

**VOIMAHARJOITTELUN YHTEYDET HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN
SUORITUSKYKYYN, HORMONIPITOISUUKSIIN JA KEHONKOOSTUMUKSEEN
VARUSMIESKOULUTUKSESSA**

Elena Kozharskaya

Liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma

Syksy 2017

Liikuntabiologian tieteenalaryhmä

Jyväskylän yliopisto

Työnohjaaja: Heikki Kyröläinen

Seminaarinohjaaja: Heikki Kainulainen

TIIVISTELMÄ

Elena Kozharskaya. 2017. Voimaharjoittelun yhteydet hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn, hormonipitoisuuksiin ja kehonkoostumukseen varusmieskoulutuksessa. Liikuntabiologian tieteenalaryhmä, Jyväskylän yliopisto, liikuntafysiologian pro gradu -tutkielma, 77s.

Tutkimuksen tausta ja tarkoitus. Suomalainen sotilas tarvitsee hyvää ammattitaitoa ja fyysistä suorituskykyä, ampumataitoa sekä maastossa liikkumisen taitoa. Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen tärkeimmät osa-alueet ovat taistelu-, marssi- ja liikuntakoulutus, joista liikuntakoulutuksen määrä kokonaiskoulutusajasta on lähes puolet. Voimaharjoittelun tiedetään kehittävänsä lihaksiston sekä sen tukiosien, jänteiden ja sidekudosten voimaa, lisäävän tehoa, nopeutta ja motorista suorituskykyä sekä kasvattavan lihaksen poikkipinta-alaa ylläpitäen kehon rasvatonta massaa. Yleisen suorituskyvyn ja vammojen ennaltaehkäisyn lisäksi voimaharjoittelusta on hyötyä myös taakankantokykyyn, joka on sotilaille tyypillinen työtehtävä taistelukentällä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia voimaharjoittelupainotetun liikuntakoulutuksen vaikutuksia sotilaan hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn, hormonipitoisuuksiin ja kehonkoostumukseen erikois- (E) ja joukko- (J) koulutuskausien varusmieskoulutuksessa ja verrata näitä tavanomaisen liikuntakoulutuksen vaikutuksiin.

Tutkimusmenetelmät. Kainuun Prikaatin 1. jääkärikomppanian voima- tai kontrolliryhmän muodostivat varusmiehet (n=29, ikä 20 ± 1 v, pituus $1,80 \pm 0,06$ m, paino $71,9 \pm 8,8$ kg, rasva $11,4 \pm 4,4$ %, kehonpainoindeksi (BMI) $22,2 \pm 2,5$), jotka harjoittelivat 12 viikon ajan joko voimapainotuksella (n=19) tai varusmieskoulutukseen kuuluvan tavanomaisen harjoittelumallin mukaan (n=10). Fyysisen suorituskyvyn mittaukset, kehonkoostumusmittaus ja verianalyysit tehtiin ennen tutkimuksen alkua, tutkimuksen puolivälissä sekä harjoittelujakson loputtua.

Tulokset. Voimaharjoittelupainotteinen liikuntakoulutus kehitti 12 viikon aikana varusmiesten alaraajojen (6,3 %; $p < 0,05$ vs 3,5 %) ja yläraajojen (5,3 %; $p < 0,05$ vs 3,5 %) maksimaalista voimantuottoa ja räjähtävää voimantuottoa (6,9 %; $p < 0,05$ vs 2,3 %) tavanomaista liikuntakoulutusta paremmin. Kestovoimaominaisuuksien osalta kontrolliryhmä kehittyi voimaryhmää enemmän yhden minuutin etunojapunnerrustestissä (20 %; $p < 0,01$ vs 5,2 %). Vähäisiä hormonaalisia muutoksia havaittiin molemmilla harjoitteluryhmillä kortisolipitoisuuden laskiessa tilastollisesti merkitsevästi vain kontrolliryhmällä (17,9 %; $p < 0,05$ vs 7 %). Testosteroni/kortisoli -suhde muuttui absoluuttisesti suotuisammaksi molemmilla ryhmillä, mutta muutos oli tilastollisesti merkitsevä vain voimaryhmän kohdalla (33,3 %; $p < 0,05$ vs 33,3 %), mikä johtui osin kontrolliryhmän pienestä otoskoosta (n=6) hormonaalisten tekijöiden osalta. Laskennallisessa vapaassa ja biosaatavassa testosteronissa kummallakaan ryhmällä ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Pääosin kummankaan harjoitteluryhmän kehonkoostumukselliset muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Voimaryhmän kehonpaino, lihas- ja rasvamassa kasvoi tutkimuksen eri ajankohtina kontrolliryhmää enemmän.

Johtopäätökset. Vaikka harjoittelujakson loppupuolella voimaharjoitusten määrä jäi voimaryhmän osalta hyvin vähäiseksi maastossa vietetyn ajan vuoksi, voidaan tämän tutkimuksen perusteella suositella voimaharjoittelupainotteista liikuntakoulutusta varusmieskoulutuksen E- ja J-kausille.

Asiasanat: voimaharjoittelu, fyysinen suorituskyky, yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu, varusmieskoulutus, hormonit, kehonkoostumus

KÄYTETYT LYHENTEET

COR	Kortisoli (cortisol)
FAI	Vapaan androgeenin indeksi (free androgen index)
SHBG	Sukupuolihormoneja sitova globuliini (sex hormone-binding globulin)
TES	Testosteroni (testosterone)
TES/COR	Testosteroni/kortisoli -suhde (testosterone/cortisol ratio)
TES/SHBG	Testosteroni/SHBG -suhde (testosterone/SHBG ratio)
VO2max	Maksimaalinen hapenkulutus (maximal oxygen consumption)

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 VARUSMIESTEN FYYSSINEN KOULUTUS	3
2.1 Sotilaan fyysisen toimintakyvyn vaatimukset	3
2.2 Varusmiesten fyysisten ominaisuuksien kehittyminen palveluksen aikana.....	5
2.3 Varusmiesten kokonaiskuormitus palveluksen aikana	7
3 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATTEET.....	10
3.1 Voimantuoton säätelytekijät.....	10
3.2 Lihaksen supistumistavat ja venymis-lyhenemissyklus.....	12
3.3 Voiman riippuvuus ajasta ja nopeudesta.....	13
3.4 Lihaspituus ja nivelkulma	14
4 VOIMAHARJOITTELUN OSA-ALUEET	15
4.1 Voimaharjoittelu	15
4.1.1 Voiman lajit	16
4.1.2 Maksimivoima	16
4.1.3 Nopeusvoima	17
4.1.4 Kestovoima.....	18
4.2 Voimaharjoittelun vaikutukset voimaominaisuuksiin	19
5 YHDISTETTY VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELU	22
5.1 Yhdistetty voima- ja kestävyys harjoittelu.....	22
5.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyys harjoittelun vaikutukset voimaominaisuuksiin	23
6 ELIMISTÖN HORMONITOIMINTA	25
6.1 Testosteroni ja SHBG	25
6.2 Kortisoli.....	27
6.3 Testosteroni/kortisoli -suhde	28
6.4 Voimaharjoittelun akuutit ja krooniset vaikutukset testosteroniin ja kortisoliin.....	28
7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	31
7.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat	31
7.2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit.....	31

8 TUTKIMUSMENETELMÄT	32
8.1 Tutkimuksen koehenkilöt	32
8.2 Tutkimusasetelma	32
8.3 Harjoittelu.....	33
8.4 Mittausmenetelmät.....	34
8.5 Tilastollinen analyysi	38
9 TULOKSET.....	40
9.1 Muutokset maksimivoimassa	40
9.2 Muutokset kestoivoimassa	41
9.3 Muutokset nopeusvoimassa.....	43
9.4 Muutokset hormonitoiminnassa	45
9.5 Muutokset kehonkoostumuksessa.....	48
9.6 Fyysisen kunnon, kehonkoostumuksen ja hormonaalisten vasteiden yhteydet voimaryhmällä.....	51
9.7 Fyysisen kunnon, kehonkoostumuksen ja hormonaalisten vasteiden yhteydet kontrolliryhmällä	54
10 POHDINTA.....	57
10.1 Fyysisen suorituskyvyn muutokset	57
10.2 Hormonaaliset muutokset.....	60
10.3 Kehonkoostumuksen muutokset.....	63
10.4 Fyysisen suorituskyvyn, kehonkoostumuksen ja hormonaalisten vasteiden yhteydet .	65
10.5 Fyysisen suorituskyvyn keskinäiset muutokset ja yhteydet lihasmassan muutokseen .	66
10.6 Johtopäätökset ja käytännön sovellutukset.....	67
LÄHTEET	70

1 JOHDANTO

Suomalainen sotilas tarvitsee sitkeyden lisäksi hyvää ammattitaitoa ja fyysistä suorituskykyä, ampumataittoa sekä maastossa liikkumisen taitoa. Sodankäynnin teknistymisestä huolimatta sotilaan fyysisen toimintakyvyn merkitys ei ole vähentynyt. Nykypäivän operaatiot edellyttävät hyvää maastossa liikkumisen taitoa eri vuodenaikoina sekä kestävyyttä ja monipuolista lihaskuntoa. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.) Taistelutilanteissa sotilas joutuu kantamaan lisäkuormaa, joka saattaa olla jopa kaksinkertainen hänen kehonpainoonsa nähden (Kyröläinen & Santtila 2010). Kannettavan kuorman määrä on noussut progressiivisesti 1800-luvun alle 15kg kuormista nykypäivän 25-30kg kantamuksiin (Knapik ym. 2004), mikä antaa suuntaa myös sotilaiden fyysisen koulutuksen painopisteiden muokkaamiseen sodankäynnin vaatimusten mukaisiksi.

Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen päämääränä on saada asevelvollisten fyysinen suorituskyky sellaiselle tasolle, että he pystyvät täyttämään menestyksellisesti omat taistelutehtävänsä vähintään kahden viikon ajan kestävässä taistelukosketuksessa sekä keskittämään voimavarat yhtämittaisesti 3-4 vuorokautta kestävään vaativaan ratkaisutaisteluun. Fyysisen koulutuksen tärkeimmät osa-alueet ovat taistelu-, marssi- ja liikuntakoulutus. Liikuntakoulutuksen määrä on varusmieskoulutuksessa merkittävän suuri ja fyysisen koulutuksen osuus koulutusajasta on lähes puolet. Koska jokainen kouluttaja ja johtaja toimii oman joukkonsa liikuntakouluttajana sekä valmentajana, heidän tulee hallita myös liikuntakoulutuksen perustiedot sekä elimistön kuormittumisen ja palautumisen perusteet. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Voimaharjoittelun tiedetään kehittävän lihaksiston sekä sen tukiosien, jänteiden ja sidekudosten voimaa, lisäävän tehoa, nopeutta ja motorista suorituskykyä sekä kasvattavan lihaksen poikkipinta-alaa ylläpitäen kehon rasvatonta massaa (Kraemer & Ratamess 2004; Braith & Stewart 2006; Ahtiainen & Häkkinen 2007). Yleisen suorituskyvyn ja vammojen ennaltaehkäisyyn lisäksi voimaharjoittelusta on hyötyä myös taakankantokykyyn (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015), joka on sotilaalle tyypillinen työtehtävä taistelukentällä (Kyröläinen & Santtila 2010).

Varusmiesten fyysistä kuntoa on tutkittu Suomessa vuodesta 1975 lähtien. Varusmiespalveluksen peruskoulutuskauden liikuntakoulutusta sekä fyysistä kuormittavuutta ovat tutkineet väitöskirjoissaan Santtila (2010) ja Tanskanen (2012), mutta E- ja J-koulutuskausien vastaavia tutkimuksia ei tähän mennessä olla tehty.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia voimaharjoittelupainotetun liikuntakoulutuksen vaikutuksia sotilaan hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn, hormonipitoisuuksiin ja kehonkoostumukseen E- ja J-kauden varusmieskoulutuksessa ja verrata näitä tavanomaisen liikuntakoulutuksen vaikutuksiin. Tavoitteena on, että tulevaisuudessa varusmiesten liikuntakoulutusta voitaisiin kehittää tieteelliseen näyttöön pohjautuen sodankäynnin vaatimusten mukaiseksi elimistön kuormitusfysiologiaa ymmärtävien ammattilaisten toimesta.

2 VARUSMIESTEN FYYSINEN KOULUTUS

2.1 Sotilaan fyysisen toimintakyvyn vaatimukset

Varusmiehen toimintakyky on kokonaisuus, joka koostuu neljästä osatekijästä: fyysisestä, psyykkisestä, eettisestä ja sosiaalisesta. Fyysinen toimintakyky määritellään kyvyksi tehdä kuntoa ja taitoa vaativaa lihastyötä ja se muodostuu näin ollen fyysisen kunnan ja motoristen taitojen kokonaisuudesta. Fyysinen toimintakyky on yhteydessä psyykkiseen toimintakykyyn sekä motivaatioon ja se koostuu kolmesta osa-alueesta: kestävyydestä, voimasta ja nopeudesta. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Teknistyessään sotilaan taistelukenttä on muuttunut vaativammaksi ja entistä monimuotoisemmaksi. Taistelun voittaminen edellyttää ammatillisen osaamisen lisäksi erittäin hyvää fyysistä ja psyykkistä kuntoa. Hyvä fyysinen kunto auttaa sotilaita ylläpitämään toimintakykynsä vaativissakin ilmasto- ja korkeusolosuhteissa. Hyvä henkinen ja fyysinen suorituskyky mahdollistavat kriisitilanteissa vallitsevien pelon, väsymyksen ja epävarmuuden paremman hallinnan. (Kyröläinen & Santtila 2010.)

Puolustusvoimien sotilas- ja siviilihenkilöstön fyysisen suorituskyvyn ylläpito perustuu vaatimuksiin, jotka on asetettu kullekin omassa sodan ajan tehtävässä. Tulevat operaatiot edellyttävät sotilailta aiempaa pidempiä toimintajaksoja ilman lepoa sekä nopeampaa palautumista taistelusta. Taistelujen kiivaus sekä tuhovoimaiset taisteluvälineet ja asejärjestelmät edellyttävät hyvää toimintakykyä niin sotilailta kuin heidän johtajiltaan. Sotilaiden on kyettävä tekemään väsyneenäkin nopeita ja järkeviä johtopäätöksiä sekä valitsemaan runsaasta tiedon määrästä oleellisimman oikean toiminnan käynnistämiseksi. Taistelijoiden tulee kestää taistelukentän fyysiset ja psyykkiset rasitukset ympäri vuorokauden kestävässä nopeissa tilanteissa. (Kyröläinen & Santtila 2010.)

Suomessa ei toistaiseksi ole riittävästi tutkittua tietoa siitä, mitkä ovat eri aselajien fyysiset suorituskykyvaatimukset (Kyröläinen & Santtila 2010). Kuormitus vaihtelee kevyemmistä valvonta- ja tarkkailutehtävistä raskaisiin partiointi- ja taistelutehtäviin. Taistelutilanteissa erilaiset stressitekijät kuten univaje ja ravinnon sekä nesteen epäsäännöllinen tai vajaa saanti vaikuttavat sotilaan fyysiseen toimintakykyyn heikentävästi. Hyvä fyysinen kapasiteetti mahdollistaa toimintakykyreservin äkillisiin kuormitushuippuihin, vahvistaa elimistön

sopeutumismekanismia ja nopeuttaa elimistön palautumista. (Nindl ym. 2007.) Pihlainen ym. (2014) tutkivat eri sotilastehtävien kuormittavuutta todeten, että suurin osa työtehtävistä tapahtuu noin 50% kuormituksella maksimaalisesta aerobisesta kapasiteetista, jota on aiemminkin pidetty rajana pitkäkestoisen työn tekemiselle. Esimerkiksi tykin ampumakuntoon saattaminen vaatii sotilalta $37 \pm 6\%$ VO₂max –kapasiteetista, marssiminen 5,4kg tai 24,4kg lisäkuorman kanssa $42 \pm 7\%$ tai $47 \pm 6\%$ ja poteron kaivaminen ja täyttäminen $51 \pm 9\%$ VO₂max –kapasiteetista. (Pihlainen ym. 2014.)

Tyypillisiä sotilastyötehtäviä ovat taakan nostaminen, laskeminen ja kantaminen sekä taakan työntäminen tai vetäminen (haavoittuneen evakuointi). Sotilas joutuu taistelutilanteissa kantamaan lisäkuormaa, joka saattaa olla jopa kaksinkertainen hänen kehonsa painoon nähden (Knapik 2004; Kyröläinen & Santtila 2010). Kehonpainoon suhteutettu kannettavan kuorman määrä on noussut progressiivisesti sekä taisteluvälinevarustuksessa että lähestymis- ja tilannemarssilla (Knapik ym. 2004; Larsen ym. 2011; Nindl ym. 2013). Vielä ennen 1800-lukua jalkaväensotilas joutui harvoin kantamaan marssin aikana yli 15kg kuormaa (Knapik ym. 2004). Nykyisin tavanomaisen lisäkantamuksen paino on 25-30kg välillä. Eri sotien aikaiset arvioidut lisäkuormat ovat olleet 10kg :sta ylöspäin aina 55kg asti. Samanaikaisesti kannettavan kuorman määrän kanssa myös eri tuki- ja liikuntaelinvammat ovat yleistyneet ja kuorman vaikutus työskentelyyn, liikkumiseen ja ammuntaan on korostunut. Jopa lyhytaikaisessa rasituksessa kuorman määrällä on merkitystä fyysiseen suorituskykyyn. (Knapik ym. 2004; Larsen ym. 2011; Nindl ym. 2013.) Knapik ym. (2004) tutkivat kuorman sijaintia kehon massakeskipisteeseen nähden todeten energiankulutuksen olevan pienimmillään silloin, kun lisäkuorman massan keskipiste on mahdollisimman lähellä kehon massan keskipistettä. Esimerkiksi jokainen jalkaterään lisätty kilogramma nostaa energiankulutusta 7-10%. Vastaava reiden lisäkilo-gramman energiankulutuksen kasvu on 4%. (Knapik ym. 2004.) Lisäkuorman kantokyky yhdessä hyvän keuhonhallinnan kanssa edellyttää sotilalta hyviä voima- ja kestävyysominaisuuksia. Tämä vahvistaa sotilaan tarpeen harjoittaa aerobisten ominaisuuksien lisäksi entistä enemmän myös lihaskunto-ominaisuuksia. (Kyröläinen & Santtila 2010.)

2.2 Varusmiesten fyysisten ominaisuuksien kehittyminen palveluksen aikana

Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen päämääränä on kouluttaa sijoituskelpoisia ja riittävän toimintakykyisiä sotilaita sodan ajan joukkoihin, ylläpitää reservin fyysistä toimintakykyä, kehittää asevelvollisten fyysistä toimintakykyä sekä vahvistaa myönteistä asennetta elinikäiseen liikunnan harrastamiseen. Sotilaiden tulee pystyä toimimaan menestyksellisesti nykyaikaisella, fyysisiä ja henkisiä haasteita sisältävällä, taistelukentällä. (Kyröläinen & Santtila 2010; Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Varusmiesten fyysinen koulutus pyrkii nousujohteisuuden ja yksilöllisyyden avulla edistämään varusmiesten sopeutumista asepalveluksen fyysiseen ja henkiseen kuormitukseen sekä kehittämään turvallisesti varusmiesten fyysistä toimintakykyä ja perusliikuntataitoja. Peruskoulutuskaudella fyysisen koulutuksen painopiste on kestävyuden ja lihaskunnan kehittämisessä sekä perusliikuntataitojen oppimisessa. Tällä koulutuskaudella on tärkeää painottaa erityisesti lihaskunnan harjoittamista voimaharjoittelun avulla, sillä hyvällä lihaskunnolla on tärkeä merkitys vammojen ennaltaehkäisyssä. Erikoiskoulutuskauden tavoitteena on puolestaan valmistaa varusmiehet fyysisesti ja taidollisesti joukkokoulutuskauden vaatimaan taistelukoulutukseen. Joukkokoulutuskaudella liikuntakoulutuksen avulla säädellään koulutuksen kokonaiskuormitusta sekä vahvistetaan joukon yhteenkuuluvuutta. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Kestävyys- ja voimaharjoittelu muodostavat tärkeän osan sotilaan fyysisestä toimintakyvystä. Kestävyysharjoittelu jaetaan perinteisesti perus-, vauhti- ja maksimikestävyteen. Varusmiespalvelus itsessään sisältää paljon peruskestävyysalueella tapahtuvaa kuormitusta. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.) Matalatehoisella aerobisella energiantuottoalueella liikutaan kerrallaan tunnista muutamaan tuntiin. Lisäksi ajoittain fyysinen harjoittelu sisältää myös intervallityyppistä anaerobisen kynnyksen tienoilla liikkumista (vauhti- ja maksimikestävyysalueiden välimaasto). (Santtila 2010.) Voimaharjoittelun tavoitteena on kehittää lihaksiston ja sen tukiosien, jänteiden ja sidekudosten voimaa, lisätä tehoa ja nopeutta sekä motorista suorituskykyä ja kasvattaa lihaksen poikkipinta-alaa sekä ylläpitää kehon rasvatonta massaa (Kraemer & Ratamess 2004; Braith & Stewart 2006; Ahtiainen & Häkkinen 2007; Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015). Sotilaalla yleisen suorituskyvyn ja vammojen ennaltaehkäisyn lisäksi voimaharjoittelusta on hyötyä esimerkiksi taakankantokykyyn (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015). Harjoitukset toteutetaan usein

taisteluvälineillä kantaen mukana henkilökohtaista asetta ja muuta sotatehtävistä riippuvaa välineistöä, jolloin ylimääräisen kuorman kokonaispaino voi olla keskimäärin 25kg (Santtila 2010). Taistelutilanteissa sotilaan kantama kokonaiskuorma voi vaihdella tehtävistä riippuen 25-65kg:n välillä (Kyröläinen & Santtila 2010). Tällöin kyky selviytyä haastavasta taisteluympäristöstä vaatii sotilalta niin kestävyys- kuin voimaominaisuuksia, joista voimaominaisuuksilla on kestävyuden rinnalla erityisen tärkeä rooli. Varusmiespalveluksen aikana voimaharjoittelu painottuu enimmäkseen kestovoiman kehittämiseen eikä esimerkiksi peruskoulutukseen sisälly juurikaan raskaampaa hermostollista voimaharjoittelua. (Santtila 2010.)

Nopeusharjoittelu kehittää puolestaan lihaksiston ja hermoston suorituskykyä nopeutta vaativiin tilanteisiin, jotka ovat sotilailla esimerkiksi lähitaistelu- ja kamppailutilanteissa sekä hyökkäystaistelussa. Nopeusharjoittelun osa-alueet voidaan jakaa reaktionopeuteen, räjähtävään nopeuteen ja liikkumisnopeuteen. Muun muassa taloudellisuuden osalta nopeusharjoittelulla on positiivisia vaikutuksia voimaominaisuuksiin ja kestävyys-suorituskykyyn. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.) Varusmiespalveluksen aikainen harjoittelu sisältää nopeus- ja nopeusvoimaominaisuuksien kehittämistä muun muassa hyppy- ja sprinttiharjoitusten sekä taakannostoharjoitusten avulla (Santtila 2010).

Edellä mainittujen fyysisten ominaisuuksien lisäksi myös taitoharjoittelulla on tärkeä rooli varusmiesten liikuntakoulutuksessa. Taito voidaan jakaa motoriseen taitoon ja kognitiivisiin taitoihin. Motorista taitoa ei voi irrottaa muista fyysisen suorituskyvyn osa-alueista, koska kaikella motorisella toiminnalla on tietyt vaatimukset voiman, kestävyuden, nopeuden ja liikkuvuuden suhteen. Motoristen taitojen suorittamiseen vaikuttavat taitosuoritus itsessään, suoritusympäristö sekä henkilön fyysiset ja kognitiiviset ominaisuudet. Laadukkaalla ja tavoitteellisella taitovalmennuksella voidaan kouluttaa yhä parempia taistelijoita. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Santtila ym. (2006) ovat tutkineet suomalaisten varusmiesten fyysisen kunnon kehittymistä vuosina 1975-2004. Tutkimustulosten mukaan varusmiesten kehonpaino on noussut vuosien 1993-2004 välillä 5,9% (4,4kg) ja kestävyyskunto 12 minuutin Cooper-testillä mitattuna on ensin (1975-1979) noussut 4%, minkä jälkeen se on vuoteen 2004 mennessä laskenut 12%. Aerobinen kapasiteetti on epäsuoralla menetelmällä arvioituna näin ollen laskenut viimeisten 15-20 vuoden aikana 50,4 ml/kg/min :sta 43,2 ml/kg/min :iin. Kehonpainon ja juostun matkan

välillä huomattiin olevan merkittävä korrelaatio ($r=-0,89$). Lihaskuntotesteissä (60s istumaannousut, selänojennus ja punnerrus, leuanvedon toistomaksimi sekä vauhditon pituus) erinomaiset tai hyvät pisteet saaneiden osuus nousi ensin vuosina 1982-1992 56,5 prosentista 66,8 prosenttiin, minkä jälkeen se putosi vuoteen 2004 mennessä asteittain 41,2 prosenttiin. Kehonpainon ja lihaskuntotestien välillä ei ollut yhteyttä. Tutkijoiden johtopäätösten mukaan tämän tutkimuksen tulokset ovat samassa linjassa suomalaisten nuorten alentuneen fyysisen aktiivisuuden tason kanssa. (Santtila ym. 2006.) Fyysisen kunnon laskusuhdannetta selittävät myös osaltaan varusmiesten kehon keskipainon nousu sekä länsimaiset elämäntavat, joihin liittyy muun muassa kasvanut energiansaanti. (Santtila ym. 2006; Kyröläinen & Santtila 2010.) Edellä mainitut ongelmat ovat näkyneet myös varusmiespalveluksen suorittamisessa, sillä ylipainon ja siihen liittyvän laskeneen kunnon vuoksi palveluksensa keskeyttävien määrä on kasvanut vuosituhannen vaihteen jälkeen (Kyröläinen & Santtila 2010).

2.3 Varusmiesten kokonaiskuormitus palveluksen aikana

Varusmiespalveluksen fyysisen harjoittelun onnistuminen vaatii kuormituksen nousujohteista säätelyä, monipuolisia ärsykeitä ja riittävää palautumista. Koulutuksen suunnittelussa tulee ottaa huomioon palautumisen varmistaminen palauttavien harjoitteiden, laadukkaan ravinnon sekä riittävän levon avulla. Kuormittuminen ja palautuminen ovat sekä yksilöllisiä että tilannesidonnaisia ilmiöitä. Varusmiespalveluksen viikko-ohjelmien asianmukaisella suunnittelulla turvataan koulutettavien optimaalinen fyysisen kokonaiskuormituksen säätely eri koulutuskausien aikana. Koulutuskausien kokonaiskuormitusta säädellään lisäksi vapaa-ajan liikunnan avulla. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Harjoitusvaikutus syntyy, kun fyysisen kuormituksen aiheuttama hetkellinen yllärasitus aiheuttaa palautumisen aikana superkompensaation ja elimistön suorituskyky nousee tällöin edeltävää tasoa korkeammalle. Liian suuri ja pitkittynyt fyysinen kuormitus yhdessä lyhyen palautumisajan kanssa voivat johtaa ylikuormitustilaan, josta seuraa suorituskyvyn heikkeneminen ja muita fyysisiä ja psyykkisiä oireita. Varusmiespalveluksessa kokonaiskuormitukseltaan kuluttavia koulutustapahtumia ovat esimerkiksi sota- ja ampumaharjoitukset. Liiallinen kokonaiskuormittavuus voi aiheutua myös muista tekijöistä kuten stressistä. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Varusmiespalveluksen fyysisen koulutuksen viikkorytmitys suunnitellaan yleensä siten, että vähintään joka neljäs koulutusviikko on kevennetty. Joka kolmas tai neljäs viikko voi puolestaan olla selvästi muita viikkoja kuormittavampi. On suositeltavaa, että kovatehoista harjoitusviikkoa, kuten taisteluharjoitus- tai ampumaleiriviikkoa, seuraisi kuormitukseltaan kevyempi viikko. Viikko-ohjelman kokonaiskuormittavuus on kolmiportainen: kevyt, keskikova tai raskas. Taistelu-, marssi- ja liikuntakoulutus pyritään järjestämään optimoiden sekä fyysisen kuormituksen tasoa että sen jälkeistä palautumista. Palvelusvuorokauden kuormittavuus muodostuu tehdyn fyysisen työn kestosta ja intensiteetistä sekä palautumista edistävien tekijöiden aikaansaamasta kokonaisvaikutuksesta. (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015.)

