

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**RASKAAN TAAKAN KANTAMISEN FYSIOLOGISET VASTEET PITKÄKESTOIS-
SESSA KUORMITTUMISESSA**

Pro gradu- tutkimus

Yliluutnantti
Anttu Terho

Sotatieteiden Maisterikurssi 4
Maasotalinja

Huhtikuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Sotatieteiden maisterikurssi 4	Linja Maasotalinja
Tekijä Anttu Terho	
Tutkielman nimi RASKAAN TAAKAN KANTAMISEN FYSIOLOGISET VASTEET PITKÄKESTOIS- SESSA KUORMITTUMISESSA	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MPKK:n kirjasto)
Huhtikuu 2015	Tekstisivuja 65
TIIVISTELMÄ <p>Puolustusvoimien runkona toimiva maavoimat on puolustusvoimiemme selkäranka. Nykyaikaisen taistelukentän moninaisuus ei ole vähentänyt hyvin koulutetun jalkaväkisotilaan tarvetta. Teknologian kehityksen myötä sotilaiden kannettava taakka on lisääntynyt merkittävästi. Tämän seurauksena sotilaiden taakankantokyky on merkittävä osa sotilaiden fyysisistä toimintakykyä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tutkia raskaan taakankantamisen fysiologisia vasteita taistelu- ja partiovarustuksella (29 kg ja 45 kg) suoritetuissa taakankantotesteissä.</p> <p>Tutkimukseen osallistui kahdeksan koehenkilöä Porin prikaatin kansainväliseen valmiusjoukkokoulutukseen valituista sotilaista (ikä 20 ± 1 v, pituus $1,80 \pm 0,10$ m, paino $77,9 \pm 12,3$ kg, painoindeksi $23,9 \pm 2,4$, maksimaalinen hapenottokyky $51,8 \pm 4,2$ ml $\text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$). Koehenkilöiltä mitattiin ennen taakankantotestejä maksimaalinen hapenottokyky ($\text{VO}_{2\text{Maks}}$), maksimaalinen voima, lihaskestävyys sekä kehonkoostumus. Testeinä käytettiin suoraa juoksumatottestiä, isometrisiä maksimivoimatestejä, puolustusvoimien lihaskuntotestejä sekä bioimpedanssimenetelmää kehonkoostumuksen mittaamiseen. Taakankantotestit suoritettiin juoksumatolla siten, että 45 minuuttia käveltiin $4 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ nopeudella ja $1,0$ asteen kulmalla. Tämän jälkeen kulmaa ja kuormaa nostettiin kolmen minuutin välein aina 12 asteen kulmaan ja $6 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ nopeuteen asti. Suoritusten aikana mitattiin ventilaatiota (VE), hapenkulutusta (VO_2), sykettä (HR), subjektiivista tuntemusta (RPE) ja laktaattiarvoa (La).</p> <p>Tutkimustulosten perusteella taakankantotestit erosivat toisistaan submaksimaalisen suorituksen aikana VE- ja HR-arvojen perusteella ($p < 0,05$). Taakankantotestien suoritusajaksi ja maksimaalinen hapenotto ($\text{ml} \cdot \text{min}^{-1}$) olivat yhteydessä toisiinsa (29kg: $r = 0,80$ $p \leq 0,05$, 45kg: $r = 0,92$ $p \leq 0,05$). Suoritusajaksi ja suhteellinen hapenoton ($\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) arvo eivät olleet yhteydessä toisiinsa. Maksimaalinen isometrinen penkkipunnerrus oli yhteydessä kummankin taakankantotestin suoritusajan kanssa (29kg: $r = 0,75$ $p \leq 0,05$, 45kg $r = 0,81$ $p \leq 0,05$). Maksimaalinen hapenotto ja penkkipunnerrus olivat ainoat alkumittausten tulokset, jotka olivat yhteydessä molempien taakankantotestien loppuajojen kanssa. Kehonpaino ja rasvaton massa olivat yhteydessä raskaamman taakan kanssa suoritettuna loppuajan kanssa ($r = 0,72$ $p \leq 0,05$), ($r = 0,74$ $p \leq 0,05$). Vauhditon pituushyppy oli yhteydessä kevyemmän varustuksen loppuajan kanssa ($r = 0,80$, $p \leq 0,05$). Regressioanalyysi selitti menestymistä raskaamman taakan kanssa pituuden ja penkkipunnerrustestien tuloksilla selitysasteen ollessa 79% ($p < 0,01$).</p> <p>Taakankantotestien ja alkumittausten tulosten perusteella riittävän suuret ylävartalon voimominaisuudet ovat merkittävä tekijä taakankantotehtävissä menestymiseen. Maksimaalista hapenottokykyä vaaditaan kannettaessa taakkaa lähellä maksimaalista suorituskykyä. Kehonpainolla ei ole suoritusta heikentävää vaikutusta, painvastoin kehonpaino ja riittävä rasvattoman massan määrä näyttäisi tämän tutkimuksen mukaan parantavan taakankantokykyä.</p>	
AVAINSANAT taakankantaminen, fyysinen toimintakyky, kehonkoostumus, taisteluväri	

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	TAISTELUKENTTÄ	3
2.1	NYKYAIKAISEN TAISTELUKENTÄN VAATIMUKSET SOTILAILLE	3
2.2	SUOMEN KANSAINVÄLISET VALMIUSJOUKOT	5
2.3	NYKYAIKAINEN TAISTELU- JA PARTIOVARUSTUS TIEDUSTELJOILLA	6
2.4	TIEDUSTELJIEN SUORITUSKYKYVAATIMUKSET	9
2.5	KANSAINVÄLISTEN JOUKKOJEN TOIMINTAYMPÄRISTÖ	10
3	SOTILAAN FYYSSINEN TOIMINTAKYKY	16
3.1	HERMOLIHASJÄRJESTELMÄ JA SEN VÄSYMINEN	16
3.2	HENGITYS – JA VERENKIERTOELIMISTÖ JA SEN VÄSYMINEN	21
4	SOTILAAN KUORMITTUMINEN TAAKANKANTOTEHTÄVISSÄ	25
5	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMA	30
6	MENETELMÄT	31
6.1	TUTKIMUSASETELMA	31
6.2	KOEHENKILÖT	32
6.3	TAISTELU- JA PARTIOVARUSTUS	34
6.4	TILASTOLLISET MENETELMÄT	42
7	TULOKSET	43
7.1	ALKUMITTAUSTEN JA TAAKANKANTOTESTIEN TULOKSET SEKÄ NIIDEN VÄLISET YHTEYDET	43
7.2	KAHDEN ERI TAAKANKANTOTESTIN VÄLISET EROT	49
8	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET	54
8.1	POHDINTAA ALKUMITTAUKSISTA, TAAKANKANTOTESTEISTÄ JA NIIDEN VÄLISISTÄ YHTEYKSISTÄ	56
8.2	TAAKANKANTOTESTIEN VÄLISET EROT	58
8.3	TULOSTEN LUOTETTAVUUDEN JA YLEISTETTÄVYYDEN TARKASTELU	60
8.4	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KÄYTÄNNÖN MERKITYS	62

LÄHTEET

1 JOHDANTO

“On the field of battle man is not only a thinking animal, he is a beast of burden. He is given great weights to carry. But unlike the mule, the jeep, or any other carrier, his chief function in war does not begin until the time he delivers that burden to the appointed ground.” (Marshall 1950)

Puolustusvoimiemme perustana itsenäisyytemme alkuaajoista asti ovat olleet vahvat maavoimat. Maavoimien selkärankana edellisten sotiemme aikana, mutta tänäkin päivän on jalkaväki. Jalkaväen keskeisimpänä elementtinä on ja tulee aina olemaan sotilas, maavoimien taistelija. Sodat historiasta nykypäivään ovat muuttuneet, käytettävä aseistus, taistelukenttä ja ympäröivät yhteiskunnat ovat muuttuneet, mutta tarve hyvin koulutetulle ja varustetulle jalkaväen taistelijalle elää edelleen. Sotilas ja sotilaan suorituskyky on ollut taisteluiden keskiössä niin kauan kuin on taisteltu, eikä tulevaisuudessakaan ole vielä näköpiirissä sellaista asejärjestelmää, jolla korvattaisiin ihminen taistelukentällä.

Johdannon alkuun lainatut Marshallin 1950-luvulla kirjoittamat sanat pitävät yhä paikkansa. Sotilaat ovat kautta historian kantaneet itsensä ja joukkonsa tarvitsemat varusteet taistelukentälle, eivätkä nykyaikaiset taistelut ole tästä poikkeuksia. Yksittäisen sotilaan varustaminen modernein sotavarustein ja johtamisjärjestelmin on kasvattanut yksittäisen sotilaan ja pienten hyvin koulutettujen joukkojen merkitystä taisteluiden kululle. Maavoimien uudistetun taistelutavan myötä puolustusvoimat panostaa kehittyvään pienryhmätoimintaan ja tehtävätaktiikkaan. Maavoimissa taisteluja käydään muun muassa hajautetun taistelun keinoin, taistellen laajoilla alueilla, soveltaen tehtävätaktiikkaa ja entistä itsenäisempää taistelutapaa. Taistelutavan muutos aiheuttaaakin puolustusvoimien logistiikalle ja huollolle aivan uudenlaisia haasteita. Tämän seurauksena muun muassa taistelijoiden on kannettava yhä enemmän varustusta, vettä ja ruokaa mukanaan (Vaara 2013). Sotilaiden suorituskykyä koetellaan siis tulevaisuuden taistelukentillä kenties enemmän kuin aiemmin.

Sotilaan suorituskyvyn ja fyysisen toimintakyvyn tutkiminen onkin puolustusvoimiemme kehityksen ja kehittämisen kannalta ensiarvoisen tärkeää. Reserviläisarmeijamme perustana on aina ollut suomalainen sotilas. Siksi on tärkeää että puolustusvoimissa pyritään selvittämään kuinka sotilaiden fyysistä toimintakykyä voidaan kehittää osana kehittyvää taistelutapaa. *“All soldiers, irrespectively of their trade, could be called upon to carry out the duties of the infantryman at some point in the battle scenario.”* Edellä mainittu lause on peräisin NA-

TO:n teknisestä raportista: Optimizing Operational Physical Fitness (TR-HFM-080). Sama periaate on ollut puolustusvoimien toiminnan selkärankana. Jokainen sotilas on myös jalkaväkitaistelija ja jokaisen sotilaan tulee kyetä taistelemaan jalkaväen tapaan. Tämän takia onkin tärkeää, että tiedämme puolustusvoimissa kuinka sotilaan fyysinen toimintakyky kuormittuu sotilaiden tehtävissä ja kuinka kuormitusta voidaan vähentää sekä miten voimme valmistaa joukkojamme taistelukentän kuormitusta varten.

Puolustusvoimien yhtenä lakisääteisenä tehtävänä on kansainvälinen kriisinhallinta. Sen asettamat haasteet yksittäisen sotilaan varustukselle ja toiminnalle ovat myös tärkeä osa puolustusvoimien tehtäväkenttää (Laki puolustusvoimista, 11.5.2007/551). On tärkeää selvittää, kuinka näiden operaatioiden erityispiirteet ja varusteet kuormittavat sotilaita, jotta näihin haasteisiin voidaan vastata jo ennen joukkojen lähettämistä operaatioalueelle. Tämä tutkimus osa tätä selvitystyötä jonka, tarkoituksena on selvittää kansainvälisen kriisinhallintajoukkojen käyttämän taistelu- ja partiovarustuksen kuormittavuutta taakankantotesteillä. Tutkimuksen koehenkilöinä on puolustusvoimien kansainväliseen kriisinhallintakoulutukseen valittuja varusmiehiä. Osallistuva joukko kuuluu Porin prikaatin mekanisoidun pataljoonan tiedustelujoukkueeseen. Tutkimuksessa tarkastellaan fysiologisten muuttujien, kehonkoostumuksen ja kahden erilaisen taakankantotestin välisiä suhteita. Näiden avulla pyritään määrittelemään fyysisen toimintakyvyn osa-alueita, joita tarvitaan kansainvälisissä operaatioissa. Tutkimusta voidaan hyödyntää joukon koulutuksessa siten, että kehitetään juuri oikeita osa-alueita. Tällä tavalla kehitämme puolustusvoimien valmiuksia myös kansallisen puolustuksen osalta. Tutkimuksen tulokset ovat yleistettävissä kaikkien puolustusvoimissa palvelevien joukkojen käyttöön, mutta erityisesti tiedustelutoimialan joukkojen käyttöön, sillä niiden tehtävien erityisluonteeseen kuuluu raskaiden taakkojen kantaminen.

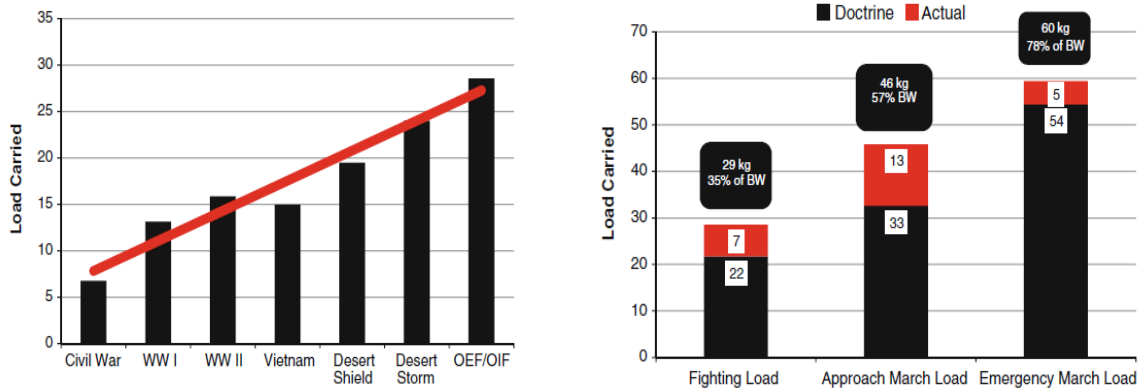
Tämän tutkimuksen tarkoitus on selvittää kahden eripainoisen varustuksen aiheuttamaa fyysistä kuormitusta sotilaan fyysiselle toimintakyvylle ja tarkastella kuinka eripainoiset taakat kuormittavat elimistöä. Tulosten perusteella tarkastellaan vaikuttaako taakan kantamisessa menestymiseen enemmän sotilaiden voimaominaisuudet, kestävyysominaisuudet vai kenties kehonkoostumus.

2 TAISTELUKENTTÄ

Nykyaikaista taistelukenttää on lähes mahdotonta määritellä yksiselitteisesti, vaan se on ymmärrettävä moniulotteiseksi ja jatkuvasti muuttuvaksi taistelutilaksi, jossa on useita ulottuvuuksia. Taistelukenttä saatetaan joskus jopa mieltää eri tietojärjestelmien ohjaamien asevaikutusten pelikentäksi, kybermaailmaksi joissa taisteluja käydään elektronisen vaikuttamisen keinoin tai psykologisin operaatioiden avulla. (Valkeajärvi 2012.) Tarkasteltaessa useita viime vuosikymmenien sotia voidaan kuitenkin todeta että taistelutilaan edelleen kuuluu fyysinen taistelu, vastustajan henkilöstön ja materiaalin tuhoaminen. Vain Kosovon sodassa ratkaisuun on päädytty lähes ainoastaan ilma-aseen käytöllä ilman maaoperaatiota. Sodan päättymisen jälkeen alueella on tosin toiminut monikansallinen kriisinhallintaoperaatio aina tähän päivään saakka. (Huttunen ym. 2009, 303). Tämä myös tarkoittaa sitä, että taistelukentällä vaaditaan edelleen ihmistä käyttämään asejärjestelmiä ja ajoneuvoja sekä sotilaita menemään paikkoihin, joihin ajoneuvot eivät kulje tai ilma-aseilla ei kyetä vaikuttamaan (Huttunen ym. 2009, 117). Tässä luvussa tarkastellaan taistelukentän muutosten ja nykyaikaisen taistelukentän asettamia vaatimuksia sotilaiden varustuksille.

2.1 Nykyaikaisen taistelukentän vaatimukset sotilaille

Taistelutilan ja teknologian kehittyminen vaativat nykyisiltä taistelijoilta kenties enemmän kuin koskaan aiemmin. Sotilaiden tulee kyetä käyttämään nykyaikaisia tieto- ja asejärjestelmiä ja olemaan henkisesti ja fyysisesti vahvempia. Sotilaiden varustuksen paino on muun muassa kasvanut yhdysvaltalaisilla joukoilla Vietnamin sodan aikaisesta noin 35 kg painosta ensimmäisen Persianlahden sodan noin 55 kg:n painoon (Knapik ym. 2004). Falklandin sodassa brittiläiset jalkaväkisotilaat kantoivat jopa 68 kg painoisia taakkoja yli 60 km matkan (McCaig & Gooderson 1986). Ensimmäisestä Persianlahden sekä Falklandin sodista on jo aikaa ja osa käytetyistä järjestelmistä on varmasti korvattu kevyemmillä ja paremmilla, mutta sotilaiden käytössä olevan materiaalin määrä vastaavasti on kasvanut (Kuva 1). Deanin (2004) toteuttaman tutkimuksen mukaan jalkaväkisotilaat ovat ylikuormitettuja, kun tarkastellaan taakan määrää. Tämä ei kuitenkaan johdu siitä, että sotilaille olisi liikaa tai turhia varusteita mukana, vaan taistelijoiden välittömästi tarvitsemat varusteet painavat liikaa.

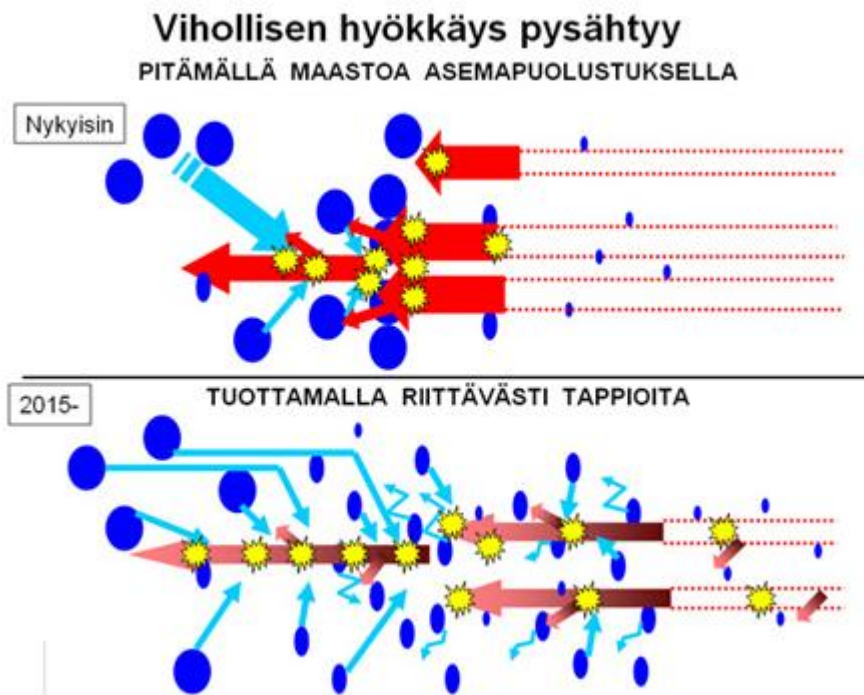


Kuva 1. (Knapik ym. 2004; Dean 2004). Kannettavan varustuksen määrän kasvu historiallisesti tarkasteltuna. Vasemman puoleisessa kuvaajassa on esiteltyä taisteluväestöjen painon kasvu yhdysvaltojen sisällissodasta Irakin ja Afganistanin sotiin saakka. Oikean puoleisessa kuvaajassa on esitelty doktriinin mukaiset varustusten painot sekä todellisuudessa mitatut painot Afganistanin sodassa.

Puolustusvoimissa uudistettu maavoimien taistelutapa asettaa myös vaatimuksia taistelutilan valintaan (kuva 2). Toimintaympäristöanalyysin perusteella pyritään valitsemaan omalle toiminnalle suotuisat olosuhteet, joissa pyritään estämään vihollisen omien vahvuuksien ja välineiden käyttö. Tällä pyritään pitämään oma toiminnanvapaus ja aloitteenotto-kyky. Tämä tarkoittaa usein esimerkiksi sellaisen taistelutilan valitsemista, jossa vihollisen mekanisoidut osastot ja suora-ammuntaan kykenevät joukot eivät pääse vaikuttamaan parhaalla mahdollisella tavalla. Suomalaisille sotilaille se voi tarkoittaa taistelua alueella, jossa ajoneuvoilla ei voida tukea omaa taistelua. Kalusto on kannettava itse paikalle, iskettävä vahvasti ja irtauduttava nopeasti ennen kuin sitoudutaan kuluttavaan taisteluun. (Kuparinen 2012; Hartikainen 2012.)

Tiedustelijoiden osalta tämä on jo nykyisellään arkipäivää, mutta uudistetun taistelutavan mukainen hajautettu toiminta laajentaa kaikkien joukkojen vastuualuetta, jolloin myös tiedustelujoukkojen vastualueet kasvavat entisestään. Joukkojen on kyettävä valvomaan yhä laajempia alueita, joka korostaa tarvetta kehittyneempään pienryhmätoimintaan. Tiedusteluryhmän jakautuessa pienempiin partioihin on sen jokaisen partion kyettävä edelleen selvittämään vihollisen määrää, laatua ja toimintaa sekä valvomaan ja maalittamaan omalla vastuualueellaan. Tämä tarkoittaa taas lisääntyvää viestilaitteiden, pimeänäkölaitteiden, taisteluvälinemateriaalin, veden ja ruuan määrää mikä edelleen kasvattaa taisteluiden kannettavan tavaran määrää (Maasodankäynti 2015). Uuden taistelutavan mukaisesti taistelijat siis tarvitsevat yhä parempaa fyysistä toimintakykyä nykyaikaisella taistelukentällä. Tässä tutkimuksessa esitellään

aiempia tutkimuksia muun muassa taakankantokykyä vaativissa tehtävissä ja pyrkimyksenä on tämän tutkimuksen osalta selvittää, miksi nykyaikaisella taistelukentällä ja kriisinhallinta-tehtävissä tarvitaan yhä parempaa fyysistä toimintakykyä.



Kuva 2. Puolustusvoimien uudistettu taistelutapa (Parkatti 2012)

2.2 Suomen kansainväliset valmiusjoukot

Porin prikaatissa koulutetaan Suomen kansainväliset valmiusjoukot, joiden ensisijainen tehtävä on toimia kansallisen puolustuksen valmiusjoukkona. Koulutus kuitenkin tähtää myös kykyyn toimia kansainvälisissä kriisinhallintatehtävissä heti varusmiespalveluksen jälkeen. Kaikkien valmiusjoukkoihin päässeiden varusmiesten palvelusaikana on 347 päivää. Koulutus käsittää normaalin peruskoulutuskauden ja aliupseerikurssin oman aselajin mukana, jonka jälkeen koulutus keskittyy kriisinhallintaoperaatioissa tarvittaviin taitoihin ja joukkokokoonpanoissa toimimiseen. Kansainvälisiin tehtäviin valmistavan koulutuksen pituus on 20 viikkoa. Se suoritetaan palveluksen loppuvaiheessa ja sen painopisteenä ovat kriisialueilla oleviin uhkiin kuten tienvarsipommeihin ja väijytyksiin varautumisessa. Lisäksi koulutus käsittää joukkojenhallintaa, etsintöjä rakennetulla alueella, helikopterikoulutusta, lääkintäkoulutusta ja

oman aselajin tai erikoisalan ammattitaidon kehittämistä. (puolustusvoimat, www.mil.fi. viitattu 20.1.2014)

Kaikki kansainväliseen valmiusjoukkoon koulutettavat valitaan pääsykokeiden perusteella. Pääsykokeet järjestetään kerran vuodessa ja ne sisältävät 12 minuutin juoksutestin, lihaskuntotestin, evakuointitestin, haastattelut ja kaikille varusmiehille tehtävän P-kokeen (peruskoe). Pääsykokeet ovat kaksipäiväiset. (puolustusvoimat, www.mil.fi. viitattu 20.1.2014)

2.3 Nykyaikainen taistelu- ja partiovarustus tiedustelijoilla

Nykyaikaisen taisteluvälikokouksen erityispiirteinä on sen modulaarisuus, erityisesti kansainvälisen joukkokoulutuksen saaneilla tiedustelijoilla. Modulaarisuus antaa mahdollisuuden taisteluvälikokouksen muokkaamiseen jokaisen sotilaan kehon vaatimusten mukaan. Rajoituksena tälle on kuitenkin tehtävä tai joukko, johon tiedustelija kuuluu, sillä joukon tehtävä ja tyyppi määrittävät usein käytettävän välikokouksen. Porin prikaatissa koulutettavat kansainvälisen valmiusjoukon varusmiehet varautuvat ja saavat koulutuksensa kriisinhallintatehtäviin sekä kansallisen puolustuksen tehtäviin. Kummassakin erityispiirteinä on laaja tehtävien määrä, joihin heidän pitää varautua. Tehtäviin kuuluu muun muassa partiotiedustelua, suunnassa tiedustelua, kohteentiedustelua, tähytystiedustelua, tarkastuspistetoimintaa, partiointia jalan ja ajoneuvoilla sekä taistelutehtävät jalan tai ajoneuvoilla. Tehtäväkentän monipuolisuus luo haasteen tiedustelijoiden välikokoukselle. Välikokouksen tulee olla riittävän suojaava, mutta silti sen kanssa on kyettävä toimimaan pitkiäkin aikoja tiedustelu- tai taistelutehtävissä.

