

**21 VIIKON VOIMA-, KESTÄVYYS- JA NÄIDEN
YHDISTELMÄHARJOITTELUN VAIKUTUS
KESTÄVYYSOMINAISUUKSIIN UUPUMUKSEEN
ASTI SUORITETTAVASSA KÄVELYTESTISSÄ
KESKI-ikäisillä miehillä**

Janne Korhonen

Pro gradu- työ
Biomekaniikka
Jyväskylän yliopisto
Liikuntabiologian laitos
Kevät 2006
Työnohjaaja: Janne Avela

TIIVISTELMÄ

Korhonen, Janne 2006. 21 viikon voima-, kestävyys- ja näiden yhdistelmäharjoittelun vaikutus kestävyysominaisuuksiin uupumukseen asti suoritettavassa kävelytestissä keski-ikäisillä miehillä. Liikuntabiologian laitos, Jyväskylän yliopisto, 66 s.

Voima- ja kestävyysharjoittelun yhdistämistä pidetään ongelmallisena johtuen niiden eroavista harjoitusadaptaatiomekanismeista. Keski-ikäisillä miehillä on voimaharjoittelun havaittu parantavan fyysistä toimintakykyä mutta kestävyysharjoittelun lisääminen on heikentänyt voimaominaisuuksien kehittymistä. Toimintakyvyn säilymisen kannalta tarvitaan hyvän aerobisen kapasiteetin lisäksi hyvää hermo-lihasjärjestelmän toimintaa varsinkin raskaampia tehtäviä suoritettaessa. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 21-viikon voima-, kestävyys- ja näiden yhdistelmäharjoittelun vaikutuksia kestävyysominaisuuksiin uupumukseen asti suoritettavassa kävelytestissä keski-ikäisillä miehillä. 41 ikääntyvää miestä jaettiin tasavertaisiin ryhmiin voima- (VO, n=10), kestävyys- (KE, n=11), yhdistelmäharjoittelu- (VO+KE, n=11) ja kontrolliryhmään (KO, n=9). Voima- ja kestävyysryhmät harjoittelivat kaksi kertaa viikossa ja yhdistelmäryhmä 4 kertaa viikossa. Suoritteilla tähdättiin koko kehon harjoittamiseen. Yhdistelmäharjoittelu pyrittiin suoritettamaan harjoitteita vuorottelemalla. Chtara ym. (2005) ja Häkisen ym. (2003) mukaan edellä mainitun kaltaiset harjoittelumäärät mahdollistivat voima- ja kestävyysominaisuuksien kehittymisen. Sekä alku- että loppumittauksissa kaikilta koehenkilöiltä mitattiin antropometrisiä muuttujia, kestävyysuorituskykyä ja hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksia. Tutkimuksessa koehenkilön kestävyysominaisuuksia testattiin juoksumatolla tehdyllä uupumukseen asti suoritettavalla kävelyllä. Kävellessä koehenkilö kantoi käsissään 10 kg kasseja, joilla nostettiin suorituksen vaativuutta. Voimaharjoittelu koostui useilla laitteilla ja vapailla painoilla suoritetuista dynaamisista suorituksista siten, että harjoittelun intensiteetti kasvoi 40 % - 90 %:iin ja viimeiset kolme viikkoa ennen loppumittauksia olivat palauttelevia. Kestävyysharjoitteet olivat sykevalvottuja alkutesteihin perustuen ja toteutettiin pääosin polkupyöraergometrillä. Voimaharjoitteluryhmällä isometrinen maksimaalinen polvenojennus voima nousi tilastollisesti merkitsevästi kävelyn jälkeen ($16.6 \% \pm 29.7$, $p < 0.05$) sekä harjoittelun ansiosta kävely taloudellistui ($VO_{2submax}$ putosi $6.7 \pm 9.7 \%$, $p < 0.05$). Myös kävelyn kokonaisaika kasvoi VO-ryhmällä ($10 \% \pm 2.5$, $p < 0.05$). KE-ryhmällä kävelyn jälkeinen maksimivoima oli ($6.4 \% \pm 16.3$, n.s.), kävely ei taloudellistunut ($VO_{2submax}$ putosi $4.0 \pm 12.6 \%$, n.s.) ja kävelyn kokonaisaikaan harjoittelun vaiku-

tus oli ($2.5 \% \pm 4.3$, n.s.). VO-KE-ryhmän tulokset olivat maksimivoiman osalta harjoittelun ja kävelyn jälkeen ($5.1 \pm 9.6 \%$, n.s.), kävely ei taloudellistunut ($VO_{2submax}$ putosi $0.6 \pm 17.9 \%$, n.s.) ja kävelyn kokonaisaikaan yhdistelmäharjoittelun vaikutus oli ($8 \% \pm 3.1$, $p < 0.05$). Harjoittelemattomuus aiheutti suurempaa väsymyksen kokemista kävelyn jälkeen ($-2.9 \% \pm 9.3$, n.s.), submaksimaalisella kuormalla harjoittelemattomuudesta aiheutuva muutos oli ($VO_{2submax}$ putosi $3.8 \pm 10.6 \%$, n.s.) ja kävelyn kokonaisaika putosi ($8.5 \pm 7.1 \%$, $p < 0.05$). Tutkimuksen päätulokset harjoitteluryhmille olivat, että voimaharjoittelun jälkeen kävelystä aiheutuva väsymys pudotti maksimivoimaa huomattavasti vähemmän kuin harjoittelemattomuus ja myös submaksimaalinen kestävyys paranee, joka mahdollistaa suorituksen pidemmän keston. Kuntoilun kannalta tulokset ovat melko selkeitä. Kaksi kertaa viikossa tapahtuva kestävyys harjoittelu ei riitä aikaan saamaan parannuksia fyysisessä toimintakyvyssä tai hermo-lihasjärjestelmän voimaominaisuuksissa keski-ikäisillä miehillä.

Avainsanat: Voimaharjoittelu, kestävyys harjoittelu, hermo-lihasjärjestelmä, toimintakyky

LYHENTEET

PK	Peruskestävyys
VK	Vauhtikestävyys
MK	Maksimikestävyys
NK	Nopeuskestävyys
ATP	Adenosiinitrifosfaatti
MET	Kokonaishapen kulutus suhteutettuna henkilön painoon
E	Ennen kävelyn, käytettynä lyhenteissä
J	Jälkeen kävelyn, käytettynä lyhenteissä
ATP	Adenosiinitrifosfaatti
VO ₂	hapenkulutus
VO _{2max}	maksimaalinen hapenkulutus
VCO ₂	hiilidioksidin tuotto
HR	syke
VE	ventilaatio, keuhkotuuletus
PP	polkupyöräergometri
maxfE	Isometrinen maksimivoima (N) ennen kävelyä
maxfJ	Isometrinen maksimivoima (N) jälkeen kävelyn
maxFM%	Maksimivoiman (N) muutosprosentti
F500E	Voiman tuotto (N) 0-500ms isometrisessä maksimivoima suorituksessa, ennen kävelyä
F500J	Voiman tuotto (N) 0-500ms isometrisessä maksimivoima suorituksessa, jälkeen kävelyn
F500M%	Voiman tuotto (N) 0-500ms muutosprosentti isometrisessä maksimivoimasuorituksessa
Yhd 500E	0-500ms yhteen laskettut iemg- arvot ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) isometrisessä maksimivoimasuorituksessa, ennen kävelyä
Yhd 500J	0-500ms yhteen laskettut iemg- arvot ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) isometrisessä maksimivoimasuorituksessa, jälkeen kävelyn
M%	muutosprosentti
Yhd500M%	0-500ms yhteen laskettut iemg- arvot ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) isometrisessä maksimivoimasuorituksessa
F1500E	Voiman tuotto (N) 500-1500ms isometrisessä maksimivoimasuorituksessa, ennen kävelyä

F1500J	Voiman tuotto (N) 500-1500ms isometrisessä maksimivoimamasuorituksessa, jälkeen kävelyn
F1500M%	Voiman tuotto (N) 500-1500ms muutosprosentti isometrisessä maksimivoimamasuorituksessa
Yhd 1500E	500-1500ms yhteen laskettut iemg- arvot ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) isometrisessä maksimivoimamasuorituksessa, ennen kävelyä
Yhd 1500J	500-1500ms yhteen laskettut iemg- arvot ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) isometrisessä maksimivoimamasuorituksessa, jälkeen kävelyn
Yhd1500M%	500-1500ms yhteen laskettut iemg- arvot ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) isometrisessä maksimivoimamasuorituksessa
vl500E	iEMG Vastus Lateralis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms, ennen kävelyä
vl500J	iEMG Vastus Lateralis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms, jälkeen kävelyn
vl500M%	iEMG Vastus Lateralis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms muutosprosentti
vl1500E	iEMG Vastus Lateralis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms, ennen kävelyä
vl1500J	iEMG Vastus Lateralis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms, jälkeen kävelyn
vl1500M%	iEMG Vastus Lateralis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms muutosprosentti
rf500E	iEMG Rectus Femoris ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms, ennen kävelyä
rf500J	iEMG Rectus Femoris ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms, jälkeen kävelyn
rf500M%	iEMG Rectus Femoris ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms muutosprosentti
rf1500E	iEMG Rectus Femoris ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms, ennen kävelyä
rf1500J	iEMG Rectus Femoris ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms, jälkeen kävelyn
rf1500M%	iEMG Rectus Femoris ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms muutosprosentti
vm500E	iEMG Vastus Medialis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms, ennen kävelyä
vm500J	iEMG Vastus Medialis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms, jälkeen kävelyn
vm500M%	iEMG Vastus Medialis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 0-500ms muutosprosentti
vm1500E	iEMG Vastus Medialis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms, ennen kävelyä
vm1500J	iEMG Vastus Medialis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms, jälkeen kävelyn
vm1500M%	iEMG Vastus Medialis ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$) 500-1500ms muutosprosentti
K1 syke	Kuorman 1 syke (/min)
K1 lakt	Kuorman 1 laktaatti ($\text{mmol}\cdot\text{l}^{-1}$)

K1 VO2	Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)
K2 syke	Kuorman 2 syke (/min)
K2 lakt	Kuorman 2 laktaatti (mmol*1-1)
K2 VO2	Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)
AnK syke	Anaerobinen kynnys syke (/min)
AnK lakt	Kuorman 2 laktaatti (mmol*1-1)
AnK VO2	Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)
Max aika	Testin kävelyaika
Max syke	Testin maksimi syke
Max laktaatti	Testin maksimi laktaatti
Max VO2	Testin suurin hapenkulutus
M%2	kuormituksen aiheuttama muutos

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

LYHENTEET

1 JOHDANTO	4
2 FYYSINEN SUORITUSKYKY	5
2.1 Kestävyyssominaisuuksien fysiologiset tekijät ja niiden harjoittaminen	6
2.1.1 Kestävyyssuoritukseen vaikuttavat tekijät	8
2.1.2 Anaerobinen kynnys ja kapasiteetti	10
2.1.3 Aerobinen kynnys (AerK).....	11
2.1.4 Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max}).....	12
2.1.5 Kestävyyssominaisuuksien kehittyminen harjoittelun vaikutuksesta.....	13
2.2 Luurankolihasen voimantuotto	14
2.2.1 Voimantuottoon vaikuttavat mekaaniset tekijät.....	16
2.2.2 Voimaharjoittelun vaikutukset voima- ja kestävyysominaisuuksiin.....	16
2.3 Voima- ja kestävyysharjoittelun vaikutukset voima- ja kestävyysominaisuuksiin	19
2.4 Yleiskunnan merkitys ikääntyville miehille	20
3. TUTKIMUSONGELMAT.....	23
4. TUTKIMUSMENETELMÄT	24
4.1 Koehenkilöt.....	24
4.2 Tutkimusasetelma	25
4.3 Mittausprotokolla.....	26

4.4 Mittaukset.....	27
4.4.1 Kestävyysominaisuuksien mittaaminen.....	27
4.4.2 Voimaominaisuuksien sekä EMG:n mittaaminen.....	28
4.5 Tilastollinen analyysi.....	29
5 TULOKSET.....	30
5.1 Antropometriset muutokset.....	30
5.2 Voimamuuttujat.....	30
5.2.1 Maksimivoima.....	30
5.2.2 Voimantuotto 500–1500 ms.....	33
5.3 Kestävyyshuuttujat.....	34
5.3.1 Kuormien 1, 2, Ank ja maksimaalinen syke harjoitusryhmillä.....	34
5.3.2 Kuormien 1, 2, Ank ja maksimaalinen VO2 harjoitusryhmillä.....	35
5.3.3 Kävelyn kokonaisaika ja laktaatti harjoitusryhmillä.....	36
6. POHDINTA.....	38
7. LÄHTEET.....	42
8. LIITE 1.....	

1 JOHDANTO

Ikääntymisen myötä maksimaalinen tahdonalainen lihasvoima laskee, minkä on todettu olevan merkittävä syy fyysisen toimintakyvyn heikkenemiseen (Aniansson ym. 1986; Vandervoort ym. 1986; Frontera ym. 1991, 2000; Häkkinen ym. 1991; De Serres ym. 1998). Lihasvoima alkaa laskea voimakkaasti 50 ikävuoden jälkeen. Vandervoort ym. (1986) ja Aniansson ym. (1986) ovat tutkimuksissaan havainneet että, 70–80 ikävuoden välillä tahdonalainen maksimivoima laskee jopa 25–35%. Lihasvoiman putoaminen on suorassa yhteydessä neuraalisen ohjauksen heikkenemiseen (Vandervoort ym. 1986).

Suurin yksittäinen tekijä fyysisen toimintakyvyn heikkenemisessä ikääntyvillä on lihasvoiman putoaminen (Borkan ym. 1983; Lexell ym. 1988). Vandervootin ym. (1986) tutkimuksen vastaisesti De Serres & Enoka (1998) tutkimuksessaan havaitsivat ikääntyneiden ihmisten kykenevän kuitenkin maksimaaliseen tahdonalaiseen aktivaatioon kuten nuoretkin, joten maksimivoiman lasku ei johdu ainoastaan lihassolujen neuraalisesta ohjauksesta, vaan myös luurankoli hasten poikkipinta-alan pienenemisestä (Borkan ym. 1983; Lexell ym. 1988; Häkkinen ym. 1991; Vandervoort ym. 1986).

Ikääntyminen aiheuttaa lihassoluihin sarcopeniaa, joka vaikuttaa herkemmin II tyypin nopeisiin lihassoluihin kuin I tyypin hitaisiin soluihin (Aniansson ym. 1986; Lexell ym. 1988; Frontera ym. 2000). Sarcopenia tulkitaan luonnolliseksi lihassolujen vähenemiseksi ikääntyessä, kun vastaavasti spinaalisen lihasatrofian on havaittu lisäävän kehonsisäistä rasvaa ja sidekudosten suhteellista määrää. Spinaalisessa lihasatrofiassa kyseessä on keskushermoston toimintakäskyjä välittävien hermosolujen ja lihassolujen yhteyden osittaisesta heikkenemisestä, jossa selkäytimen liikehermosolut ovat sairastuneet (Borkan ym. 1983; Lexell ym. 1988). Lexellin ym. (1988) mukaan ikääntyessä lihaksen poikkipinta-alan pieneneminen aiheutuu myös lihassolujen kokonaismäärän laskusta, joka voisi olla jopa 39 % ikävuosien 20–80 välillä.

Pihatyöt ja raskaat arkiaskareet vaativat kestävyyttä, jolloin hermo-lihasjärjestelmän ja aerobisen kapasiteetin kyky työskennellä väsyneessä tilassa vaikuttavat merkittävästi suorituksen laatuun. Fyysiseen toimintakykyyn vaikuttaa maksimaalinen aerobinen energian tuottokyky (VO_{2max}), pitkäkestoinen aerobinen kestävyys, suorituksen taloudellisuus ja hermolihasjärjestelmän suorituskyky (Mero 1997). Kestävyys suorituksen aikana väsymystä aiheutuu keskushermostoon ja lihaksiston perifeerisiin osiin.

Suoritustekniikkaan, elastisuuteen ja lihasjäykkyyteen vaikuttaa suuresti neuraalinen ohjaus (Paavolainen ym.1999b).

Harjoittelussa pyritään muuttamaan elimistön tasapainotilaa erilaisilla ärsykkeillä. Harjoitusadaptaatioon vaikuttaa harjoituksen intensiteetti, suorituksen kesto, -tyyppi ja harjoituskertojen määrä. Elimistö pyrkii vastaamaan näihin ärsykkeisiin mukautumismekanismiensa avulla kehittymällä ärsykkeen mukaiseen suuntaan. Jotta elimistö kykenisi vastaanottamaan ärsykkeistä saadun hyödyn rakentavasti ja kehittävästi, tulisi sen olla palautuneessa tilassa. Palautumiseen vaikuttavat kevytharjoittelu, ravinto, nesteet, lihashuolto, venyttely ja levon määrä. (Åstrand & Rodahl 1986, 188–191.)

Kuormituksen spesifisyyteen vaikuttavat energiantuottomekanismien adaptoituminen haluttuun suuntaan, valkuaisainesynteesi joka tapahtuu vain harjoituksen vaatimissa lihaksissa, keskushermoston toiminta, aktiivisen lihasmassan määrä ja verenkierron ohjautuminen. Myös kuormitusta edeltävillä ajanjaksoilla on suurta merkitystä lopulliseen adaptaatioon. (Åstrand & Rodahl 1986, 188–191.)

