

**KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS
ERIKOISJOUKKOSOTILAIEN FYYSISEEN
TOIMINTAKYKYYN JA PALAUTUMISEEN
TALVIOLOSUHDEHARJOITUKSESSA**

Jere Borgenström

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Syksy 2021

TIIVISTELMÄ

Borgenström, J. 2021. Kehonkoostumuksen yhteys erikoisjoukkosotilaiden fyysiseen toimintakykyyn ja palautumiseen talviolosuohdeharjoituksessa. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 83 s.

Kehonkoostumuksen tiedetään olevan yhteydessä sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn niin, että korkeampi rasvaprosentti on yhteydessä heikompaan fyysiseen toimintakykyyn. Korkeamman rasvaprosentin on kuitenkin havaittu suojaavan lihasmassan vähenemiseltä energiavajeen aikana, ja tämän tutkielman ensisijaisena tarkoituksena olikin selvittää, voiko korkeampi rasvaprosentti ja lihasmassan säästyminen edesauttaa erikoisjoukkosotilaan fyysisen toimintakyvyn ylläpitämistä sotaharjoituksen aikana, ja onko kehonkoostumuksella yhteyttä fyysisen toimintakyvyn palautumiseen. Lisäksi tarkasteltiin seerumin kortisoli- ja testosteronipitoisuuksien muutosten yhteyttä kehonkoostumukseen sotaharjoituksen aikana.

Tutkittavina oli 58 varusmiestä Utin jääkäriyrykmentin laskuvarjojääkärikomppaniasta, jotka osallistui asepalvelukseensa kuuluvaan sotaharjoitukseen Lapissa. Tutkittavilta arvioitiin kehonkoostumus ja mitattiin seerumin hormonipitoisuudet ennen sotaharjoitusta, ennen harjoituksen raskainta vaihetta, välittömästi harjoituksen jälkeen sekä 10 päivää harjoituksen jälkeen. Kehonkoostumuksen arviointiin käytettiin bioimpedanssianalyysiä. Lisäksi tutkittavat suorittivat fyysisen toimintakyvyn testit, joihin kuului kevennyshyppy, kuntopallonheitto, vauhditon pituushyppy, lisäpainoleuanveto, vatsalihastesti, evakuointirata sekä ammuttatestit seisten ja maaten. Fyysisen toimintakyvyn testit suoritettiin ennen sotaharjoitusta, välittömästi sen jälkeen sekä 10 päivää harjoituksen jälkeen. Tuloksia verrattiin ryhmittäin alhaisen (<12%, n=29) ja korkean (>12%, n=29) rasvaprosentin mukaan jaoteltuna, minkä lisäksi tarkasteltiin lihasmassan, rasvaprosentin, seerumin hormonipitoisuuksien ja fyysisten toimintakykytestien välisiä yhteyksiä sekä näiden muuttujien käyttäytymistä eri mittausajankohtien välillä.

Korkean rasvaprosentin ryhmän sotilaat menettivät 1,1 kg vähemmän lihasmassaa sotaharjoituksen aikana alhaisen rasvaprosentin ryhmään verrattuna ($p<0,001$), ja korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä vähäisempään suorituskyvyn laskuun ($r=0,31$, $p<0,05$) ja parempaan palautumiseen ($r=0,40$, $p<0,01$) evakuointiradalla. Lisäksi vähäisempi lihasmassan lasku oli yhteydessä pienempään suorituskyvyn laskuun evakuointiradalla ($r=0,30$, $p<0,05$) ja kevennyshypyssä ($r=0,36$, $p<0,01$). Korkeampi rasvaprosentti oli lisäksi yhteydessä vähäisempään testosteronipitoisuuden laskuun harjoituksen aikana ($r=0,47$, $p<0,001$). Vaikka korkean rasvaprosentin ryhmä ei suoriutunut alhaisen rasvaprosentin ryhmää paremmin millään fyysisen toimintakykytestien osa-alueella yhdelläkään mittauskerralla, korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä suotuisampiin lihasmassan, testosteronipitoisuuden ja fyysisen toimintakyvyn muutoksiin sotaharjoituksen aikana.

Asiasanat: kehonkoostumus, toimintakyky, palautuminen, sotaharjoitus, testosteroni, kortisoli

ABSTRACT

Borgenström, J. 2021. Effects of Special Force Soldiers' Body Composition on Physical Performance and Recovery During a Winter Military Field Exercise. University of Jyväskylä, Faculty of Sport and Health Sciences, Master's Thesis in Exercise Physiology, 83 pp.

Body composition is known to be closely associated with physical performance with higher fat percentages usually leading to worse physical performance. However, higher fat percentage has also been shown to be associated with smaller losses of muscle mass during energy deficit. This thesis aims to find out whether a higher fat percentage and the preservation of muscle mass can help maintain physical performance in special force soldiers during a demanding winter military field exercise through the preservation of muscle mass. Also, the changes in serum cortisol and testosterone concentrations and their relations to body composition are examined.

58 subjects were recruited from the Utti Jaeger Regiment's Paratrooper Company. The subjects were taking part to a winter military field exercise (MFE) in Lapland which was a part of their regular military service. Body composition and serum hormone concentrations were measured before the MFE, before the most demanding part of the MFE, after the MFE, and 10 days after the MFE. Body composition was assessed via bioimpedance analysis. The subjects also completed a series of physical performance tests including countermovement jump, medicine ball throw, standing broad jump, weighted chin-ups, sit-ups, evacuation test, and rifle shooting tests standing and prone. The physical tests were done before the MFE, after the MFE, and 10 days after the MFE. The subjects were grouped according to their body fat percentage to low-fat (<12 %) and high-fat (>12 %) groups (n=29 / group). The results were compared between groups and correlations between muscle mass, fat percentage, serum hormone concentrations, and physical test results and their respective changes between different time points were examined.

Soldiers in the low-fat group lost 1,1 kg more muscle mass than the soldiers in the high-fat group ($p<0,001$) during the MFE, and soldiers' fat percentage was positively correlated with the changes in performance during the MFE ($r=0,31$, $p<0,05$) and the recovery of performance after the MFE ($r=0,40$, $p<0,01$) in the evacuation test. In addition, the change in muscle mass was positively correlated with the change in performance in the evacuation test ($r=0,30$, $p<0,05$) and the countermovement jump test ($r=0,36$, $p<0,01$) during the MFE. Soldiers' fat percentage was also positively correlated with the changes in serum testosterone concentration ($r=0,47$, $p<0,001$) during the MFE. Although the high-fat group could not exceed the performance of the low-fat group in any of the physical performance tests at any time point, higher fat percentage had beneficial effects on changes in muscle mass, physical performance, and testosterone concentration and recovery.

Key words: body composition, physical performance, recovery, military field exercise, testosterone, cortisol

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 ERIKOISJOUKKOSOTILAAN FYYSSINEN TOIMINTAKYKY	3
3 KEHONKOOSTUMUKSEN MÄÄRITTÄMINEN.....	5
3.1 Kehonkoostumuksen arviointi bioimpedanssianalyysillä	6
4 KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS FYYSSISEEN TOIMINTAKYKYYN SEKÄ SEERUMIN HORMONI- JA ENTSYYMIPITOISUUKSIIN	8
4.1 Kehonkoostumuksen yhteys fyysiseen toimintakykyyn.....	8
4.2 Kehonkoostumuksen yhteys fyysisen toimintakyvyn muutokseen.....	9
4.3 Kehonkoostumuksen yhteys kuormitusta kuvaavien hormonien pitoisuuksiin ja kreatiinikinaasin aktiivisuuteen	10
4.3.1 Testosteroni	10
4.3.2 Kortisoli.....	13
4.3.3 Kreatiinikinaasi.....	15
5 SOTAHARJOITUKSEN YHTEYS KEHONKOOSTUMUKSEEN, FYYSSISEEN TOIMINTAKYKYYN SEKÄ HORMONI- JA ENTSYYMIPITOISUUKSIIN	17
5.1 Sotaharjoituksen yhteys energiatasapainoon ja kehonkoostumukseen	17
5.1.1 Fyysinen aktiivisuus	17
5.1.2 Kylmyys	18
5.1.3 Univaje ja psyykkinen kuormitus	19
5.1.4 Sotaharjoituksen yhteys kehonkoostumukseen	20
5.2 Talviolosuhteissa pidetyn sotaharjoituksen yhteys fyysiseen toimintakykyyn	21

5.2.1	Fyysinen kuormitus ja energiavaje	21
5.2.2	Kylmyys	23
5.2.3	Univaje ja psyykkinen kuormitus	25
5.3	Sotaharjoituksen vaikutus veren hormoni- ja entsyymipitoisuuksiin.....	26
5.3.1	Veren testosteroni- ja kortisolipitoisuus	26
5.3.2	Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuus	28
6	SOTAHARJOITUKSESTA PALAUTUMINEN	29
6.1	Fyysisen toimintakyvyn palautuminen.....	29
6.2	Kehonkoostumuksen vaikutus toimintakyvyn palautumiseen	30
6.3	Hormonipitoisuuksien palautuminen.....	31
7	TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEESIT ..	32
8	MENETELMÄT.....	34
8.1	Tutkittavat.....	34
8.2	Tutkimusasetelma.....	34
8.3	Fyysisen toimintakyvyn testit.....	35
8.4	Verinäytteidenotto ja kehonkoostumuksen analysointi.....	38
8.5	Tilastolliset menetelmät.....	39
9	TULOKSET	41
9.1	Kehonkoostumus	41
9.2	Fyysisen toimintakyvyn testit.....	46
9.3	Seerumin hormoni- ja entsyymipitoisuudet.....	54
10	POHDINTA.....	57
10.1	Sotaharjoituksen yhteys kehonkoostumukseen, fyysiseen toimintakykyyn ja seerumin biomerkkiaineisiin	57

10.1.1	Sotaharjoituksen yhteys kehonkoostumukseen	57
10.1.2	Sotaharjoituksen yhteys fyysiseen toimintakykyyn	60
10.1.3	Sotaharjoituksen yhteys seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuuteen sekä kreatiinikinaasin aktiivisuuteen	62
10.2	Sotaharjoituksesta palautuminen	64
10.2.1	Kehonkoostumuksen palautuminen.....	64
10.2.2	Fyysisen toimintakyvyn palautuminen.....	66
10.2.3	Seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuuden sekä kreatiinikinaasiaktiivisuuden palautuminen	67
10.3	Tulosten tulkinnassa huomioitavia tekijöitä.....	68
10.4	Tutkimuksen eettiset haasteet.....	69
10.5	Tulosten sovellettavuus	70
10.6	Johtopäätökset	72
LÄHTEET	73

1 JOHDANTO

Fyysinen toimintakyky on eräs tärkeimmistä sotilaan ominaisuuksista. Eri sotilastehtävien fyysiset toimintakykyvaatimukset ovat kuitenkin moninaiset, kuten ovat tehtävänkuvatkin. Kovinta fyysistä toimintakykyä edellytetään kuitenkin erikoisjoukkosotilailta, jotka suorittavat kaikkein vaativimmat tehtävät usein vaativissa olosuhteissa. Sotilaiden kehonkoostumuksen ja fyysisen toimintakyvyn välinen yhteys on aiemmin havaittu, ja korkeampi rasvaprosentti on yhdistetty sotilaiden heikompaan fyysiseen toimintakykyyn (Pihlainen ym. 2018; Crawford ym. 2011).

Vaikka korkea rasvaprosentti on useimmiten yhdistetty heikompaan suorituskyykyyn, on havaittu, että alhaisempi kehon rasvaprosentti on yhteydessä suurempaan lihasmassan menetykseen energiavajeen aikana (Vikmoen ym. 2020, Hamarsland ym. 2018, Ocobock ym. 2017). Lihasmassan tärkeys fyysiselle toimintakyvylle on helppo ymmärtää, ja sotilaiden lihasmassan menetys energiavajeen aikana onkin yhdistetty suurempaan fyysisen suorituskyyvyn laskuun (Johnson ym. 1994), joskaan yhteyttä ei aina ole ollut (Vikmoen ym. 2020). Koska operatiivisissa tehtävissä olevien sotilaiden voima- ja teho-ominaisuudet ovat nykyaikana yhä suuremmassa roolissa (Kraemer & Szivak 2012), tulisi selvittää ne tekijät, jotka voisivat edesauttaa näiden ominaisuuksien säilymistä esimerkiksi pitkäkestoisten tehtävien aikana. Lihasmassan mahdollisimman hyvä säilyminen pitkäkestoisen kuormituksen ja energiavajeen aikana voisi olla yksi tämänkaltainen tekijä.

Onkin mahdollista, että jos korkeampi rasvaprosentti vähentää sotaharjoituksen aiheuttamaa lihasmassan laskua, säilyy korkeamman rasvaprosentin omaavien erikoisjoukkosotilaiden suorituskyyky parempana sotaharjoituksen jälkeen. Vähäisempi fyysisen toimintakyvyn lasku voisi näkyä lisäksi nopeampana fyysisen toimintakyvyn palautumisena harjoituksen jälkeen. Talviolosuhteissa pidetyn sotaharjoituksen kylmäaltistus luo omat erityispiirteensä tälle tutkielmalle, sillä kylmäaltistuksen on havaittu lisäävän energiankulutusta (Van Der Lans ym. 2013) sekä aiheuttavan sotilailla suuremman fyysisen toimintakyvyn laskun kenttäoloissa (Hackney ym. 1991).

Tämän pro gradu -tutkielman ensisijaisena tarkoituksena on selvittää, onko erikoisjoukkosotilaiden kehonkoostumus yhteydessä talviolosuuhdeharjoituksen aiheuttamaan lihasmassan menetykseen ja fyysisen toimintakyvyn laskuun sekä harjoituksen jälkeiseen palautumiseen. Lisäksi tarkoitus on selvittää fyysisen toimintakyvyn palautumisen aikajännettä sekä sotaharjoituksen aiheuttamia muutoksia seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuudessa sekä näiden muutosten palautumista ja yhteyttä kehonkoostumukseen.

2 ERIKOISJOUKKOSOTILAAN FYYSINEN TOIMINTAKYKY

Sotilaan käsikirja määrittelee toimintakyvyn kyvyksi toimia määrätietoisesti ja tilanteen vaatimalla tavalla sodan tai alempiasteisten kriisien erilaisissa ympäristöissä sekä yksin että yhdessä toisten kanssa. Toimintakyky on käsitteenä laaja, ja se voidaan jakaa sosiaaliseen, eettiseen, psyykkiseen ja fyysiseen toimintakykyyn. Fyysinen toimintakyky voidaan puolestaan määritellä kyvyksi tehdä fyysistä kuntoa ja motorisia taitoja vaativia tehtäviä eikä se toisaalta ole täysin irrallaan muista toimintakyvyn osa-alueista, sillä esimerkiksi motivaatiolla on suuri merkitys siihen, kuinka sotilas kykenee suorittamaan fyysisesti vaativia tehtäviä. (Sotilaan käsikirja 2020.)

Puolustusvoimien tutkimuslaitos on toimintakykyä käsittelevässä raportissaan todennut, että maavoimien alokkailta edellytetään riittävää fyysistä toimintakykyä, jotta he kykenevät selviämään palvelusenaikaisesta kuormituksesta ja tehtävien vaatimuksista (Harala ym. 2019). Sotilaan tehtävät edellyttävätkin hyvää fyysistä kuntoa, ja riittävä fyysinen toimintakyky määräytyy pitkälti operatiivisen toiminnan ja taistelukentän vaatimusten perusteella. Nykyajan taistelijalta odotetaan entistä pidempiä toiminta-aikoja ilman lepoa sekä nopeaa palautumista tehtävistä, minkä lisäksi sotilaat voivat joutua toimimaan erilaisissa ilmasto-, sää- ja korkeusolosuhteissa, jotka asettavat lisävaatimuksia sotilaiden toimintakyvyille. Fyysisen toimintakyvyn tärkeys on kuitenkin selvää jo ilman ympäristön asettamia lisähaasteita, sillä esimerkiksi sotilaiden kantamat taakat voivat olla tehtävästä riippuen 25–65 kg. (Kyröläinen & Santtila 2020.)

Erikoisjoukkosotilaiden toimintakykyvaatimukset ovat tavanomaista taistelijaa korkeampia, sillä heille annetut tehtävätkin usein eroavat tavanomaisen taistelijan tehtävistä fyysisten ja psyykkisten vaatimustensa puolesta. Lisäksi tehtävissä voidaan usein käyttää poikkeavia toimintatekniikoita ja -menetelmiä, jotka voivat erota fyysisiltä vaatimuksiltaan tavanomaisista tekniikoista ja menetelmistä. Erikoisjoukkoihin hakeudutaan vapaaehtoisesti valintaprosessin kautta, jossa varmistetaan hakijan riittävän toimintakyky ja motivaatio ennen raskasta koulutusta. (Ojanen 2020.) Hyvän fyysinen toimintakyvyn onkin havaittu olevan tärkein menestystä ennustava tekijä esimerkiksi yhdysvaltalaisen erikoisjoukkojen

valintatilaisuudessa, mutta myös psykologiset tekijät kuten älykkyys ja sinnikkyys ennustivat menestystä erikoisjoukkovalinnoissa. (Farina ym. 2019). Erikoisjoukkosotilaiden palveluksenaikaisissa tehtävissä fyysiset ja kognitiiviset tekijät eivät ole enää vahvasti ennustaneet sotilaiden menestystä, vaan merkittävimmäksi tekijäksi nousevat erilaiset motivaatiotekijät. Tämä selittyy sillä, että sotilaat ovat läpikäyneet pääsykokeet, jossa fyysisiä ja psyykkisiä ominaisuuksia on testattu, jolloin hajonta näiden ominaisuuksien osalta on vähäistä valintakokeiden läpäisseiden sotilaiden osalta. (Kilcullen ym. 1999.)

3 KEHONKOOSTUMUKSEN MÄÄRITTÄMINEN

Kehonkoostumuksen määrittäminen nähdään usein tärkeänä osana terveyden ja fyysisen toimintakyvyn arviointia, sillä kehonkoostumuksen yhteys näihin molempiin tekijöihin on usein todettu (Ackland ym. 2012). Kehonkoostumuksen määrittämiseksi on kuitenkin olemassa useita erilaisia menetelmiä, jotka eroavat toisistaan mittaustarkkuuden, käytettävyytensä ja saatavuutensa suhteen. Kehonkoostumuksen analysointi onkin usein tasapainoilua näiden tekijöiden välillä: mittaustarkkuuden maksimointi kulkee usein käsi kädessä hankalan saatavuuden ja käytettävyyden kanssa. Kaikkein tarkin kehonkoostumuksen määrittäminen tehdään kemiallisesti kadaavereilla, mutta menetelmän soveltuminen käytäntöön on luonnollisesti hyvin rajoitettua (Heymsfield ym. 2015). Tämän vuoksi onkin kehitetty useita epäsuoria mittausten menetelmiä. Jokaiseen mittausten menetelmään liittyy kuitenkin sekä vahvuuksia että heikkouksia, joiden arviointi tulisi tehdä tapauskohtaisesti kaikkein soveltuvimman menetelmän löytämiseksi.

Tarkimpina epäsuorina menetelminä pidetään usein magneettikuvausta tai tietokonetomografiaa. Vaikka kehonkoostumuksen määrittäminen näillä kaikkein tarkimmilla menetelmillä ei sinänsä ole täysin ongelmaton, nousee suurimmaksi ongelmaksi useimmiten laitteiston hankala saatavuus ja suuret kustannukset. Tämän lisäksi tietokonetomografiaan liittyy suuri säteilyannos, ja magneettikuvaus puolestaan vaatii tutkittavan suhteellisen pitkää asettamista ahtaaseen tilaan, mitkä asettavat menetelmien käytölle myös eettisiä haasteita. Huomattavasti helpommin saatavilla olevia ja halvempia menetelmiä on kuitenkin kehitetty, mutta vastavuoroisesti niiden käyttö tapahtuu mittaustarkkuuden kustannuksella. (Ackland ym. 2012.) Erääksi kehonkoostumuksen analysoinnin menetelmäksi on kehitetty kudosten sähkönsäilytyksen perustuvaa bioimpedanssianalyysiä. Menetelmä on ajan saatossa hioutunut nopeaksi, helppokäyttöiseksi, turvalliseksi ja halvaksi kehonkoostumuksen analysoinnin menetelmäksi, joka on verrattain helposti siirrettävissä. Tämän vuoksi se onkin paljon käytetty menetelmä tutkimuksissa, joissa on tarve usean tutkittavan kehonkoostumuksen analysoinnille.

3.1 Kehonkoostumuksen arviointi bioimpedanssianalyysillä

Kehonkoostumuksen arviointi bioimpedanssilla perustuu kehon läpi kulkevan sähkövirran impedanssin (Z) määrittämiseen. Impedanssi on vaihtovirran kokema vastus, joka muodostuu resistanssista (R) ja reaktanssista (X). Resistanssi kuvaa piirin, tässä tapauksessa kehon, kykyä vastustaa sähkövirtaa ja reaktanssi puolestaan kykyä vastustaa vaihtovirran muutosta. Vaihtovirrassa tapahtuu muutoksia ajan funktiona, ja ne voivat tapahtua joko sähkövirrassa tai jännitteessä. Reaktanssi on edelleen jaettu induktiiviseen (X_L) ja kapasitiiviseen (X_C) reaktanssiin, joista induktiivinen reaktanssi kuvaa kykyä vastustaa sähkövirran muutosta ja kapasitiivinen reaktanssi kuvaa kykyä vastustaa jännitemuutoksia. (Khalil ym. 2014.) Kun analysoidaan kehonkoostumusta bioimpedanssilla, kehon veden määrän katsotaan olevan vastuussa syntyneestä resistanssista ja kehon solumassan katsotaan olevan vastuussa syntyneestä reaktanssista solukalvojen kapasitiivisuuden vuoksi (Walter-Kroger ym. 2011).

Sähkö johdetaan kehoon virtaelektrodien kautta, joihin tartutaan tai jotka kiinnitetään raajojen tai mitattavien segmenttien distaalsiin osiin. Jännite-elektrodit mittaavat puolestaan syntyneen potentiaalieron. (Foster & Lukaski 1996). Mittaukset voivat tapahtua koko kehon tasolla, jolloin mitattavia segmenttejä on yksi, ja elektrodien sijainnit vaihtelevat ollen joko jalasta jalkaan, kädestä jalkaan tai kädestä käteen. Keho voidaan jakaa myös useampiin pienempiin segmentteihin, mikä vaatii useampia elektrodeja. (Mialich ym. 2014.) Bioimpedanssimittauksessa käytetty virta on tyypillisesti 1–10 μA , mikä on reilusti ihmisen havaintokynnyksen alapuolella, eikä näin ollen ole myöskään vaarallinen ihmiselle (Foster & Lukaski 1996).

Koska pelkkä laitteen ilmoittama impedanssin, resistanssin tai reaktanssin arvo itsessään ei kerro käyttäjälle paljoakaan tutkittavan kehonkoostumuksesta, on kehitetty erilaisia regressiomalleja, joiden avulla saadaan lopullinen arvio kehonkoostumuksesta. Luotuun regressiomalliin syötetään yksi tai useampi laitteen mittaamasta muuttujasta muiden valikoitujen muuttujien – kuten esimerkiksi painon, pituuden, sukupuolen tai iän – kanssa, joiden avulla arvioidaan tutkittavan henkilön kehonkoostumus. Oikean regressiomallin valinta kehonkoostumuksen analysoimiseksi on kuitenkin tärkeää, sillä mallit on luotu aina tiettyä

populaatiota varten, eivätkä ne välttämättä sovellu yleistettäväksi muille ryhmille. Regressiomalli luodaan käyttämällä standardimenetelmää – useimmiten magneettikuvaus tai DEXA (*dual-energy x-ray absorptiometry*) – kehonkoostumuksen mittaamiseksi, ja luomalla malli, joka mahdollisimman hyvin ennustaa standardimenetelmällä mitattua kehonkoostumusta. (Beaudart ym. 2019.)

Kehonkoostumuksen lisäksi mitattuun impedanssiin vaikuttavat muut kehonkoostumukseen liittymättömät tekijät, jotka tulisi huomioida mittaustilanteessa mahdollisimman tarkkan kehonkoostumuksen arvion saamiseksi. Nämä tekijät voivat liittyä joko itse tutkittaviin tai mittaustekniikkaan ja -ympäristöön. Ainakin tutkittavien nestetasapainon, (Khaled ym. 1998, Saunders ym. 1998), mittausta edeltävän fyysisen aktiivisuuden (Andreacci ym. 2013), etnisyyden (Janssen ym. 2000), iän (Mialich ym. 2014) ihon lämpötilan (Caton ym. 1998) ja joidenkin sairauksien (Deghan ym. 2008) on havaittu vaikuttavan bioimpedanssianalyysin mittaustuloksiin, sillä nämä tekijät voivat joko suoraan tai epäsuorasti vaikuttaa mitattuun impedanssiin. Bioimpedanssianalyysin tulokseen voi vaikuttaa lisäksi käytettävä laite, mittaaja, elektrodit ja ympäristön lämpötila (Sergi ym. 2016). Nämä tekijät korostavat mittaustilanteen mahdollisimman tarkkan vakioinnin tärkeyttä luotettavien ja vertailukelpoisten kehonkoostumuksen arvioiden saamiseksi.

4 KEHONKOOSTUMUKSEN YHTEYS FYYSISEEN TOIMINTAKYKYYN SEKÄ SEERUMIN HORMONI- JA ENTSYYMIPITOISUUKSIIN

4.1 Kehonkoostumuksen yhteys fyysiseen toimintakykyyn

Kehonkoostumuksen – tyypillisesti kehon rasvattoman ja rasvamassan suhteen – on havaittu ennustavan sotilaiden toimintakykyä niin, että korkeampi rasvaprosentti on yhdistetty huonompaan fyysiseen toimintakykyyn (Pihlainen ym. 2018; Crawford ym. 2011; Mattila ym. 2007). Aiemmissa tutkimuksissa otokset ovat olleet kuitenkin kehonkoostumuksen suhteen hyvinkin heterogeenisiä, ja vaihtelu esimerkiksi rasvaprosentissa on ollut suurta. Tämä on osaltaan voinut vaikuttaa siihen, että erityisen suuren rasvaprosentin omaavat sotilaat eivät odotetusti ole menestyneet käytetyissä toimintakykytesteissä. Korkeamman rasvaprosentin on lisäksi havaittu olevan yhteydessä heikompaan kestävyysuorituskykyyn muun muassa maratoneilla (Knechtle ym. 2012) ja ultramatkoilla aina 161 kilometriin asti (Hoffman ym. 2009). Nämä tutkimukset käsittelivät kuitenkin harrastajajuoksijoita ja tutkittavien rasvaprosenteissa olikin jälleen suurta vaihtelua. Esimerkiksi kenialaisilla miesmaratoonareilla alhainen ihonalaisen rasvan määrä ei ollut yhteydessä parempaan juoksuaikaan, ja korrelaatio oli itseasiassa negatiivinen, kun tarkasteltiin juoksijoiden parhaan ajan ja maailmanennätysajan erotuksen yhteyttä ihonalaisen rasvan määrään (Sengeis ym. 2020). Vaikka yhtäläisyydet tämän pitkälle erikoistuneen huippu-urheilijoiden joukon ja erikoisjoukkosotilaiden välillä ovat vähäisiä, voidaan kuitenkin todeta, että korkeampi rasvaprosentti ei välttämättä johda huonompaan fyysiseen toimintakykyyn, kun otos on homogeeninen eikä se sisällä erityisen korkean rasvaprosentin omaavia yksilöitä.

Erityisen pitkäkestoisissa useiden päivien kestävyyskilpailuissa, kuten seitsenpäiväisessä vuoristoultramaratonissa (Knechtle ym. 2010) tai 17 päivää kestäneessä monietappisessa ultrajuoksukilpailussa (Knechtle ym. 2009), yhteyttä kestävyysuorituskyvyn ja kehonkoostumuksen välillä ei ole havaittu. Useita päiviä kestävät kestävyyskilpailut, jotka kestoltaan ovat lähempänä tämän tutkielman sotaharjoitusta, eivät vaikuta olevan yhtä herkkiä kehonkoostumuksen vaikutukselle eikä suurempi rasvaprosentti ole yhteydessä heikompaan suorituskykyyn tämänkaltaisissa kuormituksissa. Ylimääräisen rasvamassan haitallisuus

suorituskyvyllä on joka tapauksessa helppo ymmärtää, sillä rasvamassa toimii ylimääräisenä taakkana monessa tehtävässä, jossa liikutetaan omaa kehonpainoa.

Spiering ym. (2019) havaitsivat suuremman rasvattoman massan olevan puolestaan yhteydessä parempaan fyysiseen toimintakykyyn sotilaiden toimintakykyä mittaavassa testissä, joskaan kaikissa testin osioissa tilastollisesti merkitsevää korrelaatiota ei ollut. Suurempi rasvaton massa ennusti parempaa tulosta pituushypyssä ja laatikon nostamisessa, mutta sillä ei havaittu olevan vaikutusta kranaatin heittoon tai kuorman kantamiseen. Samalla testiradalla rasvaprosentti oli yhteydessä ainoastaan pituushypyn tulokseen korkeamman rasvaprosentin ennustaen huonompaa tulosta. (Spiering ym. 2019). Tämä havaittu vaihtelu testiosioiden välillä johtunee niiden erilaisista vaatimuksista: lihasvoimaa vaativissa tehtävissä lihasmassa on eduksi, ja rasvamassasta on haittaa erityisesti silloin, kun suorituksessa liikutetaan omaa kehonpainoa. Kehonkoostumuksella on joka tapauksessa selkeä yhteys toimintakykyyn ja kehon rasvaprosentilla vaikuttaisi olevan toimintakyvyn suhteen optimialue, jonka ylittäminen – ja toisaalta myös alittaminen – on epäedullista toimintakyvyllä. Tämä alue on luultavasti sidonnainen sekä yksilöön että tehtävään.

4.2 Kehonkoostumuksen yhteys fyysisen toimintakyvyn muutokseen

Kehonkoostumuksen vaikutus fyysisen toimintakyvyn tai suorituskyvyn heikkenemiseen pitkäkestoisen rasituksen yhteydessä ei ole laajalti tutkittu aihe. Tämän vuoksi aihetta voidaan lähestyä myös fyysiseen toimintakykyyn yhteydessä olevien muuttujien kautta – tässä tapauksessa tarkoittaen lähinnä kehokoostumusta. Olettamuksena on, että suurempi lihasmassa olisi erikoisjoukkosotilaan fyysiselle toimintakyvyllä eduksi, kuten Spiering ym. (2019) havaitsivat, jolloin lihasmassan menetys sotaharjoituksen aikana voisi olla epäedullista fyysiselle toimintakyvyllä. Painonpudotuksen yhteys suorituskyvyn heikkenemiseen onkin havaittu sekä aerobisissa että anaerobisissa suorituksissa kuten myös lihasvoimaa ja -kestävyyttä vaativissa suorituksissa (Fogelholm 1994), joskaan pelkän painonpudotuksen perusteella ei voida päätellä muutoksia rasvattomassa massassa tai rasvamassassa.

Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että ylipainoiset ihmiset eivät painonpudotuksen yhteydessä menetä välttämättä rasvatonta massaa, ja voivat harjoittelusta riippuen jopa lisätä sitä painonpudotuksen aikana (Wallace ym. 1997). Tästä voidaan päätellä, että ylimääräinen rasvamassa voi edesauttaa rasvattoman massan säilyttämistä painonpudotuksen aikana, mikä osaltaan voisi edesauttaa fyysisen toimintakyvyn säilymistä, kun tiedostetaan lihasmassan ja fyysisen toimintakyvyn välinen yhteys. Myös Ocobock ym. (2017) havaitsivat, että korkeampi rasvaprosentti suojaasi tutkittavia lihaskataboliaalta energiavajeen aikana. Korkeamman rasvaprosentin suojaava vaikutus havaittiin sekä lämpimässä että kylmässä ympäristössä, joissa tutkittavat osallistuivat erätaitojen opetteluun keskittyville leireille. (Ocobock ym. 2017.) Väistämätöntä kuitenkin on, että painonpudotuksen jatkuessa, myös rasvattoman massan menetystä havaitaan riittävän alhaisen rasvaprosentin omaavilla henkilöillä.

Lihasmassan säilymisen merkityksellisyyttä tulee kuitenkin peilata fyysisen toimintakyvyn lopulliseen tasoon. Vaikka korkeamman rasvaprosentin omaavat sotilaat säilyttäisivätkin paremmin lihasmassaansa ja edelleen fyysistä toimintakykyään, matalamman rasvaprosentin omaavien sotilaiden fyysinen toimintakyky voi olla edelleen parempi esimerkiksi paremman lähtötason ansiosta. Tällöin esimerkiksi korkeamman rasvaprosentin omaavien sotilaiden suosiminen paremman fyysisen toimintakyvyn säilyttämiseksi pitkäkestoisten harjoitusten yhteydessä ei välttämättä ole suositeltavaa.

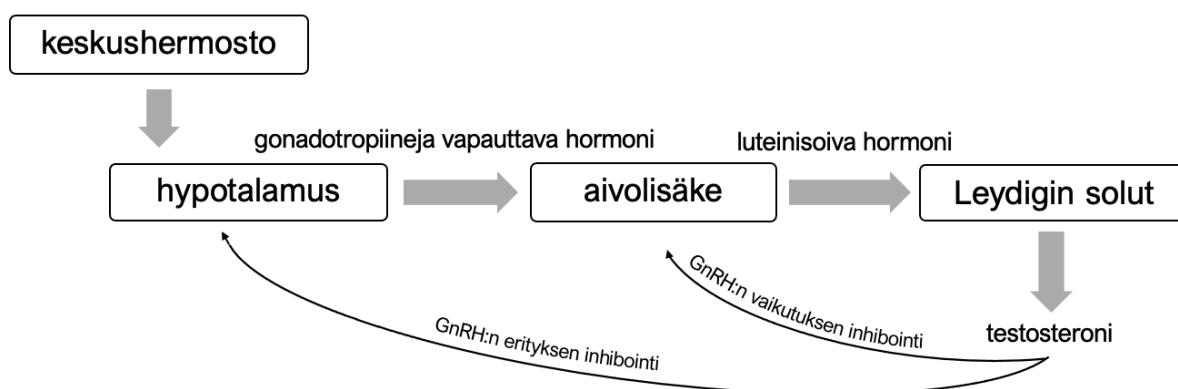
4.3 Kehonkoostumuksen yhteys kuormitusta kuvaavien hormonien pitoisuuksiin ja kreatiinikinaasin aktiivisuuteen

4.3.1 Testosteroni

Testosteroni on androgeeni, joka erittyy pääosin kivesten Leydigin soluissa, mutta vähäisiä määriä tuotetaan myös lisämunuaisissa sekä naisilla munasarjoissa. Tämän vuoksi miehillä testosteronin erityis on huomattavasti runsaampaa kuin naisilla, mikä johtaa miesten maskuliinisten piirteiden ja ominaisuuksien kehitykseen. Testosteronin vaikutukset syntyvät useimmiten lisääntyneen proteiinisynteesin kautta kohdesolussa. Vaikka testosteronin vaikutukset ulottuvat käytännössä kehon jokaiseen soluun, ovat vaikutukset suurempia niin

sanotuissa kohde-elimissä ja soluissa, jotka ovat vastuussa maskuliinisten ominaisuuksien kehitymisestä. (Guyton & Hall 2016 s. 1028–1032)

Pääosin testosteronin eritystä säädellään hypotalamuksesta erittyvän gonadotropiineja vapauttavan hormonin (GnRH) avulla, joka puolestaan johtaa luteinisoivan hormonin erittymiseen aivolisäkkeestä. Luteinisoivalla hormonilla on suora stimuloiva vaikutus Leydigin soluihin, jotka erittävät testosteronin verenkiertoon. (Guyton & Hall 2016 s. 1028–1032) Hypotalamuksen GnRH:n eritykseen, ja edelleen testosteronin tuotantoon, voidaan vaikuttaa suoraan hypotalamusta stimuloimalla keskushermoston kautta, minkä lisäksi testosteroni inhiboi gonadotropiinin eritystä hypotalamuksesta ja sen vaikutusta aivolisäkkeessä (Vingren ym. 2010). Testosteronin tuotantoon johtavaa säätelyreittiä on havainnollistettu kuvassa 1. Testosteronipitoisuus noudattaa sirkadiaanista rytmiä, jossa korkeimmat testosteronipitoisuudet saavutetaan aamulla ja matalimmat pitoisuudet illalla, minkä lisäksi voidaan havaita myös kausittaista vaihtelua vuoden aikana (Hackney 2008).



KUVA 1. Testosteronin tuotantoon Leydigin soluissa johtava tuotantoreitti.

Normaalin vaihtelun lisäksi myös ulkoiset tekijät, kuten fyysinen ja psyykinen kuormitus, voivat vaikuttaa veren testosteronin pitoisuuteen. Testosteronipitoisuuden on havaittu laskevan määrällisesti suuren kestävyysharjoittelun (Hackney ym. 2008), energiavajeen (Karila ym. 2008), univajeen (Cote ym. 2013) ja psyykkisen stressin vuoksi (Bhongade ym. 2014). Stressin aiheuttamaa glukokortikoidipitoisuuksien nousua pidetään yhtenä tärkeimpänä testosteronipitoisuuden alenemisen aiheuttajana, sillä glukokortikoidien – kuten kortisolin – on havaittu vaikuttavan Leydigin soluihin ja vähentävän testosteronin tuotantoa (Hardy ym. 2005).

Koska testosteronipitoisuus voi laskea ulkopuolisen kuormituksen vuoksi, on testosteronia käytetty tieteellisissä tutkimuksissa kuvastamaan kuormituksen tasoa ja siitä palautumista (Lee ym. 2017).

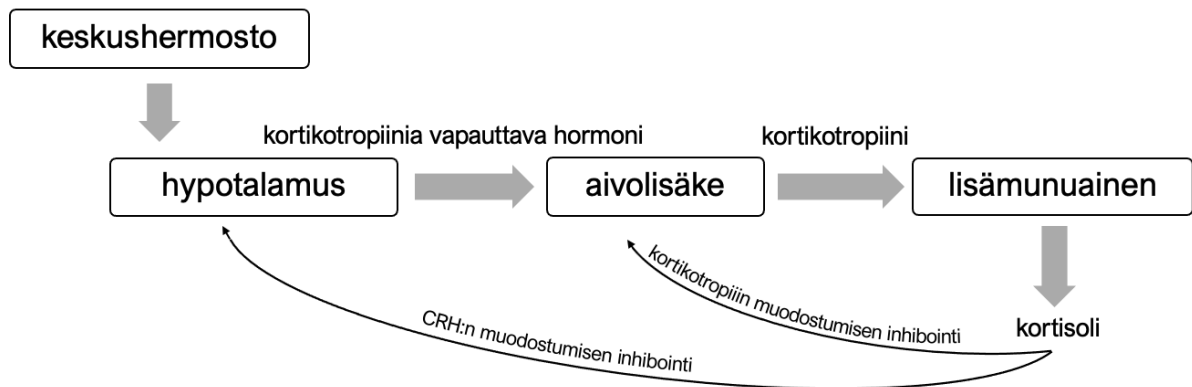
Miesten veren testosteronipitoisuuden on havaittu olevan yhteydessä kehonkoostumuksen kanssa niin, että ylipaino, suurempi vyötärönympäryys sekä korkeampi rasvaprosentti korreloivat negatiivisesti veren kokonais- ja vapaan testosteronin kanssa. Vahvinkin korrelaatio oli kuitenkin käytännössä merkityksetön ($r = -0.12$), ja se heikkeni entisestään, kun huomioitiin tupakointi, alkoholin käyttö ja fyysinen aktiivisuus. (Rohrmann ym. 2011.) Esimerkiksi yliopistourheilijoilla rasvaprosentin tai rasvattoman massan ei havaittu olevan yhteydessä veren kokonaistestosteronin määrään (Fahey ym. 1976). Cao ym. (2012) havaitsivat kuitenkin, että lihaviiden miesten kokonaistestosteronipitoisuus oli 3 nmol/l alhaisempi verrattuna normaalipainoisiin miehiin. Tässä tutkimuksessa ei kuitenkaan huomioitu fyysisen aktiivisuuden ja muiden elintapojen vaikutusta, mikä olisi voinut pienentää ryhmien välistä eroa. Samassa tutkimuksessa ylipainoisten ja normaalipainoisten miesten välillä ei ollut eroja seerumin kokonaistestosteronin pitoisuudessa. (Cao ym. 2012.) Kaiken kaikkiaan vaikuttaisi siltä, että kehonkoostumuksen vaikutus veren testosteronin pitoisuuksiin ei ole merkityksellinen tämän tutkimuksen tulosten tulkinnassa, kun otetaan huomioon tutkittavan otoksen kehonkoostumuksen homogeenisyys.

Testosteronilla on kuitenkin havaittu olevan vaikutus energiankulutukseen. Welle ym. (1992) havaitsivat, että testosteroni-injektiot lisäsivät tutkittavien miesten energiankulutusta keskimäärin noin 10 % kolmen kuukauden hoitajakson jälkeen. Vaikka tutkittavien lihasmassa kasvoi hoitajakson seurauksena, suurempi lihasmassa ei kuitenkaan täysin selittänyt lisääntyneitä energiankulutusta. (Welle ym. 1992.) On kuitenkin syytä huomioida farmakologisen intervention sekä fysiologisen vaihtelun ero: vähäiset fysiologiset vaihtelut seerumin testosteronipitoisuudessa eivät välttämättä aiheuta merkittäviä tai edes havaittavia eroja energiankulutuksessa. Toisaalta tilanteissa, joissa tapahtuu suuria muutoksia tutkittavien seerumin testosteronipitoisuudessa – kuten pitkän sotaharjoituksen aikana – voivat suhteelliset erot eri yksilöiden välillä olla merkittäviä.

4.3.2 Kortisoli

Kortisoli on kortikosteroidi, jota eritetään lisämunuaiskuoren keskimmäisestä kerroksesta, *zona fasciculata*. Kortikosteroidit voidaan jakaa kahteen ryhmään niiden toimintansa perusteella: glukokortikoideihin ja mineralokortikoideihin. Glukokortikoideilla on tärkeitä tehtäviä veren glukoosipitoisuuden hallinnassa sekä hiilihydraattien, proteiinien ja rasvan metaboliassa, kun taas mineralokortikoidit vaikuttavat elektrolyyttien, erityisesti natriumin ja kaliumin, metaboliaan. Kortisoli on glukokortikoidi, ja täten sen vaikutukset kohdistuvat ensisijaisesti hiilihydraattien, rasvojen ja proteiinien metaboliaan, joskin sillä on myös vähäisempiä mineralokortikoideille ominaisia vaikutuksia. (Guyton & Hall 2016 s. 974–978)

Kortisolin erityistä kontrolloidaan hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisakselin kautta kortikotropiinin avulla. Kortikotropiinia eritetään, kun hypotalamuksesta peräisin oleva kortikotropiinia vapauttava hormoni (CRH) vaikuttaa aivolisäkkeen etulohkoon eli adenohypofyysiin. Aivolisäkkeen etulohkosta vapautuva kortikotropiini johtaa lopulta kortisolin muodostumiseen ja vapautumiseen lisämunuaisen kuorikerroksesta. Verenkiertoon eritetty kortisoli puolestaan inhiboi edeltäviä CRH:n ja kortikotropiinin muodostumisen prosesseja. (Guyton & Hall 2016 s. 974–978) Kortisolin muodostumisen reittiä on havainnollistettu kuvassa 2. Testosteronin tapaan kortisolikin noudattaa sirkadianista rytmiä, jossa korkeimmat kortisolipitoisuudet voidaan havaita aamulla ensimmäisen valveillaolotunnin aikana. Tästä eteenpäin pitoisuus laskee alhaisimmalle tasolle keskiyöllä, josta alkaa jälleen pitoisuuden nousu aamun lähestyessä. (Chan ym. 2010.)



KUVA 2. Kortisolin muodostumisen ja erittymisen säätely hypotalamus-aivolisäke-lisämunuaisakselin kautta.

Veren kortisolipitoisuuskin on herkkä ulkoisten tekijöiden vaikutukselle. Jo yhden yön univajeen on havaittu nostavan veren kortisolipitoisuuksia, jonka lisäksi univaje lisäsi psykologisen stressin aiheuttamaa kortisolivastetta (Minkel ym. 2014). Kovatehoinen liikunta nostaa akuutisti kortisolipitoisuutta, kun taas matalatehoinen liikunta voi puolestaan laskea sitä (Hill ym. 2008). Liikunnan vaikutus kortisolipitoisuuteen on huomattu myös kroonisesti pitkäkestoisemmilla harjoittelujaksoilla, joissa kuormitusta on merkittävästi lisätty lähtötasoon verrattuna johtaen kortisolipitoisuuden nousuun. (Roberts ym. 1993.) Myös energiansaannin rajoittamisella on havaittu olevan kortisolipitoisuutta nostava vaikutus, joskin sen vaikutus vähenee energiansaannin rajoituksen pitkittyessä. Vaikutus on kuitenkin heikko, jos energiansaannin rajoitus on vähäistä. (Nakamura ym. 2016.)

Kehon painon, painoindeksin ja vyötärön ympärysmittan on havaittu olevan tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä veren kortisolipitoisuuteen (Travison ym. 2007), mutta yhteys oli niin heikko, että löydöksellä ei ollut käytännön merkitystä. Coullaird ym. (2000) eivät puolestaan havainneet merkitsevää yhteyttä kortisolin ja kehonpainon, rasvaprosentin tai rasvamassan välillä. Joka tapauksessa kehonkoostumuksen teoreettinenkin vaikutus veren kortisolipitoisuuteen menettää merkityksensä, kun huomioidaan tämän tutkimuksen otoksen homogeenisyys kehonkoostumuksen suhteen: vaikutuksen tulisi olla selkeä, jotta se aiheuttaisi eroja sotilaiden kortisolipitoisuuksien välille.

4.3.3 Kreatiinikinaasi

Kreatiinikinaasi (CK) on entsyymi, jonka tehtävänä on katalysoida reaktiota, jossa adenosiidifosfaatista (ADP) muodostetaan fosfokreatiinin avulla adenositriifosfaattia (ATP) sekä päinvastaista reaktiota, kun fosfokreatiinivarastoja täydennetään. Täten sillä on tärkeä rooli solujen energia-aineenvaihdunnassa. Kreatiinikinaasista on olemassa kolmea eri isoentsyymiä: CK-MM, CK-BB ja CK-MB. Erityisesti lihassoluissa kreatiinikinaasia esiintyy runsaasti, ja niissä voidaan havaita lähinnä CK-MM isoentsyymiä. (Walliman ym. 1998.) Koska kreatiinikinaasia esiintyy runsaasti lihassoluissa, on sitä käytetty usein lihasvaurion merkkiaineena. Lihassolujen suuren kreatiinikinaasipitoisuuden vuoksi, suurempi lihassolun onkin yhteydessä myös suurempaan seerumin CK-pitoisuuteen (Brancaccio ym. 2007), minkä lisäksi on myös viitteitä siitä, että lihavuus on yhteydessä suurentuneeseen seerumin CK-aktiivisuuteen (Haan ym. 2017).

Seerumin CK-aktiivisuus lisääntyy liikunnan seurauksena, kun kuormituksessa vaurioituneiden lihassolujen läpäisevyys lisääntyy, ja CK vuotaa lihassoluista verenkiertoon. Veren CK-aktiivisuus on kuitenkin lopulta vuotaneen CK:n määrän ja aktiivisuuden sekä verestä poistumisen summa, minkä vuoksi lihasvaurioiden määrän tarkempi päättely ainoastaan seerumin CK-aktiivisuuden kautta ei ole mahdollista. Lisäksi seerumin CK-aktiivisuuden on havaittu olevan herkkä nestetasapainon muutoksille, minkä lisäksi on myös esitetty lihassoluvaurioista irrallista AMPK-entsyymiin liittyvää mekanismia, jossa kreatiinikinaasia poistetaan soluista, jotta ATP:a ei käytettäisi turhaan fosfokreatiinin muodostamiseksi. Nämä tekijät hankaloittavat lihasvaurion arvioimista veren CK-aktiivisuuden perusteella entisestään. (Baird ym. 2012.) Joka tapauksessa veren CK-aktiivisuutta voidaan käyttää kvalitatiivisena lihasvaurion merkkiaineena, ja sitä onkin käytetty tähän tarkoitukseen laajalti.

Veren CK-aktiivisuuden nousuun vaikuttaa yksilön ominaisuuksien lisäksi kuormitettavat lihakset niin, että yläraajat ovat herkempiä lihasvaurioille ja CK-vasteelle kuin alaraajojen lihakset. Syy tähän voi olla se, kuinka paljon lihaksia käytetään päivittäisissä aktiviteeteissa: runsaalle lihasaktiivisuudelle altistuneet jalkojen lihakset eivät ole yhtä herkkiä lihasvaurioille. (Chen ym. 2010.) Käytettävällä kuormituksellakin on oma vaikutuksensa, ja lihasvaurioiden ja

sitä seuraavaan seerumin CK-aktiivisuuden nousun on havaittu ilmenevän erityisesti eksentrisen lihastyön jälkeen. (Clarkson ja Hubal 2002.)

5 SOTAHARJOITUKSEN YHTEYS KEHONKOOSTUMUKSEEN, FYYSISEEN TOIMINTAKYKYYN SEKÄ HORMONI- JA ENTSYYMIPITOISUUKSIIN

Tämän tutkielman erikoisjoukkosotilaat kohtasivat sotaharjoituksensa aikana monia haasteita. Harjoitukseen osallistuvat sotilaat suorittivat pitkiä rasittavia siirtymisiä sekä muita fyysisesti kuormittavia tehtäviä, minkä lisäksi harjoituksessa oltiin alttiina kylmyydelle sekä uni- ja energiavajeelle. Seuraavissa kappaleissa käydään läpi näiden tekijöiden yhteyksiä kehonkoostumukseen, fyysiseen toimintakykyyn sekä veren hormoni- ja entsyymipitoisuuksiin.

5.1 Sotaharjoituksen yhteys energiatasapainoon ja kehonkoostumukseen

5.1.1 Fyysinen aktiivisuus

Pitkäkestoisessa useita päiviä kestävässä kuormituksessa energiaa useimmiten kulutetaan enemmän kuin sitä saadaan kuormituksen aikana ravinnosta, mikä aiheuttaa kehonpainon laskun sekä rasva- että lihasmassan vähenemisen vuoksi (Knechtle ym. 2010). Vaikka energiaa olisi saatavilla riittävästi, sotaharjoituksen vuoksi lisääntynyt fyysinen aktiivisuus voi vähentää ruokahalua, vaikkakin liikunnan ruokahalua vähentävä vaikutus on lyhytaikainen (Blundell & King 2000). Koska raskaan sotaharjoituksen aikana suurin osa hereilläoloajasta suoritetaan kuitenkin fyysisesti raskaita tehtäviä ja siirtymisiä, on mahdollista, että tällä olisi suurempi vaikutus ruokahuon ja edelleen kokonaisenergiansaantiin. Haasteita sotaharjoituksen aikaiseen energiinsaantiin lisää myös sotilaiden omavaraisuus. Käytettävät muonat on usein kannettava mukana, joten erityisen suurten päivittäisannosten mukaan ottaminen ei ole välttämättä järkevää lisääntyneen taakan vuoksi.

Margolis ym. (2014) selvittivät norjalaissootilaiden energiatasapainoa seitsemänpäiväisen sotaharjoituksen aikana. Matalan kuormituksen vaiheessa sotilaille oli varattu 3800 kcal energiaa taistelumuonista päivää kohden ja korkeamman kuormituksen aikana vastaava energiamäärä oli 5100 kcal päivää kohden. Vaikka energiankulutus (6140 ± 394 kcal/pv matalan kuormituksen aikana, 6851 ± 562 kcal/pv korkean kuormituksen aikana) ylitti jaetun

muonan sisältämän energiamäärän, eivät sotilaat siltikään syöneet kaikkea heille jaettua muonaa. Energiansaanti oli 3098 ± 236 kcal päivässä matalan kuormituksen aikana ja 3461 ± 586 korkean kuormituksen aikana. Täten syntynyt energiavaje oli keskimäärin 2382 ± 499 kcal matalan kuormituksen ja 3390 ± 669 korkean kuormituksen aikana. Näin suuret energiavajeet voivat suuren painonpudotuksen lisäksi aiheuttaa merkittävän lihasmassan vähenemisen, sillä nopeamman painonpudotuksen on havaittu aiheuttavan suurempaa rasvattoman massan menetystä hitaaseen painonpudotukseen verrattuna (Garthe ym. 2011).

5.1.2 Kylmyys

Myös ympäristön vallitseva lämpötila voi osaltaan vaikuttaa energiankulutukseen ja edelleen energiavajeeseen talviolosuhdeharjoituksen aikana. Kehon lämpötila pyritään pitämään $36\text{--}38$ °C välillä, ja jos lämpötila laskee tämän alueen alapuolelle, joudutaan lämmöntuottoa lisäämään korvaamaan ympäristöön menetetty lämpö. Tehokkain keino lämmöntuoton lisäämiseksi on lihasvärinä, jonka intensiteetti lisääntyy ydinlämpötilan laskiessa. Lihäsvärinä saavuttaa korkeimman intensiteettinsä noin $34,5$ °C ydinlämmöllä, jonka jälkeen se ei enää lisääny. Kovimmalla intensiteetillään lihasvärinä voi lisätä energiankulutusta viisikertaiseksi lepoenergiankulutukseen verrattuna. (Haman & Blondin 2017.) Riittävän tehokkaan kuormituksen aikana lämmöntuotto lisääntyy kuitenkin pelkän lihastyön vuoksi (González-Alonso 2000), jolloin lihasvärinää ei tarvita lisäämään lämmöntuottoa. Sotaharjoituksen aikana on kuitenkin hetkiä, jolloin fyysinen kuormitus on erittäin vähäistä esimerkiksi lepo- ja taukotilanteissa, jolloin kehon lämmöntuotto sellaisenaan voi olla riittämätöntä, jolloin myös lepohetkien energiankulutus voi olla normaalia suurempaa.

Kylmäältistuksen aikana lämmöntuottoa voidaan lisätä lihasvärinän lisäksi myös ruskean rasvakudoksen avulla. Ruskea rasvakudos on metabolisesti aktiivista kudosta, ja sen aktiivisuus lisääntyy kylmäältistuksen aikana (Anouk ym. 2014). Kylmäältistuksessa ruskean rasvakudoksen aktiivisuus vastaa keskimäärin 10 %:a kokonaisenergiankulutuksesta levossa, joskin yksilökohtainen vaihtelu on suurta. (Claessens-van Ooijen ym. 2006.) Huomionarvoista on kuitenkin, että ruskean rasvakudoksen aktiivisuus on suurempaa alhaisen rasvaprosentin omaavilla henkilöillä ylipainoisiin verrattuna (Van Marken Lichtenbelt ym. 2009), mikä voi

lisätä sen merkittävyyttä esimerkiksi tämän tutkielman otoksessa, jossa tutkittavat ovat keskimäärin hyvin hoikkia.

Käytännössä ensisijainen toimi kylmissä olosuhteissa on kuitenkin lämpöhukan estäminen pukeutumisella. Vaikka sotilaat ovatkin alttiina kylmälle ilmalle, voidaan riittävällä pukeutumisella estää kehon ydinlämpötilan lasku. Talvipukeutuminen aiheuttaa kuitenkin omat haasteensa kylmässä toimimiseen: jokainen kilogramma vaatetta lisää energiankulutusta noin 3 % ja jokainen ylimääräinen vaatekerros lisää energiankulutusta keskimäärin noin 4 % (Rintamäki 2007). Sotilaan energiankulutus lisääntyykin kylmästä johtuen joko suoraan ydinlämpötilan laskiessa tai epäsuorasti lämpimän pukeutumisen vuoksi. Todennäköisesti energiankulutus talviolosuhteissa lisääntyy jossain määrin molempien tekijöiden kautta. Vaikka energiankulutus kylmälaituksessa lisääntyy, voi sillä olla myös energiansaantia lisäävä vaikutus, sillä kylmässä tehdyt liikuntasuoritukset eivät vähennä näläntunnetta yhtä tehokkaasti kuin lämpimässä tehdyt suoritukset, vaikka vasteet ruokahalua säätelevissä hormoneissa ovat samanlaisia (Kojima ym. 2015).

5.1.3 Univaje ja psyykinen kuormitus

Sotaharjoituksen aikainen univaje voi puolestaan vähentää energiankulutusta, mikä voisi osaltaan ylläpitää energiatasapainoa ja kehon massaa. Yhden yön valvominen vähensi seuraavan aamun epäsuoralla kalorimetrialla mitattua energiankulutusta noin 5 %. (Benedict ym. 2011.) Tämä energiankulutus mitattiin kuitenkin levossa, mutta on myös viitteitä siitä, että univaje vähentää submaksimaalisen kuormituksen vasteita hapenkulutuksessa ja sykkeessä (Vaara ym. 2018). Aina univajeen energiankulutusta vähentävää vaikutusta ei kuitenkaan ole havaittu. Hibi ym. (2017) eivät omassa tutkimuksessaan havainneet univajeen vähentävän energiankulutusta. He kuitenkin havaitsivat univajeen lisäävän ruokahalua, mikä olisi suotuisaa kehonpainon ylläpitämisen kannalta. Painonpudotuksen yhteydessä univajeen on havaittu heikentävän painonpudotuksen laatua: toisin sanoen suurempi osuus painonpudotuksesta on tapahtunut kehon rasvattomasta massasta (Nedeltcheva ym. 2010). Vaikka univaje itsessään ei lisäisikään harjoituksen aiheuttamaa energiankulutusta, on sen vaikutus haitallinen kehonkoostumukselle, jos suurempi osa pudonneesta kehonpainosta on lihasmassaa.

Sotaharjoitukset voivat olla kuormittavia myös psyykkisesti, kuten on havaittu muun muassa Yhdysvaltojen laivaston ja maavoimien erikoisjoukoilla (Lieberman ym. 2005). Vaikka psykologisen stressin on havaittu lisäävän fyysisen rasituksen aiheuttamaa fysiologista vastetta sykkeessä, ventilaatiossa ja respiraatiossa (Webb ym. 2008), ei sillä ole havaittu olevan vaikutusta ainakaan levonaikaiseen hapenkulutukseen sykkeen noususta huolimatta (Carroll ym. 1986). Tästä syystä psykologisen stressin vaikutus sotaharjoituksenaikaiseen energiankulutukseen ja painonpudotukseen ei välttämättä ole merkittävä. Joillain yksilöillä psyykinen stressi voi lisätä syödyn ruoan määrää, mutta stressin vaikutus on hyvin yksilöllistä, ja joillain yksilöillä vaikutus voi olla jopa päinvastainen. (Weinstein ym. 1996). Koska vaikutuksen suurusluokastakaan ei ole tietoa, ei psykologisella stressillä voi katsoa olevan kovin merkittävää vaikutusta sotilaiden energiansaantiin sotaharjoituksen aikana.

5.1.4 Sotaharjoituksen yhteys kehonkoostumukseen

Vaikka sotilaiden kehonpaino raskaan sotaharjoituksen yhteydessä laskee energiavajeen seurauksena (Margolis ym. 2014), on havaittu, että suurempi rasvaprosentti edesauttaa lihasmassan säilymistä harjoituksen aikana. Vikmoen ym. (2020) totesivat korkeamman rasvaprosentin omaavien miesten menettävän vähemmän lihasmassaa kuin alhaisemman rasvaprosentin omaavat miehet. Sotaharjoituksenomaiseen erikoisjoukkojen valintakokeeseen osallistuneet miehet menettivät harjoituksen aikana keskimäärin $2,7 \pm 1,0$ kg lihasmassaa. Korrelaatio rasvaprosentin ja lihasmassan vähenemisen välillä oli vahva ($r = -0,75$, $p < 0,005$) ja ilmeni jo tämän 5 vuorokautta kestäväen valintakokeen aikana. Huomionarvoista kuitenkin on, että naiset eivät valintakokeen aikana menettäneet lihasmassaansa, joten korrelaatiota rasvaprosentin ja lihasmassan vähenemisenkään välillä ei ollut. Hamarsland ym. (2018) havaitsivat lähes samankaltaisen yhteyden erikoisjoukkojen pääsykokeen raskainta viikkoa edeltävän rasvamassan ja viikon aikana menetetyn lihasmassan välillä: suuremman rasvamassan omaavat kokelaat säilyttivät paremmin lihasmassaansa ($r = -0,78$, $p < 0,001$). Heidän tutkimuksessaan pääsykokeen aikana menetetty lihasmassa oli keskimäärin $1,9 \pm 0,9$ kg.

Kaiken kaikkiaan voidaan todeta, että sotaharjoitus aiheuttaa suuria haasteita sotilaan energiatasapainon ylläpitämisessä, ja negatiivinen energiatasapaino sotaharjoituksen aikana on lähes väistämätöntä. Tästä johtuen sotilaiden kehonpaino todennäköisesti laskee harjoituksen aikana, ja osa menetetyistä massasta on toimintakyvyn kannalta olennaista lihassmassaa. (Vikmoen ym. 2020, Hamarsland ym. 2018, Margolis ym. 2014) Jos kuitenkin suuri osa menetetyistä kehonpainosta on rasvamassaa, voi tämä toisaalta olla eduksi tehtävissä, joissa oma kehonpaino toimii vastuksena. Lisäksi jos lihassmassaa kyetään säilyttämään voi tämä ylläpitää toimintakykyä lihasvoimaa ja -kestävyyttä vaativissa tehtävissä. Taulukossa 1 on esitetty talvisotaharjoituksen aikana energiatasapainoon ja sitä kautta kehonkoostumukseen vaikuttavia tekijöitä.

