

**MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU**

**AUTONOMISEN HERMOSTON JA HORMONIEN VASTEET KAHDEN VIIKON  
SOTILASKOULUTUKSESSA**

Pro gradu

Yliluutnantti  
Tanja Väyrynen

Maisterikurssi 4  
Maasotalinja

Huhtikuu 2015

## MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| Kurssi   | Linja                            |
| Sotatieteiden maisterikurssi 4   | Maasotalinja                     |
| Tekijä   |                                  |
| Yliluutnantti Tanja Väyrynen   |                                  |
| Tutkielman nimi  |                                  |
| <b>Autonomisen hermoston ja hormonien vasteet kahden viikon sotilaskoulutuksessa</b> |                                  |
| Oppiaine, johon työ liittyy  | Säilytyspaikka                   |
| Sotilaspedagogiikka  | Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto) |
| Huhtikuu 2015  | Tekstisivuja 83                  |

### TIIVISTELMÄ

Sotilaan fyysinen toimintakyky on edelleen avainasemassa taisteluissa. Sykevälvaihtelumittausta käytetään kehittymisen, kuormittumisen ja palautumisen seurantaan. Urheilijoilla sykevälvaihtelua on mitattu paljon, mutta sotilaiden kuormittumisen seurantaan sitä on harvemmin käytetty. Sotilaiden kuormittumista on selvitetty paljon seerumin hormonimuutosten avulla. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää kahden viikon sotilaskoulutuksen kuormittavuutta ja palautumista sykevälvaihtelumuuttujien ja hormonien avulla. Tutkimusjoukkona oli 20 reserviupseerikurssin tiedustelulinjan varusmiestä. Tutkimusjakso koostui kahdesta viikosta sisältäen neljän vuorokauden koulutusjakson kasarmiolosuhteissa, seitsemän vuorokauden maastoharjoitusjakson sekä kolmen vuorokauden palautumisjakson.

Sympato-vagaalisen säätelyn kuvaaja matalataajuinen sykevälvaihtelu (LF) laski lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin ortostaattisen kokeen makuuasennossa ( $p < 0,05$ ) ja seisoma-asennossa, jossa se oli tilastollisesti erittäin merkitsevä lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen ja viidenteen päivään ( $p < 0,005$ ) ja merkitsevä kuudenteen ( $p < 0,05$ ). Parasympaattisen säätelyn kuvaaja korkeataajuinen sykevälvaihtelu (HF) nousi seisoma-asennon aikana ja pysyi lähes muuttumattomana makuuasennon aikana, jossa muutos oli tilastollisesti vähintään merkitsevä ( $p < 0,05$ ) lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen, neljänteen ja seitsemänteen päivään. Autonomisen hermoston tasapainosta kertova LF:n ja HF:n suhde laski. Makuuasennossa muutos oli tilastollisesti merkitsevä lähtötasosta maastoharjoituksen neljänteen, viidenteen, kuudenteen ja seitsemänteen päivään ( $p < 0,05$ ). Seisoma-asennossa muutos oli vähintään tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ) kaikkiin maastoharjoituksen päiviin. Maastoharjoituksen päivistä palautumismittaukseen kaikki sykevälvaihtelumuuttujat nousivat. Vähintään tilastollinen merkitsevyys ( $p < 0,05$ ) löytyi jokaisesta muuttujasta pois lukien maastoharjoituksen neljännessä päivästä palautumiseen.

Testosteroni laski lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin ( $p < 0,001$ ) ja SHBG nousi ( $p < 0,05$ ). Kortisoli nousi maastoharjoituksen ensimmäisinä päivinä. Tilastollisesti merkitsevä muutos oli lähtötasosta maastoharjoituksen neljänteen päivään ( $p < 0,05$ ). Kortisoli laski harjoituksen loppua kohden ja tilastollisesti merkitsevä muutos oli lähtötasosta maastoharjoituksen seitsemänteen päivään ( $p < 0,005$ ). Testosteronin ja kortisolin suhde laski ( $p < 0,05$ ). Maastoharjoituksen päivistä palautumiseen testosteroni nousi ( $p < 0,001$ ), SHBG laski ja tilastollisesti merkitsevä muutos oli maastoharjoituksen kolmannesta päivästä

palautumiseen ( $p < 0,05$ ) ja erittäin merkitsevä maastoharjoituksen viidennestä ja kuudennestä päivästä palautumiseen ( $p < 0,001$ ). Kortisoli laski tilastollisesti merkitsevästi maastoharjoituksen neljännestä päivästä palautumiseen ( $p < 0,05$ ) ja nousi tilastollisesti merkitsevästi maastoharjoituksen kuudennesta päivästä palautumiseen ( $p < 0,005$ ). Testosteronin ja kortisolin suhde nousi ( $p < 0,005$ ). Lähtötasosta palautumiseen testosteroni nousi, kortisoli laski, SHBG nousi ( $p < 0,001$ ) ja testosteronin ja kortisolin suhde nousi ( $p < 0,001$ ).

Autonomisen hermoston säätely väheni maastoharjoituksen aikana. Yhdessä laskevien hormonimuutosten kanssa voidaan todeta maastoharjoituksen olleen kuormittavampi kuin kasarmijakso. Autonomisen hermoston muutokset eivät kuitenkaan olleet niin merkittäviä kuin hormonimuutokset. Kuormitusta vahvisti myös harjoituksen aikainen energiavaje, joka ilmenee kehon painon alenemisella lähtötasosta. Hormonimuutokset ja autonomisen hermoston muutokset maastoharjoituksesta palautumismittauksiin kertovat elimistön palautumisesta harjoituksesta. Hormonit nousevat jopa yli lähtötasomittauksen, mikä saattaa kertoa elimistön superkompensaatiotilasta. Autonomisen hermoston ja hormonimuutosten välillä on löydettävissä yhteyksiä, mutta niissä on paljon ristiriitaisuuksia.

Varusmieskoulutuksen suunnittelu on onnistunut tämän harjoitusjakson osalta hyvin, koska tuloksista on nähtävissä fyysisen kuormituksen nousujohteisuus jakson loppua kohden. Hormonimuutosten ja autonomisen hermoston muutokset kertovat maastoharjoituksen aiheuttamasta stressistä, joka tulee jatkossa huomioida harjoitusten suunnittelussa ja koulutuksessa.

Autonomisen hermoston muutokset kertovat elimistön rasituksessa. Yhdessä hormonimuutosten kanssa voidaan todeta maastoharjoituksen kuormittavan elimistöä, mutta maastoharjoituksesta palaututaan nopeasti. Tämän tutkimuksen mukaan sykevälivaihtelua voidaan pitää luotettavana mittarina arvioitaessa autonomisen hermoston palautumista. Jatkossa varusmieskoulutuksessa tulisi kiinnittää enemmän huomiota palauttaviin viikkoihin ja harjoitukseen sekä vähentää palvelukseen kuulumattomien fyysisten suoritteiden määrää. Varusmieskoulutuksessa sykevälivaihtelua voitaisiin hyödyntää seuraamalla yksittäisten taistelijoiden kuormittumista ja palautumista.

#### AVAINSANAT

sotilaskoulutus, syke, ylikunto, hormonit

# SISÄLLYS

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| <b>1</b>  | <b>JOHDANTO</b>   | <b>1</b>  |
| <b>2</b>  | <b>SOTILAAAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY</b>                                       | <b>3</b>  |
| 2.1       | SOTILAAAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ   | 3         |
| 2.2       | SOTILAAAN FYYSINEN TOIMINTAKYKY   | 6         |
| 2.3       | SOTILASKOULUTUKSEN AIHEUTTAMAT FYSILOGISET VASTEET  | 7         |
| <b>3</b>  | <b>ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN JA PALAUTUMINEN</b>   | <b>9</b>  |
| <b>4</b>  | <b>SYDÄMEN AUTONOMINEN SÄÄTELY</b>  | <b>15</b> |
| 4.1       | SYDÄMEN RAKENNE JA TOIMINTA   | 15        |
| 4.2       | AUTONOMINEN SÄÄTELY   | 17        |
| 4.3       | HORMONAALINEN SÄÄTELY   | 20        |
| 4.4       | REFLEKSIT   | 21        |
| <b>5</b>  | <b>SYKEVÄLIVAIHTELU</b>   | <b>23</b> |
| 5.1       | TAAJUUSKENTTÄANALYYSI   | 24        |
| 5.2       | AIKAKENTTÄANALYYSI  | 26        |
| <b>6</b>  | <b>ELIMISTÖN HORMONITOIMINTA</b>  | <b>29</b> |
| 6.1       | TESTOSTERONI  | 30        |
| 6.2       | SUKUPUOLIHORMONEJA SITOVA GLOBULIINI SHBG   | 31        |
| 6.3       | KORTISOLI   | 31        |
| <b>7</b>  | <b>SOTILASTEHTÄVIEN JA FYYSISEN HARJOITTELUN VAIKUTUS SYKEVÄLIVAIHTELUUN JA HORMONIVASTEISIIN</b> | <b>33</b> |
| 7.1       | SYKEVÄLIVAIHTELU  | 33        |
| 7.2       | HORMONIVASTEET  | 40        |
| <b>8</b>  | <b>TUTKIMUKSEN TARKOITUS</b>  | <b>45</b> |
| 8.1       | TUTKIMUSONGELMAT JA HYPOTEESIT  | 45        |
| <b>9</b>  | <b>TUTKIMUSMENETELMÄT</b>   | <b>47</b> |
| 9.1       | KOEHENKILÖT   | 47        |
| 9.2       | TUTKIMUSASETELMA  | 47        |
| 9.3       | TUTKIMUSMENETELMÄT  | 50        |
| 9.4       | TILASTOLLISET MENETELMÄT  | 52        |
| <b>10</b> | <b>TULOKSET</b>   | <b>53</b> |
| 10.1      | SYKEVÄLIVAIHTELUN MUUTOKSET   | 53        |
| 10.2      | HORMONIEN MUUTOKSET   | 58        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 10.3      | KEHON PAINON MUUTOS  | 61         |
| 10.4      | SYKEVÄLIVAIHTELUMUUTTUJEN JA HORMONIEN MUUTOSTEN VÄLISET YHTEYDET  | 62         |
| <b>11</b> | <b>POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b>                                  | <b>68</b>  |
| 11.1      | AUTONOMISEN HERMOSTON VASTEET                                      | 69         |
| 11.2      | HORMONAALISTEN MUUTTUJEN VASTEET                                   | 72         |
| 11.3      | AUTONOMISEN HERMOSTON JA HORMONAALISTEN MUUTOSTEN VÄLISET YHTEYDET | 75         |
| 11.4      | TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS JA VIRHETARKASTELU                        | 78         |
| 11.5      | JOHTOPÄÄTÖKSET JA SOVELLUKSET KÄYTÄNTÖÖN                           | 80         |
|           | <b>LÄHTEET</b>   | <b>84</b>  |
|           | <b>LIITTEET</b>  | <b>101</b> |

# AUTONOMISEN HERMOSTON JA HORMONIEN VASTEET KAHDEN VIIKON SOTILASKOULUTUKSESSA

## 1 JOHDANTO

*”Yksinäinen hiihtäjä takeltevilla suksilla järven jäällä. Ilta alkaa hämärtää. Pakkasta on reissuun lähdeittäessä himpun verran yli 30 astetta, mikä koko ajan senkun kiristyi. Oikein myrskyn kestävä ilma, täysin kirkas taivas mutta kuu ei ole vielä näkyvissä. – Aamun kajo alkoi aavistuksen verran kuumottaa ja pakkasta oli aivan mahtavasti. Niin sitä oli hiihtää jylkytetty lyhyt talvirupeama tähän hämäään hetkeen saakka ja kaikki oli mennä hyvin. Lepäilimme siinä kynsitulien lämmössä ja annoimme voimien palautua kunnes taas jatkoimme matkaa. – Hiihto jatkui tasaisen tappavaan tahtiin lyhyitä levähdystaukoja lukuun ottamatta. Iltamyöhällä siinä kello 22 maissa pyöräytimme ketun hännän maastoon ja kyllä ruoka tekikin kauppaansa, olihan 16 hiihto jo takana. – Pakkanen puree jokaista ihon paljasta kohtaa, hampaat alkavat kalista ja tuntuu kuin sielukin jäätyisi. Puut paukkupakkasen kynsissä ja muutenkin metsä äänteli, huokaili ja valitti monin tavoin. Kuun aiheuttamat varjot näyttivät liikkuvan ja tulipa totisesti mieleen, että olemme syvällä vihollisen selustassa ja täysin kohtalon armoilla.” (Osasto Marttinan partiokertomukset 1939–1944).*

Yllä oleva kuvaus on osoitus fyysisen toimintakyvyn merkityksestä Suomen aikaisemmissa sodissa. Vaikka tuosta ajasta on kulunut jo useita kymmeniä vuosia, ei vaatimus sotilaan fyysisestä suorituskyvystä ole kadonnut. Sotilaan toimintaympäristö on muuttunut paljon muun muassa teknologian kehittymisen myötä ja myös sotilaan varusteet ovat kehittyneet. Edellä mainittujen asioiden kehitys vaikuttaa suoraan fyysiseen toimintakykyyn (Knapik, Reynolds & Harman 2004).

Suomalaisen sotilaskoulutuksen tavoitteena on tuottaa suorituskyyisiä sodan ajan joukkoja. Tuottamisen aikana opetetaan joukkoja ja yksilöitä kriisien ja sodan varalle. Sotilaskoulutuksella kehitetään yksilön fyysistä, henkistä, sosiaalista ja eettistä toimintakykyä. (Kouluttajan opas 2006, 12). Sotilaiden fyysisessä koulutuksessa on otettava huomioon fyysisen kunnan harjoittelun yleiset periaatteet, joita ovat muun muassa harjoittelumäärän ja levon suhde, unen laatu ja määrä sekä ravinto (Salonen 2014).

Sotilaiden kuormittumista koulutuksen eri vaiheissa on tutkittu paljon maailmalla sekä kotimaassa. Viimeisimpiä kotimaisia väitöskirjatutkimuksia ovat Tanskasen vuodelta 2012 sekä Santtilan vuodelta 2010. Sotilaan kuormittumisesta on tehty lukuisia opinnäytetöitä Maanpuolustuskorkeakoulussa esimerkiksi laskuvarjohyppykoulutuksen, partiotiedusteluharjoituksen ja ammattisotilaiden fyysistä kuormittavuudesta. Olipa sitten kyseessä kansallinen tai kansainvälinen tutkimus, niin hyvin harvassa tutkimuksessa on käsitelty autonomisen hermoston toimintaa sykevälivaihtelun kautta, vaikka se on ollut viimeisen kymmenen vuoden aikana

käytetty menetelmä kuormituksen seurantaan urheilijoiden parissa. Sykevälivaihtelulla voidaan arvioida muun muassa sydänsairauksia, mutta sotilaan kannalta se on hyödyllinen mittari kuormittumisen ja palautumisen seurantaan. Se on helppo menetelmä seurata sotilaan kuormittumista toimintaympäristössä, mutta valitettavasti vielä tänäkin päivänä, se on hyvin altis ympäristön aiheuttamille virheille.

Tämä tutkimus tuo esille sotilaan fyysisen toimintakyvyn kuormittumista sotilaskoulutuksessa, millaisia muutoksia fyysisesti ja henkisesti raskas maastoharjoitus aiheuttaa sydämen autonomiseen säätelyyn sekä veren hormonipitoisuuksiin ja kuinka kahden viikon koulutusjaksosta palaudutaan. Tutkimusjoukkona on ollut reserviupseerikurssi 233:n tiedustelulinja. Kurssi toteutettiin Haminassa 2008–2009 ja tutkimusjakso oli syksyllä 2008. Tutkimusjakso sisälsi yhden kasarmikoulutusjakson, jossa oli tiedustelijan toimintaan liittyvää teoriaa ja käytännön koulutusta kasarmilla sekä kaksi maastoharjoitusta, joista toinen oli perusharjoitus ja toinen yhteistoimintaharjoitus. Harjoitukset toteutettiin joukolle tyypillisessä toimintaympäristössä Haminan lähialueella. Tutkimus on ollut osa puolustusvoimissa toteutettavaa toimintakyky -tutkimusta.

## 2 SOTILAAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY

### 2.1 Sotilaan toimintaympäristö

Sotilaan toimintaympäristö on laaja käsite, johon liittyy paljon asioita aina vuodenajasta, maasta ja tehtävän luonteesta riippuvia asioita. Toimintaympäristö sisältää olosuhteet vallitsevassa säässä ja vuoden- sekä vuorokauden ajan, maaston, infrastruktuurin, alueen väestön, yhteistoimintaosapuolet, puolueettomat ja neutraalit osapuolet, ympärillä olevan yhteiskunnan sekä omat että vastustajan joukot. Toimintaympäristö muodostuu monesta erilaisesta tekijästä sekä kaikkien näiden tekijöiden välisestä vuorovaikutuksesta. (Toimintaympäristöanalyysiopas 2011, 16).

Kaupunkijääkäreiden toimintaympäristö Helsingin Vuosaassa on täysin erilainen kuin talviin olosuhteisiin koulutetuilla taistelijoilla Pohjois-Suomessa lumen ja pakkasen keskellä. Afganistanin ja Libanonin toimintaympäristöt ovat merkittävästi erilaiset kotimaamme olosuhteista. Meri- ja ilmavoimien sotilaiden toimintaympäristö eroaa huomattavasti maavoimien toimintaympäristöstä. Sotilaan toimintaympäristö on tehtäväsidonnainen. Puolustusvoimissa annettava koulutus on monivivahteista ja monipuolista riippuen sotilaan puolustushaarasta ja aselajista.

Sotilaan toimintaympäristö monine erilaisine muuttujineen, jossa on paljon fyysistä kuormitusta, luo toimintaympäristöstä todella haastavan ja stressaavan (Friedl, Moore, Hoyt, Marchitelli & Martinez-Lopez 2000). Varusmieskoulutuksessa on paljon kuormittavia tekijöitä, jotka ovat lähtöisin toimintaympäristöstä (Huovinen, Tulppo, Nissilä, Linnamo, Häkkinen & Kyröläinen 2009). Varusmieskoulutuksen yksi stressaavimmista tekijöistä on toimintaympäristössä vallitsevat olosuhteet (Tanskanen 2012).

Suomen talveen kuuluvat lumi ja pakkas, kesään helle, sateet ja hyttyset, syksyyn koleat syyskelit sekä kevääseen hienot hankikelit. Kaartin jääkäriyrykmentissä koulutettavien tiedustelijoiden toimintaympäristönä on kaupunki, kun taas Sodankylässä Jääkäriprikaatissa toimintaympäristö on metsäisempi ja harvaan asuttua sekä pohjoisen olosuhteilla omat erityispiirteet. Tiedustelijan pitää osata hiihtää ja suunnistaa, koska ne ovat hänelle elintärkeitä taitoja selviytymisen sekä tehtävän täyttämisen kannalta. Oli vuoden aika ja sää millainen tahansa, on tiedustelijan selviydyttävä mitä erilaisimmissa olosuhteissa ja kyettävä säilyttämään oma toimintakykynsä. Fyysinen toimintakyky on tärkeässä asemassa taistelukunnon säilyttämis-



sä ja se edesauttaa tiedustelijan selviytymistä tehtävästä, edistää menestymistä taistelukentällä sekä auttaa palauttamaan toimintakyvyn ja taistelukunnon takaisin.

Tiedustelijalla on pääsääntöisesti kaksi erilaista tiedustelutehtävää: tähystystiedustelutehtävä ja partiotiedustelutehtävä, joka jaetaan suunnassatiedusteluun ja kohteentiedusteluun (Tiedusteluopas 2003, 85–95). Jokaiselle tehtävälle tyypillisiä piirteitä ovat siirtymiset, oman toiminnan salaaminen sekä vihollisen lähellä tai sen selustassa toimiminen. Vihollisuhka koettelee tiedustelijan henkisen toimintakyvyn ohella myös toimintakyvyn muita osa-alueita. Tähystystiedustelussa olevan ryhmän pitää varautua hyökkäävän vihollisen partiointiin ja partiotiedustelussa ryhmä voi törmätä vihollisen vartiomieheen, joka on suojautuneena ajoneuvossa. Suurin uhka vihollisesta tiedustelujoukoille syntyy vihollisen ilmoitotoiminnasta ja elektronisesta tiedustelusta (Tiedusteluopas 2003, 17).

Nykyaikaisissa sotilasoperaatioissa varusteet ovat kehittyneitä ja teknistyneitä, mikä on kasvattanut varusteiden painoa ja näin ollen operaatioit ovat tulleet fyysisesti raskaammaksi (Knapik ym. 2004). Jalkaväkijoukot kantavat mukanaan kaikki tehtävässä tarvittavat varusteet ja ruoat. (Friedl ym. 2000). Varusteiden paino on myös tiedustelijoiden haaste. Sotilasoperaatioissa sotilaat joutuvat yleensä siirtymään paikasta toiseen mukanaan raskas taakka kannettavana. Tämä on yleistä alueilla, joilla ajoneuvoja ei voida käyttää vaikeakulkuisen maaston tai vihollisuhan vuoksi. Tehtävän suorittaminen ja taistelukentällä selviytyminen ovat kiinni siitä, kuinka nopeasti taistelija voi suojautua kaikkien mukana kannettavien varusteiden kanssa. (Knapik, Harman, Steelman & Graham 2012).

Tiedustelijat käyttävät rikkavarustusta, joka painaa talvella noin 43 kilogrammaa ja kesällä 37 kilogrammaa sisältäen sekä partio- että rikkavarustuksen, aseiden, vuorokauden muonan ja vettä 3–5 litraa. Talvella sukset tuovat parin kilon lisäpainon varustukseen. Painoero kesä- ja talvivarustuksen välillä muodostuu lähinnä vaatteista. Tiedustelijoiden partiovarustus on kevyempi ja sisältää kaiken, mitä tiedustelija tarvitsee seuraavan vuorokauden kuluessa tai seuraavien muutaman päivän aikana riippuen tehtävän laadusta. Partiovarustusta käytetään suunnassa tiedustelutehtävissä tai kohteentiedustelutehtävissä. Partiovarustus painaa noin 20 kilogrammaa sisältäen aseiden, yhden litran vettä ja vuorokauden muonan. Esimerkki talvirikkavarustuksen ja kesäpartiovaruksen tarkempi sisältö on liitteissä numero 1–3.



*Kuva 1. Tiedustelijan talvi- ja kesärinkkavarustus*



*Kuva 2. Tiedustelijan talvi- ja kesäpartiovarustus*

Suosituksen mukaan kantamus saisi olla noin 1/3 kantajansa painosta (Pihlainen, Santtila, Häkkinen, Lindholm & Kyröläinen 2014). Varustuksen paino vaikuttaa sotilaan toimintakykyyn (Knapik ym. 2004). Raskas varustus nostaa enemmän sykettä ja kehon sisäistä lämpötilaa suorittaessa erilaisia sotilaallisia tehtäviä (Larsen, Netto & Aisbett 2014). Raskaan taakan kantamisen on todettu olevan rankempaa (Quesada, Mengelkoch, Hale & Simon 2000).

## 2.2 Sotilaan fyysinen toimintakyky

Toiskallio (1998, 9) toteaa seuraavaa: *”Toimintakyky tarkoittaa pikemmin valmiutta kuin suoritusta. Tehokkaiden suoritusten edellytyksenä on hyvä toimintakyky – vahva perusta, kyky soveltaa jo hallittua ja taito oppia kokemuksista.”* Toimintakyky voidaan jakaa neljään eri osa-alueeseen: psyykkiseen, fyysiseen, sosiaaliseen ja eettiseen toimintakykyyn. Toimintakyky on yksilöllisten valmiuksien kokonaisuus. Se on valmiutta toimia tilanteenmukaisesti sekä luovasti ja vastuullisesti erilaisissa tilanteissa. (Kouluttajan opas 2006, 13). Fyysinen toimintakyky muodostaa perustan sotilaan toiminnalle erilaisissa toimintaympäristöissä.

Fyysinen toimintakyky voidaan myös ymmärtää fyysiseksi suorituskyykyksi, joka tarkoittaa kykyä tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä (Kouluttajan opas 2006, 142). Fyysinen suorituskyyky voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen: kestävyYTEEN, voimaan ja nopeuteen, jotka voidaan edelleen jakaa pienempiin osa-alueisiin. KestävyYTEttä on neljää eri alalajia, joita ovat aerobinen peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys (Nummela, Leskinen & Vuorimaa 2007b, 333). Voima jaetaan nopeus-, maksimi- ja kestovoimaan (Häkkinen, Mäkelä & Mero, Jouste & Keränen 2007, 251). Nopeuden eri lajeja ovat reaktiivisuus, räjähtävä nopeus ja liikkumisnopeus (Mero, Jouste & Keränen 2007, 309).

Sotilas tarvitsee jokaista fyysisen suorituskyyvyn osa-alueita annetun tehtävän suorittamiseksi. KestävyYTEttä ja voimaa sotilas tarvitsee jaksakseen siirtyä pitkiä matkoja taisteluväestöksessään. Uusimmat tutkimukset osoittavat, että voiman merkitys on korostunut sotilaille, koska väestönsä paino on kasvanut. Nykyaikainen taistelukenttä vaatii sotilalta hyvää hapenotto-kykyä sekä monipuolisia voimaominaisuuksia. (Kouluttajan opas 2006, 142). Lihaskunto ja sen merkitys sotilaille on myös huomioitu uusissa suorituskyykyvaatimuksissa (Pääesikunta 2001, 5). KestävyYTEden merkitys on suuri, jos suorituskyyvyn kesto ylittää kaksi minuuttia ja sotilaan tehtävissä se useimmiten ylittyy. Maksimaalinen hapenotto-kyky yhdessä voimantuotto-kyvyn sekä suorituskyyvyn taloudellisuuden kanssa ratkaisevat kuinka hyvin sotilas pystyy suorittamaan kestävyYTEttä vaativan fyysisen suorituskyyvyn. (Nummela ym. 2007b, 333).

Nopeuden eri lajeja sotilaat tarvitsevat esimerkiksi lähtiessään syöksyyyn. Raskaan väestönsä ollessa päällä sotilas käyttää räjähtävää voimaa ja nopeutta päästäkseen maasta ylös. Voimaa sotilas tarvitsee siirtäessään miinoja tai nostaessaan yli 30 kilogrammaa painavan rinkan selkäänsä. Motorisia taitojaan sotilas hyödyntää käsitellessään asetta, syöksyyessään ja juostessaan. Myös kehonhallinta ja reagointi nopeissa tilanteissa edellyttävät motorisia taitoja.

Asetettaessa tavoitteita suorituskyvyille on huomioitava ympäristön olosuhteet, jotka voivat huomattavasti lisätä suorituskyvyn vaatimuksia (Pääesikunta 2011, 5).

Maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_{2max}$ ) kuvaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa happea työtä tekeville lihaksille (Vella & Robergs 2005). Varusmiesten hapenottokyky testataan 12-minuutin maksimaalisella hapenottotestillä juosten. Erikoisjoukkoihin koulutettavan sotilaan maksimaalinen hapenottokyky tulisi olla 55–60  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , joka vastaa 3000 metriä 12-minuutin juokсутestissä. Liikkuvaan hyökkäystaisteluun koulutettavan sotilaan hapenoton tulisi olla 50–55  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , joka vastaa 2800 metriä 12-minuutin juokсутestissä. Taistelua tukeviin joukkoihin koulutettavan sotilaan hapenottokyvyn tulisi olla 45–50  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ , joka vastaa 2600 metrin tulosta 12-minuutin juokсутestissä. (Kouluttajan opas 2006, 14, 142–143). Lindholm ym. (2008) ovat esittäneet, että erityistehtäviin sijoitettavien maksimaalisen hapenottokyvyn tulisi olla vähintään 55  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ .

Uusissa koulutustasovaatimuksissa esitetään kattavat vaatimukset tiedustelujoukoille. Tiedustelijoiden tulee niiden mukaan hallita osia pioneeri-, viesti- ja tulenjohtoaselajista kaiken tiedustelutoiminnan lisäksi. Tiedustelijan fyysinen toimintakyky joutuu koetukselle jokaisessa tehtävässä, mutta ennen kaikkea siirtymisissä. Maavoimien alueellisiin joukkoihin sijoitettavan tiedustelijan tulee kyetä siirtymään 40 kilogrammaa painavassa taisteluvälineissä taistelukykyisenä ensimmäisenä vuorokautena 30 kilometriä jalan ja hiihtäen 50 kilometriä. Seuraavina vuorokausina on kyettävä siirtymään jalan 15 kilometriä ja hiihtäen 30 kilometriä. (MAAVEHENKOS ak MK3717/14.2.2014).

### 2.3 Sotilaskoulutuksen aiheuttamat fysiologiset vasteet

Talvi aiheuttaa toimintakyvyille omat erityisvaatimuksensa. Varusmiesten kuormittumista on tutkittu talvisissa olosuhteissa Sotilas kylmässä -tutkimuksen yhteydessä. Pohjoisen maanpuolustusalueen taistelu- ja ampumarjoituksessa Härmä 2004 -harjoituksessa tutkittavien kuormittuminen pysyi sykkeen perusteella selvästi aerobisen kynnyksen tasolla. (Rintamäki ym. 2005). Harjoituksessa ilman lämpötila vaihteli nolasta 20:een pakkasasteeseen (Latvala, Remes, Rintamäki & Anttonen 2006, 6). Harjoituksen aikana varusmiehille tuli muutamia paleltumia sekä koettiin selkä- ja alaraajakipuja. (Latvala 2005). Sotilas kuumassa -tutkimuksen mukaan neljän kuukauden rotaatio Tšadissa muutti kehon koostumusta edullisempaan suuntaan sekä laski painoindeksiä (Lindholm ym. 2011). Suurimmaksi tekijäksi kehon painon alentumiseen arviointiin energiavajetta (Nousiainen 2011).

Sotilaskoulutus ja maastoharjoitukset asettavat sotilaalle monia haastavia tehtäviä, kuten pitkäkestoiset fyysiset suoritukset tai raskaiden taakkojen kantaminen. Suoriutuminen näistä vaatii kovaa kestävyys- ja voimakapasiteettia (Kraemer ym. 2004; Nindl ym. 2002). Toimintaympäristö aiheuttaa elimistölle monenlaisia stressitekijöitä. Harjoitusolosuhteet aiheuttavat uni- ja energiavajetta, henkistä sekä fyysistä kuormittumista (Tanskanen 2012).

### 3 ELIMISTÖN KUORMITTUMINEN JA PALAUTUMINEN

Elimistö pyrkii säilyttämään tasapainotilan eli homeostaasian, jota kuormittavat erilaiset stressitekijät, jotka voidaan jakaa ulkoisiin ja sisäisiin tekijöihin. Ulkoisia tekijöitä ovat kuumuus, kylmyys, ruoka, virukset ja sisäisiä tekijöitä uni, nälkä, jano, lihasjännitys, tunteet ja ajatukset. Stressitekijät järkyttävät elimistöä ja saavat sen pois homeostaasiasta. Elimistö voi palautua takaisin homeostaasiaan lyhyellä (aklimaatiot) tai pitkällä (aklimatisaatio) aikavälillä tai geneettisesti fysiologisten vasteiden avulla (Armstrong 2002, 2–3). Aivojen hypothalamus ja hypofyyysi sekä elimistön erittämät stressihormonit säätelevät autonomisen hermoston kautta hermostollisia sekä hormonaalisia muutoksia, jotka saavat aikaan edellä mainitut vasteet. (Armstrong 2002, 7–14; Rusko 2003, 62).

Fyysinen rasitus ja aktiivisuus kuormittavat samalla tavalla elimistöä kuin ulkoiset ja sisäiset stressitekijät ja ne saavat aikaan homeostaasian säilyttämiseksi tietynlaisia vasteita. Kevyt fyysinen kuormitus ei juuri aiheuta fysiologia vasteita, mutta pitkäkestoisella kuormituksella on todettu olevan paljon erilaisia fysiologia ja aineenvaihdunnallisia muutoksia (Nindl ym. 2007a,b; Tanskanen 2012). Kuormittumisen määrä voi johtua myös muista tekijöistä kuin kestosta ja tehosta, koska ihmiset reagoivat kuormittumiseen eri tavoin. Armstrongin (2002, 5) mukaan osa ihmisistä ei kuormitu, sairastu tai vammaudu iän, paremman sietokyvyn ja vastustuskyvyn, fyysisen kunnon tai samalle stressaavalle tekijälle altistumisen vuoksi. Ihmiset ovat mukautuvaisia olosuhteisiin tai omaan fyysiseen aktiivisuuteen. Ympäristötekijöiden muutoksille, kuten kuumuudelle tai kylmyydelle, ihminen mukautuu 8–14 päivän aikana altistuessa kyseiselle stressitekijälle, mutta lopullinen sopeutuminen tapahtuu noin 14–28 päivän kuluessa. (Armstrong 2002, 5).

Elimistön homeostaasian järkyttämiseen perustuu myös fyysisen kunnon harjoittaminen. Yksittäinen kovatehoinen kestävyysharjoite saa aikaan mukautumista lihaksissa sekä hengitys- ja verenkiertoelimistössä, joiden kautta elimistö pyrkii estämään tasapainotilan järkkymisen sekä selviytymään suorituksessa paremmin seuraavissa harjoituksissa. Jos harjoittelua jatketaan useampia viikkoja samalla tavalla, elimistö tottuu harjoitteluun ja harjoitusvaikutusta ei synny, koska elimistö saavuttaa homeostaasian. Parhaimman kehityksen fyysisessä kunnossa saavutetaan elimistön tarkoituksenmukaisella kuormittamisella eripituisilla ja -tehoisilla harjoituksilla. Elimistö vaatii myös lepoa ja palautumista suorituskyvyn kehittymiseen. (Skinner 2005, 24–26; Wilmore & Costill 2004, 20.) Parhaan harjoitusvaikutuksen aikaansaamiseksi ja optimaalisen kehittymisen takia harjoitusjakson pitäisi olla pituudeltaan 4–8 viikkoa. (Num-

mela ym. 2007b, 347). Elimistö tottuu harjoitteluun tässä ajassa eikä samanlaista harjoitusärsykettä saada aikaan.

Huonosti urheilijalle sopiva harjoitusohjelma tai liian kova harjoittelu voivat johtaa ylikuormittukseen ja/tai ylikuntoon. Siihen vaikuttavat monet tekijät, mutta yleensä se on seurausta harjoittelun ja levon väärästä suhteesta, jossa lepoa ja palautumista tulee liian vähän. Jos tämä tila jatkuu pitkään, se laskee urheilijan suorituskykyä. Ylikuormittumisen oireet ovat luokiteltu suorituskyvyn muutoksiin, psykologisiin, immunologisiin ja biokemiallisiin sekä fysiologisiin merkkeihin. Veren laktaattipitoisuutta on myön paljon käytetty määriteltäessä ylikuormittumista. (dos Santos Leite ym. 2012).

Kun urheilijan tavoitteena on suorituskyvyn nostaminen ja kunnon kehittyminen, hänen pitää harjoitella laadukkaasti ja määrällisesti paljon unohtamatta lepoa ja palautumista. Jos riittävää palautumista ei tapahdu, voi urheilija ajautua ylikuntoon. Kansankielessä puhutaan ylikunnosta, vaikka kuvaavampi termi olisi ylirasitustila. Halson ja Jeukendrup (2004) määrittivät käsitteen ”*overreaching*” lyhytaikaiseksi suorituskyvyn laskuksi, josta palautuminen kestää päiviä tai viikkoja. ”*Overtraining*” on puolestaan pitkäaikaista suorituskyvyn laskua ja siitä palautuminen kestää viikkoja tai jopa kuukausia (Halson & Jeukendrup 2004). Meuseenin ym. (2012) ja Bosquet, Merkari, Arvisais ja Aubert (2008) jakoivat ylikunnon kolmeen eri kategoriaan: ”*Functional Overreaching*, ”*Non-Functional Overreaching* ja ”*Overtraining syndrome*” (Taulukko 1). ”*Functional overreaching*” voidaan ymmärtää harjoitteluun kuuluna hetkellisenä ylikuormituksena, josta palautumisen jälkeen seuraa superkompensaatio.

Taulukko 1. Ylikunnon määritelmät (mukailtu Meuseenin ym. 2012).

| prosessi      | harjoittelu       | tehostettu harjoittelu         |                                |                |
|---------------|-------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------|
|               | (ylikuoritus)     | →                              |                                |                |
| lopputulokset | akuutti väsyminen | toiminnallinen ylikuormitus    | ei toiminnallinen ylikuormitus | ylikunto (OTS) |
|               |                   | (OR)                           | (NFOR)                         |                |
| palautuminen  | päiv(i)ä          | päiviä – viikkoja              | viikkoja – kuukausia           | kuukausia...   |
| suorituskyky  | laskee            | tilapäinen suorituskyvyn lasku | ei kehity, laskee              | laskee         |

Merkkejä ylikunnosta on pyritty määritellä jo monta vuosikymmentä, jotta ylikunto voitaisiin todentaa mahdollisimman varhaisessa vaiheessa (Rowbottom, Morton & Keast 2000, 486). Merkkeinä on pidetty suorituskyvyn, biokemiallisten markkeiden ja hormonien muutoksia. Biokemiallisten markkeiden lepotilassa mitatun virtsan vesipitoisuuden, glukoosin, virtsahapon, kreatiinin, raudan, ferritiinin, kreatiinikinaasin ja lihaksen glukokeenipitoisuuden kaksinkertaistuminen ja glutamiini-pitoisuuden väheneminen ovat merkkejä ylikunnosta. Seuraavat hormonien muutokset ovat myös merkkejä ylikuormittumisesta: vapaa- ja kokonaistestosteroni, kortisoli, testosteronin ja kortisolin suhde, adrenaliini ja noradrenaliini eli katekolamiinit. Ylikuntoon on myös vahvasti yhdistetty vastustuskyvyn heikkeneminen, joka voidaan päätellä ylähengitysteiden tulehduksilla ja immunologisten aineiden määrän vaihtelun avulla. (Meuseen ym. 2012; Rowbottom ym. 2000, 488-502).

Ylirasittumiseen liittyy myös paljon psykologia oireita, joita ovat muun muassa väsymys, keskittymiskyvyn puute, univaikeudet ja ruokahalun menetys. Ylikunnon todentamiseen psyykkisten oireiden kautta on kehitetty erilaisia kysymyssarjoja, joissa selvitetään yllämainittuja oireita. Borg (1992) kehitti RPE-asteikon (*Rating of Perceived Exertion*), jota on käytetty paljon määritellessä ylikuormittumista, mutta sitä käytetään myös urheilijoiden testauksessa. POMS -testissä (*Profile of Mood States*) mitataan yhdessä tai erikseen kuutta erilaista luoteenpiirrettä eli jännitystä, raivostuneisuutta, vihaisuutta, masentuneisuutta, väsyneisyyttä ja hämmentyneisyyttä. Paras tapa ylikunnon tunnistamiseen on todettu olevan näiden kaikkien tekijöiden eli suorituskyvyn, fyysisten, psyykkisten, immunologisten, psykologisten ja biokemiallisten yhdistämisellä ja säännöllisellä seurannalla. (Meuseen ym. 2012; Rowbottom ym. 2000, 488–502).

