

**ERILAISTEN LIIKUNTAOHJELMIEN VAIKUTUKSET VA-
RUSMIESTEN KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN PERUS-
KOULUTUSKAUDEN AIKANA**

Henri Lehto

Kandidaatin tutkielma
Valmennus- ja testausoppi
Liikuntabiologian laitos
Jyväskylän yliopisto
Työn ohjaaja: Heikki Kyröläinen

TIIVISTELMÄ

Lehto, Henri 2007. Erilaisten liikuntaohjelmien vaikutukset varusmiesten kestävyys- ja voimavarustuskykyyn peruskoulutuskauden aikana. Valmennus- ja testausopin kandidaatin tutkielma. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 42 s.

Puolustusvoimien fyysinen koulutus on koulutusjärjestelmä, joka altistaa varusmiehet palveluksen aikana niin kestävyys- kuin voimaharjoittelullekin. Tämän tyyppisen yhdistelmäharjoittelun on todettu aiheuttavan positiivisia adaptaatioita kestävyyskehityksen osalta. Myös varusmiesten kestävyudessa on todettu tapahtuvan kehitystä kahdeksan viikkoa jatkuvan peruskoulutuskauden aikana. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, millaisia muutoksia tapahtuu varusmiesten kestävyys- ja voimavarustuskykyssä peruskoulutuskauden aikana puolustusvoimien liikuntaohjelman mukaisella ja toisaalta kestävyys- tai voimapainotteisella liikuntaharjoittelulla.

Tutkimukseen osallistuneet Karjalan Prikaatin saapumiserän II/06 varusmiehet jaettiin sattumanvaraisesti kestävyys- (n= 20, ikä 19.5 ± 1.1 v) ja voimapainotteisesti (n=21, ikä 18.8 ± 0.8) harjoitelleisiin ryhmiin sekä puolustusvoimien normaalin liikuntaohjelman mukaisesti harjoitelleeseen kontrolliryhmään (n=22, ikä 19.3 ± 0.8 v). Antropometristen mittausten lisäksi varusmiehet testattiin maksimaalisessa polkupyöräergometritestissä suoraa ja epäsuoraa (MilFit) menetelmää samanaikaisesti käyttäen.

Kaikilla kolmella harjoitusohjelmalla oli varusmiesten kestävyys- ja voimavarustuskykyä parantava vaikutus. Painoa kohti suhteutettu maksimaalinen hapenotto- ja voimavaroituskyky parani kaikilla ryhmillä tilastollisesti merkitsevästi (13,4 % kontrolliryhmällä, 10,8 % voimaryhmällä ja 8,5 % kestävyysryhmällä). Lisäksi aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä varusmiesten suorituskyky oli parantunut hapenkulutuksen ja työtehon osalta. Tuloksista voidaan päätellä, että peruskoulutuskauden aikainen yleinen varusmiespalvelus on kestävyys- ja voimavarustuskykyä kehittävä. Tutkimuksessa ei saavutettu lisähyötyä kestävyys- ja voimavarustuskyvyn kehittymisen kannalta painotetulla kestävyys- tai voimaharjoittelulla.

Avainsanat: varusmiespalvelus, kestävyys- ja voimavarustuskyky, peruskoulutuskausi

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ	1
1 JOHDANTO	4
2 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY	5
2.1 Hengityselimistön toiminta	5
2.1.1. Happikinetiikka	5
2.1.1. Maksimaalinen hapenottookyky	6
2.1.3. Energia-aineenvaihdunta	6
2.2 Sydämen ja verenkiertoelimistön toiminta	7
3 KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN	9
3.1 Kestävyysharjoittelun periaatteet	9
3.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset elimistön rakenteeseen ja toimintaan	10
3.2.1 Sydän- ja verenkiertoelimistö	10
3.2.2 Hengityselimistö	11
3.2.3 Lihaksisto	11
3.3 Kestävyysharjoittelun vaikutukset aerobiseen tehoon ja kapasiteettiin	12
3.3.1 Maksimaalinen hapenottookyky	12
3.3.2 Submaksimaalinen kestävyys	12
3.4 Kestävyysharjoittelun vaikutus suorituksen taloudellisuuteen	13
4 VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUS KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN	15
5 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN	17
5.1 Kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistäminen	17
5.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset kestävyysominaisuuksiin	18

5.2.1 Maksimaalinen hapenottokyky	18
5.2.2 Submaksimaalinen kestävyys	19
6 VARUSMIESTEN FYYSINEN KOULUTUS	21
7 VARUSMIESTEN KESTÄVYYSSUORITUSKYVYN KEHITTYMINEN PALVELUKSEN AIKANA	22
8 TUTKIMUKSEN TARKOITUS	24
8.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat	24
8.2 Hypoteesit	24
9 TUTKIMUSMENETELMÄT	25
9.1 Koehenkilöt	25
9.2 Harjoittelu	25
9.3 Aineiston keräys	27
9.4 Aineiston analysointi ja tilastollinen käsittely	29
10 TULOKSET	30
10.1 Antropometriset muutokset	30
10.2 Kestävyysominaisuuksien muutokset	30
11 POHDINTA	36
LÄHTEET	40

1 JOHDANTO

Puolustusvoimien fyysisen koulutuksen päämääränä on tuottaa riittävän suorituskyvyn omaavia sodan ajan joukkoja ja taistelijoita, jotka kykenevät säilyttämään taistelukuntansa vähintään kahden viikon jatkuvassa taistelukosketuksessa ja toimimaan menestyksekkästi modernilla taistelukentällä. Puolustusvoimien fyysinen koulutus onkin koulutusjärjestelmä, jolla pyritään kehittämään sotilaiden taistelukentällä tarvitsemia ominaisuuksia, kuten kestävyyttä, voimaa ja nopeutta. (Puolustusvoimien koulutusosasto 2004.)

Varusmiesten peruskoulutuskaudella fyysisen koulutuksen painopiste on monipuolisessa liikuntakoulutuksessa ja koulutuksen fyysinen kuormitus on alhainen. Peruskoulutuskauden aikana fyysisen koulutuksen tarkoituksena on kehittää ennen kaikkea kestävyyttä ja lihaskuntoa sekä opettaa perusliikuntataitoja (PE-Koul-os:n PAK C 01:03 2004.) Peruskoulutuskauden aikana varusmiehet altistuvatkin niin kestävyys- kuin voimaharjoittelun aikaansaamille vasteille. Aiemmissä tutkimuksissa tällaisella yhdistelmäharjoittelulla on todettu olevan positiivisia vaikutuksia kestävyys- ja suorituskyvyn kehittymisen kannalta, niin maksimaalisen hapenottokyvyn kuin submaksimaalisen kestävyys- ja suorituskyvyn osalta (mm. Izquierdo ym. 2005, Häkkinen ym. 2003, Romu 2001, Salonen 2001, Bell ym. 2000).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, mitä absoluuttisesti mitattuja muutoksia varusmiesten kestävyys- ja suorituskyvyssä tapahtuu peruskoulutuskauden aikana puolustusvoimien liikuntaohjelman mukaisella ja toisaalta kestävyys- tai voimapainotteisella liikuntaohjelmalla. Edelleen haluttiin tutkia, minkä tyyppisellä harjoittelulla päästään kestävyys- ja suorituskyvyn osalta parhaisiin tuloksiin

2 KESTÄVYYSSUORITUSKYKY

Kestävyiden merkitys on suuri lajeissa ja toiminnassa, jossa suorituksen kesto ylittää kaksi minuuttia tai toistuu pitemmän ajan kuluessa useita lyhyitä ja tehokkaita työjaksoja. Kestävyysuorituskyky perustuu lajista riippumatta maksimaaliseen aerobiseen energiantuottokykyyn, pitkäaikaiseen aerobiseen kestävyYTEEN, suorituksen taloudellisuuteen sekä hermo-lihasjärjestelmän voimantuottokykyyn. (Nummela ym. 2004, 333.) Näiden taustalla vaikuttavat puolestaan muun muassa hengitys- ja verenkiertoelimistön fysiologiset ja rakenteelliset tekijät.

2.1 Hengityselimistön toiminta

Hengityselimistö on keuhkojen, hengitysteiden ja hengityselimistön muodostama kokonaisuus, jonka tehtävänä on huolehtia keuhkotuuleuksesta ja kaasujen vaihdosta elimistössä keuhkojen ja veren välillä. Hengityselimistö toimii yhdessä verenkiertoelimistön kanssa ja huolehtii hapen ja hiilidioksidin tehokkaasta kuljettamisesta verenkiertoelimistössä. Ulkoisesta hengityksestä puhutaan silloin, kun ulkoilma siirtyy hengitysteiden kautta keuhkoihin ja edelleen keuhkorakkuloiden kautta vereen. Sisäisellä hengityksellä tarkoitetaan puolestaan kaasujen vaihtoa veren ja kudosten välillä. (Keskinen 2004, 73–74.)

2.1.1 Happikinetiikka

Lepotilassa normaali ihminen hengittää keskimäärin noin 6 litraa ilmaa ja 12 kertaa ulos ja sisään minuutissa. Tällöin hengitystilavuus on 500 ml. Kuormituksessa hengitystilavuus nousee helposti yli kahden litran, muttei yleensä ylitä 65 prosenttia vitaalikapasiteetista. (Keskinen 2004, 76.)

Kuormituksessa keuhkotuuletus kasvaa tasaisessa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa ja myös suorassa suhteessa elimistön energian tarpeeseen. Matalassa kuormituksessa keuhkotuuletus kasvaa lähinnä hengitystilavuutta kasvattamalla, kovassa rasituksessa lisääntyy myös hengitysfrekvenssi. (Keskinen 2004, 76–77.) Suorituksen jat-

kuessa myös hapenkulutus kasvaa vähitellen. Hyvän fyysisen kunnon omaavilla hapenkulutuksen kasvu on pienempää huonokuntoisiin ja vähän harjoitelleisiin verrattuna. (Nummela 2004, 106.)

Myös pitkäkestoisessa suorituksessa joudutaan alussa tuottamaan energiaa anaerobisesti, koska aerobinen energiantuotto saavuttaa vasta muutamassa minuutissa suorituksen energiankulutusta vastaavan steady state-tason. Tästä johtuen suorituksen alussa muodostuu happivaje, jonka suuruus riippuu suorituksen intensiteetistä ja urheilijan maksimaalisesta hapenottokyvystä. (Nummela 2004, 105.)

2.1.2 Maksimaalinen hapenottokyky

Maksimaalisella hapenottokyvyllä tarkoitetaan tilannetta, jossa hapenkulutus tasaantuu tai kasvaa vain hieman huolimatta kasvavasta kuormitusintensiteetistä. Usein samasta asiasta puhutaan myös esimerkiksi maksimaalisena aerobisena tehona, aerobisena kapasiteettina tai yksinkertaisesti termillä VO_{2max} . (McArdle ym. 2007, 171.)

Maksimaalisella hapenottokyvyllä voidaan kvantitatiivisesti arvioida henkilön kapasiteettia ATP:n resynteesiin. Tästä johtuen VO_{2max} on tärkeä mittari kyvystä ylläpitää korkeaintensiteettistä kuormitusta yli 4 tai 5 minuuttia. Korkea maksimaalinen hapenottokyky on tärkeä mittari kuormituksen aikaisen fyysisen toimintakapasiteetin arvioimiseksi. Lisäksi sillä on merkittävä rooli myös energiametabolian ylläpitämisessä. (McArdle ym. 2007, 171.)

