avulla takaisin selkäyttimeen ja edelleen aivoihin. Sensoriset ja motoriset hermosolut ovat yhteydessä keskenään joko suoraan synapsin kautta tai välittäjähermosolujen avulla. Keskushermoston käskyjä liikkuu myös autonomisen hermoston kautta mm. sisäelimiin. Autonominen hermosto jakautuu edelleen sympaattiseen ja parasympaattiseen osaan. (McArdle ym. 2015, 384-385, Mero ym. 2007, 37-39, Mero ym. 2016, 88-90.).

Hermolihasjärjestelmän väsyminen näkyy esimerkiksi laskeneena voimantuottokykynä tai kykenemättömyytenä ylläpitää suorituskykyä. Väsymiseen vaikuttavat lihastyötapo, suorituksen intensiteetti ja kesto. Väsyminen voi johtua motorisen suorituskyvyn heikentymisestä, jotka liittyvät neurologisiin häiriöihin, tai väsymys johtuu pelkästään lihaksen kykenemättömyydestä tuottaa riittävästi voimaa tai tehoa. Hermolihasjärjestelmän väsyminen jaetaan sentraaliseen ja perifeeriseen väsymykseen. Sentraalinen eli hermostollinen väsyminen tapahtuu keskushermosto- ja selkäydintasolla kun taas perifeerinen väsyminen johtuu aktiopotentiaalilaskusta jonka aiheuttaa perifeeristen hermojen toiminnan heikkeneminen. (Enoka 2008, 317-318.). Toisin sanoen väsyminen on joko keskushermostotasolla, tai väsyminen näkyy siinä, että neuraalinen käskytyks keskushermostosta lihakseen heikkenee tai väsyminen on selkeästi lihaksissa (Birgland-Ritchie 1984). Toistuva nivelten liike ja lihassupistuminen saattavat aiheuttaa kudoksissa mikrovaurioita, joka stimuloi akuuttia paikallista tulehdusvastetta. Pitkäaikainen lihasten ja

nivelten aktivointi ilman lepoa muuttaa paikallista tulehdusta kroonisemmaksi. (Carfagno&Hendrix, 2014.).

2.2 Fyysinen kuormitus ja sen fysiologiset vasteet

Aerobinen kestävyysharjoittelu vaikuttaa sydämen sinussolmukkeeseen parasympaattisen hermoston kautta, mikä laskee sykettä. Samaan aikaan parasympaattinen aktivaatio laskee. Pitkäkestoinen kestävyysrahoittelu laskee leposykettä ja sydämen iskutilavuus paranee. Lisääntynyt veritilavuus, vasemman kammion sydänlihaksen supistumiskyky ja mukautuminen kasvattavat sydämen iskutilavuutta. Lisäksi veren virtaus kasvaa fyysisen aktiivisuuden lisääntyessä. Luontaista diastolista virtausta seuraa voimakkaampi systolinen supistuminen. Neuromuskulaarinen vaikutus liittyy hengitykseen, jolloin systolisen supistumisen aikana on voimakas uloshengitys. Harjoittelun vaikutuksesta veren määrä laajenee ja ääreisverenkierron vastus vähenee. Kestävyysharjoittelu parantaa hapen kulkua lihaksistoon ja sitä kautta suorituskyky sekä aerobinen teho paranee. (McArdle ym. 2015, 344-345, 463.).

Iskutilavuus määrittää myös maksimaalisen hapenottokyvyn VO_{2max} , mikä esimerkiksi kestävyysurheilijoilla voi olla jopa 5,2 l/min (McArdle ym. 2015, 344). Teholajiturheilijolla kuten juniorialppinisteilla on todettu seitsemän päivän HIT -harjoitusjakson (HIT, high intensity training) lisännen maksimaalista hapenottokykyä jopa 6 % suhteutettuna kehon massaan ja (ennen harjoitusjaksoa 53,0 ja harjoitusjakson jälkeen 56,2 ml/kg/min) vaikuttaen edelleen parantuneeseen suorituskykyyn (Breil ym. 2010).

Anaerobinen harjoittelu puolestaan vaikuttaa välittömiin ja lyhyen aikavälin aineenvaihdunnan energiajärjestelmiin, kuten adenosiinitrifosfaattiin (ATP), kreatiinifosfaattiin (PCr), kreatiiniin ja glykogeneeniin, joilla ei samanaikaisesti ole juurikaan aerobisia vaikutuksia. Vastaavasti aerobinen harjoittelu lisää rasva-aineenvaihduntaa. Esimerkiksi sprinttereillä on lihaksissa suurempi ATP:n ja kreatiinin määrä kuin

kestävyysurheilijoilla. Anaerobinen harjoittelu lisää myös veren laktaattipitoisuuden sietokykyä maksimaalisen suorituksen aikana. (McArdle ym. 2015, 464-466.).

Fyysinen kuormitus vaikuttaa myös tiettyjen endokriinijärjestelmään liittyvien hormonien adaptaatioon. Näitä ovat esimerkiksi anteriorisen aivolisäkkeen hormonit, joita kontrolloi hypotalamus. Hypotalamus saa neuraalista syötettä esimerkiksi stressistä, fyysisestä aktiivisuudesta tai vihasta ja tämä kontrolloi vapautuvaa hormivastetta. Eräs hormoni on kortikotropiini ACTH, jonka pitoisuudet voivat lisääntyä jos intensiteetti ylittää 25 % aerobisesta kapasiteetista. ACTH edistää glukokortikoidien kuten kortisolin vapautumista. ACTH mobilisoi rasvahappoja rasvakudoksesta, lisää glukoneogeneesiä ja stimuloi proteiinien kataboliaa. Krooninen korkea seerumin kortisolitaso aiheuttaa siten proteiinien liiallista hajoamista. Lisäksi kortisoli toimii insuliiniantagonistina estämällä solukalvon glukoosin saantia ja hapettumista. Kortisoli edistää myös triglyserolin hajoamista rasvakudoksessa glyseroliin ja rasvahappoihin. Kortisoli vaimentaa immuunijärjestelmän toimintaa ja aiheuttaa negatiivista kalsiumtasapainoa. Toinen hypotalamuksesta vapautuva hormoni on kasvuhormoni, joka muun muassa lisää aminohappojen kulkeutumista solukalvojen läpi. (McArdle ym. 2015, 414-424.).

Voimaharjoittelussa, mutta myös kestävyysharjoittelussa, hormonaaliset vaikutukset kohdistuvat anabolisiin (kuten testosteroni ja kasvuhormoni) ja katabolisiin (kortisoli) hormonitasoihin. Etenkin hypertrofinen eli lihaskasvuun tähtäävä voimaharjoittelu lisää proteiiniaineenvaihduntaa ja edelleen lihaskasvua palautumisjakson aikana, mikä akuutisti lisää em. hormonitasoja. Maksimivoimaharjoittelu ja tehoharjoittelu aiheuttavat vähemmän tai eivät ollenkaan em. hormonitasomuutoksia, ja näiden harjoitustapojen kohdalla vaikutus on hermostollisella puolella. (Crewther ym. 2011.). Fyysinen aktiivisuus lisää kortosolin vapautumista ja tämä voimistunut tuotanto nopeuttaa lipolyysiä, ketogeneesiä ja proteolyysiä eli valkuaisaineiden pilkkoutumista. Erittäin korkeita kortisolipitoisuuksia voi esiintyä pitkäkestoisen liikunnan kuten maratonin jälkeen tai voimaharjoittelun jälkeen. Keskitehoinen aerobinen harjoittelu tai voimaharjoittelu lisäsi akuutisti ainakin

harjoittelemattomilla henkilöillä seerumia ja vapaata testosteronitasoa. (McArdle ym. 2015, 424-426.).

2.3 Korkeanpaikan harjoittelu

Korkealla harjoittelulla tarkoitetaan harjoittelua merenpinnan yläpuolella. Sen avulla voidaan kehittää maksimaalista hapenottokykyä (VO_{2max}), koska korkealla matalampi happiosapaine eli hypoksia lisää erytropoietiini-hormonin tuotantoa ja kiihdyttää siten veren punasolutuotantoa. Tämä puolestaan kehittää hapenkuljetuskapasiteettia, edelleen maksimaalista hapenottokykyä ja suorituskykyä. Merkittävimmät fysiologiset vaikutukset korkeanpaikan harjoittelussa kohdistuvat veren hapenkuljetuskykyyn, hermolihasjärjestelmään ja etenkin voimantuottoon sekä hengitykseen. (Mero ym. 2016, 595-598.). Akuutissa korkeanpaikan kuormituksessa on huomioitava se, että vaikka VO_{2max} on riippuvainen hapen kulkeutumisesta lihaksistoon, kaikki hapen hajoamisen tapahtumasarjat ilmakehästä mitokondrioihin voivat vaikuttaa myös negatiivisesti hapenottokykyyn. Akuutissa kuormituksessa maksimaalisen hapenoton väheneminen johtuu pääasiassa hapen osapaineesta, mikä heikentää keuhkodiffuusiota ja vähentää siten valtimon happipitoisuutta ja happea kudoksiin. (Chapman ym. 2010.).

Väärin toteutettuna korkeanpaikan harjoittelu voi vaikuttaa suorituskykyyn negatiivisesti ja siihen vaikuttaa mm. asumiskorkeus. Optimaalinen asumiskorkeus onkin 2000-2500 m. (Mero ym. 2016, 596-599.). Jo 2300 m korkeudessa keho mukautuu nopeasti fysiologisiin muutoksiin kompensoidakseen ohuempaa ilmaa: hengitys lisääntyy ja myös verenkierto lisääntyy levossa sekä submaksimaalisessa rasituksessa. (McArdle ym. 2015, 600.). Korkealle saapumisen jälkeen olisi kuitenkin annettava keholle 4-7 vuorokautta aikaa sopeutua hypoksiaan, jonka aikana voidaan toteuttaa peruskestävyys- ja nopeuspainotteista harjoittelua. Korkeanpaikan harjoittelun olisi hyvä kestää ainakin 3-4 viikkoa, tai enemmän, sillä alle 3 viikon aikana hemoglobiinimassa kasvaa vain nimellisesti (0-2 %), mutta kaksinkertaistuu kun korkealla ollaan 2-3 viikkoa ja edelleen kaksinkertaistuu kun

pidennetään aikaa 3-4 viikkoon. Leirin lopussa on tärkeää keventää harjoittelua, jotta palautuminen alkaa jo 2-3 päivää ennen merenpinnalle saapumista. (Mero ym. 2016, 598.).

Korkealla asuminen ja harjoittelu voidaan toteuttaa eri korkeuksissa. Optimaalisin olisi se, että asutaan korkealla ja harjoitellaan matalalla ja korkealla. Asuminen ja harjoittelukorkeus vaikuttavat myös siihen, miten elimistö sopeutuu ja palautuu kun siirrytään takaisin merenpinnalle. Tämä vaikuttaa etenkin hermolihasjärjestelmän kuormittumiseen. Jos leirin aikana on asuttu korkealla ja harjoiteltu matalalla tai harjoiteltu matalalla ja korkealla (LHTL = Living High, Training Low, LHTLH = Living High, Training Low and High), pitäisi hermolihasjärjestelmän osalta olla mahdollista kilpailla heti leiriltä paluun jälkeen. Jos puolestaan on asuttu ja harjoiteltu korkealla (LHTH = Living High, Training High), silloin kovatehoiset harjoitukset on tehty pienemmillä harjoitusvauhdeilla, ja se heikentää hermolihasjärjestelmän suorituskykyä korkealta paluun jälkeen. LHTH- mallilla suoritettun korkeanpaikan leirin jälkeen optimaalisin aika kilpailuun olisi 3-4 viikkoa merenpinnalle saapumisen jälkeen. (Mero ym. 2016, 596-597.). Valmistauduttaessa kestävyyslajeissa kilpailuun korkealla, on suositeltavaa käyttää LHTL-mallia (Chapman ym. 2010).

Välittömästi korkealta paluun jälkeen veren hemoglobiinimassa on suurimmillaan ja se pienenee 2 viikon aikana melko hitaasti. Noin neljän viikon aikana hemoglobiinimassa on palautunut takaisin ennen korkeanpaikan leiriä edeltävälle tasolle. Koska korkealla harjoittelussa hemoglobiinimassa sekä VO_{2max} ovat nousseet, mahdollistaa se kahden viikon ajan kovatehoisempaan harjoitteluun tai kilpailuun parantuneella suorituskyvyllä. (Mero ym. 2016, 596-597.).

Toisaalta on huomioitava hengityselimistön sopeutuminen merenpinnan tasolle. Hypoksia lisää ventilaatiota ja se parantaa hengityskapasiteettia, jolloin se olisi hyödynnettävissä heti merenpinnalle saapumisen jälkeen. Korkeanpaikan harjoittelu pienentää hengityksen energiankulutusta, mutta tämä vaikutus kestää noin 6 päivää korkealta paluun jälkeen, kun taas toisella viikolla hengityksen energiankulutus kasvaa ja kolmannella viikolla se on palautunut korkealla oloa edeltävälle tasolle. (Mero ym. 2016, 596-597.).

Yleisesti ottaen korkealta paluun jälkeen ensimmäisen viikon aikana suorituskyky paranee, toisella viikolla heikkenee ja 14-28 vuorokauden jälkeen suorituskyky paranee uudelleen. Sopeutumiseen ja palautumiseen vaikuttavat myös aikaero, lämpötilaero ja matkustaminen. Tämä on kuitenkin yksilöllistä. (Mero ym. 2016, 598.).

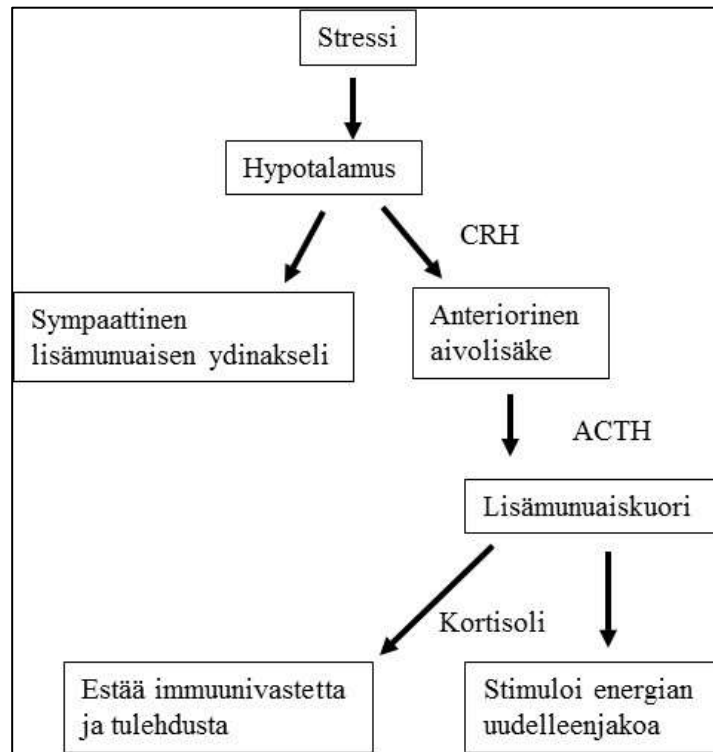
Pitkä korkeanpaikan harjoittelu vähentää rasvattoman kehon painoa ja rasvamassaa (McArdle ym. 2015, 608), joten aamupainon seuraaminen on tarpeellista (Mero ym. 2016, 599-600). On myös todettu, että 3 viikon kestävyysjuoksijoiden korkeanpaikan harjoittelu ei ole vähentänyt kehonpainoa (Sperlich ym. 2016). Hyppytestien avulla voidaan seurata hermolihasjärjestelmän kuormitusta ja ortostaattisen sykkeen avulla kehon stressitilaa. Myös veren laktaattipitoisuutta ja sykettä on hyvä seurata jonkin kontrolliharjoituksen kautta kuten 3x1 km juoksutestin avulla. (Mero ym. 2016, 599-600.). Vaikka anaerobisella aineenvaihdunnalla ei ole vaikutusta korkeuteen, veren kyky puskuroida happoa kuitenkin vähenee. Korkealle mentäessä submaksimaalisessa harjoituksessa veren laktaattikonsentraation kuormitus lisääntyy merenpinnan tason arvoihin verrattuna. (McArdle ym. 2015, 606.). Lisäksi merenpinnan tasolle tultaessa on palautumisen seuranta jatkettava säännöllisesti jopa kuukauden ajan (Mero ym. 2016, 599-600).

2.4 Psykkinen kuormitus ja sen fysiologiset vasteet

Puhekielessä psyykkisellä kuormituksella tarkoitetaan yleensä stressiä. Stressin voi laukaista jokin äkillinen tapahtuma tai se voi olla päivittäinen matalatasoinen, esimerkiksi työhön liittyvä, psykososiaalinen kuormitus. Stressiä voi kuvata myös, että se on ulkoisten vaatimusten ja sisäisten resurssien välinen epätasapainotila. Stressitekijät aktivoivat fysiologisia järjestelmiä eri tavalla ja sen vuoksi nykyään erotellaan lyhyt- ja pitkäkestoinen stressi. (Puttonen 2006.).

Lyhytkestoisessa stressitilassa (akuutti stressi) pääasialliset muutokset johtuvat autonomisen hermoston ja hypotalamus-aivolisäke-lisämunuais (HPA)-akselin aktivaatiosta, joka näkyy etenkin psykososiaalisessa stressissä (Kuva 1). Tällöin esimerkiksi kortisolitaso nousee.