Urheilusuoritus aiheuttaa kehossa väsymystä, muutoksia biokemiallisissa toiminnoissa, hormonitoiminnassa ja vastustuskykyyn liittyvissä tekijöissä sekä aiheuttaa väliaikaisen suorituskyvyn heikkenemisen. Saavuttaakseen homeostaasian uudelleen elimistö tarvitsee aikaa palautumiseen, jonka aikana se täydentää tyhjentyneet energiavarastot, muodostaa uusia proteiinisiltoja sekä palauttaa suorituskyvyn normaaliksi. Palautumiseen käytettävä aika riippuu harjoituksen intensiteetistä ja kestosta, mutta myös palautumisajalla tehtävät harjoitteet vaikuttavat. (Rowbottom ym. 2000, 501).

Kovatehoisesta harjoituksesta palautuminen kestää huomattavasti kauemmin kuin kevyestä ja lyhytkestoisesta, jossa palautuminen on nopeaa ja lähes huomaamatonta (McArdle, Katch & Katch 2007, 130). Kovatehoisen harjoituksen, kuten kilpasuorituksen jälkeen, lihasvaurioiden ja hermoston palautuminen on hitaampaa kuin energiavarastojen täydentäminen (Nummela



2007a, 123). Lihavaurioiden korjaantuminen kestää jopa viikosta kahteen viikkoon (Costill, Pascoe, Fink, Robergs & Barr 1990). Energiavarastojen täydentäminen (ATP ja KP) tapahtuu jo parin tunnin kuluttua harjoituksesta ja glykokeenivarastot päivästä pariin päivään harjoituksen jälkeen (Fairchild ym. 2002). Energiavarastojen täydentyminen takaisin lähtötasolle erittäin kovatehoisen harjoituksen, esimerkiksi maratonin jälkeen, voi kestää jopa seitsemän päivää. (Blom, Costill & Fieldstone 1987; Sherman ym. 1983).

Henkilön ikä, harjoittelutausta ja fyysinen kunto vaikuttavat palautumiseen fyysisestä suorituksesta. Ikääntymisen on havaittu alentavan fyysistä suorituskykyä ja aerobista kapasiteettia noin 8–10 prosenttia vuosikymmenessä (Gore, Booth, Bauman & Owen 1999; Stathokostas, Jacob-Johnson, Petrella & Paterson. 2004). Palautuminen kestää sitä kauemmin mitä huonompi fyysinen kunto on, ja heikkokuntoisten palautuminen kestää kauemmin verrattuna parempikuntoisiin. Tätä on tutkittu vertaamalla samassa urheilulajissa sydämen sykettä ja veren laktaattia (Olesen, Raabo & Bangsbo 1994; Ravier, Dugue, Grappe & Rouillon 2006).

Palautuminen on yksilöllistä ja sitä voidaan nopeuttaa erilaisten palautumismenetelmien avulla, joita ovat muun muassa aktiivinen ja passiivinen palautuminen, hieronta, kylmähoito, happihoito, lääkehoito, sähköstimulaatio ja venyttelyt. Passiivinen palautuminen mielletään levoksi. Aktiivisella palautumisella tarkoitetaan lyhyitä submaksimaalisia vetoja. (McArdle ym. 2007, 177). Palautuminen on erityisen tärkeää tilanteissa, joissa suorituksia tulee paljon peräkkäin lyhyen ajan sisällä. Nopea palautuminen fyysisestä kuormituksesta on henkisesti tärkeää. (Barnett 2006).



Kuva 3. Sotilaan kuormittumiseen vaikuttavia tekijöitä (mukailtu Tanskanen 2012, 14).

Kuormittuneisuutta on havaittu varsinkin sotilaiden parissa niin kansainvälisissä kuin kansallisissa tutkimuksissa. (Gomez-Merino, Chennaoui, Drogou & Guezennec 2004; Friedl ym. 2000 ; Kyröläinen, Karinkanta, Santtila, Koski & Mäntysaari 2008; Nindl ym. 2002; Nindl 2007b; Tanskanen 2012). Sotilaiden kuormittumiseen vaikuttavat erilaiset stressitekijät. Tanskasen (2012) mukaan niitä ovat energia- ja univaje, olosuhteet, muut stressitekijät sekä fyysinen harjoittelu. Sotilaan fyysisen kehittymisen vaaka ei ole Tanskasen mukaan tasapainossa, koska stressitekijöitä on enemmän kuin palautumiseen vaikuttavia tekijöitä, joita ovat uni ja lepo, ravinto sekä rentoutusharjoitukset (Kuva 3). Kova kuormitus johtaa siihen, että sotilaiden suorituskyky heikkenee ja sairauksia ja vammoja esiintyy enemmän. (Wilkinson, Raysona & Bilzo 2008). Taulukossa kaksi on esitelty ylikunnon tunnistamiseen liittyviä tekijöitä.

Taulukko 2. Ylikunnon tunnistaminen (mukailtu Meuseen ym. 2012).

| Kärssiikö urheilija seuraavista?  | Onko urheilijalla seuraavia sairauksia/ oireita?   | Harjoittelu   | Muut tekijät  | Onko lähtöarvoja, joihin verrata?   |
|---|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• selittämätön alisuorittaminen</li> <li>• jatkuva väsymys</li> <li>• lisääntynyt tunne ponnisteluista harjoituksissa</li> <li>• univaikeudet</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• anemiasa</li> <li>• infektioita</li> <li>• lihaskivelmia</li> <li>• borrelioosia</li> <li>• endokriininen sairaus (diabetes, kilpirauhasen vajaatoiminta)</li> <li>• syömishäiriötä</li> <li>• loukkaantumisia</li> <li>• kardiologisia oireita</li> <li>• astmaa</li> <li>• allergioita</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• harjoittelu määrän nosto (&gt; 5 % h/ viikko, km/viikko)</li> <li>• harjoittelutehonnosta merkittävästi</li> <li>• harjoittelun yksipuolisuus</li> <li>• paljon kilpailuja</li> <li>• kestävyysurheilijoilla: suorituskyvyn laskua anaerobisella kynnyksellä</li> <li>• ympäristön aiheuttamat stressitekijät (korkeus, kuumuus, kylmyys)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• psyykkiset oireet ja merkit</li> <li>• sosiaaliset tekijät (perhe, suhteet, raha, työ, valmentaja)</li> <li>• matkustaminen (aikaero-rasitus)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• maksimaalisen suorituskyvyn testi</li> <li>• submaksimaalinen testi tai lajikohtainen testi</li> </ul> |

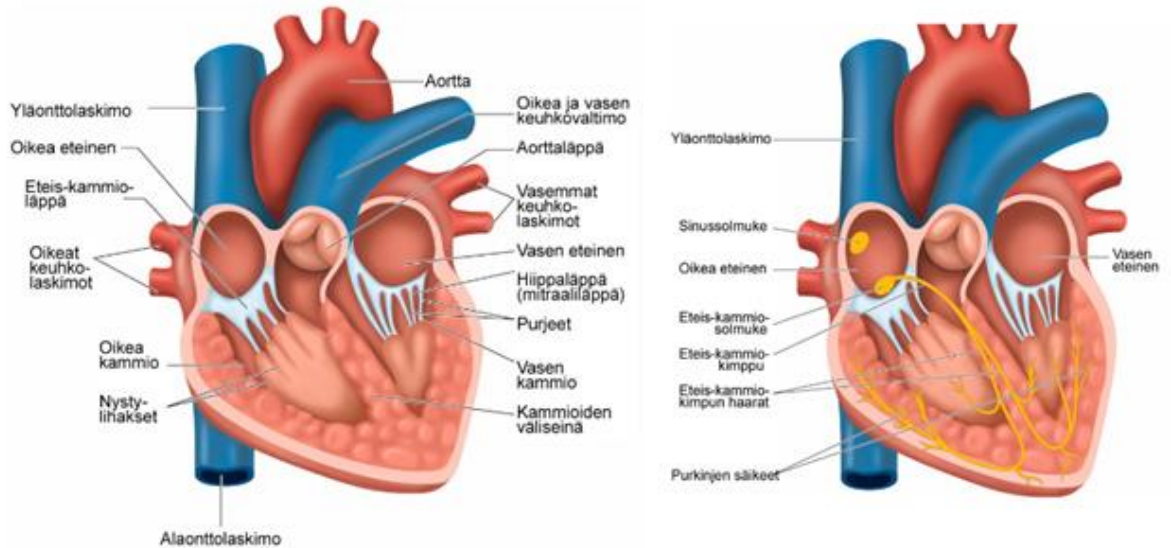
## 4 SYDÄMEN AUTONOMINEN SÄÄTELY

### 4.1 Sydämen rakenne ja toiminta

Sydän sijaitsee rintakehän alla hieman keskilinjan vasemmalla puolella. Sen tehtävänä on verenkierron säätely ja sitä kautta ravinteiden, hapen, hormonien ja kuona-aineiden kuljettaminen. Aikuisen ihmisen sydän painaa noin 300–350 grammaa. Sydänlihas tekee työtä koko ihmisen elämän ajan ja se on erittäin väsymätön. Sydämen toimintaan vaikuttavat autonominen hermosto, veressä olevat hormonit sekä verisuonissa olevat erilaiset reseptorit. (McArdle ym. 2007, 135; 314; Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 1999, 83–84;186–188).

Sydänlihaskudos muodostuu erikoistuneista sydänlihassoluista ja sillä on sekä poikkijuovaisen että sileän lihaskudoksen ominaisuuksia. Sydänlihassolussa on vain yksi tuma. Sydänlihaskudos on tahdosta riippumaton lihas. Sydänlihassolut muodostavat verkkomaisen rakenteen, joka mahdollistaa nopean aktiopotentialin leviämisen koko sydämeen nopeasti ja näin ollen koko sydän supistuu yhtä aikaa. (Guyton & Hall 1996, 107–108; McArdle ym. 2007, 314; Nienstedt ym. 1999, 83–84).

Sydän on nelilokeroinen lihas, jossa on kaksi eteistä ja kaksi kammiota. Sydämeen tulevia verisuonia sanotaan laskimoiksi ja sydäimestä lähteviä verisuonia valtimoiksi. Sydämen huollosta vastaavat sepelvaltimot, jotka kuljettavat sydämelle happea ja ravintoaineita. Sydämen tarkempi rakenne on kuvassa neljä. (Guyton & Hall 1996, 107; McArdle ym. 2007, 134; Nienstedt ym. 1999, 184; 190).



Kuva 4. Sydämen rakenne ja johtoratajärjestelmä (Leskinen 2007, 83–84).

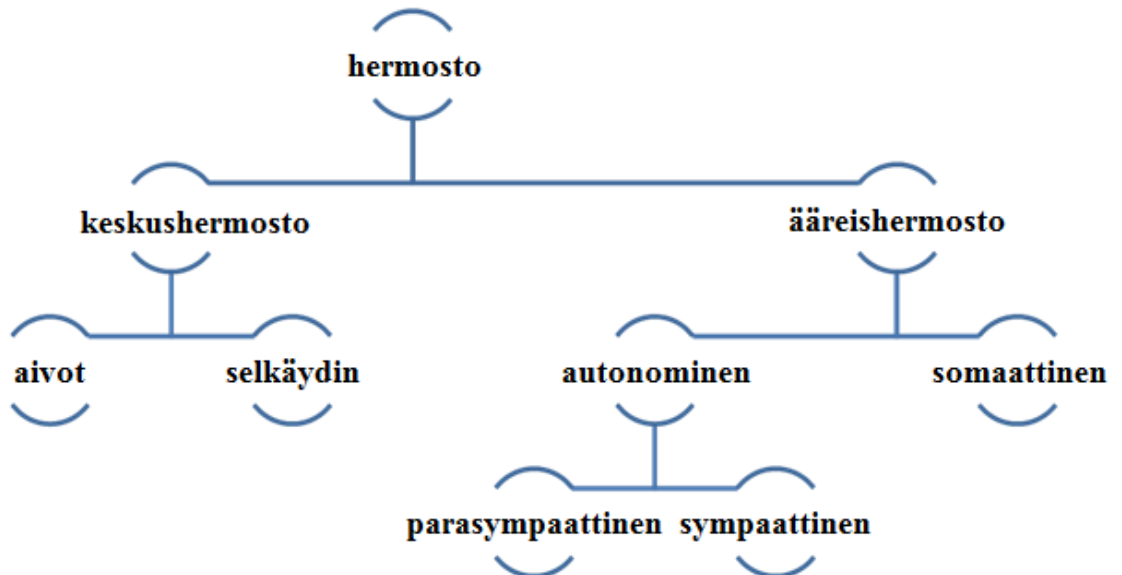
Sydämen toimintaa ohjaa autonominen hermosto, jonka parasympaattisia ja sympaattisia hermopäätteitä tulee suoraan sydämen sinussolmukkeeseen ja muualle sydämeen. Sinussolmuke vastaa sydämen toiminnasta ja muuttaa syketaajuutta verenkierron tarpeen mukaan. Se on muodoltaan C-kirjaimen muotoinen ja se sijaitsee yläonttolaskimon tyvessä. Sydämen johtoratajärjestelmä lähtee sinussolmukkeesta. (Guyton & Hall 1996, 121; Heikkilä 1991, 46; McArdle ym. 2007, 337–349.).

Sydämen johtoratajärjestelmä muodostuu erikoistuneista sydänlihaksista, joita voidaan myös kutsua impulssinjohtojärjestelmäksi. Siinä aktiopotentiaali etenee tavallista sydänlihassolua nopeammin ja näin ollen ärsytystila leviää nopeasti koko sydämeen. Sydämen impulssi lähtee sinussolmukkeesta, josta etenee eteisratojen kautta eteiskammiosolmukkeeseen ja sieltä sen haaroihin ja lopulta se on koko sydämessä (Kuva 4). (McArdle ym. 335; Nienstedt ym. 1999, 192–193).

Sydän ohjaa verenkiertoa ja kierrättää verta isossa sekä pienessä verenkierrossa. Sydämen oikea puolisko pumppaa veren pieneen eli keuhkoverenkiertoon, jossa hiilidioksidi vaihdetaan keuhkotuuletuksessa puhtaaseen happeen. Vasen puolisko ohjaa veren aortan kautta suureen verenkiertoon eli kaikkialle elimistöön. Sydän säätelee verenkiertoa erilaisten reseptorien avulla, jotka aistivat muun muassa verenpainetta ja veren kemiallista koostumusta. (Guyton & Hall 1996, 107; McArdle ym. 2007, 134; Nienstedt ym. 1996, 184–185, 224.).

## 4.2 Autonominen säätely

Hermosto jaetaan keskushermostoon ja ääreishermostoon. Aivot ja selkäydin muodostavat keskushermoston. Ääreishermosto koostuu kahdesta osasta: somaattisesta sekä autonomisesta hermostosta. Tahdonalainen hermosto on somaattinen hermosto ja sitä on pääasiassa luurankolihasissa. Tahdosta riippumaton hermoston osa on autonominen hermosto, joka jakaantuu parasympaattiseen ja sympaattiseen osaan (Kuva 5). (McArdle ym. 2007, 393; Nienstedt ym. 1999, 516). Autonomisella ja somaattisella hermostolla on paljon yhteyksiä keskenään ja ne ovat kiinteässä vuorovaikutuksessa keskenään (Nienstedt ym. 1999, 518).



*Kuva 5. Hermoston jako fysiologisesti.*

Hermosto saa tietoa kaikkialta kehosta aistinreseptoreiden välityksellä. Näiden viestien perusteella hermosto muokkaa elimistön toimintaan ja ylläpitää homeostaasia. Elimistö sopeutuu muun muassa ympäristön muuttuviin vaatimuksiin adaptiivisten toimintojen avulla. Tämä adaptoituminen tapahtuu suurimmaksi osaksi hormonien välityksellä sekä autonomisen hermoston välityksellä. (Nienstedt ym. 1999, 516–517; 538).

Autonomisen hermoston toimintaa ohjaavat limbinen järjestelmä, hypotalamus sekä ydinjätke. Keskushermosto ohjaa jollain tasolla autonomisen hermoston toimintaa, mutta niitä osia ei voi erottaa keskushermoston muista osista. Keskushermostosta viestit lähtevät efferenttejä sympaattisia ja parasympaattisia hermoja pitkin kohde-eliimiin. (Guyton & Hall 1996, 769;

McArdle ym. 2007, 339–350; Nienstedt ym. 1999, 539–544). Taulukossa kolme on esitelty autonomisen hermoston vaikutuksia eri elimiin.

*Taulukko 3. Parasympaattinen ja sympaattinen hermosto (mukailtu Guyton 1996, 775).*

| <b>elin</b>         | <b>parasympaattinen<br/>”lepää ja sulattaa”</b> | <b>sympaattinen<br/>”juokse ja pakene”</b>     |
|---------------------|---|--|
| silmä               | supistaa pupilleja                              | laajentaa pupilleja                            |
| sylkirauhaset       | kiihdyttää syljen eritystä                      | estää syljen erityksen                         |
| sydän               | rauhottaa sykettä                               | kiihdyttää sykettä                             |
| keuhkot             | kutistaa hengitystietä                          | rentouttaa hengitystietä                       |
| vatsalaukku         | lisää aktiivisuutta                             | vähentää aktiivisuutta                         |
| maksa               | estää glukoosin erittymisen                     | lisää glukoosin erittymistä                    |
| suolisto            | lisää aktiivisuutta                             | vähentää aktiivisuutta                         |
| lisämunuaisen kuori |   | lisää adrenaliinin ja noradrenaliinin eritystä |
| virtсарakko         | supistaa  | rentouttaa                                     |
| sukupuolielimet     | saa aikaan erektion                             | saa aikaan siemensyöksyn                       |

**Sympaattinen hermosto** muodostaa selkärangan molemmalle puolelle helminauhamaisen hermorungon. Sympaattisen hermoston välittäjäaineena ovat katekoliamiinit: adrenaliini ja noradrenaliini. (McArdle ym.2007, 337–339; Nienstedt ym. 1999, 538–544). Sympaattisen hermoston toiminnan johdosta sydänlihaksen ärtyvyys ja supistusvoima kasvavat (Nienstedt ym. 1999, 225).

Sympaattisia hermopäätteitä tulee sydämeen parasympaattisia verrattuna paljon enemmän ja ne levittäytyvät laaja-alaisesti kammioiden ja eteisten alueille (Kuva 6). Sympaattinen aktivaatio sydämessä nostaa sykettä lisäämällä sinussolmukkeen rytmiä. Aikuisella syke voi nousta sympaattisen aktivaation vuoksi 180–200 lyöntiin minuutissa ja lapsella jopa 250 lyöntiin. Sympaattinen aktivaatio kasvattaa sydämen iskutilavuutta jopa kolminkertaiseksi. Sympaattinen ärsyke kolminkertaistaa sykkeen ja kasvattaa sydämen johtumista jopa kaksinkertaiseksi. (Guyton & Hall 1996, 117–126; 774–775).

Sympaattinen hermosto on valloillaan tilanteissa, jossa elimistöltä vaaditaan aineenvaihdunnallisia ponnisteluja esimerkiksi urheilusuorituksessa ja ”fight or flight” -tilanteessa, jossa

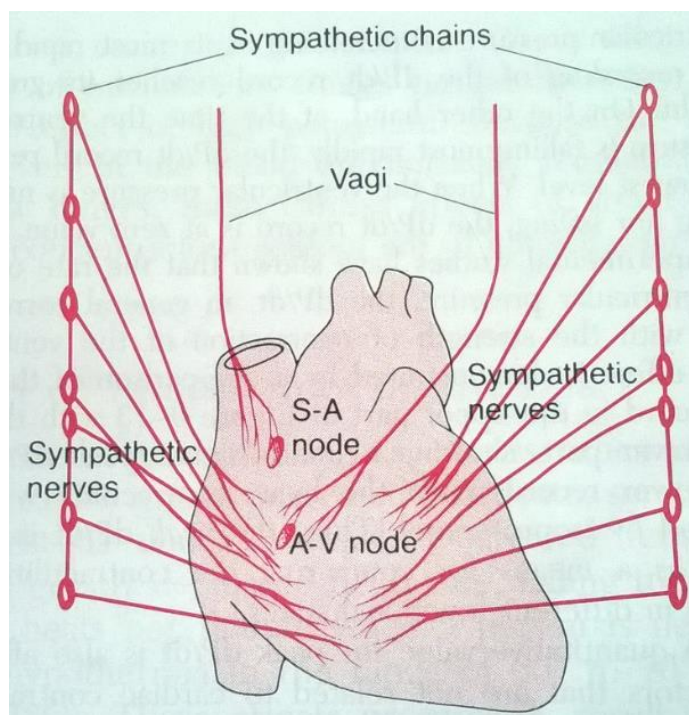
elimistö valmistautuu selviytymään, pakenemaan tai taistelemaan. Silloin puhutaan sympati-kuksesta. Elimistö toimii voimakkaasti äkillisessä kriisitilanteessa. Elimistössä se tarkoittaa muun muassa seuraavanlaisia muutoksia: verenkierto vilkastuu, sydämen syke nousee sekä sydämen iskutilavuus kasvaa (Nienstedt ym. 1999, 541–543).

***Parasympaattiset hermot*** lähtevät joko aivorungosta tai alhaalta selkärangasta. Parasympaat-tiset hermot ovat pidempiä kuin sympaattiset hermot, koska ne kiinnittyvät suoraan kohde-elimeen. Parasympaattinen hermosto säätelee sydämen toimintaa vagus-hermon kautta, jonka päätepiste on sinussolmuke sekä eteiskammiosolmuke. Parasympaattisen hermoston välittä-jäaineena on asetyylikoliini ja sitä erittyy sekä sinussolmukkeeseen, jossa se alentaa sykettä että eteiskammiosolmukkeeseen, jossa se vähentää hermostosta tulevaa ärsykettä. (Kuva 6) (McArdle ym. 2007, 340–341).

Parasympaattinen hermosto rauhoittaa elimistön toimintoja (Nienstedt ym. 1999, 543–544), mutta voi joissakin tapauksissa kiihottaa esimerkiksi sappirakon sekä silmän iiriksen toiminta (McArdle ym. 2007, 341). Voimakas parasympaattinen säätely voi lopettaa hetkeksi sydämen sykinnän kokonaan (Guyton & Hall 1996, 126). Parasympaattista säätelyä kehossa ta-pahtuu, kun elimistö on levossa ja kerää voimia. Silloin puhutaan parasympatikuksesta ja elimistö käyttäytyy päinvastoin kuin sympatikus-tilassa. Parasympatikus on valloillaan nuk-kuessa ja ruuansulatuksen yhteydessä. (Nienstedt ym. 1999, 543–544).

Parasympaattinen ja sympaattinen hermosto hermottavat samoja elimiä. Kummasta hermos-tosta tulee voimakkaampi ärsyke määrittää miten elin toimii. Parasympaattinen ja sympaatti-nen hermosto muodostavat paljon yhteisiä hermopunoksia elimien läheisyyteen esimerkiksi sydämeen. (Nienstedt ym. 1999, 540). Parasympaattinen säätely on hyvin vähäistä sydämessä verrattuna sympaattisen säätelyyn (Guyton & Hall 1996, 210). Pääsääntönä voidaankin pitää, että sympaattinen hermosto nostaa sydämen sykettä ja parasympaattinen hermosto laskee sydämen sykettä.





Kuva 6. Sympaattinen ja parasympaattinen hermosto sydämessä (Guyton & Hall 1996, 117).

### 4.3 Hormonaalinen säätely

Sydämen toimintaan vaikuttavat hormonit ovat adrenaliini, noradrenaliini sekä asetyylikoliini, jotka toimivat autonomisen hermoston välittäjäaineina. Niitä erittyy sekä lisämunaisen ytimestä että hermosolujen synapseista. Hormonaalinen vaikutus sydämen toimintaan on nopeampaa kuin autonomisen hermoston vaikutus (McArdle ym. 2007, 334; Nienstedt ym. 199, 406), mutta hormonien, eteenkin noradrenaliinin, vaikutuksia sydämen toimintaan voidaan pitää hieman kyseenalaisena (Guyton & Hall 1996, 126).

Katekoliamiinit ovat sympaattisen hermoston välittäjäaineita (McArdle ym. 2007, 337–339; Nienstedt ym. 1999, 538–544.) Adrenaliini vaikuttaa sydämen toimintaan kiihdyttämällä sydämen sykintää. Tällä tavoin se nostaa verenkierron minuuttitulavuutta. Kasvanut minuuttitulavuus johtaa systolisen verenpaineen nousuun. Noradrenaliini puolestaan supistaa verisuonten sileitä lihassoluja. Tästä johtuen verenkierron ääreis- eli perifeerinenvastus kasvaa. Se nostaa sekä systolista että diastolista verenpainetta. Päinvastoin kuin adrenaliini noradrenaliini aiheuttaa verenkierron minuuttitulavuuden pienenemisen. (Nienstedt ym. 1999, 406–407).

Asetyylikoliini on parasympaattisen hermoston välittäjäaine (McArdle ym. 2007, 340–341), joka toimii eksitoivana eli eteenpäin vievänä välittäjäaineena. Se ei ole pelkästään parasym-

paattisen hermoston välittäjäaine, vaan se välittää myös sympaattisen hermoston ärsytystä rauhasiin sekä sileisiin lihassoluihin. Asetyylikoliinia erittyy kaikissa perifeerisen autonomisen hermoston synapseissa. (Nienstedt ym. 1999, 74).

#### 4.4 Refleksit

Sydämen toimintaan vaikuttavat myös erilaiset refleksit sekä verenkierron reseptorit. Baroreseptorit kuuluvat mekanorefleksiin ja ne ovat sydämen toiminnan kannalta tärkein mekanorefleksi. Baroreseptorit aistivat verisuonten venymiseen eli verenpaineeseen. Ihmisen noustessa makuulta seisomaan baroreseptorit aistivat verenpaineen muutoksen ja välittävät tiedon vasomotoriseen keskukseen, joka säätelee sydämen toimintaa sympaattisen hermoston kautta (Nienstedt ym. 1999, 225). Baroreseptoreita sijaitsee aortassa ja karotispoukamissa (McArdle ym. 2007, 342). Mekanoreseptoreita sijaitsee lihaksissa sekä verisuonissa. Ne aistivat lihasten fyysistä tilaa ja sen mukaan välittävät tietoa lihaksen toiminnasta.

Kemoreseptoreiden tehtävä on tarkkailla veren kemiallista pitoisuutta ja analysoida verestä happi- ja hiilidioksidipitoisuuksia. Niitä sijaitsee kaulavaltimoissa sekä aortankaaren lähistöllä (Nienstedt ym. 1999, 287). Kemoreseptorit vaikuttavat etupäässä hengityselinten toimintaan, mutta hengityksen säätely on autonomisen hermoston tehtävä ja hengitysrhythmi ja -taajuus vaikuttavat sykeväli vaihteluun. (Saboul, Pialoux & Hautier 2014). Hengityksen vaikutuksesta sydämen sykkeen puhutaan respiratorisesta arytmiasta. Ihmisen syke on nopeampi sisäänhengityksen kuin uloshengityksen aikana. Sykkeen vaihtelu johtuu parasympaattisen hermoston toiminnan muuttumisesta hengitysvaiheen mukaan (Nienstedt ym. 1999, 193).

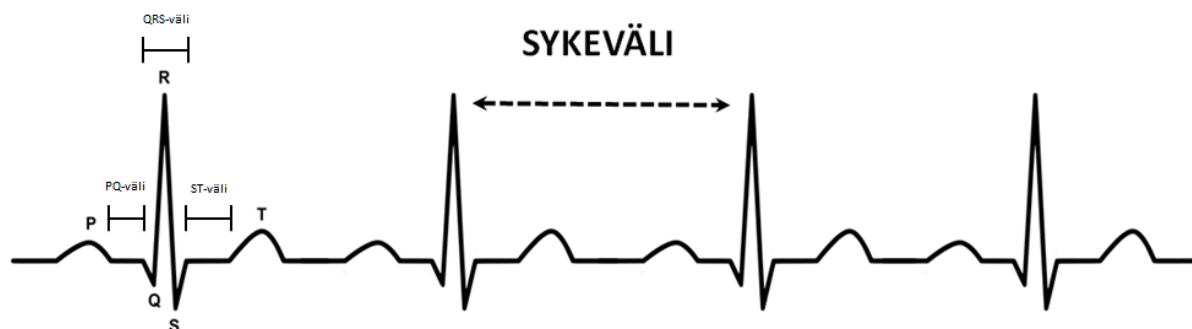
**Ortostaattinen refleksi.** Makuuasennosta pystyasentoon noustessa verta virtaa rintaontelosta alaraajoihin ja painovoiman vaikutuksesta verentilavuus lisääntyy ja aortan verenpaine laskee. Sen seurauksena sydämen eteisten täyttöpaine ja laskimopaine vähenevät. Valtimoiden verenpaine aivojen tasolla pienenee, kun pää tulee sydämen tason yläpuolelle. Verenpaineen lasku aktivoi baro- ja kemoreseptorit. Elimistö käynnistää toimenpiteet, joilla turvataan aivojen hapen saati. Keinoja tähän ovat laskimopaluun vähentäminen ja ääreisvastuksen suurentaminen. Sydämen reagoi pienentyneeseen laskimopaluuseen. Edellä mainittujen tekijöiden vuoksi parasympaattinen aktiivisuus laskee ja sympaattinen aktiivisuus nousee ja se näkyy sydämen sykkeen nousuna. Seistessä parasympaattinen hermosto vaikuttaa ensimmäiset 30 sekuntia elimistön reaktioihin ja myöhemmät muutokset ovat sympaattisen hermoston aiheuttamia. Normaalisti pystyasennossa syke tihenee ensin sinussolmukkeessa vagaalisen modulaation vaikutuksesta. Jos kompensatiomekanismit eivät toimi riittävän tehokkaasti, veri pyrkii pa-

toutumaan alaraajojen laskimoihin. Aivot eivät saa tällöin riittävästi happea ja oireena voi ilmetä esimerkiksi huimausta, sydämen tykytystä ja tiheälyöntisyyttä. (Anttila & Länsimies 1994, 320–321; Convertino 1987).

Pystyasennossa sydämeen palaava verimäärä pienenee hydrostaattisen paineen, eli veren oman painovoiman aiheuttaman paineen, vaikutuksesta. Tämän vuoksi sydämen iskutilavuus pienenee 30–40 prosenttia makuuasentoon verrattuna. Asennon muutos saa aikaan verenkierron muutoksia, jotka aktivoivat verenkierron säätelymekanismit. Ne saavat aikaan sympaattisen hermoston aktivaation ja vähentävät parasympaattista säätelyä. Tämän seurauksena syke kasvaa 15–20 prosenttia ja sydämen supistumisvireys kasvaa. Sydämen minuuttivirtaus on 20–25 prosenttia pienempi seistessä. Ääreisverenkierron supistuminen suurentaa verenkierron vastusta 35–40 prosenttia. Sydämen minuuttivirtauksen pienentyminen ja verenkierron vastuksen suurentuminen aiheuttavat pystyasennossa sen, että systolinen verenpaine pysyy lähes muuttumattomana ja diastolinen paine kohoaa hieman makuuasentoon verrattuna. Verenpaine ja sykepaine normalisoituvat makuulla iskutilavuuden ja verisuonten vastuksen korjaannuttua. (Tahvanainen, Laitinen, Kööbi & Hartikainen 2012, 41–44). Ortostaattinen sykereaktio kertoo autonomisen hermoston toiminnan tilasta, jossa tapahtuu muutoksia muun muassa stressitilanteissa ja tuloksellisen harjoittelun seurauksena. (Uusitalo-Koskinen 1999, 7–9). Sympaattinen säätely lisääntyy ortostaasissa ja parasympaattinen ärsyke vähenee, johon liittyy myös sydämen sykevälivaihtelun väheneminen (Zhang, Zheng, Wang, Zhang & Liu 1999).

## 5 SYKEVÄLIVAIHTELU

Sydämen sykevälivaihtelusta voidaan käyttää myös termejä sykeväli ja sykevariaatio. Englanninkielisessä kirjallisuudessa sitä kutsutaan ”heart rate variability”, josta tulee suomalaisessa kirjallisuudessa käytetty lyhenne HRV.



Kuva 7. Sydämen EKG-käyrän osat (Hirvonen 1994, 111–114; Task Force 1997; Ernest 2014, 54).

Sydänsähkökäyrä eli elektrokardiogrammi mittaa sydämen sähköistä toimintaa. P-aalto kertoo eteisten aktivaatioita. PQ-väli kuvaa impulssin siirtymistä eteiskammiosolmukkeesta kammioidiin. QRS-väli kuvaa kammioden supistumista. ST-välillä kammiot ovat edelleen supistuneena, kun T-aallossa ne palautuvat lepotilaan. (Hirvonen 1994, 111–114). Sykeväliksi sanotaan kahden R-aallon välistä aikaa. Monessa kirjallisuudessa puhutaan RR-intervalleista, joilla tarkoitetaan juuri kahden R-aallon välistä aikaa (Kuva 7). (Ernst 2014, 54; Task Force 1997).

Sykevälivaihtelu on kahden peräkkäisen sydämen lyönnin välinen aika (Task Force 1997, Ernest 2014, 51). Se voidaan myös määritellä sydämen keskisykkeen ympärillä tapahtuvaksi vaihteluksi (van Ravenswaaij-Arts ym. 1993). Sykevälivaihtelu kuvastaa autonomisen hermoston toimintaa, sen tasapainotilaa sekä aktiivisuutta että autonomisen hermoston säätelyjärjestelmien vaikutusta sydämeen (Kyröläinen ym. 2008; Vaara ym. 2007). Sykevälivaihtelu on arviointikeino terveen ihmisen autonomisen hermoston tilasta sekä sen avulla voidaan selvittää lukuisia sairauksia (Task Force 1997). Sillä voidaan myös tutkia urheilijoiden palautumista sekä harjoittelun kuormittavuutta. Sitä on myös käytetty sotilaiden kuormituksen arviointiin (Salonen 2008; Vaara ym. 2007.). Sotilasympäristössä sykevälivaihtelu on osoitettu olevan luotettava mittari arvioidessa väsymystä (Jouanin, Dussalt, Pérès, Satabin & Piérard

2004). Suuri sykevälivaihtelu on liitetty hyvään terveyteen sekä joustavaan sopeutumiseen. Normaalialia pienempi sykevälivaihtelu kertoo elimistön stressitilasta sekä heikentyneestä homeostaattisesta säätelystä. (Martinmäki 2002).

Sykevälivaihtelua voidaan mitata sydämen sykkeestä, sydämen äänestä sekä EKG:stä, joka on paras mittari. Sykevälivaihtelua on mahdollista mitata minuuteissa, tunneissa, päivissä tai jopa pitemmissä ajanjaksoissa. Lyhin ajanjakson, jossa mittaukset on tehty, on ollut kaksi minuuttia. Pisimmillään mittaukset ovat olleet vuorokauden mittaisia, mutta niitä on tehty harvoin. Eniten käytettyjä mittauksia ovat olleet lyhytkestoisista mittauksista viiden minuutin mittaukset. (Ernst 2014, 51–52).

Sykevälivaihtelua voidaan analysoida aikamuuttaja-, taajuuskenttä- ja fraktaalianalyysin sekä entropian toimenpiteiden avulla (Seely & Macklem 2004). Aikakenttäanalyysin arvot saadaan käyttämällä keskiarvoa ja vaihtelua. Taajuuskenttäanalyysi perustuu taajuuksien suhteellisiin osuuksiin sykevälivaihtelussa. (Ernst 2014, 52). Tässä tutkimuksessa käytetään aika- sekä taajuuskenttäanalyysia, koska ne ovat muita menetelmiä käytetympiä ja hyvin luotettavia (Hynynen 2011b).

## 5.1 Taajuuskenttäanalyysi

Sykevälivaihtelun taajuuskenttäanalyysillä voidaan tutkia autonomisen hermoston säätelyä sydämessä (Huikuri ym.1994). Taajuuskenttäanalyysi kuvaa sydämen sinusrytmiä ja sen suhteellista voimakkuutta, jotka voidaan analysoida eri taajuusalueilla esiintyvän sydämen sykkeen värähtelystä. (Sztajel 2004).

Taajuuskenttäanalyysistä käytetään myös nimeä tehospektrianalyysi (Task Force 1997). Taajuuskenttäanalyysi perustuu suhteelliseen osaan erilaisia taajuusalueita aikasarjassa. Tämä voidaan laskea monella tavalla. (Ernst 2014, 59). Sillä saadaan perustietoa siitä, kuinka paljon vaihtelua tapahtuu eri taajuuksilla. Se voidaan jakaa parametriseen ja ei-parametriseen menetelmiin. (Task Force 1997). Ei-parametrisen menetelmän etuja ovat sen yksinkertainen algoritmi ja korkea käsittelynopeus. Parametrisen menetelmän puolesta puhuvat sen helppo jälkikäsittely, tasaisempi spektrin eli taajuuden osa, josta voidaan erottaa toisistaan. Vähäisestä aineistosta voidaan tehdä tarkka analyysi. Haittapuolena parametrisessä menetelmässä on sen monimutkaisuus ja sopivan matemaattisen mallin valinta on haastavaa. Taajuuskenttäanalyysia voidaan tehdä lyhyistä, kahdesta viiteen minuuttia kestävästä ajan jaksoista tai jopa vuorokauden tehtävistä mittauksista. (Task Force 1997).

Suosittelavia ja luotettavia arvoja ovat taajuuskenttäanalyysissä korkeataajuinen, matalataajuinen sekä erittäin matalataajuinen vaihtelu. Matala- ja korkeataajuuksista vaihteluista voidaan myös laskea niiden normaalit arvot ( $LFnu$  ja  $HFnu$ ). Myös korkea- ja matalataajuinen vaihtelun suhdetta voidaan analysoida ( $LF/HF$ ). (Task Force 1997).

Korkeataajuinen sykevälivaihtelu (*high frequency, HF*) tapahtuu 0,15–0,40 Hertzin alueella. Siihen suurin vaikuttava tekijä on hengitysrytmi. HF kuvastaa elimistön parasympaattisen hermoston aktiivisuutta. Matalataajuinen sykevälivaihtelu (*low frequency, LF*) on sympaattisen ja parasympaattisen hermoston aktiivisuuden ilmentymä. Sen taajuusalue on 0,04–0,15 Hertziä. Myös verenpaineen säätelyjärjestelmät vaikuttavat matalataajuiseen sykevälivaihteluun. Erittäin matalataajuinen (*very low frequency, VLF*) fysiologisesta taustasta ei ole tarkkaa tietoa kirjallisuudessa. Sen arvellaan johtuvan lämmönsäätelystä. Sen taajuusalue on 0,0033–0,04 Hertziä. Sykevälivaihtelusta voidaan vielä analysoida äärimmäisen matalataajuista sykevälivaihtelua (*ultra low frequency, ULF*), joka on taajuusalueeltaan alle 0,003 Hertziä, mutta se vaatii pitkän aikavälin mittauksen. Se kertoo elimistön vuorokausirytmistä sekä neuroendokriinisen järjestelmän toiminnasta (Ernst 2014, 61; Task Force 1997).

