

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

**KENTTÄVARUSTUKSESSA SUORITETUN KÄVELYMARSSIN VAIKUTUS
TAISTELIJAN MAKSIMAALISEEN FYYSISEEN SUORITUSKYKYYN**

Pro Gradu

Kadetti
Tapani Lampinen

Kadettikurssi 90.
Jalkaväkilinja

Maaliskuu 2007

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi 90. Kadettikurssi	Linja Jalkaväkilinja
Tekijä Kadetti Tapani Lampinen	
Tutkielman nimi Kenttävarustuksessa suoritettun kävelymarssin vaikutus taistelijan maksimaaliseen fyysiseen suorituskykyyn	
Oppiaine johon työ liittyy Sotilaspedagogiikka	Säilytyspaikka Kurssikirjasto (MpKK:n kirjasto)
Aika Maaliskuu 2007	Tekstisivuja 61 Liitesivuja 0
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voimaominaisuuksissa tapahtuvat muutokset kenttävarustuksessa suoritettun kävelymarssin jälkeen. Kävelymarssin pituus oli 21km ja aikaa siihen kului 4h 20min. Kohdejoukkona olivat maavoimien jalkaväkilinjan kadetit 90. kadettikurssilta (n=12). Voimaominaisuuksien muutosta tarkasteltiin alku- ja lopputestillä, jotka olivat Pekoul-os:n PAK A 04:03.01/1.5.1999. mukaiset lihaskuntotestit. Testiin lisättiin vauhditon pituushyppy, jolla mitattiin alaraajojen räjähtävää voimaa. Muut testit olivat etunojapunnerrus, istumaannousu, puristusvoima ja toistokyykky. Kohdejoukolle tehtiin myös antropometriset mittaukset (pituus, paino, rasva %) ja mitattiin hapenottokyky polkupyöräergometritestillä.</p> <p>Tutkimus on luonteeltaan kvantitatiivinen kuormitusfysiologinen tutkimus. Tutkimuksen teoreettinen sisältö jakaantuu kahteen erilaiseen analysointi ja tarkastelu osioon: Teoria- ja empiiristen tulosten analysointiosioon. Tutkielman teoria-osassa selvitetään tutkielman käsitteelliset ja teoreettiset periaatteet ja lähtökohdat ihmisen fyysiseltä, sekä fysiologiselta kannalta tarkasteltuna. Tutkimuksen empiiristä tulokista saatuja arvoja käsiteltiin ja laskettiin käyttämällä Excel - taulukkolaskentaohjelmaa ja SPSS 11.5 for windows – tilastointiohjelmaa.</p> <p><u>Tutkimuksen pääongelma</u> Millaisia muutoksia taistelijan voimaominaisuuksissa tapahtuu kävelymarssin jälkeen?</p> <p><u>Tutkimuksen alaongelma</u> Mikä on tällä hetkellä jalkaväen kadetin fyysinen suorituskyky?</p> <p>Tulokset osoittivat, että 4 tuntia 20 minuuttia kestäneen marssin aiheuttama kuormitus kohdistui enemmän ylävartaloon, kun alavartaloon. Vauhdittoman pituushypyn tulos heikkeni 3,7 % ja toistokyykky 4,4 %. Vastaavasti etunojapunnerruksen tulos heikkeni 14 %, joka oli suurin pudotus lihaskuntotestissä. Syynä tähän on 25 kg:n lisätaakka, mikä aiheuttaa ylävartalon kuormittumista. Puristusvoimatestissä tulos heikkeni 2,5 % ja istumaannousussa 4,3 %.</p>	

Kokonaisuutena 90. kadettikurssin jalkaväkijoukon fyysinen suorituskyky on hyvällä tasolla. Kadetit jaksavat marssia yli neljä tuntia 25 kg:n kantamusten kanssa erittäin hyvin. Lihaskunto on hyvä. Hapenottokyky oli 49,5 ml/kg/min, joten se on hyvin lähellä taistelija vaadittavaa 50 ml/kg/min rajaa.

AVAINSANAT: taistelija, maksimaalinen fyysinen suorituskyky, aerobinen rasitus, voima

KENTTÄVARUSTUKSESSA SUORITETUN KÄVELYMARSSIN VAIKUTUS TAISTELIJAN MAKSIMAALISEEN FYYSISEEN SUORITUSKYKYYN

1. JOHDANTO	1
2. KESKEISIMMÄT KÄSITTEET	3
3. TAISTELIJAN TOIMINTA- JA SUORITUSKYKY	5
4. FYYSISEN SUORITUSKYVYN OSA-ALUEET	8
4.1 Kestävyys	8
4.2 Aerobinen peruskestävyys	9
4.2.1 Aerobisen kestävyuden harjoittaminen	10
4.2.2 Energiantuotto pitkäkestoisessa suorituksessa	11
4.3 Anaerobinen kestävyys	11
4.4 Nopeuskestävyys	12
4.5 Maksimikestävyys	12
4.5.1 Maksimaalinen hapenottokyky	12
4.6 Voima	13
4.6.1 Kestovoima	14
4.6.2 Nopeusvoima	14
4.6.3 Maksimivoima	15
4.7 Nopeus	17
4.7.1 Reaktionopeus	18
4.7.2 Räjähävänopeus	18
4.7.3 Liikkumisnopeus	18
4.8 Taito	18
4.8.1 Yleistaitavuus ja lajikohtainen taitavuus	19
5. TAISTELIJAN KUORMITTUMINEN AEROBISESSA RASITUKSESSA	19
5.1 Fysiologiset muutokset aerobisessa kuormituksessa	19
5.1.1 Hengityselimistö	19
5.1.2 Sydän ja verenkiertoelimistö	20
5.1.3 Hermolihasjärjestelmä	21
5.2 Lisäkuorman kantokykyyn vaikuttavia tekijöitä	22
5.3 Lisäkuorman kantamisen vaikutukset suorituskykyyn	23

5.4 Olosuhteiden vaikutus kuormittumiseen	24
5.4.1 Kylmät olosuhteet	25
5.4.2 Kuumat olosuhteet	26
5.5 Fyysisen toimintakyvyn säilyttäminen	28
5.5.1 Levon merkitys toimintakyvyn ylläpidossa	31
6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS	32
7. TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS, TUTKIMUSNGELMAT JA HYPOTEESEIT	33
8. TUTKIMUSMENETELMÄT	35
8.1 Koehenkilöt	35
8.2 Tutkimusasetelma	36
8.3 Mittaukset	37
8.4 Tietojen analysointi ja raportointi	43
9. TULOKSET	44
9.1 Maksimaalinen hapenottokyky	44
9.2 Kävelymarssi	45
9.3 Lihaskuntotestit	48
10. POHDINTA	52
10.1 Tulosten luotettavuus	57
11. JOHTOPÄÄTÖKSET	60
LÄHTEET	62

KENTTÄVARUSTUKSESSA SUORITETUN KÄVELYMARSSIN VAIKUTUS TAISTELIJAN MAKSIMAALISEEN FYYSISEEN SUORITUSKYVYYN

1. JOHDANTO

Nykyaikaisen taistelukentän kuva perustuu eri johtopäätöksiin ja arvoihin, jotka on saatu tutkimalla viimeisten sotien taistelutekniikkaa, sekä niihin käytettyjä aseita ja joukkoja. Yksittäisen taistelijan kannalta taistelujen luonne edellyttää varautumista henkisesti ja fyysisesti erittäin rasittaviin taistelukentän olosuhteisiin. Nykyajan taistelukentän tekee vaativaksi vihollisen käyttämien taistelumenetelmien paljous ja se vaatii taistelijalta monipuolisia fyysisiä ominaisuuksia, jotka tulisivat olla hyvässä kunnossa. Eri aselajeissa sekä taistelukentän tehtävissä korostuu jokin tietty fyysinen osa-alue muita tärkeämmäksi. Tykistöissä vaaditaan paljon voimaa, kaukopartiomiehet tarvitsevat sen sijaan äärimmäistä kestävyyttä, hyökkäyksessä puolestaan vaaditaan räjähtävää nopeutta ja anaerobista kestävyyttä. Taistelija tarvitsee kestävyyttä jokapäiväisessä toiminnassa ja monet fyysisen suorituskyvyn osa-alueista perustuvat kestävyuteen. "Kestävyuden merkitys on suuri lajeissa, joissa suorituksen kesto ylittää kaksi minuuttia tai toistuu pitemmän ajan kuluessa useita ja lyhyitä ja tehokkaita työpaksoja." (Mero, Nummela, Keskinen, Häkkinen 2004, 333.) Tämä korostaa kestävyuden merkitystä nykyajan moniulotteisella taistelukentällä, jossa tilanteet muuttuvat nopeasti ja taistelut saattavat kestää useita vuorokausia.

Sodassa ja taistelukentällä ei välttämättä ole mahdollisuutta eikä aikaa fyysisten ominaisuuksien kehittämiseen tai suorituskyvyn palauttamiseen. Tämä vaatii taistelijoilta kovaa fyysistä ja psyykkistä kuntoa taistelukentän vaativissa olosuhteissa toimintakyvyn ylläpitämiseksi. Nykyään asejärjestelmien ja pimeänäkölaitteiden kehittyminen mahdollistaa taisteluiden käymisen myös yöllä. Ympäri vuorokautisen ja kii-vasrytmisen taistelun vuoksi taistelijat joutuvat taistelemaan yhä pitempiä jaksoja ilman unta ja lepoa.

Kehitys on ollut valtavaa viime vuosikymmeninä ja monet asiat kuten joukkojen liikuttaminen on helpompaa kuin vuosina 1939 - 45. Tuolloin sotiemme veteraanit joutuivat marssimaan suksin, pyörällä tai jalan pitkiä matkoja. Kun kyyditystä ei yksinkertaisesti jokaiseen siirtymiseen kaikilla joukoilla ollut, niin marssiminen oli jokaiselle

sotilaalle arkipäivää. Varsinkin kaukopartioitehtävissä olleet sotilaat tiesivät fyysisen kunnan merkityksen. He joutuivat liikkumaan kymmenien kilometrien päivä matkoja, jopa useita viikkoja peräkkäin. Varusteita yhdellä sotilaalla saattoi olla mukanaan 50 kg, jonka kuljettamiseen vaadittiin paljon lihasvoimaa. Nykyään panssaroidut ajoneuvot ja asejärjestelmien kehitys saattaa aiheuttaa sen, että fyysistä kuntoa väheksytään. Taistelijan tulee historian opetuksiin nojaten tänäkin päivänä varautua äärimmäisiin fyysisiin rasituksiin ja pitää fyysinen kunto kovana. Taistelussa elämästä ja kuolemasta täytyy edelleen muistaa, että vahvempi voittaa.

Puolustusvoimissa liikuntatieteellinen tutkimustoiminta on keskittynyt sotilaan fyysisen suoritus- ja toimintakyvyn ylläpitämisessä. Esimerkkinä viimeaikaisista tutkimuksista voidaan mainita Kyröläisen ym. (2004) tutkimuksen tiedustelijoiden fyysisen suorituskyvyn muutoksia pitkäkestoisessa harjoituksessa. Tutkimus osoitti, että lisäkuorma tiedustelijoilla voi olla enintään 45 kg ja päivätappi tulisi olla korkeintaan 20-25 kilometriä. Malmberg ym. (2003) tutkivat noin 20 - 40-vuotiaiden reserviläisten fyysistä kuntoa ja arvioivat sen riittävyttä sodan-ajan tehtäviin. Reserviläisten kuntoa koskeva vuonna 2003 tehty tutkimus reserviläisten fyysisestä suorituskyvystä osoitti, että heidän maksimaalinen hapenkulutus sekä yläraajojen ja selän lihaskunto ovat heikentyneet viimeisten vuosien aikana. Vuonna 2003 tehdyissä testeissä yli 60 % reserviläisistä saavutti alle 45,9 ml/kg/min maksimaalisen hapenkulutustuloksen. Fyysisen kunnan heikentymisen suurimpana aiheuttajana tutkimuksessa pidettiin painon sekä vyötärön ympäröityn kasvua. Jos tarkastellaan näitä tuloksia taistelukelpoisuuden näkökulmasta, reserviläisten kunto ei tarpeeksi hyvällä tasolla. Oksan & Rintamäki (1995) tutkivat kantolaitteen aiheuttamaa lisäkuormitusta. Heidän mukaan taakan optimaalinen paino on noin 30 % kehon painosta. Optimaalinen paino tarkoittaa mahdollisimman suurta tarvikkeiden määrää, jota voidaan kuljettaa mukana mahdollisimman pitkään.

Sotilaslääketieteen laitos on keskittynyt sotilaan liikunta- ja tukieliintensairauksien tutkimiseen. Jyväskylän yliopistossa on tehty tutkimuksia liittyen varusmiesten ampu- makoulutukseen ja liikuntakäyttämiseen. Maanpuolustuskorkeakoulussa on tehty tutkimuksia, jotka keskittyvät sotilaspedagogiikan fyysisen kasvatuksen alueelle.

Kansainvälisesti sotilaan fyysistä suorituskykyä on tutkittu erittäin paljon. Esimerkiksi Welsh ym. (2005) tutkivat sotilaiden kuormittumista pitkäkestoisessa operaatiossa.

Myös kantolaitteen aiheuttamasta kuormituksesta ja marsseista on tehty paljon tutkimuksia. Knapik ym. (2004) tutkivat kantolaitteen aiheuttamaa lisäkuormitusta ja sen vaikutusta voimaominaisuuksiin. Evans ym. (1983) totesivat tutkimuksessaan, että lisäkuorman kantajan paino on suhteutettava kannettavaan painoon, jotta se ei aiheuttaisi ennenaikaista uupumista. Mikäli lisäkuorman paino on yli 27 % kehon painosta, se lyhentää taakan kantoaikaa huomattavasti. Holthoer ym. (1994) tutkivat sotilaiden taistelukykyä 7-tunnin marssin jälkeen. O'connor ym. (1990) tutkivat sotilaiden kuormittumista kävelymarssilla ja sen vaikutusta käsikranaatin heittoon ja jalkojen räjähtävään voimaan. Tutkimukseen osallistui yli 300 amerikkalaista sotilasta. Norjalainen Aandstad tutki 24 norjalaisen HG- (Home Guard) sotilaiden fyysistä kuntoa kävelytestin ja juokсутестin avulla. Juokсутестissä vauhtia lisättiin minuutin välein 1 km/h uupumiseen asti. Kävelytestissä sotilailla oli selässään kenttäpakkaus (37,6 kg). Kävely aloitettiin tasaisella alustalla ja jokaisen minuutin jälkeen pinnan kulmaa nostettiin 1 %:lla. Molempien testien tulokset olivat samansuuntaisia. Sotilaiden maksimaalinen hapenottokyky juokсутестin perusteella oli 46,2 ($\pm 6,4$) ja kävelytestin perusteella 43,1 ($\pm 5,7$) ml/kg/min. (Aandstad 2005.)

Tämä tutkimus on luonteeltaan kvantitatiivinen kuormitusfysiologinen tutkimus, jossa mitataan kohdejoukon kuormittuvuutta elimistön eri kuormitusasteilla kokeellisin eli eksperimentaalisiin menetelmin. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millä tavalla noin neljän tunnin kävelymarssi kenttävarustuksessa (25 kg) vaikuttaa taistelijan maksimaaliseen fyysiseen suorituskyykyyn. Tutkimuksen tavoitteeseen pääsemiseksi maavoimien kadeteille tehdään maksimaalinen hapenottokyykytesti, antropometriset mittaukset sekä voimatestit ennen ja jälkeen kävelymarssin. Tutkimushenkilöinä ovat 90. kadettikurssin kadetit jalkaväkijoina. Kohdejoukon suuruus on 12 kadettia.

2. KESKEISIMMÄT KÄSITTEET

Taistelija (tässä tutkimuksessa taistelija käsitetään jalkaväen sotilaana)

Taistelijalla tarkoitetaan henkilöä, joka on värvätty tai on asevelvollinen itsenäisen maan armeijassa. Lisäksi on suorittanut koulutuksen ja ottanut vastaan varusteet puolustaakseen maataan tai sen mielipidettä. (<http://en.wikipedia.org/wiki/Soldier>)

Hengitys- ja verenkiertoelimistö

Hengityselimistö muodostuu keuhkoista ja hengitysteistä. Hengitys eli respiraatio huolehtii keuhkotuuleuksesta ja kaasujen vaihdosta keuhkojen ja veren välillä. (Niessted ym. 1999, 258.) Verenkiertoelimistö on sydämen, veren ja verisuonien muodostama kokonaisuus, jonka tehtävä on veren kierrättäminen ihmisen elimistössä. (Mero ym. 1997, 69.)

Aerobinen rasitus

Aerobisella rasituksella tarkoitetaan liikuntaa tai työtä, jolloin sydämen syke on 40-50 lyöntiä alle maksimisykkeen. (Nummela ym. 2004, 337.) Rasituksen aikana sydämen syke kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen tehon lisääntyessä. (Keskinen 2004, 87.) Aerobisessa suorituksessa kasvaa myös sydämen iskutilavuus ja se saavuttaa enimmäismääränsä hapenkulutuksen ollessa noin 40 % maksimista. Käytännön esimerkki tällaisesta on reipas kävely. (Vuori & Taimela 1999, 34-35.) Aerobisessa kuormituksessa hengitystiheys kasvaa ja keuhkotuuletus lisääntyy hengitystilavuutta kasvattamalla. (Keskinen 2004, 76-77.)

Kenttävarustus

Taisteluvälineistö koostuu niistä tarvikkeista joita taistelija välttämättä tarvitsee tullaan toimeen taistelukentällä ja taistelemaan tehokkaasti. Kenttävarustukseen kuuluu taisteluvälineistön lisäksi varanestepullo, vaihtovaatteet, makuupussi, makuu alusta ja peseytymisvälineet. Kenttävarustuksen paino on noin 25kg. (Sotilaan käsikirja 2006, 156-157.)

Voima

Voima on tärkeä osatekijä kaikessa fyysisessä liikunnassa, koska se perustuu hermoston välittämään lihasten tahdonalaisiin supistuksiin. Näin ollen voimaa käytetään kaikissa liikkeissä. Voima jaotellaan fyysisen suorituskyvyn kuormitustasojen mukaisesti kolmeen lajiin; kestovoimaan, nopeusvoimaan ja maksimivoimaan. Voiman tuotto kattaa koko hermolihasjärjestelmän toiminta-alueen aivan samalla tavalla kuin kestävyyskin. (Mero ym. 1997, 147-148; Kantola 1989, 220-221.)

3. TAISTELIJAN TOIMINTA- JA SUORITUSKYKY

Toimintakyvyn määrittämiseen vaikuttaa se miltä kannalta asiaa lähestytään. Lääketieteessä toimintakykyä katsotaan terveyden ja sairauden käsitteistä lähtien. Työssä tarvittavaan toimintakykyyn vaikuttaa fyysiset ja psyykkiset tekijät ja henkilön ikä. On myös mahdollista arvioida sosiaalista toimintakykyä, mutta siihen vaikuttaa niin fyysiset kuin psyykkiset ominaisuudet, jotka kaikki vaikuttavat toisiinsa. (Toiskallio, Kyröläinen 1998, 25.)

“ Sotilaan toimintakyky on sitä, että yksilö pystyy - yksin ja yhdessä toisten kanssa - toimimaan määrätietoisesti ja tilanteen mukaisesti sodan tai sitä alemman asteisten kriisien erilaisissa ympäristöissä.” (Toiskallio 1998, 25.) Taistelukenttä asettaa sotilaille vaatimuksia, jossa tarvitaan toimintakykyä. Siellä korostuu asejärjestelmien hallinta sekä johtajien että taistelijoiden välinen yhteistoiminta. Toimintakyky koostuu tietojen ja taitojen hallinnasta, fyysisestä kunnosta, motivaatiosta, tahdosta, vastuuntunnosta, luottamuksesta itseensä ja taistelijapariinsa sekä kykyyn tehdä eettisiä päätöksiä. Näistä muodostuu sotilaan toimintakyvyn osa-alueet, joita ovat fyysinen, psyykkinen, sosiaalinen ja eettinen, mitkä ovat vahvasti sidonnaisia toisiinsa. Suorituskyvystä puhuttaessa kohteena on yleensä joukko. Sodassa joukon suorituskyky koostuu taistelutahdosta, taistelijoiden ja yksiköiden koulutustasosta sekä aseistuksesta ja varusteista. Toimintakykyiset yksilöt muodostavat suorituskykyisen eli taistelukykyisen joukon. Yksilön toimintakykyä ja joukkojen suorituskykyä on kyettävä pitämään yllä silloinkin kun yhteydet johtoportaisiin ja naapureihin katkeavat, tappiot lisääntyvät ja materiaaliresurssit vähentyvät. (Toiskallio 1998, 25-28.)

Ihmisen fyysinen kyky minkä tahansa toiminnan suorittamiseksi tarkoittaa fyysistä toiminta- tai suorituskykyä. Toimiminen ja tehtävien suorittaminen vaatii tekniikkaa ja taktiikkaa. Ilman fyysistä toimintakykyä tekniset ja taktiset suoritukset eivät ole mahdollisia. Fyysistä toimintakykyä määriteltäessä arvioidaan biologisin menetelmin henkilön kuormittumista tietyissä fyysisissä toiminnoissa. Fyysinen suorituskyky ja kunto rinnastetaan usein toisiinsa, jota mitataan fyysisen toiminta tai suorituskyvyn eri osa-alueilla, joita ovat kestävyys, voima ja nopeus. (Kyröläinen 1998, 25-26.)

Kestävyys tarkoittaa kykyä vastustaa väsymystä, joka riippuu työskentelevien lihasten energian saannista ja riittävydestä. Tämän vuoksi kestävyys jaetaan eri osa-

alueisiin energia-aineenvaihdunnan perusteella. (Kyröläinen 1998, 27.) Kestävyys jaetaan luonteensa perusteella aerobiseen peruskestävyyteen, vauhtikestävyyteen, maksimikestävyyteen ja nopeuskestävyyteen. (Nummela ym. 2004, 335.) Kestävyys perustuu energia-aineenvaihdunnallisiin tekijöihin sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakykyyn. Toimintakykyä mitattaessa kestävyuden alueella määritetään testattavan syke, vitaalikapasiteetti, sydämen minuuttivolyyymi, hapenottokyky, hengitysosamäärä ja veren maitohappopitoisuus. (Kyröläinen 1998, 27.) Kestävyttä taistelija tarvitsee jokapäiväisessä toiminnassa ja etenkin pitkissä marsseissa.

Voima voidaan jakaa eri lajeihin (maksimi-, nopeus- ja kestovoimaan) lihassupistustapojen perusteella. Lihassupistustapoja ovat isometrinen, dynaaminen ja niiden yhdistelmä. Lihassupistustavat jaetaan vielä eksentriseen, konsentriseen ja venymislyhenemis- sykliseen voimantuottotapaan. Maksimivoima on yhdellä toistolla maksimaalisella isometrisellä supistuksella tuotettu voima. Se tarkoittaa suurinta yksilöllistä voimatasoa, jonka lihas tai lihasryhmä tuottaa kertosupistuksessa. Yleisesti nopeusvoimalla tarkoitetaan hermolihasjärjestelmän kykyä tuottaa suurin mahdollinen voima lyhyimmässä mahdollisessa ajassa tai suurimmalla mahdollisella nopeudella. Nopeusvoiman voimantuotto voi olla aksylistä eli kertosuorituksellista tai syklistä, jossa voimantuotto toistetaan useita kertoja lyhyessä ajassa. Nopeusvoimaa mitataan lyhyissä suorituksissa, joissa liikutetaan omaa kehoa tai pientä painoa. Kestovoima on ajallisesti pitkäkestoista voimantuottoa ja se on joko aerobista tai anaerobista. Kestovoima on lihaksen tai lihasryhmän kykyä tehdä työtä, tuottaa lihassupistuksia pienellä kuormalla tietyssä ajassa tai kykyä ylläpitää tiettyä voimatasoa mahdollisimman pitkään tai tietyn ajan. (Häkkinen ym. 2004, 251, 285-289.)