Porin prikaatissa on pyritty vastaamaan haasteeseen mekanisoidun pataljoonan tiedustelujoukkueen osalta ottamalla käyttöön m-05 taistelijansuojavaatetukseen pohjautuva järjestelmä, jossa m-05 taisteluliivi ja luotiliivi on korvattu luotiliivi 2010:llä. Luotiliivi itsessään toimii ballistisena suojaliivinä sekä varusteliivinä (kuva 3). Luotiliivin 2010 etuina on sen erinomainen suoja-arvo kiväärikaliberisia aseita vastaan edestä, takaa sekä sivuilta siinä olevien ballististen suojalevyjen ansiosta. Siihen kuuluvat myös irrotettavat kaula- ja käsivarsisuoijat. Liivin modulaariset nauhakujat mahdollistavat samojen taskujen kiinnittämisen kuin taisteluliivi m-05 malliin. Liiviin haittapuolena on sen lisääntynyt paino. Liivin modulaarisuuden ansiosta paino vaihtelee käyttäjän valitsemien taskujen ja lisäsuojien mukaan. Kokko (2008) tutkimuksessaan ilmoitti kaupunkijääkäreiden taisteluvälikokouksen painoksi 30,3 kg. Tähän tutkimukseen valittu Porin prikaatin kansainvälisen valmiusjoukkokoulutuksen saaneen tiedustelijan taisteluvälikokouksen painaa 29,5 kg. Liivistä oli irrotettu siihen kuuluvat kaula- ja käsivarsisuoijat. Taisteluvälikokouksen toimii perusvälikokouksena lähes kaikissa tehtävissä. Välikokouksen

etuina on sen antama suoja ja taisteluvalmius kohdattaessa vastustaja. Tässä esitelty varustus on lähes identtinen tällä hetkellä Afganistanissa toimivilla rauhanturvaajilla. Heidän varustukseensa kuuluu lisäksi sivuaseeksi pistooli, joita tällä tiedustelujoukolla ei ole toistaiseksi käytössä. (Porin Prikaati, 2014)



Kuva 3. Taisteluvarustus luotiliivillä 2010

Partiovarustuksen alustana toimii taisteluvarustus, jonka päälle jokaiselle taistelijalle tulee partioreppu. Tässä tutkimuksessa käytetään puolustusvoimien reppua: partioreppua/erikoisjoukko, jonka valmistajana on Camelbak Petaluma, CA, Yhdysvallat (kuva 4). Reppu jaetaan jokaiselle rauhanturvaajaksi lähtevälle sotilaille henkilökohtaiseksi repuksi. Reppua käytetään niin kutsuttuna ”pakoreppuna” tai ”partioreppuna”. ”Pakorepulla” tarkoiteetaan reppua, joka on pakattu ajoneuvoon ja siellä olevalla varustuksella on tarkoitus selviytyä lyhytaikaisesti. Tätä joudutaan käyttämään esimerkiksi silloin kun ajoneuvo joudutaan hylkäämään tai joudutaan nopeasti siirtymään lyhytaikaisesta tehtävästä pidempiaikaiseen tehtävään. ”Partiorepulla” taas tarkoitetaan tiettyä tehtävää varten pakattua reppua, jossa on tehtävän suorittamiseksi vaaditut varusteet. Partiorepun tai pakorepun sisältö voi vaihdella paljonkin joukosta ja tehtävästä riippuen. Pakoreppuun pakataan yleensä seuraavat artikkelit: pimeänäkölaite tai lämpökamera, lisäammuksia, yhden vuorokauden muonat, kahden vuorokauden nesteet, lisävaatetusta, ruoanlaittovälineet, pattereita, akkuja, lääkintävarustusta ja tulentekovälineet. Partioreppu sisältää usein samat tavarat, mutta sotilaan ja joukon tehtävästä riippuen siellä voi olla myös ryhmä- tai joukkuekohtaista materiaalia. Esimerkiksi radio, tuli-

tukiaseen patruunoita (konekivääri/tarkkuuskivääri), viuhkaräjähdepanos tai lisäheitteitä yms. Partiorepun paino vaihtelee tehtävän vaatimusten mukaan 10–25 kg. Tässä tutkimuksessa partiorepun paino on 16 kg. Tiedustelujoille yleisesti käytössä olevat rinkat eivät kuulu tämän joukon perusvarustukseen. Kyseessä oleva joukko liikkuu pääsääntöisesti partioajoneuvolla, mikä aiheuttaa rajoituksia repun koolle. (Porin Prikaati, 2014) Tässä tutkimuksessa käytetty taistelu- ja partiovarustus esitellään tarkemmin luvussa 6.3.



Kuva 4. Partiovarustus

Tutkimuksessa käytetty varustus on Porin prikaatin kansainvälisessä joukkokoulutuksessa olevan tiedustelujoukkueen varustus pois lukien reppu, joka valittiin tutkimukseen sen ollessa varustuksena, kun sotilaita lähetetään rauhanturvaoperaatioon. Reppujen vähyyden takia, niitä ei tällä hetkellä ole saatavilla varusmieskoulutuksen aikaiseen käyttöön. Kuten edellä on mainittu, Afganistanissa palvelevat rauhanturvaajat käyttävät lähes identtistä varustusta. Libanonissa palvelevat suomalaiset rauhanturvaajat taas käyttävät taisteluvarustusta, joka pohjautuu taisteluliiviin m-05 ja erillisiin luotisuojaliiveihin malliltaan m-05 ja alussuojaliiviin Pro Comfort (Porin Prikaati, 2014). Tutkimuksen tulokset ovat kuitenkin osittain yleistettävissä Libanonissa käytettävään varustukseen ainakin painon ja repun osalta, sekä muiden joukkojen varustuksen kanssa, jotka pohjautuvat taistelijan varustejärjestelmään m-05.

Modulaarisuus antaa myös mahdollisuuden keventää varustusta tehtävän tai uhka-arvion mukaan. Taisteluliivi m-05 kyetään käyttämään ilman raskasta luotisuojaliiviä tai kevyempää

luotisuusjäliviä Pro comfort, jolloin kuormaa voidaan keventää suojan kustannuksella. Luotiusliivistä 2010 voidaan ottaa ballistiset suojaevyt pois, jolloin sen painoa voidaan myös keventää. Taskujen kokoa, määrää ja paikkaa voidaan kummassakin liivimallissa muuttaa tehtävän tai henkilökohtaisten mittasuhteiden mukaan. (Porin Prikaati, 2014)

2.4 Tiedustelijoiden suorituskykyvaatimukset

Maavoimien joukkojen suorituskyvyt määritetään jokaisen joukon tehtävän mukaan ja ne eroavat hieman toisistaan myös tiedustelijoiden suorituskykyvaatimusten osalta. Yksittäiselle sotilaille ei ole määritelty vaatimustasoa, johon tiedustelijan tulisi pystyä. Yleisesti puolustusvoimien normeissa määritellään joukolle vaatimustaso, johon sen tulee päästä. Saavuttaakseen käsketyt suorituskykyvaatimuksen jokaisella sotilaalla on oltava riittävä fyysinen suorituskyky. Maavoimien uudistetun taistelutavan kehityksen myötä on puolustusvoimissa kehitetty myös uudet koulutustasovaatimukset eri tiedustelujoukoille. Siellä on eri tehtäviin sidottuina annettu vaatimuksia, johon joukon tulee kyetä varusmieskoulutuksen aikana. Yksittäisen sotilaan fyysisen toimintakykyyn ei kuitenkaan anneta selkeitä vaatimuksia (Jalkaväen joukkojen koulutustasovaatimukset MK3717). PEJV-OS PAK 03:11 jalkaväen joukkojen ja niiden henkilöstön suorituskykyvaatimukset määrittävät tiedustelijoille vaatimuksiksi hyvän henkisen- ja fyysisen kunnan. Ohje on toistaiseksi voimassa oleva.

Puolustusvoimien fyysisten kuntotestien tulosten mukaan varusmies saavuttaa hyvän arvosanan vähintään 2700 metrin Cooper- testin tuloksella. Tulos vastaa noin $49 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ arvoa. Hyvän arvosanan vauhdittoman pituuden osalta saa hyppäämällä 210 senttimetriä pituutta. Istumaan nousuissa hyvään tulokseen vaaditaan 36 toistoa ja etunojapunnerruksissa 30 toistoa. (Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja 2011.) Puolustusvoimien liikuntastrategiassa määritetään kaikkien puolustushaarojen ja aselajien suorituskykyvaatimuksiksi, että maksimaalisen hapenoton arvon tulisi olla vähintäänkin $45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (Puolustusvoimien liikuntastrategia 2007 - 2016). Puolustusvoimien asiakirjassa Fyysisen toimintakyvyn perusteet HH47, määritetään $42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ hapenottokyvyn arvon olevan kaikkien puolustushaarojen ja aselajien esikuntatehtävissä palvelevien tavoitetasovaatimus. Tukitehtävissä palvelevien sotilaiden tavoitetaso taas on $45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Taisteleviin tai liikkuvaan sodankäyntiin tarkoitettujen joukkojen hapenoton tavoitetaso taas on $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ja erikoisjoukkoihin sijoitettavien sotilaiden osalta arvo tulisi olla $55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Lihaskunnan vaatimuksista asiakirja määrittää seuraavaa: ”*Taisteluiden lihaskunnan on oltava sellainen, että he kykene-*

vät säilyttämään toimintakykynsä vähintään 25 kilogramman painoisen lisäkuorman kanssa. Kannettavan kuorman määrä voi olla jopa 55–60 kilogrammaa.”.

Kyröläinen ym. (2004) tutkimuksessaan määrittivät tiedustelijoiden suorituskykyvaatimusten olevan hapenoton osalta $55 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Voimaominaisuuksien osalta he esittivät tiedustelijoiden tarvitsevan kestovoimaominaisuuksien lisäksi riittävää maksimivoimatasoa. Erityistä huomiota tulisi myös kiinnittää suhteellisen voiman osuuteen. Voimien tulee siis olla riittävät suhteessa oman kehon painoon. Ympäristöolosuhteet vaikuttavat myös vaadittavan suorituskyvyn tasoon: kylmä, kuuma ja korkeuserot vaikuttavat fyysisen toimintakyvyn vaatimukseen (Fyysisen toimintakyvyn perusteet, HH47).

2.5 Kansainvälisten joukkojen toimintaympäristö

Kansainvälisten joukkojen toimintaympäristöä ei voida määritellä yksiselitteisesti, kuten ei pystytä määrittelemään nykyaikaista taistelukenttää tai taistelutilaa. Kriisinhallintaoperaatioita on ympäri maailmaa ja niissä kaikissa on omat toimintaympäristönsä. Toimintaympäristö muodostuu maantieteellisestä sijainnista, maaston muodoista, sääolosuhteista, maaperästä, kulttuurista, paikallisista ihmisistä, omasta joukosta sekä useista muista muuttujista. Toimintaympäristön tai taistelutilan fyysinen ulottuvuus on eri olosuhteiden ja tapahtumien yhteinen kokonaisuus, joka koostuu alueellisista erityispiirteistä, konfliktin aiheuttamista erityispiirteistä ja ajan vaikutuksesta. (Nurmela 2007.) Tässä tutkimuksessa toimintaympäristö rajataan käsittelemään maantieteellistä sijaintia, maastonmuotoja, sääolosuhteita, kulttuuria ja joukkoa, jossa toimitaan. Seuraavissa kappaleissa esitellään lyhyesti muutama toimintaympäristö, jossa suomalaisia kriisinhallintajoukkoja on palveluksessa tai palvelut aikaisemmin.

Afganistan sijaitsee Keski-Aasian eteläosassa. Sillä ei ole lainkaan merenrantaa ja sen pinta-ala on 652230 neliökilometriä. Valtion korkein kohta on 7485 m merenpinnan yläpuolella ja matalin kohta 258 m merenpinnan yläpuolella. Hindu Kushin vuoristo jakaa maan kolmeen hyvin erilaiseen osaan: Pohjoiseen tasankoalueeseen, joka on hedelmällistä vuoriston reuna-alueita. Keskiseen ylämaahan, jossa on paljon korkeuseroja, vuoristoa, laaksoja ja aavikkoa. Tällä alueella lämpötilavaihtelut ovat maan suurimpia ja ilmasto on kuivaa. Lounaassa sijaitseva ylämaa on taas pääsääntöisesti aavikkoa ja tasankoa. Ilmasto on Afganistanissa vaihtelevaa, kesällä lämpötilat nousevat yli $+40 \text{ }^{\circ}\text{C}$:een ja talvella putoavat jopa $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$:een. Heinäkuun keskilämpötila on $+32 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ja tammikuun $+4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. (www.cia.gov;www.fin.org.af, viitattu 20.6.2014)

Suomi osallistui Afganistanissa Nato johteiseen ISAF (*International Security Assistance Force*) rauhanturvaoperaatioon vuosina 2002 - 2014 ja jatkaa 2015 – eteenpäin Nato johteisessa operaatiossa RS (*Resolute Support*). RS operaation päätehtävät ovat: paikallisen viranomaisen tukeminen budjetoinnin, suunnittelun ja ohjaamisen alueilla, hallinnon tukeminen sekä hallinnon läpinäkyvyyden, vastuullisuuden ja valvonnan varmistaminen. ISAF operaation operatiiviset tehtävät olivat: Turvallisuus- ja vakauttamisoperaatioiden toteuttaminen, Afganistanin armeijan (ANA) tukeminen ja mentorointi, Afganistanin hallituksen tukeminen laittomien aseistautuneiden ryhmien aseistariisunnassa (*Disbandment of Illegally Armed Groups, DIAG*), Afganistanin poliisin (ANP) tukeminen, jälleenrakennuksen tarpeiden tunnistaminen ja kartoittaminen, koulujen ja sairaaloiden kehittäminen, vesivarantojen käyttöönotto ja muu siviilisotilasyhteistyö sekä humanitaaristen avustusoperaatioiden tukeminen. ISAF operaatiossa suomalaisten joukkojen kokoonpano on muuttunut operaation vaatimusten mukaan. Joukkoja on palvellut muun muassa esikuntatehtävissä, huoltotehtävissä, erilaisissa mentorointitehtävissä ja lisäksi erityyppisissä kokoonpanoissa. Erilaisista kokoonpanoista ja tehtävistä esimerkkeinä ovat: MOT (*Military Observer Team*), OMLT (*Operational Mentor and Liaison Team*), sekä Suomalainen jääkärikomppania. (www.puolustusvoimat.fi, viitattu 20.1.2014)

Kokoonpanojen monimuotoisuudesta huolimatta kaikilla on ollut lähestulkoon sama päätehtävä eli paikallisten turvallisuusviranomaisten tukeminen (www.puolustusvoimat.fi., viitattu 20.1.2014). Jääkärikomppanian tehtäviin kuului paikallisen turvallisuusviranomaisen tukemista, yhteiset partioinnit, KLE- tapaamiset (Key Leader Engagement) sekä tilannetietoisuuden ylläpidolla. Näiden tehtävien lisäksi rauhanturvaajien arkeen kuuluvat myös erilaiset vartiointitehtävät tukikohdassa sekä QRF (Quick Reaction Force) tehtävät, joilla voidaan valmistautua yllättävien tilanteiden varalle. (Yliluutnantti T. Lamminen, henkilökohtainen tiedonanto 2.2.2015). Partioidessa tukikohdan ulkopuolella rauhanturvaajien varustuksella on pyritty vastaamaan kulloinkin vallitsevaan uhka-arvioon (kuva 5). Afganistanissa partiointia suoritetaan nykyään vain panssaroiduin ajoneuvoin ja henkilöstöllä varustuksena ovat raskaat luotisuusojaliivit, kypärät ja muu käsketty suojarustus. Suomalaisia palvelee tällä hetkellä muun muassa Afganistanilaisviranomaisten neuvonanto – ja koulutustehtävissä, esikuntatehtävissä, ensihoitotehtävissä ja kansallisissa tukitehtävissä. (www.puolustusvoimat.fi, viitattu 20.1.2014)



Kuva 5. Kuvissa suomalaisia rauhanturvaajia Afganistanissa. (puolustusvoimat, www.puolustusvoimat.fi, viitattu 20.6.2014.)

Libanon sijaitsee Lähi-Idässä, se rajoittuen lännessä Välimeren. Pohjoisessa ja idässä rajanaapurina sillä on Syyria ja etelässä Israel. Sen pinta-ala on 10400 neliökilometriä. Valtion korkein kohta 3088 m merenpinnan yläpuolella ja matalin kohta on merenpinnan tasolla. Libanonin itärajalla on vuoristoa ja maan länsirannikko on kohtuullisen tasaista, mutta korkeuserot kasvavat nopeasti siirryttäessä länsirannikolta itään päin. Merkittävää toimintaympäristössä on sen monipuolisuus aina välimereltä vuoristoon. Libanonin ilmasto on välimerellinen, mutta vaihteleva. Talvet ovat runsassateisia ja kesät kuumia. Talvisin vuoristossa on runsaita lumisateita. (www.cia.gov; www.fin.org.af, viitattu 20.6.2014.)

Suomalaisia rauhanturvaajia palvelee Libanonissa tällä hetkellä YK-johtoisessa UNIFIL rauhanturvaoperaatiossa. Operaation päätehtävänä ovat sinisen linjan valvonta (Sininen linja erottaa osapuolet toisistaan, koska virallista sopimusta maiden välisestä rajasta ei ole saatu aikaiseksi), Libanonin asevoimien tukeminen ja Libanonin väestön avustaminen. Tavoitteena on tilanne, jossa Libanonin omat turvallisuusviranomaiset voivat ottaa vastuulleen koko eteläisen Libanonin turvallisuusympäristön. Tehtäviä toteutetaan partioimalla sinisen linjan alueella sekä tarkkailemalla sitä pysyviltä ja tilapäisiltä tähytyspaikoilta. Partiointia suoritetaan ajoneuvoin ja jalan. Libanonin asevoimien tukemista toteutetaan yhteisillä partioinneilla, operaatioilla sekä tarjoten lisäresursseja ja koulutusta LAF:n (*Lebanese Armed Forces*) avuksi. Tärkein tapa tukea väestöä on tietysti Libanonin turvallisuustilanteen kohentaminen, mutta joukot alueella varmistavat myös humanitaarisen avun perillepääsyn niin tarvittaessa. Suomalaiset osallistuvat myös omalla vastuualueellaan CIMIC (*Civil Military Cooperation*) toimintaan ja toteuttavat projekteja paikallisten kanssa. Kaikkien edellä mainittujen tehtävien lisäksi rauhanturvaajan arkeen Libanonissa kuuluvat tukikohdan vartiointitehtävät ja tukikohdan ylläpito sekä rakennustehtävät. Partiointi suoritetaan panssaroiduilla ajoneuvoilla ja henkilöstöl-

lä on uhka-arvion mukainen käsketty suojarahustus päällään sekä raskaampi varustus ajoneuvoissa. Erityyppisten uhka-arvioiden mukaan eri alueilla tai eri tehtävissä käytettävissä oleva varustus vaihtelee (kuva 6). (www.puolustusvoimat; www.unifil.unmissions.org viitattu 20.1.2014)



Kuva 6. Kuvissa suomalaisia rauhanturvaajia Libanonissa. (puolustusvoimat, www.puolustusvoimat.fi, viitattu 20.6.2014.)

Mali sijaitsee Länsi-Afrikassa, sen pinta-ala on 1240192 neliökilometriä. Sillä ei ole merirajaa, mutta sen pinta-alasta vettä on 20002 neliökilometriä. Malin korkein kohta on 1155 metriä meren pinnan yläpuolella ja matalin 23 m meren pinnan yläpuolella. Maa on pääosin tasaista ja hiekkaista, sen luoteisosassa on karua ja mäkiä maastoa. (www.cia.gov, viitattu 20.1.2014)

Malissa palvelee tällä hetkellä suomalaisia rauhanturvaajia kahdessa eri operaatiossa. Toinen on EU:n EUTM (*European Training Mission Mali*) ja toinen YK:n MINUSMA (*The United Nations multidimensional integrated stabilization Mission in Mali*) operatio. MINUSMA operaatiossa osallistuu Suomesta korkeintaan 5 henkilöä ja heidät on sijoitettu operaatiossa olevan yhteispohjoismaiseen esikuntaan, joka sijaitsee Malin pääkaupungissa Bamakossa. MINUSMAN tavoitteena on Malin laillisen hallinnon tukeminen, jotta se kykenee saavuttamaan turvallisen toimintaympäristön maan jälleenrakentamiseksi sekä sovintosuunnitelman toteuttamiseksi. EUTM operaatiossa palvelee suomalaisia rauhanturvaajia koulutustehtävissä. Tarkoituksenaan kouluttaa ja opettaa lyhyellä aikavälillä Malin asevoimien tarpeeseen sotilasyksiköjä sekä kehittää logistiikan ja komentoketjun toimintaa. Koulutus sisältää taistelukoulutuksen lisäksi tiedon jakamista siviilien kohtelusta, humanitäärisestä oikeudesta sekä ihmisoi-keuksista. Pidemmällä aikavälillä operatiolla on tavoitteena kehittää henkilöstöhallintoa,

koulutusta ja logistiikkajärjestelmää. Suomalaiset rauhanturvaajat toimivat kouluttajina sekä opettajina (kuva 7). (www.puolustusvoimat.fi; <http://www.eutmmali.eu>, viitattu 20.6.2014)



Kuva 7. Kuvissa suomalaisia rauhanturvaajia Malissa. (puolustusvoimat, www.puolustusvoimat.fi, viitattu 20.6.2014.)

Jokaisessa kriisinhallinta operaatiossa on siis oma toimintaympäristönsä, mikä asettaa vaatimuksia muun muassa sotilaan fyysiselle toimintakyvylle. Vuoristoissa ja vaikeakulkuisessa maastossa hyvä fyysinen kunto on välttämätön operaatiossa toimimisen kannalta. Kuumat ja kylmät olosuhteet aiheuttavat myös omia erityisvaatimuksia sotilaille niin fyysisen kunnan kuin varusteiden osalta. Erityisesti partioitaessa jalan tai ajoneuvoin kuumissa olosuhteissa vaaditaan hyvää fyysistä kuntoa (Lindholm ym. 2011).

Toimintaympäristön haasteellisuus kasvattaa aina fyysisen suorituskyvyn merkitystä, toimintaympäristö altistaa usein myös vammoille, jotka eivät synny taistelun- tai palvelustehtävissä. Yhdysvaltalaisissa tutkimuksissa tuodaan esille, kuinka erilaiset toimintaympäristöt ovat vaikuttaneet sotilaiden suorituskykyyn. Toiminta korkealla ja ohuessa ilmanalassa johti yhdysvaltalaisen sotilaiden taistelukykyyn menettämiseen, operaatioiden keskeyttämisiin ja vihollisten takaa-ajon keskeytyksiin Afganistanissa (Rodway ym. 2011.). Korkealla suoritetuissa pitkäkestoisissa operaatioissa suorituskyky laski eniten. Sotilaat joutuivat hiljentämään tahtia ja keventämään varustustaan kyetäkseen suorittamaan tehtävänsä (Nindl ym. 2013).

Myös toiminta kuumassa saattaa heikentää sotilaiden toimintakykyä. Hikoilu aiheuttaa neste-hukkaa ja riittämätön nesteen nauttiminen kasvattaa kehon sisälämpötilaa sekä kasvattaa sydän- ja verenkiertoelimistön kuormitusta samalla heikentäen fyysistä suorituskykyä. Ympäristöstä riippuen elimistön oma lämmönsäätelyjärjestelmä ei riitä tasaamaan lämpötilaa suojava-rustuksen tai raskaan työn aiheuttaman lämmön nousun takia (Sawka ym. 2007, 2012). Kyl-

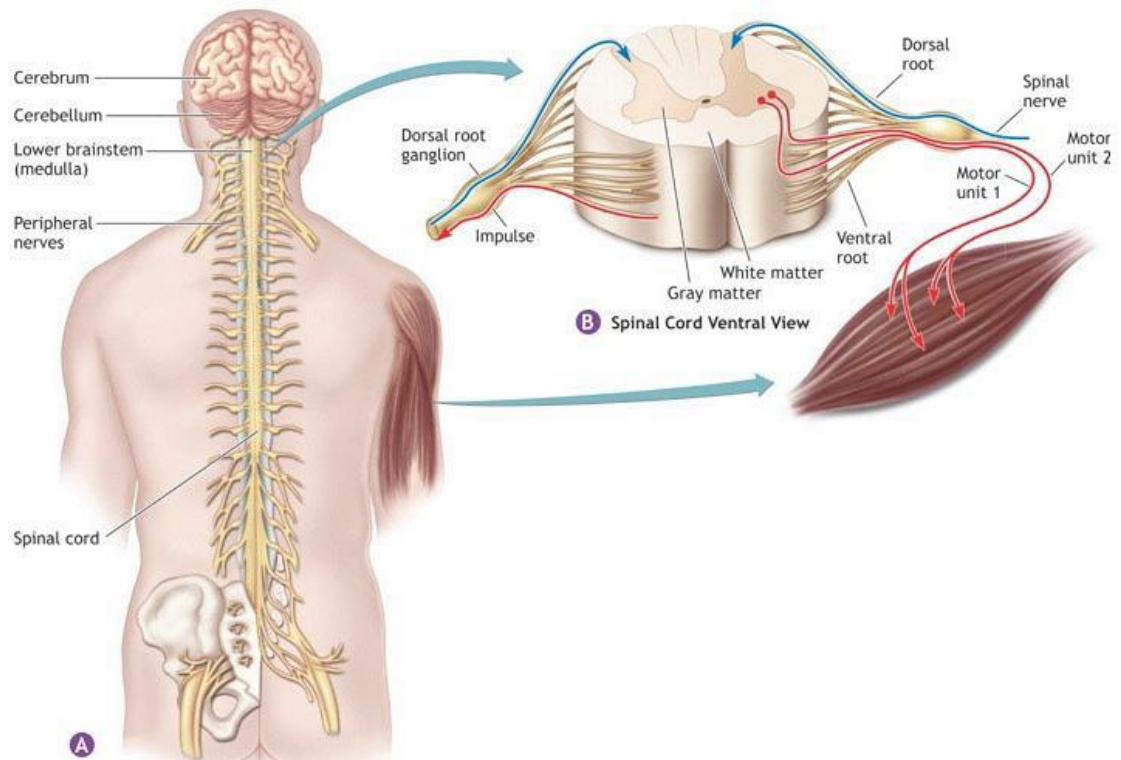
män ilmanalan on havaittu aiheuttavan stressireaktioita sotilaille. Tämän stressin hallitseminen on tärkeää toimintakyvyn ylläpitämisen kannalta. Stressin hallitsemattomuus voi aiheuttaa fyysisen toimintakyvyn laskua, heikentynyttä moraalialia sekä kylmän aiheuttamia henkilöstötappioita. Kylmä vaikuttaa erityisesti hienomotorisiin ominaisuuksiin, joita sotilas työssään tarvitsee. (Nindl ym. 2013).