(Puttonen 2006.). Fyysisessä ylikuormitustilassa näkyy myös hypotalamuksen ja sen akselien säätelyhäiriötä HPA-akselissa ja hypotalamus-aivolisäke-sukurauhas -akselissa. Muutokset näkyvät ensisijaisesti kortisolissa, adrenokortikotropiinihormoneissa (ACTH), testosteronissa ja estrogeenissa (Carfagno&Hendrix 2014.). Kortisoli on lisämunuaisen aivokuoren erittämä glukokortikoidi ja se lisää muun muassa glukoneogeneesiä, edistää rasvan mobilisaatiota ja käyttöä ja suojaa organismeja immuunijärjestelmän ylireagoinnista (Tanskanen 2012, 25). Kortisoli tunnetaan stressihormonina, sillä stressi lisää sen eritystä. Eritys on normaalisti suurinta aamulla ja vähenee yöllä. (McArdle ym. 2015, 424.). Akuuttiin stressitilaan voi liittyä muutoksia myös tarkkaavaisuudessa, vireystilassa ja emotionaalisessa tilassa (Puttonen 2006).

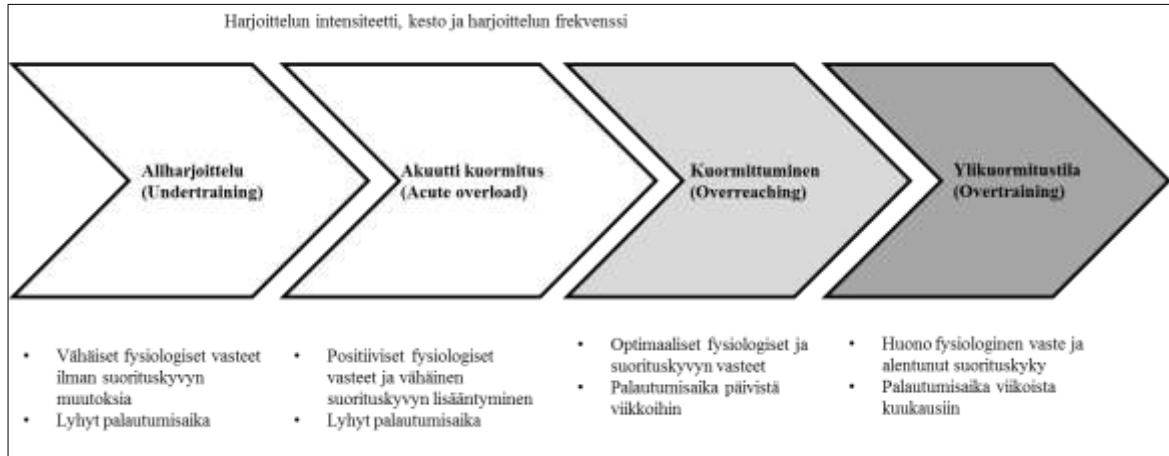


KUVA 1. Hormonaaliset tekijät, joita käytetään stressitekijöiden vasteena. CRH on kortikotropiinia vapauttava hormoni ja ACTH adrenokortikotropiinihormoni. (Modifioitu Carfagno&Hendrix, 2014).

Pitkäkestoisessa psyykkisessä stressitilassa (krooninen stressi) on kyse pidempiaikaisesta psykososiaalisesta kuormituksesta. Sitä voidaan selvittää fysiologisten muuttujien kuten kortisolin ja sydämen sykevälivaihtelun avulla. Kortisolitaso voi vaihdella pitkäkestoisen stressin eri vaiheissa ja sillä on myös yksilökohtaisia eroavaisuuksia. Myös vuorokausivaihtelu on suurta. Yksittäisillä kortisolimittauksilla on vaikea todentaa pitkäkestoista psyykkistä kuormitusta esimerkiksi työstressin osalta, mutta toisaalta yksilötasolla aamuheräämisen jälkeen korkea kortisolitason nousu on hyvä indikaattori stressitilan arvioinnissa. (Puttonen 2006.). Toisaalta psyykinen stressi voi akuutisti nostaa hormonien kuten kortisolin vapautumista, kun taas pitkittynyt stressi voi vähentää sitä (Hynynen ym. 2016). Lisäksi sykevälivaihtelun on todettu olevan hyvä indikaattori stressin fysiologisten vaikutusten tunnistamisessa. Sykevälivaihtelun ja stressin välinen yhteys on ilmeisempää kuin plasman katekolamiinien ja kortisolin erittymisen yhdistäminen stressiin. (Föhr ym. 2016).

2.5 Ylikuormitus ja palautuminen

Ylikuormitus on fyysisen ja psyykkisen kuorman ja riittävän palautumisajan epätasapaino. Ylikuormitustilaan liittyy se, että harjoituksesta tai kilpailusta ei palauduta normaalisti palautumiseen riittävänä aikana. Ylikuormitustila onkin alipalautumista. (Uusitalo 2017.). Lisääntynyt harjoittelun intensiteetti, kesto ja harjoittelun frekvenssi vaikuttavat elimistön kuormittumiseen ja riittävään palautumisaikaan (Kuva 2). Aliharjoittelussa tai akuutissa ylikuormittumisessa palautumiseen vaadittava aika on lyhyt, eikä näillä ole juurikaan vaikutusta suorituskykyyn. (Carfagno&Hendrix 2014.). Akuutti ylikuormitus vaikuttaa jopa positiivisesti fysiologisiin vasteisiin ja vähäisesti suorituskykyyn (Carfagno&Hendrix 2014), ja toisaalta lyhytaikainen kuormitustila (eng. overloading) kuuluu urheilijan normaaliin harjoitteluun kun viritetään suorituskykyä huippuun kuormittavan ja laadukkaan harjoitusjakson aikana, josta palaudutaan 2-4 viikon aikana (Uusitalo 2007). Selkeässä pitkään jatkuneessa ylikuormitustilassa (overtraining) suorituskyky laskee ja palautuminen vie viikoista kuukausiin (Carfagno&Hendrix 2014, Uusitalo 2017).



KUVA 2. Harjoittelun intensiteetit, keston ja frekvenssin vaikutus fysiologisiin vasteisiin ja palautumisaikaan (Modifioitu Carfagno&Hendrix 2014).

Ylikuormitustila mielletään usein johtuvan fyysisestä rasituksesta, mutta siihen vaikuttavat myös psyykinen kuormitus ja ei-fysiologiset tekijät. Näitä ovat unen laatu, ravinnon laatu ja liian vähäinen muu palautumisaika, jotka kokonaisuutena vaikuttavat henkilön palautumiskykyyn. Ylikuormitustilassa elimistön aineenvaihdunta on pääasiassa katabolian eli hajottavan aineenvaihdunnan puolella, jolloin elimistössä on ikään kuin hälytystilannevaihe. Sen kesto vaihtelee, se on yksilöllistä ja se voi olla huomaamaton, jolloin harjoittelussa siirrytään toiseen vaiheeseen ja voimavarojen hitaaseen uupumiseen. (Uusitalo 2017.).

Pitkittyneessä ylikuormitustilassa on havaittu lisämunuaisen vajaatoimintaa, hypofyysin ja hypotalamustason vajaatoimintaa. Nämä ovat palautuvia ilmiöitä eivätkä pysyviä sairaustiloja. Joissakin tapauksissa on todettu myös aivojen välittäjäainemuutoksia. Hapetusstressin ja matala-asteisen tulehduksen patofysiologisella osuudella on vaikutusta ylikuormitustekijöihin. (Uusitalo 2017.). Ylikuormitustilan patofysiologiaa on yritetty selittää erilaisilla hypoteeseilla kuten sytokiniini-, hypotalamus- ja glykogeenihipoteeseilla (Carfagno&Hendrix 2014).

Carfagno&Joshua viittaavat Kreher&Schwartzin ja Smithin artikkeleihin, joissa sytokiinisisä hypoteesissa lähtökohtana on lihasten jatkuva aktivointi ilman lepoa. Nämä aiheuttavat akuutin tulehduksen joka jatkuessaan muuttuu krooniseksi ja edelleen stimuloivat tulehdusvastetta. Ylikuormitustilassa erityisesti kolme sytokiiniä (IL-1 β , IL-6 ja TNF- α) ja niiden vaikutukset selittävät aikaisessa vaiheessa esiintyvät oireet. Esimerkiksi sytokiini joka toimii hypotalamuksessa voi vähentää näläntunnetta, jonka tuloksena lihasten glykokeenivarastot pienevät. Lisäksi TNF- α ja IL-1 β toiminta aivoissa voi vaikuttaa unihäiriöihin ja masennukseen. Sytokiinihypoteesia on selitetty vain muutamissa ylikuormitusta selvittäneissä tutkimuksissa ja luotettavaa näyttöä on vähän. (Carfagno&Hendrix 2014, Kreher&Schwartz 2010, Smith, 2000.).

Hypotalamusta käsittelevässä hypoteesissa nähdään häiriötä HPA-akselissa (Kuva 1). Carfagno&Joshua viittaavat Armstron&VanHeestin tutkimukseen, jossa muutokset kortisolissa, adrenokortikotropiinihormonissa, testosteroniarvoissa, ja estrogeenissa voisivat selittää ylempien hengitystieinfektioiden lisääntymisen ja vähentyneen tulehduksen sekä katekolamiinipitoisuuksien varhaisen lisääntymisen ennen ja jälkeen harjoitusten. (Carfagno&Hendrix 2014, Armstrong&VanHeest 2002.). On huomioitava, että tutkimuksissa hormonipitoisuuksien on todettu vaihtelevan urheilijoilla, joillakin ne ovat nousseet ja toisilla laskeneet. Kuitenkin alhainen seerumin kortisoli ilmaisee lisämunaaisen ehtymistä ja voi olla läsnä kohonneiden tai alhaisempien ACTH-tasojen kanssa riippuen siitä, mikä HPA-akselin vaikutus vaikuttaa. (Carfagno&Hendrix 2014.).

Glykogeenihypoteesissa alhaisella lihasten glykogeenilla on negatiivinen vaikutus harjoitteluun ja suorituskykyyn, koska elimistöllä ei ole riittävästi energiaa. Tämän vuoksi on ehdotettu, että vähentynyt glykogeeni aiheuttaisi ylikuormitustilaa. Vähentynyt glykogeeni lisää hapettumista ja vähentää BCAA-aminohappojen tasoa, jotka osallistuvat keskeiseen neurotransmitterisynteesiin ja siten väsymisen kehittymiseen. (Carfagno&Hendrix 2014, Kreher&Schwartz 2012, Meeusen ym. 2012).

Vaikka lepopäivien merkitys ymmärrettäisiin kovan harjoittelun vastapainona, ylikuormitustila saattaa puhjeta siitä huolimatta pitkällä aikavälillä. Ylikuormittumisen merkit ovat samantapaisia kuin kuormittumisessa tai lyhyen aikavälin liiallisessa harjoittelussa. Ylikuormitustila on stressin kertymistä, mikä johtuu harjoittelusta ja muun elämän stressitekijöistä. Nämä tekijät edelleen johtavat pitkällä aikavälillä suorituskyvyn heikkenemiseen ja siihen voi liittyä sekä psykologisia ja/tai fysiologisia oireita. Jotkin urheilijat ovat kuvanneet ylikuormitustilakokemustaan (englanniksi OTS, Over Trainig Syndrome) burnoutilla, väsymyksellä, kyllästymisellä, kroonisella väsymyksellä, alipalautumisella ja selittämätön alhaisen suorituskyvyn oireyhtymällä (UUS: unexplained underperformance syndrome). (Carfagno&Hendrix 2014.).

3 KUORMITTUMISEN SEURAAMINEN

3.1 Sykevälivaihtelu autonomisen hermoston ja pitkäaikaisen psyykkisen kuormittumisen seurannassa

Syke on tietty määrä sydämen lyöntejä minuutissa. Sykevälivaihtelu (HRV) on vierekkäisten sydämen lyöntien välisten aikavälien vaihtelu. Sykevälivaihtelu kuvaa neurokardiaalista toimintaa ja se generoi sydämen ja aivojen vuorovaikutusta ja dynaamista epälineaarista autonomista hermostoa. Sykevälivaihtelu heijastaa autonomiseen tasapainoon, verenpaineeseen, kaasunvaihduntaan, suolistoon, sydämeen ja verenkiertoelimistöön. Terveessä sydämessä vaihtelut ovat epälineaarisia, toisin sanoen sydän ei ole metronomi. (Shaffer ym. 2017.).

Sykevälivaihtelu heijastaa pääasiassa sydämen parasympaattista modulaatiota ja se on normaalisti korkea levossa, erityisesti yöaikana. Yöuni onkin erityisen tärkeä jakso terveyden kannalta, jolloin sekä psyykinen että fyysinen palautuminen tapahtuu. (Hynynen ym. 2010.). Sykevälivaihtelun vaste heräämiseen saattaa olla herkkä myös fyysiselle stressille. Kun sykevälivaihtelu mitataan heti yönien jälkeen, se on hyvä indikaattori kehon hyvinvoinnin määrittämisessä. (Hynynen ym. 2010.).

Sydämen syketaajuus vaihtelee koko ajan ja sykevälivaihtelua lisää parasympaattisen hermoston toiminnan kiihtyminen (Puttonen 2006). Psyykinen stressi aiheuttaa usein sympaattisia vasteita autonomisessa hermostossa ja se voidaan havaita alentuneena sykevälivaihteluna (Föhr ym. 2016). Lepotilanteessa parasympaattisen hermoston osan alentunut toiminta on todettu liittyvän stressiin ja seuraamalla sen kehittymistä voidaan ennustaa stressitasoa. Korkea parasympaattinen aktivaatio olisikin suojaava mekanismi ja siten sympaattisen hermoston osan aktivaatiolla olisi ehkäisevä vaikutus. Tämän perusteella psykososiaalista kuormittumista voi arvioida sykkeen ja parasympaattisen lepoaktivaation kautta. Kohonnut syke voi kertoa pitkittyneestä kuormittumisesta ja edelleen sympaattisen

osan kasvusta ja parasympaattisen osan alentumisesta. Pitkäaikaisen psykososiaalisen kuormittumisen seurannassa voidaan käyttää sykevälivaihteluun perustuvaa mittausta, sillä pitkäaikaisessa kroonisessa stressissä parasympaattisen osan aktivaatio laskee. (Puttonen 2006.).

Sykevälivaihtelun seurannassa käytetään paljon ortostaattista testiä, joka on saatavilla useimmissa sykemittarimalleissa. Ortostaattisessa testissä mitataan syke ja sykevälivaihtelu RMSSD makuu- ja seisoma-asennossa. (Mero ym. 2016, 606.). RMSSD on yksi sykevälivaihtelun aikaan perustuva parametri (Shaffer ym. 2017) ja se on sykemittauksesta saatavan RR-intervallien erotusten neliöjuuri (Hynynen ym. 2010). RMSSD heijastaa sykelyöntien välin (beat-to-beat) varianssia millisekunteinä (ms), ja sitä käytetään arvioimaan muutoksia, jotka heijastuvat sykevälivaihteluun. RMSSD:ssä vähimmäistallennusmäärä on 5 minuuttia, on ehdotettu jopa lyhyitä 10, 30 ja 60 sekunnin aikavälejä. (Shaffer ym. 2017.).

Ortostaattisessa testissä seisomaannousun ansiosta saadaan ärsyke sydämeen ja verenkiertoelimistöön, jolloin saadaan paremmin tietoa autonomisen hermoston tilasta ja elimistön kokonaisstressistä kuin pelkän leposykkeen seurannan avulla. Sykevälivaihtelun seuraaminen on tyypillistä kestävyyslajeissa kuormittumisen seurannassa. (Mero ym. 2016, 606.).

Kun sykevälivaihtelussa mittaukset tehdään levossa, on olennaista tietää, että liittyykö sykevälivaihtelun muutos sympaattiseen yliaktiivisuuteen vai ei, ja miten muutos on suhteessa sykearvoihin. Siinä tapauksessa, että Ln RMSSD (logaritmi RMSSD) laskee, R-R -intervallit todennäköisesti lyhenevät, ylläpitäen tai jopa kasvattaen RMSSD/RR -suhdetta. Tällöin syke on korkeampi. Keskitason nousu olisi optimaalinen, kun taas poikkeuksellisen suuri nouseva muutos voi vaikuttaa harjoitukseen heikentävästi ja se edelleen vähentää suorituskykyä. Tasapainoisessa tilanteessa R-R -intervallit nousevat (alhaisempi syke), ja RMSSD/RR -suhde vähenee. Koska jokaisella urheilijalla on oma RMSSD/RR-profiili, on vaikea tulkita miten RMSSD/RR -suhteen tasapainoinen tila

vaikuttaa suorituskykyyn. Tähän vaikuttaa myös harjoitusperiodit ja luotettavan henkilökohtaisen tason määrittämiseksi tarvitaan kuukausien tai vuosien seuranta. (Buchheit 2014.).

Muita aikaan perustuvia sykevälivaihtelua mittaavia parametrejä RMSSD:n lisäksi ovat mm. SDNN (sinus-lyöntien keskihajonta), SDRR (kaikkien sinuslyöntien keskihajonta) ja SDANN eli NN-intervallien keskiarvon keskihajonta 5 minuutin segmenteissä 24 tunnin tallennuksen ajalta. (Shaffer ym. 2017.).

3.2 Hormonaaliset muutokset fyysisen ja psyykkisen kuormittumisen seurannassa

Hormonaalinen järjestelmä ja hermostosäätely ovat järjestelmiä, jotka ylläpitävät elimistön homeostaasia. Sisäeriterauhaset erittävät hormoneja, jotka päätyvät verenkierron avulla kohde-elimen reseptoreihin ja sitä kautta saadaan aikaan soluvaste. Hormonit ovat steroideja tai aminohappoyhdistelmiä ja niiden avulla säädellään geenien ja entsyymien toimintaa. Myös jotkin sisäelimet erittävät hormoneja kuten munuaiset hypoksian vaikutuksesta erytropoietiinihormonia. Kestävyys- ja voimaharjoituksen aiheuttama kuormitus näkyy testosteroni- ja kortisolihormonien tasapainossa akuuttina tai pitkäaikaisina muutoksina. Esimerkiksi yksittäinen kestävyys- tai voimaharjoitus muuttaa tilapäisesti veren testosteroni- ja kortisolipitoisuuksia, mutta ne palautuvat harjoitusta edeltävälle tasolla noin kahdessa tunnissa. Kuitenkin erittäin kovan kestävyyskuormituksen jälkeen testosteroni voi olla alhaisempi muutamana seuraavana päivänä. (Mero ym. 2016, 140-142.).