Tässä tutkimuksessa selvitetään voima-, kestävyys-, ja näiden yhdistelmäharjoittelun aikaansaamia vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn ja hermolihasjärjestelmän ominaisuuksiin. Mittausprotokollalla on tarkoitus kuvata jokapäiväisiä askareita ja juoksumatolla kävely on tutkimusten mukaan todettu toistettavaksi ja luotettavaksi menetelmäksi kestävyyttä mitattaessa VO_{2max} : n avulla (Hollenberg ym. 1998; Thomas ym. 1987)

2 FYYSINEN SUORITUSKYKY

Fyysiseen kuntoon ja suorituskyyyn liittyy useita tekijöitä kuten voima, nopeus, nopeuskestävyys, kestävyys, notkeus ja koordinaatiotekijät eli taito ja tekniikka. Fyysiseen kuntoon yhdistetään usein terveyden kannalta haitalliset riskitekijät, psyykkiset tekijät, vanheneminen, työkyky ja terveydentilan häiriöt. Hyvä fyysinen kunto mahdollistaa päivittäisistä tehtävistä suoriutumisen ilman ylimääräistä väsymistä, jolloin ihminen kykenee myös nauttimaan vapaa-ajasta ja suoriutumaan yllättävistä tilanteista. Yksilön tarpeisiin suhteutettu suorituskyy riippuu iästä, sukupuolesta, terveydestä, ruumiinrakenteesta, perintötekijöistä ja harjoittelusta. (Pollock ym. 1987, Schilke 1991.)

Fyysinen toimintakyky jaotellaan yleiskestävyteen, lihaskuntoon ja motoriseen taitoon. Aerobinen kestävyys kuvaa verenkiertoelimistön toimintakykyä. Lihassoima ja -kestävyys sekä notkeus ovat liikuntaelinten toimintakyvyn osa-alueita. Motorisen taidon edellytyksenä pidetään liikehallintakykyä. Fyysinen suorituskyykapasiteetti koostuu seuraavista tekijöistä ja siihen vaikuttavat: somaattiset tekijät, harjoitusadaptaatio ja psyykkiset tekijät. Psyykkiset tekijät voidaan jakaa edelleen ympäristötekijöihin, joita ovat esimerkiksi melu, lämpö ja korkeus merenpinnasta. Somaattisiin tekijöihin kuuluvat sukupuoli, ikä, kehon segmentit ja terveyteen liittyvät muuttujat. Somaattiset tekijät ja harjoitusadaptaatio ovat yhteydessä aputoimintoihin ja suoritettavaan työhön. (Åstrand & Rodahl 1986, 188–191.)

Suoritettava työ voidaan jakaa intensiteetin, keston, tekniikan, asennon, rytmin ja vaaditun aikataulun avulla osatekijöihin. Edellä mainittuja aputoimintoja ovat energia ja sen nauttiminen, varastointi sekä hyödyntäminen. Toinen merkittävä aputoiminta on hapenotto. Se voidaan erotella ventilaatioon, hapen erotteluun valtimoiden ja laskimoiden välillä, ja sydämen minuuttivolyyymiin, johon vaikuttavat lisäksi sydämen iskutilavuus ja syke. (Åstrand & Rodahl 1986, 188–191.)

Muutokset fyysisen toimintakyvyn osa-alueilla alkavat viimeistään 30 vuoden iässä, jotka eivät ole suoraviivaisia iän lisääntyessä. Miehillä ja naisilla muutokset alkavat ja etenevät eri tavalla. (Malmberg ym. 2002.) Itse vanhenemiseen liittyvien muutosten erottaminen on usein vaikeaa, sillä työ ja elintavat voivat nopeuttaa tai hidastaa muutok-

sia. Ei myöskään tiedetä, missä määrin muutokset johtuvat ikääntymisestä ja missä määrin puolestaan iän myötä vähentyneestä liikunnasta.

Ikääntyessä ihmisen keho reagoi monella eri tavalla ja monet tapahtumat ovat vielä epäselviä mutta tutkimusten mukaan normaaliin ikääntymiseen liittyy luurankolihasien massan vähentyminen ja kehon rasvojen lisääntyminen (Cohn ym. 1980; Frontera ym. 2000; Fukagawa ym. 1990). Lihasmassan vähentymistä iäkkäillä kutsutaan sarcopeniaksi, jonka seurauksena menetetään lihasvoimaa ja jolla on yhteyksiä itsenäiseen selviytymiseen jokapäiväisissä toiminnoissa (Rosenberg ym. 1997). Useat tutkimukset ovat todistaneet vastusharjoittelun olevan turvallista ja vaikuttavan sarcopenian ehkäisyyn jopa yli 85-vuotiailla (Charette ym.1991; Fiadore ym.1990; Taaffe ym. 1996,1999.).

2.1 Kestävyysominaisuuksien fysiologiset tekijät ja niiden harjoittaminen

Koska kestävyysasuoritus koostuu useista isommista kokonaisuuksista ja pienemmistä muuttujista on näiden riippuvuussuhteita mahdotonta arvioida tai todeta täysin vastaviksi (Hallen 1993). Tämä seikka huomioon ottaen tässä kappaleessa keskitytään jo hyvin tunnettuihin ja todistettuihin tekijöihin, joilla on merkitystä kestävyysasuoritukseen. Kestävyysominaisuuksia tutkittaessa aiheina ovat usein tekijät jotka liittyvät sekä sydän- ja verenkiertoelimistön että hengityselimistön toimintaan ja hermolihasjärjestelmään. Tutkimuksissa käsitellään ihmisen kestävyysominaisuuksiin liittyviä suurempia kokonaisuuksia kuten sydämen minuuttitulavuutta, sykettä ja energia-aineenvaihduntaa sekä hermolihasjärjestelmän kykyyn työskennellä väsyneessä tilassa, lihasväsymistä ja keskushermoston aiheuttamia muutoksia lihastoiminnan säätelyssä.

Hapenottoon liittyvät tekijät jaetaan sydämen minuuttitulavuuteen ja verenkiertoelimistön maksimaaliseen happieroon. Minuuttitulavuuteen vaikuttavat syke ja sydämen isku-tilavuus, jonka osatekijöinä ovat kontraktiiteetti ja lähtötilanne ennen kuormitusta. Verenkiertoelimistön maksimaalinen $a\text{-Vo}_2$ -ero selittyy valtimoiden ja laskimoiden O_2 -sisällöllä, joihin vaikuttavat muun muassa veren- ja hapenkierrätys, hemoglobiini ja O_2 -saturaatio. (Åstrand & Rodahl 1986, 372–378.)

Sydämen aikayksikössä pumppaama verimäärä, eli minuuttitilavuus on periaatteessa suoraan verrannollinen hapenkulutukseen. Minuuttitilavuutta kasvatetaan kuormituksen ja hapenkulutuksen lisääntyessä jotka saadaan kompensoitua sydämen iskutilavuutta ja sykintäfrekvenssiä nostamalla. Aluksi iskutilavuus kasvaa noin 40 % VO_{2max} tasolle, joka vastaa useimmiten sykkeenä 110–120 lyöntiä/min, josta suuremmilla työtehoilla kasvu saadaan sydämen minuuttitilavuudessa sykintätaajuutta kasvattamalla (Åstrand & Rodahl 1986, 178–179, 187–188). Sydämen iskutilavuuteen vaikuttaa moni tekijä, mutta Åstrand ja Rodahl (1986, 178–179) ovat nostaneet keskeisimmiksi tekijöiksi vasemman kammion kontraktiiliteetin, kuormituksen ennen suoritusta, sykkeen ja laskimopaluun.

Sykkeen ja hapenkulutuksen välillä on steady-state -kuormituksessa n. 40–90 % VO_{2max} teholla erittäin lineaarinen yhteys ja korkea korrelaatio. Suhde ei ole kuitenkaan lineaarinen matalimmilla kuormitustasoilla, koska tällöin voidaan kasvattaa vielä iskutilavuutta. Vastaavasti samanlainen ilmiö on havaittavissa hyvin korkeilla intensiteetin kuormituksilla, jolloin on havaittavissa sykkeen tasaantumista (Heart rate deflection). Usein sykkeen ja hapenkulutuksen välistä käyrää kuvataankin sigmoidaalisella käyrällä. (Brooke ym. 1968; Brooke & Hamley 1972.)

Kun kyseessä on vakiokuormainen suoritus jonka intensiteetti vastaa submaksimaalista tasoa, voidaan hapenoton kinetiikka jakaa neljään eri vaiheeseen vaikka kuormat olisivat lyhyitä (Barstow & Mole 1996; Gaesser & Poole 1986; Poole & Richardson 1997; Xu & Rhodes 1999). Ensimmäistä vaihetta kutsutaan aikaiseksi komponentiksi, johon vaikuttaa pääasiassa lisääntynyt verenkierto keuhkoissa, joka loppuu 15- 20 sekuntia suoritukseen alun jälkeen. Toista vaihetta kutsutaan nopeaksi komponentiksi joka vastaa laskimoiden vähentyneestä happimäärästä ja myöhemmin lisää laskimoiden verenvirtausta. Kolmannessa vaiheessa, jota kutsutaan hitaaksi komponentiksi, on alkuhetki vielä epäselvä. Kolmas vaihe tulee heijasteena 80- 200 sekuntia suorituksen aloittamisen jälkeen alkaneesta nopeasta komponentista ja se nostaa hapen kulutuksen korkeammalle kuin ennuste joka on arvioitu sublaktaatti kynnyksen ja VO_{2max} -työtason suhteesta. Sublaktaatti kynnyksellä tarkoitetaan tasoa jolloin laktaatti nousee lähelle neljää mmol/l ja elimistö kykenee sen pitämään sillä tasolla. (Barstow & Mole 1996; Gaesser & Poole 1996; Poole & Richardson 1997.) Neljättä vaihetta kutsutaan ”steady-state”-tilaksi hapenkulutuksessa, joka saavutetaan 3-6 minuuttia suorituksen alusta ja syy viiveeseen on hitaassa komponentissa (Whipp & Waseman 1972).

Kestävyysuorituksen saatavilla oleva energia ja sen tehokas hyväksikäyttö mahdollistavat optimaalisen kestävyysuorituksen. On erittäin tärkeää, että työskentelevillä lihaksilla on hyvä energian hyväksikäyttökapasiteetti ilman ylimääräistä energiantuhlasta. (Daniels 1985; Cantwell 1985.)

Energiankulutus riippuu useista tekijöistä kuten suorituksen tyypistä, tiheydestä, kestosta ja intensiteetistä (Hagerman 1992). Lisäksi energiankulutukseen vaikuttavat henkilön fysiologiset ominaisuudet. Maksimaalinen energiankulutus on se energiamäärä, jonka keho enimmillään pystyy kuluttamaan minuutissa.

2.1.1 Kestävyysuorituksen vaikuttavat tekijät

Ihmisen fyysisiä kestävyysominaisuuksia ja niiden syntymekanismeja on tutkittu paljon. Muuttujia on valtavasti ja niiden vaikutuksia toisiinsa vertaillaan useissa eri yhteyksissä. Syke, verenpaine, maksimaalinen hapenotto, ventilaatio, happivelka ja -vaje, liikkumisen taloudellisuus, anaerobinen- ja aerobinen kapasiteetti ja -kynnys ovat käytetyimpiä muuttujia mitattaessa sydän- ja verenkierto- sekä hengityselimistön toimintakykyä. (Palmer & Sleivert 2001.) Maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) on tärkein fysiologinen muuttuja, joka kuvaa parhaiten sydän- ja verenkierto- ja hengityselimistön maksimaalista toimintakapasiteettiä (Åstrand & Rodahl 1986, s. 299). VO_{2max} :ia käytetään myös kuvaamaan maksimaalista tehoa submaksimaalisessa kestävyysuorituksessa jonka kesto on yhtäjaksoisesti alle kahdeksan minuuttia. Pidempikestoisissa suorituksissa merkittävämmäksi muuttujaksi tulee laktaatin tuoton estokyky. Tutkimuksissa on todistettu että parantunut VO_{2max} vähentää laktaatin muodostumista tietyllä korkean kuormituksen intensiteetillä liikuttaessa. (Åstrand & Rodahl 1986.)

Useiden tutkimustulosten valossa Noakes (1998, s. 99) on tullut siihen tulokseen, että kestävyysuoritusta rajoittavat sekä fysiologiset tekijät että hermolihasjärjestelmän voimantuotto ominaisuudet. Fysiologisista tekijöistä merkittävin on hapen kuljetus ja sen käyttöön liittyvät tekijät. Myös anaerobiseen tehoon ja kapasiteettiin liittyvät tekijät vaikuttavat osaltaan kestävyysuoritukseen. Noakes puhuu lihastehokkuudesta (muscle power), joka myös vaikuttaa kestävyysuorituskykyyn (Noakes 1991, s. 99). Keskushermoston toiminta on yhteydessä väsymiseen ja täten myös kestävyysuoritukseen. Aivo-

jen ja selkärangan alueen käskytykselle lihaksille heikkenee kovatehoisessa kestävyysuorituksessa lihasten väsymisen myötä.

Lihastoiminnan neuraalinen säätely voi rajoittaa kestävyysuorituskykyä, jos se ilmenee lihasten välisen koordinaation ja aktiopotentiaalin välittymisen heikkoutena. Lihastoiminnan neuraalisen ohjauksen merkitys suoritustekniikkaan, lihasjäykkyyden säätelyyn ja elastisuuden hyväksikäyttöön on oleellinen kestävyysuorituksen kannalta. Kestävyysuorituksen aikana lihastoiminnan säätelyssä tapahtuu suoritusta heikentäviä muutoksia keskushermoston- ja lihasväsymisen seurauksena. Hermo-lihasjärjestelmän kyky toimia on tällöin tärkeää kestävyysuorituskyvyn kannalta”. (Paavolainen 1999b, 70–71.)

Pidempikestoisessa kestävyysuorituksessa, jossa kestävyysominaisuudet ovat ratkaisevassa asemassa, suorituksen keston ja laatuun vaikuttavat merkittävästi tehokas aerobinen energiantuotto ja lihasten aerobinen kestävyys. Aerobiseen kestävyteen vaikuttavat lihasten lisääntynyt aerobinen entsyymiaktiivisuus, mitokondrioiden määrä ja hiusverisuonten tiheys lihaksissa, joita kestävyysuorituksessa käytetään. (Klausen ym. 1981.)

Suomalaisen testaus- ja valmennuskulttuurissa kestävyys jaetaan aerobiseen ja anaerobiseen osa-alueeseen. Aerobinen kestävyys voidaan jakaa kolmeen osaan: perus- (PK)(Liite 1), vauhti- (VK)(Liite 2) ja maksimikestävyteen (MK)(Liite 3). Aerobisen kestävyden osa-alueiden välisistä rajoista käytetään nimityksiä aerobinen kynnys (peruskestävyyden ja vauhtikestävyden välinen raja) ja anaerobinen kynnys (vauhtikestävyden ja maksimaalisen kestävyden raja). Maksimaalinen aerobinen teho (VO_{2max}) mittaa aerobisen energiantuottokoneiston maksimitehoa. Vastaavasti anaerobisen kestävyden osa-alueita nimitetään nopeuskestävyydeksi (NK). Anaerobinen kestävyys voidaan jakaa kahteen osaan, riippuen siitä aiheuttaako suoritus maitohapon tuottoa vai ei. Kyseessä on alaktinen suoritus, mikäli maitohappoa ei synny ja vastaavasti laktinen, mikäli maitohappoa syntyy. (Aunola & Rusko 1984.)

Maitohappoa tuottamattomalla energiantuotolla tarkoitetaan lihasten välittömien energialähteiden vapauttamista hapettomassa prosessissa. Tämä on nopein, lyhyin ja tehokain, mutta rajallinen energiantuottotapa. Nämä energiavarastot käytetään loppuun mak-

simaalisen suorituksen alku vaiheessa. Samanaikaisesti ja suoritusta jatkettaessa tapahtuu laktaattia tuottavaa anaerobista energian vapautumista. Tämä on merkittävä energiantuottotapa lyhyissä maksimisuorituksissa, mutta myös yli 60 % maksimaalisesta aerobisesta tehosta olevissa pitkäkestoisissa suorituksissa. (Kliininen fysiologia. 1994, 244–249).

2.1.2 Anaerobinen kynnys ja kapasiteetti

Suomalaisen ajattelumallin mukaan anaerobinen kynnys (AnK) toimii muun muassa happamuuden puskurimekanismin ylärajana ja tällöin voidaan puhua korkeimmasta metaboliantasosta jolloin veren pH säilyy ”steady-state”-tilassa (Stegmann ym. 1981). AnK:llä laktaattia tuotetaan ja poistetaan maksimaalisesti ja lisäksi ventilaation on havaittu kiihtyvän suhteessa hapenkulutukseen ja hiilidioksidin tuottoon. Stegmann ym. (1981) tutkivat anaerobista kynnystä käyttäen kasvavaa kuormaa jonka kesto oli kolme minuuttia. Heidän oletuksenaan oli että laktaatti nousee kuorman vaatimalle tasolle ja pysyy siellä. Jälkeenpäin kuitenkin useissa tutkimuksissa on havaittu, että mikäli kyseessä on suoritus jossa intensiteetti kasvaa progressiivisesti, laktaatti ei saavuta ”steady-state”-tilaa kolmessa minuutissa (Jacobs & McLellan 1988; McLellan ym. 1991; Orok ym. 1989; Schnabel ym. 1982; Stegmann & Kindermann 1982; Stegmann ym. 1981; Urhausen ym. 1993).