3 SOTILAAN FYYSINEN TOIMINTAKYKY

Sotilaan monipuolisissa työtehtävissä sotilailta vaaditaan hyvää fyysistä toimintakykyä, mutta pelkkä hyvä fyysinen terveys ei takaa menestymistä operaatioissa (Saarelainen 2010). Toimintakyvyllä sotilaspedagogiikassa tarkoitetaan yksilön osa-alueita, joita ovat eettinen, sosiaalinen, psyykkinen ja fyysinen osa-alue. Näistä koostuu sotilaan toimintakyky. (Toiskallio 1998, 9; Kouluttajan opas 2006, 13–14.) Sotilaille tärkeä toimintakyky edellyttää keskimääräistä korkeampaa fyysistä kuntoa, jotta määriteltyihin suoritusvaatimukseen voidaan päästä (Kyröläinen & Santtila, 2010, 139). Fyysinen toimintakyky koostuu sotilaan terveydentilan lisäksi elimistön suorituskyvystä, jota voidaan tutkia ja mitata. Mittaamisen ja tutkimuksen perusteena on kuitenkin oltava riittävä tuntemus ihmisen fysiologiasta ja sen toiminnasta. Tässä luvussa esitetään fyysiseen suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä ja niiden toimintaa. Suorituskykyyn vaikuttavat monet muut fysiologiset elementit, mutta tämän tutkimuksen kannalta oleellimmat elimistön toiminnot ja suorituskykyyn vaikuttavat elementit esitellään seuraavissa luvuissa.

3.1 Hermolihasjärjestelmä ja sen väsyminen

Ihmisen hermosto koostuu kahdesta suuresta osasta: somaattisesta ja autonomisesta hermostosta. Somaattinen hermosto kattaa keskushermoston ja ääreishermoston, joiden tehtävinä on säädellä luurankolihasien toimintaa. Autonominen hermosto jaetaan vielä sympaattiseen ja parasympaattiseen hermostoon, jotka säätelevät ei tahdonalaisten lihaksiston, sisäelinten, sydämen ja umpieritysrauhasten toimintaa kiihdyttämällä tai hidastamalla niiden toimintoja. Keskushermosto koostuu aivoista ja selkäytimestä, sen tehtävänä on muun muassa viedä tieto lihaksistoon motorisia hermoja pitkin sekä tuoda sensorisia hermoja pitkin tietoa takaisin aivoihin. Sensoristen ja motoristen hermojen avulla säädellään ärsyyntyvyyttä ja refleksitoimintoja selkäytimen tasolla. Keskushermostosta tieto päättyy yleensä lihaksiin α - ja γ -motoneuroneja pitkin. Suurin osa lihaksista hermottuu selkäytimen kautta, kuten kuvassa 8 esitetään. (McArdle ym. 2007, 392–402; Mero ym. 2007, 37–38)

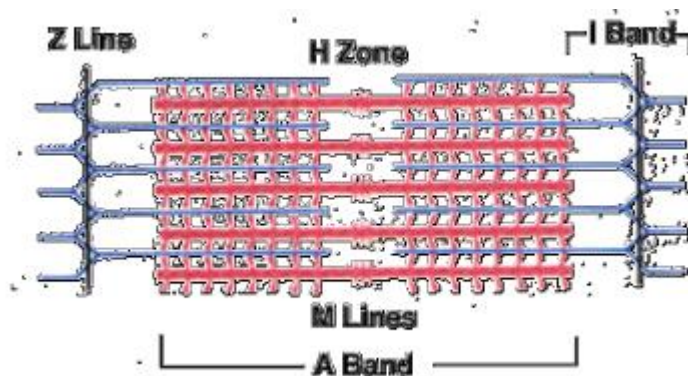


Kuva 8. Hermolihasjärjestelmän rakenne (McArdle ym. 2007, 396)

Hermolihasjärjestelmän tärkeimpänä tehtävänä nähdään yleensä luuston liikuttaminen eli liikkeen mahdollistaminen. Ihmisen runkona toimiva luusto tarvitsee toimiakseen ympärilleen lihaksiston. Luuston liikuttamiseen tarvittavia luurankolihasia elimistössä on yli 660 kappaletta. Luurankolihasen lisäksi lihastyyppejä on kolme: sileää lihasta, poikkijuovaista lihasta sekä sydänlihasta. (McArdle ym. 2007, 138–140). Näistä luurankolihakset ovat tahdonalaisia, ärtyviä, supistuvia, venyviä ja elastisia. Lihassolu rakentuu tumista, sarkolemmasta ja sarkoplasmaasta sekä niitä ympäröivästä kudoksesta nimeltä endomysium. Lihassolut muodostavat lihassyistä kimpun, jota ympäröi perimysium kalvo. Nämä syykimput muodostavat koko lihaksen, jota ympäröi epimysium kalvo. Lihaskihti muodostuu myofibrilleistä, jotka voivat olla 1-400 millimetriä ja 10 - 60 mikrometriä paksuja ja ovat sijoittuneet lihakseen pitkittäin.

Lihaskihtejä voidaan jakaa toiminnan mukaan toonisiin- ja faasisiin lihaskihteihin. Tooniset lihaskihtejä ovat asentoa ylläpitäviä. Niillä on matala voimataso ja ne ovat hitaita, eikä niistä saa suurta vastetta stimulukselle. Faasiset lihaskihtejä taas muuttavat asentoa ja ovat nopeita. Ne voidaan jakaa myös histokemiallisen analyysin mukaan hitaisiin (ST, SO, I-tyyppi) ja nopeisiin (FT, II-tyyppi,) lihaslihteihin. Nopeat lihaslihtejä jakaantuvat vielä oksidatiivisiin (FOG, IIA) ja glykolyttisiin (FG, IIB ja IIC). Lihaskihtejä siis rakentuvat myofibrilleistä. Myofibrillit taas koostuvat sarkomereista, jotka ovat toisiinsa kiinnittyneinä. 10 millimetriä myofibrillia voi sisältää 4000 sarkomeria kiinnittyneinä toisiinsa. Sarkoplasma, joka on lihaslihteissä olevaa solulimaa. Se sisältää

75 % vettä, 20 % proteiinia (aktiini ja myosiini) ja 5 % muuta materiaalia. Muu materiaali koostuu muun muassa glykogeeni- ja lipidi- aineista, suoloista, kreatiinista (KP), adenosini- trifosfaatista (ATP), adenosinidifosfaatista sekä laktaatista (La). Nämä ovat lihassolun rakennus- aineita. Sarkomeri on lihaksen pienin toiminnallinen yksikkö ja se kattaa Z kalvojen välisen alueen myofibrillin sisällä. Sarkomeri koostuu Z-kalvoista, I-alueesta, A-alueesta, H-alueesta ja M viivasta (kts kuva 9). Luurankolihas supistuu, kun aktiini- ja myosiinifilamentit liukuvat toistensa lomiin. (McArdle ym. 2007, 366–368; Enoka. 1994, 129–32, Kyröläinen 2014, biomekaniikan luento.)



Kuva 9. Sarkomerin rakenne (Kyröläinen 2014 biomekaniikan luento)

Supistuessaan lihakset tarvitsevat energiaa eli ATP:tä (adenosiinitrifosfaatti), mitä suurem-
masta lihastyöstä on kyse sitä enemmän tarvitsevat lihakset ATP:ta. Solut varastoivat ATP:tä
vain pieniä määriä, jolloin sitä tarvitsee tuottaa jatkuvasti lisää. ATP:n tuotannon mahdollistaa
kreatiinifosfaatti (KP), joka tuottaa nopeasti ATP:ta. Myös KP varastot elimistössä ovat pie-
net, jolloin energian tuottaminen ravinnosta on elimistön kannalta erittäin tärkeää (McArdle
ym, 2007, 138.146). Energiaa tuotetaan muun muassa hiilihydraateista, joista muodostuu gly-
gokeeniä. Se varastoituu lihassoluihin ja maksaan. Soluissa sen vapauttamasta energiasta tuo-
tetaan lisää ATP:ta. Tätä kutsutaan aerobiseksi energian tuotoksi. Anaerobisessa energian
tuotossa energiaa muodostetaan ilman happea ja tällöin lihaksistoon muodostuu maitohappoa
ja hiilidioksidia. Näiden kertyminen elimistöön estää normaalia entsyymitoimintaa, jolloin ne
pitää poistaa elimistöstä. Hiilidioksidi poistuu elimistöstä uloshengityksen mukana ja maito-
haposta muodostuu lisää glukoosia maksassa. (McArdle ym. 2007, 145–151.)

Lihaspituutta, voimaa ja niiden muutoksia lihaksissa aistivat lihasspindelit ja Golgin jänne-
elin. Lihaksesta näiden tuottama tieto kulkeutuu selkäyttimeen, joka kontrolloi koko hermoli-

hasjärjestelmää lisäämällä tai vähentämällä lihasaktiivisuutta. Hermolihasjärjestelmän motoriset hermot ohjaavat lihasten toimintaa lukuisten päätehaarojen kautta jokainen näistä päätehaaroista yhtyy lihassoluun. Tätä kokonaisuutta kutsutaan nimellä motorinen yksikkö. Motorinen yksikkö voi hermottaa yhtä tai useampaa lihasolua kerrallaan. (McArdle ym. 2007, 365–368).

Lihaksen tekemä työ voidaan jakaa dynaamiseen ja staattiseen työhön. Dynaamisessa työssä lihaksen pituus muuttuu työskenneltäessä. Se voidaan jakaa vielä konsentriseen ja eksentriseen työhön. Konsentrisessa työssä lihas supistuessaan lyhenee ja sitä voidaan kutsua myös voittavaksi lihastyöksi. Eksentrisessä työssä lihas supistuessaan pitenee, tällöin sen sanotaan olevan periksiantavaa lihastyötä. Staattisesta lihastyöstä käytetään myös usein nimitystä isometrisen lihastyö. Siinä lihaksen pituus ei ulkoisesti muutu, mutta lihaksen sisällä rekrytoidaan useampia lihasoluja supistumaan. (Kauranen ym. 2010, 139; Kyröläinen 2014 biomekaniikan luento.)

Lihaksen väsymistä on tutkittu paljon, mutta vieläkään ei tiedetä tarkasti lihaksen väsymismekanismeja tai väsymyksen aiheuttavia tekijöitä (Nummela 2007, 115). Motorisen yksikön supistumiseen vaikuttavat monet muuttujat kuten keskus- ja ääreishermoston toiminta ja lihaksen ATP:n tuotto. Väsyminen on siis seurausta useista eri tekijöistä. Siihen vaikuttavat myös yksilölliset erot, näitä eroja voivat olla hitaiden ja nopeiden lihasolujen jakautuminen elimistössä, lihaksen poikkipinta-alan määrä, energiavarojen riittävyys (KP, glukoosi, glykogeeni), lihaksen pH:n laskeminen, hermostollinen väsyminen, motoristen yksiköiden sytymisnopeus ja -tiheys. (Nummela 2007, 115–116; Enoka 2008, 221–222, 317–324.)

Suorituksen keston ja aiemman rasituksen on todettu heikentävän lihaksen kykyä tehdä työtä (Asmussen 1979). Lyhytkestoisissa suorituksissa väsymys aiheutuu pääsääntöisesti lihaksen energia-aineenvaihdunnasta tai lihasvaurioista työskentelevässä lihaksessa eli niin kutsutuista perifeerisistä tekijöistä (Denadai ym. 2007). Pitkäkestoisissa suorituksissa väsymyksen oletetaan johtuvan sekä hermostollisesta että perifeerisistä tekijöistä (Millet & Lepers 2004). Kun rasituksen tyyppi muuttuu, muuttuvat myös väsymykseen johtavat mekanismit (Enoka 1994, 281). Hermostolliseen eli sentraaliin väsymiseen kuuluvat kaikki lihastoiminnan mekanismit, joita ovat mm: heikko motivaatio, heikentynyt sähköisten signaalien välittyminen selkäydintasolla ja heikentynyt motoristen yksiköiden aktivointi (Bigland-Ritchie ym. 1978). Sentraalinen väsyminen johtuu keskushermoston väsymisestä, jolloin se ei kykene ylläpitämään lihas-työhön tarvittavaa aktivaatiota. Keskushermostollisilla väsymistekijöillä saattaa olla kuitenkin

pienempi vaikutus voimantuottoon hyvin motivoituneilla yksilöillä (Bigland-Ritchie ym. 1978). Humoraalisella säätelyllä ja sen välityksellä hormonitoiminnalla on myös vaikutus sentraalin aktivaation ylläpitämiseen (Enoka 1994. 283).

Koska lihaksen supistuminen on monimutkainen prosessi ja siihen vaikuttaa koko hermolihaskäyttöjärjestelmä keskushermostosta yksittäiseen lihassoluun, lihasväsymyksen aiheuttajaa on vaikea paikallistaa (Enoka 2008, 288–289). Grenier ym. (2012) totesi omassa tutkimuksessaan 21 tunnin simuloidun taakankantotehtävän taistelun- ja partiovarustuksella aiheutetun väsymyksen olevan ensisijaisesti perifeeristä. Tutkimuksen mukaan raskaiden taakkojen kantaminen pitkäkestoisissa suorituksissa vaikutti vain vähän neuraaliseen säätelyyn.

Submaksimaalisissa suorituksissa lihaksisto pyrkii kompensoimaan voimantuottoa suorituksen alusta lähtien, lisäämällä sentraalista aktiivisuutta ja motoristen yksiköiden käyttöönottoa (Nummela 2007, 122.) Lihaksisto pyrkii submaksimaalisessa suorituksessa ottamaan käyttöön synergisti lihakset, jolloin sentraalinen aktiivisuus lisääntyy ja näin motoristen yksiköiden käyttöön otto tehostuu. Tämä lisää glykogeenin kulutusta, jonka loppumisen on todettu olevan yhteydessä väsymiseen. Hermolihaskäytön häiriintyminen on myös yksi mahdollinen tekijä uupumukselle pitkäkestoisissa ja matalatehoisissa lihassupistuksissa (Enoka 1994. 283–285.)

3.2 Hengitys – ja verenkiertoelimistö ja sen väsyminen

Hengitys- ja verenkiertoelimistö voidaan jakaa kahteen osaan. Ensimmäinen osa eli hengityselimistö koostuu keuhkoista, hengitysteistä ja hengityselimistöistä. Toinen osa koostuu sydäimestä, verestä ja verisuonistosta. Hengityselimistön tehtävänä on keuhkotuuletuksen ja kaasujen vaihdon toteuttaminen keuhkojen ja veren välillä. Verenkiertoelimistö huolehtii veren kierrättämisestä sydämen, kudosten ja keuhkojen välillä. (Keskinen 2007, 73–74). Näiden yhteistoiminta mahdollistaa hapen ja hiilidioksidin tehokkaan kuljetuksen verenkiertoelimistössä, jolla mahdollistetaan kaasujen vaihtuminen kudosten ja kapillaariveren välillä. Ilmatiet ovat kokonaisuus, jolla ilma johdetaan keuhkoihin. Keuhkotuuletuksessa ilma virtaa nenän tai suun kautta alempiin hengitysteihin. Kuormituksessa ilma yleensä johdetaan nenän sekä suun kautta. Nenän ja suun jälkeen ilma kulkeutuu nielun, kurkunpään ja keuhkoputken kautta keuhkoihin, josta ilma jatkaa matkaa koko ajan pienentyvien putkien välityksellä alveoleihin eli keuhkorakkuloihin. Alveoleissa tapahtuu kaasujen vaihto veren ja ilman välillä ohuen kalvon läpi (Keskinen 2007, 73–74).

Keuhkot sisältävät jopa 600 miljoona alveolia. Nämä noin 0.3 millimetriä halkaisijaltaan olevat pienet solut mahdollistavat kaasujen vaihdon keuhkokudoksen ja veren välillä. Lepotilassa ihmiselimistö siirtää normaalisti 250 ml happea alveolien kautta vereen ja 200 ml hiilidioksidia verestä alveolien kautta uloshengitykseen. Kestävyyssurheilijoille kovassa rasituksessa kaasujenvaihto määrä voi olla jopa 25 kertaa suurempaa (McArdle 2007, 261; Wilmore & Costill 2004, 250). Alveoleissa oleva paine muuttuu sisään- ja uloshengityksen aikana, kun äänihuulet ja äänirako on avoinna eikä ilma pääse sisään tai ulos keuhkoista on keuhkoissa oleva ilmanpaine sama kuin ulkoilmassa. Jotta ilma pääsee virtaamaan vereen keuhkorakku-loista, osapaineen on laskettava pienemmäksi kuin ulkoilman paine. Tämä tapahtuu sisäänhengityksen aikana, jolloin paine putoaa vastaamaan noin -1 cm vedenpainetta. Paineen lasku mahdollistaa hapen siirtymisen keuhkoista vereen. Uloshengityksessä paineen vaihtuminen tapahtuu päinvastaisesti, jolloin verestä siirtyy happea keuhkoista vereen. (Guyton & Hall, 2006, 472–273.)

Ihmisen rintakehän alla sijaitsevat keuhkot on parillinen elin, joka voidaan vielä jakaa lohkoihin. Oikean puoleinen osa jakaantuu kolmeen lohkoon ja vasen puoli kahteen lohkoon ja nämä jakautuvat vielä sidekudoksella pienempiin kerroksiin. Ne ovat kiinni kylkiluissa ja rintakehässä keuhkopussin välityksellä. Keuhkopussissa on kaksi päällekkäistä kalvoa, joista toinen on kiinni keuhkokudoksessa ja toinen rintakehän sisäpuolisessa kudoksessa. Kalvojen

välinen tila on ilmaton sisältäen pienen määrän nestettä. Nesteen tehtävänä on poistaa kitkaa keuhkojen liikuessa. Sisäänhengitys saadaan aikaan pallean ja ulompien kylkiluulihasten avulla. Kylkiluiden mahdollistama liike sallii keuhkojen laajentumisen myös eteen ja ylöspäin. Uloshengitys on levossa passiivinen tapahtumaketju, joka alkaa pallean ja kylkiluulihasten rentoutuessa ja pyrkiessä palamaan normaaliin muotoonsa. Myös rintakehän paino auttaa painamalla rintalastaa alaspäin ja näin ollen edesauttaa uloshengitystä. (Keskinen 2007, 75–76; Guyton & Hall 2006, 471)

Normaalin ihmisen keskimääräinen sisään- ja uloshengityksen tilavuus on noin kuusi litraa ilmaa minuutissa hengitysfrekvenssillä 12 kertaa minuutissa (Keskinen 2007, 75). Lepotilassa tapahtuvan hengityksen energiantarve on noin kolmesta viiteen prosenttia elimistön kokonaisenergiantarpeesta, kun taas kovassa rasituksessa se saattaa kasvaa 50-kertaiseksi (Guyton & Hall 2006, 475). Kuormituksessa hengitystilavuus nousee yli kahden litran, mutta kasvaa harvoin yli 65 prosenttiin ihmisen vitaalikapasiteetista. Keuhkotuuletus kasvaa kuormituksen kanssa ja lineaarisesti elimistön energiankulutuksen kanssa. Keuhkotuuletusta voidaan lisätä hengitystilavuutta tai hengitysfrekvenssiä kasvattamalla. Tämä tapahtuu kuormituksessa, kun hengityskeskus saa viestiä motorisesta korteksista sekä työskenteleviltä lihaksilta tai kun lihaksiston lämpötilassa tai veren kemiallisessa koostumuksessa tapahtuu muutoksia (Willmore & Costill 2004, 259). Keuhkotuuletuksen suuruuteen vaikuttaa ihmisen fyysinen koko, pituuden ollessa merkittävin yksittäinen tekijä (Keskinen, 2007, 75–76.). Kuitenkaan läheskään kaikki sisään hengitetty ilma ei pääse alveoleihin saakka. Osa sisään hengitetystä ilmasta jää nenään, kurkkutorveen ja henkitorveen, missä kaasujenvaihtoa ei tapahdu (Guyton & Hall 2006, 477).

Keuhkotuuletuksen ei ole havaittu olevan suoritusta rajoittava tekijä normaaleissa olosuhteissa, mutta pienikin vastuksen lisääntyminen kovassa rasituksessa lisää energiankulutusta. Elimistön kaasujenvaihtokyky kasvaa rasituksessa johtuen muun muassa verenpaineen kasvusta keuhkovaltimoissa. Enemmän harjoitelleilla ihmisillä kyky diffuusioon on kasvanut verrattuna harjoittelemattomiin ihmisiin (Keskinen 2007, 75–78; Willmore & Costill 2004, 250). Rasakaassa kuormituksessa ulos- ja sisäänhengityksen avustamiseksi osa kaulan, niskan, rinnan, ja alaselän lihaksista osallistuvat hengityksen avustamiseen (Willmore & Costill 2004, 246). Soitilla vastustusta saattaa aiheutua kannettavat varusteet, jotka puristavat rintakehää ja estävät tehokasta uloshengitystä. Tämä ei suoraan vaikuta ilmäteiden tilavuuteen, mutta saattaa olla keuhkotuuletusta rajoittava tekijä rajoittaessaan kylkiluulihasten tehokasta toimintaa.

Sydän toimii hengitys- ja verenkiertoelimistön moottorina. Sydän on nelionteloinen lihas, jonka tehtävänä on pumpata verta verisuoniston kautta elimistöön ja näin mahdollistaa hapen ja ravinteiden siirtyminen kehon eri osiin. Sydänlihas koostuu poikkijuovaisesta lihaskudoksesta, mutta se eroaa luurankolihasista sen lihassolujen takia. Sydämen lihassolut ovat monitumaisia ja niiden väleissä on erittäin hyvin sähköä johtavat välilevyt, jolloin sähköisen impulssin johtuminen on sydänlihaksessa erittäin nopeaa (Keskinen 2007, 82–83). Sydän voidaan jakaa myös kahteen osaan niiden toimintojen mukaan, oikeaan ja vasempaan pumppuun tai oikeaan ja vasempaan sydämeen. Oikean puolen tehtävänä on ottaa vastaan elimistöstä tullut hapeton veri ja pumpata se pieneen verenkiertoon eli keuhkoihin hapettumaan. Vasemman puolen tehtävänä on ottaa vastaan hapettunut veri keuhkoista ja pumpata se vasemman kammion ja aortan kautta takaisin verisuonistoon eli suureen verenkiertoon. Verisuoniston voidaan sanoa olevan korkeapaineinen putkisto, joka kuljettaa hapettunutta verta valtimoiden kautta elimistöön ja laskimoiden kautta takaisin sydämeen. Se koostuu valtimoista, pienistä valtimoista, kapillaarisuonistosta ja laskimoista. (McArdle 2007, 261,315; Keskinen 2007, 91–92).

Valtimot ovat muodostuneet kerrostuneesta kudoksesta ja sileästä lihaskudoksesta. Valtimoissa ei tapahdu minkäänlaista kaasujen vaihtoa niiden paksujen seinämien takia. Veri etenee valtimoissa kohti pienempiä laskimoita siirtymällä suuremmasta paineesta pienempään. Paine saadaan aikaiseksi verisuoniston kyvyllä supistaa sileää lihaskudosta, jota säätelee autonominen hermosto. Valtimoiden puolella olevaa painetta kutsutaan systoliseksi paineeksi ja laskimoiden puolella diastoliseksi paineeksi. Systolinen paine on suurempaa kuin diastolinen paine ja se kasvaa fyysisessä kuormituksessa suorassa suhteessa kuormituksen rasittavuuden kanssa, erityisesti, jos käytetään suuria lihasryhmiä. Paine voi kasvaa jopa kaksinkertaiseksi. Sydämen supistuessa veri työntyy eteenpäin kasvaneen paineen vaikutuksesta ja työntyy valtimoissa olevien läppien läpi. Sydämen rentoutuessa valtimoissa olevat läpät sulkeutuvat ja estävät veren virtaamisen takaisin sydämeen ja näin pitävät yllä systolista painetta. Diastolisen paineen tehtävänä on huolehtia, siitä että kaikki kudokset saavat riittävästi verta. Diastolinen paine ei juuri muutu rasituksen vaikutuksesta pois lukien isometrinen lihastyö, jossa perifeerinen paine kasvaa lihasten voimakkaasti supistuessa estäen verenkierron. (McArdle 2007, 316–319; Keskinen 2007, 93–94).

Veri on elimistön ravintoaineiden, kaasujen, solujen ja hormoneiden väsymätön kuljetin elimistössä. Veren kyky kuljettaa happea riippuu pääsääntöisesti veressä olevan hemoglobiinin määrästä, miehillä hemoglobiinia voi olla 14–18 grammaa 100 millilitrassa ja naisilla 12–16

grammaa. Tällöin veren maksimaalinen hapenkuljetuskyky on noin 16–24 millilitraa 100 millilitrasta. Rasituksessa veren hapettumisnopeus keuhkojen alveoleissa kasvaa, jolloin sen veren kyky sitoa happea heikkenee. Hapen lisäksi myös hiilidioksidi kulkee veressä, tosin hiilidioksidi voi kulkea veressä plasmaan sitoutuneena, bikarbonaattina tai myös sitoutuneena hemoglobiiniin. (Wilmore & Costill 2004, 250–254.)

Hengitys- ja verenkiertoelimistön säätely on monimutkainen prosessi, jonka kaikkia vaiheita ei täydellisesti tunneta. Sen moninaisuus tekee siitä haastavan ymmärtää. Säätely tapahtuu osin ydinjatkoksessa ja aivosillassa olevissa hengityskeskuksissa osin sen säätely on kemiallista ja tapahtuu verisuonistossa olevissa aistinelimissä, joilla reagoidaan hengityskaasujen osapaineissa tapahtuviin muutoksiin. Hengitystä voidaan säädellä tahdonalaisesti, mutta suurimmaksi osaksi sen säätely tapahtuu autonomisesti. Sydämen ja verisuoniston ohjaus toimii myös autonomisen hermoston avulla. (Wilmore & Costill 2004, 256–259; Keskinen 2007, 94–95.)

Maksimaalisella hapenottokyvyllä (VO_{2max}) tarkoitetaan yksilön maksimaalista aerobista työtehoa, joka yleensä ilmaistaan hapenkulutuksena millilitroina painokiloa kohden yhden minuutin aikana ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Tällöin voidaan puhua myös suhteutetusta arvosta. Maksimaalinen hapenottokyky voidaan ilmoittaa myös millilitraa minuutissa arvona, jolloin sitä ei ole suhteutettu henkilön painoon ($ml \cdot min^{-1}$). Maksimaalista hapenottokykyä pidetään yhtenä vahvimista arviointimenetelmistä, kun arvioidaan maksimaalista suorituskykyä, jonka kesto on pidempi kuin neljä - viisi minuuttia. Se kertoo erittäin hyvin henkilön kyvystä aerobisen energian tuottoon (McArdle 2007, 171). Maksimaalinen hapenottokyky voidaan mitata parhaiten suoralla testillä, jossa henkilö suorittaa maksimaalisen harjoituksen, kuntopyörällä, juoksumatolla tai vastaavalla laitteella uupumukseen asti sopivaa testiprotokollaa noudattaen. Testin aikana mitataan henkilön uloshengitys kaasut, joista hengityskaasuanalysaattorilla saadaan mitattua henkilön maksimaalinen hapenottokyky. (Morrow ym. 2011, 193 – 194.)