Varusmiespalveluksen kokonaiskuormituksen suunnittelu on haasteellista, sillä aloittavien varusmiesten yksilöiden välinen ero fyysisessä kunnossa voi olla hyvin suurta. Tanskanen ym. (2011a) tutkivat kahdeksan viikkoa kestävä peruskoulutuskauden vaikutuksia sotilaan fyysiseen kuntoon, kehonkoostumukseen ja biokemiallisiin muuttujiin sekä näiden perusteella ylikuormitustapausten esiintyvyyttä. Tutkimuksessa 33 prosenttia 57 tutkittavasta varusmiehestä luokiteltiin ylikuormittuneeksi peruskoulutuskauden jälkeen. Muun muassa heidän hormonipitoisuutensa erosivat ei-ylikuormittuneisiin varusmiehiin verrattuna. Lisäksi osittain sama tutkijaryhmä (Tanskanen ym. 2011b) tutki peruskoulutuskauden yhteyttä elimistön oksidatiiviseen stressiin ja ylikuormitukseen. Peruskoulutuskauden jälkimmäisen neljän viikon pitkäkestoinen harjoittelukuormitus näytti johtavan oksidatiiviseen stressiin sekä levossa että submaksimaalisen harjoituksen jälkeen (Tanskanen ym. 2011b). Edellä kuvattujen peruskoulutuskauden tutkimusten perusteella tutkijaryhmä totesi, että kasvanut oksidatiivinen stressi saattaa olla riittämättömän palautumisen seurausta, mikä voi puolestaan johtaa varusmiesten ylikuormitukseen ja pidempään jatkuneena ylikuntosyndroomaan. Ylikuntosyndrooman ehkäisemiseksi, peruskoulutuskautta tulisi seurata kevyempi palautumisjakso. Lisäksi fyysisen kunnan kehittymisen mahdollistamiseksi ja ylikuntosyndrooman välttämiseksi, aloittavat varusmiehet olisi suositeltavaa jakaa aerobisen kuntotasonsa mukaan eri harjoitteluryhmiin. (Tanskanen ym. 2011a; Tanskanen ym. 2011b.)

Myös Jurvelin (2012) tutki pro gradu –tutkielmassaan peruskoulutuskauden kuormittavuutta. Kainuun prikaatin viestikomppanian varusmiehet (n=34) olivat jaettu kolmeen ryhmään varusmiespalvelusta edeltävän fyysisen aktiivisuuden perusteella (aktiivi-, harraste- ja perustasoryhmä). Fyysistä kokonaiskuormitusta ja energiankulutusta arvioitiin mittaamalla

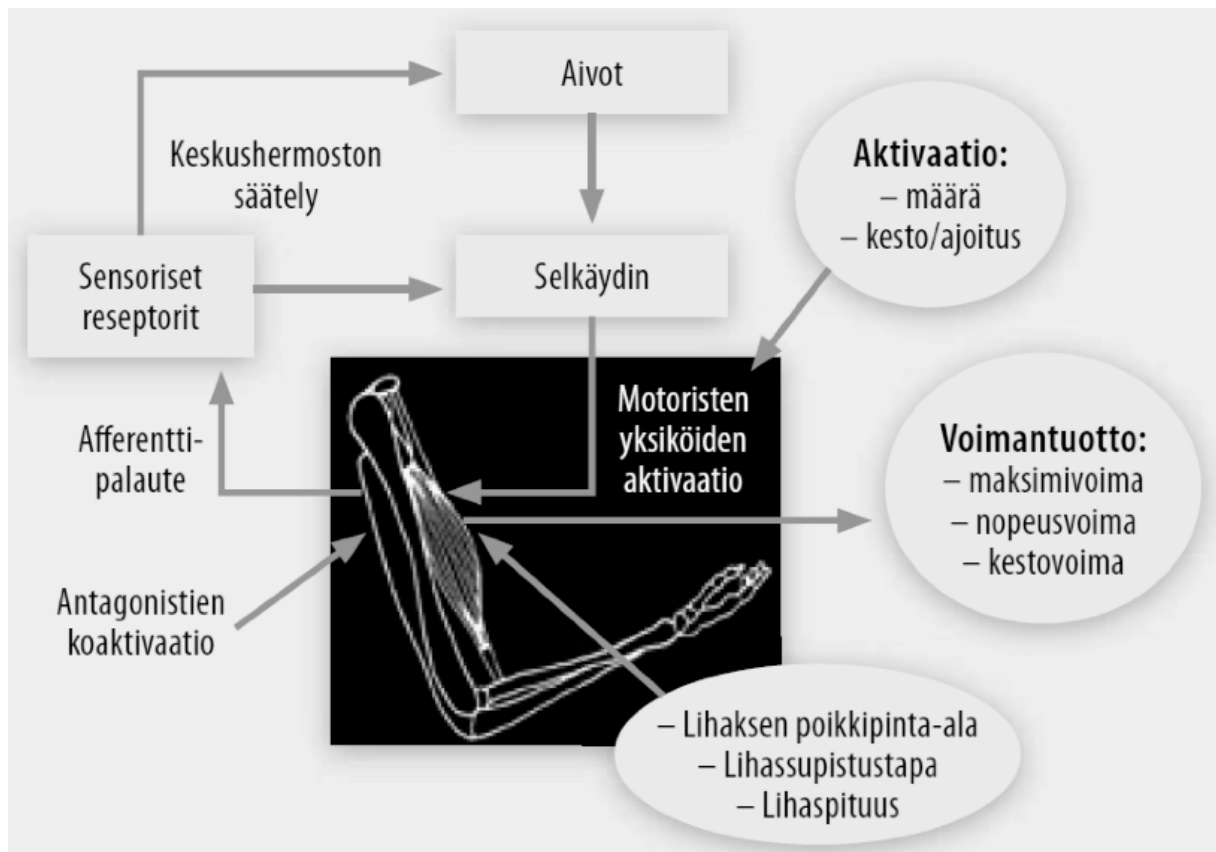
sykettä ja fyysistä aktiivisuutta. Rasituskertymä laskettiin päivä- ja viikkokohtaisesti sekä koko peruskoulutuskauden ajalle. Tulosten perusteella todettiin, että peruskoulutuskauden päivittäinen ja viikoittainen kuormittavuus oli verrattavissa kestävyysurheilijoiden vastaaviin kokonaiskuormituksiin. Huolimatta tasoryhmiin jakamisesta vähiten liikkuneet varusmiehet kuormittuivat tutkimusjakson aikana eniten. Peruskoulutuskauden aktiviteettilajit kuuluivat matalaan tai kohtalaiseen intensiteettiin, joten merkittävä kokonaiskuormittavuus johtui intensiteetin sijaan kuormituksen pitkästä kestosta. Tutkimustulosten perusteella Jurvelin teki johtopäätöksen, että tasoryhmien kokonaiskuormituksen optimointi ei ollut peruskoulutuskauden aikana riittävää, joten harjoittelua tulisi erilaistaa aiempaa enemmän ja kuormittavuutta olisi myös hyvä mitata palveluksen aikana. (Jurvelin 2012.) Vastaavia tutkimuksia E- ja J-koulutuskausien kuormittavuudesta ei Suomessa olla toistaiseksi tehty.

3 HERMO-LIHASJÄRJESTELMÄN TOIMINTAPERIAATTEET

Voimantuottoon vaikuttavat useat eri lihastyöhön liittyvät lihasmekaaniset ja hermostolliset tekijät. Lihasmekaanisia tekijöitä ovat lihaksen supistumistapa, lihaspituus ja nivelkulma, voima-aika –riippuvuus, voima-nopeus –riippuvuus, elastiset osat ja esivenytys sekä lihasrakenne. Hermostollisia tekijöitä ovat puolestaan esiaktiivisuus, refleksitoiminta ja hermoston kokonaispanos. Lisäksi voimantuottoon vaikuttaa myös lihasjäykkyys. (Mero ym. 2007.)

3.1 Voimantuoton säätelytekijät

Hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto on monimutkainen prosessi, johon vaikuttavat monet eri säätelytekijät, jotka ovat esitetty kuvassa 1. Lihaksen tahdonalainen supistumiskäsky alkaa isoaivojen motoriselta alueelta. Käsky saapuu hermoratoja pitkin selkäyttimeen, josta se siirtyy motorisia hermoratoja pitkin lihakseen. Lihasaktivoinnin määrän ja ajoituksen lisäksi voimantuoton suuruuteen vaikuttavat lihaksen poikkipinta-ala, lihassupistustapa ja lihaspituus. Motoriseksi yksiköksi kutsutaan motorista hermoa ja kaikkia sen hermottamia lihassoluja. Motoriset yksiköt voidaan jakaa niiden toiminnan perusteella hitaisiin ja nopeisiin motorisiin yksiköihin. Keskushermostolla on hyvin keskeinen rooli lihasten tahdonalaisessa voimantuotossa. Keskushermosto säätelee lihaksen voimantuottoa säätelemällä yksittäisten motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssiä sekä aktiivisten motoristen yksiköiden lukumäärää. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)



KUVA 1. Hermo-lihasjärjestelmän voimantuoton säätelytekijät (Häkkinen 2003).

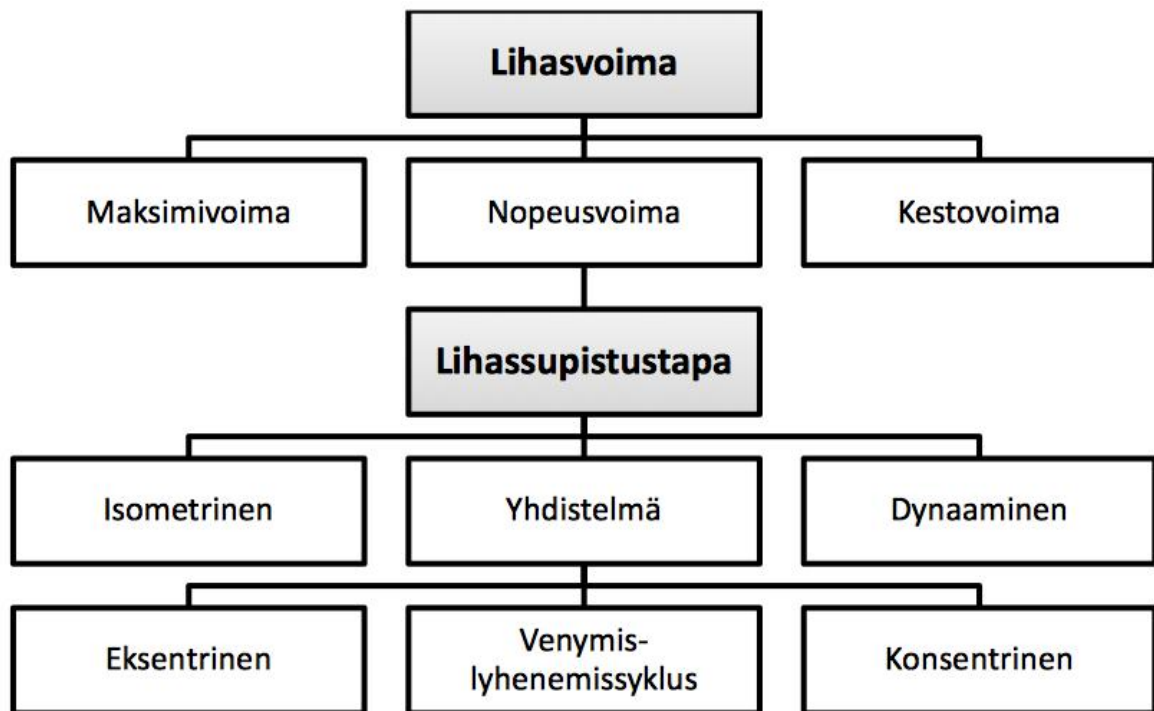
Lihasktiivisuutta voidaan mitata agonisteista (vaikuttajalihakset), synergisteistä ja antagonisteista (vastavaikuttajalihakset). Polvea ojennettaessa reiden ojentajalihakset (agonistit) aktivoituvat aikaansaaden liikkeen, mutta myös polven koukistajalihakset (antagonistit) aktivoituvat samanaikaisesti. Tätä kutsutaan agonistiaktivaation aikaiseksi antagonistien koaktivaatioksi (kuva 1). Erityisesti nopeissa sekä suurta tarkkuutta vaativissa liikkeissä agonistien ja antagonistien aktivaatio tapahtuu kolmivaiheisesti: agonistit aktivoituvat aikaansaaden liikkeen, minkä jälkeen antagonistit aktivoituvat jarruttaen liikettä ja lopuksi agonistit aktivoituvat uudelleen saattaen liikkeen hallitusti loppuun. Lihaksen aktivaatiotaso on lähes suorassa yhteydessä lihaksen tuottamaan maksimivoimaan. Mitä enemmän keskushermosto pystyy aktivoimaan lihaksen motorisia yksiköitä ja mitä suurempi on motoristen yksiköiden syttymisfrekvenssi, sitä suurempi on lihaksen tuottama voima. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.) Hermostollisten tekijöiden lisäksi lihasmekaniikalla on suuri vaikutus lihaksen voimantuottoon. Kuten aiemmin mainittiin, lihasmekaanisiin tekijöihin kuuluvat lihaksen supistumistavat, voima-aika -riippuvuus ja voima-nopeus -riippuvuus sekä lihaspituus (nivelkulma). Näihin vaikuttavat osaltaan lihas-jännekompleksin elastiset

ominaisuudet. (Avela ym. 2016.) Seuraavissa kappaleissa käsitellään voimantuottoon vaikuttavat lihasmekaaniset tekijät.

3.2 Lihaksen supistumistavat ja venymis-lyhenemissyklus

Kuten kuvassa 2 on esitetty, lihaksen supistuminen jaetaan isometriseen ja dynaamiseen lihassupistukseen. Näistä dynaaminen lihassupistus jaetaan vielä konsentriseen ja eksentriseen lihassupistukseen. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.) Isometrisessä (ns. staattisessa) lihastyössä lihaksen ulkoinen pituus ei muutu, vaikka lihaskudoksen ja –solun pituus kuitenkin muuttuvat, koska jännittyneen lihaksen jänteet venyvät suunnilleen saman verran kuin lihas lyhenee (4-8%). Dynaamisen lihassupistuksen aikana konsentrisessa lihastyössä lihaksen pituus lyhenee ja eksentrisessä lihastyössä lihas puolestaan pitenee. (Kauranen 2014, 171.)

Lisäksi voimantuottoa voidaan tarkastella venymis-lyhenemissyklus tyyppisessä työssä, joka tarkoittaa niin sanotusti luonnollista lihastyötä. Tässä lihasrakenteisiin varastoitunut elastinen energia luovutetaan lisävoimana mikäli aktiivista lihasta nopeasti venytettäessä eksentrisesti lihas supistuu nopeasti uudelleen konsentrisesti. Käytännössä ilmiötä, eli nopeaa vastaliikettä ennen suoritusta, käytetään hyväksi kaikessa liikkumisessa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)



KUVA 2. Voiman jaottelu eri osatekijöihin ja lihaksen supistustavat tuottaa voimaa (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

3.3 Voiman riippuvuus ajasta ja nopeudesta

Lihaksen tai lihasryhmän voiman tuottamiseen kuluvaa aikaa voidaan kuvata voima-aika – käyrän avulla. Voima-aika –käyrän muotoon vaikuttavat motoristen yksiköiden rekrytointinopeus, syttymisfrekvenssin suuruus sekä lihaksen solujakauma. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

Voima-nopeus –riippuvuus tarkoittaa puolestaan ilmiötä, jossa eksentrisessä lihastyössä supistusnopeuden lisääntyessä lihaksen tuottama voima kasvaa, kun puolestaan konsentrisessä lihastyössä supistusnopeuden kasvaessa voimantuotto laskee. Esimerkiksi konsenttrinen vertikaalihyppy kehonpainolla ja erisuuruisilla lisäkuormilla suoritettuna vastaa hyvin alaraajojen ojentajalihaksiston voima-nopeus –käyrää. Voima-aika –käyrän tavoin, lihassolujakauma vaikuttaa myös voima-nopeus –käyrän muotoon. Mitä enemmän lihaksessa on nopeita lihassoluja, sitä korkeammalla voima-nopeus –käyrä sijaitsee ”nopeuspäänsä” osalta verrattuna hitaamman solujakauman lihakseen. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

3.4 Lihaspituus ja nivelkulma

Lihaksen tuottama voima on riippuvainen lihaspituudesta. Lihas kykenee tuottamaan eniten voimaa pienimpien supistuvien yksiköidensä (sarkomeerien) keskipituuksilla, kun poikkisiltojen määrä aktiini- ja myosiinifilamenttien välillä on suurimmillaan. Tilanteissa, joissa lihas tuottaa voimaa ulkoista voimaa vasten, vaikuttaa myös lihaksiston sidekudosrakenteiden tuottama voima suurilla lihaspituuksilla koko lihaksen voimantuottoon. Luurankolihasen kiinnittymiskohtien välille jää yleensä yksi tai kaksi niveltä. Tästä johtuen lihaksen voimantuottoon vaikuttavat myös erilaiset vipuvarret. Esimerkiksi kyynärvarren koukistajien voimantuotto on suurimmillaan noin 100-120 asteen kulmalla kun taas jalkakyykyssä suurimmat voimat voidaan tuottaa noin 160-170 asteen nivelkulmilla. (Avela ym. 2016; Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

4 VOIMAHARJOITTELUN OSA-ALUEET

4.1 Voimaharjoittelu

Voimaharjoittelulla tarkoitetaan aktiivisuutta, joka aiheuttaa lihaksen supistumista ulkoista voimaa vastaan. Voimaharjoittelussa tarkoituksena on kuormittaa lihasta progressiivisesti käyttäen vastuksena esimerkiksi kuntosalilaitteita, tankoja ja käsipainoja. (Sundell 2011.) Aiemmin voimaharjoittelua suosittiin enemmän urheilijoiden ja kehonrakentajien keskuudessa (Kraemer & Ratamess 2004). Kuitenkin nykypäivänä, kun voimaharjoittelun terveyshyödyt tunnetaan paremmin, harjoittelumuotoa suositellaan väestötasolla nuorille, aikuisille ja ikääntyneille sekä myös erilaisia sairauksia sairastaville yksilöille (Kraemer ym. 2002; Kraemer & Ratamess 2004).

Lihassoiman merkitys niin terveyden ylläpitämisen kannalta kuin kilpa- ja huippu-urheilussa on huomattava (Ahtiainen & Häkkinen 2007; Häkkinen ym. 2007). Voiman harjoittaminen ylläpitää toimintakykyä, lisää lihasvoimaa, tehoa ja nopeutta sekä motorista suorituskkyä (Kraemer & Ratamess 2004; Braith & Stewart 2006). Lisäksi voimaharjoittelu kasvattaa lihaksen poikkipinta-alaa eli aiheuttaa lihashypertrofiaa (Braith & Stewart 2006) sekä ylläpitää tai lisää kehon rasvatonta massaa ja lepoaineenvaihduntaa (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

Voimaharjoitteluohjelma on kokonaisuus, joka koostuu yksittäisistä muuttujista, kuten lihastyötapaa, kuorma, volyymi, harjoituksen rakenne ja harjoitteet, harjoitteiden järjestys, sarjojen välinen palautusaika, toistonopeus ja harjoitusfrekvenssi (Kraemer & Ratamess 2004). Yksittäisen voimaharjoituksen tavoitteena on kehittää lihaksiston ja tukiosien (sidekudokset, jänteet, luusto) voimaa. Harjoitus koostuu valituista harjoitteista ja se toteutetaan sen mukaan onko kyseessä maksimi-, nopeus- vai kesto voimaharjoitus (Häkkinen ym. 2007). Voimantuoton kehitys ja lihaksen poikkipinta-alan kasvu riippuvat kuormituksen tyypistä ja intensiteetistä sekä voimaharjoittelun volyymistä, joita säädellään vaihtelemalla harjoituskuormaa, sarja- ja toistomääriä sekä sarjojen ja toistojen välistä palautusaikaa (Ahtiainen ym. 2003; American College of Sports Medicine 2009). Valmennuksellisesti voimaharjoittelun haasteena on hankkia voimaominaisuuksia siten, että niitä voidaan hyödyntää urheilulajeissa (Häkkinen ym. 2007).

4.1.1 Voiman lajit

Voimaharjoittelu ja lihaksen voimantuotto-ominaisuudet voidaan jakaa hermo-lihasjärjestelmän motoristen yksiköiden rekrytoinnin määrän ja tavan sekä energiantuottovaatimusten mukaan kolmeen eri lajiin: maksimivoima, nopeusvoima ja kestovoima (kuva 2, kappale 3.2) (Ahtiainen & Häkkinen 2007; Häkkinen ym. 2007). Maksimivoimasta puhutaan silloin, kun lihasjännitystaso nousee maksimaaliseksi ja voimantuottoaika muodostuu suhteellisen pitkäksi. Nopeusvoimassa on kyse hyvin lyhyestä voimantuottoajasta ja suuresta voimantuottonopeudesta. Kestovoimasta puolestaan puhutaan silloin, kun tiettyä voimatasoa ylläpidetään suhteellisen pitkään ja/tai tiettyjä voimatasoja toistetaan peräkkäin useita kertoja suhteellisen lyhyillä palautusajoilla. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.) Lihaksen voimantuottoon vaikuttavat biomekaaniset tekijät käsiteltiin kappaleessa 3.

4.1.2 Maksimivoima

Maksimivoimalla tarkoitetaan suurinta yksilöllistä voimatasoa, jonka lihas tai lihasryhmä pystyy tuottamaan tahdonalaisessa kertasupistuksessa ilman että voimantuottoon kulunut aika olisi rajoittava tekijä. Maksimivoima voidaan ilmaista tuotettuna maksimaalisena voimatasona Newtonina (N), kilogrammoina (kg) tai vääntömomenttina (torque), jolloin yksikkönä on Newtonmetri (Nm). Maksimaalisen voimaton saavuttamiseen voi kulua dynaamisella tai staattisella lihastyöllä n. 0,5-2,5 sekuntia lihastyötavasta, lihasryhmästä, harjoitustaustasta, sukupuolesta ja iästä riippuen. Lihaksen tuottama maksimaalinen voima on suurin eksentrisessä ja pienin konsentrisessä lihassupistuksessa. Isometrisessä supistuksessa voiman suuruus on näiden kahden puolivälissä. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

Maksimivoimaa voidaan kehittää kahden eri harjoittelumuodon avulla. Perusvoiman eli hypertrofisen voimaharjoittelun avulla voima kehittyy lihaksen poikkipinta-alan kasvun kautta. Maksimivoimaharjoittelu eli niin sanottu hermostollinen voimaharjoittelu kehittää voimaa puolestaan vaikuttamalla elimistön hermo-lihasjärjestelmään, mukaan lukien motoristen yksiköiden rekrytointiin ja syttymisfrekvenssiin. Lisäksi maksimivoiman harjoittamiseen voidaan käyttää näiden harjoittelumuotojen yhdistelmää (hypertrofis-hermostollinen painotus). (Häkkinen ym. 2007.)

Hypertrofisessa voimaharjoittelussa harjoitusärsyksen saamiseksi käytetään noin 60-85% kuormia laskettuna ykköstoistomaksimista. Toistomäärät ovat 8-12 toiston alueella ja ne tehdään usein sarjauupumukseen asti pitämällä sarjojen välissä lyhyet palautukset. Hermostollisessa maksimivoimaharjoittelussa kuormat ovat suurempia (85-100% ykköstoistomaksimista) sarjan toistomäärän ollessa yleensä 1-3 välillä. Sarjojen väliset palautukset ovat maksimivoimaharjoituksessa pitkiä (2-5 minuuttia). (Häkkinen ym. 2007.) Kuvassa 3 on esitetty eri voiman lajien viitteelliset kuormat ja toistojen määrät.

	Kestovoima			Maksimivoima		Nopeusvoima	
	Aero- binen	Anaero- binen	Hyper- trofinen	Hypertrofis- hermostol- linen	Hermos- tollinen	Hermostollinen & hypertrofinen	Hermos- tollinen
Kuorma (%)	0–30	20–60	60–80	70–90	90–100	30–80	30–60
Toistoja/ sarja	30-	10–30	6–12	3–6	1–3	1–10	1–10

KUVA 3. Kuorma ja toistojen määrä/sarja kesto-, maksimi- ja nopeusvoiman kehityksessä (Häkkinen ym. 2007).

4.1.3 Nopeusvoima

Nopeusvoimalla tarkoitetaan hermo-lihasjärjestelmän kykyä tuottaa suurin mahdollinen voima (force, F) lyhyimmässä mahdollisessa ajassa (t) tai suurimmalla mahdollisella nopeudella (v). Voiman ja nopeuden yhteisvaikutus eli nopeusvoima voidaan ilmaista tehona (power, P), jonka yksikkönä on watti (W). Nopeusvoiman suuruus riippuu hermoston kyvystä aktivoida lihasten motoristen yksiköiden toimintaa ja välittömien energialähteiden käyttönopeudesta. Motoristen yksiköiden toimintaa määrittävät niiden rekrytointi, syttymisnopeus ja syttymisen ajoittuminen. Energiatalouden nopeusvoimasuorituksissa määräävät adenosiinitrifosfaatti (ATP) ja tämän pilkkomiseen osallistuva myosiini ATPaasi entsyymien aktiivisuus. Energian saatavuus toimii nopeusvoimasuorituksen rajoittavana tekijänä kuitenkin vain poikkeustapauksissa. (Kyröläinen 2007.)

Nopeusvoiman merkitys korostuu suorituksissa, joissa voimantuottoaika on lyhyempi kuin aika, joka kuluu maksimivoiman tuottamiseen (esimerkiksi erilaisia ponnistuksia vaativissa hyppylajeissa). Koska nopeusvoima on kahden eri ominaisuuden yhteisvaikutus, sen kehittymiseksi joko voimantuottonopeuden, maksimivoiman tai näiden molempien tulisi kehittyä. (Haff & Nimphius 2012.)

Nopeusvoimaharjoituksessa käytetään 0-85% kuormia laskettuna kyseessä olevan harjoitteen ykköstoistomaksimista. Kuorma valitaan harjoitteen, urheilijan lajin ja kokemuksen, lisävoiman tarpeen ja harjoituskauden mukaan. Pienet kuormat suurella suoritusnopeudella kehittävät ”nopeuspäätä” kun puolestaan suuret kuormat pienemmällä suoritusnopeudella kehittävät ”voimapäätä”. Yleensä harjoituskaudella on edullista käyttää 40-60% kuormia, sillä ne varmistavat korkean mekaanisen tehon. (Häkkinen ym. 2007.) Kuitenkin eri harjoitteilla on tutkimuksissa mitattu erisuuruiset maksimitehot, joten kuormien valinta tulisi yksilöidä urheilijan voima- ja teho-ominaisuuksien mukaan (Kawamori & Haff 2004). Nopeusharjoituksen toistomäärät ovat 1-10 toiston alueella ja yhden sarjan keston tulisi olla alle 10 sekuntia. Jokaisessa suorituksessa tulisi pyrkiä mahdollisimman suureen nopeuteen ja maksimaaliseen yritykseen, jolloin harjoitusvaikutus kohdistuu ”nopealle” hermoston ja lihassolukon osalle. Sarjojen väliset palautukset ovat 3-5 minuuttia, minkä aikana tapahtuu välittömien energialähteiden palautuminen. (Häkkinen ym. 2007.)

