

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

MAAVOIMIEN TAISTELUN 2015 ASETTAMAT VAATIMUKSET MAKSIMAALISELLE HAPENOTTOKYLYLLE ALUEELLISEN TAISTELUOSASTON JALKAVÄKIJOUKOILLA

Kandidaatintutkielma

Kadetti
Samu Tanskanen

Merikadettikurssi 82
Merisotalinja

Maaliskuu 2015

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Merikadettikurssi 82	Opintosuunta Rannikkojoukko-opintosuunta
Tekijä Kadetti Samu Tanskanen	
Opinnäytetyön nimi Maavoimien taistelun 2015 asettamat vaatimukset maksimaaliselle hapenottokyvyllä alueellisen taisteluosaston jalkaväkijoukoilla	
Oppiaine, johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Maanpuolustuskorkeakoulun kurssikirjasto
Aika Maaliskuu 2015	Tekstisivuja 34 Liitesivuja 0
TIIVISTELMÄ <p>Vuonna 2012 puolustusvoimat julkaisi uudistavansa maavoimien taistelutavan. Maavoimien taistelu 2015 perustuu hallitsevien maastonkohtien pitämisen sijaan liikkuvaan taisteluun sekä tappioiden tuottamiseen. Puolustavien joukkojen taistelu muuttuu liikkuvammaksi ja sen myötä taistelijoiden fyysinen kuormittuminen saattaa lisääntyä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää asettaako maavoimien taistelu 2015 erilaiset vaatimukset alueellisen taisteluosaston taistelijan maksimaaliselle hapenottokyvyllä verrattuna perinteiseen taisteluun.</p> <p>Tutkimusmenetelmänä käytettiin laajennettua kirjallisuuskatsausta, jossa aineistona toimivat aikaisemmin aihealueesta tehdyt tutkimukset. Sotilas-, pelastus- ja urheilualan tutkimuksista saatua tietoa jäsenneltiin kokonaisuudeksi, joka vastaa asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Aineistona on käytetty sekä kansainvälisiä että kotimaisia tutkimuksia ja kirjallisuutta.</p> <p>Sotilaan fyysinen toimintakyky koostuu kolmesta osa-alueesta, jotka ovat voima, nopeus ja kestävyys. Hyvä kestävyyskunto on sotilaille pitkäaikaisen toiminnan ja nopean palautumisen mahdollistava ominaisuus. Maksimaalinen hapenottokyky (VO_2max) kuvaa ihmisen maksimaalista aerobista kapasiteettia. Se on hyvä kestävyyskunnan mittari myös sotilaille. Suomen puolustusvoimissa maksimaalista hapenottokykyä testataan 12-minuutin juoksutestillä.</p> <p>Tutkimuksessa taisteluiden kuormittavuutta arvioitiin kuuden kuormitustekijän avulla. Näitä ovat henkilökohtainen varustus, taistelutilan muokkaaminen, taistelu, liikemäärät, aika taistelussa sekä taistelukyvyyn palauttaminen. Maavoimien taistelussa 2015 taistelutilan muokkaaminen tai taistelussa oltu aika, ei näyttäisi lisäävän taistelijoiden kokonaiskuormitusta. Varustuksen keskipaino lisääntyy noin kolmella kilolla. Taistelutilanteet muuttuvat intensiivisimmiksi, koska taisteluun liittyvät irtautumiset yleistyvät. Liikemäärät kasvavat taistelutavan muuttuessa. Välimatkojen pidentyminen ja taistelutilan sirpaloituminen vaikeuttaa taistelijoiden huoltamista ja näin toimintakyvyn palauttaminen hidastuu.</p> <p>Tutkimus tuo esille, että Maavoimien taistelussa 2015 alueellisten jalkaväkijoukkojen taistelu on fyysisesti kuormittavampaa kuin perinteinen taistelutapa. Maavoimien taistelu 2015 edellyttäneenä taistelijoilta korkeampaa maksimaalista hapenottokykyä. Varmaa ja tarkkaa tulosta tämän tutkimuksen avulla ei kuitenkaan saatu, koska tutkimukseen ei sisällynyt käytännön mittauksia. Aiheesta tarvitaan lisää empiiristä tutkimustietoa.</p>	
AVAINSANAT Fyysinen toimintakyky, maksimaalinen hapenottokyky, VO_2max , maavoimien taistelu 2015	

MAAVOIMIEN TAISTELUN 2015 ASETTAMAT VAATIMUKSET MAKSIMAALISALLE HAPENOTTOKYLYLLE ALUEELLISEN TAISTELUOSASTON JALKAVÄKIJOUKOILLA

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TUTKIMUSONGELMA JA -MENETELMÄ.....	3
2.1	TUTKIMUSONGELMA.....	3
2.2	TUTKIMUSMENETELMÄ.....	4
3	SOTILAAN KESTÄVYSSUORITUSKYKY	6
3.1	ENERGIA-AINEENVAIHDUNTA	6
3.2	HENGITYS- JA VERENKIERTOELIMISTÖ	7
3.3	KESTÄVYSSUORITUSKYKY JA SIIHEN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT.....	9
3.4	SOTILAAN KESTÄVYSSUORITUSKYKY	12
4	MAKSIMAALINEN HAPENOTTOKYKY JA SEN TESTAAMINEN PUOLUSTUSVOIMISSA..	14
4.1	MAKSIMAALISEN HAPENOTTOKYVYN MITTAUSMENETELMÄT	14
4.2	MAKSIMAALISEN HAPENOTTOKYVYN YHTEYS SOTILAAN SUORITUSKYKYYN JA TERVEYTEEN	17
4.3	VAATIMUKSET HAPENOTTOKYVYLLE ERI SOTILASTYÖTEHTÄVISSÄ	18
4.4	MITTAUSMENETELMÄT SUOMEN PUOLUSTUSVOIMISSA JA MUISSA ASEVOIMISSA	20
5	PERINTEISEN TAISTELUTAVAN JA MAAVOIMIEN TAISTELUN 2015 EROT HAPENOTTOKYVYN VAATIMUSTEN NÄKÖKULMASTA	22
5.1	PERINTEINEN TAISTELUTAPA JA SEN KUORMITUSTEKIJÄT PUOLUSTUSTAISTELUSSA.....	22
5.2	MAAVOIMIEN TAISTELU 2015 JA SEN KUORMITUSTEKIJÄT PUOLUSTUSTAISTELUSSA.....	26
5.3	PERINTEISEN TAISTELUTAVAN VO ₂ _{MAX} VAATIMUKSET SEKÄ NIIDEN MAHDOLLISET MUUTOSTARPEET	28
6	POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	31

LÄHTEET

MAAVOIMIEN TAISTELUN 2015 ASETTAMAT VAATIMUKSET MAKSIMAALISALLE HAPENOTTOKYLYLLE ALUEELLISEN TAISTELUOSASTON JALKAVÄKIJOUKOILLA

1 JOHDANTO

Asevelvollisuuden perustuvassa maanpuolustusjärjestelmässä varusmiesten ja reserviläisten fyysisellä suorituskyvyllä on suuri merkitys (Kyröläinen & Santtila 2006). Maavoimien taistelu 2015 saattaa aiheuttaa fyysisen suorituskyvyn merkityksen kasvua. Liikuntapedagogisten tavoitteiden saavuttamisen merkitys varusmiespalveluksessa saattaa siis kasvaa. Jotta näihin haasteisiin kyettäisiin vastaamaan, on tärkeää luoda kuva siitä, kuinka paljon enemmän maavoimien taistelu 2015 rasittaa yksittäistä taistelijaa perinteiseen taisteluun verrattuna. Tämä vaatii sotilaan kestävyys- ja suorituskykyyn vaikuttavien kuormitusfysiologisten perusteiden tuntemista, maksimaalisen hapenottokyvyn liittämistä sotilaan suorituskykyyn, sekä näiden yhdistämistä perinteisen taistelun ja maavoimien taistelun 2015 viitekehukseen.

Sotilaan fyysinen toimintakyky koostuu kolmesta eri osa-alueesta, joita ovat voima, nopeus ja kestävyys (Kyröläinen & Santtila 2006, 230). Sotilastyöt jalkaväkijoukoissa ovat pääsääntöisesti pitkäkestoisia ja intensiteetiltään matalia. Tulevaisuuden operaatioissa sotilaan tulee lisäksi kyetä toimimaan aiempaa pidempiä jaksoja ilman lepoa sekä palautumaan nopeammin taisteluiden aiheuttamasta kuormituksesta (Kyröläinen & Santtila 2006, 228). Kestävyys- ja suorituskyvyllä on täten suuri merkitys sotilaan fyysisen toimintakykyyn. Yleistäen kestävyys- ja suorituskykyä voidaan pitää sotilaan fyysisen toimintakyvyn perustana, joka mahdollistaa pitkäaikaisen toiminnan, taistelutehtävien tehokkaan toteuttamisen sekä nopeamman palautumisen seuraavia taisteluita varten.

Maksimaalinen hapenottokyky kuvaa taistelijan kestävyys- ja suorituskyvyn tasoa. Asevelvollisten aerobinen suorituskyky ja välillisesti myös maksimaalinen hapenottokyky testataan Suomen puolustusvoimissa 12-minuutin juoksutestillä. Testi on todettu tutkimuksissa kohtalaisen luotettavaksi ja se on ennen kaikkea helppo toteuttaa suurille joukoille (Cooper 1968). Fyysisen toimintakyvyn perusteet normissa (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011) on määritetty maksimaalisen hapenottokyvyn ja 12-minuutin juoksutestin tavoitetasovaatimukset erilaisille

joukkotyypeille. Asetetut vaatimukset ovat perusta suunniteltaessa asevelvollisten fyysistä koulutusta sekä sodan ajan joukkoihin sijoittamista.

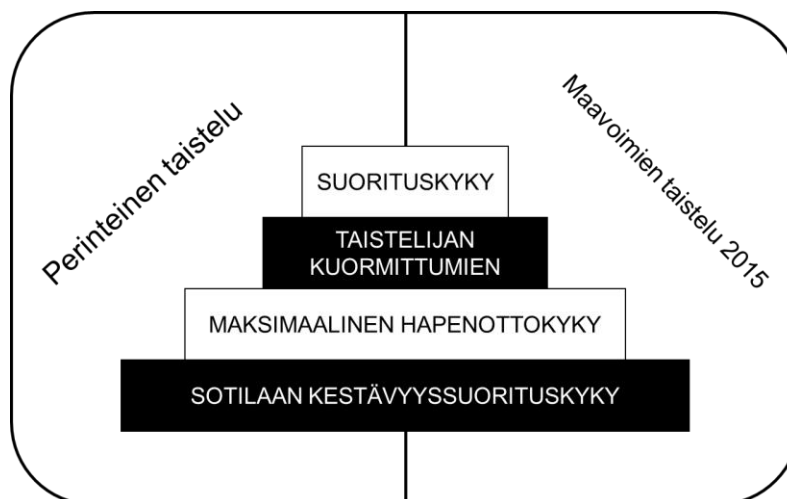
Varusmiespalveluksen aikaisen fyysisen koulutuksen tavoitteina ovat suorituskykyisten sotilaiden tuottaminen sodan ajan joukkoihin sekä elinikäisen liikuntakipinän sytyttäminen (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011). Liikuntakipinän sytyttäminen tukee myös sodan ajan tehtäviin sijoittamista varmistamalla fyysisen toimintakyvyn säilymisen varusmiespalveluksen jälkeen.

Vuonna 2012 puolustusvoimat julkaisi uudistavansa maavoimien taistelutavan sekä samalla pienentävänsä sodan ajan vahvuutensa 230 000 sotilaaseen. Suurin ero maavoimien taistelussa 2015 verrattuna aikaisempaan taistelutapaan, josta tässä tutkimuksessa käytetään nimitystä perinteinen taistelu, on tapa pysäyttää vastustajan liike. Perinteisessä taistelussa vastustaja pysäytettiin asemapuolustuksella pitämällä hallitsevat maastonkohdat. Maavoimien taistelussa 2015 vastustajan pysäyttäminen sen sijaan perustuu riittävien tappioiden tuottamiseen. Taistelutavan muutoksessa maavoimien joukot sitoutuvat taisteluihin entistä laajemmalla alueella. (Parkatti 2012.) Tällainen taistelu vaatinee taistelijalta yhä parempaa maksimaalista hapenottoa.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kirjallisuuskatsauksen avulla selvittää kuormittaako maavoimien taistelu 2015 alueellisen taisteluosaston jalkaväkijoukkojen hengitys- ja verenkiertoelimistöä enemmän kuin perinteinen taistelu. Lisäksi pyritään luomaan arvio siitä tarvitseeko nykyisiä kestävyys- ja suorituskyvyn vaatimuksia muuttaa.

2 TUTKIMUSONGELMA JA -MENETELMÄ

Tutkimus rakennetaan kestävyys- ja suorituskykyyn ja maksimaaliseen hapenottokykyyn liittyvän kansainvälisen sekä kotimaisen kirjallisuuden pohjalta. Teoriaa täydennetään aiheeseen liittyvällä ajankohtaisella tutkimustiedolla. Tutkimuksen teoria kyetään näin rakentamaan luotettavan ja ajankohtaisen tiedon perusteella. Teoriaa peilataan taistelijan kuormittumiseen ja suorituskykyyn taistelukentällä sekä perinteisessä taistelussa että maavoimien taistelussa 2015. Kuvassa 1 esitellään tutkimuksen viitekehys.



Kuva 1: Tutkimuksen viitekehys

2.1 Tutkimusongelma

Maavoimien taistelussa 2015 alueellisten joukkojen taistelutapa muuttuu merkittävästi. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on laajennetun kirjallisuuskatsauksen avulla selvittää, onko alueellisten jalkaväkijoukkojen fyysisen suorituskyvyn vaatimuksia tarpeen muuttaa, sekä luoda teoriapohjaa empiiriselle tutkimukselle samasta aihealueesta. Tutkimusongelma pyritään ratkaisemaan kolmen alakysymyksen avulla.

Pääkysymys:

Asettaako maavoimien taistelu 2015 erilaiset vaatimukset alueellisen taisteluosaston taistelijan maksimaaliselle hapenottokyvyllä verrattuna perinteiseen taisteluun?

Alakysymykset:

1. Mitä tarkoitetaan maksimaalisella hapenottokyvyllä, ja kuinka sitä testataan puolustusvoimissa?

2. Mitkä ovat kuormitustekijöiden erot taistelutavoissa alueellisen taisteluosaston jalkaväkijoukoilla?
3. Onko nykyisiä hapenottokyvyn vaatimuksia tarpeen muuttaa?

2.2 Tutkimusmenetelmä

Tämä tutkimus toteutetaan laajennettuna kirjallisuuskatsauksena, jossa aineistona toimivat aikaisemmin aihealueesta tehdyt tutkimukset. Tutkimus on laadullinen. Sotilas-, pelastus- ja urheilualan tutkimuksista saatua tietoa pyritään jäsentämään kokonaisuudeksi, joka vastaa tutkimuskysymyksiin. Aineistona on käytetty sekä kansainvälisiä että kotimaisia tutkimuksia ja kirjallisuutta. Aiheeseen liittyvää tutkimustietoa löytyy vähän. Tämä rajasi aineiston määrää ja lähes kaikki löydetty tutkimustieto otettiin mukaan. Löydettyä tietoa analysoidaan peilaamalla sitä perinteisen taistelun ja maavoimien taistelun 2015 kuormitustekijöihin. Käytetyt tutkimukset voi nähdä taulukosta 1. Viitekehyksen pohjina olevia perinteistä taistelua ja maavoimien taistelua 2015 määrittävä aineisto on lueteltu taulukossa 2.