2.1.3 Energia-aineenvaihdunta

Eri energiantuottosysteemien teho ja kapasiteetti ovat merkittäviä urheilijan suorituskykyyn vaikuttavia tekijöitä. Pitkäkestoisissa suorituksissa edellytetään suurta aerobista tehoa ja suorituksen keston pidentyessä myös taloudellisuuden ja energiavarojen koon merkitys kasvaa. Anaerobisen ja aerobisen energiantuoton suhde vaihtelee eri ihmisten välillä, sillä aerobiseen energiantuottoon vaikuttavat ainakin lihassolujakauma, elimistön hapenkuljetuskyky, suorituksen teho ja kesto sekä henkilön harjoittelutausta. (Nummela 2004., 97, 104.)

Kestävyysuorituksessa suorituksen intensiteetti säätelee hiilihydraattien ja rasvojen käyttöä energiantuotossa. Mikäli suorituksen intensiteetti on alle 30 prosenttia VO_{2max} :sta, tuotetaan energiaa lähes pelkästään elimistön rasvavarastoista. Kovemmassa rasituksessa hiilihydraattien merkitys energiantuotossa kasvaa. Pitkissä suorituksissa ja lähes kaikissa urheilulajeissa hiilihydraatit ovat pääasiallinen energianlähde. Pitkäkestoisissa suorituksissa hiilihydraatteja ja rasvoja kulutetaan kuitenkin samanaikaisesti niin, että rasvojen käyttö energiantuotossa kasvaa suorituksen edetessä ja glykogeenivarastojen pienentyessä. (Nummela 2004, 107.)

2.2 Sydän- ja verenkiertoelimistön toiminta

Verenkiertoelimistöllä tarkoitetaan sydämen, verisuonten ja veren muodostamaa kokonaisuutta. Verenkiertoelimistön tehtävänä on toimia elimistön kuljetusjärjestelmänä ja huolehtia siten elimistön ravinnonsaannista, elimistön suojaamisesta ja kuona-aineiden poiskuljettamisesta. (Keskinen 2004, 80.)

Veri kuljettaa mukanaan kaikkia elimistön tarvitsemaa materiaalia, kuten happea, hiili-dioksidia ja ravintoaineita. Veren ominaisuuksilla on huomattava merkitys myös ihmisen fyysiseen suorituskyykyyn ja siihen pyritäänkin vaikuttamaan urheiluharjoittelulla. Etenkin veren kyky kuljettaa happea on tärkeässä roolissa kestävyysuorituksessa. Kyky riippuu punasolujen sisältämän hemoglobiinin määrästä, jota on punasolun kokonaisuudesta noin kolmasosa. (Keskinen 2004, 80–81.)

Jokaista 100 millilitraa kohti veressä on miehillä 14–18 grammaa ja naisilla 12–16 grammaa hemoglobiinia. Jokainen gramma hemoglobiinia voi sitoa itseensä noin 1.34 millilitraa happea, joten veren hapenkuljetuskyyky on noin 16–24 millilitraa/ 100 millilitraa verta. (Keskinen 2004, 81.)

Valtimoveren happipitoisuus on levossa noin 20 millilitraa/100 millilitraa verta ja käytään kudoksissa määrä vähenee noin neljänneksellä. Kirjallisuudessa tätä valtimo- ja laskimoveren välillä vallitsevaa happiero kuvataan termillä a-v O_2 -ero. Sen prosenttiosuus riippuu aerobisen energiantuotannon määrästä elimistössä ja kuormituksessa ero kasvaa 4-5 prosentin arvoista jopa 15–16 prosenttiin. (Keskinen 2004, 82.)

Veren tehtävänä on lisäksi kuljettaa hiilidioksidia (CO₂) elimistössä. Hiilidioksidi kulkeutuu kudoksista veren mukana keuhkoihin pääasiassa bikarbonaatti-ioneina. Keuhkoissa hiilidioksidin osapaine on sopivan matala ja bikarbonaatti-ioni yhdistyy vetyionin kanssa muodostaen vettä ja hiilidioksidia. Keuhkoista hiilidioksidi poistuu sitten uloshengityksen mukana ulkoilmaan. (Keskinen 2004,82.)

Sydän on verenkiertoelimistön keskipiste ja kierrättää elimistön veren virtausta (McArdle 2007, 317). Sydämen mekaanisen toiminnan mittarina voidaan käyttää sydämen minuuttitulavuutta, joka saadaan sykintätaajuuden ja iskutilavuuden eli yhden supistuksen seurauksena aorttaan siirtyneen verimäärän tulona (Keskinen 2004, 85).

Lepotilassa ihmisen minuuttitulavuus vastaa suurin piirtein verenkiertoelimistön normaalisti sisältämää verimäärää ja on näin ollen keskikokoisella miehellä noin 5 litraa. Rasituksessa minuuttitulavuus kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen lisääntymisen kanssa ja erittäin kovassa rasituksessa ihmisen koko verimäärä voi kiertää sydämen kautta noin kahdeksan kertaa minuutissa. Koska ihmisen elimistö saa käyttöönsä happea lähes suorassa suhteessa riippuen sydämen kyvystä pumpata verta, on minuuttitulavuus yksi tärkeimmistä mittareista arvioitaessa elimistön aerobisia kestävyysominaisuuksia ja mietittäessä keinoja niiden kehittämiseksi. (Keskinen 2004, 85–86.)

3 KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET KESTÄVYSSUORITUSKYKYYN

3.1 Kestävyysharjoittelun periaatteet

Jotta kestävyysharjoittelulla saataisiin aikaan harjoitusvaikutusta, on hengitys- ja verenkiertoelimistöä sekä hermo-lihasjärjestelmää järkyttävä pois normaalista tasapainosta. Jo yhden harjoituksen aikana tapahtuu tällainen järkytys ja elimistö pyrkivät sopeutumaan siihen harjoituksen aikana ja välittömästi sen jälkeen. Kuitenkin vasta usean peräkkäin toistetun harjoituksen seurauksena elimistössä tapahtuu pitkäkestoista adaptaatiota. (Nummela ym. 2004, 333–334.)

Kestävyysharjoittelussa elimistön tasapainoa pyritään järkyttämään pääosin kahdella tavalla: harjoituksen suuren tehon tai pitkän keston avulla. Mikäli elimistöä järkytetään suuren tehon avulla, on harjoituksen aikaisen hapenkulutuksen oltava korkea (70–80 prosenttia VO_{2max}), jolloin lihaksissa muodostuu maitohappoa ja hengitys kiihtyy voimakkaasti. Mikäli tällaisessa harjoituksessa työtä tekevien lihasten massa on suuri, kuten juoksussa ja hiihdossa, kohdistuu harjoitusvaikutus erityisesti hengitys- ja verenkiertoelimistöön ja maksimaalinen hapenotto kyky kehittyä. (Nummela ym. 2004, 334.)

Mikäli kestävyysharjoitus suoritetaan järkyttämällä elimistöä matalatehoisella (alle anaerobisen kynnyksen), mutta pitkäkestoisella harjoituksella, kohdistuu harjoitusvaikutus hapenotto kyvyn sijaan lihasten energiantuottoon. Kun harjoituksen teho laskee alle anaerobisen kynnyksen, kehitetään hiilihydraattiaineenvaihdunnan sijasta enemmän rasva-aineenvaihduntaa. Kaiken kaikkiaan pitkään keston perustuvassa kestävyysharjoittelussa pitkäaikainen kestävyys sekä aerobinen ja anaerobinen kestävyys kehittyvät. (Nummela ym. 2004, 334.)

3.2 Kestävyysharjoittelun vaikutukset elimistön rakenteeseen ja toimintaan

3.2.1 Sydän- ja verenkiertoelimistö

Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta sydämen massa ja tilavuus yleensä kasvavat. Harjoittelun vaikutuksesta myös sydämen vasemman kammion tilavuus suurenee (eksentrisen hypertrofia) ja sen seinämät paksuuntuvat (konsentrisen hypertrofia). Tästä johtuen myös sydämen iskutilavuus kasvaa jopa niin, että kestävyysurheilijoilla on 25 prosenttia suurempi iskutilavuus liikkumattomiin henkilöihin verrattuna. Vasemman kammion tilavuuden kasvu ei kuitenkaan ole pysyvä ilmiö, vaan sydämen koko palaa harjoittelua edeltäneeseen tilaan mikäli harjoittelun intensiteetti laskee. (McArdle ym. 2007, 479–480.)

Jo vähäiselläkin määrällä kestävysharjoittelua veren plasman ja sitä kautta koko veren tilavuuden määrä kasvaa, jopa 12–20 prosenttia. Plasman tilavuuden kasvu parantaa verenkierron kapasiteettia, nostaa loppudiasistolista painetta, sydämen iskutilavuutta, hapenkuljetusta ja suorituksen aikaista lämpötilan säätelykykyä. (McArdle ym. 2007, 482–483.)

Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta myös sydämen leposyke ja työsyke submaksimaalisessa kuormituksessa laskee. Submaksimaalisen työsykkeen lasku ilmentää hyvin kestävysharjoittelun harjoitusvasteen suuruutta, sillä tästä rakenteellisesta ja toiminnallisesta muutoksesta johtuen sydämen iskutilavuus ja minuuttitilavuus yleensä kasvavat. (Nummela ym. 2004, 344; McArdle ym. 2007, 483.) Harjoittelun vaikutuksesta submaksimaalinen työsyke voi laskea tietyllä kuormalla 12–15 lyöntiä minuutissa. Tästä johtuen urheilija voi suorittaa kuormituksen korkeammalla intensiteetillä ja saavuttaa korkeamman hapenkulutuksen arvon ennen tietyn submaksimaalisen syketason saavuttamista. Koska työsyke on alhaisempi, johtuu puolestaan sydämen minuuttitilavuudessa ilmenevä kasvu suoraan parantuneesta iskutilavuudesta. (McArdle ym. 2007, 483.)

Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta myös valtimon ja laskimon happipitoisuuden ero (a-v O₂-ero) lisääntyy ja tästä johtuen kestävysharjoittelun vaikutuksesta happi siirtyy

paremmin verenkierrosta lihakseen. Lisäksi kestävyysharjoittelun vaikutuksesta systolinen ja diastolinen verenpaine laskee levossa ja submaksimaalisessa kuormituksessa. Eniten laskua tapahtuu systolisessa verenpaineessa. (McArdle ym. 2007, 485–486.)

3.2.2 Hengityselimistö

Kestävyysharjoittelulla ei ole todettu olevan suurta vaikutusta keuhkojen tilavuuteen ja yleensä urheilijoilla ilmenevät suuret keuhkojen tilavuudet ovatkin peritty ominaisuus. Harjoittelun ei ole todettu myöskään vaikuttavan keuhkojen vitaalikapasiteettiin tai uloshengitystilavuuteen. Ainoastaan uimareilla ja sukeltajilla on todettu kasvua vitaalikapasiteetissa. (McArdle ym. 2007, 486.)

Sen sijaan kestävyysharjoittelulla voidaan ehkäistä ikääntymisen aiheuttamaa laskua keuhkojen staattisessa ja dynaamisessa toiminnassa. Lisäksi maksimaalinen ventilaatio voi kasvaa harjoittelun vaikutuksesta hengityselimistöjen voiman ja suorituskyvyn kasvaessa. Keuhkojen ventilaation ei ole kuitenkaan todettu olevan suoritusta rajoittava tekijä. (McArdle ym. 2007, 486.)