TAULUKKO 1. Tekijät, jotka vaikuttavat energiatasapainoon talviolosuhteissa pidetyssä sotaharjoituksessa.

	Energiansaanti	Energiankulutus
Fyysinen kuormitus	Vähentää ruokahalua	Lisää energiankulutusta
Kylmyys	Lisää ruokahalua	Lisää energiankulutusta
Univaje	Lisää ruokahalua	Mahdollisesti vähentää energiankulutusta
Psykologinen stressi	Ei vaikutusta	Ei vaikutusta

5.2 Talviolosuhteissa pidetyn sotaharjoituksen yhteys fyysiseen toimintakykyyn

5.2.1 Fyysinen kuormitus ja energiavaje

Sotilaan fyysinen toimintakyky useimmiten heikkenee raskaan sotaharjoituksen aikana (Vikmoen ym. 2020, Margolis ym. 2014, Nindl ym. 2002, Guezennec ym. 1994, Hackney ym. 1991), ja sotaharjoitusten toimintakykyä heikentävä vaikutus on ainakin osittain sidoksissa harjoituksen aikaiseen energiansaantiin. Guezennec ym. (1994) havaitsivat polkupyöräergometrillä testatun aerobisen suorituskyvyn heikkenevän jo viiden päivän

taisteluharjoituksen jälkeen niillä sotilaille, joiden energiansaanti oli kaikkein vähäisintä. Kaikkein vähäisimmän energiansaannin ryhmän energiansaantia oli rajoitettu, ja se olikin erityisen vähäistä (1800 kcal/pv), eikä energiavajeen suuruudesta ole tietoa. Aerobinen suorituskyky ei heikentynyt niiden sotilaiden kohdalla, joiden energiansaanti harjoituksen aikana oli vähintään kohtalaista (>3200 kcal). Tutkimuksessaan Guezennec ym. (1994) tarkastelivat myös sotaharjoituksen ja sen aikaisen energiavajeen vaikutusta anaerobiseen maksimaaliseen työhön, mutta eivät havainneet eroja ennen ja jälkeen harjoitusta tehdyillä suorituksilla suurimmallakaan energiavajeella. Tämä on voinut johtua siitä, että harjoitus ei ole vaikuttanut maksimaalisessa työssä käytettäviin välittömiin energianlähteisiin, lihasten ATP- ja fosfokreatiinivarastoihin, toisin kuin aerobisessa työssä käytettyihin glykogeenivarastoihin. (Guezennec ym. 1994.)

Nindl ym. (2002) havaitsivat raskaan sotaharjoituksen heikentävän toimintakykyä myös erityisesti sotilaiden toimintakykyä mittaavalla radalla. Heikentävä vaikutus ilmenee todennäköisimmin kuitenkin niissä tehtävissä, jotka vaativat harjoituksessa eniten kuormittuneiden lihasten käyttöä. Tässäkin tutkimuksessa sotilaat asetettiin jo tutkimusmenetelmän kautta selkeään energiavajeeseen, joten toimintakyvyn heikkenemistä esimerkiksi pelkän sotaharjoituksen fyysisen kuormituksen vuoksi on vaikea arvioida. (Nindl ym. 2002.) Joka tapauksessa se, että toimintakyky heikkeni niissä tehtävissä, joissa käytettiin eniten kuormittuneita lihaksia, kertoo siitä, että fyysisellä kuormituksella voi olla energiatasapainosta irrallaan oleva vaikutus sotilaiden toimintakykyyn sotaharjoituksen jälkeen. Jos vaikutus olisi ollut pelkästään energiavajeen ansiota, olisi sen vaikutus todennäköisesti ollut systeeminen ja samankaltainen kaikissa testatuissa lihasryhmissä.

Pyrkiminen pelkän fyysisen kuormituksen aiheuttamien muutosten arvioimiseen raskaan sotaharjoituksen yhteydessä ei kuitenkaan ole välttämättä edes mielekäästä, sillä sotilaat ovat todennäköisesti selvässä energiavajeessa sotaharjoituksen aikana, vaikka energiaa olisi runsaasti saatavilla kuten Margolixen ym. (2014) tutkimuksessa. He totesivat sotilaiden olevan energiavajeessa osittain siksi, etteivät he syöneet kaikkea tarjolla olevaa ravintoa. Myös Margolis ym. (2014) havaitsivat harjoituksen edetessä lisääntyvän suorituskyvyn laskun, mitä mitattiin kevennyshypyillä. Alaraajojen tehontuotto heikkeni jo harjoituksen kevyen vaiheen aikana, ja se heikkeni edelleen raskaan hiihtomarssin aikana.

Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksessa norjalaisilla erikoisjoukkoihin hakevilla sotilaille havaittiin suorituskyvyn laskua sekä ylä- ja alaraajojen maksimivoimassa sekä alaraajojen räjähtävässä voimantuotossa. Suurin suorituskyvyn heikkeneminen havaittiin alaraajojen räjähtävässä voimantuotossa, ja maksimivoimakin heikkeni alaraajoissa yläraajojen maksimivoimaa enemmän. Tämäkin löydös tukee aikaisempia havaintoja siitä, että fyysinen toimintakyky heikkenee eniten niissä tehtävissä, joissa tarvitaan harjoituksessa eniten kuormittuneita lihaksia. Myös Vikmoen ym. (2020) tutkivat erikoisjoukkoihin hakevien sotilaiden toimintakykyä sotaharjoituksenomaisen pääsykokeen jälkeen. He havaitsivat fyysisen toimintakyvyn laskeneen kevennyshypyssä, evakuoitiradalla sekä kuntopallon heittämisessä. Kokelaiden toimintakyvyn heikkeneminen näkyi kaikkein selvemmin evakuoitiradalla, jossa raahattiin evakuointinukkea mahdollisimman nopeasti radan läpi. Vikmoen ym. (2020) tutkivat myös, miten lihasmassan muutos vaikutti kokelaiden toimintakykyyn, mutta yhteyttä fyysisen toimintakyvyn testeihin ei ollut. Tämän yhteyden on kuitenkin havainnut aiemmin Johnson ym. (1997) Ranger-joukkoihin hakevilla kokelailta. He havaitsivat, että suurempi lihasmassan menetys oli yhteydessä merkittävämpään suorituskyvyn laskuun puristusvoima- ja rinnallevetotesteissä. Suoraa yhteyttä sotaharjoitusta edeltävän kehonkoostumuksen ja toimintakyvyn säilymisen välillä ei kuitenkaan ole aiemmin havaittu. Onkin mielenkiintoista, voidaanko tämän tutkielman suuremmalla otoksella, pidemmällä sotaharjoituksella sekä kattavammilla fyysisen toimintakyvyn testeillä löytää yhteys kehonkoostumuksen, lihasmassan säilymisen ja edelleen fyysisen toimintakyvyn säilymisen välillä.

5.2.2 Kylmyys

Hackney ym. (1991) tutkivat kylmässä ja lämpimässä suoritettujen sotaharjoitusten vaikutusta sotilaan anaerobiseen suorituskykyyn. Noin neljä päivää kestäneet sotaharjoitukset aiheuttivat Wingate-testillä mitatun anaerobisen suorituskyvyn laskua sekä lämpimässä että kylmässä suoritettujen harjoitusten jälkeen. Kylmässä suoritettu sotaharjoitus aiheutti kuitenkin suurempia muutoksia kaikissa mitatuissa muuttujissa, mutta erityisesti painoon suhteutetuissa suorituskyvyn muuttujissa. He havaitsivat lisäksi suuremmat kreatiinikinaasi- ja laktaattihydrogenaasipitoisuudet sotilaiden veren seerumissa kylmässä suoritettujen talvisotaharjoitusten jälkeen. Tämä voisi viitata siihen, että kylmässä suoritettu harjoitus on

aiheuttanut suurempaa lihaskataboliaa, mikä on voinut osaltaan vaikuttaa toimintakykyyn. Kylmän ilman aiheuttama suurempi energiankulutus ja edelleen suurempi energiavaje ei kuitenkaan selittänyt eroja eri sotaharjoitusten välillä, sillä kehonpainon muutoksissa ei ollut eroja kylmässä ja lämpimässä suoritettujen sotaharjoitusten välillä. Tutkijat itse esittävät selittäviksi tekijöiksi muun muassa vähentyneitä glykogeenivarastoja sekä suurempia lihasvaurioita. (Hackney ym. 1991.)

Kylmyys voi vaikuttaa sotilaan fyysiseen toimintakykyyn myös suoraan kehon lämpötilan laskun kautta. Cahill ym. (2011) havaitsivat, että ydinlämpötilan lasku heikensi maksimaalisella tahdonalaisella supistuksella mitattua voimantuottoa, mutta toisaalta hidasti jatkuvan supistuksen tuottamaa väsymystä. Galloway ja Maughan (1996) puolestaan tutkivat lämpötilan vaikutusta kestävyysuurtuskykyyn ja havaitsivat, että suorituskyky oli parhaimmillaan 11° C lämpötilassa. Tätä korkeammassa ja alhaisemmassa lämpötilassa tutkittavat suorituivat huomattavasti hitaammin testissä, jossa pyöräiltiin uupumukseen asti. Esimerkiksi 4° C ja 21° C asteen lämpötiloissa tehdyissä testeissä suorituskyky oli hyvin samanlaista huolimatta siitä, että kylmässä tehdyn suorituksen aikainen hapenkulutus oli huomattavasti suurempi. Samankaltaisen suorituskyvyn laskun havaitsi Sandsund ym. (2012), joskin heidän tutkimuksessaan uupumukseen asti juoksevilla tutkittavilla parhaat suoritukset tehtiin -4° C lämpötilassa, mutta sitä kylmemmissä lämpötiloissa suorituskyky heikkeni progressiivisesti. Tämä ero Gallowayn ja Maughanin (1996) sekä Sandsundin ym. (2012) tutkimuksissa voi johtua tutkittavien pukeutumisesta: Gallowayn ja Maughanin (1996) tutkimuksessa tutkittavat olivat pukeutuneet shortseihin, kenkiin ja sukkiin, kun taas Sandsundin ym. (2012) tutkimuksessa tutkittavien asustuksena oli maastohiihtoasustus, joka lienee toiminut lisäeristeenä kylmää vastaan.

Kylmän on havaittu myös lisäävän submaksimaalisten kuormitusten rasitusta sekä laskevan maksimaalista hapenottoa. Oksa ym. (2004) havaitsivat, että hapenkulutus oli korkeampaa kylmässä ilmassa tehdyissä submaksimaalisissa kuormituksissa juoksumatolla, ja toisaalta myös maksimaalinen hapenkulutus oli alhaisempi maksimaalisessa kuormituksessa. Selittäviä tekijöitä maksimaalisen suorituskyvyn heikkenemiselle voivat olla esimerkiksi kylmän ilman aiheuttama hengitysteiden supistuminen tai kylmyyden vaikutus lihasten voimantuotto-

ominaisuuksiin, johtaen aikaisempaan keskeytykseen maksimaalisen hapenottokyvyn testissä ja edelleen alhaisempaan maksimaaliseen hapenottokykyyn. (Oksa ym. 2004.) On myös havaittu, että lihasten antagonistikoaktivaatio lisääntyy kylmäaltistuksessa (Oksa 2002), mikä voisi näkyä taloudellisuuden heikkenemisenä ja hapenkulutuksen lisääntymisenä submaksimaalisessa kuormituksessa. Nämä kylmyyden aiheuttamat akuutit vaikutukset suorituskykyyn eivät kuitenkaan suoraan vaikuta tämän tutkielman tulokseen, sillä fyysisen toimintakyvyn testit suoritettiin lämpimässä sisätilassa. On kuitenkin mahdollista, että epäsuoria vaikutuksia ilmenee, jos kylmyys esimerkiksi heikentää liikkumisen taloudellisuutta, ja lisää näin ollen energiankulutusta.

5.2.3 Univaje ja psyykinen kuormitus

Fyysisen toimintakyvyn heikkenemistä sotaharjoituksissa ei ole kuitenkaan aina havaittu. Szivak ym. (2018) eivät havainneet muutoksia selviytymisharjoitukseen osallistuneiden sotilaiden kevennyshypyssä tai puristusvoimassa huolimatta siitä, että osallistujien kehonpaino oli harjoituksen aikana pudonnut lähes kuusi kilogrammaa. (Szivak ym. 2018.) Toimintakykytestit eivät olleet kuitenkaan erityisen kattavat sisältäen vain kevennyshypyn ja puristusvoiman, joten on mahdollista, että kattavammilla testeillä toimintakyvyn heikkenemistä olisi voitu havaita. Alaraajojen räjähtävän voimantuoton on toisaalta usein havaittu kärsivän kaikkein eniten, eikä siinä havaittu heikkenemistä tämän harjoituksen aikana. Harjoituksen luonne onkin voinut osaltaan vaikuttaa toimintakyvyn säilymiseen: pääpaino harjoituksessa ei ollut pitkissä siirtymisissä ja osa harjoituksesta käytettiin lähinnä sotilaiden psyykkiseen kuormittamiseen ilman suurempaa fyysistä kuormitusta. Vaikuttaisi siltä, että suurikaan psyykinen kuormitus sotaharjoituksen aikana, ei välttämättä vaikuta sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn ainakaan alaraajojen räjähtävän voimantuoton tai puristusvoiman osalta.

Sotaharjoituksen aikainen univaje voi kuitenkin osaltaan vaikuttaa sotilaiden toimintakykyyn. Kuitenkin esimerkiksi Guezennec ym. (1994) eivät havainneet univajeen heikentävän sotilaiden fyysistä toimintakykyä, kun energiansaanti oli riittävää. Myöskään Vaara ym. (2018) eivät havainneet 60 tunnin valvomisen heikentävän maksimaalista aerobista tai hermolihasjärjestelmän suorituskykyä, ja submaksimaalisessa kuormituksessa syketaajuus ja

hapenkulutus olivat jopa alhaisempia. Joissain tutkimuksissa univajeen on kuitenkin todettu heikentävän fyysistä suorituskykyä. Martin (1981) havaitsi tutkimuksessaan, että univaje aiheutti uupumuksen nopeammin juoksumatolla tehdyssä kävelytestissä, vaikka eroja esimerkiksi sykkeessä tai hapenkulutuksessa ei havaittu. Samanlaisia havaintoja on tehty myöhemminkin, kun Oliver ym. (2009) havaitsivat univajeen aiheuttavan suorituskyvyn laskun juoksumattotestissä ilman muutoksia suorituksen aikaisissa syketaajuuksissa (Oliver ym. 2009). Koska epäedullisia muutoksia fysiologisissa muuttujissa ei juurikaan ole havaittu, voi selittävänä tekijänä olla univajeen vaikutus tutkittavien motivaatioon. Univajeen onkin havaittu vaikuttavan erityisen paljon mielialaan (Pilcher & Huffcutt 1996), joka voi selittää huonomman menestymisen myös suorituskykytesteissä, joissa juostaan tai kävellään uupumukseen asti. Näitä vaikutuksia voi todennäköisesti ilmetä myös erikoisjoukkosotilailla, kun univaje on riittävän suurta, vaikka he olisivatkin keskimääräistä sotilasta motivoituneempia.

5.3 Sotaharjoituksen vaikutus veren hormoni- ja entsyymipitoisuuksiin

5.3.1 Veren testosteroni- ja kortisolipitoisuus

On selkeitä todisteita siitä, että sotaharjoitukseen liittyvä fyysinen ja psyykinen kuormitus sekä energia- ja univaje aiheuttavat muutoksia sotilaiden veren hormonipitoisuuksissa: testosteronipitoisuudet laskevat ja kortisolipitoisuudet nousevat, jolloin kortisolin ja testosteronin välille muodostuu negatiivinen yhteys. Vaara ym. (2015) havaitsivat testosteronin laskevan viisi päivää kestävästä sotaharjoituksen jälkeen. Tässä suomalaisilla laskuvarjojääkäreillä tehdyssä tutkimuksessa sotilaiden veren testosteronipitoisuus oli alhaisempi sotaharjoituksen jälkeen samalla, kun kehonpaino oli laskenut maltillisesti. Sama harjoitus ei kuitenkaan vaikuttanut veren kortisolipitoisuuteen, mutta toisaalta kehonpainon muutokset eivät olleet kovin suuria johtuen todennäköisesti lyhyestä harjoituksesta ja maltillisesta energiavajeesta. Tämä on osaltaan voinut vaikuttaa siihen, miksi muutoksia kortisolipitoisuudessa ei havaittu.

Kyröläinen ym. (2007) havaitsivat, että veren kortisolipitoisuus nousi ja vapaan ja kokonaistestosteronin pitoisuus laski sotaharjoituksen aikana silloin, kun sotilaiden kuormitus

ja energiavaje oli kaikkein suurinta. Tämän raskaimman vaiheen aikana sotilaiden energiavaje oli keskimäärin 4000 kcal/pv. Muutoksia havaittiin jo viidennen päivän aikana, joka toisaalta kertoo siitä, että lyhyissäkin harjoituksissa voidaan havaita selkeitä muutoksia, kun kuormitus ja energiavaje ovat riittävän suuria. Hormonipitoisuuksien palautuminen alkoi kuitenkin heti raskainta vaihetta seuraavan helpomman vaiheen aikana, jolloin sotilaat kuitenkin olivat vielä keskimäärin noin 450 kcal/pv energiavajeessa. Øfstengin ym. (2020) tutkimuksessa havainnot olivat edelleen hyvin samankaltaisia: he havaitsivat sekä veren kokonaistestosteronin että vapaan testosteronin pitoisuuden vähenevän ja kortisolipitoisuuden suurenevan 10 päivää kestävästä sotaharjoituksen aikana.

Kaiken kaikkiaan seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuuksien käyttäytyminen vaikuttaa olevan hyvin yhtenevää sotaharjoituksia käsittelevissä tutkimuksissa. Kortisolipitoisuuden nousua ja testosteronipitoisuuden laskua sotaharjoituksissa tai sen kaltaisissa tilanteissa ovat havainneet edellä mainittujen lisäksi muun muassa Hamarsland ym. (2018) norjalaisten erikoisjoukkojen sotaharjoituksenomaisessa pääsykokeessa, Szivak ym. (2018) yhdysvaltalaisotilaiden selviytymisharjoituksessa sekä Friedl ym. (2000) yhdysvaltalaisen Ranger-erikoisjoukkojen harjoituksessa.

Fyysisen kuormituksen, pitkäkestoisien energiavajeen ja univajeen vaikutukset veren hormonipitoisuuteen on havaittu myös toisistaan riippumatta. Veren kortisolipitoisuuden nousu ja testosteronipitoisuuden lasku on havaittu 164 km pyöräilykilpailun jälkeen (Vingren ym. 2015), yhden yön univajeen jälkeen (Arnal ym. 2016) sekä seitsemän päivän energiavajeen jälkeen (Abdelmalek ym. 2015). Näiden tekijöiden lisäksi myös talvisotaharjoituksen kylmyys voi vaikuttaa veren hormonipitoisuuksiin. Sekä kylmyyden akuutit että krooniset vaikutukset veren kortisolipitoisuuksiin ovat olleet vaihtelevia ja kirjallisuudessa on havaittu kortisolipitoisuuden nousseen, laskeneen tai pysyneen muuttumattomana kylmäältistuksen seurauksena. Testosteronipitoisuuksien on havaittu säilyvän muuttumattomana lievissä kylmäältistuksissa, mutta pitoisuuden lasku on havaittu erittäin kylmällä päivittäisellä altistuksella. (Pääkkönen ja Leppäluoto 2002.) Eräs vaihteleviin löydöksiin vaikuttava tekijä voi olla akklimatisaatio, eli sopeutuminen poikkeavaan ilmastoon, jonka on havaittu vaikuttavan ainakin kylmäältistuksen kortisolivasteeseen. Akklimatisaation havaittiin vähentävän kylmässä tehdyn kuormituksen kortisolivastetta. (Izawa ym. 2009.) Onkin hyvin

tiedetty, että raskaat sotaharjoitukset aiheuttavat usein selkeitä muutoksia seerumin kortisoli ja testosteronipitoisuuteen. Tiedossa ei kuitenkaan ole, kuinka kehonkoostumus vaikuttaa näiden muutosten suuruuteen.

5.3.2 Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuus

Seerumin kreatiinikinaasin (CK) aktiivisuuden lisääntyminen on usein tutkittu ja havaittu löydös raskaiden sotaharjoitusten jälkeen. Kyröläinen ym. (2007) havaitsivat CK-aktiivisuuden nousun sotaharjoituksen ensimmäisen viiden päivän eli raskaimman vaiheen aikana, jolloin raskaus ja energiavaje oli suurinta. Aktiivisuus väheni seuraavan kevyemmän vaiheen aikana palaten lähtötasolle sotaharjoituksen loppuvaiheilla, kun harjoitusta oli kestänyt 16 päivää. Vaikka harjoituksen loppuvaihe oli jälleen raskas, ei tässä vaiheessa kuitenkaan havaittu CK-aktiivisuuden lisääntymistä lihasarkuuden lisääntymisestä huolimatta.

Myös Margolis ym. (2014) havaitsi seerumin CK-aktiivisuuden nousun sotaharjoituksen aikana. Heidänkin tutkimuksessaan harjoituksen intensiteetti vaikutti CK-aktiivisuuden suuruuteen: raskaan kuormitusvaiheen jälkeinen CK-aktiivisuus oli suurempaa kuin kevyemmän kuormitusvaiheen CK-aktiivisuus. Kyröläisen ym. (2007) ja Margoloksen ym. (2014) tutkimusten perusteella suurin seerumin CK-aktiivisuuteen vaikuttava tekijä sotaharjoitusten yhteydessä on harjoituksen fyysinen kuormittavuus.

Hackney ym. (1991) tutkimuksessa verrattiin seerumin CK-vasteita kylmässä ja lämpimässä suoritettujen sotaharjoitusten yhteydessä, ja he havaitsivat kylmässä suoritettujen sotaharjoitusten aiheuttavan suuremmat CK-aktiivisuuden nousut harjoitukseen osallistuneilla sotilailta. Eri lämpötiloissa suoritettujen sotaharjoitusten sisältö ja kesto oli kutakuinkin samankaltaista, mutta ne eivät kuitenkaan olleet tarkasti kontrolloituja. Täten jossain määrin erilaisten harjoitusten vertaaminen voi hankaloittaa tulosten tulkintaa.

6 SOTAHARJOITUKSESTA PALAUTUMINEN

6.1 Fyysisen toimintakyvyn palautuminen

On havaittu, että raskaat sotaharjoitukset aiheuttavat toimintakyvyn heikkenemistä, jonka palautuminen voi joiltain osin viedä yli kaksi viikkoa. Vikmoen ym. (2020) havaitsivat, että 5 päivää kestänyt raskas sotaharjoituksenomainen erikoisjoukkojen valintakoe aiheutti toimintakyvyn laskua kaikissa käytetyissä testeissä, ja erityisen hidasta palautuminen oli alaraajojen räjähtävän voimantuoton osalta, mikä ei ollut palautunut vielä kahden viikon jälkeen. Yläraajojen räjähtävä voimantuotto puolestaan palautui viikossa ja suoritusnopeus evakuointiradalla kahdessa viikossa. (Vikmoen ym. 2020.)

Samankaltaisia palautumisaikoja havaittiin myös Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksessa, jossa tutkittiin Norjan merivoimien erikoisjoukkoihin hakevia sotilaita. Tutkijat havaitsivat, että alaraajojen räjähtävä voimantuotto ei ollut palautunut vielä kahdessa viikossa erikoisjoukkojen pääsykokeen jälkeen. Alaraajojen maksimivoima puolestaan palautui kahdessa viikossa ja yläraajojen maksimivoima jo ensimmäisen viikon aikana. Pääsykoe kesti kolme viikkoa, joista ensimmäinen viikko suoritettiin fyysisiä ja psyykkisiä testejä, toisella viikolla raskasta fyysistä kuormitusta univajeessa ja viimeisellä viikolla suoritettiin rasittavin vaihe, jossa siirryttiin pitkiä matkoja kantamusten kanssa uni- ja energiavajeessa.

Øfstengin ym. (2020) tutkimuksessa havaittiin heikkenemistä ylä- ja alaraajojen maksimivoimassa sekä Wingate-testin huippu- ja keskitehossa. Muutosten palautumista voitiin havaita seitsemän päivää harjoituksen jälkeen. Kevennyshypyssä tällaista palautumista ei kuitenkaan havaittu, joten löydökset ovat hyvin linjassa Hamarslandin (2018) ja Vikmoenin (2020) tutkimusten kanssa. Palautuminen raskaasta sotaharjoituksesta vaikuttaisi noudattavan loogista linjaa, jossa todennäköisesti rasittuneimmat lihasryhmät kärsivät suurimman toimintakyvyn heikkenemisen, ja edelleen tästä palautuminen kestää kaikkein pisimpään. Lisäksi nopeaa voimantuottoa vaativat suoritukset vaikuttaisivat kärsivän maksimivoimasuorituksia enemmän, joten nopean voimantuoton palautuminenkin voi olla

hitaampaa. Palautumisaikaan vaikuttaa kuitenkin ensisijaisesti sotaharjoituksen kuormittavuus, joten yleispätevää palautumisaikaa eri ominaisuuksille ei ole mielekästä asettaa.

6.2 Kehonkoostumuksen vaikutus toimintakyvyn palautumiseen

Korkeampi rasvaprosentti ja rasvamassa on yhdistetty sykkeen hitaampaan palautumiseen akuutisti korkeaintensiteettistä liikuntasuoritusta seuraavien minuuttien aikana (Campos ym. 2012, Esco ym. 2011). Toisaalta Stephens ym. (2018) eivät havainneet eroja suorituskyvyn palautumisessa, kun verrattiin matalan ($\leq 12\%$) ja korkean ($\geq 18\%$) rasvaprosentin omaavien henkilöiden palautumista polkupyöraergometrilla suoritetun kuormituksen jälkeen. Tässä tutkimuksessa palautumista tarkasteltiin jälleen hyvin lyhyellä aikajänteellä alle tunnin sisällä kuormituksesta. (Stephens ym. 2018.)

Talvisotaharjoituksen luonne on kuitenkin huomattavan erilainen tämänkaltaiseen lyhytkestoiseen suoritukseen verrattuna, ja sen aiheuttamat haasteet toimintakyvyn palautumiselle ovat todennäköisesti huomattavan erilaisia. Valitettavasti laajempi tutkimustieto tältä alueelta puuttuu. Korkeamman rasvaprosentin mahdolliset vaikutukset voisivat olla joko palautumiskykyä haittaavia, kuten on havaittu akuuteissa lyhytkestoissa tilanteissa, tai sen vaikutus voi olla palautumiskyvylle suotuisa. Perustelu nopeammalle palautumiselle voisi olla rasvamassan suojaava vaikutus, ja edelleen vähäisempi lihaskato, jolloin lihasmassan ja toimintakyvyn palautuminen harjoitusta edeltävälle tasolle olisi nopeampaa. Toisaalta on myös mahdollista, että kehonkoostumuksella ei ole vaikutusta toimintakyvyn palautumiseen sotaharjoituksen yhteydessä.

Yhtenä kehonkoostumukseen ja fyysisen toimintakyvyn palautumiseen liittyvänä tekijänä voidaan nostaa kehonkoostumuksen palautuminen: jos kehon paino ja lihasmassa eivät palaudu sotaharjoituksen jälkeen, voi tällä olla edelleen vaikutuksia fyysiseen toimintakykyyn. Kehonpainon on havaittu palautuvan kuitenkin suhteellisen nopeasti sotaharjoitusten jälkeen. Hamarslandin ym. (2018) ja Øfstengin (2020) tutkimuksessa kehonpaino oli palautunut viikossa, kun taas Vikmoenin ym. (2020) tutkimuksessa palautuminen tapahtui jo ensimmäisen 72 tunnin aikana ja kehonpaino oli viikossa jo ylittänyt lähtötason. Hamarsland ym. (2018) ja

Vikmoen ym. (2020) havaitsivat lisäksi, että tutkittavat sotilaat olivat viikon palautumisen aikana jopa kasvattaneet lihasmassaansa (Hamarsland ym. 2018, Vikmoen ym. 2020), mutta tälle on vaikea antaa erityisen suurta painoarvoa ottaen huomioon tutkimuksissa käytetyn bioimpedanssianalyysin rajallisuudet sekä sotaharjoituksen asettamat suuret haasteet kehon homeostaasille.

6.3 Hormonipitoisuuksien palautuminen

Vikmoenin ym. (2020) tutkimukseen osallistuneiden miesten kokonaistestosteronipitoisuus laski ja kortisolipitoisuus nousi erikoisjoukkojen pääsykokeiden aikana. Kortisolipitoisuus palautui jo 72 tunnin aikana kuormituksen loputtua, mutta testosteronipitoisuus ei tässä vaiheessa ollut vielä palautunut. Seuraavalla mittaushetkellä viikko harjoituksen jälkeen testosteronipitoisuus oli kuitenkin noussut jo lähtötasoa korkeammalle tasolle. Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksessa kortisolipitoisuus ei ollut palautunut lähtötasolle vielä viikon palautumisen jälkeen, mutta testosteronipitoisuuden palautuminen oli viikossa noussut yli lähtötason kuten Vikmoenin ym. (2020) tutkimuksessa. Seitsemän päivää oli riittävä aika kokonaistestosteroni- ja kortisolipitoisuuksien palautumiselle myös Øfstengin (2020) tutkimuksessa. Vaikuttaisikin siltä, että hormonipitoisuudet palautuisivat keskimäärin ainakin joitakin fyysisen toimintakyvyn osatekijöitä nopeammin.

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS, TUTKIMUSKYSYMYKSET JA HYPOTEEBIT

Tämän tutkielman tarkoituksena oli tutkia sotilaiden kehonkoostumuksen yhteyttä lihasmassan ja fyysisen toimintakyvyn muutokseen raskaassa talviolosuhteissa pidetyssä sotaharjoituksessa, sotaharjoituksesta palautumisen aikajännettä ja sen yhteyttä kehonkoostumukseen sekä sotaharjoituksen aiheuttamia muutoksia seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuuksissa ja näiden muutosten yhteyttä kehonkoostumukseen.

Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuskysymys 1: Onko kehonkoostumus yhteydessä raskaan talviolosuhteidenharjoituksen aiheuttamaan fyysisen toimintakyvyn muutokseen?

Hypoteesi 1: Kyllä. Suuremman rasvaprosentin omaavat sotilaat säilyttävät paremmin fyysistä toimintakykyään sotaharjoituksen jälkeen.

Perustelu 1: Suuremman rasvaprosentin omaavien sotilaiden suorituskyky on todennäköisesti lähtökohtaisesti alhaisempi kuin alhaisemman rasvaprosentin omaavien sotilaiden suorituskyky (Crawford ym. 2011). Suurempi rasvaprosentti voi kuitenkin edesauttaa lihasmassan säilymistä sotaharjoituksen aikana (Vikmoen ym. 2020, Hamarsland ym. 2018), mikä voi olla eduksi fyysiselle toimintakyvylle (Spiering ym. 2019).