TEKIJÄ(T)	OTSIKKO	JULKAISUVUOSI
Crowder ym.	Metabolic Effects of Soldier Performance on a Simulated Graded Road March while Wearing Two Functionally Equivalent Military Ensembles	2007
Deakin	Development and Validation of Canadian Forces Minimum Physical Fitness Standard (MPFS 2000)	2000
Deakin	Physical Fitness Maintenance Program	1999
Hitchcock ym.	Metabolic and thermoregulatory responses to a simulated American football practice in the heat	2007
Holewijn & Meeuwsen	Physiological Strain During Load Carrying: Effects of Mass and Type of Backpack	2000
Knapik	Physiological, Biomechanical and Medical Aspects of Soldier Load Carriage	2000
Kokko	Vertaileva tutkimus taisteluväestöjen fyysisestä kuormittavuudesta	2008

Lieberman	Cognition During Sustained Operations: Comparison of a Laboratory Simulation to Field Studies	2006
Lindholm ym.	Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskyky ja kuormituksen sekä kuormittumisen arviointi kenttäoloissa	2008
Lusa ym.	Läpäisyperiaatteella toimivan pelastajien savusukellustestiradan kuormittavuus, luotettavuus ja turvallisuus	2007
Matthew ym.	Effects of Heavy Load Carriage during Constant Speed, Simulated, Road Marching	2007
Pihlainen ym.	Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks	2014
Tharion & Moore	Effects of carbohydrate intake and load bearing exercise on rifle marksmanship performance	1993
Tomlin & Wegner	The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High intensity Intermittent Exercise	2001
Vaara ym.	Reserviläisten fyysinen suorituskyky 2008	2008

Taulukko 1

TEKIJÄ(T)	NIMI	JULKAISUVUOSI
Puolustusvoimat	Jalkaväen taisteluohjesääntö (JVO)	1995
Puolustusvoimat	Komppanian taisteluohje (KOTO)	2008
Parkatti	Maavoimien taistelu uudistuu (puolustusvoimien www-sivut, maavoimien artikkeli)	2012
Jyväskylän	Maavoimien muutos ja paikallisjoukot	2014
Puolustusvoimat	Jääkärikomppanian päällikön koulutusohje (luonnos)	2012

Taulukko 2

3 SOTILAAN KESTÄVYYSSUORITUSKYKY

Lihassolut tarvitsevat happea eritoten aerobisten suoritteiden aikana. Verenkierto, hengitys ja lihaskudoksen kyky käyttää happea näyttelevät keskeisintä osaa hapen saannissa ja käytössä. Tärkeimpiä osatekijöitä ovat keuhkohengitys, verenkierto sekä soluhengitys. Keuhkohengityksen ja sydämen minuuttitilavuus sekä soluhengitykseen liittyvä maitohappokynnys ja entsyymien aktiivisuus, vaikuttavat kaikki hapenkulutukseen tunnetussa kuormituksessa tietyllä sydämen sykintätiheydellä. (Rusko 1989, 26–27.) Sotilaan tärkeimmät ominaisuudet taistelukentällä ovat kestävyys ja kestovoima (Palvalin 1997). Erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistöllä on siis suuri merkitys sotilaan kestävyysuorituskykyyn.

3.1 Energia-aineenvaihdunta

Ihminen tarvitsee energiaa tehdäkseen lihastyötä. Energiaa saadaan adenotriposfaattiin (ATP) sitoutuneessa muodossa. Kaikki elimistön tarvitsema kemiallinen energia muodostetaan adenotriposfaatiksi ennen kun se voidaan käyttää lihastyöhön. ATP:tä täytyy työn aikana muodostaa jatkuvasti lisää, sillä lihaksien ATP-varastot ovat erittäin pienet. Kreatiinifosfaattivarastot, anaerobinen glykolyysi ja aerobinen pilkkominen sekä rasvojen pilkkominen ovat elimistön kolme päätapaa ylläpitää lihaksien ATP-varastoja lihastyön aikana. (Nummela 2007, 97.)

Nopeimmin ATP:tä uudistetaan kreatiinifosfaatista (KP) kreatiinikinaasientsyymillä katalysoimassa reaktiossa. ATP-varastojen kestäessä maksimaalisessa suorituksessa noin viisi sekuntia tyhjenevät KP -varastot vasta noin 30 sekunnin maksimaalisen suorituksen aikana, joskin niiden merkitys on suurimmillaan alle 10 sekuntia kestävässä suorituksissa. (Nummela 2007, 98.)

Glukoosi ja/tai glykogeeni hapettuu palorypälehapoksi ja siitä edelleen maitohapoksi anaerobisessa glykolyysissä. Anaerobinen glykolyysi on 10 kemiallisen reaktion sarja, jolla saadaan nopeasti käyttöön noin viisi prosenttia siitä ATP:stä, jonka elimistö voisi saada täydellisestä glukoosin hajottamisesta sitruunahappokierrossa (Krebsin sykli). Maitohapoista muodostunut laktaatti siirtyy pääasiassa sydänlihakseen tai maksaan, jossa siitä voidaan muodostaa jälleen glukoosia Corin syklissä, tai elimistö käyttää sen suoraan energiantuotannossa. Vain pieni osa laktaatista siirtyy verenkierrasta lihaksiin. (Nummela 2007, 98–99.)

Aerobisesti elimistö tuottaa energiaa Krebsin syklissä tai β -oksidatiossa. Glykolyysissä vapauttamaton energia vapautuu, kun siinä muodostunut palorypälehapo muuttuu hapen avulla asetyylikoentsyymi-A:ksi. Krebsin syklissä muodostuu vain pieni määrä ATP:tä. Tärkeimpänä tuotteena tässä reaktiossa ovat vetyionit, jotka muuttuvat elektroninsiirtoketjussa suureksi määräksi ATP:tä. β -oksidatiossa glyseroli ja rasvahapot muuttuvat hapen avulla asetyylikoentsyymi-A:ksi, joka siirtyy edelleen Krebsin sykliin. (McArdle ym. 2001, 137–153.)

3.2 Hengitys- ja verenkiertoelimistö

Sydän- ja verenkiertoelimistö toimivat elimistön kuljetusjärjestelmänä. Verenkierto toimittaa lihaksille niiden tarvitsemat ravintoaineet ja hapen. Verellä on myös merkityksensä lihastyössä muodostuvien aineiden kuten laktaatin ja hiilidioksidin kuljetuksessa (Niensted ym. 2004, 185).

Sydän on noin 300–350g painava ontto ja väsymätön nelionteloinen lihas. Sydän muodostuu kahdesta puoliskosta, joissa kummassakin on eteinen ja kammio. Sydämen tehtävänä on pumpata keuhkoissa hapettunut veri valtimoiden kautta joka puolelle kehoa ja toisaalta myös pumpata hapeton veri pieneen verenkiertoon keuhkoihin jälleen hapettumaan. Sydänlihaksen supistumisen käynnistää sinussolmuke. Sydämen toimintakiertoon kuuluu kaksi vaihetta: *systole* ja *diastole*. Sydämen taajuus eli syke on lepotilassa yleensä 60–80 lyöntiä minuutissa. (Alen & Rauramaa 2005, 40; Niensted ym. 2004, 186–187.)

Verisuonisto koostuu valtimoista, laskimoista sekä hiussuonista (*kapilaarit*). Valtimot muodostavat kehossa korkeapaineisen verkoston, jonka kautta ravinteikas happirikas veri pääsee virtaamaan joka puolelle kehoa. Kapilaareissa happensa esimerkiksi lihaksille luovuttanut veri siirtyy laskimoihin. Laskimoiden tehtävänä on palauttaa tämä ”käytetty” veri sydämen oikean puoliskon kautta keuhkoihin hapettumaan. Valtimoiden ja laskimoiden välissä toimivat edellä mainitut kapilaarit, joissa verestä luovutetaan happea, ravinteita ja hormoneita kohdekudokseen, kuten esimerkiksi lihakseen. Hiussuonet ovat avoinna verenkierrolle vain osan ajasta. Hiussuoniston käyttöä säätelevät *prekapilaarisfinkterit*. Näiden juuri ennen hiussuonia sijaitsevien sileiden lihassolujen muodostamien sulkijoiden tehtävänä on säädellä esimerkiksi lihaksiin virtaavan veren määrää. (McArdle ym. 2001, 306–314; Niensted ym. 2004, 217–218.)

Sykkeeseen, minuuttitilavuuden ja iskutilavuuden avulla voidaan tarkastella sydämen toimintaa. Sykkeellä mitataan yhden minuutin aikana tapahtuneiden supistusten määrää ja minuuttitila-

vuudella minuutin aikana sydämen kautta kiertänyttä verta. Iskuilavuus on yhden supistuksen aikana sydäimestä pumpattu verimäärä. Kuormituksen aikana sekä syketaajuudessa että minuuttitulavuudessa tapahtuu muutoksia. Syke kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen määrään. Saavutettuaan kuormituksen määräämään tason sydän siirtyy steady-state tilaan, ja syke ei enää muutu. Minuuttitulavuus kasvaa maksimaalisessa kuormituksessa jopa kaksinkertaiseksi verrattuna lepotilaan. Kuormittumisen aikana elimistö säätelee kapilaarien käyttöä siten, että työtä tekevä lihas saa enemmän verta kuin lepotilassa. Erittäin kovassa kuormituksessa jopa 80 prosenttia verenvirtauksesta saattaa ohjautua lihaksille. Kuormitus aiheuttaa muutoksia myös verenpaineeseen. Systolinen verenpaine kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymiseen, kun elimistöä kuormitetaan pitkäkestoisella suurilla lihaksilla kuormittavalla harjoituksella. Dynaamisella työllä ei ole kuitenkaan useimmiten vaikutuksia diastoliseen verenpaineeseen. Staattinen työ nostaa kuitenkin edellisestä poiketen diastolista verenpainetta. (Keskinen 2007, 87–95; McArdle ym. 2001, 349–350.)

Keuhkot (*pulmones*) muodostuvat yhteensä viidestä lohkokosta: oikea kolmesta ja vasen kahdesta. Jokainen lohko jakautuu edelleen kymmeneen segmenttiin (Niensted ym. 2004, 267). Keuhkojen tilavuus vaihtelee yksilöittäin neljästä kuuteen litraan. Hengityselimistöä avulla tapahtuvaa ulkoilman ja keuhkojen sisäisen ilman vaihtoa sanotaan keuhkotuuletukseksi (Niensted ym. 2004, 272). Lepotilassa ainoastaan sisäänhengityselimistö ovat toiminnassa, mutta jo keskiraskeassa työssä uloshengityselimistö merkitys kasvaa. Hengittäminen vaatii siis jo itsessään lihastyötä. (McArdle ym. 2001, 256–257.)

Keuhkokudos muodostuu pääosin keuhkorakkuloista (*alveoli*), joiden tehtävänä on kaasujen vaihdon toteuttaminen. Keuhkorakkuloita voi keuhkoissa olla jopa 300 miljoonaa. Kaasujen vaihto keuhkorakkuloissa perustuu kaasujen taipumukseen pyrkiä siirtymään suuremmasta osapaineesta pienempään. Tästä samasta syystä happi siirtyy alveoli-ilmasta vereen ja hiilidioksidi verestä alveoli-ilmaan. (Niensted ym. 2004, 278–279; McArdle ym. 2001, 256–257.)

Hapen kuljetus veressä tapahtuu pääosin hemoglobiinin avulla. Neljä peptidiketjua muodostaa hemoglobiinin eli verenpunan proteiinin osan. Keuhkotuuletuksessa vereen siirtyvä happimolekyyli liittyy yhteen tällaisessa proteiinin osassa olevaan rauta-atomiin. Pieni osa hapesta liukenee veren plasmaan. (Niensted ym. 2004, 283; McArdle ym. 2001, 275–276.) Hemoglobiini luovuttaa siihen sitoutuneen hapen kapillaareissa kohdekudokseen, jossa on pienempi hapen osapaine (Rusko 1989, 28).

Kehon kuormituessa myös hengityselimistön toiminnassa alkaa tapahtua akuutteja muutoksia. Kuormituksen lisääntyessä keuhkotuuletuksen määrä kasvaa samassa tahdissa kuin kuormituksen lisääntyminen. Lisäksi keuhkotuuletuksen kasvulla on suora yhteys elimistön energian kulutukseen. Keuhkotuuletuksen kasvu on epälineaarinen suhteessa hapenkulutukseen. Tämä on seurausta kuormituksen kasvamisesta johtuvasta laktaattipitoisuuksien nousemisesta veressä. Keuhkotuuletusta lisätään matalilla kuormitustasoilla pääasiassa hengitystilavuutta kasvattamalla hengitysfrekvenssin pysyessä lähellä lepotasoa. Kuormituksen noustessa kovaksi nousee myös hengitysfrekvenssi. (Keskinen 2007, 76–77; Rusko 1989, 30–31.)

Ihmiskehon rasituessa hengitys- ja verenkiertoelimistössä tapahtuu adaptaatiota pidemmällä aikavälillä (McArdle ym. 2001, 460). Pitkäaikaisen harjoittelun fysiologiset vaikutukset hengitys- ja verenkiertoelimistöön ovat sydämen iskutilavuuden kasvu, leposykkeen laskeminen, avO_2 -eron kasvu ja näistä kaikista johdannaisena oleva maksimaalisen hapenottokyvyn kasvu (McArdle ym. 2001, 465). Sydämen iskutilavuuden kasvu on kestävyysharjoittelun merkittävimpin adaptaatio. Myös sydämen kokonaistilavuus ja veren määrä elimistössä kasvavat. (McArdle ym. 2001, 473.) Kestävyysharjoittelu kasvattaa myös selkeästi mitokondrioiden määrää lihassoluissa, mikä osaltaan parantaa lihasten taloudellisuutta (McArdle ym. 2001, 465).

3.3 Kestävyysuorituskyky ja siihen vaikuttavat tekijät

Kestävyysuorituskyky jaetaan aerobisen peruskestävyyden, vauhtikestävyyden, maksimikestävyyden ja nopeuskestävyyden lajeihin (Nummela ym. 2007, 333). Kaikkia yli kahden minuutin suorituksia voidaan pitää kestävyysuorituksina, mutta kestävyiden luonne muuttuu huomattavasti suorituksen keston lisääntyessä kahdesta minuutista useaan tuntiin. Kestävyysuorituskyvyn osatekijöitä ovat suorituksen taloudellisuus, maksimaalinen hapenottokyky, aerobinen ja anaerobinen kynnys sekä anaerobinen kestävyys. (Rusko 1989, 151–155.) Kestävyysuorituskykyyn vaikuttavat myös ulkoiset tekijät, kuten lämpötila tai toimiminen vuoristo-olosuhteissa.