4 SOTILAAN KUORMITTUMINEN TAAKANKANTOTEHTÄVISSÄ

Sotilaiden perustaitoihin ja vaatimuksiin kuuluu oman ja joukon varusteiden kantaminen annetun tehtävän mukaisesti. Usein kannettava määrä ylittää suositellun painomäärän ja se kuormittaa sotilaita entistäkin enemmän, vaikka kuorman ei tulisi tutkimusten mukaan olla yli 33 % kantajan painosta (Pihlainen ym. 2014). Historiallisesti tarkastellen sotilaiden kannettava paino on kasvanut merkittävästi teknologian kehityksen mukana. Teknologian kehittyminen on aiheuttanut yllättäen paradoksin sotilaiden kannettavassa määrässä. Kun teknologiasta on tullut kevyttä ja pientä, on sitä voitu ottaa mukaan entistä enemmän, jolloin sotilaiden kannettava taakka on kasvanut. Dean (2004) huomasi tutkimuksessaan, että sotilaiden kantamat määrät ylittävät Yhdysvaltojen armeijan määrittämän doktriinin. Taakankantamisen negatiivisia vaikutuksia ovat erityisesti: työtehon heikentyminen, ampumisen ja liikkumisen vaikeutuminen, liikkuvuuden heikentyminen, uupuminen, rakkojen määrän lisääntyminen, selkärangan vammojen yleistyminen, lihasten jäykkyyden lisääntyminen, jalkaterien sekä säärrien ja selän arkuuden lisääntyminen sekä loukkaantumisriskin kasvaminen, kun taakka on yli 36 kilogrammaa (Nindl ym. 2013).

Aiempiä tutkimuksia on tehty verrattain vähän niin kansainvälisesti kuin kansallisestikin. Tutkimuksissa on usein selvitetty taakankantamisen seurauksia fyysiselle suorituskyvyille, tällöin ei ole tutkittu suorituksen aikaista räsitystä vaan pyritty selvittämään kuinka suorituskyky tai kehonkoostumus on muuttunut taakankantamisen jälkeen. Alla on esitelty tutkimuksia, joissa kuormittumista on tutkittu muun muassa näistä kahdesta lähtökohdasta.

Tutkimuksessaan Beekley ym. (2007) tutkivat raskaan taakan kantamisen vaikutuksia simuloitulla marssilla, joka suoritettiin juoksumatolla. Koehenkilöt tekivät kolme erillistä suoritusta, kunkin keston ollessa 30 minuuttia. Taakkana he käyttivät reppua, jonka kuormat olivat 30, 50 ja 70 % oman kehon rasvattoman massan painosta. Suorituksen aikana heiltä mitattiin hengityselimistön räsitystä muun muassa mittaamalla hapenkulutusta, ventilaatiota sekä hengityskaasujen vaihtosuhdetta. Tutkimuksessa huomattiin hapenkulutuksen (VO_2) ja ventilaation (VE) kasvavan tilastollisesti merkittävästi taakan painon noustessa, mutta hengityskaasujen vaihtosuhte ei kasvanut merkittävästi. Tällöin pääasiallinen energian tuottotapa oli rasva-aineenvaihdunta. Tutkimuksessa ei selvitetty voimaominaisuuksien yhteyksiä taakankantokykyyn. Kehonkoostumuksen ja taakankantokyvyn välistä suhdetta tulisi tutkia lisää (Beekley ym. 2007).

Lyons ym. (2005) tutkivat 28 koehenkilön avulla taakankannon vaikutuksia elimistöön. Testinä oli 60 minuutin kävelytesti, joka suoritettiin 12 osassa kävelyvauhdin ollessa neljä kilometriä tunnissa. Testin ensimmäiset 20 minuuttia suoritettiin ilman lisäpainoa siten, että maton kaltevuuskulmaa nostettiin aina viiden minuutin välein 0, 3, 6 ja aina 9 % asti. 20 minuutin jälkeen testissä oli noin 20 minuutin tauko, jonka jälkeen taakkaa kasvatettiin 20 kg. Sama protokolla toistettiin vielä 40 kg taakalla. Tulosten perusteella maksimaalinen hapenotto ($\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$) ja sydämen ja verenkiertoelimistön kuormittumisen välillä oli vahvin yhteys ($r = -0,64$, $P < 0,01$). Aineenvaihdunnan ja sydän- ja verenkiertoelimistön rasituksen kasvu oli suurinta heidän tutkimuksissaan, kun taakan paino nostettiin 20 kg jälkeen 40 kg. Johtopäätöksiä tutkijat ilmoittivat, että raskaan taakan kannossa maksimaalisen hapenottokyvyn pitää olla riittävä, ja lisäksi rasvattoman massan määrä on oltava riittävä suhteessa rasvamassan määrään (Lyons ym. 2005). Tämän mukaan voiman osuus taakankantokykyä mitattaessa on otettava huomioon.

Kokko (2008) esittää omassa opinnäytetyössään samansuuntaisia havaintoja. Tutkimuksessa vertailtiin kahden eripainoisen taakan vaikutuksia kaupunkijääkärien suorituskykyyn simuloitussa hyökkäystaistelussa. Vahvimmat yhteydet suorituksessa menestymisen ja raskaan taakan välillä olivat koehenkilöiden jalkalihasten maksimivoimassa ($r = -0,69$, $p < 0,05$), vatsalihasissa ($r = -0,68$, $p < 0,05$) ja kehon painossa ($r = -0,63$, $p < 0,05$).

Quesada ym. (2000) selvittivät 12 sotilastaustaisen koehenkilön kanssa elimistön kuormittumista ilman taakkaa, sekä taakan kanssa suoritettussa kävelytestissä. Koehenkilöt suorittivat kolme 40 minuutin kestoista testiä kävelyvauhdin ollessa kuusi kilometriä tunnissa. Ensimmäisessä testissä koehenkilöillä ei ollut kuormaa ollenkaan, seuraavassa kuormaksi määritettiin 15 % koehenkilön painosta ja viimeiseen kuormaan paino määritettiin 30 % koehenkilön kehon painosta. Tuloksissa havaittiin 40 minuutin kohdalla suhteellisen hapenkulutuksen tason olevan 30, 31 ja 41 % maksimaalisesta aerobisesta kapasiteetista. Subjektiiivinen tuntemus (RPE) erosi vain ilman kuormaa suoritettuna ja 30 % lisäpainolla suoritettuna testin välillä. Tutkimuksen mukaan kun kannettavaan taakkaan lisätään 15 % henkilön omasta kehonpainosta kasvattaa se hapenkulutusta noin 5 – 6 %. Quesadan ym. (2000) tutkimuksen mukaan hapenkulutus ei saisi kasvaa pitkäkestoisissa suorituksissa yli 33 - 40 % maksimaalisesta hapenottokyvystä, uupumuksen välttämiseksi (ks. Bink 1962, Astrand 1967, Saha ym. 1979).

Bilzon ym. (2001) tutkivat 12 miehellä taakan kantamisen fysiologisia vaikutuksia. Tutkimuksessa he käyttivät taakkana 18kg painoista kantamusta ja vertailivat sitä ilman taakkaa

tehtyyn suoritukseen. Määrittääkseen tasaisen vaiheen kuormituksen tason, koehenkilöt juoksivat neljä minuuttia yhdeksän kilometrin tuntivauhtia ilman taakkaa ja taakan kanssa. Vähintään seitsemän päivää näiden suoritusten jälkeen he juoksivat samoilla taakoilla ja vauhdeilla koesuoritukset uupumukseen saakka. He havaitsivat henkilöiden, joilla on suurempi kehon massa, mutta pienempi maksimaalinen aerobinen suorituskyky, suoriutuvan juoksusta painavamman taakan kanssa pidempään kuin kevyemmät koehenkilöt, joilla oli puolestaan parempi maksimaalinen aerobinen suorituskyky. Kokeen suoritusajan ja kehonpainon välillä oli vahva yhteys ($r=0,71$ $P<0,05$). Koe suoritettiin kuitenkin kohtuullisen pienellä taakalla. Tämä tutkimus vahvistaa myöhemmät havainnot kehon koostumuksen ja taakankantokyvyn osalta (Beekley ym. 2007; Lyons ym. 2005). Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että maksimaalisella aerobisella suorituskyvyllä ja kyvyllä suoriutua taakankantamisesta ei ole juurikaan yhteyttä toisiinsa (Bilzon ym. 2001). Lyons ym. (2005) tutkimuksessaan kuitenkin totesivat raskaan taakankantamisen ja suoran hapenoton olevan yhteydessä toisiinsa.

Fallowfield ym. (2012) tekivät tutkimuksen brittiläisillä sotilailta (Royal Marine Recruits). Tutkimuksessa he pyrkivät selvittämään koehenkilöiden fysiologisia vasteita ja muutoksia 19,3 km marssilla. Koehenkilöinä oli 12 tervettä miestä, joilla taakkana oli yhteensä 31 kg. Koehenkilöt tekivät ennen marssia epäsuoran maksimaalisen aerobisen testin, jolla arvioitiin maksimaalinen aerobinen suorituskyky. Heiltä mitattiin myös maksimaalinen ponnistusvoima ja kehonkoostumus. Suorituksen aikana heiltä mitattiin syke ja matkaan käytetty aika. Suorituksen jälkeen mitattiin uudelleen maksimaalinen ponnistusvoima. Tutkimuksessa havaittiin negatiivinen yhteys sykkeen (ilmoitettuna prosentteina maksimista) ja kehon painon kanssa ($r=-0,72$, $p<0,009$). Tämä viittaisi siihen, että mitä korkeampi kehon paino, sitä matalampi syke on raskasta taakkaa kannattaessa. Rasvattoman kehon massa ($r=-0,67$, $p=0,018$) sekä pituus ($r=-0,70$ $p=0,012$) eivät olleet yhteydessä sykkeen kanssa aivan yhtä merkittävästi, mutta myös niillä oli vahva yhteys.

Taakat, joita sotilaat joutuvat kantamaan kehon painosta riippumatta ovat jopa 30 kg – 60 kg. Useat tutkimuksista ovat osoittaneet kohtuuttomien taakkojen vaikutuksista uupumukseen (Epstein ym. 2012). Esimerkiksi neljä koehenkilöä joutui keskeyttämään suorituksen, jossa heillä oli yli 70 % oman rasvattoman massan painosta kannettavana (Beekley ym. 2007). Blacker ym. (2010) osoittavat tutkimuksessaan jo 25 kg painoisen taakan aiheuttaneen, kahden tunnin juoksumattokävelytestissä 15 %:n heikentymisen maksimaalisessa tahdon alaisessa polven ojennuksessa. Epsteinin ym. (2012.) mukaan kannettavan painon määrä tulisi suhteuttaa kehon painon kanssa uupumuksen välttämiseksi ja suorituskyvyn parantamiseksi.

Epsteinin ym. (2012) mukaan aerobisen työtehon ei tulisi olla yli 50 % maksimaalisesta hapenkulutuksen arvosta, sillä sen on merkittävästi todistettu nostavan energiankulutusta ja johtavan uupumukseen, jopa 30 % työtehon on havaittu kasvattavan energiankulutusta.

Koerhuis ym. (2009) tutkivat erittäin raskaiden taakkojen kanssa taakankantokykyä. Heidän tutkimukseen osallistui 23 miestä ja siinä pyrittiin selvittämään parasta mahdollista markkeria ennustamaan taakankantokykyä. Heidän hypoteesinsa mukaan taakan määrä ei ole paras mahdollinen markkeri ennustettaessa taakankantokykyä. Prosentuaalinen lukema maksimaalisesta taakankantokyvystä, kehon massasta tai rasvattoman kehon massasta olisi paras markkeri. Tutkimuksen alussa määritettiin maksimaalinen taakankantokyky, joka oli $102,6 \pm 11,6$ kg. Paras ennustaja taakankantokykyyn oli prosentuaalinen lukema maksimaalisesta taakankantokyvystä ($R^2 = 0,45$). Tutkimuksen tulosten perusteella, Koerhuis ym. (2009) esittävät, että jokaisella sotilaalle tulisi määrittää maksimaalinen taakankantokyky, jolla saataisiin lisää tietoa yksilön kyvystä kantaa taakkoja. Tuloksia voi myös käyttää varusteiden tasapainoisempaan jakamiseen esimerkiksi ryhmän sisällä.

Crowder ym. (2007) tutkivat kahden erilaisen, mutta saman painoisen taakan aiheuttamia fysiologisia vasteita simuloitulla marssilla, jossa käytettiin vaihtuvia kuormia ja nopeuksia. Tutkimukseen osallistui 14 miespuolista sotilasta, jotka suorittivat taakankantotestin 0, 5, 10 % kulmilla, 3,5 mailin (5,63 kilometrin) tuntivauhdilla, 30 minuutin ajan. Hengityskasuanalysointia käytettiin selvittämään hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittumista. Tuloksissa ei havaittu taakkojen välillä eroja, mutta kaikkien eri kulmien välillä havaittiin tilastollisesti merkittävät erot ($p < 0,05$) seuraavien muuttujien kohdalla: VO_2 , VCO_2 , VE, HR ja RER. Tulosten mukaan 10 % kulmalla koehenkilöiden aerobinen rasitus ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$) oli 70 % heidän maksimaalisesta aerobisesta kapasiteetista. Johtopäätösten mukaan nousukulma, varusteiden paino ja fyysinen kunto ovat merkittäviä tekijöitä taakankantamista tutkittaessa ja saattavat vaikuttaa toimintakykyyn taistelukentällä.

Kobus ym. (2010) selvittivät tutkimuksessaan 17 Yhdysvaltojen merijalkaväen sotilaan avulla raskaan taakankantamisen vaikutuksia fyysiseen kuormittumiseen ja kognitiiviseen tarkkaavaisuuteen. Koehenkilöt kävelivät kolme kertaa kahden tunnin ajan, kahden mailin tuntinopeudella (3,22 kilometriä tunnissa) kantaen taakkoja. Ensimmäinen testi suoritettiin ilman taakkaa toinen testi noin 45 kg taakan kanssa ja kolmas noin 61 kg taakan kanssa. Työn kuormittavuus oli keskiraskasta tai raskasta sykkeen, subjektiivisen tuntemuksen tai aineenvaihdunnan arvojen mukaan. Tulosten perusteella raskaan taakan kantaminen kasvattaa mer-

kittävästi fyysistä kuormittumista hapenoton, sykkeen, subjektiivisen tuntemuksen osalta sekä heikentää merkittävästi kognitiivista tarkkaavaisuutta.

Kyröläisen ym. (2004) tutkimuksessa selvitettiin pitkäkestoisen taakankantamisen vaikutuksia fysiologisiin vasteisiin ja suorituskyvyn muutoksiin. 10 koehenkilöä osallistui kolmen viikon yhtämittaiseen sotaharjoitukseen. Ensimmäisen viikon aikana koehenkilöt siirtyivät noin 20 kilometriä päivässä. Seuraavien kahdeksan päivän aikana siirtymä oli 5-10 kilometriä päivässä ja viimeisen viiden päivän aikana 15 kilometriä päivässä. Taakat vaihtelivat 30–40 kg välillä. Koehenkilöiden keskimääräinen energiankulutus oli 5800 kcal päivässä ja energian saanti 2900 kcal päivässä, koehenkilöiden paino putosi keskimäärin noin neljä kilogrammaa. Fyysinen suorituskyky laski eniten käsien lihasvoiman osalta erityisesti käsien ojentajien osalta. Tutkimuksen mukaan pitkäkestoisissa taakankantotehtävissä tarvitaan kestovoimaa, mutta myös riittäviä maksimivoimaominaisuuksia erityistilanteiden varalle. Voimaominaisuuksien osalta tärkeää on kehittää riittävät kehonpainoon suhteutetut voimatasot.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää pitkäkestoisen raskaan taakankantokyvyn fyysisiä vasteita suorituksen aikana. Tutkimuksessa pyritään selvittämään kahden eri painoisen taakan kantamisen vaikutuksia elimistöön ja analysoida onko kestävyuden vai maksimaalisen voiman merkitys suurempi taakankantokykyä määritettäessä, ja kuinka kehon koostumus vaikuttaa rasitukseen suorituksen aikana. Tutkimuksessa keskitytään suorituksen aikaisen aerobisen rasituksen mittaamiseen muun muassa mittaamalla hengityskaasuja, veren laktaattipitoisuutta ja sykettä. Näiden lisäksi tutkimus pyrkii selvittämään maksimaalisten voimaominaisuuksien vaikutuksia aerobiseen kuormittumiseen suorituksen aikana.

Tutkimusongelmat ovat seuraavia:

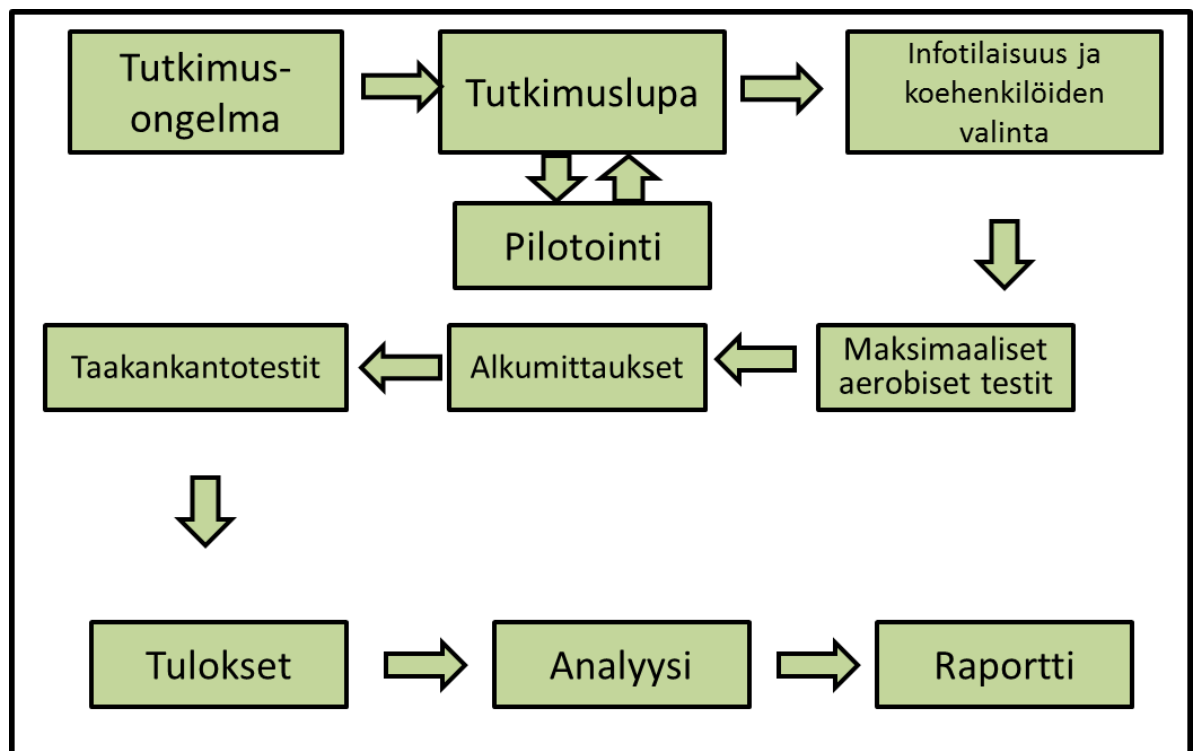
1. Miten taistelu- ja partiovarustuksen kantaminen kuormittaa elimistöä?
2. Miten kahden eri painoisen (taisteluvärustuksen ja partiovarustuksen) taakan kantamisen fysiologiset vasteet eroavat toisistaan?
3. Miten kehonkoostumus, kestävyys- ja voimaominaisuudet ovat yhteydessä taakankantokykyyn?

Tutkimuksen hypoteesi on, että henkilöt, joilla rasvattoman kehon massa ja maksimaaliset isometriset voimatasot ovat suurempia, suoriutuvat partiovarustuksella suoritettusta taakankantamisesta pienemmällä fyysisellä kuormittumisella (Lyons ym. 2005).

6 MENETELMÄT

6.1 Tutkimusasetelma

Tutkimusongelman muodostamisen jälkeen anottiin eettinen tutkimuslupa Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimusneuvostolta, joka myönsi luvan tutkimuksen toteuttamiseen. Tutkimuslupa haettiin puolto Porin prikaatin esikunnasta, jonka jälkeen lupapyyntö lähetettiin Maavoimien esikuntaan ratkaistavaksi. Maavoimien tutkimusjohtaja myönsi luvan toteuttaa tutkimus suunnitelman mukaisesti. Tutkimuslupaprosessin kanssa samanaikaisesti toteutettiin tutkimuksen pilotointi Maanpuolustuskorkeakoululla, jonka perusteella osaa tutkimusmenetelmistä tarkennettiin vastaamaan paremmin tutkimusongelmaa. Infotilaisuus ja koehenkilöiden valinta toteutettiin 2014 kevään aikana Porin prikaatissa. Tutkimuksen mittaukset toteutettiin 2014 kesäkuussa Porin prikaatissa ja mittauksiin käytettiin kaksi viikkoa. Testiviikkojen välissä oli viikon tauko mittauksista, jolloin koehenkilöt osallistuivat yksikön normaalin palvelukseen. Tulokset mittauksista muutettiin analysoitavaan muotoon syksyn 2014 aikana siten, että pääosa analyyseistä tehtiin 2014 syyskuuhun mennessä. Analyysi ja raportointi toteutettiin joulukuun 2014 ja huhtikuun 2015 välisenä aikana. Tutkimusasetelma on esitetty kuvana alla (kts. kuva 10).



Kuva 10. Tutkimusasetelma.

6.2 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöt valittiin Porin prikaatin Satakunnan pioneeripataljoonan panssarintorjuntakomppaniassa olevasta tiedustelulinjasta, jossa koulutetaan Porin prikaatin tarvitsemat tiedustelujoukot. Panssarintorjuntakomppania vastasi myös vuonna 2014 kansainvälisen valmiusjoukkokoulutuksen antamisesta Porin prikaatissa.

Koehenkilöiksi valittiin tarkoituksenmukaisesti tiedustelulinja ja tiedustelijat. Valintaan vaikuttivat useat syyt, mutta tärkeimpänä oli tottuneisuus taakankantamiseen. Tiedustelijat joutuvat yleensä kantamaan kaiken tehtäviinsä tarvittavan varustuksen ja selviytymään mukana olevilla varusteillaan pitkiäkin aikoja. Tästä johtuen tiedustelijoiden kantamukset ovat yleensä painavimmasta päästä ja he joutuvat kantamaan niitä pitkiä aikoja.

Koehenkilöt olivat astuneet palvelukseen tammikuussa 2014 ja olivat testien aikaan koulutettavina aliupseerikurssin toisessa vaiheessa. Kaikilla oli varusmiespalvelusta takana noin 23 viikkoa, ja he olivat jo tottuneita taakankantajia. Tällä pyrittiin minimoimaan oppimisen vaikutus ja vastaamaan paremmin tutkimusongelmiin. Tutkimusjoukon valinnalla pyrittiin myös tulosten yleistettävyyteen erityisesti kansainvälisiin tehtäviin koulutettavia varten, jotta tutkimuksen tuloksia saataisiin mahdollisimman hyvin hyötykäyttöön. Valintaa voidaan kutsua eliittiotannaksi (Tuomi & Sarajärvi 2002, 87–88.).

Henkilöiden valintaa varten pidettiin 30.5.2014 tutkimuksen esittely oppitunti Porin prikaatissa, johon osallistui panssarintorjuntakomppanian tiedustelulinja. Linjan vahvuus oli 1 kouluttaja ja 30 varusmiestä. Alkuun heille esiteltiin tutkimuksen tarkoitus ja tausta, jonka jälkeen esitettiin tutkimuslupa Maavoimien esikunnalta sekä eettinen lupa Maanpuolustuskorkeakoulun tutkimuslautakunnalta.

Koehenkilöille kerrottiin tutkimuksessa käytettävät mittausmenetelmät ja se että heiltä kerätään liikuntakäyttäytymiskysely, jossa kysytään muun muassa henkilötietoja. Heille kerrottiin myös, ettei tutkimustuloksista voida tunnistaa koehenkilöitä ja että tutkimuksessa kerättyä aineistoa saa käsitellä ainoastaan tutkija, tutkimuksen ohjaajat ja että aineisto säilytetään turvallisesti puolustusvoimien tiloissa. Tutkittaville kerrottiin myös että tutkimukseen osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja sen voi keskeyttää missä vaiheessa tahansa ilman erityistä syytä. Näiden jälkeen vapaaehtoisia pyydettiin jäämään luokkatilaan. Vapaaehtoisia ilmoitettiin 15 kappaletta, jotka täyttivät liikunta- ja terveystietokyselyn ja koehenkilöiden

suostumuslomakkeen, jossa he ilmoittivat suostuvansa testiin vapaaehtoisesti. Liikunta ja terveyskäyttäytymiskyselyn perusteella testeihin valittiin 11 koehenkilöä. Valinnassa pyrittiin saamaan mahdollisimman heterogeeninen joukko, erityisesti lihaskunnon ja/tai hapenottokyvyn perusteella. Ensimmäisen testiviikon aikana testattiin 10 koehenkilöä yhden toimiessa varamiehenä. Toiselle testiviikolle ilmoittautui ainoastaan yhdeksän koehenkilöä, yhden koehenkilön siirryttyä toiseen varuskuntaan. Varalla ollut koehenkilö ilmoitti sairastuneensa, joten testejä jatkettiin 9 koehenkilön toimesta. Toisen koeviikon aikana yksi koehenkilö joutui keskeyttämään terveydellisten syiden takia. Lopulta koehenkilöiden lukumääräksi jäi 8 henkilöä. Koehenkilöiden keski-ikä oli $19,8 \pm 1,2$ vuotta, pituus $180, \pm 10$ cm, paino $77,9 \pm 12,3$ kg ja rasvaprosentti $12,5 \pm 3,3$ %. Maksimaalinen hapenottokyky oli $51,8 \pm 4,2$ ml·min⁻¹kg⁻¹. Koehenkilöt olivat siis terveitä ja hyväkuntoisia nuoria miehiä

6.3 Taistelu- ja partiovarustus

Mittausten aikana käytetty taisteluväri on Porin prikaatin mekanisoidun jääkäripataljoonan tiedustelujoukkueella oleva väri. Taisteluväriyksen yhteispaino oli 29,5kg. Väriyksen kuuluu:

- luotiliivi 2010
- kypärä
- henkilökohtainen väri ja punapistetähti
- heitetasku
- yleistasku, mini
- yleistasku, keskikoko
- kolme kahden lippaan taskua
- tyhjien lippaiden tasku
- 180 kpl rynnäkköväriin latausharjoitusväriä
- 6 kpl rynnäkköväriin väriä
- kaksi kappaletta heittoharjoitus väriä (600g kpl)
- kiristysside
- kompassi
- väripuhdistusvälineet
- hehkulankarulla
- kenttäpullo
- lusikkahäiriö

Väriyksen pohjana toimi taisteluväri, jonka lisäksi henkilöillä oli kantavanaan väri. Väriyksen yhteispaino oli 45kg. Väriyksen sisältö oli seuraava:

- yhden väriyksen väriyset
- kahden väriyksen väriä 3 litraa
- henkilökohtainen väri
- väri
- väri
- väri

Mittaus- ja analysointimenetelmät

Terveys- ja liikuntakäyttäytymiskysely. Kyselyn täyttivät kaikki tutkimukseen ilmoittautuneet vapaaehtoiset henkilöt. Tuloksia käytettiin koehenkilöiden valitsemiseen, jotta henkilöstöstä saataisiin mahdollisimman heterogeeninen otos. Kyselyllä mitattiin henkilöiden aiempaa liikunta-aktiivisuutta ja terveydentilaa. Terveydentilaa selvitettiin kysymällä koehenkilöiltä, onko heillä diagnosoituja sairauksia, perinnöllisiä sairauksia, viimeisen kahden vuoden aikana olleita tuki- ja liikuntaelimestön vammoja sekä onko viimeisen kahden viikon aikana ollut hengitystieinfektiota tai kuumetta. Liikunta-aktiivisuutta selvitettiin kysymällä kuinka monta kertaa ja kuinka monta tuntia viikossa koehenkilö harrastaa hikoilua ja hengästyistä aiheuttavaa liikuntaa. Koehenkilöiltä kysyttiin myös, kuinka monta kertaa ja kuinka monta tuntia viikossa harrastat hyötyliikunnaksi laskettavaa liikuntaa. Lisäksi kysyttiin kuinka montaa erilaista liikuntalajia olet harrastanut aktiivisesti kahden viime vuoden aikana (vähintään 2 kertaa viikossa) sekä viimeisimmän cooper-testin tulosta ja viimeisimmän lihaskuntotestin tulosta.