Tutkimuskysymys 2: Onko kehonkoostumus yhteydessä fyysisen toimintakyvyn palautumiseen raskaan talviolosuhteidenharjoituksen jälkeen?

Hypoteesi 2: Kyllä. Suuremman rasvaprosentin omaavat sotilaat palautuvat nopeammin sotaharjoituksen jälkeen.

Perustelu 2: Koska suurempi rasvaprosentti on yhteydessä lihasmassan säilymiseen sotaharjoituksen aikana (Vikmoen ym. 2020, Hamarsland ym. 2018), on mahdollista, että ne

sotilaat, jotka menettävät vähiten lihasmassaansa palautuvat nopeammin fyysisen toimintakykynsä osalta.

Tutkimuskysymys 3: Palautuuko sotilaan toimintakyky 10 päivää raskaan talviolosuohdeharjoituksen jälkeen?

Hypoteesi 3: Ei. Fyysinen toimintakyky ei täysin palaudu 10 päivää sotaharjoituksen jälkeen.

Perustelut 3: Varsinkin räjähtävän voimantuoton palautuminen on ollut sotaharjoitusten jälkeen hidasta ja se voi kestää yli kaksi viikkoa (Vikmoen ym. 2020, Hamarsland ym. 2018). Palautuminen on todennäköisesti kaikkein heikointa niissä lihaksissa, jotka kuormittuvat harjoituksen aikana eniten, sillä näiden lihasten toimintakykykin heikkenee eniten (Nindl ym. 2002).

Tutkimuskysymys 4: Onko kehonkoostumus yhteydessä seerumin kortisoli- ja testosteronipitoisuuksien muutokseen raskaan talviolosuohdeharjoituksen jälkeen?

Hypoteesi 4: Ei. Kehonkoostumus ei ole yhteydessä muutoksiin seerumin hormonipitoisuuksissa.

Perustelu 4: Kehonkoostumuksen ei ole havaittu olevan merkittävästi yhteydessä seerumin testosteronipitoisuuteen (Rohrman ym. 2011) tai kortisolipitoisuuteen (Travison ym. 2007) normaaliolosuhteissa. Kehonkoostumuksen yhteyttä hormonipitoisuuksien muutoksiin sotaharjoitusten aikana ei ole tiettävästi tutkittu.

8 MENETELMÄT

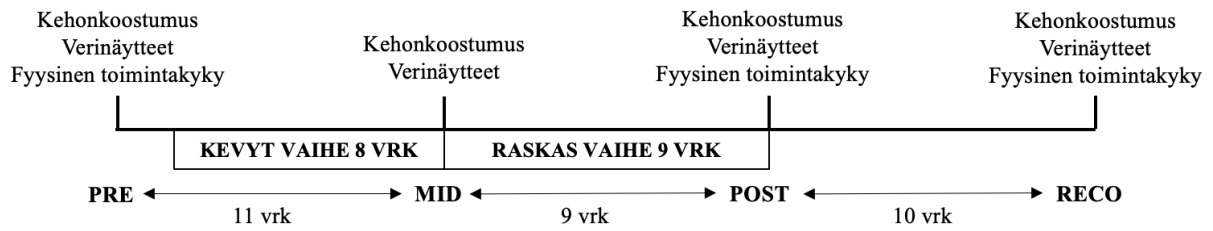
8.1 Tutkittavat

Tutkittaviksi rekrytoitiin 58 vapaaehtoista varusmiestä Utin erikoisjääkäripataljoonan laskuvarjojääkärikomppaniasta. Ennen mittausten alkua jokaiselle tutkittavalle selvitettiin tutkimuksen sisältö ja mahdolliset riskit. Tämän jälkeen tutkittavat allekirjoittivat suostumus- ja tietosuojalomakkeet sekä täyttivät terveystarkastuksen. Tutkimus oli osa erikoisjoukkosotilaan kokonaisvaltaisen toimintakyvyn kehittäminen -tutkimushanketta, jolle on myönnetty Puolustusvoimien tutkimuslupa (AP12498) sekä puoltava eettinen lausunto HUS:n eettiseltä toimikunnalta (HUS/1020/2019). Tämä tutkielma on liitetty kyseisen luvan piiriin, jolla mahdollistettiin osallistuminen hankkeeseen ja käyttöoikeus sen aineistoon.

8.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksen kuormituksena toimi talviolosuhteissa pidetty sotaharjoitus Lapissa, joka oli osa varusmiesten normaalia asepalvelusta. Sotaharjoituksen raskaimman vaiheen aikana varusmiehet siirtyivät pitkiä matkoja hiihtäen kantaen mukanaan 30–40 kg painavaa henkilökohtaista varustusta rinkassa ja vetäen ryhmäkohtaisia varusteita ahkiassa. Varusmiehet olivat tämän vaiheen aikana alttiina kovalle fyysiselle rasitukselle, kylmyydelle sekä energia- ja univajeelle. Sotaharjoituksen alussa kevyemmän vaiheen aikana varusmiehet osallistuivat talviolosuuhdekoulutuksiin ja muuhun asepalvelukseen liittyvään koulutukseen.

Mittauksia suoritettiin neljänä eri ajankohtana, jonka lisäksi tutkittavat suorittivat tutustumiskerran fyysisen toimintakyvyn testien osalta kuukausi ennen ensimmäisiä mittauksia. Tehdyt mittauskerrat on nimetty aikajärjestyksessä PRE, MID, POST ja RECO. Sotaharjoitusta edeltävät PRE-mittaukset tehtiin kolme vuorokautta ennen harjoituksen alkua. Kuormitusta kuvaavat MID- ja POST-mittaukset tehtiin Lapissa ennen sotaharjoituksen raskainta vaihetta (MID), ja välittömästi sotaharjoituksen raskaimman vaiheen päätyttyä (POST). Palautumista kuvastavat RECO-mittaukset tehtiin 10 päivää harjoituksen päättymisen jälkeen. Aikataulua on havainnollistettu kuvassa 3.



KUVA 3. Tutkimuksen aikataulu.

Tutkittavat oli jaettu kuuteen ryhmään, ja he suorittivat testit ja mittaukset ryhmittäin porrastetusti. Mittaukset alkoivat kehonkoostumuksen analysoinnilla ja verinäytteiden ottamisella (PRE, MID, POST ja RECO), jotka tehtiin yön yli paastottuna. Tämän jälkeen varusmiehet söivät aamupalan, jonka jälkeen suoritettiin fyysisen toimintakyvyn testit (PRE-, POST- ja RECO-mittauskerroilla). Fyysisen toimintakyvyn testit suoritettiin järjestyksessä vauhditon pituus, kuntopallonheitto, kevennyshyppy, lisäpainoleuanveto, vatsalihastesti, ammunta seisten ja maaten sekä evakuointitesti.

8.3 Fyysisen toimintakyvyn testit

Fyysisen toimintakyvyn testit suoritettiin PRE-, POST- ja RECO-mittauskerroilla. Testit tehtiin liikuntasalissa pienryhmissä rastimuotoisesti eli kaikki ryhmän jäsenet suorittivat ensin yhden osion, jonka jälkeen siirryttiin ryhmänä seuraavalle testiosiolle. Testejä edelsi noin 10 minuutin alkulämmittely, joka sisälsi kevyttä hölkkää ja erilaisia lihaskuntoliikkeitä. Alkulämmittely suoritettiin johdetusti, ja se oli sisällöltään samankaltainen jokaisella kerralla. Fyysisen toimintakyvyn testit alkoivat ensimmäisen ryhmän osalta klo 07:50, ja ne etenivät ryhmittäin 20 minuutin porrastuksella niin, että viimeinen ryhmä aloitti klo 09:30.

Vauhditon pituushyppy suoritettiin puolustusvoimien virallisella testimatolla. Testimaton reunassa oli valmiiksi merkityt mittaviivat, jonka mukaan tulos määriteltiin. Suorituksen lähtöasennossa testattava seiso ponnistusviivan takana kapeahkossa haara-asennossa jalat rinnakkain. Hyppy suoritettiin tasajalkaa käsien heilautusta apuna käyttäen. Tulos mitattiin valvojan toimesta yhden senttimetrin tarkkuudella ponnistusviivasta siihen kohtaan, johon alastulossa takimmaisena jalan kantapää osui. Hyppy suoritettiin kolme kertaa, niin että testattavan ryhmän kaikki jäsenet tekivät ensin yhden suorituksen, jonka jälkeen tehtiin toinen

ja edelleen kolmas suoritus. Näin hyppyjen välissä oli lyhyt palautumisjakso. Tutkittavan paras suoritus merkattiin vauhdittoman pituushypyn tulokseksi. Vauhditon pituushyppy on todettu luotettavaksi ja validiksi alaraajojen räjähtävän voiman testiksi (Markovic ym. 2004).

Kuntopallonheitto suoritettiin lattialla istuen kahden kilogramman kuntopalloa käyttäen. Heiton aikana istuttiin seinää vasten niin, että pää ja hartiat olivat kiinni seinässä ja jalat suorina lattiaa vasten. Ristiselän takana oli vaahtomuovin pala, jota vasten ristiselkä painettiin. Heitto suoritettiin kahdella kädellä rinnalta eteenpäin heittämällä. Heittopaikasta oli vedetty mittanauha lattiaa pitkin, jonka avulla testin valvoja mittasi tuloksen. Kuntopallonheitossa tutkittava teki kaikki neljä suoritusta peräkkäin, jonka jälkeen vaihdettiin suorittajaa. Tutkittavan paras suoritus merkattiin kuntopallonheiton tulokseksi. Tällä menetelmällä suoritettu kuntopallonheitotesti on todettu hyvin toistettavaksi yläraajojen räjähtävän voiman testiksi (Van den Tillaar & Marques 2013).

Kevennyshyppy tehtiin kontaktimatolla (Newtest, Oulu, Suomi). Suorituksessa kädet pidettiin lantiolla, laskeuduttiin nopealla vauhdilla 90° polvikulmaan, josta jatkuvalla liikkeellä ponnistettiin mahdollisimman korkealle. Laskeutuminen ohjeistettiin tekemään samassa asennossa kuin ponnistuksen loppuvaihe: jalat suorana ja nilkat ojennettuna. Hyppy suoritettiin kolme kertaa, niin että testattavan ryhmän kaikki jäsenet tekivät ensin yhden suorituksen, jonka jälkeen tehtiin toinen ja edelleen kolmas suoritus. Hyppy kirjattiin yhden senttimetrin tarkkuudella ja korkein hyppy merkattiin kevennyshypyn tulokseksi. Kevennyshyppy on todettu luotettavaksi ja validiksi alaraajojen räjähtävän voiman testiksi (Markovic ym. 2004).

Lisäpainoleuanvedossa leukoja vedettiin mahdollisimman monta uupumukseen asti 10 kg lisäpaino lanteille kiinnitettynä lisäpainovyön avulla. Leuanvedon aloitus tapahtui suorin käsin riipunnasta, ja jokaisen toiston jälkeen liike tuli havaittavasti pysäyttää ala-asennossa. Hyväksytyssä toistossa leuan kärki ylitti tangon ja liike pysäytettiin ala-asennossa suorille käsille. Suoritus tehtiin valvotusti, ja hyväksytyt toistot kirjattiin tulokseksi.

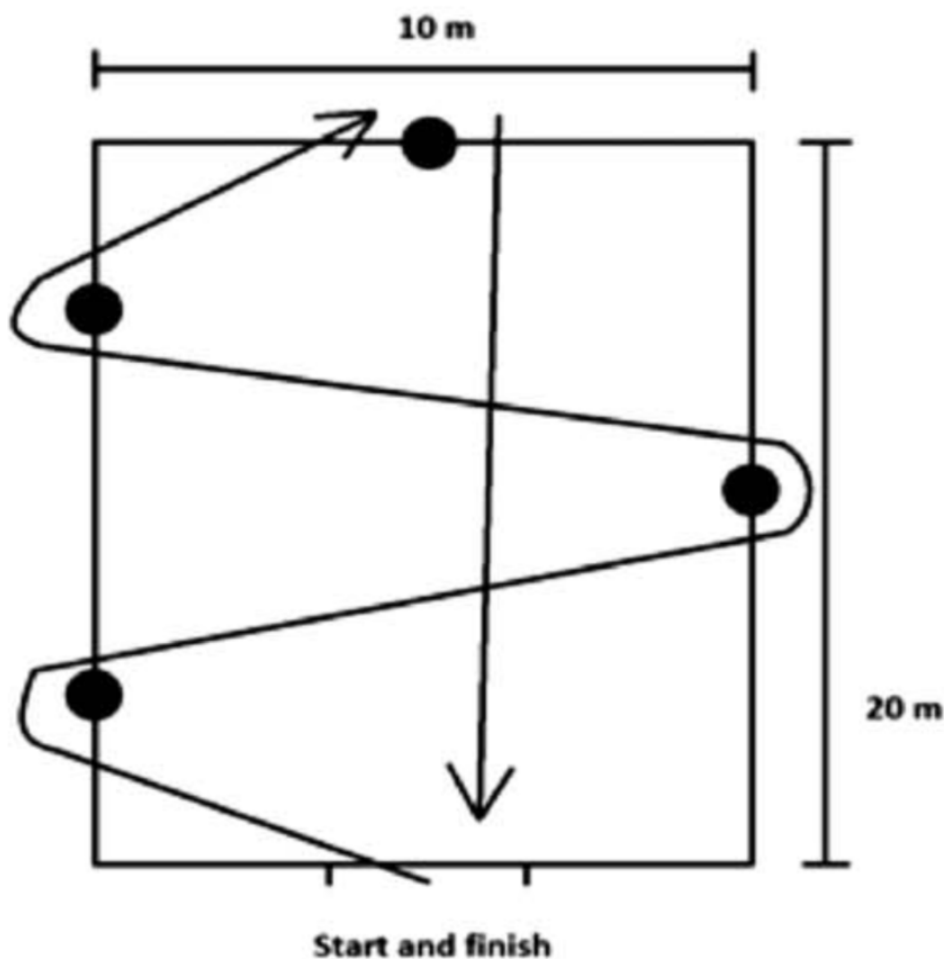
Vatsalihastestissä tehtiin mahdollisimman monta vatsalihhasliikettä (istumaannousu) kahden minuutin aikana. Testiä suorittava ryhmä jaettiin kahteen osaan, joista toisen puoliryhmän

suorittaessa vatsalihastestiä toimi toinen puoliryhmä avustajina. Avustaja tuki suorittajaa nilkoista testin aikana ja laske tehtyt toistot. Hyväksytyssä toistossa selän yläosa kosketti lattiaa ala-asennossa, ja kyynärpäät koskettivat polvia tai reisiä yläasennossa. Sormet ristittiin niskan taakse. Suorituksen tuli olla yhtäjaksoinen niin, että jos ala-asennossa oltiin enemmän kuin kolme sekuntia, katsottiin suoritus keskeytetyksi. Istumaannousujen validiteetti vatsalihasten kestävyuden mittarina ei ole erityisen vahva, sillä lonkankoukistajien aktiivisuus lisääntyy testin edetessä, ja onkin esitetty, että testillä voidaan ensisijaisesti mitata lonkankoukistajien koukistusnopeutta ja toissijaisesti lonkankoukistajien ja vatsalihasten kestävyyttä (Szasz ym. 2002, Rasch & Krauer 1970). Istumaannousutesti on kuitenkin tunnettu ja laajasti käytetty testi ollen käytössä muun muassa erikoisjoukkosotilaiden pääsykokeisiin ja palvelukseen kuuluvissa lihaskuntotesteissä.

Ammunnassa ammuttiin kaksi viiden laukauksen sarjaa makuuasennosta sekä kaksi viiden laukauksen sarjaa pystyasennosta. Ampuminen suoritettiin laserrynnäkkökiväärillä (EcoAims Oy, Ylämylly, Suomi) ampumahihtotauluihin. Kummaltakin ampumapaikalta laskettiin 10 laukauksen yhteistulos.

Evakuoinnissa juostiin kuvassa 4 esitetyssä evakuointiradalla kaksi kierrosta. 10 metriä leveälle ja 20 metriä pitkälle evakuointiradalle oli asetettu neljä kierrettävää keilaa, joista ensimmäinen lähtöpaikasta katsottuna radan vasemmassa reunassa viisi metriä lähtöviivasta. Toinen keila oli radan oikeassa reunassa kymmenen metriä lähtöviivasta ja kolmas keila jälleen vasemmassa reunassa 15 metriä lähtöviivasta. Viimeinen keila oli asetettu leveyssuunnassa keskelle rataa 20 metrin päähän lähtöviivasta. Keilat kierrettiin juosten edellä kirjoitetussa järjestyksessä, minkä jälkeen palattiin lähtöviivalle hakemaan 80 kg painava evakuointinukke (Ruth Lee Ltd., Corwen, Wales) ja kierrettiin rata toiseen kertaan nukkea raahaten. Nukke ei saanut kantaa. Rata on esitetty kuvassa 4. Radan validiteetin ja reliabiliteetin on aiemmin tutkinut Angeltveit ym. (2016) norjalaisilla erikoisjoukkosotilailta, ja he havaitsivat radan reliabiliteetin olevan hyvä tutustumiskerran jälkeen. Sisäkorrelaatio kahden ensimmäisen yrityksen välillä oli $r = 0,78$, $p < 0,01$, kun taas toisen ja kolmannen yrityksen välillä sisäkorrelaatio oli $r = 0,89$, $p < 0,01$. Tutkittavat suoriutuivat paremmin toisella ja kolmannella yrityksellä verrattuna ensimmäiseen yritykseen, mutta toisen ja kolmannen yrityksen välillä ei ollut eroja. Validiteetin osalta Angeltveit ym. (2016) totesivat, että rata kuvastaa hyvin tutkittavan anaerobista

suorituskykyä, sillä se oli vahvasti yhteydessä Wingate-testin, 300 metrin juoksutestin sekä MAOD-testin kanssa. Lisäksi 81 % norjalaisista erikoisjoukkosotilaista totesi testin soveltuvan hyvin tai erittäin hyvin erikoisjoukkosotilaan työmaiseksi testiksi.



KUVA 4. Evakuointiradan rakenne ja kulku (Angelveit ym. 2016).

8.4 Verinäytteidenotto ja kehonkoostumuksen analysointi

Verinäytteet otettiin ja kehonkoostumus analysoitiin PRE-, MID-, POST- ja RECO-mittauskerroilla. Verinäytteenottoon ja kehonkoostumusmittauksiin tultiin yön yli paastottuna. Kehonkoostumusmittaukset alkoivat aamulla kello 05:15 ensimmäisen ryhmän osalta, ja etenivät ryhmittäin 15 minuutin porrastuksella niin, että viimeinen ryhmä aloitti kello 06:30. Verinäytteidenotto seurasi välittömästi kehonkoostumuksen analysointia. POST-mittausten

osalta kehonkoostumusmittaukset aloitettiin noin klo 05:30 ensimmäisen ryhmän palatessa harjoituksesta.

Kehon paino ja kehonkoostumus, sisältäen lihasmassan, rasvamassan ja rasvaprosentin, analysoitiin InBody 770 ja InBody 720 bioimpedanssianalysaattoreilla (InBody Company Ltd., Seoul, Etelä-Korea). Molemmissa InBody-laitteissa oli käytössä sama ohjelmistoversio, ja kehonkoostumus mitattiin aina samalla laitteella samalta tutkittavalta. McLester ym. (2018) ovat todenneet, että molemmilla bioimpedanssilaitteilla on hyvä reliabiliteetti, mikä voidaan havaita molempien laitteiden korkeista sisäkorrelaatioista, jotka olivat $r = 0,98$, $p < 0,001$. Samalla kuitenkin havaittiin laitteiden systemaattisesti aliarvioivan kehon rasvaprosenttia ja rasvamassaa sekä yliarvioivan kehon lihasmassaa DEXA:an verrattuna, mutta korrelaatio InBody-laitteiden ja DEXA:n välillä oli kuitenkin korkea. InBody 720 -laitteen osalta korrelaatio oli $r = 0,89$, $p < 0,001$ ja InBody 770 -laitteen osalta $r = 0,90$, $p < 0,001$. (McLester ym. 2018.)

Verinäytteet otettiin kyynärvarren laskimosta koulutetun sairaanhoitajan toimesta 3,5 ml VenoSafe geelisentrifuugiputkeen (Terumo Europe, Leuven, Belgia). Näytteet käsiteltiin sentrifugilla 3500 rpm pyörimisnopeudella 10 minuutin ajan, minkä jälkeen ne pakastettiin ja toimitettiin analysoitavaksi Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitokselle. Kortisoli- ja testosteronipitoisuudet analysoitiin veren seerumista Immulite© 2000 XPI immunoanalysaattorilla, jonka herkkyys kortisolille on 5,5 nmol/l ja testosteronille 0,5 nmol/l ja variaatiokerroin kortisolille 6,5 % ja testosteronille 7,8 %. (Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Llanberies, Iso-Britannia). Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuus analysoitiin Indiko Plus -analysaattorilla, jonka herkkyys on 7 U/l ja variaatiokerroin 9,1 % (Thermo Fisher Scientific Oy, Vantaa, Suomi).

8.5 Tilastolliset menetelmät

Tutkielman aineisto saatiin käyttöön anonymisoituna eikä sen käsittelyssä näin ollen sovellettu tietosuojasäännöksiä. Aineiston tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS Statistics 27 -ohjelmalla (IBM Corporation, New York, Yhdysvallat). Aineiston normaalijakautuneisuus tarkistettiin

Shapiro-Wilk-testillä. Jos muuttuja ei ollut normaalijakautunut se logaritmoitiin noudattamaan normaalijakaumaa. Jos muuttuja ei tästä huolimatta noudattanut normaalijakaumaa tai siinä havaittiin lisäksi merkittävää vinoumaa tai kurtoosia, käytettiin non-parametrisia menetelmiä. Puuttuvat mittaustulokset täydennettiin lisäämällä koko otoksen keskimääräinen prosentuaalinen muutos edelliseen mittaustulokseen. Jos tutkittavalta puuttui useamman kuin yhden mittauskerran tulos, jätettiin tutkittava tilastollisen analyysin ulkopuolelle kyseisen muuttujan osalta. Puuttuvissa arvoissa ei havaittu systemaattisuutta käytettyjen muuttujien suhteen (Littlen MCAR-testi $p > 0,05$). PRE-, MID-, POST- ja RECO-mittausten välisiä tilastollisia merkitsevyyksiä tutkittiin toistomittausten varianssianalyysillä, kun muuttujat olivat normaalisti jakautuneita. Ei-normaalijakautuneille muuttujille tehtiin Friedmanin testi ja Wilcoxon merkittyjen sijalukujen post hoc -testi. Molemmilla menetelmillä käytettiin Bonferroni-korjausta. Alhaisen ja korkean rasvaprosentin ryhmien välisiä eroja tutkittiin kahden riippumattoman otoksen t-testillä, kun muuttujat noudattivat normaalijakaumaa. Ei-normaalijakautuneilla muuttujilla käytettiin Mann-Whitney U -testiä. Tutkittavat jaettiin mediaanin mukaan alhaisen ($<12\%$) ja korkean ($\geq 12\%$) rasvaprosentin ryhmään (molemmissa $n=29$) sotaharjoitusta edeltävän rasvaprosentin perusteella. Harjoitusta edeltävän rasvaprosentin, harjoituksen aikaisen lihasmassan vähenemisen, fyysisten toimintakykytestien muutosten sekä hormonipitoisuuksien muutosten välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella. Tilastollinen merkitsevyys on asetettu α -tasolle 0,05. Tulokset on esitetty keskiarvoina \pm keskihajonta.

9 TULOKSET

9.1 Kehonkoostumus

Tutkittavien ikä, pituus, paino, rasvamassa, lihasmassa ja rasvaprosentti on esitetty koko otoksen osalta sekä alhaisen ja korkean rasvaprosentin mukaisiin ryhmiin jaoteltuna taulukossa 2. Korkean rasvaprosentin ryhmän tutkittavat omasivat suuremman rasvamassan ja rasvaprosentin ($p < 0,001$) sekä vähäisemmän lihasmassan ($p < 0,01$). Lisäksi he olivat keskimäärin lyhyempiä ($p < 0,05$). Kehonpainon ja iän suhteen ryhmien välillä ei ollut eroja.

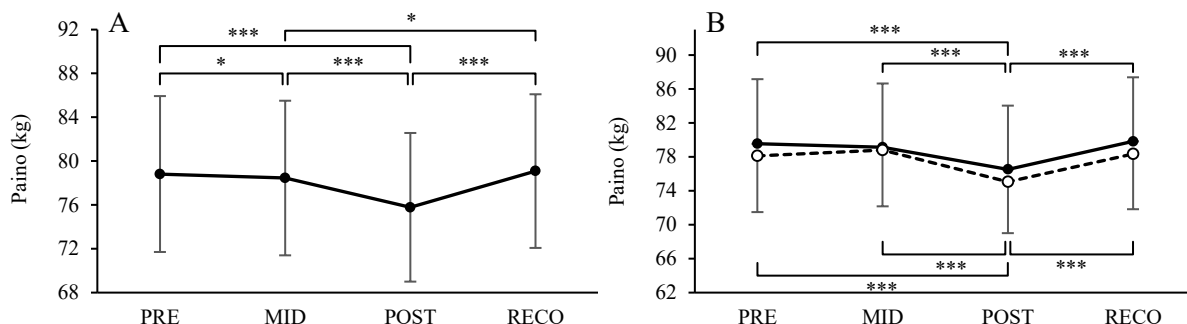
TAULUKKO 2. Tutkittavien ikä, pituus, paino, rasvamassa, lihasmassa ja rasvaprosentti rasvaprosentin mukaan jaoteltuna ja koko otoksen osalta.

	Rasvaprosentti < 12 % (n = 29)	Rasvaprosentti > 12 % (n=29)	Koko otos (n=58)
Ikä (v)	19,4 ± 0,8	19,5 ± 0,8	19,4 ± 0,8
Pituus (cm)	183,4 ± 5,1	180,2 ± 6,0 *	181,8 ± 5,7
Paino (kg)	79,2 ± 7,8	77,8 ± 6,7	78,5 ± 7,2
Rasvamassa (kg)	7,5 ± 1,7	10,7 ± 1,4 ***	9,1 ± 2,2
Lihasmassa (kg)	41,2 ± 4,2	38,4 ± 3,6 **	39,8 ± 4,1
Rasvaprosentti	9,5 ± 1,9	13,8 ± 1,5 ***	11,6 ± 2,7

* = merkitsevä ero < 12 % -ryhmään verrattuna, $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

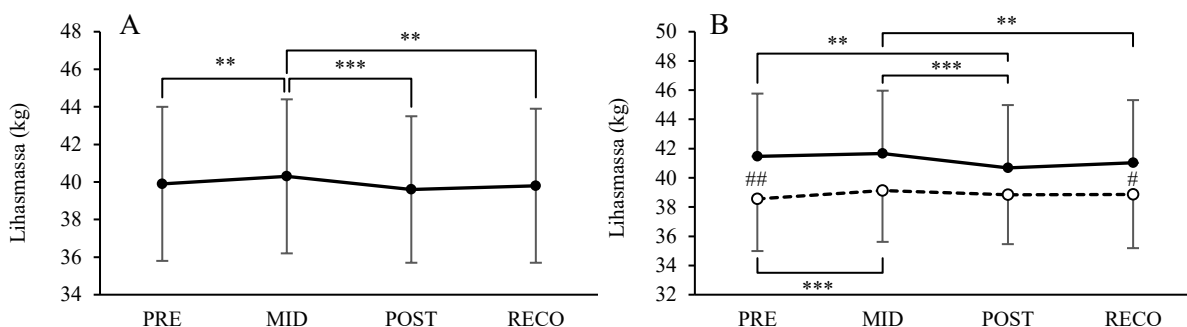
Tutkittavien kehonpaino oli laskenut MID-mittauksissa 0,5 % ($p < 0,05$) ja POST-mittauksissa 3,9 % ($p < 0,001$) verrattuna PRE-mittauksiin. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä kehonpaino ei ollut laskenut MID-mittauksissa, mutta oli 3,9 % alhaisempi POST-mittauksissa PRE-mittauksiin verrattuna ($p < 0,001$). PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Korkean rasvaprosentin ryhmässä kehonpaino ei ollut laskenut MID-mittauksissa, mutta oli 3,9 % alhaisempi POST-mittauksissa PRE-mittauksiin verrattuna

($p < 0,001$). PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Tulokset kehonpainon osalta on esitetty kuvassa 5. Ryhmäkohtaiset tulokset on esitetty lisäksi taulukossa 3.



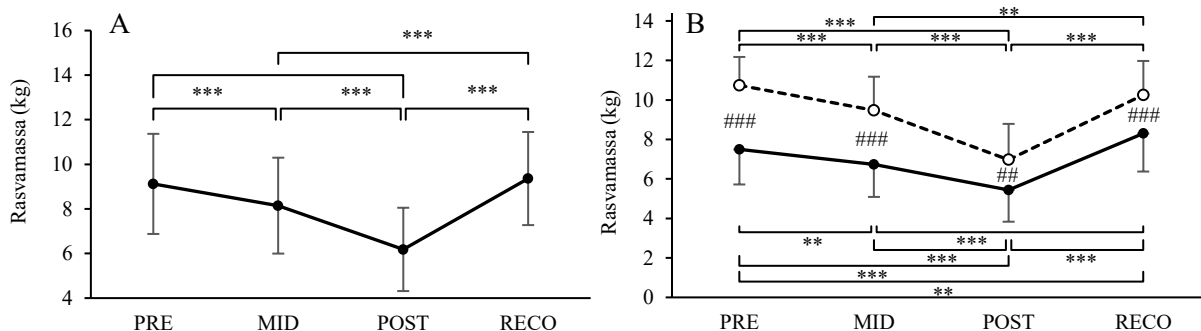
KUVA 5. A: Koko otoksen kehonpaino eri mittausajankohtina. B: Kehonpaino alhaisen (viiva) ja korkean (katkoviiva) rasvaprosentin ryhmässä eri mittausajankohtina. * = merkitsevä ero mittauskertojen välillä, $p < 0,05$, *** = $p < 0,001$.

Sotilaiden lihasmassa oli lisääntynyt 1,0 % MID-mittauksissa PRE-mittauksiin verrattuna ($p < 0,01$), mutta PRE- ja POST-mittausten sekä PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä lihasmassa oli 1,9 % alhaisempi POST-mittauksissa PRE-mittauksiin verrattuna ($p < 0,01$). PRE- ja MID- sekä PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Korkean rasvaprosentin ryhmässä lihasmassa oli MID-mittauksissa 1,4 % suurempi PRE-mittauksiin verrattuna ilman eroja muiden mittausajankohtien välillä. Tulokset lihasmassan osalta on esitetty kuvassa 6. Ryhmäkohtaiset tulokset on esitetty lisäksi taulukossa 3.



KUVA 6. A: Koko otoksen lihasmassa eri mittausajankohtina. B: Lihasmassa alhaisen (viiva) ja korkean (katkoviiva) rasvaprosentin ryhmässä eri mittausajankohtina. ** = merkitsevä ero mittauskertojen välillä $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. # = merkitsevä ero ryhmien välillä $p < 0,05$, ## = $p < 0,01$.

