

**KAHDENTOISTA VIIKON VOIMA- JA TEHTÄVÄKOHTAISEN
ANAEROBISEN HARJOITTELUJAKSON VAIKUTUKSET SOTILAAN
HERMOLIHASJÄRJESTELMÄN SUORITUSKYKYYN**

Jaakko Hanhikoski

Pro gradu -tutkielma

Valmennus- ja testausoppi

Liikuntabiologinen aineryhmä

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2018

Ohjaajat: Keijo Häkkinen ja Heikki Kyröläinen

TIIVISTELMÄ

Jaakko Hanhikoski. 2018. Kahdentoista viikon voima- ja tehtäväkohtaisen anaerobisen harjoittelujakson vaikutukset sotilaan hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn. Liikuntabiologian tieteenalaryhmä, Jyväskylän yliopisto, valmennus- ja testausopin pro gradu -tutkielma, 62 s.

Tutkimuksen tausta ja tarkoitus. Nykyaikaisen taistelulentän vaatimuksiin kuuluu olennaisesti anaerobinen suorituskyky johtuen korkean intensiteetin suorituksista ja raskaista kantamuksista. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli verrata tehtäväkohtaisen anaerobisen harjoittelun, voimaharjoittelun ja tavanomaisen varusmiesten liikuntakoulutuksen vaikutuksia hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn, kehonkoostumukseen ja sotilaan tehtäväkohtaiseen fyysisen suorituskykyyn, sekä tarkastella hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn ja kehonkoostumuksen suorituskyvyn yhteyttä suorituskyvyn muutoksiin tehtäväsimulaatoradalla.

Tutkimusmenetelmät. Tutkittavat olivat varusmiehiä 2/15 ja 1/16 saapumiseristä Kainuun Prikaatin 1. Jääkärikomppaniasta, mistä muodostettiin kolme ryhmää: tehtäväkohtainen- (T, n= 17), voimaharjoittelu- (V, n= 15) ja kontrolliryhmä (K, n= 10) (N = 42, ikä 20 ± 1 v, pituus $1,80 \pm 0,06$ m, paino $72,7 \pm 9,5$ kg, rasvaprosentti $11,6 \pm 4,7$ % ja kehonpainoindeksi $22,5 \pm 2,5$). Kahdentoista viikon tutkimusjakson aikana tutkittavat harjoittelivat 0–3 kertaa viikossa joukkueiden kouluttajien valvomana. Tutkimuksessa mitattiin kehonkoostumusta, hermolihasjärjestelmän suorituskykyä, sekä tehtäväkohtaista suorituskykyä tehtäväsimulaatoradalla.

Tulokset. Tutkimusjakson aikana havaittiin kasvua kehonkoostumusmuuttajien osalta kehon massassa (V: 2,1 % ($p < 0,01$); T: 1,0 %; K: 0,2 %) ja kehon rasvattomassa massassa (T: 1,4 % ($p < 0,05$); V: 1,3 %; K: 0,6 %). Hermolihasjärjestelmän suorituskykytesteissä havaittiin maksimaalisen voimantuoton kasvua isometrisessä jalkaprässissä (T: 11,1 % ($p < 0,01$); V: 6,6 %; K: 4,9 %) ja penkkipunnerruksessa (V: 6,7 % ($p < 0,001$); T: 2,5 %; K: 1,9 %), sekä kuuden sekunnin polkupyöraergometritestissä huippu- (T: 5,6 % ($p < 0,01$); V: 4,0 % ($p < 0,05$); K: 5,5 % ($p < 0,05$)) ja keskitehossa (V: 4,9 % ($p < 0,05$); T: 2,9 %; K: 2,7 %). Myös kevennyshypyn nousukorkeudessa havaittiin parannusta (T: 4,8 % ($p < 0,05$); V: 6,1 % ($p < 0,05$); K: -3,4 %) samoin kuin 60 sekunnin etunojapunnerrustestissä (K: 24,3 % ($p < 0,01$); T: 13,6 %; K: 6,4 %). Tehtäväsimulaatoradan suoritusten kokonaisajoissa havaittiin parannusta ensimmäisen (T: -13,0 % ($p < 0,01$); V: -8,5 % ($p < 0,01$); K: -4,1 %), toisen (T: -18,5 % ($p < 0,001$); V: -14,5 % ($p < 0,001$); K: -12,9 % ($p < 0,001$)) ja kolmannen suorituksen osalta (T: -20,4 % ($p < 0,001$); V: -18,9 % ($p < 0,001$); K: -13,9 % ($p < 0,05$)). Muutosten välisten korrelaatioiden tarkastelussa suoritusten kokonaisajan kehitykseen tehtäväsimulaatoradalla oli merkitsevimmän yhteydessä tehontuoton parannus kuuden sekunnin polkupyöraergometritestissä ($r = -0,52$ – $(-0,77)$, $p < 0,05$) ja parannus kevennyshypyn nousukorkeudessa ($r = -0,62$ – $(-0,66)$, $p < 0,05$).

Johtopäätökset. Tutkimuksen tulosten perusteella sekä tehtäväkohtainen harjoittelu- että voimaharjoittelu kehittävät hermolihasjärjestelmän ja tehtäväkohtaista suorituskykyä. Tulokset antavat tukea nykyaikaisen taistelulentän vaatimusten mukaisen anaerobisen suorituskyvyn kehittämiseksi voima- ja tehtäväkohtaisella harjoittelulla, joilla saadaan aikaan positiivisia muutoksia sotilaan kehonkoostumuksen ja tehtäväkohtaisen suorituskyvyn näkökulmasta.

Asiasanat: voimaharjoittelu, tehtäväkohtainen, sotilaan suorituskyky, varusmieskoulutus

KIITOKSET

Tämä pro gradu –tutkielma oli osa laajempaa tutkimusprojektia. Tässä työssä käytetty aineisto on osa Tommi Ojasen väitöskirjaa, joka puolestaan kuuluu Maavoimien toimintakykytutkimus 2014-2018 –hankkeeseen. Tommi Ojasen väitöskirjan ohjaajina ovat professorit Keijo Häkkinen ja Heikki Kyröläinen. Haluan kiittää heitä kaikkia ohjauksesta tämän työn osalta. Lisäksi haluan kiittää aineiston keruussa auttaneita henkilöitä: Enni Heikura, Mika Karjalainen, Joonas Aholainen, Elena Kozharskaya ja Petri Jalanko. Kaksi jälkimmäistä ovat aiemmin julkaisseet omat pro gradu -tutkielmansa tähän tutkimusprojektiin liittyen. Kiitos Elina Vaaralle ja Tommi Ojaselle tuesta tilastollisten analyysien osalta ja työn opponenttina toimineelle Ville Isolalle asiantuntevasta avusta työn loppuvaiheessa. Lopuksi haluan kiittää tutkimuksen toteuttamisessa auttaneita Kainuun Prikaatin 1. jääkärikomppanian kouluttajia sekä tutkittavina olleita varusmiehiä korvaamattomalla panoksellaan.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 OPERATIIVISEN KUORMITUKSEN VAATIMUKSET JA SEURAUKSET	2
3 KORKEAN INTENSITEETIN SOTILASTEHTÄVIEN FYSIOLOGISET VAATIMUKSET	4
3.1 Suorituskykyyn yhteydessä olevat tekijät lyhytkestoisissa suorituksissa	5
3.2 Suorituskykyyn yhteydessä olevat tekijät pidempikestoisissa suorituksissa	9
4 NYKYAIKAISEN TAISTELIJAN FYYSINEN HARJOITTELU	12
4.1.1 Voimaharjoittelu sotilailla	14
4.1.2 Tehtäväkohtainen harjoittelu sotilailla	16
5 TUTKIMUSKYSYMYKSET	20
6 TUTKIMUSMENETELMÄT	21
6.1 Tutkittavat	21
6.2 Tutkimusasetelma	21
6.3 Harjoittelu	22
6.4 Mittausmenetelmät	24
6.4.1 Tehtäväsimulaatorata	24
6.4.2 Hermolihasjärjestelmän suorituskykytestit	25
6.4.3 Kehonkoostumus	26
6.5 Tilastolliset menetelmät	27
7 TULOKSET	28
7.1 Kehonkoostumus	28
7.2 Hermolihasjärjestelmän suorituskykytestit	29

7.2.1	Maksimaalinen isometrinen voimantuotto.....	29
7.2.2	Kuuden sekunnin pp-ergometritesti.....	30
7.2.3	Kevennyshyppy.....	32
7.2.4	Puolustusvoimien lihaskuntotestit	32
7.3	Tehtäväsimulaatorata.....	34
7.3.1	Kokonaisajat sekä väliajat ensimmäisen 5 metrin, kanto- ja evakuointi- osuuksien osalta	34
7.3.2	Laktaatti ja syke.....	36
7.4	Kehonkoostumusmuuttujien, hermolihaskäytännön suorituskyvyn- ja tehtäväradan suoritusaikojen muutosten väliset yhteydet.....	38
8	POHDINTA	41
8.1	Muutokset hermolihaskäytännön suorituskykytesteissä ja kehonkoostumuksessa.....	41
8.2	Muutokset suorituskyvyssä tehtäväsimulaatoradalla.....	43
8.3	Hermolihaskäytännön suorituskyvyn, kehonkoostumuksen ja tehtäväkohtaisen suorituskyvyn muutosten väliset yhteydet	45
8.4	Tutkimuksen arviointi.....	46
8.5	Jatkotutkimusaiheet.....	47
8.6	Käytännön sovellukset.....	48
	LÄHTEET.....	49

1 JOHDANTO

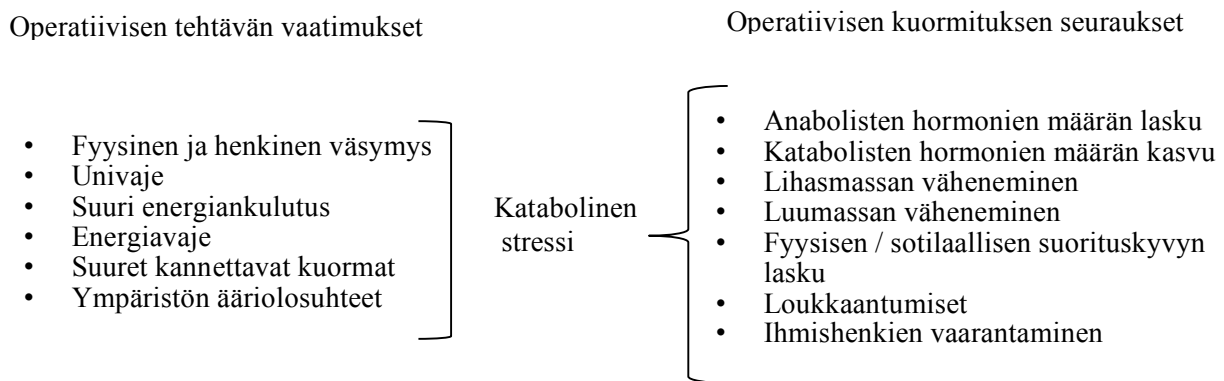
Sodankäynti on historian saatossa muuttunut yhä teknisemmäksi ja nykyajan taistelukentällä painottuu sitä myötä yhä enemmän sotilaiden anaerobinen suorituskyky. Taistelijan tulee kyetä suoriutumaan ennen korkean intensiteetin suorituksista ja koko vartalon voimaa vaativista monipuolisista liikkumismuodoista sekä raskaiden taakkojen liikuttamisesta. (Knapik ym. 2012; Mala ym. 2015). Nopeus, jolla taistelija kykenee kyseiset tehtävät taistelukentällä toteuttamaan, on olennaista niin tehtävän onnistumisen kuin henkiin jäämisen kannalta (Mala ym. 2015; Nindl ym. 2007). 2000-luvun jälkeen on tutkittu yhä enemmän nykyaikaisen niin kutsutun ”anaerobisen taistelukentän” vaatimuksia sotilaiden harjoittelulle ja testaukselle niin maailmalla (mm. Knapik ym. 2009; Mala ym. 2015), kuin Suomessa (Pihlainen ym. 2016; Helén 2017). Nykyaikaista taistelijaa onkin kuvattu enemmän voima- ja teholajin urheilijaksi kestävyysurheilijatyypin sijaan (Kraemer & Szivak 2012).

Fyysinen harjoittelu sotilaskoulutuksessa on kuitenkin perinteisesti painottunut pitkäkestoisen aerobisen kestävyuden ja lihaskestävyuden kehittämiseen. Tämä vastaa kuitenkin entisajan sodankäynnin fyysisiä vaatimuksia, jolloin sotilaiden kantamat kuormat olivat kevyempiä ja siirtymisiä liikuttiin enemmän jalan (Kraemer & Szivak 2012; Mala ym. 2015). Kyseiset ominaisuudet ovat edelleenkin painottuneet sotilaiden fyysisen suorituskyvyn testauksessa ja sitä myötä myös sotilaiden harjoittelussa. Tutkimusnäyttö nousujohtaisen ja systemaattisen koko kehon voiman kehittämiseen tähtäävän harjoittelun puolesta sotilailla on kuitenkin kiistaton sotilaiden suorituskyvyn kehittymisen osalta (Knapik ym. 2009; Kraemer & Szivak 2012).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää miten voimaharjoittelu ja tehtäväkohtainen anaerobinen harjoittelu verrattuna tavanomaiseen varusmiesten liikuntakoulutukseen vaikuttavat tuloksiin suorituskykytesteissä. Sotilaan suorituskyvyn kannalta olennaisena testinä on tätä tutkimusta varten suunniteltu tehtäväsimulaattorita. Lisäksi tarkoituksena on tarkastella korkean intensiteetin tehtäväkohtaisen suorituskyvyn kehittymiseen yhteydessä olevia tekijöitä. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on lisätä tietoa nykyaikaisen sodankäynnin fyysisistä vaatimuksista ja miten niihin tulisi harjoittelulla vastata. Tässä työssä esitettyjä tietoja voidaan hyödyntää sotilaskoulutuksessa vastaamaan nykyaikaisen taistelukentän vaatimuksia.

2 OPERATIIVISEN KUORMITUKSEN VAATIMUKSET JA SEURAUKSET

Operatiiviset tehtävät aiheuttavat taistelijan ja toimintakyvylle erityisvaatimukset, joita ei juuri kohdata missään muussa ammatissa. Säilyttääkseen taistelukykynsä taistelijan täytyy operatiivisen tehtävän aikana kyetä kestämaan useita eri stressitekijöitä ja myös palautumaan niistä tehtävän jälkeen. Henning ym. (2011a) ovat kuvanneet operatiivisen kuormituksen fysiologisia vaatimuksia ja vaikutuksia (kuvio 1), joita käydään tässä yleisellä tasolla läpi.



Kuvio 1. Operatiiviset stressitekijät ja seuraukset (mukaeltu Henning ym. 2011a)

Operatiivisille tehtäville tyypillistä, hieman tehtävästä ja aselajista riippuen, on runsas fyysinen aktiivisuus. Tämä koostuu pääosin matalatehoisesta fyysisestä aktiivisuudesta (Pihlainen ym. 2014.) Tehtävät suoritetaan usein haastavissa toimintaympäristöissä, jotka lisäävät elimistön fysiologista kuormitusta. Energiansaanti saattaa olla niukkaa, etenkin äärimmäisen suureen energiankulutukseen verrattuna. (Henning ym. 2011a.) Operatiivisille tehtäville tyypillistä on myös runsas univaje, jonka tiedetään vaikuttavan heikentävästi niin taistelijan henkiseen kuin fyysiseen suorituskykyyn (How ym. 1994; Lieberman ym. 2005). Lisäksi merkittävänä fysiologisen kuorman lisääjänä ovat suuret sotilaiden kantamat kuormat, joista tässä työssä lisää myöhemmin.

Yllä lueteltujen tekijöiden tiedetään aiheuttavan taistelijalle katabolista, eli kudoksia hajottavaa stressiä kuvastaen alentuneita tasoja anabolisissa elimistön hormoneissa, kehon lihasmassassa ja luiden mineraalitiheydessä (Nindl ym. 2007). Fyysisen suorituskyvyn ylläpitämisen ja kehittämisen kannalta näiden katabolisten stressitekijöiden hallitseminen on sotilaille olennaista, jotta toimintakyky voidaan säilyttää pitkän operatiivisen tehtävän loppuun asti. Lisäksi on

olennaista, että fyysinen suorituskyky saadaan palautettua ennen seuraavaa tehtävää (Nindl ym. 2007; Roy ym. 2002). Elimistön anabolisten hormonien, kuten testosteronin ja IGF-1:n normaalien pitoisuuksien seerumissa on todettu tärkeiksi elimistön anabolisten prosessien, kuten voiman kehityksen, lihasmassan lisäämisen ja luun mineraalitiheyden kannalta (Nindl ym. 2002; Nindl ym. 2007). Vastaavasti katabolisen hormonin, kortisolin pitoisuuden, nousu veriplasmassa on sotilailla pääsääntöisesti yhdistetty alentuneeseen suorituskykyyn ja kuormittuneisuuteen. (Friedl ym. 2000; Nindl ym. 2007; Kyröläinen ym. 2008; Väyrynen 2015.)

Pitkittynyt kuormitus vajavaisella palautumisella yhdistettynä suureen fyysiseen kuormitukseen suurten kannettavien kuormien kanssa kasvattaa myös riskiä loukkaantumisille vaarantaen taistelijan toimintakyvyn (Knapik ym. 2004). Pitkittynyt operatiivinen kuormitus aiheuttaa väistämättä taistelijan suorituskyvyn laskun lähtötilanteesta, mikä saattaa johtaa niin ihmishenkien kuin tehtävän onnistumisen vaarantamiseen. Operatiivisesta kuormituksesta aiheutuvia negatiivisia seurauksia pystytään kuitenkin minimoimaan riittävällä energiansaannilla, unen määrällä, sekä valmistamalla taistelija asianmukaisella fyysisen suorituskyvyn kehittämiseen suunnatulla harjoitusohjelmalla tulevaa tehtävää varten. (Henning ym. 2011a; Jalanko 2016; Nindl ym. 2002.) Tämän saavuttamiseksi tulee ymmärtää nykyaikaisen taistelukentän vaatimukset fyysisen suorituskyvyn osalta ja periaatteet fyysisen suorituskyvyn systemaattisen, nousujohteisen ja spesifin kehittämisen taustalla.

3 KORKEAN INTENSITEETIN SOTILASTEHTÄVIEN FYSIOLOGISET VAATIMUKSET

Erisuuruisten kuormien kantaminen on taisteluissa läpi historian kuulunut sotilaiden tehtäviin. Sodankäynti on kuitenkin historian saatossa muuttunut merkittävästi sodankäynnin teknistyessä. Myös sotilaiden kantamien kuormien suuruus on kasvanut nousujohteisesti vuosien aikana johtuen yksittäisen taistelijan aseistuksen ja suojauksen kehittymisestä. (Knapik ym. 2004.) Nykyään sotilaiden kantamusten on taistelussa todettu painavan 20 kilogrammasta ylöspäin, joka saattaa olla merkittävästi yli 50 prosenttia taistelijan kehon massasta (Birrell ym. 2007; Knapik ym. 2004). Suomalaisen kaupunkijääkäriin kantamusten massa on Kokon (2008) mukaan noin 30 kg. Tehtävät kuten haavoittuneen evakuointi ja ylimääräisten varusteiden sekä ryhmäkohtaisen materiaalin kantaminen saattavat hetkellisesti aiheuttaa ylimääräistä kuormaa jopa 60 kilogrammaan asti. Taistelukentällä lisäkuorman vaikutuksen alaisena taistelijan tulee kyetä liikkumaan monipuolisesti ja nopeasti. Näihin sotilaalle ominaisiin liikkeisiin kuuluvat muun muassa juokseminen, nostaminen, vetäminen, ryömiminen ja kiipeäminen. (Mala ym. 2015.)

Koska kyky kantaa raskaita taakkoja on keskeinen osa taistelijan suorituskykyä, on hyvää taakankantokykyä selittäviä tekijöitä ja lisäkuorman aiheuttamia seurauksia taistelijan suorituskyvylle tutkittu runsaasti. Tutkimuksia on tehty pääasiassa keskipitkien ja pitkäkestoisten, 2,5 kilometristä aina 25 kilometriin pitkien suoritusten osalta. Nykyajan sodankäynnille on kuitenkin tyypillistä, että joukot liikutetaan hyvin lähelle taistelukenttää, jolloin taistelijoiden täytyy pystyä liikkumaan nopeasti kantaen samalla raskaampia kuormia kuin aiemmin. (Mala ym. 2015.) Lisäksi merkittävä osa sodista käydään nykyaikana asutuskeskustaisteluina, joissa fyysisen suorituskyvyn osalta korostuu koko vartalon voima ja korkea tehontuotto 10–20 sekunnin mittaisina pyrähdyksinä (Vickers & Hodgson 1999). Vähemmän tutkimuksia onkin tehty lyhytkestoisista korkean intensiteetin suorituksista, jotka kuitenkin ovat olennaisessa roolissa nykyajan anaerobisella taistelukentällä. Nykyaikaisen sodankäynnin vaatimusten mukaisesti on sotilaiden tehtävänomaisessa testauksessa alettu käyttämään yhä enemmän myös lyhyempiä korkean intensiteetin suorituksia yhdistettynä erisuuruisten kuormien kantaan ja sotilaalle spesifeihin liikkumistapoihin (Reilly 2010).

3.1 Suorituskyvyn yhteydessä olevat tekijät lyhytkestoisissa suorituksissa

Tutkimuksia suorituskyvystä lisäkuormalla korkean intensiteetin ja lyhytkestoisissa sotilaille ominaisissa tehtävissä on tehty varsin niukasti. Jonkin verran tutkimuksia suorituskykyä selittävistä tekijöistä on tehty esteratoihin liittyen, koska ne ovat laajasti ja melko pitkään olleet käytössä niin sotilaiden koulutuksessa, testauksessa kuin sotilaiden välisissä kilpailuissa. Lisäksi esteradat sisältävät sotilaille ominaisia tehtäviä ja liikkumismuotoja. (Gdonteli ym. 2015; Jetté ym. 1989; Vickers & Hodgson 1999)

Mala ym. (2015) tutkivat suorituskykyä selittäviä tekijöitä lyhytkestoisella tehtäväradalla ilman kuormaa ja 42 kg:n lisäkuormalla selkärepulla ja taisteluvälineillä kuormitettuna. Rata sisälsi 30 m juoksun (lähtö makuulta), 27 m pujottelun sekä 10 m 79,5 kg:n haavoittuneen evakuoinnin. Tutkittavat (N= 18) jaettiin kahteen ryhmään taustansa perusteella joko voimaharjoitelleisiin (n= 10) tai sotilaskoulutuksen suorittaneisiin (n= 8) miehiin. Voimaharjoitellut ryhmä suoritti radan sotilaskoulutettua ryhmään nopeammin niin ilman kuormaa ($25,4 \pm 1,8$ s vs. $28,7 \pm 2,5$ s) kuin kuorman kanssa ($32,7 \pm 3,6$ s vs. $38,7 \pm 4,8$ s), joista jälkimmäisen osalta ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0,05$). Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevät erot ($p < 0,05$) kuormitetuissa suorituksissa myös ensimmäisen viiden metrin ajan ($3,5$ s vs. $3,1$ s) sekä evakuointiin käytetyn ajan osalta ($15,4$ s vs. $11,4$ s). Ylimääräisellä kuormalla kuormitettuna suoritus-aika kasvoi molemmilla ryhmillä merkittävästi ilman kuormaa tehtyihin suorituksiin verrattuna, mutta sotilaskoulutetulla ryhmällä suorituskyvyn lasku oli merkitsevästi suurempaa kuin voimaharjoitelleella ryhmällä ($7,3 \pm 2,1$ vs. $10,0 \pm 3,4$; 29 % vs. 35 %, $p < 0,05$).