4.1.4 Kestovoima

Kestovoima on lihaksen tai lihasryhmän kykyä tehdä työtä tuottaen toistuvia lihassupistuksia tietyssä ajassa tietyllä kuormituksella tai kyky ylläpitää tiettyä voimatasoa mahdollisimman kauan tai jonkin tietyn ajan (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Kestovoimaharjoitus sisältää tietyn voimatason (usein 0-60% ykköstoistomaksimista) tuottamista aerobisesti tai anaerobisesti, jolloin suorituksen rajoittavina tekijöinä ovat yleensä lihaksiston kestävyysominaisuudet (Ahtiainen & Häkkinen 2007; Häkkinen ym. 2007). Aerobinen kesto voima yhdistetään usein henkilön toimintakykyyn, sillä se on merkittävä tekijä jokapäiväisessä elämässä sekä muun muassa asennon ja ryhdin säilyttämisessä. Anaerobisessa kesto voimassa suoritus aika on puolestaan rajallinen ja se yhdistetään usein henkilön suorituskykyyn. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

Kestovoimaharjoittelun harjoitusvaikutukset kohdistuvat sekä hermo-lihasjärjestelmään että aineenvaihduntaan (Häkkinen ym. 2007). Kestovoimaan vaikuttaa myös maksimivoima, maksimi- ja kestovoiman ollessa niin sanottu jatkumo, jonka toisessa ääripäässä on maksimi- ja toisessa kestovoima. Kestovoima voidaan jakaa absoluuttiseen ja suhteelliseen kestovoimaan. Absoluuttisella submaksimaalisella voimatasolla tehtävä suorituksen tulos riippuu henkilön maksimivoimatasosta. Suhteellisella kestovoimalla eli voimatasolla, joka on suhteutettu henkilön maksimivoimaan, ei puolestaan ole yhteyttä maksimivoimaan. Näin ollen vahvempi henkilö pystyy suorittamaan samalla kuormalla enemmän toistoja kuin heikompi henkilö, mutta maksimivoimaan suhteutetulla kuormalla vahvemman ja heikomman henkilön välillä ei välttämättä ole eroja. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

Yleisesti ottaen kestovoiman kehittämiseksi American College of Sports Medicine (2009) ohjeistaa käyttämään kevyttä tai keskiraskasta (40-60%) kuormaa, pitämään sarjojen toistomäärät suurina (yli 15 toistoa) ja sarjojen väliset palautukset lyhyinä (alle 90 sekuntia). Häkkisen ym. (2007) mukaan kestovoimaharjoitus voidaan kuitenkin toteuttaa erityyppisillä painotuksilla: aerobisen tai anaerobisen kuntopiirin muodossa tai nopeusvoimakuntopiirinä. Aerobisessa kuntopiirissä toistomäärät ovat suuria ja lisäkuormat puolestaan pieniä (0-30%). Harjoitteita voi olla 6-12 ja kierroksia esimerkiksi 2-6 kappaletta, suoritusvauhdin ollessa rauhallinen. Anaerobisessa kuntopiirissä toistomäärät ovat 10-20 välillä ja lisäkuorma on myös pieni (0-30%). Harjoitteita voi olla 4-8 ja kierrosmäärä 2-4, suoritus tempo on nopea. Palautus voi vaihdella 30-60 sekunnin välillä. Kehonrakentajien käyttämissä hypertrofiaharjoituksissa on usein kyse myös anaerobisesta kestovoimasta, jolloin veren laktaatti voi nousta jopa yli 20 mmol/l. Nopeusvoimakuntopiiri toteutetaan nopeusvoimaperiaatteella käyttäen esimerkiksi 30-60% kuormia, mutta erona nopeusvoimaharjoitukseen ovat lyhyet palautukset sarjojen välissä (10s-3min riippuen sarjan kestosta). Yhden sarjan kesto voi olla noin 10 sekuntia. Tämyntyyppisen harjoituksen etuna on nopeiden motoristen yksiköiden käyttö. (Häkkinen ym. 2007.)

4.2 Voimaharjoittelun vaikutukset voimaominaisuuksiin

Voimaharjoittelun myötä lihasten voimantuotto ja maksimaalinen aktivaatiokapasiteetti kasvavat (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Harjoittelun alkuvaiheessa (viikot 0-10) tai harjoitusohjelmaa muuttaessa voimantuoton kasvun selittävät keskushermostotasolla ja

lihaskudoksen hermotuksessa tapahtuvat muutokset (Ahtiainen & Häkkinen 2007; Kauranen 2014, 387; Häkkinen & Ahtiainen 2016a). Nämä hermojärjestelmän adaptaatiomuutokset johtuvat useista tekijöistä, kuten yksittäisten lihasten hermotuksesta ja lihasten välisestä yhteistoiminnasta ja koordinaatiosta. Voimaharjoittelun seurauksena pystytään rekrytoimaan enemmän motorisia yksiköitä ja lihassoluja mukaan maksimaaliseen lihassupistukseen sekä lisäämään motoristen yksiköiden syttymistaajuutta. Näiden lisäksi voimaharjoittelu aiheuttaa muutoksia lihasten välisessä yhteistyössä laskemalla antagonisti-lihaksen yhteistyötä, josta kerrottiin kappaleessa 3.1. Näin ollen agonisti-lihaksen lihasvoima saadaan paremmin hyödynnetyksi ja siirretyksi kehon ulkopuolelle. Tästä on hyötyä erityisesti räjähtävää nopeusvoimaa vaativissa lajeissa, kuten pikajuoksussa sekä heitto- ja hyppylajeissa. (Kauranen 2014, 387-390.)

Harjoittelun jatkuessa pidempään elimistön adaptaatio siirtyy lihaskudoksen puolelle, jolloin lihasvoiman kasvun takana ovat ensisijaisesti muutokset lihaksen poikkipinta-alassa. (Ahtiainen & Häkkinen 2007; Kauranen 2014, 387). Koko lihaksen poikkipinta-ala sekä yksittäisten lihassolujen koko on yhteydessä toisiinsa, samoin myös lihaksen poikkipinta-alan tuottamaan voimaan (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Lihashypertrofiaa aiheuttavat lihassolujen aktivoitumisesta syntyvät lihasvasteet. Hypertrofialle optimaalisinta olisi harjoituksen aikana mahdollisimman monen motorisen yksikön rekrytoiminen hetkelliseen uupumukseen asti. (Fisher ym. 2013.) Lihaskasvun tiedetään olevan riippuvainen muun muassa lihassolutyypistä. Niin kutsutuilla nopeilla tyypin II lihassoluilla on suurempi potentiaali lihaskasvulle kuin hitailla tyypin I soluilla. (Kraemer ym. 1995.) Lihashypertrofiaa on magneetikuvauksella mitattuna havaittu keskimäärin 8-12 viikon voimaharjoittelujakson jälkeen (Ivey ym. 2000; Hubal ym. 2005).

Maksimivoiman kehittämisessä voidaan näin ollen käyttää hermostollista painotusta eli suurta intensiteettiä ja vähäisiä toistoja tai hypertrofista painotusta eli toistoperiaatetta usealla toistolla sarjauupumukseen (Häkkinen & Ahtiainen 2016a). Käytetty voimaharjoittelumenetelmä sekä henkilön aiempi harjoittelutausta vaikuttavat hermostollisten ja hypertrofisten adaptaatiomekanismien suuruuteen ja niiden keskinäiseen ajoittumiseen voimaharjoittelun kuluessa (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Esimerkiksi voimaharjoittelutaustan omaavilla miehillä on todettu hermostollisen painotuksen (toistoalue 2-4, 7 harjoitetta, 3 sarjaa/harjoite) kehittävän maksimaalista voimantuottoa hypertrofista painotusta (toistoalue 8-12, 7 harjoitetta, 3 sarjaa/harjoite) paremmin. Vastaavasti lihassmassa

kehittyi harjoitelleilla miehillä enemmän hypertrofisella alueella. (Schoenfeld ym. 2016.) Voimaharjoituksen jälkeiset akuutit vasteet ovat nopeus- ja maksimivoimaharjoituksessa hyvin samankaltaisia kohdistuen hermostoon, lihassolukkaan, elastisiin osiin sekä elimistön säätelyjärjestelmiin. Kestovoimaharjoituksen vaikutukset kohdistuvat puolestaan hermolihasjärjestelmään ja aineenvaihduntaan, riippuen harjoituksen painotuksesta. (Häkkinen ym. 2007.)

Hyvin suunniteltu ohjelmointi ja palautumisen merkitys ovat voimaharjoittelussa tärkeitä. Erittäin kovasta voimaharjoituksesta palautuminen voi kestää jopa yli 72 tuntia ja mikäli tämäntyyppinen harjoitus tehdään kaksi kertaa lyhyemmällä palautumisajalla (esimerkiksi 48 tuntia), väsymys voimantuottokoneistossa laskee voiman kapasiteettia entistä alemmaksi, jolloin täydellinen palautuminen voi kestää 4-5 vuorokautta. (Häkkinen ym. 2007.)

5 YHDISTETTY VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELU

5.1 Yhdistetty voima- ja kestävyysharjoittelu

Enemmistö urheilulajeista vaatii sekä kestävyys- että voimaominaisuuksien kehittämistä. Esimerkiksi suorituskyky kestävyyslajeissa riippuu siitä, kuinka kovaa keskinopeutta kyetään ylläpitämään eli toisin sanoen nopein voittaa. Kestävyyslajeissa keskinopeuteen vaikuttaa muun muassa se, kuinka suurella tehontuotolla ja kuinka pienellä energiankulutuksella suoritus pystytään tekemään. (Nummela & Häkkinen 2016.) Jo 1980-luvulla on tehty tutkimuksia, joissa on osoitettu kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistämisen kehittävän kestävyys- ja voimajärjestelmän suorituskykyä lyhytkestoisissa kestävyys- ja voimajärjestelmien harjoittelemattomilla henkilöillä (Hickson 1980).

Nykytutkimustiedon perusteella tiedetään, että kestävyys- ja voimaharjoittelun avulla voidaan parantaa muun muassa lisäämällä hermo-lihasjärjestelmän tehontuotokykyä (maksimi- ja nopeusvoimaa) ja kestävyys- ja voimaharjoittelun taloudellisuutta sekä parantamalla loppukirikykyä. Lisäksi voimaharjoittelu voi ennaltaehkäistä tai vähentää urheiluvammoja sekä kehittää kasvavien kestävyys- ja voimaharjoittelumäärien sietokykyä. (Nummela & Häkkinen 2016.) Kuitenkin useissa tilanteissa yhdistetty voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelu heikentää voiman kehittymistä, sillä nämä aiheuttavat erilaista adaptaatiota lihassolutasolla (Hickson 1980; Leveritt ym. 1999; Wilson ym. 2012). Yhdistetyn harjoittelun vaikutuksista voimaominaisuuksiin on kerrottu lisää kappaleessa 5.2.

Yhdistettyä voima- ja kestävyys- ja voimaharjoittelua on tutkittu myös varuskuntaympäristössä, sillä monet armeijan vaatimat fyysiset tehtävät, kuten esineiden siirtäminen paikasta toiseen, vaativat sekä voimaa että kestävyyttä. Kraemer ym. (2004) totesivat tutkimustulostensa perusteella, että 12 viikon yhdistetty harjoittelu kehitti pikamarssisuoritusta sekä armeijan kuntotestiin kuuluvaa punnerrus- ja istumaannousutestiä paremmin kuin voima- tai kestävyys- ja voimaharjoittelu yksinään. Tutkimuksessa havaittiin, että erityisesti ylävartalon voimaharjoittelulla oli merkitsevä rooli taisteluvarustuksessa suoritettussa kahden mailin juoksussa. (Kraemer ym. 2004.) Voima- tai kestävyys- ja voimaharjoittelun lisääminen varusmiesten peruskoulutuskauden harjoitteluun vaikutti myös positiivisesti jalkojen ojennusvoimaan verrattuna pelkkään tavanomaiseen harjoitteluun (Santtila ym. 2008; Santtila ym. 2009a).

Ylävartalon voimantuottoajan (RFD, rate of force development) sen sijaan huomattiin kehittyvän vain armeijan lajinomaista voimaharjoittelua tekevällä ryhmällä (Santtila ym. 2009a).

5.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset voimaominaisuuksiin

Yhdistetyllä voima- ja kestävyysharjoittelulla on erilaisia vaikutuksia elimistön rakenteeseen ja toimintaan. Merkittävimpiä muutoksia ovat lihassolutyypin muuttuminen, tietyn voimatason ylläpitämiseen tarvittava lihassolujen määrä, taloudellisuuden kehittyminen ja väsymyksen viivästyttäminen pitkäkestoisen suorituksen aikana. Voimantuottonopeuden kehittyminen näkyy myös pidentyneenä relaksaatiovaiheena esimerkiksi pyöräilyssä ja maastohiihdossa ja näin ollen parantuneena taloudellisuutena. Myös lihaksen jäykkyysominaisuudet kehittyvät, jolloin jalkojen elastisuutta voidaan käyttää paremmin hyödyksi. (Nummela & Häkkinen 2016.)

Yhdistetty kestävyys- ja voimaharjoittelu voidaan toteuttaa samalla harjoituskerralla, mutta osa harjoitusvaikutuksista saattaa vaihdella riippuen siitä, tehdäänkö ensin voima- vai kestävyysharjoitus tai suoritetaanko harjoitukset eri päivinä (Nummela & Häkkinen 2016). Viimeisimmät kuntoilijoille tehdyt 12-42 viikon harjoittelututkimukset ovat osoittaneet, että voima- ja kestävyysharjoitusten järjestyksellä ei ole suurta merkitystä maksimivoiman ja kestävyuden kehittämisen kannalta (Schumann ym. 2014a; Schumann ym. 2014b; Eklund ym. 2015; Eklund ym. 2016). Tutkimuksissa on tarkasteltu miten harjoitusjärjestys vaikuttaa hermo-lihasjärjestelmän voimantuoton välittömään väsymiseen harjoituksen päättyessä sekä elimistön hormonaaliseen tilaan kahden vuorokauden palautumisen aikana. Muun muassa testosteroni-hormonin ilmentämä anabolinen tila näyttäisi olevan heikompi kun kuormitus tehdään kestävyys-voima järjestyksessä verrattuna päinvastaiseen järjestykseen. Näin ollen harjoittelun ensimmäisten viikkojen aikana harjoitusmäärä ja -tiheys tulisi pitää maltillisena, sillä palautuminen saattaa pitkittyä mikäli kestävyysharjoitus tehdään ennen voimaharjoitusta. (Schumann ym. 2013.) Harjoittelujakson edeltävällä testosteronipitoisuuksien erolla ryhmien välillä ei kuitenkaan todettu vaikutusta voimantuoton kehittymiseen (Schumann ym. 2014b). Harjoittelemattomilla naisilla kasvuhormonin akuutti vaste on ollut suurempi kun harjoitus on suoritettu voima-kestävyys järjestyksessä verrattuna kestävyys-voima järjestykseen (Eklund ym. 2016). Lisäksi kun kestävyysharjoitus suoritettiin aina ennen voimaharjoitusta,

hermostollisia adaptaatioita ei enää yli 12 viikon harjoitusjakson aikana saatu aikaan. Tämä voi pitemmällä harjoitusjaksolla taannuttaa maksimivoiman kasvua. Tutkimuksessa löydettiin myös merkitsevä korrelaatio hermostollisten muutosten laskun ja maksimivoiman laskun välillä. (Eklund ym. 2015.)

Kestävyysharjoittelun toteutustavalla on merkitys elimistön mukautumiseen yhdistetyssä voima- ja kestävyysharjoittelussa. Tutkimusten mukaan alaraajojen voima, teho ja lihaskasvu kärsivät enemmän, mikäli voimaharjoittelua yhdistetään juoksuun verrattuna esimerkiksi pyöräilyyn (Wilson ym. 2012). Varuskuntaympäristössä tehdyssä tutkimuksessa Santtila ym. (2009a) huomasivat tavanomaisen varusmiespalveluksen peruskoulutuskauteen kuuluvan kestävyyspainotteisen harjoittelun aiheuttavan jonkin verran interferenssiä voiman kehityksessä, erityisesti alaraajojen räjähtävän voiman osalta. Näin ollen optimaalinen kehitys hermo-lihasjärjestelmän ominaisuuksissa ei välttämättä ole mahdollista ilman kestävyysharjoittelumäärän vähentämistä ja/tai maksimi- tai räjähtävän voimaharjoittelun määrän lisäämistä. (Santtila ym. 2009a.) Sama tutkijaryhmä (Santtila ym. 2009b) totesi myös, että peruskoulutuskauden tavanomaiseen liikuntakoulutukseen lisättyjen voima- ja kestävyysharjoitteluryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa maksimivoiman kehityksessä (9,1% vs. 12,9%), mikä johtui todennäköisesti myös jo edellä mainitusta suuresta määrästä kestävyysharjoittelua koulutuskauden aikana. Lisäksi varusmiesten kokonaiskuormituksen tai interferenssi vaikutuksen aiheuttama kortisolihormonin pitoisuuden nousu on saattanut minimoida voimaharjoittelun aiheuttamat vasteet ja mahdollisesti lihashypertrofian kehityksen. (Santtila ym. 2009b.)

6 ELIMISTÖN HORMONITOIMINTA

Hormonaalinen säätely on hermostosäätelyn kanssa tärkein elimistön toimintaa ylläpitävä säätelyjärjestelmä. Elimistön hormonitoimintaa säätelevät keskushermostossa aivolisäke ja hypotalamus, joiden toiminta perustuu autonomisen hermoston ja verenkierron mukana saapuviin signaaleihin. Sisäeriterauhaset erittävät hormoneja, jotka kuljetetaan verenkierron avulla kohde-elimeen, jonka reseptoreihin hormoni sitoutuu saaden näin ollen aikaan soluvasteen. Hormonit katalysoivat elimistön aineenvaihduntaprosesseja, ohjaavat elimistön biologisia rytmejä sekä vastaavat elintoimintojen hitaasta säätelystä. Hormonaalinen säätelyjärjestelmä kontrolloi sisäelinten hormonituotantoa sekä erityistä verenkiertoa. Reseptorijärjestelmä antaa puolestaan aivolisäkkeelle ja hypotalamukselle palautetta veren erilaisista hormonikonsentraatioista, jolloin nämä säätelevät toimintaansa saamansa palautteen perusteella. (Kauranen 2014, 409-410; Häkkinen & Ahtiainen 2016b.) Hormonipitoisuuksia mittaamalla voidaan seurata elimistön kuormitustilaa ja mahdollisesti vaikuttaa ylläpitäjätilojen syntymiseen (Häkkinen & Ahtiainen 2016b).

6.1 Testosteroni ja SHBG

Testosteroni (TES) on androgeeninen sukupuolihormoni, jota erittyy miehillä kivesten Leydigin soluista (noin 90 % määrästä, 5-10mg vuorokaudessa) ja lisämunuaisten kuorikerroksesta (noin 10 % määrästä). Naisilla testosteronia erittyy munasarjoista ja lisämunuaisista, mutta määrät ovat vain noin 10 % miesten erittämistä määristä. Miehillä Leydig solut erittävät testosteronia vain silloin, kun niitä stimuloi aivolisäkkeen etulohkosta erittyvä luteinisoiva hormoni (LH) ja erittyvän testosteronin määrä onkin suoraan verrannollinen LH:n saatavuuteen. Naisilla testosteronin eritystä ohjaa puolestaan follikkelia stimuloiva hormoni (FSH) sekä glukokortikoidien biosynteesi, jota stimuloi adrenokortikotrooppinen hormoni (ACTH) aivolisäkkeen etulohkosta. (Viru & Viru 2005; Guyton & Hall 2011, 979; Kauranen 2014, 411-412.)

Seerumin testosteronista suurin osa (97-98 %) sitoutuu sukupuolihormoneja sitovaan proteiiniin (SHBG, sex hormone-binding globulin) tai plasman albumiiniin ja vain noin 2-3 % on vapaana veressä (Guyton & Hall 2011, 980; Kauranen 2014, 412). Ainoastaan vapaana oleva sekä albumiiniin sitoutunut testosteroni on biologisesti aktiivista ja pystyy solukalvon läpäisemällä muodostamaan hormoni-reseptorikompleksin, mikä johtaa puolestaan

proteiinisynteesin aktivoimiseen ja kiihdyttää lihassolujen anaboliaa. Muutos SHBG-pitoisuudessa voi vaikuttaa testosteronin sitoutumiskapasiteettiin sekä aktiivisena olevan vapaan testosteronin määrään, joka puolestaan heijastaa testosteronivaikutusta kokonaistestosteronia luotettavammin. (Kraemer & Ratamess 2005; Kauranen 2014, 412.)

Testosteroni on voimakkaasti anabolinen hormoni, joka vaikuttaa pitkällä aikavälillä lihaksen kokoon, lisää veren punasoluja, vähentää kehon rasvoja sekä lisää miehen sukupuoliominaisuuksia (Häkkinen & Ahtiainen 2016b). Vaikutus lihassolun ja –kudoksen fysiologiaan riippuu paljon elimistön ravitsemustilanteesta ja harjoitteluintensiteetistä (Kauranen 2014, 414).

Testosteronin laskua on havaittu sotilailla niin lyhyissä kuin pitkissä taisteluharjoituksissa, joille suuret energia- ja univajeet ovat hyvin ominaisia. Esimerkiksi Opstadin (2009) tutkimuksessa 5 päivän taisteluharjoituksen aikana kadettien testosteronin ja muiden androgeenien pitoisuus laski 60-80% ja Gomez-Merinin ym. (2003) samanpituisen taisteluharjoitus vuoristoisessa maastossa aiheutti energiavajeeseen ja 3-4h/vrk yöuniin yhdistettynä 35% testosteronin laskun (Gomez-Merino ym. 2003). 84 tunnin fyysisesti kova taisteluharjoitus laski testosteronia 24% (Nindl ym. 2006) ja 8 päivän pituisen harjoitus puolestaan kokonaistestosteronia 49% ja vapaata testosteronia 60% (Alemany ym. 2008). SHBG-pitoisuus nousi viimeksi mainitussa tutkimuksessa 66% (Alemany ym. 2008).

Vapaan androgeenin indeksin (FAI) eli seerumin TES/SHBG –suhteen nousua on puolestaan havaittu muun muassa Santtilan ym. (2009b) tutkimuksessa, jossa 8 viikon kestävän peruskoulutuskauden aikana suhde on noussut kaikilla harjoitteluryhmillä: tavanomainen liikuntakoulutusryhmä, voimaharjoitteluryhmä ja kestävyysharjoitteluryhmä. Tässä tutkimuksessa huomattiin myös yksilöiden väliset erot testosteronitasojen muutoksessa. Varusmiehillä, joilla testosteronipitoisuus oli lähtötilanteessa matalampi, peruskoulutuskauden kuormitus ja harjoittelu aiheuttivat suuremman testosteronin nousun kuin varusmiehillä, joilla oli jo lähtökohtaisesti korkeampi seerumin pitoisuus. (Santtila ym. 2009b.)

6.2 Kortisoli

Kortisoli (COR) on kortikosteroideihin kuuluva steroidihormoni, jota muodostuu kolesterolista lisämunuaisen kuorikerroksessa (Goldfarb 2005; Kauranen 2014, 421; Häkkinen & Ahtiainen 2016b). Kortisoli pystyy läpäisemään solukalvon ilman reseptoria ja sen tuotantoa säädellään hypotalamuksen tasolla (Goldfarb 2005; Kauranen 2014, 421). Kortisolin erityis vaihtelee vuorokauden ajan mukaan ollen suurimmillaan aamuyöllä ja alhaisimmillaan keskiyöllä. Kortisolia erittyy vuorokaudessa 15-30 mg (joidenkin lähteiden mukaan 15-20mg/vrk) ja sen erityis lisääntyy voimakkaasti stressitilanteissa ja pitkäaikaisessa stressissä. Lisäksi pitoisuutta nostavat univelka, kahvi, paasto sekä raskas fyysinen kuormitus. (Guyton & Hall 2011, 924; Kauranen 2014, 421-422.)

Kortisolin tärkeimpiin tehtäviin kuuluu elimistön glukoositasojen ylläpito. Kortisoli kiihdyttää proteiinien pilkkoutumista, jolloin pilkkoutuneet aminohapot toimivat glukoosin muodostuksen raaka-aineina. Kortisolin aikaansaama glukoneogeenin (aineenvaihduntaprosessin, jossa glukoosia muodostetaan jostakin muusta kuin hiilihydraatista) stimulaatio sekä rasvamobilisaation stimulaatio auttavat nostamaan plasman glukoositasoja. Prosessin seurauksena proteiinien määrä kudoksessa laskee ja proteiinisynteesi hidastuu. Näin ollen kortisoli on muun muassa lihaksiston kannalta voimakkaasti katabolinen hormoni, joka edistää pitkällä aikavälillä rasvahappojen käyttöä sekä proteiinikataboliaa eli hajotusta. (Goldfarb 2005; Kauranen 2014, 422.) Kortisoli toimii lisäksi immunosuppressiivisena (immuunijärjestelmän hillitsevänä) tekijänä ja sillä on anti-inflammatorinen eli tulehdusta vähentävä vaikutus. (Goldfarb 2005.) Kortisolin vaste harjoitukseen riippuu paljon harjoituksen tyypistä, intensiteetistä ja kestosta. (Goldfarb 2005; Häkkinen & Ahtiainen 2016b.)

Kortisolin nousua on havaittu testosteronin tavoin sekä pitkissä että lyhyissä taisteluharjoituksissa. Esimerkiksi pitkän 37 päivää kestäneen taisteluharjoituksen aikana varusmiesten kortisolipitoisuus nousi merkitsevästi (20.8% ± 30.5) päivän 1 ja päivän 37 välillä (Igendia 2015). Samoin Friedlin ym. (2000) tutkimuksessa 8 viikon USA:n armeijan jääkäreillä 1000-1200kcal/vrk energiavaje ja muut ympäristön stressitekijät aiheuttivat merkitsevää kortisolin nousua. Suurinta nousua (950 µmol/l) havaittiin yksilöillä, joilla kehonpaino putosi kurssin aikana eniten (23% lähtötilanteesta) ja joilla myös kehon rasvaprosentti oli lähtötilanteessa pienimmillään (7%). (Friedl ym. 2000.) Nindl ym. (2007)

totesivat puolestaan kortisolin, yhdessä kehonpainon laskun ja IGF-I –kasvutekijän kanssa, korreloivan eniten sotilaiden pehmytkudoksen kudoadaptaatioiden kanssa. Kyseinen tutkimusryhmä tutki Friedlin ym. (2000) tavoin 8 viikkoa kestävään jääkärikoulutukseen osallistuneita sotilaita, joiden energiavaje oli keskimäärin 1000kcal/vrk. Seerumin kortisolin nousu oli 32 % fyysisesti hyvin raskaan koulutuskauden lopussa verrattuna tilanteeseen ennen koulutusta. (Nindl ym. 2007.)