Anaerobinen kapasiteetti määritetään kokonaisenergian tarpeesta mitattuna supramaksimaalisen suorituksen aikana syntyneestä happivajeesta (Hermansen & Medbø 1984).

Anaerobisen kynnyksen määrittämisessä käytetään Suomessa yleisessä käytössä olevia määrittämissuhteita (Aunola & Rusko 1984).

- Laktaatin jyrkempi nousukohta suhteessa mitattuun hapenkulutukseen.
- Ventilaation (VE) lineaarisuudesta poikkeava nousukohta suhteessa hiilidioksidin tuottoon (VCO_2).
- Ventilaatioekvivalenttien (VE/VO_2) ja (VE/VCO_2) jyrkkä lineaarisuudesta poikkeava nousukohta suhteessa mitattuun hapenkulutukseen.

Laktaatti on painotetussa asemassa ja lisäksi apuna käytetään TrueO₂ jyrkkää laskukotaa.

2.1.3 Aerobinen kynnys (AerK)

Kestävyysominaisuuksia harjoitettaessa toinen olennainen tekijä on aerobinen kynnys. Aerobinen kynnys jakaantuu kahteen osa-alueeseen, laktaattikynnykseen ja ventilaatiokynnykseen. AerK on korkein energiankulutuksen /-kuormituksen taso, jolla veren laktaatti pysyy lepotasolla. Kynnyksellä energiantuotto on siis lähes täysin aerobista ja maitohappo hajoaa lihaksistossa poistuessaan vety- ja laktaatti-ioneiksi. Laktaatti- ja ventilaatiokynnysten välinen syy-seuraussuhde ei ole kuitenkaan yksiselitteinen. (McArdle ym. 2000, 290–296.)

Laktaattikynnyksen ominaispiirteitä ovat lisääntynyt energiantarve, hormonitoiminnan aktivoituminen, glykolyysin tehostuminen, nopeiden lihassolujen rekrytointi ja epätasapaino lihassoluissa laktaatin tuoton ja hajotuksen välillä. Pelkkä hapenpuute sinällään ei kykene selittämään laktaattikynnystä. (Aunola & Rusko 1984.)

Ventilaationkynnyksellä maitohappoa puskuroidaan bikarbonaatin avulla, hiilidioksidin tuotto kasvaa ja ventilaatio kiihtyy suhteessa hapenkulutukseen, eli elimistön happamuustaso säilyy muuttumattomana (Aunola & Rusko 1984).

Aerobisen kynnyksen määrittämisessä käytetään Suomessa yleisessä käytössä olevia määrittäskriteerejä (Aunola & Rusko 1984).

- Laktaatin nousu perustasosta, kuitenkin se ei ole laktaattikäyrän alin kohta
- Ventilaation nousu suhteessa hapenkulutukseen
- VE/VO_2 alin kohta

Ensimmäinen kohta on painotetussa asemassa, lisäksi apuna käytetään LA/VO_2 alinta kohtaa ja $TrueO_2$ korkeinta kohtaa.

2.1.4 Maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2max})

Maksimaalinen hapenotto kuvaa elimistön maksimaalista kykyä kuljettaa happea työkenteleville lihaksille, joissa energiaa (ATP) tuotetaan supistuville lihaksille oksidatiivisten prosessien kautta (Åstrand & Rodahl 1986, s. 338–341). Toiminnallista aerobista kapasiteettiä, eli maksimaalista hapenottokykyä pidetään tärkeimpänä ja mitatuimpana muuttujana kestävyyskykyä arvioitaessa (Saltin & Strange 1991; Siconolfi ym. 1985).

Maksimaalinen hapenottokyky ilmoitetaan joko l/min, ml/kg/min tai METs yksikköinä. Yksikkö l/min kertoo litroina sen happimäärän, jonka elimistö pystyy käyttämään yhdessä minuutissa. Tämä on elimistön yhden minuutin aikana kuluttama kokonaishappimäärä, ja se kertoo sydämen kapasiteetin. Yksiköt ml/kg/min ja METs kertovat kokonaishappimäärän suhteutettuna henkilön painoon. Levossa siis ihminen kuluttaa energiaa noin yhden kcal kehon painokiloa kohden yhdessä tunnissa. MET- yksikkö kuvaa tätä lepotilan energiankulutusta, joka on noin 3,5 ml/min/kg hapenkulutusta. METit ilmaisevatkin työn ja liikunnan aiheuttamaa energiankulutusta kerrannaisina. Viime vuosina tehtyjen tutkimusten pohjalta on julkistettu artikkeleita eri tehtävien kuormittavuuksista ja niissä esiintyvät yleisimmät urheilu suoritukset ja päivittäiset askareet ovat liitteenä 8. (Morey ym. 1998; Ainsworth ym. 1993, 2000.)

Jo kauan aikaa sitten Hill ym. (1924) havaitsivat VO_{2max} määräytyvän neljästä päätekiestä: valtimoiden happisaturaatiosta (% SaO₂), yhdistetystä laskimoiden happisaturaatiosta (% Sv-o₂), veren happikapasiteetista ja verenkierron vilkkaudesta/nopeudesta. Happsaturaatio on se luku (prosenttia), jonka verenpunan hapensitomiskohdista on liitetty happea. Bassett & Howley (1997) puolsivat Hillin ajatuksia siitä, että sydämen maksimaalinen iskutilavuus ja muut sydän- ja verenkiertoelimistön toiminnat ovat merkittävämmässä osassa VO_{2max} :n rajoittajana kuin keuhkojen toiminta. Kuitenkin VO_{2max} :iin vaikuttaa myös keuhkojen diffuusion rajallisuus eli se, miten tehokkaasti ja nopeasti hiilidioksidiä ja etenkin happea pystytään siirtämään keuhkoista verenkiertoon ja päinvastoin.

Maksimaalista hapenottoa on tutkittu hyvin paljon sekä kestävyysurheilijoilla että harjoittelemattomilla henkilöillä (Dehn & Bruce 1972; Hawkins ym. 2001; Kasch ym. 1995; Ogawa ym. 1992; Proctor & Joyner 1997; Rogers ym. 1990; Suominen ym. 1977;

Vogel ym. 1986; Wiswell ym. 2001), se on siis yksi tärkeimmistä, ellei tärkein indikaattori, joka kuvaa henkilön kykyä ylläpitää kovatehoista kestävyysuomaisuutta (McArdle ym. 1996, s. 126–127).

2.1.5 Kestävyysominaisuuksien kehittyminen harjoittelun vaikutuksesta

Aerobinen kuntoharjoittelu vaikuttaa ominaisuuksiin sekä sydän-, verenkierto- ja hengityselimistönsä tasolla että lihaskudoksen aineenvaihduntakykyä ja parantaa rasva-aineiden polttokykyä, lisäksi harjoittelu kehittää lihasten glykogeenuvarastoja. Psykkisten ominaisuuksien kehittymistä ja niiden harjoittamista tai vaikutuksia kestävyysominaisuuksiin ei tässä tutkimuksessa käsitellä, koska pääpaino tutkimuksessa on fysiologisella puolella ja etenkin lyhytaikaisessa kestävyysharjoittelussa ja muutoksissa hapenoton kinetiikassa, josta on saatavilla runsaasti kirjallisuutta (Casaburi ym. 1987; Gaesser 1984; Hagberg ym. 1980; Hausswirth ym. 1997; Womack ym. 1995; Yoshida ym. 1992). Merkittäviä harjoitusvaikutuksia saadaan vielä vanhuudessakin, esim. 90 vuoden iässä. Aina noin 80 vuoden ikään saakka ne senioriurheilijat, jotka jatkavat harjoittelua entisellä intensiteetillä, menettävät vuosikymmenessä aerobisesta kapasiteetistaan vain noin 5 prosenttia, mikä on huomattavan paljon keskivertoväestöä vähemmän (<http://ffp.uku.fi/intro/iakmyont.htm>).

Seuraavassa on listattu kestävyysharjoittelun fysiologisia vaikutuksia:

- Harjoitettujen lihasten mitokondrioiden määrä ja koko kasvavat sekä niiden toimintaherkkyys paranee, tähän vaikuttaa oleellisesti harjoittelun kesto, intensiteetti ja harjoittelun tyyli (Dudley ym. 1987; Spina ym. 1996; Henriksson 1977; Hurley ym. 1986; Henriksson & Reitman 1977). Mitokondriot ovat edellytys energia-aineenvaihdunnalle ja hapenkulutuksen kehittymiselle (Holloszny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986; Kohrt ym. 1991; Makrides ym. 1990; Seals ym. 1984).
- Aineenvaihdunnalliset muutokset: taloudellistuminen aiheutuu vähäisemmästä glykogenolyysistä (Hermansen ym. 1967; Jansson & Kaijser 1987) ja tehos- tunteesta glykolyysistä (Hermansen ym. 1967) johtuva pienentynyt aineen vaihdunta submaksimaalisella tasolla.
- Aerobiseen energiantuottoon tarvittavien entsyymien aktiivisuus kasvaa (Holloszny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986).

- Rasvojenkäyttökyky paranee ja näin glykogeeniä säästyy (Vincent ym. 2002).
- Lihasten glykogeenivarastot kasvavat (Holloszny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986).
- Hitaat lihassolut kasvavat (Spina ym. 1996).
- Sydämen isku- ja minuuttitilavuus kasvavat vasemman seinämän vahvistuttua ja tilavuuden suurennuttua, kuitenkin sydämen maksimisyke ei laske. Usein myös itse sydän kasvaa (Holloszny & Coyle 1984).
- Veriplasman määrä lisääntyy (Coggan ym. 1992).
- Syke ja verenpaine laskevat levossa ja submaksimaalisessa suorituksessa (Holloszny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986).
- Valtimo-laskimo O₂-ero kasvaa ja siihen vaikuttavat osin mitokondrioissa tapahtuvat muutokset (Åstrand & Rodahl 1986).
- Lihasten kapillaaritiheys suurenee (Holloszny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986).
- Veren virtaus ja ohjaus tehostuu elastisuuden ja rakenteiden kehittymisen seurauksena (Holloszny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986).
- Maksimikeuhkotuuletus kasvaa (Kohrt ym. 1991).
- Dna:n vahingoittuminen pienenee ja rotilla havaittu lihassolujen korjautumismahdollisuutta (Radak ym. 2002).
- Erytrosyyttien antioksidanttisten entsyymien aktivaation säätely kehittyy (Radak ym. 2002).

2.2 Luurankolihas voimantuotto

Luurankolihas tuottaa voimaa supistumalla, minkä suuruuteen vaikuttavat lihaksen mekaaniset ja hermostolliset tekijät. Lihasten hypertrofia eli poikkipinta-alan kasvun on todettu kasvattavan maksimivoimaominaisuuksia harjoitetuissa lihaksissa. Hypertrofian, motoristen yksiköiden rekrytointi ja syttymistiheyksien kasvaminen ovat keskeisimpiä tekijöitä voimaominaisuuksien kehittymisessä (Komi 1986; Sale 1992; Häkkinen ym. 1985). Suurin kehitys suhteellisen voimatason kasvussa saadaan voimaharjoittelulla (Dons ym. 1979; Frontera ym. 1988; McCartney ym. 1995; Sale ym. 1992).

Liikkeiden aikaansaamiseksi tarvitaan motorisen järjestelmän aktivointia, mikä edellyttää motoristen yksiköiden, johtavien kalvorakenteiden, venytys-supistus lihastyötavan ja sensoristen reseptorien yhteistoimintaa. Ihmisen liikkumisessa ominaista on lihasvoimien huolellinen ja tarkka säätely siten, että erilaisten liikkeiden suorittaminen mahdollistuu. (Enoka 1994, s. 195.)

Lihassupistuksia ohjaa hermostollinen säätelyjärjestelmä. Hermostossa tiedon kulku eri elinten välillä tapahtuu sähköisesti, jolloin tiedon siirron toiminnallisena yksikkönä on hermosolu. Keskushermosto saa käskyt motoriselta aivokuorelta ja näin ollen ohjaa ihmisen motorista kontrollia. Hermosolu voi ottaa vastaan joko fasilitoivaa (aktivoivaa) tai inhiboivaa (estävää) tietoa. Toimintakäskyt kulkevat lihaksille pääasiassa motorista liikehermoa, alfa-motoneuronia pitkin. (Guyton 1996, s. 512–538.)

Aktiopotentialin kulkunopeus riippuu hermosolun paksuudesta ja myeliinitupesta siten, että myeliinitupelliset ja paksut hermosolut johtavat impulssia nopeimmin. Hermoimpulssin johtumisnopeus vaihtelee muutamasta metrillä sekunnissa jopa yli 100 metriin sekunnissa. Lihassolukalvolla aktiopotentialin johtumisnopeus on noin 2-5 metriä sekunnissa. (McArdle ym. 1996, s. 339–355.)

Luurankolihasen pienin toiminnallinen yksikkö on motorisen hermo-fiiberin eli α -motoneuronin sekä kaikkien sen hermottamien lihasfiibereiden muodostama motorinen yksikkö (MY). Motoriset yksiköt voidaan jakaa nopeisiin, jotka koostuvat lihassoluista tyypeistä (IIa ja IIb) ja hitaisiin, jotka muodostuvat lihassolutyypistä (I), joista kestävyys-suorituksessa käytössä ovat pääasiassa hitaat johtuen niiden matalasta voimantuotosta, hitaasta supistumisnopeudesta sekä hyvästä väsymyksen sietokyvystä ja oksidatiivisesta kapasiteetista. Motoristen yksiköiden käyttöönotto eli rekrytointi noudattaa kokoperiaatetta eli pienet hermosolut (hitaat motoriset yksiköt) otetaan ensin käyttöön ja sen jälkeen suuret hermosolut (nopeat motoriset yksiköt). (Freund 1983.)

Kevyemmässä urheilusuorituksessa rekrytoidaan valikoivasti hitaita motorisia yksiköitä, joilla on matalampi aktivointi kynnys. Suurempia voimatasoja vaativissa suorituksissa aktivoidaan progressiivisesti nopeita motorisia yksiköitä, jolloin maksimivoimantuotto-taso voidaan saavuttaa. (Freund 1983.) Kestävyys-suorituksessa motoristen yksiköiden syttymismalli on vähemmän synkronoitu, jolloin motoriset yksiköt eivät rekrytoidu sa-

manaikaisesti. Tällöin toiset motoriset yksiköt työskentelevät toisien palautellessa lepotilassa, mikä mahdollistaa suorituksen jatkamisen minimaalisella väsymyksellä. Voiman lisääminen tapahtuu ottamalla käyttöön uusia motorisia yksiköitä ja lisäämällä käytössä olevien yksiköiden käskytystiheyttä. (McArdle ym. 1996, s.344 -351.)

Perusvoimaharjoittelun suurilla painoilla on todistettu kehittävän neuraalista ohjausta ja aiheuttavan lihaksissa hypertrofiaa (Komi 1986; Sale 1992; Häkkinen 1994). Aerobisen ja anaerobisen suorituskyvyn lisäksi kestävyys suorituskykyyn vaikuttaa myös hermolihasjärjestelmä, joka kontrolloi myofibrillien poikittaissilytysten aktivoitumista ja motorististen yksiköiden syttymistiheyttä sekä voimantuottoa (Green & Patla 1992; Paavola ym. 1999b).

2.2.1 Voimantuottoon vaikuttavat mekaaniset tekijät

Lihasten voimantuoton mekaanisia tekijöitä ovat muun muassa lihaksen toimintatapa (isometrinen, dynaaminen; eksentrisen, konsentrisen), anatominen rakenne, solu- ja kauma, entsyymipitoisuudet, kalsiumin vapautuminen, esivenytys, lihaspituus ja nivelkulma, voima-nopeus sekä voima-aika – riippuvuus. Hermostollisia tekijöitä ovat esiaktiivisuus, refleksitoiminta ja hermoston kokonaispanos. Lisäksi henkilökohtaisia tekijöitä ovat motivaatio, sukupuoli, energiavarastot ja vetyioneiden määrä. (Komi 1986; Enoka 1988.) Tarkasteltaessa yksittäistä lihasta kokonaisuutena, se koostuu aktiivisesta supistuvasta komponentista ja passiivisesta venyvistä sidekudoksesta joka voidaan jakaa rinnakkaiseen- ja peräkkäiseen elastiseen komponenttiin. Lihaksen pienimmäksi toiminnalliseksi elementiksi kutsutaan sarkomeeria, jonka tuottama voima riippuu aktiini- ja myosiinifilamenttien keskinäisestä asennosta. Sarkomeerin voimantuotto on suurimmillaan keskipituuksilla, jolloin poikittaissiltoja on muodostuneena eniten. Lihaksen tuottama voima on n. 16–30 N/cm² huolimatta sukupuolesta. (McArdle 417-451.)