Hermolihasjärjestelmän suorituskykyä mittaavien testien osalta voimaharjoitelleella ryhmällä oli 44 % korkeampi maksimaalinen tehontuotto kevennyshypyssä voimalevyllä mitattuna, 83 % suurempi kuorma yhden toiston jalkakyykkymaksimissa, sekä 61 % suurempi kuorma yhden toiston penkkipunnerrusmaksimissa. Hermolihasjärjestelmän testien ja radalla mitattujen aikojen välillä havaittiin merkitseviä korrelaatioita; kevennyshypyn maksimaalisella tehontuotolla sekä jalkakyykky- ja penkkipunnerrusmaksimeilla havaittiin merkitseviä yhteyksiä suoritusten kokonaisajan ($r = -0,62$ – $-0,67$), ensimmäisen 5 m ($r = -0,65$ – $-0,70$), 30 m ($r = -0,54$ – $-0,60$), sekä evakuointiin käytetyn ajan kanssa ($r = -0,59$ – $-0,64$). Huomioitavaa tutkimuksessa oli, että sotilaiden kuntotesteihin kuuluvien 2 min punnerrus- ja istumaannousutestien sekä 3,2 kilometrin juoksun osalta ei havaittu merkitsevää yhteyksiä radan suorituskyvyn kanssa, lukuun ottamatta

punnerrusten kokonaismäärää ja radan kokonaisaikaa ($r= 0,38$, $p < 0.05$). Alavartalon maksimaalinen voimantuotto jalkakyykyllä mitattuna oli ainoa tekijä, joka oli yhteydessä kaikkiin tehtäväradan osa-alueisiin. Koska sekä maksimaalinen ylä- ja alavartalon voima, että alavartalon tehontuotto olivat yhteydessä parempaan kokonaisaikaan tehtäväradalla, vaikuttaisi nämä ominaisuudet olevan lihaskestävyys- ja kestävyysominaisuuksia tärkeämpiä tekijöitä suorituskyvyn osalta tässä tutkimuksessa käytetyllä tehtäväsimulaatoradalla. Koko vartalon maksimaalisen voiman ja alavartalon tehontuoton merkitys suorituskykyyn näyttäisi myös korostuvan lisäkuormalla tehdyissä suorituksissa, jolloin niillä vaikuttaisi olevan myös lisäkuorman aiheuttamaa suorituskyvyn heikennystä vaimentava vaikutus korkean intensiteetin sotilaille ominaisissa tehtävissä (Mala ym. 2015.)

Pihlainen ym. (2015) tutkivat rauhanturvaajilla 242,5 m pitkällä tehtäväsimulaatoradalla, joka sisälsi juoksemista, ryömimistä, 16 kg:n kahvakuulien kantoa, pujottelua ja haavoittuneen evakuointia (65 kg). Tehtäväsimulaatoradan aikaan olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,001$) yhteydessä alaraajojen räjähtävä voimantuotto (vertikaalihyppy taisteluvälikäynnä: $r= -0,66$ ja vauhditon pituushyppy: $r= -0,62$) dynaaminen lihaskestävyys (istumaannousu- ($r= -0,55$), etunojapunnerrus- ($r= -0,53$), ja leuanvetotestien ($r= -0,44$) tulokset), sekä aerobinen kunto (3000 m juoksupuhtausaika ($r= -0,49$)). Lisäksi nopeampaan tehtäväsimulaatoradan suoritusaikaan oli yhteydessä myös pienempi rasvaprosentti ($r= -0,53$) sekä suurempi rasvaton kehon massa ($r= -0,47$). Saman tutkimuksen aineistosta Helén (2017) tarkasteli kuusi kuukautta kestäneen palveluksen aikaisten suorituskyky muuttujien muutosten yhteyttä tehtäväsimulaatoradan suoritusaikojen muutokseen. Tehtäväsimulaatoradan ajan muutokseen olivat tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,01$) vahvimmin yhteydessä 3000 m juoksupuhtausajan muutos ($r= 0,46$) ja rasvaprosentin muutos ($r= 0,44$). Myös etunojapunnerrustestin tulos oli yhteydessä parempaan suoritusaikaan tehtäväsimulaatoradalla ($r= -0,33$, $p<0,05$). Näin ollen kyseisen aineiston perusteella alavartalon räjähtävä voimantuotto, dynaaminen lihaskestävyys ja aerobinen kunto ovat tärkeitä tekijöitä suorituskyvyssä kyseisellä tehtäväsimulaatoradalla. Suorituskyvyn muutosten kannalta 3000 m juoksupuhtausajan, rasvaprosentin, ja etunojapunnerrustestin tuloksen muutokset ovat tehtäväradan ajan muutoksiin yhteydessä olevia tekijöitä. Tehtäväsimulaatoradan keskiarvotulokset tutkimuksen alku- ja lopputesteissä olivat 148 ± 22 s ja 131 ± 17 s.

Treloar ja Billing (2011) tutkivat nais- ja miessotilailla 21,6 kg lisäkuormalla kuormitetun ja kuormittamattoman 30 metrin juoksun suoritukseen (lähtö päinmakuulta) yhteydessä olevia tekijöitä ja totesivat juoksun ajan ja suorituskyvyn vertikaalihypyssä korreloivan merkitsevästi keskenään niin kuormitetuissa kuin ilman kuormaa tehdyissä suorituksissa ($r = -0,80$, $p < 0,01$ molempien osalta). Ylimääräisellä kuormalla kuormitetuissa olosuhteissa suorituskyky heikkeni 31,5 %, josta 52 % suorituskyvyn laskemisesta tapahtui ensimmäisen viiden metrin aikana, joka sisälsi nousemisen makuulta ylös, mikä kuvaa ylimääräisen kuorman aiheuttamia haasteita nimenomaan kyseisen suorituksen osalta. Kehon massa ei ollut yhteydessä suorituskykyyn kuormitettuna eikä kuormittamattomana. Vaikka tutkimus ei sisältänyt muita suorituskykytestejä, tukee tutkimustulos alavartalon räjähtävän voimantuoton merkitystä taistelijalle ominaisen lyhyen matkan juoksun osalta, jossa lähtö on makuulta.

Harman ym. (2008a) tutkivat suorituskykyä selittäviä tekijöitä siviilimiehillä erillisinä testeinä suoritetuissa 30 m ja 400 m juoksuissa, 27 m pitkällä pujotteluradalla sekä haavoittuneen evakuointia simuloivassa suorituksessa 80 kg painavalla kuormalla. Evakuointitehtävä sisälsi 50 m juoksun ja 50 m evakuoinnin. Kaikki testit suoritettiin 18 kilogrammaa painavassa taisteluvälikkeessä. Tutkijat havaitsivat alavartalon tehontuoton kevennyshypyillä ja vauhdittomalla pituushypyillä mitattuna, sekä 3,2 kilometrin juoksuajan korreloivan merkittävimmin suoritusaikoihin kaikkien yllä mainittujen testien kanssa ($r = 0,43-0,72$), lukuun ottamatta evakuointitehtävää. Suorituskykyyn evakuoinnissa oli vahvimmin yhteydessä kehon massa ($r = 0,45$), joka ei kuitenkaan ollut yhteydessä suorituskykyyn muiden muuttujien osalta. 2 minuutin punnerrustestitulokset olivat kohtalaisesti yhteydessä 30 m ($r = -0,38$) ja 400 m ($r = -0,31$) juoksu-aikoihin, sekä pujotteluradan aikaan ($r = 0,43$). Kahden minuutin istumaannousutestin tulos puolestaan oli yhteydessä 30 metrin juoksuun ($r = -0,38$) ja suoritukseen pujotteluradalla ($r = -0,43$). Sekä alavartalon maksimaalisen tehontuoton että 3,2 km:n juoksuajan todettiin olevan tärkeitä tekijöitä kyseisissä lyhytkestoisissa suorituksissa. On kuitenkin huomioitava, että maksimaalista voimaa ei tutkimuksessa testattu. Lihaskuntotestien tuloksilla oli tutkimuksessa edellisiä heikompi yhteys suorituskykyyn käytetyissä suorituskykytesteissä. Tutkijat totesivat kehon kokonaisuudesta olevan hyötyä raskaassa evakuointitehtävässä, mutta olevan sen suorituskyvylle mahdollisesti haitallista matalammalla kuormalla tehtävissä suorituksissa.

Bishop ym. (1999) tutkivat miehillä suorituskykyyn yhteydessä olevia tekijöitä sisätiloissa suoritettulla 11 tehtävää sisältävällä esteradalla ilman ylimääräistä kuormaa, ja totesivat paremman suorituskyvyn radalla olevan yhteydessä kevyempään kehonpainoon ($r = 0,59$), rasvaprosenttiin

($r = 0,54$), korkeampaan tehontuottoon Wingaten testillä mitattuna niin ylä- ($r = -0,48$) kuin alavartalon ($r = -0,43$) osalta, sekä ylä- ja alavartalon maksimaaliseen aerobiseen tehoon ($r = -0,51$ ja $r = -0,53$). Myös kehonpainoon suhteutettu suurempi jalkaprässimaksimi ja yhden toiston ylätaljasuoritus olivat yhteydessä nopeampaan suoritukseen esteradalla ($p = 0,001$). Tutkijat totesivat, että mikään yksittäinen fyysisen suorituskyvyn tekijä ei selittänyt suorituskykyä esteradalla, vaan hyvä suorituskyky kyseisessä testissä vaatii laaja-alaista fyysistä suorituskykyä niin anaerobisen kuin aerobisen aineenvaihdunnan sekä voiman eri osa-alueiden osalta. On huomioitavaa, että tutkimuksessa käytetyn esteradan kokonaisajan keskiarvo oli 187 ± 67 s, joten suoritus oli yllä esiteltyjä tutkimuksia huomattavasti pidempikestoisempi. Tutkijat totesivatkin, että mitä pidempikestoisen suoritus on, sen enemmän aerobisella aineenvaihdunnalla on merkitystä suorituskyvyn osalta esteradalla.

Jetté ym. (1990) tutkivat miessotilailta suorituskykyä sisätiloissa suoritettulla 19 tehtävän esteradalla sisältäen juoksua, ryömimistä, vetämistä, nostamista, kantamista ja työntämistä taisteluvälineillä asetta kantaen (kokonaispaino 7,9 kg). Kokonaisaikojen keskiarvo radalla oli 317 ± 51 s, joten suoritus oli kestoltaan vielä edellistä esteratutkimustakin pidempi. Suorituskykyä radalla selitti parhaiten maksimaalinen hapenotto ($VO_{2max}/ml/kg$) ($r = -0,73$) juoksumatolla mitattuna. Muita suorituskykyä selittäviä tekijöitä oli laktinen tehontuotto ($r = -0,70$) 90 sekunnin ajalta polkupyöräergometrillä toteutettuna, rasvaprosentti pihtimittauksella mitattuna ($r = 0,55$), koko vartalon maksimivoima ($r = -0,51$) sisältäen puristusvoimatestin, yhden toiston maksimin (1RM) jalkaprässissä ja hartiaprässissä (ylävartalon pystysuuntainen työntöliike) sekä toistomaksimitesti penkkipunnerruksessa ($r = -0,49$). Alaktinen tehontuotto ensimmäisen kuuden sekunnin ajalta yllä mainitusta polkupyöräergometristä ei puolestaan ollut merkitsevästi yhteydessä suorituskykyyn esteradalla. Tämän tutkimuksen mukaan suorituskykyä varsin pitkäkestoisella esteradalla selitti niin aerobinen kuin laktinen energiantuotto kuin myös koko vartalon voima. Alaktinen energiantuotto ei ollut yhteydessä suorituskykyyn.

Yllä esiteltyjen tutkimusten perusteella vaikuttaa koko vartalon voiman ja tehontuoton olevan tärkeitä tekijöitä suorituskyvyn kannalta lyhytkestoisissa korkean intensiteetin sotilaille ominaisissa suorituksissa. Näiden ominaisuuksien merkitys vaikuttaisi korostuvan ylimääräisen kuorman kanssa tehdyissä suorituksissa verrattuna ilman kuormaa tai kevyellä kuormalla tehtyihin suorituksiin. Lihaskestävyysominaisuudet vaikuttaisivat olevan vähemmän tärkeitä alle minuutin kestävässä sotilaan tehtäväkohtaisissa suorituskykytesteissä. Suuremmasta massasta vaikuttaisi olevan hyötyä erityisen raskaita kuormia liikuteltaessa, kuten esimerkiksi haavoittuneen

evakuointia suorittaessa. Suuresta kehon massasta on todennäköisesti kuitenkin haittaa kevyemmällä kuormalla suoritettavissa tehtävissä. Vastaavasti rasvaprosentin pieneneminen vaikuttaisi olevan eduksi lyhytkestoisissa sotilaille ominaisissa suorituksissa. Lisäksi on selvää, että aerobisen suorituskyvyn merkitys nousee mitä pidempi suoritus on kyseessä.

3.2 Suorituskykyyn yhteydessä olevat tekijät pidempikestoisissa suorituksissa

Suorituskyvystä taakankantoon liittyen 2–20 km pituisilla marsseilla kävellen ja juosten suoritettuna on tehty varsin kattavasti tutkimuksia. Suorituskyky kyseisissä kuormituksissa simuloi niitä siirtymisiä, joita ei voida suorittaa ajoneuvoin vaikean maaston tai äänihaitan vuoksi, jolloin taistelijoiden tulee suoriutua siirtymisestä jalkaisin samalla isoja kuormia kantaen. Nopeus, jolla nämä siirtymiset voidaan suorittaa saattavat olla ratkaisevassa asemassa tehtävän onnistumisen kannalta (Knapik ym. 2012.) Suorituskykyyn yhteydessä olevia tekijöitä on tutkittu sekä maksimaalisella, että submaksimaalisella intensiteetillä tehtyjen kuormankantosuuritusten osalta.

Mello ym. (1988) selvittivät 2, 4, 8 ja 12 km 46 kg kuormilla tehtyjen maksimaalisten suoritusten fysiologista taustaa. Merkitsevä yhteys havaittiin 8 ja 12 km sekä taka- ja etureisien voiman ja kestovoiman välillä ($p < 0,05$). Tutkijat totesivat etu- ja takareisien voiman ja kestovoiman olevan yhteydessä suorituskykyyn pidempikestoisten (8 ja 12 km) suoritusten osalta. $VO_{2max:n}$ tai antropometristen tekijöiden osalta ei havaittu merkitsevää yhteyttä suorituskykyyn. Dziados ym. (1987) puolestaan tutkivat suorituskykyä selittäviä tekijöitä 19 kg suuruisella lisäkuormalla suoritettuna 10 km pikamarssin osalta. He havaitsivat takareisien isokineettisen voiman olevan merkittävimmin ($r = 0,42$, $p < 0,01$) yhteydessä suorituskykyyn marssilla. Myös $VO_{2max:n}$ ja suoritusajan välillä havaittiin merkitsevä yhteys ($r = 0,37$ $p < 0,01$) Kehonkoostumus, etureisien voima sekä etu- ja takareisien kestovoima eivät puolestaan olleet yhteydessä parempaan suorituskykyyn marssilla.

Knapik ym. (1990) tutkivat amerikkalaisilla sotilaille suorituskykyä selittäviä tekijöitä kuormankannossa 20 kilometrin matkalla kantaen 46 kg:n suuruista kokonaiskuormaa. Parempaa suorituskykyä kuormankannossa selitti parhaiten rasvattoman kehon massa. Nopeampaan loppuaikaan olivat yhteydessä myös kehon kokonaismassa, absoluuttinen VO_{2max} (maksimaalinen hapenotto) sekä ylä- ja alavartalon voima ($p < 0,05$). Tutkimuksen mukaan 20 km

juoksumarssi vaatii niin aerobista suorituskykyä kuin koko vartalon voimaa. Lisäksi kehon kokonaismassasta vaikuttaisi olevan suorituskyvyn kannalta hyötyä.

Lyons ym. (2005) havaitsivat VO_{2max} :n ($r = -0,64$, $p < 0,01$) ja kehonkoostumusindeksin (rasvaton massa / (rasvamassa + lisäkuorma)) ($r = -0,52$, $p < 0,01$) olevan yhteydessä fysiologiseen kuormitukseen ($\%VO_{2max}$) submaksimaalisen 60 min pitkän kuormankantosuurituksen aikana 40 kg:n lisäkuormalla. Tutkijat totesivat korkeamman VO_{2max} :n ja suuremman lihasmassan määrän, toisin kuin kehon kokonaismassan, olevan yhteydessä alhaisempaan hapenkulutukseen submaksimaalisessa kuormankantotehtävässä.

Koerhuis ym. (2009) tutkivat suorituskykyä selittäviä tekijöitä sotilaille marssien nousujohteisesti korkeammilla kuormilla juoksumatolla. Tutkijat määrittivät kullekin sotilaalle maksimaalisen kuorman, jolla sotilas pystyi marssimaan neljän minuutin ajan juoksumatolla nopeudella 3 km/h maton kulman ollessa 5 %. Kestävyyttä kuormankannossa testattiin myöhemmin 70, 80, ja 90 % kuormalla yksilöllisestä kuormankantokapasiteetista. Absoluuttinen maksimaalinen kuorma osoittautui parhaaksi suorituskykyä selittäväksi tekijäksi sen osalta, kuinka kauan sotilas kykeni kuormaa kantamaan vaaditulla nopeudella ja kulmalla ($r^2 = 0.45$). Muita suorituskykyä selittäviä tekijöitä olivat kannettavan kuorman suhteuttaminen kehon massaan ($r^2 = 0.30$), rasvattoman kehon massaan ($r^2 = 0.24$) sekä absoluuttiseen massaan ($r^2 = 0.23$). Tutkimuksen tulosten perusteella maksimaalinen kuorma, jota taistelija kykenee kantamaan, on tärkeä tekijä kuormankantokyvyn kannalta submaksimaalisilla kuormilla. Maksimaalisen kuorman merkitys kuormankantokykyä selittävänä tekijänä tukee koko vartalon maksimaalisen voiman sekä kestovoiman merkitystä suorituksissa, joiden kesto tutkimuksessa oli 70, 80, ja 90% kuormilla oli keskimäärin 40,9; 24,5 ja 17,7 minuuttia.

Fallowfield ym. (2012) tutkivat 12 miessotilaalla kuormankantokykyä selittäviä tekijöitä eivätkä havainneet yhteyttä sykkeen ja VO_{2max} :n välillä submaksimaalisella 19,3 km marssilla 4,2 km/h tuntinopeudella kävellen 31 kilogramman lisäkuormalla. Sykkeen ja kehon massan välillä havaittiin kuitenkin merkitsevä negatiivinen yhteys ($r = -0,71$, $p < 0,01$), mikä viittaa alhaisempaan fysiologiseen kuormittumiseen raskaammilla henkilöillä.

Vaikka edellä esitetyissä tutkimuksissa matkat ovat vaihdelleet merkittävästi, koko vartalon maksimi- ja kestovoima vaikuttavat olevan tärkeitä tekijöitä 2–20 km pitkien

kuormankantosuoritusten taustalla. Kehonkoostumuksen osalta etenkin rasvattoman kehon massa, mutta myös kehon kokonaismassa vaikuttaisivat olevan yhteydessä parempaan suorituskyyyn pidemmillä matkoilla. Maksimaalinen hapenottoikyky vaikuttaisi myös olevan suorituskyytä selittävä tekijä pitkäkestoissa kuormankantosuorituksissa, etenkin maksimaalisissa suorituksissa.

4 NYKYAIKAISEN TAISTELIJAN FYYSINEN HARJOITTELU

Fyysisen suorituskyvyn kehittäminen on olennainen osa taistelijan kouluttamista nykyaikaisen taistelulentän vaatimuksia varten, eikä vähiten vuosien varrella suurentuneiden kuormien vuoksi. Perinteisesti harjoittelu on painottunut pitkäkestoisen aerobisen suorituskyvyn ja lihaskestävyuden kehittämiseen. Yksinomaan tämän tyyppinen harjoittelu vastaa kuitenkin entisajan sodankäynnin vaatimuksia, joissa taistelijat kulkivat pitkiä matkoja, mutta kevyemmällä varustuksella kuin nykypäivänä. (Mala ym. 2015.) Toisaalta taistelulentän anaerobiset vaatimukset eivät ole mikään uusia asia, sillä jo 1980-luvulla Murphy ym. (1984) kirjoittivat tutkimuksessaan anaerobisen suorituskyvyn tärkeydestä sotilasympäristössä. Kraemerin ja Szivakin (2012) mukaan merkittävä syy aerobisen ja lihaskestävyyspainotteisen harjoittelun suosimiseen on kuitenkin suuri määrä sotilaita kouluttajaan nähden. Lisäksi puutteelliset tilat ja aikapaine johtavat usein siihen, että harjoitusmuotona herkästi suositaan omalla keholla tehtäviä harjoitteita, lihaskestävyysharjoituksia ja juoksua. Keskeisenä ongelmana tämän tyyppisessä harjoittelussa on se, että matalalla vastuksella harjoittelemisen yhdistettynä puutteelliseen lepoon ja pitkiin sarjoihin ei saada stimuloitua lihasten nopeiden motoristen yksiköiden kehittymistä, jolloin harjoittelu ei juuri kehitä maksimaalista voimaa. (Kraemer & Szivak 2012.)

Fyysisen harjoittelun tulee olla systemaattista, nousujohteista ja spesifiä tavoitteena olevan tehtävän suorituskyvyn kehittämisen näkökulmasta (Kraemer & Szivak 2012). Yhtenä merkittävänä haasteena sotilaskoulutuksessa on fyysisen aktiivisuuden runsas määrä, mikä voi tehdä harjoittelun ohjelmoinnin ja kuormituksen säätelyn haastavaksi. Sotilaiden harjoitteluun on perinteisesti kuulunut paljon juosten tehtävää kestävyysharjoittelua ja erityisesti juosten tehty kestävyysharjoittelu saattaa heikentää voiman, räjähtävyyden ja lihasmassan kehittymistä puutteellisesta palautumisesta, sekä lihassolutasolla tapahtuvasta interferenssistä johtuen (Wilson ym. 2012). Lisäksi runsaan kestävyysharjoittelun ja erityisesti suurien juoksumäärien on todettu altistavan loukkaantumisille (Knapik ym. 2001). Näin ollen kuormituksen, josta erityisesti juoksu- ja kestävyysharjoittelun määrää tulee säädellä tarkasti, kun halutaan saada aikaan optimaalista kehitystä hermolihasjärjestelmän voiman- ja tehontuotto-ominaisuuksissa sekä välttää loukkaantumisia ja ylikuormitustilan kehittymistä (Santtila 2010; Jurvelin 2012). Juoksuharjoittelun osittaisen korvaamisen voimaharjoittelulla onkin saatu hyviä tuloksia suorituskyvyn näkökulmasta (Trank ym. 2001). Santtilan (2010) mukaan kestävyysharjoittelun

vähentäminen ja voimaharjoittelun lisääminen peruskoulutuskaudella voi antaa varusmiehille paremmat fyysiset valmiudet jatkokoulutukseen.

United States Army Physical Fitness School (USAPFS) on jaotellut taistelijan fyysisen suorituskyvyn kolmeen osa-alueeseen: voimaan, kestävyyteen ja mobiliteettiin (taulukko 1) (Hogan ym. 1991). Mobiliteetilla tarkoitetaan tässä yhteydessä liikkumisen taitoa sekä voimantuotto-ominaisuuksien ja kestävyysominaisuuksien soveltamista taistelijan spesifiin tehtävään (Knapik ym. 2009).

Taulukko 1. Taistelijan suorituskyvyn fyysisten ominaisuuksien jaottelu ja määritelmät (mukaeltu Knapik ym. 2009; Hogan 1991).