Nopeuden merkitys arvioitaessa taistelijan toimintakykyä on merkittävä. Monissa taistelulukentän tilanteissa vaaditaan nopeaa reaktiokykyä. Räjähävää nopeutta tarvitaan lähitaistelutilanteissa, rynnäköissä ja käsikranaatinheitossa. (Kyröläinen 1998, 29.) Nopeuden lajit ovat reaktionopeus, räjähtävä nopeus ja liikkumisnopeus. Liikkumisnopeus jaetaan maksimaaliseen - ja submaksimaaliseen nopeuteen. Reaktiionopeus on kykyä reagoida johonkin ärsykkeeseen. Räjähävää nopeus on lyhytaikaista, yksittäistä ja mahdollisimman nopeaa liikesuoritusta. Liikkumisnopeus on erittäin nopeaa liikkumista paikasta toiseen. (Mero ym. 2004, 293.)

Taistelulukentän ensisijainen vaatimus on hyvä fyysinen kunto. Tällä varmistutaan siitä, että taistelijat jaksavat toimia kaikissa olosuhteissa mahdollisimman pitkään. Tais-

telijoilta vaaditaan erilaisia määriä voimaa, nopeutta ja kestävyyttä. Näiden fysiologisten ominaisuuksien lisäksi muita vaadittavia ominaisuuksia ovat muun muassa koordinaatiokyky, taito ja kimmoisuus. (Rantala & Siukonen 1976, 617.)

Taistelukenttä ja taistelijan varusteet asettaa taistelijalle paljon eri vaatimuksia selviytyäkseen taisteluiden aiheuttamista rasituksista. Eri taistelukentän vaatimukset korostavat taistelijan ja taistelunjohtajan fyysisen suorituskyvyn merkitystä. Taistelijalta edellytetään hyvää hapenottokykyä. Eri tutkimuksien mukaan taistelijan hapenottokyvyn tulisi olla 50-55 millilitraa painokiloa kohti minuutissa. Taistelijalta vaaditaan pitkäaikaista kestävyyttä ympärivuorokautisiin taisteluihin. Puolustusvoimissa fyysisen koulutuksen vaatimuksen mukaan sotilaan on kyettävä täyttämään oman puolustushaaran, aselajin ja koulutushaaran mukaiset taistelutehtävänsä vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukosketuksessa. Lisäksi sotilaan on kyettävä käyttämään kaikki voimavarat 3-4 vuorokautta kestävässä vaativassa ratkaisutaistelussa. (Pe-koul-os:n PAK C 01:03)

Taistelija tarvitsee hyvän lihaskestävyyden, lihastasapainoa ja lihashallintaa, sillä taistelukentän monipuolisissa tehtävissä ja olosuhteissa on kyettävä taistelemaan myös noin 20 kiloa painavan taisteluvarustuksen kanssa sekä 25-30 kiloa painavan kenttävarustuksen kanssa. Taistelija joutuu kantamaan paljon myös muita varusteita ja taisteluvälineitä. Taistelijalta vaaditaan hyviä maastossa liikkumistaitoja kuten hiihtoa, suunnistusta ja uintia. Taistelijalta edellytetään myös nopeutta ja ketteryyttä sekä anaerobista suorituskykyä, voima- ja nopeuskestävyyttä. Eri vaatimuksien täyttämiseksi tulisi viikossa harjoitella vähintään kahdeksan tuntia. Harjoittelussa tulisi olla osuuksia, jotka kehittävät kestävyyttä, nopeutta, lihaskuntoa ja lihasten hallintaa. Harjoittelun onnistumisen kannalta tulisi kuormitus olla nousujohteista ja monipuolista, unohtamatta riittävää palautumista. (Santtila 2000.)

4. FYYSISEN SUORITUSKYVYN OSA-ALUEET

Sotilaspedagogiikan näkökulmasta sotilaan toimintakyky koostuu fyysisestä, psyykkisestä, sosiaalisesta ja eettisestä osa-alueesta. Fyysinen suorituskyky on kyky suorittaa kuntoa ja taitoa vaativasta fyysisestä suorituksesta. Fyysinen suorituskyky tulisi nähdä laajempuna kokonaisuutena, kuin pelkkä kunto. Fyysisessä suorituksessa korostuu myös taito-ominaisuudet. Tämän lisäksi fyysinen suorituskyky on kiinteästi yhteydessä motivaatioon ja psyykkiseen toimintakykyyn. (Heikkinen & Vuori 1980.) Jos fyysinen suorituskyky määritellään pelkästään fysiologiselta kannalta, niin se koostuu kestävydestä, nopeudesta, voimasta ja taidosta. (Toiskallio 1998. 25-27.)

4.1 Kestävyys

Kestävyydellä tarkoitetaan väsymyksen sietokykyä fyysisen kuormituksen aikana, joka riippuu työskentelevien lihasten energian saannista ja sen riittävydestä. Kestävyysuorituskykyyn vaikuttaa hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyky, energia-aineenvaihdunnalliset tekijät ja hermoston toiminta. Kestävyyttä rajoittaa hapen saannin riittämättömyys, mistä johtuu energiantuotannon heikkeneminen, lihasten happamoituminen ja toimintakyvyn heikkeneminen väsymyksen myötä. (Kyröläinen 1998, 27-34.)

Fyysinen kestävyys on erittäin tärkeä ominaisuus sotilaalle. Puolustusvoimissa fyysisen koulutuksen vaatimuksen mukaan sotilaan on kyettävä täyttämään taistelutehtävänsä vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukosketuksessa. Jotta tähän pystyttäisiin, tulee sotilaalla olla kaikki kestävyden osa-alueet kunnossa. Tärkeimpänä kestävyden osa-alueista on aerobinen peruskestävyys, jonka päälle muut ominaisuudet rakentuvat. "Kestävyysuorituskyky perustuu lajista riippumatta maksimaaliseen aerobiseen energiantuottokykyyn (VO_2max), pitkäaikaiseen kestävyteen, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokykyyn." (Nummela ym. 2004, 333.) Kestävyys jakautuu intensiteetin mukaan neljään eri osa-alueeseen, joita ovat aerobinen peruskestävyys, vauhtikestävyys, maksimikestävyys ja nopeuskestävyys.

Kestävyysharjoittelussa esiintyy usein kolme harjoittelun perustermiä jotka ovat maksimaalinen hapenottokyky, aerobinen kynnyks ja anaerobinen kynnyks.

Maksimaalinen hapenotto

Tarkoittaa elimistön suurinta mahdollista tehoa toimittaa happea lihaksille. Maksimaalinen hapenottokyky määräytyy sydämen ja hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvystä. (Rusko 1989, 151-152.)

Aerobinen kynnys

- Laktaattipitoisuuden ensimmäinen nousukohta perustasosta suhteessa hapenkulutuksen arvoon
- Ventilaation ensimmäinen lineaarisuudesta poikkeava muutoskohta suhteessa hapenkulutuksen suhteeseen
- Ventilaatioekvivalentin alin kohta suhteessa hapenkulutuksen tasoon

Anaerobinen kynnys

- Laktaattipitoisuuden toinen jyrkempi nousukohta suhteessa hapenkulutuksen tasoon
- Ventilaation lineaarisuudesta poikkeava muutoskohta suhteessa hiilidioksidin tuottamiseen
- Ventilaatioekvivalenttien jyrkkä lineaarisuudesta poikkeava muutoskohta suhteessa hapenkulutukseen

(<http://www.vierumaki.fi/cgi-bin/vierumaki.cgi/hakemisto=valmennus&tiedosto=ohjaajille/3>)

4.2 Aerobinen peruskestävyys

Aerobista peruskestävyyttä harjoitetaan sykkeellä 120-150. Ellei aerobista kynnystä ole määritetty, niin se voidaan arvioida vähentämällä 40-50 lyöntiä maksimisykkeestä. Peruskestävyysalueella liikuttaessa käytössä olevat aktiiviset lihassolutyypit ovat hitaita lihassoluja ja tehoalue on noin 40-70 % maksimista. (Nummela ym. 2004, 335-337.)

Kestävyysurheilulla on vaikutus sydän- ja verenkiertoelimistön toimintaan. Koska sydän on ontto, sen onteloiden tilavuus ja seinämien lihasmassa voivat lisääntyä. Tehokkaimmin sydän vahvistuu kestävyyslajeissa, joissa kehon suuret lihasryhmät tekevät työtä. Tällöin veri kiertää vilkkaasti elimistössä ja sydän täyttyy suuremmaksi ja

tyhjenee tehokkaammin. Tällöin myös sydämen tilavuus ja supistusvoima lisääntyy. Kestävyyslajit lisäävät myös verisuonten joustavuutta, jolloin veri kiertää kevyemmin ja verisuonet voivat paremmin. Parhaimpia sydäntä kasvattavia lajeja ovat esimerkiksi hiihto ja soutu, joissa kaikki kehon suuret lihakset tekevät työtä. (Anttila 2005, 24-25.)

Kestävyysharjoittelu aiheuttaa sydämen sykkeen laskua sekä rasiuksessa että levossa. Kestävyysharjoittelu aiheuttaa sydämen iskutilavuuden kasvua ja tällöin kuormitusta vastaava minuuttitilavuus saavutetaan alhaisemmalla sykkeellä. (Åstrand & Rohdahl 1986, 452.)

4.2.1 Aerobisen kestävyuden harjoittaminen

Parhaiten aerobista peruskestävyyttä kehitetään kevyellä ja pitkäkestoisella rasiuksella. Peruskestävyys harjoittelussa tavoitteena on aerobisten ominaisuuksien ja rasvojen käytön parantaminen. Tällöin harjoitusteho täytyy olla niin matala, etteivät verenmaitohappopitoisuudet kasva lainkaan lepotasosta. Peruskestävyys harjoituksen tulisi kestää yli kaksi tuntia ja sydämen syke pitäisi olla alle aerobisen kynnyksen, koska tällöin rasva-aineenvaihdunta on tehokkainta. Liikuttaessa yli aerobisen kynnyksen elimistössä alkaa muodostua maitohappoa, jolloin energiantuottotapa muuttuu anaerobiseksi. (Nummela ym. 2004, 333-337.)

Harjoitusvasteen aikaansaamiseksi elimistöä on ylikuormitettava normaalista lepotilasta. Kestävyysharjoittelussa tämä tapahtuu harjoitustehon, keston ja tiheyden avulla. Fyysisen kuormituksen ja levon yhteisvaikutuksesta syntyy harjoitusvaikutus. (Mcardle ym. 1996, 393.) Toiminnallinen adaptaatio, mikä tarkoittaa syketason laskua, entsyymiaktiivisuuksien kasvua ja maitohappopitoisuuksien laskua, saadaan aikaan jo 3-6 viikon harjoittelulla. Fyysisen kunnan parantuessa adaptionopeus hidastuu ja jopa pysähtyy, ellei harjoitusärsykettä suurenneta. Rakenteellinen adaptaatio tarkoittaa sydämen koon, muiden elinten tai kudosten kasvua. Pysyvästi korkeamman suorituskyvyn säilyttäminen edellyttää rakenteellista adaptaatiota, mikä tapahtuu huomattavasti hitaammin kuin toiminnallinen adaptaatio. Kestävyysharjoittelussa tulisi ensin vakiinnuttaa toiminnalliset ominaisuuksien muutokset ennen kuin harjoitusärsykettä lisätään voimakkaasti. (Rusko 1989, 156.)

4.2.2 Energiantuotto pitkäkestoisessa suorituksessa

Suorituksen intensiteetti määrää energiantuottotavan, hiilihydraattien ja rasvojen käyttöä. Energiaa tuotetaan lähes pelkästään rasvavarastoista, intensiteetin ollessa alle 30 % maksimaalisesta aerobisesta tehosta. Suuremmilla raskustasoilla hiilihydraattien osuus energiantuotossa kasvaa. Pitkäkestoisessa suorituksessa hiilihydraatteja ja rasvoja ei kuluteta peräkkäin siten, että glykogeenivarastojen loppuessa siirrytään rasvavarastoihin. Molempia varastoja kulutetaan yhtä aikaan kuitenkin niin, että rasvojen käyttö energiantuotossa kasvaa suorituksen edetessä ja glykogeenivarastojen pienentyessä. (Nummela 2004, 104-107.) Kuormituksen kestäessä yli 2-3 minuuttia, nousee aerobinen eli hapellinen energiantuotto vallitsevaksi energiantuottotavaksi. (McArdle ym. 1994, 63.)

Aerobisen ja anaerobisen energiantuoton suhde vaihtelee eri henkilöiden välillä. Aerobiseen energiantuottoon vaikuttaa lihassolusuhde, elimistön hapenkuljetuskyky, suorituksen teho, suorituksen kesto ja harjoittelutausta. Paljon hitaita lihassoluja (I-tyyppi) ja hyvän hapenkuljetuskyvyn omaava henkilö hyödyntää paremmin aerobista energiantuottoa, kuin paljon nopeita lihassoluja ja huonon hapenkuljetuskyvyn omaava henkilö. Matala suoritusteho, pitkäkestoinen suoritus ja kestävyysharjoittelutausta lisäävät aerobista energiantuottoa rasituksessa. Suorituksen keston pidentyessä yli kahden minuutin anaerobisen tehon merkitys pienenee huomattavasti. Kokonaisenergiantarpeen tyydyttämiseksi pitkäkestoisen suorituksen alussa energiaa on tuotettava myös anaerobisesti, koska aerobinen energiantuotto saavuttaa vasta muutamien minuutien kuluttua energiankulutusta vastaavan tason. Tästä johtuen suorituksen alussa muodostuu happivaje, jonka suuruus riippuu suorituksen intensiteetistä ja hapenottokyvystä. (Nummela ym. 2004, 104-107.)

4.3 Anaerobinen kestävyys

Anaerobisessa kestävyudessa liikutaan sykealueella 150-170 lyöntiä minuutissa mikä on noin 65-90% maksimista. Vauhtikestävyysuoritukset vaikuttavat suurelta osin samoihin fysiologisiin tekijöihin, kuin peruskestävyysuoritukset. Suurin ero näiden välillä on suorituksen intensiteetissä ja energiantuotossa. Peruskestävyys alueella liikuttaessa jopa puolet energiasta tuotetaan rasvoista ja vauhtikestävyys teholla rasvojen osuus on alle 30 % ja loput tulee hiilihydraateista. Hyväkuntoinen ihminen ky-

kenee liikkumaan vauhtikestävyys alueella noin 20 - 60 minuuttia. Veren maitohappo eli laktaattipitoisuus nousee vauhtikestävyys alueella liikuttaessa ja se on noin 2-4 mmol. Vauhtikestävyys suorituksessa käytössä ovat hitaat lihassolut ja osa nopeista oksidatiivisista lihassoluista. (Nummela ym. 2004, 336-339.)

4.4 Nopeuskestävyys

Nopeuskestävyys on yksi kestävyiden osa-alueista, joka korostuu 10-90 sekunnin suorituksissa. Energiantuotto nopeuskestävyys suorituksissa on pääasiassa anaerobista. Nopeuskestävyys voidaan edelleen jakaa viiteen alalajiin, joita ovat anaerobinen peruskestävyys, maitohapollinen nopeuskestävyys, maksimaalinen nopeuskestävyys, submaksimaalinen nopeuskestävyys ja maitohapoton nopeuskestävyys. Nopeuskestävyys suorituksissa intensiteetti on erittäin kova, jossa energiantuottotapana käytetään anaerobista glykolyysiä ja tärkein energian lähde on lihaksen oma glykogeeni. Nopeuskestävyyden harjoittaminen on kuluttavaa, joten se tarvitsee pohjaksi hyvän peruskestävyyden. Mitä kovempi peruskestävyys, sitä enemmän nopeuskestävyyttä voidaan harjoitella. (Nummela ym. 2004, 315-316.)

4.5 Maksimikestävyys

Maksimikestävyys suoritusten tarkoituksena on kehittää hengitys- ja verenkiertoelimistön kapasiteettia ja maksimaalista hapenottokykyä. Maksimikestävyys suoritukset ovat teholtaan 80-100 % koko kapasiteetista ja sykealue on noin 170-200. Kestoltaan maksimikestävyyttä hyväkuntoinen ihminen kykenee tekemään 10-30 minuuttia. Maksimikestävyys suorituksissa energiaa tuotetaan pääasiassa hiilihydraateista. Käytössä olevat lihassolu tyypit ovat hitaita, nopeita oksidatiivisia ja osa nopeista glykolyttisistä lihassoluista. Maksimikestävyys suorituksissa veren laktaattipitoisuus on noin 5-10 mmol. (Nummela ym. 2004, 336 ja 340-341.)

4.5.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalinen hapenottokyky ($VO_2\max$) määritellään korkeimmaksi arvoksi, jonka elimistö voi ottaa happea ja käyttää hyväkseen maksimaalisessa rasituksessa. $VO_2\max$ on yksi päämuuttujista, jonka avulla arvioidaan verenkierto- ja hengityselimistön kuntoa ja kestävyys harjoittelun vaikutuksia elimistön toimintakykyyn. (Basset

& Howley 1999, 70-84.) Maksimaalista aerobista tehoa on yleisimmin kuvattu maksimaalisella hapenottokyvyllä, joka kertoo hapen kuljetus ja hyväksikäyttösystemien tehosta. Suurta lihasmassaa vaativassa liikunnassa maksimaalista hapenottokykyä rajoittaa lähinnä hapen kuljetuskyky työskenteleviin lihaksiin, johon vaikuttaa keuhkojen kapasiteetti ja erityisesti maksimaalinen sydämen iskutilavuus, veren hapenkuljetuskapasiteetti ja lihasten kapillaaritiheys, ei niinkään lihaksen kapasiteetti käyttää hyväkseen happea. (Maughan 1992.)

Maksimaalinen hapenottokyky tarkoittaa elimistön kykyä sitoa happea itseensä. Hapenottokykyyn vaikuttavia tekijöitä ovat sydämen minuuttitulavuus (iskutilavuus * syke), keuhkojen ja rintarangan ominaisuudet sekä hapen diffuusio keuhkoista verenkiertoon ja verenkierrosta lihassoluihin. (Davis 1995, 15-16.) Kaiken kaikkiaan hapen sitoutumiseen ja kuljetukseen verenkierrossa vaikuttavat sydämen minuuttitulavuuden lisäksi hapen osapaine valtimoveressä, veren hemoglobiinipitoisuus, periferisen verenkierron jakautuminen elimistössä ja hemoglobiinin kyky sitoa happea. (Wasserman ym. 1987, 15.)

Lihaksiston näkökulmasta maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttaa lihasten oksidatiivinen kapasiteetti sekä työskentelevän lihasmassan määrä. Myös lihassoluja-kauma vaikuttaa maksimaaliseen hapenottokykyyn, sillä oksidatiivinen kapasiteetti on merkittävästi suurempi hitaissa tyyppin yksi lihassoluissa kuin nopeissa tyyppin kaksi lihassoluissa. (Wasserman ym. 1987, 4.)

4.6 Voima

Ihmisen voimantuotto tapahtuu hermolihaskäytännön avulla. Ääreishermosto toimii linkkinä keskushermoston (aivot ja selkäydin) ja elinten välillä vieden esim. toimintakäskyjä lihaksiin ja tuoden informaatiota aisteista keskushermostoon. (McArdle ym. 1994, 281.) Luurankolihas toimintaa ajatellen, tahdonalainen käsky supistukseen alkaa aivoista ja kulkee selkäytimen läpi johtaen motorisiin liikehermoihin, jotka herrottavat lihaksia. (Häkkinen 1990, 12.)

Voima on tärkeä osatekijä kaikessa fyysisessä liikunnassa, koska se perustuu hermoston välittämään lihasten tahdonalaisiin supistuksiin. Näin ollen voimaa käytetään kaikissa liikkeissä. Voima jaotellaan fyysisen suorituskyvyn kuormitustasojen mukai-

sesti kolmeen lajiin; kestovoimaan, nopeusvoimaan ja maksimivoimaan. (kuva 1.) Voiman tuotto kattaa koko hermolihasjärjestelmän toiminta-alueen aivan samalla tavalla kuin kestävyyskin. (Mero ym. 1997, 147-148; Kantola 1989, 220-221.)

KESTOVOIMA	Lihaskestävyys Voimakestävyys
MAKSIMIVOIMA	Perusvoima Maksimivoima
NOPEUSVOIMA	Pikavoima Räjähtävä voima

(Hirvonen & Aura1989, 222.)

Kuva 1. Voiman jakautuminen eri voimalajeihin.

4.6.1 Kestovoima

Kestovoimalla tarkoitetaan kykyä pitää mahdollisimman pitkään yllä lajinomaisia voimatasoja. Esimerkiksi juoksussa tulee pystyä pitämään yllä sen edellyttämää lihas-työtä. Kestovoima liittyy nimensä mukaisesti hyvin läheisesti kestävyteen ja tämän vuoksi se jaotellaan myös aerobiseen ja anaerobiseen alueeseen. Energian tuottotavan perusteella aerobista kestovoimaa kutsutaan lihaskestävyydeksi ja anaerobista kestovoimaa voimakestävydeksi. (Mero ym. 1997, 147-155; Kantola 1989, 220-234) Kestovoima sijoittuu voima/aika-akselilla kauimmaksi työn aloittamisesta. Työn aikana voimataso on matala, mutta työskentelyaika on pitkä. (kuva 2.) (Hirvonen & Aura 1989, 221.)

4.6.2 Nopeusvoima

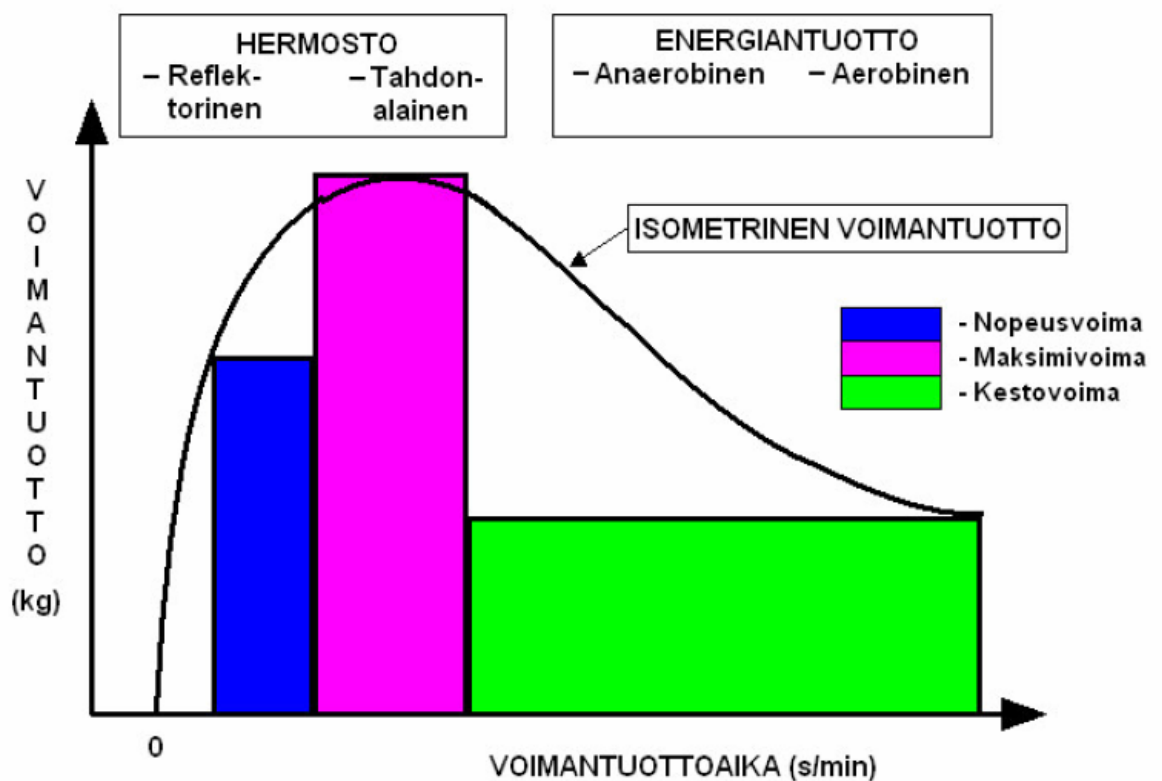
Nopeudella tarkoitetaan liikkumisnopeutta, jossa pyritään liikkumaan mahdollisimman lyhyessä ajassa mahdollisimman pitkä matka. Nopeusvoimalla tarkoitetaan mahdollisimman suurta voimantuottoa, mikä on tuotettu mahdollisimman lyhyessä ajassa. (Mero ym. 1997.) Toiminnallisesti nopea voimantuotto sijoittuu voima/aika-käyrällä lähimmäksi 0-hetkeä. (kuva 2.) (Hirvonen & Aura 1989, 221.) Nopeusvoima jaetaan räjähtävään voimaan ja pikavoimaan. Räjähtävässä voimassa on kyse maksimaalisesta, räjähdysnomaisesta kertasuorituksesta. Sen kehittyessä kyetään tuottamaan samassa ajassa entistä suurempi voimataso. Pikavoiman kehittyessä tietty voima taso kyetään tuottamaan entistä lyhyemmässä ajassa. (Mero ym. 1997, 147-160; Kantola 1989, 220-225.)