Lisäksi on todettu, että kestävyysharjoittelu voi parantaa hengityskestävyyttä. Todennäköisesti hengityselimistön parantunut toimintakyky johtuu lisääntyneiden aerobisten entsyymien määrästä ja hengityselimistöjen oksidatiivisen kapasiteetin parantumisesta. Lisäksi kestävyysharjoittelu voi parantaa hengityselimistöjen kykyä tuottaa voimaa ja ylläpitää tietty hengityspaine. Näistä adaptaatioista johtuen kokonaisenergiantarve laskee suorituksen aikana hengitykseen tarvittavan työn vähentyessä, hengityselimistöjen laktaatin tuotto laskee pitkäkestoisen suorituksen aikana ja niiden kyky käyttää laktaattia hyväkseen paranee. (McArdle ym. 2007, 487.)

3.2.3 Lihaksisto

Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta luurankolihasien mitokondrioiden määrä ja koko kasvavat. Tästä harjoitusvaikutuksesta johtuen myös lihasten mitokondrioiden kapasiteetti tuottaa ATP:ta aerobisesti kasvaa. (McArdle ym. 2007, 478.)

Kestävyysharjoittelu aiheuttaa myös metabolisia adaptaatioita kaiken tyyppisissä lihas-soluissa. Lihassolujen perustyyppi ei todennäköisesti muutu, vaan kaikki lihasolut maksimoivat jo olemassa olevan aerobisen potentiaalinsa. Lisäksi valikoivaa hypertrofi-aa tapahtuu erityyppisissä lihas-soluissa vasteena kuormittavalle kestävyys-harjoittelulle. Paljon harjoitelleilla kestävyysurheilijoilla hitaitten lihas-solujen koko on suurempi no-peisiin verrattuna samassa lihaksessa. (McArdle ym. 2007, 478–479)

3.3 Kestävyysharjoittelun vaikutukset aerobiseen tehoon ja kapasiteet-tiin

3.3.1 Maksimaalinen hapenottokyky

Tutkimuksissa ja kirjallisuudessa on selvästi esitetty, että maksimaalinen hapenottokyky kasvaa kestävyys-harjoittelun vaikutuksesta (esim. McArdle ym. 2007, 472, Bell ym. 2000). Maksimaalisen hapenottokyvyn suuruuteen vaikuttavat monet tekijät, kuten hen-kilön fyysinen kuntotaso, maksimaalinen hapenottokyky ennen harjoittelun aloittamista, harjoittelun kesto ja intensiteetti (Jones & Carter 2000). Lisäksi maksimaalinen ha-penottokyky kehittyy hyvin spesifisti harjoittelusta riippuen: pyöräilyharjoittelu kehittää maksimaalista hapenottokykyä nimenomaan pyöräily-suorituksessa ja uintiharjoittelu uinnissa (McArdle ym. 2007, 472).

3.3.2 Submaksimaalinen kestävyys

Usean viikon kestävyys-harjoittelun vaikutuksesta hapen ventilatorinen ekvivalentti (V_E/VO_2) laskee merkittävästi submaksimaalisessa kuormituksessa ja vähentää näin suorituksen aikaista hapenkulutusta. Harjoittelun vaikutuksesta myös hengitystilavuus kasvaa ja hengitysfrekvenssi laskee. Tästä johtuen ilma pysyy keuhkoissa kauemmin kahden hengityksen välillä ja helpottaa näin hapen imeytymistä hengitetystä ilmasta. Li-säksi submaksimaalisessa kuormituksessa ventilaatio pienenee tietyllä kuormituksella kestävyys-harjoittelun vaikutuksesta. (McArdle ym. 2007, 486.)

Kestävyys-harjoittelun vaikutuksesta myös laktaatin muodostuminen laskee submaksi-maalaisessa kuormituksessa tietyllä kuormituksella ja laktaatin muodostumisen kynnys

siirtyy myöhäisemmäksi tasaisesti kasvavassa kuormituksessa. Todennäköisesti harjoittelun vaikutuksesta sekä elimistön laktaatin muodostuminen vähenee, laktaatin poistokyky kasvaa ja näiden yhteisvaikutus tehostuu. (McArdle ym. 2007, 487.)

Kestävyysharjoittelu parantaa elimistön kykyä käyttää hyväkseen rasvavarastoja energiantuotossa. Etenkin samalla submaksimaalisen kuormituksen tasolla parantunut rasvametabolian osuus ilmenee selvästi. Rasvavarastojen tehokkaampi hyödyntäminen kestävyysharjoittelun vaikutuksesta parantaa kestävyysuorituskykyä, sillä se säästää pitkäkestoisessa suorituksessa tärkeitä elimistön glykogeenivarastoja. (McArdle ym. 2007, 478–479.)

Kestävyysharjoittelun vaikutuksesta myös lihasten kyky hapettaa hiilihydraatteja maksimaalisen suorituksen aikana on parantunut. Kuitenkin submaksimaalisessa suorituksessa glykogeenivarastojen kokonaiskäyttö vähentyy kestävyysharjoittelun vaikutuksesta, kuten edellä mainittiin. Tämä johtuu lihasten vähentyneen glykogeenin käytön ja plasman kuljettaman glukoosin vähentyneen tuoton yhteisvaikutuksesta. (McArdle ym. 2007, 479.)

3.4 Kestävyysharjoittelun vaikutus suorituksen taloudellisuuteen

Taloudellisuudella tarkoitetaan yleisesti tietyn mekaanisen työn tai ylläpidetyn nopeuden suhdetta suorituksen aikaisen hapenkulutukseen. Taloudellisuuden merkitys korostuu etenkin pitkäkestoisissa suorituksissa, joissa suorituksen vaikuttavat etenkin yksilön aerobinen kapasiteetti ja kyky suorittaa työtä tietyllä teholla mahdollisimman pienellä hapenkulutuksella. (McArdle ym. 2007, 487.)

Yleisesti pitkäkestoisen kestävyysharjoittelun on todettu parantavan juoksun taloudellisuutta. Tämä johtuu ainakin osittain harjoittelun aiheuttamista muutoksista hengityselimistön toiminnassa ja ventilaatiossa submaksimaalisen työn aikana. (McArdle ym. 2007, 487.)

Kuitenkin Lake ja Cavanagh (1996) havaitsivat tutkimuksissaan, ettei kuuden viikon kestävyysharjoittelu parantanut keski-ikältään 23 ± 3 -vuotiaiden miesten juoksun talou-

dellisuutta, vaikka esimerkiksi maksimaalinen hapenottoikyky parani koehenkilöillä tutkimuksen aikana selvästi (57.7 ± 6.2 vs. 61.3 ± 6.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹). Todennäköisesti lyhytkestoisella kestävyysharjoittelulla ei saavutetakaan parannusta juoksun taloudellisuudessa (McArdle ym. 2007,487).

4 VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUS KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN

Yleisesti ottaen on todettu voimaharjoittelun vaikuttavan vähän kestävyys suorituskykyä parantavasti. Kuitenkin kuntopiirityyppisellä voimaharjoittelulla on todettu olevan myös kestävyys suorituskykyä kehittävä vaikutus. Intensiivisen voimaharjoittelun ei ole puolestaan todettu parantavan esimerkiksi maksimaalista hapenottokykyä. (McArdle 2007.) Sen sijaan Leveritt ym. (2003) havaitsivat tutkimuksissaan maksimaalisen hapenottokyvyn laskevan 6 viikon voimaharjoittelun vaikutuksesta 8 prosenttia.

Ristiriitaisia tuloksiakin on esitetty. Izquierdo ym. (2003) havaitsivat tutkimuksessaan, että 16 viikon progressiivisesti kovenevalla voimaharjoittelulla saavutettiin parannusta maksimaalisessa tehossa polkupyöräergometritestissä keski-ikäisillä ja sitä vanhemmilla miehillä (11 ± 10 % keski-ikältään 46-vuotiaiden ryhmässä ja 6 ± 6 % keski-ikältään 64-vuotiaiden ryhmässä). Pääsääntöisesti maksimaalinen teho parani ensimmäisen kahdeksan harjoitteluviikon aikana molemmilla ryhmillä. Ensimmäisen kahdeksan harjoitteluviikon aikana myös veren laktaattipitoisuudet laskivat merkitsevästi tietyllä submaksimaalisella teholla työskenneltäessä. Lisäksi voimaharjoittelun vaikutuksesta teho, jolla veren laktaattipitoisuus oli $4 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$, nousi merkitsevästi ensimmäisen kahdeksan viikon aikana. Laktaattipitoisuuksien osalta viimeisen kahdeksan viikon osalta ei havaittu merkitseviä muutoksia (Izquierdo ym. 2003.)

Todennäköisesti kahdeksan ensimmäisen harjoitteluviikon aikana kestävyysominaisuuksissa tapahtuneet muutokset johtuivat käytetystä harjoittelutavasta ja koehenkilöiden harjoitustaustasta. Ensimmäisen kahdeksan viikon aikana voimaharjoittelussa käytettiin matalaa tai keskisuurta vastusta (40–70 prosenttia 1RM) ja suurta määrää toistoja (10–15) ja todennäköisesti tämän kaltaisella voimaharjoittelulla voidaan saavuttaa parannusta kestävyys suorituskyvyssä maksimaalisen tehon ja laktaatin muodostumiseen liittyvien tekijöiden osalta. Viimeisen kahdeksan viikon aikana harjoittelussa käytettiin korkeampia vastuksia (60–80 % 1RM) ja vähemmän toistoja eikä vastaavaa kehitystä kestävyysominaisuuksissa havaittu. Lisäksi koehenkilöiden aiemmasta harjoittelemattomuudesta johtuen heidän aerobisessa suorituskyvyssä on tapahtunut enemmän kehi-

tystä harjoitelleeseen tilaan verrattuna (viimeiset kahdeksan viikkoa). (Izquierdo ym. 2003.)

5 YHDISTETYN VOIMA- JA KESTÄVYYSHARJOITTELUN VAIKUTUKSET KESTÄVYYSSUORITUSKYKYYN

5.1 Kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistäminen

Useassa lajissa urheilijat suorittavat usein samanaikaista voima- ja kestävyysharjoittelua yrityksenä saavuttaa molempien harjoitusmuotojen spesifit vaikutukset (Leveritt ym. 1999). Voimaharjoittelu johtaa rakenteellisiin ja toiminnallisiin muutoksiin hermolihasjärjestelmässä, jolloin harjoittelijan voimantuotto-ominaisuudet kehittyvät. Kestävyysharjoittelu kuormittaa puolestaan hengitys- ja verenkiertoelimistöä ja johtaa pääasiassa kestävyysominaisuuksien, kuten esimerkiksi maksimaalisen hapenottokyvyn paranemiseen ilman, että massa tai voima kehittyisi oleellisesti. (Häkkinen 1990.)

Kestävyys- ja voimaharjoittelun yhdistämistä on pidetty ongelmallisena, sillä harjoitusmuotojen vaikutusmekanismit eroavat toisistaan huomattavasti. Tieteellisten tutkimustulosten vertailu on ollut puolestaan vaikeaa tutkimusasetelmien erilaisuudesta johtuen. Eri tutkimuksissa on käytetty eri harjoitustapaa, harjoitusten frekvenssiä, intensiteettiä sekä kestoja. Lisäksi voima- ja kestävyysharjoittelun yhdistäviä tutkimuksia on tehty niin urheilijoilla kuin aiemmin harjoittelemattomilla koehenkilöilläkin. (Leveritt ym. 1999.)

Useissa tutkimuksissa on esitetty, että yhdistetyllä voima- ja kestävyysharjoittelulla voimaominaisuuksien kehittyminen olisi estynyt pelkkään voimaharjoitteluun verrattuna (esim. Bell ym. 2000). Kuitenkin ristiriitaisesti Häkkinen ym. (2003) eivät löytäneet tukea tälle yleiselle väitteelle yhdistetyn harjoittelun häiritsevistä vaikutuksista voimaominaisuuksien kehittymiselle. Ainoastaan räjähtävän voiman osalta myös Häkkinen ym. löysivät yhdistetyn harjoittelun osalta häiritsevää vaikutusta voimantuottoon. Kestävyden kannalta voimaharjoittelun vaikutukset eivät puolestaan näyttäisi kovin oleellisesti haittaavaan kestävyysominaisuuksien kehittymistä lyhyellä aikavälillä (Häkkinen 1990).