2.2.2 Voimaharjoittelun vaikutukset voima- ja kestävyysominaisuuksiin

Voiman suhteellisen suurta kasvua harjoittelun alussa (0-8 viikkoa) selitetään hermostollisen järjestelmän tehokkaammalla aktivoitumisella, eli lihaksistossa ei ole havaittu alkuvaiheessa hypertrofiaa. Psykologisilla tekijöillä on myös vaikutusta voimantuottoon

ja kasvuun mutta niillekin on määritelty raja anatomisilla ja fysiologisilla tekijöillä (McCarthy ym. 2002).

Lihaksen voimatason kasvuun voimaharjoittelun ansiosta vaikuttaa pääasiassa lihassolujen laajeneminen eli hypertrofia. Solun sisällä myofibrillit (lihassäikeet) lisääntyvät ja paksunevat proteiinisynteesin kiihtyessä. Tämä on seurausta lisääntyneestä lihasproteiinipitoisuudesta. Lisäksi lihaksen ATP, kreatiinifosfaatti ja glykogeenivarastot lisääntyvät ja kasvavat.

Voimaharjoittelu vahvistaa myös lihastukikudosta ja lihassäikeitä ympäröiviä satelliittisoluja (McArdle & ym. 1996, 417–451; Bell & ym. 2000) (Taulukko 1). Voimaharjoittelun ylikuormitus parantaa jänteiden ja ligamenttien rakenteellista ja toiminnallista kokonaisuutta ja näin saadaan tuotettu voima siirrettyä tehokkaammin ja turvallisemmin haluttuun kohteeseen.

TAULUKKO 1. Mukailtu Bell & ym. (2000), harjoittelun vaikutus lihassolujen kokoon.

Ryhmä	Solutyyppi	Ennen harjoittelua solun	Jälkeen harjoittelun
		koko (μm^2)	solun koko (μm^2)
Kestävyys	II keskiarvo	3494	3877
	I keskiarvo	3622	4014
Voima	II keskiarvo	3506	4483
	I keskiarvo	3250	4137
Yhdistelmä	II keskiarvo	3542	4030
	I keskiarvo	3575	4030

Käytetyin voimaharjoittelumenetelmä on harjoittelu lisääntyvällä kuormalla (progressive resistant exercise). Seuraavassa on listattu havainnot kyseisen menetelmän eduista (Komi 1986):

- Suoritettaessa harjoitus 3-rm ja 12-rm välillä saadaan tehokkain toistomäärä.
- PRE harjoitus 1-RM:n menetelmällä kerran viikossa lisää voimaa kun harjoitus kestää kuusi viikkoa.
- Tehokkainta voiman parannusta saadaan aikaa kun suoritetaan yksi 10-RM:n sarja jokaisessa harjoituksessa. Harjoituksen muut sarjat voi suorittaa millä tahansa prosenttiosuudella 10 RM:stä.
- Kolme kertaa tehty harjoitussarja on kaikkein tehokkain.

- Optimaalisin harjoituspäivien määrä viikossa on epäselvä.
- Jos harjoittelu sisältää erilaisia harjoitteita, on 2-3 päivänä viikossa harjoittelu tehokkaampaa kuin 4-5 päivänä. Jos päivittäin harjoitetaan samoja lihaksia, ei palautumista ehdi tapahtua riittävästi.
- Nopeammin suoritettavat liikkeet parantavat lihasvoimaa enemmän kuin hitaat.

Voimaharjoittelun adaptoitumiseen on perinteisesti ajateltu vaikuttavan seuraavat kuusi tekijää (Åstrand & Rodahl 1986):

- fyysinen aktiivisuus ja harjoittelu
- ravinto
- perintötekijät
- hermojärjestelmän aktiivisuus
- umpirauhasen toiminta
- ympäristötekijät.

Erilaisten tutkimusten mukaan voimaharjoittelun on todettu parantavan kestävyystoimintakykyä ja nostavan maksimaalista hapenottoa 8-10 % (Sale ym. 1990; McCarthy ym. 1995) ja jopa enemmän (Ades ym. 1996; Hickson 1980, McCartney ym. 1995; Hurley ym. 1984; Davies ym. 1971) iäkkäillä ihmisillä, harjoitteluintensiteetin ollessa suhteellisen kevyttä ja pienillä painoilla. Voimaharjoittelun vaikutukset hengitys- ja verenkiertoelimistöön riippuvat pääosin intensiteetistä, kestosta ja harjoituskertojen lukumäärästä (Åstrand & Rodahl 1986). Mikäli harjoitteluintensiteetti ei ole riittävä (<45 % VO_2 Max) ja suoritukset ovat yleisestä käytännöstä poikkeavia, ei hapenkulutus nouse vaaditulle elimistöä kuormittavalle tasolle ja kestävyysominaisuudet eivät kehity (Hurley ym. 1984).

Davies ym. (1971) julkaisi tutkimuksessaan voimaharjoittelun intensiteetin rajaksi 50 %:a VO_{2max} :sta, jolloin kestävyysominaisuudet kehittyisivät. Lisäksi tutkimusten mukaan optimaalisin harjoittelun kesto olisi 12 viikkoa (Hickson 1980; Sale & ym. 1990; McCarthy & ym. 1995; Hurley & ym. 1984) mutta myös lyhyemmällä harjoittelujaksolla on saatu merkittäviä tuloksia aikaan (Balabinis ym. 2003).

2.3 Voima- ja kestävyys­harjoittelun vaikutukset voima- ja kestävyysominaisuuksiin

Kuten jo aiemmin on todettu, voimaharjoittelu lisää voimaominaisuuksia ja vastaavasti kestävyys­harjoittelu kestävyysominaisuuksia. Viime aikoina on tutkittu näiden eri harjoitusmenetelmien vaikutuksia toisiinsa ja niiden on todettu olevan hyvä harjoittelumenetelmä myös aiemmin harjoittelemattomille henkilöille (Tanaka & Swensen 1998; Paavolainen ym. 1999; Millet ym. 2002; Hoff ym. 2002; McCarthy ym. 1995; Balabinis ym. 2003; Marcinik ym. 1991). Harjoittelun hyödyt ovat hypertrofiassa (tyypin I ja II) ja taloudellisuudessa (Hoff ym. 2002) ja näin kyetään jatkamaan submaksimaalista suoritusta kauemmin.

Voiman ja tehon kehittymisen on osoitettu hidastuneen kestävyys­harjoittelun lisäämisen jälkeen voimaharjoittelun tueksi (Bell ym. 2000; Dudley ym. 1985; Hennessy ym. 1994; Hickson 1980; Hunter ym. 1987; Kreamer ym. 1995). Myös toisenlaisia tutkimustuloksia on saatu jotka eivät tue väitettä, jonka mukaan voimaharjoitteluun yhdistetty kestävyys­harjoittelu estää lihasvoiman kehittymistä ja lihashypertrofiaa. Yhdistetty voima- ja kestävyys­harjoittelu lisää voimatuottokykyä ja maksimaalista hapenottoa, kun harjoittelu ulottuu pitemmälle aikavälille (21 viikkoa) ja harjoittelutiheys on melko pieni (2 tai 4 kertaa/viikko) (Abernethy & Quigley 1993; Gravelle & Blessing 2000; McCarthy ym. 1995; Nelson ym. 1990; Sale ym. 1990; Volpe ym. 1993). Sen sijaan räjähtävän voimantuoton kehittyminen saattaa estyä yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun seurauksena johtuen harjoitettujen lihasten nopean neuraalisen aktivoinnin rajallisista muutoksista.

Häkkisen ym. (2003) tutkimuksen mukaan 21 viikon voima – ja kestävyys­harjoittelu kaksi kertaa viikossa paransi voimaharjoitteluryhmällä 21 % ja yhdistelmäharjoitteluryhmällä 22 % maksimaalista konsentrista tulosta jalkojen ekstensoriryhmän lihaksissa. Hypertrofiset harjoitusadaptaatiot ovat samankaltaisia kuin voima- ja kestävyys­harjoittelussa (Häkkinen ym. 2003; Bell & ym. 2000) (Taulukko 2). Kreamer ym. 1995 ovat kuitenkin tutkimuksissaan osoittaneet kestävyys­harjoittelun heikentävän voimaharjoittelun hypertrofisia vaikutuksia. Myös 21 viikon yhdistelmäharjoittelun on osoitettu pa-

rantavan merkittävästi aerobista toimintakapasiteettia (Häkkinen ym. 2003; Hickson 1980; Dudley ym. 1985; McCarthy ym. 1995).

TAULUKKO 2. Mukailtu Häkkinen & ym. (2003) Lihasfiibereiden muutos harjoittelun ansiosta.

Lihassolutyyppi	Voimaharjoittelu		Yhdistelmäharjoittelu	
	Keskiarvo	Keskiarvo	Keskiarvo	Keskiarvo
	Ennen	Jälkeen	Ennen	Jälkeen
Tyyppi I (μm^2)	5022	7338*	6149	6974*
Tyyppi IIa (μm^2)	5577	7022**	6816	8378*
Tyyppi IIb (μm^2)	4836	6703**	5660	7439**

Merkittävä muutos(* $p < 0.05$; ** $p < 0.01$)

2.4 Yleiskunnan merkitys ikääntyville miehille

Ikääntymiselle ei ole löydetty yksittäistä syytä tai mekanisme, vaan ainoastaan hyviä ehdokkaita. Erään teorian mukaan ikääntymisessä aiheutuu oksidatiivisten komponenttien kumulatiivista tuhoutumista DNA:ssa ja proteiineissa ja vastaavasti näihin tuhoutuneisiin ja ikääntyneisiin kohtiin kasaantuu rasvaa. Tällaisia paikkoja ovat muun muassa luurankolihakset. (Melov ym. 2000.)

Kerääntyneen rasvan (Krauss & Winston 1998; Tsuji ym.1994), pienentyneen sykevaihteluvälin (Tsuji ym. 1994) ja iän tuoman pienentymän $\text{VO}_{2\text{max}}$:ssa on todettu heikentävän fyysistä suorituskykyä (Buskirk & Hodgson 1987; Fleg & Lakatta 1988; Fuchi ym. 1989; Ginet 1995; Hagberg ym. 1987; Heath ym. 1981; Higginbotham ym. 1986; Holloszy ym. 1995; Ogawa ym. 1992; Lemura ym. 2000; Robinson ym. 1976; Schille 1991; Wilson & Tanaka 2000; Cohn ym. 1980) ja altistavan sydän- ja verisuonitaudeille (Krauss & Winston 1998; Bielenda & ym. 1993; Tsuji ym. 1994; Ogawa ym. 1992).

Toiminnallisen kapasiteetin pienentymiseen vaikuttaa monet seikat: maksimaalisen sykkeen putoaminen, sydämen iskutilavuuden pienentyminen, valtimo-laskimo happisuhteen lasku ja luurankolihasien poikkipinta-alan vähentyminen sekä lisääntynyt lihavuus (Holloszy ym. 1995, 633- 666; Hagberg 1987; Ogawa ym. 1992). Kuitenkaan

ei vielä tiedetä, kuinka suuri vaikutus vapailla radikaaleilla on kuolemaamme ja miten ne vaikuttavat elämäämme.

Erytyisesti korkea maksimaalinen hapenkulutus poistaa ihmisen riskiryhmästä sairastua sydäntauteihin (Jette ym. 1992) sekä pienentää kuolleisuutta ja mahdollisuutta sairastua verisuonitauteihin (Bielenda ym. 1993; Erikssen ym. 1998; Sandvik ym. 1993). Neder ym. (2000) tutkimuksissa toteaa, ettei maksimaalinen aerobinen kapasiteetti ole välttämättä paras mahdollinen mittari kuvaamaan ihmisen fyysistä toiminnallista kapasiteettia, varsinkin kun kyseessä on ikääntyvät henkilöt. Muutokset fyysisessä aktiivisuudessa, jotka johtuvat yleisimmin epäsäännöllisistä elintavoista, vaikuttavat myös pienentyneeseen VO_{2max} . Kuitenkaan siitä faktasta, vähentääkö säännöllinen aerobinen harjoittelu iän aiheuttamia muutoksia VO_{2max} :ssa (Holloszy & Kohrt 1995, 633-666; Rogers ym. 1995; Pollock ym. 1987) ei ole päästy yhteisymmärrykseen.

Myös oletettuja syitä vanhenemiseen on solujemme jakautumiskyvyn menetys, glukosin ja proteiinien välinen "ruskettumisreaktio" ja vähentynyt kyky korjaaviin toimenpiteisiin soluissa, mikä heikentää muun muassa immuunijärjestelmäämme (Melov ym. 2000). Ruskettumisreaktio on glukoosin ja proteiinin muuttumista joka vahingoittaa solujen proteiinien toimintaa ja geenien esiintymistä. Lisäksi jakautumiskyvyn menetys on yhdistetty lisääntyneeseen makromolekyyliseen oksidaatioon. Saattaa myös olla, että vanhenemisprosessi on ohjelmoitu etukäteen perimässämme, mutta emme kuitenkaan vielä tiedä miten tämä tarkalleen tapahtuu. (http://www.bionetonline.org/suomi/Content/ll_cont3.htm)

Fyysisen aktiivisuuden aikaansaamia myönteisiä tuloksia voidaan saavuttaa myös monitautisten, hyvinkin iäkkäiden ihmisten keskuudessa. Kuormitusharjoittelulla, joka on muutakin kuin kävelyä on todistettu olevan hyötyä sydänsairauksista kärsiville henkilöille (Coats 1999; Sheppard 1996, 1999). Liikunnan avulla voidaan ylläpitää lihaksiston rakennetta ja suorituskykyä, mikä mahdollistaa paremman kyvyn asennon ylläpitoon, johon liittyy oleellisesti myös lihasten voimantuotto-ominaisuudet ja niiden muutokset (Ades 2001; Coats 2001; Minotti ym. 1991).

Kollektiiviseen liikuntaharrastukseen osallistuminen saattaa lisätä ihmisen itsekuntoitusta ja omanarvontunnetta. Liikunta elvyttää, rentouttaa ja vaikuttaa työtehoon positiivisesti. Liikunta- ja urheiluharjoitukset kehittävät monella tavalla ihmisen stressinsietokykyä, itseluottamusta ja auttavat minäkuvan muodostamisessa. Liikunta luonnossa tai musiikin avulla on esteettisyyttä ja elämänmyönteisyyttä edistävää ja kasvattavaa (<http://ffp.uku.fi/intro/psyykkin.htm>).

Systemaattisen harjoittelun uskotaan kasvattavan keskimääräistä elinikää parantamalla fyysistä toimintakykyä, jonka johdosta riski sairastua sydän- ja verisuonitauteihin tai muihin rappeuttaviin sairauksiin pienenee (Fatouros ym. 2002; Ji 1995). Kuitenkaan näitä mekanismeja joita harjoittelulla voidaan saavuttaa, ei vielä ikääntymisen yhteydessä tunneta.

Viimeaikaisissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu joitakin iän tuomia pieniä eroja harjoitusadaptaatioissa eri-ikäisten ihmisten keskuudessa. Ikääntyneillä lihasten oksidatiivisten entsyymien aktivaatiotason lisääntymiseen ei vaikuttaisi lihasten mitokondrioiden tilavuuden lisääntyminen (Orlander & Aniansson 1980). Lisäksi ikääntyminen aiheuttaisi odottamattomia sellulaarisia adaptaatioita (tai puutetta) kuten oksidatiivisten entsyymien aktivaatiotason nousu voimaharjoittelulla (Frontera ym. 1990) ja pientä muutosta II-tyypin lihassolussa kestävyysharjoittelusta riippuen (Coggan ym. 1992). Nämä löydökset osoittavat kuitenkin, että adaptaatiot solutasolla eroavat nuorilla ja ikäkkäimmillä henkilöillä.

3. TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voima-, kestävyys- ja yhdistetynharjoittelun vaikutuksia kestävyysuorituskykyyn keski-ikäisillä miehillä uupumukseen asti suoritettavassa kävelytestissä.

Tutkimuskysymykset olivat:

1. Vaikuttaako voima- kestävyys- ja yhdistelmäharjoittelu kestävyysominaisuuksien kehittymiseen ko. testissä?
2. Onko fyysisen suorituskyvyn parantuminen yhteydessä voimatason kehittymiseen?

Tutkimuksen hypoteesit olivat:

1. Isometrisen voiman ja kestävyysominaisuuksien kehittyminen parantaa suoritusta uupumukseen asti tehtävässä kävelytestissä.
2. Fyysisen suorituskyvyn parantumiseen vaikuttaa henkilön lähtötilanteen lihasvoimataso varsinkin uupumukseen asti suoritettavassa kävelytestissä.

4. TUTKIMUSMENETELMÄT

4.1 Koehenkilöt

Koehenkilöinä tutkimuksessa oli 41 keski-ikäistä mieshenkilöä (ikä 40 - 64), jotka oli valittu lääkärintarkastuksen perusteella. Koehenkilöille kerrottiin sekä suullisesti että kirjallisesti tutkimuksen tarkoitus ja toteutus. Koehenkilöt osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti ja heillä oli oikeus halutessaan keskeyttää tutkimus. Lisäksi heiltä pyydettiin kirjallinen suostumus tutkimukseen osallistumisesta lääkärintarkastuksen yhteydessä. Kokeen keskeyttämiskriteereinä olivat koehenkilöiden omat tuntemukset ja lääkärin havaitsemat muutokset koehenkilössä. Tutkimuksessa koehenkilöt jaettiin voima- (VO, n=10), kestävyys- (KE, n=11), yhdistelmäharjoittelu- (VO+KE, n=11) ja kontrolliryhmään (KO, n=9) siten, että ryhmien väliset antropometriset erot eivät vaikuttaisi tuloksiin (Taulukko 3, 4).