Sotilaiden rasvamassa oli laskenut 10,6 % MID-mittauksissa ja 31,6 % POST-mittauksissa PRE-mittauksiin verrattuna ($p < 0,001$). PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä rasvamassa oli 9,1 % alhaisempi MID-mittauksissa ($p < 0,01$) ja 27,7 % alhaisempi POST-mittauksissa ($p < 0,001$) PRE-mittauksiin verrattuna. Lisäksi RECO-mittausten rasvamassa oli 13,3 % korkeampi PRE-mittauksiin verrattuna ($p < 0,01$). Korkean rasvaprosentin ryhmässä rasvamassa oli 11,4 % alhaisempi MID-mittauksissa ($p < 0,01$) ja 35,5 % alhaisempi POST-mittauksissa ($p < 0,001$) PRE-mittauksiin verrattuna. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä rasvamassa oli merkitsevästi alhaisempi kaikilla mittauskerroilla verrattuna korkean rasvaprosentin ryhmään. (PRE, MID ja RECO $p < 0,001$, POST $p < 0,01$) Tulokset rasvamassan osalta on esitetty kuvassa 7. Ryhmäkohtaiset tulokset on esitetty lisäksi taulukossa 3.



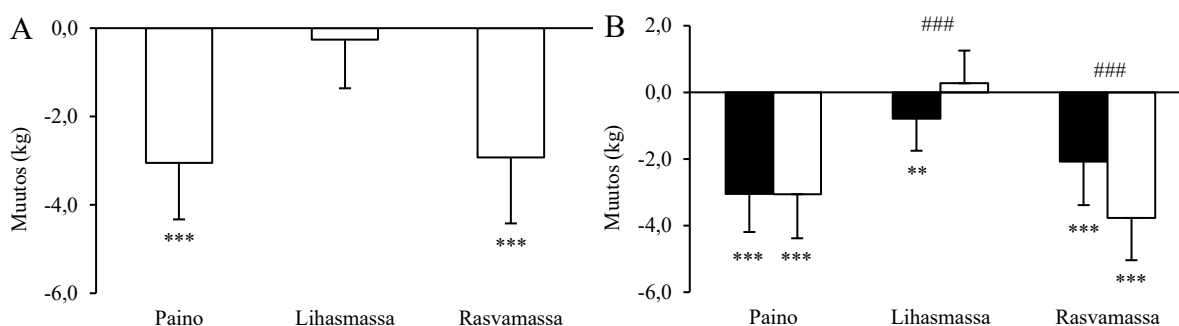
KUVA 7. A: Sotilaiden rasvamassa eri mittausajankohtina. B: Rasvamassa alhaisen (viiva) ja korkean (katkoviiva) rasvaprosentin ryhmässä eri mittausajankohtina. ** = merkitsevä ero mittauskertojen välillä $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. ## = merkitsevä ero ryhmien välillä $p < 0,01$, ### = $p < 0,001$.

TAULUKKO 3. Kehonkoostumusmittauksien tulokset PRE- MID-, POST- ja RECO-mittauksissa alhaisen ja korkean rasvaprosentin ryhmissä.

	Rasva%	PRE	MID	POST	RECO
Kehonpaino (kg)	Alhainen	79,4 ± 7,6	79,1 ± 7,5	76,5 ± 7,5***	79,8 ± 7,6
	Korkea	78,1 ± 6,6	78,8 ± 6,6	75,1 ± 6,1***	78,3 ± 6,5
Lihasmassa (kg)	Alhainen	41,4 ± 4,1	41,6 ± 4,2	40,6 ± 4,1**	41,0 ± 4,2
	Korkea	38,6 ± 3,6 ^{##}	39,1 ± 3,5***	38,8 ± 3,4	38,9 ± 3,7 [#]
Rasvamassa (kg)	Alhainen	7,5 ± 1,8	6,7 ± 1,6**	5,4 ± 1,6***	8,3 ± 1,9**
	Korkea	10,7 ± 1,4 ^{###}	9,5 ± 1,7*** ^{###}	7,0 ± 1,8*** [#]	10,2 ± 1,7 ^{###}

** = merkitsevä ero verrattuna PRE-mittaukseen $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. # = merkitsevä ero alhaisen rasvaprosentin ryhmään verrattuna $p < 0,05$, ## = $p < 0,01$, ### = $p < 0,001$.

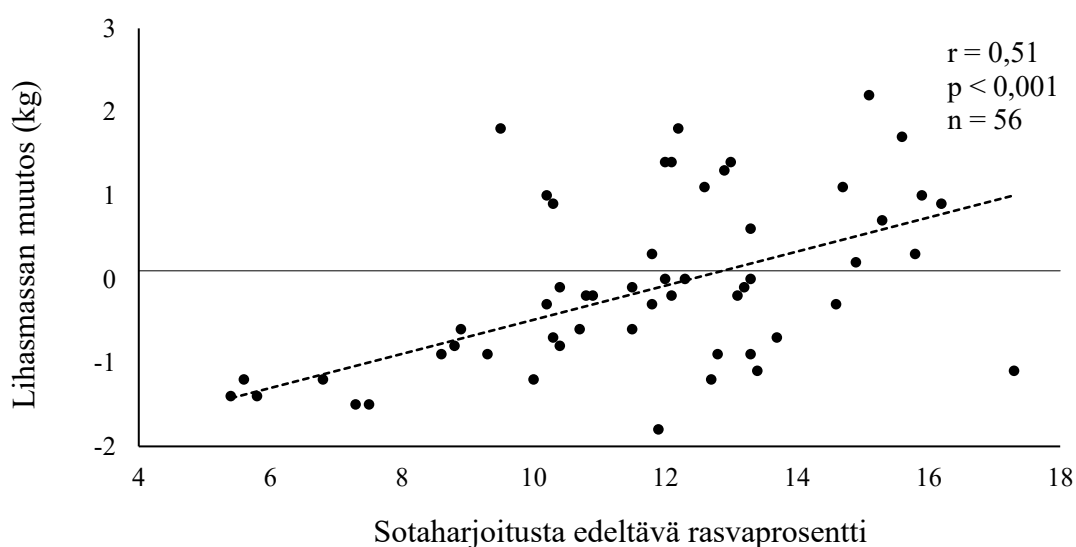
Koko otoksen osalta kehonpainon menetys harjoituksen aikana oli $3,1 \pm 1,3$ kg ($p < 0,001$) ja rasvamassan menetys oli $2,9 \pm 1,5$ kg ($p < 0,001$). Muutokset lihasmassa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Alhaisen rasvaprosentin ryhmä menetti kehonpainoaan $3,0 \pm 1,3$ kg ($p < 0,001$) harjoituksen aikana ja korkean rasvaprosentin ryhmä $3,1 \pm 1,3$ kg ($p < 0,001$). Ryhmien välillä ei ollut eroja menetetyn painon suhteen. Alhaisen rasvaprosentin ryhmä menetti $0,8 \pm 1,0$ kg lihasmassaa ($p < 0,01$) ja $2,1$ kg $\pm 1,1$ rasvamassaa ($p < 0,001$) harjoituksen aikana. Korkean rasvaprosentin ryhmän lihasmassassa ei tapahtunut muutosta harjoituksen aikana samalla kun rasvamassa väheni $3,8 \pm 1,3$ kg ($p < 0,001$). Lihasmassan ja rasvamassan muutokset olivat tilastollisesti eroavat ryhmien välillä ($p < 0,001$). Tulokset on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. A: Painon, lihasmassan ja rasvamassan muutokset sotaharjoituksen aikana kaikilla sotilailta. B: Painon, lihasmassan ja rasvamassan muutokset alhaisen (musta pylväs) ja korkean

(valkoinen pylväs) rasvaprosentin ryhmissä. ### = tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä $p < 0,001$. *** = merkitsevä ero PRE-POST-aikavälillä $p < 0,001$.

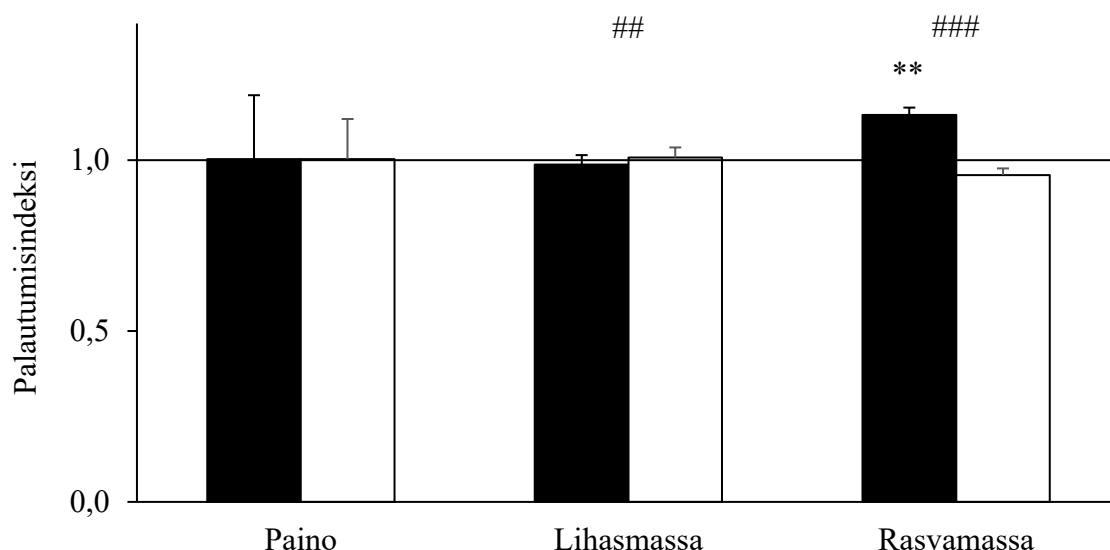
Sotaharjoitusta edeltävä rasvaprosentti oli yhteydessä harjoituksenaikaiseen lihasmassan muutokseen niin, että korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä vähäisempään lihasmassan laskuun ($r=0,51$, $p<0,001$). Hajontakuviota ja korrelaatio rasvaprosentin ja lihasmassan muutoksen välillä on esitetty kuvassa 9.



KUVA 9. Sotaharjoituksen aikaisen lihasmassan muutoksen (PRE-POST) ja harjoitusta edeltävän (PRE) rasvaprosentin välinen korrelaatio.

Kehonkoostumuksen palautumisen eroja ryhmien välillä tarkasteltiin palautumisindeksillä. Palautumisindeksillä tarkoitetaan RECO- ja PRE-mittausten suhdelukua, jossa indeksin arvo 1 tarkoittaa, että PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ole eroja. Pienemmät arvot tarkoittavat, että muuttuja ei ole täysin palautunut ja suuremmat arvot sitä, että RECO-mittausten tulos ylittää PRE-mittausten tuloksen. Kehonpainon osalta indeksin arvo oli molemmissa ryhmissä $1,00 \pm 0,02$. Lihasmassan osalta indeksin arvo oli alhaisen rasvaprosentin ryhmässä $0,99 \pm 0,03$ ja korkean rasvaprosentin ryhmässä $1,01 \pm 0,03$. Ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p<0,01$). Rasvamassan osalta indeksi arvo oli alhaisen rasvaprosentin ryhmässä $1,13 \pm 0,19$ ja

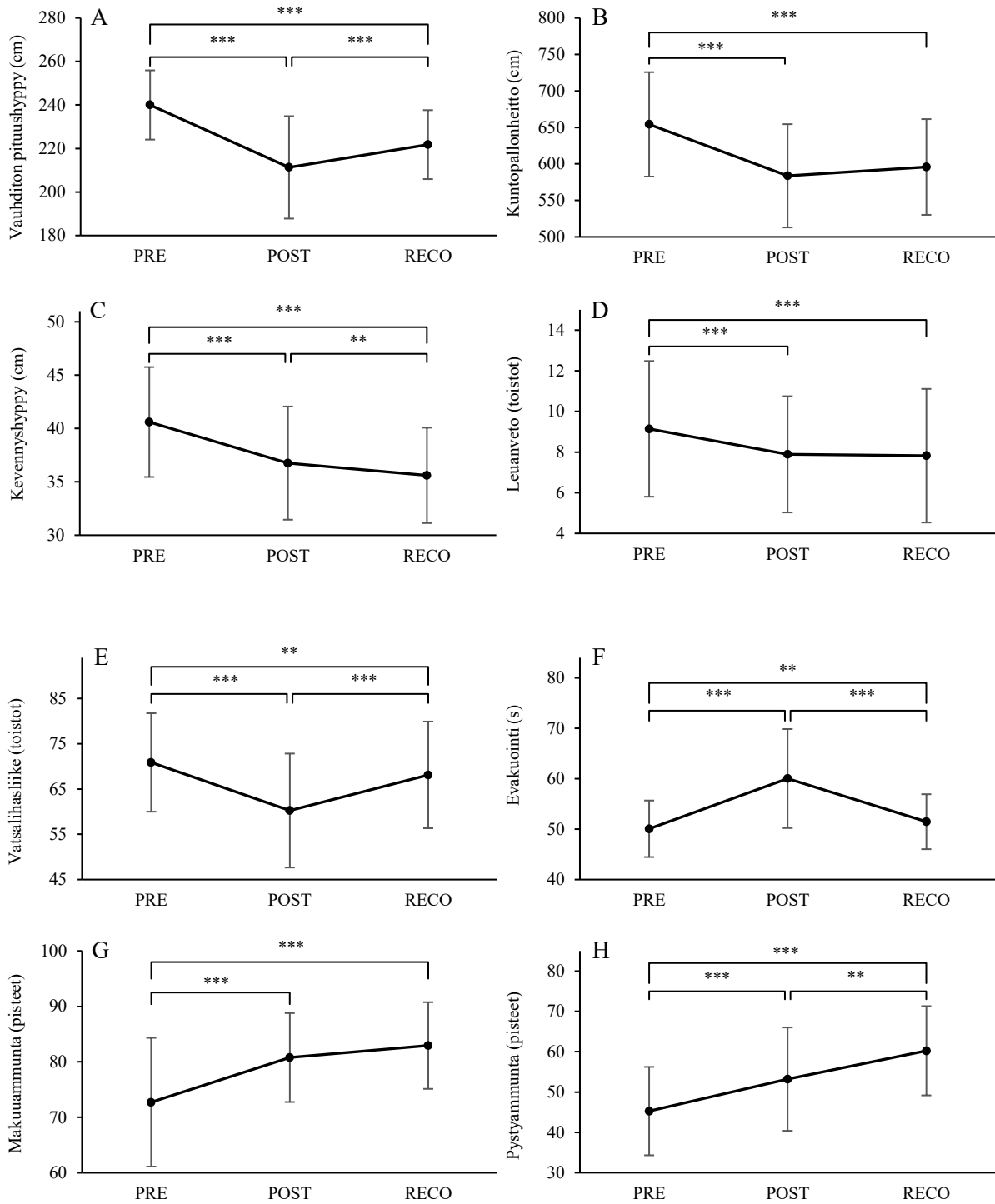
korkean rasvaprosentin ryhmässä $0,96 \pm 0,12$. Ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0,001$). Tulokset on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Painon, lihasmassan ja rasvamassan palautuminen alhaisen (musta pylväs) ja korkean (valkoinen pylväs) rasvaprosentin ryhmässä. ## = merkitsevä ero ryhmien välillä $p < 0,01$, ### = $p < 0,001$. ** = merkitsevä ero PRE- ja RECO-mittausten välillä $p < 0,01$.

9.2 Fyysisen toimintakyvyn testit

Kaikissa fyysisen toimintakyvyn testien osalta voitiin havaita PRE-mittauksia heikompi suorituskyky sekä POST- että RECO-mittauksissa lukuun ottamatta ammuntatestejä, joissa havaittiin parannusta sekä POST- että RECO-mittauksissa PRE-mittauksiin verrattuna. Fyysisen toimintakyvyn testien tulokset PRE-, MID- ja POST-mittauksissa koko otoksen osalta on esitetty kuvassa 11.



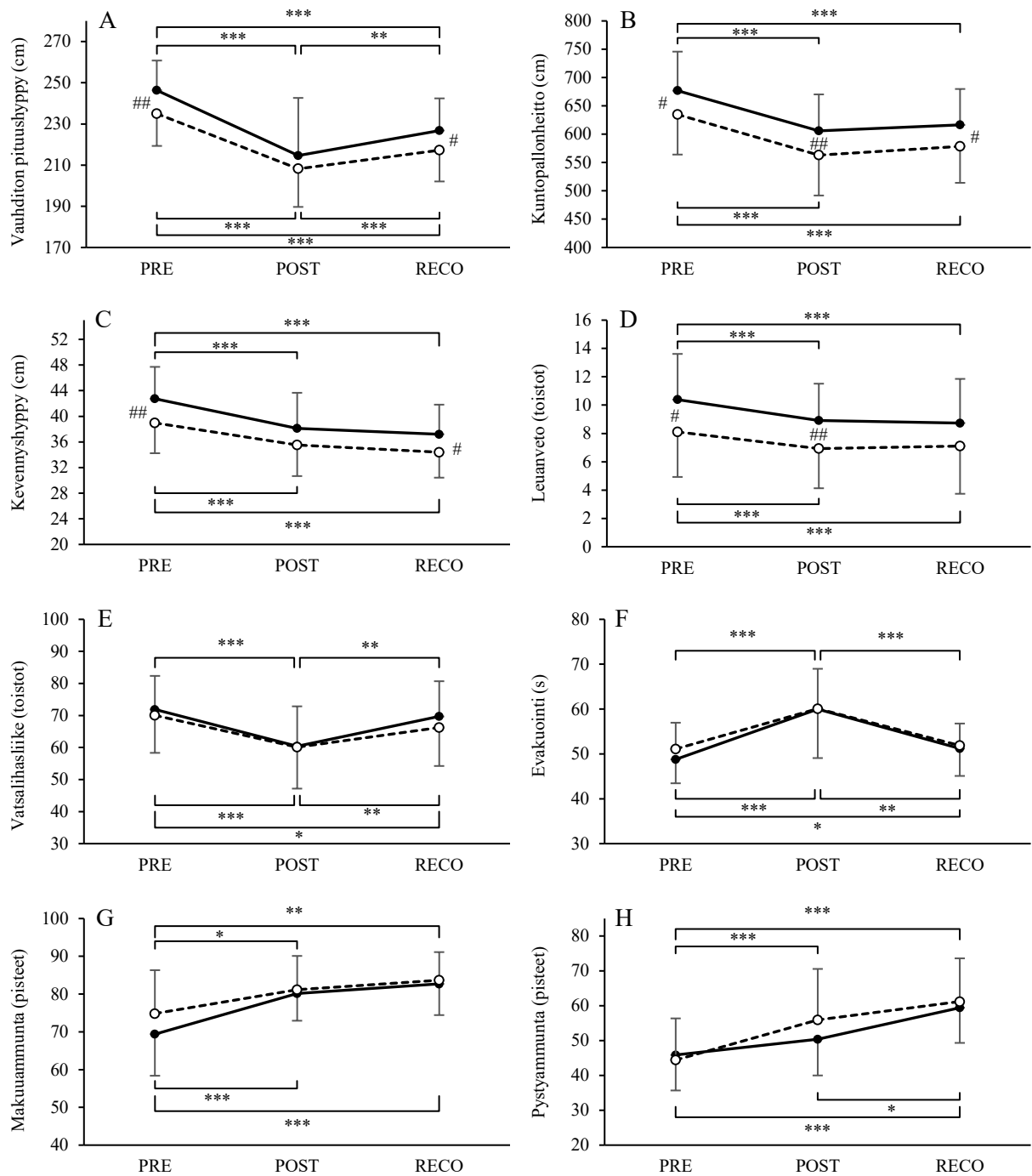
KUVA 11. Fyysisten toimintakykytestien tulokset PRE-, POST- ja RECO-mittauksissa. A: vauhditon pituushyppy, B: kuntopallonheitto, C: kevennyshyppy, D: leuanveto, E: vatsalihasliike, F: evakuointi, G: makuuammunta, H: pystyammunta. * = merkitsevä ero mittauksetojen välillä, $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

Sekä alhaisen että korkean rasvaprosentin ryhmässä havaittiin suorituskyvyn heikkenemistä kaikissa fyysisen toimintakyvyn testeissä PRE-POST-aikavälillä lukuun ottamatta ammuntatestejä. Alhaisen rasvaprosentin ryhmän suorituskyky oli korkean rasvaprosentin ryhmää parempi PRE-mittauksissa vauhdittomassa pituushypyssä ($p < 0,01$), kuntopallonheitossa ($p < 0,05$), kevennyshypyssä ($p < 0,01$) sekä leuanvedossa ($p < 0,05$). POST-mittauksissa alhaisen rasvaprosentin ryhmän suorituskyky oli parempi kuntopallonheitossa ($p < 0,01$) ja leuanvedossa ($p < 0,01$). RECO-mittauksissa alhaisen rasvaprosentin ryhmän suorituskyky oli parempi vauhdittomassa pituushypyssä ($p < 0,05$), kuntopallonheitossa ($p < 0,05$) ja kevennyshypyssä ($p < 0,05$). Ryhmäkohtaiset fyysisen toimintakyvyn testien tulokset on esitetty taulukossa 4 ja kuvassa 12.

TAULUKKO 4. Fyysisten toimintakykytestien tulokset alhaisen ja korkean rasvaprosentin ryhmässä PRE- POST- ja RECO-mittauksissa.

	Rasva%	PRE	POST	RECO
Vauhditon pituushyppy (cm)	Alhainen	246 ± 15	215 ± 28***	226 ± 16***
	Korkea	235 ± 16##	208 ± 19***	217 ± 15*** #
Kuntopallonheitto (cm)	Alhainen	677 ± 69	606 ± 64***	616 ± 64***
	Korkea	635 ± 71#	563 ± 64*** ##	579 ± 64***#
Kevennyshyppy (cm)	Alhainen	43 ± 5	38 ± 6***	37 ± 5***
	Korkea	39 ± 5##	36 ± 5***	34 ± 4*** #
Leuanveto (toistot)	Alhainen	10 ± 3	9 ± 3***	9 ± 3***
	Korkea	8 ± 3#	7 ± 3*** ##	7 ± 3***
Vatsalihasliike (toistot)	Alhainen	72 ± 10	60 ± 12***	70 ± 11
	Korkea	70 ± 12	60 ± 13***	66 ± 12*
Evakuointi (s)	Alhainen	48,8 ± 5,3	60,0 ± 10,9***	51,2 ± 6,1*
	Korkea	51,1 ± 5,9	60,1 ± 8,9***	51,9 ± 4,9
Makuuammunta (pisteet)	Alhainen	69,4 ± 11,5	80,1 ± 9,0***	82,7 ± 7,4***
	Korkea	74,9 ± 11,0	81,1 ± 7,2*	83,7 ± 8,3**
Pystyammunta (pisteet)	Alhainen	45,9 ± 11,9	50,4 ± 14,6	59,4 ± 12,4***
	Korkea	44,4 ± 10,2	55,9 ± 10,4***	61,1 ± 10,1***

* = merkitsevä ero verrattuna PRE-mittaukseen $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. # = merkitsevä alhaisen rasvaprosentin ryhmään verrattuna $p < 0,05$, ## = $p < 0,01$.



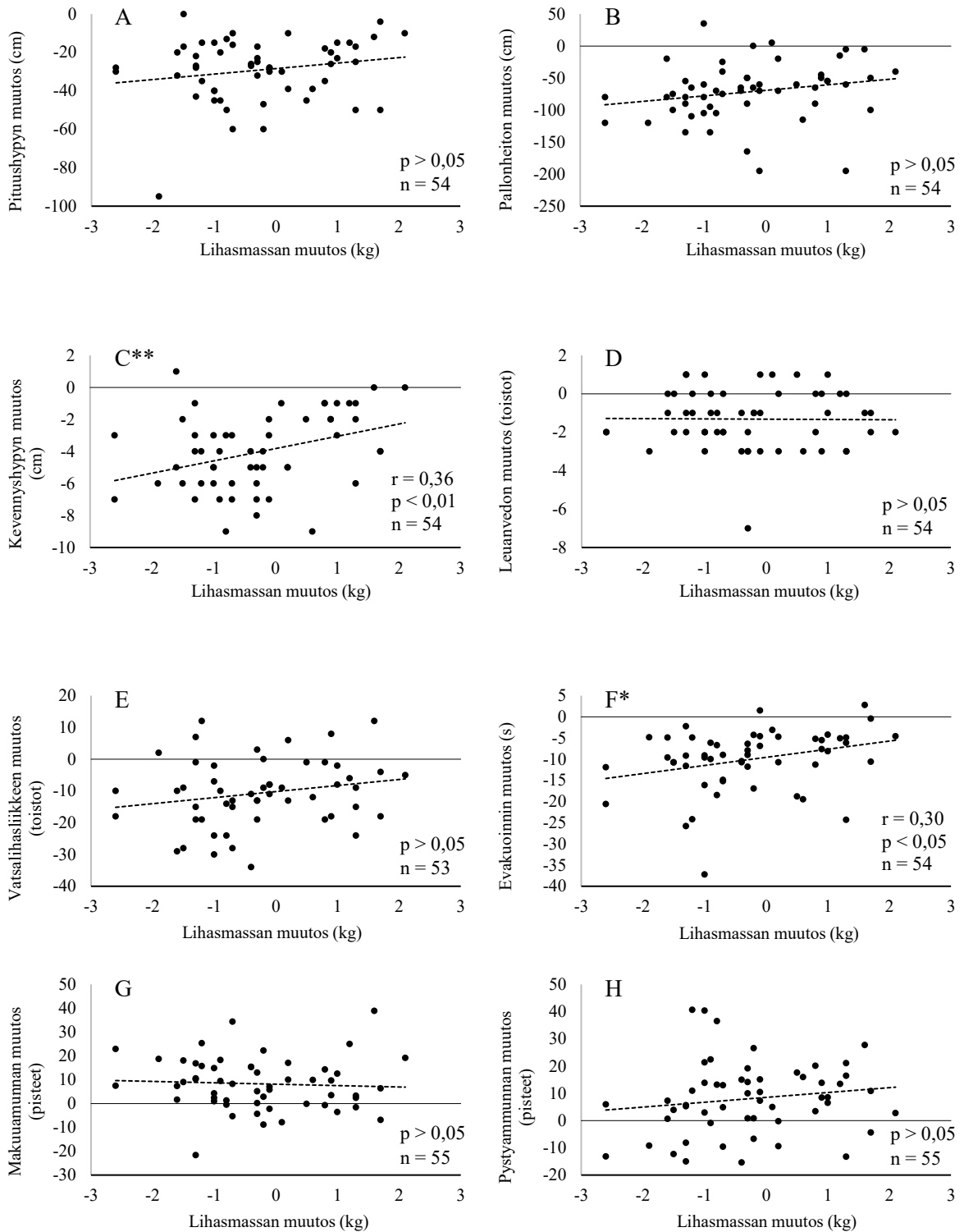
KUVA 12. Fyysisten toimintakykytestien tulokset PRE-, POST- ja RECO-mittauksissa alhaisen (viiva) ja korkean (katkoviiva) rasvaprosentin ryhmissä. A: vauhditon pituushyppy, B: kuntopallonheitto, C: kevennyshyppy, D: leuanveto, E: vatsalihasliike, F: evakuointi, G: makuuammunta, H: pystyammunta. * = merkitsevä ero mittauksetojen välillä, $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. # = merkitsevä ero ryhmien välillä, $p < 0,05$, ## = $p < 0,01$.

Taulukossa 5 on esitetty fyysisen toimintakyvyn keskimääräinen heikkeneminen sotaharjoituksen aikana sekä ryhmäkohtaisesti että koko otoksen osalta. Suorituskyky heikkeni kaikissa testeissä lukuun ottamatta ammuttatestejä. Fyysisen toimintakyvyn suhteellisessa heikkenemisessä ei ollut eroja ryhmien välillä.

TAULUKKO 5. Sotilaiden keskimääräinen suorituskyvyn muutos sotaharjoituksen aikana PRE-POST-aikavälillä.

	Suorituskyvyn muutos PRE-POST		
	Rasvaprosentti < 12 %	Rasvaprosentti > 12 %	Koko otos
Vauhditon pituushyppy	-13,0 ± 8,4 %	-11,4 ± 5,2 %	-12,0 ± 6,9 %
Kuntopallonheitto	-10,4 ± 6,2 %	-11,2 ± 7,5 %	-10,6 ± 6,7 %
Kevennyshyppy	-11,0 ± 5,9 %	-8,9 ± 5,8 %	-9,8 ± 5,9 %
Leuanveto	-9,2 ± 25,1 %	-9,4 ± 28,8 %	-9,2 ± 27,1 %
Vatsalihasliike	-15,5 ± 15,1 %	-13,8 ± 16,0 %	-14,6 ± 15,4 %
Evakuointi	-22,7 ± 14,1 %	-17,8 ± 13,2 %	-20,2 ± 13,9 %
Makuuammunta	16,9 ± 17,6 %	10,7 ± 20,0 %	13,3 ± 19,0 %
Pystyammunta	15,8 ± 49,1 %	30,7 ± 32,2 %	24,6 ± 42,0 %

Sotaharjoituksen aiheuttamaa lihasmassan muutosta ja sen yhteyttä fyysisen toimintakyvyn heikkenemiseen tarkasteltiin PRE-POST-aikavälillä. Sotaharjoituksen aikainen lihasmassan muutos korreloi merkitsevästi kevennyshypyn muutoksen ($r = 0,36$, $p < 0,01$) ja evakuointiajan muutoksen kanssa ($r = 0,30$, $p < 0,05$), suuremman lihasmassan laskun ollessa yhteydessä suurempaan suorituskyvyn heikkenemiseen näissä testeissä. Muiden fyysisen toimintakyvyn testitulosten muutos ei ollut yhteydessä sotaharjoituksen aikaiseen lihasmassan muutokseen. Hajontakuviot ja korrelaatiot kaikkien fyysisen toimintakykytestien osalta on esitetty kuvassa 13. Harjoitusta edeltävän rasvaprosentin ja suhteellisen suorituskyvyn muutoksen välillä oli positiivinen merkitsevä korrelaatio evakuointiradalla. ($r = 0,31$, $p < 0,05$).