Lepohormonipitoisuudet, esimerkiksi testosteroni, eivät muutu tai laske pitkään jatkuneen intensiivisen kestävyysharjoittelun myötä (Mero ym. 2016, 140). On myös todettu, että katekolamiinien alentunut yöaikainen erityis virtsaan on melko myöhäinen merkki ylikuormittumisesta (Lehman ym. 1992). Testosteroni-kortisoli -suhde ja etenkin sen pienentyminen on yksi mittari jota käytetään ylikuormittumisen arvioinnissa. Se kertoo

elimistön anabolia-katabolia -tasapainosta. (Adlercreutz ym. 1986). Urhausen&Kinderman viittaa artikkelissaan Häkkisen ym. (1986) tutkimukseen, jossa alentunut testosteroni-kortisoli -suhde korreloi painonnostajilla voimamittauksiin (Uhrhausen&Kinderman 2002, Häkkinen ym. 1986). Urhausen&Kinderman viittaavat artikkelissaan myös Fry ym. (1998) artikkeliin, jotka eivät ole todenneet muutoksia ylikuormitustilassa oleville voimaurheilijoille (Fry ym.1998, Uhrhausen&Kinderman 2002.).

Tulokset seerumin kortisolipitoisuuksien käyttäytymiseen levossa ovat vaihtelevia, sillä välttämättä ei ole todettu muutoksia, toisaalta kortisolipitoisuus on noussut ja toisaalta laskenut. On arvioitu, että kortisolin väheneminen tapahtuisi pitkäaikaisessa ylikuormitustilassa, kun taas kortisolipitoisuuden kasvu olisi akuutti fysiologinen muutos. (Uhrhausen&Kinderman 2002.). Toisaalta pitkäaikaisessa psykososiaalisessa kuormitustilassa aamuhäämisen jälkeen kortisolitaso voi olla korkea, ja toisaalta myös lyhytaikaisessa psykososiaalisessa kuormittumisessa korkea kortisolitaso viittaisi akuuttiin stressitilaan (Puttonen 2006).

3.3 Hermolihasjärjestelmän kuormittumisen seuranta

Hermolihasjärjestelmän kuormittumisen seurannassa on järkevää käyttää hyppytestejä kuten staattinen- ja kevennyshyppy. Hyppykorkeuden muutos kuvastaa lihaksen tehontuottokykyä. Esimerkiksi nopeus- ja voimalajeissa syke ei kerro harjoituksen kuormittavuudesta tai intensiteetistä, koska näissä lajeissa merkittävä kuormitustekijä on hermo-lihasjärjestelmän väsyminen. (Mero ym. 2016, 607.).

3.4 Suorituskyvyn seuraaminen

Urheilijoiden suorituskykyä voidaan seurata kontrolloiduissa olosuhteissa ja suorituskyvyn testin pitää olla lajispesifinen. Kestävyysurheilijoilla voidaan käyttää esimerkiksi

pyöräergometritestiä tai mattotestiä juosten, hiihtäen tai sauvakävelen. On todettu, että nousujohteisessa testissä kuormittuneiden urheilijoiden VO_{2max} vähenee, mutta toisaalta ei ole epätavallista vaikka tulokset ovat muuttumattomia. Nopeuskestävyystesti tai lyhytaikainen korkean intensiteetin (high-intensity) kestävyystesti voivat olla edustavampia testejä ylikuormittumisen seurannassa, kuten testi jossa intensiteetti on 10 % yksilön anaerobisen kynnyksen yläpuolella pyöräergometrillä tehtynä ja jossa uupumus saavutetaan 15-40 minuutin kuluessa. (Uhrhausen&Kinderman 2002.).

Keski- ja pitkänmatkan juoksijoilla, uimareilla, pyöräilijöillä ja triathlonisteilla on todettu maksimaalisen suorituskyvyn ja veren maksimaalisen laktaattipitoisuuden alentuneen samanaikaisesti. Kuitenkin ylikuormitustilassa (OTS) submaksimaalisen veren laktaattipitoisuus on todettu hieman laskeneen ja laskennallisen anaerobisen kynnyksen nousseen. Näin ollen alentunut anaerobinen kynnyks osoittaa virhettä harjoittelussa kuin ylikuormitustilaa. Jos urheilijoilla on tyhjät glykogeenivarastot, tällöin on myös mitattu alentuneet maksimaalisen ja submaksimaalisen veren laktaattipitoisuuksia eikä kyse ole ylikuormitustilasta. (Uhrhausen&Kinderman 2002.).

Sykeseurannan osalta on todettu, että maksimisyke on hieman, mutta merkittävästi (noin 3-5 lyöntiä minuutissa) laskenut ylikuormitustilassa olevilla urheilijoilla. Lisäksi RER:n (eng. respiratory exchange ratio) on todettu alentuneen submaksimaalisessa ja maksimaalisessa harjoituksessa ylikuormitustilassa olevilla urheilijoilla. (Uhrhausen&Kinderman 2002.).

Hormonitasapainon muutoksia voi havaita myös maksimaalisen suorituksen aikana. Pitkäaikaisessa ylikuormitustilassa sekä kestävyys- että voimaurheilijoilla maksimaalisen harjoituksen aikana on havaittu alentuneen kortisolin erityksen lisäksi myös alentunut aivolisäkkeen hormonien ja kasvuhormonien erityks. Toisaalta maksimaalisen suorituksen aiheuttama seerumin kortisolipitoisuus on todettu vähenevän 4 viikon tehokkaan kestävyysharjoituksen seurauksena, vaikkei kyseessä ollutkaan ylikuormitustila. (Uhrhausen&Kinderman 2002.).

Nopeus- ja voimalajien edustajilla suorituskykyä arvioiva testi voi olla voimantuottoa mittaava tai hermolihasjärjestelmän tilaa kuvaava testi. Voimantuoton muutoksia voi seurata 1 toiston maksimisuorituksessa (1RM). Ylikuormittuneilla urheilijoilla 1RM tulos pääsääntöisesti laskee. Hermolihasjärjestelmän tilaa tai neuromuskulaarista herkkyyttä voidaan arvioida H-refleksin kautta. Hermo-lihasjärjestelmän väsymistä voi seurata myös staattisen hypyn, kevennyshypyn tai jatkuvan hyppytestin (esim. 30 s) avulla. Staattisen – ja kevennyshypyn hyppykorkeuden muutosta seuraamalla saa käsityksen lihaksen tehontuotokyvystä. Jatkuva hyppytesti tuottaa tietoa miten lihaksiin kiinnittyvien jänteiden elastisuutta hyödynnetään tehontuotossa. (Mero ym. 2016, 607, Uhrhousen&Kinderman 2002.).

Naislentopalloilijoille tehdyssä tutkimuksessa arvioitiin psyykkisen hyvinvoinnin suhdetta ja stressihormonipitoisuutta akuutin hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kanssa. Tutkimuksessa oli mukana 40 eliittinaislentopalloilijaa. Psyykkinen hyvinvointi arvioitiin kuudella kyselyyn perustuvalla skaalalla, jossa selvitettiin yleistä hyvinvointia, kilpailutilanteeseen liittyvää pelkoa/huolta, urheilukilpailuun liittyvä pelkoa/huolta, luonteenpiirteeseen vaikuttavia tekijöitä, unikysely ja psyykkisen ominaispiirteen vaikutus urheilusuoritukseen. (Mieglo-Ayoso ym. 2017.)

Psyykkisen hyvinvoinnin arvioinnin lisäksi koehenkilöiltä otettiin verinäytteet, joista analysoitiin testosteroni, ACTH, vapaa testosteroni (FT) ja kortisoli. Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä arvioitiin testipatteristolla johon kuului kontrolloitu lämmittely, hyppytestit (vertical jump, spike jump), nopeustesti, ketteryystesti, stressitesti ja kuntosallin heitto pään yli. Tulosten perusteella merkittävä korrelaatio oli testosteroni/kortisoli -suhteen ja kuntosallin heiton kanssa. Negatiivinen korrelaatio oli psyykkistä tilaa mittaavan urheilukilpailuun liittyvän huolen/pelon ja nopeuden sekä ketteryuden välillä. Merkittävä negatiivinen korrelaatio havaittiin yleisen hyvinvoinnin sekä nopeuden ja ketteryuden välillä. Merkittävä negatiivinen korrelaatio löytyi unikyselyn sekä vertikaalihypyn että iskulyöntihypyn välillä. Psyykkisen ominaispiirteen vaikutus urheilusuoritukseen korreloi positiivisesti vertikaalihypyn kanssa. Tutkimuksen

johtopäätöksissä on todettu, että hormonikonsentraation ja suorituskyvyn välinen suhde ja etenkin sen puuttuminen vaihtelee urheilijoittain johtuen kertyneestä väsymyksestä. Menestykseen ja suorituskykyyn liittyy elimistön sisäinen vuorokausirytmii ja etenkin uni on tärkeässä roolissa kliinisen terveyden kannalta, mutta se huoltaa myös urheilijaa. Unen laadulla on merkitystä suorituskykyyn, sillä unen puute ja alhainen unenlaatu liittyvät heikentyneeseen suorituskykyyn. (Mieglo-Ayoso ym. 2017.).

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA KOEASETELMA

Tämän Pro gradun aineisto perustuu Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia valmennuksen kehittämishankkeeseen, mikä toteutettiin 1.2.2015 - 30.4.2017 Jyväskylän yliopiston hallinnoimana EAKR-hankkeena. On havaittu, että ylikuormitustila on määrällisesti suurempi yksilöurheilijoilla kuin joukkuelajeissa (Uusitalo 2017) ja varsinkin kestävyyslajien edustajilla on todettu olevan suurin riski sairastua ylikuormitustilaan (Carfagno&Hendrix, 2014). Lisäksi ylikuormittumista on havaittu nuorilla tyttöurheilijoilla enemmän kuin poikaurheilijoilla (Uusitalo 2017.). Tämän vuoksi on tärkeää, että jo nuorten valmennuksessa seurataan urheilijoiden kuormittumista säännöllisesti ja opastetaan urheilijat ymmärtämään sen tärkeys osana arkirutiineja ja tavoitteiden saavuttamisen tukena.

Tämän Pro gradu -tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kestävyys- ja teholajiuurheilijoiden fysiologista kuormitusta kevyen ja kovan harjoitusjakson (kestävyysurheilijat) sekä kevyen ja korkeanpaikan leiriltä paluuviikon aikana (teholajiuurheilijat). Tutkimuksen tavoitteena on selvittää seuraavat asiat:

- Miten ryhmän sisällä kuormitus muuttui kevyellä ja kovalla/leiriltä paluuviikon jaksolla?
 - o Hypoteesi on, että kevyellä jaksolla kuormittuminen vähenee ja vastaavasti kovalla harjoitusjaksolla kuormittumisen havaitaan olevan suurempi kuin kovan jakson alussa
 - o Hypoteesi on, että korkeanpaikan leirin jälkeen teholajiuurheilijoilla on vielä viitteitä kuormittumisesta. On todettu, että alppihiihdossa sekä sentraalinen että perifeerinen väsymys vaikuttavat merkittävästi motoriseen kontrolliin ja suorituskykyyn (Ferguson 2009). Lisäksi korkealla sympaattinen aktiivisuus kasvaa sekä levon että harjoittelun aikana (McArdle ym. 2015, 601). Koska oletus on, että leirin aikana harjoitellaan paljon, kuormittuminen näkyisi vielä leiriltä paluuviikolla

- Mitä eroa on kestävyys- ja teholajiryhmien välillä lyhyen aikavälin kuormittumisessa?
 - Hypoteesi on, että kuormittumisessa ei pitäisi olla suuria eroja, sillä lajista riippumatta kuormittumisen fysiologia on sama
- Onko kuormitusta mittaavien muuttujien välillä korrelaatiota?
 - Hypoteesi on, että syke tai sykevälivaihtelu korreloivat kortisolin kanssa
 - Hypoteesi on, että uusi CheckMyLevel mittaus korreloisi sykevälivaihtelun kanssa

5 MENETELMÄT

5.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä hankkeessa oli Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia opiskelijoita, jotka osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti. Kestävyysurheilijat, joiden lajeina oli maastohiihto, ampumahiihto tai hiihtosuunnistus, olivat 16-18 -vuotiaita. Teholajien edustajat, jotka edustivat alppilajeja, olivat keskimäärin hieman vanhempia 16-19 -vuotiaita. Kestävyysurheilijoita oli seurannassa 9 henkilöä, joista 7 poikaa ja 2 tyttöä. Alppilajien edustajia oli 9, joista 7 poikaa ja 2 tyttöä. Tutkimuksen toteuttamiseen oli Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan lupa.

5.2 Harjoittelu

Kestävyysurheilijoiden kevyen jakson harjoitusmäärä päivässä oli noin 1 h 48 min (+/- 20 min) ja kovalla jaksolla noin 2 h 35 min päivässä (+/- 30 min). Teholajien edustajilla kevyen jakson harjoittelumäärä oli keskimäärin 1 h 16 min päivässä (+/- 44 min). Teholajien edustajien korkeanpaikan leiriltä paluuviikko on verrattavissa kestävyysurheilijoiden kovaan harjoitusjaksoon. Varsinainen korkeanpaikan harjoittelu oli toteutettu siten, että asumiskorkeus oli 1800 m:ssä ja harjoitukset jäätiköllä olivat 3500 m:ssä. Leiriltä paluuviikolla teholajien edustajilla harjoitusmäärä oli noin 1 h 12 min päivässä (+/- 55 min), mikä on määrällisesti vähemmän kuin heidän kevyen jakson harjoittelumäärä. Tämä johtuu siitä, että osa oli sairastunut jo korkealla ollessaan ja toisaalta siitä syystä, että leiriltä paluuviikko sisälsi matkustus- ja palautumispäiviä. Kuitenkin tutkimuksen kannalta on oletettu, että korkeanpaikan leiriviikon kuormitus näkyy vielä leiriltä paluuviikolla.

Teholajuurheilijoiden kohdalla tarkastelujaksoksi valittiin myös sen vuoksi leiriltä paluuviikko, koska hormonimäärityksiin tarvittavia sylkinäytteitä ei voitu säilyttää leiriolosuhteissa luotettavasti. Näin ollen sylkinäytteet kortisolimäärityksiä varten on otettu leiriltä paluuviikolla ja vertailtavuuden vuoksi myös muiden kuormitustekijöiden aineisto on otettu samalta ajanjaksolta.

Seurannassa olevan kevyen tai kovan harjoitusjakson tai leiriltä paluuviikon pituus oli keskimäärin 5-7 päivää. Harjoitustuntimäärät on saatu valmentajilta. Tuntimääriä on kerätty myös Polar Coach -sovelluksesta, jolloin ei ole täyttä varmuutta siitä, ovatko urheilijat tallentaneet kaikkia harjoituksiaan sykemittariin (esim. voimaharjoittelu). Harjoituksen tehoa ja yksittäisen harjoituksen kuormittavuutta ei ole tässä työssä analysoitu.

5.3 Tutkimusprotokolla

Mittausmenetelmät on määritetty Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia valmennuksen kehittämishankkeessa ja mittaukset on suoritettu hankkeessa olleiden urheilijoiden toimesta itsenäisesti tai hankkeen aikana järjestetyissä testausolosuhteissa (Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia valmennushanke, loppuraportti). Tässä Pro gradu-työssä on tarkasteltu tiettyjen kestävyys- ja teholajien urheilijoiden mittaustuloksia kevyen ja kovan harjoitusjakson tai korkeanpaikan leiriltä paluujakson ajalta. Harjoitusjaksot perustuvat kehittämishankkeen mukaiseen määrittelyyn ja harjoitustuntimäärät on saatu valmentajilta.

5.4 Ortostaattinen testi; sykereaktio ja sykevälivaihtelu

Ortostaattinen testi mitattiin koehenkilöiden toimesta itsenäisesti aamuisin useamman kerran viikossa. Mittauksessa käytettiin Polar V800-sykemittaria (Polar Electro, Kempele) ja sykemittarissa olevaa ortostaattista testiä. Testissä mitataan sykettä makuulta, seisten ja seisomaan nousun aiheuttama huippuarvo (Kuva 3). Testi suoritetaan ensin makuuasennossa, joka kestää 3 minuuttia. Tänä aikana sykemittari mittaa sykkeen (HR) ja

sykevälivaihtelun (RMSSD) lepoarvoa. Sen jälkeen nousee välittömästi seisomaan, josta saadaan HR-huippuarvo. Seisoma-asento pidetään paikallaan kolme minuuttia, jolloin saadaan HR ja RMSSD seisten. (Polar V800 User Manual).



KUVA 3. Polar V800 -sykemittarissa olevan ortostaattisen testin vaiheet.

Polar Coach tai Polar Flow –sovelluksesta on saatavilla mitatut HR-arvot, joista lepo- ja seisoma-arvo ilmoitetaan keskiarvoina. Sykevälivaihtelu RMSSD-arvot kuvaavat R-R –intervalleja eli perättäisten sydämenlyöntien välisiä aikoja. Sykevälivaihtelun tulokset saadaan seisoma-arvosta (RMSSDseisten) ja lepoarvosta (RMSSDlepo). Suosituksen mukaan ortostaattinen testi on tehtävä vähintään 6 kertaa, jotta saadaan riittävän luotettava lähtötaso. (Polar, Ortostaattinen testi ja sen suorittaminen.).