Fyysinen ominaisuus	Osa-alue	Määritelmä
Kestävyys	Sydän- ja verenkierto-elimistön kestävyys	Lihasuryhmän kyky vastustaa ulkoisia voimia pitkäkestoisesti
Voima	Lihasoima	Maksimaalinen voima vastustaa ulkoisia voimia lyhyen ajan sisällä
	Lihaskestävyys	Lihasuryhmän kyky vastustaa ulkoisia voimia lyhyen ajan sisällä
Mobiliteetti	Teho	Kyky tuottaa voimaa lyhyen ajan sisällä
	Venyvyys	Nivelen saavuttama liikkuvuus
	Tasapaino	Tasapainotilan säilyttäminen paikallaan tai liikkeessä
	Nopeus	Kyky suorittaa liikkeitä lyhyen ajan sisällä
	Ketteryys	Kyky muuttaa koko kehon asentoa tilassa nopeudella ja tarkkuudella
	Koordinaatio	Kyky käyttää aisteja, kuten näköä ja kuuloa, yhdessä kehonosien kanssa suorittaessa motorisia tehtäviä sujuvasti ja tarkasti

USAPFS:n mallin jaottelun tapaan on taistelijan suorituskyvyn kehittämistä tehdyissä tutkimuksissa käytetyt harjoitusmuodot jaettu pääasiassa voima- ja kestävyysharjoitteluun, sekä kentällä tapahtuvaan sovellettuun harjoitteluun. Viimeksi mainittu on käytännössä sisältänyt tehtävälle spesifiä mobiliteetin kehittämistä, sekä taistelukentän vaatimusten mukaisia tehtävien- ja liikkumismuotojen harjoittelua. Tämä toteutetaan usein korkean intensiteetin intervalleina, mutta sisältää myös voimaharjoittelua minimaalisin välinein (Knapik ym. 2012.)

Taakankantokyvyn ollessa olennainen osa suorituskyvyn kehittämistä nykyajan taistelukentän vaatimuksia varten on sitä kehittävää harjoittelusta tehty sotilasympäristössä lukuisia

tutkimuksia pitkäkestoisissa suorituksissa, mutta vähemmän lyhytkestoisten suoritusten osalta. Knapik ym. (2012) tekivät tutkimuskatsauksen taakankantokyvyn kehittämistä, jossa oli koottuna 10 tutkimusta taakankantokykyä kehittävästä harjoittelusta. Taakankantokykyä testattiin kyseisissä tutkimuksissa pääasiassa 3,2 kilometrin matkalla erisuuruisia kuormia kantaen (15-46 kg). Meta-analyysin mukaan suorituskyky kehittyi merkittävästi, kun harjoitusohjelma sisälsi nousujohteista voimaharjoittelua, jota toteutettiin kestävyysharjoittelun lisäksi vähintään kolme kertaa viikossa ja vähintään neljän viikon ajan. Parhaiten suorituskyky taakankannossa kehittyi kuitenkin, kun harjoittelu sisälsi lisäksi taakankantoa, jolloin vaikutus suorituskykyyn yli kaksinkertaistui. Myös kentällä toteutetulla harjoittelulla sisältäen minimaalisen määrän välineitä, saatiin aikaan merkittävää kehitystä kuormankantokyvyssä. Pelkällä aerobisella tai voimaharjoittelulla havaittiin olevan pienempi vaikutus suorituskykyyn. (Knapik ym. 2012.) Vaikka edellä kuvatus meta-analyysin tulokset ovat pitkäkestoisen taakankantokyvyn näkökulmasta, on myös lyhytkestoisempien ja intensiivisempien suoritusten osalta taakankantokyvyn kehittämistä samansuuntaista näyttöä. (Harman ym. 2008b.)

Seuraavaksi käsitellään voimantuoton ja tehtäväkohtaisen suorituskyvyn kehittämisen periaatteita ja vaikutuksia nykyaikaisen sodankäynnin mukaiseen suorituskykyyn. Tehtäväkohtaista suorituskykyä lähestytään harjoittelun spesifisyyden ja mobiliteetin käsitteiden näkökulmista, joissa korostuu korkean intensiteetin suorituskyky. Kestävyys on tärkeä ominaisuus sotilaiden suorituskyvyn näkökulmasta, mutta tässä yhteydessä sitä ei tulla käsittelemään, vaan painotus on anaerobisessa korkean intensiteetin suorituskyvyssä.

4.1.1 Voimaharjoittelu sotilaille

Sotilaiden voimaharjoittelusta on tehty tutkimuksia niin kotimaassa kuin maailmalla. Voimaharjoittelu tiedetään tehokkaaksi keinoksi kehittämään suorituskykyä niin voimaa-, tehoa- kuin kestävyyttä vaativissa suorituksissa (Kraemer & Szivak 2012; Knapik ym. 2009), mutta olevan myös tehokas menetelmä tuki- ja liikuntaelimestön vammariskin pienentämisessä (Lauersen ym. 2014). Lihasmassan kasvu ja suurten motoristen yksiköiden rekrytointi ovat suorituskyvyn kehittymisen näkökulmasta merkittävimpiä voimaharjoittelun aikaansaamia tekijöitä (McCarthy ym. 2002). Riittävän suurilla vastuksilla tehdyn voimaharjoituksen tiedetään myös kehittävän lihaksiston tukiosien, jänteiden ja sidekudosten voimaa. (Kraemer ym. 2002.)

Voimanharjoittelun tyypit jaotellaan tyypillisesti intensiteetin ja sarjan toistomäärien mukaan, joissa intensiteetti lasketaan perinteisesti kunkin liikkeen yhden toiston maksimista (1 repetition maximum, 1RM). Kraemer & Szivak (2012) ovat jaotelleet sotilaille suunnatun mallin mukaan voimaharjoittelun matalan (>12 RM), kohtalaisen (8–12 RM) ja korkean intensiteetin harjoitteluun (3–6 RM). Suurten motoristen yksiköiden rekrytoinnin osalta harjoittelun intensiteetin tiedetään olevan merkittävä tekijä sille, saadaanko kaikkein suurimpia motorisia yksiköitä rekrytoitua (Kraemer & Szivak 2012). Hennemanin kokoperiaatteen mukaan motoristen yksiköiden rekrytoimiseksi tarvitaan joko suuri liikenopeus tai suuri voimantuotto (Henneman 1977; Kraemer ym. 1985; Kraemer & Szivak 2012). Jälkimmäisen osalta vastuksen määrä vaikuttaa olennaisesti aktivoituvien motoristen yksiköiden ja erityisesti suurempien motoristen yksiköiden määrään (Kraemer & Szivak 2012). Toisaalta matalalla vastuksella tehdyissä sarjoissa, mikäli sarja tehdään uupumukseen saakka, aktivoituvat ainakin osa suurista motorisista yksiköistä sarjan loppupuolella. Tämä ei kuitenkaan johda merkittävään voiman ja voimantuottonopeuden kehittymiseen, vaikkakaan lihasmassan kasvun osalta ei ole havaittu merkittävää eroa vastuksen suuruudella, kun sarja tehdään uupumukseen asti (Fink ym. 2016; Schoenfeld ym. 2017a). Lihaskasvun kannalta keskeisenä tekijänä on todettu olevan riittävän suuri volyyymi, sillä lihassassa näyttää lisääntyvän lineaarisesti volyymin kasvaessa tiettyyn pisteeseen saakka (Schoenfeld ym. 2017b). Suuria motorisia yksiköitä aktivoivaa riittävän intensiivistä ja riittävällä volyyymillä toteutettua voimaharjoittelua voidaan pitää keskeisinä periaatteina sotilaan suorituskyvyn kehittämisen näkökulmasta (Kraemer & Szivak 2012.)

Sotilailla pelkän voimaharjoittelun tutkiminen on haastavaa, koska sotilaskoulutus sisältää yleensä suuren määrän aerobista aktiivisuutta. Näin ollen kyseessä on lähestulkoon aina voimaharjoittelun lisääminen sotilaskoulukseen, joka normaalisti sisältää runsaasti aerobista aktiivisuutta. Suomessa tehtyjen tutkimusten perusteella on viitteitä siitä, että kaksi kertaa viikossa toteutettu voimaharjoittelu on riittämätön merkittävälle ja varusmieskoulutuksen läpi jatkuvalla hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittymiselle tavanomaiseen varusmiesten liikuntakoulutukseen verrattuna (Santtila 2012; Vaara 2015). Niukan kehityksen on arveltu johtuvan niin varusmieskoulutuksen sisältämästä runsaasta aerobisen aktiivisuuden aiheuttamasta interferenssistä kuin riittämättömästä nousujohteisuudesta intensiteetin ja volyymin osalta (Santtila ym. 2010; Santtila 2012; Wilson ym. 2012; Vaara 2015). Vastaavasti 3-4 kertaa viikossa nousujohteisesti toteutettu voimaharjoittelu epälineaarisesti ohjelmoituna vaikuttaisi saavan

aikaan merkittävää kehitystä niin hermolihasjärjestelmän- ja tehtäväkohtaisessa suorituskyvyssä (Hendrickson 2010; Henning ym. 2011b.; Kraemer ym. 2004).

Taakankantokyvyn näkökulmasta voimaharjoittelun yhdistäminen sotilaskoulutukseen on todettu tehokkaaksi keinoksi kehittämään sotilaiden suorituskykyä (Knapik ym. 2012). Mielenkiintoista kyllä, taakankantokyvyn kannalta pelkästään ylävartaloon kohdistuvan voimaharjoittelun on todettu olevan lähes yhtä tehokasta kuin koko vartaloon kohdistuneen voimaharjoittelun (Terho 2014; Knapik ym. 2012; Kraemer ym. 2004). Tämän on arveltu johtuvan ylävartalon stabiloivasta roolista kuormankannossa silloin, kun suurin osa kuormasta on selkärepuissa (Knapik ym. 1996). Näin ollen ylävartalon voiman kehittämisen arvellaan olevan suhteessa alavartalon voimaa tärkeämpää pitkäkestoisen taakankantokyvyn kannalta ja voimaharjoittelun tulisi kohdistua ylävartaloon (Knapik ym. 2012). Toisaalta taakankantokykyä tarkastelevissa tutkimuksissa alavartalon maksimaalinen voiman- ja tehontuotto on todettu tärkeäksi suorituskykyyn yhteydessä olevaksi tekijäksi niin lyhyt- kuin pitkäkestoisissa taakankantosuurituksissa ja sotilaille spesifeissä tehtävissä, sillä alavartalo vastaa sotilaille pääasiassa liikkeen tuottamisesta (Harman ym. 2008b; Mala ym. 2015).

4.1.2 Tehtäväkohtainen harjoittelu sotilailla

Harjoittelun spesifisyyden periaatteen mukaan suorituskyvyn kehitys on suurinta, kun harjoitellaan systemaattisesti suoritusta, jossa kehitystä pääasiassa tavoitellaan (Morissey ym. 1995). Gamblen (2006) mukaan siirtovaikutuksen optimoimiseksi harjoittelun tulisi olla mekaanisesti ja aineenvaihdunnallisesti samanlaista kuin tavoitesuorituksen. Sotilasympäristössä tämä tarkoittaa ainakin tehtävälle spesifien liikkeiden ja spesifin ympäristön huomioimista (Orr & Pope 2012). Nykyaikaisella taistelukentällä vaadittavien ominaisuuksien näkökulmasta olennaisena osa-alueena on nopea liikkuminen raskaiden kantamusten alaisena (Treloar & Billing 2011). Mobiliteetin kehittämisessä voidaan harjoitteina käyttää hyvin tavoitetehtäviä simuloivia harjoitusmuotoja, joita voidaan toteuttaa tehtävälle spesifeissä toimintaympäristöissä. Mobiliteetin kehittämisen etuina ovat sen minimaaliset vaatimukset välineiden suhteen sekä mahdollisuus harjoitteluympäristön ja harjoittelun sisällön suurelle vaihtelevuudelle, mitkä saattavat ehkäistä ylirasitustilojen syntymistä, sekä harjoitusmuotoon tylsistymistä ja lisätä motivaatiota harjoittelulle. (Knapik ym. 2003; Knapik ym. 2009.) Toisaalta kentällä suoritettussa harjoittelussa voi ajan myötä olla haastavaa saada nousujohteista ärsykettä aikaiseksi, samalla tavalla kuin

voimaharjoittelussa, ainakin kuorman lisäämisen näkökulmasta. Tästä syystä sillä ei pitkällä aikavälillä tulisi korvata voimaharjoittelua, sillä lihasmassan ja voiman kehitys ei tällöin välttämättä ole optimaalista riittävän kuormituksen puutteesta johtuen. Toisaalta yksilöillä, joilla suorituskyvyn taso on riittävän alhainen, voi spesifillä harjoittelulla kehittyä merkittävästikin. (Harman ym. 2008b.) Vastaavasti hyväkuntoisilla yksilöillä spesifin suorituskyvyn kehittyminen saattaa vaatia enemmän tehtävälle spesifistä harjoittelua (Sporis ym. 2012).

Taakankantokyvyn näkökulmasta spesifin taakankantosuuritusten sisällyttäminen ohjelmaan on todettu tehokkaimmaksi harjoitusmenetelmäksi suorituskyvyn kehittämisessä. Harjoittelu kehittää tällöin tavoitesuorituksessa tarvittavaa taitoa, sekä samoja lihasryhmiä ja energiantuottojärjestelmiä kuin mitä kuormankannossa tarvitaan. Lisäksi taakankanto harjoitteena parantaa oletetusti sivutuotteena samoja fyysisiä ominaisuuksia, mitä tavoitesuorituksessa vaaditaan. (Reilly ym. 2009.) Korkean intensiteetin taakankantosuurituskvyn, toisin kuin pitkäkestoisen taakankantokyvyn kehittämisen osalta ei ole tehty kattavasti tutkimuksia. Pitkäkestoisen taakankantoharjoittelun on ehdotettu olevan optimaalisinta, kun sitä harjoitellaan erikseen viikon tai kahden viikon välein. Harvemmin tehdyn harjoittelun on todettu rajoittavan kuormankantokyvyn kehittymistä kehittävän ärsykkeen tapahtuessa liian harvoin, sekä mahdollisesti myös altistavan taakankannosta aiheutuville rasitusvammoille (Knapik ym. 1992). Intensiteettiä lisäkuormalla tehdyssä suorituksessa on todettu lisäävän kuorman kasvattaminen, liikkumisen nopeus, sekä maasto ja ennen kaikkea ylämäki (Knapik ym. 2004). On ehdotettu, että taakankantokyvyn kehittämisen kannalta intensiteetti olisi volyyymiä ja frekvenssiä tärkeämpi tekijä. Intensiteettiä tulisi kuitenkin lisätä asteittain vastaten lopulta tehtävässä vaadittavia kuormia. (Orr & Pope 2012.)

Harjoittelusta, joka on sisältänyt tehtävälle spesifiä harjoittelua ja mobiliteetin kehittämistä, on tehty muutamia tutkimuksia tehtäväkohtaisen suorituskvyn kehittämiseen liittyen. Harman ym. (2008b) jakoivat vähäisen harjoitustaustan omaavat miehet kuormalähtöistä harjoittelua ja kentällä ilman ylimääräistä kuormaa tehnyttä harjoittelua suorittaneisiin ryhmiin selvittääkseen eri harjoitusmuotojen vaikutuksia sotilaille spesifiin suorituskvyn. Kahdeksan viikon harjoitusohjelma sisälsi kuormalähtöisellä ryhmällä koko kehon voimaharjoituksia, 3,2 km juoksua, intervalliharjoittelua, ketteryysarjoittelua, sekä nousujohteisesti kuormitettuja 8 km marsseja. Kentällä harjoitelleen ryhmän harjoitusohjelma puolestaan koostui venyttelystä, kehonpainoharjoittelusta, pikajuoksuintervalleista, sekä sukkula- ja kestävyysjuoksusta. Ryhmät

harjoittelivat 1,5 tuntia kerralla viitenä päivänä viikossa. Molemmat ryhmät paransivat suorituskykyään tilastollisesti merkitsevästi, mutta ryhmien kehityksen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa 3,2 km juoksussa 32 kg:n lisäpainolla, 400 m juoksussa 18 kg:n lisäpainolla, 5x30 m juoksussa, 50 m evakuoinnissa 80 kg:n kuormalla tai yhdessäkään kestovoima, maksimivoimatestissä tai nopeusvoimatestissä. Myöskään kehonkoostumuksen tai maksimaalisen hapenoton parannuksessa ei ollut eroa ryhmien välillä. Ainoastaan esteradan kokonaisajan kehityksessä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ($p < 0.05$), jossa kentällä harjoitellut ryhmä kehittyi kuormalähtöistä harjoittelua tehnyttä ryhmää enemmän. Tutkijat päättelivät, että kuormapainotteista harjoittelua tehnyt ryhmä olisi parantanut voimatestien tuloksia merkittävästi enemmän, mikäli harjoitusinterventio ei olisi sisältänyt kestävyysharjoittelua. Lisäksi tutkijat arvelivat, että lisäkuormalla harjoitellut ryhmä olisi pidemmällä harjoitusjaksolla kehittynyt kentällä harjoitellutta ryhmää enemmän, koska jälkimmäisellä ryhmällä harjoittelu ei sisältänyt lisäkuormalla toteutettua harjoittelua. Myös tutkittavien alhainen lähtötaso ja harjoitusohjelmien samankaltaisuudet saattoivat siihen, ettei ryhmien välisessä suorituskyvyssä havaittu eroa. (Harman ym. 2008b.)

Korkealla intensiteetillä toteutetut lyhytkestoisten intervallien on ehdotettu olevan sotilaille tehokas harjoitusmenetelmä niin anaerobisen kuin aerobisen suorituskyvyn kehittämiseksi (Gibala ym. 2015). Korkean intensiteetin lyhytkestoiset intervallit sisältävät voimaharjoittelun tapaan lyhyiden intensiivisten työjaksojen ja palautusjaksojen vuorottelua. Niin sanotussa sprintti-intervalliharjoittelussa (sprint interval training), jossa intensiteetti on supramaksimaalinen, eli tasavauhtisessa suorituksessa yli maksimaalista hapenottoa vastaavan työtehon, yksittäisen toiston kesto on yleensä maksimissaan 30 sekuntia mitä seuraa itse suoritukseen moninkertaisesti pidempi lepojako. Yhden harjoituksen tehokas työaika on tyypillisesti matala, alle 10 min harjoituksen kokonaiskeston ollessa alle 30 min (Gibala ym. 2015). Harjoitusmuodon on osoitettu kehittävän lihaksen anaerobista suorituskykyä lihaksen sisäisten glykolyyttisten entsyymien toimintaa sekä korkean intensiteetin työstä johtuvan happamuuden puskurointia tehostamalla. Lisäksi kyseisen harjoittelumuodon on havaittu aiheuttavan myös lihaksen sisäisiä aerobisia adaptaatioita, kuten oksidatiivisen kapasiteetin ja mitokondrioiden biogeneesin lisääntymistä, johtaen kehittyneeseen aerobiseen suorituskykyyn. (Gibala ym. 2009; Hazell ym. 2010.) Lisäksi korkealla intensiteetillä suoritettavat intervallit johtavat suurten motoristen yksiköiden aktivoitumiseen, mutta näiden ei kuitenkaan ole todettu johtavan merkittävään lihaskasvuun (Gibala 2009). Lyhyemmät alle 10 sekunnin pyrähdykset saattavat johtaa välittömien energian

lähteiden, eli ATP- ja fosfokreatiinivarastojen käytön tehostumiseen ja varastojen kasvamiseen (Hazell ym. 2010). Perinteisesti sprintti-intervalliharjoittelua on toteutettu juosten tai pyöräillen, mutta sen periaatteiden mukaista harjoittelua on mahdollista toteuttaa hyvin spesifeillä liikkumismuodoilla. Tällöin aineenvaihdunnallisten hyötyjen lisäksi harjoittelu kehittää mahdollisesti myös suoritukselle spesifiä hermolihasjärjestelmän suorituskykyä. Tehtävälle spesifein liikkumismuodoin korkealla intensiteetillä toteutetut intervallit ovat potentiaalisesti ajankäytöllisesti tehokas harjoitusmuoto kehittämään Tehtäväkohtaista suorituskykyä niin anaerobisesta, aerobisesta kuin spesifistä tehontuoton näkökulmista. (Gist ym. 2015; Gibala ym. 2015.)

5 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voimaharjoittelun ja tehtäväkohtaisen anaerobisen harjoittelun vaikutuksia suorituskykytesteihin varusmiehillä. Lisäksi tarkoituksena oli selvittää, mitkä kehonkoostumukseen ja hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn liittyvät tekijät ovat yhteydessä muutoksiin suorituskyvyssä tehtäväradalla.

Tutkimuskysymys 1:

Kehittääkö kahdentoista viikon voima- ja tehtäväkohtainen anaerobinen harjoitusjakso tehtäväkohtaista suorituskykyä enemmän kuin tavanomainen liikuntakoulutus?

Hypoteesi 1:

Molempien interventioryhmien suorituskyky tehtäväradalla kehittyy kontrolliryhmää enemmän, koska interventioryhmien harjoittelu painottuu enemmän anaerobisen suorituskyvyn kehittämiseen, jolloin nopeat motoriset yksiköt saavat interventioryhmillä enemmän harjoitusta (Kraemer & Szivak 2012). Tehtäväkohtaista harjoittelua tehnyt ryhmä kehittyy voimaharjoitellutta ryhmää enemmän sotilaille ominaisessa suorituskyvyssä, koska spesifisyyden periaatteen mukaan suorituskyky kehittyy tavoitesuorituksen osalta enemmän, kun harjoittelu sisältää tavoitesuorituksen kannalta samankaltaisia suorituksia ja on aineenvaihdunnallisesti samanlaista (Gamble 2006).

Tutkimuskysymys 2:

Ovatko muutokset kehonkoostumuksessa ja hermolihasjärjestelmän suorituskyvyssä yhteydessä parantuneeseen suorituskykyyn tehtäväsimulaattoriradalla?

Hypoteesi 2:

Kehitys koko vartalon maksimaalisessa voimassa ja alavartalon räjähtävässä voimassa ovat yhteydessä parempaan suorituskykyyn tehtäväradalla, sillä näiden on osoitettu olevan yhteydessä parempaan suorituskykyyn sotilaille spesifeissä tehtävissä, kuten kiihdyttämisessä, taakan kannossa ja evakuoinnissa (Bishop ym. 1999; Jetté ym. 1990; Mala ym. 2015; Treloar & Billing. 2011).

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Tutkittavat

Tutkittavina tutkimuksessa toimivat varusmiehet Kainuun Prikaatin 1. Jääkärikomppaniasta saapumisieristä 2/2015 ja 1/2016 (taulukko 2). Kaikki tutkittavat olivat miehiä (N = 42). Tutkittavista muodostettiin kolme interventioryhmää: tehtäväkohtainen harjoitteluryhmä (n = 17), voimaharjoitteluryhmä (n = 15) ja kontrolliryhmä (n = 10). Ryhmien taustatiedoissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja. Aloitustilaisuuteen ennen tutkimuksen alkua osallistui yhteensä 105 varusmiestä, joista lopulliseen aineistoon kelpuutettiin ne, jotka olivat osallistuneet kaikkiin mittauksiin. Lopullisiin tuloksiin otettujen tutkittavien lukumäärää pienensi varusmiehiä koetellut epidemia alkumittausten aikana. Alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta jäi sivuun yksi interventioryhmä (kestävyysharjoitteluryhmä) tutkittavien puutteellisen lukumäärän takia. Ennen tutkimuksen alkua tutkittavat antoivat kirjallisen suostumuksensa osallistua tutkimukseen. Tutkimukselle myönnettiin lupa Puolustusvoimilta ja eettinen lausunto Jyväskylän yliopisto eettiseltä toimikunnalta ennen tutkimuksen alkua.

Taulukko 2. Tutkittavien taustatiedot ryhmittäin. Keskiarvo ± keskihajonta (vaihteluväli).

	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva (%)	BMI
Tehtäväkohtainen ryhmä (n=17)	20 ± 1 (18 – 21)	1,80 ± 0,07 (1,66–1,92)	73,2 ± 9,8 (62,8–104,6)	12,9 ± 4,6 (3,0–22,5)	22,7 ± 2,0 (19,4–28,4)
Voimaryhmä (n=15)	20 ± 1 (18–21)	1,83 ± 0,06 (1,70–1,92)	73,8 ± 7,8 (58,8–90,3)	10,2 ± 3,6 (4,8–17,3)	22,1 ± 1,7 (19,7–25,9)
Kontrolliryhmä (n=10)	20 ± 1 (19–22)	1,77 ± 0,04 (1,70–1,86)	71,1 ± 11,0 (57,7–95,3)	11,8 ± 5,8 (3,0–20,7)	22,7 ± 3,7 (18,2–31,5)

6.2 Tutkimusasetelma

Tutkimus toteutettiin Kainuun Prikaatissa keväällä 2016. Tutkimusjakson kesto oli 12 viikkoa sisältäen alku-, väli- ja lopputestit. Mittaukset toteutettiin viikoilla 1, 7 ja 12 (kuva 1).