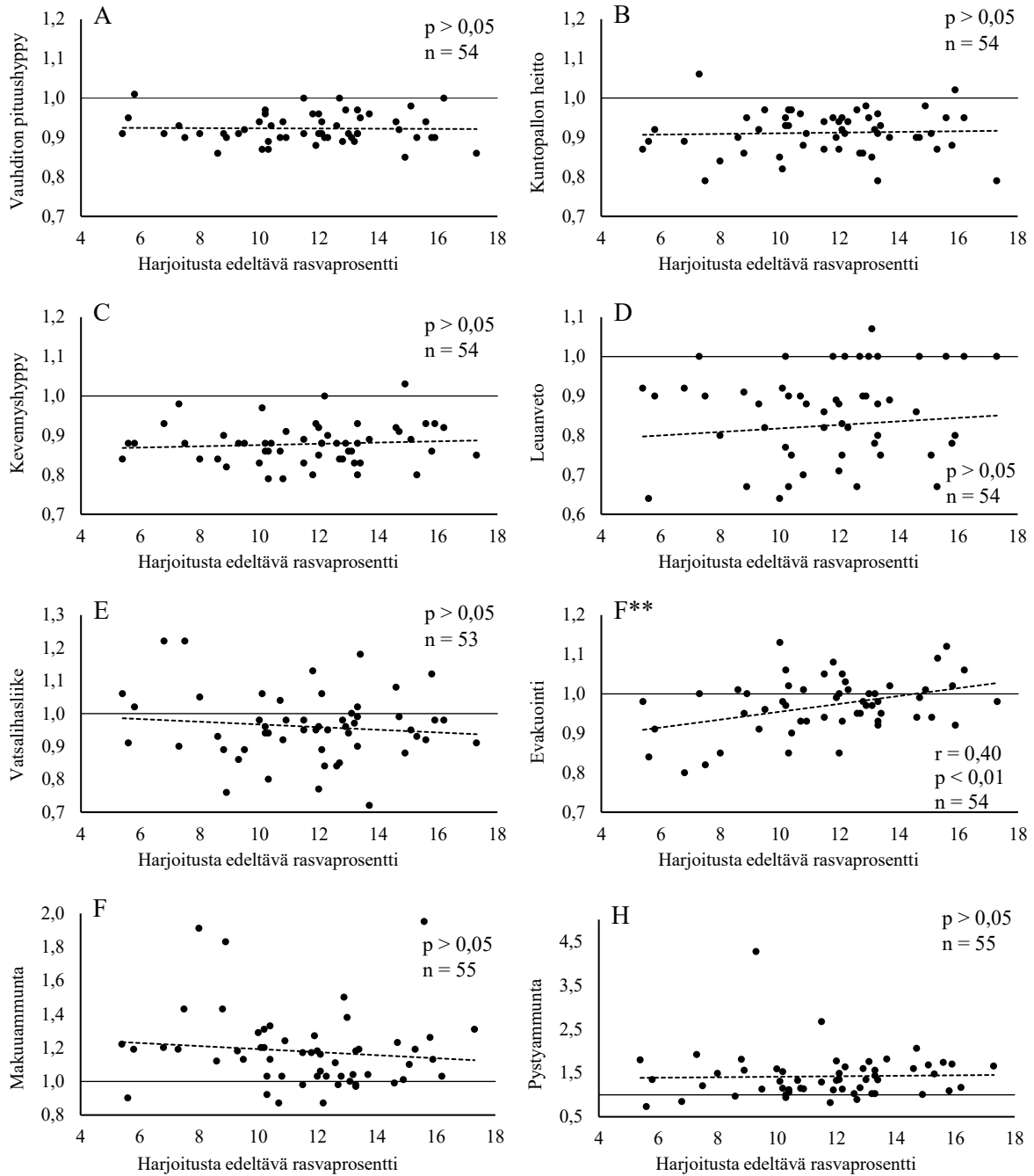
KUVA 13. Korrelaatiot lihasmassan muutosten ja fyysisten toimintakykytestien muutosten välillä. A: pituushyppy, B: kuntopallonheitto, C: kevennyshyppy, D: leuanveto, E: vatsalihasliike, F: evakuointi, G: makuuammunta, H: pystyammunta.

* = $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$

Toimintakyvyn palautumisen ja rasvaprosentin välistä yhteyttä tarkasteltiin rasvaprosentin ja palautumisindeksin välisellä korrelaatiolla. Palautumisindeksit fyysisen toimintakyvyn testien osalta on esitetty taulukossa 6. Indekseissä ei ollut merkitseviä eroja alhaisen ja korkean rasvaprosentin ryhmien välillä, mutta korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä parempaan palautumisindeksiin evakuointiradalla ($r=0,40$, $p<0,01$). Muiden testien kohdalla yhteyttä ei ollut. Palautumisindeksin ja rasvaprosentin väliset korrelaatiot on esitetty kuvassa 14.

TAULUKKO 6. Suorituskyvyn palautuminen ilmaistuna RECO- ja PRE-mittausten suhdelukuna (palautumisindeksi).

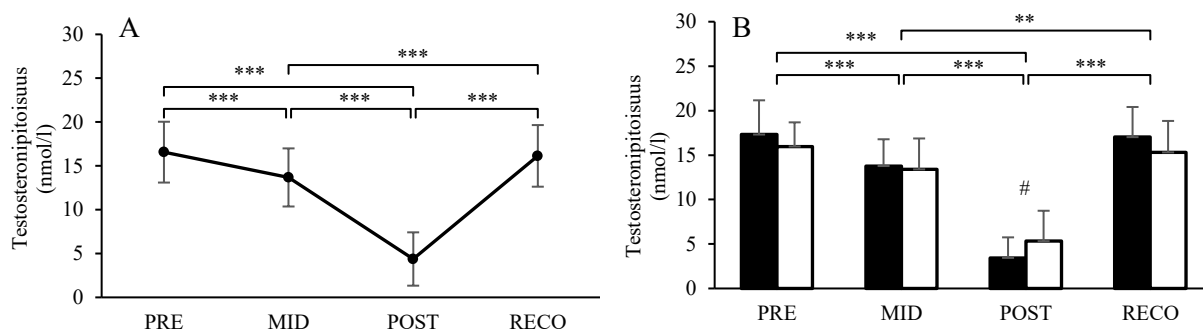
	Palautumisindeksi		
	Rasvaprosentti < 12 %	Rasvaprosentti > 12 %	Koko otos
Vauhditon pituushyppy	0,92 ± 0,04	0,93 ± 0,04	0,92 ± 0,04
Kuntopallonheitto	0,91 ± 0,06	0,91 ± 0,06	0,91 ± 0,06
Kevennyshyppy	0,87 ± 0,05	0,88 ± 0,05	0,88 ± 0,05
Leuanveto	0,81 ± 0,20	0,84 ± 0,20	0,82 ± 0,20
Vatsalihasliike	0,97 ± 0,11	0,95 ± 0,10	0,96 ± 0,10
Evakuointi	0,96 ± 0,08	0,98 ± 0,06	0,97 ± 0,07
Makuuammunta	1,22 ± 0,24	1,14 ± 0,21	1,18 ± 0,23
Pystyammunta	1,46 ± 0,73	1,42 ± 0,30	1,42 ± 0,54



KUVA 14. Palautumisindeksin ja rasvaprosentin väliset korrelaatiot. A: pituushyppy, B: kuntopallon heitto, C: kevennyshyppy, D: leuanveto, E: vatsalihasliike, F: evakuointi, G: makuuammunta, H: pystyammunta. ** = $p < 0,01$.

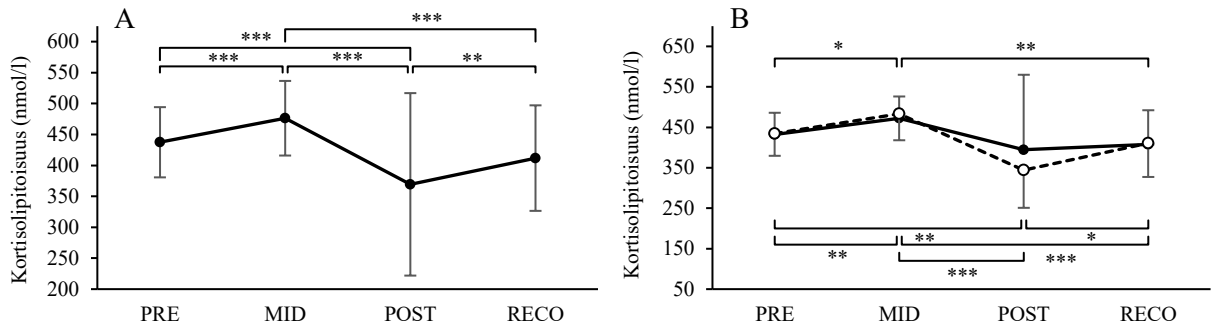
9.3 Seerumin hormoni- ja entsyymipitoisuudet

Sotilaiden seerumin testosteronipitoisuus oli laskenut sotaharjoituksen aikana MID-mittauksissa 17,6 % ja oli laskenut edelleen POST-mittauksissa 73,0 %. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Tulokset on esitetty kuvassa 15A. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä testosteronipitoisuus oli laskenut MID-mittauksissa 18,8 % ja POST-mittauksissa 78,9 %. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Korkean rasvaprosentin ryhmässä testosteronipitoisuus oli laskenut MID-mittauksissa 16,4 % ja POST-mittauksissa 67,0 %. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Korkean rasvaprosentin ryhmässä testosteronipitoisuus oli merkitsevästi korkeampi POST-mittauksissa verrattuna alhaisen rasvaprosentin ryhmään ($p < 0,05$) Tulokset on esitetty kuvassa 15B.



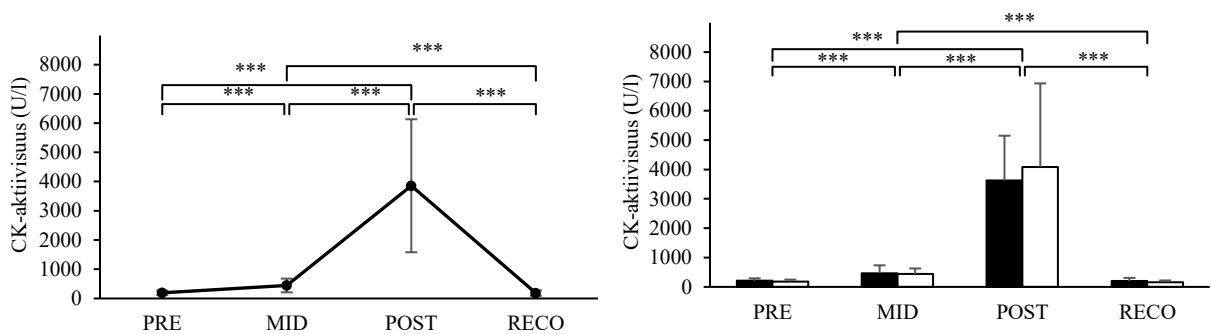
KUVA 15. A: Testosteronipitoisuus eri mittausajankohtina koko ryhmän osalta. B: Testosteronipitoisuus eri mittausajankohtina alhaisen (musta palkki) ja korkean (valkoinen palkki) rasvaprosentin ryhmässä. ** = merkitsevä ero mittauskertojen välillä $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$. # = merkitsevä ero ryhmien välillä $p < 0,05$.

Sotilaiden seerumin kortisolipitoisuus oli noussut MID-mittauksissa 11,3 % ja laskenut POST-mittauksissa 14,2 % PRE-mittauksiin verrattuna. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Tulokset on esitetty kuvassa 16A. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä kortisolipitoisuus oli noussut MID-mittauksissa 10,4 %, mutta POST- tai RECO-mittausten tulokset eivät eronneet PRE-mittausten tuloksista. Korkean rasvaprosentin ryhmässä kortisolipitoisuus oli noussut MID-mittauksissa 12,1 % ja laskenut POST-mittauksissa 18,6 % PRE-mittauksiin verrattuna. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Tulokset on esitetty kuvassa 16B.



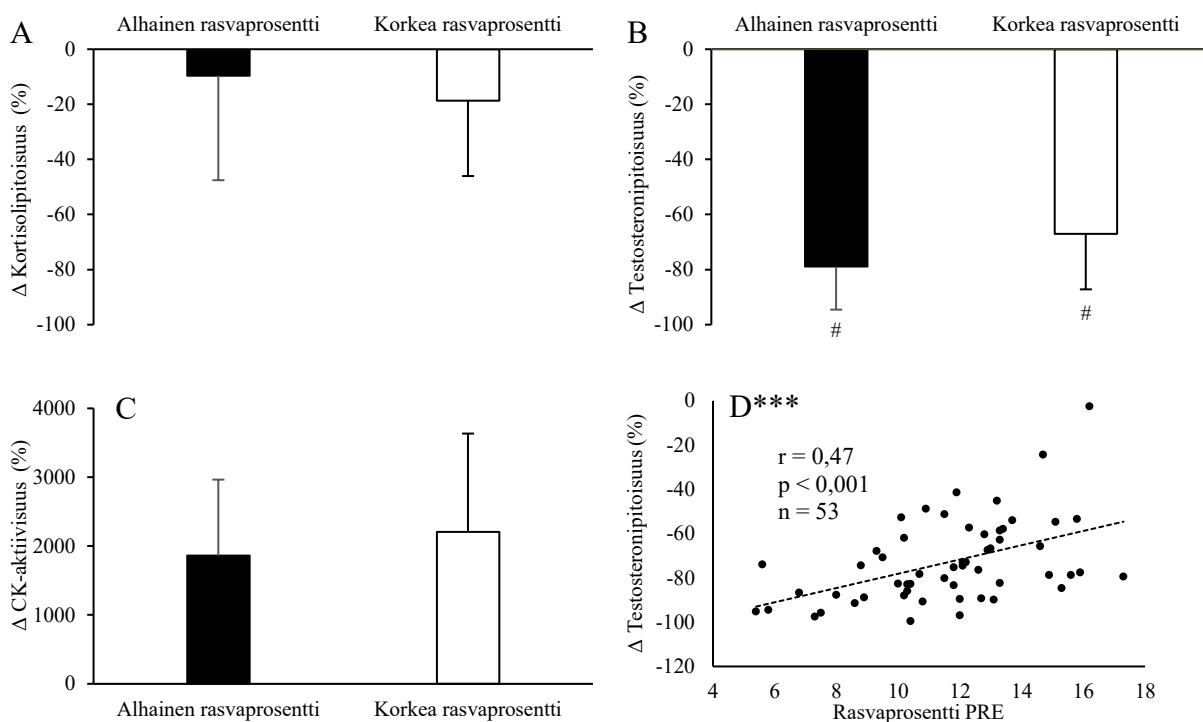
KUVA 16. A: Seerumin kortisolipitoisuus PRE-, MID-, POST-, ja RECO-mittauksissa. B: Seerumin kortisolipitoisuus eri mittausajankohtina alhaisen (viiva) ja korkean (katkoviiva) rasvaprosentin ryhmässä. * = merkitsevä ero mittauskertojen välillä $p < 0,05$, ** = $p < 0,01$, *** = $p < 0,001$.

Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuus oli noussut MID-mittauksissa 141,0 % ja POST-mittauksissa 2032,7 %. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Tulokset on esitetty kuvassa 17A. Alhaisen rasvaprosentin ryhmässä CK-aktiivisuus oli noussut MID-mittauksissa 123,3 % ja POST-mittauksissa 1860,8 %. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Korkean rasvaprosentin ryhmässä CK-aktiivisuus oli noussut MID-mittauksissa 158,6 % ja POST-mittauksissa 2204,5 %. PRE- ja RECO-mittausten välillä ei ollut eroja. Seerumin CK-aktiivisuudessa ei ollut eroja ryhmien välillä. Tulokset on esitetty kuvassa 17B.



KUVA 17. A: Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuus PRE-, MID-, POST-, ja RECO-mittauksissa. B: Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuus eri mittausajankohtina alhaisen (musta pylväs) ja korkean (valkoinen pylväs) rasvaprosentin ryhmässä. *** = merkitsevä ero mittauskertojen välillä $p < 0,001$.

Testosteronipitoisuuden lasku oli suurempaa alhaisen rasvaprosentin ryhmässä ($p < 0,05$) ja testosteronipitoisuuden muutoksen ja rasvaprosentin välillä olikin positiivinen korrelaatio ($r = 0,47$, $p < 0,001$). Ryhmien välillä ei ollut eroja kortisolipitoisuuden tai kreatiinikinaasiaktiivisuuden muutoksessa eivätkä ne olleet yhteydessä harjoitusta edeltävään rasvaprosenttiin. Tulokset on esitetty kuvassa 18.



KUVA 18. A: Seerumin kortisolipitoisuuden muutos harjoituksen aikana. B: Seerumin testosteronipitoisuuden muutos harjoituksen aikana. C: Seerumin kreatiinikinaasiaktiivisuuden muutos harjoituksen aikana. D: Hajontakuvio ja korrelaatio testosteronipitoisuuden muutoksen ja harjoitusta edeltävän rasvaprosentin välillä. # = merkitsevä ero ryhmien välillä, $p < 0,05$. *** = tilastollisesti merkitsevä korrelaatio $p < 0,001$.

10 POHDINTA

Tutkielman ensisijaisena tarkoituksena oli selvittää, onko erikoisjoukkosotilaiden kehonkoostumus yhteydessä talviolosuuhdeharjoituksen aiheuttamaan lihasmassan menetykseen ja fyysisen toimintakyvyn laskuun sekä harjoituksen jälkeiseen palautumiseen. Lisäksi tarkoitus oli selvittää fyysisen toimintakyvyn palautumisen aikajännettä sekä sotaharjoituksen aiheuttamia muutoksia seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuudessa sekä näiden muutosten palautumista ja yhteyttä kehonkoostumukseen.

10.1 Sotaharjoituksen yhteys kehonkoostumukseen, fyysiseen toimintakykyyn ja seerumin biomerkkiaineisiin

10.1.1 Sotaharjoituksen yhteys kehonkoostumukseen

Sotilaiden kehonpaino laski sotaharjoituksen aikana keskimäärin 3,1 kg ($p < 0,001$) ja rasvamassa 2,9 kg ($p < 0,001$). Muutokset lihasmassassa eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Kun tuloksia tarkastellaan rasvaprosentin mukaisissa ryhmissä, voidaan havaita, että alhaisen rasvaprosentin ryhmä menetti sotaharjoituksen aikana 0,8 kg lihasmassaa ($p < 0,01$) ja 2,1 kg rasvamassaa ($p < 0,001$). Korkean rasvaprosentin ryhmässä lihasmassan muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, ja suurempi osa menetetyistä painosta onkin ollut rasvamassaa, joka väheni 3,8 kg harjoituksen aikana ($p < 0,001$). Lihasmassan muutoksen ja rasvaprosentin välillä havaittiin positiivinen korrelaatio ($r = 0,51$, $p = 0,001$) eli pienempi rasvaprosentti oli yhteydessä suurempaan lihasmassan menetykseen. Samankaltaisen löydöksen tekivät myös Vikmoen ym. (2020) omassa tutkimuksessaan, joskin heidän tutkimuksessaan yhteys oli tätäkin vahvempi ($r = 0,75$, $p < 0,005$). Syy sille, että korkeamman rasvaprosentin omaavat sotilaat menettivät enemmän rasvamassaa ja säilyttivät näin lihasmassaa, voi johtua eroista rasvojen hapettumisen kapasiteeteissa. Hoyt ym. (2006) havaitsivat, että normaalipainoisilla ja hyväkuntoisilla tutkittavilla suurempi rasvamassa oli yhteydessä tehokkaampaan rasvojen hapettumiseen kehon rasvattomaan massaan suhteutettuna. Näin ollen korkeamman rasvaprosentin omaavat yksilöt ovat mahdollisesti tuottaneet enemmän energiaa kehon

rasvavarastoja hapettamalla, jolloin lihasproteiinia ei ole tarvittu kehon energiantarpeen täyttämiseksi, silloin kun energiansaanti ruoasta ei ole ollut riittävää.

Muutokset lihasmassassa olivat kuitenkin odotettua vähäisempiä, sillä esimerkiksi Vikmoenin ym. (2020) tutkimuksen miessotilaat menettivät 2,7 kg lihasmassaa reilun viiden päivän mittaisen erikoisjoukkojen pääsykokeen aikana ja Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksen sotilaat menettivät 1,9 kg lihasmassaa laivaston erikoisjoukkojen pääsykokeen aikana. Tämän tutkimuksen sotaharjoitus oli kestoaltaan pidempi kuin kumpikaan mainituista erikoisjoukkojen pääsykokeista ja toimi erikoisjoukkojen tasokokeena. Tämän vuoksi jopa Vikmoenin ym. (2020) ja Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksia suuremmat lihasmassan muutokset olisivat olleet odotettavia. Koska sotilaiden kehonpainon muutoksetkaan eivät olleet yhtä suuria kuin Vikmoenin ym. (2020) ja Hamarslandin (2018) tutkimuksissa, voidaan todeta, että todennäköisimpänä syynä pienemmille lihasmassan muutoksille on ollut vähäisempi energiavaje harjoituksen aikana. Vikmoenin (2020) ja Hamarslandin (2018) tutkimuksissa sotilaiden energiansaanti olikin todennäköisesti huomattavasti vähäisempää, sillä Vikmoenin (2020) tutkimuksessa sotilaiden energiansaanti oli korkeintaan 575 kcal/vrk ja Hamarslandin (2018) tutkimuksessa sotilaille jaettiin 10 000 kcal ruokapaketti, jonka tuli kestää koko raskaimman viikon ajan (~1430 kcal/vrk). Tämän tutkielman sotaharjoituksessa sotilaiden energiansaantia ei rajoitettu, ja ruokavarastoja saikin täydennettyä harjoituksen aikana, ja myös ravinnon hankkiminen itse luonnosta oli sallittua ja suotavaa. Lisäksi lienee mahdollista, että erikoisjoukkojen pääsykokeissa fyysiset vaatimukset ovat olleet vielä kovempia kuin yksittäisen tasokokeen aikana. Koska suuremman energiavajeen on havaittu olevan yhteydessä suhteellisesti suurempaan lihasmassan menetykseen (Garthe ym. 2011), on tämä voinut olla ratkaiseva tekijä sille, että Vikmoenin ym. (2020) ja Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksissa sotilaat ovat menettäneet enemmän lihasmassaa. Suurempi lihasmassan menetys suuremmalla energiavajeella voi johtua juuri aiemmin mainitusta rasvojen hapettamisen kapasiteetin rajallisuudesta: suurella energiavajeella kehon rasvojen hapettaminen ei riitä tuottamaan riittävästi energiaa kattamaan koko energiavajetta, jolloin myös lihasproteiineja tarvitaan energiavajeen kattamiseksi.

Ivalon ja Kemijärven sääasemien tiedoista voitiin havaita, että sotaharjoituksen aikana ilman lämpötila oli alimmillaan -30,2 °C, ja kaikkien paitsi yhden päivän keskilämpötilat olivat alle

0 °C Koska tämän tutkielman sotilaiden kehonpainon ja lihasmassan muutokset olivat vähäisempiä kuin esimerkiksi Vikmoenin ym. (2020) ja Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksissa, vaikuttaisi siltä, että talviolosuhteet eivät ole merkittävästi kasvattaneet harjoituksen aikaista energiavajetta. Mahdollisesti kylmältistuksen ruokahalua lisäävä vaikutus on lisännyt energiansaantia, jolloin energiavaje ei ole merkittävästi kasvanut esimerkiksi vaatekerrastojen aiheuttaman liikunnan taloudellisuuden heikentymisen vuoksi. Toisaalta tämän tutkielman sotaharjoituksessa liikkuminen tapahtui pääosin hiihtämällä, mikä osaltaan heikentää harjoitusten vertailukelpoisuutta, sillä marssimisen ja hiihtämisen energiankulutus ei oletettavasti ole täysin samanlaista. Suurimpana tekijänä voidaan kuitenkin pitää saatavilla olevan ravinnon vähäisempää rajoittamista, joka on mahdollistanut maltillisemmän energiavajeen sotaharjoituksen aikana. Vaikka talviolosuhteiden huomioinen sotaharjoituksen aikana on ensisijaisen tärkeää, eivät ne välttämättä vaadi erityisiä toimenpiteitä sotilaiden energiatasapainon kannalta.

Kylmällä ilmanalalla on kuitenkin voinut olla vaikutus havaittuun lihasmassan muutokseen: kylmässä ilmanalassa suoritettujen sotaharjoitusten aikana on todennäköisesti hikoiltu vähemmän lämpimässä suoritettuun harjoitukseen verrattuna. Koska lihaskudoksen vesipitoisuus on noin 76 % (Lorenzo ym. 2019) ja rasvamassan vesipitoisuus aikuisella noin 20 % (Baker 1969), voi talviolosuhdeharjoituksen aiheuttama vähäisempi nestehukka näkyä vähäisempänä lihasmassan muutoksena. Kylmä toimintaympäristö ei kuitenkaan estä nestevajeen syntyä, sillä hikoilua tapahtuu ympäröivästä lämpötilasta huolimatta kehon lämpötilan noustessa fyysisen aktiivisuuden seurauksena. Lisäksi kylmyys lisää nesteen poistumista virtsaamisen ja hengityksen kautta. Virtsan erityis lisääntyy mahdollisesti ääreisverenkierron supistumisen ja verenpaineen nousun vuoksi, ja veden poistuminen hengityksen kautta lisääntyy, koska kylmän ilman vesihöyryn osapaine on alhaisempi kuin lämpimässä ilmassa, jolloin vettä poistuu enemmän uloshengitysilmaan. (Murray 1995.) Joka tapauksessa on todennäköistä, että vähäisempi nestevaje voi osittain selittää odotettua vähäisemmän lihasmassan vähenemisen sotaharjoituksen aikana.

10.1.2 Sotaharjoituksen yhteys fyysiseen toimintakykyyn

Sotilaiden toimintakyky oli selkeästi heikentynyt välittömästi sotaharjoituksen jälkeen. Tämä voitiin havaita kaikissa fyysisen toimintakyvyn testeissä, joissa suorituskyky heikkeni keskimäärin noin 10–20 % lukuun ottamatta pysty- ja makuuammuntaa, joissa tapahtui huomattava tulosten parannus mittausten edetessä. PRE-mittauksissa voitiin havaita alhaisen rasvaprosentin ryhmän saavuttaneen korkean rasvaprosentin ryhmää paremman testituloksen vauhdittomassa pituushypyssä, kuntopallonheitossa, kevennyshypyssä ja leuanvedossa. POST-mittauksissa alhaisen rasvaprosentin ryhmän tulokset olivat edelleen paremmat kuntopallonheitossa ja leuanvedossa ja RECO-mittauksissa vauhdittomassa pituushypyssä, kuntopallonheitossa ja kevennyshypyssä. Korkean rasvaprosentin ryhmä ei ollut alhaisen rasvaprosentin ryhmää parempi millään fyysisten testien osa-alueella millään mittausajankohdalla. Eniten suorituskyky heikkeni evakuointiradalla, jossa suorituskyky heikkeni 20,2 % koko otoksella. Ammuntatestien tulosten paraneminen läpi mittausjaksojen kertonee siitä, että tutkimuksen edetessä on tapahtunut oppimista kyseisten testien suhteen erillisestä tutustumiskerrasta huolimatta. Tätä tulkintaa tukee myös se, että kaikkein huonoimpien ampujien tulos nousi kaikkein eniten PRE-POST-aikavälillä.

Fyysisen toimintakyvyn muutoksessa ei ollut eroja alhaisen ja korkean rasvaprosentin ryhmien välillä. Sotaharjoituksen aikainen lihasmassan lasku oli kuitenkin yhteydessä suurempaan suorituskyvyn laskuun evakuointiradalla ($r=0,30$, $p<0,05$) ja kevennyshypyssä ($r=0,36$, $p<0,01$). Vaikka lihasmassan muutoksen havaittiin olevan yhteydessä harjoitusta edeltävään rasvaprosenttiin, oli harjoitusta edeltävä rasvaprosentti yhteydessä vain evakuointiajan suhteelliseen muutokseen ($r=0,31$, $p<0,05$) eli alhainen rasvaprosentti oli yhteydessä merkittävämpään suorituskyvyn heikkenemiseen evakuointiradalla. Aiemmin lihasmassan menetyksen ja suorituskyvyn heikkenemisen välisen yhteyden on havainnut myös Johnson ym. (1994) amerikkalaisilla Ranger-kokelailla. Heidän havaitsemansa korrelaatiot olivat hyvin vastaavia tässä tutkimuksessa havaittujen korrelaatioiden kanssa ollen puristusvoiman osalta $r = 0,31$ ($p<0,05$) ja rinnallevetotestin osalta $r = 0,49$ ($p<0,05$). Huomionarvoista on, että Johnsonin ym. (1997) tutkimuksessa kehonkoostumus mitattiin DEXA-laitteella, minkä luotettavuus ei kärsi samalla tavalla nestetasapainon muutoksista verrattuna bioimpedanssiin. Kokonaisuutena nämä löydökset tukevat asetettua hypoteesia siitä, että korkeampi

rasvaprosentti edesauttaa fyysisen toimintakyvyn säilymistä raskaan sotaharjoituksen aikana lihasmassan säilymisen kautta. Kaikissa fyysisen toimintakyvyn testien osa-alueilla tätä yhteyttä ei voitu kuitenkaan havaita, mikä voi johtua siitä, että lihasmassa ei ole kyseisen testiosion kohdalla yhtä määräävässä roolissa verrattuna esimerkiksi suoritustekniikkaan. Huomionarvoista kuitenkin on, että evakuointirata on käytetyistä testeistä kaikkein lajinomaisin erikoisjoukkosotilaille, mikä osaltaan korostaa löydöksen merkitystä.

Löydöstä tulee kuitenkin tarkastella huomioiden fyysisen toimintakyvyn lopullinen taso: korkeamman rasvaprosentin ryhmä ei suoriutunut mistään fyysisen toimintakyvyn testistä alhaisen rasvaprosentin ryhmää paremmin huolimatta lihasmassan säilymisestä sekä rasvaprosentin ja fyysisen toimintakyvyn heikkenemisen välisestä osittaisesta yhteydestä. Tämä johtunee alhaisen rasvaprosentin ryhmän korkeammasta fyysisen toimintakyvyn tasosta lähtötilanteessa. Vaikka tutkimuksen tarkoituksena oli vertailla alhaisen ja korkean rasvaprosentin ryhmien välisiä eroja, verrattiin käytännössä samalla hyvä- ja huonokuntoisten ryhmien eroja, sillä alhaisen rasvaprosentin ryhmän suorituskyky oli lähtötilanteessa parempi neljässä kuudesta fyysisen toimintakyvyn testistä, kun ammuttestit jätetään huomioimatta. Samalla alhaisen rasvaprosentin ryhmä omasi myös suuremman lihasmassan, jolloin voidaan todeta, että korkean rasvaprosentin ryhmän kehonkoostumus oli kokonaisuudessaan huonompi suorituskyvyn kannalta. Tämän vuoksi esimerkiksi korkean rasvaprosentin omaavien sotilaiden suosiminen erikoisjoukkojen tehtäviin ei ole perusteltua, mutta esimerkiksi sotilaiden energiansaannin nostamista ennen raskaita sotaharjoituksia pidettävällä korkean energiansaannin jaksolla tulisi tutkia. Jos suuri energiansaanti yhdistetään kovaan harjoitteluun, voidaan sotilaiden lihas- ja rasvamassaa kasvattaa harjoitusta edeltävästi, millä voi olla suotuisia vaikutuksia sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn ja sen säilymiseen. Tämänkaltaisen menettelyn tutkiminen olisi suotavaa myös siksi, että sotaharjoituksen aikaiset ravitsemusinterventiot eivät ole menestyksekkäästi onnistuneet säästämään sotilaiden lihasmassaa tai fyysistä toimintakykyä (Øfsteng ym. 2020). Koska erityisen pitkäkestoisissa kestävyyskilpailuissa yhteyttä kehonkoostumuksen ja suorituskyvyn välillä ei ole havaittu (Knechtle ym. 2009, Knechtle ym. 2010), ei rasvamassan suhteellisen osuuden kasvaminen välttämättä heikentäisi sotilaiden toimintakykyä harjoitukseen liittyvien pitkien siirtymien osalta, mutta voisi edesauttaa lihasmassan ja edelleen fyysisen toimintakyvyn säilymistä pitkän harjoituksen aikana. Tässä tutkielmassa ei kuitenkaan arvioitu toimintakykyä varsinaisessa

sotaharjoituksessa itsessään vaan erikseen suoritettavalla fyysistä toimintakykyä mittaavalla testiradalla, joten täyttä varmuutta kehonkoostumuksen vaikutuksesta sotaharjoituksessa menestymiseen ei ole.