6.3 Testosteroni/kortisoli -suhde

Adlercreutz ym. (1986) huomasivat 30 % laskun vapaassa testosteroni- ja kortisolipitoisuuden suhteessa (TES/COR -suhde) yhden ylikuormitusta aiheuttavan harjoitusviikon jälkeen. Tästä lähtien TES/COR -suhdetta on käytetty ilmaisemaan elimistön tasapainoa anabolisen ja katabolisen aktiivisuuden välillä. (Adlercreutz ym. 1986.) Tämän jälkeen muutoksia TES/COR -suhteessa on havaittu myös monissa muissa tutkimuksissa, joissa on verrattu raskasta ja kevyempää harjoitusjaksoa toisiinsa urheilijoilla tai varuskuntaympäristössä (Vervoorn ym. 1991; Booth ym. 2006; Fortes ym. 2011).

Varusmiesten harjoittelututkimuksissa sekä tavanomaisissa voimaharjoittelututkimuksissa testosteronia ja kortisolia sekä TES/COR -suhdetta on käytetty muun muassa voimaharjoitteluvasteiden eroja, varusmiesten kokonaiskuormitusta ja ylikuormitustiloja seurattaessa (Kraemer 1988; Nindl ym. 2002; Santtila ym. 2009b; Tanskanen ym. 2011a; Tanskanen ym. 2011c.) Kuitenkaan osassa tutkimuksia erot ryhmien välillä eivät ole olleet merkitseviä ja yhteyttä TES/COR -suhteen ja elimistön tasapainotilan välillä ei olla löydetty (Mackinnon ym. 1997; Coutts ym. 2007).

6.4 Voimaharjoittelun akuutit ja krooniset vaikutukset testosteroniin ja kortisoliin

Voimaharjoittelun aiheuttama stressi sekä lihaskudoksen mekaaninen ja metabolinen stressi aiheuttavat elimistössä yleisen stressireaktion, joka johtaa muutoksiin hormonaalisessa tasapainossa. Tällöin erilaisten hormonien pitoisuudet verenkierrossa lisääntyvät, minkä johdosta lihassolujen metabolia kääntyy anabolian (proteiinisynteesi) tai katabolian (proteolyysi) puolelle, riippuen hormonin vaikutustavasta. (Kauranen 2014, 410.)

Voimaharjoittelu aiheuttaa sekä akuutteja että kroonisia hormonivasteita. Tyypillinen voimaharjoitus aiheuttaa akuutin nousun testosteronin pitoisuudessa verenkierrossa. Pitoisuus pysyy normaalia korkeamana noin tunnin ajan. Hormonipitoisuus palautuu kuitenkin lähtötasolleen voimaharjoituksen tyypistä, volyymistä ja intensiteetistä riippuen noin 1-2 tunnin aikana. (Kauranen 2014, 410, 413; Häkkinen & Ahtiainen 2016b.) Erittäin kovan hypertrofisen tai maksimivoimaharjoituksen jälkeen testosteronitaso saattaa kuitenkin jäädä alentuneeksi jopa 2-3 vuorokauden ajaksi (Häkkinen & Ahtiainen 2016b). Lisäksi pitkän ja kuormittavan voimaharjoituksen aikana testosteronin pitoisuus saattaa kääntyä laskuun jo harjoituksen loppuvaiheen aikana (Kauranen 2014, 413). Miehillä testosteronin akuutti vaste on selkeästi suurempi kuin naisilla ja myös harjoitustaustalla on vaikutusta vasteisiin (Häkkinen & Ahtiainen 2016b).

Kortisolierityksen kannalta keskeiseksi tekijäksi muodostuu harjoituksen intensiteetti ja kesto. Fyysinen kuormitus lisää kortisolieritystä, mikä liittyy veren normaalin glukoositason säätelyyn. Mitä kovempi harjoituksen intensiteetti ja pidempi kesto, sitä korkeammalle veren kortisolipitoisuus nousee. Korkeaintensiteettisen harjoituksen ollessa elimistölle uusi stressitekijä muiden tekijöiden ohella, lisääntyy myös lihaskudoksen katabolia. Testosteronin tavoin myös kortisolivaste voimaharjoituksessa riippuu muun muassa harjoitustaustasta. Kokeneilla voimaharjoittelijoilla fyysinen kuormitus ei aiheuta yhtä suurta akuuttia kortisolipitoisuuden nousua kuin vähemmän harjoitelleilla. (Kauranen 2014, 422.)

Pitkällä aikavälillä voimaharjoittelu voi muuttaa TES/SHBG -suhdetta sekä TES/COR -suhdetta siten, että vapaan testosteronin pitoisuus ja osuus verenkierrossa nousee. Vapaan testosteronin pitoisuuden nousu kiihdyttää puolestaan lihassolujen anabolialia ja proteiinisynteesiä. Vastaavasti ylikuormitustilanteessa elimistön kortisolipitoisuus saattaa nousta, jolloin suhteet anabolisten ja katabolisten hormonien välillä kääntyvät katabolisten hormonien lisääntymisen puolelle. (Kauranen 2014, 413-414, 422.) Viimeiseksi mainittu ilmiö havaittiin Santtilan ym. (2000b) tutkimuksessa, jossa 8 viikon peruskoulutuskauden aikana voimaharjoitteluryhmän kortisolipitoisuus nousi 11,1 %. Tutkijat esittivät perusteluna tälle liian suuren samanaikaisen kestävyysharjoittelumäärän, mikä saattoi olla myös syynä sille, että ko. tutkimuksessa voimaharjoitteluryhmä ei eronnut merkittävästi kestävyysharjoitteluryhmästä myöskään voimaominaisuuksien kehityksessä. (Santtila ym. 2009b.)

Beaven ym. (2008) tutkivat myös yksilöllisten testosteronivasteiden mukaan toteutettua voimaharjoittelua ja sen vaikutusta hermo-lihasjärjestelmän voimantuottoon. Amatööritason rugby pelaajilta testattiin testosteronivasteet neljälle eri voimaharjoitusprotokollalle, minkä jälkeen jokainen toteutti kolmen viikon voimaharjoittelublokin suurimman yksilöllisen testosteronivasteen aikaansaaneen protokollan mukaan. Välitestien jälkeen harjoitteluprotokollaa vaihdettiin puolestaan pelaajan pienimmän testosteronivasteen aiheuttamaan malliin, jota toteutettiin myös kolmen viikon ajan. Kaikki tutkimuksessa mukana olleet 16 pelaajaa paransivat maksimivoimatasojaan merkitsevästi (arvioitu 1RM penkkipunnerruksessa ja jalkaprässissä) ensimmäisten kolmen viikon jälkeen, kun harjoittelu tapahtui protokollalla, joka aiheutti alkutesteissä henkilökohtaisesti suurimmat testosteronivasteet. Jälkimmäisen kolmen viikon harjoittelublokin jälkeen puolestaan 75 %:lla pelaajista maksimivoimassa tapahtui joko merkittävää laskua tai muutosta voimantuotossa ei havaittu. Tulosten perusteella tutkijat totesivat, että yksilön voimaharjoituksen aiheuttaman testosteronivasteen ja saatujen harjoitteluhuötyjen välillä on yhteyttä. (Beaven ym. 2008.)

Voimaharjoittelu tulisi ohjelmoida kuormituksen ja levon kannalta siten, että kovankin harjoittelujakson aikana hormonien lepopitoisuudet eivät muuttuisi tilapäisesti liikaa eivätkä liian pitkäksi aikaa (esimerkiksi testosteronin lasku). Sekä miesten että naisten voimaharjoittelun suunnittelussa on otettava huomioon harjoitusmäärän ja intensiteetin tarkoituksenmukainen vaihtelu, harjoittelun jaksottaminen ja yksilöllisyyden painottaminen. (Häkkinen & Ahtiainen 2016b.)

7 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

7.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat

Tämän tutkimuksen tavoitteena on tutkia voimaharjoittelupainotetun liikuntakoulutuksen vaikutuksia sotilaan hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn, hormonipitoisuuksiin ja kehonkoostumukseen E- ja J-kausien varusmieskoulutuksessa ja verrata näitä tavanomaisen liikuntakoulutuksen eli kontrolliryhmän vaikutuksiin. Tutkimuksessa pyritään selvittämään sotilaan voimaharjoittelun aiheuttamia hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn muutoksia ala- ja yläraajojen maksimaalisessa isometrisessä voimantuotossa, alaraajojen räjähtävässä voimantuotossa sekä kestovoimaominaisuuksissa. Lisäksi tavoitteena on selvittää voimaharjoittelun vaikutuksia varusmiesten testosteroni- ja kortisolipitoisuuksiin. Tuloksia on tarkoitus soveltaa varusmiesten liikuntakoulutuksen kehittämisessä. Tutkimuksessa ei oteta kantaa koehenkilöiden suorituskyvyn riittävyyteen heille määrättyssä sodan ajan yksikössä ja sen tehtävässä.

7.2 Tutkimuskysymykset ja hypoteesit

Tutkimuskysymys 1. Millaisia vaikutuksia voimaharjoittelupainotteisella liikuntakoulutuksella on varusmiesten hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn ja eroavatko vasteet tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavien varusmiesten vasteista?

Hypoteesi 1. Voimaharjoittelupainotteinen liikuntakoulutus kehittää ala- ja yläraajojen maksimaalista voimantuottoa, kestovoimaominaisuuksia sekä alaraajojen räjähtävää voimantuottoa. Kehitys edellä mainituissa muuttujissa on tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavia varusmiehiä merkittävämpi. (Hickson 1980; Leveritt ym. 1999; Häkkinen ym. 2003; Wilson ym. 2012.)

Tutkimuskysymys 2. Millaisia yhteyksiä voimaharjoittelupainotteisella liikuntakoulutuksella on varusmiesten hormonaalisiin vasteisiin ja kehonkoostumukseen ja eroavatko vasteet tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavien varusmiesten vasteista?

Hypoteesi 2. Voimaharjoittelupainotteinen liikuntakoulutus nostaa seerumin testosteronipitoisuutta ja TES/COR –suhdetta sekä lisää kehon lihasmassaa ja pienentää rasvakudoksen määrää. Muutokset ovat tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavia varusmiehiä merkittävämmät. (Kauranen 2014, 413-414; Häkkinen & Ahtiainen 2016b.)

8 TUTKIMUSMENETELMÄT

8.1 Tutkimuksen koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöinä toimivat Kainuun Prikaatin 1. jääkärikomppanian varusmiehet saapumiseristä 2/2015 ja 1/2016, jotka kuuluivat harjoittelututkimuksen voima- ja kontrolliryhmään (N=29, ikä: 20 ± 1 v, pituus: 180 ± 6 cm, paino: $71,9 \pm 8,8$ kg, rasvaprosentti: $11,4 \pm 4,4\%$, BMI: $22,2 \pm 2,5$). Molempien ryhmien taustatiedot eriteltyinä ovat esitetty taulukossa 1. Aloitustilaisuuteen osallistuvien varusmiesten lukumäärä oli 105. Tässä tutkimuksessa otos kokonaismäärästä on 29. Kaikkiin mittauksiin pystyivät lopulta osallistumaan 10 koehenkilöä kontrolliryhmästä ja 19 koehenkilöä voimaryhmästä. Ennen tutkimuksen alkua kaikki osallistujat antoivat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen. Tutkimuslupa saatiin Puolustusvoimilta ja eettinen lausunto Jyväskylän yliopiston eettiseltä toimikunnalta ennen tutkimuksen alkua.

TAULUKKO 1. Tutkimusjoukon taustatiedot.

miehet	ikä (v)	pituus (cm)	paino (kg)	rasva (%)	BMI
koko joukko (N=29)					
keskiarvo \pm keskihajonta	20 ± 1	180 ± 6	$71,9 \pm 8,8$	$11,4 \pm 4,4$	$22,2 \pm 2,5$
min	18	170	58	5	18
max	22	192	95	21	32
voimaryhmä (n=19)					
keskiarvo \pm keskihajonta	$19,5 \pm 0,8$	182 ± 6	$72,3 \pm 7,7$	$10,3 \pm 3,5$	$21,8 \pm 1,7$
min	18	170	59	5	20
max	21	192	90	17	26
kontrolliryhmä (n=10)					
keskiarvo \pm keskihajonta	$19,7 \pm 0,9$	176 ± 3	$71,1 \pm 11$	$13,4 \pm 5,3$	$22,9 \pm 3,6$
min	19	171	58	6	18
max	22	180	95	21	32

8.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus toteutettiin Kajaanissa Kainuun Prikaatissa keväällä 2016. Tutkimuksen kesto oli 12 viikkoa mukaan lukien alku-, väli- ja lopputestit. Alkutestit tehtiin viikolla 10, välitestiä viikolla 16 ja lopputestit ajoittuivat viikolle 21. Tutkimuksen aikataulu kokonaisuudessaan on

esitetty kuvassa 4. Kaikki testimittaukset tehtiin samaan aikaan vuorokaudesta: InBody ja verinäytteet klo 6.00-7.30, voimamittaukset ja lihaskuntotestit klo 9.00-11.15.

KALENTERI 2016

2016	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Ma	Ti						
TAMMI					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
HELMI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29							
MAALIS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31				
HUHTI					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
TOUKO						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
KESÄ			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30				

P-KAUSI ■
 E-KAUSI ■
 J-KAUSI ■
 TESTIT ■

KUVA 4. Tutkimuksen aikataulu.

8.3 Harjoittelu

Tutkimukseen liittyvä harjoittelu toteutettiin ryhmittäin E- ja J-kausilla viikko-ohjelman mukaisesti liikuntakoulutukseen varattuna aikana. Saapumiserän varusmiehet jaettiin neljään jääkärijoukkueensa mukaiseen ryhmään (voimaharjoittelu, kestävyys- ja sotilaan lajiharjoittelu, normaali liikuntakoulutus). Voima-, kestävyys ja sotilaan lajiharjoitteluryhmissä jokaisella koulutuskaudella oli oma progressiivisesti etenevä harjoitteluohjelmansa. Tässä pro gradu -tutkielmassa keskitytään kuitenkin vain voima- ja kontrolliryhmään (normaalia liikuntakoulutusta suorittavaan ryhmään) ja näiden välisiin eroihin. Sekä voima- että kontrolliryhmä harjoitteli 2-3 kertaa viikossa (kuvat 5 ja 6) lukuun ottamatta viikkoja, jolloin varusmiehet olivat taisteluharjoituksissa. Ampumaharjoitusviikoille oli käytännön syistä ajoitettu kesto- ja voimamittaukset, jotka toteutettiin maastossa kehon omalla painolla tai joukkuetoveria apuna käyttäen. Muu harjoittelu tapahtui kasarmialueella sijaitsevalla kuntosalilla, osittain kouluttajan valvonnassa. Voimaryhmän harjoittelu sisälsi kesto-, perus- ja maksimivoimamittauksista voimaharjoittelua (kuva 5). Kontrolliryhmän harjoittelu koostui puolestaan joukkuepeleistä sekä kestävyys- ja lihaskuntoharjoittelusta (kuva 6). Molemmille ryhmille kertyi 12 viikon jakson aikana 20 harjoituskertaa.

VOIMA							
vk	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
10		Testit					
11	Kestovoima		Perusvoima		Perusvoima		
12	Perusvoima			Kestovoima		Kestovoima	
13		Perusvoima		Maksimivoima		Perusvoima	
14	Perusvoima		Maksimivoima		Perusvoima		
15							
16	Testit				Pikamarssi		
17		Kestovoima		Kestovoima		Maksimivoima	
18							
19	Maksimivoima		Perusvoima		Maksimivoima		
20		Kestovoima		Kestovoima			
21	Testit				Pikamarssi		

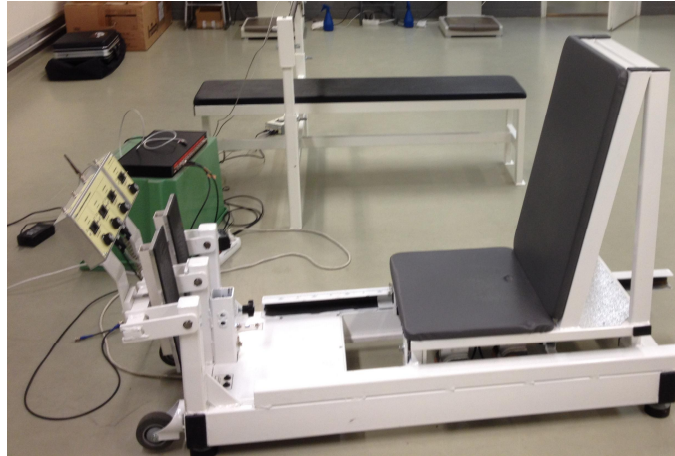
KUVA 5. Voimaryhmän harjoittelujakson rakentuminen.

KONTROLLI							
vk	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
10					Testit		
11	Pelit		Lihaskunto		Kestävyys		
12	Pelit			Lihaskunto		Kestävyys	
13		Pelit		Lihaskunto		Kestävyys	
14	Pelit		Lihaskunto		Kestävyys		
15							
16				Testit	Pikamarssi		
17		Pelit		Lihaskunto		Kestävyys	
18							
19	Pelit		Lihaskunto		Kestävyys		
20		Pelit		Pelit			
21				Testit	Pikamarssi		

KUVA 6. Tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavan ryhmän harjoittelujakson rakentuminen.

8.4 Mittausmenetelmät

Maksimaalinen lihasvoima. Alaraajojen ojentajalihasten bilateraalinen maksimaalinen tahdonalainen isometrinen voimantuotto mitattiin jalkadynamometrissa (Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, Jyväskylä) (kuva 7). Testissä käytettiin 107° polvikulmaa, koska tämän tiedetään tutkimusten perusteella olevan polven ojentajalihasten suurinta voimaa tuottava nivelkulma. Suorituksessa testattavan ristiselkä oli kiinni selkänojassa, kädet tukevasti kädensijoissa ja takamus ei saanut nousta suorituksen aikana penkistä. Voimalevyn tuli olla pystyasennossa ja levyä painettiin koko jalkapohjalla. Ennen testiä testaaja säätö istuinpenkin ja voimalevyn etäisyyden kohdilleen, mittasi testattavan polvikulman goniometrillä sekä ohjeisti testattavalle testin suoritustekniikan. Testattava sai tehdä kevyen kokeilusuorituksen ennen varsinaista testiä. Komennolla PAINA testattava aloitti tuottamaan voimaa niin paljon ja niin nopeasti kuin mahdollista. Voimantuotto jatkui maksimaalisena 3-4 sekuntia, minkä jälkeen testattava lopetti suorituksen. Virallisia testisuorituksia oli kaksi, joista lopulta paremman tulos kirjattiin vahvistimen näytöltä tulokseksi kilogrammoina. Suoritusten välissä oli noin 1-2 minuuttia lepoaikaa. (Ahtiainen & Häkkinen 2010.)



KUVA 7. Jalkadynamometri.

Olkavarren ojentajalihasten, olkapään ja rintalihasten maksimaalista isometristä voimaa mitattiin vastaavasti isometrisellä penkkipunnerruksella (Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, Jyväskylä). Suoritusasento vakioitiin siten, että oteleveyttä muuttamalla kyynärnivelet asetettiin 90° kulmaan kyynärpäiden ollessa tangon alla, selkä sai olla hieman kaarella ja jalkapohjat olivat tukevasti lattialla (kuva 8). Takamuksen tuli pysyä kiinni penkissä koko suorituksen ajan. Jalkadynamometrin tavoin testaaja ohjeisti testattavalle suoritustekniikan, minkä jälkeen tehtiin kevyt kokeilu ennen virallisia testisuorituksia. Komennolla PAINA testattava tuotti voimaa maksimaalisesti noin 3-4 sekunnin ajan. Virallisia suorituksia oli kaksi, joista parempi kirjattiin tulokseksi kilogrammoina. Suoritusten välinen lepoaika oli noin 1-2 minuuttia. (Ahtiainen & Häkkinen 2010.)



KUVA 8. Isometrinen penkkipunnerrus.

Molemmissa maksimaalisen lihasvoiman testeissä oli alku-, väli- ja loppumittausten yhteydessä samat testaajat. Lisäksi testeissä oli tietokoneenkoneen käyttäjä, joka johti testien kulkua sekä tallensi voimasignaalit voima-analyysi –ohjelmaan. Jokaista testattavaa motivoitiin kannustamalla (”paina, paina, paina...”) kaikilla maksimaalisen isometrisen voiman mittauskerroilla.

Lihaskestävyys. Hartian alueen lihasten ja käsivarren ojentajalihasten dynaamista lihaskestävyyttä sekä liikettä tukevien vartalon lihasten staattista kestävyyttä mitattiin yhden minuutin etunojapunnerrustestillä (ACSM 2013) (kuva 9). Käsien tuli olla hartioiden leveydellä, sormet eteenpäin osoittaen. Yläasennossa vartalo oli suorana, kyynärnivelet ojennettiin täysin suoraksi ja jalat olivat enintään lantion leveydellä. Ala-asennossa olkavarsien tuli olla vaakatasossa ja peukaloiden oli yllättävä koskettamaan olkapäitä. Yksi toisto täyttyi kun ala-asennosta palattiin yläasentoon.



KUVA 9. Etunojapunnerrus.

Vartalon koukistajalihasten dynaamista lihaskestävyyttä mitattiin yhden minuutin istumaannousutestillä (ACSM 2013). Suorituksen lähtö tapahtui selinmakuulta polvikulman ollessa noin 90 astetta. Testi tehtiin pareittain, jolloin toinen varusmiehistä tuki testattavaa nilkoista. Sormet olivat pään takana ristissä. Ala-asennosta nouduttiin istumaan, jolloin kyynärpäiden tuli koskettaa polvia. Ala-asennossa lapaluiden alaosaan tuli koskettaa lattiaa. Yksi toisto täyttyi kun kyynärpäät olivat koskettaneet polvia ja testattava oli palannut takaisin ala-asentoon.

Räjähävä voima. Alaraajojen räjähtävää voimantuottoa mitattiin vauhdittomalla pituushypyillä sekä vertikaalihyppytestillä. Vauhditon pituushyppy suoritettiin luistamattomalla alustalla niin, että lähtöasennossa jalat olivat rinnakkain ponnistusviivan takana. Ponnistusasennosta vauhtia otettiin polvia koukistamalla sekä käsiä heilauttamalla hypäten samanaikaisesti mahdollisimman pitkälle. Alastulo tapahtui tasajaloin ja tulokseksi merkittiin matka ponnistusviivan etureunasta siihen kohtaan, mihin alastulossa takimmaisen jalan kantapää osui. Suorituksia tehtiin kolme, joista paras kirjattiin tulokseksi yhden senttimetrin tarkkuudella. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.)

Vertikaalihyppyistä suoritettiin kevennyshyppy, joka tehtiin painopisteen lentoajan mittaavalla kontaktimatolla (Newtest Oy, Suomi). Kevennyshypyssä tulokseen vaikuttavat konsentrisen voimantuottokyvyn lisäksi hermo-lihasjärjestelmän kyky hyödyntää konsentrista vaihetta edeltävää eksentrisen vaiheen esivenytystä. Kevennyshypyn alkuasennossa seistiin kontaktimatolla kädet vyötäröllä. Tästä asennosta kevennettiin nopeasti 90° kulmaan, minkä jälkeen tehtiin välitön maksimaalinen ponnistus ylöspäin (kädet edelleen lanteilla, kuva 10). Alastulo tapahtui päkiöille polvet suorina. Testisuorituksia tehtiin kaksi, joista paras kirjattiin tulokseksi. (Ahtiainen & Häkkinen 2007.) Vertikaalihyppytestit ovat toteutukseltaan melko yksinkertaisia ja hyvin toistettavia. Kevennyshypyssä kahden peräkkäisen testin korrelaatioksi on havaittu noin 0,95 ja variaatiokertoimeksi 4-5 %. Myös päivävaihtelu on erittäin vähäistä. (Kyröläinen 2007.)



KUVA 10. Kevennyshyppy.

Kehonkoostumus. Tutkittavien kehonkoostumus mitattiin bioimpedanssilaitteella (InBody 720 Biospace, Etelä-Korea). Kehon pituuden ja painon perusteella laskettiin kehon painoindeksi (BMI). Antropometriset mittaukset suoritettiin aamuisin ennen ruokailua yön yli kestäneen paaston jälkeen. Ennen jokaisen tutkittavan mittaamista laitteen kahvat ja jalkasijat puhdistettiin desinfiointiaineella. InBody –laitteen avulla arvioitiin varusmiesten kehonpaino (kg), lihasmassa (kg), rasvaton kehon massa (kg) ja rasvaprosentti (%).

Biokemialliset mittaukset. Sotilaan eri harjoitusohjelmien kuormittavuutta seurattiin mittaamalla hormonitasojen (TES, COR, SHBG) muutoksia veren seerumissa. Verinäytteet otti koulutettu sairaanhoitaja tai lääkäri, aamuisin vähintään 10 tunnin paaston jälkeen. Biokemialliset näytteet pakastettiin väliaikaista säilytystä varten ja kuljetettiin analysoitavaksi Jyväskylän yliopistoon. Hormonipitoisuudet analysoitiin kemiluminometrisellä immunologisella analyysimenetelmällä (Immulate 2000 XPi, Siemens Healthcare Diagnostics Products Ltd., Iso-Britannia). Seerumin kokonaistestosteronin analyttinen herkkyys oli 0.5 nmol/l ja kortisolin 5.5 nmol/l. Immulate 2000 XPi:n mittauskertojen välinen vaihteluväli testosteronin osalta on 9,5 % (18nmol/l) ja kortisolin osalta 7,0 % (437nmol/l). Analysaattoreiden välinen vaihteluväli on puolestaan testosteronin kohdalla 10,9 % (11nmol/l) ja kortisolin kohdalla 5,9 % (845nmol/l).

Vapaa ja biosaatava testosteroni. Vapaan ja biosaatavan testosteronin laskemiseen käytettiin Free & Bioavailable Testosterone calculatoria. Laskukaava arvioi vapaan ja biosaatavan testosteronin pitoisuudet seerumista mitattujen kokonaistestosteroni- ja SHBG –pitoisuuksien perusteella. Kaavassa albumiinille käytetään vakiopitoisuutta 4.3g/dl. (ISSAM 2017.)