Kokonaistehosta (*total power, TP*) puhuttaessa tarkoitetaan sykevälinvaihtelun matala- ja korkeataajuisten sykevälin kokonaistehoa. Sen avulla saadaan tietoa autonomisen hermoston kokonaiskuormittumisesta. Myös korkea- ja matalataajuisten vaihtelun suhdetta voidaan analysoida ( $LF/HF$ ). (Task Force 1997). Se kuvaa autonomisen hermoston homeostaasiaa, koska korkeataajuinen ilmentää parasympaattista aktiivisuutta ja matalataajuinen luonnehtii sekä sympaattista että parasympaattista aktiivisuutta (Aysin & Aysin 2006; Bosquet 2008), mutta  $LFHF$  -tulkintaa pidetään kiistanalaisena (Le Meur ym. 2013). Suhteen kasvun on todettu viittaavan elimistön nousevaan stressitilaan (Lindholm ym. 2011, 78). Taajuuskenttäanalyysimenetelmät on koottu seuraavalla sivulla olevaan taulukkoon (Taulukko 4).

Taulukko 4. Taajuuskenttäänalyysimenetelmät (Ernst 2014; Malliani, Pagani, Lombardi & Cerutti 1999; Task Force 1999).

| muuttuja              | lyhenne | selite  | yksikkö         | taajuus<br>Hz   | autonominen<br>hermosto &<br>fysiologinen tausta                         |
|-----------------------|---------|---|-----------------|-----------------|--|
| Total Power           | TP      | sykevälivaihtelun<br>kokonaisteho                   | ms <sup>2</sup> |                 |  |
| High<br>Frequency     | HF      | korkeataajuinen<br>sykevälivaihtelu                 | ms <sup>2</sup> | 0,15–<br>0,40   | parasympaattinen,<br>hengitysrytmi<br>säätelää                           |
| Low<br>Frequency      | LF      | matalataajuinen<br>sykevälivaihtelu                 | ms <sup>2</sup> | 0,04–<br>0,15   | sympaattinen/<br>parasympaattinen,<br>verenpaineen<br>säätelyjärjestelmä |
| Very Low<br>Frequency | VLF     | erittäin matalataa-<br>juinen sykeväli-<br>vaihtelu | ms <sup>2</sup> | 0,0033<br>–0,04 | lämmönsäätely,<br>tarkkaa fysiologista<br>alkuperää ei tiedetä           |
| LF/HF                 | LF/HF   | LF:n ja HF:n<br>absoluuttisten<br>arvojen suhde     | %               |                 | autonomisen<br>hermoston<br>tasapainotila                                |

## 5.2 Aikakenttäänalyysi

Aikakenttäänalyysissa tarkastellaan sykevälejä ja niiden eroja. Tavallisesti niistä lasketaan keskiarvo ja keskihajonta. Myös eroja pisimmän ja lyhimmän sykevälin välillä ja sykevälejä eri vuorokauden aikana voidaan tarkastella. Aikakenttäänalyysi voidaan tehdä yli 24 tuntia kestävästä mittauksista, joissa tarkastellaan peräkkäisiä sykevälejä tai sykevälien eroavaisuuksia. (Laitio, Scheinin, Kuusela, Mäenpää & Jalonen 2001; Task Force 1997).

Sykevälien keskiarvo ja keskihajonta mittaavat niin parasympaattisen kuin sympaattisen hermoston toimintaa (Laitio ym. 2001). Sykevälien keskihajonta (*standard deviation of the NN interval*) on aikakenttäänalyysin yksinkertaisin muuttuja. SDNN mittaa samaa hermoston toimintaa kuin taajuuskenttäänalyysin *total power* (TP). SDNN voidaan myös laskea viiden minuutin keskiarvo (SDANN). (Task Force 1997). Neliöjuuri peräkkäisten sykevälien keksimääräistä vaihtelua kuvaavasta muuttujasta käytetään lyhennettä RMSSD (*root mean square*

*successive differences*). Sitä käytetään kuvaamaan vagaalista eli parasympaattista säätelyä, hengitysteiden vaikutusta hermostoon, sinusrytmiä, mutta harvoin se kuvastaa sympaattista säätelyä. (Berntson, Lozano & Chen 2005; Task Force 1997).

Voidaan myös laskea peräkkäisten sykevälien eroja, jos ne poikkeavat toisistaan yli 50 millisekuntia (NN50) ja tästä voidaan laskea vielä prosenttiosuus (pNN50). Tämä arvo kertoo parasympaattisesta aktiivisuudesta ja hengityksen aiheuttamasta vaihtelusta. Näillä muuttujilla on vahva yhteys taajuuskenttäanalyysin HF:n kanssa. (Laitio 2001; Task Force 1997). Aikakenttäanalyysin muuttujien yhteenveto on esitelty taulukossa viisi. Taulukossa kuusi on aikakenttäanalyysin sekä taajuuskenttäanalyysin keskenäiset vastaavuudet.

*Taulukko 5. Aikakenttäanalyysin muuttujat (Berntson 2005; Laitio ym. 2010; Task Force 1996).*

| <b>lyhenne</b> | <b>yksikkö</b> | <b>selitys</b>   | <b>fysiologinen tausta</b>                  |
|----------------|----------------|--|---|
| SDNN           | ms             | sykevälien keskihajonta  | parasympaattinen & sympaattinen             |
| SDANN          | ms             | sykevälien 5 min keskiarvo keskihajonnasta                               | parasympaattinen & sympaattinen             |
| RMSDD          | ms             | neliöjuuri peräkkäisten sykevälien keskimääräisestä vaihtelusta          | parasympaattinen, hengitysrytmi, sinusrytmi |
| NN50           | ms             | sykevälien määrä, jossa sykevälien aikaerossa on enemmän kuin 50 ms      | parasympaattinen aktiivisuus. hengitys      |
| pNN50          | %              | prosenttiosuus verrattuna kaikkia sykevälejä ja yli 50 ms meneviä välejä |   |



*Taulukko 6. Aikakenttäanalyysin ja taajuuskenttäanalyysin keskinäiset vastaavuudet (Task Force 1997).*

| <b>aikakenttäanalyysi</b> | <b>taajuuskenttäanalyysi</b> |
|---------------------------|------------------------------|
| SDNN                      | Total Power (TP)             |
| SDANN                     | Total Power (TP)             |
| RMSSD                     | High Frequency (HF)          |
| NN50                      | High Frequency (HF)          |
| pNN50                     | High Frequency (HF)          |

## 6 ELIMISTÖN HORMONITOIMINTA

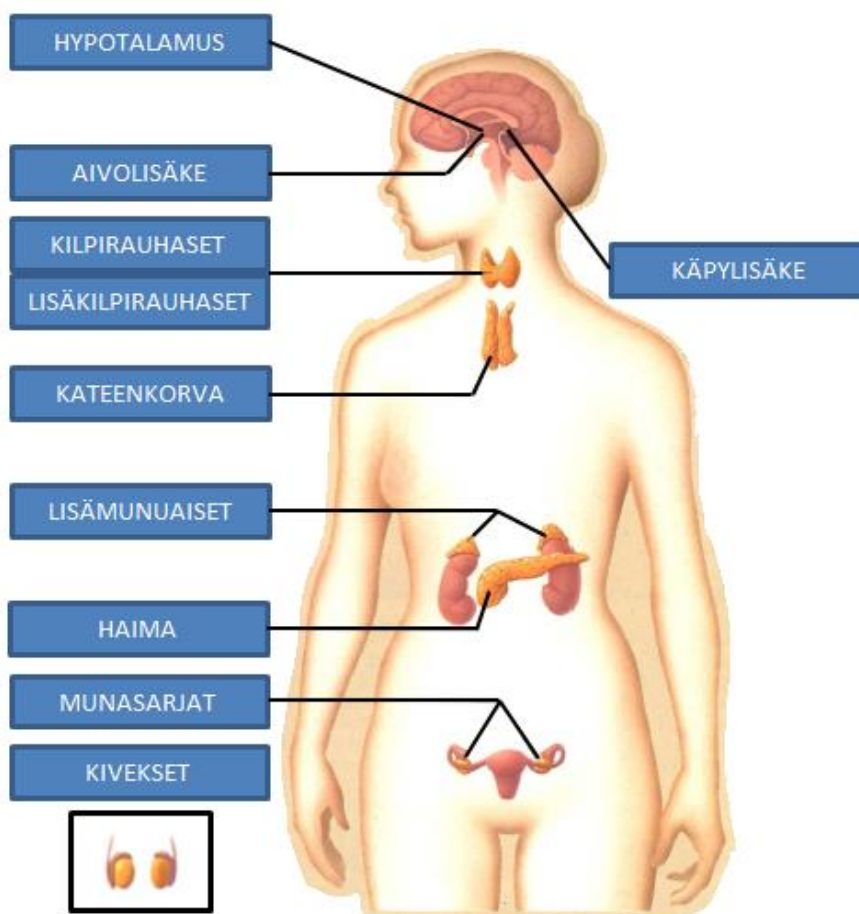
Hormonit ovat elimistön biokemiallisia viestin välittäjiä. Hormonaalinen eli endokriininen säätely yhdessä neuraalisen ja immunologisen säätelyjärjestelmän kanssa ylläpitävät elimistön homeostaasia eli tasapainotilaa. (Guyton & Hall 1996, 926–932; McArdle ym. 2007, 418).

Elimistön hormoneja tuotetaan sisäeriterauhasissa esimerkiksi hypotalamuksessa, kilpirauhasessa, munuaisissa ja kiveksissä, joista ne kulkeutuvat verenkierron mukana kohde-elimien (Kuva 8). Hypotalamus on elimistön tärkein hormonien säätelijä (Guyton & Hall 1996, 754–755). Hormonien tehtävänä on aktivoida entsyymijärjestelmä, muuttaa solukalvoa, aiheuttaa lihaksen supistumisen ja rentoutumisen, stimuloida proteiini- ja rasvasynteesiä, aloittaa soluerityksen ja tärkeimpänä muuttaa solureaktioiden nopeutta. (Häkkinen & Mero 2007, 127; McArdle ym. 2007, 418). Hormonit säätelävät myös kasvua ja kehitystä sekä niiden rajoittamista, kehon nesteiden tilavuutta, solujen elektrolyyttisisältöä, happoemästäsapainoa, sydämen sykettä, kehon lämpötilaa ja sukusolujen muodostumista (Kontula, Leinonen & Jänne 2000, 9–12).

Hormonien toimintaa kohde-elimessä voidaan verrata avaimen ja lukkoon. Oikea lukko aukeaa vain oikealla avaimella. Elimistön toiminnassa kohde-elimessä oleva reseptori on lukko, johon oikea hormoni toimii avaimena. Hormoni käynnistää kohde-elimessä toiminnan, joka voi olla esimerkiksi proteiinisynteesi tai saa solun erittämään aineita. Jokaisessa solussa on tyypillisesti 2 000–10 000 reseptoria. Hormonien toimintaan liittyy oleellisena osana ”*negative feedback*”. Sen avulla säädellään elimistön hormonipitoisuuksia. Hormonieristys saa aikaan elimistössä toimintoja, joiden avulla kontrolloidaan hormonien eritystä. (Willmore & Costill 2004, 161–164).

Hormoneilla on viisi erilaista eritystapaa, joita ovat endokriininen, neuroendokriininen, parakriininen, autokriininen ja intrakriininen. Yleisin näistä on endokriininen, joka tarkoittaa hormonin erittymistä kohde-elimestä verenkiertoon. Neuroendokriininen tarkoittaa hermosolusta verisuoniin tapahtuvaa eritystä, joka tapahtuu esimerkiksi sydämessä, kun autonomisen hermoston välittäjäaineet vapautuvat sydämen verisuoniin ja säätelävät näin sydämen sykettä ja sen toimintaa. (Koistinen & Jänne 2009, 12–13). Hormonit jaetaan kahteen kategoriaan: rasvaliukoisiin steroideihin tai vesiliukoisiin aminohappoyhdistelmiin (polypeptidiyhdistelmiin) (Häkkinen & Mero 2007, 127; McArdle ym. 2007, 418). Steroideja ovat esimerkiksi testosteroni ja kortisoli ja aminohappoja esimerkiksi tyroksiini ja adrenaliini (Willmore & Costill, 2004, 161).

Tarvittaessa useampien hormonien erityks lisääntyy erilaisten ärsykkeiden kautta. Hormonitasoihin vaikuttavat sisäeriterauhasen erittämän hormonin määrä, elimistön katabolisen tilan taso, kuljettajaproteiinien määrä sekä plasmavolyymien muutokset. Monien hormonien eritykselle tyypillistä on selkeä syklisyys, joka voi vaihdella vuorokaudesta useampiin kuukausiin. (McArdle ym. 2007, 421–424). Tämän tutkimuksen mitattuja hormoneja olivat kiveksistä erittyvä testosteroni ja lisämunuaisen kuorikerroksen kortisoli lisäksi mitattiin sukupuolihormoneja sitova globuliini (SHBG). Taulukossa seitsemän on esitelty tutkimuksen hormonien ja SHBG:n kuormitusvasteet ja harjoitusvaikutus tai sen merkistys.



Kuva 8. Ihmisen sisäeriterauhaset (mukailtu Häkkinen & Mero 2007, 128; Litmanen 2010).

## 6.1 Testosteroni

Testosteroni luokitellaan yhdeksi kiveksen tuottamista androgeenisistä hormoneista (Guyton & Hall 1996, 1009–1016). Se on myös anabolinen hormoni, joka saa elimistössä aikaan proteiinisynteesiä (Hackney 1996). Testosteronin eritystä säätelevät hypothalamus ja aivolisäke.

Hypotalamus tuottaa gonadotrooppista hormonia, joka stimuloi aivolisäkettä tuottamaan kahta (FSH ja LH) gonatrooppista hormonia, joista toinen (LH) säätelee kivesten testosteronin tuotamista. (Guyton & Hall 1996, 1009–1016). Testosteronin erittyminen vaihtelee vuorokauden ajan mukaan. Aamulla sen erittyminen on korkeammillaan ja illalla matalammillaan. (Veldhuis ym. 1987).

## 6.2 Sukupuolihormoneja sitova globuliini SHBG

SHBG (*Sex Hormone Binding Globuline*) eli sukupuolihormoneja sitova globuliini on testosteronin tärkein kuljettajaproteiini veressä, johon sitoutunut noin 44 prosenttia testosteronista. Loput 54 prosenttia on sitoutuneena plasman albumiiniin. (Guyton & Hall 1996, 1010; Stenman 2000, 30). SHBG sitoo testosteronin itseensä 30 minuutista muutamaan tuntiin (Guyton & Hall 1996, 1010). SHBG pystyy sitomaan jopa tuhatkertaisesti tehokkaammin testosteronia kuin albumiini, mutta albumiinia on suurempi pitoisuus veressä, joten molemmat kuljettajaproteiinit sitovat yhtä paljon testosteronia (Fahrner & Hackney 1998). Kovatehoinen liikunta voi nostaa hetkellisesti SHBG-arvoja. Muutokset johtuvat vapaan testosteronin määrästä, mikä heijastuvat myös muihin sukupuolihormoneihin (Heinonen 2005, 138).

## 6.3 Kortisoli

Kortisoli on ihmisen tärkein glukokortikoidi, jota erittyy lisämunuaisen kuorikerroksesta. Glukokortikoidit kiihdyttävät maksassa tapahtuvaa glukogeenia eli glukoosin muodostusta, joka vaikuttaa positiivisesti hiilihydraattiaineenvaihduntaan. Muualla elimistössä kortisolin vaikutus on katabolinen eli hajottava, koska se vähentää valkuaisainesynteesiä ja lisää valkuaisaineiden pilkkoutumista. Kortisolia pidetään stressihormonina, mutta sillä on lukuisia aineenvaihdunnallisia tehtäviä. Sekä fyysisen (Kuoppasalmi 1981; Väänänen, Vasankari, Mäntysaari & Vihko 2004) että psyykkisen stressin (Ritvanen 2006) on todettu lisäävän aivolisäkkeen etulohkon ACTH:n eritystä ja sen vuoksi kortisolin eritystä. (Guyton & Hall 1997, 958–965). Kortisolipitoisuus on esitetty markeriksi ylikuormittumisesta sotilaskoulutuksessa (Adlercreutz ym. 1986).

Taulukko 7. Tutkimuksessa mitattujen hormonien ja välittäjäaineen kuormitusvasteet ja harjoitusvaikutus tai sen merkitys (Guyton & Hall 1996, 1010; McArdle ym. 2007, 447; Mero & Häkkinen 2007, 129–131; Niensted ym. 1996, 601–605; Willmore & Costill 2007, 166–172).

|                          | <b>testosteroni</b>                 | <b>kortisoli</b>                                  | <b>SHBG</b>  |
|--------------------------|-------------------------------------|---|--|
| <b>kuormitusvaste</b>    | nousee harjoittelun seurauksena     | nousee harjoittelun, stressin, kivun seurauksesta | fyysinen rasitus nostaa                                  |
|                          | laskee ylikuormittuneilla           | laskee ylikuormittuneilla                         | lepopitoisuus nousee ylikuormittuneilla (Tanskanen 2012) |
| <b>harjoitusvaikutus</b> | kontrolloi lihaksen kokoa           | edistää rasvahappojen käyttöä                     | kuljettaa veressä testosteronia                          |
|                          | lisää verenpunasoluja               | edistää proteiinikataboliaa                       | vähentää kudosten testosteroni pitoisuutta               |
|                          | vähentää kehon massaa               | nostaa veren glukoosia                            |  |
|                          | lisää miehen sukupuoliominaisuuksia |   |  |
|                          | anabolinen vaikutus                 |   |  |

## 7 SOTILASTEHTÄVIEN JA FYYSISEN HARJOITTELUN VAIKUTUS SYKEVÄLIVAIHTELUUN JA HORMONIVASTEISIIN

Tässä tutkimuksessa ylikuormittumisella tai ylirasitustilalla tarkoitetaan lyhytaikaista harjoitteluun kuuluvaa kuormittumista, josta palaudutaan muutaman päivän levolla. Ylikunnolla tarkoitetaan pitkittynyttä kuormittumista, josta ei ole palauduttu ennen seuraavaa harjoitusärsykettä. Ylikunnosta palautuminen kestää kuukausia tai pahimmassa tapauksessa vuosia.

### 7.1 Sykevälivaihtelu

Sykkeeseen ja sen vaihteluun vaikuttavat pääsääntöisesti autonomisen hermoston molemmat haarat, jotka vaikuttavat sydänlihakseen sekä sinussolmukkeeseen. Kasvava parasympaattinen aktivaatio hidastaa sykettä, kun taas lisääntyvä sympaattinen aktivaatio kasvattaa sykettä. (Bosquet ym. 2008). Autonomisen hermoston toimintaa sydämessä voidaan mitata luotettavasti non-invaanisella menetelmällä. Muutokset autonomisen hermoston toiminnasta saattavat kertoa ylikunnosta tai ylikuormittumisesta (dos Santos Leite ym. 2012) ja sitä pidetään lupaavana työkaluna arvioitaessa ylikuntoa ja ylikuormittumista. (Hedelin ym. 2008b; Hynynen, Uusitalo, Konttinen & Rusko 2006; Meuseen ym. 2012; Mourot ym. 2004; Plews, Laursen, Kilding & Buchheit 2012; Uusitalo, Uusitalo & Rusko 1999). Syketaajuudessa tapahtuvien muutosten avulla voidaan analysoida myös urheilijoiden stressiä ja aerobista suorituskykyä (Martinmäki 2009) sekä harjoitusvastetta (Kaikkonen, Rusko & Martinmäki 2008). Yksilökohtaiset erot sykevaihtelussa ovat suuria. Näin ollen sykevälivaihtelulle ei voida oikein määrittää raja-arvoja (Meuseen ym. 2012) ja se riippuu paljon kuntotaustasta ja harjoitteluhistoriasta (Plews, Laursen, Stanley, Kilding & Buchheit 2013).

Suuri sykevaihtelu on merkki hyvästä kestävyyskunnosta (Carter, Banister & Blader 2003b; Melanson 2000.) Sykevälivaihtelun on todettu lisääntyvän kestävyysharjoittelun myötä (Hautala ym. 2004). Kovan harjoituksen aiheuttama stressitila elimistössä saattaa vähentää sykevää vaihtelua tilapäisesti (Hynynen ym. 2006; Task Force 1996). Myös pitempikestoinen kovaa harjoittelua sisältävä jakso pienentää sykevää vaihtelua, jos jakson aikana ei huolehdi palautumisesta ja levosta. Sykevälivaihtelun vähentyminen johtuu siitä, että parasympaattinen säätely vähenee ja sympaattinen säätely lisääntyy ja näin ollen pienentää sykevää vaihtelua. (Hynynen ym. 2006).

Sykevälivaihtelun ja kognitiivisen suorituskyvyn välillä on yritetty löytää yhteys. On todettu, että huono menestys *Stroop Color Word* -testissä on yhteydessä kasvaneeseen sykevää vaihte-

luun ylikuntoisilla urheilijoilla (Hynynen, Uusitalo, Konttinen & Rusko 2008), mutta Dupuy ym. (2014) eivät löytäneet yhteyttä kognitiivisen suorituskyvyn ja sydämen parasympaattisen säätelyn välillä.

Stressi on usein yhdistetty nousseeseen sympaattiseen aktiivisuuteen ja laskeneeseen parasympaattiseen aktiivisuuteen tai molempiin (ks. Ernest 2014, 86). Lucini, Norbiato, Clerici ja Pagani (2002) totesivat sykevälivaihtelun käyttäytyvän edellä mainitulla tavalla akuutin stressitilan yhteydessä, jossa oppilaiden sykevälivaihtelua mitattiin koulussa kokeen aikana. On olemassa kuitenkin päinvastaisia löydöksiä: Hughes ja Stoney (2000) löysivät kasvanutta parasympaattista säätelyä kokeessa, jossa koehenkilölle painettiin kylmään otsaan. Matemaattinen testi voi johtaa sympaattisen säätelyn muutoksiin ja laskea samalla parasympaattista, kun puolestaan luova tehtävä voi nostaa parasympaattista säätelyä (Bernetson ym. 1996). Hynynen, Konttinen, Kinnunen, Kyröläinen ja Rusko (2011a) raportoivat laskeneen sykevälivaihtelun ortostaattisen kokeen aikana olevan yhteydessä itsetunnistettuun stressiin. Stressi vaikuttaa ihmisiin eri tavalla. Osassa se voi näkyä sympaattisen aktivaation lisääntymisenä ja osalla vagaalisen säätelyn vähentymisenä (ks. Ernest 2014, 87). Myös valvomisen ja univaheen sekä rajoitetulla ruokavaliolla tiedetään olevan vaikutusta sykevälivaihteluun. (Vaara ym. 2007; Vögele, Hilbert & Tuschen-Caffier 2009; Zhong ym. 2005). Sotilas kuumassa - loppuraportin mukaan LFHF suhteen suureneminen viittaa elimistön nousevaan stressitilaan. Tutkimuksessa selvisi LFHF-suhteen kasvulla olevan yhteys rasvamassan lisääntymiseen. (Lindholm ym. 2011, 78).

Sotilaille ei ole paljoa tutkittu sykevälivaihtelua, mutta urheilijoiden parissa tutkimuksia on tehty. Zanstranin ja Johstonin (2011) mukaan kenttäolosuhteissa tehdyt autonomisen hermoston mittaukset ovat harvinaisia. Sykevälivaihtelua on helppo mitata, mutta sotilaiden osalta varusteet ja kiivas toiminta esimerkiksi syöksyessä voivat aiheuttaa haasteita mittarin toimivuudelle. Varusteet saattavat siirtää mittaria, liikuttaa sitä tai jopa rikkoa sen. Mittauksissa tulee varusteiden vaikutuksen vuoksi paljon mittausrvirheitä.

Ranskan armeijan kadetit osallistuivat kuukauden kestävään rankkaan sotilaskoulutusjaksoon, joka sisälsi viiden päivän mittaisen niin fyysisesti kuin psyykkisesti rankan maastoharjoituksen. Kovasta koulutuksesta kertoo myös laskeneet testosteroniarvot koulutuksen aikana. Ennen ja jälkeen kuukauden koulutusta mitattiin sykevälivaihtelua ortostaattisella kokeella. TP lisääntyi, HF lisääntyi ja LF laski seisoma-asennossa ja LF:n ja HF:n suhde laski makuuasennossa. Tulokset osoittavat parasympaattisen aktiivisuuden lisääntyvän väsymyksessä. (Joua-

nin ym. 2004). Samankaltaiseen tulokseen päätyivät Vaara ym. (2007). 60 tunnin valvominen vaikuttaa merkittävästi sydämen parasympaattisen säätelyn lisääntymiseen.

Vaaran ym. (2007) ja Jouanin ym (2014) tulosten kanssa ristiriidassa ovat Salosen (2008) kolme päivää kestävästä partiotiedusteluharjoituksen raskaimman vuorokauden löydös, jossa vagaalisen aktiivisuuden on todettu vähenevän. Se on osoitus sympaattis-vagaalisen säätelyn aktiivisuuden muutoksista parasympaattisen säätelyn vähentymisenä. Harjoitus tapahtui hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta kohtuullisen matalalla intensiteetillä ja koehenkilöt kärsivät harjoituksen aikana energia- ja nestevajesta sekä uneen puutteesta. (Salonen 2008).

Salonen, Kokko, Tyyskä, Koivu ja Kyröläinen (2013) tekivät samansuuntaisia havaintoja, kuin Salonen (2008) 72 tuntia kestävästä sotilaallisesta harjoituksesta. RMSDD:llä mitattuna vagaalinen säätely laski harjoituksessa, mutta HF:n ja LF:n ei todettu muuttuvan harjoituksen aikana. Testosteroni laski. Perustuen aikaisempiin tutkimuksiin, voi hormonaalinen säätely ja sydämen parasympaattinen säätely olla yhteydessä toisiinsa pitkäkestoisessa matalatehoisessa työssä, jossa tulee energia- ja univajetta (Salonen ym. 2013). Salosen ym. (2013) mukaan sykevälivaihtelua voidaan pitää hyvänä työkaluna arvioitaessa sotilaiden stressitasoa maastoharjoituksen aikana. Salosen ym. (2013) löydöstä tukee Huovisen ym. (2011) tekemä tutkimus peruskoulutuskauden viimeisten viikkojen kuormittavuudesta. Sydämen autonomisen hermoston säätelymuutoksia voidaan käyttää työkaluna arvioitaessa sotilaskoulutuksen kuormittavuutta. Huovinen ym. (2011) havaitsivat myös yhteyden parasympaattisen säätelyn muutoksen ja seerumin testosteronin muutoksen välillä yksilötasolla.

Useita viikkoja kestävästä sotilaskoulutuksen vaikutuksia fyysiseen kuntoon ja sydämen autonomisen hermoston toimintaan on selvitetty Etelä-Afrikan puolustusvoimissa. Grant ym. (2012) selvittivät 12 ja 20 viikon sotilaskoulutuksen vaikutuksia maksimaaliseen hapenottoon ja sykevälivaihteluun. Maksimaalinen hapenotto parani 12 viikkoon asti, mutta sen jälkeen ei ollut merkittävää kehitystä. Syyksi epäiltiin ylikuormittumista, mutta syke ja sykevälivaihtelumuuttujat varmistivat, ettei näin ole. Sykevälivaihtelumittauksissa ei ollut muutoksia makuulla tai seisten tehdyssä mittauksissa. Grantin ym. (2012) mukaan vagaalisen säätelyn kasvu ilman samanaikaisia muutoksia autonomisen hermoston tasapainossa voidaan tulkita laskeneeksi sympaattiseksi säätelyksi. Vaikka fyysisessä kunnossa ei olisi muutoksia, voi parasympaattinen säätely lisääntyä ja sympaattinen säätely vähentyä (Grant ym. 2012).

Jotta maksimaalisessa hapenotossa ja muissa fyysisen kunnan tekijöissä saataisiin aikaiseksi harjoitusvastetta, pitää elimistön tasapainoa järkyttää harjoituskuormalla. Puhutaan niin sano-



tusta ylikuormitusperiaatteesta. Tämän harjoituskuorman mittaamiseen ei kuitenkaan ole olemassa yhtä selkeää menetelmää. Kaikkosen ym. (2012) tutkimuksen mukaan harjoituksen jälkeisellä sykevälivaihtelulla voidaan arvioida harjoituksen kuormittavuutta niin tehon kuin keston osalta. Harjoituksen aikaisesta sykevälivaihtelusta voidaan erottaa matala- ja korkeatehoiset harjoitukset toisistaan. Jos harjoituksen teho nousee yli 55 prosenttia maksimaalisesta hapenotosta, on erottelu mahdotonta. Sydämen vagaalinen säätely vähenee huomattavasti harjoituksen tehon kasvaessa (Tulppo, Mäkikallio, Seppänen, Laukkanen & Huikuri 1998) ja lopulta häviää kokonaan. Harjoituksen tehon kasvun myötä häviää myös sykevälivaihtelu. Aerobisen kynnyksen alla tehtävä harjoittelu aiheuttaa vain vähän muutoksia heti harjoituksen jälkeen mitattavaan sykevälivaihteluun. (Seiler, Hauden & Kuffel 2007).

Harjoituksen jälkeen sykevälivaihtelun palautuminen kohti lähtötasoa alkaa välittömästi ja kovatehoisten harjoitusten jälkeen sykevälivaihtelu palautuu paljon hitaammin kuin kevyissä harjoituksissa (Kaikkonen ym. 2006). Harjoituksen kasvanut teho viivästytti HF:n ja TP:n palautumista lähtöarvoihin, kun verrataan niiden palautumisaikaa matalatehoisemmassa harjoituksessa (Kaikkonen, Nummela & Rusko 2007). Sykevälivaihtelu pidetään kohtuullisen luotettavana mittarina kuvaamaan palautumista (Kaikkonen ym. 2006) ja harjoituksen jälkeisellä sykevälivaihtelulla voidaan arvioida harjoitusvastetta (Kaikkonen, Hynynen, Mann, Rusko & Nummela 2010).

Suorituskyvyn muutoksilla sykevälivaihteluun muuttumiseen on todettu olevan yhteys. Buchheit ym. (2010) selvittivät kahdeksan viikon harjoittelun vaikutuksia elimistön suorituskykyyn ja parasympaattisen säätelyyn sekä näiden kahden muuttujan välistä yhteyttä. Henkilöillä, joilla todettiin suorituskyvyn paraneminen, havaittiin myös levossa mitattujen parasympaattisen säätelyn muuttujien kasvua. Tulosten mukaan harjoituksen jälkeistä ja levossa mitattua sykevälivaihtelua voidaan käyttää aerobisen kunnon muutoksien arviointiin. Parasympaattisen säätelyn kasvu ei aina välttämättä kerro myönteisistä suorituskyvyn muutoksista. Kestävyyssurheilijoilla on todettu niin parasympaattisen säätelyn kasvua kuin laskua suorituskyvyn heikkenemisen yhteydessä. (Plews ym. 2013).

Carter, Banister ja Blader (2003a) totesivat oman tutkimuksensa yhteydessä pitkäkestoisen kestävyysharjoittelun vaikuttavan merkittävästi sydämen autonomiseen säätelyyn. Heidän mukaansa kestävyysharjoittelu nostaa parasympaattista ja vähentää sympaattista säätelyä. Hautalan ym. (2001) tutkimuksessa todettiin sydämen parasympaattisen säätelyn olevan kohollaan useita tunteja pitkäkestoisen suorituksen jälkeen, joka Hautalan ym. (2001) tutkimuksessa oli 75 kilometrin hiihto. Sydämen autonominen säätely oli kasvanut pari päivää suori-

tuksen jälkeen (Hautala ym. 2001). Parasympaattisen palautumisaika riippui henkilön hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnosta. Keskiraskas kestävyysharjoittelu nostaa parasympaattista aktiivisuutta, kun taas sympaattinen aktiivisuus laskee (Buccheit ym. 2004; Carter ym. 2003a). Kovan intensiivisen kestävyysharjoittelun on todettu nostavan sykevälivaihtelua (Vesterinen ym. 2013). Äkillisesti tehostunut harjoittelu heikentää parasympaattista aktiivisuutta ja nostaa sympaattista aktiivisuutta, jota Baumert ym. (2006) selvittivät kahden viikon kovalla harjoittelun nostolla. Laskevat muutokset saattavat olla merkki ylikunnosta (Baumert ym. 2006).

Sykevälivaihtelun on tutkittu paljon 2000-luvun vaihteessa. Sykevälivaihtelusta on haluttu selvittää sen käytettävyyttä ylikunnon ja ylikuormittumisen arviointiin sekä toteamiseen. Ylikunnon ja ylikuormittumisen vaikutuksesta sykevälivaihteluun on olemassa paljon ristiriitaisia tutkimuksia (Plews ym. 2012). On olemassa tutkimuksia, joissa sykevälivaihtelu on lisääntynyt (Halson 2005; Hedelin ym. 2000a; Mourot ym. 2004; Uusitalo, Uusitalo & Rusko 1998), laskenut (Hynynen ym. 2006; Uusitalo ym. 1999) tai siinä ole todettu muutoksia (Bosquet, Papelier, Leger & Legros 2003; Hedelin ym. 2000). Jotta sykevälivaihtelusta saataisiin paras hyöty irti seurattessa urheilijan kunnan kehittymistä, tulisi mittaus tehdä vähintään kolmena päivänä viikossa (Plews ym. 2014). Ristiriitaiset tulokset saattavat johtua siitä, että sykevälivaihtelu on hyvin yksilöllinen, mutta myös ylikunnon fysiologiset vasteet ovat yksilöllisiä (Uusitalo ym. 1999).

Hedelin, Wiklund ja Bjerle (2000a) tutkivat nuoria hiihtäjiä ja heidän ylikunto-oireitaan. Hiihtäjillä oli alentunut suorituskyky, väsymystä ja normaalia enemmän hengästymistä harjoiteltaessa. Sykevälivaihtelua analysoitiin ennen ylikuntoa ja sen jälkeen sekä palautumisen jälkeen. Havaittiin, että HF ja TP olivat makuuasennossa korkeammat, kun verrataan ennen ja jälkeen arvoa keskenään. HF oli ylikunnon jälkeen merkittävästi korkeammalla. Lopputuloksena on, että nousut leposyke yhdessä nousseen HF-arvon kanssa kertoo autonomisen hermoston epätasapainosta ja viittaa urheilijoiden ylikuntoon. (Hedelin ym. 2000a).

Halson (2005) tutki seitsemän päivää kestävästi intensiivisen harjoittelun vaikutuksia sykevälivaihteluun. Jakson tarkoituksena oli saavuttaa ylikuormittuminen. Päälöydöksenä sykevälivaihtelun arvot molemmissa asennoissa, makuulla ja seisten, olivat huomattavasti korkeammalla kuin normaalit arvot harjoitusjakson jälkeen. Tästä voidaan päätellä, että kasvanut sykevälivaihtelu on osa parasympaattisen ja sympaattisen hermoston toimintaa. (Halson 2005). Uusitalon ym. (1999 & 1998) mukaan kova harjoittelu voi nostaa sydämen sympaattista säätelyä levossa.

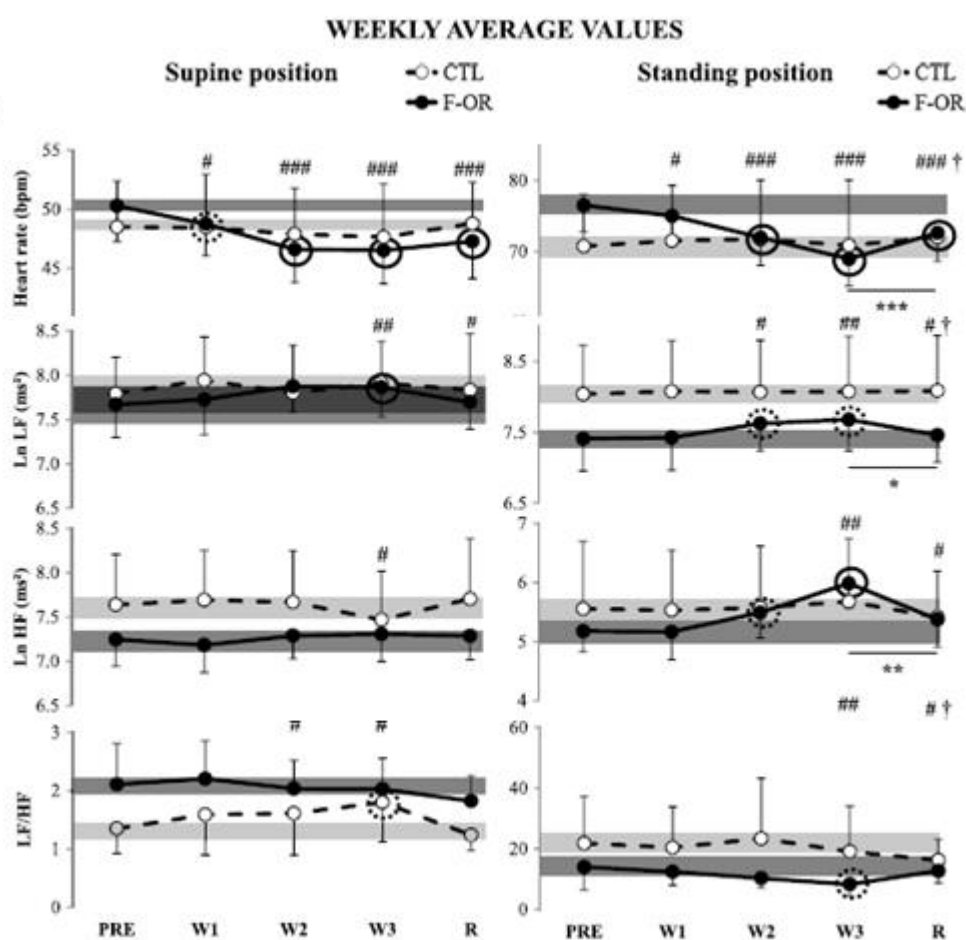
Mourout ym. (2004) selvittivät sykevälivaihtelun muutoksia verrattuna ylikunnossa olevien urheilijoiden, ei-liikunnallisten ja liikunnallisten välillä. *Total Power* (TP) oli korkeampi liikunnallisella kuin ylikunnossa olijoilla ja ei-liikunnallisilla. Makuuasennossa HF oli korkeampi liikunnallisilla kuin ylikuntoisilla ja ei-liikunnallisilla. Ylikuntoisilla havaittiin merkittävää vallitsevuutta sympaattisen hermoston toiminnassa. Liikunnallisilla muutokset sykevälivaihtelussa olivat suurempia kuin ylikuntoisilla. Tutkimuksen mukaan sykevälivaihtelua voidaan käyttää ennustamaan väsymystä tai alkanutta ylikuntoa.