Suorituksen taloudellisuus kuvaa energiankulutusta suhteessa etenemisnopeuteen tai edettyyn matkaan (Rusko 1989, 154–155). Kun huippu-urheilijan suoritusta verrataan esimerkiksi harrasturheilijan suoritukseen, voidaan jo ilman tarkempia tutkimuksia havaita, kuinka paljon enemmän energiaa harrasturheilija kuluttaa (McArdle ym. 2001, 202). Tämä havainto perustuu puhtaasti suoritustekniikkaan. Suoritustekniikka on kuitenkin vain yksi suorituksen taloudellisuuden osatekijöistä. Muut suorituksen taloudellisuuteen vaikuttavat tekijät ovat biome-

kaanisia. Näitä ovat esimerkiksi harjoittelun seurauksena parantunut keuhkotuuletus sekä I- ja II-tyyppin lihassolujen suhde suorituksessa käytettävässä lihaksessa. (McArdle ym. 2001, 202–203.) Taloudellisuuteen vaikuttaa lisäksi huomattava määrä muita ulkoisia ja sisäisiä tekijöitä (Frederick 1985). Taloudellisuus on parhaimmillaan aerobisella kynnyksnopeudella. Tämän jälkeen nopeuden lisäys aikaansaadaan tekemällä työtä, joka vaatii suhteellisesti enemmän ponnisteluja (Rusko 1989, 155). Suorituksen taloudellisuudella on vaikutusta kaikissa kestävyden lajeissa.

Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttaa lihasten ja hengitys- ja verenkiertoelimistön kyky kuljettaa happea työskenteleviin lihassoluihin sekä lihasten kyky käyttää niihin kuljetettu happi energian tuottamiseen (Nummela 2004, 52). Keuhkojen toiminta aloittaa hapen kuljettamisen ulkoilmasta työskenteleville lihaksille. Hengityksen on todettu olevan yksi suorituskykyä rajoittavista tekijöistä sekä vähän liikkuvilla että normaalisti liikkuvilla ihmisillä hengityslihasten väsymiseen liittyen (Boutellier ym. 1992). Vaikka hengitys, hapenkuljetuskyky (hemoglobiini) sekä luurankolihasiin liittyvät tekijät ovat hapenottokykyä rajoittavia tekijöitä (Bassett & Howley 2000), on sydämen toiminnalla ja erityisesti iskutilavuudella kaikista suurin vaikutus ihmisen maksimaaliseen hapenottokykyyn (Hartley 1995, 78–79). Maksimaalinen hapenottokyky kuvaa lähinnä aerobista kestävyttä ja vaikuttaakin täten eniten peruskestävyyteen.

Aerobinen kynnys muodostuu suomalaisen määritelmän mukaan laktaattikynnyksen ja ensimmäisen ventilaatiokynnyksen yhdistelmästä. Aerobisen kynnyksen on määritetty olevan suurin energiankulutuksen taso, jolla laktaattia tuhoavat kudokset kykenevät tuhoamaan sitä niin paljon, etteivät laktaattitasot nouse yli lepotason. Elimistön happamuus ei muutu vielä tässä vaiheessa. Tämä johtuu siitä, että ihmiskeho kykenee kompensoimaan happamuuttaan bikarbonaatin avulla, joka johtaa veren CO₂-pitoisuuden kasvuun ja edelleen kasvaneeseen ventilaatioon. Anaerobinen kynnys, toiselta nimeltään respiratorinen kompensatiokynnys, on määritetty sellaiseksi energiankulutuksen tasoksi, missä veren laktaattipitoisuus ei kasva koko suorituksen ajan. (Nummela 2004, 52.) Anaerobista kynnystä pidetään sellaisena kuormitus-tasona, jolla ihminen kykenee toimimaan vielä pitkiäkin aikoja (McArdle ym. 2001, 291).

Anaerobisen kestävyuden merkitys on korkeimmillaan suuritehoisissa suorituksissa, joiden kesto on 10–90 sekuntia (Nummela 2004, 57). Anaerobinen kestävyys vaikuttaakin täten lähinnä ihmisen nopeus-, vauhti- ja maksimikestävyys – ei niinkään peruskestävyyteen. Anaerobinen kestävyys kuvaa laktista kapasiteettia (kyky sietää suuria maitohappopitoisuuksia ja

happamuutta), laktista tehoa (suuri maitohapon muodostusnopeus) sekä alaktista kapasiteettia ja tehoa (fosfageenivarastojen suuruutta ja niiden käyttönopeutta). Anaerobisesta kestävyyydestä voidaan puhua myös silloin, kun suoritusteho ylittää anaerobisen kynnyksen. Tällöin veren laktaattipitoisuus kasvaa koko harjoituksen ajan henkilön uupumukseen saakka. (Rusko 1989, 153.) Happivelan, maksimaalisen veren laktaattipitoisuuden ja happivajeen mittaamisella voidaan arvioida testattavan henkilön anaerobista kestävyyttä (Nummela 2004, 57).

Sekä ilman lämpötila että korkeus merenpinnasta vaikuttavat kestävyysuorituskykyyn. Vaikka suomalaista sotilasta pidetään yleisesti kylmän ilmanalan taistelijana, on otettava huomioon esimerkiksi kriisinhallintatehtävissä eteen tulevat muut ääriolosuhteet. Sotilaallisessa toiminnassa ääriolosuhteisiin siirtyminen voidaan joutua toteuttamaan niin nopeasti, että sopeutumiselle ei ole mahdollisuutta (Mäntysaari 2012, 63).

Korkealla vuoristossa hapen määrä hengitettävässä ilmassa vähenee huomattavasti. 2 300 metriin nouseminen ja siellä oleskelu vaati noin kahden viikon totuttautumista (McArdle ym. 2001, 614). Sopeutuminen eli akklimatisaatio tapahtuu, kun elimistö käynnistää fysiologisia ja kemiallisia mekanismeja, joiden tarkoituksena on parantaa hapen saantia ja kuljetusta (Tikkanen 2005, 234). Akklimatisaation seurauksena veren hemoglobiini nousee ja punasolujen määrä veressä kasvaa (McArdle ym. 2001, 603–615). Ihmiskeho ei kykene sopeutumaan vuoristoilmastoon kuitenkaan täysin, ja merenpinnan suoritustaso jää saavuttamatta akklimatisaatiosta huolimatta (Pandolf & Young 1995, 278–279). Korkealle nousemisen akuutteja vaikutuksia ovat maksimaalisen hapenottokyvyn lasku sekä äärimmäisissä tapauksissa vuoristotauti, joka voi laskea yksilön toimintakykyä huomattavasti (McArdle ym. 2001, 603–61). Vuoristoilmastosta johtuvan maksimaalisen hapenottokyvyn laskun vaikutukset suorituskykyyn ovat melko suuria. Esimerkiksi jo noin 3 000 metrissä maksimaalinen hapenottokyky voi laskea lähes 20 prosenttia (Pandolf & Young 1995, Fig. 27.5).

Ihmisen lämmönsäätelyyn lämpimissä olosuhteissa kestävyystyyppisten suoritusten aikana vaikuttaa aerobinen kunto, nesteytys sekä päällä oleva vaatetus (Pandolf & Young 1995, 271). Kuumissa olosuhteissa suurin kestävyysuorituskykyä laskeva tekijä on sydämen iskutilavuuden laskeminen (McArdle ym. 2001, 633–634). Iskutilavuuden laskiessa sydämen maksimaalinen minuuttitulavuus pienenee ja täten myös maksimaalinen hapenottokyky laskee. Akklimatisaation myötä veren plasmatilavuus kasvaa, jolloin sydämen minuuttitulavuus palaa ennalleen (Ilmarinen 2005, 229, kuva 4). Ihmiskeho kykenee ylläpitämään liikuntasuorituksen aikana ruumiinlämmön normaalilla tasolla jopa -30 °C lämpötilassa. Kylmä ilma ei siis laske

kestävyysuorituskykyä paitsi äärimmäisissä tapauksissa, jolloin kehon lämpötilaa joudutaan kuormituksenkin aikana ylläpitämään muilla keinoin. (McArdle ym. 2001, 626.) Ilmatieteenlaitoksen mukaan lämpötilat vaihtelivat vuonna 2013 Suomessa $-36,1\text{ °C}$ ja $+32,4\text{ °C}$ välillä. Voitaneen todeta, että suomalaisen sotilaan tulisi varautua toimimaan sekä äärimmäisen kylmissä että lämpimissä olosuhteissa. Lämpimiin olosuhteisiin totuttautuminen kestää 10–14 päivää.

3.4 Sotilaan kestävyysuorituskyky

Sotilaan fyysisessä kunnossa yhdistyy ampumataito ja kyky liikkua taistelukentän olosuhteissa, ympäri vuoden ja säästä riippumatta tehtävän mukaisessa varustuksessa (Alavillamo 1999, 40). Sotilaalle kestävyysuorituskyky on ennen kaikkea pitkäaikaisen toiminnan mahdollistava ominaisuus. Kestävyysuorituskyvyllä on myös vaikutusta ainakin jossakin määrin ampumataitoon (Sundqvist 2009, 22–24). Taistelukentän olosuhteet vaativat sotilaalta kaikkien kestävyiden eri osa-alueiden toimintaa, eikä taisteluvarustuksen paino suinkaan vähennä kestävyysuorituskyvyn merkitystä sotilaalle.

Sotilaallisten operaatioiden luonteeseen kuuluu pitkäaikainen ja matalatehoinen fyysinen aktiivisuus sekä sotilastyö. Pihlainen ym. (2014) havaitsivat tutkimuksessaan, että marssiminen, poteron kaivaminen ja tykistön tuliaseintoiminta vaativat taistelijaa käyttämään noin 50 prosenttia maksimaalisesta aerobisesta kapasiteetistaan. Pitkäkestoisesta kuormituksen ylärajana pidetään juuri 50 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä (Epstein ym. 1988). Tällä intensiteetillä taistelija kykenee toimimaan vielä pitkiäkin aikoja. Voidaan siis todeta, että perinteinen sotilaallinen työ on pääsääntöisesti matalalla aerobisella intensiteetillä tapahtuvaa lihas-työtä.

Taistelukentällä on kuitenkin paljon yksittäisiä tilanteita, joissa taistelija turvautuu anaerobiseen energiantuottoon. Tällaisia voivat olla esimerkiksi syöksyminen suojasta toiseen tai evakointisuoritteet (O’Neal ym. 2014, 1). Korkean intensiteetin tehtäviä suorittaessa anaerobisen suorituskyvyn merkitys kasvaa. Anaerobiset suoritteet ovat kuitenkin kestoaltaan intervallityyppisiä ja liittyvät pitkittyneeseen matalan intensiteetin toimintaan, jolloin aerobinen suorituskyky on edelleen merkitsevä tekijä taistelukyvyn ylläpidon kannalta.

Suomalaisen sotilaan taisteluvarustuksen paino on kasvanut edellisestä m/91 (n. 16,8kg) järjestelmästä huomattavasti siirryttäessä nykyiseen m/05 (n. 30,3kg keraamisten lisälevyjen

kanssa) järjestelmään (Kokko 2008, s.7–8). Tutkimuksissa on todettu lisätaakalla olevan suuri vaikutus suorituskykyyn sekä matalan että korkean intensiteetin suorituksissa (Laing Treloar & Billing 2011; Pihlainen ym. 2014; Holewijn & Meeuwse 2000). Kaikissa näissä tutkimuksissa on taakan kantaminen kasvattanut suorituksen kestoa tai sotilaiden hapenkulutusta.

Kestävyys suorituskyvyllä on keskeinen merkitys siinä, kuinka taistelija kestää erilaisia olosuhteita. Sekä kuumissa että kylmissä olosuhteissa toimimisen on todettu olevan helpompaa parempikuntoisilla sotilaille (Lindholm ym. 2012, 23–24; McArdle ym. 2001, 648). Varsinkin kuumissa olosuhteissa toimiminen on hyväkuntoisilla sotilaille riskittömämpää verrattuna huonokuntoisiin ja ylipainoisiin sotilaisiin (Lindholm ym. 2012, 23–24). Kylmissä olosuhteissa ihmiskehon alkaessa värisemään voi aineenvaihdunta kiihtyä 3–6 *MET*:iä, ja tästä johtuen kokonaiskuormitus nousee (McArdle ym. 2001, 650). Parempikuntoiset taistelijat sietävät paremmin myös kylmärasitusta.

Sundqvist (2009) tutki pro gradu -tutkielmassaan fyysisen suorituskyvyn yhteyttä ampumatarkkuuteen ammuttaessa ekoaseella. Tutkimuksessa selvitettiin myös kestävyysominaisuuksien yhteyttä ampumatarkkuuteen. Tutkimuksessa ei löytynyt selkeää yhteyttä ampumatarkkuuden ja aerobisen kunnan välillä. Sundqvist kuitenkin esittää kestävyyskunnan edesauttavan lihaskunnan ja staattisen tasapainon kehitystä, jotka ovat ampumataittoa parantavia ominaisuuksia. Pitkän marssin jälkeen sotilaiden ampumatuloksien on todettu laskevan (Tharion & Moore, 1993). Pohdittavaksi kuitenkin jää laskisiko ampumatarkkuus vähemmän parempikuntoisilla sotilaille.

4 MAKSIMAALINEN HAPENOTTOKYKY JA SEN TESTAAMINEN PUOLUSTUSVOIMISSA

Kyröläisen (1998) mukaan parhaankin taktiikan toteuttaminen ilman riittävää fyysistä toimintakykyä on usein mahdotonta. Fyysisen toimintakyvyn osa-alueita ovat kestävyys, voima ja nopeus. Kyky vastustaa väsymystä fyysisten suoritteiden aikana ymmärretään kestävyudeksi. (Kyröläinen 1998, 27.) Kestävyys jakautuu edelleen aerobiseksi peruskestävyudeksi, vauhtikestävyudeksi, maksimikestävyudeksi sekä nopeuskestävyudeksi. Lajista huolimatta kestävyysuorituskyky perustuu maksimaaliseen hapenottokykyyn. (Nummela ym. 2007, 333–335.) Tämän vuoksi maksimaalisella hapenottokyvyllä on suuri merkitys sotilaan fyysisen toimintakyvyn kannalta.

4.1 Maksimaalisen hapenottokyvyn mittausmenetelmät

Maksimaalinen hapenottokyky ($VO_2\text{max}$) voidaan laskea kaavasta verenkierron muuttujien avulla seuraavasti: $VO_2\text{max} = Q_{\text{max}} \cdot a\text{-}vO_2\text{max-ero}$. Kaavassa Q_{max} merkitsee sydämen maksimaalista minuuttitulavuutta, joka voidaan laskea kertomalla maksimisyke ja sydämen iskutilavuus. Sydämen iskutilavuuden määrittäminen tarkasti on hankalaa. (McArdle ym. 2001, 345.) Sydämen iskutilavuutta voidaan arvioida esimerkiksi röntgenkuvista tai ultraäänitutkimuksilla. Kaavassa $a\text{-}vO_2\text{max-ero}$ merkitsee valtimo- ja laskimoveren happipitoisuuksien eroa. Merkittävin yksittäisten henkilöiden $VO_2\text{max}$:yn eroja selittävä tekijä on sydämen iskutilavuus. (Rusko 1989, 32.)

Maksimisyke on näistä suureista helpoin määrittää. Markkinoilla on nykyään paljon edullisia laitteita, jotka mittaavat luotettavasti sydämen syketaajuutta. Miesten ja naisten välillä maksimisykkeessä ei ole eroja. Sen sijaan iällä on maksimisykkeeseen suora vaikutus. Pääsääntöisesti voidaan todeta, että mitä iäkkäämpi testattava henkilö on, sitä matalampi on hänen maksimisykkeensä. (Rusko 1989, 34.)

Minuuttitulavuuden määrittäminen tarkasti yhtälöä varten on vaikeaa iskutilavuuden arvioimisen vaikeuden vuoksi. Minuuttitulavuutta arvioidaan yleisesti kolmella eri tavalla, joita ovat Fickin menetelmä, laimennusmenetelmä tai CO_2 uudelleenhengitysmenetelmä. Kaikki nämä menetelmät ovat vaikeita toteuttaa. Arviointimenetelmät vaativat joko tarkkoja hengityskasuanalysointilaitteita, tai aineiden injektioita vereen ja niiden pitoisuuksien mittaamista. (McArdle 2001, 345–346.)