5.2 Yhdistetyn voima- ja kestävyys­harjoittelun vaikutukset kestävyysominaisuuksiin

5.2.1 Maksimaalinen hapenotto­kyky

Romu (2001) havaitsi tutkimuksessaan yhdistetyn voima- ja kestävyys­harjoittelun kehittävän maksimaalista hapenotto­kykyä aikaisemmin systemaattisesti harjoittele­mattomilla miehillä. Kaksi voima- ja kaksi kestävyys­harjoittelua viikossa suorittaneella ryhmällä (n=11, ikä 38 ± 5 vuotta) maksimaalinen hapenotto­kyky parani tilastollisesti merkitsevästi 18.5 % (36.6 ± 6.0 vs. 43.3 ± 7.3 ml*kg⁻¹*min⁻¹) 21 viikon harjoitusjakson aikana. Kestävyysominaisuuksien kehittyminen oli tosin oletettavaa ja selittyy koehenkilöiden aiemmalla harjoittele­mattomuudella. (Romu 2001.)

Salonen (2001) havaitsi puolestaan tutkimuksessaan nuorten hiihtäjien ja ampumahiihtäjien (keski-ikä 24 ± 4 vuotta) kehon painoon suhteutetun maksimaalisen hapenotto­kyvyn kasvaneen tilastollisesti merkitsevästi 3.2 % kahdeksan viikon harjoitusjakson aikana. Myös koehenkilöiden teoreettinen työ lisääntyi 4 prosenttia. Harjoitusjaksoon kuului kestävyys­harjoittelun (67.8 prosenttia) lisäksi nopeusvoima- (25.9 prosenttia) ja kestovoimaharjoittelua (5.4 prosenttia kokonaistuntimäärästä).

Häkkisen ym. (2003) tutkimuksessa voima- ja kestävyys­harjoittelua harjoittaneella miesryhmällä (keski-ikä 37 ± 5 vuotta) maksimaalinen hapenotto­kyky parani 21 viikon harjoittelujakson aikana 18.5 prosenttia. Lisäksi ryhmän maksimaalinen teho maksimaalisessa suorituksessa kasvoi 17 prosenttia. Harjoittelujakso sisälsi kaksi voima- ja kaksi kävellen tai pyöräillen suoritettua kestävyys­harjoitusta viikossa. Harjoittelun kuormitavuus kasvoi progressiivisesti harjoittelujakson edetessä. Tulosten pohjalta voidaankin päätellä, että aikuisilla miehillä jo kaksi kertaa viikossa suoritettulla kestävyys­harjoittelulla voidaan parantaa aerobista suorituskykyä, kunhan harjoittelu on suunniteltu nousujohteiseksi ja henkilökohtaiset tarpeet täyttäväksi.

Bell ym. (2000) havaitsivat tutkimuksissaan, että pelkkää kestävyys­harjoittelua ja yhdistettyä voima- ja kestävyys­harjoittelua suorittaneilla ryhmillä maksimaalinen hapenotto­kyky parani samansuuntaisesti ja lähes saman verran 12 viikon harjoitusjakson aikana.

Tuloksista voidaan päätellä, että vaikka yhdistetyn harjoittelun on todettu häiritsevän voimaominaisuuksien kehittymistä, ei samanlaista havaintoa voida tehdä kestävyysominaisuuksien suhteen. Todennäköisesti kestävyysharjoittelun aikaansaamat vaikutukset voivat kumota mahdolliset voimaharjoittelun aiheuttamat negatiiviset adaptaatiot alle 12 viikon harjoitusjakson aikana ja tästä johtuen kestävyysominaisuuksien kehittyminen voi olla yhtä suurta myös yhdistelmäharjoittelulla tavalliseen kestävyysharjoitteluun verrattuna. (Bell ym. 2000.) Myös Izquierdo ym. (2005) saivat tutkimuksessaan samantlaisia tuloksia. Sen sijaan Pollarin (2005) tutkimuksessa nuorten kestävyysjuoksijoiden maksimaalinen hapenottokyky ei parantunut yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena.

5.2.2 Submaksimaalinen kestävyys

Izquierdo ym. (2005) totesivat tutkimuksessaan, että yhdistetyllä voima- ja kestävyysharjoittelulla (kerran viikossa molempia) saavutetaan yhtä suurta kehittymistä submaksimaalisessa kestävyudessa kaksi kertaa viikossa suoritettavaan kestävyysharjoitteluun verrattuna vanhemmilla mieshenkilöillä 16 viikon harjoittelujakson aikana. Sekä kestävyys- että kestävyys- ja voimaharjoittelua harjoittaneen ryhmän laktaattipitoisuudet laskivat submaksimaalisessa kuormituksessa lähes saman verran tietyllä submaksimaalisella kuormituksella. Lisäksi 16 viikon harjoittelun aikana yhdistetyllä kestävyys- ja voimaharjoittelulla saavutettiin merkitsevä lasku sykkeessä 150 W:n ja 180 W:n työkuormilla. (Izquierdo ym. 2005.)

Salosen (2001) tutkimuksessa nuorten hiihtäjien ja ampumahiihtäjien kehon painoon suhteutettu hapenottokyky lisääntyi merkitsevästi aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä. Kynnyksen nousu tarkoittaa sitä, että koehenkilöt pystyivät suoriutumaan suuremmalla prosentuaalisella osuudella maksimaalisesta hapenottokyvystä submaksimaalisessa kuormituksessa. Romun (2001) tutkimuksessa koehenkilöiden teho kasvoi puolestaan anaerobisella kynnyksellä 16 prosenttia ja aerobisella kynnyksellä 14 prosenttia 21 viikon kestävyys- ja voimaharjoittelun aikana. Sen sijaan aerobiset ja anaerobiset kynnyssykkeet eivät muuttuneet merkitsevästi harjoitusjakson aikana.

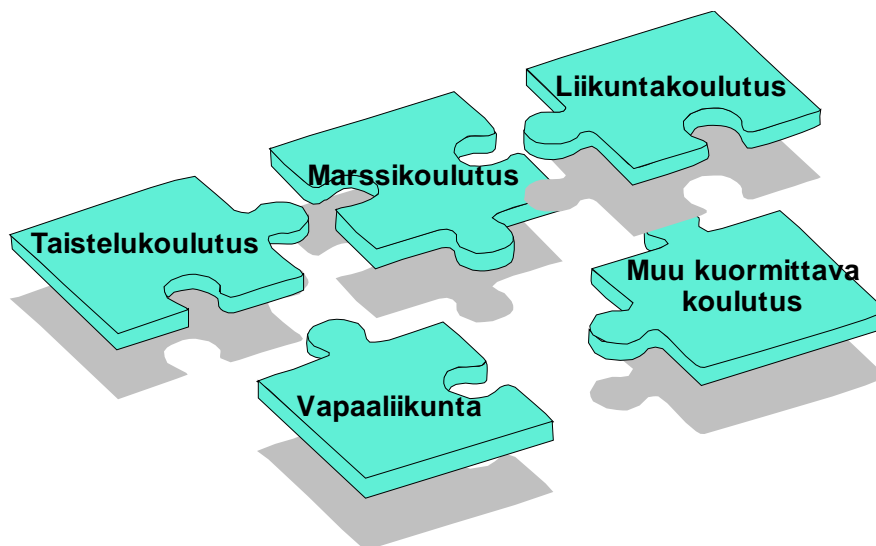
Millet ym. (2002) havaitsivat tutkimuksessaan, että yhtä aikaa kestävyysharjoittelun kanssa suoritettulla raskaalla voimaharjoittelulla kaksi kertaa viikossa triathlonistien

juoksun taloudellisuus parani pelkkää kestävyysharjoittelua suorittaneeseen ryhmään verrattuna. Sen sijaan happikinetiikassa ei havaittu muutosta 14 viikon harjoittelun aikana kestävyys- tai kestävyys-voimaryhmällä.

Pollari (2005) havaitsi puolestaan ristiriitaisesti tutkimuksessaan, että nuorten kestävyysjuoksijoiden taloudellisuus jopa huononi yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutuksesta. Koeryhmän hapenkulutus kasvoi kahdella submaksimaalisella juoksukuormalla sykkeen pysyessä samalla tasolla. Lisäksi toisella kuormalla myös koeryhmän laktaattipitoisuus kasvoi. Tulokset viittaavat kuormittavuuden lisääntymiseen ja anaerobisen energiantuoton osuuden lisääntymiseen, vaikka todellinen juoksu-kuorma säilyikin muuttumattomana. Todennäköisesti eräs tuloksia selittävä tekijä oli koeryhmän nuori keski-ikä (18 ± 1 vuotta), jolloin elimistön kasvu ja kehitys on vielä osaltaan kesken.

6 VARUSMIESTEN FYYSINEN KOULUTUS

Suomen Puolustusvoimissa varusmiesten fyysisen koulutuksen tarkoituksena on tuottaa fyysiseltä suorituskyvyltään sijoituskelpoisia sotilaita sodan ajan joukkoihin. Puolustusvoimien fyysinen koulutus on koulutusjärjestelmä, joka koostuu taistelu-, marssi- ja liikuntakoulutuksesta sekä muusta fyysisestä koulutuksesta. Fyysisen koulutuksen tarkoituksena on kehittää sotilaiden taistelukentällä tarvitsemia ominaisuuksia, kuten kestävyttä, voimaa ja nopeutta. Sotilaiden palvelusajan fyysinen kokonaiskuormitus ja sen osatekijät on esitetty kuvassa 1. (PE-Koul-os:n PAK C 01:03 2004.)



KUVA 1. Palvelusajan fyysisen kokonaiskuormituksen osatekijät (PE-Koul-os:n PAK C 01:03 2004).

Peruskoulutuskaudella fyysisen koulutuksen painopiste on monipuolisessa liikuntakoulutuksessa, jolla pyritään säätelemään fyysisen kuormituksen kokonaisuutta ja opettamaan liikuntataitoja. Liikuntakoulutuksen avulla varusmiehet pyritään myös sopeuttamaan varusmiespalveluksen sosiaaliseen toimintaympäristöön. Peruskoulutuskauden aikana koulutuksen fyysinen kuormitus on alhainen ja painopiste on kestävyuden ja lihaskunnan kehittämisessä sekä perusliikuntataitojen oppimisessa. (PE-Koul-os:n PAK C 01:03 2004.)

7 VARUSMIESTEN KESTÄVYYSSUORITUSKYVYN KEHITTYMINEN PALVELUKSEN AIKANA

Pietilä (2006) havaitsi tutkimuksessaan, että peruskoulutuskauden aikana varusmiesten kestävyysominaisuudet kehittyivät ainoastaan 4.1 % alhaisesta lähtötasosta huolimatta. Kestävyys suorituskyvyn mittauksessa käytetyssä 12 minuutin juoksutestissä varusmiesten tulos parani tutkimuksen seuranta-aikana 97 ± 165 metriä. Koska tutkimuksessa 12 minuutin juoksutestin tulosmuutokset eivät korreloineet minkään muun testin (esimerkiksi toistokykistys-, 30 metrin juoksu- ja jalkojen räjähtävän voimatestit) tulosten muutosten kanssa, voidaan päätellä, että tuloskehitys ei johtunut esimerkiksi parantuneesta juoksutaidosta eikä kestovoiman tasosta. Todennäköisesti 12 minuutin juoksutestin parantunut tulos johtui hapenottokyvyssä tapahtuneista muutoksista. Peruskoulutuskauden fyysisen koulutuksen ollessa tasoltaan pääasiassa alhaista marssi- ja taistelukoulutusta voidaan päätellä kehityksen tapahtuneen etenkin aerobisen kestävyuden alueella. (Pietilä 2006.)