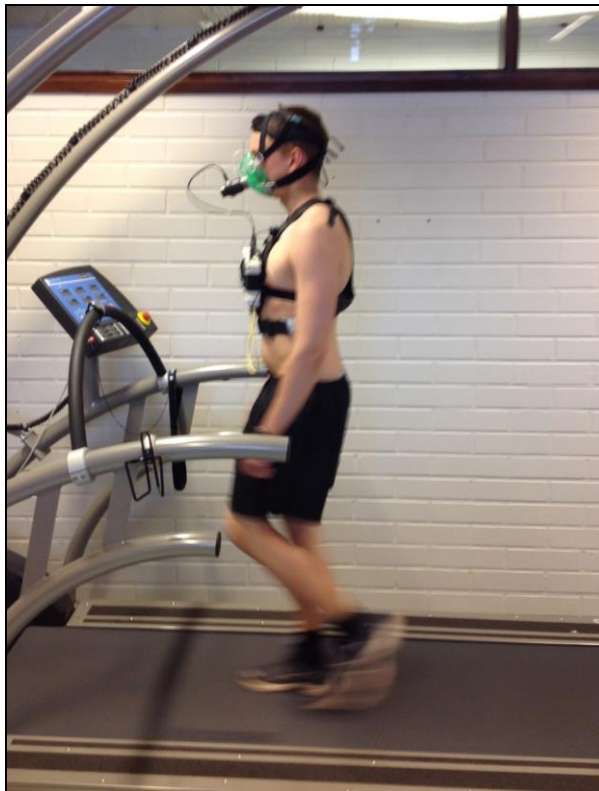
Maksimaalinen hapenottokyky mitattiin juoksumattotestillä, josta maksimaalinen arvo määritettiin hengityskaasuanalysaattorista Oxygen Mobile (Carefusion Germany). Laite tallensi arvot hengitys hengitykseltä (Breath by breath). Testin aluksi suoritettiin kymmenen minuutin tasavauhtinen alkuverryttely neljän km/h vauhdilla, jonka perusteella määritettiin hengitys- ja verenkiertoelimestön kuormituksen perustaso. Alkulämmittelyn jälkeen, kuormaa ja vauhtia nostettiin kolmen minuutin välein, maksimaalisen uupumuksen saavuttamiseksi. Protokolla on esitetty taulukossa yksi. Sykettä mitattiin sykemittarilla (Polar Team² Polar Electro oy, Kempele, Suomi), joka lähetti sykedatan suoraan Oxygen Mobilen käyttöjärjestelmään. Maksimaalisen hapenoton arvo määritettiin minuutin keskiarvosta, joka valittiin testin rasittavimmalta ajankohdalta.

Arvo hyväksyttiin käytettäväksi, kun RER (Respiratory Exchange Rate) arvo, eli hengityskaasujen vaihtosuhte oli yli yhden ja laktaattiarvo suorituksen loppuessa oli yli kahdeksan mmol. Laktaatit mitattiin Lactate Scout mittarilla (Senslab GmbH, Leipzig, Saksa). Syke oli koehenkilö huomioiden maksimaalinen sekä kun testattava itse tunsu saavuttaneensa maksimaalisen suorituksen ja halusi lopettaa (kuntotestaajan käsikirja, Nummela 2004).

Testi suoritettiin kävelytestinä ja protokollana käytettiin Kilpa- ja huippu-urheilun tutkimuskeskuksen asiantuntijan suosittelemaa protokollaa (Esa Hynynen LitT 27.5.2014, henkilökohtainen tiedonanto). Kävelytestin valintaan vaikutti myös se, ettei koehenkilöillä oletusarvoi-

sesti ollut kestävyysjuoksu taustaa. Kävelytestin avulla saadaan täten korkeammat hapenotto-
kyvyn arvot juoksu harjoittelemattomilla kuin juoksemalla. Juostessa juoksumaton nopeus
olisi todennäköisesti liian kova harjoittelemattomille juoksijoille, jolloin rajoittavana tekijänä
olisi koehenkilön juoksunopeus eikä maksimaalinen hapenottokyky (Esa Hynynen LitT,
Heikki Kyröläinen, Prof 27.5.2014 henkilökohtainen tiedonanto).

Kolmella koehenkilöllä protokollasta poiketen maton nopeutta ei nostettu 6.5 km/h tunnissa
nopeammaksi, heidän lyhyemmän askelpituutensa vuoksi. Tällä tavalla varmistuttiin että
maksimaalinen hapenottokyky saavutetaan testin aikana. Juoksumattona toimi HP Cosmos
Pulsar 3P(h/p/Cosmos Sports & Medical gmbh, Germany). Kuvassa 11 maksimaalisen aero-
bisen kävelytestin suoritus.



Kuva 11. Maksimaalinen aerobinen kävelytesti

Taulukko 1. Maksimaalisen hapenottokyky testin protokolla (mukailtu Hynynen 2014)

Aika	Nopeus	Kulma	VO2
min	km/h	asteina	Maks
0	-	-	-
10	4	1	-
13	6,0	2,3	20
16	6,0	3,9	25
19	6,5	4,7	30
22	6,5	6,2	35
25	7,0	6,8	40
28	7,0	8,2	45
34	7,0	9,6	50
37	7,0	10,	55
40	7,0	12,2	60

Antropometria. Kehon koostumus mitattiin aamulla panssarintorjuntakomppanian tiloissa. Koehenkilöt tulivat mittaukseen aamuvirtsan jälkeen ja ennen aamiaisen nauttimista. Mittauksissa käytettiin bioimpedanssimenetelmään perustavaa laitetta (In Body composition analyzer, Biospace 2004). Sillä määritettiin koehenkilöiden rasvaton massa, rasvamassa, rasvaprosentti sekä painoindeksi. Bioimpedanssi perustuu kehon läpi johdettavaan pieneen sähkövirtaan. Mittaus perustuu kehon sisältämän veden mittaamiseen, koska vain vesi johtaa sähköä, voidaan kehonkoostumus mitata mittaamalla kehon aiheuttamaa vastusta eli impedanssia. Laite mittaa kehon koostumusta jakamalla kehon 5 eri sylinterin muotoiseen segmenttiin. (<http://www.inbody.fi/luotettavuus>, viitattu 20.6.2014)

Maksimaalinen isometrinen voima. Voimatestit suoritettiin Porin prikaatin kuntotalolla. Koehenkilöt suorittivat johdetusti kevyen alkulämmittelyn, jonka he jälkeen suorittivat kolme kappaletta jalkojen ojennuksia jalkaprässissä ja ojentajien voimaa testaavassa penkissä. Testisuorituksissa ei tuotettu maksimaalista voimaa. Testien jälkeen suoritettiin kolme kappaletta jalkojen maksimaalista työntöä kelkassa istuen 107 asteen polvikulmalla, joka mitattiin goniometrillä ja vakioidulla kulmamitalla siten, että mittauksen alkupisteinä olivat kehräsluun ulkoreuna ja reisiluun pää. Kolmen suorituksen jälkeen paras tulos valittiin tutkimukseen käy-

tettäväksi. Suoritusten välillä pidettiin noin 2 minuutin palautukset (Ahtiainen ym. 2004). Käsien voimaa mitattiin istumalla penkissä, jossa voimaa mittaava tanko oli suoraan edessä. Kynärvarsien kulma vakioitiin 90 asteeseen ja se mitattiin goniometrillä. Koetyöntöjen jälkeen suoritettiin kolme työntöä, joista taas paras tulos valittiin tutkimukseen käytettäväksi. Jokainen suoritus aloitettiin testaajan komennolla VALMIINA, jolloin koehenkilö valmistautui vetämällä keuhkot täyteen ilmaa. Suoritus aloitettiin komennolla PAINA, jolloin koehenkilö alkoi tuottaa voimaa niin paljon ja niin lyhyessä ajassa kuin mahdollista. Voimantuottoa jatkettiin noin neljän sekunnin ajan. SEIS komennolla testattava lopetti suorituksen. Testaaja kannusti jokaista koehenkilöä suorituksen ajan maksimaalisen tuloksen aikaan saamiseksi. Maksimaalisen isometrisen voimatestin on havaittu olevan yhtä hyvä arvioimaan sotilaiden suorituskykyä kuin isotoninen, isokineettinen tai isoinertiaalinen (Vickers 2009). Kuvassa 12 esitetty maksimaalisten isometristen voimatestien suorittamista.



Kuva 12. Isometriset maksimivoimatestit

Lihaskuntotesti. Koehenkilöt suorittivat isometristen voimatestien jälkeen puolustusvoimien lihaskuntotestit, joihin kuuluivat vauhditon pituushyppy, istumaan nousut sekä etunojapunnerrukset. Vauhdittomassa pituushypyssä koehenkilö seisoo lähtöasennossa paikallaan kapeassa haara-asennossa jalat rinnakkain, varpaat ponnistusviivan takana. Ponnistusasento otetaan jalkoja koukistamalla ja viemällä kädet taakse. Ponnistusasennossa kädet heilautetaan voimakkaasti eteenpäin ja ponnistetaan samanaikaisesti tasajaloin mahdollisimman pitkälle. Alastulossa liike pysäytetään tasajalkaa jaloilla jarruttaen ja polvista joustuen. Tulos mitataan

senttimetrin tarkkuudella ponnistusviivan etureunasta siihen kohtaan johon takimmaisena jalan kantapää osuu. Testiin kuului kolme yritystä, joista paras valittiin tulokseksi.

Istumaannousun lähtöasennossa koehenkilö makasi selinmakuulla polvikulman ollessa noin 90 astetta. Nilkkoja tuettiin suorituksena aikana avustajalla. Sormet pidettiin ristissä takaraivon kohdalla. Lähtöasennosta noustiin istumaan siten, että kyynärpäät koskettivat polvia. Ala-asennossa lapaluiden alaosan tuli koskettaa alustaa. Suorituksiksi laskettiin, kun kyynärpäät koskettivat polvia ja palattiin takaisin ala-asentoon. Käsien tuli olla kokoajan takaraivon takana sormet ristissä. Tulos määritettiin 60 sekunnin aikana tehdystä maksimitoistomäärästä ilman lepotaukoa. (Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja, 2011)

Etunojapunnerrus testissä koehenkilöiden hartioiden leveys määritettiin päinmakuuasennossa siten, että sormet osoittivat eteenpäin ja peukalot ylsivät koskemaan olkapäitä. Jalat olivat enintään lantion leveydellä. Lähtöasennossa kädet olivat hartioiden leveydellä kädet ojennettuina, vartalo suorana, varpaat ja kämmenet tukipisteinä. Lähtöasennosta vartalo laskettiin jännitettyä ala-asentoon, jossa olkavarsien tuli olla vaakatasossa. Yksi suoritus täyttyi, kun palattiin lähtöasentoon. Lantionkulman ja päänasennon tuli olla vakiona koko testin ajan. Tulos määritettiin 60 sekunnin maksimitoistomäärästä ilman lepotaukoa. (Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja, 2011)

Taakankantotestit suoritettiin viiden päivän aikana Porin prikaatin testihuoneessa. Ensimmäisenä suoritettiin taisteluvälikokouksessa taakankantotesti, jonka maksimi pituudeksi asetettiin 60 minuuttia, partiovälikokouksessa testin kulku oli identtinen, mutta se suoritettiin yhden välikokouksen jälkeen. Testien välillä koehenkilöillä oli vähintään 48 tuntia aikaa palautua. Koehenkilöillä ei ollut muuta palvelusta viikon aikana, ja heitä ohjeistettiin olemaan urheilematta tai rasittamatta elimistöä testien välillä. Testi aloitettiin 45 minuutin tasavauhtisella kävelyllä, joka suoritettiin neljän km/h nopeudella ja yhden asteen kulmalla. Ensimmäisen vaiheen jälkeen maton nopeutta ja kulmaa nostettiin kolmen minuutin välein. Ensimmäinen nopeus nostettiin viiteen km/h ja kulma kolmeen asteeseen. Seuraavaksi maton nopeus nostettiin kuuteen km/h ja kulma kuuteen asteeseen. Tämän jälkeen maton nopeutta ei enää nostettu, vaan ainoastaan kulmaa kasvatettiin yhdeksään ja 12 asteeseen. Kuvassa 13 esitellään taakankantotestien suorittamista ja käytettyä välikokousta.



Kuva 13. Taakankantotesti

Testi pilotoitiin Maanpuolustuskorkeakoululla kahtena erillisenä päivänä helmikuussa 2014. Pilottitestin koehenkilöinä toimi kaksi hyväkuntoista ammattisotilasta, joiden fyysinen toimintakyky oli kiitettävällä tai erinomaisella tasolla. Pilottiin valittiin hyväkuntoiset koehenkilöt. Tällä haluttiin varmistua siitä, että maksimaalinen suoritus saadaan kaikilta testattavilta määritettyä. Testiprotokollaa muutettiin alkuperäisestä nykyiseen muotoon siten, että maksimaalinen nopeus määritettiin kuuteen km/h. Pilottitestissä havaittiin, ettei maksimaalista uupumista hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta saatu aikaan nopeammilla nopeuksilla. Testiprotokolla on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Taakankantotestin protokolla

Aika min	Nopeus km/h	Kulma asteina	Laktaatti	RPE
0	-	-		
5	4	1		5
10	4	1	10	10
15	4	1		15
20	4	1	20	20
25	4	1		25
30	4	1	30	30
35	4	1		35
40	4	1	40	40
45	4	1	45	45
48	5	3	48	48
51	6	6	51	51
54	6	9	54	54
57	6	12	57	57
60	6	12	60	60

Suorituksen aikana tuntemusta mitattiin kysymällä subjektiivista tuntemusta Borgin RPE taulukkoa hyväksi käyttämällä. Käytössä oli 6–20 portainen taulukko, jossa arvo 6 vastasi istumista tuolilla lepotilassa ja 20 maksimaalista uupumista. Laktaattia mitattiin 10, 20, 30, 40 ja 45 minuutin kohdalla ja jokaisen kolmen minuutin kuorman jälkeen 45 minuutista eteenpäin. Lopuksi koehenkilöiltä otettiin maksimaalinen laktaattiarvo minuutti testin lopettamisen jälkeen. Juoksumattoa ei pysäytetty missään vaiheessa testin aikana. Koehenkilöitä ohjeistettiin ennen testiä kantamaan asetta parhaaksi katsomallaan tavalla, välttämään puhetta tai juoksemista testin aikana. Maksimaalisen yrityksen aikaan saamiseksi heille annettiin kuitenkin mahdollisuus muutamalla loikka-askeleella jatkaa suoritusta loppuun saakka. Koehenkilöt kommunikoivat käsimerkkien välityksellä testin vastaanottajan kanssa.

6.4 Tilastolliset menetelmät

Kaikki mittaustulokset hengityskaasuanalysointilaitteesta, laktaattimittarista, kyselylomakkeesta ja subjektiivisen tuntemuksen kyselystä kirjattiin suoraan Excel-tiedostoon. Jokaisesta koehenkilöstä muodostettiin ensin oma taulukko ja kaikkien mittausten jälkeen tiedot yhdistettiin useaan erilaiseen taulukkoon kunkin analyysin vaatiman tarpeen mukaan. Kaikki tilastolliset analyysit tehtiin SPSS (Statistical Package for Social Sciences 22.0.0.0) ohjelmalla. Alkumittausten ja taakankantotestien välisten riippuvuuksien tutkimiseen käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Tilastollinen merkittävyys asetettiin $p \leq 0,05$. Tähtimerkkiä käytettiin seuraavasti * $p \leq 0,05$ merkitsevä, ** $p \leq 0,01$ erittäin merkitsevä. Regressioanalyysiä käytettiin selvittämään yhden tai useamman alkumittauksissa mitatun muuttujan yhteisvaikutusta taakankantotesteissä menestymiseen (<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/regressio/analyysi.html>, viitattu 9.3.2014). Kahden eri taakankantotestin välisten eroavaisuuksien selvittämiseen käytettiin varianssianalyysiä eli toistomittausten ANOVAA. Varianssianalyysi mahdollistaa kahden eri tapahtuman vertailun ja niiden erojen tilastollisen merkitsevyyden selvittämisen (Thomas ym, 1996).

7 TULOKSET

7.1 Alkumittausten ja taakankantotestien tulokset sekä niiden väliset yhteydet

Alla olevassa taulukossa numero 3 on esitetty alkumittausten tulokset, keskiarvot, keskihajonnat sekä minimi- ja maksimiarvot. Alkumittausten perusteella koehenkilöt olivat hyväkuntoisia, terveitä ja normaalipainoisia sotilaita.

Taulukko 3. Alkumittausten tulokset (n=8)

	<i>Keskiarvo</i>	<i>Keskihajonta</i>	<i>Minimi</i>	<i>Maksimi</i>
Pituus (cm)	180	10	168	196
Paino (kg)	77,9	12,3	55,3	90,9
Rasva%	12,5	3,3	8,6	16,7
BMI	23,9	2,4	19,6	26,7
VO _{2max} (ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	51,8	4,2	46,1	56,7
Jalkaprässi (N)	3881	940	2490	5510
Penkkipunnerrus (N)	950	163	760	1310
Vauhditon pituus (m)	2,30	0,20	2,20	2,60
Etunojat (Lkm)	45	18	28	79
Vatsalihas (Lkm)	53	5	43	60
Loppuaika taisteluväestös (min:s)	52:28	01:11	51:00	54:02
Loppuaika partioväestös (min:s)	50:80	0:59	49:27	52:28

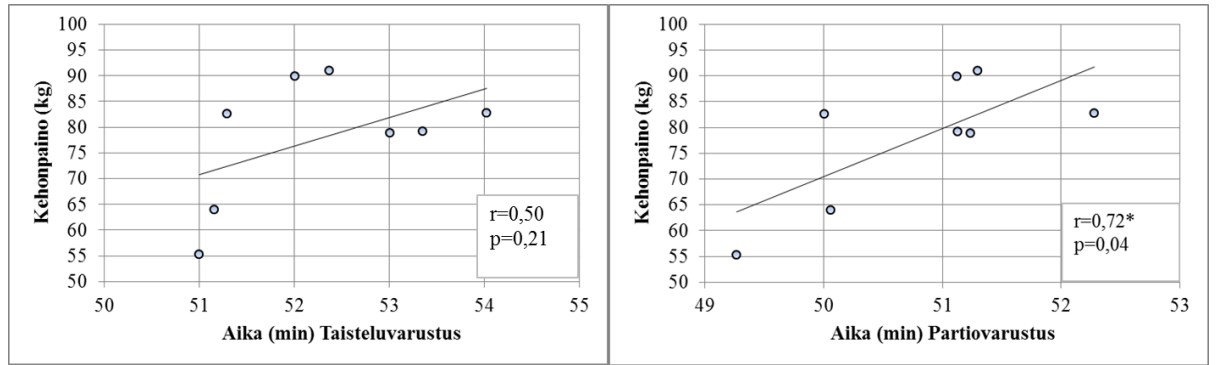
Alkumittausten ja kahden eri taakankantotestin loppuaikojen väliset yhteydet on esitetty alla olevassa taulukossa 4. Antropometristä mittauksista kehonpaino ($r=0,72$, $p\leq 0,05$) sekä rasvattoman kehon massa ($r=0,74$, $p\leq 0,05$) olivat vahvasti yhteydessä partioväestöksessä suoritetun testin kanssa. Fysiologisista mittauksista maksimaalinen hapenotto-kyky (ml·min⁻¹) oli vahvasti yhteydessä taisteluväestöksessä ($r=0,80$, $p\leq 0,05$) sekä partioväestöksessä ($r=0,92$, $p\leq 0,01$) suoritettujen testien kanssa. Penkkipunnerrus ja taisteluväestöksessä suoritettu testi

oli yhteydessä toisiinsa seuraavasti ($r=0,75$, $p\leq 0,05$) ja partiovarustuksessa suoritettu testi ($r=0,81$, $p\leq 0,05$). Vauhdittoman pituuden ja taisteluvälikokkeuksessa suoritettun testin välillä oli myös vahva yhteys ($r=0,80$, $p\leq 0,05$), ja lähes merkitsevä korrelaatio ($r=0,68$, $p=0,06$) partiovarustuksen kanssa suoritettun testin kanssa.

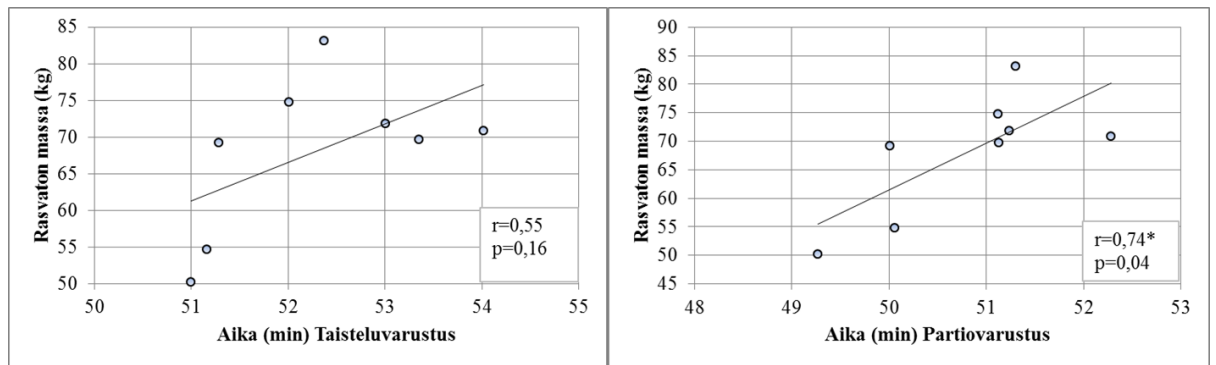
Taulukko 4. Yhteydet alkumittausten ja taakankantotestien välillä

	Taisteluvälikokkeus	Partiovarustus
Pituus (cm)	$r=0,46$	$r=0,61$
Paino (kg)	$r=0,50$	$r=0,72^*$
Rasvaprosentti	$r=-0,15$	$r=0,05$
Rasvattoman massan määrä (kg)	$r=0,55$	$r=0,74^*$
Rasvamassan määrä (kg)	$r=0,10$	$r=0,32$
Painoindeksi	$r=0,37$	$r=0,56$
VO_{2max} (ml·min ⁻¹)	$r=0,80^*$	$r=0,92^{**}$
VO_{2max} (ml·min ⁻¹ kg ⁻¹)	$r=0,50$	$r=0,33$
Jalkaprässi (N)	$r=0,52$	$r=0,33$
Penkkipunnerrus (N)	$r=0,75^*$	$r=0,81^*$
Vauhditonpituus (cm)	$r=0,80^*$	$r=0,68$
Etunojapunnerrus (toistoa/min)	$r=0,20$	$r=0,07$
Istumaan nousu (toistoa/min)	$r=0,02$	$r=-0,08$

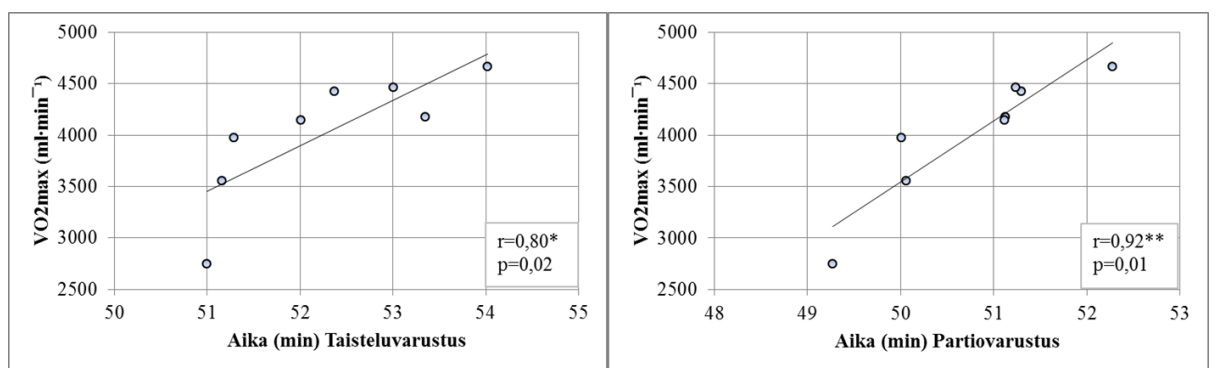
* $p<0,05$, ** $p<0,01$



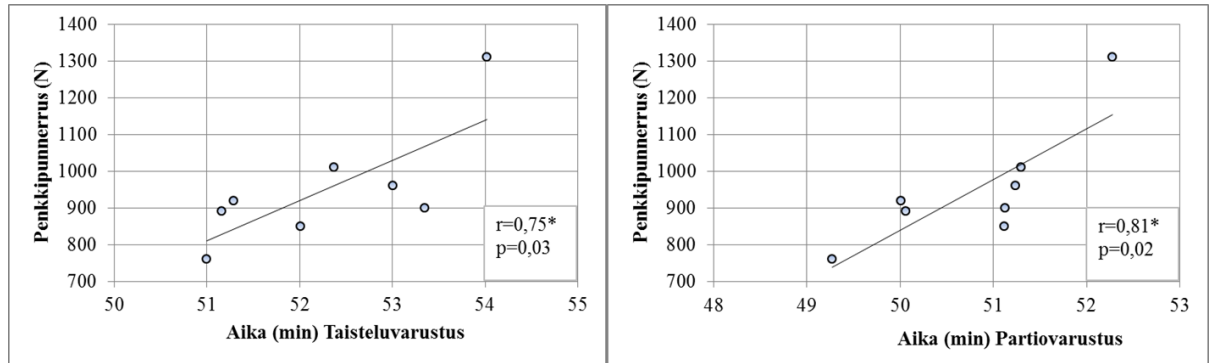
Kuva 14. Kehonpainon ja suoritettujen taakankantotestien loppuaikojen väliset yhteydet.