8.5 Tilastollinen analyysi

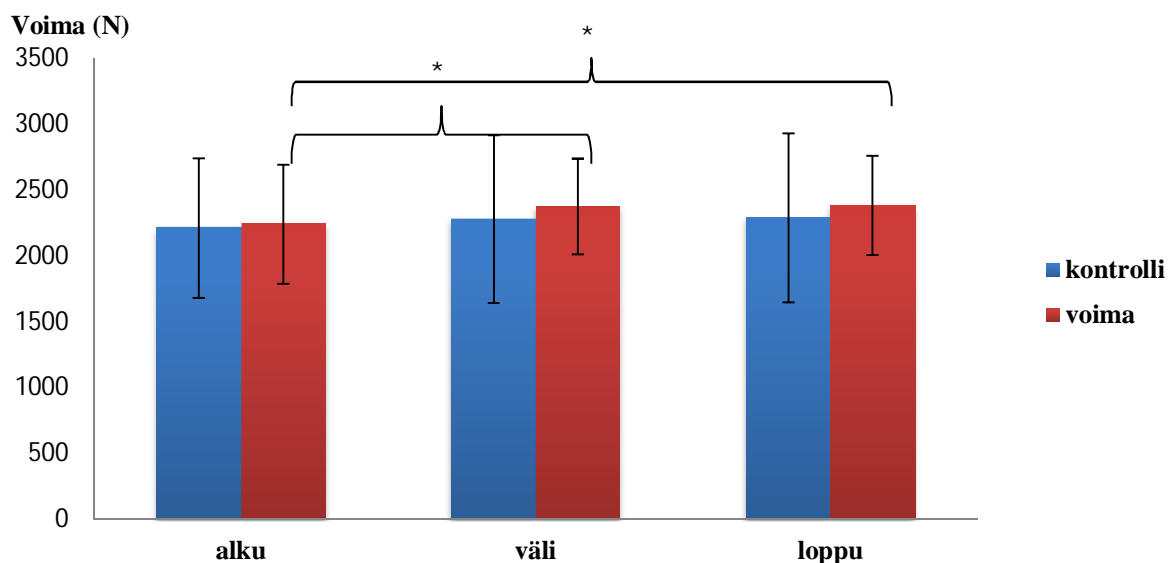
Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 23.0 –ohjelmalla (Statistical Package for Social Sciences) maaliskuussa 2017. Muuttujien normaalijakautuneisuus testattiin Shapiro-Wilk –testillä ($n < 50$). Kaikki muuttujat olivat otoskeskiarvojen mukaan normaalisti jakautuneita. Alussa aineiston kuvailemiseen käytettiin kuvailevia tunnuslukuja (keskiarvo \pm keskihajonta, minimi, maksimi). Aineiston koko oli alle 30, minkä vuoksi tilastollisissa analyyseissä tehtiin parametrittomat testit. Koe- ja kontrolliryhmän väliset erot muuttujien eri mittauspisteissä (alku-, väli- ja loppumittaukset) testattiin Mann-Whitneyn U-testillä

(keskiarvotesti). Mann-Whitneyn testi sopii sekä normaalisti että ei-normaalisti jakautuneille aineistolle ja otoksen koko voi olla jopa alle 8. Wilcoxonin testiä käytettiin ryhmien sisäisten erojen tarkastelemiseksi eri mittauspisteiden välillä. Kyseinen testi sopii normaalijakautuneiden pienten ($n < 30$) aineistojen testaamiseksi. Hermo-lihasjärjestelmän suorituskyvyn osatekijöiden, kehonkoostumuksen ja mittapisteiden välillä veressä tapahtuvien muutosten yhteydet testattiin Spearmanin korrelaatiotestillä. Tulosten tilastollisen merkitsevyyden kuvaamiseksi käytettiin seuraavia symboleja: merkitsevä: * $0.01 < p \leq 0.05$, hyvin merkitsevä: ** $0.001 < p \leq 0.01$ sekä erittäin merkitsevä: *** $p \leq 0.001$.

9 TULOKSET

9.1 Muutokset maksimivoimassa

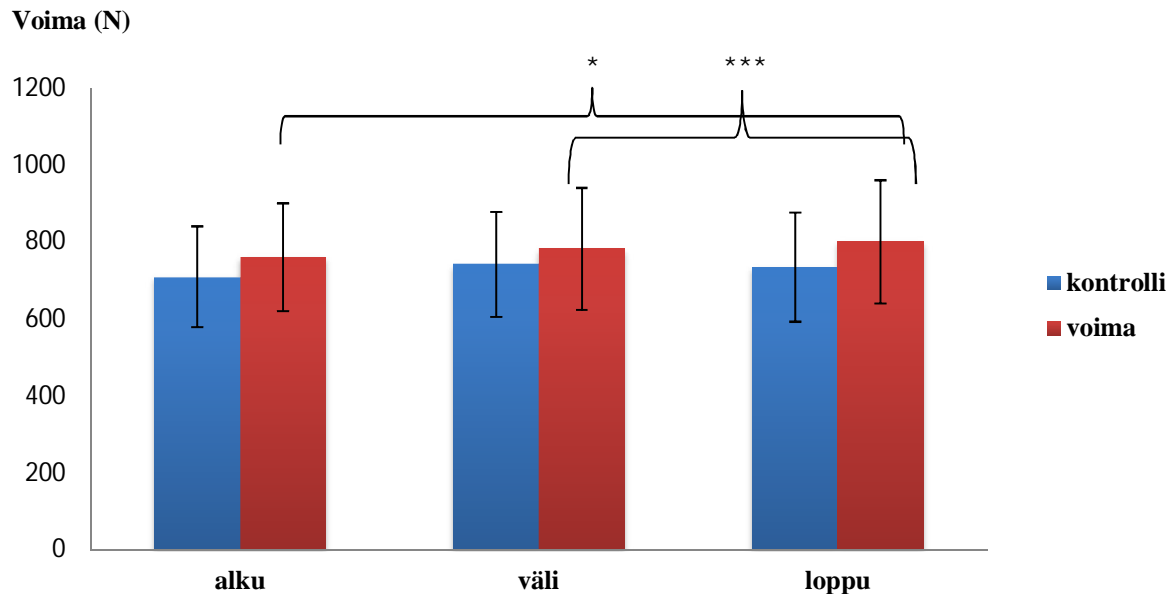
Voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa alaraajojen isometrisessä voimantuotossa missään mittauspisteessä (kuva 11). Voimaryhmän alaraajojen ojentajalihasten maksimaalisen isometrisen voimantuoton keskiarvotulos oli alkumittauksissa 2240 ± 452 N ja kontrolliryhmän 2210 ± 531 N, välimittauksissa 2373 ± 364 N ja 2277 ± 637 N ja loppumittauksissa 2382 ± 375 N ja 2288 ± 641 N. Voimaryhmän sisällä alaraajojen voimantuotto kasvoi progressiivisesti ja tilastollisesti merkitsevää eroa havaittiin alku- ja välimittauksen välillä ($p < 0.05$) sekä alku- ja loppumittauksen välillä ($p < 0.05$). Kontrolliryhmän sisällä mittauspisteiden välillä ei ollut merkitsevää muutosta. Voimaryhmän alku- ja loppumittausten välinen muutos oli 6,3 % ja vastaava kontrolliryhmän muutos oli 3,5 %.



KUVA 11. Ryhmien välinen ero alaraajojen isometrisessä voimantuotossa alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$).

Voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa myöskään isometrisessä penkkipunnerruksessa missään mittauspisteessä (kuva 12). Voimaryhmän isometrisen penkkipunnerruksen keskiarvotulos oli alkumittauksissa 761 ± 140 N ja kontrolliryhmän 710 ± 131 N, välimittauksissa 782 ± 159 N ja 742 ± 136 N ja

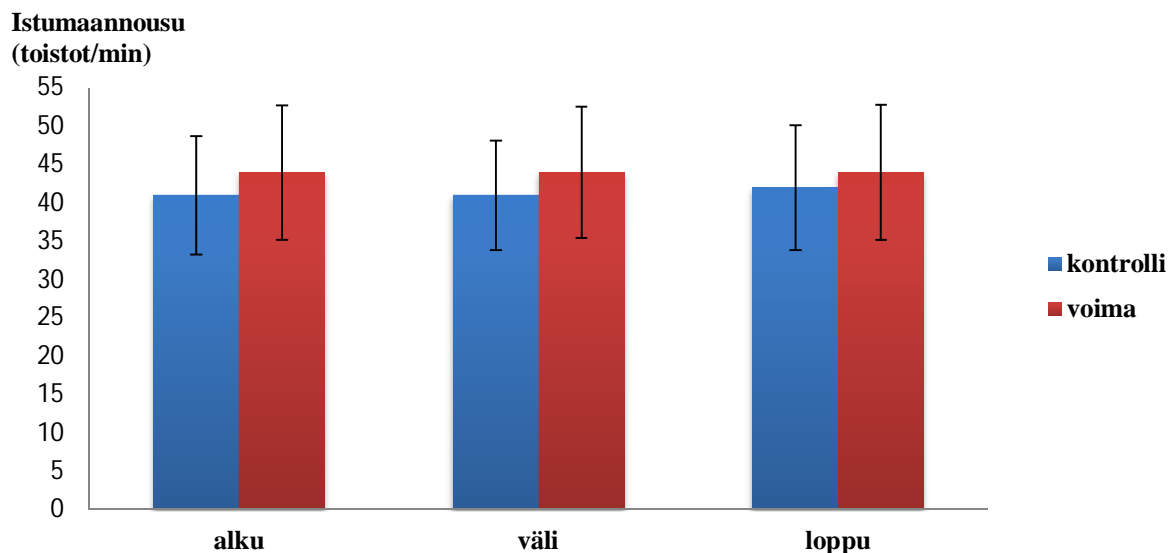
loppumittauksissa 801 ± 160 N ja 735 ± 142 N. Voimaryhmän sisällä isometrisen penkkipunnerruksen keskiarvotulos kasvoi tilastollisesti erittäin merkitsevästi väli- ja loppumittauksen välillä ($p < 0.001$) sekä tilastollisesti merkitsevästi alku- ja loppumittauksen välillä ($p < 0.05$). Kontrolliryhmän sisällä mittauspisteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää muutosta. Voimaryhmän alku- ja loppumittausten välinen muutos oli 5,3 % ja vastaava kontrolliryhmän muutos oli 3,5 %.



KUVA 12. Ryhmien välinen ero isometrisessä penkkipunnerruksessa alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

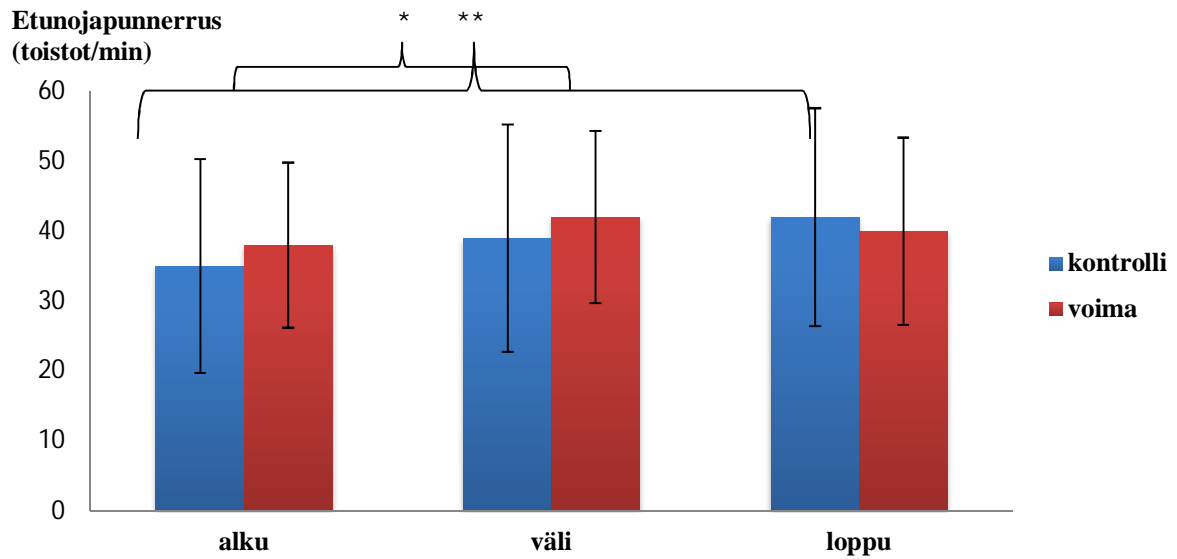
9.2 Muutokset kestovoimassa

Voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa vartalon koukistajalihasten dynaamista lihaskestävyyttä mittaavassa yhden minuutin istumaannousutestissä missään mittauspisteessä (kuva 13). Voimaryhmän istumaannousujen keskiarvotulos oli alkumittauksissa 44 ± 9 toistoa ja kontrolliryhmän 41 ± 8 toistoa, välimittauksissa 44 ± 9 toistoa ja 41 ± 7 toistoa ja loppumittauksissa 44 ± 9 toistoa ja 42 ± 8 toistoa. Kummankaan ryhmän sisällä mittauspisteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä muutoksia.



KUVA 13. Ryhmien välinen ero yhden minuutin istumaannousutestissä alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$).

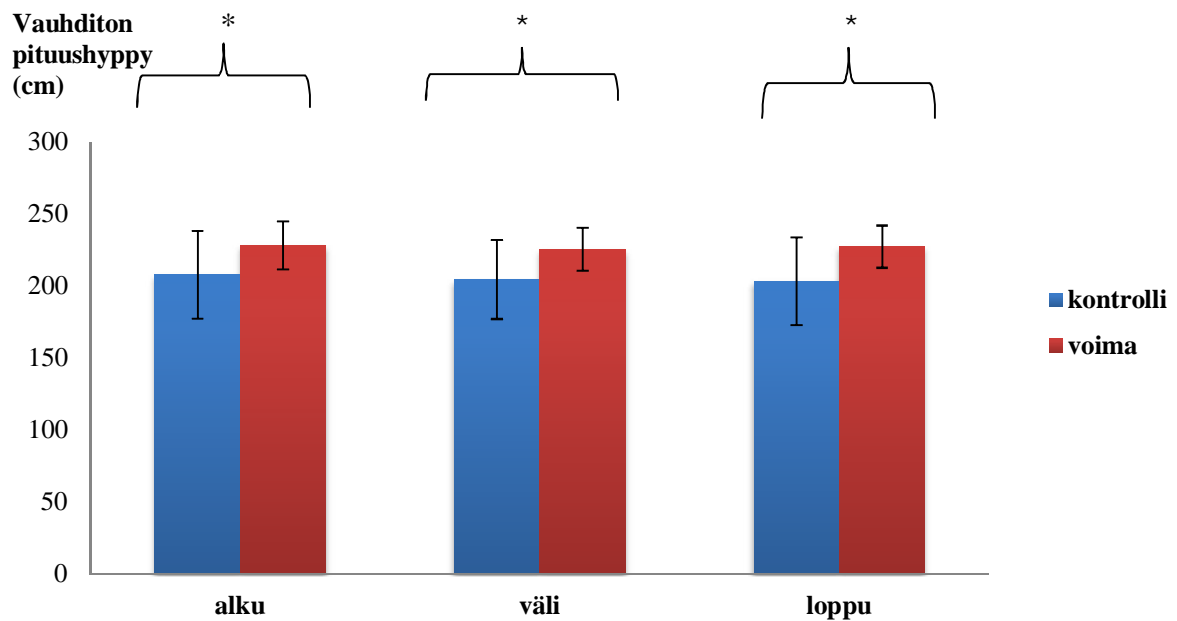
Voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa myöskään yhden minuutin etunojapunnerrustestissä missään mittauspisteessä (kuva 14). Voimaryhmän yhden minuutin etunojapunnerrustestin keskiarvotulos oli alkumittauksissa 38 ± 12 toistoa ja kontrolliryhmän 35 ± 15 toistoa, välimittauksissa 42 ± 12 toistoa ja 39 ± 16 toistoa ja loppumittauksissa 40 ± 13 toistoa ja 42 ± 16 toistoa. Voimaryhmän sisällä etunojapunnerruksen keskiarvotulos kasvoi tilastollisesti merkitsevästi alku- ja välimittauksen välillä ($p < 0.05$). Kontrolliryhmän sisällä keskiarvotulos kasvoi tilastollisesti hyvin merkitsevästi alku- ja loppumittauksen välillä ($p < 0.01$). Voimaryhmän alku- ja loppumittausten välinen muutos oli 5,2 % ja vastaava kontrolliryhmän muutos oli 20 %.



KUVA 14. Ryhmien välinen ero yhden minuutin etunojapunnerrustestissä alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

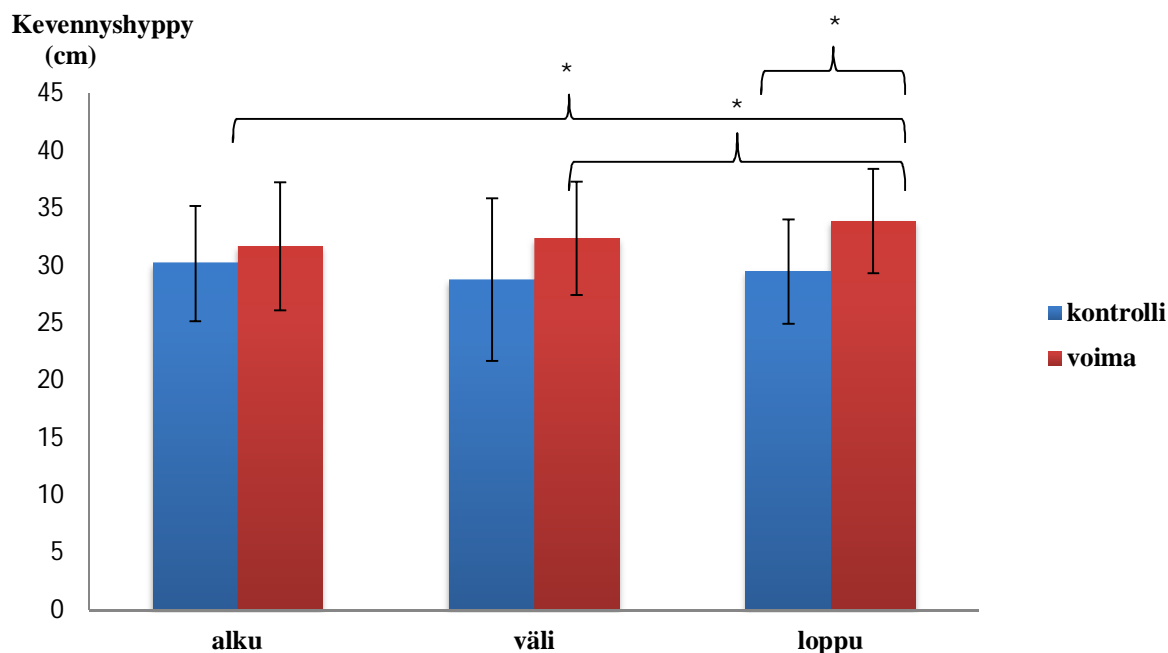
9.3 Muutokset nopeusvoimassa

Kaikissa mittauspisteissä voima- ja kontrolliryhmän välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero vauhdittoman pituushypyn osalta ($p < 0.05$) (kuva 15). Voimaryhmän vauhdittoman pituuden keskiarvotulos oli alkumittauksissa $228,4 \pm 16,8\text{cm}$ ja kontrolliryhmän $208 \pm 30,4\text{cm}$, välimittauksissa $225,7 \pm 15,0\text{cm}$ ja $204,6 \pm 27,4\text{cm}$ ja loppumittauksissa $227,5 \pm 14,7\text{cm}$ ja $203,4 \pm 30,5\text{cm}$. Ryhmien välinen ero alkumittauksissa oli 8,9 %, välimittauksissa 9,3 % ja loppumittauksissa 10,6 %. Vauhdittoman pituushypyn osalta molempien ryhmien sisällä havaittiin progressiivista laskua, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Kontrolliryhmän alku- ja loppumittausten välinen muutos oli 2,2 % ja vastaava voimaryhmän muutos oli 0,4 %.



KUVA 15. Ryhmien välinen ero vauhdittomassa pituushypyssä alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$).

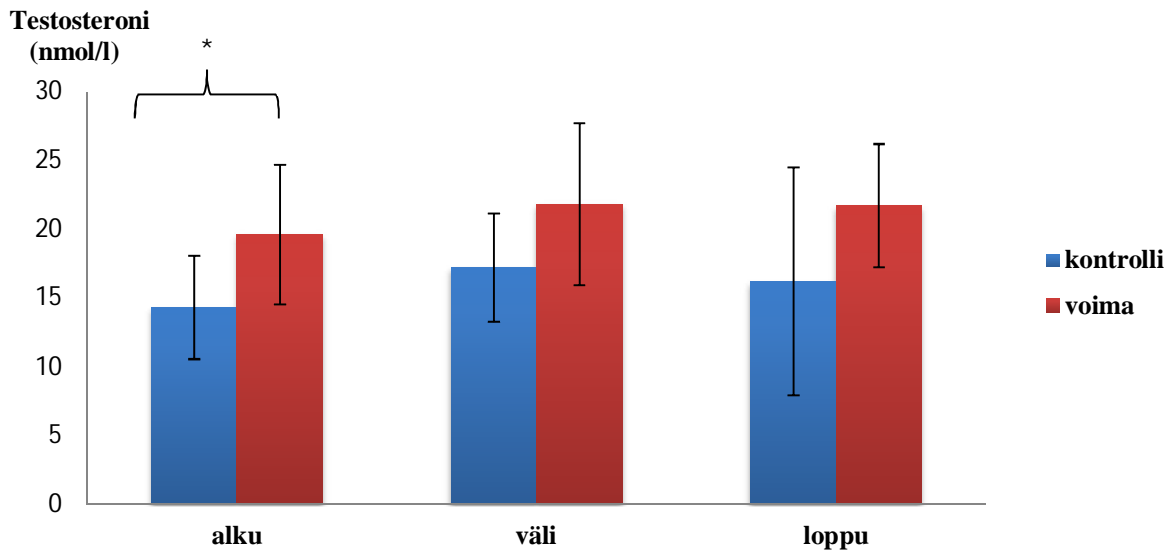
Kevennyshypyssä tilastollisesti merkitsevää eroa ryhmien välillä havaittiin loppumittauksessa ($p < 0.05$) (kuva 16). Voimaryhmän keskiarvotulos loppumittauksissa oli $33,9 \pm 4,5$ cm ja kontrolliryhmän $29,5 \pm 4,5$ cm. Näin ollen ryhmien välinen ero loppumittauksissa oli 13 %. Alku- ja loppumittauksissa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kevennyshypyssä. Voimaryhmän sisällä tilastollisesti merkitsevää eroa oli väli- ja loppumittausten välillä (muutos 4,6 %, $p < 0.05$) sekä alku- ja loppumittausten välillä (muutos 6,9 %, $p < 0.05$). Kontrolliryhmän sisällä mittauspisteiden välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa, muutos alku- ja loppumittausten välillä oli 2,3 %.



KUVA 16. Ryhmien välinen ero kevennyshypyssä alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$).

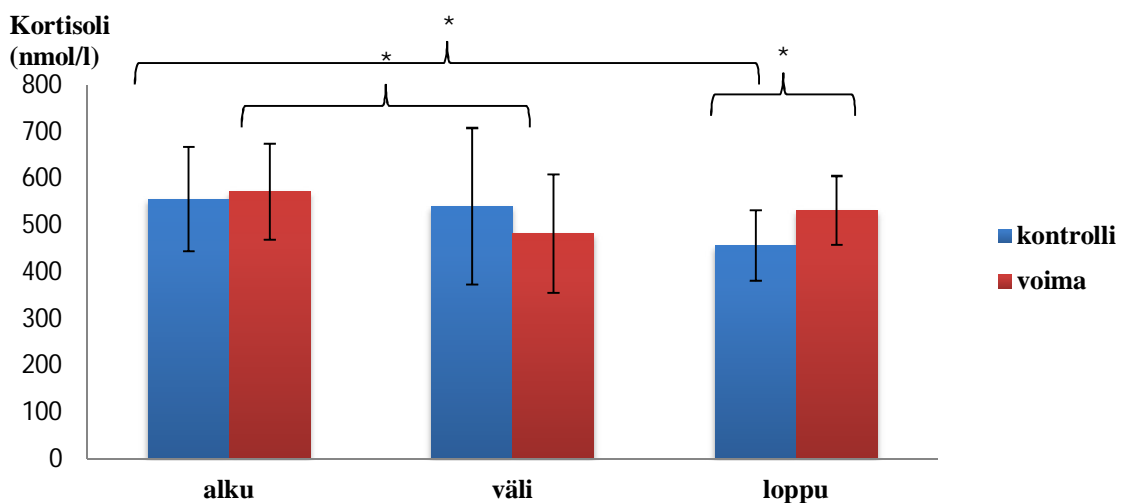
9.4 Muutokset hormonitoiminnassa

Testosteronipitoisuudet saatiin mitattua 24 varusmieheltä (voimaryhmä $n=18$, kontrolli $n=6$). Testosteronipitoisuudessa voima- ja kontrolliryhmän välillä alkumittauksessa oli merkitsevä ero ($p < 0.05$), mutta väli- ja loppumittauksessa eroa ei ollut (kuva 17). Voimaryhmän testosteronipitoisuuden keskiarvo oli alkumittauksissa $19,6 \pm 5,1 \text{ nmol/l}$ ja kontrolliryhmän $14,3 \pm 3,8 \text{ nmol/l}$, välimittauksissa $21,8 \pm 5,9 \text{ nmol/l}$ ja $17,2 \pm 3,9 \text{ nmol/l}$ ja loppumittauksissa $21,7 \pm 4,5 \text{ nmol/l}$ ja $16,2 \pm 8,3 \text{ nmol/l}$. Ryhmien välinen ero alkumittauksissa oli 27 %, välimittauksissa 21,1 % ja loppumittauksissa 25,3 %. Testosteronin osalta ryhmien sisällä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä. Molemmissa ryhmissä havaittiin lievää testosteronipitoisuuden nousua alku- ja loppumittausten välillä. Kontrolliryhmän alku- ja loppumittausten välinen muutos oli 13,3 % ja vastaava voimaryhmän muutos oli 10,7 %.



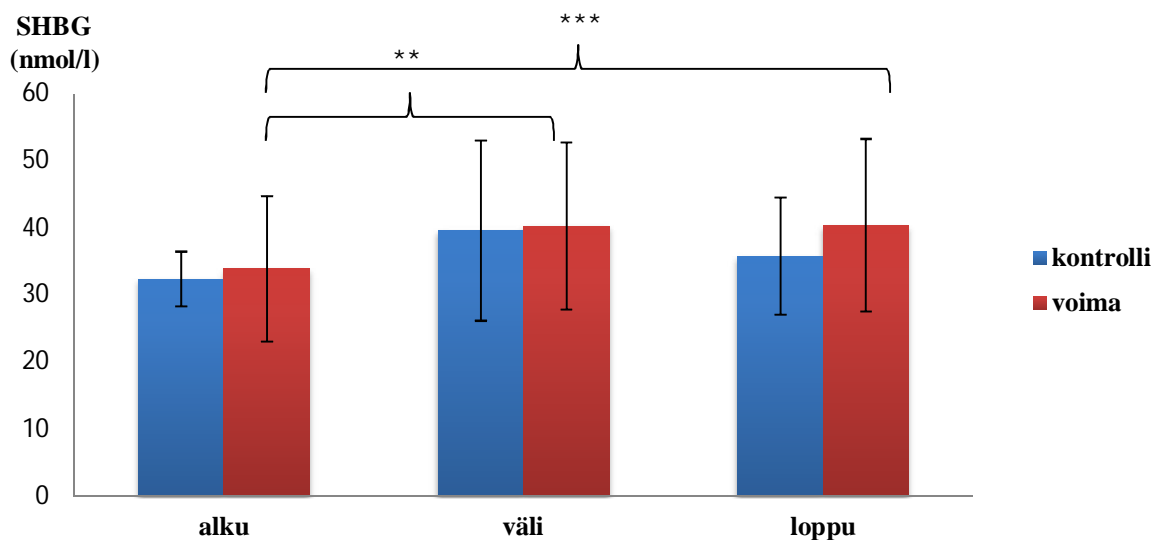
KUVA 17. Testosteronipitoisuuden muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (*p<0.05).

Kortisolipitoisuudessa voima- ja kontrolliryhmän välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero loppumittauksessa (p<0.05), alku- ja välimittauksessa tilastollisesti merkitsevää eroa ei ollut (kuva 18). Voimaryhmän kortisolipitoisuuden keskiarvo oli alkumittauksissa 572 ± 102 nmol/l ja kontrolliryhmän 556 ± 112 , välimittauksissa 483 ± 127 nmol/l ja 541 ± 168 nmol/l ja loppumittauksissa 532 ± 74 nmol/l ja 456 ± 75 nmol/l. Ryhmien välinen ero alkumittauksissa oli 2,8 %, välimittauksissa 10,8 % ja loppumittauksissa 14,2 %. Voimaryhmän sisällä kortisolipitoisuudessa havaittiin tilastollisesti merkitsevää eroa alku- ja välimittausten välillä (p<0.05). Kontrolliryhmän sisällä mittauspisteiden välillä havaittiin progressiivista laskua ja merkitsevää eroa oli alku- ja loppumittausten välillä (p<0.05). Voimaryhmän alku- ja loppumittausten välinen muutos oli 7 % ja vastaava kontrolliryhmän muutos oli 17,9 %.