Valtimoissa ja laskimoissa kulkevan veren välisen happieron kuvaamisen suureena käytetään avO_2 -eroa. Levossa avO_2 -ero on 4-5ml O_2 /100ml verta. Vereen jää täten sitoutuneeksi vielä suuri määrä happea, joka toimii ikään kuin kehon happireservinä yllättäviä kuormittumistilanteita varten. Kuormituksen aikana lihaksille vapautettavan hapen määrä voi jopa kolminkertaistua lepotilaan nähden. Kuormituksessa hemoglobiini luovuttaakin lähes kaiken happensa sitä tarvitseville lihaksille. (McArdle 2001, 279.) Maksimaalisen hapenottokyvyn kannalta on olennaisinta ymmärtää, että avO_2 -ero kertoo kehon käyttämän hapen määrän per 100ml verta.

Maksimaalinen hapenottokyky voidaan määrittää suuria lihasryhmiä aktivoivilla testeillä, jotka ovat tarpeeksi intensiivisiä ja ajallisesti riittävän pitkiä. Juoksumatolla, kuntopyörällä ja askeltamalla suoritettavat testit ovat yleisimpiä. (McArdle 2001, 233.) Keskinen ym. (2004, 53) mukaan VO_2max on hyvin lajispesifinen ominaisuus. Tästä johtuen esimerkiksi kestävyysjuoksijan voi olla hyvin vaikeaa saavuttaa maksimaalista hapenottokykyään uimalla tai soutamalla.

VO_2max ilmoitetaan joko absoluuttisena ($l \cdot min^{-1}$) tai kehon painoon suhteutettuna ($ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$). Maksimaalisen hapenottokyvyn absoluuttiset arvot ovat isokokoisilla ihmisillä luonnostaan korkeammat verrattuna pienikokoisiin. Tästä syystä käytetään kehon painoon suhteutettua VO_2max arvoa. Absoluuttisten arvojen merkitys korostuu sellaisissa lajeissa, joissa väline kannattelee kilpailijan painoa. Kehoon suhteutettujen arvojen merkitys korostuu lajeissa, joissa urheilija kannattelee oman painonsa. (Nummela 2004, 53.) Suomalainen sotilas liikkuu ja taistelee pääsääntöisesti jalan, joten kehon painoon suhteutettujen arvojen käyttö lienee taistelijan hapenottokykyä tarkasteltaessa loogisempaa. Nummelan (2004, 53) mukaan kehon painoon suhteutettu VO_2max ei kuitenkaan anna vertailukelpoisia arvoja kaikkein kevyimpien ja painavimpien ihmisten kohdalla.

Maksimaalisen hapenottokyvyn mittaaminen suoralla menetelmällä, arvioiminen epäsuoralla menetelmällä tai kenttätesteillä ovat yleisimpiä tapoja määrittää kestävyyskuntoa. Aerobista kuntoa voidaan myös arvioida erilaisilla matemaattisilla ennusteyhtälöillä (ns. non-exercise-ennustemallit). Suoria maksimaalisen hapenottokyvyn testausmenetelmiä käytetään usein urheilijoiden testauksessa, sillä ne ovat huomattavasti epäsuoria menetelmiä tarkempia. Kunto- ja terveystaiteilijoiden testaamiseen on käytetty perinteisesti epäsuoria menetelmiä tai kenttätestejä käytännön toteuttamisen helppouden vuoksi. (Keskinen 2005, 111–113.)

Mitattaessa maksimaalista hapenottokykyä suoralla menetelmällä analysoidaan hengityskasuanalysointorilla koehenkilön aikayksikössä kuluttama hapen määrä. Testi toteutetaan esimerkiksi juoksumatolla tai polkupyöräergometrillä. Suoralle testille on ominaista kuormituksen asteittainen kasvattaminen tasolle, jossa hapenkulutus ei enää nouse tai jossa koehenkilö uupuu. (Viitasalo 1989, 364.) Tällainen kuormituksen progressiivinen nostaminen voidaan toteuttaa kasvattamalla esimerkiksi juoksumaton vauhtia ja/tai nousukulmaa tietyin aikaväleihin (Nummela 2004, 64–65). Maksimaalisen hapenottokyvyn mittaaminen suorilla menetelmillä vaatii laboratorio-olosuhteet ja kalliit laitteet (McArdle 2001, 240). Suorat menetelmät eivät siis sovellu käytettäväksi suurien massojen mittaamiseen.

Keskinen (2005, 113) mukaan epäsuorissa $VO_2\text{max}$:yn arviointimenetelmissä käytetään yleisimmin polkupyöräergometriä tai juoksumattoa. Näiden lisäksi $VO_2\text{max}$:ä voidaan arvioida epäsuorilla step-testeillä. Epäsuorien testien perusteena on oletus siitä, että hapenkulutuksen ja sykkeen välillä on lineaarinen yhteys kaikilla kuormitustasoilla. Epäsuorat menetelmät jaetaan karkeasti kuormituksiltaan yksiportaisiin ja moniportaisiin. Yksiportaisissa testeissä koehenkilön maksimaalista hapenottokykyä arvioidaan tietyllä submaksimaalisella kuormalla saavutetun steady-state syketason avulla. Näistä kuuluisin lienee P-O. Åstrandin ja I. Ryhmingin vuonna 1954 kehittämä 6 minuutin kestoisen polkupyöräergometritesti. Moniportaisissa menetelmissä koehenkilön kuormitusta kasvatetaan tietyin aikaväleihin joko tietylle submaksimaaliselle tasolle tai uupumukseen saakka. Hyvänä esimerkkinä tällaisesta testistä voidaan pitää maksimaalista polkupyöräergometritestiä. Tässä testissä koehenkilö polkee tasaisella 50 tai 60 kierroksen minuuttivauhdilla uupumiseen saakka siten, että kuormitusta lisätään 2–3 minuutin välein 25–50 W kerrallaan. Tässä testissä $VO_2\text{max}$ voidaan arvioida viimeisen suoritetun tehon (P_{max}) perusteella. Polkupyöräergometrillä arvioitujen $VO_2\text{max}$ arvojen tulokinnassa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että ne ovat 5–10% (ääritapauksissa jopa 15%) matalampia kuin juoksumattotesteissä saatavat tulokset (Keskinen ym. 2004, 78–96).

Kenttätestit soveltuvat erityisen hyvin suurten joukkojen samanaikaiseen testaamiseen. Tällaiset juoksu- tai kävelytestit perustuvat tietyssä ajassa edettyyn matkaan tai tietyn matkan kulkemiseen kuluneeseen aikaan. (Keskinen 2005, 113.) Cooperin 12 minuutin juoksutesti lienee tällaisista suomalaisille tutuimista. Tässä testissä koehenkilö juoksee 12 minuutin ajan tasaista vauhtia niin nopeasti kuin pystyy. 12 minuutin jälkeen mitataan henkilön juoksema matka, josta voidaan arvioida henkilön $VO_2\text{max}$ kaavalla: $VO_2\text{max} = (\text{juostu matka metreinä} - 504,9) / 44,3$. Lisäksi on kehitetty myös moniportaisia kenttätestejä $VO_2\text{max}$:yn mittaamiseen, kuten esimerkiksi Conconin juoksutesti. (Keskinen, ym. 2004, 104–111.) Cooperin (1968) mukaan

12-minuutin juokсутesti korreloi hyvin ($r = 0.897$) suoran $VO_2\text{max}$ testin kanssa, joten tällainen juokсутesti tulee luultavasti jatkossakin olemaan puolustusvoimien tapa testata maksimaalista hapenottokykyä.

Maksimaalisen hapenottokyvyn määrittäminen Non-exercise -menetelmillä on kohtalaisen luotettava tapa suorituskvyn arviointiin etenkin vanhuksilla ja huonokuntoisilla. Erityisen hyvin tällaiset menetelmät palvelevat suorien ja epäsuorien testien kuormien valintaa. Ikään, kehonpainoon, sykereaktioon, yms. perustuvat arviointimenetelmät ovat kuitenkin jossain määrin epäluotettavia. (Keskinen ym. 2004, 80–81.)

4.2 Maksimaalisen hapenottokyvyn yhteys sotilaan suorituskvyn ja terveyteen

Kestävyysominaisuuksien yhteyttä sotilaan suorituskvyn ja terveyteen olisi mahdollista pohtia maksimaalisen hapenottokyvyn lisäksi esimerkiksi anaerobisen kapasiteetin näkökulmasta. Tämän tutkimuksen kannalta on kuitenkin tärkein käsitellä juuri maksimaalisen hapenottokyvyn vaikutuksia sotilaiden suorituskvyn ja terveyteen.

Suomalaisessa asevelvollisuusjärjestelmässä fyysisen koulutuksen tavoitteena on, että kotiutuva varusmies kykenee suoriutumaan oman koulutushaaransa mukaisista tehtävistä vähintään kahden viikon mittaisessa taistelukosketuksessa sekä lisäksi keskittämään kaikki voimavaroinsa 3-4 vuorokautta kestäviin ratkaisutaisteluihin. (Sotilaan käsikirja 2015). Maksimaalinen hapenottokyky on yhteydessä ennen kaikkea henkilön aerobiseen suorituskvyn eli kvyn käyttöä happea aerobiseen energiantuottoon raskaassa pitkäkestoisessa suorituksessa (Viitasalo 1989, 364). Koska sotilaan toiminta voidaan pääsääntöisesti luokitella pitkäkestoiseksi suoritusvaatimusten perusteella, on maksimaalisella hapenottokvynllä merkittävä yhteys sotilaan suorituskvyn. Liikuntakoulutuksella pyritään lisäksi kannustamaan asevelvollisia ylläpitämään kuntoa myös reservissä, jotta puolustusvoimilla olisi käytössään fyysiseltä suorituskvynllään sekä terveydeltään sijoituskelpoisia reserviläisiä (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011). Tästä syystä kestävyysominaisuuksien yhteyttä terveyteen on myös syytä pohtia.

Paremmen maksimaalisen hapenottokyvyn omaava taistelija kykenee suoriutumaan samasta suoritteesta pienemmällä prosentuaalisella kuormituksella. Tästä esimerkkinä voidaan käyttää poteron kaivamista. Pihlainen ym. mittasivat poteron kaivamisen hapenoton olevan keskimäärin $24,1 \pm 5,1 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Näin ollen taistelija, jonka maksimaalinen hapenottokyky on $53,5$

$\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, suoriutuu tehtävästä käyttämällä 46 prosenttia aerobisesta kapasiteetistaan. Taistelija, jonka maksimaalinen hapenotto-kyky on $46,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, joutuu sen sijaan käyttämään 51 prosenttia aerobisesta kapasiteetistaan. Epstein ym. (1988) huomasivat tutkimuksessaan kuormituksen aiheuttavan lisääntyvää uupumista, kun kuormitus nousee yli 50 prosenttia henkilön maksimaalisesta aerobisesta kapasiteetista. Hyvän hapenotto-kyvyn merkittävin hyöty sotilaan suorituskyvyn kannalta lieneekin pienentynyt submaksimaalinen kuormittuminen.

Edellä mainitun lisäksi hyvä maksimaalinen hapenotto-kyky nopeuttaa palautumista raskaista suorituksista (Tomlin & Wegner 2001). Taistelujen raskaista vaiheista palautuminen on ensiarvoisen tärkeää toimintakyvyn ylläpidon kannalta, joten maksimaalisen hapenotto-kyvyn yhteys tähän asiaan on merkittävä.

Fyysisesti toimintakykyisen reservin ylläpitäminen edellyttää, että sijoitettavat reserviläiset ovat terveitä ja hyväkuntoisia. Hyvällä aerobisella kunnolla on paljon positiivisia vaikutuksia myös yksilön terveyteen. Näitä ovat muun muassa vähentynyt riski sairastua diabetekseen, joihinkin syöpiin, osteoporoosiin sekä sydän- ja verisuonitauteihin. (Warburton ym. 2006). Oletuksena näissä hyödyissä on kuitenkin, että hyvä aerobinen kunto on seurausta aktiivisesta elämäntavasta ja säännöllisestä liikunnasta.

4.3 Vaatimukset hapenotto-kyvylle eri sotilastyötehtävissä

Sotilastyötehtävien aiheuttamaa hapenkulutusta on tutkittu vähän. Pihlainen ym. (2014) mitta-sivat hapenkulutusta neljässä eri sotilastyötehtävässä (marssi ilman taisteluvälineitä, marssi taisteluvälineiden kanssa, tykistön tuliasematoiminta sekä poteron kaivuu) kannettavilla hengityskaasuanalysaattoreilla. Evakuointisuoritteiden sekä joidenkin sotilastyötehtävien hapenkulutusta ovat tutkineet Deakin ym. (2000) sekä Deakin ym. (1999) simuloituissa olosuh-teissa. Vastaavia tutkimuksia esimerkiksi irtautumisen tai taistelukosketuksen aiheuttamasta hapenkulutuksesta ei löytynyt. Tämän tyyppisten suoritteiden hapenkulutusta joudutaankin arvioimaan urheilulajien kautta.

Pihlaisen ym. (2004), Deakin ym. (2000) sekä Deakin ym. (1999) tutkimustulokset sotilastyö-tehtävien hapenkulutuksesta on esitetty seuraavassa taulukossa.

Sotilastyötehtävä (Varustuksen paino)	VO ₂ (l·min ⁻¹)	VO ₂ (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	% VO ₂ max
Marssi 1 (5,4 kg)	1,5 ± 0,1	19,9 ± 2,7	42 ± 7
Marssi 2 (24,4 kg)	1,7 ± 0,2	22,7 ± 3,4	47 ± 6
Tykistön tuliasema toim. (5,4 kg)	1,3 ± 0,3	18,0 ± 3,0	37 ± 6
Kaivaminen (5,4 kg)	1,8 ± 0,4	24,3 ± 5,1	51 ± 9
Ryömiminen (ei tiedossa)	-	27,0	57,1
Evakuointi paareilla 750m (ei tiedossa)	-	36,3	74,2
Linnoitteen kaivaminen (ei tiedossa)	-	30,6	64,2
Hiekkasäkin kantaminen (ei tiedossa)	-	35,7	77,6
Evakuointi ahkiolla 400m (ei tiedossa)	-	34,8	64,14

Taulukko 3: Hapenkulutus sotilastyötehtävissä (Pihlainen ym. 2014; Deakin ym. 1999)

Taistelutilanteet ovat usein vaihteellaisia ja niihin sisältyy lyhyitä intensiivisiä jaksoja sekä ajaltaan vaihtelevia lepojaksia. Tästä johtuen taistelukosketuksen tapahtuvaa fyysistä kuormitusta voi parhaiten verrata erilaisiin pallopeleihin, joissa kuormitus on myös jaksoittaista. Joissakin pallopeleissä, kuten jääkiekossa tai amerikkalaisessa jalkapallossa on varustuksen määrä huomattava. Amerikkalainen jalkapallo lienee lajina vertailukelpoisempi taistelutilanteen kuormittavuutta pohtiessa, koska sitä pelataan jalan. Hitchcock ym. (2007) tutkivat energia-aineenvaihdunnan vasteita simuloitussa amerikkalaisen jalkapallon harjoituksessa. Toinen vertailukelpoinen tutkimus lienee Lusan ym. (2007) tutkimus, jossa mitattiin läpäisyperiaatteella toimivan pelastajien savusukellusradan kuormittavuutta, luotettavuutta ja turvallisuutta.