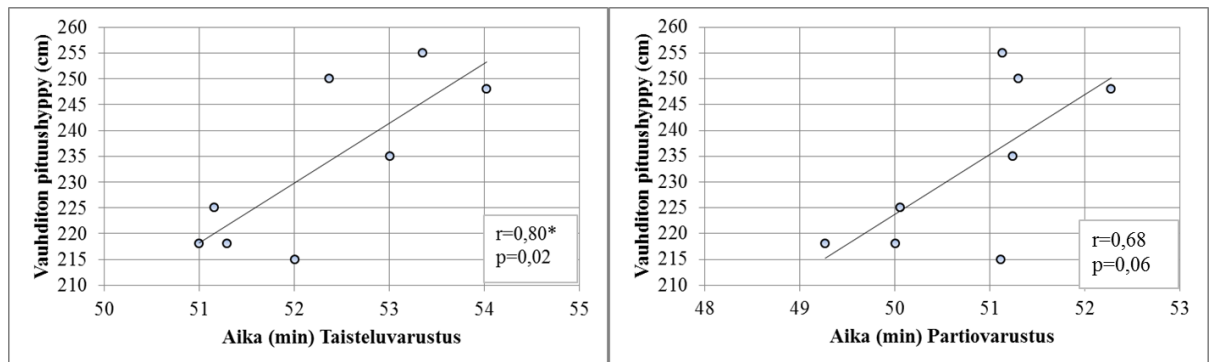
Kuva 15. Rasvattoman massan ja suoritettujen taakankantotestien loppuaikojen väliset yhteydet.



Kuva 16. Maksimaalisen hapenoton VO₂(ml/min) ja suoritettujen taakankantotestien loppuaikojen väliset yhteydet.



Kuva 17. Maksimaalisen penkkiipunnerrustestien ja suoritettujen taakankantotestien loppuaikojen väliset yhteydet.



Kuva 18. Maksimaalisen vauhdittoman pituushypyn ja suoritettujen taakankantotestien loppuaikojen väliset yhteydet.

Antropometrinen muuttujien ja toteutettujen taakankantotestien välisiä yhteyksiä oli vähän, mutta yhteydet olivat vahvoja. Paino oli yhteydessä partiovarustuksessa suoritettun testin loppuajan kanssa vahvasti ($r=0,72$, $p\leq 0,05$). Rasvattoman massan määrä ja partiovarustuksessa suoritettu taakankantotesti olivat yhteydessä keskenään myös vahvasti ($r=0,74$, $p\leq 0,05$). Muiden antropometrinen mittauksen ja taakankantotestissä pärjäämisen välillä ei ollut yhteyksiä. Taulukossa 5 esitetään kehonkoostumuksen ja taakankantotestien aikojen väliset yhteydet.

Taulukko 5. Korrelaatiokertoimet kehonkoostumuksen ja taakankantotesti aikojen välillä

	Taisteluväestö	Partiovarustus
Pituus (cm)	$r=0,46$	$r=0,61$
Paino (kg)	$r=0,50$	$r=0,72^*$
Rasvaprosentti	$r=-0,15$	$r=0,05$
Rasvattoman massan määrä (kg)	$r=0,55$	$r=0,74^*$
Rasvamassan määrä (kg)	$r=0,10$	$r=0,32$
Painoindeksi	$r=0,37$	$r=0,56$

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

Alkumittauksen väliset keskinäiset yhteydet on esitetty alla taulukossa numero 6. Merkittävimmät yhteyksistä ovat: pituuden ja absoluuttisen maksimaalisen hapenoton välillä ($r=0,71$ $p\leq 0,05$), painon ja maksimaalisen hapenoton välillä ($r=0,85$ $p\leq 0,01$), rasvattoman massan ja maksimaalisen hapenoton välillä ($r=0,86$ $p\leq 0,01$), penkki punnerruksen ja maksimaalisen hapenoton välillä ($r=0,73$ $p\leq 0,05$), maksimaalisen isometrisen jalkaprässituloksen ja istumaan nousujen välillä ($r=0,75$ $p\leq 0,05$).

Taulukko 6. Alkumittausten väliset yhteydet

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Pituus (cm)	-											
2. Paino (kg)	,83*	-										
3. Rasvaprosentti	-,03	,25	-									
4. Rasvattoman massan määrä (kg)	,93**	,97**	-,00	-								
5. Rasvamassan määrä (kg)	,90	,60	,92**	,38	-							
6. Painoindeksi	,29	,78*	,74*	,61	,91**	-						
7. VO2maks (ml·min ⁻¹)	,71*	,85**	,11	,86**	,41	,69	-					
8. VO2maks (ml·min ⁻¹ ·kg ⁻¹)	-,24	-,29	-,22	-,23	-,34	-,18	,25	-				
9. Jalkaprässi (N)	-,08	,12	-,00	,12	,07	,30	,22	,10	-			
10. Penkkipunnerrus (N)	,21	,44	,11	,44	,24	,54	,73*	,49	,59	-		
11. Vauhditonpituus (cm)	,47	,35	-,41	,48	-,23	,10	,60	,43	,42	,59	-	
12. Etunopunnerrus (toistoa/min)	-,47	-,39	-,10	-,38	-,23	-,14	-,15	,40	,62	,53	,05	-
13. Istumaannousu (toistoa/min)	-,43	-,17	,22	-,24	,12	,16	-,24	-,17	,75	,28	,13	,58

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

Regressiomalli, missä taisteluvälinevarustuksessa menestymistä selvitettiin fysiologisilla muuttujilla, oli tilastollisesti merkitsevä ainoastaan vauhdittoman pituushypyn ollessa selittäjänä $p=0,018$ (Adj. $r^2=0,57$). Vauhdittoman pituushypyn ollessa selittäjänä, vauhdittoman pituuden arvo selitti menestymistä 59 %:n selitysasteella. Regressiomallin tulokset on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Regressiomalli taisteluvälinevarustuksessa suoritettusta taakankantotestistä

Muuttuja	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Beta</i>
Vauhditon pituus	0,80*	3,2	0,02	0,796

Huom. Mallin adj $R^2 = ,57$

Regressiomalli, missä partiovarustuksessa menestymistä selvitettiin fysiologisilla muuttujilla, oli tilastollisesti merkitsevä vauhdittoman penkkipunnerruksen ja koehenkilöiden pituuden ollessa selittäjänä, $p=0,008$ ($r^2=0,79$). Nämä kaksi muuttujaa selittävät yhdessä partiovarus-

tuksessa menestymistä 79 %:n selitysasteella. Regressiomallin tulokset on esitetty taulukossa 8.

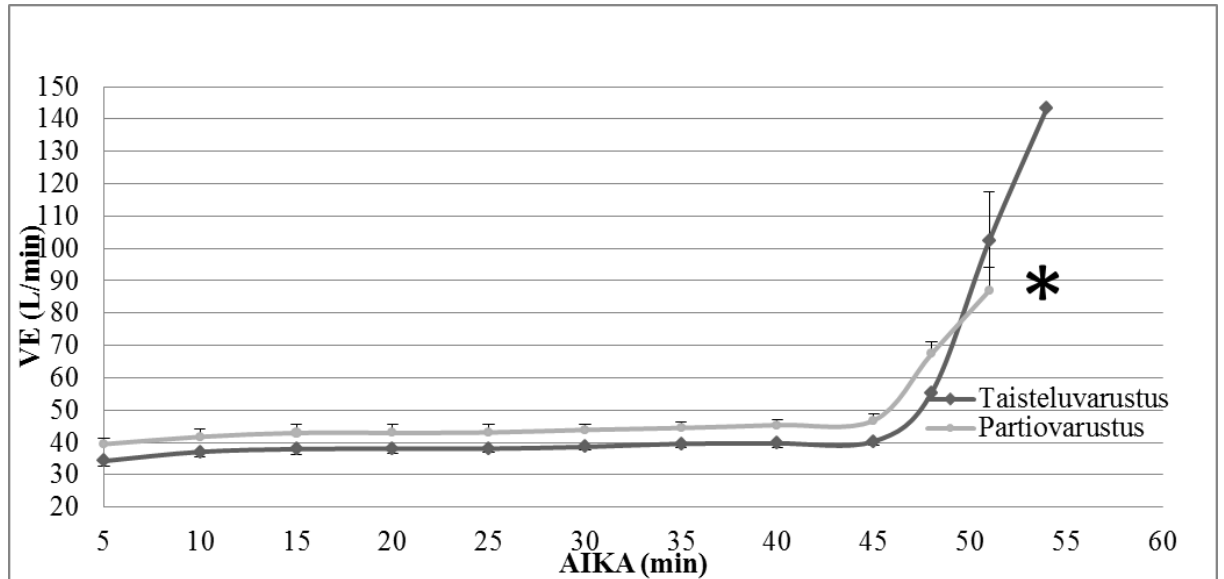
Taulukko 8. Regressiomalli partiovarustuksessa suoritetusta taakankantotestistä

Muuttuja	<i>B</i>	<i>t</i>	<i>p</i>	<i>Beta</i>
Penkkipunnerrus	0,81	3,34	0,16	0,806
Pituus	0,46	2,63	0,46	0,462

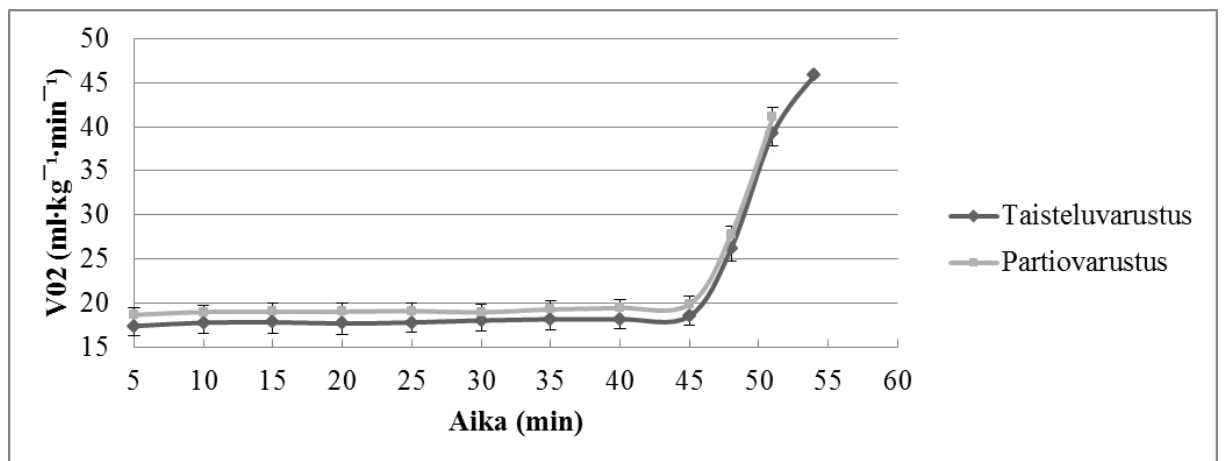
Huom. Mallin adj $R^2 = .79$

7.2 Kahden eri taakankantotestin väliset erot

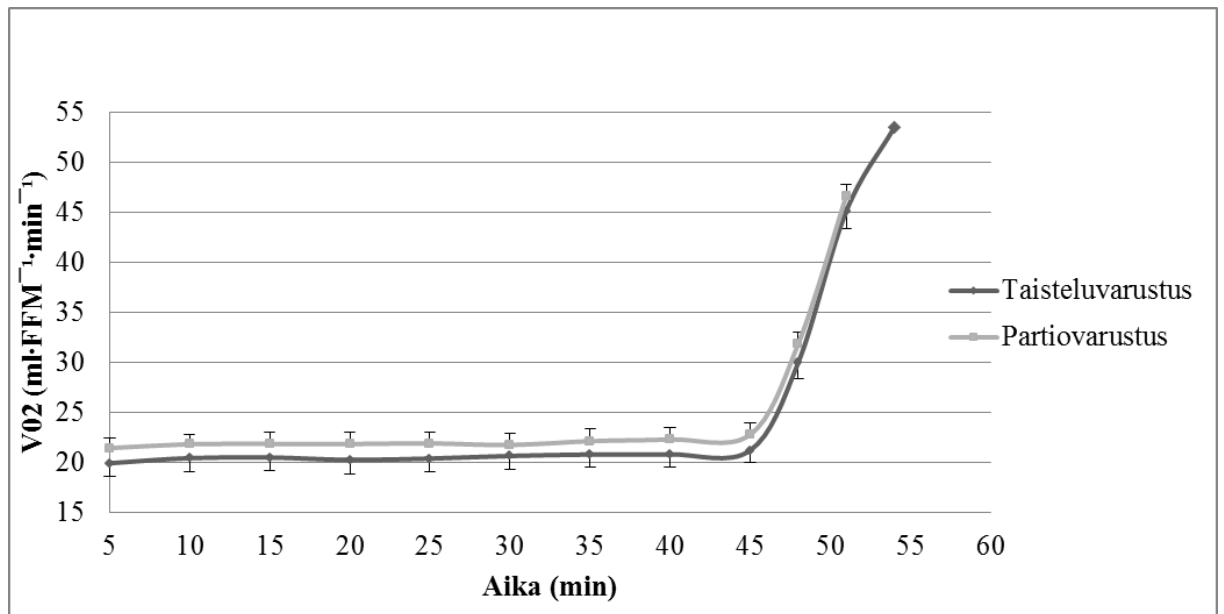
Taakankantotestien välisiä eroja fyysisissä vasteissa pyrittiin selvittämään hengityskaasuanalysointilaitteiden avulla otettujen arvojen vertailulla. Vertailu toteutettiin varianssianalyysillä ja arvot valittiin testin submaksimaalisesta osiosta eli 0-45 minuutin aikavälillä. Vertailuun otettiin keskiarvot muuttujista 5 minuutin välein, sekä laktaatin osalta niiltä ajanhetkiltä, jolloin mittaukset toteutettiin. Alla on esitetty kuvaajina eri fysiologisten vasteiden väliset erot. Tilastollisesti kaksi taakankantotestiä erosi toisistaan: Suhteellisen hapenkulutuksen osalta lähes merkitsevästi ($p=0,06$) (kuva 20). Rasvattoman kehon massa suhteutetun hapenkulutuksen osalta myös lähes merkitsevästi ($p=0,06$) (kuva 21). Sykkeen osalta suoritukset erosivat merkitsevästi, kun se ilmoitettiin prosentteina maksimisykkeestä ($p=0,05$) sekä mitatun sykkeen osalta merkitsevästi ($p<0,05$) (kuvat 22 ja 26). Ventilaatio erosi tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,05$) suoritusten välillä. Ventilaatio arvot suoritusten välillä on esitetty kuvassa 19. Hengityskaasujen vaihtosuhte, subjektiivinen tuntemus ja laktaatit eivät eronneet merkitsevästi suoritusten välillä (kuvat 23,24 ja 25).



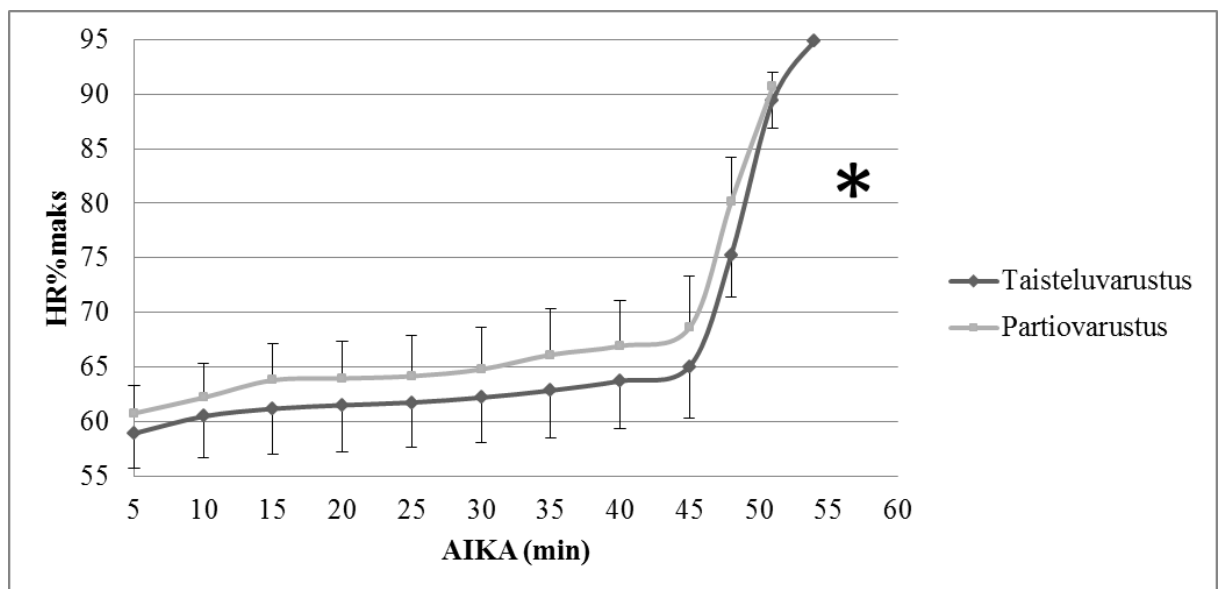
Kuva 19. Ventilaatioarvot taakankantotestien aikana $*p < 0,05$.



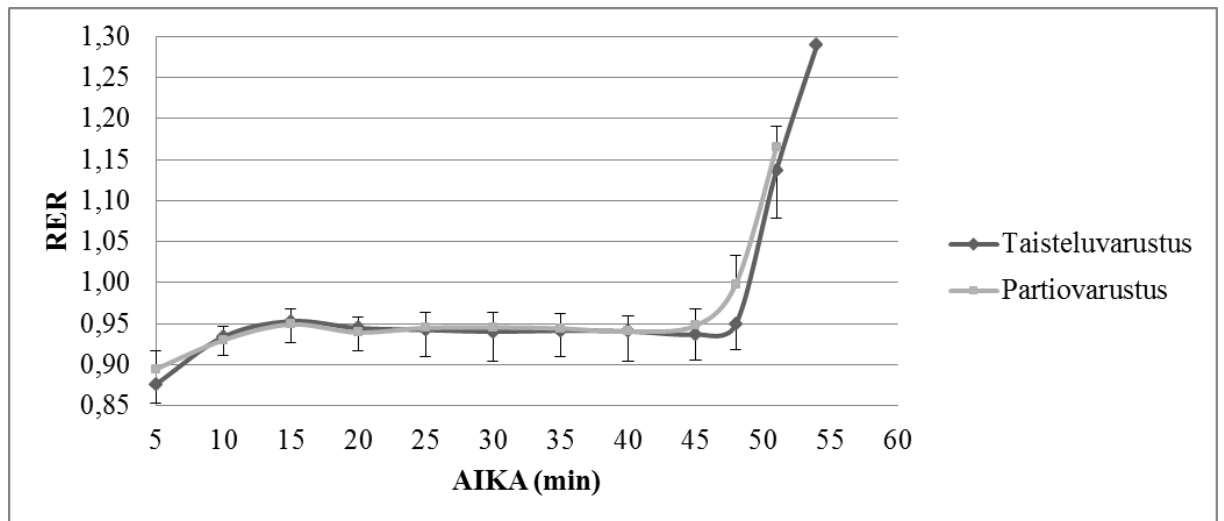
Kuva 20. Suhteellisen hapenoton arvot taakankantotestien aikana.



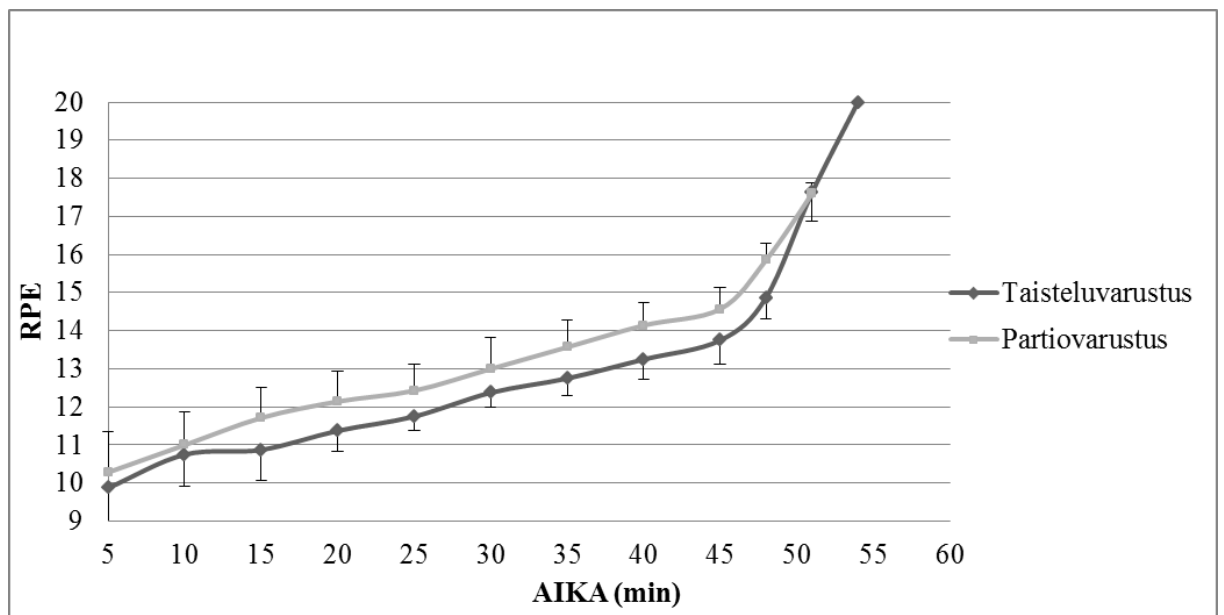
Kuva 21. Rasvattomaan kehon massaan suhteutettu hapenotto taakankantotestien aikana.



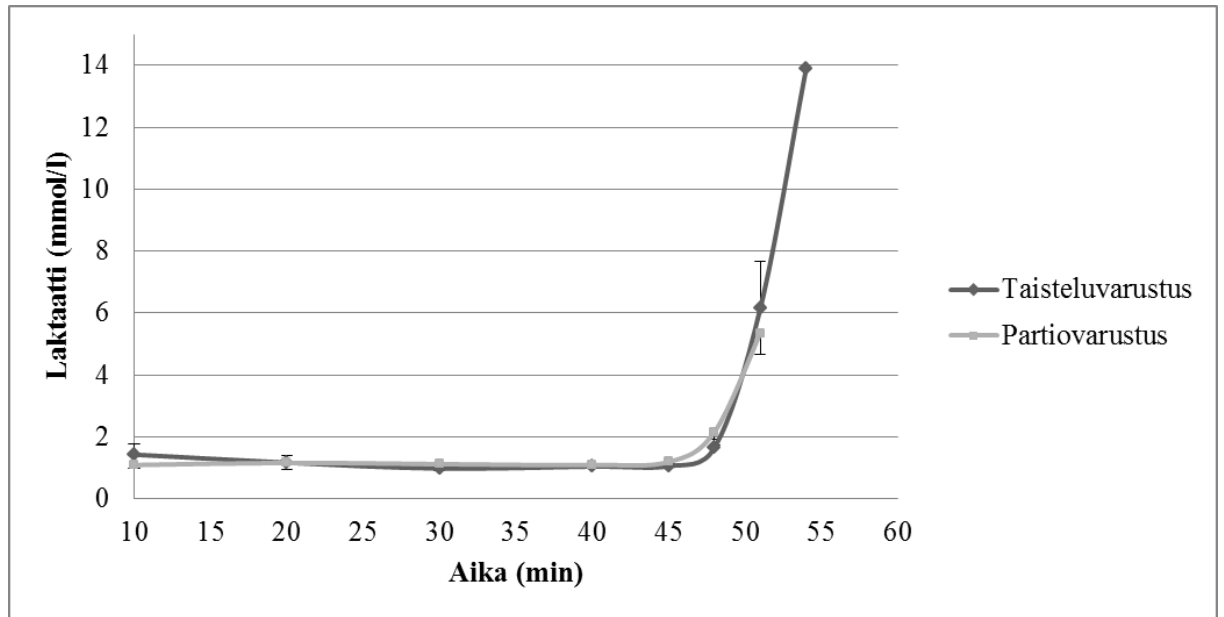
Kuva 22. Syke prosentteina maksimisykkeestä taakankantotestien aikana * $p < 0,05$.