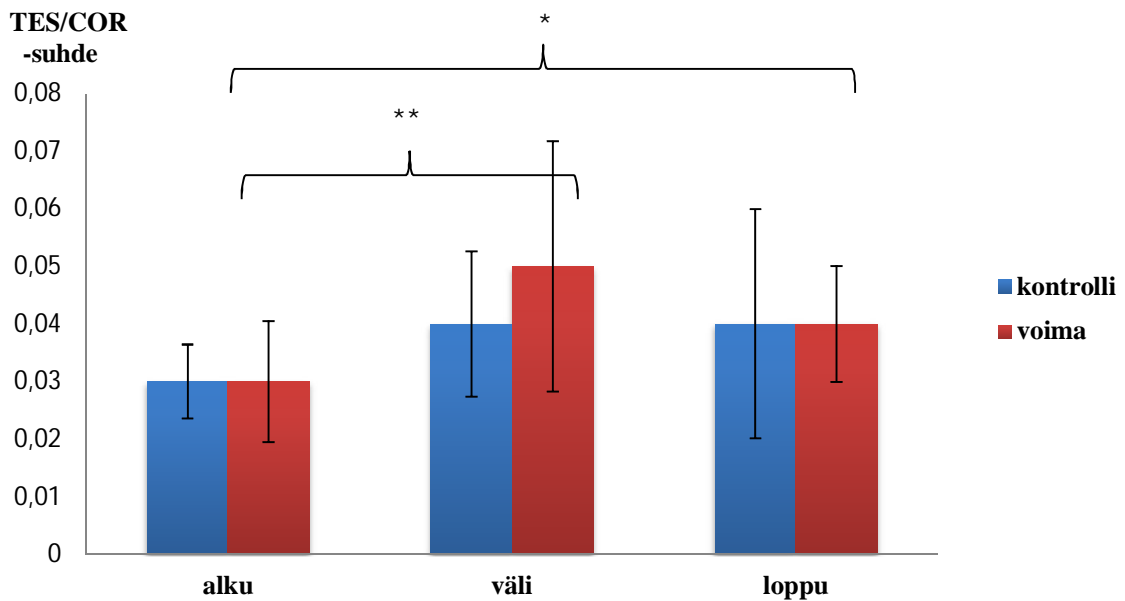
KUVA 18. Kortisolipitoisuuden muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (*p<0.05).

Voimaryhmän koehenkilöiden osalta SHBG-proteiinin pitoisuus saatiin mitattua alku- ja loppumittauksissa 19 varusmieheltä ja välimittauksissa 18 varusmieheltä. SHBG-pitoisuudessa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä (kuva 19). Voimaryhmän SHBG-pitoisuuden keskiarvotulos oli alkumittauksissa $33,9 \pm 10,9$ nmol/l ja kontrolliryhmän $32,4 \pm 4,1$ nmol/l, välimittauksissa $40,3 \pm 12,4$ nmol/l ja $39,6 \pm 13,5$ nmol/l ja loppumittauksissa $40,4 \pm 12,9$ nmol/l ja $35,8 \pm 8,7$ nmol/l. Voimaryhmän sisällä SHBG-pitoisuus kasvoi tilastollisesti hyvin merkitsevästi alku- ja välimittauksen välillä ($p < 0.01$) sekä tilastollisesti erittäin merkitsevästi alku- ja loppumittauksen välillä ($p < 0.001$). Voimaryhmän alku- ja välimittausten välinen muutos oli 18,9 % ja alku- ja loppumittausten välinen muutos 19,2 %. Kontrolliryhmän sisällä vastaavia eroja ei havaittu missään mittauspisteessä.



KUVA 19. SHBG-pitoisuuden muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

TES/COR -suhde saatiin mitattua 24 varusmieheltä (voimaryhmä $n=18$, kontrolli $n=6$). TES/COR -suhteessa voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä (kuva 20). Voimaryhmän TES/COR -suhteen keskiarvo oli alkumittauksissa $0,03 \pm 0,01$ ja kontrolliryhmän $0,03 \pm 0,01$, välimittauksissa $0,05 \pm 0,02$ ja $0,04 \pm 0,01$ ja loppumittauksissa $0,04 \pm 0,01$ ja $0,04 \pm 0,02$. Voimaryhmän sisällä suhde kasvoi tilastollisesti hyvin merkitsevästi ($p < 0.01$) alku- ja välimittauksen välillä ja tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$) alku- ja loppumittauksen välillä. Voimaryhmän alku- ja välimittausten välinen muutos oli 66,7 % ja alku- ja loppumittausten välinen muutos 33,3 %. Kontrolliryhmän sisällä vastaavia eroja ei havaittu missään mittauspisteessä.



KUVA 20. TES/COR -suhteen muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

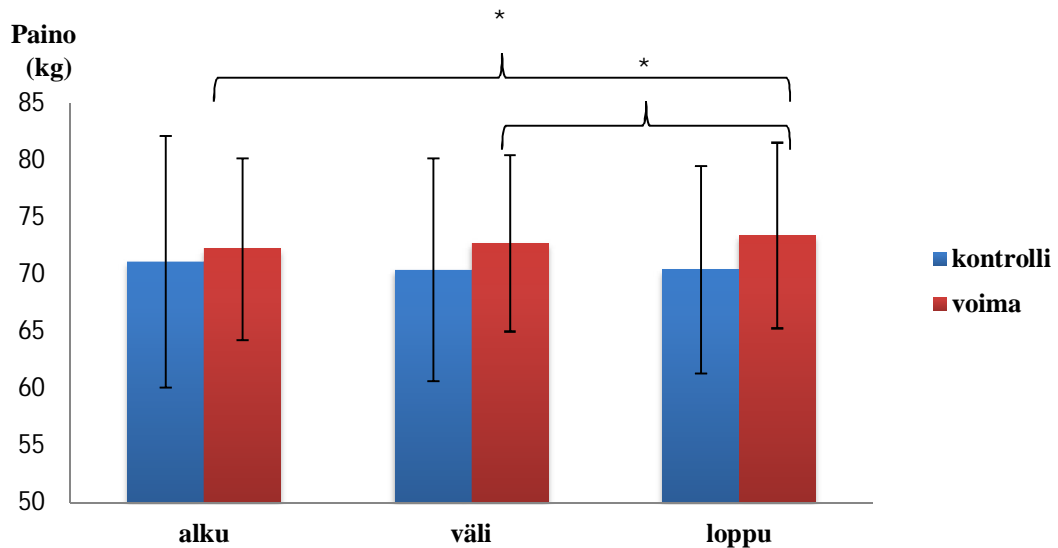
Vapaa androgeenin indeksi (FAI=TES/SHBG) saatiin laskettua 23 varusmieheltä (voimaryhmä $n=17$, kontrolli $n=6$). TES/SHBG -suhteessa voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä. Ryhmien sisällä ainoa tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$) oli kontrolliryhmällä, jolla alku- ja välimittauksen välinen suhde kasvoi 15,6 %. Kontrolliryhmän kohdalla pitää kuitenkin huomioida otoksen pieni koko. Voimaryhmän sisällä tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu missään mittauspisteessä.

Vapaa sekä biosaatava testosteroni saatiin laskettua 23 varusmieheltä (voimaryhmä $n=17$, kontrolli $n=6$). Näissä voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä. Myöskään kummankaan ryhmän sisällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja missään mittauspisteessä.

9.5 Muutokset kehonkoostumuksessa

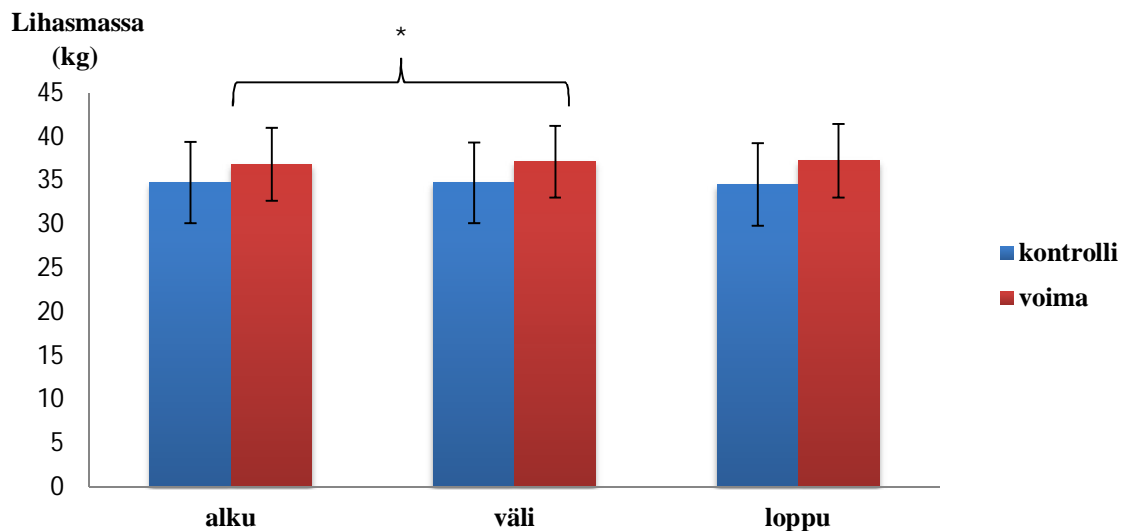
Voimaryhmän koehenkilöiden osalta kehonpaino saatiin mitattua kaikissa mittauspisteissä 18 varusmieheltä. Kehonpainon osalta ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä (kuva 21). Voimaryhmän painon keskiarvo oli alkumittauksissa $72,2 \pm 7,9$ kg ja kontrolliryhmän $71,1 \pm 11$ kg, välimittauksissa $72,7 \pm 7,7$ kg ja $70,4 \pm 9,8$ kg ja

loppumittauksissa $73,4 \pm 8,1\text{kg}$ ja $70,4 \pm 9,1\text{kg}$. Voimaryhmän sisällä kehonpainossa havaittiin pieni, mutta tilastollisesti merkitsevä kasvu väli- ja loppumittauksen välillä ($p<0.05$) sekä alku- ja loppumittauksen välillä ($p<0.05$). Voimaryhmän väli- ja loppumittausten välinen muutos oli 1 % ja alku- ja loppumittausten välinen muutos 1,7 %. Kontrolliryhmän sisällä vastaavia eroja ei havaittu missään mittauspisteessä.



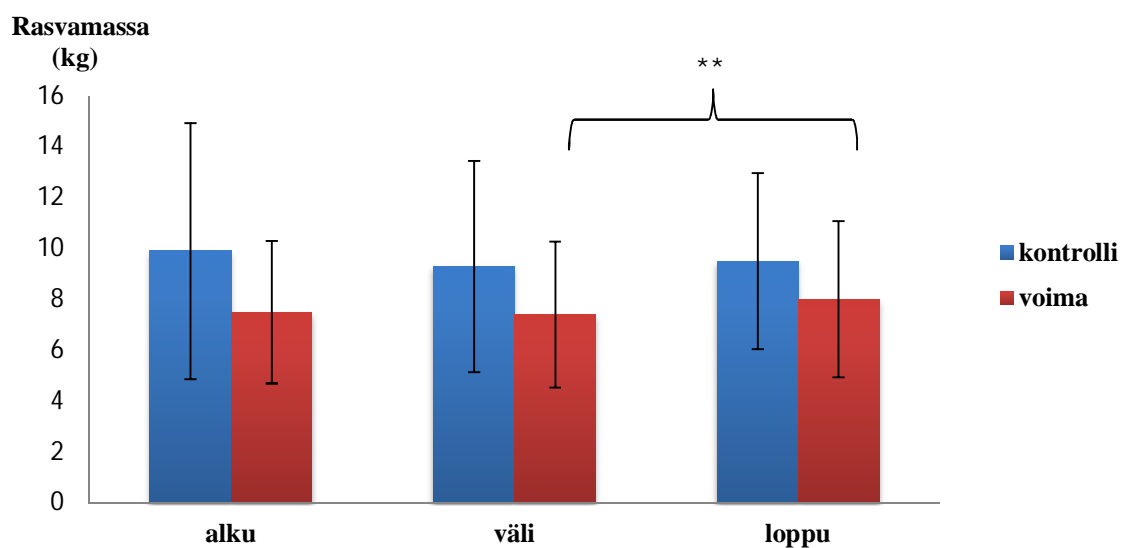
KUVA 21. Kehonpainon muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p<0.05$).

Lihasmassan määrässä voima- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä (kuva 22). Voimaryhmän lihasmassan keskiarvotulos oli alkumittauksissa $36,9 \pm 4,2\text{kg}$ ja kontrolliryhmän $34,8 \pm 4,6\text{kg}$, välimittauksissa $37,2 \pm 4,1\text{kg}$ ja $34,8 \pm 4,6\text{kg}$ ja loppumittauksissa $37,3 \pm 4,2\text{kg}$ ja $34,6 \pm 4,7\text{kg}$. Voimaryhmän sisällä lihasmassan määrässä havaittiin pientä, mutta tilastollisesti merkitsevää kasvua alku- ja välimittausten välillä ($p<0.05$). Näiden mittauspisteiden välinen muutos oli 1 %. Muiden mittauspisteiden välillä tilastollisesti merkitsevää eroa ei ollut voima- eikä kontrolliryhmän osalta.



KUVA 22. Lihasmassan muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$).

Rasvamassan määrässä ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa missään mittauspisteessä (kuva 23). Voimaryhmän rasvamassan keskiarvo oli alkumittauksissa $7,5 \pm 2,8$ kg ja kontrolliryhmän $9,9 \pm 5$ kg, välimittauksissa $7,4 \pm 2,9$ kg ja $9,3 \pm 4,2$ kg ja loppumittauksissa $8 \pm 3,1$ kg ja $9,5 \pm 3,5$ kg. Voimaryhmän sisällä rasvamassan määrässä oli tilastollisesti hyvin merkitsevä ero väli- ja loppumittauksen välillä ($p < 0.001$). Näiden mittauspisteiden välinen nousu oli 8,1 %. Voimaryhmän alku- ja loppumittausten välinen nousu rasvamassan osalta oli 6,7 %, mutta tämä ei ollut tilastollisesti merkitsevä muutos. Kontrolliryhmän sisällä tilastollisesti merkitseviä eroja ei havaittu missään mittauspisteessä.



KUVA 23. Rasvamassan muutokset alku-, väli- ja loppumittauksissa (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$).

9.6 Fyysisen kunnon, kehonkoostumuksen ja hormonaalisten vasteiden yhteydet voimaryhmällä

Voimaryhmällä etunojapunnerrusten toistomaksimin muutos minuutin aikana oli tilastollisesti merkitsevästi negatiivisesti yhteydessä absoluuttiseen ($r = -0,48$, $p < 0,05$) ja prosentuaaliseen ($r = -0,48$, $p < 0,05$) testosteronipitoisuuden muutokseen (taulukko 2) alku- ja loppumittausten välillä. Muita p-arvoltaan tilastollisesti merkitseviä muutoksia hormonaalisten vasteiden osalta ei havaittu. Kuitenkin korrelaatiokertoimen mukaan kohtalaista positiivista riippuvuutta havaittiin myös kehonpainon muutoksen sekä testosteroni/SHBG -suhteen absoluuttisen ($r = 0,42$) ja prosentuaalisen ($r = 0,46$) muutoksen välillä. Lisäksi kohtalaista negatiivista riippuvuutta oli lihasmassan muutoksen sekä kortisolipitoisuuden absoluuttisen ($r = -0,40$) ja prosentuaalisen ($r = -0,39$) muutoksen välillä sekä etunojapunnerrusten ja TES/COR -suhteen absoluuttisen ($r = -0,34$) ja prosentuaalisen ($r = -0,40$) muutoksen välillä (taulukko 2).

TAULUKKO 2. Voimaryhmän fyysisen kunnan osa-alueiden ja kehonkoostumuksen yhteydet (Spearman, r) hormonaalisiin muutoksiin alku- ja loppumittausten välillä. ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05

	Testost eroni Δ	Testost eroni Δ%	Kortisoli Δ	Kortisoli Δ%	SHBG Δ	SHBG Δ%	Testost eroni/k ortisoli -suhde Δ	Testoster oni/korti soli - suhde Δ%	Testoste roni/SH BG - suhde Δ	Testost eroni/S HBG - suhde Δ%	Vapaa testoste roni Δ	Vapaa testost eroni Δ%	Biosa atava testost eroni Δ	Biosaatava testosteroni Δ%
Kehonpaino Δ	0,27	0,28	-0,33	-0,33	-0,16	-0,06	0,27	0,29	0,42	0,46	0,41	0,43	0,43	0,45
Lihasmassa Δ (kg)	0,02	0,04	-0,40	-0,39	-0,10	-0,08	0,25	0,19	0,24	0,26	0,19	0,22	0,24	0,23
Rasva Δ (kg)	0,11	0,10	0,10	0,11	-0,26	-0,07	-0,04	0,04	0,12	0,12	0,22	0,17	0,23	0,18
Kevennyshyppy Δ (cm)	-0,17	-0,18	-0,11	-0,07	0,00	0,03	-0,21	-0,17	-0,16	-0,15	-0,12	-0,06	-0,13	-0,07
Isometrinen penkkipunnerrus Δ (N)	-0,04	-0,01	-0,13	-0,14	0,02	-0,07	0,08	-0,01	0,14	0,13	0,04	0,06	0,06	0,08
Isometrinen alaraajojen voima Δ (N)	-0,17	-0,17	-0,06	-0,05	0,01	-0,05	-0,07	-0,01	-0,12	-0,06	-0,15	-0,09	-0,14	-0,09
Vauhditon pituushyppy Δ (cm)	0,05	0,05	-0,28	-0,21	-0,06	0,01	0,14	0,18	0,14	0,13	0,15	0,17	0,13	0,14
Vatsat Δ (toistot/min)	-0,26	-0,29	-0,04	-0,07	0,15	0,05	-0,12	-0,20	-0,13	-0,15	-0,26	-0,27	-0,23	-0,24
Punnerrukset Δ (toistot/min)	-0,48*	-0,48*	0,05	0,07	0,07	-0,04	-0,34	-0,40	-0,18	-0,19	-0,38	-0,35	-0,37	-0,34

Voimaryhmällä etunojapunnerrusten toistomaksimin muutos minuutin aikana oli myös tilastollisesti hyvin merkitsevästi yhteydessä absoluuttiseen ($r= 0,64$, $p<0.01$) ja prosentuaaliseen ($r= 0,68$, $p<0.01$) isometrisen penkkipunnerruksen muutokseen (taulukko 3) alku- ja loppumittausten välillä. Myös lihasmassan muutos oli tilastollisesti hyvin merkitsevästi yhteydessä isometrisen penkkipunnerruksen absoluuttiseen ($r=0,72$, $p<0.01$) ja prosentuaaliseen ($r=0,67$, $p<0.01$) muutokseen. Lihasmassalla oli myös tilastollisesti merkitsevä muutos isometrisen alaraajojen voiman absoluuttiseen ($r=0,56$, $p<0.05$) ja prosentuaaliseen ($r=0,54$, $p<0.05$) muutokseen.

Edellä mainittujen ohella korrelaatiokertoimen mukaan kohtalaista positiivista riippuvuutta havaittiin myös kevennyshypyn ja isometrisen alaraajojen voiman absoluuttisen ($r=0,33$) ja prosentuaalisen ($r=0,35$) muutoksen välillä sekä kevennyshypyn ja lihasmassan absoluuttisen ($r=0,30$) ja prosentuaalisen ($r=0,33$) muutoksen välillä. Myös etunojapunnerrusten ja isometrisen alaraajojen voiman (absoluuttinen $r=0,41$, prosentuaalinen $r=0,37$) sekä lihasmassan (absoluuttinen $r=0,38$, prosentuaalinen $r=0,43$) välillä oli kohtalainen, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä muutos (taulukko 3).

TAULUKKO 3. Voimaryhmän fyysisen kunnon osa-alueiden keskinäisten muutosten ja lihasmassan yhteydet (Spearman, r) alku- ja loppumittausten välillä. *** $p<0.001$, ** $p<0.01$, * $p<0.05$

	Isometri nen alaraajoj en voima Δ (N)	Isometri nen alaraajoj en voima $\Delta\%$ (N)	Isometri nen penkkipu nnerrus Δ (N)	Isometri nen penkkipu nnerrus $\Delta\%$ (N)	Lih as massa Δ (kg)	Lih as ma ssa $\Delta\%$ (kg)
Kevennyshyppy Δ (cm)	0,33	0,35	0,16	0,22	0,30	0,33
Vauhditon pituushyppy Δ (cm)	-0,11	-0,09	0,10	0,13	0,12	0,10
Punnerrukset Δ (toistot/min)	0,41	0,37	0,64**	0,68**	0,38	0,43
Lihasmassa Δ (kg)	0,56*	0,54*	0,72**	0,67**	1,00	0,99**

9.7 Fyysisen kunnon, kehonkoostumuksen ja hormonaalisten vasteiden yhteydet kontrolliryhmällä

Kontrolliryhmän ainoa tilastollisesti merkitsevä riippuvuus havaittiin kehonpainon ja SHBG-pitoisuuden muutoksessa, joiden välillä oli voimakas negatiivinen riippuvuus sekä absoluuttisessa ($r = -0,72$, $p < 0.05$) että prosentuaalisessa ($r = -0,72$, $p < 0.05$) muutoksessa (taulukko 4). Muita p-arvoltaan tilastollisesti merkitseviä muutoksia hormonaalisten vasteiden osalta ei havaittu, mutta usean eri muuttujan välillä havaittiin kohtalaista riippuvuutta ($-0,3 < |r| < 0,7$) korrelaatiokertoimen perusteella. Todennäköisesti kontrolliryhmän pienestä tapausten määrästä johtuen ($n=10$) näitä ei kuitenkaan luokiteltu tilastollisesti merkitseviksi riippuvuuksiksi.

TAULUKKO 4. Kontrolliryhmän fyysisen kunnan osa-alueiden ja kehonkoostumuksen yhteydet (Spearman, r) hormonaalisiin muutoksiin alkua ja loppumittausten välillä. ***p<0.001, **p<0.01, *p<0.05 (vapaa testosteroni Δ ja $\Delta\%$ ja biosaatava testosteroni Δ ja $\Delta\%$ n=6)

	Testost eroni Δ	Testoster oni $\Delta\%$	Kortis oli Δ	Kortisoli $\Delta\%$	SHBG Δ	SHBG $\Delta\%$	Testoster oni/korti soli - suhde Δ	Testost eroni/k ortisoli -suhde $\Delta\%$	Testost eroni/S HBG - suhde Δ	Testost eroni/S HBG - suhde $\Delta\%$	Vapaa testoste roni Δ	Vapaa testost eroni $\Delta\%$	Biosa atava testost eroni Δ	Biosaat ava testoste roni $\Delta\%$
Kehonpaino Δ	-0,49	-0,49	-0,10	-0,08	-0,72*	-0,72*	-0,43	-0,43	-0,31	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49	-0,49
Lihasmassa Δ (kg)	-0,26	-0,26	0,26	0,09	-0,54	-0,54	-0,20	-0,20	-0,15	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26
Rasva Δ (kg)	-0,26	-0,26	0,16	0,21	-0,62	-0,62	-0,37	-0,37	-0,09	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26	-0,26
Kevennyshyppy Δ (cm)	0,23	0,23	-0,10	-0,04	0,26	0,26	0,32	0,32	0,06	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23
Isometrinen penkkipunnerrus Δ (N)	0,49	0,49	0,03	0,07	0,04	0,04	0,60	0,60	0,43	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Isometrinen alaraajojen voima Δ (N)	0,37	0,37	-0,05	-0,06	-0,09	-0,09	0,60	0,60	0,31	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
Vauhditon pituushyppy Δ (cm)	0,64	0,64	0,43	0,39	-0,09	-0,09	0,55	0,55	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Vatsat Δ (toistot/min)	0,49	0,49	0,14	0,05	-0,36	-0,36	0,43	0,43	0,66	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49
Punnerrukset Δ (toistot/min)	0,37	0,37	-0,10	-0,21	0,27	0,27	0,54	0,54	0,31	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37

Kontrolliryhmällä tilastollisesti merkitsevää positiivista riippuvuutta havaittiin kevennyshypyn ja isometrisen penkkipunnerruksen absoluuttisen ($r=0,71$, $p<0,05$) ja prosentuaalisen ($r=0,69$, $p<0,05$) muutoksen välillä (taulukko 5). Kohtalaista, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää, positiivista riippuvuutta oli myös etunojapunnerrusten ja isometrisen alaraajojen voiman absoluuttisen ($r=0,52$) ja prosentuaalisen ($r=0,54$) muutoksen välillä.

TAULUKKO 5. Kontrolliryhmän fyysisen kunnon osa-alueiden keskinäisten muutosten ja lihasmassan yhteydet (Spearman, r) alku- ja loppumittausten välillä. *** $p<0,001$, ** $p<0,01$, * $p<0,05$

	Isometrisen alaraajojen voima Δ (N)	Isometrisen alaraajojen voima $\Delta\%$ (N)	Isometrisen penkkipunnerrus Δ (N)	Isometrisen penkkipunnerrus $\Delta\%$ (N)	Lihasmaassa Δ (kg)	Lihasmaassa $\Delta\%$ (kg)
Kevennyshyppy Δ (cm)	0,02	-0,04	0,71*	0,69*	-0,27	-0,30
Vauhditon pituushyppy Δ (cm)	0,27	0,23	-0,15	-0,16	-0,25	-0,20
Punnerrukset Δ (toistot/min)	0,52	0,54	-0,05	-0,08	0,14	0,18
Lihasmaassa Δ (kg)	-0,24	-0,14	0,21	0,23	1,00	0,99**

10 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia voimaharjoittelupainotetun liikuntakoulutuksen vaikutuksia sotilaan hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn, hormonipitoisuuksiin ja kehonkoostumukseen E- ja J-kauden varusmieskoulutuksessa sekä verrata näitä tavanomaisen liikuntakoulutuksen aiheuttamiin vaikutuksiin. Tulokset osoittivat, että voimaharjoittelupainotteinen liikuntakoulutus kehittää varusmiesten maksimaalista voimantuottoa ja räjähtävää voimantuottoa tavanomaista liikuntakoulutusta paremmin. Osittain lieviä hormonaalisia muutoksia havaittiin molemmilla harjoitteluryhmillä, TES/COR-suhteen muuttuessa suotuisammaksi vain voimaharjoittelupainotteisella koulutuksella. Harjoitteluryhmien kehonkoostumukselliset muutokset eivät olleet kovin merkittäviä. Voimaryhmän kehonpaino, lihas- ja rasvamassa kasvoivat tutkimuksen eri ajankohtina kontrolliryhmää enemmän.

Tämän tutkimuksen tulokset tukevat pääosin ensimmäisen tutkimuskysymyksen hypoteesia. Voimaharjoittelupainotteinen liikuntakoulutus kehitti ala- ja yläraajojen maksimaalista voimantuottoa ja alaraajojen räjähtävää voimantuottoa tavanomaista liikuntakoulutusta paremmin. Kestovoimaominaisuuksissa muutokset olivat puolestaan pieniä, kontrolliryhmän kehittyneen osittain jopa merkittävämmiin. Toisen tutkimuskysymyksen kohdalla hypoteesi piti paikkansa vain osittain. Seerumin testosteronipitoisuus nousi lievästi molemmilla ryhmillä, mutta TES/COR -suhde kasvoi tilastollisesti merkitsevästi vain voimaryhmällä. Lihasmassa kasvoi voimaryhmällä ainoastaan harjoittelun alkuvaiheessa ja toisin kuin oletettiin, rasvakudoksen määrä ei vähentynyt, vaan kasvoi harjoittelujakson loppua kohti. Kontrolliryhmän kehonkoostumuksessa ei tapahtunut muutoksia.