4.6.3 Maksimivoima

Maksimivoima on suurin voimataso, jonka ihminen kykenee tuottamaan kertasuorituksena maksimaalisessa lihastyössä. Perusvoimalla, jota voidaan pitää maksimivoiman alakäsitteenä, ymmärretään liikuntaelimistön keskeisten lihasryhmien voimatasoa. Voimatason tuottamiseen kuluu aikaa 2-4 sekuntia. Maksimaalisissa voima-suorituksissa kuormittuu eniten hermoston tahdonalainen osa. (kuva 2.) (Hirvonen & Aura 1989, 221.) Maksimivoimaa voidaan mitata käyttämällä kalibroituja voiman mitauslaitteita. Tällöin käytetään nimitystä staattinen maksimivoimamittaus (esim. puristusvoima). (Harre 1977, 130-131; Helin ym. 1982, 24; Kantola 1989, 221 - 223.)

Maksimaalinen voima määräytyy kahden tekijän mukaan:

- 1) lihasten poikkipinta-ala eli lihasmassa
- 2) lihassolujen hermotus. (Helin ym. 1982, 24; Kantola 1989, 221 - 223.)



Kuva 2. Voiman eri osa-alueet kuvattuna isometrisellä voima-/aikakäyrällä. (Hirvonen & Aura 1989, 221.)

Voimaharjoittelulla on lihaskunnan kehittymisen lisäksi tuki- ja liikuntaelimestön sairauksia ehkäisevä vaikutus, sillä harjoitettu elimistö kestää paremmin fyysistä kuormitusta. (Rintala & Kanninen 1996, 28.)

Voimaan vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa:

- lihakseen varastoitu energia: ATP, kreatiinifosfaatti, glykogeeni,
- lihaksen rakenne,
- solujakauma (nopeat – hitaat),
- lihaksen pituus ja nivelkulma,
- lihaksen poikkipinta-ala,
- supistuvien lihassolujen lukumäärä (tahdonvoima vaikuttaa!),
- voiman tuottamiseen käytettävä aika,
- lihastoimintatapa (isometrinen – dynaaminen – yhdistelmä),
- elastisten komponenttien hyväksikäyttö sekä
- suoritustekniikan hallinta

(Rehunen & Heino 1992, 166.)

Ihmisen voimataso on normaalisti korkeimmillaan ikävuosien 20-30 välillä. Tällöin myös lihasten poikkipinta-ala on suurimmillaan. 30 ikävuoden jälkeen eri lihasryhmien voimatasot laskevat – aluksi hiljalleen ja noin 50 ikävuoden jälkeen kiihtyen. Lihassoimatasojen lasku on suoraan verrannollinen vanhempien ihmisten liikkuvuuden ja fyysisen suorituskyvyn rajoittuneisuuteen sekä esimerkiksi lisääntyneisiin, lihasheikkouksista ja heikentyneestä lihasmotoriikasta johtuviin, tapaturmiin. (McArdle ym. 1996, 639.)

Lihassoiman on todettu korreloivan lineaarisesti lihaksen poikkipinta-alan kanssa. Näin ollen supistusvoima on suhteessa lihaksen poikkipinta-alaan. Lihaksen liikelaa-juus riippuu lihaksen pituudesta ja supistusvoima lihasten paksuudesta. Lyhyt ja leveä lihas aiheuttaa vain pienen liikkeen, mutta suurella voimalla. Lihas on sitä vahvempi, mitä enemmän lihassoluja on vierekkäin ja mitä paksumpia ne ovat. Lihassolut ovat nopeita tai hitaita. Punaiset lihakset, jotka muodostuvat pääasiassa hitaista lihassoluista, ovat hitaita ja kestäviä. Nämä lihassolut tarvitsevat energiansa tuottamiseen happea. Valkeissa lihaksissa on huomattavasti enemmän nopeita lihassoluja, kuin punaisissa lihaksissa. Tämä aiheuttaa sen, että lihakset ovat nopeita. Energian

ne tuottavat ilman happea, minkä takia ne väsyvät nopeasti. (Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björkqvist 2002, 81 ja 143 - 146; Rantala & Siukonen 1976, 624.)

Lihassolujen hermotus. Liikkeet edellyttävät monien lihasten samanaikaista toimintaa. Lihassolun supistumiseen tarvitaan hermostollinen ärsyke, joka kulkee tahdonalaisesti aivoista selkäyttimeen. Hermosolut eli motoneuronit ovat kiinnittyneet selkäyttimeen. Käsky lihaksille etenee hermosoluja pitkin aksonin kautta lihassolun pinnalla olevaan motoriseen pääteleevyyn. Yhdessä kulkevat aksonit muodostavat hermoja. Lihasten toimintaa säätelevät liikehermot eli motoriset hermot. (Rantala & Siukonen 1976, 620 - 621 ja 630; Nienstedt ym. 2002, 64 - 65 ja 544 - 556.)

Motorista hermoa pitkin tulevan ärsytyksen on oltava tietyn suuruinen, jotta se saisi aikaan lihaksen supistumisen. Lihaksen supistuksen voimakkuus on riippuvainen siitä, kuinka monta motorista yksikköä aktivoituu kerrallaan. Supistusvoima kasvaa, kun suuri määrä ärsykeitä saapuu lihakseen niin lyhyellä ajalla, ettei lihas ehdi lopettamaan toimintaansa edellisen ärsykkeen jäljiltä. Lihaksen supistusvoima voi olla jopa viisinkertainen yksittäisen ärsykkeen aikaansaamaan supistukseen nähden. (Rantala & Siukonen 1976, 620 - 621 ja 630; Nienstedt ym. 2002, 64 - 65 ja 544 - 556.)

4.7 Nopeus

Suomessa nopeus luokitellaan perusnopeudeksi ja lajikohtaiseksi nopeudeksi. Perusnopeus on hermolihasjärjestelmän toimintakykyä esim. 60m:n juoksussa. Lajikohtainen nopeus on jokaisessa lajissa spesifinen nopeuden mitta. (Mero 1989, 255.)

Nopeuden lajit määritellään seuraavasti. (kuva 3.)

Nopeuden lajit	
1.	Reaktionopeus
2.	Räjähtävänopeus
3.	Liikkumisnopeus
3.1	Maksimaalinen nopeus
3.2	Submaksimaalinen nopeus

Kuva 3. Nopeuden lajit. (Mero ym. 2004, 293.)

4.7.1 Reaktio nopeus

Reaktionopeus kertoo kyvystä reagoida nopeasti johonkin ärsykkeeseen. Sitä mitataan reaktioajan avulla. Reaktioaika tarkoittaa aikaa, mikä kuluu ärsykkeestä toiminnan alkamiseen (esim. lähtölaukaus pikajuoksussa). Reaktionopeutta tarvitaan erityisesti palloilulajeissa tehtäessä eri ratkaisuja. (Mero ym. 2004, 293.)

4.7.2 Räjähävä nopeus

Räjähävällä nopeudella tarkoitetaan lyhytaikaista ja mahdollisimman nopeaa liikesuoritusta. Räjähävä nopeus on hyvin riippuvainen nopeusvoimasta. Hyvä lajikohtainen taito ja tekniikka mahdollistavat tehokkaan räjähtävän nopeuden hyväksikäytön. Räjähävää nopeutta tarvitaan esim. lyönneissä, potkuissa ja ponnistuksissa. (Mero ym. 1989, 255.)

4.7.3 Liikkumisnopeus

Liikkumisnopeus on siirtymistä paikasta toiseen mahdollisimman nopeasti. Se voidaan jakaa maksimaaliseen (96-100 %) ja submaksimaaliseen (85-95 %) nopeuteen. Liikkumisnopeudella voidaan tarkoittaa nopeutta kiihdytysvaiheessa, vakionopeusvaiheessa tai nopeuden lasku vaiheessa. (Mero ym. 2004, 293.)

4.8 Taito

Taidolla tarkoitetaan lihasten hallintaa ja kykyä käyttää lihasryhmiä tarkoituksenmukaisesti ja tehokkaasti. Tämä edellyttää hermoston ja lihaksiston saumatonta yhteistyötä, jota kutsutaan koordinaatioksi. Taito on oppimiseen pohjautuva ominaisuus, jota käytetään tietyssä toiminnassa. Taito hyödyntää ja ohjaa sekä koordinoi kaikkia ihmisen havainnoinnin, ajattelun, muistamisen, päätöksenteon ja motorisen käyttäytymisen alueita. Teknisessä suorituksessa taito kehittyy fyysisten, psyykkisten, emotionaalisten ja koordinatiivisten kokemusten yhteistoimintaa vaativien harjoitusten avulla. Taito ja taitavuus perustuvat lisäksi jo opittuun liikevarastoon, jonka malleja ihminen soveltaa niin vanhoihin kuin uusiinkin tilanteisiin. Tämän vuoksi taidon hankkiminen edellyttää useiden vuosien harjoittelua. (Eloranta 1996, 32-36.) Taito jaetaan yleistaitavuuteen ja lajikohtaiseen taitavuuteen. (Mero ym. 2004, 241.)

4.8.1 Yleistaitavuus ja lajikohtainen taitavuus

Yleistaitavuus tarkoittaa kykyä oppia ja hallita eri urheilulajientaitoja, mutta myös urheilun ulkopuolisten suoritusten taitoja. **Lajikohtainen taitavuus** tarkoittaa tietyn lajin tekniikan tarkoituksenmukaista hyväksikäyttöä eri tilanteissa, uuden tekniikan nopeaa oppimiskykyä ja tekniikkavirheiden korjauskykyä. Urheilijan käyttäessä hyvää tekniikkaa nopeasti, taloudellisesti ja oikein eri tilanteissa puhutaan hyvästä taidosta. Tyyliillä tarkoitetaan tekniikassa ilmenevää persoonallisuutta. (Mero, 2004, 241.)

5. TAISTELIJAN KUORMITTUMINEN AEROBISSA RASITUKSESSA

5.1 Fysiologiset muutokset aerobisessa kuormituksessa

Liikuttaessa elimistön eri järjestelmät toimii kokonaisuutena, joilla on omat tehtävät, mutta kaikki kytkeytyvät toisiinsa. Liikkeen jatkuessa pitempään lihakset tarvitsevat toimiakseen energiaa ja happea. Tällöin hapenkuljetusjärjestelmän eli verenkiertoelimistön toiminta kiihtyy ja muutoksia tapahtuu myös energiantuotossa ja hormonaalisissa toiminnoissa. (Vuori & Taimela 1999, 18-19.)

5.1.1 Hengityselimistö

Keuhkotuuletus eli sisään - ja uloshengitys kasvaa kuormituksessa samassa suhteessa kuin kuormituksen teho ja elimistön energian tarve. Aerobisessa kuormituksessa keuhkotuuletus lisääntyy hengitystilavuutta kasvattamalla. Anaerobisessa kuormituksessa lisääntyy myös hengitysfrekvenssi, johon vaikuttaa myös suorituksen tempo. Keuhkotuuletukseen vaikuttaa myös henkilön koko. Mitä suurempi henkilö, sitä suurempi keuhkotuuletus. (Keskinen 2004, 76-77.)

Keuhkotuuletusta säätelevät pienet aivorungon hermosoluryhmät, joita kutsutaan yhteisnimellä hengityskeskukseksi. Kuormituksen aikana lihaksisto ja nivelet lähettävät hermoimpulsseja ja kemiallisia viestejä aivoihin. Tällöin aivojen hengityskeskuksesta lähtee supistumiskäskyjä hengitysilihaksiin, jotka nopeuttavat ja syventävät hengitystä. Kuormituksen aikana veren happipitoisuus ei pienene eikä hiilidioksidipitoisuus suurene. Ylimääräinen hiilidioksidi poistuu ulos hengitettäessä sitä mukaa kuin sitä muodostuu. Kuormituksen aiheuttama ruumiinlämmön kohoaminen aiheuttaa myös

hengityksen nopeutumista ja syventymistä. (Clayman 1993, 35.) Vaikka keuhkotuuletus tapahtuu refleksinomaisesti, sitä on myös mahdollista säädellä tahdonalaisesti, koska sisään- ja uloshengitysilihakset ovat tahdonalaisia luustolihaksia. (Dalh & Dalh 1992, 96-97.)

Keuhkorakkuloissa eli alveoleissa tapahtuvassa kaasujen vaihdossa punasolut viipyvät keuhkokapillaareissa alveolien ympärillä lepotilassa noin 0,75 s. Tuossa ajassa terveestä alveolista happi ehtii hyvin siirtyä punasoluun. Fyysinen rasitus lyhentää punasolun ja keuhkorakkulan kontaktiaikaa noin 0,4 sekuntiin. Mikäli keuhkot ovat terveet hapen ja hiilidioksidin vaihtoon kuluu noin 0,25 s, joten fyysinen rasitus ei haittaa kaasujen vaihtoa. (Kinnula ym. 1997, 38.)

Yksittäinen pitkäkestoinen aerobinen harjoitus ei vielä aiheuta pysyviä muutoksia keuhkoissa, mutta vuosia kestänyt harjoittelu saa aikaan keuhkojen tilavuuden kasvua ja kaasujen vaihtokyvyn paranemisen. (Rehunen 1997, 17.)

5.1.2 Sydän ja verenkiertoelimistö

Kuormituksen aikana sydämen syke kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen tehon lisääntyessä. Lähestyttäessä maksimia sykkeen nousu kuitenkin hidastuu suhteessa kuormituksen nousuun. Samalla tavalla kasvaa sydämen minuuttitilavuus suhteessa kuormitukseen. Aerobisen suorituskyvyn tärkeimpiä tekijöitä on sydämen minuuttitilavuus. (Keskinen, 2004, 86-87.) Minuuttitilavuuden suureneminen pohjautuu sykkeen suoraviivaiseen kasvuun lepotasosta aina maksimiin saakka. Aerobisessa suorituksessa kasvaa myös sydämen iskutilavuus ja se saavuttaa enimmäismääränsä hapenkulutuksen ollessa noin 40 % maksimista. Käytännön esimerkki tällaisesta on reipas kävely. (Vuori & Taimela 1999, 34-35.)

Fyysinen suoritus saattaa intensiteetistä riippuen vilkastuttaa verenkierron jopa viisinkertaiseksi. Rasituksessa veren virtauksen jakauma muuttuu elimistössä ja veri suuntautuu rasituksessa suurimmalle tarvitsijalle eli lihaksistoon. Kovassa rasituksessa lihaksiston kautta kulkema veren määrä saattaa olla jopa 21 kertainen lepotilaan verrattuna. (Rehunen 1997, 22-23.)

Verenpaine muodostuu verisuoniston puristaessa sisällään olevaa verta verisuonten seinämien elastisuuteen perustuen ja aktiivisesti tarpeen mukaan supistamalla sileitä lihaskudoksia autonomisen hermoston välityksellä. Peruspaine, jota kutsutaan diastoliseksi paineeksi, on yleensä ihmisillä 70-80 mmHg ja systolinen verenpaine on yleensä 120 mmHg. Kuormituksen aikana verenpaine kasvaa suhteessa suorituksen tehoon. Aerobisessa rasituksessa, jossa suuret lihasryhmät tekevät töitä, kasvaa systolinen verenpaine. Verenpaineen nousu lisää verenkiertoa ja sydämen iskutilavuutta. Aerobisessa kuormituksessa diastolinen verenpaine ei normaali ihmisillä normaali olosuhteissa juurikaan nouse. (Keskinen 2004, 91-94.)

5.1.3 Hermolihasjärjestelmä

Pitkäkestoisessa aerobisessa rasituksessa keskeisintä on verenkiertoelimistön tila, sydämen harjaantuneisuus ja lihaksissa olevan hiussuoniverkoston tiheys. Lisäksi merkittävää on lihaksen kyky toimia tilanteen vaatimalla tavalla mahdollisimman taoudellisesti tuhlaamatta elimistön rajallisia energiavarastoja. (Rehunen 1997, 11.)

Kyröläinen ym. tutkivat suomalaisten tiedustelijoiden fysiologisia vasteita ja fyysisen suorituskyvyn muutoksia pitkäkestoisessa partiotiedusteluharjoituksessa. Harjoitus kesti kolme viikkoa, jossa todettiin suurimmat muutokset tapahtuvan lihasvoimassa. Tiedustelijoiden penkkipunnerrustuloksissa todettiin 13,5 % lasku. Muutoksia havaittiin myös puristusvoimassa (-4,2 %), staattisessa hypyssä (-7,2 %) ja anaerobisessa hyppytestissä (-0,9 %). Keskivartalon lihasten ja hyppyvoiman todettiin myös laskevan merkittävästi. Maksimaaliseen hapenottokykyyn harjoitus ei vaikuttanut merkittävästi, kuten ei myöskään aerobisen ja anaerobisen kynnyksen hapenkulutukseen. (Kyröläinen ym. 2005, 41-46.)

Voimaominaisuuksien lasku havaittiin myös Welshin ym. (2005) tehdyssä tutkimuksessa, jossa tutkittiin sotilaan fyysistä suorituskykyä kahdeksan päivän mittaisessa sotaharjoituksessa. Sotilaille tehtiin hyppytestit ennen ja jälkeen sotaharjoituksen. Testit olivat yksittäinen hyppy, viisi ja kolmekymmentä perättäistä hyppyä. Sotaharjoituksen jälkeen yksittäisen hypyn hyppyvoima laski 8,9 % ja hyppyjen korkeus 4,9 %. Tulokset alenivat myös muissa hyppyarjoissa suunnilleen saman verran. (Welsh ym. 2005.)

Fyysistä toiminta- ja suorituskyyä rajoittaa anaerobisessa rasituksessa hapensaannin riittämättömyys. Tällöin kudosten happipitoisuus laskee ja ATP:n tuottaminen heikkenee mitokondrioissa ja anaerobinen glykolyysi käynnistyy. Tämän seurauksena lihakset happamoituvat ja taistelijan toimintakyky heikkenee väsymyksen myötä. Hermolihasjärjestelmän osalta suorituskyyä rajoittaa lihasvoiman heikkous ja lihaksen supistusvoiman heikkeneminen ja lihasten koordinaatiokyvyn heikkeneminen. Kuormituksesta riippuen väsymyksen syyt vaihtelevat, mutta seurauksena on aina lihasten voimantuotannon heikkeneminen. (Kyröläinen 1998, 34-35.)

5.2 Lisäkuorman kantokyyyn vaikuttavia tekijöitä

Taakankantokyyyn vaikuttavat taakan suuruus, sijoitus ja kantajasta sekä ympäristöstä johtuvat tekijät. Suurimpaan osaan näistä tekijöistä on mahdollista vaikuttaa ja näin ollen voidaan optimoida lisäkuorman kanto tilannetta. Lisäkuorman sijoittaminen vaikuttaa merkittävästi sen aiheuttamaan kuormituksen määrään. Energiankulutus on sitä pienempi, mitä lähempänä kannettava taakka on kehon painopistettä. Samansuuruinen lisäkuorma sijoitettuna kehon ääreisosiin (kädet, jalat) lisää selvästi enemmän kuormitusta kuin lähelle kehon painopistettä, eli selkään sijoitettu taakka. Taistelijan lisäkuorman asettamista repun lisäksi esimerkiksi vyölaukkuihin voidaan taakan kantamista helpottaa merkittävästi. (Oksa ym., 1995a, 120-123.)

Obusek & Harman (1997) totesivat myös kantamuksen sijoittumisella ja kantamuksen painon jakautumisella eli painopisteellä vartaloon nähden olevan huomattava vaikutus energian kulutukseen. Kantamuksen painopisteen ollessa hyvin lähellä vartaloa saavutetaan matalin energian kulutuksen taso. He vertailivat painopisteeltään erilaisia rinkkamalleja todeten, että rinkkamalli, jossa paino jakautuu myös vartalon etupuolelle osoittautuu taloudellisemmaksi, kuin normaaliin pelkästään selälle painon jakavaan rinkkaan verrattuna. Tämä näkyi matalampana hapenkulutuksena ja sykkeenä vaihtelevissa maasto-olosuhteissa. (Obusek & Harman 1997, 205.)

Lisäkuorman kantajan paino on suhteutettava kannettavaan painoon, jotta se ei aiheuttaisi ennen aikaista uupumista. Mikäli lisäkuorman paino on yli 27 % kehon painosta, se lyhentää taakan kantoaika huomattavasti (Evans ym. 1983. 161-171.) Oksan & Rintamäen mukaan taakan optimaalinen paino on noin 30% kehon painosta.

Optimaalinen paino tarkoittaa mahdollisimman suurta tarvikkeiden määrää, jota voidaan kuljettaa mukana mahdollisimman pitkään. (Oksa ym., 1995a, 122.)

Vähiten energiaa kuluttava kantotapaa kutsutaan tuplapakkaukseksi, jossa kannettava paino on jaettu sekä etu- että selkäpuolelle. Molemmille puolin kehoa sijoitettu paino on todettu tasapainotavan liikkumista ja aiheuttavan vähemmän rasitusta kuin pelkästään selkäpuolelle laitetut varusteet. Tämän menetelmän käyttö sotilaallisissa tehtävissä on kuitenkin kyseenalainen, koska sen on todettu heikentävän aseenkäyttöä huomattavasti. (Knapik ym., 2004, 45.)