Taulukko 3. Harjoitusten teemat ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (AH= ampumarjoitus, TST= taisteluharjoitus)

Tehtäväkohtainen

vk	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU	x / vko	Harjoitukset
1			Testit					0	
2	Nopeus		Anaerobinen		Yhdistelmä			3	
3	Nopeus			Anaerobinen		Yhdistelmä		3	AH (ke-su)
4		Nopeus		Yhdistelmä		Anaerobinen		3	
5	Nopeus		Anaerobinen		Yhdistelmä			3	
6								0	TST (ma-pe)
7			Testit					0	
8		Nopeus		Yhdistelmä		Anaerobinen		3	AH (ma-pe)
9								0	TST (ma-pe)
10	Nopeus		Yhdistelmä		Nopeus			3	
11		Nopeus		Yhdistelmä				2	AH (ma-la)
12		Testit						0	

Voima

vk	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU	x / vko	Harjoitukset
1		Testit						0	
2	Kestovoima		Perusvoima		Perusvoima			3	
3	Perusvoima			Kestovoima		Kestovoima		3	AH (ke-su)
4		Nopeusvoima		Maksimivoima		Perusvoima		3	
5	Nopeusvoima		Maksimivoima		Perusvoima			3	
6								0	TST (ma-pe)
7	Testit							0	
8		Kestovoima		Kestovoima		Maksimivoima		3	AH (ma-pe)
9								0	TST (ma-pe)
10	Maksimivoima		Nopeusvoima		Maksimivoima			3	
11		Kestovoima		Kestovoima				2	AH (ma-la)
12	Testit							0	

Kontrolli

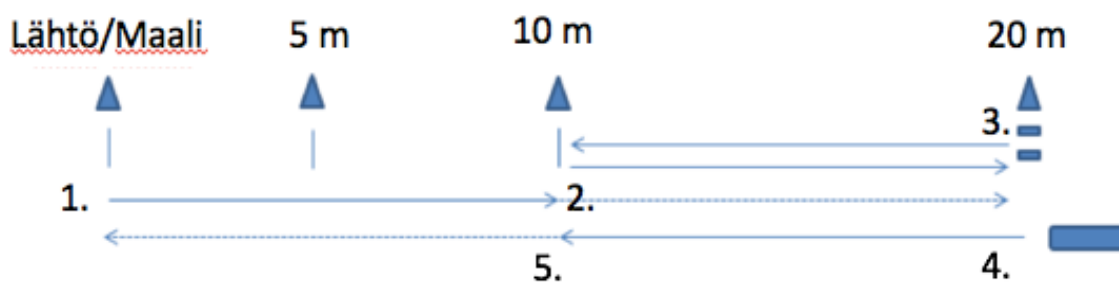
vk	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU	x / vko	Harjoitukset
1					Testit			0	
2	Pelit		Lihaskunto		Kestävyys			3	
3	Pelit			Lihaskunto		Kestävyys		3	AH (ke-su)
4		Pelit		Lihaskunto		Kestävyys		3	
5	Pelit		Lihaskunto		Kestävyys			3	
6								0	TST (ma-pe)
7				Testit				0	
8		Pelit		Lihaskunto		Kestävyys		3	AH (ma-pe)
9								0	TST (ma-pe)
10	Pelit		Lihaskunto		Kestävyys			3	
11		Pelit		Pelit				2	AH (ma-la)
12				Testit				0	

6.4 Mittausmenetelmät

Tässä tutkimuksessa käytettyjä testejä olivat kehonkoostumusmittaus, hermolihäsjärjestelmän testit ja tehtäväsimulaatorata. Testit suoritettiin samassa järjestyksessä niin alku-, väli- kuin lopputesteissä. Testipäivä alkoi klo 06.00 kehonkoostumusmittauksella. Hermolihäsjärjestelmän testit alkoivat klo 8.00 ja ne suoritettiin seuraavassa järjestyksessä; kevennyshyppy, kuuden sekunnin maksimaalinen polkupyöraergometritesti, isometrinen penkkipunnerrus, isometrinen jalkaprässi ja lopuksi Puolustusvoimien lihaskuntotestit sisältäen vauhdittoman pituushypyn, 1 min etunojapunnerrustestin sekä 1 min istumaannousutestin. Samana iltapäivänä tutkittavat testattiin tehtäväsimulaatoradalla.

6.4.1 Tehtäväsimulaatorata

Tutkimusta varten suunniteltiin tehtäväsimulaatorata (kuva 2), joka sisälsi sotilaalle ominaisia liikkumistapoja ja tehtäviä, kuten nopeita kiihdytyksiä, syöksymistä, ryömimistä, kantamista ja evakuointia. Tehtäväradan pituus oli kokonaisuudessaan 60 m. Varusteina tutkittavilla oli tehtäväradalla taisteluvälineet ilman asetta, mistä koitui noin 12 kg:n lisäpaino kehonpainolle. Tehtäväsimulaatorata suoritettiin kolme kertaa 60 sekunnin passiivisella palautuksella. Suoritus alkoi päinmakuulta, josta testattava nousi testaaajan äänimerkistä ylös ja lähti kiihdyttämään juosten eteenpäin. 10 m kohdalta testattava syöksyi maahan ja ryömi radan pätyyn asti, jossa oli kaksi 16 kg kahvakuulaa, jotka simuloivat ammuslaatikoita. Testattavan tuli nostaa kahvakuulat kantaan, juosta ne mukanaan 10 m takaisin radan puoliväliin, jossa kahvakuulat tuli laskea maahan ja käydä nopeasti vatsamakuulla, niin että rinta koskee maahan. Tämän jälkeen testattavan tuli kantaa kahvakuulat takaisin 20 m kohdalle. Radan päädyssä oli 75 kg painava hiekkasäkki, jonka testattava evakuoiti raahaamalla sen 10 m kohtaan saakka, jossa hänen tuli testaaajan äänimerkistä päästää säkistä irti ja juosta maaliin. Testattavien suorituksia valvoi ja ohjeisti yksi testaja reaaliaikaisesti suoritusten aikana. Lisäksi testaja kannusti testattavaa äänekkäästi suorituksen ajan, jotta testattavasta saataisiin maksimaalinen suorituskyky irti. Testattavilta otettiin laktaattinäyte ennen radan suorittamista, jokaisen kolmen vedon jälkeen, sekä 5 min viimeisen vedon loppumisesta erillisen testaaajan toimesta.



Kuva 2. Kaavakuva tehtäväsimulaattoriradasta ja sen eri osuuksista: 1) lähtö päinmakuulta + juoksu, 2) syöksy ja ryömiminen, 3) kahvakuulien kanto, 4) evakuointi, 5) juoksu maaliin.

Suoritusten kokonaisaika ja palautusajat mitattiin käsiajalla. Suoritukset videoitiin sivusta päin, josta jälkikäteen määritettiin väliajat seuraaville suoritusvaiheille: ensimmäiset 5 m, kahvakuulien kanto, ja evakuointi. Radan eri kohdat oli merkattu kartioilla, joiden avulla pystyttiin hidastuskuvan (25 Hz) avulla määrittämään kymmenyksen tarkkuudella väliajat. Suorituksen alku merkattiin kohtaan, jossa urheilija liikahti päinmakuulla ollessaan aloittaen kiihdytyksen. 5 m kohta videolta merkattiin pisteessä, jossa urheilijan lantio oli 5 m kartioiden kohdalla. Kahvakuulien kanto puolestaan merkattiin kuvaan, jossa taistelija otti kahvakuulista kiinni. Kahvakuulien kanto- ja evakuointisuoritukset erotettiin kuvalla, jossa testattava irrotti otteensa kahvakuulista. Evakuointisuoritus merkattiin loppuneeksi pisteessä, jossa vedettävän säkin etuosa leikkasi 10 m kartioiden rajan. Tehtäväradan aikana mitattiin sykettä sykevyöllä (Firstbeat Technologies Oy, Finland).

6.4.2 Hermolihasjärjestelmän suorituskykytestit

Kevennyshyppy. Nousukorkeus kevennyshypyssä mitattiin kontaktimatolla (Newtest Oy, Suomi) (Komi & Bosco 1978). Tutkittavat ohjeistettiin hyppäämään niin korkealle kuin mahdollista ja laskeutumaan alas päkiöille polvet suorina. Testisuorituksia tehtiin kaksi, joista parempi kirjattiin tulokseksi.

Kuuden sekunnin maksimaalinen polkupyörä(pp-)ergometritesti. Testi suoritettiin Wattbike-polkupyörä(pp-)ergometrillä mittaamaan alaktista tehontuottoa. Vastus määritettiin tutkittavan kehon massan mukaan Wattbiken ohjeistuksen mukaisesti. Testattavat ohjeistettiin polkemaan niin kovaa kuin mahdollista kuuden sekunnin ajan kuitenkin niin, että suoritus alkoi testiaan äänimerkistä ja loppui testiaan antaessa siihen luvan. Suorituksista mitattiin huippu- ja keskiteho.

Isometrinen jalkaprässi. Alavartalon ojentajalihasten bilateraalisesta maksimaalisesta voimasta testamiseksi suoritettiin isometrinen jalkaprässi jalkadynamometrissä (Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, Jyväskylä) polvikulman ollessa 107°, joka mitattiin goniometrillä. Suorituksen aikana tutkittavan selkä oli kiinni selkänöjässä käsien pitäessä tukevasti kädensijoista kiinni, eikä takamus saanut nousta penkistä irti. Testattavia ohjeistettiin painamalla voimalevyä koko jalkapohjalla, jotta ne pysyivät pystyasennossa. Ennen varsinaista suoritusta testattava sai tehdä yhden submaksimaalisen lämmittelysuorituksen. Komennolla PAINA testattava alkoi tuottaa voimaa maksimaalisesti voimalevyä vasten 3-4 sekunnin ajan, jonka jälkeen suoritus lopetettiin testaajan merkistä. Testisuorituksia oli kaksi kappaletta, joista parempi tulos kirjattiin tulokseksi. Suoritusten aikana testattavaa motivoitiin kannustamalla. Suoritusten välissä oli 1-2 minuutin palautus.

Isometrinen penkkipunnerrus. Ylävartalon maksimaalisen voiman testamiseksi suoritettiin isometrinen penkkipunnerrus (Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, Jyväskylä) kyynärvarsien ollessa 90° kulmassa ja olkavarsien vaakatasossa (Ojasto & Häkkinen 2009). Suoritusasento vakioitiin 90° kulmaan kyynärnivelissä, joka saatiin oteleveyttä muuttamalla. Kyynärpäät olivat suorituksessa suoraan tangon alla, takamus kiinni penkissä ja jalkapohjat tukevasti lattiassa. Jalkadynamometrin tavoin sallittiin ennen varsinaista testiä yksi submaksimaalinen lämmittelysuoritus, jonka jälkeen suoritettiin kaksi testisuoritusta samanlaisella ohjeistuksella kuin jalkadynamometrin osalta.

Puolustusvoimien lihaskuntotestit. Testit sisälsivät vauhdittoman pituushypyn, sekä 60 s etunojapunnerrus- ja istumaannousutestit. Lihaskuntotestit suoritettiin Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirjassa määritettyjen ohjeiden mukaisesti (Pihlainen ym. 2011: 41.)

6.4.3 Kehonkoostumus

Tutkittavien kehonkoostumusta mitattiin bioimpedanssimenetelmällä (InBody 720 Biospace, Etelä-Korea). Mittaus suoritettiin paastotilassa aamulla ennen aamupalaa. Analysointiin mukaan otettuja kehonkoostumuksen muuttujia olivat kehon massa ja kehon rasvaton massa.

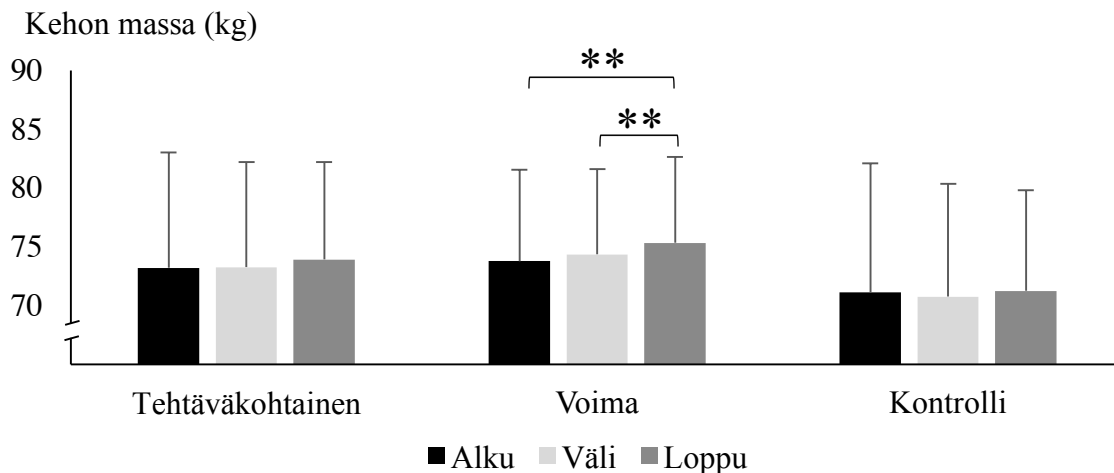
6.5 Tilastolliset menetelmät

Tilastollinen analyysi suoritettiin SPSS 24 –ohjelmalla (IBM SPSS 24.0 Chicago, Illinois). Eri mittauspisteiden välisten tulosten analysoimiseen käytettiin ANOVA-testiä. Ryhmien väliset erot analysoitiin T-testillä. Muutosten väliset korrelaatiot laskettiin Pearsonin korrelaatiolla. Tilastollisissa analyyseissä merkitsevyysarvona oli merkitsevä * $p < 0,05$, merkitsevä: ** $p < 0,01$ ja erittäin merkitsevä: *** $p < 0,001$.

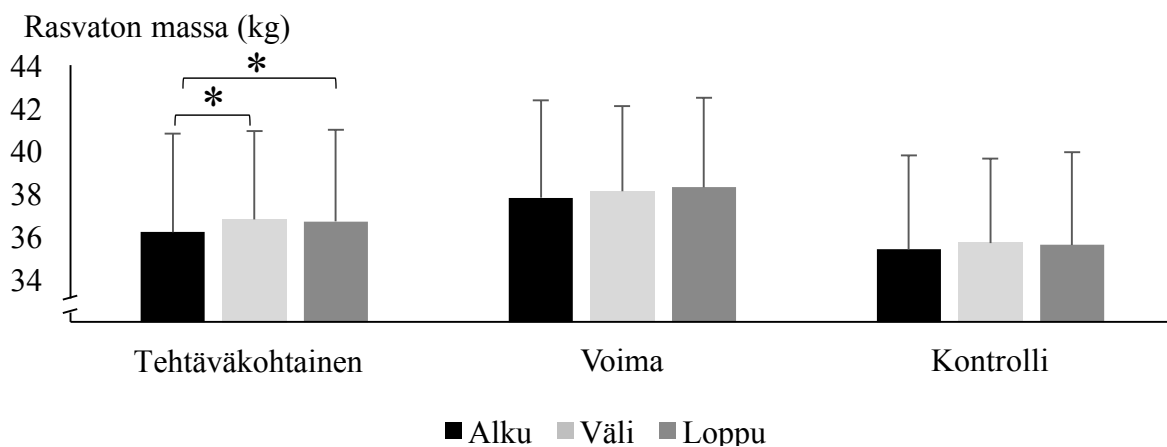
7 TULOKSET

7.1 Kehonkoostumus

Kehon massa kasvoi voimaryhmällä alku- ja loppumittausten, sekä väli- ja loppumittausten välillä 2,1 % ($p=0,004$) ja 1,3 % ($p=0,002$) (kuva 3). Muilla ryhmillä muutoksia kehon massassa ei ollut. Kehon rasvattomassa massassa puolestaan tehtäväkohtaisella ryhmällä havaittiin alku- ja loppumittausten, sekä alku- ja välimittausten välillä 1,4 % ($p=0,012$) ja 1,7 % ($p=0,022$). (kuva 4). Muilla ryhmillä ei ollut rasvattomassa massassa muutoksia. Kehonkoostumuksen osalta ei ryhmien välillä ollut tilastollisesti merkitseviä eroja.



Kuva 3. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) kehon massa ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (** $p<0,01$)

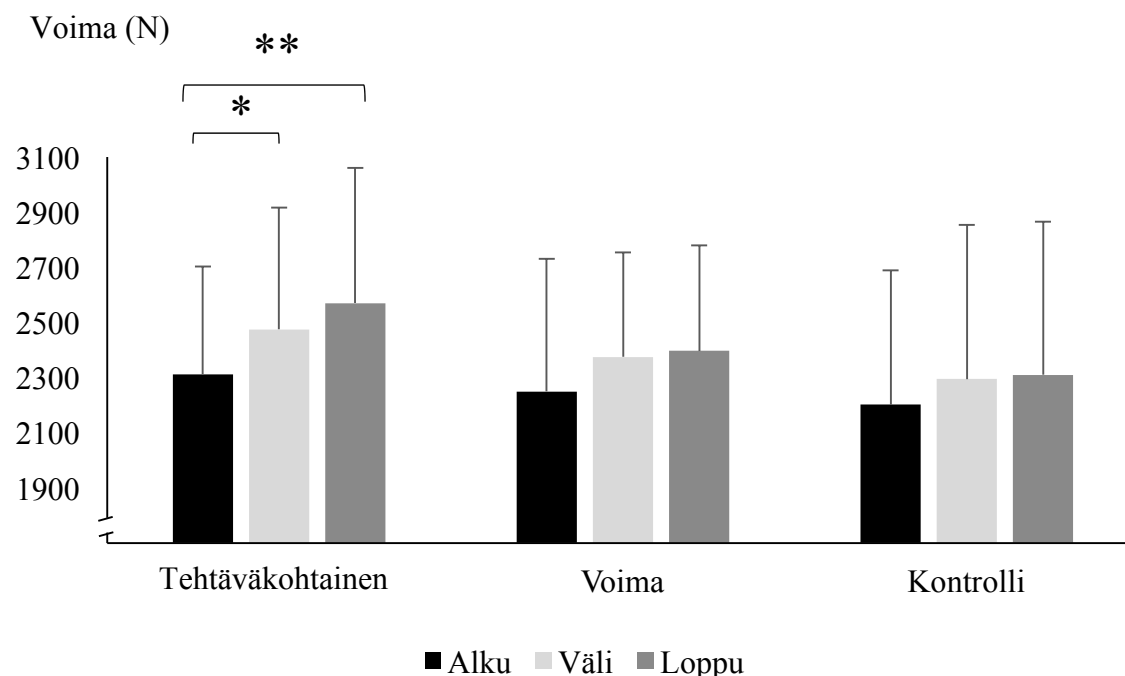


Kuva 4. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) kehon rasvaton massa ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p<0,05$).

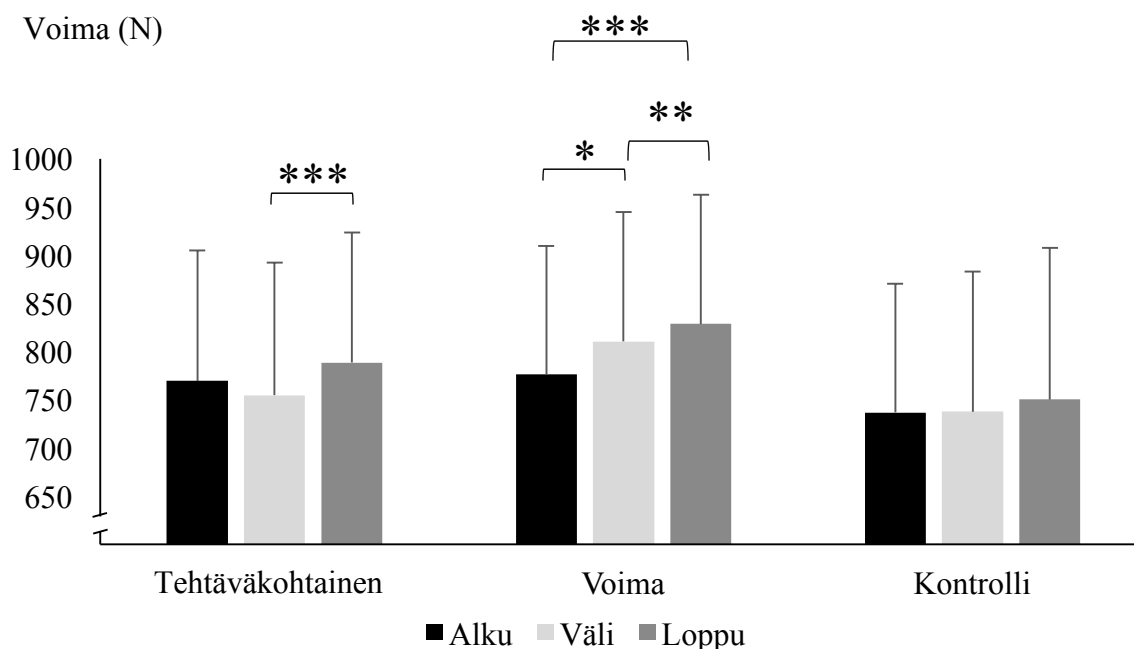
7.2 Hermolihasjärjestelmän suorituskykytestit

7.2.1 Maksimaalinen isometrinen voimantuotto

tehtäväkohtaisen ryhmän maksimaalinen voimantuotto isometrisessä jalkaprässissä parani alku- ja loppumittausten välillä 11,1 % ($p= 0,004$) sekä alku- ja välimittausten välillä 7,0 % ($p= 0,013$) (kuva 5). Vastaavasti maksimaalinen voimantuotto parani voima- ja kontrolliryhmillä alku- ja loppumittausten sekä alku- ja välimittausten välillä 6,6 % ja 4,9 %, ja 5,6 % ja 4,2 %, mitkä eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä. Isometrisen penkkipunnerruksen osalta voimaryhmän maksimaalinen voimantuotto parani alku- ja loppumittausten välillä 6,7 % ($p= 0,001$); alku- ja välimittausten välillä 4,4 % ($p= 0,020$) sekä väli- ja loppumittausten välillä 2,3 % ($p= 0,006$) (kuva 6). Vastaavasti tehtäväkohtaisen ryhmän tulos kasvoi väli- ja loppumittausten välillä 4,5 % ($p<0,001$). Kontrolliryhmällä muutoksia isometrisessä penkkipunnerruksessa ei havaittu. Isometrisessä jalkaprässissä ja penkkipunnerruksessa ei ilmennyt muutosten välisiä eroja ryhmien välillä.