10.1 Fyysisen suorituskyvyn muutokset

Alaraajojen ojentajalihasten maksimaalinen voimantuotto parani kolmen kuukauden voimapainotteisen harjoittelun myötä merkitsevästi (6,3 %), kun puolestaan tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavien varusmiesten voimantuotossa ei havaittu juurikaan muutoksia. Tämä oli odotusten mukainen tulos, vaikkakin kehitys maksimivoimassa ei todennäköisesti ollut samansuuruinen kuin olisi voinut olla varuskuntaympäristön ulkopuolisissa olosuhteissa. Varusmiespalveluksen E- ja J-kauden harjoittelua ei ole juurikaan tutkittu, mutta esimerkiksi Santtilan ym. (2009b) tutkimuksessa peruskoulutuskauden aikana tavanomaiseen

liikuntakoulutukseen lisättyjen voima- ja kestävyysharjoitteluryhmien välillä ei ollut merkitsevää eroa maksimivoiman kehityksessä (Santtila ym. 2009b). Tämän voi selittää varusmieskoulutuksen aikaisella suurella määrällä kestävyysharjoittelua, jolloin maksimivoiman kehittyminen ei ole optimaalista. Jurvelin (2012) totesi pro gradu -tutkimuksessaan, että varusmiesten peruskoulutuskauden aikainen päivittäinen ja viikottainen fyysinen kuormittavuus on verrattavissa kestävyysurheilijoiden vastaaviin kokonaiskuormituksiin (Jurvelin 2012). Koska voimaryhmä kehittyi kontrolliryhmää selkeästi paremmin, voidaan E- ja J-kauden aikaista voimaharjoittelupainotteista liikuntakoulutusta suositella myös tulevaisuudessa, sillä alaraajojen voimantuotto on tärkeää sekä ko. kausien kuormittavien sota- ja ampumarjoitusten että arkielämän kannalta. Mitä suurempi voimareservi on, sitä paremmin selviää submaksimaalisista kuormituksista, sillä absoluuttinen submaksimaalinen voimataso riippuu henkilön maksimivoimatasosta (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

Alaraajojen voiman tavoin olkavarren ojentajalihasten, olkapään ja rintalihasten maksimaalinen isometrinen voimantuotto parani kolmessa kuukaudessa merkitsevästi (5,3 %) myös ainoastaan voimaryhmällä. Hartian alueen lihasten ja käsivarren ojentajalihasten dynaamista lihaskestävyyttä sekä liikettä tukevien vartalon lihasten staattista kestävyyttä mittaavat etunojapunnerrukset (toistot/minuutti) kehittyivät puolestaan kolmen kuukauden jakson aikana enemmän kontrolli- (20 %) kuin voimaryhmällä (5,2 %). Tulos on ristiriidassa maksimivoimassa tapahtuneen muutoksen kanssa, mikä voi johtua siitä, että kontrolliryhmän harjoitteluun sisältyi myös osittain kestovoimatyypinen lihaskuntoharjoittelu, jossa etunojapunnerrus on yksi tavanomaisimmista liikkeistä, jolloin kehitys näkyi kontrolliryhmän tuloksissa. Lisäksi ristiriita voi johtua maksimaalisen isometrisen voimantuottotestin ja etunojapunnerrustestin lihastyötapojen ja nivelkulmien erilaisuudesta sekä toistomaksimitesteissä tapahtuneesta oppimisesta, jolloin sopiva punnerrustahti ja uupumuksen välttäminen saattavat olla opittuja aiemmista testikerroista. Maksimaalisen lihasvoiman testejä voidaan pitää tässä tutkimuksessa luotettavina, sillä kaikki mittauskerrat toteuttivat samat testaajat yhtenäisen testiprotokollan ja testattavien kannustuksen avulla. Aina on kuitenkin syytä ottaa huomioon, että varusmiesten motivaatio voi vaikuttaa testien tuloksiin.

Koska taakan kantaminen on tyypillinen sotilastyötehtävä ja kehonpainoon suhteutettu kannettavan kuorman määrä on viime vuosikymmenen aikana noussut progressiivisesti, ovat

lisäkuorman kantokyky yhdessä hyvän kehonhallinnan kanssa sotilaalle tärkeitä ominaisuuksia niin fyysisen jaksamisen kannalta kuin tuki- ja liikuntaelinvammojen ehkäisyssä (Knapik ym. 2004; Kyröläinen & Santtila 2010). Jalanko (2016) havaitsi pro gradu -tutkielmassaan hartian alueen ja yläraajojen lihasten dynaamisen voiman ja kestävyuden sekä keskivartalolihas- staattisen kestävyuden olevan yhteydessä varusmiehen kuormittumiseen pitkäkestoisen, 14 päivää kestävä, taisteluharjoituksen aikana. Hänen tutkimuksessaan minuutissa tehtyjen etunojapunnerrusten määrällä sekä veren IGF-1 -pitoisuudella ja kreatiinikinaasiaktiivisuuden välillä oli korrelaatio, kun puolestaan maksimaalisella hapenottokyvyllä, räjähtävällä voimalla tai kehonkoostumuksella tätä ei ollut. 50 etunojapunnerrusta minuutissa näytti olevan riittävä määrä, jolla välttyttiin pitkäkestoisen taisteluharjoituksen aikana liialliselta fyysiseltä kuormittumiselta. (Jalanko 2016.) Tässä tutkimuksessa tehtyjen etunojapunnerrusten keskiarvo jäi molemmilla ryhmillä selkeästi alle 50 toistoa, joten tulevaisuudessa Puolustusvoimien liikuntakoulutuksen tulisi entistä enemmän painottua sotilaalle tärkeään ylävartalon lihasten ja keskivartalovoiman kehittämiseen, sillä nämä kuormittuvat hyvin paljon niin taisteluharjoitusten kuin erilaisten taakankantotehtävien aikana.

Istumaannousutestissä eli vartalon koukistajalihas- dynaamisessa lihaskestävyydessä ei tapahtunut harjoittelujakson aikana merkitseviä muutoksia kummallakaan ryhmällä. Tämä voi johtua siitä, että ryhmien harjoittelufrekvenssi tai -volyymi keskivartalon lihasten dynaamisen kesto-voiman osalta ei ollut riittävä.

Vauhdittomassa pituushypyssä havaittiin molempien ryhmien kohdalla pientä laskua, voimaryhmän tuloksen heikentyessä kolmen kuukauden harjoittelujakson aikana vähemmän (0,4 %) kuin kontrolliryhmän tuloksen (2,2 %). Aiemmat varuskuntaympäristössä tehdyt tutkimukset ovat linjassa tämän tutkimuksen tuloksen kanssa. Santtila ym. (2009a) havaitsivat peruskoulutuskauden tavanomaisen varusmiespalveluksen kestävyyspainotteisen harjoittelun aiheuttavan harjoitusvaikutusten päällekkäisyyttä eli interferenssi-ilmiötä erityisesti alaraajojen räjähtävässä voimassa. Tutkijat totesivat, että jotta hermo-lihasjärjestelmän ominaisuuksissa pystyttäisiin saavuttamaan optimaalinen kehitys, olisi varusmiesten kestävyys- ja voimajärjestelmää vähennettävä ja/tai maksimi- tai räjähtävän voimaharjoittelun määrää lisättävä. (Santtila ym. 2009a.) Lisäksi Vaara ym. (2015) havaitsivat vauhdittoman pituushypyn heikentyneen merkittävästi laskuvarjojääkäri- ja raskaan kenttäharjoituksen jälkeen (Vaara ym. 2015), mistä voi päätellä sotilaiden hermoston olleen väsyneessä tilassa,

jolloin lihasten motoristen yksiköiden toimintaa ei pystytty aktivoimaan optimaalisesti. Tässä tutkimuksessa kontrolliryhmän suurempi heikentyminen räjähtävässä voimantuotossa verrattuna voimaryhmään saattaa johtua juurikin suuresta kestävyysharjoittelun ja vähäisestä voimaharjoittelun määrästä. Voimaryhmän kohdalla harjoitusvaikutusten päällekkäisyyttä saatiin todennäköisesti vähennettyä voimapainotteisella harjoittelulla, jolloin räjähtävä voimantuotto pysyi harjoittelujakson päätyttyä lähes samoissa kuin harjoittelujakson alussa.

Kevennyshyppytulokset kasvoivat koko harjoittelujakson aikana voimaryhmällä prosentuaalisesti noin saman verran (6,9 %) kuin isometrinen alaraajojen voimantuotto (5,3 %). Kevennyshyppyyn vaikuttaa muun muassa hermo-lihasjärjestelmän kyky hyödyntää konsentrista vaihetta edeltävää eksentrisen vaiheen esivenytystä eli niin kutsuttua esikevennystä (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Näin ollen esikevennyshyppy antaa suuntaa sotilaiden hermostollisesta väsymyksestä. Kontrolliryhmän sisällä kevennyshyppytuloksessa ei tapahtunut muutoksia ja ryhmien välillä oli loppumittauksissa tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$). Vaikka taistelukenttä ei vaadi sotilalta suoranaisia nopeusvoimasuorituksia yhtä paljon kuin muita fyysisiä ominaisuuksia, voidaan tuloksen perusteella kuitenkin korostaa voimaharjoittelun merkitystä varusmieskoulutuksessa. Kevennyshyppyn parannus voimaryhmällä voi johtua alaraajojen maksimaalisen voiman parantumisesta sekä pienemmästä harjoitusvaikutusten päällekkäisyydestä kontrolliryhmään verrattuna, jolloin E- ja J-kauden muut aktiviteetit varusmieskoulutuksessa eivät haitanneet voimaryhmän sotilaiden voimantuotto-ominaisuuksia samalla tavalla kuin kontrolliryhmällä.

10.2 Hormonaaliset muutokset

Alku- ja loppumittausten välillä testosteronipitoisuuksissa molemmilla ryhmillä havaittiin lievää nousua, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevää. Puolestaan kortisolipitoisuudet laskivat molemmilla ryhmillä, muutoksen ollessa hieman yllättäen suurempi kontrolli- kuin voimaryhmällä (17,9 % vs. 7 %). Voimaryhmän kortisolipitoisuus laski merkitsevästi alku- ja välimittauksen välillä, mutta harjoittelujakson loppupuolella pitoisuudet tasoittuivat jonkin verran. Nämä seerumista mitatut hormonimuutokset ovat varusmiehelle suotuisia viitaten samalla myös siihen, että tässä tutkimuksessa E- ja J-kausien aikana ei kyseessä olevien hormonimuutosten perusteella havaittu elimistön ylikuormitustilaa. Kuitenkin laajemman kokonaiskuvan saamiseksi verestä olisi pitänyt mitata myös

immunologisen säätelyjärjestelmän tekijät kuten esimerkiksi TNF- α , IL-6 ja kreatiinikinaasi, jotka olisivat kertoneet paremmin sotilaan kokonaiskuormituksesta (Jalanko 2016).

Aiempiä varuskunta-ympäristössä tehtyjä tutkimuksia E- ja J-koulutuskausiin liittyen ei juuri ole, mutta esimerkiksi Santtilan ja kumppaneiden (2009b) havainnot 8 viikon peruskoulutuskaudelta ovat tämän tutkimuksen kanssa samansuuntaisia testosteronin osalta, mutta ristiriitaisia kortisolin osalta. Peruskoulutuskauden aikana testosteroni oli noussut kaikilla tutkimuksen harjoitteluryhmillä 16,3-26,6 %. (Santtila ym. 2009b.) Myös Viron Puolustusvoimissa toteutetun 10 viikon peruskoulutuskauden aikana varusmiesten testosteronipitoisuus nousi keskimäärin tilastollisesti erittäin merkitsevästi (60,6 %) (Ööpik ym. 2017). Tässä tutkimuksessa testosteroni nousi kuitenkin hieman vähemmän (10,7-13,3 %) kuin edellä mainituissa tutkimuksissa. Kortisoli puolestaan käyttäytyi tässä tutkimuksessa eri tavalla (laskua sekä kontrolli- että voimaryhmällä 7-17,9 %) kuin 8 viikon peruskoulutuskaudella, jolloin se nousi voimaryhmällä 11,1 % (Santtila ym. 2009b). Ero voi johtua siitä, että peruskoulutuskauden aikainen fyysisen rasituksen nopea lisäys sotilaan aiemmin passiivisempiin elämäntapoihin verrattuna aiheuttaa alkuvaiheessa elimistölle jonkin verran stressireaktiota, mutta E- ja J-kausiin mennessä varusmiesten elimistö on jo tottunut suurempaan kuormitukseen ja adaptoitunut aktiivisempaan arkeen, aikaisiin herätyksiin ja varusmiespalveluksen vuorokausirytmiiin. Näin ollen kortisolin lasku saattaa viitata samalla siihen, että erityisesti kontrolliryhmän kohdalla, fyysinen harjoittelu ei ollut riittävän kuormittavaa.

Testosteronipitoisuudessa on havaittu laskua ja kortisolipitoisuudessa puolestaan nousua myös USA:n 8 viikkoa kestävien jääkärikoulutusten aikana (Friedl ym. 2000; Nindl ym. 2007). Näiden koulutusjaksojen sekä muiden taisteluharjoitusten (Igendia 2015) aiheuttamat päinvastaiset hormonaaliset vasteet johtuvat todennäköisesti siitä, että ne aiheuttavat akuutisti hyvin suuria energia- ja univajeita verrattuna pitempikestoiseen kuormitukseltaan kevyempään Puolustusvoimien varusmiespalveluksen P-, E- tai J-kauteen. Koska tässä tutkimuksessa testosteroni nousi lievästi molemmilla ryhmillä samalla kortisolin laskiessa, voidaan tulosten perusteella päätellä, että varusmiesten E- ja J-kausien aikainen kokonaiskuormitus ei ole ollut heille liian rasittavaa eivätkä hormonaaliset muutokset viittaa ylikuormitustilaan. Myös tulokset kehonkoostumuksessa viittaavat siihen, että energiansaanti on ollut keskimäärin riittävä, jolloin energiavajeet eivät ole vaikuttaneet elimistön stressitilaa nostavasti. Santtila ym. (2009b) selittivät tutkimuksessaan peruskoulutuskauden aikaisen

kortisolipitoisuuden nousun voimaryhmällä sillä, että samanaikainen kestävyysharjoittelun määrä oli liian suurta, jolloin voimaryhmän voimaominaisuudetkaan eivät eronneet merkittävästi kestävyysryhmän tuloksista (Santtila ym. 2009b). Toisin kuin Santtilan ja kumppaneiden tutkimuksessa, tämän tutkimuksen hormonaaliset muutokset varusmiehille suotuisaan suuntaan voivat puolestaan selittää voimaryhmän positiiviset muutokset myös maksimivoimatasoissa. Testosteroni- ja kortisolipitoisuuksien käyttäytymisen perusteella voi tarvittaessa jopa pohtia liikuntakoulutuksen rasituksen lisäämistä, erityisesti J-koulutuskauden loppupuolella, jolloin varusmiesten kotiuttaminen ja näin ollen kokonaisrasituksen laskeminen alkavat olla lähellä.

TES/COR -suhteessa tilastollisesti merkitsevää muutosta havaittiin ainoastaan voimaryhmällä, jolla harjoittelukauden alkupuoliskolla suhde nousi jopa 66,7 % ($p < 0.01$), tasaantuessaan loppua kohti 33,3 %:iin ($p < 0.05$). Suhteen absoluuttiset arvot olivat kuitenkin molemmilla ryhmillä sekä alku- että loppumittauksissa samat, mutta merkitsevä muutos havaittiin lopulta vain voimaryhmällä ($n=18$), mikä todennäköisesti johtui kontrolliryhmän pienestä koosta ($n=6$). Voimaryhmän kohdalla tulos kertoo voimaharjoittelun ohjelmoinnin onnistumisesta erityisesti harjoittelukauden alussa, jolloin kasarmipäiviä oli enemmän ja varusmiehet pääsivät kuntosalille useammin. Voimaryhmälle ampumaharjoitusten ajalle oli ohjelmituna maastossa tehtävää kestovoimatyypistä kehonpainoharjoittelua, mutta harjoittelun toteutuminen oli lopulta heikkoa ja jälkepäin saadun tiedon mukaan taistelun- ja ampumaharjoituksissa varusmiehet eivät tehneet yhtään suunnitelman mukaista harjoitusta. Tulosten voidaan spekuloida olleen erilaisia, mikäli tutkimus olisi toteutettu muualla kuin varuskuntaympäristössä, missä harjoittelun täytyy mennä muun palveluksen ehdoilla. Aiemmat varusmies- ja harjoittelututkimukset TES/COR -suhteesta ovat olleet ristiriitaisia. Osassa tutkimuksista suhteessa on havaittu muutoksia (Vervoorn ym. 1991; Booth ym. 2006; Fortes ym. 2011; Ööpik ym. 2017), mutta osassa eroja ryhmien välillä ei ole löydetty (Mackinnon ym. 1997; Coutts ym. 2007). Muun muassa tämän vuoksi TES/COR -suhteen käytettävyyttä ja luotettavuutta anabolisen ja katabolisen aktiivisuuden arvioimiseksi on kyseenalaistettu (Viru & Viru 2005). Kuitenkin tämän tutkimuksen voimaryhmällä tapahtuneen hormonisuhteen suotuisan muutoksen perusteella voidaan Puolustusvoimien liikuntakoulutukseen suositella voimaharjoittelun lisäämistä.

SHBG-pitoisuudessa havaittiin kolmen kuukauden harjoittelujakson aikana muutosta vain voimaryhmällä, jolla pitoisuus nousi tilastollisesti erittäin merkittävästi ($p < 0.001$) alku- ja

loppumittauksen välillä (19,2 %). Tämän perusteella odotettavissa oli, että voimaryhmän vapaan ja biosaatavan testosteronin pitoisuuksissa olisi myös tapahtunut muutoksia, mutta käytetyn laskurin arvion perusteella kummassakaan ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia, mikä voi johtua tulosten suuresta hajonnasta. SHBG-pitoisuuden nousua (66 %) ja vapaan testosteronin laskua (60 %) on aiemmin havaittu muun muassa 8 päivän pituisessa fyysisesti raskaassa harjoituksessa (Alemany ym. 2008). Puolestaan osassa tutkimuksista korrelaatiota vapaan ja biosaatavan testosteronin sekä SHBG:n välillä ei olla havaittu (Tsai ym. 2004). TES/SHBG -suhteessa ei havaittu tässä tutkimuksessa merkitseviä eroja kummankaan ryhmän kohdalla. Tämä on ristiriidassa Santtilan ym. (2009b) peruskoulutuskauden muutosten kanssa, jolloin suhde nousi kaikilla harjoitteluryhmillä (Santtila ym. 2009b).

Biokemiallisia näytteitä voidaan pitää luotettavina, sillä ne otettiin kokeneiden sairaanhoitajien ja laboratoriotyöntekijöiden toimesta, minkä jälkeen ne kuljetettiin asianmukaisesti Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitoksen laboratorioon analysoitavaksi.

10.3 Kehonkoostumuksen muutokset

Toisin kuin kontrolliryhmällä, jolla tilastollisesti merkitsevää muutosta kehonkoostumuksessa ei tapahtunut, voimaryhmällä muutosta kehonkoostumuksessa tapahtui tutkimuksen eri vaiheissa painon, lihasmassan sekä rasvamassan osalta. Alku- ja välimittausten välillä voimaryhmän lihasmassa kasvoi 1 % ($p < 0.05$). Väli- ja loppumittausten välillä paino nousi 1 % ($p < 0.05$) ja rasvamassa puolestaan 8,1 % ($p < 0.01$). Koko harjoittelututkimuksen aikana (alku- vs. loppumittaus) voimaryhmän paino nousi 1,7 % ($p < 0.05$), lihasmassassa ei tapahtunut merkitseviä muutoksia ja rasvamassa kasvoi 6,7 %, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä muutos. Edellä mainitut muutokset kehonkoostumuksessa viittaavat voimaharjoittelujakson alkaneen suotuisin muutoksin, mutta jälkimmäisen puoliskon runsas maastoharjoitusten määrä häiritsi mahdollisesti muun muassa lihasmassan progressiivista kehittymistä ja aiheutti interferenssi-ilmiötä johtuen kokonaisuormituksesta sekä maastoharjoitusten kestävyysharjoitteluvaikutuksista.

Varuskuntaympäristössä kehonkoostumuksen muutoksiin vaikuttavat fyysisen aktiivisuuden ja harjoittelutyypin lisäksi myös monet muut tekijät kuten ravitsemus, hormonaaliset muutokset ja unen määrä. Santtila ym. (2009b) totesivat peruskoulutuskauden tutkimuksessaan, että kokonaiskuormituksen aiheuttama kortisolihormonin nousu on saattanut minimoida varusmiesten voimaharjoittelun aiheuttamat vasteet sekä lihashypertrofian kehityksen (Santtila ym. 2009b). Tässä tutkimuksessa E- ja J-kausien aikana kortisolihormoni käyttäytyi kuitenkin päinvastaisesti kuin heidän tutkimuksessaan, joten hormonaalisten tekijöiden ei voida todeta olevan syynä lihashypertrofian kehityksen tasaantumiseen harjoittelujakson jälkipuoliskolla. Todennäköisesti, mikäli varusmiehet olisivat saaneet enemmän salipäiviä tutkimuksen jälkipuoliskolle, lihasmassan kasvu olisi jatkunut progressiivisena harjoittelujakson loppuun asti. Toisaalta sotilaiden voimaharjoitteluohjelmointi toteutettiin niin sanotun epälineaarisen mallin mukaan, jolloin se sisälsi niin kesto-, perus- kuin maksimivoimaharjoituksia saman harjoittelujakson sisällä, eikä näin ollen ollut optimaalisesti lihashypertrofiaan tähtäävää. Lihaskasvulle optimaalisempaa olisi ollut tavoitella harjoituksen aikana mahdollisimman monen motorisen yksikön rekrytoimista hetkelliseen uupumukseen asti (Fisher ym. 2013).

Varusmiesten rasvamassan ja painon nousu saattoi johtua ravitsemuksellisista tekijöistä kuten energiatasapainosta ja ravinnon laadusta. Palveluspäivien säännölliset ruokailurytmit tukevat hyvin painonhallintaa, mutta ruokailujen ulkopuolinen napostelu, sotilaskodissa tarjolla olevat välipalavaihtoehdot sekä varuskunnassa palveleva pikaruokaravintola voivat viedä energiatasapainoa helposti epäedulliseen suuntaan ja näin ollen tukea kehonkoostumuksen näkökulmasta rasvakudoksen lisääntymistä. Tulevaisuudessa Puolustusvoimien tulisi mahdollisuuksien mukaan sisällyttää varusmiespalvelukseen sotilaiden ravitsemusneuvontaa ja korostaa ravinnon laadun merkitystä suorituskykyyn ja yleisterveyteen. Koska kohderyhmä on ravitsemusneuvonnan kannalta melko haastava, se tulisi toteuttaa rennolla, nuorille miehille sopivalla tavalla esimerkiksi ravitsemukseen erikoistuneen asiantuntijan toimesta. Tärkeintä kuitenkin on, että varusmiehet saavat palveluksensa aikana tarpeeksi energiaa jotta fyysinen suorituskyky pysyy hyvänä. Erityisesti maastoleirien (ampuma- ja taisteluleirien) energiansaantiin tulee kiinnittää huomiota, sillä niiden kokonaiskuormittavuus on hyvin suuri (Jurvelin 2012).

Kehonkoostumuksen mittauksessa tulee ottaa huomioon bioimpedanssilaitteen (InBody 720, Biospace, Etelä-Korea) tarkkuus ja luotettavuus. Bioimpedanssilaitte arvioi eri kudosten

määrän elimistön sähkönjohtavuuden perusteella, jolloin sen hetkinen nestetasapaino vaikuttaa tulokseen hyvin paljon. Vaikka mittaus oli vakioitu ja se tehtiin heti aamulla yön yli kestävästä paaston jälkeen, voi nestetasapainoon vaikuttaa edeltävien päivien ruokailu, nesteytys sekä fyysisen harjoittelun määrä. Sillanpää ym. (2014) vertasivat bioimpedanssianalyysia ja röntgensäteisiin perustuvaa DXA-menetelmää (dual-energy X-ray absorptionmetry) keskenään 882 iältään 18-88 -vuotiaalla naisella ja miehellä. Tulosten perusteella tutkimusryhmä totesi bioimpedanssimenetelmän yliarvioivan lihasmassan ja aliarvioivan rasvakudoksen määrää. (Sillanpää ym. 2014.) Näin ollen bioimpedanssimenetelmän luotettavuuteen tulee suhtautua kriittisesti.

10.4 Fyysisen suorituskyvyn, kehonkoostumuksen ja hormonaalisten vasteiden yhteydet

Voimaryhmän kohdalla tilastollisesti merkitsevää negatiivista yhteyttä havaittiin punnerrustuloksen absoluuttisen muutoksen ja testosteronipitoisuuden absoluuttisen ($r = -0,481$, $p < 0,05$) ja suhteellisen ($r = -0,482$, $p < 0,05$) muutoksen välillä. Korrelaatio on todennäköisesti sattuma, sillä yksiselitteistä teoriapohjaista selitystä ei tälle yhteydelle löydy. Kontrolliryhmällä puolestaan havaittiin tilastollisesti merkitsevää negatiivista yhteyttä kehonpainon muutoksen ja SHBG-pitoisuuden absoluuttisen ja suhteellisen muutoksen ($r = -0,721$, $p < 0,05$) välillä. Tällöin kehonpainon noustessa SHBG-pitoisuus on laskenut ja päinvastoin. Näin ollen teoriassa kehonpainon noustessa vapaan testosteronin olisi pitänyt nousta, mutta kehonpainon ja vapaan testosteronin välillä oli myös negatiivinen ei tilastollisesti merkitsevä yhteys ($r = -0,486$), joten nämä hieman ristiriitaiset tulokset voidaan päätellä johtuvan kontrolliryhmän pienestä koosta (testosteronit saatiin mitattua vain kuudelta kontrolliryhmän varusmieheltä).

Lisäksi kontrolliryhmällä oli kohtalaisen korkea positiivinen korrelaatio muun muassa isometrisen penkkipunnerrustuloksen ja alaraajojen voiman muutoksen sekä TES/COR -suhteen muutoksen (absoluuttinen ja suhteellinen, $r = 0,6$) välillä. Tämä ja useampi muu yhteys ei kuitenkaan saavuttanut tilastollista merkitsevyyttä johtuen kontrolliryhmän pienestä koosta. Mikäli kontrolliryhmä olisi ollut suurempi, korrelaatiot suorituskykymuuttujien ja hormonaalisten muutosten välillä olisivat todennäköisesti olleet tilastollisesti merkitseviä.

10.5 Fyysisen suorituskyvyn keskinäiset muutokset ja yhteydet lihasmassan muutokseen

Voimaryhmällä tilastollisesti hyvin merkitsevää ($p < 0.01$) positiivista yhteyttä oli etunojapunnerrusten muutoksen ja isometrisen penkki-punnerrustuloksen absoluuttisen ($r = 0,637$) ja suhteellisen ($r = 0,679$) muutoksen välillä. Lisäksi myös absoluuttisen ($r = 0,721$) ja suhteellisen ($r = 0,666$) penkki-punnerrustuloksen muutoksen ja lihasmassan muutoksen välillä havaittiin tilastollisesti hyvin merkitsevää yhteyttä ($p < 0.01$). Tulokset osoittavat, että varusmiesten yläraajojen maksimaalisella lihasvoimalla on kohtalainen tai voimakas riippuvuus sekä hartian alueen lihasten ja käsivarren ojentajalihasten dynaamiseen lihaskestävyyteen ja liikettä tukevien vartalon lihasten staattiseen kestävyyteen että lihasmassan määrään.