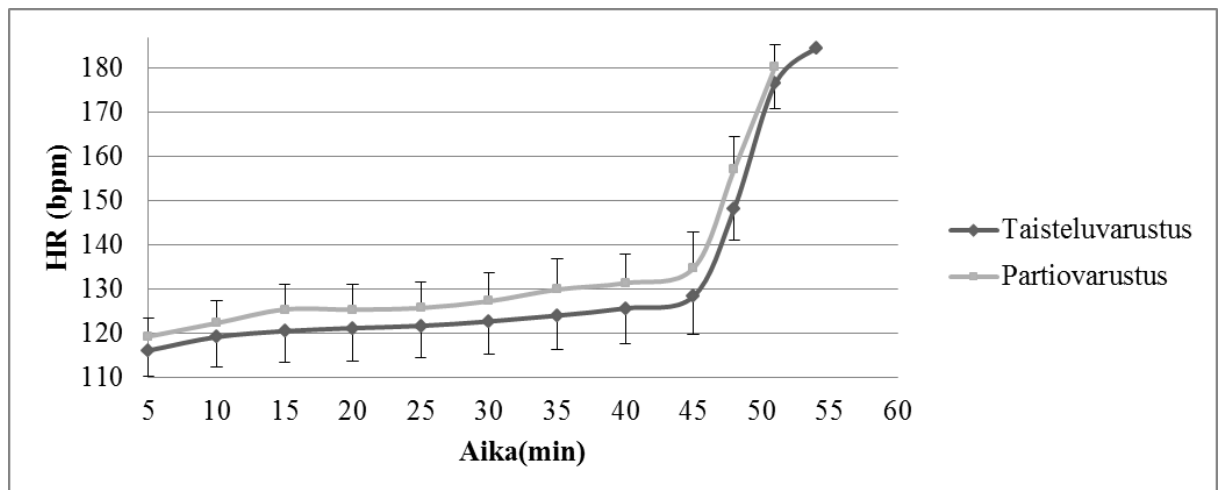
Kuva 23. Hengityskaasujen vaihtosuhteen arvot taakankantotestien aikana.



Kuva 24. Subjektivisen tuntemuksen arvot taakankantotestien välillä.



Kuva 25. Laktaattiarvot taakankantotestien välillä.



Kuva 26. Sykearvot taakankantotestien välillä.

8 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tulosten perusteella taakankantamisen kykyyn oli yhteydessä eniten maksimaalinen hapenottokyky ja ylävartalon maksimaalinen voima mitattuna maksimaalisena isometrisenä penkkipunnerruksena. Maksimaalinen hapenottokyky ei kuitenkaan suhteutettuna kehon painoon ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) ollut yhteydessä suoritusaikojen kanssa. Tämä todennäköisesti johtuu isompien ja raskaampien koehenkilöiden menestymisessä testeissä, jolloin suhteutetun hapenoton arvo ei korreloi tuloksissa. Nämä yhteydet osoittavat näiden kahden mitatun muuttujan selittävän eniten kykyä selviytyä taakankantotehtävistä, joissa käytetään taistelun- tai partiovarustusta. Maksimaalinen hapenotto oli yhteydessä taisteluvälinevarustuksessa ja partiovarustuksessa suoritettujen testien kanssa, yhteys oli molemmissa voimakas. Yhteys ylävartalon maksimivoimaa mitanneen penkkipunnerruksen ja taakankantotestien välillä olivat tilastollisesti hieman pienemmät, mutta silti voimakkaat. Näiden kahden alkumittauksen lisäksi mikään muu muuttuja ei ollut yhteydessä kummankin testin kanssa. Aiemmissä tutkimuksissa Vaara (2008) ja Niemi (2009) havaitsivat maksimaalisten isometrisen penkkipunnerruksen ja lihaskestävyyttä mittaavien etunojapunnerrusten välillä vahvan yhteyden, kuitenkin tässä tutkimuksessa sitä ei havaittu. Edellä mainitusta syystä etunojapunnerrukset eivät myöskään olleet yhteydessä tutkimuksessa taakankantamisen kanssa, vaikka penkkipunnerrustestin ja aiempien tulosten perusteella tulos olisi ollut odotettavissa.

Kun menestymistä taakankantotesteissä pyrittiin selittämään regressioanalyysimallilla, jossa alkumittauksen kaikki muuttujat syötettiin samaan analyysiin, selitti taisteluvälinevarustuksessa suoritettua testiä parhaiten vauhditon pituushyppy. Partiovarustuksessa suoritettua testiä regressioanalyysin perusteella selitti parhaiten koehenkilöiden pituus ja penkkipunnerrus. Taisteluvälinevarustuksen ja partiovarustuksen osalta taakankantaminen eroaa toisistaan 45 minuutin submaksimaalisessa suorituksessa suhteellisen hapenkulutuksen osalta, rasvattoman kehon massa suhteutetun hapenkulutuksen osalta sekä sykkeen osalta. Kehonkoostumuksen osalta vain paino ja rasvattoman massan määrä selittivät menestymistä taakankantotestissä, nekin tilastollisesti merkitsevästi vain raskaamman taakan kanssa.

Koehenkilöiden fyysinen suorituskyky hapenoton osalta oli ($51,8 \pm 4,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Puolustusvoimien osalta liikkuvaan sodankäyntiin vaadittava maksimaalinen hapenottokyky vaati-
mus on $50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (fyysisen toimintakyvyn perusteet, HH47). Tutkimustulos vahvistaa ohjeistuksena olevan rajan riittävyyden, kun tarkastellaan yksittäisen taistelijan siirtymistä

taistelu- tai partiovarustuksen kanssa. Maksimaalisen suorituksen osalta, kun tarkastellaan taistelijoiden selviytymistä nopeasta vauhdin ja kulman kasvusta, voidaan todeta, että hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta kuormittuminen kumuloituu nopeasti. Taistelijoiden maksimaalinen hapenottokyky on parempi muuttuja arvioitaessa taakankantokykyä kuin kehonpainoon suhteutettu. Se ei tällöin syrji henkilöitä, joiden hengityselimistön suorituskyky riittää tehtävään hyvin, mutta kehon paino on korkeampi. Sotilaiden suurempi rasvattoman massan määrä ja pituus todennäköisesti ovat sotilaille eduksi taakankantotehtävissä. Tässä tutkimuksessa kehon rasvan määrä, ei ollut negatiivisesti suoritusta heikentävä tekijä.

Luotiliivi 2010 oli taistelijoille erittäin tuttu käyttöä, ja paino oli repun ja liivin osalta jaettu taloudellisesti oikein. Aiemmissa tutkimuksissa on huomattu repun tai varustuksen painon siirtymisen alaspäin kasvattavan energiankulutusta (Obusek ym. 1997; Beekley ym. 2007). Huonommalla kantolaitejärjestelmällä (mikä ei jaa painoa vartalon etu- ja takapuolelle riittävästi) energiankulutus olisi todennäköisesti kasvanut. Subjektiiivinen kuormittuvuuden tuntemus olisi varmasti ollut myös korkeammalla tasolla Knapik ym (2004). Knapik ym. (1993) havaitsivat saman tutkimuksessaan, missä vertailtiin perinteistä reppua sekä vartalon etu- ja takapuolella olevaa reppua. Heidän tutkimuksessaan syke jäi merkittävästi matalammaksi, kun taakka oli jaettu vartalon molemmin puolin. Tosin se aiheutti enemmän kipua niskan ja lantion alueelle. Sotilaiden ollessa koehenkilöinä, tulee suhtautua RPE arvon tarkasteluun kriittisesti, sillä sotilaat saattavat ovat usein tottuneempia rasitukseen tai ajattelevan arvon kuvastavan heidän henkisiä voimavarojaan (Queasada ym. 2000).

8.1 Pohdintaa alkumittauksista, taakankantotesteistä ja niiden välisistä yhteyksistä

Alkumittausten tulosten ja taakankantotestien tulosten perusteella taakankantamiseen tarvitaan siis riittävää maksimaalista suoraa hapenottokykyä sekä maksimaalista ylävartalon voimaa pyrittäessä maksimaaliseen suoritukseen. Todennäköisesti ylävartalon maksimivoiman ja taakankantamisen välinen yhteys on selitettävissä raskaiden taakkojen vaatimalla asennolla. Asennon on oltava riittävän pysty ja täten mahdollistettava hyvin hengitysteiden avonaisuus sekä hengityslihasten toiminta. Mikäli asentoa ei kyetä ylläpitämään, koko ylävartalon asento painuu kasaan estäen tehokkaan hengityksen. Asennon ylläpitämiseen tarvitaan ylävartalon lihasten voimaa, jota isometrinen penkki-punnerrustesti mittaa luotettavasti (Ahtiainen ym. 2004). Kokon (2008) tutkimuksessaan havaitsi myös alavartalon- ja keskivartalon voimatasojen olevan yhteydessä menestymiseen taakankantotehtävissä. Tässä tutkimuksessa tätä yhteyttä ei havaittu.

Tulokset osoittavat myös, että testatuista vain yksi koehenkilö saavutti mitatun maksimaalisen hapenottokykynsä taakankantotestien aikana ja senkin vain taisteluvälineissä suoritettuna testin kanssa. Tämän perusteella, koehenkilöillä olisi vielä ollut reserviä maksimaalisen hapenottokyvyn osalta parempiin tuloksiin, kuitenkin he eivät siihen pystyneet. Tutkijan havaintojen perusteella, suoritukset keskeytyivät poikkeuksetta, kun ylävartalon kannatteleminen kävi liian haastavaksi. Maksimaalisen hapenottokyvyn ja ylävartalon lihasten voimatasojen on oltava sotilaalla hyvät kyetäkseen maksimaalisiin suorituksiin kantaessaan taistelukentällä tarvittavia varusteita. Lyons ym. (2005) päätyivät tutkimuksensa pohdinnassa samankaltaisiin lopputuloksiin. Heidän mukaan taakankannossa maksimaalisen hapenoton tulee olla riittävä kannattaessa raskaita taakkoja. Bilzon ym. (2001) mukaan maksimaalisen aerobisen suorituskyvyn ja taakankannon välillä ei ole juurikaan yhteyttä toisiinsa. Heidän tutkimustulos on ristiriidassa tämän tutkimuksen tuloksen sekä Lyons ym. (2005), (Beekleyn ym. 2007), Kobus ym. (2010), Crowder ym. (2007) ja Epsteinin ym. (2012) havaintojen mukaan.

Vauhditon pituushyppy selitti taisteluvälineissä menestymistä merkitsevästi. Yhteys oli vahva, mutta se ei kuitenkaan ollut merkitsevä raskaampaa taakkaa kannattaessa. Yhteys oli tässäkin kohtuullisen korkea, mutta tilastollinen merkitsevyys ei laskenut ($p \leq 0,05$) alle. On mahdollista, että suuremmalla koehenkilöiden otannalla, olisi löytynyt tilastollisenkin merkitsevyys. Vauhdittoman pituushyppynä tarkoituksena on mitata koehenkilöiden räjähtävää voimaa (Kyröläinen 2004). Taakankantotestissä räjähtävää voimaa tarvitaan testin loppuvaiheessa

nopeuden ja kulman kasvettua lähelle maksimaalista suorituskykyä. Räjähävän voiman mitaaminen tapahtuu ilman taisteluvälineitä oman kehonpainon ollessa vastuksena. Tämä asettaa haasteen painavampia sotilaita kohtaan.

Voimien tulee olla riittävät suhteessa oman kehon painoon. Rasvamassan määrällä ei niin suurta merkitystä, mikäli maksimaaliset voimatasot ovat riittävät (Kyröläinen ym. 2004). Harman ym. (2008) tutkimuksessaan toi esille korkeamman kehon painon olleen yhteydessä menestymiseen evakuointitehtävissä, mutta kehonpainon havaittiin muuten olleen suoritusta heikentävänä tekijänä. Kokko (2008) havaitsi myös yhteyden taakankantotehtävissä menestymisen ja kehonpainon välillä, painavammat henkilöt suorittivat esteradan kevyempiä yksilöitä nopeammin. Myös Bilzon ym. (2001) tekivät saman havainnon tutkimuksessaan. Kehon massan on havaittu nostavan energiankulutusta taakankantotehtävissä (Falls & Humphrey 1976, Goldman & Iampietro 1962, Passmore & Durnin 1955). Beekleyn ym. (2007) mukaan tutkimusta kehonkoostumuksen ja taakankantokyvyn välillä tarvitaan lisää. Heidän tutkimuksessaan keskeytti 4 koehenkilöä, joista kaksi oli merkitsevästi ($p < 0,05$) lyhyempiä kuin muut ja kahdella oli merkitsevästi ($p < 0,05$) korkeampi rasvaprosentti. Tosin Harman & Frykman (1990) tutkimuksessaan toivat esille taakankantokyvyn ja sotilastehtävissä menestymisen korreloivan rasvattoman kehon massan kanssa. Heidän tutkimuksen mukaan korkeampi rasvaprosentti on jopa suorituskykyä edesauttava tekijä.

Tässä tutkimuksessa menestymistä raskaamman taakan kanssa selitti myös koehenkilöiden paino sekä rasvattoman massan määrä. Tämä todennäköisesti vaikuttaa myös siihen, miksi vauhditon pituushyppy ei korreloinut menestymisessä raskaamman taakan kanssa. Painavimmat koehenkilöt hyppäsivät pituutta suhteessa painoon vähemmän kuin kevyemmät koehenkilöt. Lyons ym. (2005) tutkimus vahvistaa näitä havaintoja, heidän tutkimuksessaan rasvattoman massan määrän tulee olla riittävän korkea suhteessa rasvamassan määrään menestyäkseen taakankantotehtävissä.

Räjähävää voimaa sotilaiden osalta tarvitaan nopeisiin suunnan muutoksiin, ponnistuksiin, esteiden ylityksiin tai esimerkiksi ajoneuvoon nousemiseen taisteluvälineissä. Maksimaalisen voiman tarve korostuu yllättävissä tilanteissa, kuten loukkaantuneen taistelijan evakuoinnissa (Kyröläinen ym. 2004). Tämän tutkimuksen osalta jalkojen maksimivoima ei kuitenkaan korreloinut testissä pärjäämisen kanssa. Todennäköisesti taakat eivät olleet riittävän suuria yhteyden muodostumiselle.

8.2 Taakankantotestien väliset erot

Taisteluvälinevarustuksessa suoritettu taakankantotesti eroaa fyysisen kuormituksen osalta partiovälinevarustuksessa suoritetusta testistä tarkasteltaessa testin submaksimaalista osiota. Erot hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormituksessa ovat kuitenkin pieniä, vaikka taakan painoissa oli eroa 15,5 kilogrammaa. Merkittävimmät erot syntyivät sykkeen ja ventilaation osalta. Maksimaalinen hapenotto, subjektiivinen tuntemus eikä hengityskaasujen välinen vaihtosuhte ei eronnut tilastollisesti merkittävästi toisistaan, tosin hapenoton arvo oli lähes tilastollisesti merkitsevä ($p=0,06$).

Sagiv ym. (1994) tutkimuksessa koehenkilöt kantoivat taakkoja, joiden painot olivat 38 ja 50 kg. Heidän tutkimuksessa hapenoton arvo erosi tilastollisesti merkitsevästi ($p<0,05$) suoritus-ten välillä ($14,4 \pm 2$ ja $19 \pm 5 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$). Keskiarvot tämän tutkimuksen submaksimaalisen hapenoton osalta olivat $18,0 \pm 2,3$ ja $20,2 \pm 3,2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Beekleyn ym. (2007) tutkimuksessa ventilaatio ja hapenkulutus kasvoivat tilastollisesti merkittävästi eri taakkojen välillä, kun tässä tutkimuksessa hapenoton arvo erosi lähes merkitsevästi ($p=0,06$). Todennäköisesti suuremmalla koehenkilöiden otannalla tässä tutkimuksessa olisi saatu myös tilastollisesti merkittävä tulos.

Aiempien tutkimusten mukaan hapenoton arvon ei tulisi ylittää 33 - 40 % korkeampaa arvoa pitkäkestoisissa suorituksissa uupumuksen välttämiseksi (Bink ym. 1962, Astrand, 1962, Queasada, 2000). Epsteinin ym. (1988) mukaan arvon ei tulisi ylittää yli 50 % hengitys- ja verenkiertoelimistön taloudellisuuden takaamiseksi ja uupumuksen välttämiseksi. Pihlaisen ym. (2014) havainnot tukevat näitä havaintoja. Tosin Sagiv ym. (1994) mukaan tätä ei ole täysin todistettu. Keskiarvo tässä tutkimuksessa submaksimaalisessa taisteluvälinevarustuksessa suoritettussa testissä hapenoton osalta oli 35 % ja partiovälinevarustuksessa 37 % maksimaalisesta hapenottokyvystä. Tämän tutkimuksen osalta 33 – 40 % arvo on sopiva raja-arvo sotilaan hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormituksen osalta pitkäkestoisissa kuormituksissa.

Drain ym. (2012) esittävät, että 30 – 40 % maksimaalisen hapenoton arvosta suoritusta kyettään jatkamaan noin 8 tunnin ajan. 50 % arvolla suoritusta kyettäisiin jatkamaan 3 – 4 tunnin ajan, 60 % arvolla noin 2 tunnin ajan ja 70 75 % arvolla noin tunnin ja joidenkin minuuttien ajan.

Sykkeeseen osalta, keskiarvo tulokset olivat tämän tutkimuksen kanssa samansuuntaisia. Sagiv ym. (1994) tutkimuksessa arvot olivat: 104 ± 14 and 125 ± 17 lyöntiä/min ja tämän tutkimuksen arvot ovat 122 ± 4 ja 127 ± 11 lyöntiä/min. Hengitys ja verenkiertoelimistön kuormittuminen ei ole tämän tutkimuksen mukaan taakankantamista rajoittava tekijä submaksimaalisessa suorituksessa käveltäessä 4 km/h vauhdilla. Koerhuisin ym. (2009) mukaan yli 40 kg painoisten taakkojen kanssa käveltäessä on kävelynopeutta vähennettävä kompensoidakseen taakan aiheuttamaa rasitusta (Koerhuis ym. 2009). Nopeuden laskeminen vähentää hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormittumista, tällöin mitatun hapenkulutuksen arvo ei nouse taakan määrästä huolimatta (Pandolf ym. 1977; Knapik ym. 1997). Harman ym. (2000) mukaan nopeuden tulee olla alle 4,8 km/h raskaiden taakkojen kanssa.

Koerhus ym. (2009) esittääkin, että arvioitaessa uupumista taakankantotehtävissä raskailla painoilla lihasväsymyksen ja paikallisten kiputilojen arviointi selittäisi menestymistä taakankantamisessa erittäin raskailla taakoilla paremmin kuin hapenoton arvon seuranta. Tuon tutkimuksen tulos tukee myös Quesadan ym. (2000) tutkimuksen havaintoja. Heidän tutkimuksessa ei huomattu eroa subjektiivisessa tuntemuksessa ilman taakkaa suoritettussa testissä ja taakan välillä, joka oli 15 % koehenkilön kehon painosta. Vaikka ero hengitys- ja verenkiertoelimistössä oli merkitsevä.

Tässä tutkimuksessa havainnot olivat samankaltaisia kuin Quesadan ym. (2000) tutkimuksessa, molemmissa tutkimuksissa käytettiin vakioituja nopeuksia, jolloin kuormitusta ei koehenkilö voinut itse säädellä. Ventilaation määrän kasvu kevyemmästä suorituksesta raskaampaa kertoo suoritusten vaatimusten eroista hengitys- ja verenkiertoelimistölle. Taakanpaino tai liivin muoto eivät kuitenkaan rajoittaneet submaksimaalisessa suorituksessa hengityslihasten toimintaa (Tikkanen & Peltonen 2001).

Aikaisempien tutkimusten tulosten valossa voidaan kuitenkin todeta kasvaneen taakan nostavan energiankulutusta. Orr (2014), että energiankulutus kasvaa taakan painon kasvaessa. Samoin käy kun nopeus kasvaa, 0,5 km/h nopeuden lisäys tunnissa aiheuttaa samanlaisen kasvun energiankulutuksessa kuin 10 kilogramman taakan lisäys. Yhden prosentin kasvu kulmassa juoksumatolla tai maastossa vastaa myös 10 kilogramman taakan lisäystä. Tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat näiden aiempien tutkimusten havaintoja.

8.3 Tulosten luotettavuuden ja yleistettävyyden tarkastelu

Tutkimuksessa käytettiin lähdemateriaalina kansainvälisiä sekä kotimaisia tutkimuksia ja kirjallisuutta. Tutkimukset pyrittiin valitsemaan vain tunnettujen julkaisujen julkaisemista artikkeleista ja tiivistelmistä. Ulkomaiset tutkimukset koostuivat pääasiassa erilaisten taakankantotestien ja sotilaiden fyysiseen toimintakykyyn keskittyneistä tutkimuksista. Kotimaiset lähteet sisälsivät liikuntatieteiden ammattilaisten tuottamaa materiaalia.

Tutkimuksen luotettavuudella tarkoitetaan tutkimuksen toistettavuutta eli saadaanko samat tulokset toistamalla tutkimus. Luottavuuden käsitteeseen voidaan sisällyttää myös oletus tutkimuksen tarkkuudesta, riippumattomuudesta ja tasapuolisuudesta (Morrow ym. 2011, 88).

Tässä tutkimuksessa käytetyt fyysisen kunnan mittausmenetelmät ovat laajasti käytössä niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Fyysisen kunnan testit suoritettiin puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirjan, kuntotestauksen käsikirjan sekä liikuntatieteiden ammattilaisten ohjeiden mukaan (Hynynen 2014, Kyröläinen 2014, Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja, Kuntotestauksen käsikirja). Kaikki testit toteutettiin puolustusvoimien testaajakoulutuksen saaneiden ja testeihin rutinoituneiden henkilöiden toimesta. Tutkija ja testaajat ovat myös aiemmin perehtyneet maksimaalisten isometristen voimatestien vastaanottamiseen, maksimaalisten juoksumattotestien sekä kehonkoostumuksen mittaamiseen. Tutkimuksen käytetyt mittausmenetelmät on esitetty tarkasti tämän tutkimuksen luvussa 6.

Laktaattimittausten toteutus maksimaalisten taakankantotestien aikana oli erittäin vaikeaa koehenkilöiden käsien liikkeistä johtuen. Tämän vuoksi laktaattimittauksen ajankohdat vaihtelivat hieman. Kaikki mittaukset eivät onnistunut ensimmäisellä kerralla, tällöin mittaus uusittiin välittömästi. Tuohon uusimiseen kului kuitenkin aina vähintään minuutti. Laktaatti arvot eivät kuitenkaan tilastollisesti eronneet toisistaan, eikä niissä havaittu koehenkilöiden välillä poikkeuksia, joten voidaan olettaa mittausten olevan riittävän tarkkoja antamaan oikean mittaustuloksen.

Kahdella koehenkilöllä juoksumatto lakkasi toiminnasta maksimaalisen aerobisen hapenotto-testin ensimmäisen 5-10 minuutin aikana, jolloin koehenkilöt joutuivat kävelemään 5-10 minuuttia enemmän kuin muut koehenkilöt. Vian ilmettyä koehenkilöt ohjattiin istumaan ja lepäämään korjauksen ajaksi. Hengityskaasujen mittaus keskeytettiin ja käynnistettiin uudelleen, kun korjaukset juoksumattoon oli tehty.

8.4 Johtopäätökset ja käytännön merkitys

Tutkimuksen tärkeimpinä johtopäätöksinä tutkimuksesta ovat seuraavat:

1. Ylävartalon maksimaalinen voimataso ja maksimaalinen hapenottokyky ovat taakankantamisessa merkittävimpiä ominaisuuksia.
2. Rasvattoman massan määrä ja sotilaan fyysinen koko ovat merkittäviä ominaisuuksia taakankantotehtävässä.
3. Maksimaalinen hapenottokyky on hyvä muuttuja arvioitaessa taakankantokykyä, mutta kehonpainoon suhteutettuna se ei välttämättä toimi arvioitaessa taakankantokykyä.
4. Kehon painon, rasvaprosentin sekä painoindeksin käyttämistä suorituskykyä arvosteltaessa tulee välttää, sillä tulokset eivät välttämättä ole yhteydessä suorituskykyyn.
5. hengitys- ja verenkiertoelimistön kuormitus ei nouse kummallakaan varustuksella niin suureksi, että se johtaisi nopeaan uupumukseen submaksimaalisessa suorituksessa.

Taakan kantaminen kuormittaa elimistöä hengitys- ja verenkiertoelimistön osalta, sen maksimaalisen suorituskyky ei kuitenkaan ole suoritusta rajoittava tekijä submaksimaalisissa suorituksissa. Voimaominaisuuksien merkitys on tutkimustulosten mukaan merkittävämpi tekijä suoritusten loppuaikoja vertailtaessa. Voimaominaisuuksien osalta yläraajojen maksimivoiman osuus on merkittävä, ja alaraajojen osuus hieman pienempi. Tutkimus osoittaa, että koehenkilöt, joiden penkkipunnerrustulokset ylittävät yli 890 N voiman sekä maksimaalinen hapenottokyky oli yli $4170 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$, pärjäsivät taakankantotesteissä parhaiten.

Maksimaalisen hapenoton ilmoittaminen absoluuttisena arvona ennustaa paremmin taakankantokykyä kuin suhteellinen arvo. Käytännössä kuitenkin absoluuttisen arvon ilmoittaminen on haasteellista ilman suoraa aerobista mittausta. Kehonpainoon suhteutetut arvot on helppo rinnastaa muun muassa Cooperin-testiin tai muuhun epäsuoraan mittaukseen. Kun tarkastellaan tutkijan määrittämää $4170 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}$ arvoa ja tarkastellaan tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden minimi-, maksimi- ja keskipainoa voidaan hieman suhteuttaa mihin absoluuttinen arvo voidaan rinnastaa. Koehenkilöiden kevyin painoi $55,3 \text{ kg}$ jolloin hänen suhteutettu

maksimaalinen aerobinen suorituskyky olisi $75 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$. Raskain koehenkilö painoi 90,9 kg ja hänen suhteutettu arvo olisi $45 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$. Keskipainoon 77,9 kg suhteutettu arvo olisi $53 \text{ ml}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$. Tarkasteltaessa taakankantotestien loppuaikoja painavin koehenkilö suoriutui kummassakin testissä paremmin kuin kevyin koehenkilö. Taisteluvälinevarustuksessa loppuaikojen väliset erot olivat minuutti 37 sekuntia ja partiovarustuksessa kaksi minuuttia ja kolme sekuntia.

Suhteellista hapenkulutuksen arvoa ei tule käyttää arvioitaessa sotilaiden taakankantokykyä. Aselajeissa joissa taakankantokyky on korostuneessa roolissa, tulisi kiinnittää huomiota enemmän sotilaiden kokonaisvaltaiseen fyysiseen suorituskykyyn. Sotilaiden kohtuullista aerobista suorituskykyä voidaan kompensoida hyvillä maksimi-, kesto-, ja perusvoimaominaisuuksilla. Kehonkoostumuksen arvioinnissa ei tule arvioida rasvaprosenttia, painoindeksiä tai painoa vaan pituutta ja rasvattoman massan riittävää määrää. Kehonkoostumusta voidaan käyttää myös jakamaan sotilaita sopiviin tasoryhmiin siten, että pituuserot eivät kasva ryhmissä liian suuriksi.