Kuva 5. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) maksimaalinen voimantuotto isometrisessä jalkaprässissä ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p<0,05$; ** $p<0,01$)



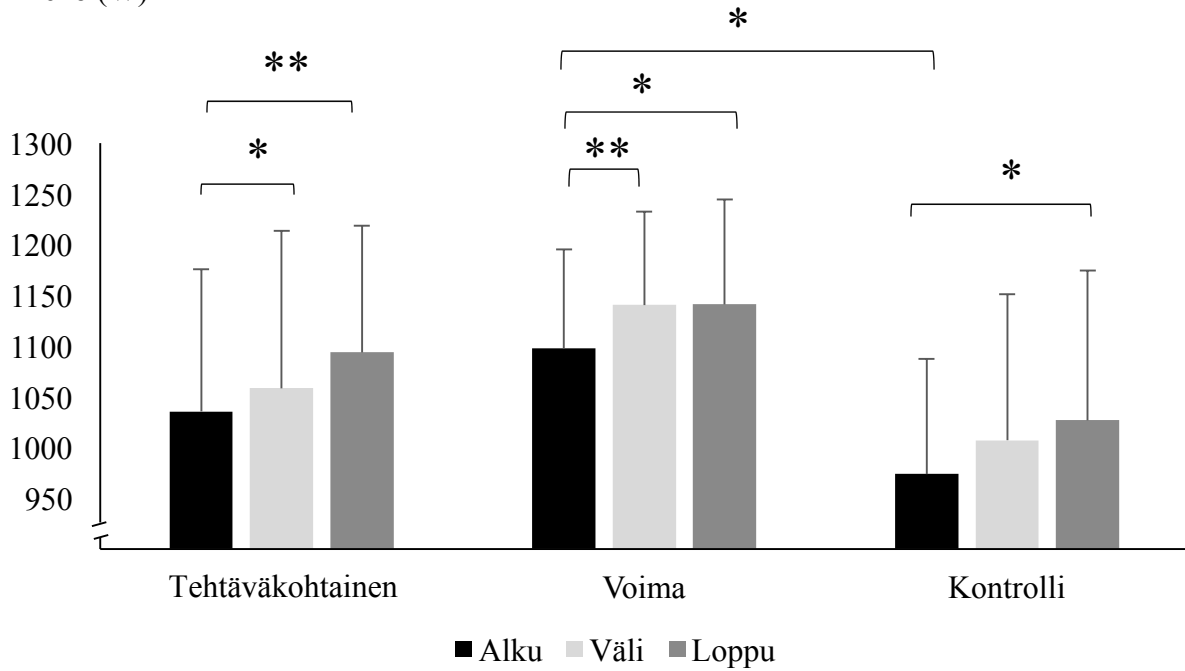
Kuva 6. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) maksimaalinen voimantuotto isometrisessä penkkipunnerruksessa ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$)

7.2.2 Kuuden sekunnin pp-ergometritesti

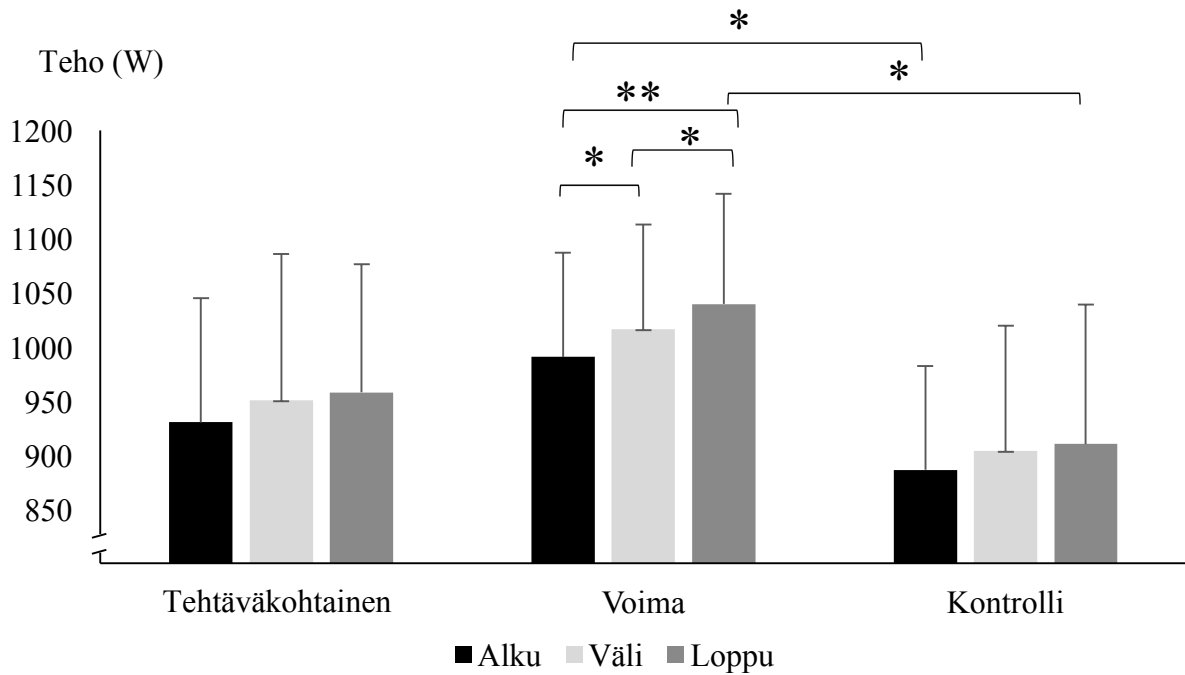
Huipputeho kuuden sekunnin pp-ergometritestissä kasvoi kaikilla ryhmillä alku- ja loppumittausten (T: 5,6 % ($p = 0,004$); V: 4,0 % ($p = 0,013$) ja K: 5,5 % ($p = 0,011$)) välillä (kuva 7). Alku- ja välimittausten välillä tehtäväkohtaisella- ja voimaryhmällä huipputeho kasvoi vastaavasti 2,2 % ($p = 0,041$) ja 3,9 % ($p = 0,006$). Kontrolliryhmällä huipputeho kasvoi alku- ja välimittausten välillä 3,4 %, joka ei kuitenkaan ylittänyt tilastollista merkitsevyyttä. Huipputehon osalta voima- ja kontrolliryhmän alkumittausten tulokset erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p = 0,028$).

Keskimääräinen teho parani tutkimusjakson aikana tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan voimaryhmällä (kuva 8). Kehitys alku- ja loppumittausten välillä oli 4,9 % ($p = 0,003$), alku- ja välimittausten välillä 2,6 % ($p = 0,024$) sekä väli- ja loppumittausten välillä 2,3 % ($p = 0,048$). Voima- ja kontrolliryhmän tulokset erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi alku- ($p = 0,028$) ja loppumittausten ($p = 0,017$) tulosten osalta.

Teho (W)



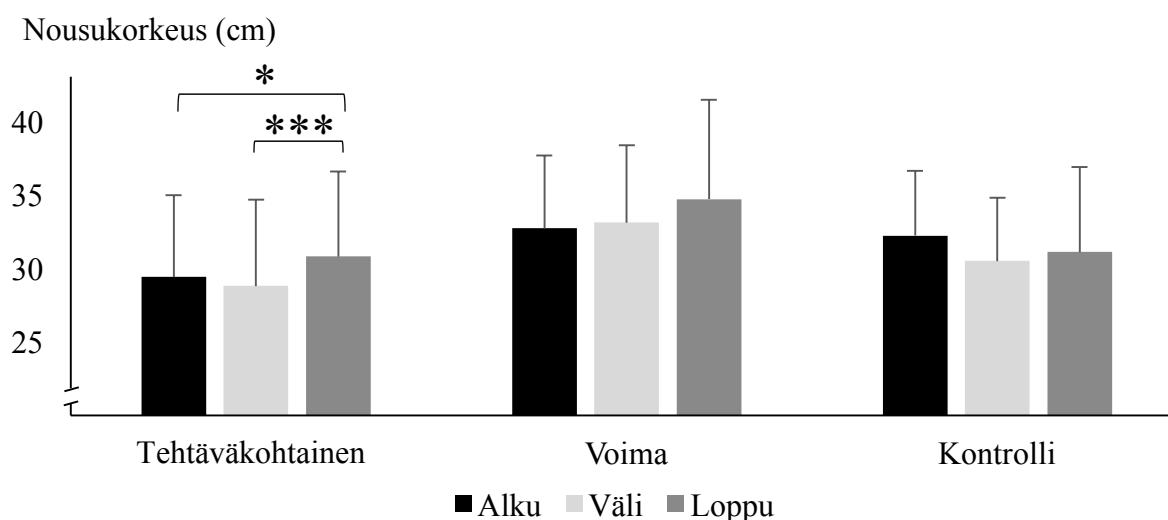
Kuva 7. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) huipputeho kuuden sekunnin pp-ergometritestissä ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)



Kuva 8 Keskimääräinen (\pm keskihajonta) keskiteho kuuden sekunnin pp-ergometritestissä ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$)

7.2.3 Kevennyshyppy

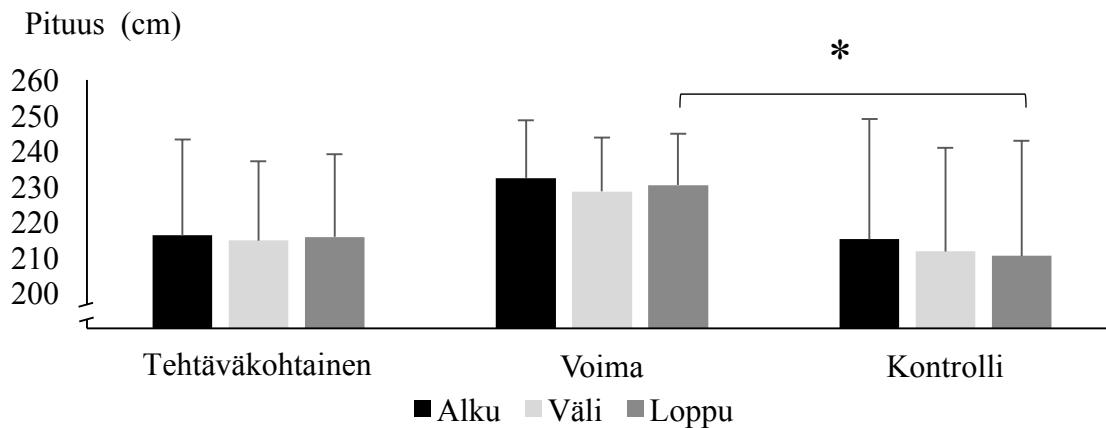
Kevennyshypyn nousukorkeus parani tehtäväkohtaisella ryhmällä alku- ja loppumittausten välillä 4,8 % ($p=0,044$) sekä väli- ja loppumittausten välillä 6,9 % ($p=0,001$) (kuva 9). Vastaavasti voimaryhmällä alku- ja loppumittausten väliset tulokset erosivat 6,1 %, sekä väli ja loppumittausten välillä 4,8 %, mutta erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Myöskään kontrolliryhmällä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia kevennyshypyn nousukorkeudessa tutkimusjakson aikana. Ryhmien välillä ei ollut muutosten välisiä eroja kevennyshypyn nousukorkeuden osalta.



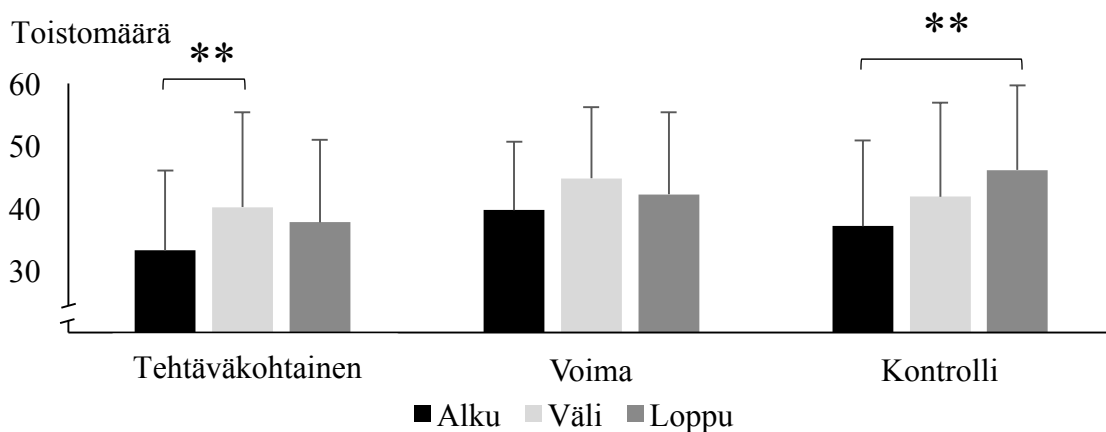
Kuva 9. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) kevennyshypyn nousukorkeus ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p<0,05$; *** $p<0,001$)

7.2.4 Puolustusvoimien lihaskuntotestit

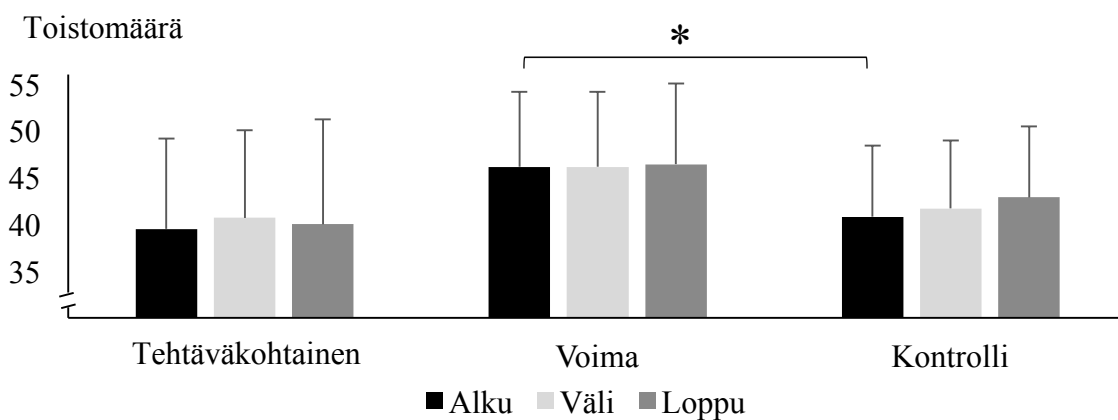
Vauhdittoman pituushypyn tuloksissa ei havaittu muutoksia tutkimusjakson aikana (kuva 10). Ryhmien välisessä vertailussa voima- ja kontrolliryhmän välillä havaittiin loppumittausten tulosten osalta tilastollisesti merkitsevä ero ($p=0,041$). Yhden minuutin etunojapunnerrustestin osalta tehtäväkohtaisen ryhmän tulos parani alku- ja välitestien välillä 20,9 % ($p=0,01$) sekä kontrolliryhmän tulos alku- ja lopputestien välillä 24,3 % ($p=0,004$) (kuva 11). Yhden minuutin istumaannousutestissä muutoksia ei ryhmien keskiarvotuloksissa ollut (kuva 12). Alkumittausten istumaannousutestin tulokset voima- ja kontrolliryhmän välillä erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan ($p=0,039$).



Kuva 10. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) vauhdittoman pituushypyn tulokset ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p < 0,05$)



Kuva 11. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) toistomäärä yhden minuutin etunojapunnerrustestissä ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (** $p < 0,01$)



Kuva 12. Keskimääräinen (\pm keskihajonta) toistomäärä yhden minuutin istumaannousutestissä ryhmittäin tutkimusjakson aikana. (* $p < 0,05$)

7.3 Tehtäväsimulaattorata

7.3.1 Kokonaisajat sekä väliajat ensimmäisen 5 metrin, kanto- ja evakuointiosuuksien osalta

Kokonaissuoritus. Tehtäväradalla ensimmäisen suorituksen kokonaisaika parani tehtäväkohtaisella (T)- ja voimaryhmällä (V) alku- ja loppuputestien välillä -13,0 % ($p < 0,001$) ja -8,5 % ($p = 0,004$), sekä alku- ja välimittausten välillä -12,2 % ($p = 0,000$) ja -9,6 % ($p < 0,001$), vastaavasti (kuva 13, liite 1). Kontrolliryhmällä (K) ei ensimmäisen suorituksen osalta havaittu tilastollisesti merkitsevää kehitystä. Toisen suorituksen osalta kaikkien ryhmien kokonaisajat paranivat alku- ja loppumittausten (T: -18,5 % ($p < 0,001$); V: -14,5 % ($p < 0,001$); K: -12,9 % ($p < 0,001$)), sekä alku- ja välimittausten välillä (S: -15,5 % ($p < 0,001$); V: -12,9 % ($p < 0,001$) ja K: -5,7 % ($p = 0,014$)). Myös kolmannen suorituksen osalta kokonaisajat paranivat alku- ja loppumittausten (T: -20,4 % ($p < 0,001$); V: -18,9 % ($p < 0,001$) ja K: -13,9 % ($p = 0,015$)), sekä alku- ja välimittausten (T: -15,2 % ($p < 0,001$); V: -15,5 % ($p < 0,001$) ja K: -3,3 % ($p = 0,012$)) välillä. Lisäksi tehtäväkohtaisella- ja kontrolliryhmällä väli- ja loppumittausten välillä kolmannen suorituksen kokonaisaika parani -6,1 % ($p = 0,002$) ja -11,0 % ($p = 0,008$). Voimaryhmällä vastaava parannus oli -4,0 %, joka ei kuitenkaan ylittänyt tilastollista merkitsevyyttä.

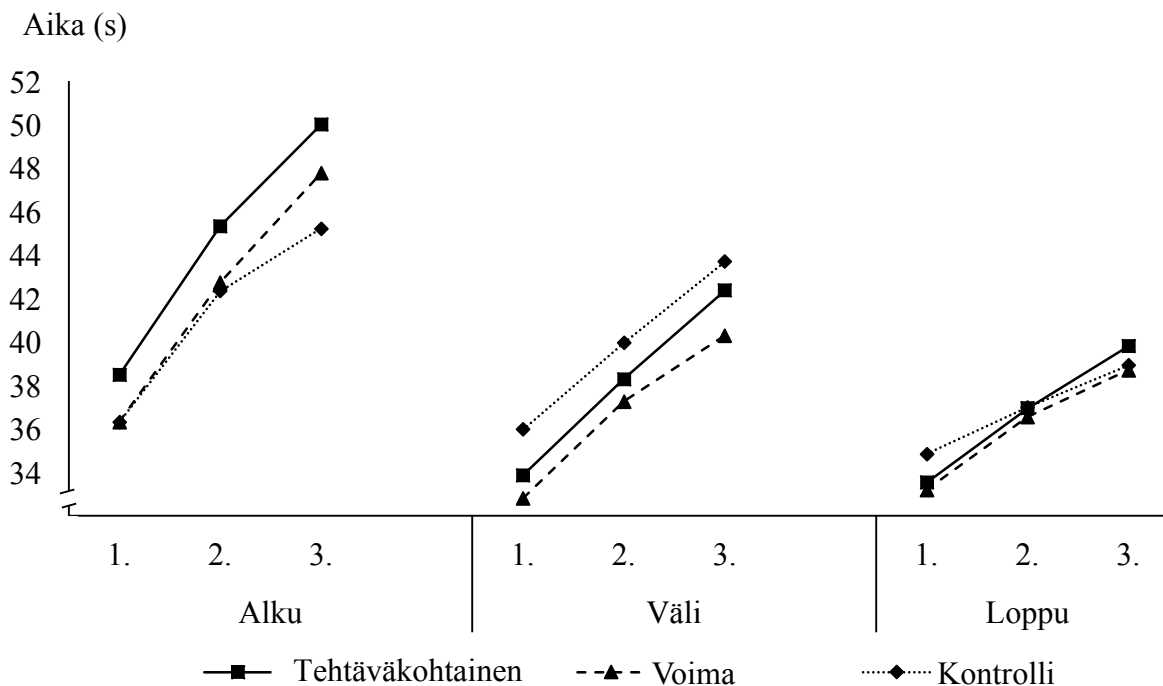
5 metrin osuus. Tehtäväradan ensimmäisen 5 m aikojen osalta ensimmäisen suorituksen ajassa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää kehitystä mittausten välillä (liitteet 1 ja 2). Toisen suorituksen osalta voima- ja kontrolliryhmä paransivat ensimmäisen 5 m aikaa alku- ja loppumittausten välillä -7,7 % ($p = 0,029$) ja -7,1 % ($p = 0,032$); vastaavasti. Tehtäväkohtaisella ryhmällä vastaava kehitys oli 3,8 %, joka oli lähellä tilastollista merkitsevyyttä ($p = 0,051$). Kolmannen suorituksen osalta tehtäväkohtainen- ja voimaryhmä paransivat vastaavasti 5 m aikaa alku- ja loppumittausten välillä -10,3 % ($p = 0,001$) ja -7,1 % ($p = 0,016$) sekä alku- ja välimittausten välillä -10,3 % ($p = 0,001$) ja -7,1 % ($p = 0,005$). Kontrolliryhmällä havaittiin kolmannen suorituksen osalta kehitystä vain väli- ja loppumittausten välillä (-6,9 %; $p = 0,009$).

Kanto-osuus. Tehtäväradan ensimmäisen suorituksen kanto-osuus parani alku- ja loppumittausten välillä tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan tehtäväkohtaisella ryhmällä (-7,5 %; $p = 0,037$)) (liitteet 1 ja 2). Vastaava muutos voimaryhmällä oli -5,2 %, joka ei kuitenkaan ylittänyt tilastollista merkitsevyyttä ($p = 0,068$). Alku- ja välimittausten välillä kanto-osuuden aika

parani sekä tehtäväkohtaisella (-8,3 %; $p < 0,001$), että voimaryhmällä (-6,1 %; $p = 0,030$). Kontrolliryhmällä ensimmäisen suorituksen kanto-osuudessa ei tapahtunut kehitystä. Toisen suorituksen osalta kaikkien ryhmien kanto-osuuden aika parani alku- ja loppumittausten välillä (T: -15,6 % ($p = 0,001$); V: -10,8 % ($p < 0,001$) ja K: -10,0 % ($p = 0,003$)). Alku- ja välimittausten välillä tehtäväkohtainen- ja voimaryhmä paransivat vastaavasti -12,8 % ($p = 0,003$) ja -8,5 % ($p = 0,001$). Lisäksi väli- ja loppumittausten välillä tehtäväkohtaisella- ja kontrolliryhmällä muutos toisen kanto-osuuden ajassa oli -3,3 % ($p = 0,046$) ja -7,9 % ($p = 0,001$). Kolmannen suorituksen osalta alku- ja loppumittausten välillä kaikkien ryhmien kanto-osuuden ajassa tapahtui kehitystä (T: -16,2 % ($p < 0,001$); V: -15,0 % ($p < 0,001$) ja K: -13,2 % ($p = 0,002$)). Vastaavasti alku- ja välimittausten välillä tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän tulokset paranivat -13,6 % ($p = 0,001$) ja -10,0 % ($p = 0,002$). Väli- ja loppumittausten välillä voima- ja kontrolliryhmän tulokset paranivat vastaavasti -5,6 % ($p = 0,019$) ja -12,6 % ($p = 0,001$).

Evakuointi-osuus. Ensimmäisen suorituksen evakuointiosuuden osalta tehtäväkohtainen- ja voimaryhmä paransivat alku- ja loppumittausten välillä -17,1 % ($p = 0,001$) ja -9,4 % ($p = 0,031$); sekä alku- ja välimittausten välillä -16,2 % ($p = 0,000$) ja -13,2 % ($p = 0,018$) (liitteet 1 ja 2). Toisen suorituksen osalta vastaavasti tehtäväkohtaisella- ja voimaryhmällä alku- ja loppumittauksen välillä evakuointiosuus parani- 21,1 % ($p = 0,002$) ja -20,6 % ($p < 0,001$), sekä alku- ja välimittausten välillä -19,0 % ($p = 0,001$) ja -19,9 % ($p = 0,006$). Kolmannen suorituksen osalta evakuointiosuuden ajat paranivat tehtäväkohtaisella- ja voimaryhmällä alku- ja loppu- (T: -25,2 % ($p = 0,001$) ja V: -23,7 % ($p < 0,001$)), sekä alku- ja välimittausten välillä (S: -18,2 %; $p = 0,009$ ja V: -22,4 % ($p < 0,001$)). Lisäksi tehtäväkohtaisella ryhmällä havaittiin kehitystä kolmannen suorituksen evakuointiosuudessa väli- ja loppumittausten välillä -9,2 % ($p = 0,029$). Kontrolliryhmällä ei evakuointiosuudessa tapahtunut tilastollisesti merkitsevää kehitystä minkään suorituksen osalta.

Ryhmien välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero alkumittausten toisen suorituksen 5 m ajoissa, joissa kontrolliryhmän aika erosi tehtäväkohtaisen- ($p = 0,032$) ja voimaryhmän ($p = 0,029$) ajoista (liitteet 1 ja 2). Vastaava ero havaittiin myös välimittausten kolmannen suorituksen 5 m ajan osalta, joissa kontrolliryhmän aika erosi tilastollisesti merkitsevästi tehtäväkohtaisen- ($p = 0,034$) ja voimaryhmän tuloksista ($p = 0,035$). Muita tilastollisesti merkitseviä eroja tehtäväradan ajoissa ei ryhmien välillä ollut.