5.3 Lisäkuorman kantamisen vaikutukset suorituskykyyn

Knapik ym. (2004), mukaan merkittävimpiä tekijöitä lisäkuorman kantamisella taistelijan toimintakykyyn on energiankulutuksen kasvaminen, hapenkulutuksen lisääntyminen, nesteen kulutuksen lisääntyminen sekä mahdollistan loukkaantumisten, kuten rakkojen ja rasitusvammojen esiintyminen. Yleisin vamma taakan kantamisesta on jalkapohjien rakot. Rakot syntyvät jalkaterän liikkeessä jalkineen sisällä ja aiheuttaen näin hankausta ihon ja jalkineen välille. Rakot hankaloittavat sotilaan toimintakykyä varsinkin kenttäolosuhteissa, joissa ne voivat pahimmillaan rajoittaa liikkumista vuorokausien ajan. Raskas lisäkuorma lisää rakkojen ilmaantumisen mahdollisuutta huomattavasti. Ylimääräinen kuorma aiheuttaa painetta jalkaterässä ja suuremman hankaavan liikkeen jalkinetta vasten. Muita yleisiä rasitusvammoja marsseilla on jalkaterien turpoaminen, polvikivut, alaselän kivut ja lihaskrampit jaloissa sekä selässä. (Knapik ym., 2004, 49-50.)

Niin sanotun tuplapakkauksen on todettu aiheuttavan vähemmän rakkoja kannettaessa erittäin raskaita kuormia (61 kg) kuin pelkästään selässä kannettu kuorma. (Knapik ym., 2004, 45-50.)

Lisäkuorman kantaminen aiheuttaa hengitys- ja verenkiertoelimistölle lisäkuormitusta lisääntyneen jäykkyyden ja painon vuoksi. Liikeratojen rajoittuminen lisää myös kuormitusta. Ylimääräisen kuorman kantaminen lisää metaboliaa 1,5-3,0 % lisäpainokiloa kohti. (Lotens, 1983.) Oksan ja Rintamäen (1990) tutkiessa kantolaite m85 aiheuttamaa kuormitusta he totesivat yhden lisäpainokilon lisäävän metaboliaa 0,5-2,2 %. He totesivat että lisäkuorman aiheuttama kuormitus ei ole vakio, vaan kuormi-

tuksen kasvaessa kasvaa myös lisäkuormituksen taso. He suorittivat mittauksia juoksumatolla nopeuksilla 5, 7,5 ja 10 km/h ilman kantolaitetta ja kantolaitteen kanssa. Ilman kantolaitetta hapenkulutuksen arvo alimmalla nopeudella oli $0,79 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$ ja kantolaitteen kanssa $1,00 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Vastaavat arvot nopeudella 7,5 km/h olivat 1,46 ja $1,95 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Nopeudella 10 km/h arvot olivat 2,07 ja $2,51 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Sykkeiden arvot eri nopeuksilla olivat 106 ja 123, 127 ja 156, 155 ja 177. Ylimääräisen kuorman aiheuttama lisärasitus oli kaikilla kuormitustasoilla noin 20 % (Oksa ym., 1995a, 122-126.)

Karinkannan ym. (1999) tekemässä jääkäriryhmän taistelun perusselvityksessä todettiin, että pelkkä marssi hyökkäyksen lähtöasemaan 25 kiloa painavassa taisteluvälinevarustuksessa nosti ryhmäkohtaista välineistöä kantavan taistelijan sykkeen yli 140 lyöntiin minuutissa. Marssi kesti noin 50 minuuttia. Jo kävellen tapahtuneessa siirtymisessä liikuttii vauhtikestävyuden tai maksimaalisen kestävyuden sykealueilla. (Karinkanta ym. 1999.)

O'Connor ym. tutkivat 20 kilometrin marssin vaikutusta ampumataitoon, käsien ja jalkojen voimaominaisuuksiin. Marssi suoritettiin taisteluvälinevarustuksessa (kypärä, maihinousukengät, M16 kivääri) ja lisäksi 46 kg:n lisäpaino, joka oli repuissa. Kohdejoukko oli 335 amerikkalaista jalkaväen sotilasta. Marssi suoritettiin pääosin tiestöllä, neljäsosa marssittiin vaihtelevassa maastossa. Aikaa marssiin kului 5 tuntia 24 minuuttia eli 3,8 km/h. Sotilaat suorittivat ammunnan ja fyysiset testit välittömästi marssin jälkeen. Käsien voimaa testattiin käsikranaatin heitolla polviasennosta ja jalkojen voimaa vertikaalihypyillä. Marssin jälkeen osumatarkkuus amunnassa heikkeni 24,7 %. Vertikaalihypyssä tulokset laskivat 1,1 % ja käsikranaatin heitossa 10,4 %. Koehenkilöistä 4 % ei suoriutunut marssilta maaliin. Suurimpana syynä olivat rakot. (O'Connor ym. 1990, 31-32.)

5.4 Olosuhteiden vaikutus kuormittumiseen

Ihminen on tasalämpöinen ja elämälle tärkeiden sisäelinten, kuten aivojen, sydämen ja maksan lämpötilat ovat suhteellisen vakiot läpi ihmisen eliniän. Lämpötilan säilyminen lähes vakiotasolla elimistön sisäosissa on välttämätöntä ihmisen elimistön toiminnalle. Ympäristön lämpötila vaikuttaa sensorisiin tekijöihin ja energian siirtymiseen elimistössä. Tasalämpöisyydestä eli homeotermiasta huolehtii elimistön lämpötilan säätöjärjestelmä, jota ohjaavat hermostossa sijaitsevat lämpöä aistivat elimet.

Lämpötilan säätö elimistössä vaikuttaa ensisijaisesti verisuonistoon, lihaksiin ja hiki-
rauhasiin. Toissijaisesti lämpötilan säätö vaikuttaa lähes kaikkiin muihin elimistön
toimintoihin, kuten verenkiertoon, hengityselimistöön ja munuaisten eritykseen. (Lu-
entomoniste, Kadettien liikuntakoulutus; Kuormitusfysiologia)

5.4.1 Kylmät olosuhteet

Ihminen kykenee säätelemään kehonsa lämpötilaa tarpeen mukaan, joko poistamalla
tai tuottamalla lämpöä. Tärkein ihmiskehon ominaisuus kylmissä olosuhteissa on
tuottaa lihaksistolla lämpöä. Lihastyöllä voidaan kohottaa lihasten, kehon sisäosien ja
myös ihon lämpötilaa. Liikunta kylmissä olosuhteissa riittämättömällä vaatetuksella
tai liian vähäisellä työn tasolla voi aiheuttaa lihasten, kehon sisäosien ja ihon jäähty-
mistä mikä heikentää suorituskykyä. Lihaksiston jäähtyminen alentaa suorituskykyä
kaikilla osa-alueilla: kestävyys, voima, nopeus, teho ja koordinaatio. (Oksa, Duchar-
me, Rintamäki, 2002. 354-56.)

Jalkojen lämpötilan laskeminen on taistelijan toiminnan kannalta haitallista. Jo noin
10 °C asteen lämpötila heikentää lihasten anaerobisia energiantuottomekanismeja,
mikä heikentää taistelijan suorituksen mekaanista tehoa. Lihasten laktaatti taso nou-
see normaalia korkeammaksi, mikä viittaa puutteelliseen verenkiertoon käytettävissä
lihaksissa. Lihasten jäähtyminen vähentää myös lihasvoimaa erityisesti lihassupistus-
ten aikana. Tosin myös suorituksen jälkeinen happivelka ja veren laktaattitaso jäävät
alhaisemmiksi, kuin lämpimissä olosuhteissa. Tämä johtaa nopeampaan palautumi-
seen kuin lämpimissä olosuhteissa. Pitempi kestoisessa anaerobisessa suoritukses-
sa kehon lämpötilan lasku lyhentää uupumukseen johtavaa aikaa. (Rintamäki ym.
1991.)

Kylmä vaikuttaa elimistöön samalla tavalla kuin raskas fyysinen työ. Kylmä kuormit-
taa sydäntä, hengitys- ja verenkiertoelimistöä ja tuki- ja liikuntaelimistöä. Sydämen
työmäärä lisääntyy kylmässä, koska pinta- ja ääreisosien verenkierron supistuminen
lisää verisuonten vastusta ja nostaa verenpainetta. Pelkästään kylmän ilman hengit-
tämien nostaa verenpainetta, joka puolestaan lisää sydämen isku- ja minuuttitilavuut-
ta. Sydämen työmäärän lisääntyessä sen hapen tarve kasvaa. Sydän kuormittuu eni-
ten liikunnan alkuvaiheessa, ennen kuin lihasten lämmöntuotanto avaa ääreisveren-
kierron. (Ilmarinen 1999, 29-31.)

Liikunta kylmässä lisää keuhkotuuletusta, jolloin hengitystiet jäähtyvät. Samalla lämmönluovutus kiihtyy haihtumalla hengitysteiden kautta. Kylmä sisään hengitetty ilma nopeuttaa jäähtymistä ja kuiva pakkasilma kuivattaa ilmäteitä. Kuivuminen ja jäähtyminen aiheuttavat välittäjäaineiden kautta keuhkoputkien sileän lihaksen supistumisen, mikä laskee suorituskykyä. (Litmanen 1999, 117-118.)

Suoraan suorituskykyyn vaikuttaa hengitysteiden reagointi kylmässä. Kuormituksen alussa hengitystiet jäähtyvät, mutta suorituksen jatkuessa ylähengitystiet lämpenevät vähitellen. Kylmä ilma aiheuttaa ärsytysyskää ja pahimmillaan astmaa. Kylmä ilma saattaa aiheuttaa hengitystietulehduksia, jotka herkistävät astmataipumuksen esille-tuloa. (Rehunen 1997, 417.)

Mikäli elimistön lämpötasapainon säätely pettää tai sisäelinten lämpötila nousee tai laskee liikaa, niin elimistö kuormittuu, suoritustaso laskee ja elintoiminnot häiriintyvät. Ihmisen jäähtyessä kylmässä, elimistön toiminnat ja suorituskyky heikentyy nopeasti, jos sisäelinten lämpötila laskee alle 35 °C asteeseen. (Rehunen 1997, 413.)

Erittäin kylmissä olosuhteissa energiankulutus saattaa kaksin- tai kolminkertaistua elimistön sopeutumismekanismien johdosta. Ihmisen keho pyrkii säilyttämään elimistön lämpötilan mahdollisimman tasaisena lihasvärinän avulla. Ihmisen joutuessa esimerkiksi kylmään veteen, toimivat lämmöntuottomekanismit erittäin tehokkaasti. Lämmöntuottotarpeeseen vaikuttavat vaatetus ja elimistön rasvaprosentti. (McArdle ym. 1996, 156.)

5.4.2 Kuumat olosuhteet

Normaali elimistön toimiminen vaatii, että sisäelinten lämpötila on suhteellisen vakaa, noin 37 °C astetta. Suurimmat muutokset sisäelimistön lämpötilassa aiheuttaa fyysinen rasitus ja kuuma ympäristö. Tasalämpöisyys perustuu elimistön lämmöntuotannon ja lämmönluovutuksen dynaamiseen tasapainoon, jotka ovat keskushermoston valvonnan alaisia, autonomisia toimintoja. Elimistön kuormittuessa sisäelinten lämpötila nousee nopeasti suorituksen alussa, koska lämmön luovutusmekanismit eivät käynnisty riittävän lyhyessä ajassa. Elimistön lämpökuormittumiseen vaikuttaa monet yksilölliset tekijät, kuten ikä, sukupuoli, ruumiinrakenne sekä fyysinen suorituskyky. (Ilmarinen 1999, 124-126.)

Fyysinen rasitus kuumassa aiheuttaa verenkiertoelimistölle kilpailutilanteen. Sen on huolehdittava työskentelevien lihasten hapensaannista energia-aineenvaihdunnan takaamiseksi sekä sen on aktiivisesti osallistuttava elimistön lämpötasapainon ylläpitoon. Tällöin ääreis- ja ihon verenkierto lisääntyy ja sisäelinten, kuten suoliston, maksan ja munuaisten verenkierto vähenee. Pitkäkestoisessa kuormituksessa voi hapenpuutteen seurauksena kehittyä maksa- ja munuaisvaurioita. Sisäelinten lämpötilan noustessa yli 39 astetta, suorituskyky heikkenee nopeasti verenkierron ylikuormituksessa. Verenkierron voimakas ohjautuminen iholle heikentää pitkissä suorituksissa työskentelevien lihasten verenkiertoa. Tällöin hapenkulutus vähenee ja lihasten anaerobinen energiantuotto lisääntyy. Se nopeuttaa lihasten väsymistä ja suorituskyvyn heikkenemistä. (Ilmarinen 1997, 127.)

Cotter ym. (1998) tutkivat sotilaiden kuormittumista marssilla kuumissa olosuhteissa. Tutkimuksessa 31 sotilasta marssivat 20 kilometriä 35 kg:n varusteiden kanssa. Lämpötila marssin aikana oli 27.6 ± 1.1 °C astetta. Sotilaiden elimistön lämpötilan todettiin kohoavan yli 39 °C asteeseen.

Mitä raskaampi fyysinen rasitus ja mitä kuumempi ympäristö, sitä enemmän verenkierto ohjautuu iholle elimistön viilentämiseksi. Sydän kuormittuu erityisen voimakkaasti olosuhteissa, joissa kuiva lämmönluovutus iholta ei riitä lämpötasapainon ylläpitämiseksi, vaan veren on osallistuttava myös hien tuotantoon. (Rehunen 1997, 403.)

Verenkierron kuormittuessa sydän lisää normaalioloissa työtehoa nostamalla sykintätaajuutta sekä kasvattamalla lyöntitilavuutta. Hapenkulutuksen ollessa 40-50 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta, sydämen lyöntitilavuus ei juurikaan kasva, vaan sydän lisää työtehoa kasvattamalla sykintätaajuutta. Kestävyys suorituksissa kuumassa sydämen tehon ei kuitenkaan ole todettu kasvavan verrattuna normaaliolosuhteisiin. Verenkierron kilpailutilanteen jatkuessa pitempään aiheuttaa sen, että sydämen teho ei riitä ylläpitämään riittävää aivojen, lihasten ja ihonverenkiertoa. Sydämen syketaajuus suurenee kuumassa maksimitasolle huomattavasti nopeammin ja pienemmillä hapenkulutuksen tasoilla kuin normaaliolosuhteissa. Tämän vuoksi sydän ei pysty syketaajuutta suurentamalla kompensoimaan sydämen lyöntitilavuuden pienenemistä. Seurauksena tästä on pahoinvointia ja heikkouden tuntua. (Ilmarinen 1997, 127.)

5.5 Fyysisen toimintakyvyn säilyttäminen

Kuormituksen aikainen energiantuotto ja energialähteiden käyttö riippuvat kuormituksen laadusta, kestosta ja taajuudesta. Aerobisessa rasituksessa, jolloin suoritus kestää yli kaksi tuntia tärkein energianlähde on rasvat ja energiantuottotapana on rasvojen hapettaminen. Rasvojen osuus energianlähteenä korostuu kun suoritus on rauhallinen ja pitkäkestoinen. Pitkissä aerobisissa suorituksissa, jotka kestävät yli kaksi tuntia, korostuu nesteen ja ravinnon nauttiminen. (Rehunen 1997, 58-62.)

Karinkanta (1999) teki maanpuolustusopistolla tutkimuksen jääkäriyhmän kuormitumisesta hyökkäyksessä. Taistelijat suorittivat 50 minuutin marssin lähtöasemaan 25 kilon taisteluvälinevarustuksessa ja aloittivat hyökkäyksen. Kolmen tunnin kuluttua todettiin nestevajeen olevan 1,2-1,5 % painostaan. (Karinkanta, 1999.) Kuumissa olosuhteissa rasituksen aikana hikoilu voi nousta jopa kolmeen litraan tunnissa ja 8-12 litraan vuorokaudessa. Jo 1 % nesteen menetys kehon massasta aiheuttaa lämpötilan nousua kehossa. Nestevajeen ollessa 2 % kehon massasta, aiheutuu siitä veritalavuuden pieneneminen. Tämä heikentää entisestään suorituskykyä ja lämmönsäätelykykyä. Mikäli nestevajaus on 5 % kehon massasta niin syke ja elimistön lämpötila kasvaa huomattavasti. Lisäksi hapenottokyky ja hikoilun määrä laskee selvästi. (McArdle ym. 1994, 172-174, 429-430.)



Kuva 4. Kuormituksen aikana nesteellä on suuri merkitys suorituskyvyn ylläpidossa.

Elimistössä vedellä on erittäin tärkeä rooli. Kaikki kemialliset ilmiöt, esimerkiksi energiantuotto tapahtuu siinä. Vesi kuljettaa ravintoaineita elimistössä ja osallistuu ruuan sulatukseen. Suorituskyvyn kannalta nestetasapaino on erittäin tärkeä varsinkin pitkäkestoisissa suorituksissa. Yli tunnin mittaisissa suorituksissa korostuu nestetasapainon ylläpito suorituskyvyn takaamiseksi. Jo muutaman prosentin nestevajaus heikentää suoritusta merkittävästi. Nestevajaus heikentää lämmönsäätelyä, veren kokonaistilavuus ja virtaava verenmäärä pienenee. Ääreisverenkierto heikkenee ja lihasten ravinteiden ja hapen saanti huonontuu. Myös lihasten energiantuotto vaikeutuu. (Rehunen 1997, 113-117.)

Rintamäki ym. (1998) tekivät tutkimuksen neste-, hiilihydraatti- ja elektrolyyttitasapainon vaikutuksesta suorituskykyyn kylmässä. Talvella viikon kestäneen harjoituksen jälkeen kadeteilla todettiin painon laskeneen keskimäärin 2,1 kiloa, joka johtui ravinnon tai nesteen puutteesta. Janon tunnetta valitettiin, kun veden kulutus oli alle 2 l/vrk. Harjoitukseen sisältyi kuuden tunnin marssi, jonka aikana tutkittiin nestetasapainon ylläpitoa vedellä ja 5 % sakkaroosi liuksella. Sokeriliuosta juoneella ryhmällä nälän tuntemus oli vähäisempi ja suorituskyky laski vähemmän. Vettä juoneella ryhmällä todettiin alhaisempi glukoositaso harjoituksen lopussa, mikä osoitti sen että rasva-aineenvaihdunnalla ei pystytty riittävästi korvaamaan menetettyjä hiilihydraattivarastoja. Tutkimuksessa aiheutettu dehydraatitaso (nestevaje) oli hieman yli 3 %. Kenttätutkimus osoitti, että talvella alle kaksi litraa nestettä vuorokaudessa on liian vähän. Harjoituksen jälkeen laboratoriomittauksissa todettiin dehydraation heikentävän lihastyön hyötysuhdetta ja alentavan anaerobista kynnsarvoa. Suorituskyvyn todettiin heikentyneen erityisesti kestävyyttä vaativassa suorituksessa. (Rintamäki ym. 1998.)

Aerobisen kuormittumisen vaikutus taistelijan toimintakykyyn vaihtelee taistelijoiden aerobisesta kestävyydestä, energiantuoton taloudellisuudesta ja energiavarastojen koosta. Suorituskykyyn aerobisessa rasituksessa vaikuttaa merkittävimmin energiantuottosysteemin teho ja kapasiteetti. Hyvä suorituskyky pitkäkestoisessa aerobisessa suorituksessa vaatii taistelijalta suurta aerobista tehoa ja suorituksen pidentyessä yli kahden tunnin, taloudellisuus ja energiavarastojen koon merkitys kasvaa.

Säännöllinen ja pitkäkestoinen aerobinen harjoittelu parantaa sydämen supistusvoimaa ja sen iskutilavuus kasvaa sekä levossa että rasituksessa. Sydämen syketaajuus hidastuu lepotilassa, minuuttitulavuus kasvaa ja hapenkuljetuskyky paranee. Sydämen ontelot suurenevat ja lihasseinämät paksunevat, näin olen sydämen massa kasvaa. Kestävyysharjoittelu laskee myös verenpainetta 6-10 mmHg iästä riippumatta. Lihaksistossa hiussuonitiheys voi kasvaa jopa 40 % ja tästä johtuen verenvirtaus kasvaa rasituksessa ja ravinteiden saanti paranee. Myös hapen hyväksikäyttö lihaksissa paranee ja taloudellisuus lisääntyy. Veren ja hemoglobiinin kokonaismäärä kasvaa ja virtausominaisuudet paranevat. Pitkään jatkunut kestävyys harjoittelu voi kasvattaa verimäärää 1-2 litraa aikaisempaan tasoon verrattuna. Samassa suhteessa hemoglobiini määrä lisääntyy 200-300 grammaa. Lihaksissa kestävät lihassolut kasvavat ja nopeat lihassolut muuttuvat aineenvaihduntaominaisuuksiltaan hitaiden solujen suuntaan. Energiantuottoyksiköiden lukumäärä ja koko kasvaa. Lihakseen varastoituneen energian määrä kasvaa ja energian hyväksikäyttöön osallistuvien entsyymien aktiivisuus kasvaa. Näin ollen aerobinen energiantuotto ja rasvojen hyväksikäyttö paranee. (Rehunen 1997, 24-27 ja 40-41.)

Kyröläinen ym. (2004) tiedustelijoille tekemässä tutkimuksessa kolmen viikon partiotiedusteluharjoituksen aikana tiedustelijoiden paino väheni keskimäärin 5.5 % (4.6 kg). Painon lasku johtui pääasiassa energiavajeesta. Tiedustelijat saivat energiaa keskimäärin 2936 kcal vuorokaudessa keskimääräisen energiankulutuksen ollessa 6628 kcal, joten energiavaje oli yli 3500 kcal vuorokaudessa. Harjoituksen aikana tiedustelijoiden energiavaje oli niin suuri, että pitempään jatkettaessa olisi toimintakyky ollut liian alhainen. Pääesikunnan huolto-osaston laatimassa ravintosuosituksessa arvioidaan taistelijan tarvitsevan sotaharjoituksessa 4000 kcal vuorokaudessa. Tämän tutkimuksen mukaan tuo määrä ei riitä ainakaan tiedusteluharjoituksessa. (Kyröläinen ym. 2004, 43 ja 48.)

Samansuuntaisia havaintoja tekivät Pitaluga ym. (2003) tutkiessaan Brasilialaisten sotilaiden energiankulutusta viidakko olosuhteissa. Sotilaat suorittivat viisi päivää kestäneen marssin jonka aikana heidän paino laski keskimäärin kaksi kiloa ($p < 0,01$). Sen sijaan heidän rasvaprosentti ei tippunut merkittävästi ($p > 0,05$). Energiankulutus vuorokaudessa oli keskimäärin 4813 kcal kun energian saanti oli noin 3565 kcal. (Pitaluga ym. 2003.)

Ennen aerobista, useita tunteja kestäväää suoritusta tulisi nauttia paljon nestettä ja hiilihydraattipitoista ravintoa energiavarastojen täydentämiseksi ja nestetasapainon taakamiseksi. Suorituksen aikana väsymisen eston kannalta tulisi nauttia tiheästi hiilihydraattipitoisia pieniä aterioita. (Rehunen 1997, 123 ja 135.)

Suorituksen kestäessä alle kaksi minuuttia ei energiantuottoon tai väsymisen estämiseen voida juurikaan vaikuttaa ravitsemuksella. Suorituksen kestäessä yli kaksi minuuttia edeltävien päivien oikea ruokavalio nostaa suoritustehoa ja pidentää suorituksen kestoa puutteelliseen ravitsemukseen verrattuna. Parhaat edellytykset suorituksesta selviytymiseen ovat silloin, kun maksan sekä lihaksen glykogeenivarastot ovat ennen suoritusta vähintään normaalit. (Rehunen 1997, 123.)

Valmistautuessa pitkään kestävyys-suoritukseen on edellisten päivien fyysisellä kuormittumisella suuri merkitys. Suhteellisen kevyt rasitus ennen pitkää kestävyys-suoritusta edellisten päivien aikana valmistaa elimistön myös hormonaalisesti kovaan suoritukseen ja antaa elimistölle parhaat mahdollisuudet hiilihydraattivarastojen täydentämiseen. (Rehunen 1997, 124.)