TAULUKKO 3. Koehenkilöryhmien keskiarvopainot ja ryhmien kevein ja raskain alku- ja loppumittauksissa.

Ryhmä	0-vko (kg) (KA)	Suurin ja pienin (kg)	21-vko (kg)(KA)	Suurin ja pienin (kg)
Voima	82.6±6.8	72.1, 95.5	82.3±8.2	71.3, 99.0
Kestävyys	80.5±7.6	66.7, 91.4	79.2±7.9	66.7, 91.1
Yhdistelmä	86.4±10.7	68.7, 107.0	84.3±10.5	66.2, 105.8
Kontrolli	83.8±11.2	71.0, 106.0	81.8±12.0	70.6, 108.8

TAULUKKO 4. Harjoitteluryhmien pituus ja rasvaprosentti ennen ja jälkeen harjoittelun

Ryhmä	pituus (cm)		rasva- %	
	0 vko	21 vko	0 vko	21 vko
VO	177.3 ± 7.6	177.3 ± 7.6	21 ± 5.6	19.1 ± 5.8
KE	179.2 ± 5.9	179.2 ± 5.9	21.5 ± 4.6	18.8 ± 4.5
VO + KE	179.1 ± 8.0	179.9 ± 8.0	21.7 ± 4.3	19.7 ± 4.7
KO	177.6 ± 7.0	177.7 ± 6.8	19.8 ± 7.1	19.2 ± 6.1

4.2 Tutkimusasetelma

Tutkimuksen alkumittaukset suoritettiin talvella 2005 ja loppumittaukset kesällä 2005 Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laboratoriossa. Harjoitteluryhmille annettiin ohjeet ja esimerkkimallit harjoitteista. Voima- ja kestävyysryhmät harjoittelivat kaksi kertaa viikossa ja yhdistelmäryhmä 4 kertaa viikossa. Harjoittelujaksot olivat kuormitustarkoituksesta johtuen kolmen tai neljän viikon mittaisia. Harjoittelu suoritettiin Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveystieteiden tiedekunnan päärakennuksen kuntosalilla. Voima- ja kestävyysharjoittelulla tähdättiin koko kehon harjoittamiseen. Sekä alku- että loppumittauksissa kaikilta koehenkilöiltä mitattiin antropometrisiä muuttujia, kestävyys suorituskykyä ja hermo-lihasjärjestelmän voimantuotto-ominaisuuksia.

Voimaharjoittelu koostui useilla laitteilla ja vapailla painoilla suoritetuista dynaamisista suorituksista siten, että harjoittelun intensiteetti kasvoi 40 % - 90 %:iin ja viimeiset kolme viikkoa ennen loppumittauksia olivat palauttelevia. Harjoituskauden aikana koehenkilöiltä tarkastettiin voimatasot seitsemän viikon välein penkkipunnerruksessa ja jalkaprässissä kymmenen toiston maksimilla. Harjoitusvastukset säädettiin koehenkilöiden kunnon vaatimille tasoille.

Kestävyysharjoitteet olivat sykevalvottuja alkutesteihin perustuen ja toteutettiin pääosin polkupyöräergometrilla. Harjoitteluohjelma jaettiin seitsemän viikon jaksoihin ja harjoituksia oli kahdesti viikossa. Ensimmäisen jakson ajan harjoiteltiin pääosin aerobisen kynnyksen alapuolella 30 minuuttia kerrallaan. Jakson lopulla totuteltiin myös aerobisen ja anaerobisen kynnyksen väliseen tehoalueeseen. Keskimmaisella jaksolla aerobisen kynnyksen alapuolella suoritettu harjoitus kesti 60 minuuttia ja kovempitehoisessa harjoituksessa pyöräiltiin sekä aerobisen kynnyksen alapuolella, kynnysten välissä että anaerobisen kynnyksen yläpuolella. Viimeisellä jaksolla viikon toisessa harjoituksessa pyöräiltiin 90 minuuttia aerobisen kynnyksen alapuolella, ja toinen harjoitus toteutettiin 60 minuuttia kestäväenä intervalliharjoituksena, jossa käytettiin kaikkia tehoalueita.

Yhdistelmäharjoittelu suoritettiin yhdistämällä voima- ja kestävyysharjoittelu toisiinsa, yhteensä siis 4 kertaa viikossa. Harjoittelu pyrittiin jaksottamaan viikon aikana siten, että voimaharjoittelua seuraisi aina kestävyysharjoittelu.

Kukin koehenkilö suoritti haluamallaan aikataululla harjoitteita mutta aikataulut pyrittiin ohjaamaan siten, että harjoittelua ei olisi peräkkäisinä päivinä vaan harjoitusten välissä olisi päiviä jolloin palaututtaisiin. Tarkoituksena oli, että voimaryhmän kokonaiharjoittelusta nopeusvoimaharjoittelun osuus nousee 20 %:iin harjoittelukauden loppupuolella ja kestävyysharjoittelussa maksimikestävyuden osuuden pysyessä kokonaiskuormittavuudesta 40 %:ssa.

4.3 Mittausprotokolla

Alku- ja loppumittausprotokolla oli samanlainen. Koehenkilöt suorittivat suoran maksimaalisen hapenottotestin kävellen juoksumatolla kantaen käsissään 10 kg:n lisäkuormia. Jokaisen kuorman, eli kävelyosuuden kesto oli 3 min. Testi aloitettiin juoksumaton kulman ollessa 0° ja nopeuden 5 km/h. Kulmaa kasvatettiin 9 asteeseen 3 astetta kerrallaan, nopeuden pysyessä 5 km/h:ssa. Mikäli koehenkilö saavutti 9 asteen kuorman, nopeutta kasvatettiin aina uuden kuorman alkaessa 1 km/h:ssa, kuitenkin siten, että viimeisen kuorman nopeus olisi loppuun asti suoritettussa testissä 8 km/h:ssa. Kolmen minuutin kuormien väleissä koehenkilöiltä otettiin sormenpäästä verinäyte laktaatin määrittystä varten. Hengityskaasut analysoitiin hengitys-hengitykseltä, josta tulokset saatiin 20 sekunnin välein.

Koehenkilöt suorittivat testin aluksi viiden minuutin mittaisen lämmittelyn, jonka jälkeen he tekivät ensimmäisen maksimaalisen tahdonalaisen oikean jalan polvenojennuksen ja käden puristuksen. Tämän jälkeen koehenkilöt tutustuivat juoksumatolla kävelyyn viiden minuutin ajan, jonka jälkeen voimamittaukset toistettiin. Toisten voimamittausten jälkeen aloitettiin uupumukseen asti suoritettava kävelytesti. Kävelytestin jälkeen koehenkilöt tekivät välittömästi vielä voimatestit, jotta he eivät ehtisi palautua maksimaalisesta kestävyysuoritukselta.

4.4 Mittaukset

Mittauksissa käytetyt laitteet:

- Laktaattimittari Arkray Lactate pro; Arkray Factory Inc., Shiga, Japan
- Minilancetit; CCS Clean Chemical Sweden AB, Borlänge, Ruotsi
- Hengityskaasuanalysaattorina SensorMedics Vmax 229; VIASYS Healthcare Inc., Washington DC, USA
- Sykemittari Polar S810i; Polar Inc., Kempele, Suomi
- Juoksumatto ojk-1; Telineyhtymä, Kotka, Suomi
- Sekuntikello Citizen DC9114-af; Citizen Ltd, Japani
- Voimatuoli; Jyväskylän yliopiston liikuntabiologian laitos, Suomi
- EMG- järjestelmänä Codas Analyce, KIHU, Finland
- EKG- järjestelmänä CardioSoft v.5.0 GE Medical System Corina, GE Medical INC., Englanti, HP tietokone
- EKG-elektrodit (ECG-MedOla), fsrb, Oriola Oyj., Espoo, Suomi
- Kehonkoostumusanalysaattori Inbody 720; Biospace Co., Soul, Korea
- Verenpainemittari Heine Gamma G5, Medisave Ltd, Weymouth Dorset, Englanti
- PP-ergometri Ergoline ergoselect, Ergoline GmbH, Bitz, Saksa

Mittauksissa oli mukana itse rakennettu voimapenkki, jonka vahvistimina: foramps v.1.2 ja suojaerotusmuuntaja tyyppi KLMX/S1200-230/230V.

Antropometrisina muuttujina olivat koehenkilön paino, pituus ja rasvaprosentti jotka mitattiin ennen testiä ja harjoituskauden jälkeen.

4.4.1 Kestävyyssominaisuuksien mittaaminen

Koehenkilöiltä selvitettiin juoksumatolla suoritetusta maksimaalisesta hapenottotestistä seuraavat kestävyysmuuttujat.

Alkumittaukset talvella 2005 ja kesällä 2005:

Kuorma 1, kulma 0° ja nopeus 5 km/h: syke, laktaatti ja VO₂/kg

Kuorma 2, kulma 3° ja nopeus 5 km/h: syke, laktaatti ja VO₂/kg

Lisäksi mukana lasketulta anaerobiselta kynnykseltä: syke, laktaatti ja VO₂/kg, kuten myös maksimaaliset arvot samoista muuttujista, lisäksi mukana oli suorituksen kokonaisaika.

Mikäli Ank-kuorma oli noussut harjoittelun seurauksena alku- ja loppumittausten välillä, käytetään koehenkilölle analysoinnissa loppumittausten osalta samaa kynnystä kuin alkumittauksessa. Painoa, pituutta ja rasvaprosenttia käytettiin antropometrisina muuttujina.

4.4.2 Voimaominaisuuksien sekä Emg- mittaaminen

Alku- ja loppumittauksissa koehenkilöt tekivät samat voimatestit. Voimatestit alkoivat oikean jalan ojentajalihasten isometrisellä maksimaalisella ojennuksella David 210 dynamometrillä polvikulman ollessa 107°. Isometrisessä voimamittauksessa mitattiin maksimaalista voimantuottoa, voimantuottonopeutta ja lihasten EMG -arvoja. Emg:tä mitattiin bi-polaarisilla pintaelektrodeilla oikein jalan vastus lateraalis- (vl), vastus mediaalis- (vm) ja rectus femoris- lihaksesta (rf). Oikeasta kädestä paikkana oli koukistajalihasten massakeskipiste, muissa kohteissa mittapisteenä käytettiin Seniamin (1999, s. 15–56) ohjeita. Elektrodien paikat merkittiin pysyvillä tatuointipisteillä seuraavaa mitauskertaa varten. Ennen elektrodien asennusta iho puhdistettiin kuolleista ihosoluista hiekkapaperilla ja amisept-liuoksella resistanssin pienentämiseksi. EMG- elektrodien pysyminen paikallaan varmistettiin pitävillä teippauksilla. Vahvistettu EMG -signaali siirrettiin telemetrisesti PC:lle, jonne data tallennettiin jatkoanalysointia varten (Cudas järjestelmällä). Iemg- tulokset ovat liitteissä 4, 5, 6 ja 7.

Voimatesteistä valitut voimamuuttujat tahdonalaiseen maksimaaliseen polven ojennukseen ovat:

- Voiman maksimi MaxF (N)

Voima-aika ja EMG – aika käyrät:

- Voimankeskiarvo (N) 0-500 ms

- Voimankeskiarvo (N) 500–1500 ms
- Iemg-(vlo), arvo 0-500 ms
- Iemg-(vlo), arvo 500–1500 ms
- Iemg-(vmo), arvo 0-500 ms
- Iemg-(vmo), arvo 500–1500 ms
- Iemg-(rf), arvo 0-500 ms
- Iemg-(rf), arvo 500–1500 ms
- Yhdistetty Iemg-(vlo, vmo ja rf), arvo 500–1500 ms

4.5 Tilastollinen analyysi

Muokatuista tiedoista analysoitiin ryhmittäin keskiarvot, keskihajonnat ja muutosprosentit. Käytetyistä muuttujista selvitettiin normaalijakaantuneisuus joten harjoitteluryhmien välisten erojen muutosten selvittämisessä käytettiin soveltuvin osin MANOVAA ja Studentin t-testiä. Mikäli muuttuja ei täyttänyt normaalijakaantuneisuuden ehtoja, vaikutuksia tutkittiin nonparametrillisillä testeillä. Mann-Whitney:n testeillä selvitettiin suhteellisten muutosten merkitsevyyksiä. Tulos katsottiin tilastollisesti merkitseväksi kun $p < 0.05$. (<http://www.helsinki.fi/atk/tilasto/tao/manova.html>).

5 TULOKSET

5.1 Antropometriset muutokset

Koe- ja kontrolliryhmien antropometriset muuttujat eivät eronneet merkitsevästi toisistaan alkumittauksissa eivätkä loppumittauksissa. Antropometriset muutokset olivat hyvin pieniä, eikä niillä ollut merkitsevää vaikutusta kestävyysuorituskykyyn eikä käytettyihin muuttujiin (Taulukko 3 ja 4 s. 24).

5.2 Voimamuuttujat

5.2.1 Maksimivoima

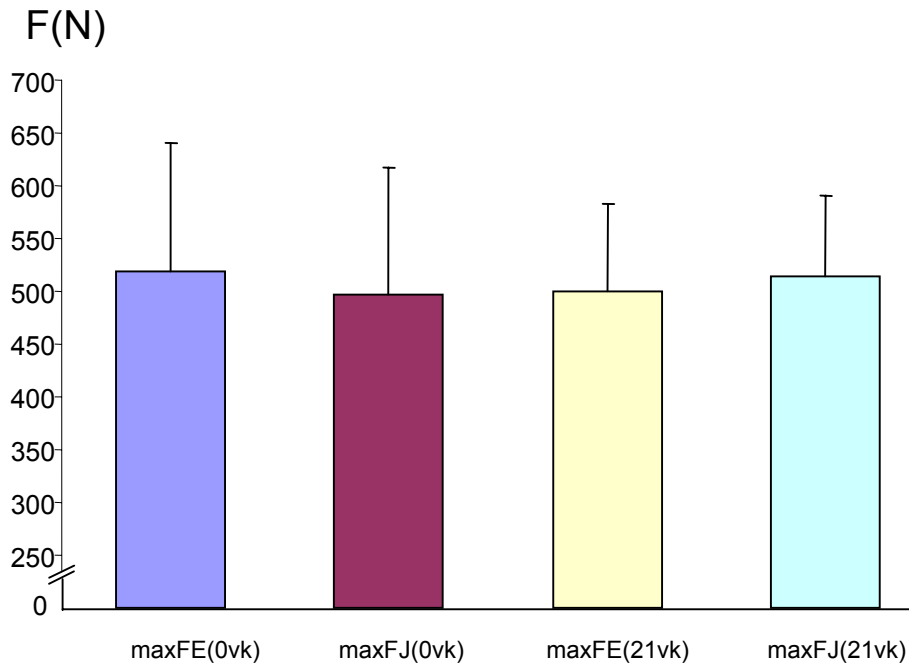
Voimaryhmällä harjoituksen vaikutus maksimivoimaan ennen kävelyä oli 6.7 ± 10.6 % (n.s.) ja kävelyn jälkeen 16.6 ± 29.5 % ($p < 0.05$). Kävelyn vaikutus maksimivoimaan ennen harjoittelua oli -9.1 ± 14.5 % (n.s.) ja vastaavasti harjoittelun jälkeen -3.4 ± 6.8 % (n.s.). Absoluuttiset ja suhteelliset arvot muutosprosentteineen ovat taulukossa 5.

TAULUKKO 5. VO-ryhmän maksimaaliset polvenojennukset ennen ja jälkeen harjoittelun

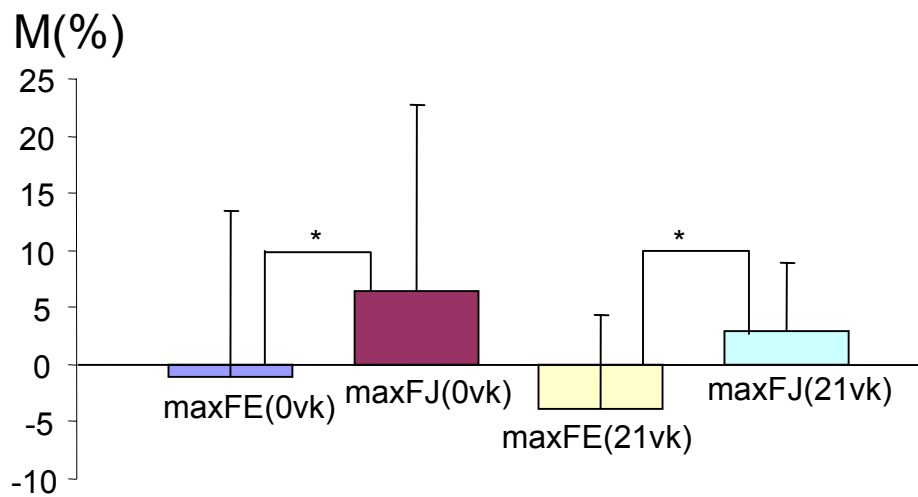
Muuttuja	0 vko		21 vko	
	KA+SD	KA+SD	Δ % (harj)	Δ % 2(kuor)
maxFE (N)	543,8±115,5	573,1±94,1	6,7	-9,1*
maxFJ (N)	496,3±127,4	555,0±106,1	16,6*	-3,4

* tilastollisesti merkitsevä muutos $p < 0.05$

KE-ryhmällä harjoituksen vaikutus ennen kävelyä suoritettuun maksimivoima suoritukseen oli -1.1 ± 14.4 % (n.s.) ja vastaavasti kävelyn jälkeinen 6.4 ± 16.3 % (n.s.). Kuormituksen vaikutus ennen harjoittelua voimaan oli -3.9 ± 8.3 % (n.s.) ja harjoittelun jälkeen 3.0 ± 5.8 % (n.s.)(Kuva 1), harjoittelun vaikutuksesta aiheutunut muutos oli 7.5 ± 15.4 ($p < 0.05$) ja kuormituksesta 6.9 ± 7.1 ($p < 0.05$)(Kuva 1).