Dyrstad ym. (2006) havaitsivat tutkimuksissaan norjalaisten varusmiesten maksimaalisen hapenottokyvyn paranevan peruskoulutuskauden aikana keskimäärin 2.5 % ja suoritusajan suorassa maksimaalisen hapenottokyvyn testissä 7.7 % harjoittelulla, joka sisälsi kaksinkertaistetun määrän voima- ja kestävyys harjoittelua normaalin viikko-ohjelmaan verrattuna eli kaksi tuntia kestävyys- ja kaksi tuntia voimaharjoittelua viikossa. Normaalin ohjelman mukaisella harjoittelulla (tunti kestävyys- ja tunti voimaharjoittelua) ei maksimaalisessa hapenottokyvyssä havaittu muutoksia. (Dyrstad ym. 2006.)

Alussa huonoimman maksimaalisen hapenottokyvyn ($49.4 \pm 2.8 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) omanneella ryhmällä tulos parani 5.0 %. Sen sijaan keskimääräisen hapenottokyvyn ($54.6 \pm 1.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) alussa omanneella ryhmällä tuloksissa ei havaittu merkitseviä muutoksia, ja parhaimpaan ryhmään ($59.7 \pm 2.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) alkumittausten jälkeen kuu-luneilla maksimaalinen hapenottokyky laski 1.1 % peruskoulutuskauden aikana. Tutkimuksen mukaan fyysisen harjoittelun määrä ja intensiteetti eivät ole riittäviä, jotta varusmiesten fyysinen suorituskyky paranisi kaikilla aloilla, eikä vain huonokuntoisimmilla. Norjan armeijassa varusmiesten liikuntakoulutus sisältää peruskoulutuskauden

den aikana pääasiassa suuren määrän matalatehoista harjoittelua ja ohjelmaan tulisikin lisätä enemmän kestoltaan lyhyempää, mutta korkeatehoisempaa liikuntaharjoittelua. (Dyrstad ym. 2006.)

Lisäksi Williams (2005) on raportoinut Iso-Britannian maavoimien alokkaiden maksimaalisen hapenottokyvyn paranevan 13.1 % 12 viikon aikana. Vuonna 1999 Williams ym. havaitsivat puolestaan arvioidun maksimaalisen hapenottokyvyn paranevan keskimäärin 6.1 % arvosta $48.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ arvoon $51.4 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 11 viikon peruskoulutuskauden aikana.

8 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

8.1 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusongelmat

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, tapahtuuko varusmiesten kestävyys- suorituskyvyssä muutoksia peruskoulutuskautena aikana erilaisten liikuntaohjelmien vaikutuksesta. Edelleen pyrkimyksenä oli selvittää minkälaisia muutoksia puolustusvoimien liikuntaohjelman mukaisella ja toisaalta kestävyys- tai voimapainotteisella liikuntaharjoittelulla saavutetaan ja minkä tyyppisellä harjoittelulla päästään kestävyys- suorituskyvyn osalta parhaisiin tuloksiin. Tutkimuksella haluttiin myös selvittää, mitä absoluuttisesti mitattuja muutoksia varusmiesten kestävyys- suorituskyvyssä ilmenee peruskoulutuskautena aikana.

8.2 Hypoteesit

Tutkimushypoteeseina esitettiin, että kaikilla harjoitusohjelmilla varusmiesten kestävyys- suorituskyvyssä tapahtuu parantumista. Eniten kestävyys- suorituskyky paranee painotettua kestävyys- harjoittelua suorittaneella ryhmällä. Edelleen hypoteesina oli, että absoluuttisista muuttujista maksimaalinen hapenottokyky paranee ja varusmiehet saavuttavat korkeamman maksimitohon polkupyöräergometritestissä. Lisäksi varusmiesten aerobinen ja anaerobinen kynnys nousevat hapenkulutuksen ja työtehon osalta korkeammalle tasolle.

9 TUTKIMUSMENETELMÄT

9.1 Koehenkilöt

Tutkimuksen koehenkilöiksi valittiin vapaaehtoisia Karjalan Prikaatin saapumiserän II/06 varusmiehiä. Koehenkilöille kerrottiin tutkimusasetelma ja tutkimuksen mahdolliset riskit huolellisesti etukäteen ja heille annettiin mahdollisuus jättäytyä pois tutkimuksesta missä vaiheessa tahansa. Koehenkilöt täyttivät kirjallisen suostumuslomakkeen ennen mittauksia. Tutkimukselle saatiin eettinen lupa Keski-Suomen Sairaanhoidopiiriltä ja Jyväskylän Yliopiston eettiseltä toimikunnalta.

Koehenkilöt jaettiin sattumanvaraisesti kestävyyspainotteisesti (n= 20) ja voimapainotteisesti (n=21) harjoitelleeseen ryhmään sekä kontrolliryhmään (n=22), joka harjoitteli tutkimuksen ajan puolustusvoimien normaalin liikuntaohjelman mukaisesti.

TAULUKKO 1. Ryhmien taustatiedot tutkimuksen alussa

Ryhmä	Ikä (v)	Pituus (cm)	Paino (kg)	Rasva-%
Kestävyys	19.5 ± 1.1	180 ± 5	75.4 ± 12.2	10.3 ± 4.6
Voima	18.8 ± 0.8	179 ± 7	76.5 ± 15.3	10.3 ± 5.1
Kontrolli	19.3 ± 0.8	179 ± 5	69.7 ± 8.5	9.8 ± 3.9

9.2 Harjoittelu

Tutkimukseen osallistuneiden koehenkilöiden perusyksiköiden viikko-ohjelmat analysoitiin peruskoulutuksen fyysisen kuormituksen määrittämiseksi. Viikko-ohjelmien analysoinnissa tarkasteltiin taistelukoulutuksen, marssikoulutuksen, yleissotilaallisen koulutuksen ja liikuntakoulutuksen osuutta. Viikko-ohjelmien analyysitulokset on esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Taistelu-, marssi-, yleissotilaallisen- ja liikuntakoulutuksen osuus (h) ryhmien varusmiespalveluksesta peruskoulutuksen aikana.

	Kestävyys		Voima		Kontrolli		Keskiarvot	
	yht.	vko:ssa	yht.	vko:ssa	yht.	vko:ssa	ka	ka/vko
Taistelukoulutus	31	3.9	28	3.5	43	5.3	34	4.3
Marssikoulutus	11	1.3	8	1	7	0.8	8.7	1.1
Yleissotilaallinen koulutus	10	1.2	8	0.9	9	1.1	9	1.1
Liikuntakoulutus	51	6.3	41	5.1	33	4.1	41,7	5.2
Yhteensä	102	12.7	84	10.5	91	11.3	93.3	11.7

Lisäksi kestävyys- ja voimaharjoitteluryhmät pitivät päiväkirjaa oman ohjelman mukaisesti, kaikille yleisen liikuntaharjoittelun lisäksi suoritetusta liikuntaharjoittelusta. Kestävyysharjoitteluryhmän liikuntaharjoittelu oman kestävyyspainotteisen ohjelman mukaisesti on esitetty taulukoissa 3 ja 4. Kestävyysharjoittelussa painottui etenkin sauvakävelyharjoittelu.

TAULUKKO 3. Kestävyysharjoitteluryhmän liikuntaharjoittelu peruskoulutuskauden aikana.

Harjoitteita yht.	12.8 ± 2.6
Kesto yht. (min)	773 ± 180
Kesto h/vko	1.6 ± 0.4

TAULUKKO 4. Kestävyysharjoitteluryhmän liikuntaharjoittelu peruskoulutuskauden aikana lajeittain jaoteltuna.

	Sauvakävely	Juoksu	Pyöräily	Muut
Kesto yht. (min)	546 ± 165	41 ± 50	148 ± 85	35 ± 45
Osuus lkm:llisesti (%)	68.9 ± 9.3	6.0 ± 6.6	18.7 ± 9.0	4.7 ± 4.6
Osuus ajallisesti (%)	70.1 ± 11.7	5.2 ± 5.8	19.3 ± 11.3	4.3 ± 5.5

Voimaryhmälle kertyi puolestaan erityistä voimaharjoittelua peruskoulutuskauden aikana keskimäärin 15.8 ± 1.5 kertaa ja viikkoa kohden 2.0 ± 0.2 kertaa. Voimaharjoittelu oli monipuolista ja liikkeet pyrkivät kehittämään sekä jalkoja, käsiä että vartalon lihaksiakin.

Lisäksi koehenkilöt pitivät peruskoulutuskauden ajan harjoituspäiväkirjoja, joilla seurattiin koehenkilöiden vapaa-ajan liikuntaa ja sen rasittavuutta. Vapaa-ajan liikunnan osalta tulokset on esitetty taulukoissa 5 ja 6.

TAULUKKO 5. Koehenkilöiden raportoima vapaa-ajan liikunnan määrä, kesto ja rasittavuus. Kuormitusta on arvioitu liikuntakerta kerrallaan.

Ryhmä	Liikuntakerrat	Kesto	Kuormitus	Kuormitus	Kuormitus
		(min)	kevyt	kohtalainen	raskas
Kestävyys	3.5 ± 3.8	212 ± 279	0.8 ± 1.5	0.7 ± 1.1	0.0 ± 0.0
Voima	3.4 ± 4.9	113 ± 174	1.5 ± 2.4	1.1 ± 2.6	0.2 ± 0.5
Kontrolli	3.0 ± 3.3	119 ± 164	0.5 ± 0.8	0.8 ± 1.2	0.1 ± 0.4

TAULUKKO 6. Koehenkilöiden raportoima vapaa-ajan liikunta lajeittain jaoteltuna.

Ryhmä	Palloilu	Kuntosali	Lenkkeily	Uinti	Pyöräily	Muu
	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)	(min)
Kestävyys	116 ± 217	44 ± 145	15 ± 34	2 ± 10	9 ± 29	21 ± 43
Voima	44 ± 104	38 ± 91	8 ± 26	22 ± 48	0 ± 0	2 ± 11
Kontrolli	70 ± 148	24 ± 52	20 ± 40	0 ± 0	0 ± 0	4 ± 14

9.3 Aineiston keräys

Mittaukset suoritettiin peruskoulutuskauden alussa heinäkuussa ja lopussa syyskuussa 2006 Karjalan Prikaatissa, Vekaranjärven varuskunnassa Kouvolassa. Mittausten aikana varusmiehet olivat olleet palveluksessa viikon (heinäkuu) ja kahdeksan viikkoa (syyskuu).

Antropometrisista mittauksista koehenkilöiden pituuden mittaamisen lisäksi määritettiin kehon rasvaprosentti ihopoimiumittauksilla seitsemän pisteen menetelmää käyttäen (Jackson & Pollock 1985). Mitattuja pisteitä olivat käsivarren ojentajan, lapaluun ala-reunan, suoliluun harjun, kainalon, rintalihaksen, vatsan ja reiden ihopoimut. Kehon paino mitattiin erityisellä Inbody-laitteella (Inbody 720, Biospace, Soul, Korea).