5.5.1 Levon merkitys toimintakyvyn ylläpidossa

Levolla on suuri merkitys toimintakyvyn ylläpitämisessä. Unenpuute ei vielä näy lyhyissä alle 15 minuuttia kestävässä suorituksissa. Taistelija sietää unen puutetta muutaman vuorokauden, mutta se näkyy toimintakyvyn huomattavana heikkenemisenä. Pitkään jatkunut valvominen näkyy keskittymisvaikeuksina, päätöksenteon hitautena, nukahtelualttiutena, sydämen sykkeen nousuna, ärtyneisyytenä ja ahdistuneisuutena. Paluu normaaliin toimintakykyyn 40 tunnin valvomisen jälkeen vaatii vähintään neljän tunnin yhtäjaksoisen unen ja 64 tunnin valvomisen jälkeen unta tarvitaan vähintään 8 tuntia. Taistelijan toimintakyky romahtaa neljännen perättäisen valvotun yön jälkeen. (Joukon toimintakyvyn turvaaminen kenttäoloissa. 1998, 38-41.)

Jo kahdenkin vuorokauden yhtäjaksoinen valveilla olo aiheuttaa sekä fyysisen että älyllisen suorituskyvyn alentumista. Tämä ilmenee etenkin tarkkaavaisuutta vaativissa tehtävissä. Tarkkaavaisuus, lyhytkestoinen muisti sekä laskusuoritukset alkavat kärsiä. (Opstad ym. 1987, 1065-1073.) Kahden univelkaisen vuorokauden jälkeen maksimaalinen hapenotto- ja sykekyky saavutetaan alentuneella sydämen syketaajuudella.

Myös keuhkojen minuutti ventilaatio on lisääntynyt sekä submaksimaalisessa että maksimaalisessa työssä. Hengityksessä tapahtuvat muutokset saattavat liittyä myös yleiseen lihaskoordinaation heikkenemiseen. Hengitystaajuuden muutokset saattavat vaikeuttaa kehon edullista energian käyttöä tai jopa aiheuttaa huonokuntoisella tiedustelijalla ilman loppumisen tunteen pitkäkestoisen siirtymisen aikana. (Horne & Pettitt, 1984, 168-179.)

Unen puute vaikuttaa olennaisesti myös keskushermoston toimintaan. Tämä heijastuu liikkumisen kömpelöitymisenä ja hidastumisena jo vuorokauden yhtäjaksoisen valvomisen jälkeen. Unen puute aiheuttaa myös korkeataajuista käsien vapinaa, joka vaikeuttaa hienomotorisia suorituksia ja muun muassa ampumista. (Sassin, 1970, 54-56.)

Pienikin unimäärä vaikuttaa palauttavasti suorituskykyyn. Jo muutaman tunnin levon kahden valvotun vuorokauden jälkeen on havaittu parantavan suorituskykyä. Kuuden tunnin uni palauttaa suorituskyvyn lähes täydellisesti. Näinkin lyhyellä levolla on myös huomattava mielialaa kohentava vaikutus. Kolmen valvotun vuorokauden jälkeen psyykkisen suorituskyvyn muutokset kuitenkin aiheuttavat niin suuria muutoksia, ettei niitä ole korjattavissa kolmen tunnin yönillä, eikä kuuden tunnin yönikaan riitä enää suorituskyvyn täydelliseen palautumiseen. (Opstad ym. 1978, 1065-1075.)

6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Sotilaallisesti tämän tutkimuksen merkitys pohjautuu Puolustusvoimien fyysisen suorituskyvyn asiantuntija työryhmän laatimiin tutkimustarpeisiin ja – ongelmiin. (Taistelija 2005.) Tutkimustarpeisiin, joihin tämä tutkimus perustuu ovat:

Mikä on taistelijan fyysinen kuormittuminen erilaisissa taistelukentän tyypillisissä tilanteissa?

Mitkä ovat fyysisille suorituskyvyille asetettavat vaatimukset eri aselajeissa ja puolustushaaroissa?

Mikä on lisäkuorman vaikutus taistelijan fysiologiseen kuormittumiseen taistelukentällä eri tehtävissä ja tilanteissa?

Mitkä ovat taistelijan varustuksen vaikutukset fyysiseen suorituskyykyyn? (Taistelija 2005. 22-23.)

Taistelijan näkökulmasta aerobisella kestävyydellä ja hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyvyllä on merkittävä rooli nykyaikaisella taistelukentällä. Puolustusvoimissa jokaisen taistelijan fyysisen suorituskyyvyn tavoitteena on selviytyä puolustushaaransa, aselajinsa ja koulutushaaransa mukaisista tehtävistä vähintään kahden viikon ajan jatkuvassa taistelukosketuksessa ja pystyttävä käyttämään kaikki voimavaransa 3-4 vuorokauden ratkaisutaistelussa. (Pekoul-os PAK C 1:3, 4.) Kyröläinen ym. (2004) tekemässä tutkimuksessa todettiin, että tiedustelijoiden fyysinen koulutus edellyttää monipuolista kestävyys- ja voimaharjoittelua. Harjoittelun tulisi perustua urheiluvalmennuksen periaatteisiin, jossa otetaan huomioon fyysinen kokonaiskuormitus ja optimaalinen rytmittäminen. Hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyvyn kehittäminen edellyttää pitkäkestoisen aerobisen kestävyysharjoittelun lisäksi myös laadukkaita nopeus- ja maksimikestävyysharjoitteita. (Kyröläinen ym. 2004, 49.)

Useiden tutkimusten mukaan (esim. Knapik 2004, Kyröläinen 2004, O'connor 1990) ylävartalossa täytyy olla hyvät voimaominaisuudet kannettaessa lisäkuormaa. Tämän vuoksi pelkkä kestävyysharjoittelu ei riitä, vaan sotilaiden tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota ylävartalon voiman lisäämiseen.

Kadettikoulun aikana yhteinen liikuntakoulutuksen osuus on erittäin vähäistä, joten liikunnan harrastaminen jää omalle vastuulle vapaa-ajalla. Tutkimuksen yhtenä tavoitteena on motivoida ja herättää liikkumaan sekä ajattelemaan kestävyys- ja voimaharjoittelun merkitystä fyysisen suorituskyyvyn ylläpidossa marsseilla. Tutkimus on suunnattu kadeteille ja Puolustusvoimien henkilökunnalle.

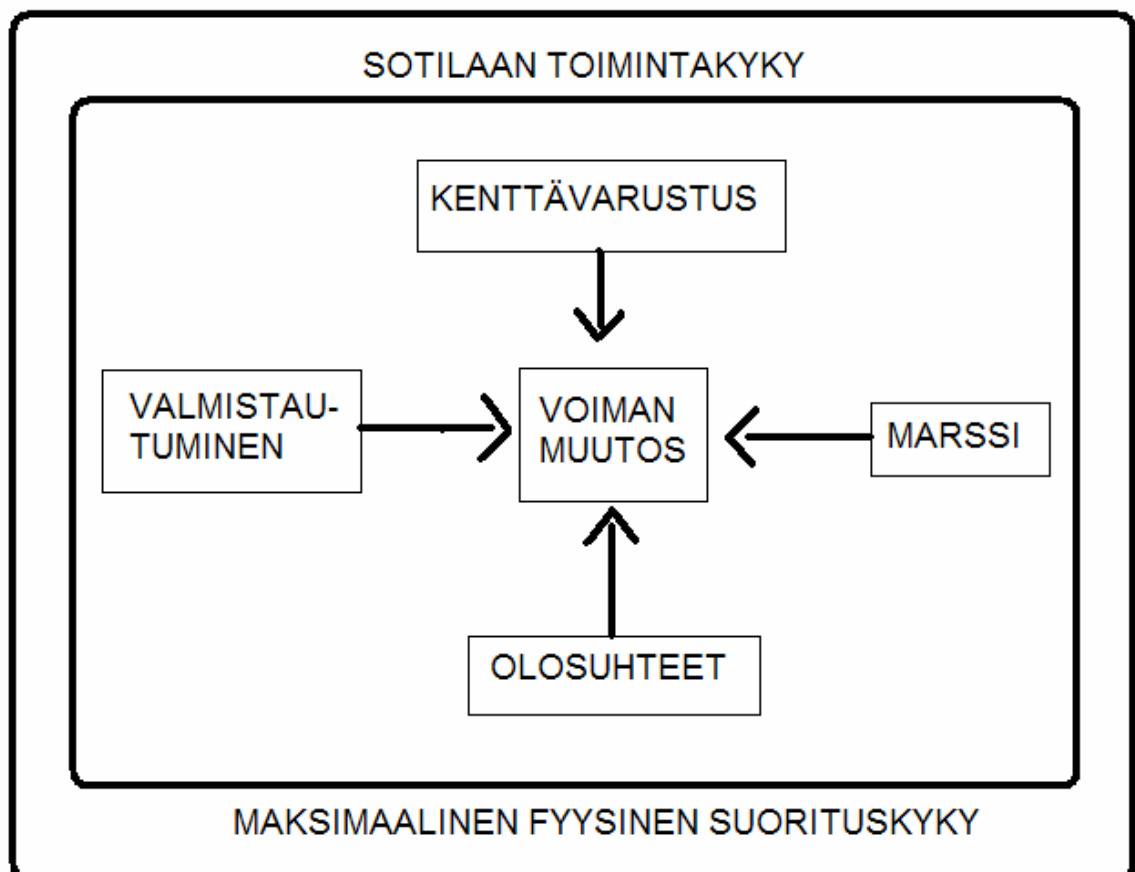
7. TUTKIMUKSEN VIITEKEHYS, TUTKIMUSNGELMAT JA HYPOTEESIT

Tämän tutkimuksen teoriaosa on luonteeltaan lähdeaineistoon perustuva aineistoanalyysi. Aineistoanalyysi pyrkii selvittämään teoreettisesti ihmisen elimistön ominaisuuksia ja kestävyystyyppisen harjoittelun vaikutuksia fyysiseen suorituskyykyyn ja maksimaaliseen hapenottokyykyyn. Teoriaosan tarkoituksena on luoda pohja ymmärrykselle harjoittelun ja kestävyysharjoittelun vaikutuksista ihmisen fysiologiseen suorituskyykyyn ja maksimaaliseen hapenottokyykyyn sekä siihen vaikuttaviin tekijöihin. Li-

säksi tavoitteena on luoda ymmärrys voiman merkityksestä kävelymarssilla. Teoreettisen tiedon ymmärtäminen katsotaan tässä tutkimuksessa tärkeäksi, jotta kyettäisiin ymmärtämään tutkimuksen empiirisen osan tausta ja lähtökohdat.

Tutkimuksen viitekehys (kuva 5.)

Taistelijan on varauduttava äärimmäisiin fyysisiin rasituksiin ja olosuhteisiin. Taistelija saattaa joutua marssimaan kymmeniä kilometrejä ja kantamaan raskaita varustuksia. Tämän vuoksi taistelijan on syytä pitää fyysinen suorituskyky hyvällä tasolla, jotta toimintakyky säilyisi mahdollisimman hyvänä. Tutkimuksessa selvitetään mitä kuuluu sotilaan toimintakykyyn ja mikä on maksimaalinen fyysinen suorituskyky? Miten kävelymarssi kuormittaa ja miten siihen voidaan vaikuttaa? Empiirisessä osuudessa selvitetään miten kävelymarssi kenttävarustuksessa vaikuttaa taistelijan voimaominaisuuksiin.



Kuva 5. Tutkimuksen viitekehys.

Tutkimusongelmat

Tutkimuksen pääongelma: Millaisia muutoksia taistelijan voimaominaisuuksissa tapahtuu kävelymarssin jälkeen?

Tutkimuksen alaongelma: Mikä on tällä hetkellä jalkaväen kadetin fyysinen suorituskyky?

Pääongelman ratkaisemiseksi selvitetään mistä taistelijan toimintakyky muodostuu, fyysisen suorituskyvyn osa-alueet sekä miten elimistö kuormittuu kävelymarssilla ja miten siihen voidaan vaikuttaa?

Hypoteesit

Tämän tutkimuksen hypoteesi on se, että yli neljän tunnin kävelymarssi kenttävarustuksessa vaikuttaa heikentävästi maksimaaliseen fyysiseen suorituskykyyn. Kävelymarssi ei kuitenkaan heikennä sotilaan fyysistä toimintakykyä niin paljon, ettei hän kykenisi taistelemaan. Hypoteesi perustuu aikaisempiin sotilaille tehtyihin kuormitusfysiologisiin tutkimuksiin, joissa on havaittu että pitkään jatkunut rasitus varusteiden kanssa heikentää fyysistä suorituskykyä. Suorituskyvyn on todettu heikentyvän erityisesti ylävartalon lihaksistossa.

8. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä tutkimus on kuormitusfysiologinen tutkimus, jossa mitataan kohdejoukon kuormittuvuutta elimistön eri kuormitusasteilla kokeellisin eli eksperimentaalisin menetelmin. Kohdejoukolle suoritettavat testit koostuvat antropometrisista mittauksista, alkutesti (lihaskuntotesti), kävelymarssi 4h 20 min kenttävarustuksessa ja lopputestistä (lihaskuntotesti).

8.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöt olivat 90. kadettikurssin jalkaväkijoinjalta (n=12). Koehenkilöiden keski-ikä oli 24 ± 3 vuotta, keskipituus 181 ± 6 cm, keskipaino $80,1 \pm 11,6$ kg. Testattavien rasvaprocentti oli $13,1 \pm 3,2$ % ja maksimaalinen hapenottokyky (VO_2max)

49,5±4,7 ml/kg/min. BMI-arvo (painoindeksi) oli 24,1±2,4. Taulukossa 1. on kuvattu koehenkilöiden fysiologiset muuttujat.

<u>Muuttuja</u>	Keskiarvo	Keskihajonta	Maksimi	Minimi
Ikä (vuotta)	24	3	33	23
Pituus (cm)	181	5,9	193	173
Paino (kg)	80,1	11,6	109,2	65
Rasva %	13,1	3,2	18	7,5
BMI-arvo	24,1	2,4	30,2	21,7

TAULUKKO 1. Koehenkilöiden fysiologiset muuttujat (N= 12)

Ennen fyysisiä testejä kohdejoukolle kerrottiin valmistautumisesta testeihin. Heitä kehoitettiin välttämään liiallista alkoholin käyttöä kaksi vuorokautta ennen testejä ja välttämään nikotiinin käyttöä juuri ennen testejä. Lisäksi kohdejoukon kehoitettiin nauttimaan riittävästi hiilihydraattipitoista ravintoa, kuitenkin alle kolme tuntia ennen testiä tuli välttää liiallista syömistä. Nesteen nauttiminen ja riittävä yöuni tuli huomioida ennen testejä. Myös raskasta liikuntaa kehoitettiin välttämään lähipäivinä ennen fyysisiä testejä. Näillä ohjeilla pyrittiin maksimoimaan fyysisistä testeistä saatavia tuloksia ja näin ollen parantamaan tutkimuksen luotettavuutta.

8.2 Tutkimusasetelma

Koehenkilöille suoritettavat testit suoritettiin valvotuissa olosuhteissa Maasotakoululla. Valvojina toimivat Maasotakoulun liikuntakasvatusupseerit ja testaajat. Kohdejoukolle suoritettiin antropometriset mittaukset ennen ensimmäistä lihaskuntotestiä. Heiltä mitattiin pituus, paino ja rasvaprosentti. Rasvaprosentti mitattiin Tanita Body mass monitor laitteella (Japani). Laite mittaa kehon rasvaprosentin sähkövirran avulla. Marssilla kohdejoukko käytti Polar S610 ja Polar Accurex plus sykemittareita (Polar, Kempele).

Alkutesti oli Puolustusvoimien henkilökunnalle suoritettavan lihaskuntotesti. Lihaskuntotestiin kuuluu etunojapunnerrus (60 s), istumaannousu (60 s), puristusvoima (kg) ja toistokyykky (60 s). Testiin lisättiin myös vauhditon pituushyppy, jolla mitattiin alaraajojen räjähtävää voimaa. Vauhditon pituushyppy suoritettiin lihaskuntotestissä ensimmäisenä. Alkutestin jälkeen koehenkilöillä oli kahden viikon sotaharjoitus, mis-

sä he olivat toimihenkilötehtävissä. Harjoituksen aikana fyysinen rasitus oli vähäistä. Harjoituksen jälkeen palautusta oli viisi vuorokautta, jonka jälkeen koehenkilöt suorittivat kävelymarssin kenttävarustuksessa (25 kg). Marssin valvoi Maasotakoulun henkilökuntaan kuuluva upseeri. Marssireitinpituus oli 21 kilometriä ja kenttävarustuksen paino 25 kiloa. Kohdejoukko ruokaili noin kello 10.30 ja marssille lähdettiin kello 11.30. Marssilla pidettiin kolme noin viiden minuutin taukoa ja kokonaiskesto oli 4h 20min. Tauot pidettiin viiden, yhdeksän ja 15 kilometrin kohdilla. Marssireitin tiestö oli osittain liukasta ja lämpötila oli hiukan plussan puolella. Välittömästi marssin jälkeen koehenkilöt suorittivat täsmälleen saman lihaskuntotestin, minkä he suorittivat kolme viikkoa aikaisemmin. Koehenkilöille tehtiin myös maksimaalinen hapenottokykytesti (VO₂max) polkupyöräergometritestillä Maasotakoulun testaajien toimesta. Hapenottokykytestit sijoittuivat viiden viikon aikajaksolle.

8.3 Mittaukset

Fyysisen suorituskyvyn mittaukset koostuivat lihaskuntotestistä, maksimaalisesta hapenottokykytestistä ja kävelymarssista. Puolustusvoimissa suoritettavassa lihaskuntotestissä mitataan tuki- ja liikuntaelinten kuntoa, painopisteen ollessa voimaominaisuuksien mittaamisessa. Lihaskuntotestin testiliikkeisiin kuuluvat:

- etunojapunnerrus,
- istumaannousu eli vatsalihasliike,
- puristusvoima,
- toistokyykistys,
- painoindeksi.

Testiliikkeet on lueteltu siinä järjestyksessä, jossa ne suositellaan johdettavan. Suorituksista puristusvoimamittaus mittaa voiman nopeaa tuottoa ja maksimivoimaa, kun taas etunojapunnerrus, istumaannousu ja toistokyykistys mittaavat kykyä tehdä työtä oman kehon painoa vastaan. (PEkoul-os PAK A 04:03.01, 11-13.)

Lihaskuntotesti on tarkkaan ohjeistettu ja testin voi johtaa ainoastaan pääesikunnan koulutusosaston järjestämän testaajakurssin hyväksytysti suorittanut henkilö. Testi suoritetaan pääsääntöisesti sisällä liikuntasalissa. Ohjeistus suosittelee, että lihaskuntotestien eri testiliikkeiden välille tulisi varata palautumisaikaa 5-10 minuuttia. Mi-

käli testattava haluaa suorittaa jonkin testiliikkeen uudelleen, on hänen suoritettava koko lihaskuntotesti uudestaan. Testiliikkeitä ei voida jakaa suoritettavaksi eri lihaskuntotesteissä. (PEkoul-os PAK A 04:03.01.)

Testit tehdään yleensä pareittain, jolloin toinen laskee suoritusten määrän ja valvoo suoritustekniikkaa sekä kirjaa tulokset testilomakkeelle. Lisäksi vatsalihastestissä pari voi tukea testattavan nilkkoja testaushetkellä. (PEkoul-os PAK A 04:03.01.)

Etunojapunnerrus mittaa kyynärvarren ojentajien sekä liikettä tukevien vartalolihas-ten voimasuorituskykyä 60 sekunnin kestäväällä testillä. (kuva 6.) Testattava tekee mahdollisimman monta suoritusta minuutin aikana. Alkuasennossa testattavan varpaat ja kämmenet ovat maassa. Vartalo on tiukassa paketissa suorana levynä jalkojen ja käsien varassa siten, että käsivarret ovat suorana olkapäiden tasalla. Testattava punnertaa käsivarsiaan koukistaen vartalon suuntaisesti siten, että rinta on noin 10 cm päässä lattiasta. (Kuntotestauksen perusteet 1994, 145.)



Kuva 6. Etunojapunnerrustestissä tehdään minuutin aikana mahdollisimman monta toistoa.

Toistokyykistystestillä mitataan polven ja lonkan ojentajien ja liikettä tukevien vartalolihas-ten voimasuorituskykyä 60 sekuntia kestäväällä testillä. (kuva 7.) Testissä testattava seisoo haara-asennossa kantapäät mahdollisesti tuettuina 2-3 cm:n korkeella. Testattava kyykistyy jalkoja koukistaen selkä mahdollisimman suorana niin,

että hänen sormensa koskettavat lattiaa. Testissä hyväksytään ainoastaan täydet ja oikeat suoritukset. (Kuntotestauksen perusteet 1994, 146.)



Kuva 7. Toistokyykyssä tuloksen laskija valvoo myös suorituksen puhtauden ja hylkää virheelliset suoritukset.

Istumaannousulla testataan keskivartalolihas- (vatsalihasten) voimasuorituskykyä 60 sekuntia kestäväällä testillä. (kuva 8.) Lähtöasennossa testattava on selällään jalat koukistettuna siten, että polvi- ja nilkkakulma on 90 astetta, jalkaterät maassa. Testattavan nilkkoja tukee pari, joka samalla laskee toistomäärän. Kämmenet ovat niskan takana ristissä. Suorituksessa testattava nostaa ylävartaloaan kohti polvia siten, että yläasennossa kyynärpäät koskettavat polvia ja alas tullessa hartiat koskettavat lattiaa. (Kuntotestauksen perusteet 1994, 138.)



Kuva 8. Testattavan nilkkoja tukee pari, joka samalla laskee minuutin aikana tehdyt suoritukset.

Puristusvoimatestillä mitataan käden ja kyynärvarren lihasten maksimaalista puristusvoimaa (Kuntotestauksen perusteet 1994, 139). Mittaus toteutetaan voimaantureilla varustetulla dynamometrillä. Maksimaalinen suoritus voidaan tehdä joko seisten tai istuen kyynärnivel 90 asteen kulmassa. (kuva 9.) Vartalo tai hartiat eivät saa liikkua suorituksen aikana. Suoritus kestää 2 - 4 sekuntia, jonka aikana testattava puristaa dynamometriä niin suurella voimalla kuin kykenee. (Ahtiainen & Häkkinen 2004, 142; Vuori & Taimela 1995, 57.) Puolustusvoimissa puristusvoiman mittaus on ohjeistettu tarkasti. Mittausvälineenä käytetään vain Ymar Baseline- puristusvoimamittaria. Suoritus tehdään istuen, olkavarsi kiinni vartalossa, kyynärvarsi 90 asteen kulmassa. Dynamometrin käsikahvaa voi säätää omalle kädelle sopivaksi. Testattava puristaa voimakkaasti molemmilla käsillä kaksi kertaa. Tulos määritetään oikean ja vasemman käden parhaimpien suoritusten keskiarvojen perusteella. Tulos ilmoitetaan kiloina. (PEkoul-os PAK A 04:03.01.)



Kuva 9. Puristusvoimatestissä mitataan käden ja kyynärvarren maksimaalista voimaa.

MILFIT-polkupyöräergometritestin tarkoitus on mitata hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa ja toimivien lihasten kykyä käyttää happea energiantuotantoon maksimaalisessa rasituksessa (maksimaalinen hapenkulutus painokiloa kohti minuutissa). (Kuntotestauksen perusteet 1994, 78.)

Vauhdittomassa pituushyppytestissä on tarkoitus mitata testattavan jalkojen ponnistus voimaa. Testissä suoritetaan kaksi hyppyä tasaiselta alustalta ja parempi tulos jää voimaan. Hyppy suoritetaan ponnistamalla tasajalkaa, käsillä ja keskivartalolla avustaen. (kuva 10.) Tulos mitataan ponnistuspaikkaa lähimpänä olevan kehonosan alastulopaikasta senttimetrin tarkkuudella (Liikuntakoulutuskansio osa 12, 1999.)