Uusitalo ym. (1999) ja Hynynen ym. (2008) löysivät päinvastaisia sykevälivaihtelun käyttäytymisestä ylikunnossa kuin Hedelin ym. (2000a), Halson (2005) ja Mourout ym. (2004). Kova harjoittelu ja ylikunto laskevat maksimaalista aerobista kapasiteettia, joka on yhteydessä laskeneeseen sykevälivaihteluun. (Uusitalo ym. 1999). Hynynen ym. (2008) totesivat, että ylikunnossa olevilla urheilijoilla oli matalampi LF:n arvo ortostaattisen testin aikana kuin kontrolliryhmällä. Ylikunnon Hynynen ym. (2008) määrittivät seuraavien tekijöiden avulla: 1) urheilijoilla oli selittämätön suorituskyvyn laskua ja väsymystä vähintään kolme viikkoa kestäneen lepojaksen jälkeen. 2) Urheilijat oli muutoin todettu terveeksi lääkärin tarkastuksessa ja laboratorikokeissa. 3) Urheilijat olivat kasvattaneet harjoitusmääriä ja -tehoja viimeisen kuuden kuukauden aikana ennen ylikunto-oireita. (Hynynen ym. 2008). Myös Iwasaki, Zhang ja Zuckerman (2003) ovat todenneet ylikunnon vaikuttavan sydämen autonomiseen säätelyyn negatiivisesti.

Ylikunto ja/tai ylikuormittuminen eivät välttämättä aiheuta muutoksia sydämen autonomiseen säätelyyn. Hedelin, Kentta, Wiklund, Bjerle ja Henriksson-Larsen (2000b) selvittivät lyhytaikaisen ylikuormittumisen vaikutuksia ja kovan harjoittelun vaikutuksia suorituskykyyn, sykevälivaihteluun ja veren kemiallisiin muutoksiin eliittimelojilla. Sykevälivaihtelumuuttujissa ei ollut muutoksia makuulla eikä passiivisessa kallistuskokeessa, vaikka urheilijoiden maksimaalinen suorituskyky oli laskenut, joka kertoo väsymyksestä tai ylikuormittumisesta. (Hedelin ym. 2000b). Kestävyysurheilijoilla ei ole todettu muutoksia sykevälivaihtelussa, vaikka leposyke oli laskenut merkittävästi ja harjoituksen aikaiset sykkeet eivät enää nousseet samalla tasolle kuin ennen ylikuntoa (Dupuy, Bherer, Audiffren & Bosquet 2013).

Le Meur ym. (2013) selvittivät, voidaanko sykevälivaihtelua käyttää autonomisen hermoston kuormitustilan arviointiin kestävyysurheilijoilla. Tutkimusjakso koostui viidestä viikosta, jonka aikana urheilijoille pyrittiin saavuttamaan ylikuormitustila. Ensimmäinen viikko sisälsi normaalia harjoittelua ja kolme seuraavaa viikkoa tähtäsivät siihen, että urheilijat ylikuormit-

tuisivat. Viimeinen viikko oli palautumisviikko. Jokaisen viikon seitsemäntenä päivänä sykevälivaihtelun muuttujien arvoissa oli havaittavissa ylikuormittumisen negatiivinen vaikutus niin makuu- kuin seisoma-asennossa. Viikoittaisissa keskiarvoissa kontrolli- ja ylikuormitusryhmien välillä oli selkeä muutos parasympaattisessa säätelyssä. Le Meur ym. (2013) mukaan paras keino arvioida ylikuormitustilaa sykevälivaihtelumuuttujien avulla on, että päivittäisistä arvoista muodostetaan viikoittaiset keskiarvot. Niiden avulla voidaan seurata parasympaattisen säätelyn muutoksia, jotka voivat kertoa elimistön mahdollisesta ylikuormitustilasta (Kuva 9).



Kuva 9. Viikoittaisten sykevälivaihtelumuuttujien keskiarvojen käyttäytyminen tarkoituksen mukaisessa ylikuormitustilassa. CTL= kontrolliryhmä, F-OR= ylikuormitusryhmä, Pre = normaali harjoittelu, W1 = ensimmäinen ylikuormitusviikko, W2= toinen ylikuormitus viikko, W3= kolmas ylikuormitusviikko, R= viikon palautumista. (mukailtu Le Meur ym. 2013).

Leposykevälivaihtelua käytetään ylikunnon ja ylikuormittumisen arvioimiseen. Tutkimuksissa leposykevälivaihtelua on mitattu yön aikana. Winsley, Battersby ja Cockle (2005) vertasivat sykevälivaihtelua levossa liikunnallisesti aktiivisilla ja passiivisilla naisilla kahden viikon ylikuormitusjaksossa. Tutkimuksessa selvisi, että passiivisilla naisilla oli selkeämpi muutos sympaattisessa säätelyssä ylikuormituksen aikana. Hynynen ym. (2006) selvittivät sykevälivaihtelun käyttäytymistä ylikuormittuneilla urheilijoilla unen aikana ja heti heräämisen jälkeen. Tulokset osoittavat, unen aikana sydämen autonominen säätely on samalla tasolla kontrolliryhmällä kuin ylikuormittuneilla, mutta heräämisen jälkeen ylikuormittuneiden parasympaattinen säätely häviää pikku hiljaa heräämisen jälkeen. (Hynynen ym. 2006).

Hynynen, Vesterinen, Rusko ja Nummela (2010) ovat myös tutkineet kestävyysharjoituksen vaikutuksia yölliseen autonomiseen säätelyyn. Muutokset yöllisestä sykkeestä ja sykevälivaihtelussa voivat antaa viitteitä autonomisen hermoston säätelyn muutoksista ja näin ollen häiriöistä elimistön tasapainotilassa. Bosquet ym. (2003) ja Dupuy ym. (2013) ovat eri mieltä kuin Hynynen ym. (2010) yöllisen sykevälivaihtelun käyttävyydestä ylikuormitus- tai ylikuntotilan arvioinnissa. Bosquetin ym. (2003) mukaan yöllinen sykevälivaihtelu ei ole luotettava mittari ylikunnon arviointiin. Luotettavuuden lisäämiseksi tarvitaan lisää aiheeseen liittyviä tutkimuksia (Bosquet ym. 2003). Kymmenen vuotta myöhemmin Dupuy ym. (2013) pitävät yöllistä sykevälivaihtelua edelleen epäluotettavana mittarina, vaikka sykevälivaihtelun mittarit ja analysointityökalut ovat kehittyneet huomattavasti. Kaikkonen ym. (2006) pitävät yöllistä sykevälivaihtelua parempana ja luotettavampana mittarina kuin ortostaattista mittausta. Yöllisen mittauksen puolesta puhuvat sen pitempi mittausaika ja se on vähemmän häiriöaltis (Kaikkonen ym. 2006).

## 7.2 Hormonivasteet

**Testosteroni.** Suorituksen alkamisen jälkeen plasman testosteronitaso on todettu nousevan niin miehillä kuin naisilla 15–20 minuuttia (McArdle ym. 2007, 434–437). Kuormituksen jatkuessa testosteronin määrän on todettu verenkierrossa laskevan (Kuoppasalmi 1981, 40). Kuoppasalmen (1981, 40) mukaan plasman SHBG:n testosteronin sitomiskykyyn harjoituksen kuormituksella ei ole vaikutusta. Todella uuvuttava ja erittäin kova fyysinen rasitus voi laskea miesten testosteronitasot jopa alle naisten tasojen. Se voi johtaa kehon kataboliseen tilaan, jossa rakentava anabolinen tila väistyy ja pitkään jatkuessa voi aiheuttaa fyysisen kunnan heikkenemistä (McArdle ym. 2007, 434–436). Testosteronitasot eivät välttämättä palaudu pitkään jatkuvan kovan rasituksen ja stressin seurauksena, vaan ne voivat jäädä pysyvästi mala-

talle. Oikeanlaisella harjoittelun keventämisellä sekä kuormituksen vähentämisellä pitoisuudet voivat palata normaalitasoille. (Heinonen 2005, 138).

Hyväkuntoisella ihmisellä on havaittu laskeva vaikutus testosteronitasoihin kohtalaisessa kuormituksessa. He pystyvät todennäköisesti käyttämään tehokkaammin hyödykseen testosteronivarastoja. Tällä pystytään mahdollisesti selittämään testosteronin pienempi määrä veressä hyväkuntoisilla verrattuna huonokuntoisiin. (Adlercreutz ym. 1986).

Suomessa on tutkittu 20 päivää kestävästä partiotiedusteluharjoituksen osallistuneiden henkilöiden fyysisen aktiivisuuden ja energian saannin suhdetta sekä tarjotun ravinnon ravintosisältöjä suhteessa olemassa oleviin ravintosuosituksiin hormonaalisten vasteiden kautta. Tutkimuksessa saatiin selville, että testosteroni laskee ensimmäisten päivien aikana, mutta nousee kevyessä harjoituksessa jopa lähtötasojen yläpuolelle. (Kyröläinen ym. 2008). On myös todettu testosteroniarvojen pysyvän samanlaisena pitkäkestoisessa neljä päivää kestävässä Nijmegen-marssissa (Väänänen, Vasankari, Mäntysaari & Vihko 2002). Tanskanen (2012) tutki peruskoulutuskauden kuormittavuutta ja totesi, ettei ylikuormitustilassa oleville varusmiehillä ole havaittu eroja testosteronin erityksessä kahdeksan viikon peruskoulutuskauden aikana. Samanlaisen havainnon teki myös Chicharron (1998).

Kalliomaa (2014) tutki laskuvarjojääkäreiden hyppykoulutusta ja havaitsi, että testosteroniarvot laskivat ensimmäisinä päivinä koulutuksen aikana, mutta palautuivat takaisin lähtötasomittauksiin. Koulutukseen kuuluvan taisteluharjoituksen aikana testosteronitasot laskivat. Harjoituksen aikana koulutettavilla oli uni-, energia- ja nestevajetta (Kalliomaa 2014). Kalliomaan löydöksiä testosteronin laskusta taisteluharjoituksessa tukee myös Tyyskän (2008) ja Salosen (2008) tutkimukset, joissa molemmissa maastoharjoituksen todettiin laskevan testosteronitasoja. Tyyskän (2008) tutkimuksen kuormittavuus tuli etupäässä psyykkistä tekijöistä ja olosuhteista, kun taas Salosen (2008) tutkimuksessa kärsittiin myös energia-, neste- ja univajeesta. Raastad, Hamarsland, Solberg, Slaathaug ja Paulsen (2014) puolestaan totesivat erittäin vaativan viikon mittaisen sotilaskoulutuksen laskevan testosteronitasoja 70 prosenttia, mutta ne palautuivat viikossa lähtötasolle.

On olemassa myös päinvastaisia löydöksiä kuin Kyröläisen ym. (2008) löydös. Testosteronin käyttäytymistä on tutkittu pitkäkestoisissa suorituksissa ja sotilaallisissa harjoituksissa. Sen on todettu laskevan sotilaallisissa harjoituksissa (Gomez-Merino, Chennaoui, Burnat, Drogou & Guezennec 2003; Fortes ym. 2011; Kalliomaa 2014; Nindl ym. 2006; Raastaad 2014; Salonen 2008; Salonen ym. 2013; Salonen 2014; Väänänen ym. 2002) kuin myös pitkäkestoisessa

suorituksessa (Adlercreutz ym. 1986; Fenandez-Garcia ym. 2002; Kuoppasalmi 1981; Väänänen ym. 2004). Pitkäkestoisen ja raskaan harjoituksen jälkeen voi kulua jopa 24–72 tuntia testosteronipitoisuuksien ennalleen palaamiseen (Hackney 1996). Urheilijoilla on myös tehty samansuuntaisia havaintoja: testosteronitasot laskivat merkittävästi kovan harjoituskauden aikana (Salvador, Ricarte, González-Bono & Moya-Albiol 2011).

Pitkäkestoinen fyysinen stressi laskee testosteronipitoisuuksia. Selittäväksi tekijäksi on arveltu muun muassa kivesten laskenutta testosteronin eritystä (Cameron & Jones 1972), muiden hormonien kuten kortisolin erityksen lisääntymistä (Cumming, Quigley & Yen 1983), kivesten erityksen laskua ja aivolisäkkeen adrenokortikaalisen systeemin aktiivatiota (Kuoppasalmi 1981).

**SHBG:n** arvojen kasvu on yhdistetty ylikuormittumiseen. Tanskanen (2012) tutki talven peruskoulutuskauden kuormittavuutta, ylikuormittumisen ilmenemistä ja ylikuormittuneiden ja ei-ylikuormittuneiden varusmiesten eroa aerobisen suosituskäyvyn, kehon koostumuksen ja biokemiallisten muuttujien suhteen. Tutkimuksen havaintona oli, että 33 prosenttia varusmiehistä oli ylikuormittuneita ja heidän SHBG-arvot olivat koko tutkimusjakson ajan korkeampia muihin varusmiehiin verrattuna (Tanskanen 2012). Tanskanen löydöstä tukee Adlercreutzin (1986) tutkimus. Kalliomaa (2014) havaitsi varusmiehillä kohonneita SHBG -arvoja heti taisteluharjoituksen jälkeen. Kolme päivää kestävässä partiotiedusteluharjoituksessa ei havaittu SHBG-arvojen muutoksia (Salonen 2008).

**Kortisolin** käyttäytymisestä on tehty tutkimuksia, joiden tulokset ovat ristiriidassa keskenään. Kuoppasalmen (1981), Väänänen ym. (2004) ja Ritvasen (2006) mukaan kortisolipitoisuudet on todettu laskeviksi niin fyysisen kuin psyykkisen rasituksen seurauksena. Pitkäkestoisissa suorituksissa kortisolipitoisuuksien on puolestaan todettu laskevan (Fernandez-Garcia ym. 2002). Kyröläinen ym. (2008) mukaan partiotiedusteluharjoituksessa kortisoli nousi merkittävästi kolmanteen vuorokauteen saakka, mutta sen jälkeen kortisolipitoisuus laski lähellä ennen harjoitusta olevia arvoja. Viiden vuorokauden tehokas sotilaskoulutus ei vaikuttanut kortisolipitoisuuksiin (Gomez-Merion ym. 2003). Friedl ym. (2000) tutki Ranger-kurssin osallistuneiden kortisoliarvoja, jotka laskivat ensimmäisen neljän viikon aikana, vaikka muut kuormituksesta kertovat mittaukset (testosteroni ja paino) laskivat huomattavasti. Kuitenkin kahdeksan viikon jälkeen kortisoliarvot palautuivat lähtötasomittauksia korkeammalle. (Friedl ym. 2000). Norjalaisilla kadeteilla tutkittiin kehon hormonaalisia muutoksia 5–7 päivään kestävänsä raskaan harjoituksen aikana, jonka aikana kortisoliarvo kohosi. Kohoaminen johtui fyysisen rasituksen ja energiavajeen yhteisvaikutuksesta. (Opstad 2005).

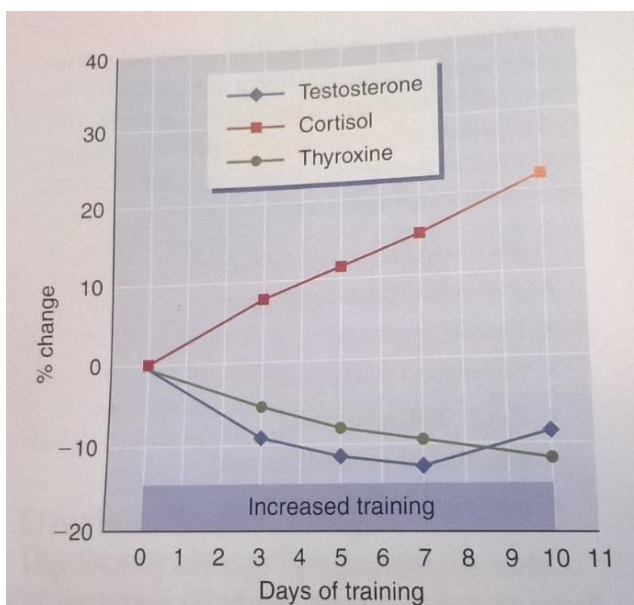
Sotilas kuumassa -tutkimuksessa huomattiin rauhanturvaajilla olevan kohonnut kortisolitaso operaation aikana, mutta se laski alle ennen operaation aikaista mittausta. (Lindholm ym. 2011, 80). Kortisolin on todettu nousevan viikon kestävässä erittäin kovassa sotilaskoulutuksessa 154 prosenttia, mutta sen on myös todettu palautuvan lähtötasolle 24 tunnin levon jälkeen harjoituksesta (Raastad ym. 2014). Kortisolin lasku voi myös kertoa elimistön sopeutumisesta kuormitukseen (Kyröläinen 2015).

*Testosteronin ja kortisolin suhdetta* on käytetty kuormittumiseen arviointiin ja se kertoo elimistön anabolisesta tilasta (McArdle ym. 2007, 434–437). Sitä on pidetty jo pitkään ylikuormittumisen mittarina (Meuseen ym. 2012; Willmore & Costill 2007, 384). Elimistö voidaan todeta yllirasittuneeksi, jos testosteronin ja kortisolin suhde on laskenut yli 30 prosenttia (Aldercreutz ym. 1986). Testosteronin ja kortisolin suhdetta pidetään tärkeänä merkinä ylikunnosta ja jopa ylikuntoa tämän suhteen muutoksen seurauksena. Laskenut testosteroni yhdessä nousseen kortisolin kanssa saattaa johtaa elimistössä kataboliaan anabolian sijasta. (Willmore & Costill 2007, 384).

Suhteen lasku on yhteydessä harjoittelun intensiteettiin ja keston. Se osoittaa fysiologista taustaa ja tämän vuoksi sitä ei pitäisi käyttää ylikuormittumisen tai ylikunnon arviointiin (Meuseen ym. 2012). Testosteronin ja SHBG:n suhde myös laskee harjoituksen aikana harjoituksen rasittavuuden mukaan (Kuoppasalmi 1981). On osoitettu, että pitkäaikainen stressaava tilanne sotilasympäristössä nostaa seerumin testosteroni-kortisolitasoja ja ne ovat yhteydessä sydämen parasympaattiseen säätelyyn. (Huovinen ym. 2009).

Booth, Probert, Forbes-Ewan ja Coad (2006) tutkivat alokkaita 45 päivän ajan peruskoulutuskaudella Australiassa. He löysivät yllirasitustilan oireita kuten väsymystä, huonolaatuista unta, loukkaantumisia sekä hormonaalisia muutoksia. Hormonaalisten muutosten suurimmaksi aiheuttajaksi epäiltiin kasaantuvaa univajetta, joka myös aiheutti alokkaille yllirasitustilan. (Booth ym. 2006). Vaativa ja raskas koulutusviikko aiheutti koehenkilöille huomattavasti hormonihäiriötä (Raastad ym. 2014). Hormonimuutokset ovat yksi käytetyimmistä mittareista arvioitaessa kuormittumista ja sen raportoidaan olevan luotetuin mittari. Aiemmissä tutkimuksissa on käytetty vapaan testosteronin ja kortisolin suhdetta (Chicharro ym. 1998; Coutts, Reaburn, Piva & Murphy 2007; Mäestu, Jurimäe & Jurimäe 2005), testosteronin ja SHBG:n suhdetta (Häkkinen, Pakarinen, Alén, Kauhanen & Komi 1987) ja testosteronin ja kortisolin suhdetta (Tanskanen 2012).





Kuva 10. Testosteronin, kortisolin ja tyroksiinin käyttäytyminen urheilijoilla harjoitusmäärien lisäyksen yhteydessä. (Willmore & Costill 2007, 384).

Hormonien muutoksia pidetään yhtenä merkinä ylikuormittumisesta. Kun urheilijat puolen- toisakertaisivat tai kaksinkertaistivat harjoittelumäärän, heidän testosteroni- ja tyroksiinipitoi- suudet laskivat ja kortisolipitoisuus nousi. Akuutti ylikuormitus ja ylikuormittuminen pitkällä aikavälillä nostavat samoja hormonipitoisuuksia, joten tämän takia täysin varmoina merkkei- nä ylikuormittumisesta hormonimuutoksia ei voida pitää (Kuva 10). (Willmore & Costill 2007, 384). Vesterinen ym. (2013) totesivat kestävyysharjoittelun saavan aikaan positiivisia muutoksia kunnossa, mutta muutokset eivät näkyneet hormoneissa.

## 8 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on *selvittää kahden viikon sotilaskoulutuksen kuormittavuutta ja palautumista sykevälivaihtelumuuttujien sekä hormonien avulla.*

Ensimmäiset viisi päivää muodostavat tutkimuksen lähtötason sykevälivaihtelumuuttujille, johon sitten verrataan maastoharjoituksen sykevälivaihtelumuuttujia. Palautumista selvitetään kontrollimittauksilla, jotka pidettiin 15. päivänä tutkimuksen aloittamisen jälkeen.

### 8.1 Tutkimusongelmat ja hypoteesit

#### *Tutkimusongelmat*

- 1) *Millaisia sydämen autonomisia ja veren hormonaalisia muutoksia maastoharjoitus aiheuttaa?*
- 2) *Kumpi on kuormittavampi jakso: kasarmipalvelus vai maastoharjoitus?*
- 3) *Miten kahden viikon sotilaskoulutuksesta palaututaan tarkastellessa sykeväli-  
muuttujia sekä hormoneja?*
- 4) *Onko ortostaattisen mittauksen sykevälivaihtelumuuttujien muutoksilla yhteyttä  
hormonimuutosten ja painon muutoksen kanssa?*

#### *Hypoteesit*

1) *Maastoharjoitus muuttaa sydämen autonomista säätelyä ja hormonipitoisuuksia veressä.* Maastoharjoitus aiheuttaa elimistölle stressitilan, joka saa aikaan sympaattisen säätelyn kohoamisen ja parasympaattisen säätelyn vähentymisen (Ernest 2014, 87). Maastoharjoituksen on todettu aiheuttavan energia-, neste- ja univajetta (Kalliomaa 2014; Kyröläinen ym. 2008; Salonen 2008; Tyyskä 2008), jotka saattavat aiheuttaa muutoksia sykevälivaihtelussa (Vaara ym. 2007; Vögele ym. 2009; Zhong ym. 2005). Ylikuormittumisen ja ylikunnon vaikutukset sykevälivaihteluun ovat ristiriitaisia (Plews ym. 2012). Pitkäkestoisen sotilaallisen harjoituksen on todettu laskevan testosteronitasoja (Gomez-Merino ym 2003; Fortes ym. 2011; Kalliomaa 2014; Nindl ym. 2006; Raastad ym. 2014; Salonen 2008; Salonen ym. 2013; Salonen 2014; Väänänen ym. 2002). SHBG käyttäytyy päinvastoin kuin testosteroni näin ollen se lisääntyisi tässä tutkimuksessa kuten myös kortisolin, jonka on todettu nousevan erittäin kovassa sotilaskoulutuksessa (Raastad ym. 2014).

*2) Maastoharjoitus on kuormittavampi jakso kuin kasarmijakso*

Maastoharjoituksen on todettu aiheuttavan energia-, neste- ja univajetta (Kalliomaa 2014; Kyröläinen ym. 2008; Tyyskä 2008; Salonen 2008). Maastoharjoituksen rasittavuutta lisäävät myös harjoitukselle tyypilliset olosuhteet (Tanskanen 2012). Suuren sykevälivaihtelun tiedetään olevan merkki hyvästä kestävyyskunnosta (Carter ym. 2003b; Melanson 2000) ja kasvaneen sykevälivaihtelun on todettu lisääntyvään kestävyysharjoittelun myötä (Hautala ym. 2004). Fyysisen kunnan kasvu lisää sykevälivaihtelua. Jos sykevälivaihtelumuuttujat laskevat maastoharjoitukseen, kertoo se elimistön väsymisestä ja kuormittumisesta.

*3) Kahden viikon sotilaskoulutuksesta palaututaan huonosti.*

Valmennusopillisesti kahden kovan harjoituksen jälkeen pitäisi tulla kevyt palauttava viikko, jonka aikana pyritään saavuttamaan superkompensaatio tila. Superkompensaation tilan saavuttamiseen ei riitä muutama päivä, mutta se kyllä käynnistää elimistön palautumisen. (Nummela 2007b, 347–349). Tässä tutkimuksessa oletetaan, ettei kolme päivää riitä täydelliseen palautumiseen, koska tutkimusjakson tiedetään olevan fyysisesti erittäin kuormittava (Huovinen 2008). Jos kahden viikon sotilaskoulutus aiheuttaa ylikuntotilan, siitä palautuminen kestää kuukausia (Meuseen ym. 2012). Jos harjoitusjakson jälkeen on palauttava jakso, on testosteronitasoja todettu nousevan jopa yli lähtötason (Kyröläinen ym. 2008). Viikonloppuvapaa on ollut riittävä palautumiseen, jos testosteroni palautuu viimeisessä testissä lähtötasolle (Heinonen 2005, 138).

*4) Ortostaattisen kokeen sykevaihdelumuuttujien muutoksilla on yhteys hormoni- ja painomuutoksiin.*

Sykevälivaihtelumuuttujilla ja hormoneilla on todettu olevan yhteys (Huovinen ym. 2009 & 2011; Salonen ym. 2013).

## 9 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 9.1 Koehenkilöt

Koehenkilöt olivat Reserviupseerikoulun sissikomppanian tiedustelulinjalta. Koehenkilöiden valinta perustui vapaaehtoisuuteen ja satunnaisotantaan. Ennen tutkimuksen aloittamista koehenkilöille pidettiin tiedotustilaisuus, jossa heille kerrottiin mahdollisuudesta peruuttaa tai keskeyttää mittauksiin osallistuminen missä vaiheessa tahansa.

Tutkimukseen osallistui kaksikymmentä miestä. Heidän keski-ikänsä oli  $20 \pm 2$ . Heidän keskipainonsa oli  $76 \pm 7$  kg ja keskipituus  $179 \pm 4$  cm. Keksimääräinen 1 -minuutin juokсутestin tulos oli  $2980 \pm 267$  metriä. Maksimaalinen hapenottokyky ( $VO_{2max}$ ) laskettiin kaavasta 12-minuutin juokсутestin tulos (m)  $-504.9 / 44.73 = VO_{2max}$  ( $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ ). Kaavan mukaan vastaava  $VO_{2max}$  -arvo on noin  $55.3 \pm 6.0$   $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ . 12-minuutin juokсутesti suoritettiin tutkimusjakoa edeltävällä viikolla Haminan urheilukentällä.

### 9.2 Tutkimusasetelma

Mittausjakson 15 päivää koostuivat kasarmiskoulutuksesta, perusharjoituksesta sekä yhteistoimintaharjoituksesta ja palautumisjaksosta. Mittausajanjakson ajankohta oli 17.11.–1.12.2008. Keliolosuhteet olivat alkutalven mukaiset lämpötilan vaihdella +4 ja -10 asteen välillä. Jakson aikana satoi ensilumi.

Kasarmikoulutusjakso sisälsi oppitunteja, liikunta- ja sotilaskoulutuksia sekä normaaliin päiväohjelmaan kuuluvia järjestymisiä, siirtymisiä sekä ruokailuja. Tiedustelukoulutuksesta oli oppitunteja ja muodollisia harjoituksia suunnassatiedustelusta sekä kohteentiedustelusta. Energiankulutus oli keskiarvallisesti noin 3500 kilokaloria. Vähimmillään se on ollut noin 2100 kilokaloria ja enimmillään 4900 kilokaloria. Sykkeen keskiarvo kasarmijaksolla oli 81, minimisyke 46 ja maksimisyke 187. Kasarmikoulutusjakso oli sykemittauksen perusteella intervallityyppistä, joka nostaa koko koulutusjakson kuormittavuutta. Intervallityyppiset vedot käsittivät lähinnä ruokalaan siirtymiset, jotka tehtiin pääsääntöisesti juosten. Kasarmijakso sisälsi lukuisia yksittäisiä koulutuksia, joissa intensiteetti oli korkea hetkellisesti, kuten evakointiharjoituksessa. (Huovinen 2008).

Perusharjoitus kaksi alkoi perjantaina iltapäivällä 21.11 ja kesti 24.11 maanantai aamupäivään saakka. Harjoituksen alussa oli 20 kilometrin siirtyminen polkupyörillä Haminasta Valkjärvelle. Harjoitus koostui pääsääntöisesti suunnassa tiedustelusta ja kohteen tiedustelusta sekä toiminnasta rakennetulla alueella. Harjoitukset toteutettiin pääsääntöisesti muodollisena koulutuksena.

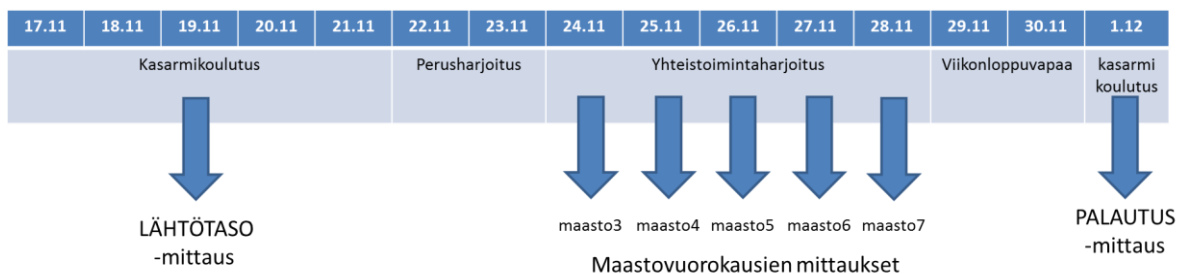
Yhteistoimintaharjoitus aloitettiin 20 kilometrin polkupyörämarssilla Valkjärveltä Vallanjärvelle. Harjoituksen pääpaino oli suunnastiedustelutehtävien harjoittelussa sekä kohteen tiedustelussa. Yhteistoimintaharjoitus päättyi siirtymiseen, joka alkoi torstaina 23:00 Vallanjärveltä. Haminassa oli oltava 9:30 mennessä, jossa aloitettiin harjoituksen jälkeinen huolto. Siirtymisen pituus oli noin 25 kilometriä ja se suoritettiin jalan. Marssin aikaisesta varustuksesta ja mahdollisesta kuvatusta vihollisuudesta ei ole tietoa. Harjoitus päätettiin perjantaina 14:00 ja varusmiehet pääsivät viikonloppuvapaalle 17:45.

Yhteistoimintaharjoituksessa keskimääräinen energiakulutus oli noin 4100 kilokaloria vuorokaudessa. Pienimmillään energiakulutus oli 1828 kilokaloria ja enimmillään 6379 kilokaloria. Harjoituksen aikainen keskiarvosyke oli 88, minimisyke 44 ja maksimisyke 176.

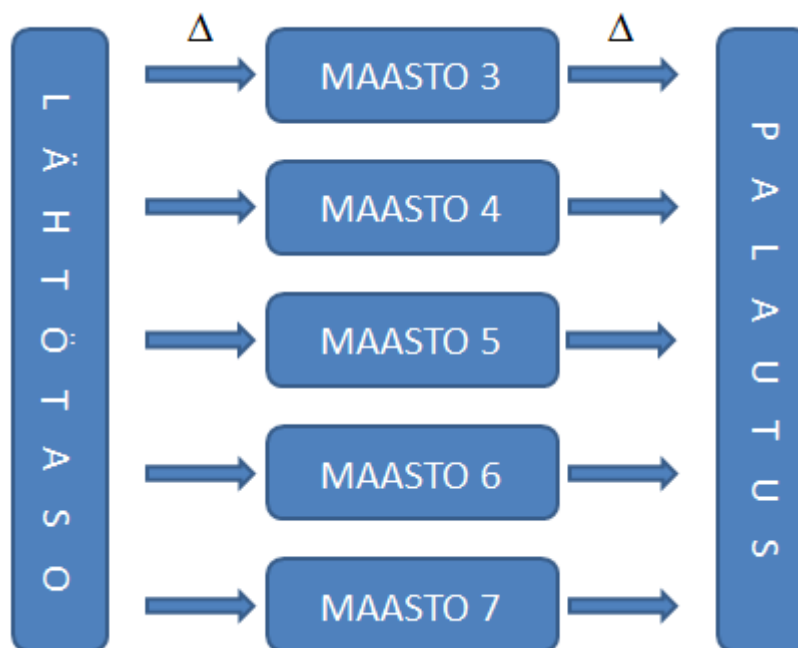
Yhteistoimintaharjoituksen jälkeen koehenkilöt lähtivät viikonloppuvapaalle. Levon, ravinnon ja muita palautumiseen vaikuttavien tekijöiden merkitystä koehenkilöille korostettiin ennen lomille lähtöä ja kerrottiin niiden hyödyistä palautumiseen. Palautumisjakso sisälsi viikonloppuvapaan sekä maanantaiaamun mittaukset.

Mittausten lähtötasoksi valittiin kasarmijakso, joka sisälsi mittaukset ensimmäisestä päivästä viidennen päivän aamuun saakka. Maastoharjoitusjaksoksi valittiin yhteistoimintaharjoitus, joka alkoi kahdeksannen päivän aamuna ja loppui 12 vuorokauden päivällä. Palautumisjakson kontrollipäivä oli 15 vuorokausi (Kuva 11). Tarkat viikko-ohjelmat ovat liitteissä numero 5–8.

| tutkimusjakson päivä | 17.11           | 18.11 | 19.11 | 20.11 | 21.11 | 22.11          | 23.11 | 24.11                   | 25.11 | 26.11 | 27.11 | 28.11 | 29.11            | 30.11 | 1.12                 |
|----------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|----------------|-------|-------------------------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|----------------------|
| koulutuksen kuvaus   | kasarmikoulutus |       |       |       |       | perusharjoitus |       | yhteistoimintaharjoitus |       |       |       |       | viikonloppuvapaa |       | kasarmi-<br>koulutus |
| ORTO                 | x               | x     | x     | x     | x     |                |       | x                       | x     | x     | x     | x     |                  |       | x                    |
| 24 H                 | x               | x     | x     | x     | x     | x              | x     | x                       | x     | x     | x     | x     |                  |       | x                    |
| hormonit             | x               |       |       |       | x     |                |       | x                       | x     | x     | x     | x     |                  |       | x                    |



Kuva 11. Tutkimusjakso ja mittausajankohdat



Kuva 12. Tutkimusasetelma ja tulosten muodostuminen.  $\Delta$  kuvaa muutosta. Muutos on laskettu erikseen jokaiseen maastoharjoituksen päivään lähtötasosta. Maasto 3 tarkoittaa kolmatta maastovuorokautta. Lähtötaso muodostuu kasarmikoulutusjaksosta (ks. 9.4 Tilastolliset menetelmät). Maasto3 palautumismittaukseen kului seitsemän vuorokautta ja maasto7:stä palautumismittaukseen kului kolme vuorokautta.

### 9.3 Tutkimusmenetelmät

Sykevälivaihtelumittauksiin sekä ortostaattisen sykkeen mittaukseen käytettiin Polar Electron S801I-sykemittaria. Koehenkilöille ohjeistettiin käyttämään sykemittaria lomilta palaamisen jälkeen. Mittaus aloitettiin sunnuntai-iltayöstä. Mittausta jatkettiin kahden viikon päässä olevaan sunnuntaihin asti. Sykemittauksen onnistumista seurattiin tarkkailemalla sykelukemaa mittarissa. Sykelukeman näkyessä oli kaikki kunnossa, eikä toimenpiteitä tarvinnut tehdä. Jos lukemaa ei näkynyt, neuvottiin tarkastamaan, että lähetin oli vyössä kiinni, kiristämään ja kostuttamaan vyö.

Kasarmijakson ortostaattiset sykemittaukset tehtiin aamulla heti heräämisen jälkeen. Sykemittarin monitoriin oli asennettu herätys. Testi tehtiin itsenäisesti joka aamu kello 5:45. Sen jälkeen koehenkilö kävi makuulle sänkyynsä selälleen. Selällään ollessaan hän käynnisti mittauksen. Hän oli selällään rauhassa viiden minuutin ajan, jonka jälkeen hän nousi äänimerkin kuultuaan seisomaan sängyn viereen rennosti, kädet sivuilla ja liikkumatta. Seisoma-asetuksessa hän oli viiden minuutin ajan, jonka jälkeen kellosta tuli äänimerkki ja testi päättyi. Maasto-olosuhteissa ortostaattinen koe toteutettiin verinäytteiden yhteydessä samaan aikaan kuin kasarmiviikolla. Koehenkilöt tuotiin maastosta sisätiloihin, jossa ensin suoritettiin ortostaattinen koe ja sen jälkeen otettiin verinäytteet.



*Kuva 13. Ortostaattisen kokeen suorittaminen maastoharjoituksen aikana.*

Ortostaattinen syke mitattiin kello 5:45:00 ja se päättyi kymmenen minuutin kuluttua 5:55:00. Ortostaattisia mittauksia kertyi 180 kappaletta. Ne luokiteltiin sykekäyrän stationaarisuuden mukaan hyviin, kohtalaisiin ja huonoihin mittauksiin. Hyviä mittauksia oli 21,3 prosenttia eli 38 kappaletta, kohtalaisia 78 kappaletta 43,8 prosenttia ja huonoja 62 kappaletta 34,8 prosenttia. Ortostaattisen mittauksen makuuvaiheen analysointijaksoksi valittiin neljän minuutin mittausjakso, joka alkoi 5:45:30 ja loppui 30 sekuntia ennen ylösousemista 5:49:30. Mittauksen seisomavaiheen analysointi on samoin neljä minuuttia, joka aloitettiin 30 sekuntia ylösousemisesta eli 5:50:30 ja kestäen 5:54:30 asti. Neljän minuutin analysointijakso valittiin sen takia, että virheprosentti verrattuna kolmen minuutin jaksoihin oli huomattavasti pienempi. Analysoitavien mittausten virheprosentti oli enintään 15 prosenttia.

Ortostaattisesta sykkeestä analysoitiin aikakenttämuuttujista RMSSD sekä SDNN. Taajuusmuuttujista analysoitiin LF, HF ja LF:n ja HF:n suhde. Neljän minuutin ajanjaksoista mitattiin myös maksimi- ja minimisyke sekä keskiarvosyke. Taajuuskenttämuuttujien arvoista laskettiin luonnollinen logaritmi.