Koehenkilöt suorittivat maksimaalisen polkupyöräergometritestin kalibroidulla sähköjarrutteisella polkupyöräergometrillä (Ergoline GmbH, Ergoline, Germany) uupumukseen saakka. Polkupyöräergometrin satulan ja ohjaustangon korkeus asetettiin koehenkilöä miellyttäväksi. Testi tehtiin rauhallisessa ja eristetyssä huoneessa, johon ei päässyt ylimääräisiä katsojia. Testin aikana koehenkilön varustuksena oli lenkkitosut ja urheilushortsit sekä niin halutessaan t-paita. Ennen testin aloittamista koehenkilö istui polku-

pyöräergometrin päällä rauhallisesti kaksi minuuttia ja samalla häneltä kerättiin lepo-hengityskeräys.

Testissä aloituskuorma oli 50 wattia ja kuormaa nostettiin portaittain aina kahden minuutin välein 25 wattia kerrallaan. Testattava sai itse vakioida polkemisfrekvenssin välille 60–80 rpm ja hänen tuli pyrkiä pitämään frekvenssi vakiona koko testin ajan. Suoritus päättyi, kun koehenkilö ei pystynyt ylläpitämään haluttua polkemisfrekvenssiä tai halusi omasta tahdostaan keskeyttää suorituksen.

Testin aikana mitattiin hengityskaasumuuttujia breath by breath-hengityskaasuanalysointilaitteilla (SensorMedics, Vmax, Kalifornia, USA). Ennen jokaista testiä analysaattori kalibroitiin käyttämällä 3 litran kalibroituspumppua ja valmistajan suositusten mukaisesti tunnettuja O₂- ja CO₂- kaasujen konsentraatioita. Lisäksi analysaattorin asetuksiin kalibroitiin lämpötila ja ilman suhteellinen kosteus testaustilan olosuhteita vastaaviksi.

30 sekuntia ennen jokaisen kuorman loppua testattavan kokonaisvaltaista tuntemusta testin rasittavuudesta mitattiin Borgin (1998) RPE-asteikkoa käyttäen. Jokaisen kuorman lopussa koehenkilöltä otettiin verinäyte 25 µl:n kapillaareihin, joista analysoitiin veren laktaattipitoisuus käyttäen automaattista laktaattianalysointilaitetta (EKF Diagnostics, Barleben/Maddeburg, Germany). Sykettä mitattiin koko testin ajalta sykemittarilla (Polar Electro Oy, Kempele, Finland).

Suoran testin perusteella koehenkilöiden aerobinen ja anaerobinen kynnys määritettiin Suomessa käytössä olevien kriteerien mukaisesti (Kuntotestauksen käsikirja 2004, s. 66) laktaatin ja hengityskaasujen avulla. Suoran menetelmän lisäksi maksimaalista hapenottoa sekä arvioitiin testin aikana sykereaktioiden perusteella epäsuorasti MilFit-ohjelman (Puolustusvoimat) avulla. Lisäksi ohjelma arvioi aerobisen ja anaerobisen kynnyksen. Tätä varten sykemittarin syketiedot siirrettiin polkupyöräergometrin tallennustoiminnon kautta tietokoneelle. Maksimaalinen hapenottoa arvioitiin sykkeen ja tehon avulla (Fitware Oy, Mikkeli, Finland) kaavasta:

$VO_{2max} \text{ (ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}) = [(P_{max} * 12.48) + 217] / \text{Kehon paino}$, jossa P_{max} on maksimaalinen polkemisteho watteina.

9.4 Aineiston analysointi ja tilastollinen käsittely

Tilastollinen analyysi suoritettiin Microsoft Excel ja SPSS for Windows 14.0-ohjelmilla. Tuloksista analysoitiin keskiarvot ja keskihajonnat sekä prosentuaalinen muutos. Ryhmien sisällä muuttujien ajassa tapahtuvien muutosten merkitsevyyden selvittämiseksi suoritettiin toistomittausten varianssianalyysi. Tulosten normalisuusoletusta testattiin Shapiro-Wilkin testillä. Tulos katsottiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p < 0,05$.

10 TULOKSET

10.1 Antropometriset muutokset

Ryhmät eivät eronneet antropometristen muuttujien osalta toisistaan alku- eikä loppumittauksissa. Voimaryhmän paino väheni mittausten välillä merkitsevästi (76.5 ± 12.2 vs. 75.0 ± 10.0 kg, $p < 0,05$). Muiden ryhmien osalta ei vastaavaa merkitsevää muutosta havaittu painon osalta. Sen sijaan rasvaprosentin väheneminen oli kaikkien ryhmien osalta merkitsevä ($p < 0,001$ voimaryhmällä, $p < 0.01$ kestävyys- ja kontrolliryhmällä) (taulukko 7).

TAULUKKO 7. Kestävyys-, voima- ja kontrolliryhmän pituus (cm), paino (kg) ja rasvaprosentti (%) peruskoulutuskauden alussa (pre) ja lopussa (post).

Ryhmä	Pituus pre	Pituus post	Paino pre	Paino post	Rasva% pre	Rasva% post
Kestävyys	180.3 ± 5.1	180.4 ± 5.1	75.5 ± 12.2	75.0 ± 10.0	10.3 ± 4.6	$9.3 \pm 3.4^{**}$
Voima	178.8 ± 7.0	178.8 ± 7.0	76.5 ± 15.3	$75.5 \pm 14.1^*$	10.3 ± 5.1	$8.5 \pm 4.0^{***}$
Kontrolli	178.5 ± 5.2	178.8 ± 5.1	69.7 ± 8.5	70.3 ± 7.8	9.8 ± 3.9	$8.7 \pm 3.5^{**}$

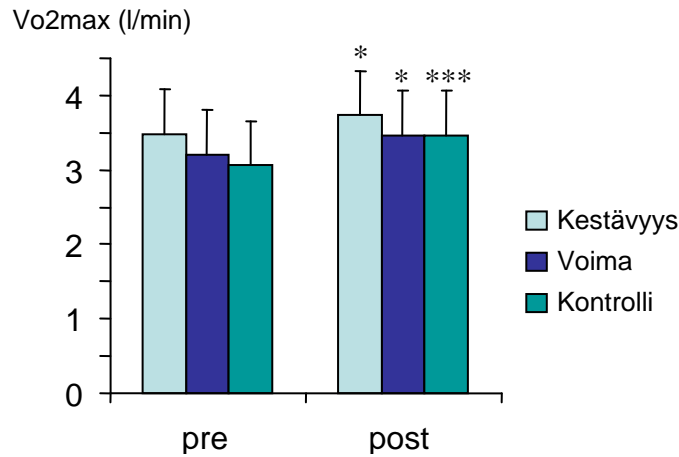
*** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.001$

** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.01$

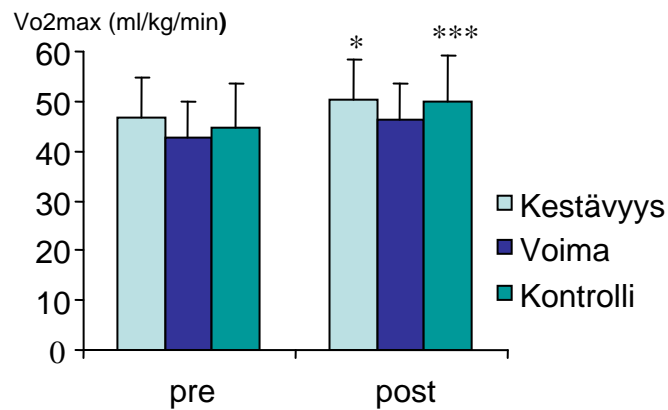
* tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$

10.2 Kestävyysominaisuuksien muutokset

Maksimaalisen hapenottokyvyn osalta tapahtuneet muutokset on esitetty taulukossa 8 ja kuvissa 2 sekä 3. Maksimaalisessa hapenottokyvyssä tapahtui kaikkien ryhmien osalta tilastollisesti merkitsevä parannus niin absoluuttisena (3.48 ± 0.58 vs. 3.73 ± 0.53 l/min, $p < 0.05$ kestävyysryhmällä, 3.21 ± 0.57 vs. 3.46 ± 0.64 l/min, $p < 0.05$ voimaryhmällä ja 3.06 ± 0.60 vs. 3.47 ± 0.59 l/min, $p < 0.01$ kontrolliryhmällä, kuva 2) kuin painokiloa kohti suhteutettuna (46.8 ± 8.6 vs. 50.2 ml/kg/min, $p < 0.05$ kestävyysryhmällä, 42.6 ± 7.5 vs. 46.3 ± 6.8 , $p < 0.01$ voimaryhmällä ja 44.5 ± 9.3 vs. 50.0 ± 8.9 , $p < 0.001$ kontrolliryhmällä, kuva 3) arvonakin mitattuna.



KUVA 2. Maksimaalisen hapenottokyvyn (l/min) muutokset peruskoulutuskauden aikana. (***) = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.001$, * = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$)



KUVA 3. Maksimaalisen hapenottokyvyn (ml/kg/min) muutokset peruskoulutuskauden aikana. (***) = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.001$, ** = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.01$, * = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$)

Niin ikään kaikkien ryhmien osalta epäsuorasti MilFit-ohjelman avulla arvioitu absoluuttinen hapenkulutuksen arvo parani tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$ voimaryhmällä ja $p < 0.05$ kestävyys- ja kontrolliryhmällä) peruskoulutuskauden aikana. Lisäksi kestävyys- ja voimaryhmällä myös MilFit-ohjelman painoa kohti suhteutettu hapenkulutuksen arvo parani tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$ voimaryhmällä ja $p < 0.05$ kestävyysryhmällä). Myös kontrolliryhmän tulos parani tämän muuttujan osalta, muttei tilastollisesti merkitsevästi. (Taulukko 8.)

TAULUKKO 8. Maksimaalisen hapenottoyvyn arvot ennen (pre) ja jälkeen (post) peruskoulutuskautta sekä prosentuaalisesti peruskoulutuskauden aikana tapahtunut muutos.

	Maksimaalinen hapenottoikyky			
	l/min	ml/kg/min	epäsuora MilFit (l/min)	epäsuora MilFit (ml/kg/min)
Kestävyys				
pre	3.48 ± 0.58	46.8 ± 8.6	3.70 ± 0.57	49.5 ± 7.2
post	3.73 ± 0.53	50.2 ± 7.3	3.81 ± 0.50	51.2 ± 6.2
muutos (%)	+8.0 ± 9.8*	+8.5 ± 11.4*	+3.7 ± 6.0*	+4.0 ± 7.5*
Voima				
pre	3.21 ± 0.57	42.6 ± 7.5	3.22 ± 0.56	42.3 ± 7.1
post	3.46 ± 0.64	46.3 ± 6.8	3.41 ± 0.46	46.0 ± 6.8
muutos (%)	+9.2 ± 19.7*	+10.8 ± 20.4**	+7.2 ± 9.0***	+9.5 ± 8.4***
Kontrolli				
pre	3.06 ± 0.60	44.5 ± 9.3	3.05 ± 0.46	44.0 ± 6.7
post	3.47 ± 0.59	50.0 ± 8.9	3.15 ± 0.43	45.2 ± 6.5
muutos (%)	+14.3 ± 11.0***	+13.4 ± 11.9***	+3.7 ± 5.4*	+2.9 ± 6.1

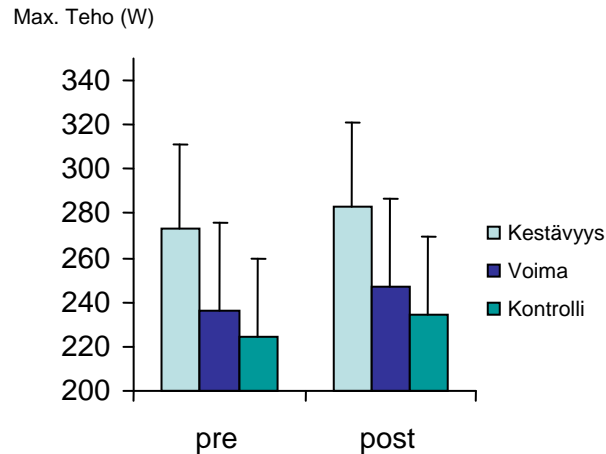
*** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.001$

** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.01$

* tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$

Prosentuaalisesti suurin parannus maksimaalisessa hapenottoikyvyssä tapahtui kontrolliryhmällä niin absoluuttisesti mitattuna kuin painoa kohti suhteutettunakin (14.3 % ja 13.4 %). Voimaryhmällä suoralla menetelmällä mitattu absoluuttinen arvo parani 9.2 % ja suhteellinen arvo 10.8 %. Kestävyysryhmän osalta vastaavat parannukset olivat 8.0 % ja 8.5 %. Epäsuorien MilFit-muuttujien osalta kestävyysryhmä paransi absoluuttista arvoa 3.7 % ja suhteellista arvoa 4.0 %, voimaryhmä 7.2 % ja 9.5 % sekä kontrolliryhmä 3.7 % ja 2.9 %. (Taulukko 8.)