5.5 Intensiiteetti (CML)

ChekMyLevel on laite (lyhenne CML viittaa myöhemmin kyseiseen laitteeseen), jonka avulla voidaan valmistajan mukaan seurata reaaliaikaista hermolihaskäytön palautumista ja harjoitusvalmiutta. Se soveltuu voimaa, räjähtävää voimaa, taitoa ja

koordinaatiota vaativiin lajeihin, mutta on myös sopiva kestävyyslajeissa. ChekMyLevel perustuu hermojärjestelmän mittaamiseen sensorin avulla, jossa peukalohermoon (median nerve) annetaan nousevaa ja kivutonta sähköstimulaatiota 1- 40 mA:n intensiteetillä joka rekisteröi peukalosta motorisen vasteen liiketunnistuksen avulla. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).

Mittaus tapahtuu siten, että vasemman käden ranteeseen jänteen kohdalle ja peukaloon laitetaan kiinni elektrodi, joiden välissä kämmenessä pidetään ChekMyLevel laitetta (Kuva 4). Sen jälkeen käsi asetetaan pöydälle tai siten, että se on rennosti paikallaan eikä jännityksessä. Mittaus käynnistetään älypuhelimesta. Laitteen ja älypuhelimien välillä olevan bluetooth-yhteyden kautta tulos saadaan älypuhelimien ChekMyLevel-sovellukseen. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).



KUVA 4. CML mittaus peukalohermosta.

Mobiilisovelluksesta on luettavissa harjoitusvalmiutta kuvaava Training Readiness Index, joka kertoo, kuinka hyvin urheilija on palautunut edellisestä harjoituksesta (Taulukko 1). Tämä kuvaa lyhyen aikavälin palautumista. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).

TAULUKKO 1. CheckMyLevel-mittarin lyhyen aikavälin palautumista kuvaava asteikko. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).

Training Readiness Index (harjoitusvalmius)	Palautumisen tila
0-20	Harjoituksesta ei ole vielä palautunut
20-50	Osittain palautunut
50-90	Palautunut
90-100	Harjoituksen intensiteettiä tulisi lisätä

Mobiilisovelluksen päivittäinen suositus (Daily Recommendations) ja sen 5 vaihtoehtoa perustuvat Training Readiness Indexiin ja kumulatiiviseen kuormitukseen. Nämä kertovat pidemmän aikavälin palautumisesta (Taulukko 2). Mittausten aloitettua sovellus luo 7 päivän ajalta urheilijalle lähtötason. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).

TAULUKKO 2. CheckMyLevel-mittarin pidemmän aikavälin palautumista kuvaava asteikko. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).

Suositus	Tarkoitus
Get Help (pyydä apua)	Tuloksissa on merkittävää muutosta ja on syytä keskustella valmentajan tai lääkärin kanssa
Slow down (hidasta)	Kertoo levon tarpeesta ja siitä, että urheilija ei ole vielä palautunut.
Decrease intensity (vähennä harjoittelua)	On osittain palautunut, mutta on syytä vähentää harjoittelua
Keep goin (jatka)	Antaa luvan harjoitella samaan tapaan
Increase intensity (lisää harjoittelua)	Keho on täysin palautunut ja voi harjoitella kovempaa.

Intensiteetti (Intensity, mA) kuvaa matalajännitteistä sähkövirtaa. Intensiteetin taso on yksilöllinen, mutta jos ryhmä on tehnyt saman harjoituksen, tulos pitäisi olla vertailukelpoinen yksilöiden välillä. Jos intensiteetti (mA) pysyy hyvin korkealla, voi urheilijalla olla ylikuormitusta tai stressiä. Jos taas intensiteetin arvo pysyy hyvin alhaalla, urheilijalla voi olla virusinfektio. Pääsääntöisesti normaalia alhaisempi sähkövirta voi tarkoittaa sympaattisen hermoston kuormitusta. Normaalia suurempi sähkövirta kuvaa parasympaattisen hermoston kuormituksesta. Intensiteetin pitäisi vaihdella päivittäin harjoituksen mukaisesti ja se on yksilöllistä. Oleellista on saada yksilötasolla vakioitua intensiteetin normaalitaso, jotta kuormitusta voi seurata. (CheckMyLevel User Manual version 2.0.).

Koehenkilöt suorittivat mittaukset useamman kerran harjoitusjakson aikana. Tässä oli kuitenkin vaihtelua, sillä jollakin henkilöllä saattoi olla mittaukset jokaiselta päivältä kun taas joillain oli 1-2 mittausta.

5.6 Hormonaaliset testit

Koehenkilöt keräsivät itse sylkinäytteet hormonimäärityksiä varten annettujen ohjeiden ja välineiden avulla. Näytteet kerättiin iltaisin koko mittausjakson ajan ja koehenkilöt säilyttivät näytteitä omissa jääkaapeissa ennen niiden toimittamista laboratorioanalyysiin. Näytteet analysoitiin Oulun yliopiston Mittatekniikan yksikön toimesta. Sylkinäytteistä analysoitiin kortisoli ja testosteroni. Tässä Pro gradu -työssä tarkastellaan ainoastaan kortisolituloksia, koska naiskoehenkilöiden määrä oli vähäinen. Testosteroniarvot ovat naisilla pienemmät kuin miehillä ja tulosten perusteella olisi mahdollista päätellä onko kyse mies- vai naiskoehenkilöstä ja henkilösuojan vuoksi tämä on poissuljettu.

5.7 Tilastollinen analyysi

Tilastollinen tarkastelu on tehty käyttäen IBM SPSS Statistics 24 ohjelmalla ohjelmistoa (versio 24, 2016, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Muuttujista laskettiin keskiarvo ja hajonta. Aineiston ei todettu olevan normaalisti jakautunut. Ryhmien sisäinen merkitsevyys on analysoitu riippumattomalla 2-suuntaisella Wilcoxonin testillä. Jos p-arvo on $<0,05$, kyseessä on tilastollisesti merkitsevä ero. Friedman pairwise testiä käytettiin verrattaessa ryhmän sisäistä muutosta. Ryhmien välinen ero on tarkasteltu Mann-Whitney testillä. Muuttujien suhteellisten muutosten korrelaatio on tarkasteltu Kendall's Tau b -testillä. Jos p-arvo on $<0,05$, kyseessä on tilastollisesti merkitsevä korrelaatio.

6 TULOKSET

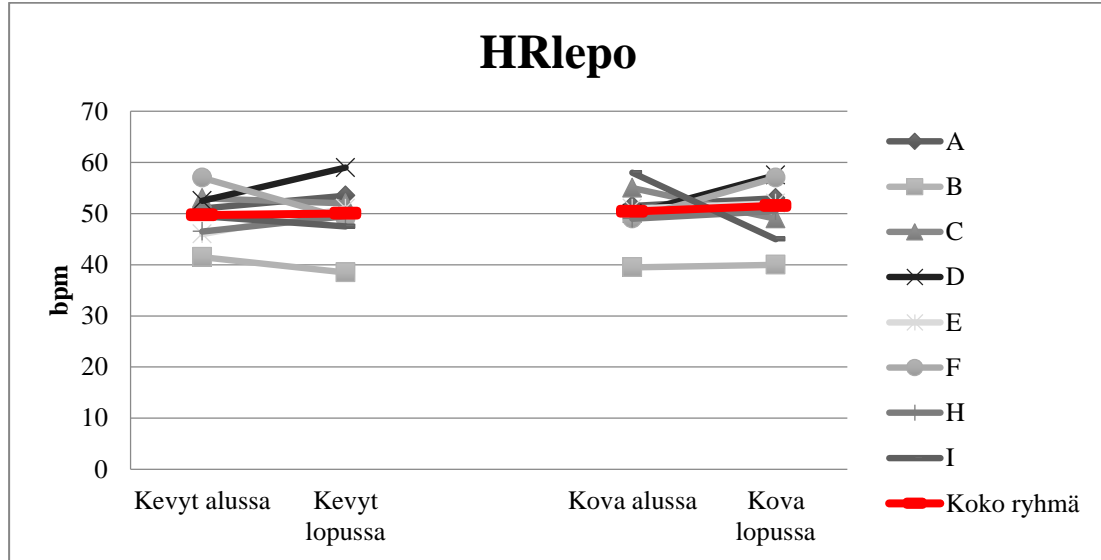
6.1 Ortostaattinen sykereaktio

Ortostaattinen testi mittaa sykevälivaihtelua ja antaa kolme eri tulosta: lepovaiheen tuloksen (HRlepo) kun koehenkilö on testissä ensin makuuasennossa, huippuarvon eli maksimiarvon kun henkilö nousee makuulta seisoma-asentoon (HRhuippu) ja seisomavaiheen tuloksen (HRseisten). Seurantajakson alusta ja lopusta on otettu 2 päivän keskiarvo.

6.1.1 Kestävyysryhmä

Syke levossa

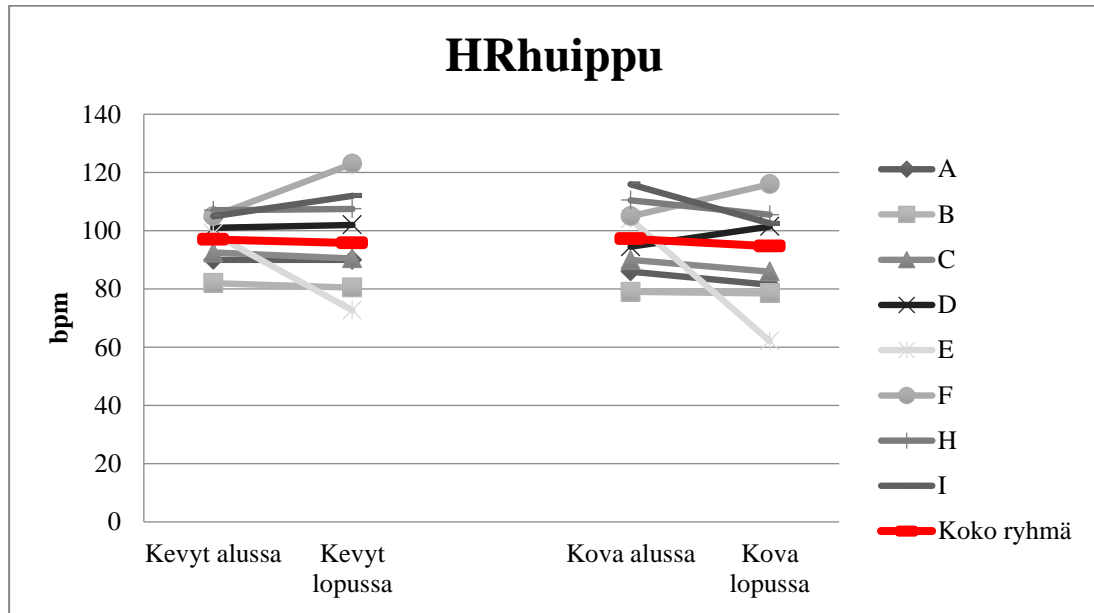
Kestävyysryhmällä leposyke nousi vain 1 %:n kevyen jakson alusta (2 päivän keskiarvo) kevyen jakson loppuun (2 päivän keskiarvo) ja muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä ($p=0,73$). Kovalla jaksolla muutos oli 2 % ($p=0,48$). Kovan jakson lopussa muutos on 3 % suurempi kuin kevyen jakson lopussa, mutta muutos ei ollut tilastollisesti merkittävä ($p=0,94$). Tuloksissa on havaittavissa jonkin verran yksilökohtaisia eroja (Kuva 5).



KUVA 5. Kestävyyssryhmän leposykkeen muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Huippusyke

Sykkeen huippuarvon osalta tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin kevyen jakson lopun ja kovan jakson lopun välillä. Muutosero oli 1 % ($p=0,01$). HRhuippu laski kestävyysryhmällä kevyellä jaksolla 1 % ($p=1,00$) ja kovalla jaksolla 13 % ($p=0,33$). Tulokset on esitetty kuvassa 6.

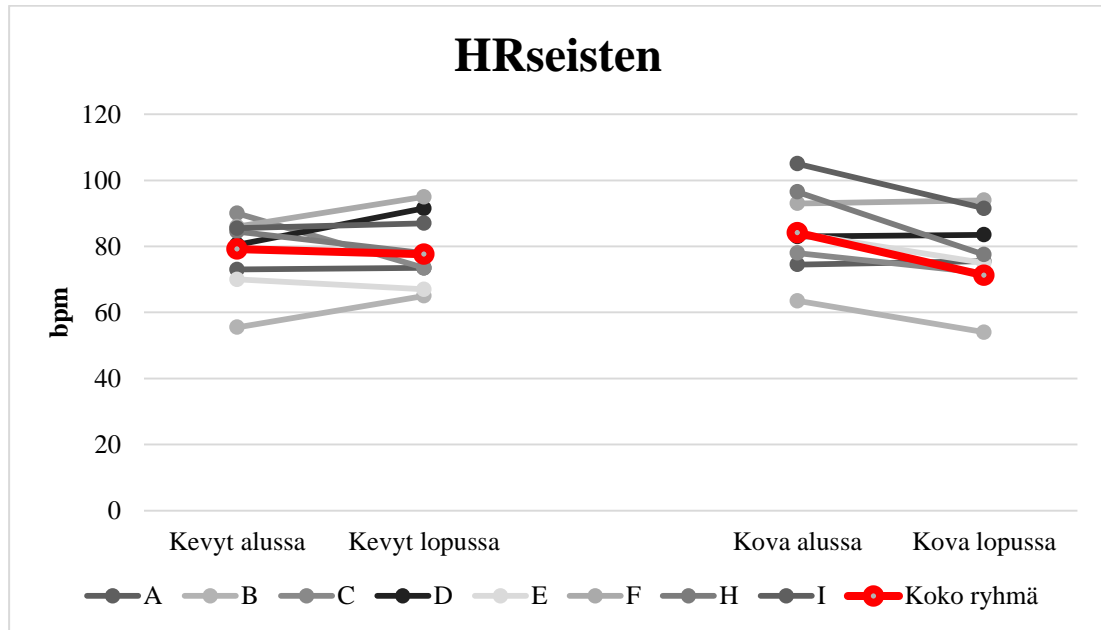


KUVA 6. Kestävyysryhmän sykkeen huippuarvon muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Tuloksissa on selkeästi havaittavissa yksilökohtaista vaihtelua, esimerkiksi koehenkilöllä E muutos sekä kevyellä (36 %) että kovalla jaksolla (67 %) laskee, kun taas koehenkilöllä F muutos on nouseva (kevyt 15 %, kova 9 %).

Seisomasyke

Kestävyysryhmällä seisomasykkeen 2 päivän keskiarvo laski jakson alusta jakson loppua kohti 2 % ($p=0,67$). Kovalla jaksolla muutos oli 18 %, mikä oli lähes tilastollisesti merkitsevä ($p=0,09$). Kevyen jakson ja kovan jakson välillä muutos on 9 %, jolla ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,67$). Tulokset on esitetty kuvassa 7.



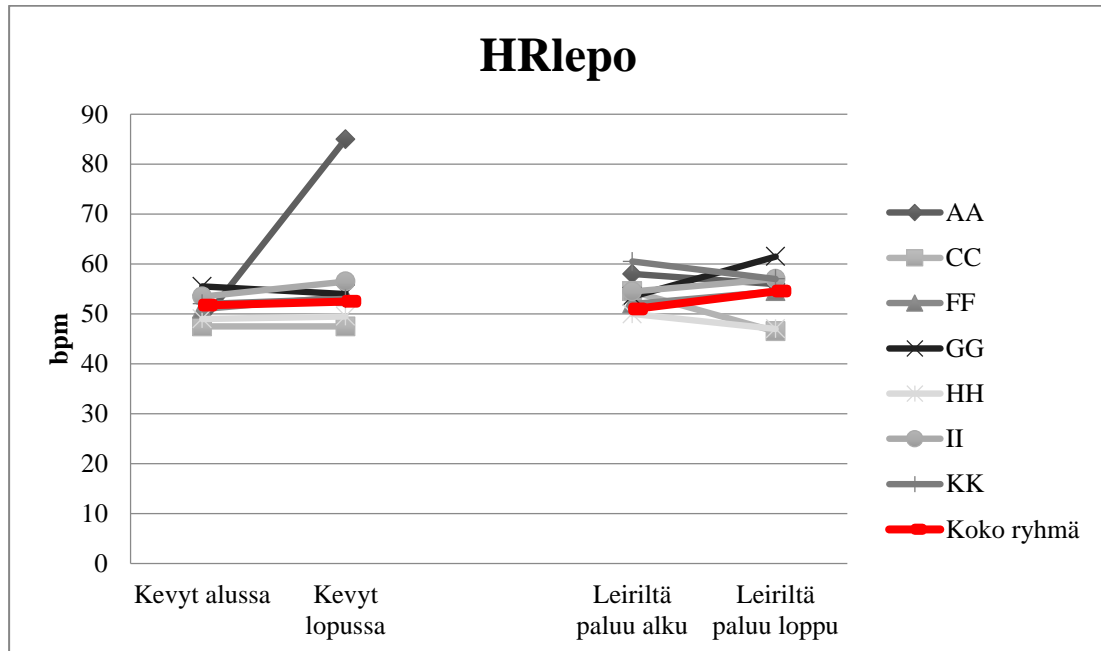
KUVA 7. Kestävyyssryhmän seisomasykkeen muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Seurantajaksolla korostuu yksilökohtainen vaihtelu. Kestävyyssryhmällä kolmella koehenkilöllä (C, E, H) seisomasyke laski kevyen viikon alusta verrattuna kevyen viikon loppuun. Viidellä kestävyyssryhmän koehenkilöllä (B, C, E, H, I) sykearvo oli pienempi kovan jakson lopussa kuin kovan jakson alussa.