Hitchcockin ym. (2007) tutkimuksen simuloitu harjoitus toteutettiin juoksumatolla ja hapenkulutusta mitattiin jatkuvasti hengityskaasuanalysointorilla. Harjoitus suoritettiin täydessä pelivarustuksessa, jonka tarkkaa painoa ei ilmoitettu. Keskimäärin amerikkalaisessa jalkapallossa käytetty varustus painaa noin 6–7 kilogrammaa (McArdle ym. 2001, s. 632). Keskimäärin harjoituksen aikana hapenkulutus oli 23,4 ml·kg⁻¹·min⁻¹, mikä vastasi noin 55,3 ± 14,3 prosenttia maksimaalisesta hapenottokyvystä. Suurimmillaan hapenkulutus oli viimeisen kahden minuutin juoksuharjoituksessa, jossa hapenkulutus nousi 81 prosenttiin VO₂max:sta. Tutkimuksen simuloitussa harjoituksessa on paljon yhtäläisyyksiä taistelutilanteen toimintaan. Näitä hapenkulutusmittauksia voidaan pitää vertailukelpoisina ottaen kuitenkin huomioon, että todellinen taistelutilanne voi kestää huomattavasti edellä mainittua simuloitua harjoitusta pidempään.

Lusan ym. (2007) tutkimuksessa ammattipelastajat suorittivat testiradan, johon kuului kävelyä, portaiden nousua, moukarointia, ryömintää ja letkurullausta. Koko testi suoritettiin täydessä savusukellusvarustuksessa, jonka paino oli keskimäärin 25kg. Testattavien sykkeet ja hapenkulutus mitattiin suoritusten aikana. Testiradan aikainen keskimääräinen hapenkulutus oli $29,7 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. (Lusa ym. 2007.) Koska pelastajien testiradalla käyttämä varustus ja tehdyt tehtävät muistuttavat hyvin paljon sotilaan varustusta ja tehtäviä, voidaan myös tätä tutkimusta pitää erittäin vertailukelpoisena, pohdittaessa taistelun aikaista fyysistä kuormittamista.

Taistelukosketuksen kuormittavuuden lisäksi on tärkeää arvioida irtautumisen kuormittavuutta. Irtautumisella tarkoitetaan yleisesti taistelukosketuksesta poistumista ja siirtymistä joko uusiin aseisiin tai kokonaan pois taistelualueelta. Irtautuminen on intensiivinen fyysinen suoritus, jossa on paljon piirteitä normaalista taistelutilanteesta. Tästä johtuen Hitchcockin ym. (2007) ja Lusan ym. (2007) tutkimuksissa saadut tulokset sopivat hyvin myös irtautumisen fyysisen kuormittavuuden arviointiin.

4.4 Mittausmenetelmät Suomen puolustusvoimissa ja muissa asevoimissa

Varusmiesten kestävyyskuntoa mitataan Suomessa 12 minuutin juokсутestillä (Cooper 1968) ja se toteutetaan jokaiselle varusmiehelle vähintään kaksi kertaa palveluksen aikana (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011). Palkatun henkilökunnan kestävyyskuntoa voidaan yli 40-vuotiailla sotilaille mitata 12 minuutin juokсутestin (Cooper 1968) sijaan moniportaisella ergometritestillä (Milfit/Fitware), jonka sotilaat suorittavat maksimaalisena ja siviilit submaksimaalisena (Pihlainen ym. 2009, s. 32). Varsinkin maksimaalisen Milfit-testin on todettu korreloivan hyvin suoran testausmenetelmän kanssa (Santtila ym. 2013). 12 minuutin juokсутesti sopii erinomaisesti varusmiesten kestävyyskunnan mittaamiseen, sillä sen toteuttaminen suurelle joukolle on helppoa ja turvallista. Testi korreloi lisäksi hyvin ($r = 0,897$) suoran VO_2max testin kanssa (Cooper 1968).

Tanskan asevoimat käyttävät kestävyyskunnan mittaamisessa 12 minuutin juokсутestin lisäksi 20 metrin sukkulajuoksua, joka on käytössä myös Ruotsin puolustusvoimilla (Sorensen 2011; Mineur & Salén 2011). Tämän testin on todettu korreloivan kohtalaisen hyvin suoralla menetelmällä mitatun maksimaalisen hapenottokyvyn kanssa (Paradisis ym. 2014; Aanstad ym. 2011). Pohjoismaissa käytetään lisäksi kiinteän matkan testejä. Esimerkiksi Norjalla on käy-

tössä 3 000 metrin juoksutesti liikuntavarustuksessa sekä Ruotsilla 2 000 metrin juoksutesti taisteluväestön varustuksessa (Malmberg 2011).

Jokaisella Yhdysvaltain asevoimien puolustushaaralla on omat fyysisen kunnon testaustekniikkansa. Kaikki puolustushaarat käyttävät aerobisen kunnon mittaamiseen kiinteän matkan juoksutestejä. Maavoimissa on käytössä kahden mailin juoksutesti (Department of the army, FM 7-22, 2007). Ilmavoimissa ja laivastossa käytetään 1,5 mailin juoksutestiä (O'Hara ym. 2007; Department of the navy, OPNAVIST 6110.1J, 2011). Merijalkaväessä käytetään kolmen mailin juoksutestiä (Department of the navy, MCO 6100.13, 2009). Näistä ainakin 1,5 ja 2 mailin juoksutestit näyttävät tutkimuksien mukaan olevan luotettavia tapoja mitata maksimaalista hapenottoa (Larsen ym. 2002; Sporiš 2013).

5 PERINTEISEN TAISTELUTAVAN JA MAAVOIMIEN TAISTELUN 2015 EROT HAPENOTTOKYVYN VAATIMUSTEN NÄKÖKULMASTA

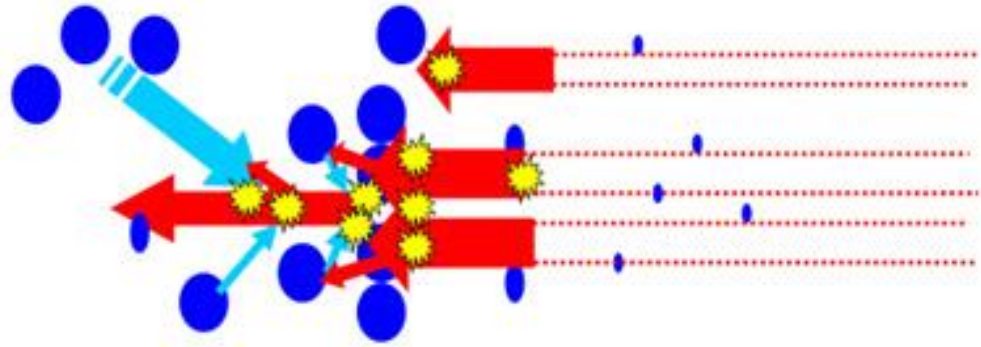
Laissa puolustusvoimista (2007) määritetään puolustusvoimien päätehtäväksi Suomen sotilaallinen puolustaminen. Aikaansaadakseen 130 miljoonan euron säästöt puolustusvoimat on pienentänyt reserviään 350 000 sotilaasta 230 000 sotilaaseen (Haglund 2014). Maavoimien taistelu 2015 tähtää siihen, että puolustusvoimien päätehtävä voitaisiin toteuttaa pienemmällä joukkomäärällä (Parkatti 2012). Taistelutavassa tapahtuva muutos sekä siihen liittyvä niin sanotun tyhjän tilan lisääntyminen taistelukentällä, saattaa asettaa uusia vaatimuksia myös sotilaiden fyysiselle suorituskyvyille. Tässä luvussa tarkastellaan perinteistä ja uutta taistelutapaa puolustustaistelun aerobisen kuormittavuuden näkökulmasta sekä vertaillaan niiden asettamia vaatimuksia maksimaaliselle hapenottokyvyille. Tarkastelu rajataan pääasiassa alueellisen taisteluosaston joukkoihin.

Perinteistä taistelutapaa kuvaavat toimintatavat haetaan Jalkaväen taisteluohjesäännöstä (1995) sekä Komppanian taisteluohjeesta (2008). Maavoimien taistelun 2015 ominaispiirteitä haetaan julkisista lähteistä. Taistelun valmisteluista, taistelusta ja taistelun jälkeisistä toimenpiteistä eritellään tässä tutkimuksessa kuusi eri kuormitustekijöiden kokonaisuutta. Näitä kuormitustekijöitä ovat taistelijan kantama henkilökohtainen varustus, taistelutilan muokkaaminen, taistelu, liikemäärät, aika taistelussa sekä taistelukyvyyn palauttaminen.

5.1 Perinteinen taistelutapa ja sen kuormitustekijät puolustustaistelussa

Jalkaväen taisteluohjesäännössä (1995) korostetaan sitä, että vastustajan etenemistä tulisi hidastaa pitämällä hallussa oman toiminnan kannalta tärkeitä alueita. Jalkaväen taisteluohjesäännön hengen mukaan vastustajan toiminta halutaan pysäyttää tuhoamalla tai lyömällä. Komppanian taisteluohjeen (2008) mukaan komppanian puolustuskeskus koostuu toisiaan tukemaan kykenevien joukkueiden tukikohtien kokonaisuudesta. Perinteisessä taistelutavassa komppaniat ovat ryhmittyneet tiiviisti. Pataljoonan kolme jalkaväkikomppaniaa taistelevat alueella, jonka koko on noin 2-3km x 2-3km (JVO 1995, 105). Komppanioiden vastuualueet ovat tämän myötä pieniä, jolloin liikkuvaan taisteluun ei ole tilaa. Kuvasta 1 näkyy esimerkki perinteisen taistelutavan jäykästä puolustustyylistä, jossa maastonkohdan pitäminen hallitsee taisteluaumatusta.

Vihollisen hyökkäys pysähtyy PITÄMÄLLÄ MAASTOA ASEMAPUOLUSTUKSELLA



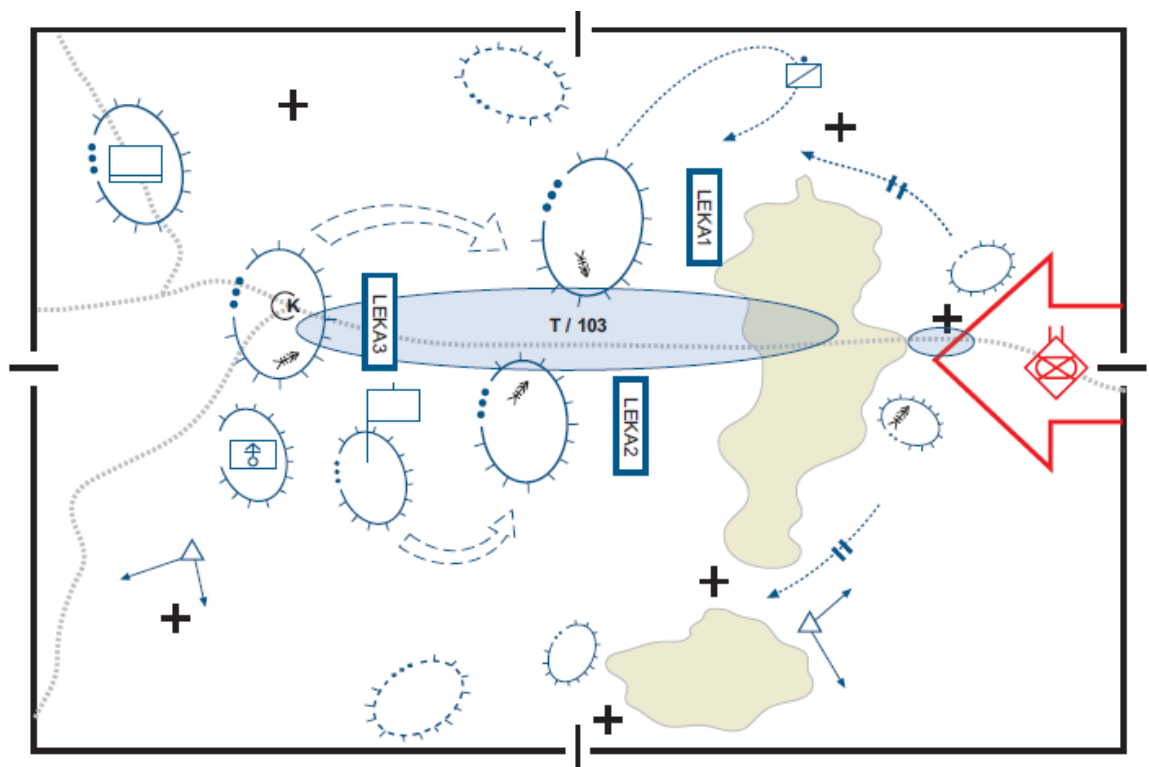
Kuva 2: Perinteinen taistelutapa (Parkatti 2012)

Perinteisessä taistelutavassa käytetty henkilökohtainen taisteluväri m/91 painaa yhteensä noin 16,8kg (Kokko 2008, 8). Tämä sisältää maastovaatetuksen, taisteluvyön varusteineen, sirpalesuojaliivin, komposiittikypärän sekä ase. Useissa tutkimuksissa on todettu lisätaakan aiheuttavan kasvua hapenkulutuksessa kävellessä marssinopeuksilla juoksumatolla (Holewijn & Meeuwssen 2000; Crowder ym. 2007; Matthew ym. 2007). Pihlainen ym. (2014) havaitsivat tutkimuksessaan koehenkilöiden hapenkulutuksen olevan $22,7 \pm 3,4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ marssittaessa taisteluväriä, jonka paino oli 24,4kg. Taisteluväri ei itsessään ole suuri kuormitustekijä. On kuitenkin otettava huomioon, että sen aiheuttama kuormitus on jatkuvaa ja pitkäaikaista. Taisteluväri vaikuttaa kaikkiin sotilastyötehtäviin kuormitusta kasvattavasti. Suorituskyvyssä on havaittu systemaattista laskua painon lisääntyessä, useissa sotilastyötehtävissä (Knapik 2000).

Muokkaamalla taistelutilaa puolustava joukko kykenee muuttamaan sen omalle toiminnalleen suotuisaksi sekä vaikeuttamaan vastustajan toimintaa (KOTO 2008, s. 130). Aikaa taistelutilan muokkaamiseen saattaa tilanteesta riippuen olla vaihtelevasti. Parhaimmassa tapauksessa aikaa on kuukausia – huonoimmassa vain tunteja. Jos aikaa on paljon, taistelutilan muokkaaminen toteutetaan huolellisesti taistelusuunnitelmien mukaisesti pioneerijoukkojen tuella. Tällöin taistelutilan muokkaaminen ei muodostu jalkaväkijoukoille kuormitustekijäksi. Perinteisessä taistelutavassa lähtökohtana voidaan pitää sitä, että taistelutilan muokkaaminen kyetään suorittamaan pioneerijoukkojen tukemana. Jalkaväkijoukoille vastustajan yllättävän toiminnan seurauksena muokkaaminen voidaan joutua tekemään jalkaväkijoukon omin toimenpitein. Tällöin taistelutilanmuokkaamisesta muodostuu puolustavalle joukolle kuormitustekijä. Esimerkiksi poteron kaivaminen nostaa hapenkulutuksen $24,3 \pm 5,1 \text{ VO}_2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (Pihlainen ym. 2014). Nopeassa tahdissa tehty suluttaminen voi olla välttämätöntä taistelutilan

muokkaamisen kannalta. Tällaisen toiminnan voidaan olettaa aiheuttavan samanlaisen kuormituksen kuin poteron kaivaminen.