Polkupyörätestissä saavutetussa maksimilaktaatissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Prosentuaaliset muutokset on nähtävissä taulukossa 9. Sen sijaan polkupyörätestissä saavutettu maksimaalinen polkemisteho kasvoi jokaisella ryhmällä tilastollisesti merkitsevästi (272.9 ± 40.7 vs. 282.7 ± 34.9 W, $p < 0.05$ kestävyysryhmällä, 236.0 ± 43.2 vs. 246.6 ± 36.2 W, $p < 0.01$ voimaryhmällä ja 224.7 ± 37.3 vs. 234.3 ± 34.2 W, $p < 0.05$ kontrolliryhmällä, kuva 4). Prosentuaalisesti kestävyysryhmän maksimiteho parani 4.2 %, voimaryhmän 5.5 % ja kontrolliryhmän 4.8 %. Maksimisykkeen osalta kontrolliryhmän arvoissa tapahtunut 2.4 prosentin lasku oli tilastollisesti merkitsevä ($p < 0.01$). (Taulukko 9.)



KUVA 4. Maksimaalisen polkemistehon (W) muutokset peruskoulutuskauden aikana. (** = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.01$, * = tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$)

TAULUKKO 9. Polkupyöraergometritestissä saavutetun maksimilaktaatin, -tehon ja -sykkeen arvot ennen (pre) ja jälkeen (post) peruskoulutuskautta sekä prosentuaalisesti peruskoulutuskauden aikana tapahtunut muutos.

	Max. laktaatti (mmol/l)	Max.teho (W)	Max.syke (krt/min)
Kestävyys			
pre	13.2 ± 2.0	272.9 ± 40.7	194 ± 7.0
post	13.1 ± 1.5	282.7 ± 34.9	196 ± 7.9
muutos (%)	+0.7 ± 14.8	+4.2 ± 7.3*	+1.1 ± 2.3
Voima			
pre	12.9 ± 3.0	236.0 ± 43.2	192 ± 9.0
post	13.0 ± 3.0	246.6 ± 36.2	190 ± 9.3
muutos (%)	+5.1 ± 30.0	+5.5 ± 9.3**	-1.2 ± 3.3
Kontrolli			
pre	13.0 ± 2.5	224.7 ± 37.3	192 ± 8.5
post	12.3 ± 2.4	234.3 ± 34.2	188 ± 10.8
muutos (%)	-3.3 ± 20.2	+ 4.8 ± 6.0*	-2.4 ± 3.5**

** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.01$

* tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$

Aerobisen kynnyksen kohdalla mitatut ryhmien arvot on esitetty taulukossa 10. Aerobisen kynnyksen absoluuttisesti mitattu hapenkulutus kasvoi tilastollisesti merkitsevästi kaikilla ryhmillä ($p < 0.01$ kontrolliryhmällä ja $p < 0,05$ voima- ja kestävyysryhmällä). Prosentuaalisesti kasvu peruskoulutuskauden aikana oli 9.6 % kestävyysryhmällä, 12.8 % voimaryhmällä ja 13.6 % kontrolliryhmällä. Lisäksi voimaryhmän ja kontrolliryhmän

aerobisen kynnyksen työteho kasvoi tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.001$ voimaryhmällä ja $p < 0.01$ kontrolliryhmällä; 21.2 % ja 11.5 %). Kestävyysryhmän osalta 6 % tehon kasvu aerobisella kynnyksellä ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Aerobiselle kynnykselle määritetyssä sykkeessä ei tapahtunut ryhmien osalta tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Sen sijaan MilFitin avulla arvioidun kynnyssykkeen osalta kontrolliryhmän arvo laski tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.05$). Prosentuaaliset muutokset näkyvät taulukossa 10.

TAULUKKO 10. Aerobisella kynnyksellä mitatut hapenotot, tehon ja sykkeen arvot ennen (pre) ja jälkeen (post) peruskoulutuskautta sekä prosentuaalisesti peruskoulutuskauden aikana tapahtunut muutos.

Aerobinen kynnyks				
	Vo2 (l/min)	teho (w)	syke (krt/min)	MilFit-syke (krt/min)
Kestävyys				
pre	1.86 ± 0.34	143.9 ± 25.1	141 ± 7.7	143 ± 4.4
post	2.00 ± 0.36	151.5 ± 28.0	141 ± 6.0	144 ± 4.9
muutos (%)	+9.6 ± 16.1*	+6.0 ± 15.7	+0.4 ± 5.1	+1.1 ± 1.8
Voima				
pre	1.65 ± 0.37	111.6 ± 27.3	139 ± 8.0	141 ± 5.2
post	1.81 ± 0.30	131.1 ± 21.5	138 ± 8.6	140 ± 5.2
muutos (%)	+12.8 ± 20.4*	+21.2 ± 22.4***	-0.5 ± 4.5	-0.7 ± 2.6
Kontrolli				
pre	1.58 ± 0.28	112.1 ± 20.6	139 ± 7.3	141 ± 5.0
post	1.78 ± 0.34	124.0 ± 21.9	138 ± 9.0	139 ± 6.3
muutos (%)	+13.6 ± 19.5**	+11.5 ± 15.0**	-0.6 ± 5.2	-1.7 ± 2.8*

*** tilastollisesti merkitsevää muutos, $p < 0.001$

** tilastollisesti merkitsevää muutos, $p < 0.01$

* tilastollisesti merkitsevää muutos, $p < 0.05$

Anaerobisen kynnyksen kohdalla mitatut ryhmien arvot on esitetty taulukossa 11. Anaerobisella kynnyksellä hapenkulutus kasvoi peruskoulutuskauden aikana tilastollisesti merkitsevästi ($p < 0.01$) kestävyys (2.59 ± 0.44 vs. 2.83 ± 0.46 l/min) - ja kontrolliryhmällä (2.23 ± 0.36 vs. 2.47 ± 0.41 l/min). Voimaryhmän osalta kasvu ei ollut tilastollisesti merkitsevää. Prosentuaalisesti muutos oli 10.3 % kestävyys-, 8.5 % voima- ja 11.6 % kontrolliryhmällä. Anaerobisen kynnyksen työskentelytehon osalta puolestaan kaikkien ryhmien muutos oli tilastollisesti merkitsevää ($p < 0.01$ kestävyysryhmällä ja $p <$

0.05 voima- ja kontrolliryhmällä). Lisäksi voima ($p < 0.01$) - ja kontrolliryhmän ($p < 0.05$) kohdalla löytyi tilastollinen merkitsevyys määritetyn sykkeen ja kontrolliryhmällä myös MilFitin arvioiman sykkeen laskussa ($p < 0.01$) anaerobisella kynnyksellä. Prosentuaaliset muutokset näkyvät taulukossa 11.

TAULUKKO 11. Anaerobisella kynnyksellä mitatut hapenotot, tehon ja sykkeen arvot ennen (pre) ja jälkeen (post) peruskoulutuskautta sekä prosentuaalisesti peruskoulutuskauden aikana tapahtunut muutos.

Anaerobinen kynnyks				
	Vo2 (l/min)	teho (w)	syke (krt/min)	MilFit-syke (krt/min)
Kestävyys				
pre	2.59 ± 0.44	205.3 ± 29.4	169 ± 9.8	169 ± 5.8
post	2.83 ± 0.46	222.0 ± 35.4	172 ± 7.8	170 ± 6.3
muutos (%)	+10.3 ± 14.0**	+8.3 ± 9.6**	+1.9 ± 4.9	+1.0 ± 2.1
Voima				
pre	2.39 ± 0.45	175.7 ± 35.0	168 ± 8.4	166 ± 7.0
post	2.52 ± 0.43	186.7 ± 25.8	163 ± 9.5	165 ± 7.3
muutos (%)	+8.5 ± 22.5	+8.4 ± 16.3*	+2.8 ± 4.5**	-0.9 ± 3.1
Kontrolli				
pre	2.23 ± 0.36	169.1 ± 28.4	167 ± 9.5	167 ± 6.8
post	2.47 ± 0.41	178.8 ± 27.1	163 ± 11.9	163 ± 8.3
muutos (%)	+11.6 ± 11.8**	+6.1 ± 8.1*	-2.5 ± 4.6*	-2.1 ± 3.1*

*** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.001$

** tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.01$

* tilastollisesti merkitsevä muutos, $p < 0.05$

11 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella varusmiesten kestävyys- ja voimavarojen kehitystä peruskoulutuskauden aikana eri harjoitusohjelmien pohjalta tapahtuvia muutoksia. Tutkimuksella pyrittiin selvittämään puolustusvoimien liikuntaohjelman mukaisen ja toisaalta kestävyys- ja voimavarojen harjoittelun vaikutuksia varusmiesten kestävyys- ja voimavarojen kehitykseen. Hypoteesina oli, että kaikilla harjoitusohjelmilla havaittaisiin kestävyys- ja voimavarojen kehitystä ja kestävyys- ja voimavarojen harjoittelua suorittaneella ryhmällä parannus kestävyys- ja voimavarojen kehityksessä olisi suurin. Tutkimuksen päätelmä on, että kaikilla kolmella harjoitusohjelmalla todellakin oli kestävyys- ja voimavarojen kehitystä kehittävä vaikutus. Niin maksimaalisen hapenottokyvyn kuin maksimaalisen suoritustehonkin osalta kaikki harjoitusohjelmat kehittivät varusmiesten kestävyysominaisuuksia. Lisäksi aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä varusmiesten suorituskyky oli parantunut hapenkulutuksen ja työtehon osalta.

Varusmiesten harjoittelupäiväkirjojen pohjalta voidaan päätellä, että myös kestävyysryhmän harjoitteluun kuului osaltaan voimaharjoittelua ja vastaavasti voimaryhmän harjoitteluun kestävyys- ja voimavarojen harjoittelua. Palvelusaikana suoritettuun, kaikille yhteisen ohjelman mukaiseen liikuntaan kuului kestävyys- ja voimavarojen harjoitteluryhmän päiväkirjojen mukaan esimerkiksi suunnistuksen, marssien, palloilun ja lenkkeilyn lisäksi myös kuntosalin ja esterataharjoittelua. Lisäksi kaikkien ryhmien osalta myös vapaa-aikana harrastettu liikunta koostui niin kestävyys- kuin voimaharjoittelusta sisältäen esimerkiksi palloilua, lenkkeilyä ja kuntosaliharjoittelua.