6.1.2 Teholajiryhmä

Leposyke

Teholajiryhmällä kevyen jakson leposyke nousee 1 % ($p=0,20$) jakson loppua kohden. Leiriltä paluuviikolla leposykkeeseen muutos on 7 % ($p=0,78$). Leiriltä paluuviikon ja kevyen jakson lopun välillä muutos on 4 %, mutta tällä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,89$). Tulokset on esitetty kuvassa 8.

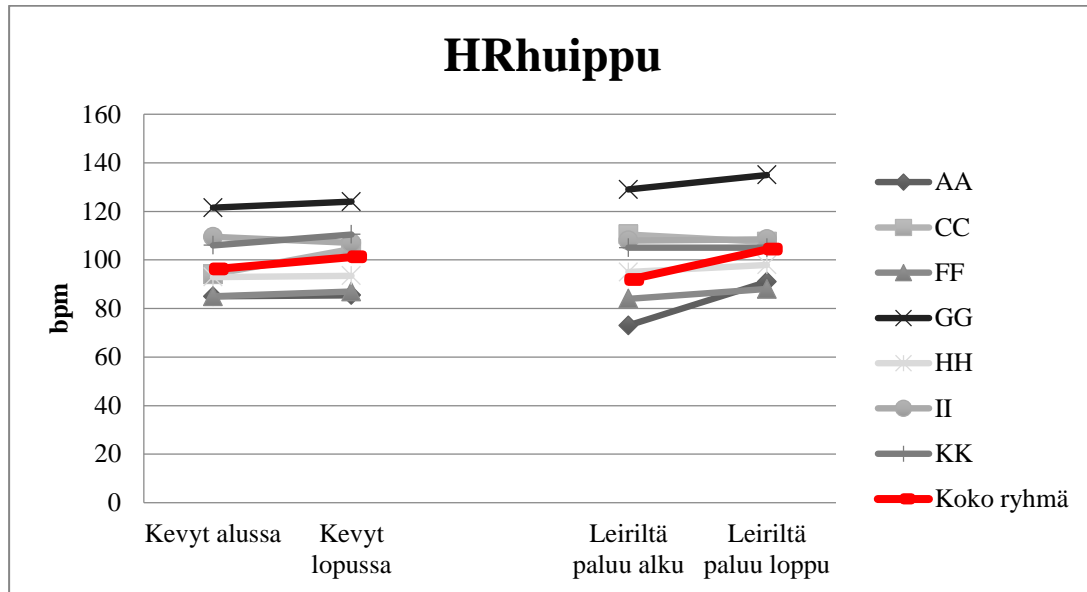


KUVA 8. Teholajiryhmän leposykkeen muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

Teholajiryhmässä on havaittavissa myös yksilökohtaista vaihtelua, esimerkiksi kevyellä jaksolla koehenkilöllä AA muutos on selkeästi suurempi verrattuna muihin. Leiriltä paluu viikolla koehenkilöillä HH ja CC on havaittavissa leposykkeen laskua, kun taas koehenkilöllä GG leposyke nousee.

Huippusyke

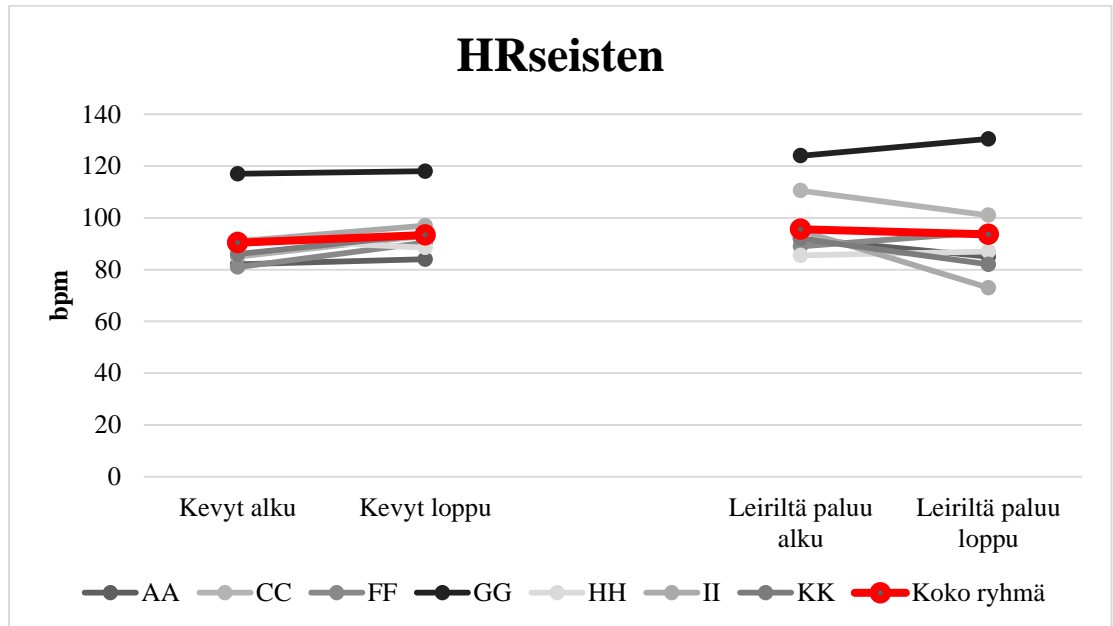
Teholajiryhmällä seisomaan nousun aiheuttama sykeärsykkeen muutos kevyellä jaksolla on 5 % mikä on lähes tilastollisesti merkitsevä ($p=0,06$) ja leiriltä paluuviikolla 12 % ($p=0,08$). Kevyen jakson lopun ja leiriltä paluuviikon välillä muutos on 3 % ($p=0,44$) ollen leiriltä paluuviikon lopussa korkeampi. Myös sykkeen huippuarvossa on yksilökohtaista vaihtelua, etenkin leiriltä paluuviikolla (Kuva 9).



KUVA 9. Teholajiryhmän sykkeen huippuarvon muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

Seisomasyke

Teholajiryhmällä seisomasyke on 3 % suurempi kevyen jakson lopussa verrattuna jakson alkuun (Kuva 10), ja se oli lähes tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,07$). Leiriltä paluuviikolla sykearvo laskee 2 % ($p=0,93$) jakson alusta jakson loppuun verrattaessa. Kevyen jakson lopun ja leiriltä paluujakson lopun välillä ei ole juurikaan eroa, ainoastaan 0,3 % eikä sillä ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,89$).



KUVA 10. Teholajiryhmän seisomasykkeen muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

Teholajiryhmässä yhdellä koehenkilöllä (HH) seisomasyke laski kevyen viikon alusta jakson loppuun verrattuna. Leiriltä paluun jälkeen viidellä koehenkilöllä (AA, CC, FF, II, KK) seisomasyke oli alhaisempi kuin jakson alussa.

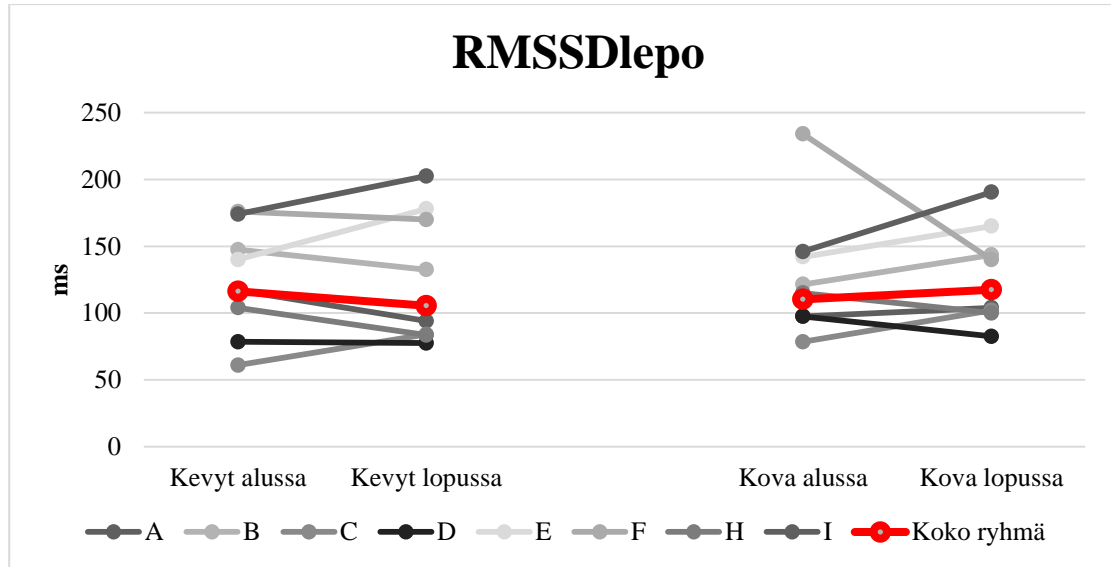
6.2 RMSSD

6.2.1 Kestävyyssryhmä

RMSSD levossa

Kestävyyssryhmällä sykevälivaihtelu lepo-RMSSD laski kevyellä jaksolla 10 % jakson loppua kohti, mutta sillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,83$). Kovalla jaksolla muutos oli 6 % ($p=0,48$) nousen jakson loppua kohti. Kevyen jakson lopun ja kovan jakson

lopun välillä ero on 10 % ollen kovan jakson lopussa suurempi, mutta tällä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,67$). Tulokset on esitetty kuvassa 11.

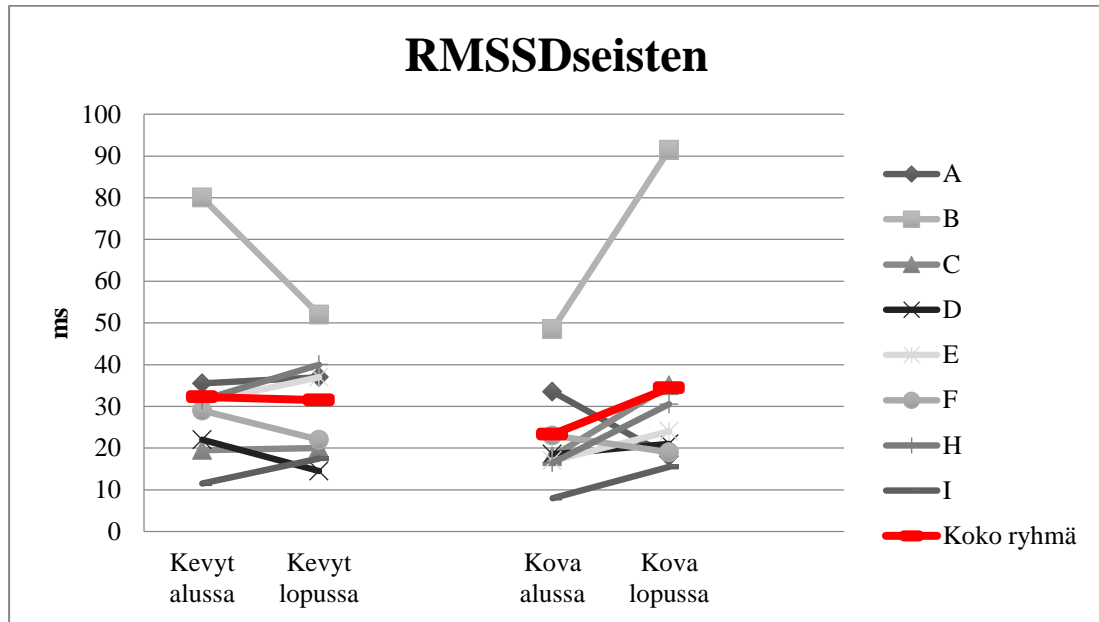


KUVA 11. Kestävyysryhmän sykevälivaihtelun lepoarvon muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Suurin muutos kevyellä jaksolla on koehenkilöllä E (38 %) ja kovalla jaksolla koehenkilöllä F (94 %). Koehenkilöllä G oli vain 1-2 mittausta seurantajaksojen aikana, joten hänen tulokset eivät ole mukana.

RMSSD seisten

Kestävyysryhmällä seisoma-RMSSD laski kevyellä jaksolla 2 % ($p=0,89$), kun taas kovalla jaksolla se nousi 32 % ($p=0,16$). Verrattaessa seisomasykevälivaihtelua kevyen ja kovan jakson lopussa, muutos on 8 % suurempi kovan jakson lopussa ($p=0,89$). Tulokset on esitetty kuvassa 12.



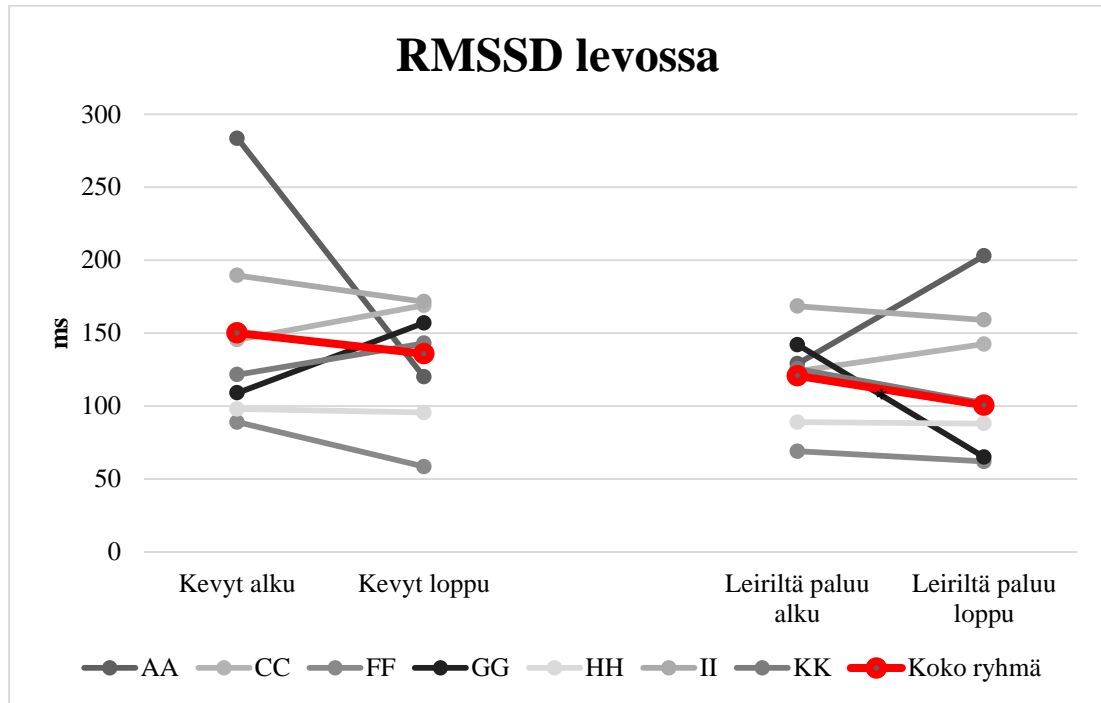
KUVA 12. Kestävyyssryhmän sykevälivaihtelun (seisoma-arvo) muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Koehenkilöllä B on havaittavissa selkeä muutos sekä kevyellä että kovalla jaksolla, yleisesti ottaen kestävyysryhmän sisällä on havaittavissa yksilökohtaista vaihtelua.

6.2.2 Teholajiryhmä

RMSSD levossa

Teholajiryhmällä sykevälivaihtelu lepo-RMSSD laski kevyellä jaksolla 11 % jakson loppua kohti (Kuva 13), mutta sillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,89$). Leiriltä paluujaksolla muutos on 20 % pienempi jakson lopussa ($p=0,26$). Leiriltä paluujakson lopussa ryhmän sykearvo on 35 %, mutta tälläkään ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,11$).

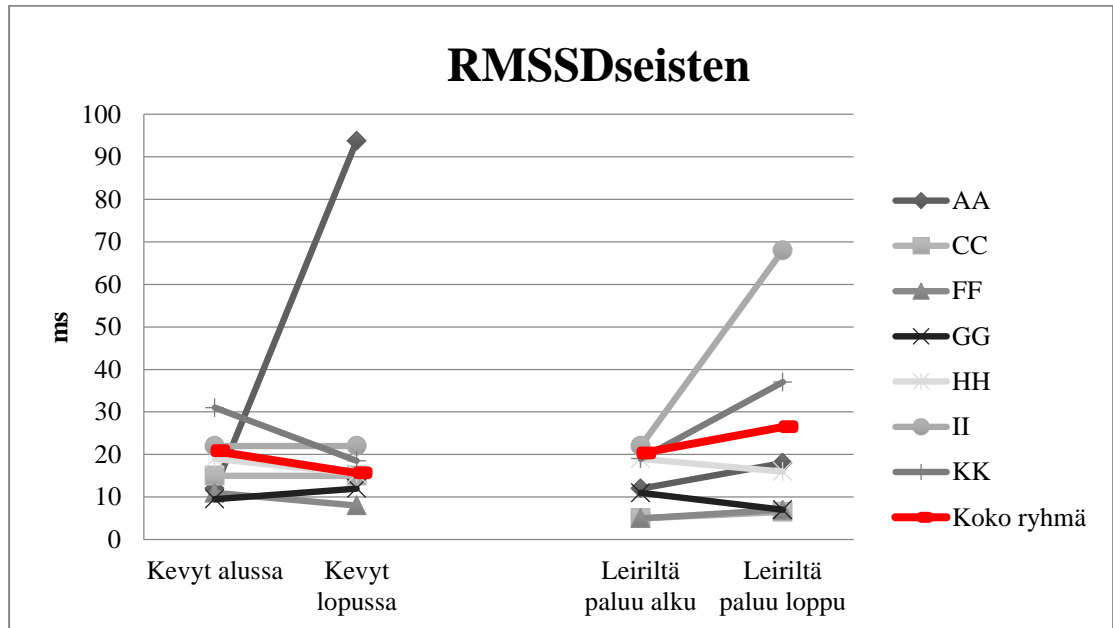


KUVA 13. Teholajiryhmän sykevälivaihtelun lepoarvon muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

Teholajiryhmän sisällä suurimmat yksittäiset muutokset olivat koehenkilöllä AA, jolla RMSSD levossa oli selkeästi korkeampi leiriltä paluuviikon lopussa. Koehenkilöllä GG puolestaan tulos oli selkeästi alhaisempi. Koehenkilöllä LL oli vain yksi sykemittaus kevyeltä jaksolta, jonka vuoksi koehenkilöä ei ole otettu mukaan tarkasteluun.