24-tunnin mittaukset aloitettiin jo ensimmäisenä päivänä ja ne kestivät aina 12 vuorokauteen saakka. Mittauksia jatkettiin myös viikonloppuvapaiden jälkeen. Kaiken kaikkiaan mittauksia kertyi 243 kappaletta, joista valittiin analysoitavaksi ajanjaksoksi 21 tuntia, joita oli 151 kappaletta eli 62,1 prosenttia kaikista mittauksista. Mittaukset, jotka karsiutuivat pois analysoitavasta, olivat lyhempiä kuin 21 tuntia tai niiden virheprosentti oli suuri ( $< 15\%$ ). 21-tunnin mittauksista analysoitiin maksimisyke, keskiarvosyke, minimisyke sekä energiankulutus. Näiden mittausten tuloksia hyödynnettiin harjoituksen kuvailuun. Muutoin tuloksia ei käytetty, koska koehenkilöiden valve- ja uniaikaa ei ole tiedossa.

Sykevälivaihtelumuuttujat analysoitiin Firstbeatin hyvinvointianalyysiohjelmalla (Firstbeat Technologies Hyvinvointianalyysi 3.1.1.0(3.1.3ov) Jyväskylä). Verikokeista analysoitiin testosteroni, kortisoli, sukupuolihormonia sitova globuliini (SHBG). Hormonit analysoitiin verikokeista Immulite® 1000 analysaattorilla (Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Gwynedd, UK). Seerumin testosteronin erottelukyky oli 0.5 nmol/l, SHBG:n 0.2 nmol/l ja kortisolin 5.5 nmol/l.



## 9.4 Tilastolliset menetelmät

Kasarmijakso käsitti tutkimusjakson viisi ensimmäistä päivää. Maastoharjoitusjakso muodostuu jokaisesta maastopäivästä erikseen. Palautumismittauksia suoritettiin vain yhtenä päivänä tutkimusjakson lopussa. Aineisto ei ollut normaalisti jakautunutta. Yksi kasarmipäivistä oli selkeästi raskaampi mitattaessa ortostaattista sykettä makuulta ja sen vuoksi sitä ei käytetty muodostaessa lähtötasomuuttujaa. Kasarmipäivä verrattiin lineaarisella sekamallilla maastoharjoituksen päiviin.

Lähtötasomuuttuja muodostettiin ottamalla neljän päivän mittauksesta ne koehenkilöt, joilla oli vähintään kahdelta päivältä onnistuneet mittaukset ortostaattisessa kokeessa. Minkä tahansa kahden päivän keskiarvo kuvaa lähtötasoa. Näin lähtötasomuuttujiksi saatiin luotettavat arvot. Hormonien ja painon lähtötasoksi valittiin tutkimusjakson ensimmäisenä päivänä tehdyt mittaukset. Taajuuskenttämuuttujista laskettiin luonnollinen logaritmi.

Muuttujille laskettiin lähtötasossa perustunnusluvut ja muutosprosentti laskettiin kahden eri aikapisteen välille. Aikapisteet olivat lähtötaso, maastoharjoituksen päivät 3–7 ja palautumispäivä. Muutosten välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Spearmanin korrelaatiolla. Korrelaatioissa käytettiin absoluuttisia muutosarvoja. Tilastollinen analyysi tehtiin IBM SPSS Statistics 22 -ohjelmalla.

Tilastollista merkitsevyyttä tuloksissa on merkitty tähtisymbolilla seuraavasti:

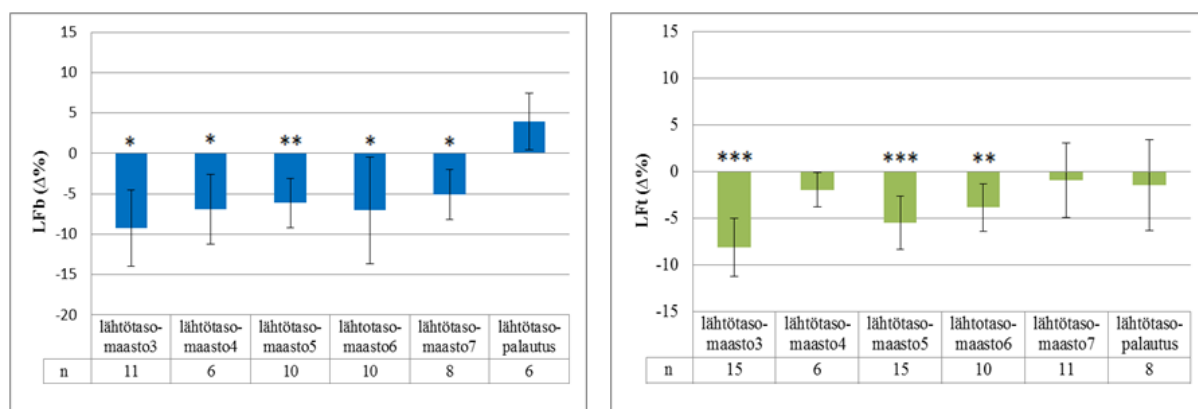
merkitsevä \*  $p \leq 0.05$ , merkitsevä: \*\*  $p \leq 0.005$  ja erittäin merkitsevä: \*\*\*  $p \leq 0.001$ .

## 10 TULOKSET

### 10.1 Sykevälivaihtelun muutokset

**Matalataajuinen sykevälivaihtelu LF.** Ortostaattisen kokeen makuuasennossa LF laski tilastollisesti merkitsevästi ( $p < 0,005$ ) (Kuva 14) lähtötasosta maastoharjoituksen viidenteen päivään ja merkitsevästi lähtötasosta maastoharjoituksen 3–7 päivään ( $p < 0,05$ ).

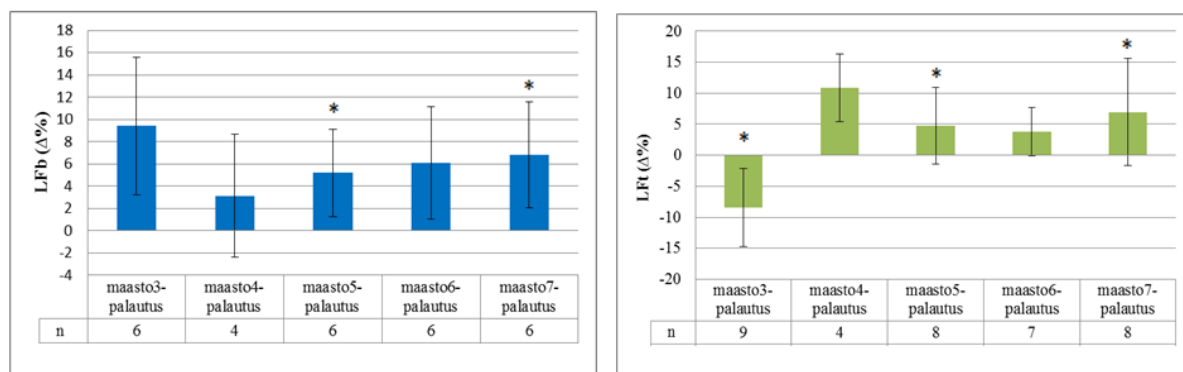
Ortostaattisen kokeen seisoma-asennossa LF laski tilastollisesti erittäin merkitsevästi lähtötasomittauksesta maastoharjoituksen kolmanteen, viidenteen ( $p < 0,001$ ) ja kuudenteen päivään merkitsevä ( $p < 0,005$ ).



Kuva 14. Ortostaattisen kokeen makuuasennon (b) ja seisoma-asennon (t) matalataajuisen sykevälivaihtelun (LF) muutosprosentti lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin sekä palautumispäivään.

Ortostaattisen kokeen makuuasennossa LF kasvoi tilastollisesti merkitsevästi maastoharjoituksen viidennestä ja seitsemännestä päivästä palautumispäivään ( $p < 0,05$ ).

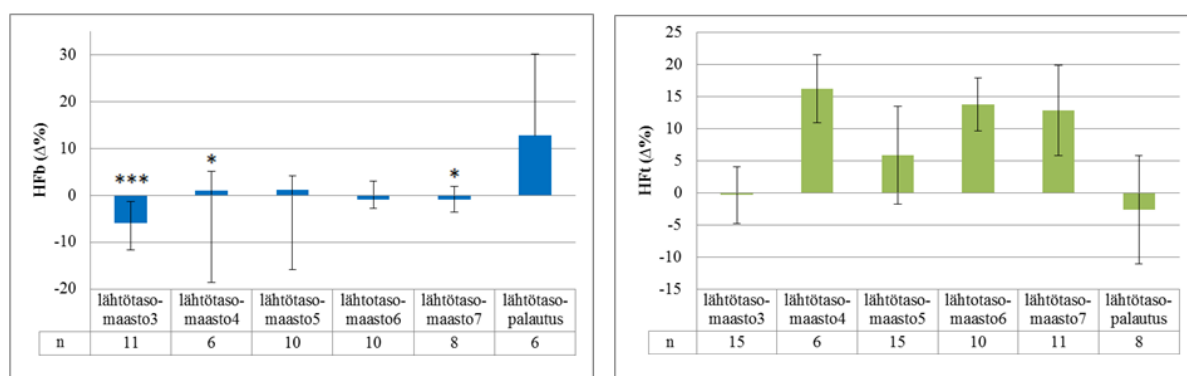
Ortostaattisen kokeen seisoma-asennossa LF laski maastoharjoituksen kolmannesta ( $p < 0,05$ ) päivästä palautumispäivään ja se oli tilastollisesti merkitsevää. Muina päivinä LF nousi ja tilastollisesti merkitsevää se oli maastoharjoituksen viidentenä päivänä ( $p < 0,05$ ) (Kuva 15).



Kuva 15. Ortostaattisen kokeen makuuasennon (b) ja seisoma-asennon (t) matalataajuisen sykevälivaihtelun muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumispäivään.

**Korkeataajuinen sykevälivaihtelu HF.** Ortostaattisen kokeen makuuasennon HF muutos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä lähtötasomittauksesta maastoharjoituksen kolmanteen ( $p < 0,001$ ) päivään ja muutos oli laskeva. Muutos oli tilastollisesti merkitsevä lähtötasomittauksesta maastoharjoituksen neljänteen ja seitsemänteen päivään ( $p < 0,05$ ) (Kuva 16). Muutokset olivat RMSDD-mittauksissa samansuuntaisia, joissa muutos lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen päivään oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ).

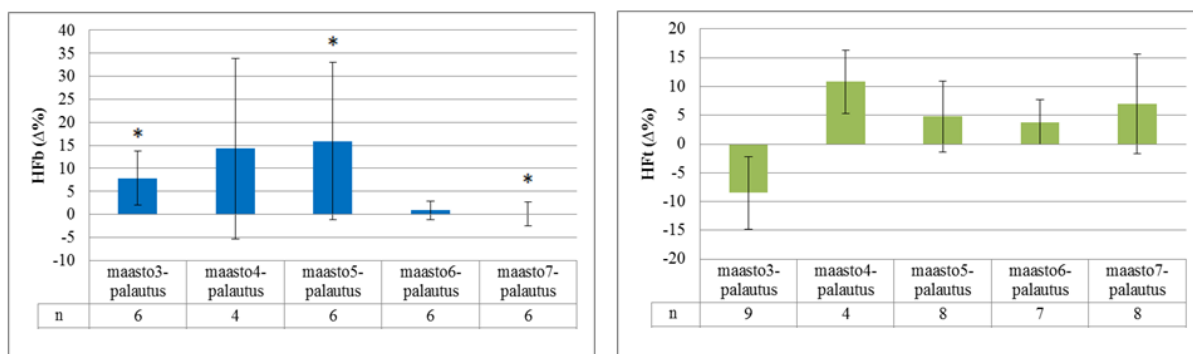
Ortostaattisen kokeen seisoma-asennon HF:n muutokset olivat nousevia pois lukien lähtötasomittauksesta maastoharjoituksen kolmanteen päivään sekä lähtötasomittauksesta palautumispäivään. Tuloksilla ei ollut tilastollista merkittävyyttä. RMSDD-tulokset ovat samanlaisia HF:n kanssa.



Kuva 16. Ortostaattisen kokeen makuuasennon (b) ja seisoma-asennon (t) korkeataajuisen sykevälivaihtelun muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumispäivään.

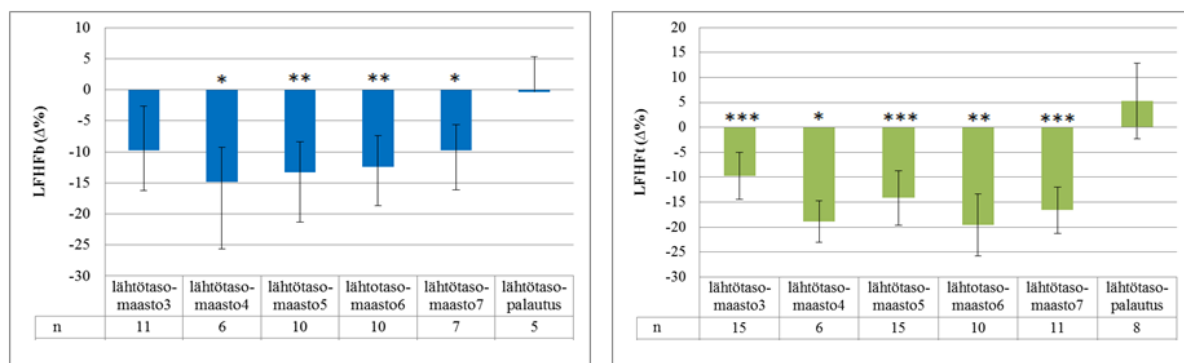
Ortostaattisen kokeen makuuasennon HF-arvot olivat kaikki nousevia kun verrataan maastoharjoituksen päiviä palautumispäivään. Tilastollisesti merkitseviä olivat maastoharjoituksen kolmas, viides ja seitsemäs päivä ( $p < 0,05$ ) verrattuna palautumispäivään (Kuva 17). Muutokset RMSDD:ssä olivat samansuuntaisia pois lukien maastoharjoituksen neljännen päivän muutosarvo palautumispäivään, joka oli negatiivinen.

Ortostaattisen kokeen seisoma-asennon HF:n laskeva arvo oli vain maastoharjoituksen kolmannen päivän ja palautumisen välillä muina päivinä arvot olivat nousevia, mutta tilastollista merkittävyyttä ei ollut yhdenkään päivän kohdalla. RMSDD:n muutokset olivat täsmälleen samanlaiset kuin HF:n.



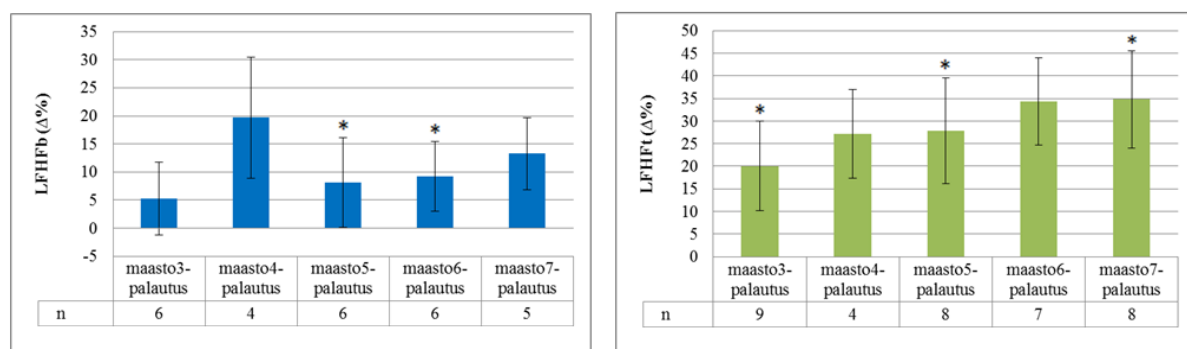
Kuva 17. Ortostaattisen kokeen makuuasennon (b) ja seisoma-asennon (t) korkeataajuisen sykevälivaihtelun muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumispäivään.

**Matala- ja korkeataajuisen sykevälivaihtelun suhde LFHF.** Makuuasennossa tilastollisesti merkitseviä muutoksia oli lähtötasosta maastoharjoituksen neljänteen, viidenteen ( $p < 0,05$ ) ja kuudenteen ( $p < 0,005$ ) päivään. Seisoma-asennossa tilastollisesti erittäin merkitseviä muutoksia oli lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen, viidenteen ja seitsemänteen ( $p < 0,000$ ) päivään. Merkitseviä muutoksia oli lähtötasosta maastoharjoituksen neljänteen ja kuudenteen ( $p < 0,05$ ) päivään (Kuva 18).



Kuva 18. Ortostaattisen kokeen makuuasennon (b) ja seisoma-asennon (t) matala- ja korkeataajuuisen sykevälivaihtelun suhteen muutosprosentti lähtötasosta maastoharjoituspäiviin sekä palautumispäivään.

LFHF-suhteen muutos oli merkittävä seisoma-asennossa maastoharjoituksen viidennestä ja kuudennesta päivästä ( $p < 0,05$ ) palautumiseen (Kuva 19).



Kuva 19. Ortostaattisen kokeen makuuasennon (b) ja seisoma-asennon (t) matala- ja korkeataajuuisen sykevälivaihtelun suhteen muutosprosentti maastoharjoituksen päivästä palautumispäivään.

Taulukossa 10 on sykevälivaihtelumuuttujien muutoksien yhteenveto. Lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin matalataajuinen sykevälivaihtelu laski molemmissa asennoissa, korkeataajuinen pysyi lähes muuttumattomana makuuasennossa, mutta seisoma-asennossa nousi. LF:n ja HF:n suhde laski molemmissa asennoissa. Maastoharjoituksesta palautumiseen jokainen sykevälivaihtelu muuttuja kasvoi. Lähtötasomittauksesta palautumiseen makuuasennon mittaukset nousivat, mutta seisoma-asennon laskivat. LF:n ja HF:n suhde käyttäytyi päinvastoin kuin edellä olevat.

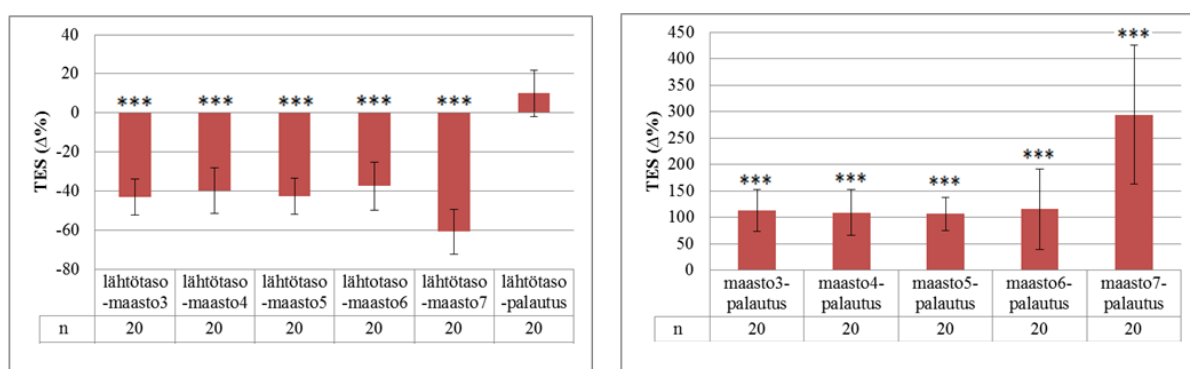
Taulukko 10. Yhteenveto sykevälivaihtelumuuttujien muutoksista.

| <b>autonominen<br/>hermosto</b>           | <b>lähtötaso-<br/>maastopäivät</b> | <b>maastopäivät-<br/>palautuminen</b> | <b>lähtötaso-<br/>palautuminen</b> |
|---|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| parasympaattinen/<br>sympaattinen         | LFb ↓<br>LFt ↓                     | LFb ↑<br>LFt ↑                        | LFb ↑<br>LFt ↓                     |
| parasympaattinen                          | HFb ↔<br>HFt ↑                     | HFb ↑<br>HFt ↑                        | HFb ↑<br>HFt ↓                     |
| parasympaattisen ja<br>sympaattisen suhde | LFHFB ↓<br>LFHFT ↓                 | LFHFB ↑<br>LFHFT ↑                    | LFHFB ↓<br>LFHFT ↑                 |

## 10.2 Hormonien muutokset

**Testosteronin** muutokset olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ( $p < 0,001$ ), kun käsitellään testosteronin muutosta lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin. Jokaisena päivänä muutos oli laskeva. Muutos lähtötasosta palautumispäivään oli positiivinen, mutta ei tilastollisesti merkitsevä.

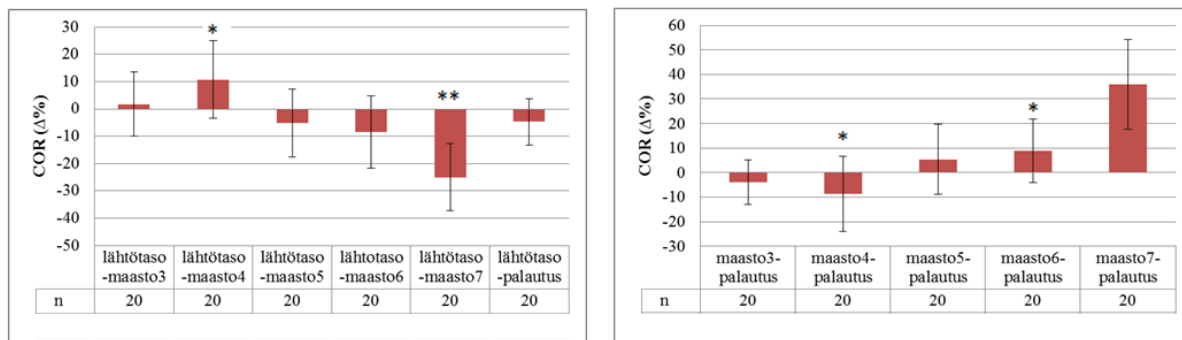
Testosteronin muutos maastoharjoituksesta palautumispäivään oli jokaisen päivän osalta myönteinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) (Kuva 20).



Kuva 20. Testosteronin muutosprosentti lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin sekä palautumispäivään ja muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumiseen.

**Kortisolin** muutokset laskivat harjoituksen loppua kohti, kun verrataan muutosta lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin. Tilastollisesti merkitsevä muutos oli lähtötasosta maastoharjoituksen neljänteen ( $p < 0,05$ ) päivään ja lähtötasosta maastoharjoituksen seitsemänteen ( $p < 0,005$ ) päivään.

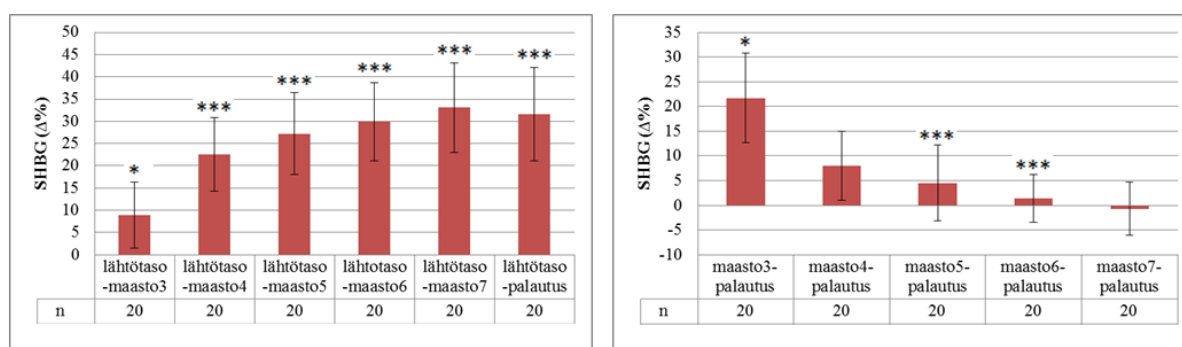
Verrattaessa maastoharjoituspäivien arvoja palautumispäivään vain maastoharjoituksen neljännen ja kuudennen ( $p < 0,05$ ) päivän muutos oli tilastollisesti merkitsevä. Mitä pidemmälle maastoharjoitus jatkui, sitä korkeammaksi muutos nousi (Kuva 21).



Kuva 21. Kortisolin muutosprosentti lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin sekä palautumispäivään ja muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumiseen.

**SHBG:n** muutokset lähtötasosta maastoharjoituksen viidenteen, kuudenteen, seitsemänteen päivään sekä palautumismittauksiin ( $p < 0,001$ ) olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ja arvot olivat nousevia. Lähtötasomittauksista maastoharjoituksen kolmanteen päivään muutos oli tilastollisesti merkitsevä ( $p < 0,05$ ). Kaikki muutokset olivat positiivisia.

Muutokset maastoharjoituksen päivistä palautumispäivään olivat positiivisia pois lukien maastoharjoituksen seitsemäs päivä. Tilastollisesti erittäin merkitseviä olivat maastoharjoituksen viidennen ja kuudenteen ( $p < 0,001$ ) päivän muutokset palautumispäivään ja merkitsevä oli maastoharjoituksen kolmannen ( $p < 0,05$ ) päivän muutos palautumismittaukseen (Kuva 22).

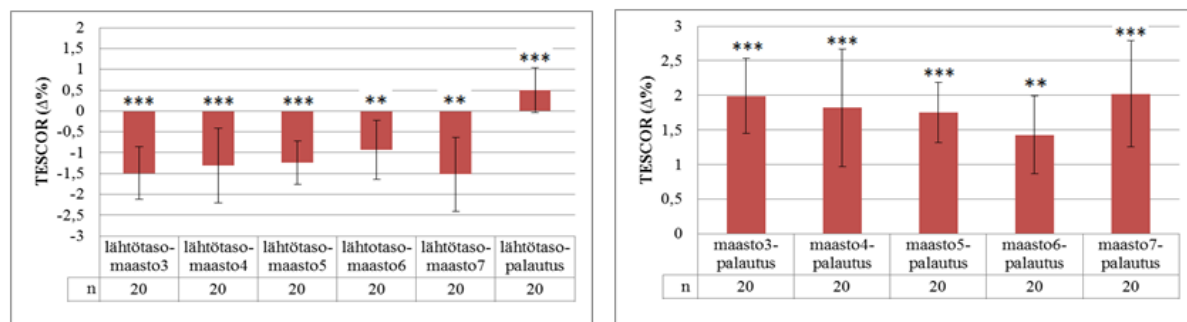


Kuva 22. SHBG:n muutosprosentti lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin sekä palautumispäivään ja muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumiseen.

**Testosteronin ja kortisolin suhde** laski tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen, neljänteen ja viidenteen päivään sekä palautumismittauksiin. Suhde laski merkittävästi lähtötasosta maastoharjoituksen kuudenteen ( $p < 0,05$ ) ja seitsemänteen ( $p < 0,005$ ) päivään.



Maastoharjoituksen kolmannesta, neljänestä, viidennestä sekä seitsemänneistä ( $p < 0,001$ ) päivästä testosteronin ja kortisolin suhde muuttui tilastollisesti erittäin merkitsevästi. Merkitsevä muutos oli maastoharjoituksen kuudennessa ( $p < 0,005$ ) päivästä palautumiseen (Kuva 23).



Kuva 23. Testosteronin ja kortisolin suhteen muutosprosentti lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin sekä palautumispäivään ja muutosprosentti maastoharjoituksen päivistä palautumiseen.

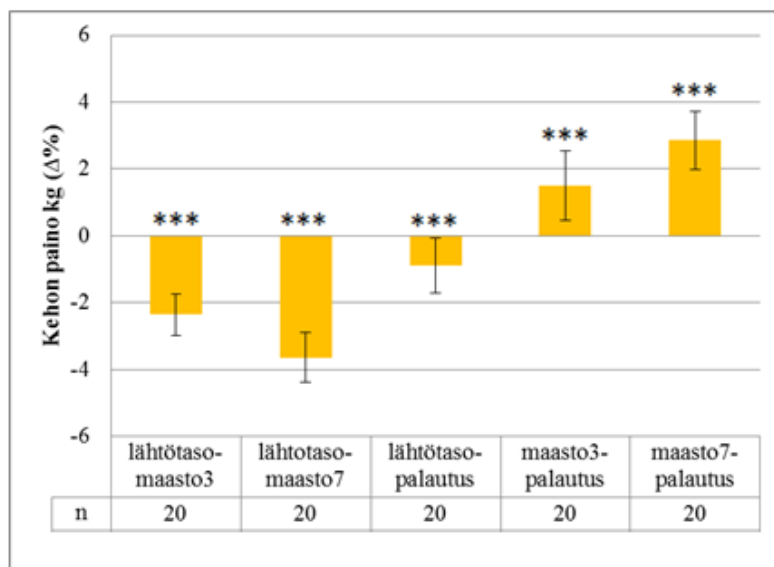
Taulukossa 11 on yhteenveto hormonien ja SHBG:n muutoksista harjoitusjakson aikana. Lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin testosteroniarvot sekä testosteronin ja kortisolin suhde laskivat. Kortisoli nousi ensimmäisinä päivinä, mutta laski loppuharjoituksessa. SHBG lisääntyi koko maastoharjoituksen ajan. Maastoharjoituksesta palautumiseen hormonit ja SHBG käyttäytyivät päinvastoin kuin edellä mainitussa. Verrattaessa lähtötasoa palautumiseen testosteroni nousi yli lähtötason ja kortisoli laski alle lähtötason.

Taulukko 11. Yhteenveto hormonien ja SHBG:n muutoksista.

| hormoni/<br>välittäjäaine | lähtötaso-<br>maastopäivät | maastopäivät-<br>palautuminen | lähtötaso-<br>palautuminen |
|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| testosteroni              | TES ↓                      | TES ↑                         | TES ↑                      |
| kortisoli                 | COR ↑↓                     | COR ↓↑                        | COR ↓                      |
| SHBG                      | SHBG ↑                     | SHBG ↓                        | SHBG ↑                     |
| TESCOR                    | TESCOR ↓                   | TESCOR ↑                      | TESCOR ↑                   |

### 10.3 Kehon painon muutos

**Kehon painon muutos** oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ( $p < 0,001$ ) jokaisessa mittausajankohdassa. Paino laski lähtötasosta maastoharjoitusten päiviin ja palautumismittaukseen. Paino nousi, kun verrataan maastoharjoituksen päiviä palautumismittauksiin (Kuva 24).

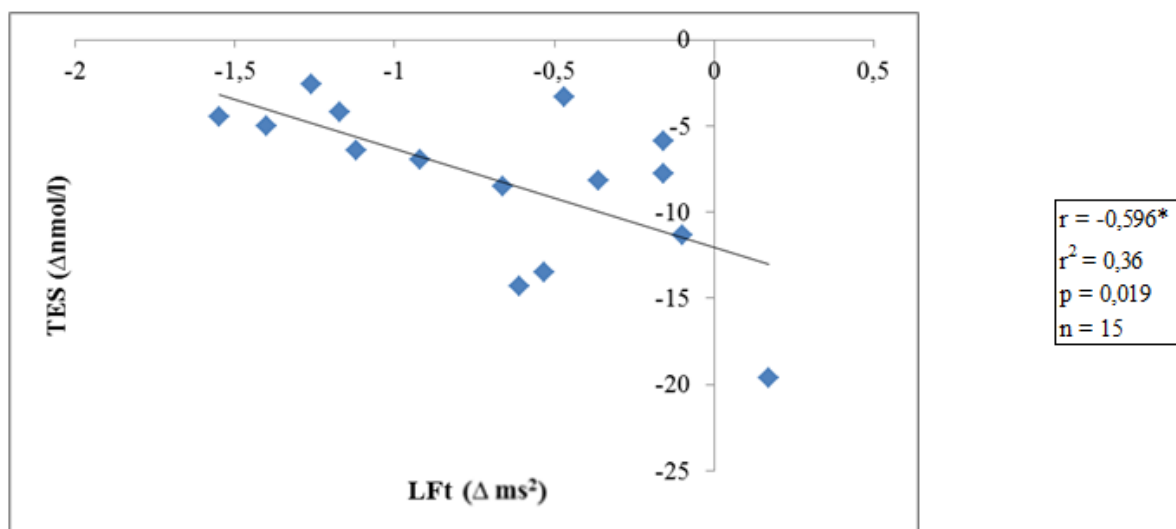


Kuva 24. Kehon painon muutosprosentti

## 10.4 Sykevälivaihtelumuuttujien ja hormonien muutosten väliset yhteydet

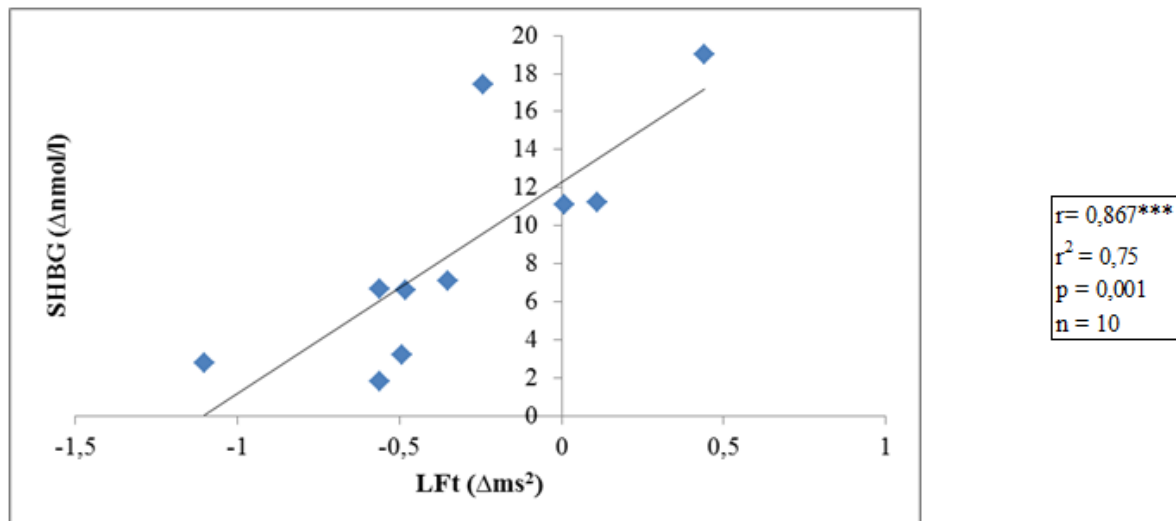
Seuraavissa kuvissa on esitelty tilastollisesti vähintään merkitsevät korrelaatiot tutkimusjaksolta. Korrelaatiot ovat laskettu muutoksien absoluuttista arvoista.

**Lähtötaso–maastoharjoituksen kolmas päivä.** Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita löytyi testosteronin muutoksen ja LFt-muutoksen (Kuva 25).

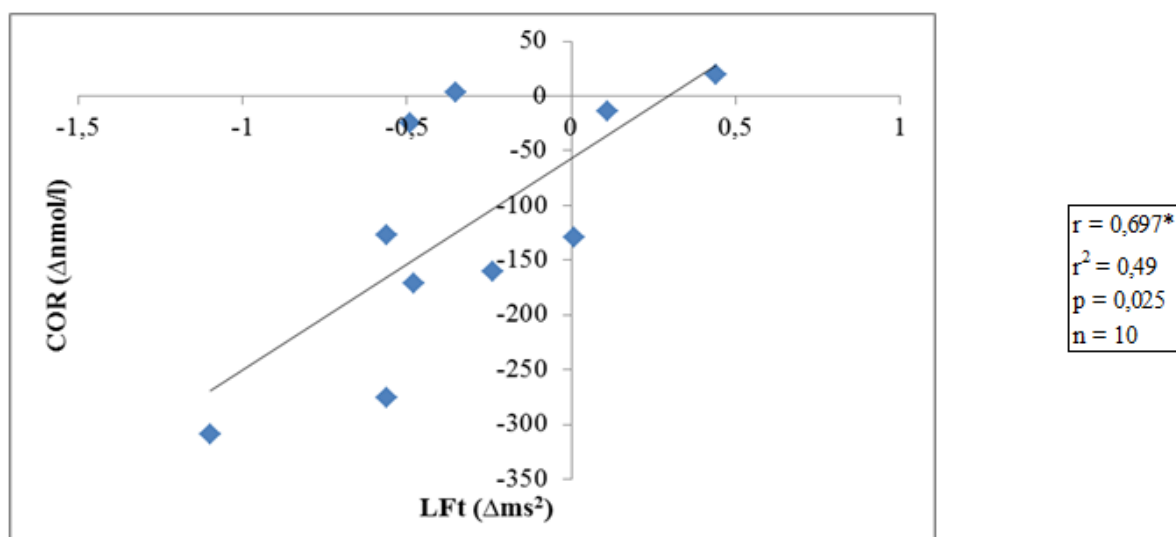


Kuva 25. Korrelaatio testosteronin muutoksen ja LFt-muutoksen välillä lähtötasomittauksista maastoharjoituksen kolmanteen päivään

**Lähtötaso–maastoharjoituksen kuudes päivä.** Tilastollisesti erittäin merkitsevä korrelaatio oli LFT:n muutoksen ja SHBG:n muutoksen välillä (Kuva 26). Tilastollisesti merkitsevä korrelaatio oli LFT:n muutoksen ja kortisolin muutoksen välillä (Kuva 27).

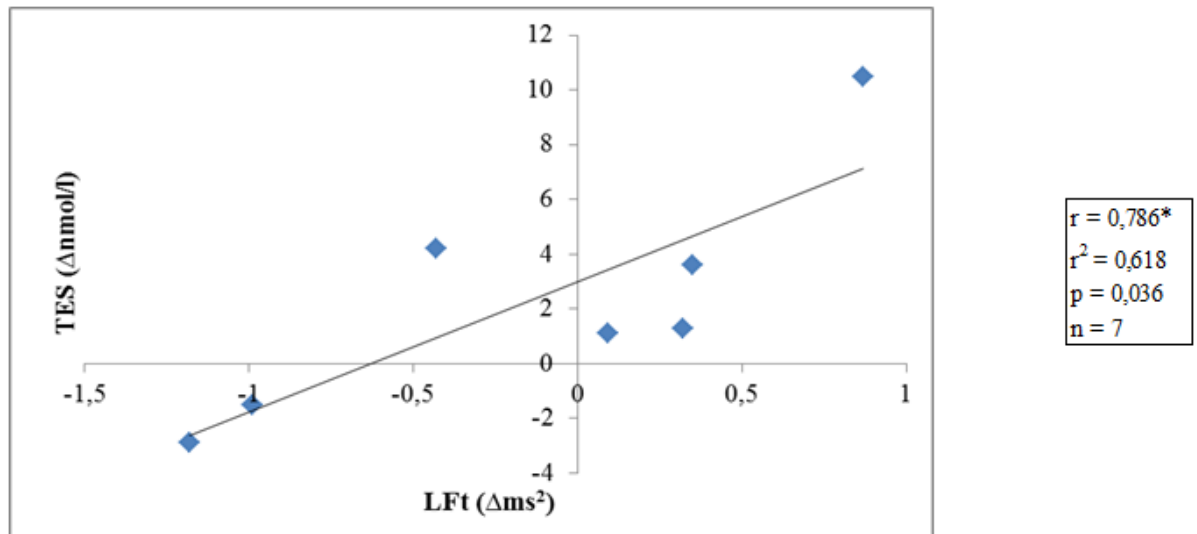


Kuva 26. Korrelaatio SHBG muutoksen ja LFT-muutoksen välillä lähtötasomittauksista maastoharjoituksen kuudenteen päivään.