KUVA 1. KE-ryhmällä polvenojennuksen absoluuttiset maksimivoimat sekä ennen ja jälkeen kuormituksen että ennen ja jälkeen harjoittelun.



KUVA 2. KE-ryhmän polvenojennuksen maksimivoiman muutosprosentit ennen ja jälkeen harjoittelun sekä kuormituksen vaikutuksen jälkeen.

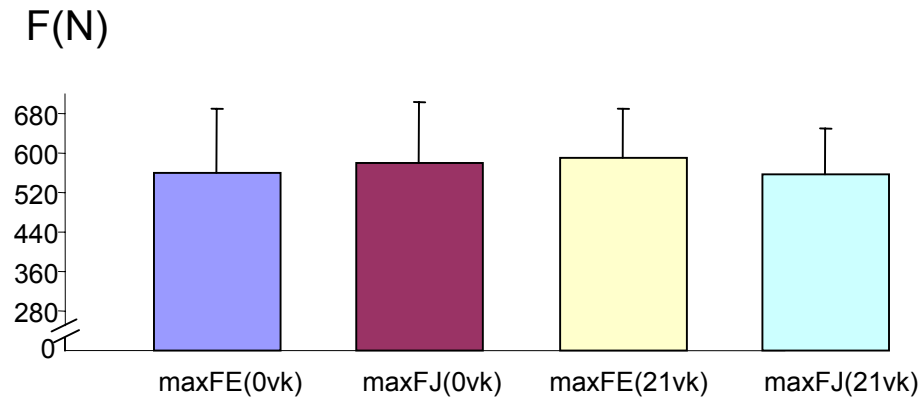
* tilastollisesti merkitsevä muutos $p < 0.05$

VO+KE- ryhmän maksimaaliset polvenojennustulokset ennen ja jälkeen harjoittelun muutoksineen ovat taulukossa 6.

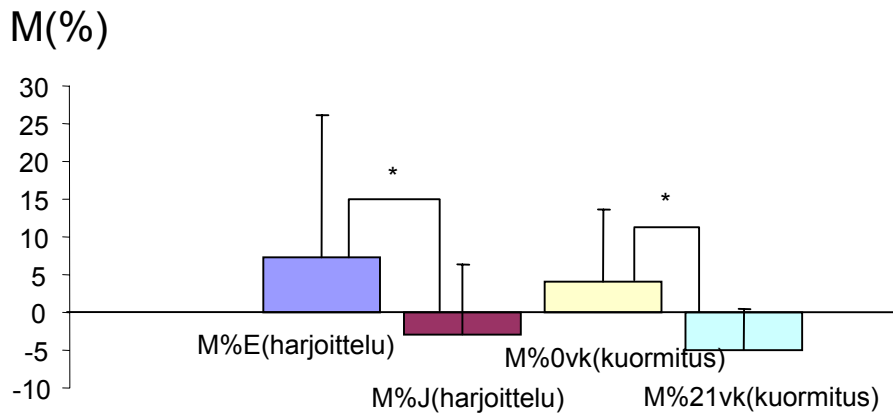
TAULUKKO 6. VO+KE- ryhmän polvenojennuksen maksimivoimatulokset ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko		21 vko	
	KA+SD	KA+SD	Δ % (harj)	Δ % 2 (kuor)
maxFE (N)	613,3 \pm 113,4	646,9 \pm 105,0	6,2	- 0,6
maxFJ (N)	607,6 \pm 109,9	633,9 \pm 94,1	5,1	- 1,5

KO-ryhmän koehenkilöiden 21-viikon harjoittelemattomuus johti muutosprosentin puuttamiseen ennen kuormitusta tehtyyn maksimaaliseen polvenojennukseen -10.2 ± 15.4 % ($p < 0.05$) ja kuormituksen jälkeisestä maksimaalisesta polvenojennusta -9.19 ± 8.8 % ($p < 0.05$) (Kuva 3 ja 4).



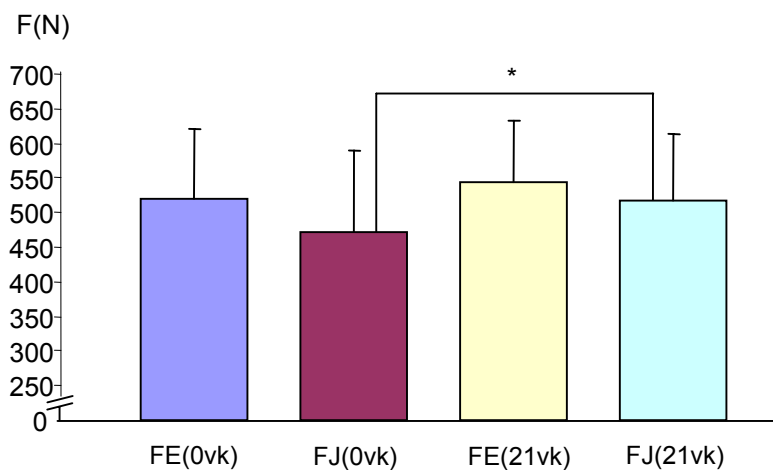
KUVA 3. KO- ryhmän polvenojennuksen absoluuttiset maksimivoimat sekä ennen ja jälkeen kuormituksen että ennen ja jälkeen harjoittelun.



KUVA 4. KO-ryhmän keskiarvoistetut muutosprosentit maksimaalisesta polvenojennuksesta harjoittelun ja kuormituksen jälkeen. * tilastollisesti merkitsevä muutos $p < 0.05$

5.2.2 Voimantuotto 500–1500 ms.

Voimantuoton kehitys VO-ryhmällä ajanjaksolla 500–1500 ms. oli hyvin samankaltainen kuin maksimivoiman. Harjoittelun vaikutus voimantuottoon ennen kävelyä 5.6 ± 11.0 % (n.s.) ja jälkeen kävelyn 15.7 ± 34.2 % ($p < 0.05$). Kuormituksen vaikutus ennen harjoittelua -9.8 ± 16.4 % (n.s.) ja kävelyn jälkeen oli -4.9 ± 8.4 % (n.s.) (Kuva 5)



KUVA 5. VO-ryhmän polvenojennuksen voiman kehitys 500–1500 ms. sekä ennen ja jälkeen kuormituksen että ennen ja jälkeen harjoittelun.

* tilastollisesti merkitsevä muutos $p < 0.05$

KE, VO+KE ja KO-ryhmien voimantuoton kehittymisen tulokset maksimaalisessa suorituksessa ajanjaksolla 500–1500 ms. ovat taulukoissa 7, 8 ja 9.

TAULUKKO 7. KE- ryhmän polvenojennuksen voimantuoton kehitys ajanjaksolla 500–1500 ms. ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)	Δ % 2 (kuor)
	KA+SD	KA+SD		
F1500E (N)	499,2±122,3	480,6±79,9	-0,8	-5,3
F1500J (N)	473,1±124,9	501,9±78,5	10,6	4,8

TAULUKKO 8. VO+KE- ryhmän polvenojennuksen voimantuoton kehitys ajanjaksolla 500–1500 ms. ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)	Δ % 2(kuor)
	KA+SD	KA+SD		
F1500E (N)	584,4±118,8	601,7±112,1	3,8	0,1
F1500J (N)	583,2±117,7	588,4±97,1	1,9	-1,5

TAULUKKO 9. KO- ryhmän polvenojennuksen voimantuoton kehitys ajanjaksolla 500–1500 ms. ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)	Δ % 2(kuor)
	KA+SD	KA+SD		
F1500E (N)	526,5±121,9	559,9±93,6	8,6	4,8
F1500J (N)	550,0±129,2	519,6±85,6	-3,5	-6,9*

* tilastollisesti merkitsevä muutos $p < 0.05$

5.3 Kestävyyssuuttajat

5.3.1 Kuormien 1, 2, AnK ja maksimaalinen syke harjoitusryhmillä

Voimaryhmällä harjoitusvaikutus sykkeeseen kuormalla 1) -3.6 ± 8.6 % (n.s.), kuormalla 2) -2.9 ± 5.6 % (n.s.), AnK:llä $-1,7 \pm 6.6$ % (n.s.) ja maksimi -0.03 ± 5.3 % (n.s.).

Kestävyyssryhmällä harjoitusvaikutus sykkeeseen kuormalla 1) 0.5 ± 7.3 % (n.s.), kuormalla 2) -1.2 ± 6.6 % (n.s.), AnK:llä -0.9 ± 6.1 % (n.s.) ja maksimi 1.2 ± 4.2 % (n.s.).

Yhdistelmäryhmällä harjoitusvaikutus sykkeeseen kuormalla 1) -5.6 ± 7.2 % (n.s.), kuormalla 2) -1.2 ± 7.2 % (n.s.), AnK:llä -3.6 ± 7.6 % (n.s.) ja maksimi 0.9 ± 8.0 % (n.s.).

Kontrolliryhmällä syke laski kuormilla 1) 3.4 ± 3.4 % ($p < 0.05$), kuormalla 2) 8.3 ± 6.9 % ($p < 0.05$), AnK:llä 7.6 ± 7.1 % ($p < 0.05$) ja harjoituksen vaikutus maksimi sykkeeseen oli -2.7 ± 8.6 % (n.s.).

5.3.2 Kuormien 1, 2, Ank ja maksimaalinen VO₂ harjoitusryhmillä

Harjoitusryhmien hapenkulutukset kävelytestissä ovat taulukoissa 10, 11, 12 ja 13.

TAULUKKO 10. VO-ryhmän hapenkulutukset kävelytestissä ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)
	KA+SD	KA+SD	
Kuorman 1 VO ₂ (ml/kg/min)	18.8±2.1	17.5±1.9	-6,7*
Kuorman 2 VO ₂ (ml/kg/min)	25.3±3.8	23.8±2.5	-4,3
Anaerobinen kynnys VO ₂ (ml/kg/min)	26.7±6.8	25.4±6.8	-3,6
Maksimaalinen VO ₂ (ml/kg/min)	37,5±8,5	35,5±5,7	-3,51

* tilastollisesti merkitsevä muutos $p < 0.05$

TAULUKKO 11. KE-ryhmän hapenkulutukset kävelytestissä ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)
	KA+SD	KA+SD	
Kuorman 1 VO ₂ (ml/kg/min)	17.7±2.5	16.9±3.2	-4,0
Kuorman 2 VO ₂ (ml/kg/min)	23.7±2.9	23.2±2.8	-1,5
Anaerobinen kynnys VO ₂ (ml/kg/min)	24.3±4.7	23.6±3.9	-2,4
Maksimaalinen VO ₂ (ml/kg/min)	36,4±6,9	36,1±6,5	0,1

TAULUKKO 12. VO + KE-ryhmän hapenkulutukset kävelytestissä ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)
	KA+SD	KA+SD	
Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)	17.3±2.9	16.9±1.7	-0,6
Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)	21.7±2.9	22.5±2.0	5,3
Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)	24.8±6.0	24.6±5.4	0,6
Maksimaalinen VO2	35±4,8	35±5,2	0,7

TAULUKKO 13. KO-ryhmän hapenkulutukset kävelytestissä ennen ja jälkeen harjoittelun.

Muuttuja	0 vko	21 vko	Δ % (harj)
	KA+SD	KA+SD	
Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)	18.2±2.1	17.4±1.7	-3,8
Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)	24.5±1.8	23.4±1.8	-4,3
Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)	26.7±4.3	25.8±5.4	-3,5
Maksimaalinen VO2 (ml/kg/min)	38,5±6,9	36,1±5,9	-5

5.3.3 Kävelyn kokonaisaika ja laktaatti harjoitusryhmillä

Voimaryhmällä testin kokonaisaika nousi 10 ± 11.2 % ($p < 0.05$). KE-ryhmällä harjoituksen vaikutus testin kokonaisaikaan oli 2.5 ± 9.2 % (n.s.). Yhdistelmäryhmän kävelyaika nousi 8 ± 8.7 % ($p < 0.05$), ja KO-ryhmällä testin kokonaisaika laski -8.7 ± 7.9 % ($p < 0.05$).

Harjoitteluryhmien laktaattiarvot eri kuormilla ennen harjoittelua on taulukossa 14 ja harjoittelun jälkeiset taulukossa 15. Laktaattien muutosprosentit ovat taulukossa 16.

TAULUKKO 14. Harjoitteluryhmien laktaatit ennen harjoittelua.

Ryhmä	VO	KE	VO+KE	KO
Kuorman 1 (mmol*1-1)	1.9±0.6	1.9±0.8	2.0±0.6	2.1±0.7
Kuorman 2 (mmol*1-1)	2.5±0.8	2.5±1.1	2.3±0.9	2.2±0.5*
AnK (mmol*1-1)	3.0±1.0	2.6±1.0	2.9±0.8	2.6±0.6
Max laktaatti	6,9±2,4	7±3,2	7±2,4	7,8±2,1

* tilastollisesti merkitsevä muutos ($p < 0.05$)

TAULUKKO 15. Harjoitteluryhmien laktaatit harjoittelun jälkeen.

Ryhmä	VO	KE	VO+KE	KO
Kuorman 1(mmol*1-1)	2.0±0.7	2.1±0.3	1.8±0.4	2.1±0.7
Kuorman 2 (mmol*1-1)	2.9±0.9	2.8±0.7	2.4±0.5	2.8±1.0
AnK(mmol*1-1)	3.2±1.2	2.8±0.7	2.7±0.8	3.2±0.8
Max laktaatti	7,8±2,4	8,6±2,8	9±3,2	6,5±3

TAULUKKO 16. Harjoitusryhmien laktaatin muutosprosentit ennen ja jälkeen harjoittelun uupumukseen asti suoritettavassa kävelytestissä.

Ryhmä	Laktaatti M %			
	VO	KE	VO+KE	KO
Kuorma 1 (mmol*1-1)	10,9	30,4	-0,6	0
Kuorma 2 (mmol*1-1)	18,4	17,1	13	25,6*
Ank-kynnys (mmol*1-1)	8,1	11,6	-5,6	28,5
Max (mmol*1-1)	27,4	34,1	49	-12,5

* tilastollisesti merkitsevä muutos (p<0.05)

6. POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää voima-, -kestävyys- ja yhdistetyn kestävyys- ja voimaharjoittelun vaikutuksia fyysiseen suorituskäyttöön ja voima- ja nopeusominaisuuksiin keski-ikäisillä mieshenkilöillä. Hypoteesina oli, että maksimaalisen isometrisen voiman kehittyminen vaikuttaa kestävyysominaisuuksiin ko. testissä, joka suoritetaan kävelytestinä uupumukseen asti juoksumatolla lisäpainoja kantaen. Tutkimuksen päätulokset harjoitteluryhmille olivat: 1) voimaharjoittelun ehkäisee kuormituksesta aiheutuvaa voiman putoamista ja submaksimaalinen kestävyys paranee, joka mahdollistaa suorituksen pidemmän keston, 2) kestävyysharjoittelu parantaa väsymyksen sietoa mutta ei kohota voimatasoa ja osaltaan myös ehkäisee voiman kasvua yhdistelmäharjoittelusta ja 3) harjoittelemattomuus heikentää kestävyys-suorituskykyä merkittävästi usean tutkimuksessa käytetyn muuttujan osalta.

Raskaammissa suorituksissa joissa vaaditaan suurempia voimatasoja, ihminen aktivoi motorisia yksiköitään progressiivisesti, jotta haluttu voimataso voidaan saavuttaa ja ylläpitää, mutta kestävyys-suorituksessa aktivoinnilla pyritään estämään väsymystä ja tällöin toiset motoriset yksiköt ovat lepotilassa, eli tietyillä harjoitusadaptaatiomekanismeilla voidaan parantaa taloudellisuutta ja väsymyksen sietoa (Chtara ym. 2005). Tutkimuksessa voimaryhmä kykeni parantamaan merkittävästi maksimivoimaa ja kohonnut maksimaalinen hapenotto mahdollisesti osaltaan parantuneen kestävyystoimintakyvyn.

Kestävyysryhmällä maksimaalinen polvenojennus tehtynä kävelytestin ja 21-viikon harjoittelun jälkeen suureni hieman ja kävelyn kokonaisaika myös suureni, kun vastaavasti ennen harjoittelua maksimivoima oli pienentynyt. Lisäksi anaerobisen kynnyksen syke pienentyi, joten voidaankin havainnoida jonkin asteisesta väsymyksen siedon parantumisesta KE-ryhmällä.