Perinteisessä taistelutavassa ”komppanian puolustuskeskus muodostuu toisiaan tukemaan pysyvistä, hallitseviin maastonkohtiin sijoitetuista linnoitetuista tukikohdista ja pesäkkeistä”. Tukikohtien väliset etäisyydet ovat noin 200 – 400 metriä maastosta ja käytettävissä olevista asejärjestelmistä riippuen. (KOTO 2008, s 126.) Perinteisen taistelutavan ominaispiirteenä on taistelun staattisuus. Tästä syystä joukkueiden ja komppanian sisäiset vahventamiset muodostavat yleisimmät taistelunaikaiset kuormitustekijät. Kuvasta 2 nähdään, että joukkueiden sisäisten vahvennuksien sekä vaihtoasemaan siirtymisten matkat jäävät varsin lyhyiksi. Poikkeuksen muodostavat komppanian etualueella taistelevat partiot ja ryhmät, jotka voivat irtautuessaan joutua juoksemaan pitkiäkin matkoja. Kuvasta 2 nähdään, että myös komppanian sisäiset vahvennukset kyetään suorittamaan melko lyhyillä siirtymisillä. Nämä siirtymiset halutaan toteuttaa mahdollisimman nopeasti. Tällöin hapenkulutusta kannattaa verrata Hitchcockin ym. (2007) tutkimuksen harjoituksessa olleeseen viimeisen kahden minuutin kulutukseen. Tällöin hapenkulutus nousi noin 80 prosenttia $VO_2\max$:sta. Kuvasta 2 nähdään myös että, evakuointimatkat ovat varsin lyhyitä. Tällaiset noin 200–400 metrin mittaiset evakuointisuoritukset aiheuttavat paareilla kantaessa keskimäärin $36,3 \text{ VO}_2 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ sekä ahkiolla vetäessä $34,8 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ suuruisen hapenkulutuksen (Deakin ym. 2000; Deakin ym. 1999).



Kuva 3: Esimerkki komppanian puolustusryhmityksestä (KOTO 2008, s. 125).

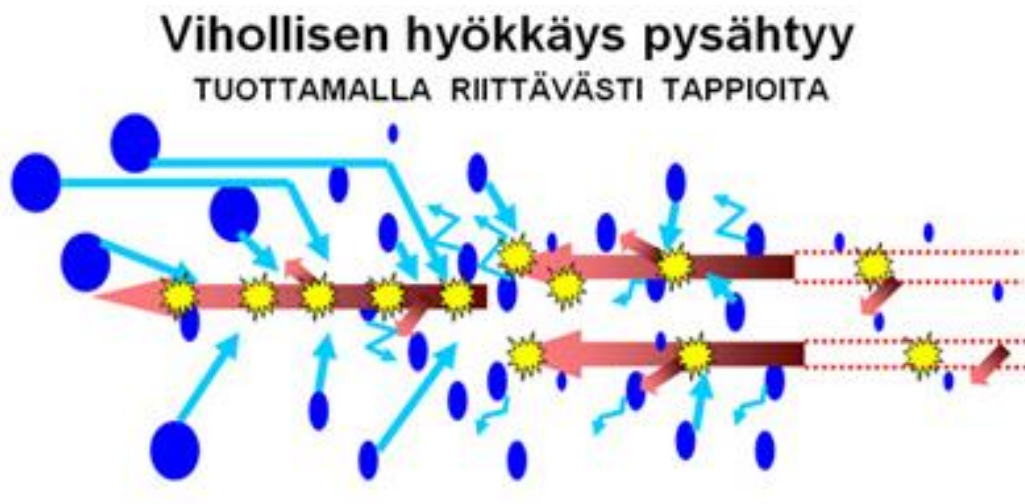
Taistelunaikaiset liikemäärät perinteisessä taistelussa riippuvat paljon esimerkiksi komppani-alle annetusta tehtävästä ja taistelusuunnitelmasta. Pääsääntöisesti voidaan kuitenkin todeta taistelun olevan melko staattista. Liikkumista paikasta toiseen tapahtuu perinteisessä taistelussa lähinnä vaihtoasemiin siirtyessä tai komppanian/joukkueen sisäisiä vahvennuksia toteuttaessa. (KOTO 2008). Vaihtoasemiin siirryttäessä matkat ovat lyhyitä, eivätkä tällaiset maksimissaan noin sadan metrin siirtymiset kasvata merkittävästi sotilaiden liikemäärää. Sisäisiä vahvennuksia toteuttaessa liikemäärä kasvaa huomattavasti. Komppanian sisäisissä vahvennuksissa matkat voivat olla jopa kilometrin mittaisia taistelusuunnitelmasta riippuen (KOTO 2008). Tällaiset liikemäärät kuormittavat taistelijan hengitys- ja verenkiertoelimistöä. Siirtymisen aikaisen hapenkulutuksen voidaan olettaa nousevan noin 80 prosenttiin VO₂max:sta jos vertailukohtana käytetään Hitchcokin ym. (2007) tuloksia. Kun sisäisiä vahvennuksia toteutetaan, on todennäköistä, että vahventava joukko jatkaa taistelua uudella alueella staattisesti hyvinkin pitkään. Liikemäärän ja rasittumisen kumuloitumista ei tällöin pääse tapahtumaan.

Kuten liikemäärä, niin myös taistelussa vietetty aika riippuu paljon komppanian tehtävästä ja taistelusuunnitelmasta. Ehkä olennaisinta perinteistä taistelua tarkasteltaessa on se, että vaikka taistelussa olisi oltu pitkään, se ei välttämättä ole ollut fyysisesti kuormittavaa liikemäärien jäädessä vähäisiksi. Toisaalta pitkään taistelukosketuksessa ollessa henkisen stressin määrä kasvaa. Lähinnä taisteluiden kesto perinteisessä taistelussa vaikuttaakin siis taistelijan fyysiseen ja henkiseen kuormittumiseen stressin aiheuttamien psykosomaattisten oireiden kautta (Westersund 2001, 48). Koska psykosomaattiset oireet aiheuttavat usein fyysistä rasittumista, ovat niiden vaikutukset pienempiä hyvän maksimaalisen hapenottokyvyn omaavalla taistelijalla.

Taistelukyvyn palauttamiseen onnistuneesti torjutun hyökkäyksen jälkeen kuuluu komppanian taisteluohjeen (2008) mukaan tiedustelukosketuksen säilyttäminen, avainmaastonkohtien miehittäminen, ryhmitysmuutokset tuli-iskun välttämiseksi sekä huollolliset toimenpiteet. Avainmaastonkohtien miehittäminen ja ryhmitysmuutosten tekeminen voi aiheuttaa lievää kuormittumista taistelijoissa. Matkat muutoksiin ovat lyhyitä ja palautumisen mahdollistava ravinto kyetään toimittamaan joukoille nopeasti. Tästä johtuen palautuminen päästään aloittamaan pian taisteluiden päätyttyä. Yksittäisen taistelijan palautumista hyvä maksimaalinen hapenottokyky auttaa, koska edellä mainittujen toimenpiteiden submaksimaalinen kuormittavuus jää tällöin matalammaksi. Myös fyysinen palautuminen on nopeampaa paremman kestävyyskunnan omaavilla taistelijoilla (Tomlin & Wegner 2001).

5.2 Maavoimien taistelu 2015 ja sen kuormitustekijät puolustustaistelussa

Maavoimien taistelussa 2015 vastustaja pysäytetään rikkomalla sen taistelujärjestys, tuottamalla tappioita sekä pakottamalla se muuttamaan taistelusuunnitelmaansa. Näin ollen vastustaja sitoutuu taisteluun laajalla alueella, jolloin sen eteneminen lopulta pysähtyy. Tämä on maavoimien taistelun 2015 keskeisin ero verrattuna perinteiseen taisteluun. Maavoimien taistelussa 2015 korostuvat aktiivisuus, aloitteellisuus, joustavuus ja liike. Liikkeen merkitys korostuu myös tulenkäytön väistämässä. (Parkatti 2012.) Kuvasta 3 nähdään esimerkki siitä, kuinka vastustajan hyökkäys pysäytetään kuluttamalla ja jakamalla sen voimaa laajalle alueelle. Tässä aluvussa käsitellään maavoimien taistelun 2015 kuormitustekijöitä siten, että vain perinteisestä taistelusta muuttuneet asiat tuodaan esille.



Kuva 4: Maavoimien taistelu 2015 (Parkatti 2012)

Jyväskylän (2014) mukaan alueelliset joukot varustetaan tehtävän mukaisella varustuksella. Alueellisille joukoille jaettava varustus saattaa siis vaihdella riippuen jaettavissa olevan materiaalin määrästä. Voidaan kuitenkin olettaa, että suurimmalle osalle alueellisten taisteluosastojen jalkaväkijoukoista voidaan jakaa m/05 taisteluvarustuskokonaisuus. Kokon (2008) tutkimuksessa kaupunkijääkärien m/05 varustus painoi 30,3 kilogrammaa. Alueellisten taisteluosastojen jalkaväkijoukoilla voidaan olettaa pääsääntöisesti olevan sama varustus ilman keraamisia suojalevyjä (noin 11 kilogrammaa), jolloin m/05 varustus painaisi 19,3 kilogrammaa. Tällöin alueellisen taisteluosaston taistelijan henkilökohtaisen taisteluvarustuksen paino nousisi noin kolmella kilogrammalla verrattuna m/91 varustukseen. Kokon tutkimuksessa ei ole kuitenkaan ole mainintaa ampumatarvikkeiden määrästä. Lähtökohtaisesti ampumatarvikemäärien voidaan olettaa pysyvän samana, mutta erillään toimiville joukkueille tai ryhmille voi yli-

määräisten ampumatarvikkeiden ja räjähteiden määrästä kertyä vielä huomattavasti enemmän lisäkuormaa.

Taistelutilan muokkaaminen toteutetaan pääsääntöisesti samojen periaatteiden mukaan kuin perinteisessä taistelussa. Kuitenkin on otettava huomioon, että vastuualueiden laajentuessa taistelutilaa joudutaan valmistelemaan aiempaa enemmän. Maavoimien taistelussa 2015 nopeat muutokset vallitsevassa tilanteessa voivat myös johtaa siihen, että yksikkö joutuu suorittamaan taistelutilan muokkaamisen taisteluunsa liittyen. Tällöin siitä muodostuu lisäkuormitustekijä taistelijoille.

Maavoimien taistelussa 2015 alueellisten jalkaväkijoukkojen taistelu poikkeaa kuormittavuudeltaan huomattavasti aikaisemmasta. Joukkueiden väliset etäisyydet kasvavat jopa 2 000 metriin. Joukkueet saattavat myös valmistautua taistelemaan saman taistelun aikana useasta eri tukikohdasta. (Puolustusvoimat 2012.) Puolustustaistelu muuttuu liikkuvaksi sodankäynniksi. Irtauduttaessa tukikohdasta tai pesäkkeestä toiseen voi hapenkulutus nousta hetkellisesti jopa noin $37,0 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$, mikäli vertailukohdaksi otetaan Hitchcockin ym. (2007) tutkimus amerikkalaisen jalkapallon harjoituksista. Taistelujen jatkuessa pitkään tällä intensiteetillä, on toimintakyvyn lasku väistämätöntä. Tutkimuksissa on todettu, että pitkäaikainen kuormitus vaikuttaa negatiivisesti sotilaiden ampumatarkkuuteen ja päätöksentekoon (Tharion & Moore 1993; Lieberman ym. 2006). Myös evakuointimatkat kasvavat uuden taistelutavan myötä. Tämä lisää haavoittuneiden taistelutovereiden huolehtimisesta aiheutuvaa kuormitusta huomattavasti.

Joukkueiden välisten etäisyyksien kasvaessa suuriksi, myös liikemäärät taistelun aikana tulevat lisääntymään huomattavasti. Kun joukkue tai ryhmä siirtyy etualueen asemistaan varsinaisen puolustuskeskuksen alueelle, siirtyminen suoritetaan ripeästi. Tällöin yksittäisen joukon liikemäärä lisääntyy entisestään. Liikemäärän lisääntymisen myötä taistelijoiden fyysinen kuormitus kasvaa huomattavasti. Voidaan olettaa, että joukkojen jotka joutuvat toteuttamaan pitkän siirtymisen, hapenkulutus vastaa taisteluiden aikana keskimäärin jopa samoja lukemia kuin palomiesten hapenkulutus Lusan (2007) tutkimuksessa. Tällöin taistelijoiden keskimääräinen hapenkulutus olisi noin $29,7 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ taistelutehtävien aikana, jolloin Epsteinin ym. (1988) 50 prosentin säännöllä taistelijoiden maksimaalisen hapenottokyvyn vaatimus olisi liikkuvassa sodankäynnissä lähes $60 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$.

Taisteluiden ajallinen kesto ei muutu maavoimien taistelussa 2015 isossa mittakaavassa tarkasteltuna. Yksittäisten taistelujen kesto voi jopa lyhentyä, mutta ne ovat intensiivisempiä taistelutilan tyhjyyden kasvaessa. Fyysiseen rasittumiseen taistelutilanteiden yllättävyys ei välttämättä vaikuta suoraan. Psykkiseen rasittumiseen sen sijaan tilanteiden yllätyksellisyydellä voi kasvaneen stressin kautta olla vaikutusta. Ero perinteiseen taisteluun ei henkisen kuormittumisen kannalta ole kuitenkaan suuri. Sillä vaikka psykosomaattiset oireet vaikuttavat fyysiseen rasittumiseen, on niiden osuus kokonaisrasittumisen kannalta kohtalaisen pieni.

Liikkuvan taistelun aiheuttama fyysinen ja henkinen kuormitus edellyttävät pidemmän ajan elimistön palautumiseen perinteiseen taisteluun verrattuna. Taistelun seurauksena joukot voivat joutua irtautumaan odottamattomaan suuntaan ja hajaantua eripuolille taistelutilaa. Taistelevilla joukoilla kestää siten kauemmin päästä huoltoyksiköiden ulottuville. Tästä syystä taistelukyky päästään palauttamaan myöhemmin ja fyysiseen palautumiseen käytettävissä oleva aika vähenee. Kuormituksesta nopeimmin palautuvat ihmiset, joiden maksimaallinen hapenotto-kyky on korkea. (Tomlin & Wegner 2001). Tämä korostaa entisestään aerobisen kunnan merkitystä palautumisen kannalta. Toisaalta nykyään taistelukentällä yleistyneet kuivamuonat ja erilaiset mukana kannettavat valmisateriat (MRE = meal ready to eat) ovat palautumisen kannalta hyödyllisiä. Niiden avulla palautumiselle välttämätöntä ravintoa on saatavilla välittömästi taistelun jälkeen ja jopa taisteluiden aikana ilman huolto-organisaation tukea.