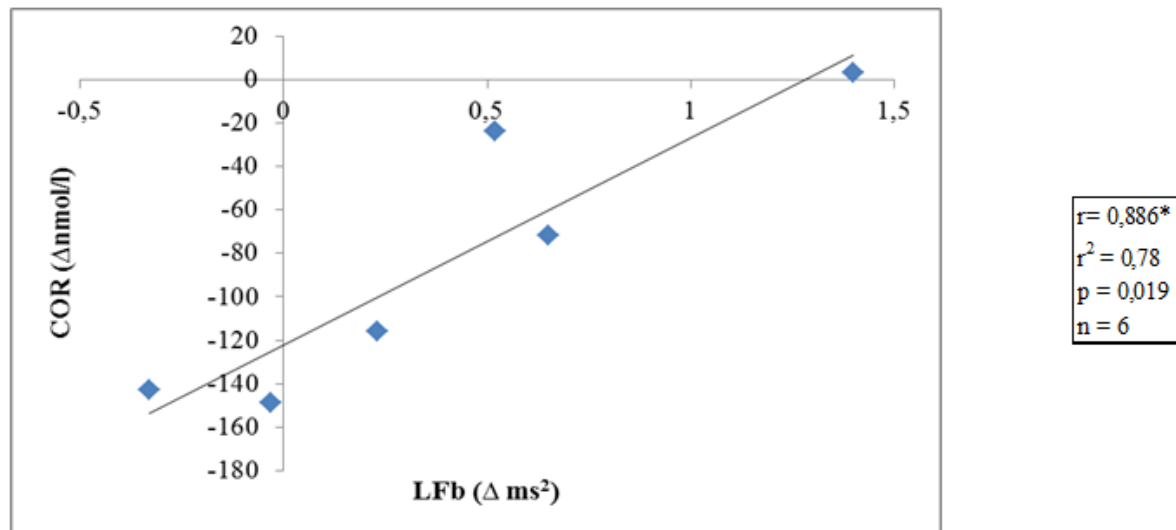
Kuva 27. Korrelaatio kortisolin muutoksen ja LFT-muutoksen välillä lähtötasomittauksista maastoharjoituksen kuudenteen päivään.

**Lähtötaso-palautusmittaus.** Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita oli testosteronin muutoksen ja LFT:n muutoksen välillä (Kuva 28).

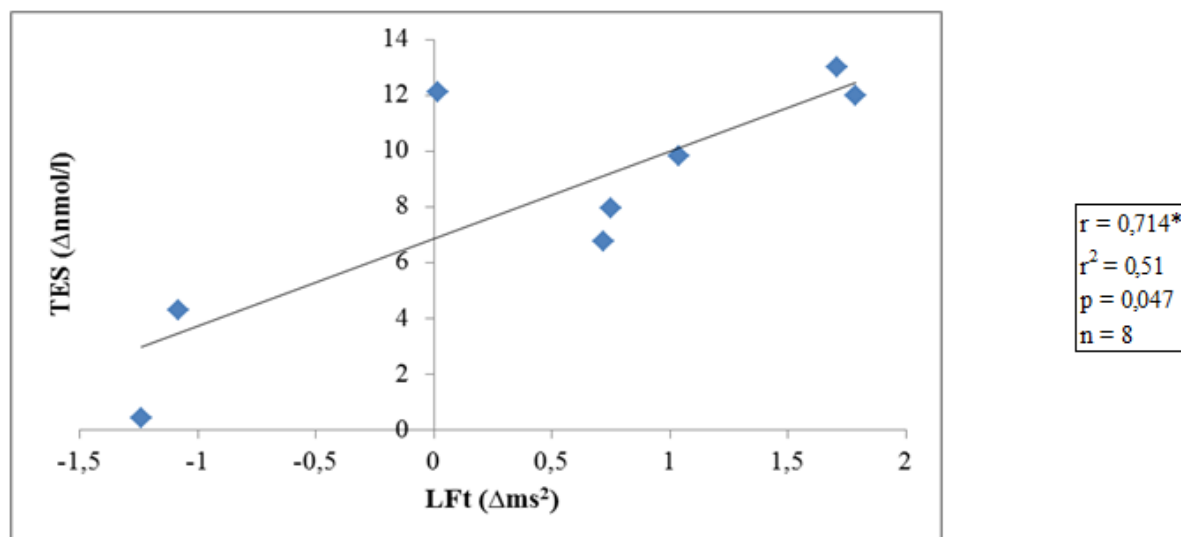


Kuva 28. Korrelaatio testosteronin muutoksen ja LFT-muutoksen välillä lähtötasomittauksista palautumiseen.

*Maastoharjoituksen viides päivä–palautumismittaus.* Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita oli kortisolin muutoksen ja LFb:n muutoksen välillä (Kuva 29) sekä testosteronin muutoksen ja LFt:n muutoksen välillä (Kuva 30).

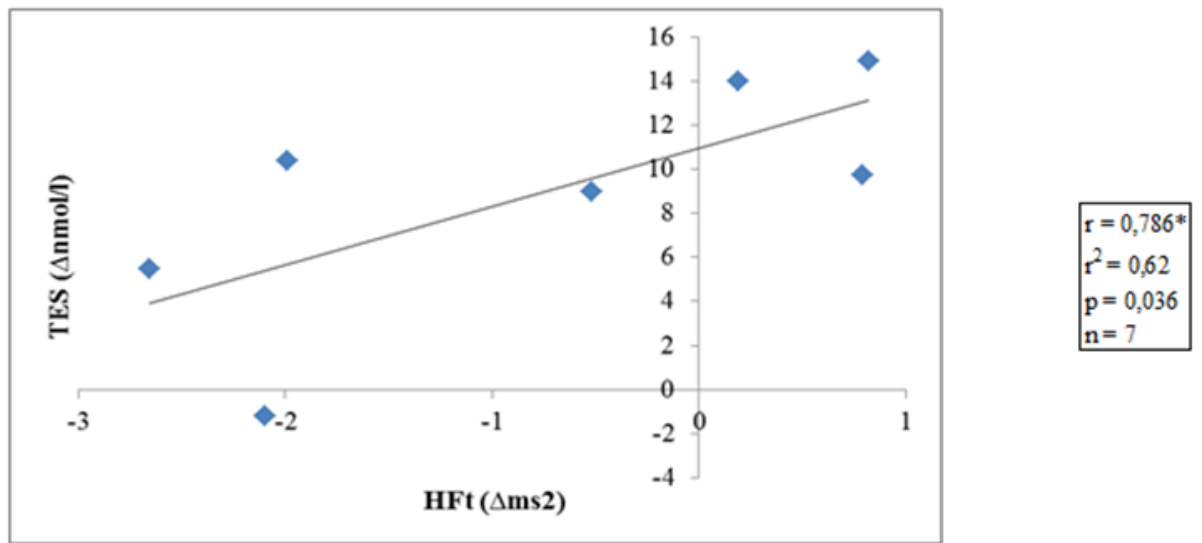


Kuva 29. Korrelaatio kortisolin muutoksen ja LFb-muutoksen välillä maastoharjoituksen viidennestä päivästä palautumiseen.



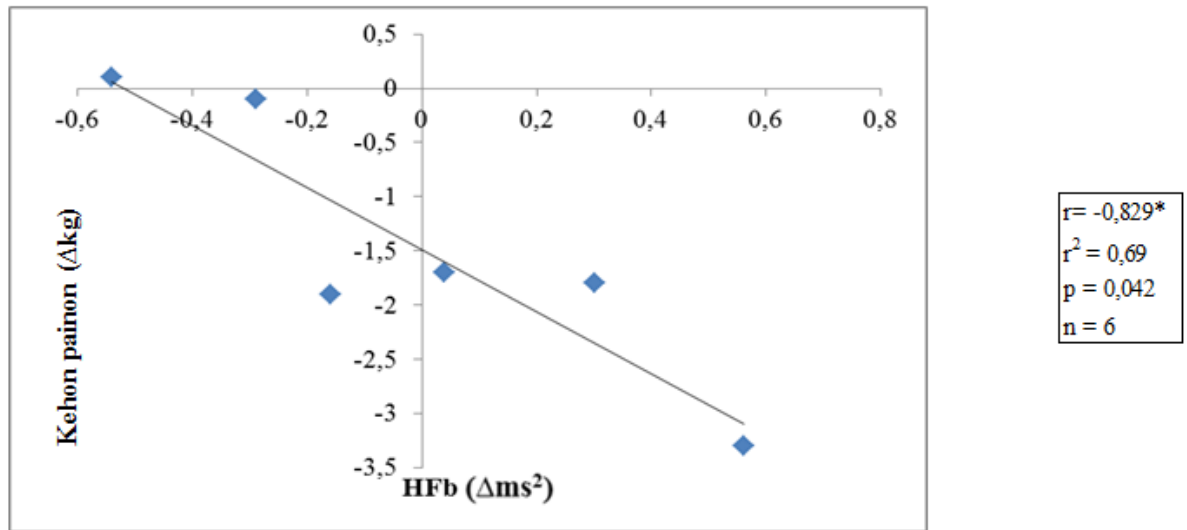
Kuva 30. Korrelaatio testosteronin muutoksen ja LFt-muutoksen välillä maastoharjoituksen viidennestä päivästä palautusmittauksiin.

*Maastoharjoituksen kuudes päivä-palautumismittaus.* Tilastollisesti merkitseviä korrelaatioita oli testosteronin muutoksen ja HFt:n muutoksen välillä (Kuva 31).



*Kuva 31. Korrelaatio testosteronin muutoksen ja HFt-muutoksen välillä maastoharjoituksen kuudennesta päivästä palautumismittauksiin.*

*Maastoharjoituksen seitsemäs päivä-palautusmittaus.* Tilastollisesti merkitsevä korrelaatio oli painon muutoksen ja HFb:n muutoksen välillä (Kuva 32)



Kuva 32. Korrelaatio kehon painon muutoksen ja HFb-muutoksen välillä maastoharjoituksen seitsemännestä päivästä palautumiseen.



## 11 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen päätulos on autonomisen hermoston säätelyn väheneminen maastoharjoituksessa. Yhdessä laskevien hormonimuutosten kanssa voidaan todeta, että maastoharjoitus on ollut kuormittavampi kuin kasarmijakso. Autonomisen hermoston muutoksien mukaan harjoitus ei ole ollut niin kuormittava kuin hormonimuutosten mukaan. Kuormitusta vahvistaa myös harjoituksen aikainen energiavaje, joka ilmenee kehon painon vähenemisellä lähtötasosta. Autonomisen hermoston ja hormoni muutosten välillä on löydettävissä yhteyksiä, mutta niissä on paljon ristiriitaisuuksia. Hormonimuutokset ja autonomisen hermoston muutokset maastoharjoituksesta palautumismittauksiin ovat positiivisia, jotka kertovat elimistön palautumisesta harjoituksesta. Testosteroni nousee jopa yli lähtötasomittauksen ja kortisoli laskee alle lähtötason, mitkä saattavat kertoa elimistön saavutetusta superkompensaatiotilasta.

Tutkimuksen ensimmäisen hypoteesin mukaan maastoharjoitus muuttaa sydämen autonomista säätelyä ja hormonipitoisuuksia veressä. Hypoteesi pitää paikkaansa. Maastoharjoitus muutti sydämen autonomista säätelyä verrattuna kasarmiolosuhteisiin. Matalataajuinen sykevälivaihtelu, jota pidetään sympato-vagaalisen toiminnan kuvaajana, laski niin makuulla kuin seisossa. Korkeataajuinen sykevälivaihtelu, joka on parasympaattisen eli elimistöä rauhoittavan hermoston toiminnan kuvaaja, sen sijaan pysyi muuttumattomana makuuasennossa, mutta seisoma-asennossa sen todettiin nousevan. Korkeataajuinen sykevälivaihtelu käyttäytyi kuten Vaaran ym. (2007) tutkimuksessa, jossa todettiin univajeen kasvattavan parasympaattista säätelyä. Maastoharjoitus ei kuitenkaan saanut aikaan Ernestin (2014, 87) kuvailemaa stressitilaa, jossa sympaattinen säätely kohoaa ja parasympaattinen säätely vähenee. LFHF-suhde kertoo autonomisen hermoston tasapainotilasta, laski molemmissa asennoissa. Lindholm ym. (2011,78) ovat todenneet LFHF-suhteen nousun viittaavan elimistön nousevaan stressitilaan, mutta sen tulkintaa voidaan pitää kiistanalaisena (Le Meur ym. 2013). Se mitä lisätietoa seisoma-asento tuo verrattuna makuuasentoon, ei ole vielä tiedossa (Buchheit 2014). Maastoharjoitus muutti veren hormonaalisia pitoisuuksia vähentämällä testosteronin määrää sekä nostamalla kortisolin ja SHBG:n pitoisuuksia. Aiempien tutkimusten mukaan tulos oli odotettu.

Toisena hypoteesina oli, että maastoharjoitus on kuormittavampi jakso kuin kasarmijakso. Toinen hypoteesi osoittautui myös paikkansa pitäväksi, koska suurin osa sykevälivaihtelumuuttujista laski lähtötasosta maastoharjoituksessa. Ainoa nouseva muuttuja oli HF seisoma-asennossa. Parasympaattisen säätelyn on todettu lisääntyvän väsymyksen ja uupumuksen johdosta (Jouanin ym. 2004; Vaara ym. 2007), mutta myös vähentyvän (Salonen 2008; Salonen ym. 2013). Lisääntynyttä sykevälivaihtelua pidetään hyvänä fyysisen kunnan merkinä. Vä-

hentynyt sykevälivaihtelu kertoisi siis heikentyneestä kestävyyskunnosta. Koehenkilöiden tiedetään olevan hyvässä kestävyyskunnossa ja oletettavaa on, että heidän kunto ei ole laskeutunut sotilaskoulutuksen aikana, koska koulutuksen tiedetään sisältävän paljon liikuntakoulutusta ja muuta fyysistä koulutusta. Sykevälivaihtelun aleneminen johtuu tässä tapauksessa todennäköisemmin harjoituksen aiheuttamasta väsymyksestä, uupumuksesta ja mahdollisesta tilapäisestä ylikuormitustilasta. Myös testosteronin määrän vähentyminen, SHGB:n ja kortisolin lisääntyminen viittaavat siihen, että maastoharjoitus on ollut kuormittavampi.

Tutkimuksen kolmas hypoteesi ei pidä paikkaansa. Hypoteesina oli, että kahden viikon sotilaskoulutuksesta palaututaan huonosti. Kaikkien sykevälivaihtelumuuttujien muutos maastoharjoituksen päivistä palautumiseen kasvaa ja sitä pidetään merkinä fyysisen kunnan kehittymisestä eli tässä tapauksessa samalla voitaisiin puhua palautumisesta. Hormonimuutosten mukaan palaututaan, koska testosteroni nousee jopa korkeammalle kuin lähtötaso. Kyröläisen ym. (2008) mukaan viikonloppuvapaa on ollut tarpeeksi palauttava, jos testosteronitasot nousevat yli lähtötason. Elimistön stressihormoni, kortisoli, laskee alle lähtötason. Kortisolin muutos kertoo siitä, että elimistö on palautunut. Tutkimusjakson tiedettiin olevan fyysisesti erittäin kuormittava (Huovinen 2008), joten oli yllättävää, kuinka monella mittarilla jaksosta palautuminen voitiin todeta.

Viimeisenä hypoteesina tässä tutkimuksessa oli, että ortostaattisen kokeen sykevälivaihtelumuuttujilla on yhteys hormoni- ja painomuutoksiin. Tämän hypoteesin voidaan todeta pitävän paikkaansa, jos yhteydet hormonimuutosten ja sykevälivaihtelumuuttujien muutosten välillä olivat hyvin ristiriitaisia. Löytyneet yhteydet tukevat Salonen ym. (2013) havaitsemia yhteyksiä hormonien ja parasympaattisen säätelyn välillä, mutta tuloksissa on myös paljon erisuuntaisia havaintoja. Huovisen ym. (2011) löytämä yhteys parasympaattisen säätelyn ja seerumin testosteronin muutoksen välillä oli todennettavissa myös tässä tutkimuksessa, tosin vain yhden päivän osalta eikä siitä ollut säännöllisesti toistuvaa yhteyttä. Yhteyksiä oli haasteellista tulkita niiden ristiriitaisuuden vuoksi.

## 11.1 Autonomisen hermoston vasteet

***Matalataajuinen sykevälivaihtelu*** laskee asennosta huolimatta lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin. Kirjallisuudessa LF:n alkuperästä on paljon toisistaan poikkeavia tietoja. Osassa sitä pidetään kokonaan sympaattisen säätelyn merkinä ja osassa parasympaattisen säätelyn kuvaajana. Nykykäsityksen mukaan se kertoo enemmän sympato-vagaalisesta säätelystä eli

siihen vaikuttavat sekä sympaattinen että parasympaattinen säätely. Analysoitaessa matalataajuista sykevälivaihtelua olisi hyvä analysoida myös muita taajuuskenttämuuttujia. Kova harjoittelu ja fyysinen rasitus saattavat nostaa matalataajuisia sykevälivaihtelua (Uusitalo ym. 1999), mutta on olemassa myös päinvastaisia tutkimuksia. Pitkäkestoisen fyysisen kuormituksen on todettu laskevan LF:n arvoja (Jouanin ym. 2004).

**Korkeataajuinen sykevälivaihtelu** on yksimielisesti sydämen parasympaattista säätelyä. Lähtötasosta maastoharjoituksen päiviin makuuasennossa parasympaattinen säätely säilyi melkein muuttumattomana ja seisoma-asennossa se lisääntyi. Sykevälivaihtelun muuttumattomuus makuuasennossa johtua siitä, että koehenkilöt nukahtelevat mittauksen aikana. Uni vie elimistön lepotilaan, joka ei kerro välttämättä luotettavasti parasympaattisen toiminnasta, koska sympaattinen säätely vähenee unen aikana ja molemmat autonomisen hermoston haarat ovat riippuvaisia toistensa tekemistä. Seisoma-asennossa parasympaattinen säätely lisääntyy. Buchheit ym. (2010) totesivat, että aerobisen kunnan kasvulla ja parasympaattisen säätelyn lisääntymisellä on todettu olevan yhteys, mutta Vaara ym. (2007) ja Jouanin ym. (2004) kertoivat parasympaattisen säätelyn lisääntyvän väsymyksessä ja uupumuksessa, mutta Salonen (2008 & 2013) on raportoinut laskeneesta parasympaattisesta säätelystä kuormituksen yhteydessä. Merkittävää on huomata, että lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen päivään HF laski tilastollisesti erittäin merkitsevästi ( $p < 0,001$ ) ja muutos oli noin seitsemän prosenttia. Maastoharjoitusjakson on ollut siis kuormittava.

Pitkäkestoinen fyysinen suoritus laskee sympaattista säätelyä ja lisää parasympaattista säätelyä (Jouanin ym. 2004). Toisaalta Baumert (2006) oli sitä mieltä, että äkillisesti nostettu harjoittelu laskee sympaattista ja parasympaattista säätelyä. Kuten tiedetään, varusmieskoulutuksen fyysisessä koulutuksessa pyritään nousujohteisuuteen. Baumertin (2006) tulosten valossa tässä tutkimusjaksossa ei voida puhua äkillisesti nostetusta harjoittelusta. Sen sijaan tämän tutkimuksen tulokset käyttäytyvät samoin kuin Jouanin ym. (2004) tulokset verrattaessa lähtötasoa maastoharjoituksen päiviin. Sympaattinen säätely vähenee ja parasympaattinen säätely kasvaa. Näin ollen voidaan tulkita, että maastoharjoitus on ollut pitkäkestoinen fyysinen suoritus, jossa on tullut väsymystä ja uupumista. Myös Huovinen (2008) totesi tutkimusjakson olevan fyysisesti erittäin kuormittava.

**LF:n ja HF:n suhteen** tulkinta on kiistanalainen (Le Meur ym. 2013). Lindholmin (2011, 78) mukaan sen nousu viittaisi stressitilaan. Matemaattisesti LFHF-suhde tarkoittaa sitä, että LF nousee ja HF laskee tai molemmat muuttuvat epäedulliseen suuntaan. Voitaisiin sanoa, että suhdeluku kasvaa stressin kasvun myötä. Mutta tulokset osoittavat, LFHF-suhde laskee.

LFHF-suhteen vertailua LF:ään ja HF:ään voidaan todeta sen käyttävän samoin kuin LF:n. Autonomisen hermoston suhdeluvun lasku tarkoittaa elimistön stressitilan vähenemistä.

Kaiken kaikkiaan autonomisen hermoston muutokset eivät kerro maastoharjoituksen kuormittavuudesta koko totuutta. Aikaisempien tutkimusten valossa tulokset ovat hieman ristiriitaisia keskenään ja taajuuskenttämuuttujien tulkinta on haasteellista. Osaltaan tulosten kiistanalaisuuteen saattaa vaikuttaa pieni otanta, joka vaihteli neljästä viiteentoista.

Maastoharjoituksen päivistä palautumispäivään kaikki sykevälivaihtelumuuttujat ovat nousevia. Kasvaneet sykevälivaihtelumuuttujat voivat olla merkkejä positiivisista adaptaatioista kunnossa (Plews 2012). Aerobisen kunnan kasvulla ja parasympaattisen säätelyn lisääntymisellä on todettu olevan yhteys (Buchheit 2010). Le Meur ym. (2013) ovat havainneet, että ylikuntoisilla urheilijoilla LF ja HF käyttäytyvät samoin, mutta olisiko mahdollista, että ne käyttäytyisivät samoin superkompensaatiotilassa? Tässä tutkimuksessa ei ole kyseessä ylikuntoila, koska nousseet sykevälivaihtelumuuttujat positiivisten hormonimuutosten kanssa osoittavat, että harjoituksesta palaudutaan viikonloppuvapaan aikana.

Verrattaessa sykevälivaihtelumuuttujia lähtötasosta palautumiseen osoittavat sen, että makuuasennossa mitatut muuttujat nousevat, mutta seisoma-asennossa mitatut laskevat. Nykytietämyksen mukaan ei vielä voida sanoa, mitä lisätietoa seisoma-asento antaa sykevälivaihtelun analysointiin. Lähtötasosta palautumiseen verratut muuttujat ovat ristiriitaisia ja niistä on vaikea tehdä tulkintoja suunta tai toiseen.

Sykevälivaihtelu on yksilökohtaista ja riippuu paljon henkilön kuntotaustasta sekä harjoitteluhistoriasta (Plews 2012; Uusitalo, Uusitalo & Rusko 2000). Ylikunnan vaikutukset sykevälivaihteluun ovat epäselvät. Ylikuntoisella on huomattu sympaattisen hermoston olevan aktiivisempi (Mourot ym. 2004). Ylikunnossa oleville urheilijoilla on todettu HF ja TP olevan merkittävästi korkeammalla ylikunnan aikaan kuin ennen sitä (Hedelin 2000a). On olemassa löydöksiä, joissa sykevälivaihtelu nousee (Hedelin ym. 2000a) laskee (Hynynen ym. 2006; Uusitalo ym. 2000) tai ole muutoksia (Bosquet ym. 2003; Hedelin ym. 2000a; Uusitalo ym. 1998). Vaikka harjoittelua nostettiin 50 prosenttia ja todettiin ylikuormituksen oireita, sykevälivaihtelussa ei ollut muutoksia (Hedelin ym. 2000b). Ylikunnossa olevilla urheilijoilla oli korkeampi LF kuin kontrolliryhmällä (Hynynen ym. 2008). LF ja HF käyttäytyivät samansuuntaisesti ylikuntoisilla (Le Meur ym. 2013). Näiden tulosten mukaan koehenkilöitä ei voi tulkita ylikuntoisiksi vaan kärsivät korkeintaan tilapäisen ylikuormittumisen oireista, jotka näkyvät sekä sykevälivaihtelumuuttujien muutoksissa että hormonien muutoksissa.

## 11.2 Hormonaalisten muuttujien vasteet

**Testosteroni.** Kuormituksen jatkuessa rasitus laskee testosteronitasoja (Adlercreutz ym. 1986; Kuoppasalmi 1981, 49), joka voi johtaa kataboliseen tilaan (McArdle ym. 2007, 434–436). Kuormituksessa testosteronin määrän on todettu laskevan (Kuoppasalmi 1981, 49). Sen on todettu laskevan sotilaallisissa harjoituksissa (Gomez-Merino ym 2003; Fortes ym. 2011; Nindl ym. 2006; Salonen 2008; Salonen ym 2013; Salonen 2014; Väänänen ym. 2002) kuin myös pitkäkestoisessa suorituksessa (Adlercreutz ym. 1986; Fenandez-Garcia ym. 2002; Kuoppasalmi 1981; Väänänen ym. 2004). Kyröläinen ym. (2008) havaitsivat testosteronin laskua harjoituksen ensimmäisinä päivinä, mutta kevyessä harjoituksessa ne nousivat yli lähtötasojen. Kalliomaa (2014) havaitsi laskuvarjoohyppykoulutuksen laskevan testosteroniarvoja ensimmäisinä päivinä, mutta ne palautuivat takaisin lähtötasoon. Toisaalta Tanskanen (2012) ei havainnut ylikuormitustilassa olevilla varusmiehillä muutoksia testosteronin erityksen kanssa. Hormonaalisten muutosten suurimmaksi aiheuttajaksi epäiltiin kasaantuvaa univajetta, joka myös aiheutti alokkaille ylirasitustilan (Booth ym. 2006).

Tässä tutkimuksessa testosteroniarvot laskivat lähtötasosta maastoharjoituksen jokaiseen päivään. Kyröläisen ym. (2008) tutkimuksen mukaan tätä harjoitusta ei voida pitää kevyenä, koska testosteronitaso eivät nousseet yli lähtötason. Harjoituksen aikana varusmiehille kasaantui univelkaa, joka osaltaan voi selittää hormonaalisia muutoksia (Booth ym. 2006). Harjoitusjakson aikana tuli kolme 20–25 kilometrin mittaista siirtymistä. Niiden ajankohdat olivat ennen maastoharjoituksen alkua, maastoharjoituksen kolmantena vuorokautena ja maastoharjoituksen kuudennen ja seitsemännen vuorokauden välisenä yönä. Testosteronin muutos oli suurin viimeiseen maastoharjoituksen päivään, joka selittyy yöllisellä siirtymisellä, univelalla ja mahdollisella energian puutteella.

Maastoharjoituksen päivistä palautumismittaukseen jokainen arvo nousi yli sata prosenttia ja muutos oli tilastollisesti merkittävä. Aikaisempien tutkimusten mukaan tämä kertoo elimistön palautumisesta. Testosteronin muutos lähtötasosta palautumismittauksiin oli korkeampi, mutta ei tilastollisesti merkitsevä. Tästä voidaan päätellä, että harjoituksesta on palauduttu ja osalle harjoituksesta on syntynyt superkompensaatiotila. Testosteronin mukaan harjoitus on ollut kuormittava, mutta siitä palaudutaan viikonloppuvapaan aikana ja arvot ovat korkeammat kuin lähtötasossa.

**Kortisolipitoisuuksien** on todettu laskevaksi niin fyysisen kuin psyykkisen rasituksen seurauksena (Kuoppasalmi 1981; Ritvanen 2006; Väänänen ym. 2004). Pitkäkestoisten suoritusten

on todettu laskevan kortisolipitoisuuksia (Fernandez-Garcia ym. 2002; Friedl ym. 2003). On myös todettu, ettei viiden vuorokauden raskas sotilaskoulutus vaikuttanut kortisolipitoisuuksiin (Gomez-Merinin ym. 2003). Kyröläinen ym. (2004) havaitsivat kortisolipitoisuuksien nousua partiotiedusteluharjoituksen aikana kolmena ensimmäisenä vuorokautena ja sen jälkeen ne laskivat lähellä lähtötasoa. Kortisolin lasku pitkässä suorituksessa voi myös kertoa elimistö mukautumisesta fyysiseen rasitukseen (Kyröläinen 2015). Kortisoliarvojen on havaittu nousevan harjoittelun myötä, mutta ne laskevat ylikuormittumisen vuoksi. Kortisoli nousi 154 prosenttia rankan harjoitusviikon seurauksena (Opstad 2005). Partiotiedusteluharjoituksen aikana kortisolin muutokset vaihtelivat päivittäin (Salonen 2008).

Kortisoli nousee hieman maastoharjoitusten ensimmäisinä päivinä, mutta sen jälkeen kääntyy laskuun eli kortisoli käyttäytyy tässä tutkimuksessa samoin kuin Kyröläisen ym. (2004) tehdyssä tutkimuksessa. Voidaan olettaa tämän mittauksen myötä, että maastoharjoituksessa on kuormittumista, mutta muutokset eivät ole joka päivä tilastollisesti merkitseviä. Stressitason nousuun vaikuttaa energia- ja univaje, olosuhteet, muut stressitekijä ja fyysinen harjoittelu (Tanskanen 2012). Kortisoli on palautumismittauksessa hieman alempana kuin lähtötasomittauksessa, mutta sillä ei ole tilastollista merkitsevyyttä. Tämä tarkoittanee sitä, että osa koehenkilöistä on palautunut harjoituksesta paremmin kuin osa. Sama ilmiö oli myös havaittavissa testosteronin suhteen.

*SHBG:n* arvojen kasvu on yhdistetty ylikuormittumiseen (Tanskanen 2012, Adlercreutz 1986). Toisaalta kolme päivää kestäneessä partiotiedusteluharjoituksessa SHBG:n arvoissa ei havaittu muutoksia (Salonen 2008). Kasvanut SHBG-arvo kertoo vapaasta testosteronista ja on näin ollen yhteydessä testosteronin kuljettamiseen. Mitä korkeampi SHBG-arvo on, sitä matalampi on testosteronin arvo ja sitä kuluttavampi harjoitus on ollut. SHBG:n muutos veressä käyttäytyvät päinvastaisesti kuin testosteronin muutos.

Maastoharjoituksen päivät ovat korkeammat kuin palautumispäivänä tehty mittaus, mutta se väheni harjoituksen loppua kohti. Tilastollisesti erittäin merkitsevä muutos oli maastoharjoituksen viidennestä päivästä ja kuudennesta päivästä palautumiseen. Tuolloin testosteronin muutos oli positiivinen. Kun SHBG:n muutos oli vähimmillään maastoharjoituksen seitsemäntenä päivänä, oli testosteronin muutos suurimmillaan.

SHBG:n muutos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä lähtötasosta palautumismittauksiin. Se nousi melkein 32 prosenttia. Vastaavasti testosteronin muutos ei ollut tilastollisesti merkitse-

vä. Testosteronin ja SHBG:n suhde myös laskee harjoituksen aikana harjoituksen rasittavuuden mukaan (Kuoppasalmi 1981).

SHBG-arvot lähtötasosta maastoharjoitukseen nousivat, joka on merkki kuormittavasta harjoituksesta. Se käyttäytyy päinvastoin kuin testosteroni ja kertoo kuormittumisesta. Maastopäivistä palautumiseen SHBG:n taso laskee ja on päinvastainen kuin testosteronin, joka kertoo palautumisesta harjoituksesta. Lähtötasosta palautumismittaukseen SHBG:n arvot nousevat, kuten myös testosteroniarvot.

***Testosteronin ja kortisolin suhdetta*** on käytetty kuormittumiseen arviointiin ja se kertoo elimistön anabolisesta tilasta (McArdle ym. 2007, 434–437). Elimistö voidaan todeta yllirasittuneeksi, jos testosteronin ja kortisolin suhde on laskenut yli 30 prosenttia (Aldercreutz ym. 1986). Pitkäaikainen stressaava tilanne sotilasympäristössä nostaa testosteroni-kortisolitasoa, ja sen on todettu olevan yhteydessä parasympaattiseen säätelyyn (Huovinen ym. 2009).

Suhde laski lähtötasosta maastoharjoituksen jokaiseen päivään ja muutos oli tilastollisesti merkitsevä kaikkiin muihin päiviin verrattuna pois lukien maastoharjoituksen kuudes päivä. Testosteronin ja kortisolin suhteen muutos ei kuitenkaan saavuttanut yhtenäkkään päivänä 30 prosentin rajapyykkiä, jota voidaan pitää ylikuormittumisen selvänä merkinä (Aldercreutz ym. 1986). Testosteronin ja kortisolin suhde viittaa samaiseen asiaan kuin autonomisen hermoston tulokset. Selvää ylikuormitukseen liittyvää merkkiä ei löydy. Maastoharjoituksen päivistä palautumiseen muutos oli hyvin pientä, mutta tilastollisesti erittäin merkitseviä. Lähtötasosta palautumiseen muutosta on vain vähän positiiviseen suuntaan, mutta se on tilastollisesti erittäin merkitsevä. Kaikki testosteronin ja kortisolin suhteen muutokset ovat hyvin vähäisiä, joten niillä ei ole merkitystä. Mutta ne ovat kuitenkin laskevia, jotka vahvistavat elimistön kuormittumista. Hormonien muutoksesta on nähtävissä selvästi, että harjoitusjakso on loppua kohden kuormittava ja rasitus on kasaantuvaa.

***Kehon paino*** laski lähtötasosta maastoharjoitukseen. Kehon painon vähenemisen harjoituksen aikana on todettu kertovan kovasta kuormituksesta ja energiavajeesta (Friedl ym. 2000). Tämä kertoo elimistön energiavajeesta. Energian kulutus maastossa oli keskimäärin noin 4100 kilokaloria vuorokaudessa. Taistelumuonapakkaus sisältää noin 3000 kilokaloria vuorokaudessa. Tästä seuraa elimistöön energiavajetta. Painon pudotus yhdessä nousseen kortisolipitoisuuden kanssa kertoo elimistön katabolisesta tilasta harjoituksen aikana. Paino oli kuitenkin palautumismittauksissa korkeammalla kuin maastoharjoituksessa, mutta ei saavuttanut lähtötasomittauksessa mitattua painoa. Tämä puolestaan puhuu elimistön katabolisesta tilasta harjoituksen

aikana. Painon muutos kasarmilta maastoharjoituksen kolmanteen päivään on yhteydessä kortisolin muutoksen kanssa ( $r= 0,543$ ,  $p= 0,013$ ). Painon väheneminen on yhteydessä lisääntyneeseen kortisolipitoisuuteen, mikä kertoo elimistön katabolisesta tilasta. Nesteen ja nestehukan osuutta kehon painoon ei ole tiedossa.

### 11.3 Autonomisen hermoston ja hormonaalisten muutosten väliset yhteydet

Yhteyksiä hormoneiden ja autonomisen hermoston välillä löytyi yllättävän paljon, mutta niiden välillä oli todella suuria ristiriitaisuuksia. Tutkimuksen päälöydöksenä muutosten välisissä yhteyksissä voidaan pitää tätä ristiriitaisuutta. Sykevälivaihteludatan pieni otanta on yksi syy tähän ristiriitaisuuteen, mutta huomattavasti vaikuttavampi tekijä lienee sykevälivaihtelun yksilöllisyys (mm. Uusitalo ym. 1999) ja sen vaihtelu yksilöiden välillä voi olla suurta.

Matalataajuisen sykevälivaihtelumuuttujan muutoksen ja testosteronin muutoksen välillä oli yhteys. Muutoksen aikaväli oli lähtötasosta maastoharjoituksen kolmanteen päivään. Yhteys oli negatiivinen eli mitä suurempi on testosteronin vähentyminen, sitä suurempaa on matalataajuisen sykevälivaihtelun vähentyminen. Testosteronin vähentyminen kertoo elimistön kataboliasta eli hajottavasta tilasta ja elimistössä on väsymistä ja kuormittumista. Matalataajuisista sykevälivaihtelua pidetään sympato-vagaalisen säätelyn kuvaajana ja sen vähentyminen kertoo parasympaattisen säätelyn lisääntymisestä. Vaara ym. (2007) sekä Jouanin ym. (2004) yhdistävät parasympaattisen säätelyn univajeeseen, väsymiseen sekä uupumiseen. Toisaalta parasympaattisen säätelyn on todettu lisääntyvän kunnon noustessa (Buchheit ym. 2010). Jos LF:n oletetaan olevan pelkästään sympaattisen säätelyn kuvaaja, kertoo se elimistön siirtymisestä anaboliseen tilaan. Voiko eri säätelyjärjestelmät adaptoitua kuormitukseen eri tahtiin? Tämän yhteyden perusteella hermosto olisi tottunut jo kuormitukseen ja hormonaalinen säätely tulisi hieman perässä.

Kortisolien muutoksen ja seisoma-asennon matalataajuisen sykevälivaihtelumuuttujan muutoksen väliltä löytyi yhteys lähtötasosta maastoharjoituksen kuudenteen päivään. Samaiselta aikaväliltä oli yhteys myös SHBG:n muutos ja matalataajuinen sykevälivaihtelun muutos. Kortisolien ja LF muutoksen välinen yhteys oli positiivinen. Mitä vähemmän kortisolissa tapahtui muutosta, sitä vähemmän myös LF:ssä oli muutosta. Kun katsotaan muutostaulukkoja, huomataan, että kortisolien muutos maastoharjoituksen kuudenteen päivään lähtötasosta oli negatiivinen. Kortisolien lasku kertoo elimistön väsymyksestä (Kyröläinen ym. 2008) tai elimistön tottumisesta kuormitukseen (Kyröläinen 2015). LF kuvastaa elimistön sympato-vagaalista



tilaa ja kuten edellä todettua, sen lasku kertoo parasympaattisen säätelyn voimistumisesta, joka puolestaan johtuu väsymyksestä ja uupumuksesta (Juonin ym. 2004).

SHBG:n muutoksen ja seisoma-asennon matalataajuisen sykevälivaihtelun muutoksen välillä oli positiivinen yhteys. Mitä enemmän veren SHBG:n muutosta oli, sitä enemmän oli muutosta LF:ssä. SHBG:n nousu kertoo elimistön kuormittumisesta. Jos LF:n ajatellaan olevan sympaattisen säätelyn kuvaaja, olisi niiden välinen yhteys selkeä. Sympaattisen säätelyn nousu lisää SHBG:n määrää veressä eli elimistön stressitasot nousevat ja kuormitus lisääntyy. Mutta LF:n alkuperästä ei ole tarkkaa tietoa ja näin ollen tästä ei voida varmuudella sanoa. Verraten SHBG:n ja LF:n yhteyttä kortisolin ja LF:n välillä, huomataan yhteyksien olevan ristiriidassa keskenään, vaikka kyseessä on samalta aikaväliltä olevat yhteydet. Tämänkaltaiset keskenään eri mieltä olevat yhteydet olivat tässä tutkimuksessa hyvin tavallisia.