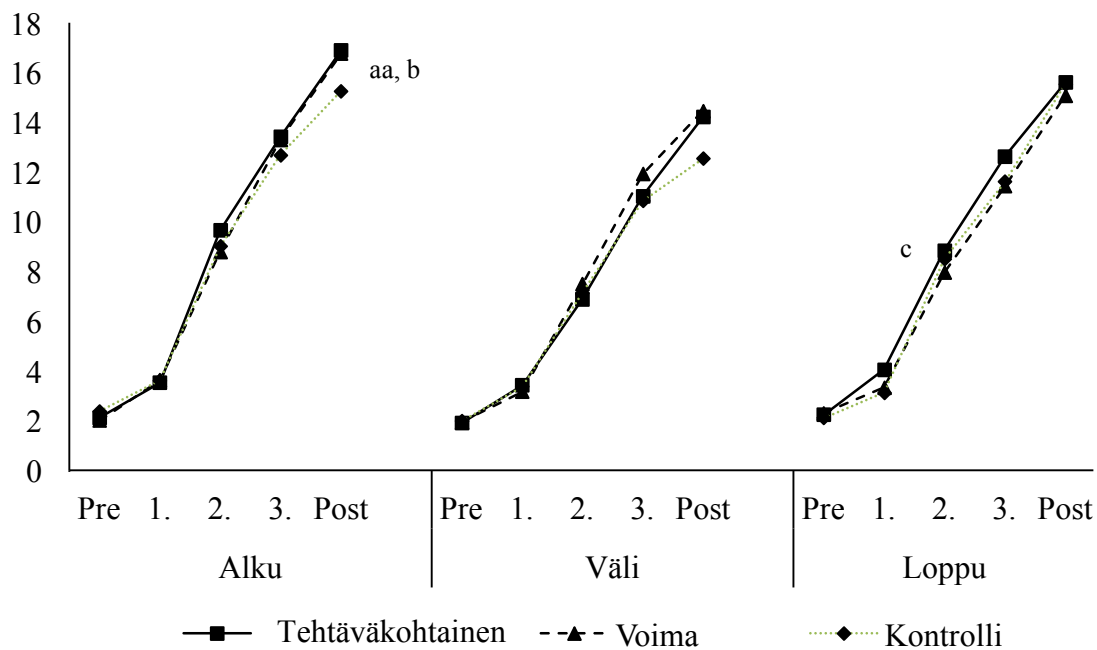


Kuva 13. Kokonaisajat tehtäväradalla ryhmittäin.

7.3.2 Laktaatti ja syke

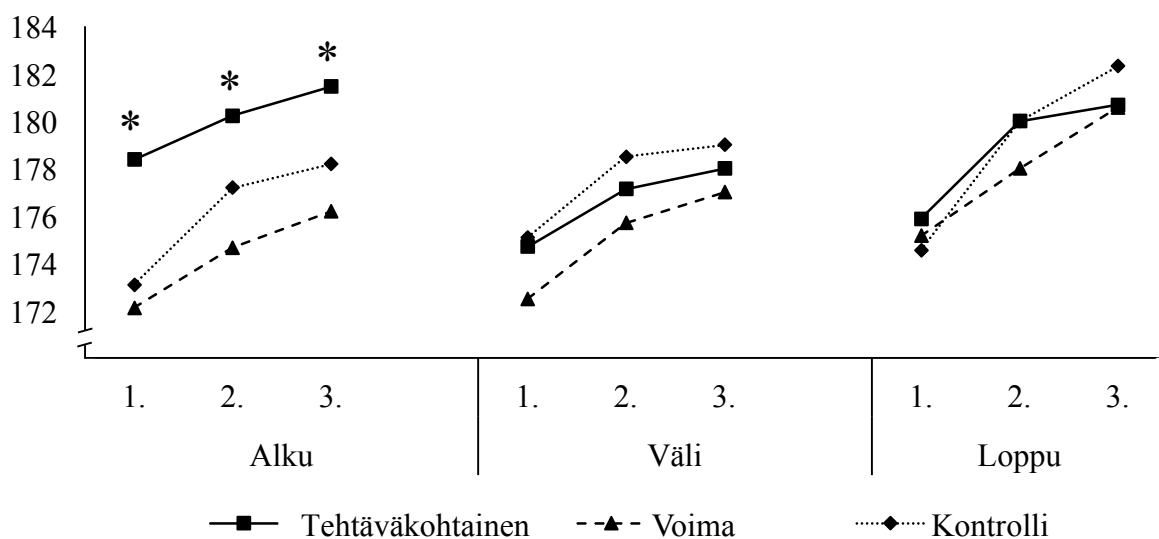
Laktaattien osalta alkumittauksissa kontrolliryhmän post 5 min -laktaattinäytteiden konsentraatio erosi tehtäväkohtaisen- ($p= 0,007$) ja voimaryhmän ($p= 0,015$) tuloksista (kuva 14). Vastaavasti tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän laktaatit erosivat lopputestien toisen suorituksen jälkeen ($p= 0,032$). Suorituksen korkeimmassa sykkeessä ainoa tilastollisesti merkitsevä ryhmien välinen ero oli tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän välillä alkutesteissä kaikkien kolmen suorituksen osalta ($p= 0,026$; $p= 0,026$ ja $p= 0,020$; vastaavasti) (kuva 15).

Laktaattikonsentraatio (mmol / l)



Kuva 14. Tehtäväradalla mitattu laktaatti ryhmittäin. Kontrolliryhmän ero tehtäväkohtaiseen ryhmään ^{aa} = $p < 0,01$, ja voimaryhmään ^b = $p < 0,05$. Tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän välinen ero ^c = $p < 0,05$.

Syke (lyöntiä / min)



Kuva 15. Tehtäväradan suoritusten aikana mitattu korkein syke ryhmittäin. Tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän välinen ero * $p < 0,05$.

7.4 Kehonkoostumusmuuttujien, hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn- ja tehtäväradan suoritusaikojen muutosten väliset yhteydet

Alku- ja loppumittausten muutosten välisten korrelaatioiden osalta tehtäväkohtaisella ryhmällä kuuden sekunnin huipputehon nousu oli yhteydessä nopeampaan ensimmäiseen kanto-osuuteen ($r = -0,658$, $p = 0,006$) ja ensimmäiseen kokonaisaikaan ($r = -0,521$; $p = 0,039$) (taulukko 4). Kasvanut kevennyshypyn nousukorkeus oli puolestaan yhteydessä nopeampaan viiden metrin aikaan ensimmäisen ($r = -0,604$; $p = 0,013$) ja kolmannen ($r = -0,573$; $p = 0,020$) suorituksen sekä ensimmäisen suorituksen kokonaisajan ($r = -0,621$; $p = 0,010$) kanssa.

Voimaryhmällä rasvattoman massan lisäys oli yhteydessä nopeampaan evakuointiosuuteen kolmannen suorituksen osalta ($r = -0,535$; $p = 0,040$) (taulukko 5). Maksimaalisen voimantuoton kasvu isometrisessä penkkipunnerruksessa oli yhteydessä nopeampaan viiden metrin aikaan ensimmäisen suorituksen osalta ($r = -0,517$; $p = 0,048$). Kuuden sekunnin huippu- ja keskitehon parannukset olivat yhteydessä nopeampaan kanto-osuuteen ensimmäisen suorituksen osalta ($r = -0,550$; $p = 0,034$ ja $r = -0,672$; $p = 0,006$) sekä parempaan kokonaisaikaan ensimmäisen suorituksen osalta ($r = -0,628$; $p = 0,012$ ja $r = -0,772$; $p = 0,001$). Etunojapunnerrusten toistomäärien parannus oli puolestaan yhteydessä nopeampaan kanto-osuuteen ensimmäisen suorituksen osalta ($r = -0,581$; $p = 0,023$).

Kontrolliryhmällä kasvanut maksimaalinen voimantuotto isometrisessä penkkipunnerruksessa oli yhteydessä nopeampaan ensimmäiseen evakuointiosuuteen ($r = -0,707$; $p = 0,022$) ja kolmanteen kokonaissuoritukseen ($r = -0,660$; $p = 0,038$). (taulukko 6). Kuuden sekunnin huippu- ja keskitehon parannukset olivat vastaavasti yhteydessä viiden metrin aikaan ensimmäisen suorituksen osalta ($r = 0,666$; $p = 0,035$ ja $r = 0,632$; $p = 0,050$). Kasvanut kevennyshypyn nousukorkeus oli yhteydessä nopeampaan evakuointiosuuteen ensimmäisen ($r = -0,741$; $p = 0,014$) ja toisen ($r = -0,646$; $p = 0,043$) suorituksen osalta, sekä parantuneeseen kokonaisaikaan ensimmäisen ($r = -0,661$; $p = 0,038$) ja kolmannen ($r = -0,651$; $p = 0,042$) suorituksen osalta. Heikentynyt tulos istumaannousutestissä oli yhteydessä nopeampaan evakuointiosuuteen kolmannen suorituksen osalta ($r = 0,642$; $p = 0,045$), mutta parannus etunojapunnerrustestissä oli yhteydessä parempaan viiden metrin aikaan ensimmäisen suorituksen osalta ($r = -0,772$; $p = 0,009$).

Taulukko 4. Muuttujien muutosten väliset korrelaatiot tehtäväkohtaisella ryhmällä alku- ja lopputestien välillä (*p<0,05; **p<0,01).

	5m 1 (Δ%)	5m 2 (Δ%)	5m 3 (Δ%)	kanto 1 (Δ%)	kanto 2 (Δ%)	kanto 3 (Δ%)	evakuointi 1 (Δ%)	evakuointi 2 (Δ%)	evakuointi 3 (Δ%)	kokonaisaika 1 (Δ%)	kokonaisaika 2 (Δ%)	kokonaisaika 3 (Δ%)
Kehonmassa (Δ%)	-,041	,247	-,039	,048	-,160	,024	-,110	-,001	-,176	-,037	-,123	-,109
Rasvaton massa (Δ%)	-,016	,111	-,127	-,229	-,293	-,319	-,216	-,003	,015	-,203	-,204	-,099
Isom. penkkipunnerrus (Δ%)	-,092	,128	,123	-,055	-,026	,053	,147	,185	-,071	-,034	-,015	-,012
Isom. jalkaprässi (Δ%)	-,186	-,121	-,228	-,135	-,433	-,399	-,247	-,150	-,170	-,210	-,414	-,344
6s pp-ergo huipputeho (Δ%)	-,203	-,013	-,140	-,658**	-,164	-,265	-,308	,196	,138	-,521*	-,061	-,277
6s pp-ergo keskiteho (Δ%)	,015	,271	,034	-,250	-,163	-,184	-,116	,111	,107	-,158	-,020	-,171
Kevennyshyppy (Δ%)	-,604*	-,456	-,573*	-,474	-,434	-,419	-,470	,070	-,255	-,621*	-,441	-,411
Vauhditon pituushyppy (Δ%)	,169	-,328	-,391	-,226	-,082	-,241	-,031	-,252	-,254	-,148	-,277	-,397
Istumaannousut (Δ%)	,045	-,216	-,281	-,104	,043	,042	,158	,144	-,020	-,009	,058	-,054
Etunojapunnerrukset (Δ%)	,232	-,026	-,134	-,099	,113	-,123	,122	,146	-,038	,006	,043	-,282

Taulukko 5. Muuttujien muutosten väliset korrelaatiot voimaryhmällä alku- ja lopputestien välillä (*p<0,05; **p<0,01).

	5m 1 (Δ%)	5m 2 (Δ%)	5m 3 (Δ%)	kanto 1 (Δ%)	kanto 2 (Δ%)	kanto 3 (Δ%)	evakuointi 1 (Δ%)	evakuointi 2 (Δ%)	evakuointi 3 (Δ%)	kokonaisaika 1 (Δ%)	kokonaisaika 2 (Δ%)	kokonaisaika 3 (Δ%)
Kehonmassa (Δ%)	-,106	,244	,220	,255	,052	,407	-,172	-,129	-,340	-,146	-,061	-,024
Rasvaton massa (Δ%)	-,284	-,127	-,140	-,133	-,285	-,030	-,428	-,363	-,535*	-,473	-,405	-,422
Isom. penkkipunnerrus (Δ%)	-,517*	,059	-,035	-,196	-,096	,030	-,094	-,321	-,485	-,313	-,273	-,387
Isom. jalkaprässi (Δ%)	,002	-,328	,195	-,035	,173	,180	,070	-,218	-,195	-,172	-,382	-,173
6s pp-ergo huipputeho (Δ%)	-,351	-,209	,214	-,550*	-,176	-,005	-,286	-,215	-,230	-,628*	-,306	-,302
6s pp-ergo keskiteho (Δ%)	-,310	-,175	,326	-,672**	-,212	,086	-,323	-,159	-,030	-,772**	-,342	-,118
Kevennyshyppy (Δ%)	,255	,097	,035	-,253	-,194	-,192	-,176	,003	,134	-,288	-,063	-,013
Vauhditon pituushyppy (Δ%)	-,151	-,297	-,209	,200	-,129	-,391	,054	-,055	-,290	,272	-,015	-,389
Istumaannousut (Δ%)	,373	,218	-,034	-,217	-,459	-,270	-,232	-,194	,156	-,189	-,231	,025
Etunojapunnerrukset (Δ%)	-,263	-,476	-,099	-,581*	-,302	-,459	-,089	-,283	-,249	-,435	-,453	-,513

Taulukko 6. Muuttujien muutosten väliset korrelaatiot kontrolliryhmällä alku- ja lopputestien välillä (*p<0,05; **p<0,01).

	5m 1 (Δ%)	5m 2 (Δ%)	5m 3 (Δ%)	kanto 1 (Δ%)	kanto 2 (Δ%)	kanto 3 (Δ%)	evakuointi 1 (Δ%)	evakuointi 2 (Δ%)	evakuointi 3 (Δ%)	kokonaisaika 1 (Δ%)	kokonaisaika 2 (Δ%)	kokonaisaika 3 (Δ%)
Kehonmassa (Δ%)	,377	,347	,519	,337	,198	-,078	-,287	-,356	-,562	-,046	-,256	-,513
Rasvaton massa (Δ%)	,051	-,194	,159	,430	,332	-,256	,142	,000	-,057	,235	-,064	-,358
Isom. penkki-punnerrus (Δ%)	,477	-,511	-,217	-,211	,045	-,512	-,707*	-,484	-,262	-,456	-,395	-,660*
Isom. jalkaprässi (Δ%)	,257	-,221	,138	-,225	,004	,067	-,517	-,497	-,199	-,318	-,270	-,043
6s pp-ergo huipputeho (Δ%)	,666*	-,088	,125	,274	,507	,398	-,468	,081	,094	-,059	,263	,054
6s pp-ergo keskiteho (Δ%)	,632*	-,162	-,016	-,033	,265	,202	-,618	-,146	-,053	-,263	,029	-,146
Kevennyshyppy (Δ%)	,018	-,056	-,309	-,492	-,272	-,398	-,741*	-,646*	-,595	-,661*	-,521	-,651*
Vauhditon pituushyppy (Δ%)	,347	-,358	-,503	-,397	-,251	,018	-,238	,167	,444	-,215	,088	,141
Istumaannousut (Δ%)	,469	-,336	-,042	,530	,338	,219	-,003	,293	,642*	,348	,324	,194
Etunojapunnerrukset (Δ%)	-,772**	-,145	-,190	,069	-,217	-,047	,449	,010	,215	,183	-,129	,197

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli verrata tehtäväkohtaisen anaerobisen harjoittelun, voimaharjoittelun ja tavanomaisen varusmiesten liikuntakoulutuksen vaikutuksia hermolihasjärjestelmän suorituskykyyn, kehonkoostumukseen ja sotilaan tehtäväkohtaiseen suorituskykyyn. Tutkimuksen päälöydöksenä voidaan todeta, että tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän suorituskyky kehittyi tehtäväsimulaatoradalla samankaltaisella suuruudella. Tehtäväkohtaisen ryhmän suhteellinen kehitys tehtäväsimulaatoradalla oli prosentuaalisesti hieman suurempaa kuin voimaryhmällä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Vastaavasti interventioryhmien ero kontrolliryhmään tehtäväradalla ei myöskään ollut tilastollisesti merkitsevä.

Tutkimuksen toisena tarkoituksena oli tutkia hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn ja kehonkoostumuksen muutosten yhteyttä suorituskyvyn muutoksiin tehtäväradalla. Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että kehitys hermolihasjärjestelmän tehontuotossa vaikuttaisi olevan yhteydessä parantuneeseen suorituskykyyn tehtäväradan kokonaissuorituksen sekä 5 m- ja kanto-osuuksien osalta. Lisäksi tämän tutkimuksen perusteella parempaan evakuointiosuuden aikaan vaikuttaisivat olevan yhteydessä kasvanut kehon rasvaton massa ja parantunut ylävartalon isometrinen maksimaalinen voimantuotto. Myös parantunut suorituskyky maksimaalisessa isometrisessä penkkipunnerruksessa ja etunojapunnerrustestin toistomäärässä vaikuttaisi olevan yhteydessä nopeampaan ensimmäisen 5 m aikaan.

8.1 Muutokset hermolihasjärjestelmän suorituskykytesteissä ja kehonkoostumuksessa

Hermolihasjärjestelmän testien ja kehonkoostumusmuuttujien osalta ei havaittu muutosten välisiä eroja ryhmien välillä. Kuuden sekunnin pp-ergometritestissä huipputeho kasvoi kaikilla ryhmillä, mutta keskimääräinen tehontuotto kasvoi ainoastaan voimaryhmällä. Maksimaalinen isometrisen voimantuoton osalta ainoastaan tehtäväkohtaisen ryhmän tulos parani jalkaprässissä, kun taas voimaryhmä oli ainoa penkkipunnerruksessa parantanut ryhmä. Kevennyshypyssä ainoastaan tehtäväkohtaisen ryhmän suorituskyky parani. Puolustusvoimien lihaskuntotesteissä

etunojapunnerrustestin tulos parani tehtäväkohtaisella- ja kontrolliryhmällä, kun taas voimaryhmällä suorituskyky ei parantunut. Vauhdittomassa pituushypyssä ja istumaannousutestin tuloksissa ei havaittu muutoksia millään ryhmällä. Tulosten perusteella voidaan todeta, että vaikka muutosten osalta ei ryhmien välillä havaittu eroja, ei kontrolliryhmällä kehitys hermolihasjärjestelmän testeissä vastannut suuruudeltaan tehtäväkohtaisen - ja voimaryhmän suorituskyvyn kehitystä. Vastaavasti tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän välillä ei muutosten suuruudessa havaittu eroja. Näin ollen kentällä toteutettu anaerobinen tehtäväkohtainen harjoittelu vaikuttaa tämän tutkimuksen perusteella olevan tehokkuudeltaan nousujohteiseen voimaharjoitteluun verrattava harjoitusmuoto hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn kehittämisen osalta.

Edellinen löydös kentällä toteutetun harjoittelun tehokkuudesta suhteessa voimaharjoitteluun tukee aikaisempia löydöksiä kohtalaisen alhaisen harjoitustaustan omaavilla yksilöillä, joilla on havaittu, että harjoitusmuodolla on vähemmän väliä kehityksen kannalta (Harman ym. 2008b). Myöskään Harmanin ym. (2008b.) tutkimuksessa voima- ja kehonpainoharjoitteluiden ryhmien välillä ei havaittu eroja. He arvelivat, että mikäli harjoittelu olisi jatkunut pidempään, olisi voimaharjoittelut ryhmä saattanut kehittyä hermolihasjärjestelmän testeissä enemmän kuin tehtäväkohtainen ryhmä voimaharjoittelun mahdollistaman suuremman nousujohteisuuden myötä. Lisäksi on mahdollista, että voimaharjoittelussa intensiteetti ei ollut riittävällä tasolla merkittävän kehityksen aikaansaamiseksi, sillä aloittelijoilla voimaharjoittelussa intensiteetti voi helposti jäädä liian alhaiseksi todelliseen suorituskykyyn nähden (Barbosa-Netto & Almeida 2017). Vastaavasti korkean intensiteetin intervalliharjoittelussa suoritukset olivat tutkittaville luultavasti tutumpia, jolloin he saattoivat helpommin kyseisissä suorituksissa saada itsestään irti, jolloin harjoittelun intensiteetti saattoi vastata paremmin todellista suorituskykyä, kuin voimaharjoitteluryhmällä.

Ryhmien välisten erojen niukkuuteen voi vaikuttaa voimaharjoittelun suhteellisen pieni harjoittelun volyymin määrä tutkimusjakson aikana. Ryhmien harjoitusohjelmissa oli kahdentoista viikon aikana yhteensä 20 harjoitusta, mikä keskimäärin on vähemmän kuin kaksi harjoitusta viikkoa kohden. Tämän on aikaisemmin arveltu olevan riittämätöntä, jotta olisi mahdollista saada aikaan merkittävää kehitystä hermolihasjärjestelmän suorituskyvyssä (Vaara ym. 2015; Santtila ym. 2012). Lisäksi aiemmin on arveltu, että suorituskyvyn vaatimaton kehitys voi johtua sotilaskoulutuksen

aiheuttamasta suuresta kokonaiskuormituksesta (Vaara ym. 2015; Santtila ym. 2010; Santtila ym. 2012). Tämän tutkimuksen aineistosta julkaistut hormonaaliset muutokset (Kozharskaya 2017) eivät voima- ja kontrolliryhmän osalta kuitenkaan tue liian suuren kokonaiskuorman väitettä. Lisäksi suorituskyvyn kehittymistä on saattanut vaimentaa puutteellinen unen ja ravinnon laatu ja määrä, mitkä ovat tyypillistä varusmieskoulutukselle ainakin taisteluharjoitusten aikana (Kyröläinen ym. 2008; Tanskanen 2012). Unen ja ravinnon osalta ei tässä tutkimuksessa ole kuitenkaan mitattua dataa.

Hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn tuloksista on myös havaittavissa harjoittelun spesifisyyden merkitys suorituskyvyn kehitykselle, sillä voimaryhmä paransi ylävartalon maksimaalista voimaa alku- ja lopputestien välillä, mutta tehtäväkohtainen ryhmä ei parantanut. Tehtäväkohtaisen ryhmän harjoittelu painottui alavartaloon, mistä johtuen tehtäväkohtaisen ryhmän ylävartalon maksimaalisen voiman kehitys jäi maltilliseksi. Kentällä toteutetussa harjoittelussa olisi näin ollen suositeltavaa sisällyttää myös ylävartaloa kuormittavia harjoitteita, sillä ylävartalon maksimaalisen voiman on todettu olevan tärkeä sotilaiden suorituskyvyn taustalla oleva tekijä (Knapik ym. 2012; Kraemer ym. 2004). Vastaavasti kontrolliryhmän kehitys etunojapunnerrustituloksissa selittyy spesifisyyden periaatteella, sillä lihaskestävyys harjoittelu varusmiesten liikuntakoulutuksessa etunojapunnerrus on yleisesti käytetty harjoite.

8.2 Muutokset suorituskyvyssä tehtäväsimulaatoradalla

Vaikka tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän välillä ei tehtäväradan suorituskyvyssä havaittu eroja, on tuloksista havaittavissa, että tehtäväkohtaisen ryhmän kehitys oli suhteellisesti hieman voimaryhmän kehitystä suurempaa. Tämä selittyy sillä, että tehtäväkohtaisen ryhmän harjoittelu oli sekä biomekaanisesti, että metabolisesti samanlaista tehtäväradan vaatimuksiin nähden, ja näin ollen tämä tukee tehtäväkohtaisen spesifisyyden merkitystä sotilaiden harjoittelussa (Gamble 2006). Toisaalta varusmiesten koulutukseen kuului intervention ulkopuolella tehtäväradan omaisia suorituksia, kuten ryömimistä ja haavoittuneen evakuointia. Näin ollen myös muut ryhmät kuin tehtäväkohtainen ryhmä tekivät kyseisiä suorituksia harjoitusjakson aikana, mutta pienemmällä volyyymillä, ilman nousujohteisuutta ja matalammalla intensiteetillä tehtäväkohtaisen ryhmän harjoitteluun verrattuna. Näin ollen tämä tutkimus tukee aikaisempia löydöksiä sen osalta, että nousujohteisesti toteutettu

korkean intensiteetin tehtäväkohtainen harjoittelu kehittää suorituskykyä tehtävisimulaatoradalla (Harman ym. 2008b). Harmanin ym. (2008b.) tutkimuksessa ryhmät erosivat ainoastaan voimaharjoittelun näkökulmasta, missä ensimmäinen harjoitteli vapailla painoilla, ja toinen omalla kehonpainolla. Molemmat ryhmät harjoittelivat korkean intensiteetin liikkumista, mikä yhdessä tämän tutkimuksen löydösten kanssa tukee tehtäväkohtaisen harjoittelun merkitystä sotilaan tehtäväkohtaiselle suorituskyvylle.