10.1.3 Sotaharjoituksen yhteys seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuuteen sekä kreatiinikinaasin aktiivisuuteen

Sotilaiden seerumin testosteronipitoisuuden lasku voitiin havaita jo MID-mittauksissa ennen sotaharjoituksen raskainta vaihetta, ja se laski edelleen POST-mittauksissa. POST-mittauksissa korkean rasvaprosentin ryhmän testosteronipitoisuus oli alhaisen rasvaprosentin ryhmää korkeampi, ja harjoitusta edeltävän rasvaprosentin ja testosteronipitoisuuden muutoksen välillä voitiinkin havaita positiivinen korrelaatio ($r=0,47$, $p<0,001$) korkeamman rasvaprosentin ollessa yhteydessä vähäisempään testosteronipitoisuuden laskuun. Hamarsland ym. (2018) havaitsivat omassa tutkimuksessaan vahvan korrelaation lihasmassan vähenemisen ja testosteronipitoisuuden välillä niin, että pienempi harjoituksen jälkeinen testosteronipitoisuus oli yhteydessä suurempaan lihasmassan vähenemiseen. Tässä tutkielmassa ei havaittu yhteyttä testosteronipitoisuuden tai sen muutoksen ja lihasmassan muutosten välillä.

Muutokset seerumin testosteronipitoisuuden sirkadiaanisessa rytmissä ovat voineet osaltaan vaikuttaa mittaustuloksiin. Tämän rytmin on havaittu kuitenkin olevan enemmän sidoksissa uneen kuin varsinaiseen kehon sisäiseen rytmiin, niin että suurimmat pitoisuudet mitataan unen aikana, ja pitoisuus laskee heräämisen jälkeen valveillaolon ajan (Axelsson ym. 2005). Koska sotaharjoitukseen osallistuneet sotilaat käytännössä valvoivat POST-mittauksia edeltävän vuorokauden, on tämä voinut aiheuttaa odotettua alhaisemmat testosteronipitoisuudet. Vuorokaudenaikainen normaali vaihtelu testosteronin pitoisuudessa on kuitenkin noin 20 % testosteronipitoisuuden vuorokauden keskiarvosta (Luboshitzky ym. 2001), kun taas tämän tutkielman sotilaiden testosteronipitoisuus oli laskenut POST-mittauksissa keskimäärin noin 73 %. Näin suuret muutokset tuskin siis selittyvät pelkästään viimeisen vuorokauden valvomisella. Toisaalta univajeen voidaan katsoa kuuluvan olennaisesti sotaharjoituksen kuormitukseen, joten pyrkiminen sen erotteluun muusta harjoituksen kuormituksesta ei välttämättä ole edes mielekäästä. Mahdollisesti merkittävin tekijä testosteronipitoisuuden laskussa on kuitenkin ollut

harjoituksen aikainen energiavaje ja kuormitus. Wong ym. (2019) ovat todenneet pitkittyneen energiavajeen ja kuormituksen aiheuttavan testosteronipitoisuuden laskun lähinnä sentraalisten prosessien kautta, jotka vähentävät luteinisoivan hormonin pulssimaisen erityksen taajuutta ja amplitudia. Merkittävimpiä vaikuttavia tekijöitä voivat olla esimerkiksi rasvakudoksen erittämän leptiinin väheneminen sekä ruokahalua säätelevän greliinin ja inflammatoristen sytokiinien lisääntyminen, joiden kaikkien on havaittu vaikuttavan luteinisoivan hormonin erittymiseen. (Wong ym. 2019.) Mahdollisesti korkeamman rasvaprosentin ja rasvamassan yhteys suurempiin seerumin leptiinipitoisuuksiin (Shimizu ym. 1997) on vähentänyt testosteronipitoisuuden laskua myös tämän tutkielman korkean rasvaprosentin ryhmässä.

Matalimmat kortisolipitoisuudet mitattiin välittömästi sotaharjoituksen jälkeen. Toisin kuin tässä tutkielmassa, useimmiten sotaharjoitusten kuormituksen on havaittu nostavan seerumin kortisolipitoisuutta (Vikmoen ym. 2020, Øfsteng ym. 2020 Hamarsland ym. 2018, Kyröläinen ym. 2007). Koska kortisolipitoisuuden nousu on yhdistetty fyysisen ja psyykkisen kuormituksen stressireaktioon, voisi alhainen kortisolipitoisuus kertoa alhaisesta kuormituksen tasosta. Tämä ei kuitenkaan ole todennäköistä tässä tutkielmassa, sillä alentunut fyysisen toimintakyvyn taso sekä merkittävä testosteronipitoisuuden lasku viittaavat merkittävään kuormittuneisuuteen. Esimerkiksi Gagnon ym. (2011) ja Farrace ym. (1999) ovat havainneet kortisolipitoisuuden laskun erityisen pitkien kylmässä ilmanalassa tehtyjen fyysisten suoritusten jälkeen. Gagnon ym. (2011) havaitsivat pohjoisnavalle tehtyä tutkimusmatkaa käsittelevässä tutkimuksessaan kuitenkin samassa yhteydessä testosteronipitoisuuden nousun, mikä voi yhdessä kortisolipitoisuuden laskun kanssa kertoa siitä, että kuormitus ei ole ollut tutkittaville liiallista. Farracen ym. (1999) tutkimuksessa puolestaan seerumin testosteronipitoisuutta ei mitattu, mutta tutkijat esittivät alhaisen kortisolipitoisuuden mahdolliseksi syiksi kortisolin sirkadiaanisen rytmin muuttumisen – sillä tutkimuksen aikana Antarktiksella ei ollut normaalia vuorokaudenajasta johtuvaa valonmäärän vaihtelua – ja pitkän kuormituksen aiheuttaman kortisolivasteen hiipumisen. Molemmat vaihtoehdot ovat tämän tutkielmankin puitteissa sinänsä mahdollisia: tämän tutkielman pitkä sotaharjoitus on voinut aikaansaada kortisolivasteen hiipumisen, ja toisaalta sotilaiden unirytmien merkittävät muutokset ovat voineet aiheuttaa muutoksia kortisolin erityksen sirkadiaaniseen rytmiin, mikä on näkynyt alhaisempina kortisolipitoisuutena mittaushetkellä. Kortisolivasteen hiipuminen,

jota on kutsuttu myös lisämunuaisen väsymiseksi (*adrenal fatigue*), on kuitenkin kiistelty aihe eikä selkeitä todisteita tilan olemassaolosta ole toistaiseksi havaittu (Cadegiani & Kater 2016).

Weibel ym. (1995) mittasivat tutkittavillaan korkeimmat kortisolipitoisuudet aamulla huolimatta siitä, nukkuivatko tutkittavat päivällä vai yöllä (Weibel ym. 1995), mikä osoittaa, että kortisolin sirkadiaaninen rytmi ei välttämättä ole erityisen herkkä unen ja valveillaolon ajankohdassa tapahtuville muutoksille. Tutkittavat valvoivat mittauksissa kuitenkin vain yhden yön, mikä on voinut aiheuttaa sen, että vaikutusta kortisolin erityksen rytmissä ei ole havaittu. Unen häiriöistä kärsivillä on puolestaan havaittu alhaisempi syljen kortisolipitoisuus aamulla verrattuna normaalisti nukkuviin (Backhaus ym. 2004). Nämä unihäiriöt olivat luonteeltaan kuitenkin kroonisia eivätkä ne välttämättä kuvasta lyhyemmän jakson aikana tapahtuvaa unen laadun heikkenemistä. Muutokset unen määrässä, ajankohdassa ja laadussa voivat mahdollisesti kaikki vaikuttaa seerumin kortisolipitoisuuteen eikä näiden vaikutusten suunta ole ilmeinen, mikä hankaloittaa kortisolipitoisuuden tulosten tulkittamista.

Seerumin kreatiiniкинаasiaktiivisuuden nousua voitiin havaita molemmilla ryhmillä jo MID-mittauksissa, ja edelleen suurempaa nousua POST-mittauksissa, joissa alhaisen rasvaprosentin ryhmän CK-aktiivisuus oli 3624 U/l ja korkean rasvaprosentin ryhmässä 4088 U/l. Ryhmien välillä ei ollut eroja seerumin CK-aktiivisuudessa, ja yksilökohtainen vaihtelu oli suurta. CK-aktiivisuuden määrästä voidaan todeta, että sotaharjoitus on aiheuttanut huomattavaa lihasvauriota. Koska CK-aktiivisuuden voidaan ajatella olevan lihasvaurion kvalitatiivinen merkkiaine (Baird ym. 2012), ei ole yllättävää, että ryhmien välillä ei ole eroja CK-aktiivisuuden määrässä erilaisesta lihasmassan menetyksestä huolimatta.

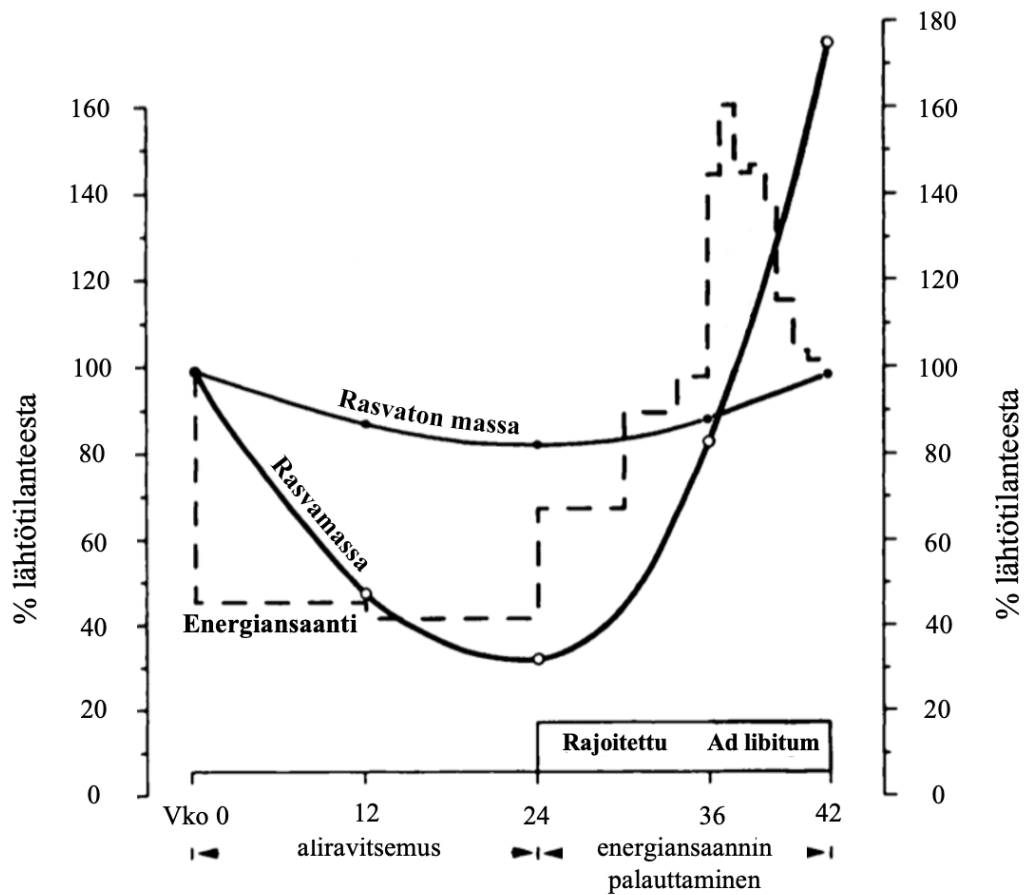
10.2 Sotaharjoituksesta palautuminen

10.2.1 Kehonkoostumuksen palautuminen

Tämän tutkielman sotilaiden kehonkoostumus palautui hyvin sotaharjoitusta seuranneen 10 päivän palautumisjakson aikana. RECO-mittausten kehonpainossa tai lihasmassassa ei ollut eroja sotaharjoitusta edeltäviin arvoihin kummallakaan ryhmällä, ja alhaisen rasvaprosentin

ryhmän rasvamassa oli jopa harjoitusta edeltävää rasvamassaa suurempi palautumisjakson jälkeen. Tämä ilmiö on havaittu aiemmassakin tutkimuskirjallisuudessa, ja esimerkiksi Dulloo ym. (1997) havaitsivat, että Minnesota-aliravitsemustutkimuksessa aliravitsemusta seurasi lisääntyneen syömisen jakso, jonka aikana rasvamassa saavutti ja ylitti alkuperäisen rasvamassan yli 1,7 kertaisesti kuten on havainnollistettu kuvassa 19. Tutkijat pohtivat, että syy rasvamassan kerääntymiselle voi olla siinä, että ylensyöntiä jatkuu, kunnes lihasmassa on palautunut keholle ominaiselle tasolle. (Dulloo ym. 1997.) Tämä voisi osaltaan selittää sitä, miksi RECO-mittauksen rasvamassa oli PRE-mittauksia suurempi ainoastaan alhaisen rasvaprosentin ryhmässä: korkean rasvaprosentin ryhmä ei menettänyt merkittävästi lihasmassaa, jolloin tarvetta ylensyönnille kehonpainon palautumisen jälkeen ei ollut. Rasvamassan ylikompensaation sotaharjoituksen jälkeen on havainnut myös muun muassa Nindl ym. (1998) sekä Friedl ym. (2000) yhdysvaltalaisilla Ranger-erikoisjoukoilla.

Kun tarkastellaan kehonkoostumusta RECO- ja PRE- mittausten suhteella (palautumisindeksi), voidaan havaita tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä sekä lihas- että rasvamassan palautumisessa. Lihasmassa oli palautunut paremmin korkean rasvaprosentin ryhmässä palautumisindeksin ollessa alhaisen rasvaprosentin ryhmää korkeampi. Suhdelukujen tarkempi tarkastelu kuitenkin paljastaa, että käytännön merkitystä löydöksellä ei ole, sillä alhaisenkin rasvaprosentin ryhmässä suhdeluku on 0,99 viitaten lähes täydelliseen palautumiseen. Rasvamassan palautumisen tarkastelussa voidaan kuitenkin havaita selkeämpiä eroja ryhmien välillä: kun korkean rasvaprosentin ryhmässä rasvamassan palautumisindeksi oli 0,96 viitaten lähes täydelliseen palautumiseen, indeksin arvo oli alhaisen rasvaprosentin ryhmässä 1,13, mikä käytännössä tarkoittaa rasvamassan PRE-arvojen ylittämistä keskimäärin 13 %:lla RECO-mittauksissa. Onkin havaittu, että rasvamassan nousu merkittävän painonpudotuksen jälkeen on sitä suurempaa, mitä alhaisempi kehon rasvaprosentti on ollut ennen painonpudotuksen alkua (Dulloo ym. 2017). Yhteenvedona voidaan todeta, että 10 päivää oli riittävä aika kehonpainon, lihasmassan ja rasvamassan palautumiselle.



KUVA 19. Energiansaannin, rasvamassan ja lihasmassan muutokset aliravitsemuksen (viikot 0–24) ja asteittaisen ravitsemuksen palautumisen (viikot 24–32) aikana (muokattu Dulloo ym. 1997).

10.2.2 Fyysisen toimintakyvyn palautuminen

Fyysinen toimintakyky ei ollut täysin palautunut RECO-mittauksissa vaan oli kaikissa fyysisen testin osa-alueissa – ammuntatestejä lukuun ottamatta – PRE-mittauksia alhaisempi. Heikointa palautuminen oli ollut leuanvedossa, jossa palautumisindeksi oli 0,82. Odotettavaa olisi ollut, että palautuminen olisi ollut heikointa testiosioissa, joissa käytetään sotaharjoituksessa eniten kuormittuneita lihaksia (Nindl ym. 2002) ja toisaalta niissä testeissä, joissa todettiin suurimmat suorituskyvyn laskut. Leuanvedossa havaittiin itseasiassa vähäisin suorituskyvyn lasku PRE-POST-aikavälillä (9,2 %) ja heikoin palautuminen. Selitys tälle voi olla testimenetelmässä: lisäpainoleuanvedossa suoritettiin keskimäärin vain 8 leukaa PRE-mittauksissa, ja esimerkiksi havaittu keskimääräinen 9,2 % suorituskyvyn lasku ei useimmilla sotilaille vastaa edes yhtä

toistoa PRE-mittauksissa. Lisäpainoleuanvedon tarkkuus ylävartalon voimaominaisuuksien arvioinnissa voikin olla täten liian karkea, mikä voidaan toisaalta havaita myös suurista keskihajonnoista kyseisessä testissä. Toisaalta on myös havaittu, että käsien lihasten palautuminen on joiltain osin hitaampaa jalkojen lihaksiin verrattuna (Senefeld ym. 2013), mikä voisi johtua esimerkiksi siitä, että käsien lihakset voivat olla herkempiä liikunnan aiheuttamille lihasvaurioille (Chen ym. 2011). Toiseksi heikoin palautuminen havaittiin kevennyshypyssä, jossa palautumisindeksi oli 0,88. Tässä tapauksessa heikko palautuminen oli hypoteesin mukaista, sillä räjähtävän voimantuoton palautumisen on havaittu olevan hidasta raskaiden sotaharjoitusten jälkeen (Hamarsland ym. 2018, Vikmoen ym. 2020). Lisäksi kevennyshyppy vaatii räjähtävää voimantuottoa nimenomaan sotaharjoituksessa todennäköisesti eniten kuormittuneilta jalkalihaksilta. Kaiken kaikkiaan voidaan kuitenkin todeta, että 10 päivää ei ollut riittävä aika fyysisen toimintakyvyn palautumiselle.

Fyysisen toimintakyvyn palautumisessa ei ollut eroja korkean ja alhaisen rasvaprosentin ryhmien välillä, mutta suurempi rasvaprosentti PRE-mittauksissa oli yhteydessä parempaan suorituskyvyn palautumiseen evakuointiradalla ($r=0,40$, $p<0,01$). Koska alhaisen rasvaprosentin omaavat sotilaat menettivät enemmän lihasmassaa, on tämä suurempi muutos kehon homeostaasissa voinut johtaa hitaampaan palautumiseen. Vaikka alhaisen rasvaprosentin ryhmässä voitiinkin havaita tilastollisesti merkitsevästi heikompi lihasmassan palautuminen, käytännössä alhaisenkin rasvaprosentin ryhmässä lihasmassa oli RECO-mittauksissa täysin palautunut (palautumisindeksi 0,99). Vaikka yhteys paremman suorituskyvyn palautumisen ja rasvaprosentin välillä havaittiin hypoteesin mukaisesti evakuointiradalla, lihasmassan nopeampi palautuminen tuskin on merkittävästi vaikuttanut palautumisnopeuteen. Voidaan lisäksi todeta, että 10 päivän palautumisjakson jälkeen olisi ollut tarvetta lisämittauserroille, jotta palautumisen aikajännettä olisi saatu paremmin selvitettyä.

10.2.3 Seerumin testosteroni- ja kortisolipitoisuuden sekä kreatiinikinaasiaktiivisuuden palautuminen

Testosteroni- ja kortisolipitoisuus sekä kreatiinikinaasiaktiivisuus olivat kaikki palautuneet harjoitusta edeltävälle tasolle RECO-mittauksissa molemmissa ryhmissä. 10 päivää

vaikuttaisikin olevan riittävä aika sotaharjoituksen aiheuttamien hormonipitoisuuksien muutosten palautumiseksi. Kun huomioidaan se, että fyysinen toimintakyky ei ollut palautunut millään fyysisen toimintakykytestien osa-alueella – ammutatestejä lukuun ottamatta – voidaan todeta, että hormonipitoisuuksien tarkkailu ei anna hyvää kuvaa sotilaiden fyysisen toimintakyvyn palautumisen tasosta sotaharjoituksen jälkeen. Tähän päätelmään ovat päätyneet myös Vikmoen ym. (2020) ja Hamarsland ym. (2018) omissa tutkimuksissaan. Lisäksi tämän tutkielman löydösten perusteella voidaan seerumin kortisolipitoisuutta pitää heikkona kuormittumisen fysiologisena merkkiaineena sotaharjoituksissa, sillä matalimmat kortisolipitoisuudet mitattiin sotaharjoituksen kuormittavimman vaiheen jälkeen. Seerumin kokonaistestosteroni puolestaan kuvasi kuormituksen tasoa odotetusti, sillä siinä voitiin havaita merkittävä pitoisuuden lasku sotaharjoituksen jälkeen. Testosteronipitoisuus tai sen muutokset eivät kuitenkaan olleet yhteydessä fyysisen toimintakyvyn muutokseen, joten testosteronipitoisuuden käyttö kuormittumisen mittarina ilman fyysisen toimintakyvyn arviointia ei anna merkityksellistä tietoa kuormituksen vaikutuksista sotilaan fyysiseen toimintakykyyn.

10.3 Tulosten tulkinnassa huomioitavia tekijöitä

Mahdollisesti merkittävin virhelähde tutkielmassa on kehonkoostumuksen mittauksessa, mikä tehtiin bioimpedanssilla. Tämän tutkielman kannalta olennaista on, että tutkittavien nestetasapainon (Khaled ym. 1998, Saunders ym. 1998) ja mittausta edeltävän fyysisen aktiivisuuden (Andreacci ym. 2013) on havaittu vaikuttavan mitattuun impedanssiin ja siten edelleen saatuun kehonkoostumuksen arvioon. Muutosten vaikutusta bioimpedanssianalyysin antamaan kehonkoostumukseen on kuitenkin vaikea ennustaa, sillä sekä mitatun resistanssin nousua (Saunders ym. 1998) että laskua (Khaled ym. 1998) on havaittu nestevajeen yhteydessä. Nestevaje saavutettiin tutkimuksissa juoksumatolla juoksemalla ja hikoilemalla, mikä hankaloittaa tulosten tulkintaa, sillä ihon lämpötilan on havaittu vaikuttavan mitattuun impedanssiin (Caton ym. 1998). On kuitenkin selvää, että välittömästi sotaharjoituksen jälkeen suoritetuissa mittauksissa sekä nestevaje että mittausta edeltävä fyysinen aktiivisuus ovat voineet vaikuttaa bioimpedanssimittausten tuloksiin. Tämä voi osaltaan selittää esimerkiksi lihasmassan kasvun sotaharjoituksen aikana korkean rasvaprosentin ryhmässä. Edellä mainitusta tekijöistä johtuvan virheen voi kuitenkin olettaa olevan systemaattista ryhmien

välillä, sillä kaikki sotilaat ovat olleet samankaltaisen kuormituksen alla. Tällöin ryhmien vertailu on edelleen mahdollista, kun mittaukset on tehty samalla laitteella.

Virhelähteenä voi olla myös käytettyjen bioimpedanssilaitteiden regressiomallit. Koska bioimpedanssilaitteiden regressiomallit on luotu aina tietyllä populaatiolla, ei niiden soveltuvuus tämän populaation ulkopuolella ole itsestään selvää. (Beudart ym. 2019.) Käytettyjen bioimpedanssilaitteiden regressiomallit eivät ole yleisesti saatavilla, eikä tiedossa ole minkälaisella populaatiolla regressiomallit on luotu, minkä vuoksi niiden soveltuvuutta juuri tämän tutkielman populaatioon on hankala arvioida. Toisaalta tutkielman kannalta olennaista ei kuitenkaan ole mitattujen arvojen absoluuttinen tarkkuus vaan vertailukelpoisuus ryhmien välillä. Bioimpedanssi oli kuitenkin käytännössä ainoa mahdollinen kehonkoostumuksen mittausvaihtoehto tämän tutkielman puitteissa, ja sitä on käytetty myös muun muassa Vikmoenin ym. (2020) ja Hamarslandin ym. (2018) tutkimuksissa.

Vaikka kehonkoostumusanalysointiin ja verinäytteidenottoon oli tarkoitus saapua yön yli paastonneena, ei tämä todennäköisesti ole täysin toteutunut POST-mittauksissa. POST-mittauksia edeltävästi sotilaat suorittivat sotaharjoituksen raskainta vaihetta, jossa viimeisen vuorokauden aikana hiihrettiin lähes yhtäjaksoisesti sotaharjoituksen lopetuspaikalle. Hiihdon aikana on kuitenkin pidetty lyhyitä ruokailutaukoja, ja energiaa ja nestettä on mitä todennäköisimmin nautittu myös POST-mittauksia edeltävän yön aikana, mikä on osaltaan voinut vaikuttaa mittaustuloksiin. Huomionarvoista on myös se, että koska energiansaantia ei kontrolloitu, se on voinut olla huomattavan erilaista sotilaiden välillä, joskaan erityisiä viitteitä tästä ei ole.

10.4 Tutkimuksen eettiset haasteet

Tutkimus piti sisällään kajoavia tutkimusmenetelmiä, joissa puututtiin tutkittavien fyysiseen koskemattomuuteen, minkä johdosta tutkimukselle oli hankittu puoltava lausunto HUS:n eettiseltä toimikunnalta. Näihin tutkittavien fyysiseen koskemattomuuteen liittyvien eettisten haasteiden lisäksi merkittävimpien eettisten ongelmien voidaan katsoa olleen tutkittavien rekrytoinnissa. Tutkittavat olivat palvelustaan suorittavia varusmiehiä, joiden voidaan katsoa

olevan alisteisessa asemassa armeijaympäristössä. Tämä on voinut aiheuttaa tunteen velvollisuudesta osallistua tutkimukseen, ja onkin perusteltua kysyä, kokivatko varusmiehet tutkimuksesta kieltäytymisen todelliseksi oikeudekseen. Varusmiesten osallistumisprosentti olikin erittäin korkea eikä yksikään osallistuneista varusmiehistä keskeyttänyt osallistumistaan tutkimuksen aikana. Koska tutkimukseen liittyvät fyysisen toimintakyvyn testit oli liitetty osaksi pakollista palvelusta, on kieltäytyminen voinut olla entistä haastavampaa. Käytetyt fyysisen toimintakyvyn testit eivät kuitenkaan juuri eronneet erikoisjoukkosotilaan normaaliin palvelukseen kuuluvasta fyysisestä rasituksesta eikä niiden voida katsoa olevan erityisen rankkoja tässä yhteydessä. Voidaan lisäksi todeta, että kaikki varusmiehet eivät osallistuneet tutkimukseen, joten täysin mahdottomaksi kieltäytymistä tuskin on koettu. Suurempaa huomiota tutkittavien rekrytointiin olisi kuitenkin ollut suotavaa käyttää, jotta varusmiesten oikeuksien täysimääräinen toteutuminen olisi voitu varmistaa.

Raskaiden sotaharjoitusten jälkeen on normaalia, että väsymyksen lisäksi varusmiehillä esiintyy erilaisia tuki- ja liikuntaelämistön vaivoja ja vammoja. Tutkimuksen POST-mittaukset tehtiin välittömästi sotaharjoituksen jälkeen eikä palautumisaikaa täten ollut. Onkin mahdollista, että korkean motivaation omaavat erikoisjoukkosotilaat ovat osallistuneet fyysisen toimintakyvyn testeihin vaivoista tai vammoista huolimatta välttämättä luovuttamista, mikä on voinut altistaa varusmiehet vaivojen pahenemiselle. Tämän toiminnan karsiminen on kuitenkin hankalaa. Ensisijaisesti oman terveydentilansa ja kykenevyytensä fyysisen toimintakyvyn testeihin arvioi varusmies itse, ja ilman selkeitä ulospäin näkyviä merkkejä tämän arvion haastaminen on vaikeaa. Huomionarvoista on, että yksikään varusmies ei jättänyt sotaharjoituksen jälkeen tehtyjä fyysisen toimintakyvyn testejä kokonaisuudessaan tekemättä, mutta yksittäisiä testiosioita jätettiin väliin sotaharjoituksessa syntyneiden fyysisten vaivojen vuoksi.

10.5 Tulosten sovellettavuus

Tämä tutkielma tunnistaa uutena ilmiönä sotaharjoitusta edeltävän rasvaprosentin ja fyysisen toimintakyvyn laskun välisen yhteyden. Tämä yhteys havaittiin kuitenkin ainoastaan evakuointiradalla, joka on toisaalta sotilaille kaikkein lajinomaisin fyysisen toimintakyvyn testi

tämän tutkielman testipatterissa. Korkean rasvaprosentin omaavat sotilaat menettivät lisäksi vähemmän lihasmassaa sotaharjoituksen aikana, ja vähäisempi lihasmassan menetys oli puolestaan yhteydessä vähäisempään suorituskyvyn laskuun evakuointiradan lisäksi kevennyshypyssä. Kuitenkin on aina syytä huomioida tulosten käytännön merkityksellisyys: harjoitusta edeltävä rasvaprosentti selitti 10 % ja lihasmassan menetys 9 % evakuointiradan tuloksen heikentymisestä, kun taas kevennyshypyssä lihasmassan menetys selitti 13 % kevennyshypyn tuloksen heikentymisestä. Valtaosa fyysisen toimintakyvyn heikkenemisestä on riippuvaista muista tekijöistä kuin sotaharjoitusta edeltävästä rasvaprosentista tai harjoituksen aikana menetetyistä lihasmassasta. Jos esimerkiksi lihasmassan menetystä sotaharjoituksen aikana halutaan ehkäistä sotilaiden fyysisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi, tulee tähän käytetyt keinot suhteuttaa saatavilla olevaan hyötyyn. Vaikka tämä tutkielma tunnistaakin korkeamman rasvaprosentin ja lihasmassan säilymisen tuomia etuja sotaharjoituksen aikana tapahtuvan fyysisen toimintakyvyn muutoksen suhteen, oli alhaisen rasvaprosentin ryhmän sotilailla keskimäärin parempi fyysinen toimintakyky vielä harjoituksen jälkeenkin johtuen paremmasta lähtötilanteesta. Tulevaisuudessa tulisi kuitenkin tutkia sitä, voidaanko sotilaiden lihasmassan ja fyysisen toimintakyvyn säilymiseen vaikuttaa sotaharjoitusta edeltävällä korkean energiansaannin jaksolla. Mahdollisesti kaikkein hoikimmat sotilaat voisivat hyötyä tämänkaltaisesta interventiosta ennen raskaita sotaharjoituksia, ja hyöty voi korostua, jos useamman harjoituksen tai tehtävän välinen palautumisjakso on lyhyt, sillä tässä tutkielmassa suurempi rasvaprosentti oli yhteydessä parempaan palautumiseen evakuointiradalla.