Kortisolin muutoksen ja makuuasennon matalataajuisen sykevälivaihtelun muutoksen välillä oli yhteys maastoharjoituksen viidennestä päivästä palautumismittaukseen. Samalla aikavälillä oli yhteys myös testosteronin muutoksen ja seisoma-asennon matalataajuisen sykevälivaihtelun välillä. Kortisolin ja LF:n korrelaatio oli positiivinen. Suuri kortisolin muutos kertoo vähäisestä LF:n muutoksesta. Vähäinen kortisolin muutos kertoo suuremmasta LF:n muutoksesta. Kortisolin tiedetään olevan stressihormoni, jonka erityis stressin myötä lisääntyy. Kortisolin arvo maastoharjoituksesta on laskenut palautumispäivään, mikä on elimistön palautumisen kannalta hyvä asia. LF:n säätelyn lisääntyminen kertoo autonomisen hermoston toiminnan olevan enemmän sympaattisen hermoston puolelle eli elimistössä ei vallitse palautumistila.

Testosteronin ja matalataajuisen sykevälivaihtelun välillä oli positiivinen yhteys. Mitä suurempi testosteronin muutos on ollut, sitä enemmän LF:ssä on tapahtunut muutosta. Testosteronin positiivinen muutos kertoo elimistön palautumisesta. LF:n lisäys puolestaan kertoo sympato-vagaalisen säätelyn muutoksista ja autonomisen hermoston toiminnan siirtymisestä enemmän sympaattisen hermoston toiminnan puolelle. Tässä on hormonierityksen ja autonomisen hermoston toiminnan välillä ristiriita. Jos LF:n tulkitaan olevan enemmän parasympaattisen säätelyn kuvaaja, voidaan todeta elimistön palautuvan ja testosteronin lisäyksen selittävän parasympaattisen säätelyn lisäystä. Jos LF:ää pidetään enemmän sympaattisen säätelyn ilmentäjänä eli elimistön toimintoja kiihdyttävänä tekijänä ja tiedetään, että lisääntynyt testosteroni saa elimistössä aikaa anabolialla, on tulos hyvin ristiriitainen aikaisempien tutkimusten valossa. Onko kyseessä tilanne, jossa elimistö valmistautuu selviytymään rankoissa olosuh-

teissa nostamalla elimistön toimintavalmiutta testosteronin lisäyksellä ja sympaattisen hermoston valmiuden kohottamisen kautta?

Testosteronin muutoksen ja seisoma-asennon korkeataajuisen sykevälivaihtelun muutoksen välillä oli positiivinen yhteys maastoharjoituksen kuudennesta päivästä palautumismittaukseen. Mitä suurempaa testosteronin muutos oli, sitä enemmän parasympaattinen säätely lisääntyi elimistössä. Testosteronin määrän lisäys kertoo elimistön toiminnan kääntymisestä anaboliseen eli rakentavaan tilaan ja parasympaattisen säätelyn lisäys kertoo elimistön huolto- toimenpiteistä.

Painon muutoksen ja korkeataajuisen sykevälivaihtelun välillä oli negatiivinen yhteys maastoharjoituksen seitsemännestä päivästä palautumismittaukseen. Mitä enemmän paino on vähentynyt maastoharjoituksen seitsemännestä päivästä palautumismittaukseen, sitä enemmän parasympaattinen säätely on lisääntynyt. Nälkiintymisen on todettu olevan yhteydessä parasympaattisen säätelyn lisääntymiseen (Vögele ym. 2009).

Lähtötason ja palautumispäivän välillä oli yhteys testosteronin muutoksen ja seisoma-asennon matalataajuisen sykevälivaihtelun välillä. Mitä suurempi oli testosteronin muutos, sitä suurempi oli myös LF:n lisääntyminen. Kuten jo aiemmin todettua, testosteronin lisäys kertoo elimistön palautumisesta sekä siirtymisestä anaboliseen tilaan. Jos oletetaan matalataajuisen sykevälivaihtelun kertovan parasympaattisesta säätelystä, olisi tämä yhteys hyvinkin luonnollinen ja palautumisen kannalta jopa suotavaa.

Tässä tutkimuksessa muutosten väliset yhteydet ovat niin ristiriitaisia, että ei voida sanoa selittävätkö hormonimuutokset sykevälivaihtelun muutoksia tai sykevälivaihtelumuutokset hormonimuutoksia. Suurin osa korrelaatioita oli matalataajuisen sykevälivaihtelun ja hormonien muutosten välillä. Matalataajuisen sykevälivaihtelun alkuperästä on kirjallisuudessa hyvin paljon erimielisyyksiä ja se vaikutti paljon tämän tutkimuksen yhteyksien tulkintaan. Muutosten välisten yhteyksien päälöydöksenä voidaankin näin ollen pitää niiden huomattavaa ristiriitaisuutta. Tuloksissa eritellyissä yhteyksissä on nähtävissä suurta yksilöllistä vaihtelua.

## 11.4 Tutkimuksen luotettavuus ja virhetarkastelu

Ortostaattinen koe suoritettiin aamuisin sisätiloissa. Koehenkilöt tulivat kylmästä ulkoilmasta sisälle lämpimään ja suorittivat saunassa ortostaattisen kokeen. Univelka ja sisätilan lämpöisyys aiheutti koehenkilöiden nukahtelua makuuasennon aikana. Tämä saattaa osaltaan vaikuttaa siihen, että seisoma-asennossa on enemmän merkitsevyyksiä. Seisoma-asentoa voidaankin pitää vakioidumpana mittarina maasto-olosuhteissa tutkittaessa henkilöitä, joilla on taustalla raskasta fyysistä raskasta ja univelkaa. Seisoma-asento on helpompi suorittaa urheilijoiden harjoitusolosuhteissa. Se, mitä lisätietoa seisoma-asento tuo verrattuna makuuasentoon, ei ole vielä tiedossa. (Buchheit 2014).

Tutkimusjakso ajoittuu reserviupseerikurssin viidennelle ja kuudennelle viikolle. Elimistö on jo tässä ajassa tottunut ympäristön muutoksiin sekä erilaisiin fysiologisiin ärsykkeisiin, joita koulutukseen kuuluu (Nummela ym. 2007b, 347). Tutkimusjakson ajankohta on siis hyvä, koska ympäristön muutos ei enää aiheuta elimistössä stressitilaa.

Tutkimusjaksoa edeltävä viikko on ollut normaalia kasarmikoulutusta sisältäen liikuntakoulutusta, oppitunteja, sulkeisia ja päiväpalvelukseen kuuluvia tehtäviä, kuten ruokailuun siirtymiä. Oppilaat olivat viikonloppuvapaalla ennen tutkimusjaksoa. Lähtötaso sykevälivaihtelumuuttujien osalta ei ole luotettavimmasta päästä. Huonon datan vuoksi jouduttiin päättymään ratkaisuun, jossa lähtötaso muodostuu kasarmijakson sattumanvaraisesta kahdesta päivästä. Nämä kaksi päivää voivat olla mistä tahansa kohtaa kasarmijaksoa eli osalla lähtötaso voi muodostua kasarmijakson kahdesta ensimmäisestä päivästä, osalla ensimmäisestä ja viimeisestä päivästä ja osalla lähtötaso voi muodostua kasarmijakson viimeisistä päivistä. Luotettavampaan tulokseen olisi päästy, jos kasarmijakson jokaisesta päivästä olisi kyetty analysoidaan sykevälivaihtelumuuttujat. Toisaalta näin muodostettuna lähtötasomuuttujat kertovat kattavasti kasarmijakson kuormittavuudesta.

Hormoni- ja painomittauksissa käytettiin ensimmäisen päivän eli maanantain mittausta. Koehenkilöiden tutkimusjaksoa edeltävästä viikonloppuvapaan kuormittavuudesta ei ole tiedossa. Tämä saattaa omalta osaltaan hieman vääristää lähtötasoa. Hormoni- ja painomittauksista olisi ollut käytettävissä myös kasarmijakson viimeisen päivän mittaukset, mutta niitä ei käytetty. Jos ensimmäisen ja viidennen päivän arvoista olisi muodostettu näiden muuttujien lähtötaso, olisi saatu juuri tätä tutkimusjaksoa kuvaavammat muuttujat.

Muutosten välisille yhteyksille oli ominaista tulosten ristiriitaisuus. Näin ollen muutosten välisiä yhteyksiä ei voida pitää kovinkaan luotettavana. Tähän lienee syynä sykevälivaihtelun osittainen epäonnistuminen ja sitä kautta pieni otanta. Sykevälivaihtelu on helppo mittari autonomiselle hermostolle, mutta monessa lähteessä on mainittu sen olevan altis virheille.

Tuloksista olisi ollut mielenkiintoista myös tutkia fyysisen suorituskyvyn muutoksia ja sen yhteyksiä sykevälivaihteluun. Fyysistä kuntoa tässä tutkimuksessa testattiin 12-minuutin juoksutestillä, joka oli suoritettu tutkimusjaksoa edeltävällä viikolla. Palautumismittausten yhteydessä suoritettu 12-minuutin juoksutesti olisi tuonut arvokasta lisätietoa fyysisen kunnan muutoksesta tutkimusjakson aikana.

Koehenkilöiden tehtäviä tiedusteluryhmässä ei tässä tutkimuksessa otettu huomioon. Reserviupseerikoulu on joukko-osasto, jossa koulutetaan reservin johtajia. Upseerioppilaiden johtamis- ja kouluttamissuoritukset ovat arvioitavia suorituksia niin maastossa kuin kasarmilla, jotka aiheuttavat henkistä painetta. Fyysinen kuormittuminen ei jakaudu tiedusteluryhmässä tasaisesti. Se johtuu ryhmäkohtaisesta materiaalista, jota ryhmä kuljettaa mukanaan. On aivan eri asia kantaa ryhmäkohtaisesta materiaalista telttaa tai radiokalustoa kuin kirvestä ja sahaa tai puhelimia. Fyysisen ja henkisen kuormittumisen on todettu vaikuttavan sekä sykevälivaihteluun että hormonitoimintaan. Koehenkilöiden kehon painon muutos saattaa selittyä energia- vajeella, mutta myös nesteytyksellä on siihen osansa. Tuloksia analysoitaessa ei ole otettu huomioon mahdollista nestevajetta ja sen vaikutuksia.

Mittausjakso on toteutettu noin seitsemän vuotta aikaisemmin, kuin tämä raportti on kirjoitettu. Tutkijalla ei ole ollut mahdollisuutta vaikuttaa tulosten keräämiseen tai tutkimusasetelman muodostamiseen. Tutkimusdatan keräys on toteutettu hyvin ja luotettavasti sen aikaisen mittausvälineistön mukaan.

Ortostaattisen kokeen sykevälivaihteludatan virheprosentiksi päätettiin 15 prosenttia. Neljän minuutin mittauksissa 15 virheprosentti tarkoittaa sitä, että virhettä voi olla 36 sekuntia. Raja karsi paljon pois käytettävissä olevasta datasta. Tulosten luotettavuus olisi kärsinyt, jos rajaksi olisi määritelty esimerkiksi 20 prosenttia tai enemmän. Otanta vaihtelee 4–15 ja tilastollisesti alle seitsemän menevät otannat eivät anna luotettavaa kuvaa. Jos tutkimuksesta olisi poistettu kaikki kuuden tai sen alle olevat otannat, ei olisi tutkimuksesta saatu koko tutkimusjakson kattavaa. Pieni otanta saattaa vääristää tuloksia ja heikentää tutkimuksen yleistettävyyttä. Tu-

loksia analysoitaessa on myös muistettava, että tulokset on laskettu muutosprosentteina eikä absoluuttisina muutoksina.

Metsämuurosen (2003, 42–45) mukaan tutkimuksen luotettavuutta pystytään lisäämään käytävissä olevien mittausmenetelmien toistettavuudella ja luotettavan tutkimuksen tunnistaa siitä, että se pystytään toistamaan samoilla mittausmenetelmillä uudestaan. Tämä tutkimuksen tiedonkeräys on kauttaaltaan toteutettu laadukkaasti ja suunnitelmallisesti.

## 11.5 Johtopäätökset ja sovellukset käytäntöön

### *1) Maastoharjoitus kuormittaa elimistöä.*

Sykevälivaihtelumuuttujien mukaan maastoharjoitus ei olisi niin kuormittava kuin hormonimittausten mukaan. Hormonimittausten määrä on joka päivältä 20 kappaletta, mutta sykevälivaihtelumittauksien määrä vaihtelee ja ajoittain jää hyvinkin pieneksi. Muutoksissa tilastollisen merkittävyyden puute voi johtua sykevälivaihtelun yksilöllisyydestä (Plews ym. 2012; Uusitalo ym. 2000) ja otanta on paikoitellen todella pieni. Varusmieskoulutuksen suunnittelu on onnistunut tämän jakson osalta hyvin, koska tuloksista on nähtävissä fyysisen kuormituksen nousujohteisuus tutkimusjakson loppua kohti. Painon laskua on havaittavissa harjoituksessa. Painon muutos on selvä merkki elimistön kataboliasta, kuormittumisesta ja energiavajeesta. Tutkimusjakson kaksi viimeistä maastoharjoituspäivää ovat olleet hormonimittausten mukaan kuormittavimmat. Torstai-perjantai välisenä yönä tiedustelulinja toteutti noin 20 kilometrin mittaisen siirtymisen. Ei siis ihme, että varusmiesten testosteronitasot olivat alhaisimmillaan juuri perjantaiaamuna. Hormonimuutosten ja autonomisen hermoston muutokset kertovat maastoharjoituksen tuomasta stressistä, joka tulee huomioida jatkossa harjoitusten suunnittelussa ja koulutuksessa. Valmennusopillisesti kahden kuormittavan viikon jälkeen tulisi olla palauttava viikko.

### *2) Kahden viikon kuormittavasta jaksosta palaututaan.*

Lisääntynyt sykevälivaihtelu kertoo elimistön kunnon paranemisesta. Tässä tutkimuksessa kaikki sykevälivaihtelumuuttujat osoittavat laskua lähtötasosta maastoharjoitukseen. Muutokset kertovat elimistön rasituksesta. Yhdessä laskeneen testosteronitason ja nousseen kortisolitason kanssa voidaan siis päätellä maastoharjoituksen kuormittavan elimistöä. Maastoharjoituksen päivistä palautumiseen sykevälivaihtelu lisääntyi kaikissa muuttujissa, testosteroni nousi ja kortisolitaso laski eli maastoharjoituksesta on palaututtu. Tämän tutkimuksen mukaan sykevälivaihtelua voidaan pitää luotettavana mittarina arvioitaessa autonomisen hermos-

ton palautumista. Jatkossa varusmieskoulutuksessa pitäisi kiinnittää enemmän huomiota palautuviin viikkoihin ja harjoituksiin sekä vähentää palvelukseen kuulumattomien fyysisten suoritteiden määrää, joiden on todettu nostavan selvästi kasarmiviikkojen kuormittumista (Huovinen 2008). Palautumismittauksissa ei sykevälivaihtelumuuttujien osalta päästä lähtötasolle, mutta hormonit nousevat yli lähtötason, mikä on merkki hyvästä palautumisesta ja mahdollisesta superkompensaatio tilasta. Koska LF pidetään sekä parasympaattisen ja sympaattisen hermoston kuvaajana, ja se käyttäytyy samoin kuin HF, tämän tutkimuksen perusteella voidaan arvioida LF:n kuvaavan enemmän parasympaattista säätelyä kuin sympaattista säätelyä.

3) *Sykevälivaihtelu soveltuu hyvin yksittäisen sotilaan kuormittumisen ja palautumisen seurantaan.*

Sykevälivaihtelu on hyvin yksilöllinen mittari ja tällaisenaan se ei oikein sovellu suurten masojen käsittelyyn. Urheilijan kunnan kehittymiseen tai sotilaan kuormittaneisuuden arviointiin sykevälivaihtelumittausjakson pitäisi olla riittävän pitkä, jotta saataisiin yksilön todellinen lähtötaso, koska sykevälivaihtelumuuttujille ei ole määritelty raja-arvoja. Harjoitusjakson tulisi olla pituudeltaan 4–8 viikkoa, jotta saataisiin aikaan paras mahdollinen harjoitusvaikutus ja optimaalinen kehitys (Nummela ym. 2007b, 347). Näin ollen seurantajakson tulisi olla vähintään 4–8 viikkoa. Lisäksi tarvitaan suorituskyvyn mittari kunnan kehittymisen tai ylikuormittumisen luotettavaan todentamiseen (Halson & Jeukendrup 2004). Ylikuormituksen määrittelyn yhteydessä pitäisi myös ottaa huomioon suorituskyvyn muutokset, jotka lisääisivät huomattavasti sykevälivaihtelun käytettävyyttä ja luotettavuutta. Tässä tutkimuksessa luotettavampana mittarina kuoritukselta voidaan pitää hormonimuutoksia kuin sykevälivaihtelumuutoksia.

Varusmieskoulutuksessa sykevälivaihtelua voitaisiin hyödyntää seuraamalla yksittäisten taistelijoiden kuormittumista ja palautumista. Mittausjaksona voisi olla yöaika, koska silloin olosuhteet ovat vakioidummat ja ympäristöstä ei tule niin paljon häiriötä. Tällä pystyttäisiin seuraamaan koulutuksen kuormittavuutta ja tarvittaessa keventämään palvelusta. Kuormittumisen ja palautumisen seuranta voisi innostaa varusmiehiä kehittämään omaa kuntoaan sekä motiivoida liikuntaharrastusten pariin. Varusmiesten kuormittumisen seurannasta etua saisi etenkin varusmies itse, joka saisi itselleen luotettavaa tietoa omasta kuormittumisesta. Toki laitteiden hankinta, käytön opettelu ja käyttäminen vaatisi resursseja. Kuormittumisen seurantaan varusmieskoulutus antaa hyvät puitteet vakioitujen toimintatapojen ja olosuhteiden vuoksi.

Tutkimuksen koehenkilöt olivat hyväkuntoisia ja näin ollen kuormittavasta harjoitusjaksosta palautuminen oli hyvää. Suunnittelessa varusmieskoulutuksen maastoharjoituksia huomioon tulisi ottaa entistä enemmän varusmiesten fyysinen kunto. Hyväkuntoisille varusmiehille maastoharjoituksen kuormittavuutta voitaisiin lisätä, koska palautuminen on tämän tutkimuksen mukaan hyvin nopeaa. Varusmieskoulutuksen suunnittelussa tulisi hyödyntää valmennusopillisia perusteita enemmän.

Mielenkiintoista olisi jatkossa seurata koko reserviupseerikurssin kuormittavuutta mittaamalla sykevälivaihtelua. Tutkimuksen muita mittareita voisi olla kurssin alussa olevat hormonimitaukset ja 12-minuutin juoksutesti. Hormonimittauksia voitaisiin toteuttaa viikoittain, jotka mahdollisesti vahvistaisivat sykevälivaihtelusta saatavia tietoja. Kurssin lopussa tulisi suorittaa 12-minuutin juoksutesti uudelleen, jolloin saataisiin havainto aerobisen kunnan kehittymisestä kurssin aikana. Sykevälivaihtelumuuttujista tulisi muodostaa viikoittaiset keskiarvot, koska ne kertovat enemmän kuormittumisesta (Le Meur ym. 2013).

Kestävyysurheilun sanotaan nostavan parasympaattista säätelyä ja sen lisäyksellä on yhteys palautumiseen. Kun keho palautuu, kunto nousee ja saavuttaa superkompensaatiotilan. Aerobinen kunto nousee ja hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto paranee. Kiinnostavaa olisi myös jatkossa tutkia onko hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan parantuminen syy vai seuraus autonomisen hermoston säätelyn muutoksiin vai aiheuttaako autonomisen hermoston muutokset hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan parantumisen? Ihminen on kuitenkin psykofyysinen kokonaisuus, jossa kaikki elintoiminnot vaikuttavat toisiinsa. Tämän tutkimuksen materiaalista on vielä käyttämättä POMS-mittaukset, joista olisi mielenkiintoista analysoida niiden yhteyksiä sykevälivaihteluun, koska kognitiivisella suorituskyvyllä ja sykevälivaihtelulla on todettu olevan yhteys (Hynynen ym. 2010).

Suoritettuna tutkimuksen mukaan näyttäisi siltä, että autonominen hermosto on sopeutunut kuormitukseen ja ympäristöön aikaisemmin kuin hormonitoiminta. Hermoston pitäisi olla juuri se elinjärjestelmä, joka reagoi nopeasti muutoksiin ja yrittää saada kehoa adaptoitumaan nopeasti uusiin tilanteisiin. Hormonit reagoivat selvemmin, kuin autonominen hermosto, tutkimusjakson maastoharjoituksen viimeisen päivän marssiin ja ne osoittavat selvää kuormittumista marssilta. Onko kyseessä tilanne, jossa autonominen hermosto on jo niin väsynyt ja lamaantunut, että se ei jaksa reagoida vai onko se mukautunut kuormitukseen? Onko mahdollista, että elimistön hormonijärjestelmä reagoi herkemmin matala- ja pitkäkestoiseen kuormittumiseen kuin autonominen hermosto? Tutkimuksia autonomisen hermoston ja hormonien

yhteydestä on tehty vain muutamia (mm. Huovinen ym. 2009; Hynynen, Konttinen & Rusko 2009) ja näin ollen edellä esitetyt kysymykset jäävät ilman vastauksia, ainakin toistaiseksi.

*”Suunta oli entinen. Saatuamme hiihtohien pintaan, alkoi olo jälleen tuntua varsin mukavalle. Kunpa ei vain olisi ollut tuota mahdotonta pakkasta. Pitkähkön yhtäjaksoisen hiihdon jälkeen pidettiin tauko. Nyt ei saanut tulia sytytellä. Istuttiin vain suksien päällä ja tupakoitiin rukkasen suojassa ja nautittiin haukkapalasta. Joku imeskelijä paksua hollantilaista suklaata tai sokeria. Muistiini on jäänyt meitä katseleva kuu-ukko. Se oli aivan täyteinen ja verenpunainen. En muista mokomanlaisena sitä ennen nähneeni. Siinä se roikkui puiden latvojen korkeudessa aivan punaisena ja jotenkin uhkaavannäköisenä. Vilun alkaessa tuntua, ryhdyimme jälleen hiihtohommiin. Äänettömästi lipui 41 miehen jono eteenpäin. Ainoastaan keulamiehen vaihto ajoittain muutti hiihtäjien järjestystä ja rytmiä. Upottavaa pakkaslunta oli miehen haarukkaan asti, joten keulamiestä oli usein vaihdettava. Jokainen joutui keulamiehenä toimimaan ja verihikensä irrottamaan. Noin 5 kilometrin hiihdon jälkeen ladunaukaisija pysähtyi erään törmän päälle. Siinä se sitten törmän juurella oli, Muurmannin rata. Oli joulukuun 6. päivä 1941 ja kello 5:30. Siis itse asiassa itsenäisyyspäivä ja matkaa oli tähän mennessä taitettu miltei vuorokausi.” (Osasto Marttinan partiokertomukset 1939–1944).*



## LÄHTEET

- Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, H., Näveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A. & Karvonen, J. 1986. Effects of Training on Plasma Anabolic and Catabolic Hormones and Their Response During Physical Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 27–28.
- Anttila, K. & Länsimies, E. 1994. *Autonominen hermosto rakenne ja toiminta*. Teoksessa Sovijärvi, A., Uusitalo, A., Länsimies, E. & Vuori, I. *Kliininen fysiologia*. Helsinki: Duodemic.
- Armstrong, L. 2002. *Performing in extreme environments*. USA. Human Kinetics.
- Aysin, B. & Aysin, E. 2006. Effect of Respiration in Heart Rate Variability (HRV) Analysis. Conference Proceeding of the International Conference of IEEE. *Engineering in Medicine and Biology Society* 1, 1776–1779.
- Baumert, M., Brechtel, L., Lock, J., Hermsdorf, M., Wolff, R., Baier, V. & Voss, A. 2006. Heart Rate Variability, Blood Pressure Variability and Baroreflex Sensitivity in Overtrained Athletes. *Clinical Journal of Sport Medicine* 16, 412–417.
- Barnett, A. 2006. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? *Sports Medicine* 36: 9, 781–796.
- Berntson, G., Lozano, D. & Chen, Y. 2005. Filter properties of root mean square successive difference (RMSSD) for heart rate. *Psychophysiology* 42, 246–252.
- Blom, P., Costill, D.C., Vøllestad, N.K. 1987. Exhaustive running: Inappropriate as a stimulus of muscle glycogen supercompensation. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19, 398–403.
- Booth, C., Probert, B., Forbes-Ewan, C. & Coad, R. 2006. Australian Army Recruits in Training Display Symptoms of Overtraining. *Military Medicine* 171:11, 1059–1064.

- Bosquet, L., Merkari, S., Arvisais, D. & Aubert, A. 2008. Is heart rate a convenient tool to monitor overreaching? A systematic review of the literature. *British Journal of Sports Medicine* 42, 709–714.
- Bosquet, L., Papelier, L., Leger, L. & Legros, P. 2003. Night heart rate variability during overtraining in male endurance athletes. *Journal of Sport Medicine and Physical Fitness* 43, 4.
- Buchheit, M., Chivot, A., Parouty, J., Mercier, D., Al Haddad, A., Laursen, P. & Ahmaidi, S. 2010. Monitoring endurance running performance using cardiac parasympathetic function. *European Journal of Applied Physiology* 108, 1153–1167.
- Buchheit, M. 2014. Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *frontiers. Physiology* 5, 73.
- Cameron, E., & Jones, D. 1972. Some observations on the measurement of estradiol-17 $\beta$  in human plasma by radioimmunoassay. *Steroids* 20, 737.
- Carter, J., Banister, E. & Blaber, A. 2003a. Effect of endurance exercise on autonomic control of heart rate. *Sports Medicine* 33, 33–46.
- Carter, J., Banister, E. & Blander, A. 2003b. The effect of age and gender on heart rate variability after endurance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 35, 1333–1340.
- Chicharro, J., López-Mojares, L., Lucía, A., Pérez, M., Alvarez, J., Labanda, P., Calvo, F. & Vaquero, A. 1998. Overtraining parameters in special military units. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 69(6), 562–568.
- Convertino, V. 1987. Aerobic fitness, endurance training and orthostatic intolerance. *Exercise and Sport Science reviews* 15, 223–259.
- Costill, D., Pascoe, D., Fink, W., Robergs, R. & Barr, S. 1990. Impaired muscle glycogen resynthesis after eccentric exercise. *Journal of Applied Physiology* 69, 46–50.

- Coutts, A., Reaburn, P., Piva, T. J. & Murphy, A. 2007. Changes in selected biochemical, muscular strength, power, and endurance measures during deliberate overreaching and tapering in rugby league players. *International Journal of Sports Medicine* 28, 116–124.
- Cumming, D., Quigley, M. & Yen, S. 1983. Acute suppression of circulation testosterone level by cortisol in men. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 57, 671–673.
- dos Santos Leite, G., Sampio, L., Serra, A., de Jesus Miranda, M., Brandao, M. & Wichi, R. 2012. Analysis of Knowledge Production about Overtraining Associates with Heart Rate Variability. *Journal of Exercise Physiologyonline* 15, 20–29.
- Dupuy, O., Bherer, L., Audiffren, M. & Bosquet, L. 2013. Night and postexercise cardiac autonomic control in functional overreaching. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 38, 200–208.
- Dupuy, O., Lussier, M., Fraser, S., Bherer, L., Audiffren, M. & Bosquet, L. 2014. Effect of overreaching on cognitive performance and relates cardiac autonomic control. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 24, 234–242.
- Ernst, G. 2014 *Heart Rate Variability*. Lontoo: Springer.
- Fahrner, C. & Hackney, A. 1998. Effects of Endurance Exercise on Free Testosterone Concentration and the Binding Affinity of Sex Hormone Binding Globulin (SHBG). *International Journal of Sports Medicine* 19(1), 12–15.
- Fairchild, T., Fletcher, S., Steele, P., Goodman, C., Dawson, B. & Fournier, P. 2002. Rapid carbohydrate loading after a short bout of near maximal-intensity exercise. *Medicine and Science in Sports and exercise* 34, 980–986.
- Fernandez-Garcia, B., Lucia, A., Hoyos, J., Chicharro, J., Rodriguez-Alonso, M., Bandres, F. & Terrados, N. 2002. The response of sexual and stress hormones of male pro-cyclists during continuous intense competition. *International Journal of Sports Medicine* 23(8), 555–560.

- Fortes, M., Diment, B., Greeves, J., Casey, A., Izard, R. & Walsh, N. P. 2011. Effects of a daily mixed nutritional supplement on physical performance, body composition, and circulating anabolic hormones during 8 weeks of arduous military training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 36, 967–975.
- Friedl, K., Moore, R., Hoyt, R., Marchitelli, L. & Martinez-Lopez, L. 2000. Endocrine markers of semistarvation in healthy men in multistressor environment. *Journal Applied Physiology* 88, 1820–1830.
- Gore, C., Booth, M., Bauman, A. & Owen, N. 1999. Utility of power 75% as an estimate of aerobic power in epidemiological and population-based studies. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31, 348–351.
- Gomez-Merino, D., Chennaoui, M., Burnat, P., Drogou, C. & Guezennec, CY. 2003. Immune and hormonal changes following intense military training. *Military medicine* 168(12), 1034–1038.
- Gomez-Merino, M., Chennaoui, D., Drogou, C. & Guezennec, CY. 2004. Influence of energy deficiency on the insulin-like growth factor I axis in a military training program. *Hormone and Metabolic Research* 36, 506–511.
- Grant, C., Mongwe, L., van Rensburg, D., Fletcher, L., Wood, P., Terblanche, E., du Toit, P. & Grant, T. 2012. The difference between exercise induced autonomic and fitness changes measured after 12 weeks and 20 weeks of medium to high intensity military training. *Journal of Strength and Conditioning Research* DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182a1fe46.
- Guyton, A. & Hall, J. 1996, *Textbook of Medical Physiology*, ninth edition. United States of America. W.B Saunders Company.
- Hackney, A. 1996. The male reproductive system and endurance exercise. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 28(2), 180–189.
- Halson, S. & Jeukendrup, A. 2004. Does Overtraining Exist? An analysis of Overreaching and overtraining research. *Sports Medicine* 34 (14), 967–981.

- Halson, S. 2005. Performance, metabolic and hormonal alterations during overreaching. PhD thesis. Queensland University of Technology. Australia.
- Hautala, A., Tulppo, M., Mäkikallio, T., Laukkanen, R., Nissilä, S. & Huikuri, H. 2001. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clinical Physiology* 21:2, 238–245.
- Hautala, A., Mäkikallio, T., Kiviniemi, A., Laukkanen, R., Nissilä, S., Huikuri, H. & Tulppo, M. 2004. Heart rate dynamics after controlled training followed by a homebased exercise program. *European Journal of Applied Physiology* 92, 289–297.
- Hedelin, R., Wiklund, U. & Bjerle, P. 2000a. Cardiac autonomic imbalance in an overtrained athlete. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 32, 1531–1533.
- Hedelin, R., Kentta, G., Wiklund, U., Bjerle, P. & Henriksson-Larsen, K. 2000b. Short-term overtraining: effects on performance, circulatory responses, and heart rate variability. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 32:8, 1480–1484.
- Heikkilä, J. 1991, EKG perusteet ja tulkinta. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Heinonen, O. 2005. Liikunnan vaikutus kliiniskemiallisiin suureisiin. Teoksessa: Vuori, I., Taimela, S., Kujala, U. Liikuntalääketiede. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Hirvonen, L. 1994. Verenkierron kokonaisuus ja sydämen toiminta. Teoksessa Sovijärvi, A., Uusitalo, A., Länsimies, E. & Vuori, I. Kliininen fysiologia. Helsinki: Duodemic.
- Hughes, J. & Stoney, S. 2000. Depressed mood is related to high-frequency heart rate variability during stressors. *Psychosomatic Medicine* 62, 796–803.
- Huikuri, H, Niemelä, M., Ojala, S., Rantala, A., Ikäheimo, M. & Airaksinen, K. 1994 Circadian rhythms of frequency domain measurement of heart rate variability in healthy subjects and patients with coronary artery disease. Effects of arousal and upright posture. *Circulation* 90, 121–126.
- Huovinen, J. 2008. RUK, Sissik 2008. Tutkimustulosten alustava esittely. Power point- esittely. Lähde tutkijan hallussa.

- Huovinen, J., Tulppo, M., Nissilä, J., Linnamo, V., Häkkinen, K. & Kyröläinen, H. 2009. Relationship between heart rate variability and the serum testosterone-to-cortisol ration during military service. *European Journal Sport Science* 9, 277–284.
- Huovinen, J., Kyröläinen, H., Linnamo, V., Tanskanen, M., Kinnunen, H., Häkkinen, K. & Tulppo, M. 2011. Cardiac autonomic function reveals adaptation to military training. *European Journal of Sport Science* 11, 231–240.
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N. & Rusko, H. 2006 Heart Rate Variability during Night Sleep and after Awakening in Overtrained Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 38:2, 313–317.
- Hynynen, E., Uusitalo, A., Konttinen, N. & Rusko, H. 2008. Cardiac Autonomic Responses to Standing Up and Cognitive Task in Overtrained Athletes. *International Journal of Sports Medicine* 29, 552–558.
- Hynynen, E., Konttinen, N. & Rusko, H. 2009. Heart Rate Variability and Stress Hormones in Novice and Experienced Parachutists Anticipating a Jump. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 80, 976–980.
- Hynynen, E., Vesterinen, V., Rusko, H. & Nummela, A. 2010. Effects of Moderate and Heavy Endurance Exercise on Nocturnal HRV. *International Journal of Sports Medicine* 31, 428–432.
- Hynynen, E., Konttinen, N., Kinnunen, U., Kyröläinen, H. & Rusko, H. 2011a. The incidence of stress symptoms and heart rate variability during sleep and ortostatic test. *European Journal of Applied Physiology* 111, 733–741.
- Hynynen, E. 2011b. Heart rate variability in chronic and acute stress with special reference to nocturnal sleep and acute challenges after awakening. Jyväskylän yliopisto. Väitöskirja.

- 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. *International Journal of Sports Medicine* 8, S61–S65.
- Häkkinen, K., Mäkelä, J. & Mero, A. 2007 *Voima*. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Häkkinen, K. & Mero, A. 2007. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Iwasaki, K., Zhang, R. & Zuckerman, J. 2003. Dose-response relationship of the cardiovascular adaptation to endurance training in healthy adults: how much training for what benefit? *Journal of Applied Physiology* 95, 1575–1583.
- Jouanin, J., Dussault, C., Pérès, M., Satabin, P. & Piérard, C. 2004. Analysis of heart rate variability after a range training course. *Military Medicine* 169, 583–587.
- Kaikkonen, P., Nummela, A., Hynynen, E., Merikari, J., Rusko, H., Teljo, M. & Vääntinen, S. 2006. Kuormittuminen ja palautuminen yksittäisissä harjoituksissa sekä kahdeksan viikon harjoittelujakson aikana harjoittelemattomilla. *Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskus KIHU*. KIHU:n julkaisusarja, nro 5. Jyväskylä.
- Kaikkonen, P., Nummela, A. & Rusko, H. 2007. Heart rate variability dynamics during early recovery after different endurance exercises *European Journal of Applied Physiology* 102, 79–86.
- Kaikkonen, P., Rusko, H. & Martinmäki, K. 2008. Post-exercise heart rate variability of endurance athletes after different high-intensity exercise interventions. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 18, 511–519.
- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H. & Nummela, A. 2010. Can HRV be used to evaluate training load in constant load exercises? *European Journal of Applied Physiology* 108, 435–442.

- Kaikkonen, P., Hynynen, E., Mann, T., Rusko, H. & Nummela, A. 2012. Heart rate variability is related to training load variables in interval running exercises. *European Journal of Applied Physiology* 112, 829–838.
- Kalliomaa, R. 2014. Laskuvarjojääkärikomppanian varusmiesten hyppyperuskoulutuskurssin fyysinen kuormittavuus. Maanpuolustuskorkeakoulu. Pro Gradu.
- Knapik, J., Reynolds, K. & Harman, E. 2004. Soldier load carriage: historical, physiological, biomechanical and medical aspects. *Military Medicine* 169, 45–56.
- Knapik, J., Harman, E., Steelman, R. & Graham, B. 2012. A systematic review of the literature of physical training on load carriage performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (2), 585–597.
- Koistinen, H. & Jänne, O. 2009. Endokriinen järjestelmä. Teoksessa Välimäki, M., Sane, T. & Dunkel, L. *Endokrinologia*. 2. painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Kontula, K., Leinonen, P. & Jänne, O. 2000. Endokriinen järjestelmä. Teoksessa Välimäki, M., Sane, T. & Dunkel, L. 2000. *Endokrinologia*. 1. painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Kouluttajan opas. 2006. Pääesikunta/ Koulutusosasto. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Kraemer, W., Vescovi, J., Volek, J., Nindl, B., Nweton, R., Patton, J., Dziados, J., French, D. & Häkkinen, K. 2004. Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Load-Bearing Performance and the Arme Physical Fitness Test. *Military Medicine* 168:12, 994.
- Kuoppasalmi, K. 1981. Effects of exercise stress on human plasma hormone levels – with special reference to steroid hormones. Academic dissertation. Helsingin yliopiston monistuspalvelu. Painatusjaos Helsinki.
- Kyröläinen, H., Santtila, M., Hämäläinen, H., Koski, H., Mäntysaari, M. & Karinkanta, J. 2004. Partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Helsinki: Edita Prima Oy.



- Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H. & Mäntysaari, M. 2008. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *European Journal Applied Physiology* 102, 539–546.
- Kyröläinen, H. 2015. Ohjauskeskustelu 17.2.2015 Jyväskylä.
- Laitio, T., Scheinin, H., Kuusela, T., Mäenpää, M. & Jalonen, J. 2001. Mitä sydämen sykevaihtelu kertoo? *Finnanest* 34, 249–255.
- Larsen, B., Netto, K. & Aisbett, B. 2014. Task-Specific Effects of Modular Body Armor. *Military Medicine* 179:4, 428.
- Latvala, J. 2005. Sotilas kylmässä: terveydentila, odotukset ja kokemukset Härmä 04- sotaharjoituksessa. Sotilas kylmässä – asiantuntijaseminaari 19.–20.10.2005. Oulu.
- Latvala, J., Remes, J., Rintamäki, H. & Anttonen, H. 2006. Sotilas kylmässä: terveys, toimintakyky ja suojautuminen. Taulukkoraportti, mittaukselliset Härmä 04 - sotaharjoituksessa. Työterveyslaitos, Oulu.
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, J., Gueneron, L., Vidal, P. & Hauswirth, C. 2013. Evidence of Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* April: 2061–2071.
- Leskinen, K. 2007. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormittuminen. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Lindholm, H., Rintamäki, H., Rissanen, S., Simonen, R., Mäkinen, T., Kyröläinen, H., Holsten, M., Mäntysaari, M., Nyman, K., Heinonen, T., Virtala, M. & Santtila, M. 2011. Sotilas kuumassa – toimintakyvyn turvaaminen sekä seulontamentelmän kehittäminen, Loppuraportti. Tampere: Juvenes Print – Tampereen yliopistopaino Oy.
- Litmanen, H. 2010. Elimistön rakenne, toiminta ja tutkiminen. *Liikuntalääketieteen perusteet*. Opetusmoniste. Itä-Suomen Yliopisto. Kuopio.