Tämän tutkimuksen tulokset ovatkin yhteydessä aiempiin tutkimuksiin, joissa on havaittu yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun kehittävä kestävyysominaisuuksia. Salonen (2001) on havainnut maksimaalisen hapenottokyvyn kehittyvän samanmittaisen, harjoittelujakson aikana yhdistetyllä voima- ja kestävyys- ja voimavarojen harjoittelulla 3.2 %. 21 viikon harjoittelujakson aikana on saavutettu 18.5 parannusta maksimaalisessa hapenottokyvyssä (Romu 2001, Häkkinen ym. 2003). Nyt saavutetut parannukset maksimaalisessa hapenottokyvyssä sijoittuvat näiden arvojen väliin kaikkien ryhmien osalta (8.0 % - 14.3 %). Voidaankin todeta kahdeksan viikon harjoittelujakson olleen jopa erittäin te-

hokkaan ja johtaneen kaikilla ryhmillä maksimaalisen hapenottokyvyn merkittävään parantumiseen.

Submaksimaalisen kestävyuden osalta nyt saavutettu hapenkulutuksen kasvu aerobisella ja anaerobisella kynnyksellä on yhteydessä Salosen (2001) löydöksiin. Lisäksi tehon kasvu kynnyksien kohdalla tukee Romun (2001) havaintoja. Romun tutkimuksessa 21 viikon harjoittelulla koehenkilöiden teho kasvoi aerobisella kynnyksellä 14 % ja anaerobisella kynnyksellä 16 %. Tässä tutkimuksessa voimaharjoitteluryhmä saavutti jopa 21.2 % parannuksen aerobisen kynnyksen työtehossa ja muiltakin osin kynnysten tehot paranivat 6.0 prosentista 11.5 prosenttiin.

Hypoteesien vastaisesti kestävyysharjoitteluryhmä ei saavuttanut kestävyysominaisuuksien osalta muita ryhmiä merkittävämpää parannusta. Eräs selittävä tekijä voi olla kestävyysryhmän korkeampi lähtötaso kestävyysominaisuuksilla mitattuna. Kestävyysryhmän lähtötaso oli esimerkiksi maksimaalisen hapenottokyvyn, aerobisen ja anaerobisen kynnyksen työtehon sekä maksimaalisen suoritustehon osalta muita ryhmiä korkeampi tutkimuksen alussa huolimatta siitä, että koehenkilöt valikoituivat ryhmiin sattumanvaraisesti. Tästä johtuen kestävyysryhmän on ollut vaikeampi saavuttaa muihin ryhmiin verrattuna yhtä suuri prosentuaalinen parannus.

Lisäksi harjoittelupäiväkirjojen perusteella voidaan päätellä, että myös voimaharjoittelu ja kontrolliryhmien liikuntaohjelmiin on niin vapaa-ajalla kuin palveluksessaakin kuulunut kestävyys suorituskykyä harjoittavaa liikuntaa ja toimintaa. Todennäköisesti jo yleinen varusmiespalvelus kehittää osaltaan kestävyys suorituskykyä marsseineen ja siirtymisineen.

Saavutetut tulokset tukevat myös Bell:n (2000) ym. havaintoja. Heidän tutkimuksissaan pelkkää kestävyys harjoittelua ja yhdistettyä voima- ja kestävyys harjoittelua suorittaneilla ryhmillä maksimaalinen hapenottokyky parani samansuuntaisesti ja lähes saman verran 12 viikon harjoitusjakson aikana. Voidaankin päätellä, että todennäköisesti voimaharjoittelu ei häiritse kestävyysominaisuuksien kehittymistä. Todennäköisesti myös tässä tutkimuksessa voimaharjoitteluryhmällä varusmiespalveluksen aikaansaamat adaptaatiot kestävyysominaisuuksissa ovat kumonneet mahdolliset voimaharjoittelun aiheuttamat negatiiviset vaikutukset ja tästä johtuen kestävyysominaisuuksien kehittyminen

on ollut mahdollista.

Kontrolliryhmän merkitsevä 14.3 %:n parannus absoluuttisesti ja 13.4 %:n parannus painoa kohti suhteutetussa maksimaalisessa hapenottokyvyssä sekä positiiviset muutokset esimerkiksi maksimaalisen suoritustehon ja aerobisen ja anaerobisen kynnyksen hapenkulutuksen osalta antavat viitteitä siitä, että Puolustusvoimien liikuntaohjelmalla voidaan saavuttaa varusmiesten kestävyysuorituskykyä kehittäviä muutoksia. Tulokset eroavat selkeästi Pietilän (2006) vastaavista, joka havaitsi varusmiesten kestävyysominaisuuksien kehittyvän vain 4.1 prosenttia peruskoulutuskauden aikana 12 minuutin juoksutestillä mitattuna.

Huomioitavaa myös on, että kaikki ryhmät olivat tutkimuksen alussa kohtalaisessa kestävyyskunnossa ja saavuttivat silti parannusta kestävyysuorituskyvyssä. Tämä tulos on ristiriidassa Dyrstadin ym. (2006) tutkimusten kanssa, jotka havaitsivat norjalaisilla varusmiehillä, että keskimääräisen maksimaalisen hapenottokyvyn ($54.6 \pm 1.5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$) omanneilla ei kestävyysuorituskyvyssä tapahtunut muutoksia.

Antropometrinen tekijöiden osalta tässä tutkimuksessa kaikkien ryhmien rasvaprosentti laski merkitsevästi. Myös Romu (2001) havaitsi tutkimuksessaan, että yhdistetyllä voima- ja kestävyysharjoittelulla voidaan pienentää kehon rasvaprosenttia.

Tässä tutkimuksessa saavutettiin tilastollisesti merkitseviä parannuksia varusmiesten kestävyysuorituskyvyssä niin Puolustusvoimien liikuntaohjelman mukaisella kuin painotetulla voima- ja kestävyysharjoittelullakin. Tulokset viittaavat siihen, että varusmiespalvelus on Suomen Puolustusvoimissa P-kauden aikana kestävyysuorituskykyä kehittävä ja yleisen palveluksen aikana fyysisen harjoittelun määrä ja intensiteetti kehittävät varusmiesten kestävyysuorituskykyä. Painotetulla voima- tai kestävyysharjoittelulla ei saavutettu eroa normaalin liikuntaohjelman aikaansaamiin muutoksiin varusmiesten kestävyysuorituskyvyssä.

Jatkossa olisi hyödyllistä tutkia varsinkin varusmiesten kestävyysuorituskyvyssä peruskoulutuskauden jälkeen tapahtuvia muutoksia. On oletettavaa, että johtaja- tai joukkotuotantokaudelle siirryttäessä mahdolliset peruskoulutuskauden aikaiset kestävyysuorituskyvyssä ja varusmiesten fyysisessä kunnossa tapahtuvat positiiviset muutokset

kumoutuvat ja kunto jopa laskee varusmiespalveluksen loppuun mennessä. Tutkimuksen avulla tämänkaltainen kehitys varusmiesten kunnossa palveluksen aikana olisi mahdollista todeta ja mahdollisesti ehkäistä.

LÄHTEET

- Bell, G.J., Syrotuik, D., Martin, T.P., Burnham, R. & Quinney, H.A. 2000. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *European Journal of Applied Physiology*, 81, 418-427.
- Dyrstad, S.M., Soltvedt, R. & Hallén, J. 2006. Physical Fitness and Physical Training during Norwegian Military Service. *Military Medicine*, 171, 8:736.
- Häkkinen, K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä, 139-143.
- Häkkinen K, Alen M, Kraemer WJ, Gorostiaga E, Izquierdo M, Rusko H, Mikkola J, Häkkinen A, Valkeinen H, Kaarakainen E, Romu S, Erola V, Ahtiainen J & Paavolainen L. 2003. Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89 (1), 42-52.
- Izquierdo M, Häkkinen K, Ibanez J, Anton A, Garrues M, Ruesta M & Gorostiaga E.M. 2003. Effects of strength training on submaximal and maximal endurance performance capacity in middle-aged and older men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 129-139.
- Izquierdo M, Hakkinen K, Ibanez J, Kraemer WJ & Gorostiaga E.M. Effects of combined resistance and cardiovascular training on strength, power, muscle cross-sectional area, and endurance markers in middle-aged men. 2004. *European Journal of Applied Physiology*, 94 (1-2), 70-75.
- Jones, A.M & Carter, H. 2000. The Effect of Endurance Training on Parameters of Aerobic Fitness. *Sports Medicine*, 29 (6), 373-386.
- Keskinen, K.L. 2004. Hengitys- ja verenkiertoelimistö ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K.L., Häkkinen, K. (toim.) *Urheiluvalmennus*, VK-kustannus, Lahti, 73-96.
- Lake, M.J. & Cavanagh, P.R. 1996. Six weeks of training does not change running mechanics or improve running economy. *Medicine and science in sports and exercise*, 28 (7), 860-869.
- Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. & Logan, P.A. 1999. Concurrent Strength and Endurance Training. A Review. *Sports Medicine*, 28 (6), 413-427.

- Leveritt, M., Abernethy, P.J., Barry, B.K. & Logan, P.A. 2003. Concurrent strength and endurance training: the influence of dependent variable selection. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (3), 503-508.
- McArdle W.D, Katch F.I, Katch V.L. 2007. *Exercise Physiology – Energy, Nutrition and Human Performance*. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia, USA.
- Millet GP, Jaouen B, Borrani F & Candau R. 2002. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Medicine and science in sports and exercise*, 34 (8), 1351-1359.
- Nummela, A. 2004. Energia-aineenvaihdunta ja kuormitus. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K.L., Häkkinen, K. (toim.) *Urheiluvalmennus*, VK-kustannus, Lahti, 97-126.
- Nummela, A., Keskinen, K.L & Vuorimaa, T. 2004. Kestävyys. Teoksessa Mero, A., Nummela, A., Keskinen, K.L., Häkkinen, K. (toim.) *Urheiluvalmennus*, VK-kustannus, Lahti, 333-363.
- Pietilä, E. 2006. Varusmiesten fyysisen suorituskyvyn kehittyminen peruskoulutuskaudella. Sotilaspedagogiikan pro gradu-tutkielma, Maavoimalinja, Maanpuolustuskorkeakoulu, Helsinki.
- Pollari, T. 2005. Yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset kestävyys-suorituskykyyn ja hermo-lihasjärjestelmän voimaominaisuuksiin nuorilla kestävyysjuoksijoilla. Valmennus- ja testausopin pro gradu-tutkielma, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto
- Pääesikunta. Koulutusosaston pysyväisasiakirja C 01:03. 2004. Varusmiesten fyysinen koulutus. (118/5. 11.1/D/I/14.06.2004)
- Puolustusvoimien koulutusosasto 2004. Taistelija 2005- Fyysisen suorituskyvyn tutkimustoiminta.
- Romu, S. 2001. Yhdistetyn voima- ja kestävyys-harjoittelun vaikutukset hermo-lihasjärjestelmän sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyyn. Liikuntafysiologian pro gradu-tutkielma, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto.
- Salonen, E. 2001. Yhdistetyn kestävyys- ja nopeusvoimaharjoittelun vaikutukset kestävyys-suorituskykyyn sekä voima- ja nopeusominaisuuksiin kestävyysurheilijoilla. Liikuntafysiologian pro gradu-tutkielma, Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto.
- Williams AG, Rayson MP & Jones DA. 1999. Effects of basic training on material handling ability and physical fitness of British Army recruits. *Ergonomics*, 42 (8), 1114-1124.

Williams, A.G. 2005. Effects of Basic Training in the British Army on Regular and Reserve Army Personnel. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 254-259.