RMSSD seisten

Teholajiryhmällä sykevälivaihtelu RMSSD seisten laski kevyellä jaksolla 33 % ($p=0,60$), kun taas leiriltä paluuviikolla muutos oli 24 % ($p=0,26$) suurempi jakson lopussa. Sykevälivaihtelun muutos kevyen jakson lopun ja leiriltä paluuviikon lopun välillä on 41 %, mutta tällä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,89$). Yksilökohtainen vaihtelu on selkeä (Kuva 14).

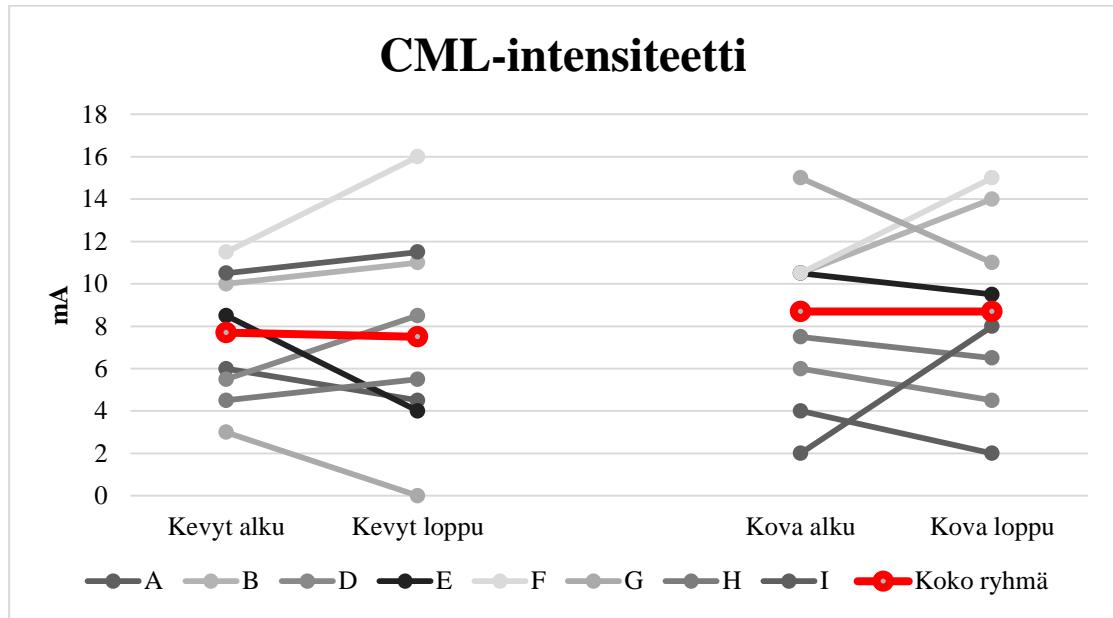


KUVA 14. Teholajiryhmän sykevälivaihtelun seisoma-arvon muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

6.3 Intensiteetti (CML)

6.3.1 Kestävyyssryhmä

Kestävyyssryhmällä CheckMyLevel -laitteella mitatun CML-intensiteetin muutokset seurantajaksoilla ovat pienet. Intensiteetti laskee kevyen jakson loppua kohti 3 % (Kuva 15), mutta sillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,74$). Kovan jakson lopussa intensiteetti on 0,1 % suurempi kuin jakson alussa, mutta tällä ei myöskään ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,48$). Verrattaessa kevyen jakson loppua kovan jakson loppuun, on intensiteetti 14 % ($p=0,39$) suurempi kovan jakson lopussa.

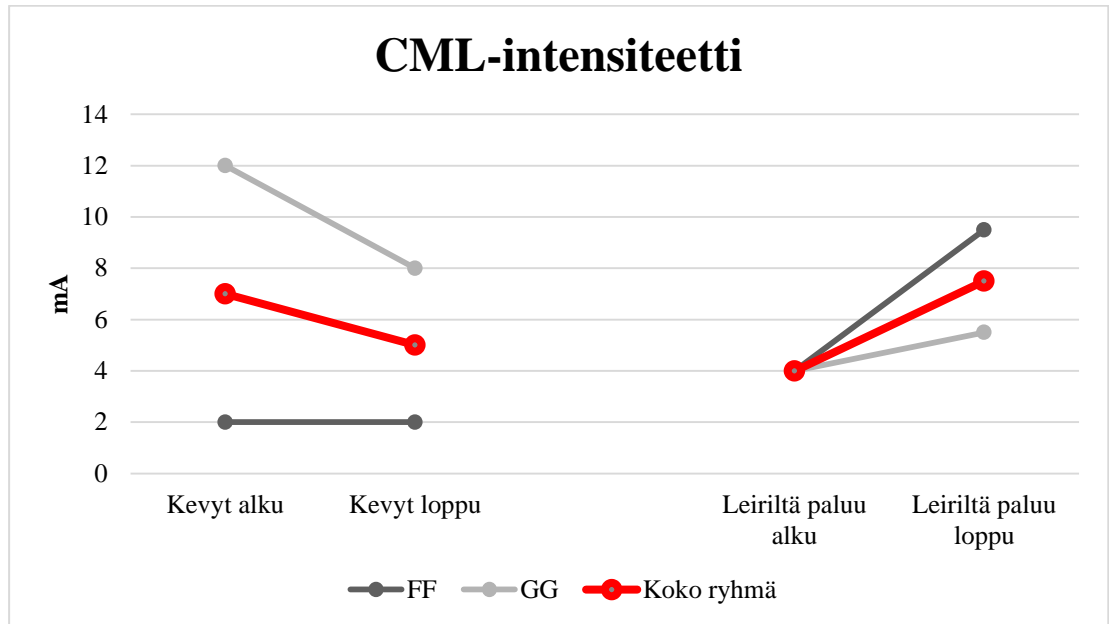


KUVA 15. Kestävyysryhmän CML-intensiteetin arvon muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Kestävyysryhmän sisällä oli kuitenkin yksilökohtaista vaihtelua ja koehenkilöillä E, F ja I oli jyrkimmät muutokset. Koehenkilöllä C ei ollut riittävästi mittauksia ja sen vuoksi tulokset eivät ole mukana kuvassa.

6.3.2 Teholajiryhmä

Teholajiryhmän koehenkilöillä oli varsin vähän CheckMyLevel-laitteella tehtyjä intensiteettimittauksia. Kevyellä jaksolla CML-intensiteetti laski 40 % jakson loppua kohti (Kuva 16), millä ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,32$). Leiriltä paluujaksolla muutos oli 47 % ($p=0,18$) nousseen jakson loppua kohti. Kevyen jakson lopun ja leiriltä paluujakson lopun välillä muutos on 33 % suurempi kovan jakson lopussa ($p=0,66$).

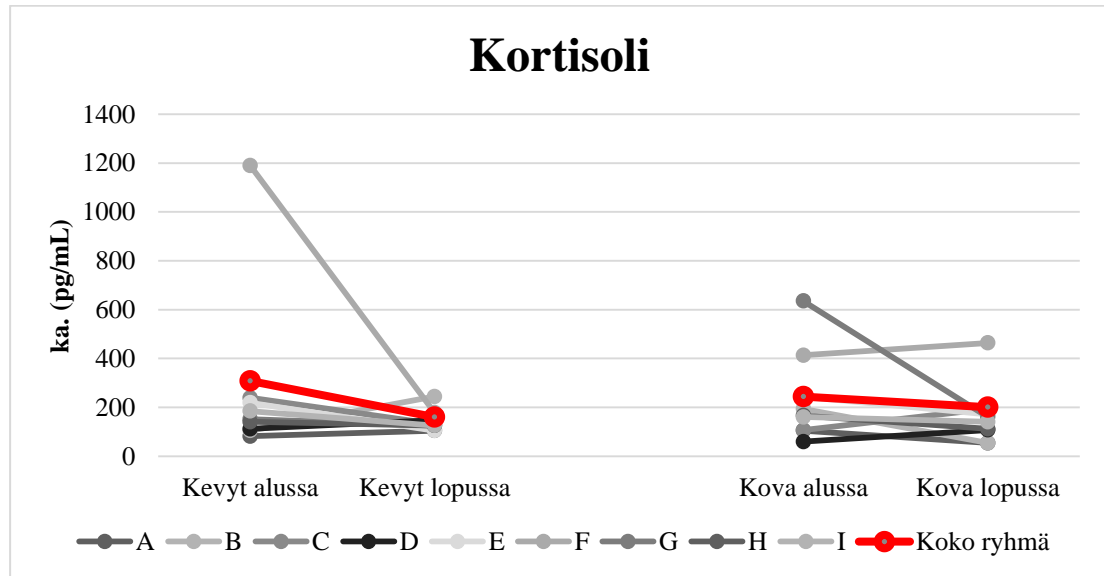


KUVA 16. Teholajiryhmän CML-intensiteetin muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

6.4 Kortisoli

6.4.1 Kestävyysryhmä

Kestävyysryhmällä kortisoliarvo laskee kevyellä jaksolla 93 % (Kuva 17), mutta tällä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = 0,68$). Kovalla jaksolla ryhmän kortisoliarvo laskee 21 % (0,37). Verrattaessa kevyen jakson loppua kovan jakson loppuun, on kortisoliarvo koko ryhmällä 21 % suurempi kovan jakson lopussa ($p=0,81$).

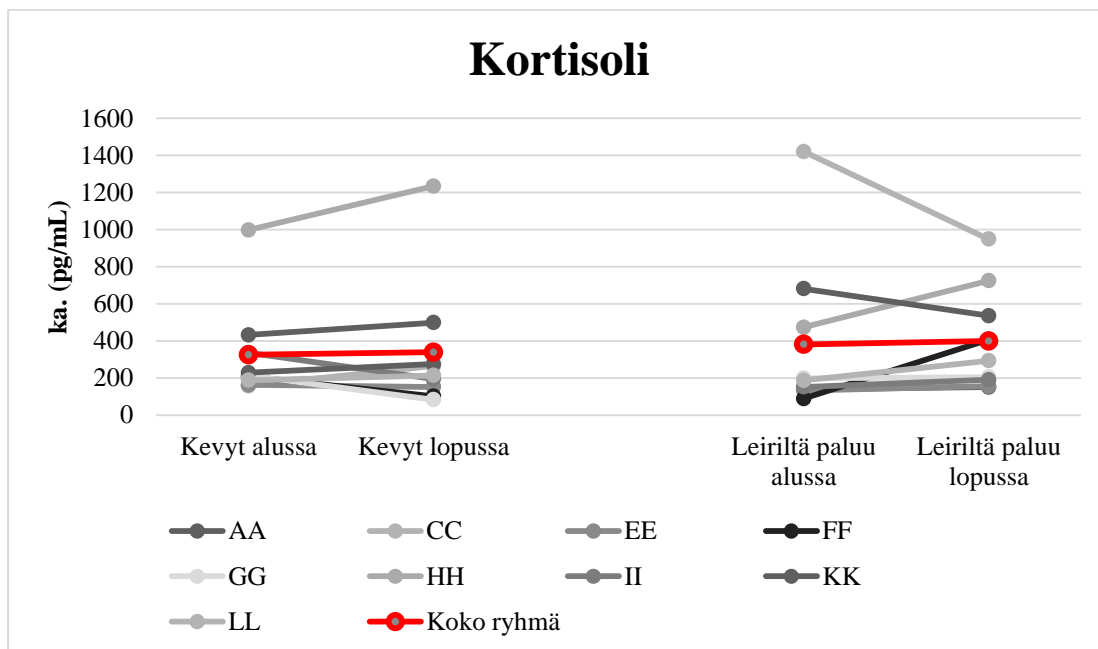


KUVA 17. Kestävyyssryhmän kortisolitason muutos kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla.

Suurin yksittäinen muutos on koehenkilöllä F, jonka 2 päivän kortisolin keskiarvo kevyen jakson alussa on korkea, mutta laskee jakson lopussa. Koehenkilön kortisoliarvo on kuitenkin huomioitu tuloksissa, koska se kuvastaa yksilökohtaista vaihtelua.

6.4.2 Teholajiryhmä

Teholajiryhmällä kortisoliarvo nousee kevyellä jaksolla 4 % (Kuva 18). Tällä ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,65$). Leiriltä paluuviikolla muutos on 5 % ($p=0,65$). Verrattaessa kevyen jakson loppua leiriltä paluujakson loppuun, muutos kortisoliarvossa on 15 % suurempi paluuviikon lopussa, mutta tässä ei ole havaittavissa tilastollisesti merkitsevää eroa ($p=0,33$).



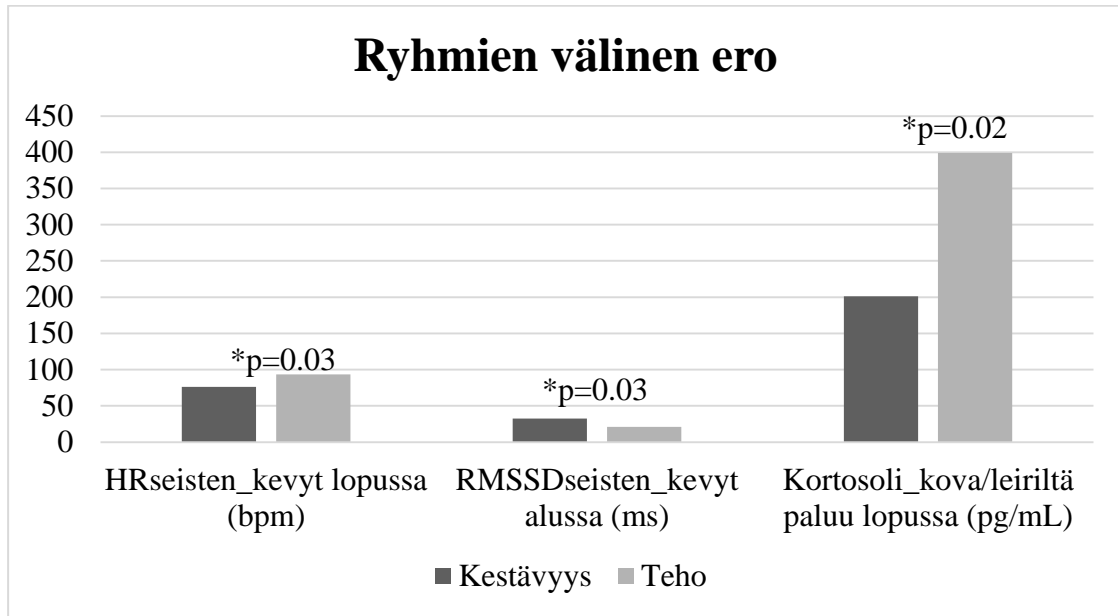
KUVA 18. Teholajiryhmän kortisoliarvon muutos kevyellä harjoitusjaksolla ja leiriltä paluuviikolla.

Teholajiryhmällä oli yksilökohtaista vaihtelua kortisoliarvoissa. Koehenkilöllä CC on kortisoli korkeampi kuin muilla korkeanpaikan leirin jälkeen ja kortisoli laskee jakson loppupuolelle mentäessä.

6.5 Ryhmien välinen ero

Absoluuttiset arvot

Kestävyys- ja teholajiryhmän absoluuttisten arvojen välillä on tilastollinen merkitsevä ero seisomasykkeessä kevyen jakson lopussa ($p=0,03$), sykevälivaihtelu seisoma-RMSSD:ssä kevyen jakson alussa ($p=0,03$) ja kovan/leiriltä paluuviikon lopun kortisoliarvossa ($p=0,02$). Absoluuttiset arvot on esitetty kuvassa 19.



KUVA 19. Ryhmien välillä oleva tilastollisesti merkitsevä ero kuormitusmuuttujien absoluuttisissa arvoissa.

Suhteellinen muutos

Kun tarkastellaan kuormitustekijöiden suhteellisia muutoksia kevyellä ja kovalla jaksolla/leiriltä paluuviikolla, kestävyys- ja teholajiryhmän välillä ei ole tilastollisesti merkitseviä eroja (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Kuormitustekijöiden suhteellinen muutos kevyellä ja kovalla jaksolla tai leiriltä paluuviikolla.

Ryhmä	Harjoitusjakso	Muutos jakson alusta jakson loppuun						
		HRlepo	HRhuippu	HRseisten	RMSSDlepo	RMSSDseisten	CML	Kortisoli
Kestävyys	Kevyt	1 %	-1 %	-2 %	-10 %	-2 %	-3 %	-93 %
	Kova	2 %	-13 %	-18 %**	6 %	32 %	0,1 %	-21 %
	Kevyt loppu-kova loppu	3 %	-1%*	-9 %	8 %	10 %	14 %	21 %
Teho	Kevyt	1 %	5 %**	3 %**	-11 %	-33 %	-40 %	4 %
	Leiriltä paluu	7 %	12 %**	-2 %	-20 %	24 %	47 %	5 %
	Kevyt loppu-leiriltä paluu loppu	0,3 %	3 %	4 %	-35 %	41 %	33 %	15 %

* ryhmän sisäinen tilastollisesti merkitsevä ero $p < 0.05$
 ** ryhmän sisäinen lähes tilastollisesti merkitsevä ero $p < 0.09$

6.6 Kuormitustekijöiden suhteellisten muutosten korrelaatio

Kestävyys- ja teholajiryhmän kuormitustekijöiden suhteellisten muutosten korrelaatiot jakson ajalta, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä, on esitetty taulukossa 4 ja kuvaajat liitteissä 2 ja 3.