Kuva 10. Vauhditon pituushyppy mittaa jalkojen räjähtävää voimaa.

Kävelymarssi 21km (4h20min) suoritettiin kenttävarustuksessa (25 kg) ja tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sen vaikutus fyysiseen suorituskykyyn. Fyysisen suorituskyvyn muutoksia tarkasteltiin lihaskuntotestillä. Kävelymarssin aikana tarkasteltiin sykearvoja ja sitä kautta kohdejoukon kuormittuvuutta. Kuormittavuuteen vaikuttavia tekijöitä marssilla on lisäkuorma, kävelyvauhti, maasto ja olosuhteet sekä neste- ja energiatasapainon ylläpito.

Kävelymarssi oli tarkoitus suorittaa aerobisella sykealueella ja kävelyvauhdiksi määriteltiin 5km/h. Tavoitteena oli, että keskeyttäneitä ei tulisi ja kaikki olisivat taistelukykyisiä marssin päättyessä. Koehenkilöiden kuormittuminen ei kuitenkaan ollut tasaisista, johtuen taakan kantokyvystä ja fyysisistä ominaisuuksista. Marssin aikana sykearvoja tarkasteltiin pistotarkastuksina eri koehenkilöiltä. Koehenkilöt myös raportoivat kuormittumisestaan eri maastonkohdissa (ylämäet, liukkaat osuudet) ja marssin eri vaiheissa.

Marssin aikana koehenkilöillä oli juomana vettä, jota käskettiin nauttimaan noin 20 minuutin välein nestetasapainon ylläpitämiseksi. Marssin aikana pidettiin kolme taukoa, joilla oli tarjolla sokeripitoista mehua. Kiinteää ravintoa koehenkilöillä ei ollut mukana eikä sitä ollut tauoillakaan tarjolla. Koehenkilöt ruokailivat juuri ennen marssille lähtöä.



Kuva 11. 90. Kadk:n JV-linja kävelymarssilla

8.4 Tietojen analysointi ja raportointi

Tutkimuksen teoreettinen sisältö jakaantuu kahteen erilaiseen analysointi ja tarkastelu osioon: teoria- ja empiiristen tulosten analysointiosioon. Tutkielman teoria-osa pyrkii selvittämään tutkielman käsitteelliset ja teoreettiset periaatteet ja lähtökohdat ihmisen fyysiseltä, sekä fysiologiselta kannalta tarkasteltuna. Tutkimuksen empiiristä tuloksista saatuja arvoja käsitellään ja lasketaan käyttämällä Excel - taulukkolaskentaohjelmaa ja SPSS 11.5 for windows - tilastointiohjelmaa. Muuttujien välisiä yhteyksiä testataan parittaisella t-testillä. T-testistä saatuja Pearsonin korrelaatiokertoimilla selitetään muuttujien välisiä yhteyksiä. Korrelaatio on merkitsevä

alueella 0.05 tai vähemmän. Tulokset on ilmoitettu pääasiassa muodossa keskiarvo \pm keskihajonta.

Viiden prosentin (0,05) merkitsevyystasoa pidetään yleisesti tilastollisesti riittävänä rajana merkitsevyyttä tutkittaessa. (Heikkilä 2001, 185, 224-230.)

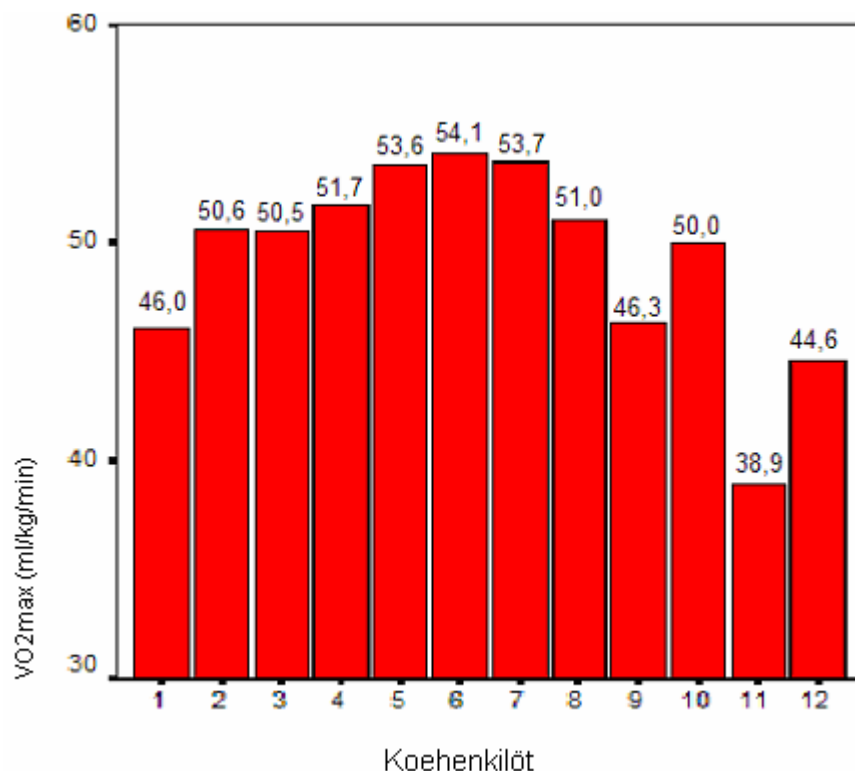
Testatun eron tai riippuvuuden sanotaan olevan:

- tilastollisesti erittäin merkitsevä, jos $p \leq 0,001$ (symboli ***)
- tilastollisesti merkitsevä, jos $0,001 < p \leq 0,01$ (symboli **)
- tilastollisesti melkein merkitsevä, jos $0,01 < p \leq 0,05$ (symboli *)
- tilastollisesti suuntaa antava (oireellinen), jos $0,05 < p \leq 0,1$ (Heikkilä 2001, 195.)

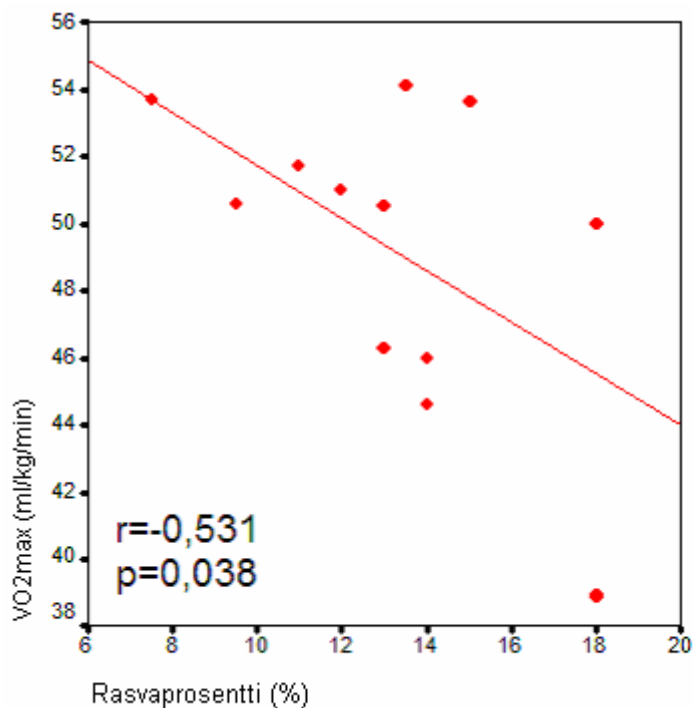
9. TULOKSET

9.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Koehenkilöiden keskimääräinen maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}) oli $49,5 \pm 4,7$ ml/kg/min vaihdellen 38,9 ja 54,1 ml/kg/min välillä. (Kuva 12.) Maksimaalilla hapenottokyvyllä oli yhteys rasvaprocenttiin, $r = -0,531$; $p = 0,038$. (kuva 13.)



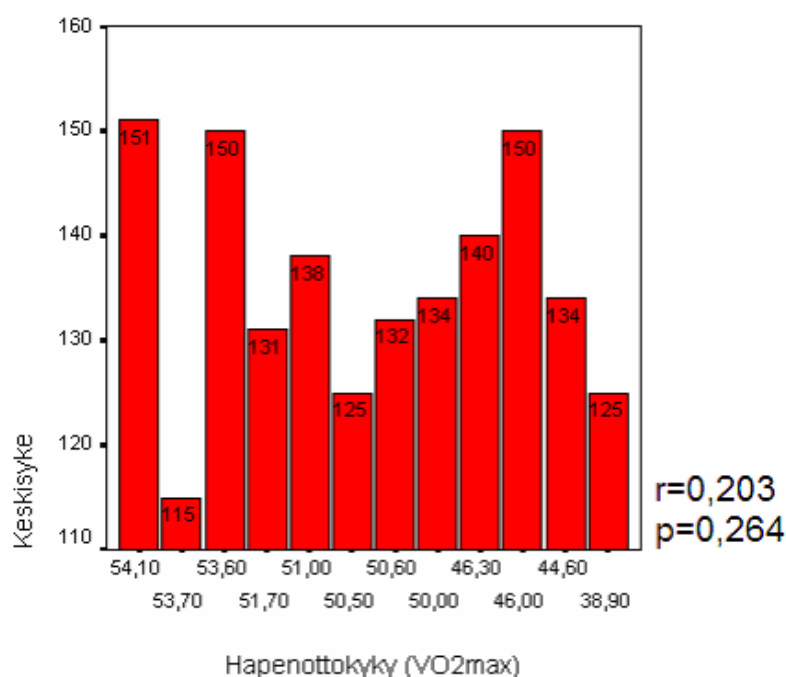
Kuva 12. Tutkimuksen koehenkilöiden yksilölliset VO_{2max} arvot



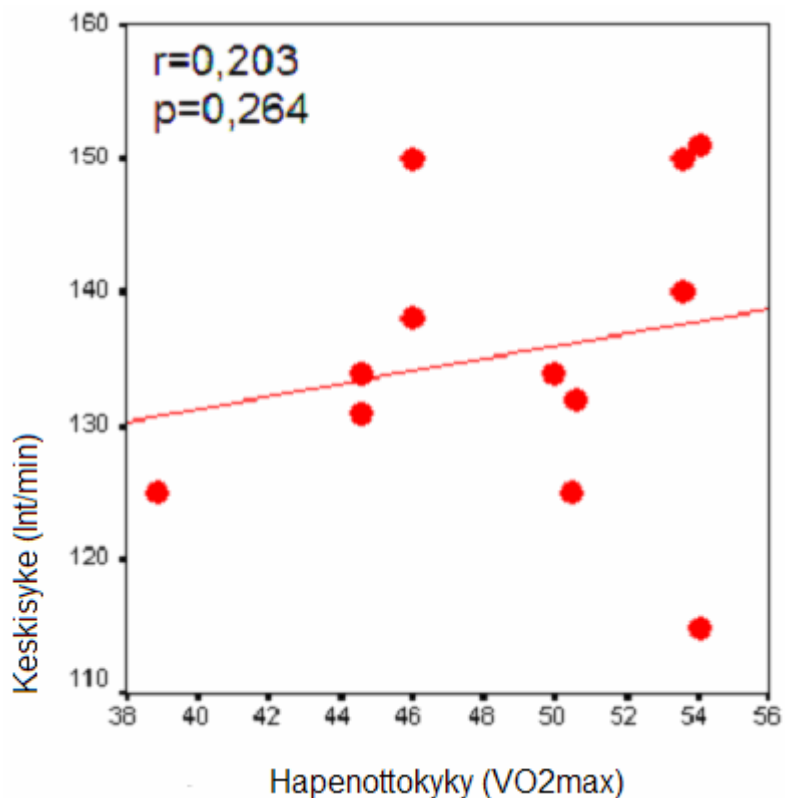
Kuva 13. Hapenottokyvyn ja rasvaprocentin välinen korrelaatio.

9.2 Kävelymarssi

Marssireitin pituus oli 21 km ja aikaa siihen kului 4h 20min. Koehenkilöiden keskisyke (lyöntiä minuutissa) marssilla oli 135 ± 12 (min 115, max 151). (Kuva 14). Maksimaalisen hapenottokyvyn korrelaatio marssinaikaisen keskisykkeen kanssa oli $r = 0,203$ $p > 0,05$, joten se ei ollut tilastollisesti merkitsevää. (Kuva 15.)

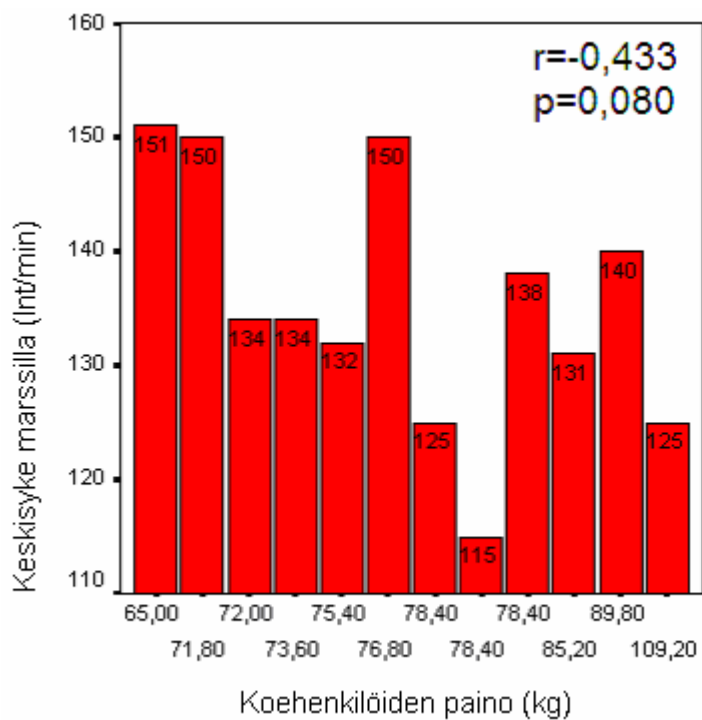


Kuva 14. Koehenkilöiden keskisykkeet marssin aikana.

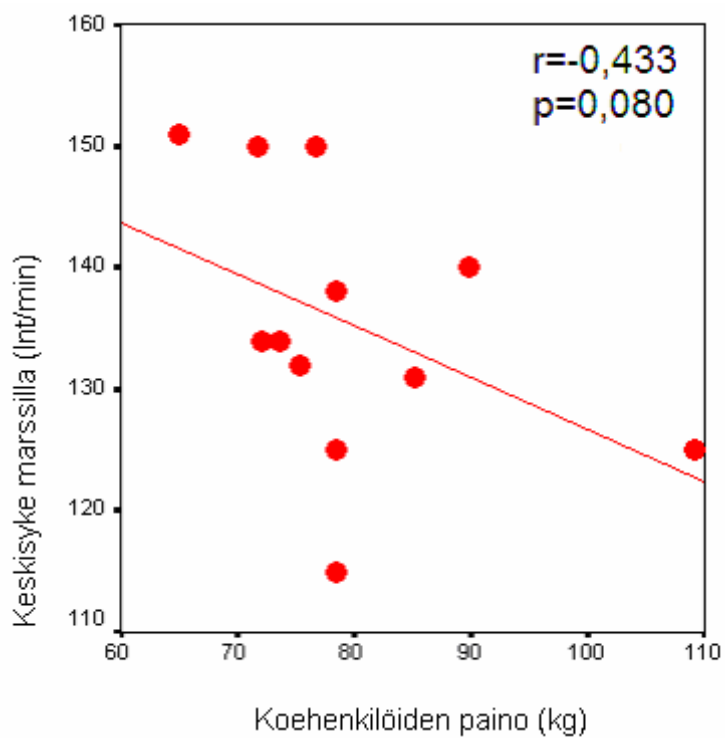


Kuva 15. Keskisykkeen ja VO2max välinen korrelaatio.

Koehenkilöistä kuusi kevyintä koehenkilöä kuormittui enemmän kuin kuusi painavinta henkilöä. Keveimpien henkilöiden keskisyke oli 140 ± 9 lyöntiä minuutissa, kun taas painavimpien keskisyke oli 129 ± 10 lyöntiä minuutissa. Kuvasta 16. nähdään, että koehenkilöistä kevyimmällä oli korkein keskisyke ja toiseksi kevyimmällä toiseksi korkein keskisyke marssin aikana. Kevyimmän koehenkilön lisäkuorma oli 38,5 %. Tässä tutkimuksessa painon ja keskisykkeen korrelaatio oli $r=-0,433$ ($p=0,080$), joten se oli lähellä tilastollista merkitsevyyttä.



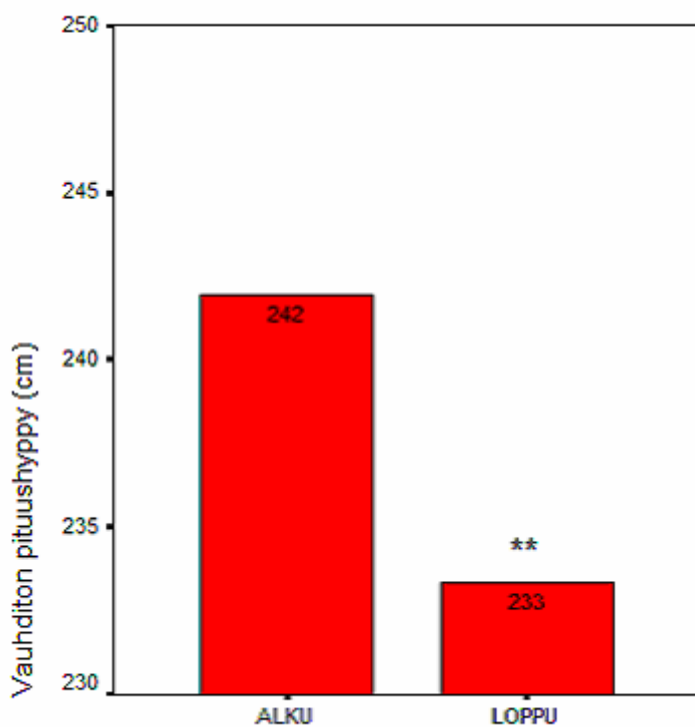
Kuva 16. Koehenkilöiden painon suhde keskiyhteeseen.



Kuva 17. Keskiyhteen ja painonvälinen korrelaatio.

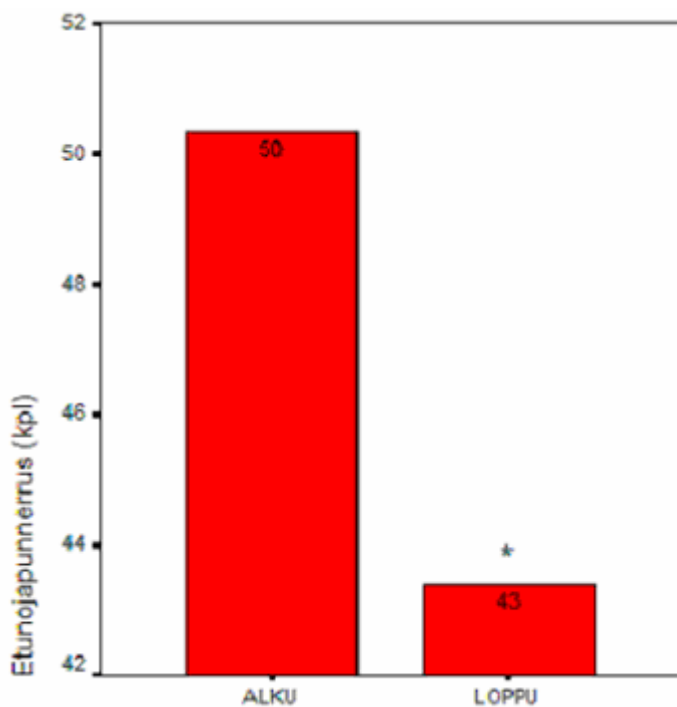
9.3 Lihaskuntotestit

Alkumittauksessa vauhdittomanpituushypyn keskiarvo oli 242 ± 27 cm (min=206, max=263cm). Loppumittauksessa keskiarvo oli 233 ± 39 cm (min=206, max=261), joten tulokset heikkenivät keskimäärin 3,7 % ($p < 0,01$). (kuva 17.)



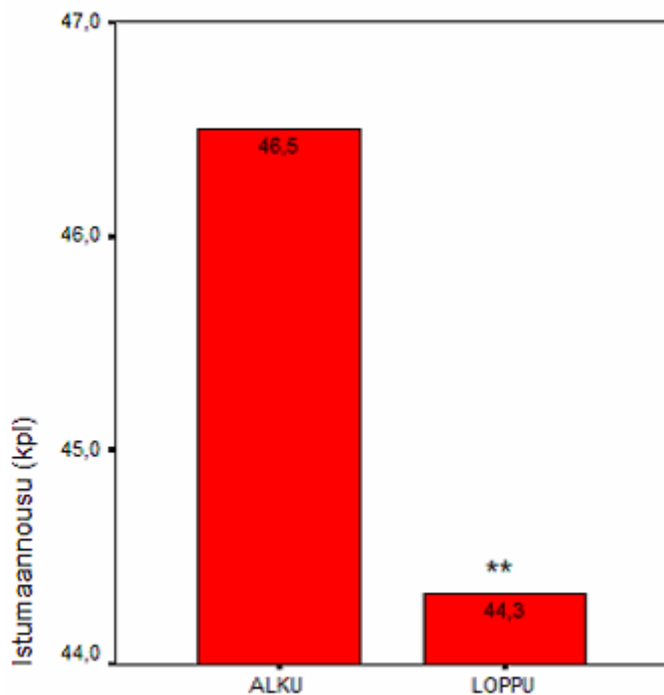
Kuva 17. Vauhdittoman pituushypyn tulokset kävelymarssia ennen ja heti sen jälkeen.

Alkumittauksessa etunojapunnerruksen keskiarvo oli 50 ± 7 toistoa (min=40, max=61). Loppumittauksessa tulokset olivat 43 ± 9 toistoa (min=30, max=60), joten tulokset heikkenivät keskimäärin 14 % ($p = 0,021$). (kuva. 18)



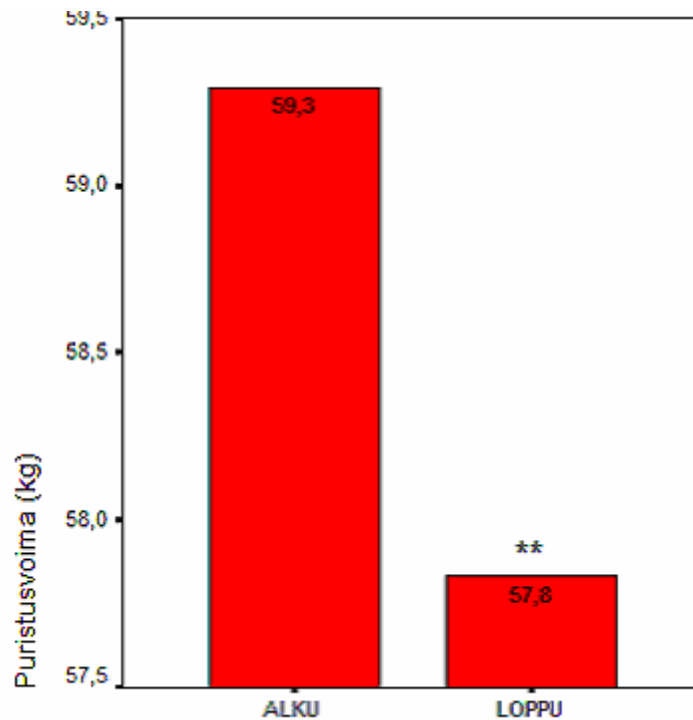
Kuva 18. Etunojapunnerrustulosten keskiarvot kävelymarssia ennen ja heti sen jälkeen.