5.3 Perinteisen taistelutavan $VO_{2\max}$ vaatimukset sekä niiden mahdolliset muutostarpeet

Vuoden 2008 reserviläistutkimuksessa sotilaille asetetun maksimaalisen hapenottokyvyn minimisuoritusvaatimuksen ($42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) maksimaaliselle hapenottokyvyille saavutti ainoastaan 46 prosenttia reserviläisistä ($n=782$) (Vaara ym. 2008). Tutkimuksen mukaan reserviläisten keskimääräinen hapenottokyky oli $41,7\pm 8,1 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Lindholm ym. (2008) toteivat tutkimuksessaan, että pitkäkestoisen työn keskikuormituksen ja maksimisuorituskyvyn välillä on oltava riittävä suorituskykyreservi. Tutkimuksessa tuodaan tähän liittyen esiin Epsteinin (1988) 50 prosentin sääntö. Säännöllä tarkoitetaan sitä, että ihminen kykenee työskentelemään pitkiä aikoja kuormitustasolla, joka on enintään puolet hänen maksimaalisesta hapenottokyvystään. Soveltaen tämä tarkoittaa, että reserviläiset kykenisivät suoriutumaan pitkäkestoisesta työstä, jonka hapenkulutus on enintään $21 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Taulukossa 4 esitellään Suomen puolustusvoimien asettamat hapenottokyvyn (12-minuutin juoksutestillä mitattuna) vaatimukset eri joukkotyypeille.

TEHTÄVÄ	12-minuutin juok- sutestin tulos	VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)	50 % VO ₂ max (ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)
Esikuntatehtävät	2300m	42	21
Tukitehtävät	2600m	45	22,5
Liikkuva sodankäynti	2800m	50	25
Erikoisjoukot	3000m	55	27,5

Taulukko 4: Fyysisen suorituskyvyn tavoitetasovaatimukset (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011)

Se, että luokitellaanko puolustustaistelu liikkuvaksi sodankäynniksi vai tukitehtäväksi, on tulokinnanvaraista. Komppanian taisteluohjeen (2008) perusteella puolustustaistelun voidaan todeta olevan liikkuvaa sodankäyntiä. Toisaalta puolustusvoimien liikuntastrategian 2007–2016 yhteenvedosta voidaan tehdä tulkinta, että puolustustaistelu kuuluisi tukitehtäviin. Täten puolustavien joukkojen hapenottokyvyn vaatimukseksi on määritelty taulukon mukainen 45 ml·kg⁻¹·min⁻¹. Taistelutavan muuttuessa tämä ei välttämättä riitä. Taulukko 5 havainnollistaa maavoimien taistelun 2015 muutokset perinteiseen taisteluun verrattuna.

KUORMITUSTEKIJÄ	MUUTOS (N , +, ++)	SYY
Varustus	+	Varustuksen painon lisääntyminen ja ampumatarvikkeiden määrän kasvaminen
Taistelutilan muokkaaminen	N	Toteutetaan lähtökohtaisesti pioneerien tuke- mana
Taistelun kuormittavuus	++	Irtautumiset, iskut ja eristyksissä toimiminen tu- levat olennaiseksi osaksi puolustustaistelua
Liikemäärät	++	Välimatkojen pidentyminen sekä taistelut use- asta tukikohdasta
Taistelussa oltu aika	N	Taisteluissa vietetty aika ei muutu olennaisesti
Palautuminen	+	Taistelutilan sirpaloituminen hidastaa joukkojen huoltoon pääsemistä

Taulukko 5: kuormitustekijöiden erot (N = kuormitus pysyy ennallaan, + kuormitus kasvaa, ++ kuormitus kasvaa huomattavasti)

Holewijn & Meeuwssen (2000) havaitsivat mittauksissaan, että jo 5kg massan lisäys kannettava-
vassa taakassa kasvattavaa hapenkulutusta. Taistelutarvikkeiden m/05 paino kasvaa noin kol-
mella kilolla verrattuna m/91 varustukseen (Kokko 2008) ja myös mukana kannettujen am-
pumatarvikkeiden määrä saattaa kasvaa. Näin ollen taistelutarvikkeiden aiheuttama kuormitus
kasvaa. Taistelutilan muokkaaminen jalkaväkijoukon kuormitustekijänä ei muutu, sillä kum-

massakin taistelutavassa se pyritään toteuttamaan pioneerijoukkojen toimesta. Taistelu itsessään muuttuu intensiivisemmäksi irtautumisten ja puolustavien joukkojen toteuttamien iskujen myötä. Tällaiset nopeat suoritteet voivat nostaa kuormitustasot jopa 80 prosenttiin $VO_2\text{max}$:sta (Hitchcock ym. 2008). Liikemäärät lisääntyvät maavoimien taistelussa 2015. Tämä johtuu useasta tukikohdasta/pesäkkeestä taistelemisesta sekä joukkueiden välisten matkojen pidentymisestä. (KOTO 2008, 126; Puolustusvoimat 2012, 11-12). Liikemäärän lisääntyessä taistelijoiden keskimääräinen hapenkulutus kasvaa. Taisteluiden kestossa ei tapahdu suuria muutoksia kokonaisrasittumisen kannalta. Taisteluista palautumisen kannalta on huomattavaa, että taistelukentän sirpaloituminen ja joukkojen toimiminen hajautetummin vaikeuttaa niiden huoltamista ja lyhentää palautumisaikoja. Hyvän maksimaalisen hapenottokyvyn omaavat taistelijat kykenisivät palautumaan paremmin lyhentyneen palautumisajan aikana (Tomlin & Wegner 2001).

Maavoimien taistelutapa 2015 muuttaa puolustustaistelun liikkuvaksi sodankäynniksi. Taistelua harjoitellessa, taistellessa sekä taistelukykyä palauttaessaan taistelijan fyysinen kuormituskyky on kovemmallalla koetuksella kuin aikaisemmin. Maavoimien taistelussa 2015 tulisi puolustavat joukot luokitella liikkuvan sodankäynnin joukoiksi. Tällöin puolustavien joukkojen hapenottokyvyn vaatimuksena olisi $50 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. Hapenottokyvyn tavoitetasovaatimukset vastaavat siten paremmin taistelun asettamia vaatimuksia. Tavoitetasovaatimukseen ei siis ole tarvetta tehdä muutoksia alueellisten taisteluosastojen puolustustaistelun osalta, kun puolustustaistelu maavoimien taistelussa 2015 käsitetään liikkuvaksi sodankäynniksi.

6 POHDINTA JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimus tuo esille, että maavoimien taistelussa 2015 alueellisten jalkaväkijoukkojen taistelu on fyysisesti kuormittavampaa kuin perinteisessä taistelutapa. Taistelijoiden kuormitusta lisää taisteluvälineiden painon ja kokonaisliikemäärien lisääntyminen sekä taistelutilanteiden monipuolistuminen ja niiden intensiteetin kasvu. Elimistön palautumiseen on lisäksi käytettävissä aiempaa vähemmän aikaa. Maavoimien taistelu 2015 edellyttäneen taistelijoilta korkeampaa maksimaalista hapenottokykyä. Tutkimus ei kuitenkaan anna tähän luotettavaa vastausta, koska varsinaisia käytännön mittauksia ei toteutettu. Aiheesta tarvitaan lisää empiiristä tutkimusta.

Maksimaalinen hapenottokyky kuvaa lihasten kykyä käyttää happea energiantuottoon sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön ja lihassolujen kykyä kuljettaa happea lihassoluihin (Nummela 2004, 52–53). Sotilaille hyvä maksimaalinen hapenottokyky on pitkäaikaisen toiminnan ja nopean palautumisen mahdollistava ominaisuus. Maksimaalinen hapenottokyky voidaan mitata joko suorilla tai epäsuorilla menetelmillä. Suorat menetelmät ovat tarkkoja, mutta hankalia toteuttaa suurille joukoille. Niiden toteuttamiseen tarvitaan lisäksi kalliita erikoislaitteita. Epäsuorat menetelmät ovat käytännöllisempi tapa mitata sotilaiden maksimaalista hapenottokykyä. Toisaalta ne eivät ole yhtä luotettavia kuin suorat menetelmät. (Keskinen ym. 2004, 78–79.) Suomen puolustusvoimat käyttää maksimaalisen hapenottokyvyn testaamiseen pääsääntöisesti 12–minuutin juoksutestiä (Pääsikunnan henkilöstöosasto 2011). Testi on varsin luotettava ($r = 0,897$) epäsuora maksimaalisen hapenottokyvyn mittaamenetelmä (Cooper 1968). Se on lisäksi helppo toteuttaa suurille massoille. Juoksutestin sijaan voidaan yli 40-vuotiaiden sotilaiden maksimaalista hapenottokykyä testata moniportaisella ergometritestillä (Milfit/Fitware).

Tutkimuksessa käsiteltiin kuutta kuormitustekijää verrattaessa eroja perinteisen taistelun ja maavoimien taistelun 2015 kuormittavuuksissa. Näitä olivat varustus, taistelutilan muokkaaminen, taistelun rasittavuus, liikemäärät, taistelussa oltu aika ja palautuminen. Maavoimien taistelussa 2015 taistelutilan muokkaaminen tai taistelussa oltu aika, ei näyttäisi lisäävän taistelijoiden kokonaiskuormitusta. Varustuksen keskipaino näyttäisi kasvavan noin kolmella kilolla (Kokko 2008). Varustuksen paino saattaa tosin vaihdella riippuen taistelijoille jaettavan erikoisvarustuksen ja -materiaalin määrästä. Taistelutilanteet muuttuvat intensiivisimmiksi, koska taisteluun liittyvät irtautumiset yleistyvät (JVO 1995; Puolustusvoimat 2012, 11). Taistelijoiden kokonaisliikemäärä kasvaa taistelutavan muutoksen myötä. Tämä johtuu vastuualu-

eiden laajentumisesta ja välimatkojen pidentymisestä (KOTO 2008; Puolustusvoimat 2012, 11). Välimatkojen pidentyminen ja taistelutilan sirpaloituminen hidastaa taistelijoiden palautumista, koska välimatka huoltojoukkoihin kasvaa ja joukkojen huoltaminen vaikeutuu.

Sotilaille asetetut maksimaalisen hapenottokyvyn tavoitetasovaatimukset on määritetty fyysisen toimintakyvyn perusteet normissa (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011). Perinteisessä taistelussa on epäselvää luokitellaanko puolustustaistelu tukitehtäväksi vai liikkuvaksi sodankäynniksi. Puolustusvoimien liikuntastrategian 2007 – 2016 yhteenvetoa (2007) voidaan tulkita siten, että puolustustaistelu kuuluu tukitehtäviin, jolloin maksimaalisen hapenottokyvyn tavoitetasovaatimus olisi $45 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Maavoimien taistelun uudistumisen vaikutuksesta puolustustaistelu muuttuu liikkuvaksi sodankäynniksi. Tavoitetasovaatimukseen ei tämän tutkimuksen perusteella ole välttämättä tarpeen tehdä muutoksia, mikäli perinteinen puolustustaistelu käsitetään liikkuvaksi sodankäynniksi. Tarkemman tavoitetason määrittämiseksi tarvitaan lisää empiiristä tutkimusta.

Maavoimien taistelun 2015 aiheuttaman kuormituksen kasvu tulisi ottaa aiempaa paremmin huomioon reserviläisten sijoituskelpoisuudessa. Vuoden 2008 reserviläistutkimuksessa tutkimukseen osallistuneista reserviläisistä sotilaan minimisuoritusvaatimuksen ($42 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) täytti ainoastaan 46 prosenttia (Vaara ym. 2008). Reserviläisten fyysisen suorituskyvyn tila onkin yksi sijoittamisen perustiedoista (Pääesikunnan henkilöstöosasto 2013). Puolustusvoimauudistuksen ja taistelutavan muutoksen myötä sodan ajan joukkojen vahvuus pienentyy 230 000 sotilaaseen (Parkatti 2012). Tämä avaa kertausharjoituksissa realistisen mahdollisuuden pohtia yksittäisten reserviläisten soveltuvuutta omaan tehtäväänsä. Tehtäväänsä kykenevät reserviläinen tulisi siten sijoittaa vähemmän kuormittaviin tehtäviin ja hänen tilalleen tulisi löytää fyysiseltä suorituskyvyltään hyväkuntoinen reserviläinen. Reserviläistutkimuksen (Vaara ym. 2008) perusteella hapenottokyvyltään sijoituskelpoisten reserviläisten löytäminen saattaa tulevaisuudessa muodostua haastavaksi, sillä ainoastaan 15 prosenttia reserviläisistä saavutti hyvän tai erinomaisen tuloksen ($50 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$) maksimaalisessa hapenottokyvyssä. Positiivisen liikuntakipinän herättäminen varusmiespalveluksen aikana ja kertausharjoituksissa on siten erityisen tärkeää sijoituskelpoisten reserviläisten määrän lisäämiseksi.

Eräs vaihtoehto edellä mainitun haasteen ratkaisemiseksi voisi olla aselajikohtaisten suorituskykyvaatimusten luominen, jolloin jokaiselle asevelvolliselle voitaisiin määrittää hänen fyysisistä suorituskykyään vastaava tehtävä. Maavoimien taistelun 2015 vaikutukset eri aselajien kuormittavuuteen eivät toistaiseksi ole riittävän tarkasti tiedossa. Eri aselajien vaatimukset so-

tilaiden fyysiselle suorituskyvyille vaihtelevat ja niitä olisi hyvä selvittää. Vaatimusten kartoittaminen auttaisi sijoituskelpoisuuden seurantaa ja tehostaisi palvelukseen astuvien varusmiesten aselajin valintaa. Aselajikohtaisten vaatimusten avulla voitaisiin lisäksi ohjata liikuntakoulutuksen suunnittelua sekä toteutusta erikois- ja joukkokoulutuskaudella.

Liikuntakoulutuksen toteutuksessa ja suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, että sotilaskoulutus on luonteeltaan kestävyyspainotteista ja se kehittää varusmiesten kestävyysominaisuuksia ilman lisättyä kestävyysharjoittelua (Santtila 2010). Toisaalta, jotta maavoimien taistelun 2015 vaatimukset kestävyyskunnolle kyettäisiin saavuttamaan, tulisi taistelijoiden maksimaalinen hapenottokyky saada nousemaan vaaditulle tasolle alle kuudessa kuukaudessa. Santtila (2010) havaitsi tutkimuksessaan, että peruskoulutuskaudella voimaharjoittelun lisääminen ei vaikuttanut negatiivisesti kestävyysominaisuuksien kehittymiseen ja paransi alokkaiden voimaominaisuuksia. Voimaominaisuuksien paraneminen vaikuttaa positiivisesti suoritusten taloudellisuuteen ja täten myös kestävyyskuntoon (Kyröläinen ym. 2005). Voimaharjoittelun määrän sekä kestävyysharjoittelun intensiteetin lisääminen voisi siis olla yksi ratkaisu siihen, että tavoitetasovaatimukset voitaisiin varusmiespalveluksen aikana saavuttaa tehokkaammin.

Maavoimien taistelu 2015 luo useita mielenkiintoisia jatkotutkimustarpeita liittyen sotilaan kestävyys suorituskykyyn. Pohjimmiltaan näiden tutkimusaiheiden tarkoituksena olisi luoda tarkempi kuva sotilaan kuormittumisesta maavoimien taistelussa 2015 sekä siitä, kuinka tuottaa fyysiseltä suorituskyvyltään tarpeeksi hyviä sotilaita eri tehtäviin.

Eräitä jatkotutkimusmahdollisuuksia olisivat:

1. Maavoimien taistelu 2015 vaatimukset maksimaaliselle hapenottokyvyille - käytännön mittausten toteuttaminen
2. Ryhmän hyökkäys-/puolustus-/irtautumisammunnan kuormittavuus (Hapenkulutuksen mittaaminen)
3. Eri sotilastyötehtävien hapenkulutuksen jatkotutkimus
4. Eri aselajien fyysisen suorituskyvyn vaatimukset
5. Fyysisen koulutuksen suunnittelu – kuinka tuottaa fyysisesti suorituskykyiset joukot?