Kestävyysryhmällä havaittiin positiivinen korrelaatio kevyellä jaksolla sykkeen huippuarvon (HRhuippu) muutoksen ja CML-intensiteetin muutoksen välillä, eli sykkeen noustessa tai laskiessa myös CML-intensiteetti muuttui samaan suuntaan. Kovan jakson HRlepo muutos korreloi positiivisesti kevyen jakson CML-intensiteetin muutoksen kanssa. RMSSDlepo muutos korreloi negatiivisesti kevyen jakson CML-intensiteetin kanssa. Kovan jakson sykkeen huippuarvo korreloi negatiivisesti kevyen jakson RMSSD-seisoma-arvon kanssa. Kovalla jaksolla sykkeen lepoarvo (HRlepo) muutos korreloi negatiivisesti RMSSDseisten kanssa ja negatiivisesti RMSSDlepo kanssa.

Teholajiryhmällä leiriltä paluuviikon HRseisten muutos korreloi negatiivisesti RMSSDseisten kanssa. Kevyen viikon HRlepo muutos korreloi leiriltä paluuviikon RMSSDseisten kanssa ja leiriltä paluuviikon kortisolin muutos korreloi negatiivisesti kevyen jakson RMSSDlepo kanssa.

TAULUKKO 4. Kestävyy- ja teholariryhmän suhteellisten muutosten korrelaatiot.

Ryhmä	Korrelaatiopari	p	R²
Kestävyys	HRhuippu kevyt vs. CML kevyt	0.03	0.16
	HRlepo kova vs. CML kevyt	0.03	0.24
	RMSSD lepo kova vs. CML kevyt	0.03	-0.26
	HRhuippu kova vs. RMSSD seisten kevyt	0.05	-0.33
	HRlepo kova vs. RMSSD seisten kova	0.03	-0.42
	HRlepo kova vs. RMSSDlepo kova	0.003	-0.54
Teho	HRseisten leiriltä paluu vs. RMSSD seisten leiriltä paluu	0.03	-0.85
	kortisoli leiriltä paluu vs. RMSSDlevossa kevyt	0.03	-0.51

7 POHDINTA

7.1 Yhteenveto päätuloksista

Tässä Pro gradu työssä tarkasteltiin kestävyys- ja teholajiturheilijoiden kuormitustekijöiden muutoksia ryhmätasolla kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla (kestävyysurheilijat) ja kevyellä sekä korkeanpaikan leiriltä paluuviikon (teholajiturheilijat) osalta. Tarkasteltavien harjoitusjaksojen pituudet olivat 5-7 päivää. Kestävyysurheilijoiden kova jakso on verrattavissa teholajiturheilijoiden leiriltä paluuviikkoon. Aineisto perustui Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia valmennushankkeeseen, mikä toteutettiin 1.12.2015 - 30.4.2017 ja sitä hallinnoi Jyväskylän yliopisto. Hankkeen yksi merkittävä asia oli se, että urheilijat vastasivat itse kuormituksen seurannasta ja mittauksesta.

Hypoteesin mukaan ryhmien välillä ei pitäisi olla suuria eroja ja tätä tukee se, että suhteellisten muutosten osalta ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja. Ryhmien väliltä löytyi kuitenkin tilastollisesti merkitseviä eroja kuormitustekijöiden absoluuttisista arvoista. Sykkeen seisoma-arvo (HRseisten) oli suurempi teholajiryhmällä kevyen jakson lopussa, kestävyysryhmällä kevyen jakson alussa RMSSDseisten oli suurempi ja teholajiryhmällä kovan/leiriltä paluuviikon kortisoli oli suurempi. Kestävyysryhmän sisällä tilastollisesti merkitsevä ero havaittiin sykkeen huippuarvossa kevyen jakson lopun ja kovan jakson lopun välillä. Teholajiryhmän sisällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kuormittumista mittaavien parametrien osalta.

Ryhmien sisällä havaittiin korrelaatioita suhteellisissa muutoksissa. Yhteistä suhteellisten muutosten korrelaatioissa oli, että molemmilla ryhmillä löytyi korrelaatioita sykkeen ja sykevälivaihtelun välillä, mitkä vastasivat koeasetelman hypoteesiin. Esimerkiksi kestävyysryhmällä kovalla jaksolla sykkeen lepoarvo korreloi negatiivisesti sykevälivaihtelun lepoarvon kanssa ja teholajiryhmällä leiriltä paluuviikon sykkeen

seisoma-arvo korreloi negatiivisesti sykevälivaihtelun seisoma-arvon kanssa. Negatiivinen korrelaatio kertoo, että syke nousee ja sykevälivaihtelu laskee, mikä on loogista sillä sympaattinen sykevälivaihtelu vaikuttaisi RMSSD-arvossa laskevasti eli R-R-intervallien väli lyhenee, ja vastaavasti sykearvon pitäisi olla korkeampi (Buchheit 2014). Sykevälivaihtelun nousu puolestaan indikoisi sitä, että parasympaattinen aktivaatio on suurempi verrattuna sympaattisen aktiivisuuteen (Meeusen 2012). Se, että oliko muutos keskitasoa, jolloin muutos olisi optimaalinen (Buchheit 2014), on vaikea arvioida sillä henkilökohtaista tasoa ei erikseen määritetty. Lisäksi koehenkilöillä oli havaittavissa yksilökohtaista vaihtelua. Sykevälivaihtelun on todettu olevan alhaisempi aamulla mitattuna ylikuntoisilla urheilijoilla (Hynynen ym. 2006). Toisaalta myös ei-ylikuormittuneilla kestävyysurheilijoilla on todettu lyhyen 3 viikon intensiivisen harjoitusjakson aikana alentunut parasympaattinen ja lisääntynyt sympaattinen sykevälivaihtelu. Viikon mittaisen lepojaksen aikana puolestaan havaittiin lisääntynyt parasympaattinen ja vähentynyt sympaattinen sykevälivaihtelu. (Pichot ym. 2000).

7.2 Intensiteetin ja sykkeen sekä intensiteetin ja sykevälivaihtelu väliset korrelaatiot

Kestävyysryhmässä kevyellä jaksolla HRhuippu korreloi positiivisesti CML-intensiteetin välillä. Myös kovan jakson HRlepo korreloi positiivisesti kevyen jakson CML-intensiteetin kanssa. Vastaavasti kovan jakson RMSSDlepo korreloi negatiivisesti kevyen jakson CML-intensiteetin kanssa. Korrelaatiosta voisi päätellä, että sykkeen tai sykevälivaihtelun muuttuessa intensiteetti-arvo muuttuu. Uusi CheckMyLevel –kaupallinen sovellus mittaa käyttöohjeen perusteella sympaattisen ja parasympaattisen hermoston kuormitusta. Mittaus perustuu siihen, että peukalohermoon annetaan sähkövirtaa. Normaalialhaisempi sähkövirta voi tarkoittaa sympaattisen hermoston kuormitusta kun taas normaalia suurempi sähkövirta kuvaa parasympaattisen hermoston kuormituksesta. Toisaalta on sanottu, että alhaisempi sähkövirta voi viitata virusinfektioon ja korkeampi sähkövirta fyysiseen stressiin. (CheckMyLevel User Manual 2.0). On todettu, että fyysinen stressi aiheuttaa usein sympaattisen puolen reaktioita autonomisessa hermojärjestelmässä, esimerkiksi

sykevälivaihtelu laskee (Föhr ym. 2016, Buccheit 2014) ja toisaalta psyykkisen stressin kohdalla kohonnut syke kertoisi pitkittyneestä kuormituksesta ja parasympaattisen osan alenemisesta (Puttonen 2006). Korrelaatioista voisi todeta, että CheckMyLevel rekisteröi kuormitusta, mutta korrelaatioiden luotettavuuden kannalta olisi kuitenkin tarkasteltava kattavampi aineisto suuremmalla koehenkilömäärällä. Lisäksi on huomioitava, että tässä työssä on tarkastelu intensiteettiarvoja (Kuva 15 ja Kuva 16), mutta nämä tulokset eivät ole tulkittavissa taulukon 1 perusteella. Taulukko 1 perustuu Training Readiness Indexiin, mikä saadaan suoraan mobiilisovelluksesta. Taulukon 1 perusteella ei voi arvioida mikä intensiteetin taso kuvastaisi sympaattisen puolen tai parasympaattisen puolen kuormittumista.

7.3 Sykevälivaihtelun ja kortisolin välinen korrelaatio

Teholajiturheilijoilla löytyi negatiivinen korrelaatio leiriltä paluuviikon kortisolin muutoksen ja kevyen jakson levossa mitatun sykevälivaihtelun välillä. Huovinen ym. eivät havainneet vastaavaa sykevälivaihtelun ja kortisolin välistä korrelaatiota tutkittaessa suurempaa joukkoa varusmiehiä (Huovinen ym. 2011). Käytännön kannalta korrelaatiolla ei välttämättä ole merkitystä, koska harjoitusjaksot eivät olleet peräkkäisiä. Korrelaatio vastasi kuitenkin asetettuun oletushypoteesiin ja korrelaatiota voidaan pitää loogisena, sillä sykevälivaihtelun laskiessa kortisoli nousee. Akuutissa psyykkisessä stressitilassa kortisoli nousee (Puttonen 2006) ja toisaalta myös sykevälivaihtelun lasku kuvastaa psyykkistä stressiä (Föhr ym. 2016).

7.4 Kuormittumisen käyttäytyminen kevyellä ja kovalla harjoitusjaksolla ja korkeanpaikan leiriltä paluuviikolla

Asetetun hypoteesin mukaan kevyellä jaksolla kuormittumisen pitäisi laskea. Kestävyysryhmällä leposyke nousee hieman ja vastaavasti sykevälivaihtelun lepoarvo laskee, mikä viittaisi kuormittumiseen eikä palautumiseen (Taulukko 3). Toisaalta huippu-

ja seisomasyke laskevat, samoin kuin sykevälivaihtelun seisoma-arvo ja kortisoli laskevat. Nämä puolestaan viittaisivat palautumiseen. Laskeva CML-intensiteettitulos viittaisi kuitenkin sympaattisen hermoston aktiivisuuteen. Teholajiryhmällä kevyellä jaksolla sykearvot nousivat, sykevälivaihtelu laski ja kortisoli nousi, mikä viittaisi kuormittumiseen. Kummankaan ryhmän kohdalla ei voida olla varmoja, että kevyt harjoitusjakso olisi todellisuudessa ollut kevyt, sillä kuormitusarviointi perustuu tässä harjoituksiin käytettävään aikaan eikä yksittäisten harjoitusten fyysiseen kuormittavuuteen. Psykkistä kuormitusta ei ole arvioitu lainkaan esimerkiksi kyselyillä. Tässä työssä ei myöskään ole arvioitu tarkastelujaksoa edeltävän viikon tai viikkojen kuormittumista, joilla saattaisi olla vielä vaikutusta kevyellä jaksolla. Näin ollen asetettu hypoteesi ei täysin toteutunut.

Vastaavasti kovalla jaksolla kestävyysryhmällä leposyke ja sykevälivaihtelu nousivat, mikä viittaisi palautumiseen (Taulukko 3). Lisäksi seisomasyke laski ja sykevälivaihtelu seisten nousi, mikä taas viittaisivat palautumiseen. Tätä tukee kortisoliarvon lasku jakson loppua kohti. Kestävyysryhmällä on enemmän viitteitä palautumisesta kuin kuormittumisesta kovalla jaksolla. Tähän voi olla syynä se, että osa koehenkilöistä oli sairastunut kovalla harjoitusjaksolla ja heidän kohdallaan kova harjoitusjakso muuttuikin kevyeksi. Leiriltä paluuviikolla teholajiryhmällä seisomasyke laski ja sykevälivaihtelun seisoma-arvo nousi, mikä taas viittaisi palautumiseen. Toisaalta leposyke nousi ja sykevälivaihtelun lepoarvo laski, mikä viittaisi kuormittumiseen. Lisäksi kortisoliarvo nousi jakson loppua kohti, mikä tukisi sitä, että korkean paikan harjoittelun aiheuttama kuormitus näkyy vielä leiriltä paluuviikolla. Asetettu hypoteesi ei täysin toteutunut, ja siihen saattaa vaikuttaa, että yksilökohtainen vaihtelu on huomattavaa molemmissa ryhmissä kaikkien kuormitusta mittaavien parametrien kohdalla.

7.5 Tutkimuksen rajoitteet

Tässä työssä tarkasteltiin aineistoa, joka perustuu urheilijoiden itse ottamiin näytteisiin tai itse tekemiin mittauksiin, eikä suorituksia ole tehty valvotuissa olosuhteissa. Myös

tarkastelujakson aikana tehtyjen mittausten lukumäärä vaihteli, ja mittaustuloksia olisi voinut olla enemmän luotettavuuden näkökulmasta. Esimerkiksi hyppytestejä (staattinen ja kevennetty) oli tehty niin vähän, että tuloksia ei huomioitu tässä Pro gradu työssä lainkaan. Olisi ollut mielenkiintoista selvittää mahdollinen hyppytestien korrelaatio esimerkiksi CML-tulokseen. Etenkin teholajiryhmän kohdalla tämä on selkeä puute. Lisäksi kestävyysryhmälle tehtiin hankkeen aikana suorituskykyä mittaavia juoksutestejä, mutta näitä tuloksia ei ollut saatavilla kaikilta urheilijoilta sekä kevyeltä että kovalta harjoitusjaksolta. Suorituskykyä kuvaavat testit olisi antanut lisäinformaatiota kuormittumiselle tai selvennystä sykkeen, sykevälivaihtelun ja kortisolin käyttäytymiseen.

7.6 Johtopäätökset

Tässä työssä on tarkasteltu kuormitusta ryhmätasolla, mutta tuloksissa on havaittavissa kuitenkin yksilökohtaista vaihtelua. Tarkastelun ulkopuolelle on rajattu henkilökohtainen kuormittumisen arviointi, sillä lyhyen jaksotarkastelun, osin vähäisen mittausdatan määrän ja henkilökohtaisen lähtötason puuttuminen eri kuormitustekijöiden kohdalla ei anna riittävän luotettavaa pohjaa. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lyhyen aikavälin kuormittumisen seurannassa sykkeen ja sykevälivaihtelun seuraaminen kertoo urheilijalle luotettavasti kehon palautumisen tilasta. Lyhyellä aikavälillä ei kuitenkaan saada selville ryhmien välisiä eroja luotettavasti. Toisaalta kuormittumisen fysiologia on sama lajista riippumatta, jolloin ryhmien välillä ei välttämättä olekaan eroja, ellei ryhmiä ole selkeästi jaettu ei-kuormittuneisiin ja kuormittuneisiin urheilijoihin. Peukalohermosta mitattu intensiteetti korreloi kestävyysryhmässä sykkeen ja sykevälivaihtelu kanssa, ja korrelaatioiden perusteella voisi päätellä, että myös uusi sovellus saattaa rekisteröidä kuormitusta.

Oleennaista kuormittumisen seurannassa on, että urheilijat oppivat tunnistamaan merkit omassa kehossa, jolloin olisi syytä miettiä kuormitusta joko sitä vähentämällä tai lisäämällä, mutta ennen kaikkea osaisivat käyttää päivittäisessä harjoittelussa helppoja ja melko luotettavia mittareita. Tärkeää olisikin löytää mittaustapa tai mittari, mikä motivoi tekemään

kuormittumisen seuranta vaivattomasti päivittäisessä arjessa, ja että tuloksia seurataan ja tulkitaan sekä pitkältä että lyhyeltä aikaväliltä ja urheilija ymmärtää mitä tulos kertoo. Näitä voivat olla esimerkiksi sykemittarissa oleva sykevälivaihtelua mittaava testi tai mahdolliset uudet kaupalliset sovellukset. Olennaista on, että urheilija seuraa kuormittumista riittävän kauan, kuukausia tai vuosia, oman normaalitason löytämiseksi ja ennen kaikkea oman kehon tuntemisen tueksi. Näiden lisäksi on äärimmäisen tärkeää, että kuormittumista ja suorituskykyä seurataan myös kontrolloidusti osana valmentautumista juoksumattotesteillä ja mahdollisesti hyppytesteillä.

8 LÄHTEET

- Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, K., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A., Karvonen, J. 1986. Effect of training on plasma anabolic and catabolic steroid hormones and their response during physical exercise. *Int J Sports Med.* Jun;7 Suppl 1:27-8.
- Armstrong, L.E., VanHeest, J.L. 2002. The unknown mechanism of the overtraining syndrome: clues from depression and psychoneuroimmunology. *Sports Med.* 32(3):185-209.
- Birgland-Ritchie, B. 1984. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle&Nerve*, 7:691-699.
- Breil, F.A., Weber, S.N., Koller, S., Hoppeler, H., Vogt, M. 2010. Block training periodization in alpine skiing: effects of 11-day HIT on VO_{2max} and performance. *Eur J Appl Physiol.*
- Buchheit, M. 2014. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5, 73.
- Carfagno, D.G., Hendrix, J.C. 2014. Overtraining Syndrome in the Athlete: Current Clinical Practice. *American College of Sports Medicine* 13, 45-51.
- Chapman, R.F., Stickford J.L., Levine, B.D. 2010. Altitude training considerations for winter sport athlete. *Experimental Physiology* 95.3, 411-421.
- CheckMyLevel User Manual version 2.0. Modified 2014-08-20.
- Crewther, B.T., Cook, C., Cardinale, M., Weatherby, R.P., Lowe, T. 2011. Two Emerging Concepts for Elite Athletes, The Short-Term Effects of Testosterone and Cortisol on the Neuromuscular System and the Dose-Response Training Role of the Endogenous Hormones. *Sports Med* 41, 103-123.
- Enoka, R.M., 2008. *Neuromechanics of Human Movement*. 8.painos. Human Kinetics. USA
- Ferguson, R.A., 2009. Limitation to performance during alpine skiing. *Exp Physiol* 95.3, 404-410
- Fry, A.C., Kraemer, W.J., Ramsey, L.T. 1998. Pituitary-adrenal-gonadal responses to high-intensity resistance exercise overtraining. *J Appl Physiol* Dec;85(6):2352-9.