Uusi havainto oli myös korkean rasvaprosentin yhteys vähäisempään testosteronin laskuun sotaharjoituksen aikana. Harjoitusta edeltävä rasvaprosentti selitti 22 % testosteronin suhteellisesta muutoksesta, mutta käytännön merkitys sotaharjoitukseen osallistuvalla sotilaalla ei ole yhtä selvä kuin lihasmassan osalta, sillä testosteronipitoisuus tai sen muutokset eivät olleet yhteydessä sotilaan fyysiseen toimintakykyyn. Muutokset seerumin testosteronipitoisuudessa lisäksi palautuivat nopeammin kuin muutokset fyysisessä toimintakyvyssä, joten vaikka seerumin testosteronipitoisuuden muutoksilla voidaan havaita sotilaiden kuormittuminen sotaharjoituksen aikana, ei sen perusteella voida tehdä päätelmiä fyysisen toimintakyvyn muutoksesta tai sen palautumisesta.

Lisäksi mielenkiintoinen ja valtaosasta tutkimuskirjallisuudesta poikkeava löydös oli seerumin kortisolin epäluotettavuus kuormitusta kuvaavana hormonina. Selvää ei ole johtuiko kortisolipitoisuuden lasku sotaharjoituksen aikana harjoituksen aiheuttamista muutoksista sotilaiden uni-valverytmiin, kortisolin erittymisen ehtymisestä pitkittyneen sotaharjoituksen aikana vai muista tunnistamattomista syistä. Joka tapauksessa löydös kyseenalaistaa kortisolipitoisuuden käyttämistä sotilaiden kuormittumisen merkkiaineena, sillä matalimmat kortisolipitoisuudet mitattiin välittömästi harjoituksen kuormittavimman vaiheen jälkeen. Löydös on kuitenkin poikkeava sotaharjoituksia käsittelevässä kirjallisuudessa, ja monissa muissa tutkimuksissa kortisolipitoisuus on käyttäytynyt odotetusti.

10.6 Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa voitiin havaita kehonkoostumuksen olevan yhteydessä fyysisen toimintakyvyn muutokseen niin, että korkeamman rasvaprosentin omaavat sotilaat säilyttivät paremmin fyysistä toimintakykyään evakuointiradalla. Kehonkoostumus oli yhteydessä myös palautumiseen niin, että korkeampi rasvaprosentti oli yhteydessä nopeampaan palautumiseen evakuointiradalla. Näin ollen hypoteesit 1 ja 2 hyväksytään. Sotilaiden toimintakyky ei palautunut 10 päivässä, vaan fyysinen toimintakyky oli alentunut palautumismittauksissa useimmissa fyysisen toimintakyvyn testeissä, joten myös hypoteesi 3 hyväksytään. Kehonkoostumus oli yhteydessä seerumin testosteronipitoisuuden muutokseen niin, että suurempi rasvaprosentti oli yhteydessä vähäisempään testosteronipitoisuuden laskuun sotaharjoituksen aikana. Täten hypoteesi 4 hylätään.

LÄHTEET

- Abdelmalek, S., Chtourou, H., Souissi, N. & Tabka, Z. 2015. Caloric Restriction Effect on Proinflammatory Cytokines, Growth Hormone, and Steroid Hormone Concentrations During Exercise in Judokas. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2015, 1–8.
- Ackland, T. R., Lohman, T. G., Sundgot-Borgen, J., Maughan, R. J., Meyer, N. L., Stewart, A. D. & Müller, W. 2012. Current Status of Body Composition Assessment in Sport. *Sports Medicine*, 42 (3), 227–249.
- Andreacci, J. L., Nagle, T., Fitzgerald, E., Rawson, E. S. & Dixon, C. B. 2013. Effect of Exercise Intensity on Percent Body Fat Determined by Leg-to-Leg and Segmental Bioelectrical Impedance Analyses in Adults. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 84 (1), 88–95.
- Angelveit, A., Paulsen, G., Solberg, P. & Raastad, T. 2016. Validity, Reliability, and Performance Determinants of a New Job-Specific Anaerobic Work Capacity Test for the Norwegian Navy Special Operations Command. *Journal of Strength and Conditioning Research* 30 (2), 487–496.
- Arnal, P. J., Drogou, C., Sauvet, F., Regnaud, J., Dispersyn, G., Faraut, B., Millet, G., Leger, D., Gomez-Merino, D. & Chennaoui, M. 2016. Effect of Sleep Extension on the Subsequent Testosterone, Cortisol and Prolactin Responses to Total Sleep Deprivation and Recovery. *Journal of Neuroendocrinology* 28 (2), 1–9.
- Axelsson, J., Ingre, M., Åkerstedt, T. & Holmbäck, U. 2005. Effects of Acutely Displaced Sleep on Testosterone. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 90(8), 530–535.
- Backhaus, J., Junghanns, K., & Hohagen, F. 2004. Sleep Disturbances are Correlated with Decreased Morning Awakening Salivary Cortisol. *Psychoneuroendocrinology* 29 (9), 1184–1191.
- Baird, M. F., Graham, S. M., Baker, J. S. & Bickerstaff, G. F. 2012. Creatine-Kinase- and Exercise-Related Muscle Damage Implications for Muscle Performance and Recovery. *Journal of Nutrition and Metabolism* 2012, 1–13.
- Beaudart, C., Bruyère, O., Geerinck, A., Hajaoui, M., Scafoglieri, A., Perkisas, S., Bautmans, I., Gielen, E., Reginster, J-Y. & Buckinx, F. 2019. Equation Models Developed with

- Bioelectric Impedance Analysis Tools to Assess Muscle Mass: A Systematic Review. *Clinical Nutrition ESPEN*.
- Bhongade, M. B., Prasad, S., Jiloha, R. C., Ray, P. C., Mohapatra, S. & Koner, B. C. 2014. Effect of Psychological Stress on Fertility Hormones and Seminal Quality in Male Partners of Infertile Couples. *Andrologia* 47 (3), 336–342.
- Brancaccio, P., Maffulli, N. & Limongelli, F. M. 2007. Creatine Kinase Monitoring in Sport Medicine. *British Medical Bulletin* 81-82 (1), 209–230.
- Buskirk, E. R., Thompson, R. H., & Whedon, G. D. 1963. Metabolic Response to Cold Air in Men and Women in Relation to Total Body Fat Content. *Journal of Applied Physiology* 18 (3), 603–612.
- Cadegiani, F. A. & Kater, C. E. 2016. Adrenal Fatigue Does Not Exist: a Systematic Review. *BMC Endocrine Disorders* 16 (1).
- Campos, E., Bastos, F., Papoti, M., Freitas Junior, I., Gobatto, C. & Balikian Junior, P. 2012. The Effects of Physical Fitness and Body Composition on Oxygen Consumption and Heart Rate Recovery After High-Intensity Exercise. *International Journal of Sports Medicine* 33 (08), 621–626.
- Cao, J., Chen, T., Hao, W., Li, J., Liu, L., Zhu, B. & Li, X. 2012. Correlation Between Sex Hormone Levels and Obesity in the Elderly Male. *The Aging Male* 15 (2), 85–89.
- Carroll, D., Rick Turner, J. & Hellawell, J. C. 1986. Heart Rate and Oxygen Consumption during Active Psychological Challenge: The Effects of Level of Difficulty. *Psychophysiology* 23 (2), 174–181.
- Caton, J. R., Molé, P. A., Adams, W. C. & Heustis, D. S. 1988. Body Composition Analysis by Bioelectrical Impedance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 20 (5), 489–491.
- Chan, S. & Debono, M. 2010. Review: Replication of Cortisol Circadian Rhythm: New Advances in Hydrocortisone Replacement Therapy. *Therapeutic Advances in Endocrinology and Metabolism* 1 (3), 129–138.
- Chen, T. C., Lin, K.-Y., Chen, H.-L., Lin, M.-J. & Nosaka, K. 2010. Comparison in Eccentric Exercise-Induced Muscle Damage Among Four Limb Muscles. *European Journal of Applied Physiology* 111 (2), 211–223.
- Claessens-van Ooijen, A. M. J., Westerterp, K. R., Wouters, L., Schoffelen, P. F. M., van Steenhoven, A. A., & van Marken Lichtenbelt, W. D. 2006. Heat Production and Body

- Temperature During Cooling and Rewarming in Overweight and Lean Men. *Obesity* 14 (11), 1914–1920.
- Clarkson, P. M. & Hubal, M. J. 2002. Exercise-Induced Muscle Damage in Humans. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 81, 52–S69.
- Cote, K. A., McCormick, C. M., Geniole, S. N., Renn, R. P. & MacAulay, S. D. 2013. Sleep Deprivation Lowers Reactive Aggression and Testosterone in Men. *Biological Psychology* 92 (2), 249–256.
- Couillard, C., Gagnon, J., Bergeron, J., Leon, A. S., Rao, D. C., Skinner, J. S., Wilmore, J. & Bouchard, C. 2000. Contribution of Body Fatness and Adipose Tissue Distribution to the Age Variation in Plasma Steroid Hormone Concentrations in Men: The HERITAGE Family Study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 85 (3), 1026–1031.
- Crawford, K., Fleishman, K., Abt, J. P., Sell, T. C., Lovalekar, M., Nagai, T., Deluzio, J., Rowe, R., McGrail, M. & Lephart, S. M. (2011). Less Body Fat Improves Physical and Physiological Performance in Army Soldiers. *Military Medicine* 176 (1), 35–43.
- Dehghan, M. & Merchant, A. T. 2008. Is Bioelectrical Impedance Accurate for Use in Large Epidemiological Studies? *Nutrition Journal* 7 (1).
- Dulloo, A. G. 2017. Collateral Fattening: When a Deficit in Lean Body Mass Drives Overeating. *Obesity* 25 (2), 277–279.
- Dulloo, A. G., Jacquet, J. & Girardier, L. 1997. Poststarvation Hyperphagia and Body Fat Overshooting in Humans: A Role for Feedback Signals from Lean and Fat Tissues. *The American Journal of Clinical Nutrition* 65 (3), 717–723.
- Esco, M. R., Williford, H. N. & Olson, M. S. 2011. Skinfold Thickness is Related to Cardiovascular Autonomic Control as Assessed by Heart Rate Variability and Heart Rate Recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (8), 2304–2310.
- Fahey, T. D., Rolph, R., Moungmee, P., Nagel, J., & Mortara, S. 1976. Serum testosterone, body composition, and strength of young adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 8 (1), 31–34.
- Farina, E. K., Thompson, L. A., Knapik, J. J., Pasiakos, S. M., McClung, J. P. & Lieberman, H. R. 2019. Physical Performance, Demographic, Psychological, and Physiological Predictors of Success in the U.S. Army Special Forces Assessment and Selection Course. *Physiology & Behavior* 210.

- Fogelholm, M. 1994. Effects of Bodyweight Reduction on Sports Performance. *Sports Medicine* 18 (4), 249–267.
- Foster, K. R. & Lukaski, H. C. 1996. Whole-body Impedance – What Does It Measure? *The American Journal of Clinical Nutrition* 64 (3), 388S–396S.
- Friedl, K. E., Moore, R. J., Hoyt, R. W., Marchitelli, L. J., Martinez-Lopez, L. E., & Askew, E. W. 2000. Endocrine Markers of Semistarvation in Healthy Lean Men in a Multistressor Environment. *Journal of Applied Physiology* 88 (5), 1820–1830.
- Garthe, I., Raastad, T., Refsnes, P. E., Koivisto, A., Sundgot-Borgen, J. 2011. Effect of Two Different Weight-Loss Rates on Body Composition and Strength and Power-Related Performance in Elite Athletes. *International Journal of Sports and Nutrition* 21 (2), 97–104.
- González-Alonso, J., Quistorff, B., Krstrup, P., Bangsbo, J. & Saltin, B. 2000. Heat Production in Human Skeletal Muscle at the Onset of Intense Dynamic Exercise. *The Journal of Physiology* 524 (2), 603–615.
- Guezennec, C. Y., Satabin, P., Legrand, H. & Bigard, A. X. 1994. Physical Performance and Metabolic Changes Induced by Combined Prolonged Exercise and Different Energy Intakes in Humans. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 68 (6), 525–530.
- Haan, Y. C., Oudman, I., Diemer, F. S., Karamat, F. A., van Valkengoed, I. G., van Montfrans, G. A. & Brewster, L. M. 2017. Creatine Kinase as a Marker of Obesity in a Multi-Ethnic Population. *Molecular and Cellular Endocrinology* 442, 24–31.
- Hackney, A. C. 2008. Effects of Endurance Exercise on the Reproductive System of Men: The “Exercise-Hypogonadal Male Condition.” *Journal of Endocrinological Investigation* 31 (10), 932–938.
- Hackney, A. C., Shaw, J. M., Hodgdon, J. A., Coyne, J. T. & Kelleher, D. L. 1991. Cold Exposure During Military Operations: Effects on Anaerobic Performance. *Journal of Applied Physiology* 71 (1), 125–130.
- Haman, F. & Blondin, D. P. 2017. Shivering Thermogenesis in Humans: Origin, Contribution and Metabolic Requirement. *Temperature* 4 (3), 217–226.
- Hamarsland, H., Paulsen, G., Solberg, P. A., Slaathaug, O. G. & Raastad, T. 2018. Depressed Physical Performance Outlasts Hormonal Disturbances after Military Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 1, 2076–2084.

- Hardy, M. P., Gao, H.-B., Dong, Q., Ge, R., Wang, Q., Chai, W. R., Feng, C. & Sottas, C. 2005. Stress Hormone and Male Reproductive Function. *Cell and Tissue Research* 322 (1), 147–153.
- Heymsfield, S. B., Ebbeling, C. B., Zheng, J., Pietrobelli, A., Strauss, B. J., Silva, A. M. & Ludwig, D. S. 2015. Multi-Component Molecular-Level Body Composition Reference Methods: Evolving Concepts and Future Directions. *Obesity Reviews* 16 (4), 282–294.
- Hill, E. E., Zack, E., Battaglini, C., Viru, M., Viru, A. & Hackney, A. C. 2008. Exercise and Circulating Cortisol Levels: The Intensity Threshold Effect. *Journal of Endocrinological Investigation* 31 (7), 587–591.
- Hoffman, M. D., Lebus, D. K., Ganong, A. C., Casazza, G. A. & Loan, M. V. 2009. Body Composition of 161-km Ultramarathoners. *International Journal of Sports Medicine* 31 (2), 106–109. Pilcher, J. J., & Huffcutt, A. I. (1996). Effects of Sleep Deprivation on Performance: A Meta-Analysis. *Sleep*, 19(4), 318–326.
- Hoyt, R. W., Opstad, P. K., Haugen, A.-H., DeLany, J. P., Cymerman, A. & Friedl, K. E. 2006. Negative Energy Balance in Male and Female Rangers: Effects of 7 d of Sustained Exercise and Food Deprivation. *The American Journal of Clinical Nutrition* 83 (5), 1068–1075.
- Izawa, S., Kim, K., Akimoto, T., Ahn, N., Lee, H. & Suzuki, K. 2009. Effects of Cold Environment Exposure and Cold Acclimatization on Exercise-Induced Salivary Cortisol Response. *Wilderness & Environmental Medicine* 20 (3), 239–243.
- Janssen, I., Heymsfield, S., Baumgartner, R. & Ross, R. 2000. Estimation of Skeletal Muscle Mass by Bioelectrical Impedance Analysis. *Journal of Applied Physiology* 89, 465–471.
- Johnson, M. J., Friedl, K. E., Frykman, P. N. & Moore, R. J. 1994. Loss of Muscle Mass is Poorly Reflected in Grip Strength Performance in Healthy Young Men. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 26 (2), 235–240.
- Karila, T., Sarkkinen, P., Marttinen, M., Seppälä, T., Mero, A. & Tallroth, K. 2008. Rapid Weight Loss Decreases Serum Testosterone. *International Journal of Sports Medicine* 29 (11), 872–877.
- Khaled, M., McCutcheon, M. J., Reddy, S., Pearman, P. L., Hunter, G. R., & Weinsier, R. L. 1998. Electrical Impedance in Assessing Human Body Composition: the BIA Method. *The American Journal of Clinical Nutrition* 47 (5), 789–792.

- Khalil, S., Mohktar, M. & Ibrahim, F. 2014. The Theory and Fundamentals of Bioimpedance Analysis in Clinical Status Monitoring and Diagnosis of Disease. *Sensors* 14, 10895–10928.
- Kilcullen, R. N., Mael, F. A., Goodwin, G. F. & Zazanis, M. M. 1999. Predicting U.S. Army Special Forces Field Performance. *Human Performance in Extreme Environments* 4 (1), 53–63.
- Knechtle, B., Duff, B., Schulze, I. Rosemann, T. & Senn, O. 2009. Anthropometry and pre-race experience of finishers and nonfinishers in a multistage ultra-endurance run--Deutschlandlauf 2007. *Perceptual and Motor Skills* 109 (1), 105–118.
- Knechtle, B., Knechtle, P. & Rosemann, T. 2010. Race performance in male mountain ultramarathoners: anthropometry or training? *Perceptual and Motor Skills* 110 (3), 721–735.
- Knechtle, B., Schwanke, M., Knechtle, P., & Kohler, G. 2008. Decrease in Body Fat During an Ultra-Endurance Triathlon Is Associated with Race Intensity. *British Journal of Sports Medicine* 42 (7), 609–613.
- Kojima, C., Sasaki, H., Tsuchiya, Y. & Goto, K. 2015. The Influence of Environmental Temperature on Appetite-related Hormonal Responses. *Journal of Physiological Anthropology* 34 (22).
- Kraemer, W. J., & Szivak, T. K. 2012. Strength Training for the Warfighter. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26, 107–118.
- Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H., Mäntysaari, M. & Pullinen, T. 2007. Hormonal Responses During a Prolonged Military Field Exercise with Variable Exercise Intensity. *European Journal of Applied Physiology* 102 (5), 539–546.
- Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2020. Johdanto sotilaan fyysiseen toimintakykyyn. Teoksessa H. Kyröläinen, K. Pihlainen, M. Santtila & L. Torpo (toim.) *Taistelijan fyysinen toimintakyky*.
- Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L. & Casa, D. J. 2017. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research* 31 (10), 2920–2937.
- Lieberman, H., Bathalon, G., Falco, C., Morgan, C., Niro, P. & Tharion, W. 2005. The Fog of War: Decrements in Cognitive Performance and Mood Associated with Combat-Like Stress. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 76 (7), 7–14.

- Lorenzo, I., Serra-Prat, M. & Yébenes, J. 2019. The Role of Water Homeostasis in Muscle Function and Frailty: A Review. *Nutrients* 11 (8), 1857.
- Luboshitzky, R., Zabari, Z., Shen-Orr, Z., Herer, P. & Lavie, P. 2001. Disruption of the Nocturnal Testosterone Rhythm by Sleep Fragmentation in Normal Men. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 86(3), 1134–1139.
- Martin, B. J. 1981. Effect of Sleep Deprivation on Tolerance of Prolonged Exercise. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 47 (4), 345–354.
- Mattila, V. M., Tallroth, K., Marttinen, M. & Pihlajamäki, H. 2007. Body Composition by DEXA and Its Association with Physical Fitness in 140 Conscripts. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (12), 2242–2247.
- Margolis, L. M., Murphy, N. E., Martini, S., Spitz, M. G., Thrane, I., McGraw, S. M., Blatny, J.-M., Castellani, J. W., Rood, J. C., Young, A. J., Montain, Y. G. & Pasiakos, S. M. 2014. Effects of Winter Military Training on Energy Balance, Whole-body Protein Balance, Muscle Damage, Soreness, and Physical Performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 39 (12), 1395–1401.
- Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. 2004. Reliability and Factorial Validity of Squat and Countermovement Jump Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (3), 551–555.
- Mialich, M., Sicchieri, J., Jordao, A. 2013. Analysis of Body Composition: A Critical Review of the Use of Bioelectrical Impedance Analysis. *International Journal of Clinical Nutrition* 2 (1), 1–10.
- Minkel, J., Moreta, M., Muto, J., Htaik, O., Jones, C., Basner, M., & Dinges, D. 2014. Sleep Deprivation Potentiates HPA Axis Stress Reactivity in Healthy Adults. *Health Psychology* 33 (11), 1430–1434.
- Murray, R. 1995. Fluid Needs in Hot and Cold Environments. *International Journal of Sport Nutrition*, 5 (1), 62–73.
- Nakamura, Y., Walker, B. R. & Ikuta, T. 2016. Systematic Review and Meta-analysis Reveals Acutely Elevated Plasma Cortisol Following Fasting but Not Less Severe Calorie Restriction. *Stress* 19 (2), 151–157.
- Nedeltcheva, A. V., Kilkus, J. M., Imperial, J., Schoeller, D. A. & Penev, P. D. 2010. Insufficient Sleep Undermines Dietary Efforts to Reduce Adiposity. *Annals of Internal Medicine* 153 (7), 435.

- Nindl, B., Friedl, K., Frykman, P., Marchitelli, L., Shippee, R. & Patton, J. 1997. Physical Performance and Metabolic Recovery Among Lean, Healthy Men Following a Prolonged Energy Deficit. *International Journal of Sports Medicine* 18 (05), 317–324.
- Nindl, B., Leone, C. D., J. Tharion, W., Johnson, R. F., W. Castellani, J., Patton, J. F. & Montain, S. J. 2002. Physical Performance Responses During 72 h of Military Operational Stress. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 34 (11), 1814–1822.
- Ocobock, C. J. 2017. Body Fat Attenuates Muscle Mass Catabolism Among Physically Active Humans in Temperate and Cold High-Altitude Environments. *American Journal of Human Biology* 29 (5).
- Ojanen, T. 2020. Erikoisjoukkojen fyysiset kuormitustekijät ja harjoittelu. Teoksessa H. Kyröläinen, K. Pihlainen, M. Santtila & L. Torpo (toim.) *Taistelijan fyysinen toimintakyky*.
- Oksa, J. 2002. Neuromuscular Performance Limitations in Cold. *International Journal of Circumpolar Health* 61, 154–162.
- Oksa, J., Kaikkonen, H., Sorvisto, P., Vaappo, M., Martikkala, V. & Rintamäki, H. 2004. Changes in Maximal Cardiorespiratory Capacity and Submaximal Strain While Exercising in Cold. *Journal of Thermal Biology* 29 (7-8), 815–818.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Häkkinen, K., & Kyröläinen, H. 2018. Associations of Physical Fitness and Body Composition Characteristics with Simulated Military Task Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 32 (4), 1089–1098.
- Pilcher, J. J. & Huffcutt, A. I. 1996. Effects of Sleep Deprivation on Performance: A Meta-Analysis. *Sleep* 19 (4), 318–326.
- Rasch, P. & Krauer, J. 1970. A Study of the Validity of the Two-Minute Bent Knee Sit-Up. Naval Medical Field Research Lab Technical Report. Defense Technical Information Center Fort Belvoir, Virginia, Yhdysvallat.
- Roberts, A. C., McClure, R. D., Weiner, R. I. & Brooks, G. A. 1993. Overtraining Affects Male Reproductive Status. *Fertility and Sterility* 60 (4), 686–692. *Fertility and Sterility* 60 (4), 686–692.
- Rohrmann, S., Shields, M. S., Lopez, D. S., Rifai, N., Nelson, W. G., Kanarek, N., Guallar, E., Menke, A., Josku, C. E., Feinleib, M., Sutcliffe, S. & Platz, E. A. 2011. Body fatness and sex steroid hormone concentrations in US men: results from NHANES III. *Cancer Causes and Control* 22 (8), 1141–1151.

- Sandsund, M., Saurset, V., Wiggen, Ø., Renberg, J., Færevik, H. & van Beekvelt, M. C. P. 2012. Effect of Ambient Temperature on Endurance Performance While Wearing Cross-Country Skiing Clothing. *European Journal of Applied Physiology* 112 (12), 3939–3947.
- Saunders, M., Blevins, J. & Broeder, C. 1998. Effects of Hydration Changes on Bioelectrical Impedance in Endurance Trained Individuals. *Medicine & Science in Sports and Exercise* 30 (6), 885–892.
- Sengeis, M., Müller, W., Störchle, P. & Fürhapter-Rieger, A. 2020. Competitive Performance of Kenyan Runners Compared to their Relative Body Weight and Fat. *International Journal of Sports Medicine*.
- Senefeld, J., Yoon, T., Bement, M. H. & Hunter, S. K. 2013. Fatigue and Recovery from Dynamic Contractions in Men and Women Differ for Arm and Leg Muscles. *Muscle & Nerve* 48 (3), 436–439.
- Sergi, G., De Rui, M., Stubbs, B., Veronese, N. & Manzato, E. 2016. Measurement of Lean Body Mass Using Bioelectrical Impedance Analysis: A Consideration of the Pros and Cons. *Aging Clinical and Experimental Research* 29 (4), 591–597.
- Shimizu, H., Shimomura, Y., Hayashi, R., Ohtani, K., Sato, N., Futawatari, T. & Mori, M. 1997. Serum Leptin Concentration is Associated with Total Body Fat Mass, but Not Abdominal Fat Distribution. *International Journal of Obesity and Related Metabolic Disorders* 21 (7), 536-41.
- Spiering, B. A., Walker, L. A., Larcom, K., Frykman, P. N., Allison, S. C. & Sharp, M. A. 2019. Predicting Soldier Task Performance from Physical Fitness Tests. *Journal of Strength and Conditioning Research* 00 (00), 1–7.
- Stephens, J. M., Halson, S. L., Miller, J., Slater, G. J., Chapman, D. W. & Askew, C. D. 2018. Effect of Body Composition on Physiological Responses to Cold-Water Immersion and the Recovery of Exercise Performance. *International Journal of Sports Physiology and Performance* 13 (3), 382–389.
- Szasz, A., Zimmerman, A., Frey, E., Brady, D. & Spalletta, R. 2002. An Electromyographical Evaluation of the Validity of the 2-Minute Sit-Up Section of the Army Physical Fitness Test in Measuring Abdominal Strength and Endurance. *Military Medicine* 167 (11), 950–953.

- Szivak, T. K., Lee, E. C., Saenz, C., Flanagan, S. D., Focht, B. C., Volek, J. S., Maresh, C. & Kraemer, W. J. 2018. Adrenal Stress and Physical Performance During Military Survival Training. *Aerospace Medicine and Human Performance* 89 (2), 99–107.
- Travison, T. G., O'Donnell, A. B., Araujo, A. B., Matsumoto, A. M. & McKinlay, J. B. 2007. Cortisol Levels and Measures of Body Composition in Middle-aged and Older Men. *Clinical Endocrinology* 67 (1), 71–77.
- Vaara, J. P., Kalliomaa, R., Hynninen, P. & Kyröläinen, H. 2015. Physical Fitness and Hormonal Profile During an 11-Week Paratroop Training Period. *Journal of Strength and Conditioning Research* 29, 163–167.
- Vaara, J. P., Oksanen, H., Kyröläinen, H., Virravirta, M., Koski, H. & Finni, T. 2018. 60-Hour Sleep Deprivation Affects Submaximal but Not Maximal Physical Performance. *Frontiers in Physiology* 9, 1–10.
- Van der Lans, A. A. J. J., Hoeks, J., Brans, B., Vijgen, G. H. E. J., Visser, M. G. W., Vosselman, M. J., Hansen, J., Jörgensen, J., Wu, J., Mottaghy, F. M., Schrauwen, P. & van Marken Lichtenbelt, W. D. 2013. Cold Acclimation Recruits Human Brown Fat and Increases Nonshivering Thermogenesis. *Journal of Clinical Investigation* 123 (8), 395–403.
- Van den Tillaar, R. & Marques, M. 2013. Reliability of Seated and Standing Throwing Velocity Using Differently Weighted Medicine Balls. *Journal of Strength and Conditioning Research* 27 (5), 1234–1238.
- Van Marken Lichtenbelt, W. D., Vanhommerig, J. W., Smulders, N. M., Drossaerts, J. M. A. F. L., Kemerink, G. J., Bouvy, N. D., Schrauwen, P. & Teule, G. J. J. 2009. Cold-Activated Brown Adipose Tissue in Healthy Men. *New England Journal of Medicine* 360 (15), 1500–1508.
- Vantieghem, S., Bautman, I., Tresignie, J. & Provyn, S. 2018. Self-perceived fatigue in adolescents in relation to body composition and physical outcomes. *Pediatric Research* 83 (2), 420–424.
- Vingren, J. L., Budnar, R. G., McKenzie, A. L., Duplanty, A. A., Luk, H.-Y., Levitt, D. E. & Armstrong, L. E. 2015. The Acute Testosterone, Growth Hormone, Cortisol and Interleukin-6 Response to 164-km Road Cycling in a Hot Environment. *Journal of Sports Sciences* 34 (8), 694–699

- Vingren, J. L., Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., Anderson, J. M., Volek, J. S. & Maresh, C. M. 2010. Testosterone Physiology in Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine* 40 (12), 1037–1053.
- Vikmoen, O., Teien, H. K., Raustøl, M., Aandstad, A., Tansø, R., Gulliksrud, K., Skare, M. & Raastad, T. 2020. Sex Differences in the Physiological Response to a Demanding Military Field Exercise. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 00, 1–12.
- Wallimann, T., Wyss, M., Brdiczka, D., Nicolay, K. & Eppenberger, H. M. 1992. Intracellular Compartmentation, Structure and Function of Creatine Kinase Isoenzymes in Tissues with High and Fluctuating Energy Demands: the “Phosphocreatine Circuit” for Cellular Energy Homeostasis. *Biochemical Journal* 281 (1), 21–40.
- Walter-Kroker, A., Kroker, A., Mattiucci-Guehlke, M. & Glaab, T. 2011. A Practical Guide to Bioelectrical Impedance Analysis Using the Example of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Nutrition Journal* 10 (1).
- Warren, G. L., Lowe, D. A. & Armstrong, R. B. 1999. Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury. *Sports Medicine* 27 (1), 43–49.
- Webb, H. E., Weldy, M. L., Fabianke-Kadue, E. C., Orndorff, G. R., Kamimori, G. H. & Acevedo, E. O. 2008. Psychological Stress During Exercise: Cardiorespiratory and Hormonal Responses. *European Journal of Applied Physiology* 104 (6), 973–981.
- Weibel, L, Follenius, M., Spiegel, K., Ehrhart, J. & Branderberger, G. 1995. Comparative Effect of Night and Daytime Sleep on the 24-Hour Cortisol Secretory Profile. *Sleep* 18 (7), 549–556.
- Wong, H. K., Hoermann, R. & Grossmann, M. 2019. Reversible Male Hypogonadotropic Hypogonadism Due to Energy Deficit. *Clinical Endocrinology* 91, 3–9.
- Øfsteng, S. J., Garthe, I., Jøsok, Ø., Knox, S., Helkala, K., Knox, B., Ellefsen, S. & Rønnestad, B. R. 2020. No Effect of Increasing Protein Intake During Military Exercise with Severe Energy Deficit on Body Composition and Performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.