Toisaalta selityksenä tehtäväkohtaisen ryhmän suhteellisesti suuremmalle kehitykselle voi olla myös aerobinen suorituskyky, josta ei tässä tutkimuksessa valitettavasti saatu dataa. Aerobisen energiantuoton osuuden suorituskyvystä tiedetään kasvavan intervallien lukumäärän kasvaessa (Parolin ym. 1999), joten voidaan olettaa, että tehtävisimulaatoradalla merkittävä osa energiasta tuotettiin aerobisesti, mitä tukevat aikaisemmat tutkimukset tämän tutkimuksen kaltaisista tehtävisimulaatoradoista (Harman ym. 2008a; Pihlainen ym. 2015). Edellistä tukevat myös tehtävaradalla mitatut suoritusten korkeimmat sykkeet. Tehtäväkohtaisen ryhmän kaltaisen korkean intensiteetin intervalliharjoittelun on todettu kehittävän sekä anaerobista, että aerobista energiantuottoa (Gibala ym. 2009; Fink ym. 2016), joten on mahdollista, että tehtäväkohtaisen ryhmän harjoittelu kehitti enemmän aerobista ja anaerobista suorituskykyä kuin voimaharjoittelu.

Tässä tutkimuksessa tehtäväkohtaista suuren kuorman liikuttamista tehtävisimulaatoradalla simuloitiin evakuointiosuus. Molempien interventioryhmien evakuointisuoritus parani, mutta kontrolliryhmällä ei havaittu muutoksia, joten tämän tutkimuksen perusteella sekä korkean intensiteetin tehtäväkohtainen, että voimaharjoitteluharjoittelu kehittävä suorituskykyä evakuointitehtävässä. Tämä selittyy todennäköisesti sillä, että kontrolliryhmän harjoittelu ei vastaavalla tavalla sisältänyt suuria motorisia yksiköitä aktivoivia nopeaa tai suurta voimantuottoa vaativia harjoitusmuotoja, kuin tehtäväkohtaisen- ja voimaryhmän harjoittelu. Tehtävaradan osuuksista evakuointisuorituksessa korostui selkeimmin vaatimukset maksimaaliselle voimantuotolle, joten se, että kontrolliryhmän ero interventioryhmiin verrattuna kyseisellä osuudella korostaa korkean intensiteetin vastustetun harjoittelun merkitystä kyseistä suoritusta varten. Tätä tukevat aikaisemmat löydökset siitä, että kokovartalon voimantuoton ja alavartalon tehontuoton merkitys vaikuttaisi korostuvan lisäkuormalla tehdyissä suorituksissa. Mikäli tehtävisimulaatoradalla lisäkuorman liikuttaminen olisi ollut

merkittävämpi osa kokonaissuoritusta, olisivat erot ryhmien välillä mahdollisesti kasvaneet, kuten aiemmin on havaittu (Mala ym. 2015.) Tämän tutkimuksen löydökset tehtäväsimulaatoradan osalta tukevat väitettä, että sotilaat hyötyvät korkean intensiteetin suorituskyvyn kehittämistä, koska sillä on hyödyllinen vaikutus taistelijan tehtäväkohtaisen suorituskyvyn kannalta (mm. Kraemer & Szivak 2012; Mala ym. 2015).

Toisaalta tehtäväsimulaatoradalla on otettava huomioon myös motivaation suuri merkitys suorituskyvylle. Ero laktaateissa alkutesteissä post 5 min -laktaateissa kontrolliryhmän ja muiden ryhmien välillä saattaa viitata siihen, että kontrolliryhmän yritys oli muita ryhmiä alhaisempi. Mielenkiintoista olisikin ollut mitata tehtäväsimulaatoradalla subjektiivisia tuntemuksia esimerkiksi RPE-asteikolla kuten Pihlaisen ym. (2015) tutkimuksessa. Myös 5 m ajassa havaittiin kontrolliryhmällä tilastollisesti merkitsevä ero muihin ryhmiin nähden. Toisaalta 5 m ajassa oli kontrolliryhmällä enemmän hajontaa muihin ryhmiin verrattuna, joten kontrolliryhmän sisäiset yksilölliset erot ja ryhmän pienempi koko muihin ryhmiin verrattuna saattoivat olla tähän syynä.

8.3 Hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn, kehonkoostumuksen ja tehtäväkohtaisen suorituskyvyn muutosten väliset yhteydet

Tässä tutkimuksessa mitattujen tulosten perusteella hermolihasjärjestelmän tehontuoton paraneminen kevennyshypyillä ja kuuden sekunnin pp-ergometritestin tehontuotolla mitattuna vaikuttaisi olevan yhteydessä parantuneeseen suorituskykyyn tässä tutkimuksessa mitatulla tehtäväradalla. Tämä tukee aiemmin havaittuja yhden mittausajankohdan sisällä havaittuja yhteyksiä hermolihasjärjestelmän tehontuoton ja tehtäväsimulaatoradan välisiä yhteyksiä (Harman 2008a; Mala ym. 2015; Treloar & Billing 2011). Tämän tutkimuksen löydökset kuvaavat myös alaktisen tehontuoton merkitystä tässä tutkimuksessa käytössä olleella tehtäväsimulaatoradalla. Erona Helénin (2017) tutkimuksessa verrattuun tehtäväsimulaatorataan oli tässä tutkimuksessa käytetyn tehtäväsimulaatoradan kolme suoritusta ja niiden väliset 60 sekunnin palautukset. Kokonaisaika ja suorituksen pituus Helénin (2017) tutkimuksessa oli lisäksi jonkin verran pidempi kuin tässä tutkimuksessa (242,5 m vs. 3 x 60 m ja noin 150 s vs. 3 x noin 40 s) ja näistä syistä suoritus tässä tutkimuksessa käytetyllä tehtäväsimulaatoradalla oli oletettavasti Helénin tutkimuksen tehtäväsimulaatorataa anaerobisempi.

Tässä tutkimuksessa havaittiin muutosten välinen yhteys 5 m kiihdytyksen ja ylävartalon maksimaalisen voiman ja etunojapunnerrustestin tulosten välillä havaittiin. Samoin on havaittu aiemmin yhden mittauksen sisällä (Mala ym. 2015). Kuten aikaisemmissa tutkimuksissa, tämä selittynee sillä, että lähtö kiihdytykseen oli makuulta, jolloin siirtovaikutus ylävartalon työntävien lihasten ja tehtäväradan kyseisen suorituksen välillä on oletetusti merkittävä (Treloar & Billing 2011). Evakuointisuorituksen kehitykseen vaikuttaisi puolestaan tämän tutkimuksen perusteella olevan yhteydessä rasvattoman massan lisäys, sekä parantunut ylävartalon maksimaalinen voimantuotto. Toisin kuin rasvattoman massan lisäys, on aikaisemmin todettu kehon massan ja ylävartalon maksimaalisen voiman olevan merkittäviä tekijöitä evakuointisuorituksessa, jossa tehtävänä on siirtää raskaita kuormia. (Mala ym. 2015; Treloar & Billing)

Muutosten väliset yhteydet ovat pääosin selitettävissä fysiologisesti, pois lukien kontrolliryhmällä havaittuja positiivisia yhteyksiä istumaannousutestin toistojen ja kanto-osuuden ajan, sekä 6 s tehontuoton ja 5 m ajan välillä. Tämä selittyy sillä, että kontrolliryhmällä oli kyseisissä muuttujissa vain vähän muutoksia, jotka olivat ristiriidassa ryhmän sisällä, jolloin muutosten välisten korrelaatioiden tarkastelu ei ole validia ja kyseessä on fysiologisesti selitettävän yhteyden sijaan taustalla puhdas sattuma. Toisaalta muutosten välisissä merkitseviä yhteyksiä havaittiin pääosin ainoastaan yhden suorituksen osalta, vaikka testi koostui kolmesta suorituksesta. Tämä selittynee ainakin osittain sillä, että suorituskyvyn muutokset olivat tutkimusjakson aikana melko maltillisia, ja pidempi tutkimusjakso tai harjoittelun suurempi volyyymi olisi saattanut johtaa muuttujien välisten merkitsevien yhteyksien lukumäärän kasvuun.

8.4 Tutkimuksen arviointi

Käytettyjen testien validiteetti on otettava huomioon rajoitteena tehtyjen suorituskykytestien osalta. Koska osa testeistä ei ollut testattaville ennestään tuttuja eikä ennen alkutestejä testistä järjestetty tutustumismittauksia, on osa alku- ja välimittausten välisestä kehityksestä todennäköisesti vaikutusta testisuorituksen oppimisesta. Tätä tukee se, että kontrolliryhmän suorituskyky tehtäväsimulaatoradalla parani kaikkien muiden osuuksien paitsi evakuointisuoritusten osalta.

Toisaalta kontrolliryhmän koko oli muita ryhmiä pienempi, mikä on voinut vaikuttaa siihen, että merkitseviä muutoksia ei ollut. Vastaavien suoritusten on todettu vakioituvan keskimäärin kahden (Angelveit ym. 2016) tai kolmen suorituksen jälkeen (Pandorf ym. 2003); jolloin oppimisen vaikutus olisi näin ollen minimaalinen alkutestien jälkeen, sillä kaikki testit sisälsivät alkutesteissä vähintään kaksi suoritusta.

Alkuperäisestä tutkimussuunnitelmasta jäi liian pienen tutkittavien lukumäärän takia pois interventioryhmä, jonka harjoittelu olisi painottunut kestävyuden kehittämiseen. Lisäksi tutkimuksessa mukana olleesta kestävyystestistä (3,2 kilometrin pikamarssi taisteluväestössä) ei saatu validia tulosta, jolloin kestävyys jäi tärkeänä ominaisuutena pois tästä tutkimuksesta. Tämä olisi tuonut mielenkiintoista lisätietoa aerobisen suorituskyvyn merkityksestä suorituskyvyn kannalta tehtäväsimulaatoradalla.

8.5 Jatkotutkimusaiheet

Jatkotutkimusaiheiden osalta edellä mainittu 3,2 kilometrin pikamarssi olisi ollut mielenkiintoinen muuttuja tehtäväradalla suorituskyvyn yhteydessä olleiden ominaisuuksien tarkastelun näkökulmasta. Jatkossa olisi myös hyödyllistä tutkia, kuinka hyvin korkealla intensiteetillä suoritettu tehtäväkohtainen harjoittelu parantaa suorituskykyä 3,2 kilometrin pikamarssilla, koska tässä tutkimuksessa sitä ei saatu selvitettyä. Tämä voisi antaa viitteitä siitä, kuinka suuren osan tehtäväkohtaisen korkean intensiteetin harjoittelun tulisi muodostaa sotilaiden harjoittelusta. Lisäksi tulevaisuudessa olisi hyödyllistä selvittää, saadaanko suorituskyvyssä aikaan suurempia muutoksia harjoittelun volyyymiä lisäämällä vai johtuuko maltilliset muutokset suorituskyvyssä ennemminkin varusmieskoulutuksen sisältämän fyysisen aktiivisuuden runsaan määrän aiheuttamasta interferenssistä tai jostain muusta tekijästä. Suurempi kehitys suorituskykytesteissä saattaisi johtaa myös suurempaan muuttujien välisten yhteyksien lukumäärään hermolihasjärjestelmän suorituskykyä muuttavien ja tehtäväkohtaisen suorituskyvyn välillä.

8.6 Käytännön sovellukset

Tämän tutkimuksen löydösten perusteella voidaan todeta, että varusmiehet hyötyvät sekä tehtäväkohtaisesta että voimaharjoittelusta hermolihasjärjestelmän suorituskyvyn, kehonkoostumuksen ja sotilaille ominaisen suorituskyvyn näkökulmasta verrattuna tavanomaiseen liikuntakoulutukseen. Tutkimuksen löydökset tukevat korkean intensiteetin harjoittelun tehokkuutta sotilaiden suorituskyvyn kehittämisessä. Kentällä toteutetulla tehtäväkohtaisella anaerobisella harjoittelulla saatiin aikaan vastaavanlaisia, tai jopa hieman suurempia muutoksia suorituskyvyssä kuin tehtäväradalla kuntosaliympäristössä suoritettulla nousujohteisella voimaharjoittelulla. Tämä tukee tehtäväkohtaisen kenttäympäristössä tapahtuvan korkean intensiteetin harjoittelun tehokkuutta kohtalaisen harjoittelemattomilla yksilöillä. Tämä on hyödyllinen löydös siksi, että kyseistä harjoittelua on mahdollista toteuttaa käytännössä ilman ylimääräisiä välineitä ja suurella joukolla samaan aikaan, toisin kuin kuntosaliympäristössä tapahtuva voimaharjoittelu. Optimaalinen yhdistelmä olisikin luultavasti toteuttaa sekä kuntosaliympäristössä tapahtuvaa voimaharjoittelua että kentällä tapahtuvaa voimaharjoittelua ja korkean intensiteetin tehtäväkohtaista harjoittelua koulutusohjelman ja vallitsevien ympäristöolosuhteiden mukaisesti.

LÄHTEET

- Angeltveit, A., Paulsen, G., Solberg, P. A. & Raastad, T. 2016. Validity, reliability, and performance determinants of a new job-specific anaerobic work capacity test for the Norwegian Navy Special Operations Command. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 30(2), 487-496.
- Barbosa-Netto, S. & Almeida, M.B. 2017. Self-Selected Resistance Exercise Load: Implications for Research and Prescription. *Journal of Strength and Conditioning Research* Publish Ahead of Print.
- Beekley, M. D., Alt, J., Buckley, C.M., Duffey, M. & Crowder, T. A. 2007. Effects of heavy load carriage during constant-speed, simulated, road marching. *Military medicine* 172(6), 592-595.
- Billing, D.C., Silk, A.J., Tofari, P.J. & Hunt, A.P. 2015. Effects of military load carriage on susceptibility to enemy fire during tactical combat movements. *Journal of Strength & Conditioning Research* 29, S134-S138.
- Birrell, S.A., Hooper, R.H. & Haslam, R.A. 2007. The effect of military load carriage on ground reaction forces. *Gait & posture* 26(4), 611-614.
- Bishop, P.A. 1999. Physiological determinants of performance on an indoor military obstacle course test. *Military medicine* 164 (12), 891.
- Fallowfield, J. L., Blacker, S. D., Willems, M.E., Davey, T. & Layden, J. 2012. Neuromuscular and cardiovascular responses of Royal Marine recruits to load carriage in the field. *Applied ergonomics* 43 (6), 1131-1137.
- Fink, J., Kikuchi, N., Yoshida, S., Terada, K. & Nakazato, K. 2016. Impact of High Versus Low Fixed Loads and Non-Linear Training Loads on Muscle Hypertrophy, Strength and Force Development. *Springerplus* 5(1), 698.

- Fortes, M., Diment, B., Greeves, J., Casey, A., Izard, R. & Walsh, N. 2011. Effects of a daily mixed nutritional supplement on physical performance, body composition, and circulating anabolic hormones during 8 weeks of arduous military training. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism* 36, 967–975.
- Gamble, P. 2006. Implications and Applications of Training Specificity for Coaches and Athletes. *Strength & Conditioning Journal* 28(3), 54-58.
- Gibala, M., 2009. Molecular responses to high-intensity interval exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 34(3), 428-432.
- Gibala, M.J., Gagnon, P.J. & Nindl, B.C. 2015. Military Applicability of Interval Training for Health and Performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29, S40-S45.
- Harman, E.A., Gutekunst, D.J., Frykman, P.N., Sharp, M.A. & Nindl, B.C. 2008a. Prediction of Simulated Battlefield Physical Performance from Field-Expedient Tests. *Military medicine* 173(1), 36.
- Harman, E.A., Gutekunst, D.J., Frykman, P.N., Nindl, B.C., Alemany, J.A., Mello, R.P. & Sharp, M.A. 2008b. Effects of two different eight-week training programs on military physical performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 524-534.
- Hazell, T.J., MacPherson, R.E., Gravelle, B.M. & Lemon, P.W. 2010. 10 or 30-s sprint interval training bouts enhance both aerobic and anaerobic performance. *European journal of applied physiology*, 110(1), 153-160.
- Helén, J., 2017. Sotilaan fyysisen toimintakyvyn ja kehon koostumuksen muutosten yhteydet tehtäväsimulaattorin suorituksen muutokseen kuuden kuukauden kriisinhallintaoperaation aikana. Pro gradu -tutkielma, Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Hendrickson, N.R., Sharp, M.A., Alemany, J.A., Walker, L.A., Harman, E.A., Spiering, B.A., Hatfield, D.L., Yamamoto, L.M., Maresh, C.M., Kraemer, W.J. & Nindl, B.C. 2010. Combined

resistance and endurance training improves physical capacity and performance on tactical occupational tasks. *European journal of applied physiology*, 109(6), 1197-1208.

Henning, P. C., Bong-Sup, P. & Jeong-Su, K. 2011a. Physiological decrements during sustained military operational stress. *Military medicine* 176(9), 991.

Henning, P.C., Khamoui, A.V. & Brown, L.E. 2011b. Preparatory strength and endurance training for US Army basic combat training. *Strength & Conditioning Journal* 33(5), 48-57.

Hogan, J. 1991. The structure of physical performance in occupational tasks. *Journal of Applied Psychology* 76, 495-507.

How, J.M., Foo, S.C., Low, E., Wong, T.M., Vijayan, A., Siew, M.G. & Kanapathy, R. 1994. Effects of sleep deprivation on performance of Naval seamen: I. Total sleep deprivation on performance. *Annals of the academy of medicine, Singapore* 23(5), 669-675.

Jalanko, P. 2016. Sotilaan fyysinen toimintakyky, immunologiset tekijät ja hormonaalinen tila pitkäkestoisessa taisteluharjoituksessa. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.

Jetté, M., Kimick, A. & Sidney, K. 1990. Evaluation of an indoor standardized obstacle course for Canadian infantry personnel. *Canadian journal of sport sciences* 15(1), 59-64.

Jetté, M., Kimick, A. & Sidney, K. 1989. Evaluating the occupational physical fitness of Canadian forces infantry personnel. *Military medicine* 154(6), 318-322.

Jurvelin, H. 2012. Peruskoulutuskauden fyysinen kuormittavuus varusmiespalveluksen aikana. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.

Knapik, J. J., Sharp, M. A., Canham-Chervak, M., Hauret, K., Patton, J. F. & Jones, B. H. 2001. Risk factors for training-related injuries among men and women in basic combat training. *Medicine and science in sports and exercise* 33(6), 946-954.

Knapik, J., Harman, E. & Reynolds, K. 1996. Load carriage using packs: a review of physiological, biomechanical and medical aspects. *Applied ergonomics* 27(3), 207-216.

- Knapik, J., Reynolds, K. & Harman, E. 2004. *Military medicine* 169(1), 45.
- Knapik, J., Staab, J., Bahrke, M., O'Connor, J., Sharp, M., Frykman, P., Meilo, R., Reynolds, K. & Vogel, J. 1990. Relationship of soldier load carriage to physiological factors, military experience and mood states. (No. USARIEM-T17-90). ARMY RESEARCH INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA.
- Knapik, J.J., Harman, E.A., Steelman, R.A. & Graham, B.S. 2012. A systematic review of the effects of physical training on load carriage performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 26 (2), 585-597.
- Knapik, J.J., Rieger, W., Palkoska, F., Van Camp, S. & Darakjy, S. 2009. United States Army physical readiness training: rationale and evaluation of the physical training doctrine. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 23 (4), 1353-1362.
- Knapik, J.J., Hauret, K.G., Arnold, S., Canham-Chervak, M., Mansfield, A.J., Hoedebecke, E.L. & McMillian, D. 2003. Injury and fitness outcomes during implementation of physical readiness training. *International journal of sports medicine* 24 (05), 372-381.
- Koerhuis, C.L.M., Veenstra, B.J., van Dijk, J.J. & Delleman, N.J. 2009. Predicting marching capacity while carrying extremely heavy loads. *Military medicine* 174(12), 1300-1307.
- Kokko, J. 2008. Vertaileva tutkimus taisteluväestön fyysisestä kuormittavuudesta. Pro gradu -tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Komi, P. & Bosco, C. 1978. Muscles by men and women. *Medicine and Science Sport* 10, 261-265.
- Kozharskaya, E., 2017. Voimaharjoittelun yhteydet hermo-lihasjärjestelmän suorituskykyyn, hormonipitoisuuksiin ja kehonkoostumukseen varusmieskoulutuksessa. Pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- 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., 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.
- Kraemer, W.J., Patton, J.F., Gordon, S.E., Harman, E.A., Deschenes, M.R., Reynolds, K.A., 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.
- Kyröläinen, H., Karinkanta, J., Santtila, M., Koski, H. & Mäntysaari, M. 2008. Hormonal responses during a prolonged military field exercise with variable exercise intensity. *European Journal Applied Physiology* 102, 539–546.
- Lauersen, J.B., Bertelsen, D.M. & Andersen, L.B., 2014. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *British Journal of Sports Medicine* 48(11), 871-877.
- Lieberman, H.R., Bathalon, G.P., Falco, C.M., Kramer, F.M., Morgan, C.A. & Niro, P. 2005. Severe decrements in cognition function and mood induced by sleep loss, heat, dehydration, and undernutrition during simulated combat. *Biological psychiatry* 57(4), 422-429.
- Lyons, J., Allsopp, A. & Bilzon, J. 2005. Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage. *Occupational medicine* 55(5), 380-384.
- Mala, J., Szivak, T.K., Flanagan, S.D., Comstock, B.A., Laferrier, J Z., Maresh, C. M. & Kraemer, W. J. 2015. The role of strength and power during performance of high intensity military tasks under heavy load carriage. *US Army Medical Department Journal* 3-12.
- McCarthy, J.P., Pozniak, M.A., Agre, J.C. 2002. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 511–519.

- Mello, R.P., Damokosh, A.I., Reynolds, K.L., Witt, C.E. & Vogel, J.A. 1988. The physiological determinants of load bearing performance at different march distances. (No. USARIEM-T-15-88). ARMY RESEARCH INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA.
- Morrissey, M.C., Harman, E.A. & Johnson, M.J., 1995. Resistance training modes: specificity and effectiveness. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27(5), 648-660.
- Murphy, M.M., Knapik, J.J., Vogel, J.A. & Drews, F.R. 1984. Relationship of anaerobic power capacity to performance during a 5-day sustained combat scenario. (No. USARIEM-T-5/84). ARMY RESEARCH INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL MEDICINE NATICK MA.
- Nindl, B.C., Barnes, B.R., Alemany, J.A., Frykman, P.N., Shippee, R.L. & Friedl, K.E. 2007. Physiological consequences of US Army Ranger training. *Medicine and science in sports and exercise* 39 (8), 1380.
- Nindl, B.C., Leone, C. D., Tharion, W.J., Johnson, R.F., Castellani, J.W., Patton, J.F. & Montain, S. J. 2002. Physical performance responses during 72 h of military operational stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34(11), 1814-1822.
- Nindl B.C. & Pierce J.R. 2010. Insulin-like growth factor I as a biomarker of health, fitness, and training status. *Medicine & Science in Sport and Exercise* 42(1), 39-49.
- Orr, R.M. 2010. The history of the soldier's load. *Australian Army Journal* 7(2), 67-88.
- Orr, R.M. & Pope, R.R. 2012. Load carriage for the tactical operator: Impacts and conditioning - A review. *Journal of Australian strength and conditioning* 20 (4).
- 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.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämnen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M. & Tiainen, S. 2011. Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja. 2. Helsinki: Pääesikunta henkilöstöosasto.