- Föhr, T., Toivanen, A., Myllymäki, T., Järvelä-Reijonen, E., Peuhkuri, K., Rantala, S., Kolehmainen, M., Korpela, R., Lappalainen, R., Ermes, M., Puttonen, S., Rusko, H., Kujala, U.M. 2016. Physical activity, heart rate variable-based stress and recovery, and subjective stress during a 9-month study period. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
- Huovinen, J., Kyröläinen, H., Linnamo, V., Tanskanen, M., Kinnunen, H., Häkkinen, K., Tulppo, M. 2011. *European Journal of Sport Science*, 11:4, 231-240.
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N., Rusko, He. 2006. Heart Rate Variability during Night Sleep and after Awakening in Overtrained Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38, 313-7.
- Hynynen, E., Konttinen, N. Kinnunen, U., Kyröläinen, H. Rusko, H. 2010. The incidence of stress symptoms and heart rate variable during sleep and orthostatic test. *Eur J Appl Physiol* 111, 733-741.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Alén, M., Kauhanen, H., Komi, P.V. 1987. Relationships between training volume, physical performance capacity, and serum hormone concentrations during prolonged training in elite weight lifters. *nt J Sports Med*. Mar;8 Suppl 1:61-5.
- Kreher, J.B., Schwartz, J.B. 2012. Overtraining syndrome: a practical guide. *Sports Health*. Mar;4(2):128-38.
- Lehmann, M., Gastmann U., Petersen K.G., Bachl N., Seidel, A., Khalaf A.N., Fischer, S., Keul, J. 1992. Training - overtraining: performance, and hormone levels, after a defined increase in training volume versus intensity in experienced middle- and long-distance runners. *Br J Sp Med* 26(4).
- McArdle, W., Katch, F.I. & Katch, V.L. 2015. *Exercise Physiology, Nutrition, Energy and Human Performance*. 8.painos. Lippincott, Williams & Wilkins, USA.
- Mero, A., Nummela, A., Kalaja, S. & Häkkinen, K. 2016. *Huippu-urheiluvaimennus, Teoria ja käytäntö päivittäisvaimennuksessa*. 1.painos. VK-Kustannus Oy, Livonia Print, Suomi.
- Meeusen, R., Duclos, M., Foster, C., Fry, A., Gleeson, M., Nieman, D., Raglin, J., Rietjens, G., Steinacker, J., Urhausen, A. 2012. Prevention, Diagnosis, and Treatment of the

Overtraining Syndrome: Joint Consensus Statement of the European College of Sport Science and the American College of Sport Medicine. *Medicine & Science in Sport & Exercise*

- Mieglo-Ayoso, J., Zourdos, M.C., Clemente-Suárez, V.J., González-Calleja, J., Shipherd, A.M. 2017. Can psychological well-being scales and hormone levels be used to predict acute performance of anaerobic training tasks in elite female volleyball players?. *Psychology & Behavior* 180, 31-38.
- Pichot, V., Roche, F., Gaspoz, J.M., Enjolras, F., Antoniadis, A., Minini, P., Costes, F., Busso, T., Lacour, J.R., Barthélémy, J.C.. 2000. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med. Sci.Sports Exerc.*, 32, 1729–1736.
- Polar, Ortostaattinen testi ja sen suorittaminen. [www-dokumentti]. https://support.polar.com/fi/support/the_what_and_how_of_orthostatic_test 9.2.2018
- Polar V800 User Manual. [www-dokumentti]. https://support.polar.com/e_manuals/V800/Polar_V800_user_manual_Suomi/manual.pdf. 11.11.2017
- Puttonen, S. 2006. Stressin fysiologiset vaikutukset. *Työterveyslääkäri* 24, 28-31. [www-dokumentti]. http://www.ebm-guidelines.com/dtk/ltk/avaa?p_artikkeli=ttl00352&p_haku=ty%F6terveysl%E4%E4k%E4ri. 29.10.2017
- Shaffer, F., Ginsberg, J.P., 2017. An Overview of Heart Rate variability metrics and norms. *Public Health*, 5: 258.
- Smith, L.L. 2000. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med Sci Sports Exerc.* Feb;32(2):317-31.
- Sperlich, B., Achtzehn, S., de Marées, M., von Pape, H., Mester, J., 2016. Load management in elite German distance runners during 3-weeks of high altitude training. *Physiological Reports*, 4.
- Tanskanen, M. 2012. Effects of Military Training on Aerobic Fitness, Serum Hormones, Oxidative Stress and Energy Balance, with Special Reference to Overreaching. *Jyväskylän yliopisto. Liikuntatieteellinen tiedekunta* 187. ISSN 0356-1070.

- Urhausen, A., Kindermann, W. 2002. Diagnosis of Overtraining, What Tools We Have. Sports Med 32, 95-102.
- Uusitalo, A. 2017. Urheilijan ylikuormitustila – miksi ja mikä se on? Liikunta & Tiede 54, 45-49.
- Vuokatti-Ruka Urheiluakatemia valmennushanke loppuraportti. [www-dokumentti]. <https://www.jyu.fi/sport/laitokset/liikuntabiologia/opiskelu/ohjelmat/vuotech/hankkeet/liivi>. 5.2.2018

LIITE 1

KESKIARVOT JA KESKIHAJONNAT

Kestävyyssryhmä

Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
HRlepo_kevyt_alussa	8	41.50	57.00	49.62	4.85
HRlepo_kevyt_lopussa	8	38.50	59.00	50.00	5.83
HRlepo_kova_alussa	8	39.50	58.00	50.37	5.39
HRlepo_kova_lopussa	8	40.00	57.50	50.50	5.88
HRhuippu_kevyt_alussa	8	82.00	107.00	97.68	8.77
HRhuippu_kevyt_lopussa	8	72.67	123.00	97.27	16.86
HRhuippu_kova_alussa	8	79.00	116.00	98.12	12.79
HRhuippu_kova_lopussa	8	62.14	116.00	91.70	17.63
HRseisten_kevyt_alussa	8	55.50	90.00	78.12	11.38
HRseisten_kevyt_lopussa	8	65.00	95.00	78.81	11.19
HRseisten_kova_alussa	8	63.50	104.00	84.56	12.99
HRseisten_kova_lopussa	8	54.00	94.00	77.50	12.30
RMSSDlevossa_kevyt_alussa	8	61.00	176.00	116.31	43.77
RMSSDlevossa_kevyt_lopussa	8	52.00	202.50	117.68	56.52
RMSSDlevossa_kova_alussa	8	48.50	234.00	114.75	55.23
RMSSDlevossa_kova_lopussa	8	82.50	185.00	121.00	37.65
RMSSDseisten_kevyt_alussa	8	11.50	80.00	32.50	20.70
RMSSDseisten_kevyt_lopussa	8	14.50	52.00	30.00	13.32
RMSSDseisten_kova_alussa	8	8.00	48.50	22.87	12.58
RMSSDseisten_kova_lopussa	8	15.50	91.50	31.81	24.99
Kortisoli_kevyt_alussa_(pg/mL)	9	82.00	1189.50	269.27	349.03
Kortisoli_kevyt_lopussa_(pg/mL)	9	105.00	244.50	156.94	47.24
Kortisoli_kova_alussa_(pg/mL)	9	59.50	635.50	235.22	181.88
Kortisoli_kova_lopussa_(pg/mL)	9	54.50	464.00	180.22	117.07
CML_kevyt_alussa_(mA)	9	3.00	13.00	7.16	3.36
CML_kevyt_lopussa_(mA)	8	0.00	16.00	6.81	4.93
CML_kova_alussa_(mA)	9	2.00	15.00	7.88	4.16
CML_kova_lopussa_(mA)	9	0.00	15.00	7.00	5.76
Valid N (listwise)	8				

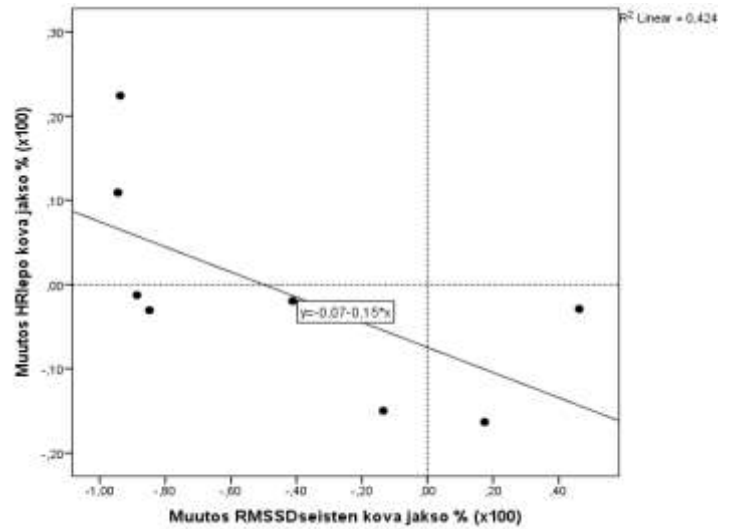
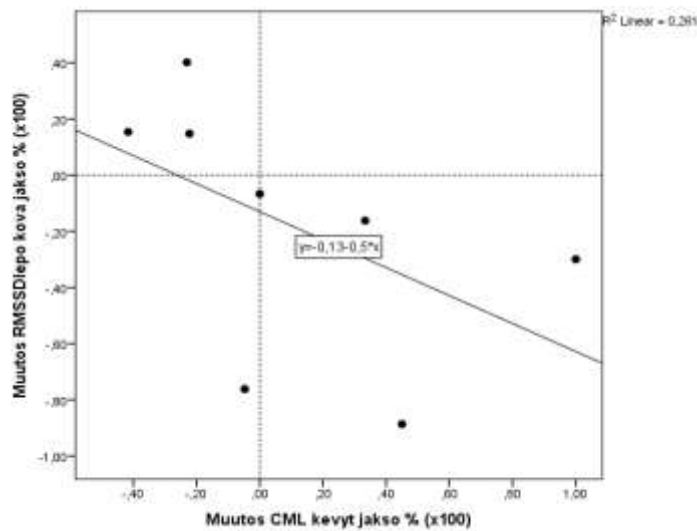
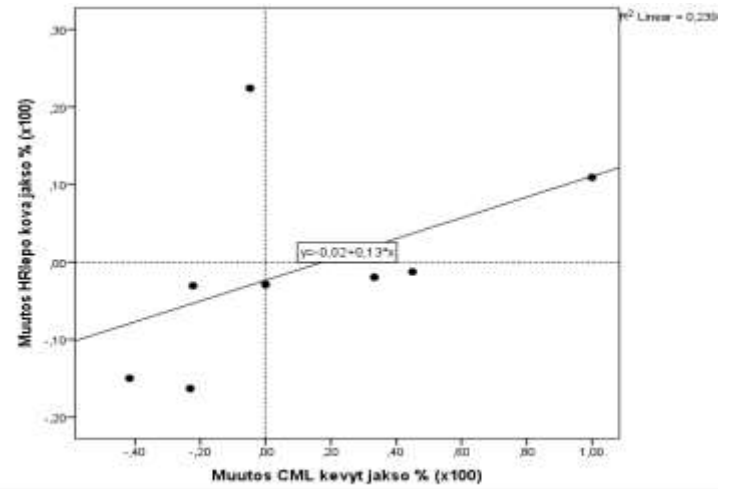
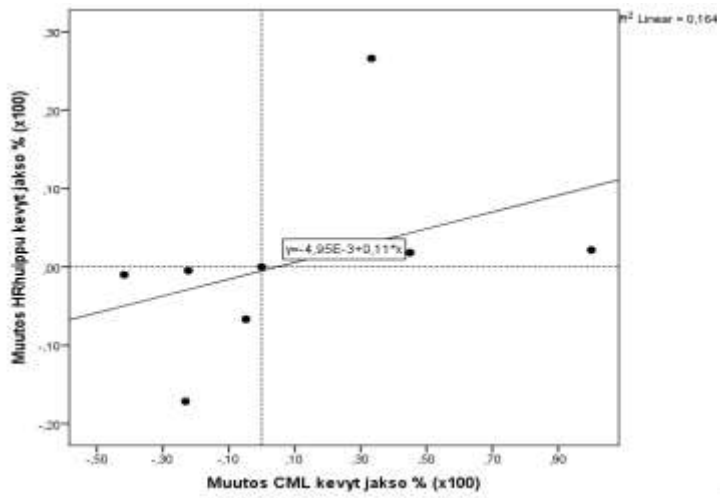
Teholajiryhmä

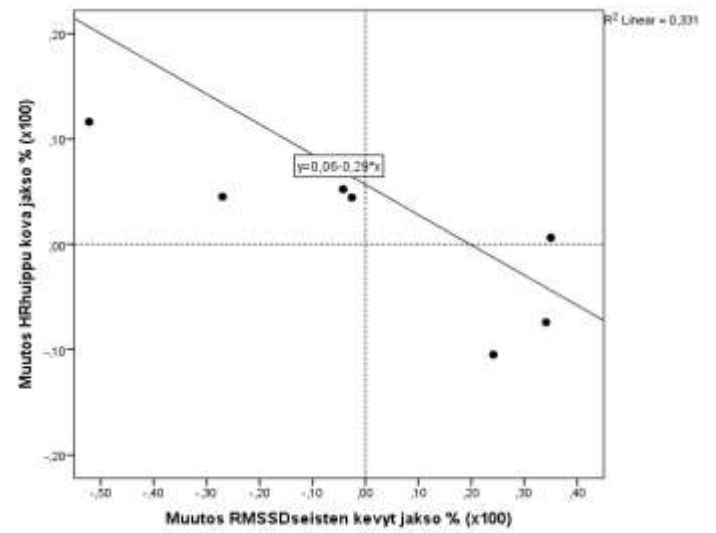
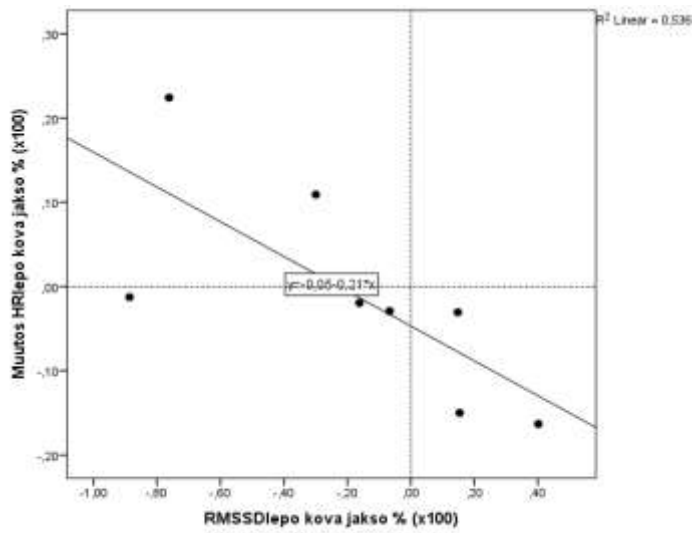
Descriptive Statistics

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
HRlepo_kevyt_alussa	8	47.50	59.00	52.00	3.89
HRlepo_kevyt_lopussa	8	47.50	85.00	57.12	11.76
HRlepo_paluu_alussa	8	50.00	60.50	54.75	3.28
HRlepo_paluu_lopussa	8	46.50	61.50	54.56	5.21
HRhuippu_kevyt_alussa	8	82.50	121.50	97.06	13.94
HRhuippu_kevyt_lopussa	8	85.43	124.00	100.61	13.22
HRhuippu_paluu_alussa	8	73.00	129.00	98.18	18.45
HRhuippu_paluu_lopussa	8	82.00	135.00	101.87	16.48
HRseisten_kevyt_alussa	8	81.00	117.00	89.56	11.80
HRseisten_kevyt_lopussa	8	79.00	118.00	93.81	11.09
HRseisten_paluu_alussa	8	75.00	124.00	93.87	16.39
HRseisten_paluu_lopussa	8	59.00	130.50	91.37	20.06
RMSSDlevossa_kevyt_alussa	8	59.00	283.50	136.87	70.93
RMSSDlevossa_kevyt_lopussa	8	55.00	278.00	140.93	72.71
RMSSDlevossa_paluu_alussa	8	69.00	168.50	121.12	37.44
RMSSDlevossa_paluu_lopussa	8	62.00	180.00	108.75	48.85
RMSSDseisten_kevyt_alussa	8	9.50	31.00	17.37	7.08
RMSSDseisten_kevyt_lopussa	8	8.00	93.75	25.34	27.96
RMSSDseisten_paluu_alussa	8	5	28	15.13	8.23
RMSSDseisten_paluu_lopussa	8	6.50	68.00	23.31	21.02
Kortisoli_kevyt_alussa_(pg/mL)	10	157.20	997.60	313.36	254.76
Kortisoli_kevyt_lopussa_(pg/mL)	10	82.60	1234.20	334.44	338.30
Kortisoli_paluu_alussa_(pg/mL)	10	88.70	1420.50	412.76	418.10
Kortisoli_paluu_lopussa_(pg/mL)	10	150.50	948.50	411.26	268.37
CML_kevyt_alussa_(mA)	2	2	12	7.00	7.07
CML_kevyt_lopussa_(mA)	2	2	8	5.00	4.24
CML_paluu_alussa_(mA)	2	4	4	4.00	0
CML_paluu_lopussa_(mA)	2	6	10	7.50	2.82
Valid N (listwise)	2				

LIITE 2

KESTÄVYYSRYHMÄ, KORRELAATIO SUHTEELLINEN MUUTOS





LIITE 3

TEHOLAJIRYHMÄ, KORRELAATIO SUHTEELLINEN MUUTOS