- Lucini, D., Norbiato, G., Clerici, M. & Pagani, M. 2002. Hemodynamic and autonomic adjustments to real life stress conditions in human. *Hypertension* 39, 184–188.
- Maavoimien Esikunta, henkilöstöosasto. 14.2.2014. Jalkaväen koulutustasovaatimukset ja joukkojen arviointikortit 2015. MK 3717. Liite 5: Jalkaväen joukkojen koulutustasovaatimukset. Tiedustelujoukot (ALJO) SAL, AK ja JVPR ja TIEDJ-EVK (TEKA, HAJ, PAJON). Mikkeli.
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F. & Cerutti, S. 1991 Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 84, 482–492.
- Martinmäki, K. 2002, Sydämen parasympaattisen säätelyn arvioiminen sykevaihTELUN avulla – autonomisen hermoston salpaustutkimus. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro gradu.
- Martinmäki, K. 2009. Transient Changes in Heart Rate Variability in Response to Orthostatic Task Endurance Exercise and Training With Special Reference to Autonomic Blockades and Time-Frequency Analysis. University of Jyväskylä. Jyväskylä. Väitöskirja.
- McArdle, W., Katch, F. & Katch, V. 2007. *Exercise Physiology Energy, Nutrition & Human Performance Sixth Edition*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Melanson, E. 2000. Resting heart rate variability in men varying in habitual physical activity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32, 1894–1901.
- Mero, A., Jouste, P. & Keränen, T. 2007. Nopeus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. *Urheiluvalmennus*. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Metsämuuronen, J. 2003. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. 2. uudistettu painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Meuseen, 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 Sports Science and the American College of Sports Medicine. *Medicine & Science in Sports & Exercise* DOI: 10.1249/MSS.0b013e318279a10a.

- Mourout, L., Bouhaddi, M., Perrey, S., Cappelle, S., Henriët, M-T., Wolf, J-P., Rouillon, J-D. & Regnard, J. 2004. Decrease in heart rate variability with overtraining: assessment by the Poincaré plot analysis. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 24, 10–18.
- Mäestu, J., Jurimäe, J. & Jurimäe, T. 2005. Hormonal response to maximal rowing before and after heavy increase in training volume in highly trained male rowers *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 45, 121–126.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S. 1999. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. Porvoo: WSOY.
- Nindl, B., Leone, C., Tharion, W., Johnson, R., Castellani, J. & Montain, S. 2002. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Medicine & Science in Sport & Exercise* 34, 1814–1822.
- Nindl, B., Rarick, K., Castellani, J., Tuckow, A., Patton, J., Young, J. & Montain, S. 2006. Altered secretion of growth hormone and luteinizing hormone after 84 h of sustained physical exertion superimposed on caloric and sleep restriction. *Journal of Applied Physiology* 100, 120–128.
- Nindl, B., Alemany, J., Kellogg, M., Rood, J., Allison, S., Young, A. & Montain, S. 2007a. Utility of circulating IGF-I as a biomarker for assessing body composition changes in men during periods of high physical activity superimposed upon energy and sleep restriction. *Journal of Applied Physiology* 103, 340–346.
- Nindl, B., Barnes, B., Alemany, J., Frykman, P., Shippee, R., & Friedl K. 2007b. Physiological Consequences of U.S. Army Ranger Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39:8, 1380–1387.
- Nousiainen, H. 2011. *Kuumissa olosuhteissa toteutettavan rauhatuovaoperaation yhteys suomalaisen sotilaan fyysiseen suorituskäkyyn ja kehon koostumukseen*. Maanpuolustuskorkeakoulu. Helsinki. Pro gradu.

- Nummela, A. 2007a. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K., Häkkinen K., Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.
- Nummela, A., Leskinen, K. & Vuorimaa, T. 2007b. Kestävyys. Teoksessa. Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K. & Häkkinen, K. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Olesen, H., Raabo, E. & Bangsbo, J. 1994. Maximal oxygen deficit of sprint and middle distance runners. *European Journal of Applied Physiology* 69, 140–146.
- Opstad, P. 2005. Hormonal Responses and adaptation caused by stress and sleep deprivation in soldiers. *International Congress on Soldiers' Physical Performance*, May 18–22, 2005, Jyväskylä, Finland.
- Osasto Martiinan partiokertomukset 1939–1944. Materiaali Kainuun Prikaati, Tiedustelukomppania.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Häkkinen, K., Lindholm, H. & Kyröläinen, K. 2014. Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. *Military Medicine* 179:2, 218.
- Plews, D., Laursen, P., Kilding, A. & Buchheit, M. 2012. Heart rate variability in elite triathletes, is variation in variability the key to effective training? A case comparison. *European Journal of Applied Physiology* 112, 3729–3741.
- Plews, D., Laursen, P., Stanley, J., Kilding, A. & Buchheit, M. 2013. Training Adaptation and Heart Rate Variability in Elite Endurance Athletes: Opening the Door to Effective Monitoring. *Sports Medicine* 43, 773–781.
- Plews, D., Laursen, P., Le Meur, Y., Hausswirthm C., Kilding, A. & Buchheit, M. 2014. Monitoring training with heart rate variability: How much compliance is needed for valid assessment? *International Journal of Sport Physiology and Performance* 9, 783–790.
- Pääsikunta. 2011. Fyysisen toimintakyvyn perusteet HH47 14.2.2011.

- Quesada, P., Mengelkoch, L., Hale, R. & Simon, S. 2000. Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. *Ergonomics* 43:3, 293–309.
- Raastad, T. Hamarsland, H. Solberg, P.A. Slaathaug, O.G. Paulsen, G. 2014 Depresses Physical Performance Outlast Hormonal Disturbances and Changes in Body Composition After a One Week of Arduous Military Exercise. 3<sup>rd</sup> International Congress on Soldiers' Physical Performance- conference. 18.–21.8.2014. Boston. USA.
- Ravier, G., Dugue, B., Grappe, F. & Rouillon, J.-D. 2006. Maximal Accumulated Oxygen Deficit and Blood Responses of Ammonia, Lactate and Ph after Anaerobic Test: a Comparison between International and National Elite Karate Athletes *International Journal of Sports Medicine* 27, 810–817.
- Rintamäki, H., Oksa, J., Rissanen, S., Mäkinen, T., Kyröläinen, H., Keskinen, O., Kauranen, K. & Mäntysaari, M. 2005. Sotilaan fyysinen aktiviteetti, kuormittuminen ja toimintakyky Härmä 04- sotaharjoituksessa. Sotilas kylmässä – asiantuntijaseminaari 19.–20.10.2005. Oulu.
- Ritvanen, T. 2006. Seasonal psychophysiological stress of teachers related to age and aerobic fitness. *Kuopion yliopiston julkaisuja D. Lääketiede*.
- Rowbottom, D, Morton, A. & Keast, D. 2000. Monitoring for overtraining in the Endurance Performer- kirjassa Shephard, R. Åstrand, P. 2000. *Endurance in sport. Second Edition.* Blackwell Science.
- Rusko, H. 2003 *Cross country skiing.* USA, Massachusetts: Blackwell Science.
- Saboul, D., Pialoux, V. & Hautier, C. 2014. The breathing effect of LF/HF ratio in the heart rate variability measurements of athletes. *European Journal of Sport Science* 14:S1, S282–S288.
- Salonen, M. 2008. Partiotiedusteluharjoituksen fyysinen kuormittavuus. Maanpuolustuskorkeakoulu. Pro gradu.

- Salonen, M., Kokko, J., Tyyskä, J., Koivu, M. & Kyröläinen, H. 2013 Heart Rate Variability Recordings are a Valid Non-Invasive Tool for Evaluating Soldiers' Stress. *Journal of Defence Studies & Resource Management* 2:1.
- Salonen, M. 2014. Hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn muutokset ja hormonivasteet kahden viikon sotilaskoulutusjaksolla. Maanpuolustuskorkeakoulu. EUK-tutkielma.
- Salvador, A., Ricarte, J., González-Bono, E. & Moya-Albiol, L. 2001. Effects of Physical Training on Endocrine and Autonomic Response to Acute Stress. *Journal of Psychophysiology* 15, 114–121.
- Santtila, M. 2010. Effects of Added Endurance or Strength Training on Cardiovascular and Neuromuscular Performance of Conscripts During the 8-week Basic Training Period. University of Jyväskylä. Väitöskirja.
- Seely, A. & Macklem, P. 2004. Complex systems and the technology of variability analysis. *Critical Care* 8, R367–R384.
- Seiler, S., Haugen, O. & Kuffel, E. 2007. Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes: Intensity and Duration Effects. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39:8, 1366–1373.
- Sherman, W., Costill, D., Fink, W., Hagerman, F., Armstrong, L. & Murray, T. 1983. Effect of a 42.2-km footrace and subsequent rest or exercise on muscle glycogen and enzymes. *Journal of Applied Physiology* 55, 1219–1224.
- Skinner, J. 2005. Exercise testing and exercise prescription for special cases theoretical Basis and Clinical Application. Third Edition. Lippincott Williams & Wilkins. China.
- Stathokostas, L., Jacob-Johnson, S., Petrella, R. & Paterson, D. 2004. Longitudinal changes in aerobic power in older men and women. *Journal of Applied Physiology* 97(2), 781–789.
- Stenman, U-H. 2000. Hormonien määrittämenetelmät. Teoksessa Välimäki M., Sane T. & Dunkel L (toim.) 2000. Endokrinologia. 1.painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.

- Sztajzel, J. 2004. Heart rate variability: a noninvasive electrocardiographic method to measure the autonomic nervous system. *Swiss Medical Weekly* 134, 514–522.
- Tahvanainen, K., Laitinen, T., Kööbi, T. & Hartikainen, J. 2012. Autonomisen hermoston tutkimukset. Teoksessa: *Kliinisen fysiologian perusteet*. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
- Tanskanen, M. 2012. *Effects of Military Training on Aerobic Fitness, Serum Hormones, Oxidative Stress and Energy Balance, with Special Reference to Overreaching*. University of Jyväskylä. Väitöskirja.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. 1996. Heart Rate Variability. Standards of Measurement, physiological interpretation and clinical use. *Circulation* 93, 1043–1065.
- Tiedusteluopas. 2003. *Puolustusvoimien Koulutuksen Kehittämiskeskus*. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Toiskallio, J. (toim.). 1998. *Toimintakyky sotilaspedagogiikassa*. Maanpuolustuskorkeakoulu, Julkaisusarja 2 N:o 4. Vaasa: Ykkös-Offset Oy.
- Toimintaympäristöanalyysiopas (TYMPO). 2011. *Maavoimien esikunta*. Helsinki: Juvenes Print Oy.
- Tulppo, M., Mäkikallio, T., Seppänen, T., Laukkanen, R. & Huikuri, H. 1998. Vagal modulation of heart rate during exercise: effect of age and physical fitness. *American Journal of Physiology* 274, 424–429.
- Tyyskä, J. 2008. *Ammattisotilaiden kuormitusfysiologiset vasteet sotilaallisen harjoituksen aikana ja niiden yhteyskuntoindeksiin*. Maanpuolustuskorkeakoulu. Pro gradu.
- Uusitalo, A., Uusitalo, A. & Rusko, H. 1998. Endurance training, overtraining and baroreflex sensitivity in female athletes. *Clinical Physiology* 18(6), 510–520.
- Uusitalo, A., Uusitalo, A. & Rusko, H. 1999. Heart rate and blood pressure variability during heavy training and overtraining in female athlete. *International Journal of Sports Medicine* 20, 45–53.

- Uusitalo, A., Uusitalo, A. & Rusko, H. 2000. Heart Rate and Blood Pressure Variability During Heavy Training and Overtraining on the Female Athlete. *International Journal of Sports Medicine* 21, 45–53.
- Uusitalo-Koskinen A. 1999. Urheilijan palautumistilan seuranta: ortostaattinen sykereaktio. Teoksessa Liite ry 1999. Kuntotestauksen perusteet. Helsinki.
- Vaara, J., Kyröläinen, H., Oksanen, H., Siiskonen, V., Koivu, M., Mattila, R., Mäntysaari, M., Lyytinen, H., Virtavirta, M. & Finni, T. 2007. Kuudenkymmenen tunnin valvomisen fysiologiset ja psykologiset vasteet sekä vaikutukset hermolihasjärjestelmän toimintaan ja oppimiseen. Maanpuolustuskorkeakoulu. Helsinki: Edita Prima Oy.
- Van Ravenswaaij-Arts, C., Louis, A., Kollèe, M., Jeroen, C., Hopman, M., Gerard, B., Stoelinga, M., Herman, P. & van Geijn, M. 1993. Heart Rate Variability. *Annals of Internal Medicine* 118, 436–447.
- Veldhuis, J., King, J., Urban, R., Rogol, A., Evans, W., Kolp, L. & Johnson, M. 1987. Operating characteristics of the male hypothalamo- pituitary-gonadal axis: pulsatile release of testosterone and folliclestimulating hormone and their temporal coupling with luteinizing hormone *International Journal of Sports Medicine* 65, 929–941.
- Vella, C. & Robergs, R. 2005. Non-linear relationships between central cardiovascular variables and VO<sub>2</sub> during incremental cycling exercise in endurance-trained individuals. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 45, 452–459.
- Vesterinen, V., Häkkinen, K., Hynynen, E., Mikkola, J., Hokka, L. & Nummela, A. 2013. Heart rate variability in prediction of individual adaptation to endurance training in recreational endurance runners. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 23, 171–180.
- Väänänen, I., Vasankari, T., Mäntysaari, M. & Vihko, V. 2002. Hormonal responses to daily strenuous walking during 4 successive days. *European Journal of Applied Physiology* 88(1–2), 122–127.



- Väänänen, I., Vasankari, T., Mäntysaari, M. & Vihko, V. 2004. Hormonal responses to 100 km cross-country skiing during 2 days. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 44(3), 309–314.
- Vögele, C., Hilbert, A. & Tuschen-Caffier, B. 2009. Dietary restriction, cardiac autonomic regulation and stress reactivity in bulimic women. *Physiology & Behavior* 98, 229–234.
- Wilkinson, D., Raysona, M. & Bilzo, J. 2008. A physical demands analysis of the 24-week British Army Parachute Regiment recruit training syllabus. *Ergonomics* 51:5, 649–662.
- Willmore, J. & Costill, D. 2004. *Physiology of Sport and Exercise Third Edition*. Hong Kong: Human Kinetics.
- Winsley, R., Battersby, G. & Cockle, H. 2005. Heart Rate Variability Assessment of Overreaching in Active and Sedentary Females. *International Journal of Sports Medicine* 26, 768–773.
- Zanstra, Y. & Johnston, D.(2011). Cardiovascular reactivity in real life settings: measurement, mechanisms and meaning. *Biological Psychology* 86, 98–105.
- Zhang, L., Zheng, J., Wang, S.Y., Zhang, Z.Y. & Liu, C. 1999. Effect of aerobic training on orthostatic tolerance, circulatory response, and heart rate dynamics. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 70(10), 975–982.
- Zhong, X., Hilton, H., Gates, G., Stren, Y., Bartels, M., Demeersman, R. & Basner, R. 2005. Increased sympathetic and decreased parasympathetic cardiovascular modulation in normal humans with acute sleep deprivation. *Journal of Applied Physiology* 98, 2024–2032.

**LIITTEET****LIITE 1**

Kuva 1. Esimerkki rinkkavarustuksesta



Kuva 2. Esimerkki partiovarustuksesta.

## Esimerkki tiedustelijan rinkkavarustuksesta (talvi)

## Rinkassa:

- väliasu takki ja housut
- maastopuku M05 (vara)
- pakkastakki ja -housut
- pitkät alushousut (1–2 kpl)
- lyhyet alushousut (2–3 kpl)
- poolopaita (1–2 kpl)
- t- paita (1–2 kpl)
- alussukat väh. 2 paria
- saappasukat väh. 2 paria
- sadeasu
- aluskäsineet
- karvalakki
- varajalkineet (kesäsaappaat)
- trangia + luha
- makuupussi
- makuualusta
- irtohihnat (kaikki)
- pyyhe + henk.koht. hygieniavälineet
- lisävesipulloja (vähintään 3 litraa)
- rinkan suojahuppu
- hyvä tuli (ruoka fondue)
- muona
- kenttälapio
- partioreppu
- kypärämyssy
- saappaan huopavuoret

## Päällä

- maastopuku (alla vaatteita tilanteen mukaan)
- lumipuku
- talvikumisaappaat (kumisaappaissa sanomalehtiä)
- miehistövyö
- pipo
- kompassi
- kartta (suojattuna)
- puukko
- tulitikut (suojattuna kosteudelta)
- ase + lipas
- palvelussormikkaat + aluskäsineet
- muistiinpanovälineet + käppyrä
- naamioväri
- vetolankarulla
- varusteliivi
  - o asehuoltovälineet
  - o lipas x 2
  - o kenttäpullo
  - o kuulosuojaimet

## Esimerkki tiedustelijan partiovarustuksesta (kesä)

## Partiovarustus:

- miina
- 1 vrk:n muona + vesi
- trangia + luha
- lapio/ kirves
- sadeasu
- kuivat sukat + poolopaita
- pipo
- väliasun takki

## Päällä:

- maastopuku (alla vaatteita tilanteen mukaan)
- kumisaappaat
- miehistövyö
- lierihattu
- kompassi
- kartta (muovitaskussa)
- yleistasomittari
- puukko
- tulitikut
- ase + lipas
- palvelussormikkaat
- muistiinpanovälineet
- naamioväri
- vetolankarulla
- varusteliivi
  - o asehuoltovälineet
  - o lipas x 2
  - o kenttäpullo
  - o kuulosuojaimet

## LIITE 4

## Sykevälivaihtelumuuttujien ja hormonien lähtötaso- ja palautumismittausarvot

|           |    | SYKEVÄLIVAIHTELUMUUTTUJAT |              |                     |                     |                     |                     |         |         |
|-----------|----|---------------------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------|---------|
|           |    | RMSDDb<br>ms              | RMSDDt<br>ms | LFb ms <sup>2</sup> | LFt ms <sup>2</sup> | HFb ms <sup>2</sup> | HFt ms <sup>2</sup> | LFHFb % | LFHFt % |
| LÄHTÖTASO | ka | 67,90                     | 25,06        | 8,56                | 8,34                | 8,27                | 6,52                | 5,09    | 6,66    |
|           | n  | 14                        | 18           | 14                  | 18                  | 14                  | 18                  | 14      | 18      |
|           | sd | 19,31                     | 8,29         | 0,50                | 0,48                | 0,51                | 0,60                | 0,46    | 0,37    |
|           |    |                           |              |                     |                     |                     |                     |         |         |
| PALAUTUS  | ka | 74,25                     | 23,00        | 8,46                | 8,18                | 9,14                | 6,38                | 4,85    | 7,01    |
|           | n  | 8                         | 9            | 8                   | 9                   | 8                   | 9                   | 8       | 9       |
|           | sd | 26,41                     | 11,76        | 0,45                | 0,85                | 2,36                | 1,07                | 0,57    | 1,03    |

|           |    | HORMONIT      |               |               |               |        |        |
|-----------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|--------|--------|
|           |    | TES<br>nmol/l | COR<br>nmol/l | T4F<br>nmol/l | SBG<br>nmol/l | TESCOR | TESSBG |
| LÄHTÖTASO | ka | 18,20         | 535,55        | 15,77         | 28,19         | 0,04   | 0,68   |
|           | n  | 20            | 20            | 20            | 20            | 20     | 20     |
|           | sd | 3,85          | 113,35        | 2,13          | 8,31          | 0,01   | 0,19   |
|           |    |               |               |               |               |        |        |
| PALAUTUS  | ka | 19,88         | 495,45        | 15,43         | 36,78         | 0,04   | 0,58   |
|           | n  | 20            | 20            | 20            | 20            | 20     | 20     |
|           | sd | 5,28          | 58,24         | 1,95          | 11,21         | 0,01   | 0,22   |

|           |    | SYKEMUUTTUJAT |               |               |               |              |              |
|-----------|----|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
|           |    | MINHRb<br>bpm | MINHRt<br>bpm | MAXHRb<br>bpm | MAXHRt<br>bpm | KAHRb<br>bpm | KAHRt<br>bpm |
| LÄHTÖTASO | ka | 54,51         | 77,99         | 65,71         | 90,00         | 58,19        | 82,70        |
|           | n  | 14            | 18            | 14            | 18            | 14           | 18           |
|           | sd | 3,98          | 8,84          | 7,58          | 10,71         | 5,15         | 9,44         |
|           |    |               |               |               |               |              |              |
| PALAUTUS  | ka | 53,13         | 83,00         | 62,88         | 108,33        | 55,38        | 90,33        |
|           | n  | 8             | 9             | 8             | 9             | 8            | 9            |
|           | sd | 3,72          | 13,92         | 4,94          | 36,84         | 4,57         | 14,52        |

| PUOLUSTUSVOIMAT      |  | Viikko-ohjelma  |  |   |   | Viikko<br>4                                  | 17. - 23.11.2008 |
|----------------------|--|---|--|---|---|--|------------------|
| Joukko-osasto (vast) |  | RESERVIVUPSEERIKOULU  |  |   |   | Sunnuntai 23.11.                             |                  |
| Perusyksikkö (vast)  |  | SISSIKOMPPANIA  |  |   |   | Koulutushaara<br>JV / Tiedustelu             |                  |
| VKO<br>5/233         |  | <b>PERUSHARJOITUS 2</b>   |  |   |   | Lisäselitys<br>Fyysinen koulutus 20 h / kova |                  |
| Aika                 | Maanantai 17.11.   | Tiistai 18.11.  | Keskiviikko 19.11.   | Torstai 20.11.  | Perjantai 21.11.  | Lauantai 22.11.                              |                  |
| Aamiainen<br>06.35   | 07.20-<br><u>RASITUSTUTKIMUS</u><br>ERIKSEEN NIMETYT<br>- Verinäytteet<br>- aamupala pöytästä<br>Terv.as. / sairaanhoitaja                       | 07.30 - 07.45<br><u>H. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Aamuliikunta / Oppääll   | 07.30 - 08.45<br><u>H. KOULUTTAJAKOULUTUS</u><br>Sulkeisjärjestysharjoitus 4<br>Kas / Kapt Rusanen + koul                  | 07.30 - 07.45<br><u>H. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Aamuliikunta / Oppääll   | 07.20-<br><u>RASITUSTUTKIMUS</u><br>ERIKSEEN NIMETYT<br>- Verinäytteet<br>- aamupala pöytästä<br>Terv.as. / sairaanhoitaja  |  |                  |
| Lounas<br>11.35      | 07.30 - 07.45<br><u>O. JÄRJESTELYT</u><br>Aseiden nouto<br>Varasto / Vänr Savolainen   | 08.00 - 11.15<br><u>O+H. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Suunnassatiedustelu<br>Rukajärvi + kas / Ltn Tammelin,<br>ylik Narkilahti + koul  | 09.00 - 11.15<br><u>O + H. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Toiminta rakennetulla alueella<br>Rukajärvi + kas / ltn Tammelin +<br>koul | 08.00 - 09.45<br><u>O. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Jalkaväkiopin 2 koulutyö<br>Rukajärvi / Kapt Rusanen  | <b>PERUSHARJOITUS 2</b><br>21. - 24.11.2008<br>Puolustus<br>Suunnassatiedustelu<br>Toiminta rakennetulla alueella<br>Tilannesiirtyminen<br><br>Kapt Rusanen<br><br>Hamina itäinen |  |                  |
|                      | 07.50 - 08.00<br><u>O. JÄRJESTELYT</u><br>Ivarepääll puhuttelu<br>Sankariauta / Kapt Rusanen   | 12.30 - 15.00<br><u>O. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Puolustus<br>Ryhtymäminen<br>Tarkastus ja käskykierrokset<br>Taitelu<br>Rukajärvi / Ltn Tammelin, ylik<br>Narkilahti + koul | 12.30 - 16.15<br><u>O. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Harjoitusvalmistelut   | 10.00 - 11.15<br><u>O. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Tunnistuskoulutus 6-7<br>Rukajärvi / Vänr Kakrainen   |   |  |                  |
|                      | 08.15 - 16.00<br><u>O. JALKAVÄKIOPPI</u><br>2.J<br>TiedJ hyökkäyksessä<br>- Pepin laatminen<br>- Toimintasuunnitelma<br>Rukajärvi / Kapt Rusanen | 15.15 - 16.15<br><u>H. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Tst-jumppa 4<br>VKS:n pääty / Ltn Tammelin   | TiedJ Hyökkäyksessä<br>Pepin laatminen<br>2 J: Toimintasuunnitelmien tekemisen<br>YTH1 harj.                               | 12.30 - 15.00<br><u>K. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Liikunnan 3. koulutyö<br>- maastojuoksu<br>Tammola / Ltn Tammelin  |   |  |                  |
|                      | 3.J<br>Tehtävän suunnittelu<br>- Pepin piirtäminen<br>- Partiosuunnitelma<br>- Väistymissuunnitelma<br>Rukajärvi / Ylik Narkilahti               | 16.15 - 16.30<br><u>H. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Lihashuolto<br>Kas/ Oppääll  | 3 J: Partiosuunnitelmien tekemisen<br>YTH1 harj.<br><br>Rukajärvi + kas / Kapt Rusanen, ylik<br>Narkilahti + koul          | 15.15 - 16.30<br><u>O. JALKAVÄKIOPPI</u><br>Harjoituspuhuttelu ja valmistelut<br>- 2 J: Toimintasuunnitelmien esittely<br>- 3 J: Partiosuunnitelmien esittely |   |  |                  |
| Päivällinen<br>16.50 | 16.15 - 16.30<br><u>H. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Lihashuolto<br>Kas/ Oppääll   |   | 16.15 - 16.30<br><u>H. LIIKUNTAKOULUTUS</u><br>Lihashuolto<br>Kas/ Oppääll   | 17.15 - 19.45<br>Pyykinvaihto<br>Vaateusvarasto   |   |  |                  |
|                      | 18.30 - 19.30<br><u>H. KIRKOLLINEN TYÖ</u><br>Ehtoolliskirkko<br>Maria kirkko / Oppääll  |   |  | 18.00 - 20.00<br><u>O. OPPILASKUNTATOIMINTA</u><br>IH-tilitykset<br>- rynnäkötsijät<br>Rukajärvi / toim.joht E Lauri  |   |  |                  |
|                      | <b>RUK:n ampuma- ja suunnistusmestaruuskilpailut Erikseen nimetyt</b>  | <b>OPPILASKUNTATOIMINTA 16. - 19.11.2008</b><br>Ilmoitushankintarynnäkö / SISSIK<br>Valitut   |  |   |   |  |                  |
| VALVOJA              | Upskok Hyvärinen   | Upskok Hyvärinen  | Upskok Hyvärinen   | Upskok Hyvärinen  | Upskok Hyvärinen  | Upskok Hyvärinen                             |                  |
|                      | fyysinen koulutus 1,0 h  | fyysinen koulutus 2,5 h   | fyysinen koulutus 1,5 h  | fyysinen koulutus 3,0 h   | fyysinen koulutus 4,0 h   | fyysinen koulutus 2,5 h                      |                  |
|                      |  |   | Paikka ja aika   |   | Allekirjoitus   |  |                  |
|                      |  |   | Hamina   | 11.2008   | Sissikomppanian päällikkö<br>Kapteeni   | Marko Pykälämäki                             |                  |



## LIITE 6

| RUNKO, PH2 / TIEDUSTELULINJA |   | 21.11 – 24.11.2008  |  |  |      |
|------------------------------|---|---|--|--|------|
|                              | Perjantai 21.11.  | Lauantai 22.11.   | Sunnuntai 23.11.   | Maanantai 24.11.   | HUOM |
|                              | <p>Ilmoittaminen Kpääll 08.00</p> <p><b>O. JALAKAVÄKIOPPI</b><br/>08.10 - 09.00<br/>Tiedustelu ryhmän tulenjohtotoiminta<br/>Rukajärvi / Vänr Savolainen</p> <p>09.00 – 11.00<br/>Harjoitus valmistelut</p> <p>11.30 Marssikäsky</p> <p>12.00 Alkaen<br/>PP-siirtyminen<br/>Sissikomppania - Valkjärvi<br/>Vänr Kakriänen + kok</p> <p>Iltapäivä - ilta<br/>Ruokailu<br/>Ryhmittyminen<br/>Puolustus taitelut<br/>P01-P06</p> <p>Ilta<br/>Koulutuspaikkojen valmistelu</p> <p>Ohjeet viestiharjoituksesta<br/>Ohjeet koulutuksesta (la)<br/>Johd käsky suunnastiedustelusta ja<br/>kohteentiedustelusta (2J)</p> <p>22.00 – 05.30<br/>Viestiharjoitus</p> <p>ARVOSANAPALAVERI</p> | <p>Herätys 05.30<br/>Aamupala<br/>Palautte viestiharjoituksesta</p> <p><b>Kohteentiedustelu</b><br/>P01 AP, P02 IP</p> <p><b>Suunnastiedustelu</b><br/>P02 AP, P02 IP</p> <p><b>Toiminta rakennetulla alueella</b><br/>P04 AP, P05 IP</p> <p><b>Joukkueenjohtajakoulutus</b><br/>P05 AP, P04 IP</p> <p>Koulutusaika<br/>07.00 – 11.30 (AP)<br/>12.30 - 17.00 (IP)</p> <p>Lounas 10.30 – 11.30<br/>Päivällinen 17.00 – 1800</p> <p><b>18.00 - 21.00</b><br/><b>Tuliyläkkö (2J)</b><br/><b>Toim.kohd.vih.(muod) 3J</b></p> <p>21.00 – 23.00<br/>Ohjeet viestiharjoituksesta<br/>Ohjeet koulutuksesta (su)<br/>Johd käsky suunnastiedustelusta<br/>ja kohteentiedustelusta (3J)</p> <p>23.00 – 05.30<br/>Viestiharjoitus</p> | <p>Herätys 05.30<br/>Aamupala<br/>Palautte viestiharjoituksesta</p> <p><b>Kohteentiedustelu</b><br/>P04 AP, P05 IP</p> <p><b>Suunnastiedustelu</b><br/>P01 AP, P02 IP</p> <p><b>Toiminta rakennetulla alueella</b><br/>P05 AP, P04 IP</p> <p><b>Joukkueenjohtajakoulutus</b><br/>P02 AP, P01 IP</p> <p>Koulutusaika<br/>07.00 – 11.30 (AP)<br/>12.30 - 17.00 (IP)</p> <p>Lounas 10.30 – 11.30<br/>Päivällinen 17.00 – 1800</p> <p><b>18.00 - 21.00</b><br/><b>Tuliyläkkö (3J)</b><br/><b>Toim.kohd.vih.(muod) 2J</b></p> <p>21.00 – 23.00<br/>Ohjeet viestiharjoituksesta<br/>Ohjeet koulutuksesta (su)</p> <p>23.00 – 05.30<br/>Viestiharjoitus</p> | <p>Herätys 05.30<br/>Aamupala<br/>Palautte viestiharjoituksesta</p> <p><b>Tulenjohtotoiminta</b></p> <p><b>Toiminta kokoontumispaikalla /<br/>Väistymissuunnitelma harjoitus</b><br/>P01 - P06</p> <p>Koulutusaika<br/>07.00 – 09.00<br/>09.00 – 11.00</p> <p>Lounas 11.00 - 12.00</p> |      |

## LIITE 7

| PUOLUSTUSVOIMAT      |  | Viikko-ohjelma            |                         |                         |                                    | Viikko                              |
|----------------------|--|---------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Joukko-osasto (vast) |  | RESERVIUPSEERIKOULU       |                         |                         |                                    | 24. - 30.11.2008                    |
| Perusyksikkö (vast)  |  | SISSIKOMPPANIA            |                         |                         |                                    | ..Saapumäärä                        |
| VKO                  |  | 6/233                     |                         |                         |                                    | Kurssi 233                          |
| Aika                 |  | Maanantai 24.11.          | Tiistai 25.11.          | Keskiviikko 26.11.      | Torstai 27.11.                     | Perjantai 28.11.                    |
| Lounas 11.35         |  | YHTEISTOIMINTAHARJOITUS 1 |                         |                         |                                    | VLV                                 |
| Päivällinen 16.50    |  | PERUS-HARJOITUS 2         |                         |                         |                                    | 28.11. klo 17.45 - 30.11. klo 24.00 |
| VALVOJA              |  | Upskok Kukkonen           | Upskok Kukkonen         | Upskok Kukkonen         | Upskok Kukkonen                    | Upskok Kukkonen                     |
|                      |  | fyysinen koulutus 6,0 h   | fyysinen koulutus 6,0 h | fyysinen koulutus 6,0 h | fyysinen koulutus 6,0 h            | fyysinen koulutus 6,0 h             |
|                      |  |                           |                         | Paikka ja aika          | Allekirjoitus                      |                                     |
|                      |  |                           |                         | Hamina 13 .11.2008      | Sissikomppanian päällikkö Kapteeni | Marko Pykalämäki                    |





| RUNKO, YTH1 / TIEDUSTELULINJA   |  | 24.11.2008 – 28.11.2008  |  |  |                       |
|---|--|--|--|--|-----------------------|
| Maanantai 24.11.  | Tiistai 25.11.   | Keskiviikko 26.11.   | Torstai 27.11.   | Perjantai 28.11.   | HUOM                  |
|   | VALLANJÄRVI  | VALLANJÄRVI  | VALLANJÄRVI  |  | Pyörien poisvientä TI |
| 13.00 alkaen<br>PP-siirtyminen<br>Valkjärvi - Vallanjärvi<br>Väinr Savolainen + kok                 | 06.00<br>- Toimintasuunnitelmien tarkastus<br>Ltn Kapt Rusanen / Ylik Naakilahti   | 06.00<br>- Toimintasuunnitelmien tarkastus<br>Kapt Rusanen / Ylik Naakilahti   | 06.00<br>- Toimintasuunnitelmien tarkastus<br>Ltn Tammelin   | 00.00 – 09.00<br>Siirtyminen Vallanjärvi – Hamina<br><br>Kenttähartaus n. 0500 |                       |
| 15.00 – 19.00<br>Ruokailu<br>Ryhmittäminen<br>JOPA:n perustaminen<br>Kapt Rusanen + kok<br>Kokkonen | 07.00 – 07.15<br>Aamuvenytely/Rj   | 07.00 – 07.15<br>Aamuvenytely/Rj   | 07.00-07.15<br>Aamuvenytely/Rj   | 09.30 →<br>-Huolto<br>-Asetarkastus<br>-Palautte<br>-(Maasbiounas)             |                       |
| 19.00 – 20.00<br>Perustaislukupolustus<br>(Kortit 1 - 5)<br>Liikkuminen<br>Kok + P01 – P06          | 07.30<br>Käskyt ryhmille tehtävistä<br>Yhteiskokoulu<br>Rj:n käsky ryhmälle tehtävistä (etenemiskäsky)<br>Kapt Rusanen + koul  | 07.30<br>Käskyt ryhmille tehtävistä<br>Yhteiskokoulu<br>Rj:n käsky ryhmälle tehtävistä (etenemiskäsky)<br>Ylik Naakilahti + koul                                       | 07.30<br>Käskyt ryhmille tehtävistä<br>Yhteiskokoulu<br>Rj:n käsky ryhmälle tehtävistä (etenemiskäsky)<br>Kapt Rusanen + koul  | Harjoituksen päättämisen<br>14.00 mennessä<br>Kapt Rusanen                     |                       |
| 20.00 – 24.00<br>JOPA<br>-Pkom tarkennukset JJ:lle<br>-Esikäskyt ryhmille<br>-Tiedups tarkennukset  | Perustaislukupolustus 2<br>12.00<br>Ryhmät jalkautumisalueella<br>Koul   | 09.00<br>Ryhmät jalkautumisalueella<br>Koul  | 09.00<br>Ryhmät jalkautumisalueella<br>Koul  |  |                       |
| RYHMÄT<br>Tehtävään valmistautuminen  | 12.00 – 19.00<br>Suunnassa tiedustelu/kohteenti edustelu<br>Koul   | 09.00 – 19.00<br>Suunnassa tiedustelu/kohteenti edustelu<br>Koul   | 09.00 – 19.00<br>Suunnassa tiedustelu<br>Koul  |  |                       |
| 20.00 – 20.30<br>KOULUTTAJA-PUHUTTELU   | Ryhmät tavoitteessa viim 19.00   | 17.15 – 18.45<br>Huoltoon tutustuminen (P04-P05)   | Ryhmät tavoitteessa viim 19.00   |  |                       |
| 24.00 – 06.00<br>Tukkohtopalvelu, huolto<br>Toimintasuunnitelmien valmistaminen (JOPA)              | 19.00 – 24.00<br>-Ryhmien haku tehtävistä<br>-Palautte johtamissuorituksista<br>-Kaluston tarkastus<br>-Tehtävien vaihto<br>-Pkom käskyt JJ:lle<br>-Esikäskyt ryhmille | 19.00 – 24.00<br>-Ryhmien haku tehtävistä<br>-Palautte johtamissuorituksista<br>-Kaluston tarkastus<br>-Tehtävien vaihto<br>-Pkom käskyt JJ:lle<br>-Esikäskyt ryhmille | 19.00 – 21.00<br>-Ryhmien haku tehtävistä<br>-Palautte johtamissuorituksista<br>Kaluston tarkastus<br>- Huolto ja valmistautuminen siirtymiseen<br><br>21.00 – 23.00<br>-Maassikäskyt ja ohjeet<br>-Kaluston pakkaus<br>ajoneuvoihin |  |                       |
|   | 24.00 – 06.00<br>Tukkohtopalvelu, huolto<br>Toimintasuunnitelmien valmistaminen (JOPA)   | 24.00 – 06.00<br>Tukkohtopalvelu, huolto<br>Toimintasuunnitelmien valmistaminen (JOPA)   | 23.00<br>Siirtyminen alkaa<br>21.00<br>ARVOSANAPALAVERI  |  |                       |
|   | 21.00<br>ARVOSANAPALAVERI  | 22.00<br>ARVOSANAPALAVERI  |  |  |                       |