Alkumittauksessa istumaannousun keskiarvo oli 46 ± 8 toistoa (min=33, max=61). Loppumittauksessa keskiarvo oli 44 ± 9 toistoa (min=30, max=59), joten tulokset heikkenivät keskimäärin 4,3% ($p < 0,01$). (kuva 19.)

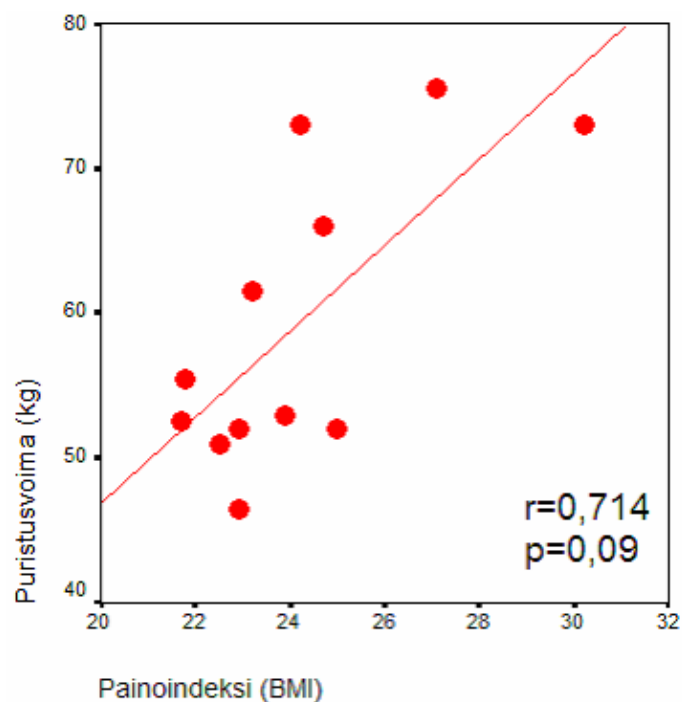


Kuva 19. Istumaannousun keskiarvot alku ja lopputestissä.

Alkumittauksessa puristusvoiman keskiarvo oli $59,3 \pm 8,7$ kg (min= 46,5, max=75,5kg) ja marssin jälkeen $57,8 \pm 8,7$ kg (min= 47,0; max=73,5 kg), joten tulokset heikkenivät keskimäärin 2,5 % ($p < 0,01$). (Kuva 20.) Puristusvoiman tulokseen näytti vaikuttavan koehenkilön painoindeksi. Alkumittauksessa korrelaatio oli $r = 0,607$; ($p < 0,05^*$) ja loppumittauksessa ($p < 0,01$). (Kuva 20.)

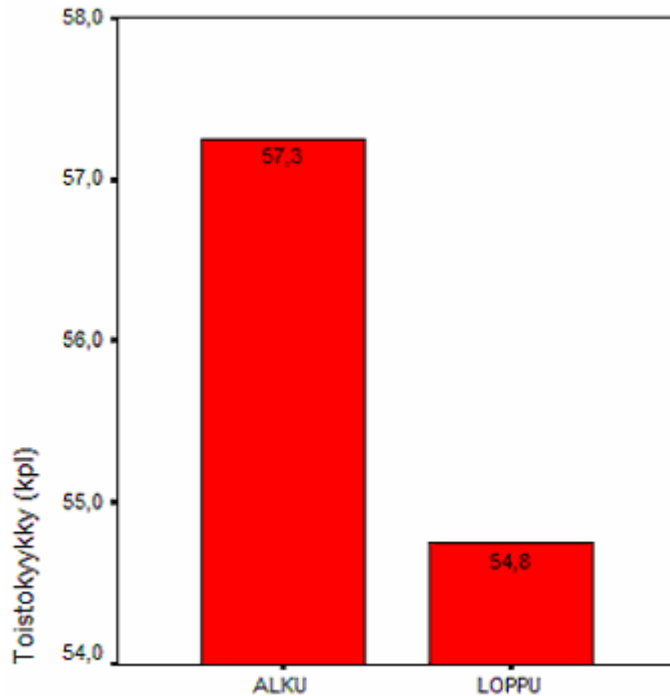


Kuva 20. Puristusvoiman keskiarvot alku- ja lopputestissä.

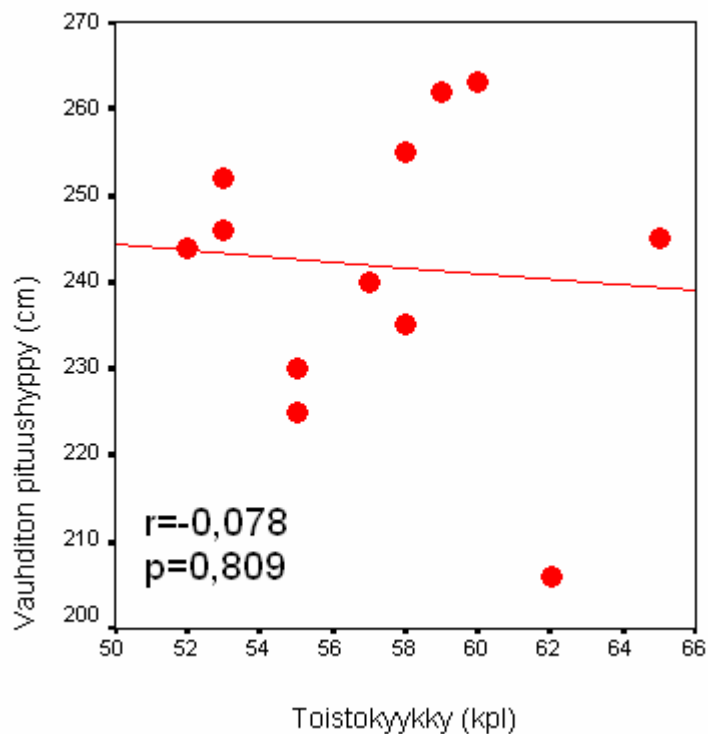


Kuva 21. Painoindeksin ja puristusvoiman korrelaatio loppumittauksessa.

Alkumittauksessa toistokyykyn keskiarvo oli $57,3 \pm 3,9$ toistoa (min=52, max=65). Loppumittauksessa keskiarvo oli $54,8 \pm 4,4$ toistoa (min=49, max=61), joten tulokset heikkenivät keskimäärin 4,4 % ($p > 0,05$). (kuva 22.) Kuvasta 23. näemme että toistokyykylä ja vauhdittomalla pituushypyllä ei ollut yhteyttä toisiinsa ($p > 0,05$).



Kuva 22. Toistokyykyn keskiarvot.



Kuva 23. Vauhdittoman pituushypyn ja toistokyykyn korrelaatio.

10. Pohdinta

Tulokset osoittivat, että 4 tuntia 20 minuuttia kestäneen marssin aiheuttama kuormitus kohdistui enemmän ylävartaloon kuin alavartaloon. Vauhdittoman pituushypyn tulos heikkeni 3,7 % ($p < 0,01$) ja toistokyykky 4,4 % ($p > 0,05$). Vastaavasti etunojapunnerruksen tulos heikkeni 14 % ($p < 0,05$), joka oli suurin pudotus lihaskuntotestissä. Syynä tähän on 25 kg:n lisätaakka, mikä aiheuttaa ylävartalon kuormittumista. Puristusvoimatestissä tulos heikkeni 2,5 % ($p < 0,01$) ja istumaannousussa 4,3 % ($p < 0,01$). Samansuuntaisia tuloksia havaitsivat myös O'Connor ym., jotka totesivat että 5 tuntia 34 minuuttia kestäneen marssin 46 kg painaneiden varusteiden kanssa kuormitti ylävartaloa enemmän kuin jalkoja. Käsikranaatin heiton tulos heikkeni 10,4 % ja vertikaalihypyn tulos 1,1 %. (O'Connor ym. 1990.) Toistokyykyyn tuloksen laskun tilastollista merkitsemättömyyttä selittää se, etteivät tulokset olleet normaalisti jakautuneita kummallakaan kerralla.

Taakkaa kantavan painolla on myös huomattava vaikutus kuormittumiseen. Lisäkuorman kantajan paino on suhteutettava kannettavaan painoon, jotta se ei aiheuttaisi ennen aikaista uupumista. Mikäli lisäkuorman paino on yli 27 % kehon painosta, se lyhentää taakan kantoaikaa huomattavasti (Evans ym. 1983. 161-171.) Oksan & Rintamäen mukaan taakan optimaalinen paino on noin 30% kehon painosta. Optimaalinen paino tarkoittaa mahdollisimman suurta tarvikkeiden määrää, jota voidaan kuljettaa mukana mahdollisimman pitkään. (Oksa ym., 1995a, 122.)

Kävelymarssilla matalimman (115) ja korkeimman (151) keskisykkeen omanneiden henkilöiden lihaskunnossa, rasvaprocentissa ja painossa oli huomattavia eroja. Korkeimman keskisykkeen omanneella henkilöllä oli huonommat tulokset jokaisessa lihaskuntotestissä alkumittauksessa, kuin vähiten kuormittuneella. Merkittävimmät erot olivat istumaannousussa (11,6 %) ja punnerrustestissä (4,9 %). Alaraajojen voimassa ei ollut niin suuria eroja kuin ylävartalon voimaominaisuuksissa. Eniten kuormittuneella oli 6 % enemmän rasvaa kehossa, kuin vähiten kuormittuneella. Kehossa oleva ylimääräinen rasva on ylimääräistä painoa, joten kannettavan taakan paino kasvaa. Koehenkilöiden painossa oli eroa 13,4 kiloa, joten eniten kuormittuneella oli kannettava taakka suhteessa kehon painoon paljon suurempi. Molemmilla oli hyvä hapenottokyky 53,7 ja 54,1 ml/kg/min. Ero oli vain 0,4 ml/kg/min, joten se ei selitä kuormittumisen eroa. Näiden henkilöiden välillä kuormittumisen syynä voidaan pitää

ylävartalon voimaominaisuuksia ja kannettavan taakan painoa suhteutettuna kehon painoon.

Kävelymarssilla toiseksi vähiten kuormittuneella (keskisyke 125) oli suurin rasvaprosentti (18 %) ja heikoin hapenottokyky (39,8 ml/kg/min). Tällä perusteella olisi voinut olettaa että koehenkilö kuormittuu eniten. Koehenkilön kannettava paino suhteutettuna kehonpainoon oli 22,9 %. Lihaskuntotesteissä tulokset olivat hyvällä tasolla, lukuun ottamatta vauhditonta pituushyppyä. Tämä kertoo painon ja lihasvoiman merkityksestä kannettaessa lisäkuormaa.

Tutkimuksella haettiin myös vastausta sille, että mikä on jalkaväen kadetin fyysinen suorituskyky tällä hetkellä? Koehenkilöiden maksimaalinen hapenottokyky (VO₂max) oli 49,5±4,7 ml/kg/min (min=38,9; max=54,1). Taistelukenttä ja taistelijan varusteet asettaa taistelijalle paljon eri vaatimuksia selviytyäkseen taisteluiden aiheuttamista rasituksista. Eri taistelukentän vaatimukset korostavat taistelijan ja taistelunjohtajan fyysisen suorituskyvyn merkitystä. Taistelijalta edellytetään hyvää hapenottokykyä. Eri tutkimuksien mukaan taistelijan hapenottokyvyn tulisi olla 50-55 millilitraa painokiloa kohti minuutissa. (Santtila 2000.)

Jalkaväkikadettien hapenottokyky näyttäisi olevan hyvin lähellä 50-55 mmol vaatimusta eli hapenottokyky näyttää hyvältä tämän vaatimuksen suhteen. Pekoul-os:n PAK A 04:03.01/1.5.1999., mukaan 20-24 vuotiaan sotilaan hapenotto on erinomainen, kun se on yli 60 ml/kg/min ja hyvä välillä 56-59,9 ml/kg/min. Kohdejoukon hapenottokyky oli keskimäärin 49,5 ml/kg/min, joten se on välttävä (48-51,9 ml/kg/min). Tässä tutkimuksessa hapenottokyvyllä ja rasvaprosentilla oli vaikutusta toisiinsa, $r = -0,531$; $p = 0,038$. Yhteyttä ei voida pitää kuitenkaan suoranaishana, sillä muutamilla koehenkilöillä korkeasta rasvaprosentista huolimatta oli hyvä hapenottokyky. (kuva 13.)

Marssin aikainen keskivauhti oli 4,3 km/h. Varustuksen huomioon ottaen vauhti oli riipeää. Koehenkilöiden keskisyke oli siitä huolimatta suhteellisen alhainen, 135 lyöntiä minuutissa. Toisin sanoen marssi tapahtui pääosin aerobisella sykealueella. Keski-sykkeen ja maksimaalisen hapenottokyvyn välinen korrelaatio oli $r=0,139$ ($p>0,05$), eli se ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Tämä tulos oli odotettavissa, sillä lisäkuorman kantaminen vaikuttaa kuormittumiseen merkittävästi. Parhaimman hapenottokyvyn

omannut koehenkilö kuormittui marssilla eniten, mutta hän oli vastaavasti kevein kohdehenkilöistä.

Karinkannan ym. 1999., tekemässä jääkäriyhmän taistelun perusselvityksessä todettiin, että pelkkä marssi hyökkäyksen lähtöasemaan 25 kiloa painavassa taisteluvälineissä nosti ryhmäkohtaista välineistöä kantavan taistelijan sykkeen yli 140 lyöntiin minuutissa. Marssi kesti noin 50 minuuttia. Jo kävellen tapahtuneessa siirtymisessä liikuttii vauhtikestävyden tai maksimaalisen kestävyden sykealueilla. (Karinkanta ym. 1999.)

Mikäli tämän tutkimuksen koehenkilöt olisivat marssineet vaihtelevassa maastossa, olisi keskisyke ollut todennäköisesti reilusti yli 140 lyöntiä minuutissa. Marssi suoritettiin pääosin tiestöllä, joka oli paikoitellen erittäin liukasta. Marssin aikana todettiin sykkeiden nousevan jopa 10 lyöntiä liukkailla osuuksilla, mikä johtui lihasjännityksestä ja varomisesta. Mikäli tiestö olisi ollut koko marssin ajan hyvässä kunnossa, niin se olisi saattanut vaikuttaa alentavasti keskisykkeisiin. Reitillä olleet nousut nostivat koehenkilöiden sykkeen yli 150 lyöntiin minuutissa, muutamilla yli 170 lyöntiin minuutissa. Tämä kertoo pienenkin maaston muutoksen vaikutuksesta kuormittumiseen. Sykkeet laskivat nousujen jälkeen normaalille tasolle. Olosuhteet olivat erittäin hyvät marssin suorittamiseen, auringon paiste ja -2 astetta pakkasta. Ainoastaan liukkaat tiet nostivat paikoitellen sykettä. Näin ollen olosuhteilla ei katsota olevan merkittävää vaikutusta kuormittumiseen.

Marssin aikana joukko pysyi hyvin koossa eikä selkeitä uupumisia ollut havaittavissa. Marssille asetettu tavoite oli, että kukaan ei keskeytä ja kaikki ovat taistelukykyisiä marssin jälkeen. Usein marssin keskeyttämisen syynä ovat rakot ja kivuliaat hiertymät. Maaliin tullessaan joukko näytti hyväkuntoiselta, joten kukaan ei menettänyt taistelukykyään tällä marssilla, minkä marssin jälkeinen lihaskuntotestikin osoitti. Tulokset heikkenivät jokaisessa lihaskuntotestissä, mutta heikkeneminen olisi pitänyt olla huomattavasti suurempaa, jotta taistelukyky olisi laskenut merkittävästi. Tämä kertoo siitä, että jalkaväkijoukkojen kadeteilla on tällä hetkellä marssimiseen tarvittava riittävä suorituskyky.

Rintamäki ym. (1998) tekivät tutkimuksen neste-, hiilihydraatti- ja elektrolyyttitasapainon vaikutuksesta suorituskykyyn kylmässä. Harjoitukseen sisältyi kuuden tunnin

marssi, jonka aikana tutkittiin nestetasapainon ylläpitoa vedellä ja 5 %:n sakkaroosiliuoksella. Sokeriliuosta juoneella ryhmällä nälän tuntemus oli vähäisempi ja suorituskky laski vähemmän. Vettä juoneella ryhmällä todettiin alhaisempi glukoositaso harjoituksen lopussa, mikä osoitti sen että rasva-aineenvaihdunnalla ei pystytty riittävästi korvaamaan menetettyjä hiilihydraattivarastoja. (Rintamäki ym. 1998.)

Tässä tutkimuksessa kohdejoukko ruokaili noin 30-60 minuuttia ennen marssille lähtöä maasotakoulun ruokalassa. Ruokailussa tarjolla oli riisiä ja lihaa eli hiilihydraatti ja proteiinipitoista ruokaa. Kohdejoukko käytti marssin aikana nesteenä vettä, lisäksi tauoilla tarjottiin sokeripitoista mehua. Marssin aikana eikä sen jälkeenkään kohdejoukko valittanut nälän tunnetta. Tästä voidaan todeta, että juuri ennen marssia suoritettu ruokailu ja marssin aikana tarjoiltu sokeripitoinen mehu ylläpiti energiatasapainoa riittävästi reilun neljän tunnin marssilla.

Eriytyvien opintojen aikana jalkaväkijän fyysiseen koulutukseen on kuulunut muutamia kävely ja hiihtomarsseja. Koulutukseen on kuitenkin kuulunut yhteisiä kadetti-johtoisia liikuntatunteja mahdollisuuksien mukaan viikoittain. Fyysistä koulutusta on kokonaisuutena kadettikoulun aikana vähän, varsinkin yhteisten opintojen aikana. Näin ollen fyysinen aktiivisuus on jäänyt pääasiassa omalle vastuulle vapaa-ajalla. 90. kadettikurssin jalkaväkijällä näyttäisi marssikuntoa kaikesta huolimatta löytyvän, mikä kuuluu suomalaisen jalkaväkisotilaan perusominaisuuksiin.

Alkumittauksessa vauhdittoman pituushypyn keskiarvo oli 242 ± 27 cm (min=206, max=263cm). Varusmiesten kuntotestien luokittelutaulukon mukaan hyvän raja on 220 cm ja kiitettävän raja 240 cm (Liikuntakoulutuksen käsikirja osa 12). Henkilökunnan testeihin vauhditon pituushyppy ei kuulu, mutta jos verrataan jv-linjan kadettien keskiarvoa varusmiesten taulukkoon, niin se näyttäisi olevan yli kiitettävän rajan. Tämä kertoo siitä että kohdejoukolla näyttäisi olevan kiitettävä ponnistusvoima. Jalkaväkitaistelijat tarvitsevat räjähtävää voimaa erityisesti oja ylitettäessä jalan ja nopeissa liikkeelle lähdöissä, kuten syöksyissä.

Kohdejoukon etunojapunnerruksen keskiarvo alkumittauksessa oli 50 ± 7 toistoa (min=40, max=61). Sotilaiden 20-24-vuotiaiden Pekoul-os:n PAK A 04:03.01/1.5.1999. mukaan erinomainen on yli 50 toistoa ja hyvä 45-49 toistoa. Kohdejoukon keskiarvo 50 toistoa ylittää erinomaisen rajan. Etunojapunnerrus mittaa

kyynärvarren ojentajien sekä liikettä tukevien vartalolihashsten voimasuorituskykyä. Ylävartalon voimantuottokyky on heikentynyt useiden tutkimusten (mm. Knapik ym. 2004 ja Kyröläinen ym. 2004.) mukaan kannettaessa painavia varusteita ja kantolaitetta. Taistelijan tulee kiinnittää huomiota ylävartalon voimaominaisuuksien kehittämiseen fyysisessä harjoittelussa. Tulevaisuudessa varusteiden paino lisääntyy, vaikkakin siirtymismatkat lyhentyvät.

Alkumittauksessa jalkaväkijän kadettien istumaannousun keskiarvo oli 46 ± 8 toistoa (min=33, max=61). Erinomainen tulos vaatii 20-24-vuotiailta sotilailta yli 53 toistoa ja hyvä 48-52 toistoa (Pekoul-os:n PAK A 04:03.01/1.5.1999.). Tässä tutkimuksessa kohdejoukon keskiarvo 46 toistoa on tyydyttävä (43-47 toistoa). Kohdejoukosta puolet ylti yli 48 toiston suoritukseen. Istumaannousu testaa keskivartalon (vatsalihakset) voimantuottokykyä. Keskivartalon (vatsa- ja selkälihakset) hyvä lihaskunto tukee selkärunkaa ja ryhtiä. Etua hyvästä keskivartalon lihaskunnosta on esimerkiksi taakankannossa ja linnoitustöissä. Linnoitettaessa joutuu kaivamaan, nostelemaan ja kantamaan raskaita taakkoja. Tällöin vartaloa tukevista vatsa- ja selkälihaksista on paljon hyötyä.

Koehenkilöiden puristusvoiman keskiarvo oli $59,3 \pm 8,7$ kg (min= 46,5, max=75,5kg). Pekoul-os:n PAK:n mukaan tulos oli välttävä-tyydyttävä. 20-24-vuotiailla sotilailla heikko tulos on 0-53 kg ja välttävä tulos 54-59 kg. Vain yksi saavutti erinomaisen ja kaksi hyvän tuloksen. Puristusvoimatestillä mitataan käden ja kyynärvarren lihasten maksimaalista puristusvoimaa (Kuntotestauksen perusteet 1994, 139). Puristusvoimaa taistelija tarvitsee kantaessaan esimerkiksi telamiinoja.

Alkumittauksessa toistokyykyn keskiarvo oli $57,3 \pm 3,9$ toistoa (min=52, max=65). Erinomaiseen tulokseen 20-24-vuotiailta sotilailta vaaditaan vähintään 64 toistoa minuutissa. Hyvä tulos vaatii 58-63 toistoa (Pekoul-os:n PAK A 04:03.01/1.5.1999.). Kadettien keskiarvo (57 toistoa) ylittää tyydyttävään suoritukseen. Toistokyykky mittaa jalkojen kestävyysvoima ominaisuuksia ja vauhditon pituushyppy mittaa räjähtävää voimaa. Toistokyykyllä ja vauhdittomalla pituushypyllä ei huomattu olevan korrelaatiota. Jalkojen voimaominaisuudet tulee taistelijalla olla hyvässä kunnossa. Erityisesti jalkojen kestävyysominaisuudet korostuvat liikuttaessa pitkiä matkoja vaativassa maastossa.

Kokonaisuutena 90. kadettikurssin jalkaväkijoukon fyysinen suorituskyky on hyvällä tasolla. Kadetit jaksavat marssia yli neljä tuntia 25 kg:n kantamusten kanssa erittäin hyvin, vieläpä menettämättä taistelukykyään. Lihaskuntotestin perusteella keskiarvo on hyvä. Istumaannousun tulos oli tyydyttävä ja puristusvoima välttävä, joten näissä testeissä on parannettava. Hapenottokyky oli 49,5 ml/kg/min, joten se on hyvin lähellä taistelijaalta vaadittavaa 50 ml/kg/min rajaa. Jos verrataan Aandstadin (2005) tekemään tutkimukseen norjalaisille ”home guard” sotilaille, niin 90. kadettikurssin jalkaväkijoukolla on parempi hapenottokyky. Norjalaisten sotilaiden maksimaalinen hapenottokyky juoksu- ja kävelytestin perusteella oli 46,2 ($\pm 6,4$). (Aandstad 2005.)