Puolustusvoimissa taakankantotehtävät kuuluvat uudistetun taistelutavan myötä kaikille taisteleville joukoille yhä enemmän ja enemmän. Tämän takia puolustusvoimien fyysisen kunnan harjoittelussa pitäisi keskittyä yhä enemmän voimaharjoitteluun. Peruskoulutuskauden liikuntakoulutuksen rakenteeseen tulisi ehdottomasti lisätä perusvoimaharjoittelun aloituspaketti ja vähentää palloilukoulutuksen osuutta. Vapaa-ajanliikunnan osalta palloilua tulisi edelleen tukea ja mahdollistaa myös sen harrastaminen esimerkiksi erilaisina alku-, loppu-, tai taukoverryttelyinä. Erillisinä koulutuksina sitä ei tulisi opettaa liikuntakoulutuksessa. Lyhyen palvelusajan puitteissa olisi tärkeämpää harjoitella voimaharjoittelun perusteet kuin palloilun perusteet.

Kestävyysharjoittelua osana puolustusvoimien liikuntakoulutusta ja fyysisen toimintakyvyn kehittämistä ei tule myöskään vähätellä. Maksimaalisen hapenoton arvon tulee kuitenkin olla riittävä tämänkin tutkimuksen tulosten mukaan. Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun on kuitenkin havaittu kehittävä fyysistä toimintakykyä ja taakankantokykyä enemmän, kuin pelkän aerobisen- tai voimaharjoittelun (Knapik ym. 2012). Peruskoulutuskauden fyysisen toimintakyvyn kehittäminen tulisi keskittyä pääsääntöisesti perusvoimaharjoittelun teknisten taitojen ja perusteiden opetteluun ja aerobisten harjoitusten tekemiseen. Kaikki muut koordinaatiota, lihaskestävyyttä, taitoa ja muita fyysisiä ominaisuuksia kehittävät harjoitukset tulevat osana sotilaskoulutusta joka on myös fyysisesti haastavaa. Oheiskoulutuksien ja erilaisten

taukoliikuntamuotojen kehitystä perusyksiköissä tulisi tukea. Liikuntaan ja fyysisen toimintakyvyn kehittämiseen on käytössä liian vähän varattua aikaa. Aika liikunnalle on haettava, kun siihen on mahdollisuus. Mikroharjoittelun on todettu kehittävän fyysistä kuntoa yhtä tehokkaasti kuin perinteisen harjoittelun, vaikka sitä tehtäisiin sama määrä viikossa jaettuna lyhyempiin osiin Kilen (2014). Taugoliikunta voidaan nähdä mikroharjoitteluna, jota tulisi ehdottomasti kehittää. Taugoliikunnan ja oheisliikunnan merkitystä tulisi korostaa niin henkilökunnan kuin myös varusmiesten koulutuksessa. Sillä voidaan osin korvata hyötyliikunnan vähenemisen aiheuttamaa liikuntavajetta ja tuoda fyysisen toimintakyvyn kehittäminen osaksi jokapäiväistä koulutusta.

Tutkimuksen teon aikana tuli esille useita jatkotutkimustarpeita. Tätä tutkimusta tulisi jatkaa kasvattamalla taakkaa 45 kg taakasta vielä aina 55 – 60 kg taakoihin, joita sotilaiden on opeeraatioissa havaittu säännöllisesti kantavan. Submaksimaalisessa kuormituksessa ei havaittu lähes ollenkaan merkittäviä eroja tämän tutkimuksen kuormien välillä. Seuraavassa tutkimuksessa tulisikin löytää sellainen maksimaalinen kuorma, jonka fyysinen kuorma kasvaa niin valtavaksi, että taakankantoa ei voida jatkaa. Tuloksella olisi merkitystä taistelevien joukkojen tehtävien suunnittelun ja toteutuksen kannalta. Tällöin jo suunnitteluvaiheessa voidaan todeta joidenkin tehtävien olevan fyysisesti mahdottomia tai vastaavasti voidaan todeta niiden olevan toteutuskelpoisia taakasta huolimatta.

Tehtyjen tutkimusten valossa sotilaiden kuormittumista erilaisissa tehtävissä käyttäen hengityskaasuanalysaattoria tulisi jatkaa. Tutkimusten asetelmat voisivat hyvin olla samankaltaisia kuin tämän tutkimuksen. Ensin suoritettaisiin fyysisen toimintakyvyn mittaukset ja tämän jälkeen mitattaisiin sotilaiden kuormittumista valitussa tehtävässä. Porin prikaatissa oleva kannettava hengityskaasuanalysaattori mahdollistaisi muun muassa taistelevien joukkojen ryhmän hyökkäyksen, irtautumisen tai vaikka evakuoititehtävän kuormittumisen analysoinnin. Suoritus voitaisiin tehdä simuloituna, jolloin rata tai suoritus olisi vakioitu sää- ja ilmanpaineolosuhteiltaan tai sitten suorituksia voisi mitata autenttisissa olosuhteissa esimerkiksi ampumaharjoituksen tai taisteluharjoituksen aikana.

Eryteisesti taistelijan kuormittuminen uudistetun taistelutavan mukaisesti toteutetussa joukkueen ylläkössä tai hyökkäyksessä olisi mielenkiintoista selvittää. Mittaus voitaisiin toteuttaa osana erikois- tai joukkokoulutuskauden taistelu- tai ampuharjoitusta, jossa joukko toistaa samaa suoritusta useammin kuin kerran. Pihlainen ym. (2014) selvittivät tutkimuksessaan sotilaan kuormittumista muun muassa poteron kaivamisen, taakankannon ja tykistön tu-

liasematoiminnan yhteydessä. Puolustusvoimia tämän kaltaiset tutkimukset auttavat parhaiten kun ne toimivat lajianalyyseinä. Lajianalyyseillä eri aselajeista mahdollistetaan aselajeille paras mahdollinen tieto niiden tehtävien aiheuttamasta kuormittumisesta sotilaan fyysiselle toimintakyvylle. Tällöin koulutusta ja fyysistä harjoittelua voitaisiin räätälöidä yhä paremmin sopimaan aselajien tarpeisiin. Puolustusvoimissa tulisi kehittää fyysistä harjoittelua yhä enemmän aselajeittain, jotta koulutus olisi mahdollisimman tehokasta. Vanha valmennusopillinen viisaus sanookin seuraavaa: *”se mitä harjoitellaan myös kehittyy, juoksemalla ei tulla painonnostajaksi.”*

LÄHTEET:

Ahtiainen, J. 2004. Teoksessa: Kuntotestauksen käsikirja / päätoimittajat: Keskinen, K. Häkinen, K. Kallinen, M. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura, 2004 - (Liikuntatieteellisen seuran julkaisu, ISSN 0356-746X; nro 156)

Astrand, I. 1967, Degree of strain during building work as related to individual aerobic work capacity, *Ergonomics*, 10, 293 - 303.

Asmussen, E. 1979. Muscle fatigue. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11:313-321.

Beekley, M. Jonathan, ALT, Buckley, M. Duffey, M. Crowder, T. 2007. Effects of Heavy Load Carriage During Constant-Speed, Simulated Road Marching. *Military Medicine*; Jun 2007; 172, 6; Pro quest Central Pg 592

Bigland-Ritchie, B. Jones, D. Hosking, G. Edwards, R-T. 1978. Central and peripheral fatigue in maximum voluntary contraction of human quadriceps muscle. *Clinical Science and Molecular Medicine* 54: 604-614.

Bigland-Richie, B. & Woods, JJ. 1984. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. *Muscle & Nerve* 7 (9): 691-699.

Bink, B. 1962, The physical working capacity in relation to working time and age, *Ergonomics*, 5, 25 - 28.

Bilzon, J. Allsopp, A. Tipton, M. 2001. Assesment of physical fitness for occupations encompassing load-carriage tasks. *Occupational Medicine*. Vol 51. No. 5, p. 357-361.

Blacker S, Fallowfield J, Bilzon J, Willems M. 2010 Neuromuscular function following prolonged load carriage on level and downhill gradients. *Aviation Space and Enviromental Medicine*, 2010; 81: 745-753

Central intelligence Agency US. (<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/af.html>, viitattu 20.6.2014)

Crowder, T. Beekley, M. Sturdivant, R. Johnson, C. Lumpkin, A. 2007. Metabolic effects of soldier performance on a simulated graded road march while wearing two functionally equivalent military ensembles. *Military Medicine*. Jun. 172(6):596-602

Denadai, B. Greco, C. Tufik, S. De Mello, M. 2007. Effects of high intensity running to fatigue on isokinetic muscular strength in endurance athletes. *Isokinetics and Exercise Science* 5, 281-285.

Dean, C. 2004. The Modern Warrior's Combat Load, Dismounted Operations in Afghanistan. U.S. Army Center for Army Lessons Learned, US Army Research, Development and Engineering Command, Natick Soldier Center, Natick.

Drain, J. Orr, R. Billing, A. Billing D. 2012. Load Carriage Capacity of the Dismounted Combatant- A Commander's Guide. Human Protection and Performance Division Defence Science and Technology Organisation. Australian Government Department of Defence (<http://www.dsto.defence.gov.au/sites/default/files/publications/documents/DSTO-TR-2765.pdf>)

Enoka, R. 1994. *Neuromechanical Basis of Kinesiology*. Champaign (IL): Human Kinetics, 1994. ISBN 0-87322-665-8.

Enoka, R. 2008. *Neuromechanics of Human Movement*. Human kinetics. Champaign, IL : Human Kinetics, 2008. ISBN 9780736066792

Epstein, Y. Rosenblum, J. Burstein, R. Sawka, M. 1988. External load can alter energy cost of prolonged exercise. *European journal of applied physiology and occupational physiology*. 1988; 57: 243-7.

Epstein Y, Yanovich R, Moran DS, Heled Y. 2012. Physiological employment standards IV: in-tegration of women in combat units physiological and medical considerations. *European journal of applied physiology*. 2013 Nov;113(11):2673-90. Epub 2012 Dec 14.

Euroopan unioni. European Training Mission in Mali. (<http://www.eutmmali.eu>, viitattu 20.6.2014)

Fallowfield, J. Blacker, S. Willems, M ET. Dawey, T.Layden, J. 2012. Neuromuscular and cardi-ovascular responses of Royal Marine recruits to load carriage in the field. *Applied Ergonomics* 43 (2012)

Falls, H. Humphrey, L. 1976. Energy cost of running and walking in young women. *Medicine Science in Sports*, 8: 9-13.

Finlex.: laki puolustusvoimista,

11.5.2007/551(<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070551>, viitattu 09.03.2015)

Goldman, R. Iampietro, P. 1962. Energy cost of load carriage. *Journal of Applied Physiology*, 29: 570-572.

Guyton, Arthur C. ; Hall, John E. 2006. *Textbook of medical physiology*. Philadelphia (Pa.): Elsevier Saunders.

Grenier, J. Millet, Peyrot, N. Samozino, P. Oullion, R. Messonier, L. Morin J. 2012. Effects of extreme-duration heavy load carriage on neuromuscular function and locomotion: a military-based study. *PLOS One*. Volume 7 / Issue 8 /e43586

Harman, E, Frykman P. 1990. *The Relationship Of Body Size And Composition To The Performance Of Physically Demanding Military Tasks*. Institute of Medicine (US) Committee on Military Nutrition Research; Marriott BM, Grumstrup-Scott J, editors. Washington (DC): National Academies Press (US)

Harman, E. Han, K H. Frykman, P. Pandorf, C. 2000. Load-speed interaction effects on the biomechanics of backpack load carriage. In: *RTO Meeting Proceedings 56: Soldier Mobility: Innovations in Load Carriage System Design and Evaluation*, Kingston, Canada, Research and Technology Organisation/North Atlantic Treaty Organization

Harman, E. Gutekunst, D. Frykman, P. Sharp, M. Nindl, B. Alemany, J. Mello, R. 2008. Prediction of Simulated Battlefield Physical Performance from Field-Expedient Tests. *Military Medicine*; Jan 2008; 173, 1; ProQuest Central pg. 36

Hartikainen, E. 2012. Vaikuttaminen maavoimien uudistetussa taistelutavassa. Sotilasajka-
kausilehti. 2012. Marraskuu. ISSN 0038-1675. Julkaisija Upseeriliitto ry. www.upseeriliitto.fi

Huttunen, M. Kostianen, K. Lalu, P. Nisula, K. Tähtinen, J.

Taistelun kuva muutoksessa - taistelukentästä taistelutilaan. Helsinki : Maanpuolustuskorkea-
koulu, 2009. - (Julkaisusarja / Maanpuolustuskorkeakoulu, taktiikan laitos. 2/2009).

Hynnen, E. 2014. Keskustelu Jyväskylän yliopistolla 27.5.2014.

Inbody.(<http://www.inbody.fi/luotettavuus>, viitattu 20.6.2014)

Kauranen, K. Nurkka, N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveydenhuollon ammattilaisil-
le. Liikuntatieteellinen Seura ry. ISBN 978-951-8982-81-7, ISSN 0356-746X.

Keskinen, K. 2007. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa: Mero, A. Num-
mela, A. & Keskinen, K. Urheiluvalmennus. 2 painos Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy

Kilen, A. 2014. Is “micro-training” an efficient training-paradigm? – a pilot study. Danish
Armed Forces health services center for physical training and education. Esitys: 3rd Interna-
tional Congress on Soldiers’ Physical Performance kongressissa. Materiaali tutkijan hallussa.

Kobus, D. Brown, C. Wu, L. 2010. Cognitive Performance and Physiological Changes under
Heavy Load Carriage. Pacific Science and Engineering Group 9180 Brown Deer Road
San Diego, CA 92121. Office of Naval Research, Code 30 Arlington, VA 2202-1995. Materi-
aali tutkijan hallussa.

Koerhuis, C. Veenstra, B. van Dijk, J. Delleman, N. 2009. Predicting Marching Capacity
While Carrying Extremely Heavy Loads. Military Medicine, 174, 12:1300, 2009

Kokko, J. 2008. vertaileva tutkimus taisteluväestöjen fyysisestä kuormittavuudesta. Pro
gradu. Maanpuolustuskorkeakoulu.

Kouluttajan opas 2006. Pääesikunta / koulutusosasto. Helsinki.

Kuparinen, P. 2012. Tiedustelu maavoimien uudistetussa taistelutavassa. Sotilasaikakauslehti. 2012. Marraskuu. ISSN 0038-1675. Julkaisija Upseeriliitto ry. www.upseeriliitto.fi

Knapik, J. Johnson, R. Ang, P. Meisselman, H. Bense, C., Johnson, W. Flynn, B. Hanlon, W. Kirk, J. Harman, E. Frykman, P. Jones, B. (1993). Road marching performance of special operations soldiers carrying various loads and load distributions. Technical Report T14-93, United States Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, USA

Knapik, J. Ang, P. Meisselman, H. Johnson, W. Kirk, J. Bense, C. Hanlon, W. 1997. Soldier performance and strenuous road marching: influence of load mass and load distribution. *Military Medicine*. 1997 Jan;162(1):62-7

Knapik, J. Reynolds, K. Harman, E. 2004. Soldier Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical, and Medical Aspects. *Military Medicine*; Jan 2004; 169.

Knapik, J. Harman, E. Steelman, R. Graham, B. 2012. A Systematic Review of the effects of Physical Training on Load Carriage Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* Issue: 26(2), February 2012, pp 585-597

Kyröläinen, H. Santtila, M. Hämäläinen, H. Koski, H. Mäntysaari, M. Karinkanta, J. 2004. Partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Edita Prima. Helsinki.

Kyröläinen, H. Santtila, M. 2010. Teoksessa: Toimintakykyä kehittämässä: Jarmo Toiskallion juhlakirja = Military pedagogical reflections / Juha Mäkinen & Juha Tuominen (toim.). Helsinki : Maanpuolustuskorkeakoulu. - (Julkaisusarja / Maanpuolustuskorkeakoulu, Johtamisen ja sotilaspedagogiikan laitos

Kyröläinen, H. Santtila, M. Hämäläinen, H. Koski, H. Mäntysaari, M. Karinkanta, J. 2004. Pitkäkestoisen partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Helsinki. Maanpuolustuskorkeakoulu. ISBN 951-25-1568-7.

Kyröläinen, H. 2004. Teoksessa: Kuntotestauksen käsikirja / päätoimittajat: Kari L. Keskinen, Keijo Häkkinen, Mauri Kallinen ; [sanasto, hakemisto: Jyrki Aho]. Helsinki : Liikuntatieteellinen seura, 2004 - (Liikuntatieteellisen seuran julkaisu, ISSN 0356-746X; nro 156)

Kvanti mot. (<http://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/regressio/analyysi.html>, viitattu 9.3.2014)

Lindholm, H. Rintämäki, H. Rissanen, S. Simonen, R. Mäkinen, T. Kyröläinen, H. Holsen, M. Mäntysaari, M. Nyman, K. Heinonen, T. Virtala, M. Pihlainen, K. Santtila, M. 2011. Sotilas kuumassa – Toimintakyvyn turvaaminen sekä seulontamenetelmän kehittäminen. Loppuraportti. 1 Työterveyslaitos, 2 Jyväskylän yliopisto, liikuntabiologian laitos, 3 Sotilaslääketieteen keskus, 4 Maanpuolustuskorkeakoulu, 5 Porin Prikaati, 6 Pääesikunta, henkilöstösasto ISBN: 978-951-25-2300-9 Juvenes Print – Tampereen yliopistopaino Oy Tampere 2012

Lyons, J. Allsopp, A. Bilzon, J. 2005. Influences of body composition upon the relative metabolic and cardiovascular demands of load-carriage. *Occupational-Medicine-Oxford,-England*. 2005 Aug; 55 (5): 380-4.

Marshall, S.L.A. (1950). The Soldier's load and the mobility of a nation.

McCaig, R. Gooderson, C. 1986. Ergonomic and physiological aspects of military operations in a cold wet climate. *Ergonomics*, 29(7): 849-857.

McArdle, William D. ; Katch, Frank I. ; Katch, Victor L. 2007 *Exercise physiology : energy, nutrition, and human performance* / William D. McArdle, Frank I. Katch, Victor L. Katch. Philadelphia, PA : Lippincott Williams & Wilkins.

Mero. A. 2007. Teoksessa: *Urheiluvalmennus*. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Millet, G. Lepers, R. 2004. Alterations of neuromuscular function after prolonged running, cycling and skiing exercises. *Sports Medicine* 34, 2, 105-116.

Morrow, JR. Jackson, A. Disch, J. Mood, D. 2011. *Measurement and Evaluation in Human Performance. Fourth Edition. Champaign, IL : Human Kinetics, cop. 2011. ISBN 9780736090391, ISBN 0736090398*

Niemi, J. 2009. Isometrisen maksimivoiman yhteys lihaskuntoon ja kestävyYTEEN. Pro gradu. Maanpuolustuskorkeakoulu

Nienstedt, W. 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia Porvoo ; WSOY, 1999. ISBN 951-0-23265-3 (sid.), ISBN 951-0-26962-X (sid.).

Nindl, B. Castellani, J. Warr, B. Sharp, M. Henning, P. Spiering, B. Scofield, D. 2013. Physiological Employment Standards III: physiological challenges and consequences encountered during international military deployments. European journal of applied physiology. (2013.) 113:2655–2672, DOI 10.1007/s00421-013-2591-1

Nummela, A. 2004. Teoksessa: Kuntotestauksen käsikirja / päätoimittajat: Kari L. Keskinen, Keijo Häkkinen, Mauri Kallinen ; [sanasto, hakemisto: Jyrki Aho]. Helsinki : Liikuntatieteellinen seura, 2004 - (Liikuntatieteellisen seuran julkaisu, ISSN 0356-746X; nro 156)

Nummela, A. 2007. Urheiluvalmennus. VK-kustannus Oy. Gummerus kirjapaino Oy, Jyväskylä.

Nurmela, T. 2007. Sotilaallisen kriisinhallintajoukon taistelutilaan vaikuttavat tekijät. Maanpuolustuskorkeakoulu, Taktiikan laitos, julkaisusarja 2, Edita PRIMA OY, Helsinki.

Obusek, J. Harman, E. Frykman, P. Palmer, C. Bill, S. 1997. The Relationship of Backpack Center of Mass Location To The Metabolic Cost of Load Carriage. Medicine & Science in Sports & Exercise Issue: Volume 29(5) Supplement, May 1997, p 205

Orr, R. 2014. "Load Carriage: An integrated risk management approach." 3rd International Congress on Soldiers' Physical Performance. Boston. Aug. 2014. (http://epublications.bond.edu.au/hsm_pubs/797)

Pandolf, K. Givoni, B. Goldman, R. 1977. Predicting energy expenditure with loads while standing or walking very slowly . Journal of Applied Physiology 1977 ; 43 (3) : 577 – 81 .

Parkatti, V-P. 2012. Maavoimien taistelu uudistuu. Sotilasaikakausilehti. 9/2012. 9-14. AOpaino, Mikkeli

Passmore, R. Durnin, J. (1955). Human energy expenditure. *Physiological Review*, 35: 801-840.

Pihlainen, K. Santtila, M. Häkkinen, K. Lindholm, H. Kyröläinen, H. 2014. Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. *Military Medicine*, 179, 2:218, 2014

Porin prikaati. 2014. Tiedot perustuvat Porin prikaatin ohjeisiin, MEKJP:n tiedustelujoukkueen koulutuksesta sekä rotaatiokoulutuksesta käytetystä varustuksesta.

Puolustusvoimat. Internet sivut. (<http://www.puolustusvoimat.fi>, viitattu 20.1.2014/)

Puolustusvoimat. Maavoimien esikunta, Suunnitteluosasto. 2012. Maasodankäynti 2015 – Alueellisten joukkojen taistelu (Luonnos).

Puolustusvoimat. Maavoimien esikunta, Henkilöstöosasto. Jalkaväen joukkojen koulutus-
tasovaatimukset MK3717)

Puolustusvoimat. Pääesikunta, henkilöstöosasto. 2007. Puolustusvoimien liikuntastrategia 2007–2016. Helsinki: Edita Prima Oy.

Puolustusvoimat. Pääesikunta, henkilöstöosasto. 2011. Fyysisen toimintakyvyn perusteet. Määräys HH47 14.2.2011..

Puolustusvoimat. 2011. Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja. Edita Prima Oy.

Puolustusvoimat. PEJV-OS. PAK 03:11. Jalkaväen joukkojen ja niiden henkilöstön suoritus-
vaatimukset. Liite 02.01.

Quesada, P. Mengelkoch, L. Hale, R. Sheldon, S. 2000. Biomechanical and metabolic effects of varying backpack loading on simulated marching. *Ergonomics*, 2000, Vol . 43, No. 3, 293-309

Rodway, G. Muza, S. 2011. Fighting in Thin Air: Operational Wilderness Medicine in High Asia. *Operational And Tactical Medicine. Wilderness & Enviromental Medicine* 22, 297–303 (2011)

Optimizing Operational Physical Fitness. 2009 Rto Technical Report, TR-HFM-080. Final Report of Task Group 019. Published January 2009

Saarelainen, M. 2010. Kadetin liikunta aktiivisuuden kehittäminen Maanpuolustuskorkeakouluissa. Teoksessa: Pulkka, Antti-Tuomas. Orientaatiot, toimintakyky ja sitoutuminen : valinnoista ja mittaamisesta sotilaskoulutuksessa / Antti Pulkka-Tuomas. Helsinki : Maanpuolustuskorkeakoulu.

Saha, P. Datta, S. Banerjee, P. Narayne, G. 1979, An acceptable workload for Indian workers, *Ergonomics*, 22, 1059 ± 1071

Sagiv, M. Ben-Sira, D. Sagiv, A. Werber, G. Rotstein, A. 1994. Left ventricular response during prolonged treadmill walking with heavy load carriage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 1994; 26: 285–8.

Sawka, M. Burke, L. Eichner, E. Maughan, R. Montain, J. Stachenfeld, N. 2007. Exercise and fluid replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* Volume. 39(2), February 2007, pp 377-390

Sawka, M. Cheuvront, S. Kenefick, R. 2012. High skin temperature and hypohydration impair aerobic performance. *Experimental Physiology* 97:327–332

Suomenulkoasiainministeriö.

(<http://www.finland.org.af/public/default.aspx?nodeid=44060&contentlan=1&culture=fi-FI/>, viitattu 20.6.2014)

Thomas, J. Nelson, J. Research methods in physical activity 1996 Champaign, Ill. Human Kinetics, ISBN 0-88011-481-9.

Tikkanen, H. Peltonen, J. 2001 Liikunta ja keuhkot. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim*. 2001;117(6):639-646

Toiskallio, J. 1998. Sotilaspedagogiikan perusteet. Ykkös-Offset Oy, Vaasa.

Tuomi, J. Sarajärvi, A. 2002. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi Helsinki : Tammi. ISBN 951-26-4856-3 (nid.)

Vaara, J. Ohrankämmen, O. Vasankari, T. Santtila, M. Fogelholm, M. Kokkonen, E. Suni, J. Pihlajamäki, H. Mäntysaari, M. Häkkinen, A. Häkkinen, K. Kyröläinen, H. 2008. Reserviläisten fyysinen suorituskyky. Helsinki : Pääesikunta, henkilöstöosasto, koulutussektori, 2009

Vaara, J. 2013. Jalkaväkisotilaalta vaaditaan yhä kovempaa kuntoa. Sotilasaikakausilehti 1/2013; 54-55, AO-paino, Mikkeli.

Valkeajärvi, J. 2012. Uudistetun taistelutavan joukot, varustaminen ja joukkotuotanto. Sotilasaikakausilehti.10/2012. 9-14. AO-paino, Mikkeli

Vickers, R. 2009. Physical abilities and military task performance: a replication and extension. Naval Health Research Centre, Document no. 09-30. Defence Technical Information Available at: <http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?Location=U2&doc=GetTRDoc.pdf&AD=ADA515112>

Yhdistyneet kansakunnat. (<http://unifil.unmissions.org>, viitattu 20.6.2014)

Wilmore, J. Costill, D. 2004. Physiology of Sport and Exercise. Champaign (Ill.) : Human Kinetics, cop. 2004. ISBN 0-7360-4489-2