- Pihlainen, K., Santtila, M., Nyman, K., Nykänen, T., Mäntysaari, M., Vaara, J., Vasankari, T., Rintala, H., Mäkinen, J., Viskari, J. & Kyröläinen, H., 2016. Sotilaan toimintakyvyn tutkimus Libanonin Unifil kriisinhallintaoperaatiossa – KRITOKY 2014. Osa I. Pääesikunnan koulutusosasto. Suomen yliopistopaino Oy.
- Pandorf, C.E., Nindl, B.C., Montain, S.J., Castellani, J.W., Frykman, P.N., Leone, C.D., & Harman, E.A. 2003. Reliability assessment of two militarily relevant occupational physical performance tests. *Canadian journal of applied physiology* 28(1), 27–37.
- Parolin, M.L., Chesley, A., Matsos, M.P., Spriet, L.L., Jones, N.L. & Heigenhauser, G.J. 1999. Regulation of skeletal muscle glycogen phosphorylase and PDH during maximal intermittent exercise. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism* 277(5), E890-E900.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämmen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M. & Tiainen, S. 2011. Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja. 2. Helsinki: Pääesikunta henkilöstöosasto.
- Reilly, T, Morris, T, & Whyte, G. 2009. The specificity of training prescription and physiological assessment: A review. *Journal of Sports Science* 27, 575–589.
- Reilly, T. 2010. Canada's physical fitness standard for the land force: a global comparison. *The Canadian Army Journal* 13: 59-69.
- Roy, T.A., Blackman, M.R., Harman, S.M., Tobin, J.D., Schrage, M. & Metter, E.J. 2002. Interrelationships of serum testosterone and free testosterone index with FFM and strength in aging men. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism* 283(2), E284-E294.
- Santtila, M. 2010. Effects of added endurance or strength training on cardiovascular and neuromuscular performance of conscripts during the 8-week basic training period. *Studies in sport, physical education and health* 146. Väitöskirja. Jyväskylän yliopisto

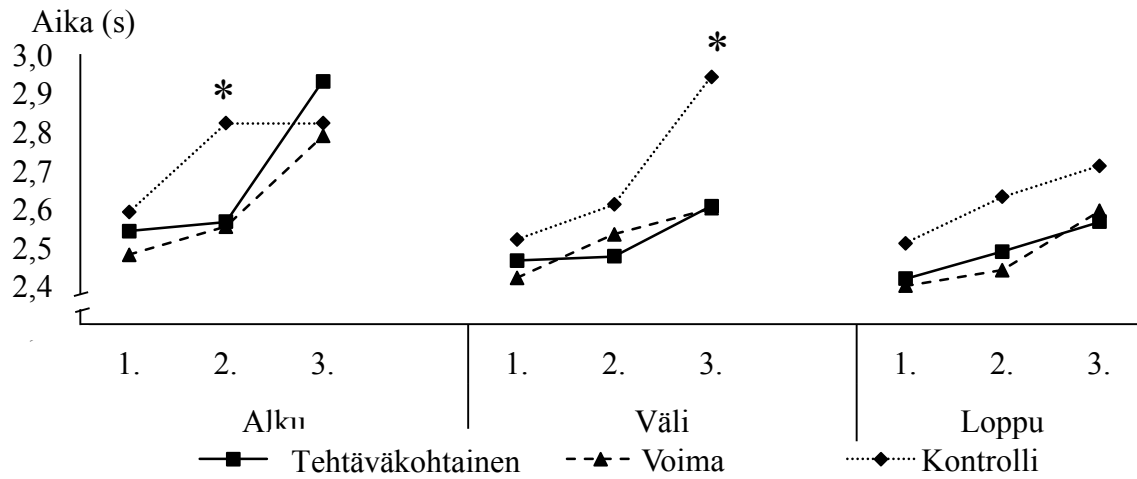
- Santtila, M., Häkkinen, K., Nindl, B.C. & Kyröläinen, H., 2012. Cardiovascular and neuromuscular performance responses induced by 8 weeks of basic training followed by 8 weeks of specialized military training. *Journal of Strength & Conditioning Research* 26(3), 745-751.
- Schoenfeld, B.J., Grgic, J., Ogborn, D., & Krieger, J.W. 2017a. Strength and hypertrophy adaptations between low- vs. high-load resistance training: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(12), 3508-3523.
- Schoenfeld, B.J., Ogborn, D. & Krieger, J.W. 2017b. Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 35(11), 1073-1082.
- Terho, A. 2015. Raskaan taakan kantamisen fysiologiset vastineet pitkäkestoisessa kuormituksessa. Pro gradu- tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.
- Trank, T.V., Ryman, D.H., Minagawa, R.Y., Trone, D.W. & Shaffer, R.A. 2001. Running mileage, movement mileage, and fitness in male US Navy recruits. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 33, 1033–1038.
- Treloar, A.K. & Billing, D.C. 2011. Effect of load carriage on performance of an explosive, anaerobic military task. *Military medicine* 176(9), 1027-1031.
- Vaara, J.P., Kokko, J., Isoranta, M. & Kyröläinen, H., 2015. Effects of added resistance training on physical fitness, body composition, and serum hormone concentrations during eight weeks of special military training period. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 29, 68-S172.
- Vickers Jr, R.R. & Hodgson, J.A. 1999. Summary of Findings for Initial Task Identification for Military Operations in Urban Terrain. (MOUT)(No.MHRC-00-04). NAVAL HEALTH RESEARCH CENTER SAN DIEGO CA.
- Väyrynen, T., 2015. Autonomisen hermoston ja hormonien vasteet kahden viikon sotilaskoulutuksessa. Pro gradu -tutkielma. Maanpuolustuskorkeakoulu.

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 exercise.
Journal of Strength and Conditioning Research 26 (8), 2293-2307.

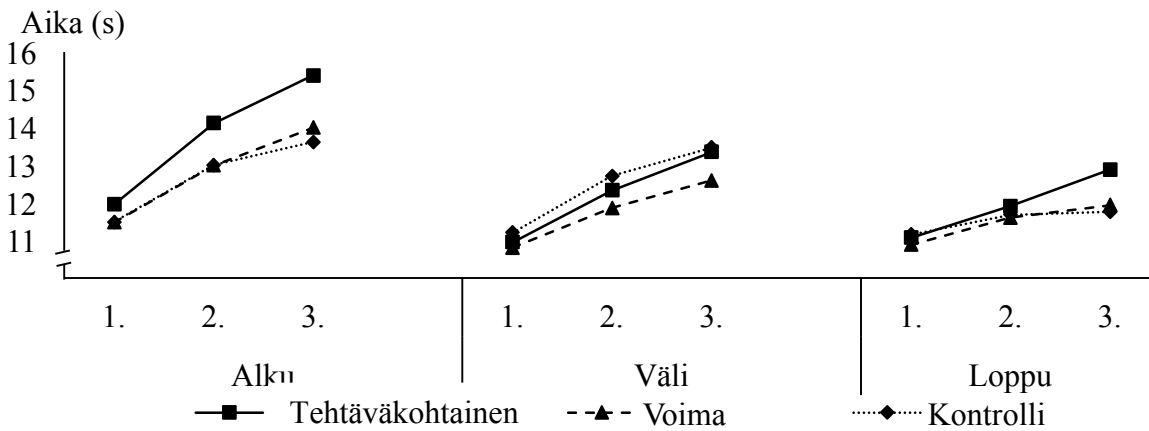
Liite 1. Tehtäväradan keskimääräiset suoritusajat sekunneissa ± keskihajonta sekä suoritusajan prosentuaaliset muutokset alkutesteihin verrattuna. (*p<0,05)

		Tehtäväkohtainen	Δ%	Voima	Δ%	Kontrolli	Δ%	
Loppuaika	Alku	1.	38,5 ± 7,9		36,3 ± 4,4	36,3 ± 4,8		
		2.	45,3 ± 11,4		42,7 ± 6,6	42,3 ± 6,6		
		3.	50,0 ± 14,4		47,7 ± 8,7	45,2 ± 7,4		
	Väli	1.	33,8 ± 6,3	-12,2 %	32,8 ± 3,6	-9,6 %	36,0 ± 6,5	-0,8 %
		2.	38,3 ± 7,2	-15,5 %	37,2 ± 4,2	-12,9 %	39,9 ± 8,8	-5,7 %
		3.	42,4 ± 7,6	-15,2 %	40,3 ± 6,4	-15,5 %	43,7 ± 10,4	-3,3 %
	Loppu	1.	33,5 ± 5,6	-13,0 %	33,2 ± 4,9	-8,5 %	34,8 ± 6,4	-4,1 %
		2.	36,9 ± 6,3	-18,5 %	36,5 ± 4,8	-14,5 %	37,0 ± 7,4	-12,5 %
		3.	39,8 ± 7,2	-20,4 %	38,7 ± 6,3	-18,9 %	38,9 ± 8,1	-13,9 %
5m	Alku	1.	2,5 ± 0,3		2,5 ± 0,2	2,6 ± 0,4		
		2.	2,6 ± 0,4		2,6 ± 0,2	2,8 ± 0,2*		
		3.	2,9 ± 0,6		2,8 ± 0,3	2,8 ± 0,5		
	Väli	1.	2,5 ± 0,4	0,0 %	2,4 ± 0,2	-4,0 %	2,5 ± 0,3	-3,8 %
		2.	2,5 ± 0,3	-3,8 %	2,5 ± 0,2	-3,8 %	2,6 ± 0,5	-7,1 %
		3.	2,6 ± 0,3	-10,3 %	2,6 ± 0,2	-7,1 %	2,9 ± 0,7*	3,6 %
	Loppu	1.	2,4 ± 0,3	-4,0 %	2,4 ± 0,2	-4,0 %	2,5 ± 0,3	-3,8 %
		2.	2,5 ± 0,3	-3,8 %	2,4 ± 0,2	-7,7 %	2,6 ± 0,3	-7,1 %
		3.	2,6 ± 0,3	-10,3 %	2,6 ± 0,3	-7,1 %	2,7 ± 0,5	-3,6 %
Kanto	Alku	1.	12,0 ± 1,8		11,5 ± 1,2	11,5 ± 1,1		
		2.	14,1 ± 3,4		13,0 ± 1,5	13,0 ± 2,0		
		3.	15,4 ± 3,8		14,0 ± 1,9	13,6 ± 1,7		
	Väli	1.	11,0 ± 1,7	-8,3 %	10,8 ± 1,1	-6,1 %	11,2 ± 1,4	-2,6 %
		2.	12,3 ± 1,9	-12,8 %	11,9 ± 1,9	-8,5 %	12,7 ± 2,1	-2,3 %
		3.	13,3 ± 2,2	-13,6 %	12,6 ± 1,5	-10,0 %	13,5 ± 2,4	-0,7 %
	Loppu	1.	11,1 ± 1,8	-7,5 %	10,9 ± 1,4	-5,2 %	11,2 ± 1,3	-2,6 %
		2.	11,9 ± 1,7	-15,6 %	11,6 ± 1,2	-10,8 %	11,7 ± 1,6	-10,0 %
		3.	12,9 ± 2,7	-16,2 %	11,9 ± 1,4	-15,0 %	11,8 ± 1,9	-13,2 %
Evakuointi	Alku	1.	11,7 ± 3,7		10,6 ± 2,4	10,7 ± 2,0		
		2.	14,2 ± 5,2		13,6 ± 4,2	13,4 ± 2,9		
		3.	15,9 ± 5,8		15,6 ± 5,6	13,8 ± 2,9		
	Väli	1.	9,8 ± 2,4	-16,2 %	9,2 ± 1,6	-13,2 %	10,6 ± 2,4	-0,9 %
		2.	11,5 ± 3,0	-19,0 %	10,9 ± 1,9	-19,9 %	12,3 ± 3,8	-8,2 %
		3.	13,0 ± 3,1	-18,2 %	12,1 ± 3,4	-22,4 %	13,2 ± 3,8	-4,3 %
	Loppu	1.	9,7 ± 2,3	-17,1 %	9,6 ± 1,9	-9,4 %	10,5 ± 2,9	-1,9 %
		2.	11,2 ± 2,8	-21,1 %	10,8 ± 2,6	-20,6 %	11,3 ± 3,5	-15,7 %
		3.	11,9 ± 2,6	-25,2 %	11,9 ± 4,1	-23,7 %	12,4 ± 3,3	-10,1 %

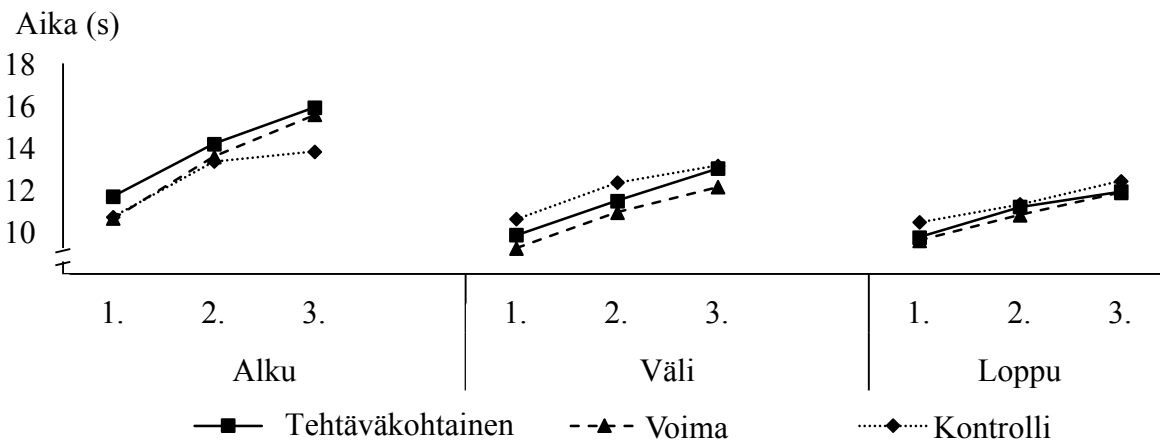
Liite 2



Kuva 16. Tehtäväradan ensimmäisen 5 metrin ajat ryhmittäin. Kontrolliryhmän ja muiden ryhmien välinen ero * p<0,05.



Kuva 17. Kanto-osuuden ajat ryhmittäin



Kuva 18. Evakuointiosuuden ajat ryhmittäin.

Liite 3. Tehtäväkohtaisen ryhmän harjoitusohjelma

Vko 2: Maanantai 14.3.2016 Nopeusharjoitus		
Kesto	Teho	Palautus
2 x 3 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 2: Keskiviikko 16.3.2016 Anaerobinen harjoitus		
2 x 3 x 30 s	75-85%	1 min / 5 min
Vko 2: Perjantai 18.3.2016 Yhdistelmä		
3 x 6 s	80-95%	2 min
3 x 30 s	75-85%	1 min
Vko 3: Maanantai 21.3.2016 Nopeusharjoitus		
2 x 4 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 3: Torstai 24.3.2016 Anaerobinen harjoitus		
2 x 4 x 30 s	75-85%	1 min / 5 min
Vko 3: Lauantai 26.3.2016 Yhdistelmäharjoitus		
4 x 6 s	80-95%	2 min
4 x 30 s	75-85%	1 min
Vko 4: Tiistai 29.3.2016 Nopeusharjoitus		
3 x 3 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 4: Torstai 31.3.2016 Anaerobinen harjoitus		
3 x 3 x 45 s	75-85%	1 min / 5 min
Vko 4: Lauantai 2.4.2016 Yhdistelmäharjoitus		
4 x 6 s	80-95%	2 min
4 x 45 s	75-85%	1 min
Vko 5: Maanantai 4.4.2016 Nopeusharjoitus		
3 x 3 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 5: Keskiviikko 6.4.2016 Anaerobinen harjoitus		
3 x 3 x 45 s	75-85%	1 min / 5 min
Vko 5: Perjantai 8.4.2016 Yhdistelmäharjoitus		
4 x 6 s	80-95%	2 min
4 x 45 s	75-85%	1 min
Vko 8: Tiistai 26.4.2016 : Nopeusharjoitus		
3 x 4 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 8: Torstai 28.4.2016 : Yhdistelmäharjoitus		
4 x 6 s	80-95%	2 min
4 x 45 s	75-85%	1 min
Vko 8: Lauantai 30.4.2016 Anaerobinenharjoitus		
3 x 3 x 60 s	75-85%	1 min / 5 min
Vko 10: Maanantai 9.5.2016 Nopeusharjoitus		
3 x 4 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 10: Keskiviikko 11.5.2016 : Yhdistelmäharjoitus		
4 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
3 x 60 s	75-85%	1 min
Vko 10: Perjantai 13.5.2016 : Nopeusharjoitus		
3 x 4 x 6 s	80-95%	2 min
Vko 11: Tiistai 17.5.2016 Nopeusharjoitus		
3 x 4 x 6 s	80-95%	2 min / 5 min
Vko 11: Torstai 19.5.2016 Yhdistelmäharjoitus		
4 x 6 s	80-95%	2 min
4 x 60 s	75-85%	1 min

Liite 4. Voimaryhmän harjoitusohjelma

Vko 2: Maanantai 14.3.2016 Kestovoimaharjoitus

Liike	Kierrokset	Kuorma	Palautus	Toistot
Takakyykky, tanko hartioilla	3	10-30%	1 min	15
Maastaveto	3	10-30%	1 min	15
Askelkyykky, käsipainot kummassakin kädessä	3	10-30%	1 min	10 / jalka
Etuheilautus, yhdellä kahvakuulalla	3	10-30%	1 min	15

Vko 2: Keskiiviikko 16.3.2016 Kestovoimaharjoitus

Pystypunnerrus käsipainoilla	3	10-30%	1 min	15
Ylätaljasoutu	3	10-30%	1 min	15
Etunojapunnerrus	3		1 min	20
Hauiskääntö tangolla	3	10-30%	1 min	15

Vko 2: Perjantai 18.3.2016 Perusvoimaharjoitus

Takakyykky	3	40-60%	2 min	10
Maastaveto	3	40-60%	2 min	10
Askelkyykky (vuorojaloin, tangolla tai jalkaprässissä)	3	40-60%	2 min	10 /jalka
Hyvää huomenta	3	40-60%	2 min	10

Vko 3: Maanantai 22.3.2016 Perusvoimaharjoitus

Pystypunnerrus tangolla	3	40-60%	2 min	10
Leuanveto (tarvittaessa kevennetty / avustettu)	3		2 min	10
Penkkipunnerrus (keskileveä)	3	40-60%	2 min	10
Kulmasoutu käsipainolla (vuorokäsin)	3	40-60%	2 min	10

Vko 3: Torstai 24.3.2016 Kestovoimaharjoitus

Kehonpainokkykky (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	20
Punnerrus (leveä, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15
Askelkyykky (vuorojaloin, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15 / jalka
Istumaannousu (lisäpaino tarpeen mukaan)	3		1 min	20
Selänojennus	3		1 min	20

Vko 3: Lauantai 26.3.2016 Kestovoimaharjoitus

Kehonpainokkykky (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	20
Punnerrus (kapea, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15
Askelkyykky taakse (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15 / jalka
Pohkeille nousu (taistelijapari reppuselässä)	3		1 min	20
Lankkupito (max pito, kaveri painaa selästä lisävastusta)	3		1 min	1 x max pito

Vko 4: Tiistai 29.3.2016 Nopeusvoimaharjoitus

Takakyykky	3	20-40%	2 min	6
Boksihyppy	3	20-40%	2 min	6
Vartalon kierto istuen (kuntopallo tai levypaino käsissä)	3		2 min	6 + 6
Penkkipunnerrus	3	20-40%	2 min	6
Vauhtipunnerrus	3	20-40%	2 min	6
Kuntopallonheitto kaverille (istumaannousun jälkeen)	3		2 min	6

Vko 4: Torstai 31.3.2016 Maksimivoimaharjoitus

Maastaveto	3	70-90%	2 min	3
Jalkaprässi	3	70-90%	2 min	3
Pystypunnerrus tangolla	3	70-90%	2 min	3
Leuanveto / lisäpainoleuka	3	70-90%	2 min	3

Vko 4: Lauantai 2.4.2016 Perusvoimaharjoitus

Takakyykky	3	50-75%	1 min	8
Askelkyykky (tanko tai kahvakuulat/käsipainot mukaan)	3	50-75%	1 min	8 / jalka
Hyvää huomenta	3	50-75%	1 min	8
Reiden ojennus laitteessa	3	50-75%	1 min	8

Vko 5: Maanantai 4.4.2016 Nopeusvoimaharjoitus

Kyykkyhyppy tanko niskan takana				3
Jalkaprässi				3
Askelkyykkyhyppy (kehonpaino/pieni lisäkuorma)				3
Penkkipunnerrus				3
Vauhtipunnerrus				3

Vko 5: Keskiviikko 6.4.2016 Maksimivoimaharjoitus				
Takakyky	3	70-90%	2 min	3
Maastaveto	3	70-90%	2 min	3
Penkkipunnerrus	3	70-90%	2 min	3
Vko 5: Perjantai 8.4.2016 Perusvoimaharjoitus				
Jalkaprässi	3	50-75%	1 min	12
Lisäpainoaskelkyky vuorojaloin (käsipainot käsissä)	3	50-75%	1 min	12 / jalka
Pystypunnerrus käsipainoilla	3	50-75%	1 min	12
Kulmasoutu tangolla (kapea)	3	50-75%	1 min	12
Vko 8: Tiistai 26.4.2016 Kestovoimaharjoitus				
Kehonpainokkyky (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	20
Punnerrus (leveä, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15
Askelkyky (vuorojaloin, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15 / jalka
Istumaannousu (lisäpaino tarpeen mukaan)	3		1 min	20
Selänojenus	3		1 min	20
Vko 8: Torstai 28.4.2016 Kestovoimaharjoitus				
Yleisliike	3		1 min	10
Punnerrus (kapea, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15
Vartalon kierto istuen (suojaliivi käsissä lisäpainona)	3		1 min	15 / jalka
Pohkeille nousu (taistelijapari reppuselässä)	3		1 min	20
Lankkupito (max pito, kaveri painaa selästä lisävastusta)	3		1 min	1 x max pito
Vko 8: Lauantai 30.4.2016 Maksimivoimaharjoitus				
Takakyky	3	70-90%	2 min	3-5
Maastaveto	3	70-90%	2 min	3-5
Penkkipunnerrus	3	70-90%	2 min	3-5
Leuanveto (löydy raskain tapa tehdä määrätty toistomäärä)	3	70-90%	2 min	3-5
Vko 10: Maanantai 9.5.2016 Maksimivoimaharjoitus				
Jalkaprässi	3	70-90%	2 min	4 - 6
Askelkyky (käsipainot tai levytanko lisäpainona)	3	70-90%	2 min	4 + 4
Reiden ojennus laitteessa	3	70-90%	2 min	6
Hyvää huomenta	3	50-70%	2 min	6
Pohkeille nousu (käsipainot tai levytanko lisäpainona)	3	50-70%	2 min	6
Vko 10: Keskiviikko 11.5.2016 Nopeusvoimaharjoitus				
Takakyky	3	20-40%	2 min	6
Askelkykyhyppy	3	20-40%	2 min	6
Penkkipunnerrus	3	20-40%	2 min	6
Leuanveto (tarvittaessa avustettuna, nopea veto ylös)	3	20-40%	2 min	4
Kuntopallon heitto kaverille (istumaannousun jälkeen)	3	20-40%	2 min	6
Vko 10: Perjantai 13.5.2016 Maksimivoimaharjoitus				
Pystypunnerrus tangolla	2	60-90%	2 min	6
Kulmasoutu tangolla (leveä)	2	60-90%	2 min	6
Hauiskääntö tangolla	2	60-90%	2 min	6
Punnerrus lisäpainolla (levypaino tms. selkään)	2	60-90%	2 min	6
Kulmasoutu käsipainolla (vuorokäsin)	2	60-90%	2 min	6 + 6
Vko 11: Tiistai 17.5.2016 Kestovoimaharjoitus				
Kehonpainokkyky (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	20
Punnerrus (leveä, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15
Askelkyky (vuorojaloin, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15 / jalka
Istumaannousu (lisäpaino tarpeen mukaan)	3		1 min	20
Selänojenus	3		1 min	20
Vko 11: Torstai 19.5.2016 Kestovoimaharjoitus				
Kehonpainokkyky (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	20
Punnerrus (kapea, suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15
Askelkyky taakse (suojaliivi lisäpainona)	3		1 min	15 / jalka
Pohkeille nousu (taistelijapari reppuselässä)	3		1 min	20
Lankkupito (max pito, kaveri painaa selästä lisävastusta)	3		1 min	1 x max pito