Baumgartner (2006) teki tutkimuksen kadettien fyysisessä kunnossa tapahtuneista muutoksista taistelukelpoisuuden näkökulmasta. Tutkittavana joukkona oli maa- ja merivoimien kadetteja, jotka olivat aloittaneet opintonsa 1995-2004 välisellä ajalla. Tutkimuksen tulokset osoittivat että kadettien kunto on laskenut asteittain vuodesta 2000 eteenpäin ja tällä hetkellä kadettien fyysinen kunto jää alle taistelukelpoisuudelle asetetun vaatimustason. Tulos on samansuuntainen puolustushaaran tai aselajista riippumatta. Tutkimus on tehty kursseittain, joten otos on huomattavasti suurempi kuin tässä tutkimuksessa. Tämän tutkimuksen perusteella 90. kadettikurssin jalkaväkijoukon kadeteilla on riittävä fyysinen kunto taistelukelpoisuuden näkökulmasta.

Tutkimuksen hypoteesi oli se, että yli neljän tunnin kävelymarssi kenttävarustuksessa vaikuttaa heikentävästi maksimaaliseen fyysiseen suorituskykyyn. Kävelymarssi ei kuitenkaan heikennä sotilaan fyysistä toimintakykyä niin paljon, ettei hän kykenisi taistelemaan. Tässä tutkimuksessa hypoteesi osoittautui oikeaksi. Hypoteesina olisi voinut lisäksi, että ylävartalo kuormittuu enemmän kuin alavartalo. Kadettikoulun aikaisiin yhteisiin marsseihin perustuen arvioin, että taistelukyky ei laske ratkaisevasti tämän mittaisella marssilla. Tutkimuksessa ei ollut taistelua marssin jälkeen, joten taistelukykyä ei voida tarkasti todentaa. Lihaskuntotestit eivät kuitenkaan heikentyneet merkittävästi ja joukko näytti pirteältä marssin jälkeen.

10.1 Tulosten luotettavuus

Ensimmäinen edellytys tutkimuksen luotettavuudelle on, että se on tehty tieteelliselle tutkimukselle asetettujen kriteerien mukaan. Mittauksen täsmällisyyttä ja luotettavuutta kuvataan käsitteillä: validiteetti ja reliabiliteetti. Nämä käsitteet muodostavat yhdessä mittarin kokonaisluotettavuuden. Luotettavuutta alentavat erilaiset virheet, joita syntyy aineistoa hankittaessa. (Heikkilä 2004, 185.)

Validiteetin ja reliabiliteetin tarkastelulla pyritään todentamaan tutkimuksen luotettavuus, pätevyys ja pysyvyys. Tutkimus on luotettava ja pysyvä silloin, kun tulos pysyy samana vaikka mittaus tehtäisi toiseen kertaan. Tutkimuksen toistettavuus täsmälleen samoissa oloissa on usein vaikeaa, ellei mahdotonta. Satunnaistekijöiden vaikutus on otettava huomioon verrattaessa samalla menetelmällä tehtyjen tutkimusten tuloksia. (Niemi & Tourunen 1996, 91.) Testaustilanteessa testaustuloksia voi vääristää useatkin tekijät. Mittaustilanteessa mittausympäristön muutokset testistä toiseen voi luoda virhemahdollisuuden. Mittausmenetelmä saattaa aiheuttaa jopa yli 2 % virheen testitulokseen. Myös mittaja tai testattava itse saattaa aiheuttaa virheitä testitilanteessa. (Kantola 1989, 359.)

Tutkimuksen validiteetti kuvaa sitä että, missä määrin on onnistuttu mittaamaan juuri sitä mitä haluttiinkin mitata. Mikäli mitattavia muuttujia ei ole tarkoin määritelty, eivät mittaustuloksetkaan voi olla valideja. Validiutta on hankala tarkastella jälkikäteen. (Holopainen ym. 2004, 26.)

Validiteetti on hyvä, jos se mittaa niitä asioita, joita sen on tarkoitus selvittää (Holopainen & Pulkkinen 2001, 13). Validius voidaan ymmärtää myös tutkimuksen pätevyytenä. Validiteetti jaetaan kolmeen luokkaan: sisällön validiteettiin, kriteeriin liittyvään validiteettiin ja rakennevaliditeettiin (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2002, 213).

Reliabiliteetilla, eli tutkimuksen luotettavuudella tarkoitetaan mittarin kykyä tuottaa ei-sattumanvaraisia tuloksia. Tutkimuksen sisäinen reliabiliteetti voidaan todeta mittaamalla sama tilastoyksikkö useampaan kertaan. Jos mittaustulokset ovat samat, mittaus on reliaabeli. Tutkimuksen ulkoinen reliabiliteetti kuvaa tutkimuksen ja mittausten toistettavuutta muissa tutkimuksissa ja tilanteissa. Alhainen reliabiliteetti alentaa

myös mittarin validiteettia, mutta reliabiliteetti on kuitenkin riippumaton tutkimuksen validiudesta. (Hirsjärvi ym. 2002; 213-215.)

Mittaustulosten toistettavuutta eli reliabiliteettia säätelevät kuntotestauksessa monet tekijät: pisteytystarkkuus, yritysten määrä, testien pituus, testin vaikeus, ohjeet, testausympäristö, keskittymiskykyä häiritsevät tekijät, palautusaika, tehtävän tuntemus, motivaatio, terveys, jännitys ja päiväkohtainen suorituskyky. Kuntotestitulosten reliabiliteettitutkimuksia on tehty useita. Yleensä tulokset ovat uusintatestauksen perusteella saatuja. Uusinta-mittauksessa saatujen tulosten merkitys on siinä, että nähtäisiin, missä rajoissa kunkin testin reliabiliteetti eri koehenkilöjoukoilla vaihtelee. Iso-metrisillä maksimivoimatesteillä tulosten vaihtelu on noin 5 %:n luokkaa, mikä vaikuttaa myös tämän tutkimuksen tulosten reliabiliteettiin. (Häkkinen 1990.)

Tässä tutkimuksessa fyysiset testit suoritettiin Maasotakoululla muun koulutuksen ohessa. Alkutestin jälkeen oli kahden viikon sotaharjoitus, missä fyysinen rasitus oli melko vähäistä. Viikko sotaharjoituksen jälkeen suoritettiin marssi ja lopputestit, eli alku ja lopputestin väli oli kolme viikkoa. Oletuksena oli että koehenkilöt olivat palautuneet sotaharjoituksesta. Voimaominaisuuksien perustaso saattoi kuitenkin laskea tällä aikajaksolla, joten luotettavimmat tulokset olisi saatu jos mittauksen väli olisi ollut muutama päivä. Testitilanne oli kuitenkin kaikille sama. Koehenkilöt olivat samoissa olosuhteissa ja yhtä suuressa kuormituksessa alku ja lopputestien välillä, joten henkilöiden välillä tulosten muuttumista voidaan pitää samana.

Lihaskuntotesteissä käytiin liikkeiden oikeat suoritustekniikat tarkasti läpi Maasotakoulun testaajan toimesta. Lihaskuntotestin aikana tuloksen laskija hylkäsi virheelliset suoritukset. Tuloksia voidaan näin ollen pitää luotettavina suoritustekniikan ja puhautauden puolesta.

Verrattaessa tätä tutkimusta muihin fyysiseen kuormitukseen liittyviin testeihin tulee alku ja lopputestien välinen aika huomioida. Polkupyöräergometri testi sijoittui viiden viikon aikajaksolle, joten se ei ollut kaikilla samaan aikaan. Testi oli sijoitettu ohjelmaan kuitenkin siten, että siinä oli huomioitu edellisten päivien fyysinen rasitus.

Koehenkilöille annettiin valmistautumisohje fyysisiin testeihin. Sitä oli kuitenkin mahdoton valvoa noudattivatko koehenkilöt tätä ohjetta. Testeissä koehenkilöiden yleis-

vaikutelma oli pirteä, joten on syytä olettaa että valmistautumisohjetta noudatettiin. Fyysisiin testeihin vaikutti, myös testattavien sen hetkinen vireystila. On myös hankalaa todentaa olivatko hapenottokykytestissä ja lihaskuntotesteissä yritys maksimaalinen?

Tälle tutkimukselle lisäarvoa olisi antanut, jos kohdejoukolta olisi mitattu veren maitohappopitoisuuksia marssin aikana. Tällöin kuormittuminen voitaisiin todentaa tarkemmin ja verenkiertoelimistön toimintakyvyn yhteyttä lihaskuntoon voidaan analysoida ja vertailla. Jatkotutkimuksissa voiman muutoksien lisäksi voisi tutkia hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakyvyn merkitystä marssilla. Kuormittumista voisi tutkia myös hiihto- tai pyörämarssilla, mitä Puolustusvoimissa on tutkittu vähän. Tutkimuksiin voisi liittää kuormittumisen vaikutus ampumatarkkuuteen.

Fyysisiä testejä tehtäessä suurelle tai pienelle joukolle, siihen on lukuisia vaikuttavia tekijöitä ja tutkimuksen luotettavuutta on syytä pohdiskella. Jos tutkimus on luotettava, se pitäisi tehdä uudestaan ideaalisissa olosuhteissa, eikä tulokset saisi heittää paljoa. Tämän tutkimuksen toistettavuus on olemassa, mutta se on hankalampi ja enemmän aikaa vievä tutkimus kuin lyhyemmällä aikavälillä suoritettu tutkimus.

11. Johtopäätökset

Tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella ylävartalo kuormittuu kävelymarssilla kannettaessa lisäkuormaa, enemmän kuin alavartalo. Etunojapunnerruksen heikkeneminen johtui 25 kg painavan lisäkuorman kantamisesta. Tämä tarkoittaa sitä, että minkä paremmat voimaominaisuudet ylävartalossa, sitä vähemmän kuormittuu marssilla kannettaessa lisäkuormaa. Jos marssin aikana lisäkuormaa ei olisi ollut, niin punnerrustulos ei olisi heikentynyt todennäköisesti juuri lainkaan, koska kuormitus olisi kohdistunut pelkästään alaraajoihin. Punnerrustestissä alaraajojen voimaominaisuuksilla ei ole merkitystä tulokseen.

Tämän tutkimuksen perusteella rasvaprosentilla on yhteys maksimaaliseen hapenottokykyyn. Rasvaprosentti ei kuitenkaan ole ratkaiseva tekijä hapenottokyvyn heikkoon tulokseen.

Hapenottokyvyllä ei ole suoranaista vaikutusta kuormittumiseen marssilla. Marssin aikana parhaan hapenottokyvyn omannut koehenkilön keskisyke oli korkein, 151 lyöntiä minuutissa. Vastaavasti huonoimman hapenottokyvyn omanneen koehenkilön keskisyke oli 134 lyöntiä minuutissa. Korkea hapenottokyky kertoo hyvästä kunnosta, joten sillä ei varmasti ole haittaakaan kävelymarssilla. Kannettaessa lisäkuormaa, hapenottokykyä enemmän korostuvat taistelijan ylävartalon voimaominaisuudet ja lihasmassa.

Taistelijan kuormittumiseen vaikuttaa lisäkuorman painon suhde kantajan painoon. Eri tutkimusten mukaan lisäkuorman paino ei saisi olla yli 30 % kehonpainosta. Vertailtaessa keveimmän (65 kg) ja raskaimman (109 kg) koehenkilön kuormittumista marssin aikana voidaan todeta edellä mainitut väitteet todeksi. Keveimmän henkilön lisäkuorma oli 38,5 % kehon painosta ja raskaimman 22,9 %. Keveimmän henkilön keskisyke oli 151 lyöntiä minuutissa ja raskaimman 134 lyöntiä minuutissa. Rasvaprosentti näiden henkilöiden välillä oli 0,5 %, joten sillä ei katsota olevan merkitystä kuormittumiseen tässä vertailussa.

Puristusvoimaan vaikuttaa koehenkilön painoindeksi. Koehenkilöt, joilla oli korkea painoindeksi saivat paremmat tulokset, kuin pienen painoindeksin omanneet koehenkilöt.

Nykyaikaisessa sodankäynnissä usean tunnin marssit eivät ole kovinkaan yleistä. Talvi- ja jatkosodan aikana kävely- ja hiihtomarssit suomalaisille sotilaille olivat arkipäivää. Nykyään ajoneuvot joukkojen ja varusteiden liikuttamiseen löytyy lähes kaikilta aselajeilta. Pitkät siirtymiset painavien varusteiden kanssa koskevat lähinnä tiedustelijoita ja erikoisjoukkojen sotilaita. Tulevaisuuden taistelijoilla siirtymismatkat, muuten kuin ajoneuvoilla lyhentyvät, silti fyysiseen kuntoon tulee kiinnittää huomiota. Teknistyminen ja varusteet lisääntyvät, joten lisäpaino taistelijoilla kasvaa. Tämä tarkoittaa sitä, että taistelijoiden tulee entistä enemmän kiinnittää huomiota voimaominaisuuksien kehittämiseen.

LÄHTEET

1. Julkaisemattomat lähteet

Luentomoniste, Kadettien liikuntakoulutus; Kuormitusfysiologia.

Pekoul-os:n PAK C 01:03, VARUSMIESTEN FYYSSINEN KOULUTUS, Varusmiesten fyysisen koulutuksen periaatteet.

Pekoul-os:n PAK A 04:03.01/1.5.1999. Palkatun henkilöstön kenttäkelpoisuus ja fyysinen työkyky.

2. Julkaistut lähteet

Aandstad, A. A Comparison of maximal oxygen uptake and performance in a treadmill walk test with heavy load carriage versus treadmill running. Teoksessa Häkkinen, K. & Kyröläinen, H. 2005. Congress Proceedings, International Congress on Soldiers' Physical Performance. Jyväskylä.

Ahtiainen, J. & Häkkinen, K. Hermo-lihasjärjestelmän toiminnan mittaaminen. Teoksessa Keskinen, K.L, Häkkinen, K. & Kallinen, M. 2004. Kuntotestauksen käsikirja. Tampere: Tammer-Paino Oy.

Anttila, Juoksija lehti 1/ 2005.

Basset,D.R. & Howley, E.T. 1999. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and science in sports and exercise* 32(1): 70-84.

Baumgartner Kristina, 2006. Kadettien fyysisessä kunnossa tapahtuneet muutokset 82 – 91 kadettikurssien välillä taistelukelpoisuuden näkökulmasta. Pro-gradu. Merisotakoulun kurssikirjasto.

Clayman. 1993. Hengitys ;kodin terveyskirjasto, Gummerus kirjapaino.

Cotter James D., Warren S. Roberts, Denys Amos, Wai-Man Lau and Stephen K. Prigg 1998. Soldier Performance and Heat Strain During Evaluation of a Combat Fitness Assessment in Northern Australia. DSTO Aeronautical and Maritime Research Laboratory PO Box 4331 Melbourne Victoria 3001 Australia.

Dalh & Dalh.1992. Ihmisen anatomian ja fysiologian perusteet, Otava

Davis, J. A. 1995. Direct determination of aerobic power. Teoksessa Maud, P. J. & Foster, C. (toim.) Physiological Assessment of Human Fitness. Champaign, 2. Human Kinetics.

Eloranta, V. 1996. Taitavuus. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Evans, O. M., Zerbih, Y., Faria, M, H., Monod, H. 1983. Physiological responses to load holding and load carrying. Ergonomics.

Harre, D. 1977. Valmennusoppi. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Heikkilä, T. 2001. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Heikkilä, T. 2004. Tilastollinen tutkimus. Helsinki: Edita Prima Oy.

Heikkinen E., Vuori I., 1980. Liikunta ja terveys. Tammi.

Helin, P., Oikarinen, E. & Rehunen, S. 1982. Nopeusvalmennus. Vaasa: Vaasa Oy.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2002. Tutki ja kirjoita. 6.-8. painos. Vantaa: Tummavuoren kirjapaino Oy.

Holopainen, M. & Pulkkinen, P. 2001. Tilastolliset menetelmät. Vantaa: WSOY.

Holopainen, M., Tenhunen, L. & Vuorinen, P. 2004. Tutkimusaineiston analysointi ja SPSS. Järvenpää: Yrityssanoma Oy.

Holthoer A, Collin R, Kurttila J, Viirret M, Santtila M and Ikäheimo J. 1994. Factors affecting perceived combat readiness after a 7-hour road march. International Congress on Soldiers' Physical Performance, Congress Proceedings. University of Jyväskylä 2005. Toim. Häkkinen K & Kyröläinen H.

Horne, J.A. ja Pettitt, A.N, 1984. Sleep deprivation and the physiological response to exercise under steady-state conditions in untrained subjects, Sleep.

Häkkinen K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet, Gummerus kirjapaino Oy Jyväskylä.

Ilmarinen, Rauramaa, Rankinen. 1999. Vuori & Taimela (toim.), Liikunta-lääketiede.

Joukon toimintakyvyn turvaaminen kenttäolosuhteissa: lääketieteelliset näkökohdat. Pääesikunta. Helsinki. 1993.

Kantola, H. Suomen Olympiakomitea. 1989. Suomalainen valmennusoppi 2 -harjoittelu. Jyväskylä: Gummerus Oy.

Karinkanta, J. 1999. Jääkäriyhmän hyökkäyksen fyysinen kuormitus. Teoksessa Jääkäriyhmän hyökkäystaistelun perusselvitys. Maanpuolustusopisto.

Kinnula, Tukiainen, Laitinen toim., 1997. Keuhkosairaudet. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy

Knapik, Joseph. Reynolds, Katy. Hartman, Everett. 2004. Solider Load Carriage: Historical, Physiological, Biomechanical and Medical Aspects. Military Medicine Vol. 169.

Kyröläinen, Santtila, Hämäläinen, Koski, Mäntysaari, Karinkanta. 2004. Pitkäkestoisien partiotiedusteluharjoituksen fysiologiset vasteet ja fyysisen suorituskyvyn muutokset. Edita Prima. Helsinki.

- Liikuntalääketieteen ja testaustoiminnan edistämisyhdistys. 1994. Kuntotestauksen perusteet. Liite Ry. Helsinki.
- Litmanen, 1999. Vuori & Taimela (toim.), Liikunta-lääketiede.
- Lotens, W. A. Clothing, physical load and military performance. 1983. Int. Conf. Bioph. Physiol. Prot. Clothnin, July 4- 8, Lyon.
- Malmberg, Fogelholm, Kyröläinen, Lepistö, Lipponen, Mäntysaari, Palvalin, Pietilä, Santtila, Suni. 2003. Reserviläisten fyysisen suorituskyvyn tutkimus. Edita Prima Oy, Helsinki.
- Maughan, R.J., 1992. Aerobic function. Sport Science Review: Sport Physiology 1.
- Mcardle, W.D., Katch, F.I & Katch, V.L. 1996. Exercise physiology, energy nutrition and human performance. Williams & Wilkins, Baltimore, USA.
- Mcardle, W.D., Katch, F.I & Katch, V.L. 1994. Essentials of exercise physiology. Williams & Wilkins, Baltimore, USA.
- Mero, Nummela, Keskinen, Häkkinen. 2004. Urheiluvalmennus. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Mero, Nummela, Keskinen. 1997. Nykyaikainen urheiluvalmennus.
- Nienstedt, Hänninen, Arstila & Björnkvist. 1999. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 12. Painos, Porvoo: WSOY.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björnkqvist, S-E. 2002. Ihmisen fysiologia ja anatomia. Porvoo: WS Bookwell Oy.
- Niemi, H. & Tourunen, K. 1996. Tilastoista tiedoiksi. Jyväskylä: Gummerus Oy.
- Obusek J. P, Harman E. A, et al. 1997. The relationship of backpack centre of mass to the metabolism cost of load carriage. Medicin and science in sports and exercise.

O'Connor John S., Bahrke Michael S., Knapik Joseph, Vogel James A., 1990. Roadmaching and performance, Infantry.

Oksa J, Rintamäki H. 1995. Taakan kantaminen. Teoksessa H. Anttonen & E.Vuori (toim.) Sotilasvaatetus ja sen kehittäminen. Pääesikunnan materiaalihallinto-osasto, Oulun alueterveyslaitos.

Oksa J, Ducharme MB, Rintamäki H. 2002. The combined effect of repetitive work and cold on muscle function and fatigue. J Appl Physiol 92.

Opstad, P. K., Ekander, R., Nurmenstad, M. & Raabe, N. 1978. Performance, mood and clinical symptoms in men exposed to prolonged severe physical work and sleep deprivation. Aviat Space Environ Med.

Pitaluga Filho MV, Duarte AFA, Rodrigues AVS, Martinez EC, Neves ALSC and Barros Neto TL, Energy expenditure and operational consumption along 5-day marches in the rain forest. International Congress on Soldiers' Physical Performance, Congress Proceedings. University of Jyväskylä 2005. Toim. Häkkinen K & Kyröläinen H.

Pääesikunnan koulutusosasto, Fyysisen suorituskyvyn testit. Liikuntakoulutuksen käsikirja (Liikuntakoulutus kansiot 1-4) osa 12. Ykkös-Offset Oy, Vaasa 1999.

Rantala, R. & Siukonen, M. 1976. Urheilutieto. Keuruu: Otava.

Rehunen, S. 1997. Liikunta ja terveys. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy

Rehunen, S. & Heino, S. 1992. Seuravalmentajatutkinto. B-perusosa. 3. painos. Helsinki:SVUL.

Rintala, H. & Kanninen, P. 1996. Voima. Teoksessa Kanninen, P., Kuronen, P., Rintala., Eloranta, V., Myllyniemi, J., Santala, E. & Paalimäki, H. Ilmavoimien lentävän henkilöstön liikuntaopas. Jyväskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

Rintamäki H., Oksa J., Rissanen S., Hassi J., 1991. Lämpötilan vaikutus alaraajojen ponnistusvoimaan lyhytkestoisessa työssä, Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta raportti sarja A 4/A/91, Helsinki.

Rintamäki, Mäkinen, Oksa, Latvala, Leppäluoto, Pihlajaniemi. 1998/1. Neste-, hiilihydraatti- ja elektrolyyttitasapainon vaikutus suorituskykyyn kylmässä. Raporttisarja A. Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta. Helsinki.

Rusko, H. 1989. Kestävyys ja sen harjoittaminen. Teoksessa H. Kantola (toim.) Suomalainen valmennusoppi 2. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino OY.

Santtila, Liikuntakoulutuksen käsikirja 2000, fyysisen harjoittamisen perusteet.

Sassin, J.F, 1970. Neurological findings following short-term sleep deprivation, Arch Neurol 22.

Taistelija 2005, Julkaisusarja 3, no 6 2003,(Maanpuolustuskorkeakoulu).

Takala, Joensuu. 2000. Joka kodin suuri lääkärikirja, Keuruu, Otavan kirjapaino oy.

Kyröläinen. 1998. Toimintakyky sotilaspedagogiikassa. Toiskallio (toim.) Vaasa: Ykkös Offset Oy.

Toiskallio. 1998. Sotilaspedagogiikan perusteet. Hämeenlinna: Karisto.

Wasserman, K., Hansen, J. E., Sue, D. Y. & Whipp, B. J. 1987. Principles of Exercise Testing And Interpretation. Philadelphia: Lea & Febiger.

Welsh, T. Alemany, J. Nindl, J. Frykman, P. Tuckow, A. Montain, S. 2005. Monitoring warfighter's physical performance during sustained operations using a field expedient jumping test. Military Performance Division. Military Nutrition Division. United States Army Research Institute of Environmental Medicine, Natick, MA.

Åstrand, P-E. & Rodahl, K. 1986. Textbook of work physiology. Third edition. New York: Mcgraw-Hill Book Company.

3. Internet lähteet:

[Http://en.wikipedia.org/wiki/Soldier](http://en.wikipedia.org/wiki/Soldier)

<http://www.vierumaki.fi/cgi-bin/vierumaki.cgi/hakemisto=valmennus&tiedosto=ohjaajil>