Knapik ym. (2004) havaitsivat, että sotilaiden selkävammat ovat yksi yleisimmistä vammoista eripituisissa (20km ja 161km) marsseissa. Alaselkäkipujen ja muiden selkävaivojen ehkäisemiseksi täysvarustuksessa suoritettujen marssien aikana tutkijat ehdottavat optimaalisemman kuorman sijoittamisen kehon massapisteen ympärille sekä ylävartalon ja keskivartalon lihasten vahvistamisen. (Knapik ym. 2004.) Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat Knapikin ym. (2004) sekä Jalangon (2016) tutkimusten havaintoja ylävartalon lihasvoiman tärkeydestä sotilaille. Etunojapunnerrusten ja isometrisen penkki-punnerruksen välinen positiivinen korrelaatio on valmennusopin teorian mukaista, sillä maksimi- ja kestovoima on jatkumo, maksimivoiman vaikuttaessa kestovoimaominaisuuksiin (Ahtiainen & Häkkinen 2007).

Myös lihasmassan muutoksella ja isometrisen alaraajojen voiman muutoksella (absoluuttinen $r = 0,564$, suhteellinen $r = 0,542$) oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.05$) positiivinen korrelaatio voimaryhmän kohdalla. Tämän selittää se, että voimaharjoittelun ensimmäisten viikkojen jälkeen, voimaharjoittelun adaptaatio painottuu lihaskudoksen puolelle, jolloin kehittyneen lihasvoiman takana ovat muutokset lihaksen poikkipinta-alaassa (Ahtiainen & Häkkinen 2007; Kauranen 2014, 387).

Kontrolliryhmän ainoa tilastollisesti merkitsevä yhteys ($p < 0.05$) havaittiin kevennyshyppytuloksen muutoksen ja absoluuttisen ($r = 0,712$) sekä suhteellisen ($r = 0,688$) isometrisen penkki-punnerrustuloksen muutoksen välillä. Tämän yhteyden perusteella ei voi vetää johtopäätöksiä ja todennäköisesti yhteys on sattumaa. Toisaalta näiden välinen

korrelaatio voi johtua myös siitä, että paremmin kehittyneet varusmiehet olivat motivoituneempia ja antoivat itsestään enemmän irti testitulanteissa. Tähän ilmiöön voisi viitata myös etunojapunnerrustuloksen muutoksen ja isometrisen alaraajojen voiman muutoksen välinen kohtalainen korrelaatio (absoluuttinen $r=0,523$, suhteellinen $r=0,541$), joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Muita yhteyksiä kontrolliryhmän kohdalla ei ollut.

Voimantuoton testejä voi pitää luotettavina, sillä testit suoritettiin aina samaan aikaan vuorokaudesta, samat testilaitteet olivat käytössä jokaisella mittauskerralla, ohjeistus pyrittiin antamaan aina samalla tavalla suorittaen testit samoilla nivelkulmilla, kaikissa mittauksissa käytettiin samoja testiajia ja ennen varsinaisia suorituksia tehtiin testikokeilu. Nämä tekijät parantavat huomattavasti hermo-lihasjärjestelmän voimantuoton testaamisen toistettavuutta (Ahtiainen & Häkkinen 2007). Myös kesto- ja vauhdittoman pituuden testaamisessa ohjeistukset ja testiajat pysyivät samoina. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa testattavan motivaatio, harjoitustausta, motorinen koordinaatio, oppimisen vaikutus tuloksiin (Ahtiainen & Häkkinen 2007) sekä varusmiesten terveystilanne. Harjoittelujakson aikana varuskunnassa oli paljon sairastelua, jolloin osa varusmiehistä saattoi tehdä testit sairaudesta toipumisvaiheessa, jolloin suorituskyky ei ole välttämättä normaalitasolla.

10.6 Johtopäätökset ja käytännön sovellutukset

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan todeta, että voimapainotteisesti harjoitelleiden varusmiesten hermo-lihasjärjestelmän suorituskyky kehittyi E- ja J-kauden aikana paremmin kuin tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavien varusmiesten, vaikka harjoittelujakson loppupuolella voimaharjoitusten määrä jäi hyvin vähäiseksi maastossa vietetyn ajan vuoksi. Hormonitasapaino ei viitannut sotilaiden ylikuormitukseen kummallakaan ryhmällä ja voimaryhmän TES/COR -suhde kasvoi merkitsevästi erityisesti harjoittelujakson alkupuolella, mikä on varusmiehille suotuisa muutos. Hormonaaliset muutokset antoivat myös suuntaa siitä, että voimaharjoittelun frekvenssi, volyymi ja intensiteetti olivat riittäviä aiheuttamaan positiivisia harjoitteluvasteita. Muutokset kehonkoostumuksessa eivät puolestaan viitanneet krooniseen energiavajeeseen kummankaan ryhmän kohdalla. Kontrolliryhmän kehonkoostumuksessa ei tapahtunut muutoksia, kun taas voimaryhmän paino, lihas- ja rasvamassa hieman nousivat harjoittelujakson eri vaiheissa.

Hyvä fyysinen suorituskyky on sotilaille tärkeä. Varusmiesten tavanomainen liikuntakoulutus ja maastoharjoitukset pitävät sisällään paljon kestävyyskuntoa harjoittavaa toimintaa, mutta huomiota tulisi kiinnittää erikseen myös voimaominaisuuksien harjoittamiseen. Jalanko (2016) suositteli pro gradu -tulostensa pohjalta, että varusmiesten liikuntakoulutukseen lisätään ylä- ja keskivartalon voimaharjoittelua, mikä näyttäisi olevan negatiivisesti yhteydessä sotilaiden ylikuormittumiseen pitkissä taisteluharjoituksissa (Jalanko 2016). Tämä tutkimus puolestaan osoitti, että ylävartalon kestovoima kehittyi sekä tavanomaisella että voimapainotetulla harjoittelulla, mutta yläraajojen maksimaalinen voima parani vain voimapainotetulla harjoittelulla. Lisäksi voimaryhmän ylävartalon ja alaraajojen maksimaalisen isometrisen voiman muutoksella oli positiivinen yhteys varusmiesten lihasmassan muutokseen, mitä ei havaittu tavanomaista liikuntakoulutusta suorittavien kohdalla. Näin ollen tämän tutkimuksen perusteella voidaan Jalangon tutkimuksen tavoin suositella Puolustusvoimille voimaharjoittelun lisäämistä varusmiesten liikuntakoulutukseen.

Voimaharjoittelu tulisi ohjelmoida E- ja J-kaudella niin, että sitä pystyttäisiin suorittamaan myös maastoleirien välillä, mielellään kouluttajan valvonnassa. Kuitenkin kuormituksen ja levon suhde täytyy suunnitella optimaalisesti jotta hormonipitoisuudet eivät muuttuisi tilapäisesti liikaa tai liian pitkäksi aikaa (Häkkinen & Ahtiainen 2016b). Harjoittelu tulee toteuttaa valmennusopin tieteelliseen näyttöön perustuen tarkoituksenmukaisesti jaksottamalla. Mahdollisuuksien mukaan myös yksilöllisyyttä tulisi painottaa, sillä huolimatta siitä, että takana on 8 viikon pituinen peruskoulutuskausi, varusmiesten välinen fyysinen suorituskyky saattaa vaihdella hyvin paljon. E- ja J-kauden palveluksen, harjoittelun ja maastoharjoitusten aiheuttamaa kokonaiskuormittavuutta olisi hyvä seurata palveluksen aikana jotta välttyttäisiin ylikuormitustapauksilta. Kokonaiskuormitukseen vaikuttaa myös moni muu tekijä kuten unen määrä ja laatu, ravinto, stressi ja psyykkiset tekijät. Jurvelin (2012) havaitsi pro gradu -tutkielmassaan, että peruskoulutuskauden aikainen tasoryhmiin jakaminen ei tasannut eri tasoryhmiin kuuluvien varusmiesten kuormittavuutta (Jurvelin 2012). Palveluksen aikaista kuormitusta voi seurata esimerkiksi kyselymenetelmillä, biokemiallisilla mittauksilla ja erilaisilla kenttätesteillä. Jotta harjoittelusta saataisiin halutut vasteet, voimaharjoittelun aiheuttama stressi johtaisi suotuisiin muutoksiin ja adaptaatioihin ja varusmiesten liikuntakipinä pystyttäisiin säilyttämään myös palveluksen jälkeen, tulee kokonaiskuormitus optimoida harkiten ja mielellään alan asiantuntijan toimesta. Kokonaiskuormituksen suunnittelussa on otettava huomioon eri palveluskausien harjoitusmäärät ja kuormitusten intensiteetti.

Kuten Santtilan (2010) väitöskirjassa todettiin, mikäli varusmiesten liikuntakoulutukseen halutaan enemmän voimaharjoitteluspesifisiä vasteita, tulee palveluksen aikaista kestävyyspainotteista harjoittelua vähentää (Santtila 2009b; Santtila 2010). Tässä tutkimuksessa ei mitattu ryhmien välisiä eroja kestävyyskunnan muutosten osalta E- ja J-kauden aikana, mikä voisi olla yksi tutkimusaiheista tulevaisuudessa. Koska Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen yksi päämäärä on pysyvän liikuntaharrastuksen herättäminen ja vahvistaminen asevelvollisten keskuudessa (Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015), voidaan voimaharjoittelupainotettua liikuntakoulutusta käyttää tulevaisuudessa päämäärän saavuttamiseksi, sillä erityisesti nykypäivän kuntosalikulttuurin yleistyessä, voivat varusmiespalvelusikäiset nuoret miehet kiinnostua liikkumisesta juurikin voimaharjoittelun kautta jatkaen harjoittelua myös reserviin siirtymisen jälkeen.

LÄHTEET

- American College of Sports Medicine. 2013. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 9th edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Adlercreutz, H., Härkönen, M., Kuoppasalmi, K., Naveri, H., Huhtaniemi, I., Tikkanen, H., Remes, K., Dessypris, A. & Karvonen, J. 1986. Effect of Training on Plasma Anabolic and Catabolic Steroid Hormones and Their Response During Physical Exercise. *International Journal of Sports Medicine* 7 (1), 27-28.
- Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. 2007. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Tampere: Tammerprint Oy, 125-132, 135, 138-140, 142, 154-155, 169-170.
- Ahtiainen, J.P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer W.J. & Häkkinen, K. 2003. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology* 89, 555-563.
- Aleman, J.A., Nindl, B.C., Kellogg, M.D., Tharion, W.J., Young, A.J. & Montain, S.J. 2008. Effects of Dietary Protein Content on IGF-I, Testosterone, and Body Composition During 8 Days of Severe Energy Deficit and Arduous Physical Activity. *Journal of Applied Physiology* 105 (1), 58-64. Doi: 10.1152/jappphysiol.00005.2008
- American College of Sports Medicine. 2009. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 41 (3), 687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
- Avela, J., Mero, A. & Kyröläinen, H. 2016. Hermo-lihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 93-95.
- Beaven, C.M., Cook, C.J. & Gill, N.D. 2008. Significant Strength Gains Observed in Rugby Players After Specific Resistance Exercise Protocols Based on Individual Salivary Testosterone Responses. *Journal of Strength and Conditioning Research* 22(2), 419-425.

- Booth, C.K., Probert, B., Forbes-Ewan, C. & Coad, R.A. 2006. Australian Army Recruits in Training Display Symptoms of Overtraining. *Military Medicine* 171 (11), 1059-64.
- Braith, R.W. & Stewart, K. J. 2006. Resistance exercise training: its role in the prevention of cardiovascular disease. *Circulation* 113 (22), 2642-2650.
- Coutts, A.J., Reaburn, P., Piva, T.J. & Rowsell, G.J. 2007. Monitoring for Overreaching in rugby league players. *European Journal of Applied Physiology* 99 (3), 131-324.
- Eklund, D., Pulverenti, T., Bankers, S., Avela, J., Newton, R., Schumann, M. & Häkkinen, K. 2015. Neuromuscular Adaptations to Different Modes of Combined Strength and Endurance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 36 (2), 120-129. Doi: 10.1055/s-0034-1385883.
- Eklund, D., Schumann, M., Kraemer, W.J., Izquierdo, M., Taipale, R.S. & Häkkinen, K. 2016. Acute Endocrine and Force Responses and Long-Term Adaptations to Same-Session Combined Strength and Endurance Training in Women. *Journal of Strength & Conditioning Research* 30 (1), 164-175.
- Fisher, J., Steele J. & Smith, D. 2013. Evidence-Based Resistance Training Recommendations for Muscular Hypertrophy. *Medicina Sportiva* 17 (4), 217-235.
- Fortes, M.B., Diment, B.C., Greeves, J.P., Casey, A. IZARD, R. & Walsh, N.P. 2011. Effects of a Daily Mixed Nutritional Supplement on Physical Performance, Body Composition, and Circulating Anabolic Hormones During 8 Weeks of Arduous Military Training. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 36 (6), 967-975.
- 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.
- Goldfarb, A.H. 2005. Exercise Responce of B-Endorphin and Cortisol: Implications on Immune Function. Teoksessa W.J. Kraemer, & A.D. Rogol (toim.) *The Endocrine System in Sports and Exercise*. Australia: Blackwell Publishing Ltd, 339-340.
- Gomez-Merino, D., Chennaoui, M., Burnat, P., Drogou, C., Guezennec, C.Y. 2003. Immune and Hormonal Changes following Intense Military Training. *Military Medicine* 168 (12), 1034-1038.

- Guyton, A.C. & Hall, J.E. 2011. Textbook of Medical Physiology. 12. painos. Philadelphia: Saunders Elsevier.
- Haff, G.G. & Nimphius, S. 2012. Training Principles for Power. *Strength and Conditioning Journal* 34 (6), 2-12.
- Hickson, R.C. 1980. Interference of Strength Development by Simultaneously Training for Strength and Endurance. *European Journal of Applied Physiology* 45, 255-263.
- Hubal, M.J., Gordish-Dressman, H., Thompson, P.D., Price, T.B., Hoffman, E.P., Angelopoulos, T.J., Gordon, P.M., Moyna, N.M., Pescatello, L.S., Visich, P.S., Zoeller, R.F., Seip, R.L. & Clarkson, P.M. 2005. Variability in muscle size and strength gain after unilateral resistance training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37, 964-972.
- Häkkinen, K. 2003. Specificity of neuromuscular adaptations during heavy resistance and power training. Abstract. Proceedings of the 8th Annual Congress of the European College of Sport Science, Salzburg, July 9-13, 2003.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W.J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., Mikkola, J., Häkkinen, A., Valkeinen, H., Kaarakainen, E., Romu, S., Erola, V., Ahtiainen, J. & Paavolainen, L. 2003. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology* 89 (1), 42-52.
- Häkkinen, K. ym. 2007. Voima. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheilvalmennus*. 2. painos. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy, 251, 258, 260-261, 263, 265-266.
- Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016b. Hormonaalinen järjestelmä ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheilvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 140-142.
- Häkkinen, K. & Ahtiainen, J. 2016a. Maksimivoimaharjoittelu. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheilvalmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 255, 263.
- Igendia, M. 2015. Fluctuations in Muscle Strength, Shooting Accuracy and Serum Hormone Concentrations in Conscripts During a 3-week Combat Training Period. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro gradu –tutkielma. Viitattu 30.12.2016.

<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/48000/URN:NBN:fi:jyu-201512073919.pdf?sequence=1>

- ISSAM 2017. International Society For The Study of the Aging Male. Free & Bioavailable Testosterone calculator. Viitattu: 18.4.2017. Saatavilla: <http://www.issam.ch/freetesto.htm>
- Ivey, F.M., Roth, S.M., Ferrell, R.E., Tracy, B.L., Lemmer, J.T., Hurlbut, D.E., Martel, G.F., Siegel, E.L., Fozard, J.L., Metter, E.J., Fleg, J.L. & Hurley, B.F. 2000. Effects of age, gender and myostatin genotype on the hypertrophic response to heavy resistance strength training. *The Journal of Gerontology Biological Sciences & Medical Sciences* 55 (11), M641-M648.
- Jalanko, P. 2016. Sotilaan fyysinen toimintakyky, immunologiset tekijät ja hormonaalinen tila pitkäkestoisessa taisteluharjoituksessa. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro gradu –tutkielma. Viitattu 19.4.2017. <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/49634/URN:NBN:fi:jyu-201605042415.pdf?sequence=1>
- Jurvelin, H. 2012. Peruskoulutuskauden fyysinen kuormittavuus varusmiespalveluksen aikana. Jyväskylän yliopisto. Liikuntabiologian laitos. Pro gradu –tutkielma. Viitattu 23.11.2016. <https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/42340/URN:NBN:fi:jyu-201310172475.pdf?sequence=1>
- Kauranen, K. 2014. Lihas – rakenne, toiminta ja voimaharjoittelu. Tampere: Tammerprint Oy, 171, 387-390, 409-414, 421-422.
- Kawamori, N. & Haff, G.G. 2004. The Optimal Training Load for the Development of Muscular Power. *Journal of Strength and Conditioning Research* 18 (3), 675-684.
- Knapik, J.J., Reynolds, K.L. & Harman, E. 2004. Soldier Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical, and Medical Aspects. *Military Medicine* 169 (1), 45-56.
- Kraemer, W.J. 1988. Endocrine Responses to Resistance Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20 (5), 152-157.
- Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K., Newton, R.U., Triplett, N.T. & Dziados, J.E. 1995. Compatibility of High-Intensity Strength and Endurance Training on Hormonal and Skeletal Muscle Adaptations. *Journal of Applied Physiology* 78 (3), 976-989.

- Kraemer, W.J., Ratamess, N.A. & French, D.N. 2002. Resistance training for health and performance. *Current Sports Medicine Reports* 1 (3), 165-171.
- Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. 2004. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 36 (4), 674-688.
- Kraemer, W.J. & Ratamess, N.A. 2005. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training. *Sports Medicine* 35 (4), 339-361.
- Kraemer, W.J., Vescovi, J.D., Volek, J.S., Nindl, B.C., Newton, R.U., Patton, J.F., Dziados, J.E., French, D.N. & Häkkinen, K. 2004. Effects of Concurrent Resistance and Aerobic Training on Load-Bearing Performance and the Army Physical Fitness Test. *Military Medicine* 169 (12), 994-999.
- Kyröläinen, H. 2007. Nopeusvoima. Teoksessa K. Keskinen, K. Häkkinen & M. Kallinen (toim.) *Kuntotestauksen käsikirja*. 2. painos. Tampere: Tammerprint Oy, 149, 153.
- Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2010. Sotilaiden fyysinen toimintakyky – vaatimukset ja haasteet. Teoksessa Mäkinen, J. & Tuominen, J. (toim.) *Toimintakykyä kehittämässä: Jarmo Toiskallion juhla-kirja*. Military Pedagogical Reflections. Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos. Helsinki: Edita Prima Oy, 139-142.
- Larsen, B., Netto, K. & Aisbett, B. 2011. The Effect of Body Armor on Performance, Thermal Stress and Exertion: a critical review. *Military Medicine*. 176 (11), 1265-1273.
- Liikuntakoulutuksen käsikirja 2015. Helsinki: Puolustusvoimat.
- Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. & Logan, P.A. 1999. Concurrent Strength and Endurance Training. A review. *Sports Medicine* 28 (6), 413-427.
- Mackinnon, L.T., Hooper, S.L., Jones, S., Gordon, R.D. & Bachmann, A.W. 1997. Hormonal, Immunological, and Hematological Responses to Intensified Training in Elite Swimmers. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 29 (12), 1637-1645.
- Mero, A., Kyröläinen, H. & Häkkinen, H. 2007. Hermolihasjärjestelmän rakenne ja toiminta. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) *Urheiluvalmennus*. 2. painos. Jyväskylä: VK-Kustannus Oy, 53.
- Nindl, B.C., Barnes, B.R., Alemany, J.A., Frykman, P.N., Shippee, R.L. & Friedl, K.E. 2007. Physiological Consequences of U.S. Army Ranger Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (8), 1380-1387.

- Nindl, B.C., Castellani, J.W., Warr, B.J., Sharp, M.A., Henning, P.C., Spiering, B.A. & Scofield, D.E. 2013. Physiological Employment Standards III: Physiological Challenges and Consequences Encountered During International Military Deployments. *European Journal of Applied Physiology*. 113 (11), 2655–2672.
- Nindl, B.C., Rarick, K.R., Castellani, J.W., Tuckow, A.P., Patton, J.F., Young, A.J. & Montain, S.J. 2006. Altered Secretion of Growth Hormone and Luteinizing Hormone After 84h of Sustained Physical Exertion Superimposed on Caloric and Sleep Restriction. *Journal of Applied Physiology* 100 (1), 120-128. Doi: 10.1152/jappphysiol.01415.2004
- Nummela, A. & Häkkinen, K. 2016. Kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistäminen. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, S. Kalaja & K. Häkkinen (toim.) *Huippu-urheiluvallmennus. Teoria ja käytäntö päivittäisvalmennuksessa*. 1. painos. Lahti: VK-Kustannus Oy, 284.
- Opstad, P.K. 2009. Androgenic Hormones During Prolonged Physical Stress, Sleep, and Energy Deficiency. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 74 (5). Doi: <http://dx.doi.org/10.1210/jcem.74.5.1314847#sthash.uARBxbct.dpuf>
- Pihlainen, K., Santtila, M., Häkkinen, K., Lindholm, H. & Kyröläinen, H. 2014. Cardiorespiratory responses induced by various military field tasks. *Military Medicine*. 179 (2), 218-224.
- Santtila, M. 2010. Effects of Added Endurance or Strength Training on Cardiovascular and Neuromuscular Performance of Conscripts During the 8-week Basic Training Period. *Jyväskylän yliopisto. Studies in Sport, Physical Education and Health* 146.
- Santtila, M., Häkkinen, K., Karavirta, L. & Kyröläinen, H. 2008. Changes in cardiovascular performance during an 8-week military basic training period combined with added endurance or strength training. *Military Medicine* 173 (12), 1173-1179.
- Santtila, M., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. 2009a. Changes in Maximal and Explosive Strength, Electromyography, and Muscle Thickness of Lower and Upper Extremities Induced by Combined Strength and Endurance Training in Soldiers. *Journal of Strength and Conditioning Research* 23 (4), 1300-1308.
- Santtila, M., Kyröläinen, H. & Häkkinen, K. 2009b. Serum Hormones in Soldiers After Basic Training: Effect of Added Strength or Endurance Regimens. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* 80 (7), 615-620.

- Santtila, M., Kyröläinen, H., Vasankari, T., Tiainen, S., Palvalin, K., Häkkinen, A. & Häkkinen, K. 2006. Physical Fitness Profiles in Young Finnish Men during the Years 1975-2004. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 38 (11), 1990-1994.
- Schoenfeld, B.J., Contreras, B., Vigotsky, A.D. & Peterson, M. 2016. Differential Effects of Heavy Moderate Loads on Measures of Strength and Hypertrophy in Resistance-Trained Men. *Journal of Sports Science & Medicine*, 15 (4), 715-722.
- Schumann, M., Eklund, D., Taipale, R., Nyman, K., Kraemer, W.J., Häkkinen, A, Izquierdo, M. & Häkkinen, K. 2013. Acute Neuromuscular and Endocrine Responses and Recovery to Single Session Combined Endurance and Strength Loadings: 'Order effect' in Untrained Young Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27 (2), 421-433. Doi: 10.1519/JSC.0b013e31827f4a10.
- Schumann, M., Kuusmaa, M., Newton, R.U., Sirparanta, A-I., Syväoja, H., Häkkinen, A. & Häkkinen, K. 2014a. Fitness and lean mass increases during combined training independent of loading order. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46 (9), 1758-1768. Doi: 10.1249/MSS.0000000000000303.
- Schumann, M., Walker, S., Izquierdo, M., Newton, R.U., Kraemer, W.J. & Häkkinen, K. 2014b. The order effect of combined endurance and strength loadings on force and hormone responses: effects of prolonged training. *European Journal of Applied Physiology*, 114 (4), 867-880. Doi: 10.1007/s00421-013-2813-6.
- Sillanpää, E., Cheng, S., Häkkinen, K., Finni, T., Walker, S., Pesola, A., Ahtiainen, J., Stenroth, L., Selänne, H. & Sipilä, S. 2014. Body composition in 18- to 88-year-old adults – comparison of multifrequency bioimpedance and dual-energy X-ray absorptiometry. *Obesity*, 22 (1), 101-109. Doi: 10.1002/oby.20583.
- Sundell, J. 2011. Resistance training is an effective tool against metabolic and frailty syndromes. *Advances in Preventive Medicine* 2011. doi: 10.4061/2011/984683.
- Tanskanen, M. 2012. Effects of military training on aerobic fitness, serum hormones, oxidative stress and energy balance, with special reference to overreaching. *Jyväskylän yliopisto. Studies in Sport, Physical Education and Health* 187.
- Tanskanen, M.M., Kyröläinen, H., Uusitalo, A.L., Huovinen, J., Nissilä, J., Kinnunen, H., Atalay, M. & Häkkinen, K. 2011a. Serum sex hormone-binding globulin and cortisol concentrations are associated with overreaching during strenuous

- military training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (3), 787-797.
- Tanskanen, M.M., Uusitalo, A.L., Kinnunen, H., Häkkinen, K., Kyröläinen, H. & Atalay, M. 2011b. Association of military training with oxidative stress and overreaching. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43 (8), 1552-1560.
- Tanskanen, M.M., Kyröläinen, H., Uusitalo, A.L., Huovinen, J., Nissilä, J., Kinnunen, H., Atalay, M. & Häkkinen, K. 2011c. Serum Sex Hormone-Binding Globulin and Cortisol Concentration are Associated with Overreaching During Strenuous Military Training. *Journal of Strength and Conditioning Research* 25 (3), 787-797.
- Tsai, E. C., Matsumoto, A.M., Fujimoto, W.Y. & Boyko, E.J. 2004. Association of Bioavailable, Free and Total Testosterone With Insulin Resistance. Influence of sex hormone-binding globulin and body fat. *Diabetes Care* 27 (4), 861-868.
- Vaara, J.P., Kallioma, 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 (11), 163-167.
- Vervoorn, C., Quist, A.M., Vermulst, L.J., Erich, W.B., de Vries, W.R. & Thijssen, J.H. 1991. The Behaviour of the Plasma Free Testosterone/Cortisol Ratio During a Season of Elite Rowing Training. *International Journal of Sports Medicine* 12 (3), 257-263.
- Viru, A. & Viru, M. 2005. Resistance Exercise and Testosterone. Teoksessa Kraemer, W.J. & Rogol, A.D. (toim.) *The Endocrine System in Sports and Exercise*. Australia: Publishing Ltd, 319, 330.
- Wilson, J.M., Marin, P.J., Rhea, M.R., Wilson, S.M.C., Loenneke, J.P. & Anderson, J.C. 2012. Concurrent Training: A Meta-Analysis Examining Interference of Aerobic and Resistance Exercises. *Journal of Strength and Conditioning* 26 (8), 2293-2307.
- Ööpik, V., Timpmann, S., Rips, L., Olveti, I., Köiv, K., Mooses, M., Mölder, H., Varblane, A., Lille, H.R., Gapeyeva, H. 2017. Anabolic Adaptations Occur in Conscripts During Basic Military Training Despite High Prevalence of Vitamin D Deficiency and Decrease in Iron Status. *Military Medicine* 182 (3), 1810-1818. Doi: 10.7205/MILMED-D-16-00113.