Tutkimuksella ei ollut tarkoitus selvittää tarkkoja tuloksia taistelijan kuormittumisesta maavoimien taistelussa 2015 tai määrittää uusia minimirajoja sotilaiden maksimaaliselle hapenottokyvyille eri tehtävissä. Tutkimuksessa kuitenkin havaitaan maavoimien taistelun 2015 olevan

fyysisesti perinteistä taistelua kuormittavampi ja näin se edellyttää taistelijoilta korkeampaa maksimaalista hapenottoa. Asevelvollisten fyysiseen koulutukseen, sijoituskelpoisuuden seurantaan sekä liikuntakipinän sytyttämiseen tulisi täten jatkossakin kiinnittää runsaasti huomiota.

LÄHTEET

- Aanstad, A., Holme, I., Berntsen, S. & Anderssen S. A. 2011. Validity and Reliability of the 20 Meter Shuttle Run Test in Military Personnel. *Military medicine* Vol. 176. 513-518
- Alavillamo, J. 1999. Sotilaan toimintakyky. Maanpuolustuskorkeakoulun, Yleisesikuntaupseurikurssin 46 diplomityö.
- Alen, M. & Rauramaa, R. 2005. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmittäin. Teoksessa Vuori, I. & Taimela, S. (toim.) *Liikuntalääketiede*. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Basset, D. R. & Howley, E. T. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine & Science Sports & Exercise*, Vol. 32, No. 1, 70–84
- Boutellier, U., Büchel, R., Kundert, A. & Spengler, C. 1992. The respiratory system as an exercise limiting factor in normal trained subjects. *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 65. 347-353
- Cooper, K.H. 1968. A Means of Assessing Maximal Oxygen Intake. Correlation Between Field and Treadmill Testing. *JAMA*. Jan 15, 1968. Vol. 203, No 3. 135-138
- Crowder, T. A., Beekley, M. D., Sturdivant, R. X., Johnson, C. A. & Lumpkin, A. 2007. Metabolic Effects of Soldier Performance on a Simulated Graded Road March while Wearing Two Functionally Equivalent Military Ensembles. *Military medicine* Vol. 172. 596-602
- Deakin, J.M., Pelot, R., Smith, J. T. & Weber C. L. 2000. Development and Validation of Canadian Forces Minimum Physical Fitness Standard (MPFS 2000). Selection and Maintenance Standards Division. Ergonomics Research Group. Queen's University. Viitattu 16.3.2015
<https://www.cfpsa.com/en/AboutUs/PSP/DFIT/Documents/Publications%20and%20Reports/MPFS%202000.pdf>

- Deakin, J.M., Pelot, R., Smith, J. T. & Weber C. L. 1999. Physical fitness maintenance program. Selection and Maintenance Standards Division. Ergonomics Research Group. Queen's University. Viitattu 15.3.2015
<https://www.cfpsa.com/en/AboutUs/PSP/DFIT/Documents/Publications%20and%20Reports/Physical%20Fitness%20Maintenance%20Program.pdf>
- Department of the Army 2012. Army Physical Readiness Training, FM 7-22. Army Knowledge Online Viitattu 15.3.2015 <https://armypubs.us.army.mil/doctrine/index.html>
- Department of the Navy 2011. Physical readiness program, OPNAVINST 6110.1J. Washington D.C
- Department of the Navy 2008. MARINE CORPS PHYSICAL FITNESS PROGRAM, MCO 6100.13. Washington D.C
- Epstein, Y., Rosenblum, J., Burstein, R. & Sawka M. N. 1988. External load can alter energy cost of prolonged exercise. *European Journal of Applied Physiology & Occupational Physiology* 57; 243-7.
- Frederick, E. C. 1985. Synthesis, experimentation, and the biomechanics of economical movement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 17. 44-47
- Haglund, C. 2014. Kansalaiskeskustelu puolustuspolitiikasta Suomiareenassa 15.7.2014. Puolustusministeriön www-sivut.
http://www.defmin.fi/ajankohtaista/tiedotteet/2014/kansalaiskeskustelu_puolustuspolitii_kasta_suomiareenassa_15.7.2014.5925.news
- Hartley, H. L. 1995. Cardiac Function and Endurance. Teoksessa Shephard, R. J. & Åstrand, P.-O. (toim.) *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Hitchcock, K. M., Millard-Stafford, M. L., Phillips, J. M. & Snow, T. K. 2007. Metabolic and thermoregulatory responses to a simulated american football practice in the heat. *Journal of Strength and Conditioning Research* Vol. 21. 710-717

- Holewijn, M. & Meeuwssen, T. 2000. Physiological Strain During Load Carrying: Effects of Mass and Type of Backpack. Meeting on "Soldier Mobility: Innovations in Load Carriage System Design and Evaluation", 27-29 June 2000, Kingston, Canada,
- Ilmarinen, R. 2005. Liikunta kuumassa. Teoksessa Vuori, I. & Taimela, S. (toim.) Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Jyväskylä R. 2014. Maavoimien muutos ja paikallisjoukot. Julkistamistilaisuuden materiaali. Viitattu 15.3.2015
http://www.puolustusvoimat.fi/wcm/0329428043cd0ee59223df028affb6da/Paikallispuolustusmalli+28042014_web.pdf?MOD=AJPERES
- Keskinen, K. 2005. Fyysinen kunto ja sen testaaminen. Teoksessa Vuori, I. & Taimela, S. (toim.) Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Keskinen, K. L. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvalmennus. VK-Kustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- Keskinen, O. P., Mänttari, A. & Keskinen K. L. 2004. Aerobisen kestävyuden arviointi kenttätesteillä. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Kuntotestauksen käsikirja, Tammer-Paino oy, Tampere.
- Keskinen, O. P., Mänttari, A., Aunola, S. & Keskinen K. L. 2004. Aerobisen kestävyuden arviointimenetelmät. Teoksessa Keskinen, K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Kuntotestauksen käsikirja, Tammer-Paino oy, Tampere.
- Knapik J. 2000 Physiological, Biomechanical and Medical Aspects of Soldier Load Carriage. Paper presented at the RTO HFM Specialists' Meeting on "Soldier Mobility: Innovations in Load Carriage System Design and Evaluation", Kingston, Canada.
- Kokko, J. 2008. Vertaileva tutkimus taisteluväestöjen fyysisestä kuormittavuudesta. Maanpuolustuskorkeakoulu. Kadettikurssi 91. Pro Gradu.

- Kyröläinen, H. & Santtila, M. 2006. Liikuntatieteiden soveltaminen sotilaan fyysisen suorituskyvyn kehittämisessä. Teoksessa Huhtinen A.-M. & Toiskallio J. Maanpuolustuskorkeakoulu - kehittyvä sotatieteellinen yliopisto. Helsinki: Edita prima Oy
- Kyröläinen, H. 1998. Liikuntabiologinen näkökulma toimintakykyyn. Teoksessa J. Toiskallio (toim.) Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Maanpuolustuskorkeakoulu. Koulutustaidon laitos. Julkaisusarja 2 N:o 4. Vaasa: Ykkös-Offset Oy
- Laing Treloar, A. K. & Billing, D. C 2011. Effect of Load Carriage on Performance of an Explosive, Anaerobic Military Task. *Military medicine*, Vol. 176. 1027-1031
- Larsen, G. E., George, J. D., Alexander, J. L., Fellingham, G. W., Aldana, S. G. & Parcell, A. C. 2002. Prediction of maximum oxygen consumption from walking, jogging, or running. *Research Quarterly for Exercise and Sport* Vol. 73. 66-72
- Lieberman, H. R., Niro, P., Tharion, W. J., Nindl, B. C., Castellani, J. W. & Montain, S. J. 2006. Cognition during sustained operations: comparison of a laboratory simulation to field studies. *Aviation, Space, and Environmental Medicine* Vol. 77. 929-935.
- Lindholm, H., Eklöf, K., Hirvonen, S., Hyttinen, S., Ilmarinen, S., Laine, K., Mäkinen, T., Oksa, J., Reponen, S., Rintamäki, H., Rissanen, S., Sistonen, H., Karinkanta, J., Kauranen, K., Lepistö, P., Mäntysaari, M., Palvalin, K., Pihlainen, K., Santtila, M., Kyröläinen, H., Mälkiä, H., Rusko, H. & Strengell, T. Sotilastyön tehtäväkohtainen energiankulutus, eri tehtävien edellyttämä fyysinen minimisuorituskyky ja kuormituksen sekä kuormittumisen arviointi kenttäoloissa. *MATINE Julkaisusarja B*, 2008; N:o 672.
- Lindholm, H., Rintamäki, 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 seulonamenetelmien kehittäminen. *Juvenes Print – Tampereen yliopistopaino Oy*, Tampere

- Lusa, S., Lindholm, H., Punakallio, A., Ilmarinen, R., Louhevaara, V., Katajaisalo, J. & Lindqvist-Virkamäki, S. 2007. Lämpösuojalla toimivan pelastajien savusukellustestiradan kuormittavuus, luotettavuus ja turvallisuus. Teoksessa Työ ja ihminen 2/2007 kuormittuneisuus II toim. Leppänen A. & Takala E-P. Tampereen Yliopistopaino Oy – Juvenes Print, 2008
- Maavoimien Esikunta/Henkilöstöosasto 2008. Komppanian taisteluohje. Helsinki: Edita Prima Oy.
- McArdle, W. D., Katch, F. I. & Katch, V. L. 2001. Exercise Physiology. Energy, Nutrition, & Human Performance. Fifth Edition. Baltimore: Williams & Wilkins.
- Mineur, M. & Salén, J. 2011. Physical standards in the Swedish armed forces. Teoksessa Malmberg J. (toim.) Physical Fitness tests in the nordic armed forces - A description of basic test protocols. Oslo: The Norwegian Defence university college
- Mäntysaari, M. 2012. Taistelijan toimintakyvyn turvaaminen ääriolosuhteissa: vuoristo, kuumuus ja kylmä ympäristö. Sotilaslääketieteen aikakauslehti Vol. 87, 63-65
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S-T. 1989. Ihmisen Fysiologia ja anatomia. WSOY:n graafiset laitokset. Porvoo.
- Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvalmennus. VK-Kustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- Nummela, A. 2004. Kestävyyssuorituskykyä selittävät tekijät. Keskinen, Teoksessa K. L., Häkkinen, K. & Kallinen, M. (toim.) Kuntotestauksen käsikirja, Tammer-Paino oy, Tampere.
- Nummela, A., Keskinen, K. L. & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa A. Mero, A. Nummela, K. Keskinen & K. Häkkinen (toim.) Urheiluvalmennus. VK-Kustannus Oy. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

- O'Hara, R. B., Serres, J., Traver, K. L., Wright, B., Vojta, C. & Eveland, E. 2012. The Influence of Nontraditional Training Modalities on Physical Performance: Review of the Literature. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 83, No. 10, 985-990
- O'Neal, E. K., Hornsby, J. H. & Kelleran, K. J. 2014. High-Intensity Tasks with External Load in Military Applications: A Review. *Military medicine*, Vol. 179. 950-954
- Pandolf, K. B. & Young, A. J. 1995. Environmental extremes and endurance performance. Teoksessa Shephard, R. J. & Åstrand, P.-O. (toim.) *Endurance in sport*. Oxford: Blackwell Science Ltd.
- Paradis, G. P., Zacharogiannis, E., Mandila, D., Smirtiotou, A., Argeitaki, P. & Cooke, C. B. 2014. Multi-Stage 20-m Shuttle Run Fitness Test, Maximal Oxygen Uptake and Velocity at Maximal Oxygen Uptake. *Journal of Human Kinetics* volume 41/2014, 81-87
- Parkatti, V.-P. 2012. Maavoimien taistelu uudistuu. Puolustusvoimien www-sivut. Viitattu 13.3.2015 <http://www.puolustusvoimat.fi>. Maavoimien artikkeli: Julkaistu 18.9.2012, päivitetty 21.9.2012.
- Pihlainen, K., Santtila, M., Häkkinen, K., Lindholm, H. & Kyröläinen, H. 2014. Cardiorespiratory Responses Induced by Various Military Field Tasks. *Military medicine*, Vol. 179. 218-224
- Pihlainen, K., Santtila, M., Ohrankämmen, O., Ilomäki, J., Rintakoski, M. & Tiainen, S. 2009. *Puolustusvoimien kuntotestaajan käsikirja*. 1. painos. Edita Prima Oy. Helsinki
- Puolustusvoimat 2012. *Jääkärikomppanian päällikön koulutusohje (Luonnos)*.
- Puolustusvoimat 2014. *Sotilaan käsikirja 2015*. Juvenes Print. Tampere
- Puolustusvoimien koulutuksen kehittämiskeskus, *Jalkaväen taisteluohjesääntö 1995*, Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy
- Pääesikunnan henkilöstöosasto 2011. *Fyysisen toimintakyvyn perusteet*. Määräys HH47. Helsinki.

- Pääsikunnan henkilöstöosasto 2011. Asevelvollisten fyysinen koulutus. Määräys HH425. Helsinki
- Rusko, H. 1989. Fysiologian ja energianmuodostuksen perusteet. Teoksessa Suomen olympiakomitea, Suomalainen valmennusoppi - Harjoittelu. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Rusko, H. 1989. Kestävyys ja sen harjoittaminen. Teoksessa Suomalainen valmennusoppi Harjoittelu. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.
- Santtila, M., Häkkinen, K., Pihlainen, K. & Kyröläinen, H. 2013. Comparison Between Direct and Predicted Maximal Oxygen Uptake Measurement During Cycling. *Military medicine* Vol. 178. 234-238
- Sorensen, K. G. 2011. Danish concept of military physical training. Teoksessa Malmberg J. (toim.) *Physical Fitness tests in the nordic armed forces - A description of basic test protocols*. Oslo: The Norwegian Defence university college
- Sporiš, G. 2013. Validity of 2-mile run test for determination of VO₂max among soldiers. *Journal of sports and human performance* Vol. 1. 15-22.
- Sundqvist, H-C. 2009. Fyysisen suorituskyvyn yhteys ampumatarkkuuteen ammuttaessa ekoseella. Maanpuolustuskorkeakoulu. Kadettikurssi 92. Pro Gradu.
- Tharion, W. J. & Moore R. J 1993. Effects of Carbohydrate Intake and Load Bearing Exercise on Rifle Marksmanship Performance. Technical Report No. TR-XX-93, Occupational Health and Performance Directorate US Army Research Institute of Environmental Medicine
- Tikkanen, M. 2005. Liikunta ohuessa ilmanalassa. Teoksessa Vuori, I. & Taimela, S. (toim.) *Liikuntalääketiede*. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Tomlin, D. L. & Wenger, H. A. 2001. The Relationship Between Aerobic Fitness and Recovery from High Intensity Intermittent Exercise. *Sports Med* Vol. 31. 1-11

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 2008. Edita Prima Oy. Pääesikunta henkilöstöosasto, koulutussektori.

Viitasalo, J. 1989. Testit ja harjoittelun seuranta. Teoksessa Suomen olympiakomitea (toim.), Suomalainen valmennusoppi - Harjoittelu. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Warburton, D. E. R., Nicol, C. W. & Bredin, S. S. D. 2006. Health benefits of physical activity: the evidence. CMAJ March 14, 2006 174, 801-809

Westersund M. 2011. Taistelustressin hallinta sotilaallisessa kriisinhallinnassa. Laurea-ammattikorkeakoulu, Turvallisuusosaamisen ylempi ammattikorkeakoulututkinto. Opinnäytetyö