Koska kestävyys-suoritukseen vaikuttaa suuresti kehosta saatavilla olevan energian määrä, on harjoituksen tyypillä, tiheydellä, kestolla ja intensiteetillä merkittävää vaikutusta energiankulutukseen (Hagerman 1992). Kestävyysharjoittelun oletettuja muutoksia kestävyys-suorituskykyyn keski-ikäisillä miehillä ei ollut tässä tutkimuksessa. Syitä tähän voi olla monia, kuten edellä mainitut harjoittelun määrä ja tyyppi. Kestävyys-suorituksen

yksittäinen tärkein fysiologinen tekijä on VO_{2max} (Åstrand & Rodahl 1986, 188–191), tässä tutkimuksessa kestävyysharjoittelu ei kyennyt nostamaan sitä odotetulla tavalla. Uupumukseen asti suoritettavassa kävelytestissä kannettiin käsissä ylimääräisiä painoja, joten testi vaatii jonkin tietyn asteisen voimatason, jota kestävyysharjoittelu ei myöskään pystynyt luomaan. Tutkimuksessamme kestävyysharjoittelu tapahtui polkupyörällä, jolla ei saavuteta yhtä suurta hapenkulutusta kuin kävellessä, sykkeen ollessa sama (Shephard R.J. 1984, Hermansen ym. 1969, Day 2003). Voidaankin hyvin olettaa, että mikäli testi olisi suoritettu polkupyörällä, kuten harjoittelu, tulokset voisivat olla hyvin toisenlaisia kestävyysryhmän osalta, koska useiden tutkimusten valossa kestävyysharjoittelu on kehittänyt haluttuja fysiologisia adaptaatioita (Tzankoff ym. 1972; Meredith ym. 1989; Goran & Poehlman 1992; Poehlman ym. 1992).

Koska happivajeella ja juoksumaton kulman nostolla (kuormituksen lisäämisellä) on osoitettu olevan suora yhteys toisiinsa (Olesen 1992, Walker ym. 1994), supramaksimaalisissa suorituksissa, tämä tarkoittaa lisääntyntä voimantarvetta (Walker ym. 1994). Kyseiseen tapahtumaan liittyvää mekanismia ei tunneta hyvin mutta on esitetty hypoteeseja joissa kasvanut käytössä oleva lihasmassa olisi vaikuttava tekijä (Olesen 1992, Walker ym. 1994, Proctor ym. 1997).

Mielenkiintoista tutkimuksessa olisi ollut lihassolututkimuksen lisääminen, koska tällöin olisi voitu tarkastella mahdollisia voimaharjoittelusta saatavia hypertrofisia muutoksia sillä hypertrofian ja taloudellistumisen on havaittu edistävän submaksimaalista suoritusta (Hoff ym. 2002). Creamer ym. 1995 on tutkimuksessaan havainnut kestävyysharjoittelun heikentävän voimaharjoittelun hypertrofisia vaikutuksia. Lisäksi tutkimuksessamme havaittiin ryhmällä hienoista maksimaalisen hapenkulutuksen kasvua ja kävelytaloudellisuuden parantumista. Tämä saattaa olla seurausta kävelyn biomekaniikan muutoksista kehittyneen voimatason ansiosta. Koehenkilöiden suurehkot hajonnat fyysisissä ja toiminnallisissa ominaisuuksissa saattoivat vaikuttaa siihen, että myös harjoitusadaptaatiot olivat koehenkilöillä yksilöllisiä (Chtara ym. 2005). Tutkimusjakson aikana koehenkilöiden harjoittelun toteutumisessa oli yksilöllisiä eroja ja harjoittelun jaksotus vaihteli koeryhmäläisillä hieman. Harjoittelukauden ajankohta loi tutkimukseen ongelman, koska useat koehenkilöt asuivat kesäajan toisella paikkakunnalla, josta matkaaminen saattoi heikentää harjoitusmotivaatiota.

Tutkimuksessa havaittiin, ettei yhdistelmäharjoittelu parantanut kestävyysuorituskykyä eniten, vaikka useiden tutkimusten valossa näin olisi pitänyt tapahtua, mikäli tarkastelee muuttujia tilastolliselta kannalta (McCarthy ym. 1995). Useamman minuutin kestävässä vaativissa kestävyysuorituksissa, joissa selkeästi tarvitaan kestävyys ominaisuuksia kuten suurta maksimaalista hapenottoa, hyvää lihasten aineenvaihto- ja rasvanpolttoa ja sydämen minuuttivolyyymia, on aerobisella energiantuotolla ja lihasten aerobisella kestävyydellä merkitystä suorituksen kestoon ja laatuun (Klausen ym. 1981, Quinney ym. 2000).

Jos testin kävelyaikaa käyttää ainoana muuttujana, niin yhdistelmäharjoittelu antaa parhaat edellytykset kehittyneimpään suoritukseen, samoihin tutkimus tuloksiin Klausenin ym. 1981 kanssa ovat päätyneet myös McCarthy ym. 1995, Bell ym. 1997, Bell ym. 2000, Häkkinen 2003. Voiman ja tehon kehittymisen on osoitettu hidastuneen kestävyysuorituksen yhdistämisen jälkeen voimaharjoittelun tueksi (Bell ym. 2000; Dudley ym. 1985; Hennessy ym. 1994; Hickson 1980; Hunter ym. 1987; Kreamer ym. 1995).

Harjoittelemattomuus vaikutti kuormituksen jälkeisen voimatason laskuun ja submaksimaalisen kestävyuden heikkenemiseen, mahdollisia syitä tähän voivat olla liikunta – ja ruokailutottumukset harjoittelukaudella.

Tutkimuksessamme käytettiin antropometrisia muuttujia tukena mutta muutokset niissä olivat niin olemattomia, joten niillä ei ollut tuloksiin merkitsevää vaikutusta. Eräissä tutkimuksissa on antropometrisia muutoksia otettu huomioon tilastollisessa lähestymistavan avulla, joka ottaa huomioon VO_{2max} :a arvioitaessa kehon koon ja koostumuksen mutta vaatii käytettäessä varovaisuutta. Muut antropometriset tekijät ovat tasa-arvoisia, koska kookkaamman henkilön odotetaan omaavan suuremman maksimaalisen hapenoton kuin pienemmän henkilön (Rosen ym. 1998)

Tämän tutkimuksen tulokset olivat melko selkeät eri harjoitusryhmien osalta. Voimaryhmän ja harjoittelemattomuuden tulokset olivat hyvin odotetunlaiset. Kestävyysuorituksen harjoittelu ehkäisi maksimivoiman kehittymisen unilateraalisessa polven ekstensiossa sekä kestävyysuorituksen että yhdistelmäharjoittelun osalta. Yhdistelmäharjoittelun positiivisista vaikutuksista on saatu eriäviä tutkimustuloksia. Bell ym. 2000; Dudley ym. 1985; Hennessy ym. 1994; Hickson 1980; Hunter ym. 1987 ja Kreamer ym. 1995 ovat

tutkimuksissaan havainneet kestävyysharjoittelun lisäämisen voimaharjoittelun tueksi heikentäneen voiman, tehon ja joidenkin kestävyysominaisuuksien kehittymistä. Abernethy & Quigley 1993; Gravelle & Blessing 2000; McCarthy ym. 1995; Nelson ym. 1990; Sale ym. 1990 ja Volpe ym. 1993 ovat tutkimuksissaan havainneet yhdistelmäharjoittelun kehittävän voima- ja hapenotto- ominaisuuksia mikäli harjoittelu ulottuu riittävän pitkälle aikavälille, on intensiteetiltään riittävää ja harjoituskertoja on 3-4 kertaa viikossa.

On selkeää, että jatkotutkimuksia tarvitaan liittyen yhdistelmäharjoitteluun ja käsissä kannettavien lisäkuormien kanton. Tämän hetkisen tutkimustiedon valossa raskaat arkipäivän askareet ovat 4- 8 Met-arvon taseisia(Liite 8) ja vaativat ikääntyviltä tietyn voimatason, jotta itsenäinen eläminen olisi mielekästä. Kestävyysharjoittelulla voidaan lisätä mitokondrioiden tiheyttä, joka on yksi edellytys riittävälle energia- aineenvaihdunnalle ja hapenkulutuksen kehittymiselle (Hollozny & Coyle 1984; Åstrand & Rodahl 1986, 178-179, 187-189; Kohrt ym. 1991; Makrides ym. 1990 ja Seals ym. 1984). Tämän tutkimuksen tulosten perusteella ikääntyville suositeltavin harjoittelumuoto olisi voimaharjoittelu, mikäli kestävyys- ja voimaominaisuuksien pitäisi kehittyä uupumukseen asti suoritettavassa tehtävässä.

Myös perusaineenvaihdunnalliset muutokset, kuten parantunut glykogenolyysi (Hermansen ym. 1967; Jansson & Kaijser 1987) ja glykolyysi (Hermansen ym. 1967) edesauttaisivat taistelussa ikääntymisen tuomia haittoja vastaan. Ikääntymiseen yhdistetään tarpeettomasti kohonnut verenpaine ja syke, jotka laskevat kuluttavat energiavaroja, joten jo pelkästään näiden takia, on kuntoilulla positiivisia vaikutuksia edellä mainittujen tekijöiden pienentämisessä (Hollozny & Coyle 1984 ja Åstrand & Rodahl 1986, 188–191).

7. LÄHTEET

- Abernethy, P. J. & Quigley, B.M. 1993. Concurrent strength- and endurance training of the elbow extensors. *J. Strength Cond. Res.* 7, 234–240
- Ades, P.A., Ballor, D.L. & Ashikaga, T. 1996. Weight training improves walking endurance in healthy elderly persons. *Ann Intern Med* 124, 568-72
- Ades, P. A. 2001. Cardiac rehabilitation and secondary prevention of coronary heart disease. *N. Engl. J. Med.* 345, 892–902.
- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Leon, A.S., Jacobs, D.R. Jr., Montoye, H.J., Sallis, J.F. & Paffenbarger, R.S. Jr. 1993. Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities. *Med Sci Sports Exerc.* 25, 71–80.
- Ainsworth, B.E., Haskell, W.L., Whitt, M.C., Irwin, M.L., Swartz, A.M., Strath, S.J., O'Brien, W.L., Bassett, J.R., Schmitz, K.H., Emplaincourt, P.O., Jacobs, D.R. Jr. & Leon, A.S. 2000. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Med. Sci. Sports Exerc* Vol. 32, No. 9, Suppl., 498–516.
- Aniansson, A., Hedberg, M., Henning, G-B. & Grimby, G. 1986. Muscle morphology, enzymatic activity and muscle strength in elderly men: A follow-up study. *Muscle Nerve* 9, 585-591.
- Aunola, S. & Rusko, H. 1984. Reproducibility of aerobic and anaerobic thresholds in 20–50 year old men. *Eur J Appl Physiology* 53, 260–266
- Balabinis, C.P., Psarakis, C.H. & Moukas, M. 2003. Early phase changes by concurrent endurance and strength training. *J Strength Cond Res* 17, 393–401.
- Barstow, T.J. & Mole, P.A. 1996. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. *J Appl Physiol* 71, 2099–2106.
- Barstow, T.J., Jones, A. M., Nguyen, P.H. & Casaburi, R. 1996. Influence of muscle fiber type and pedal frequency on oxygen uptake kinetics of heavy exercise. *J Appl Physiol* 81, 1642–1650.
- Bassett, D.R.Jr. & Howley, E.T. 1997. Maximal oxygen uptake:” classical” versus ”contemporary” viewpoints. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29(5), 591- 603.

- Bielenda, C.C., Knapik, J. & Wright, D.A. 1993. Physical fitness and cardiovascular disease risk factors of female senior US military officers and federal employees. *Mil Med* 158, 177–181.
- Bell, D., Syrotuik, T.P., Martin, R. & Burnham, H.A. 1997. Effect of strength training and concurrent strength and endurance training, testosterone and cortisol. *Eur J. Strength Condit Res* 11, 57-67.
- Bell, D., Syrotuik, T.P., Martin, R. & Burnham, H.A. 2000. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81, 418-427.
- Borkan, G.A., Hulth, D.E., Gerzof, S.G., Robbins, A.H. & Silbert, C.K. 1983. Age changes in body composition revealed by computed tomography. *J. Gerontology* 38, 673-677.
- Brooke, J.D. & Hamley, E.J. 1972. The heart-rate physical work curve analysis for the prediction of exhausting work ability. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 4, 23-26
- Brooke, J.D. & Hamley, E.J. & Thomason, H. 1968. The relationship of heart rate to physical work. *Journal of Physiology* 197, 61-63.
- Buskirk, E. R. & Hodgson, J.L. 1987. Age and aerobic power: the rate of change in men and women. *Federation Proc.* 46, 1824– 1829.
- Cantwell, J.D. 1985. Cardiovascular aspects of running. *Clinics in Sports Medicine.* 4(4), 627- 639.
- Casaburi, R., Storer, T., W., Ben-Dov, I. & Wasserman, K. 1987. Effect of endurance training on possible determinants of VO₂ during heavy exercise. *J Appl Physiol* 62, 199–207.
- Charette, S.L., McEvoy, L., Pyka, G., Snow-Harter, C., Guido, D., Wiswell, R.A. & Marcus, R. 1991. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *Journal of Applied Physiology*, 70(5), 1912-1916.
- Chtara, M., Chamari, K., Chaouachi, M., Chaouachi, A., Koubaa, D., Feki, Y., Millet, G.P. & Amri, M. 2005. Effects of intra-session concurrent endurance and strength training sequence on aerobic performance and capacity. *Br.J.Sports Med.* 39,555-560
- Coggan, A.R., Spina, R.J., King, D.S., Rogers, M.A., Brown, M., Nemeth, P.M. & Holloszy, J.O. 1992. Skeletal muscle adaptations to endurance training in 60- to 70-yr-old men and women. *J Appl Physiology* 72, 1780–1786

- Cohn, S.H., Vartsky, D., Yasumura, S., Sawoitsky, A., Zanzi, I., Vasvani, A. & Ellis, K.J. 1980. Compartmental body composition based on total-body nitrogen, potassium and calcium. *Am J Physiol* 239, 524-530
- Daniels, J., T. 1985. A physiologist's view of running economy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 17 (3), 332-338.
- Davies, C.T. & Knibbs, A.V. 1971. The training stimulus: the effect of intensity duration and frequency of effort on aerobic power output. *Int Z Angew Physiol* 29, 299-305.
- Day, J.R., Rossiter, H.B., Coats, E.M., Skasick, A. & Whipp, B.J. 2003. The maximally attainable $\dot{V}O_2$ during exercise in humans: the peak vs. maximum issue. *J Appl Physiol* 95, 1901-1907.
- Dehn, M.M. & Bruce, R.A. 1972. Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. *J Appl Physiol* 33, 805-807.
- De Serres, S.J. & Enoka, R.M. 1998. Older adults can maximally activate the biceps brachia muscle by voluntary command. *J Appl Physiol* 84, 284-291.
- Dudley, G.A., Tullson, P.C. & Terjung, R.L. 1987. Influence of mitochondrial content on the sensitivity of respiratory control. *J Biol Chem* 262, 9109-9114.
- Dudley, G.A. & Djamilj, R. 1985. Incompatibility of endurance- and strength-training modes of exercise. *J Appl Physiol* 59, 1446-1451
- Enoka, R., M. 1994. *Neuromechanical basis of kinesiology*. (Second edit.). Human Kinetics.
- Enoka, R., M. 1988. Muscle strength and its development, new perspectives. *Sports Medicine*. 6, 146-168.
- Erikssen, G., Liestol, K., Bjornholt, J., Thaulow, E., Sandvik, L. & Erikssen, J. 1998. Changes in physical fitness and changes in mortality. *Lancet* 352, 759-762
- Fatouros, I.G., Taxildaris, K. & Tokmakidis, S.P. 2002. The effects of strength training, cardiovascular training and their combination on flexibility of inactive older adults. *Int. J. Sports Med*. 23, 112-119.
- Fleg, J. L. & Lakatta, E.G. 1988. Role of muscle loss in the age-associated reduction in $\dot{V}O_{2max}$. *J. Appl. Physiol*. 65, 1147-1151.
- Freund, H., J. 1983. Motor unit and muscle activity in voluntary motor control. *Physiological Reviews*. 63 (2), 387-436.

- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Lutz, K.J. & Evans, W.J. 1991. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol* 71, 644-650.
- Frontera, W.R., Hughes, V.A., Fielding, R.A., Fiatore, M.A., Evans, W.J. & Roubenoff, R. 2000. Aging of skeletal muscle: a 12-year longitudinal study. *J Appl Physiol* 8, 1321-1326.
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P., Knuttgen, H.G. & Evans, W.J. 1988. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 64, 1038-1044.
- Frontera, W.R., Meredith, C.N., O'Reilly, K.P. & Evans, W.J. 1990. Strength training and determinants of VO₂ max in older men. *J Appl Physiol* 68, 329-333.
- Fuchi, T., Iwaoka, K., Higuchi, M. & Kobayashi, S. 1989. Cardiovascular changes associated with decreased aerobic capacity and aging in long-distance runners. *Eur J Appl Physiol* 58, 884-889.
- Fukagawa, N.K., Bandini, L.G. & Young, J.B. 1990. Effect of age on body composition and resting metabolic rate. *American Journal of Physiology*, 259(2, Pt. 1), 233-238.
- Gaesser, G.A. & Poole, D.C. 1986. The slow component of oxygen kinetics in humans. *Exerc Sport Sci Rev* 24, 35-71.
- Gaesser, G.A. 1984. Influence of endurance training and catecholamines on exercise VO₂ response. *Med Sci Sports Exerc* 26, 1341-1346.
- Gravelle, B. L. & Blessing, D.L. 2000. Physiological adaptation in women concurrently training for strength and endurance. *J. Strength Cond. Res.* 13-15.
- Ginet, J. 1995. Physical and sports activities and aging: how to delay the state of dependence [in French]. *Bull Acad Natl Med* 179, 1493-1502.
- Green, H. J. & Patla, A.E. 1992. Maximal aerobic power: neuromuscular and metabolic considerations. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 24(1), 38-46.
- Goran, M.I. & Poehlman, E.T. 1992. Endurance training does not enhance total energy expenditure in healthy elderly persons. *J Appl Physiol* 263, 950-957
- Guyton, A., C. & Hall, J., E. 1996. *Textbook of medical physiology*, W.B. Saunders Company. USA.
- Hagberg, J. M. 1987. Effect of training on the decline of VO_{2max} with aging. *Federation Proc.* 46, 1830-1833.

- Hagberg, J.M., Hickson, R.C., Ehsani, A.A. & Holloszy, J.O. 1980. Faster adjustment to and recovery from submaximal exercise in the trained state. *J Appl Physiol* 48, 218–224.
- Hagberg, J.M., Allen, W.K., Seals, D.R., Hurley, B.F., Ehsani, A.A. & Holloszy, J.O. 1987. A hemodynamic comparison of young and older endurance athletes during exercise. *J Appl Physiol* 58, 2041–2046.
- Hagerman, F.C. 1992. Energy metabolism and fuel utilization. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 24(9), 309-314.
- Hallen, J. 1993. Testing av aerob energiomsætning. *Tidsskrift for den Norske Lægeforening*. 113(5), 587-590
- Hauswirth, C., Bigard, A.X. & Le Chevalier, J.M. 1997. The Cosmed K4 telemetry system as an accurate device for oxygen uptake measurements during exercise. *Int J Sports Med* 18, 449–453.
- Hawkins, S.A., Marcell, T.J., Victoria Jaque, S. & Wiswell, R.A. 2001. A longitudinal assessment of change in $\text{VO}_{2\text{max}}$ and maximal heart rate in master athletes. *Med Sci Sports Exerc* 33, 1744–1750.
- Heath, G.W., Hagberg, J.M., Ehsani, A.A. & Holloszy, J.O. 1981. A physiological comparison of young and older endurance athletes. *J Appl Physiol* 51, 634–640.
- Hennessy, L. C. & Watson, A.W.S. 1994. The interference effects of training for strength and endurance simultaneously. *J. Strength Cond. Res.* 8, 12–19.
- Henriksson, J. 1977. Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise. *J. Physiol.* 270, 661–675.
- Henriksson, J. & Reitman, J. 1977. Time course of changes in human skeletal muscle succinate dehydrogenase and cytochrome oxidase activities and maximal oxygen uptake with physical activity and inactivity. *Acta Physiol. Scand.* 99, 91–97.
- Hermansen, L., Hultman, E. & Saltin, B. 1967. Muscle glycogen during prolonged severe exercise. *Acta Physiol Scand* 71, 129–139.
- Hermansen, L. & Saltin, B. 1969. Oxygen uptake during maximal treadmill and bicycle exercise. *J Appl Physiol*. 26, 31–37.
- Hermansen, L. & Medbø, J.I. 1984. The relative significance of aerobic and anaerobic processes during maximal exercise of short duration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 17, 56–67.

- Hickson, R.C. 1980. Interference of strength development by simultaneously training for strength and endurance. *Eur J Appl Physiol* 45, 255–263.
- Higginbotham, M.B., Morris, K.G., Williams, R.S., Coleman, R.E. & Cobb, F.R. 1986. Physiologic basis for the age-related decline in aerobic work capacity. *Am J Cardiol* 57, 1374–1379.
- Hoff, J., Gran, A., Helgerud, J. 2002. Maximal strength training improves aerobic endurance performance. *Scand J Med Sci Sports* 12, 288–295.
- Holloszy, J.O. & Kohrt, W.M. 1995. Exercise In: *Handbook of Physiology. Aging*. Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc. chapt. 24, 633–666.
- Holloszy, J.O. & Coyle, E.F. 1984. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol* 56, 831–838.
- Hollenberg, M., Ngo, L.H., Tumer, D. & Tager IB. 1998. Treadmill exercise testing in an epidemiology study of elderly subjects. *J. Geronto Med Sci.* 53A, B259-B267.
- Hunter, G.R., Demment, R. & D. Miller. 1987. Development of strength and maximum oxygen uptake during simultaneous training for strength and endurance. *J. Sports Med. Phys. Fit.* 27, 269–275.
- Hurley, B.F., Seals, D.R., Eshani, A.A. 1984. Effects of high intensity strength training on cardiovascular functions. *Med Sci Sports Exerc* 16, 483-488.
- Hurley, B.F., Nemeth, P.M., Martin III, W.H., Hagberg, J.M., Dalsky, G.P. & Holloszy, J.O. 1986. Muscle triglyceride utilization during exercise: effect of training. *J. Appl. Physiol.* 60, 562–567.
- http://www.bionetonline.org/suomi/Content/ll_cont3.htm. 28.11.05
- <http://www.lphp.fi/testiraportti.pdf>. 28.11.05
- <http://ffp.uku.fi/intro/iakmyont.htm>. 28.11.05
- <http://www.helsinki.fi/atk/tilasto/tao/manova.html>. 28.09.2006
- Häkkinen, K. & Häkkinen, A. 1991. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol* 62, 410-414.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W.J., 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. *Eur J Appl Physiol* 89, 42–52 DOI 10.1007/s00421-002-0751-9

- Häkkinen, K., Alen, M. & Komi P.V. 1985. Changes in isometric force- and relaxationtime, electromyography and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol. Scand.* 125, 573–585.
- Jacobs, I. & McLellan, T. 1988. Validity of the individual anaerobic threshold (IAT). *Can. J. Sport Sci.* 13, 60–64.
- Jansson, E. & Kaijser, L. 1987. Substrate utilization and enzymes in skeletal muscle of extremely endurance-trained men. *J Appl Physiol* 62, 999–1005.
- Jette, M., Sidney, K., Quenneville, J. & Landry, F. 1992. Relation between cardiorespiratory fitness and selected risk factors for coronary heart disease in a population of Canadian men and women. *Can Med Assoc J* 146, 1353–1360.
- Ji, L. L. 1995. Exercise and oxidative stress: role of the cellular antioxidant systems. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 23, 135–166.
- Kasch, F.W., Boyer, J.L., Van Camp, S., Nettel, F., Verity, L.S. & Wallace JP. 1995. Cardiovascular changes with age and exercise. A 28-year longitudinal study. *Scand J Med Sci Sports* 5, 147–151.
- Klausen, K., Andersen, L.B. & Pelle, I. 1981. Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capillarization and enzyme levels during training and de-training. *Acta Physiologica Scandinavica.* 113 (1), 9-16.
- Kliininen fysiologia. 1994. Toim. Sovijärvi, A., Uusitalo, A., Länsimies, E. & Vuori, I. Gummerrus kirjapaino Oy, Jyväskylä. 244- 249.
- Kohrt, W.M., Malley, M.T., Coggin, A.R., Spina, R.J., Ogawa, T., Ehsani, A.A., Bourey, R.E., Martin, W.H. & Holloszy, J.O. 1991. Effects of gender, age, and fitness level on response of $\dot{V}O_2$ max to training in 60–71 yr olds. *J. Appl. Physiol.* 71. 2004–2011.
- Komi, P.V. 1986. Training of muscle strength and power: Interaction of neuromotoric, hypertrophic and mechanical factors. *International Journal of Sports Medicine.* (suppl) 7-10.
- Kraemer, W. J., Patton, J.F., Gordon, S.E. 1995. Compatibility of high-intensity strength and endurance training on hormonal and skeletal muscle adaptations. *J. Appl. Physiol.* 78, 976–989.
- Krauss, R.M., Winston, M. 1998. Obesity: impact on cardiovascular disease *Circulation* 98, 1472– 1476.

- Lemura, L.M., von Duvillard, S.P. & Mookerjee, S. 2000. The effects of physical training of functional capacity in adults. Ages 46 to 90: a meta-analysis. *J Sports Med Phys Fitness* 40, 1–10.
- Lexell, J., Taylor, C.C. & Sjöström, M. 1988. What is the cause of ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83- year- old men. *J Neurol Sci* 84, 275-294.
- Makrides, L., Heigenhauser, G.J.F. & Jones N.L. 1990. High-intensity endurance training in 20- to 30- and 60- to 70-yr-old healthy men. *J Appl Physiol* 69, 1792–1798.
- Malmberg, J., Miilunpalo, S., Vuori, I., Pasanen, M., Oja, P. & Haapanen-Niemi, N. 2002. A health-related fitness and functional performance test battery for middle-aged and older adults: feasibility and health-related content validity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 83, 666-677.
- Marcinik, E.J., Potts, J. & Schlabach, G. 1991. Effects of strength training on lactate threshold and endurance performance. *Med. Sci Sports Exerc* 23, 739–43.
- McArdle, W., D., Katch, F., I. & Katch, V., L. 1996. Exercise physiology, energy, nutrition and human performance (fourth edit.). Williams & Williams.
- McArdle, W.D., Katsch, F.I. & Katch, V.L. 2000. Exercise Physiology: energy, nutrition and human performance. 5. painos. Baltimore: Williams & Wilkins.
- McCartney, N., Hicks, A.L., Martin, J. & Webber, C.E. 1995. Longterm resistance training in the elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle, and bone. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 50, 97–104.
- McCarthy, J.P., Agre, J.C. & Graf, B.K. 1995. Compatibility of adaptive responses with combining strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 27, 429–436.
- McCarthy, J.P., Pozniak, M.A. & Agre, J.C. 2002. Neuromuscular adaptations to concurrent strength and endurance training. *Med Sci Sports Exerc* 34, 511-519.
- McCartney, N., Hicks, A.L., Martin, J. & Webber, C.E. 1995. Long-term resistance training in the elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle and bone. *J Gerontol* 50, 97-104.

- McLellan T. M., Cheung, M.K.S.Y. & Jacobs, I 1991. Incremental test protocol, recovery mode and the individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med* 12, 190–195.
- Melov, S., Ravenscroft, J., Malik, S. 2000. Extension of life span with superoxide dismutase/catalase mimetics. *Science* 289, 1567– 1569.
- Meredith, C., Frontere, W., Fisher, E., Hugues, V.A., Herland, J.C., Edwards, J. & Evans, W.J. 1989. Peripheral effects of endurance training in young and old subjects. *J Appl Physiol* 66, 2844-2849
- Mero, A. 1997. *Nykyaikainen urheiluvallmennus*.
- Millet, G.P., Jaouen, B., Borrani, F. 2002. Effects of concurrent endurance and strength training on running economy and VO₂ kinetics. *Med Sci Sports Exerc* 34, 1351–1359.
- Minotti, J. R., Christoph, I., Oka, R, Weiner, M.W., Wells, L. & Massie. B.M. 1991. Impaired muscle function in patients with congestive heart failure. *J. Clin. Invest.* 88, 2077–2082.
- Morey, M.C., Pieper, C.F., Cornoni-Huntley, J. 1998. Is there a threshold between peak oxygen uptake and self-reported physical functioning in older adults? *Med Sci Sports Exerc.* 30, 1223–1229.
- Neder, J.A., Jones, P.W., Nery, L.E. & Whipp, B.J. 2000. The effect of age on the power/duration relationship and the intensity-domain limits in sedentary men. *Eur J Appl Physiol* 82, 326–332.
- Nelson, A.G., Arnall, D.A., Loy, S.F., Silverter, L.J. & Conlee, R.K. 1990. Consequences of combining strength and endurance training regimens. *Phys. Ther.* 70, 287–294.
- Noakes, T., D. 1998. Maximal oxygen uptake: "classical" versus "contemporary" viewpoints: a rebuttal. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 30(9), 1381-1398.
- Noakes, T., D. 1991. *Lore of running*. Leisure Press, Champaign, IL, USA
- Olesen, H. L. 1992. Accumulated oxygen deficit increases with inclination of uphill running. *J. Appl. Physiol.* 73, 1130–1134.
- Orlander, J. & Aniansson, A. 1980. Effects of physical training on skeletal muscle metabolism and ultrastructure in 70 to 75-year old men. *Acta Physiol Scand* 109, 149–154.

- Orok, C. J., Hughson, R.L., Green, H.J. & Thomson, J.A. 1989. Blood lactate responses in incremental exercise as predictors of constant load performance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 59, 262–267.
- Ogawa, T., Spina, R., Martin III, W.H., Kohrt, W.M, Schechtman, K.B., Holloszy, J.O & Ehsani, A.A. 1992. Effects of aging, sex, and physical training on cardiovascular responses to exercise. *Circulation* 86, 494–503.
- Paavolainen, L., Häkkinen, K. & Härmäläinen, I. 1999a. Explosive-strength training improves 5-km running time by improving running economy and muscle power. *J Appl Physiol* 86, 1527–1533.
- Paavolainen, L., Nummela, A. & Rusko, H. 1999b Neuromuscular characteristics and muscle power as determinants of 5-km running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 31 (1), 124-130
- Palmer, C., D. & Sleivert, G., G. 2001. Running economy is impaired following a single bout of resistance exercise. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 4(4), 447-459.
- Poehlman, E.T., Gardner, A.W. & Goran, M.I. 1992. Influence of endurance training on energy intake, norepinephrine kinetics and metabolic rate in older individuals. *Metabolism* 41,941-948
- Pollock, M.L., Miller, H.S. & Wilmore, J. 1987. Physiological characteristics of champion American track athletes 40 to 75 years of age. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 29, 645–649.
- Poole, D.C. & Richardson, R.S. 1997. Determinants of oxygen uptake. Implications for exercise testing. *Sports Med* 24, 308–320.
- Proctor, D.N. & Joyner, M.J. 1997. Skeletal muscle mass and the reduction of VO_{2max} in trained older subjects. *J Appl Physiol* 82, 1411–1415.
- Quinney, H.A. 2000. Effect of concurrent strength and endurance training on skeletal muscle properties and hormone concentrations in humans. *Eur J Appl Physiol* 81, 418-427.
- Radak, Z., Naito, H., Kaneko, T. 2002. Exercise training decreases DNA damage and increases DNA repair and resistance against oxidative stress of proteins in aged rat skeletal muscle. *Pflugers Arch. Eur. J. Appl. Physiol.* 445, 273–278.
- Robinson, S., Dill, D.B., Robinson, R.D., Tzankoff, S.P. & Wagner, J.A. 1976. Physiological aging of champion runners. *J Appl Physiol* 41, 46–51.

- Rogers, D.M., Olson, B.L. & Wilmore, J.H. 1995. Scaling for the VO₂-to-body size relationship among children and adults. *J. Appl. Physiol.* 79, 958–967.
- Rogers, M.A., Hagberg, J.M., Martin III, W.H., Ehsani, A.A. & Holloszy, J.O. 1990. Decline in VO₂ max with aging in master athletes and sedentary men. *J Appl Physiol* 68, 2195–2199.
- Rosen, M.J., Sorkin, J.D., Goldberg, A.P., Hagberg, J.M. & Katznel, L.I. 1998. Predictors of age-associated decline in maximal aerobic capacity: a comparison of four statistical models. *J Appl Physiol* 84, 2163–2170.
- Rosenberg, I.H. 1997. Sarcopenia: Origins and clinical relevance. *Journal of Nutrition*, 127, 5 Suppl., 990-991.
- Sale, D.G., Martin, J.E. & Moroz, D.E. 1992. Hypertrophy without increased isometric strength after weight training. *Eur J Appl Physiol* 64, 51–55.
- Sale, D.S., MacDougall, J.D. & Jacobs, I. 1990. Interaction between concurrent strength and endurance training. *J Appl Physiol* 68, 260–70.
- Saltin, B. & Strange, S.O. 1991. Maximal oxygen uptake: “old” and “new” arguments for a cardiovascular limitation. *Med Sci Sports Exerc.* 24, 30–37.
- Sandvik, L., Erikssen, J., Thaulow, E., Erikssen, G., Mundal, R. & Rodahl, K. 1993. Physical fitness as a predictor of mortality among healthy, middle-aged Norwegian men. *N Engl J Med* 328, 533–537.
- Seniam, Biomedical and Health Research Program. 1999. European Recommendations for Surface ElectroMyoGraphy. Roessingh Research and Development b.v. ISBN 90-75452-15-2
- Siconolfi, S.F., Garber, C.E., Lasater, T.M. & Carleton, R.A. 1985. A simple, valid step test for estimating maximal oxygen uptake in epidemiologic studies. *Am J Epidemiol.* 121, 382–390.
- Shephard, R.J. 1984. Tests of maximum oxygen uptake: a critical review. *Sports Med.* 1, 99–124.
- Schilke, J. 1991. Slowing the aging process with physical activity. *J Gerontol Nurs* 17, 4–8.
- Schnabel, A., Kindermann, W., Schmitt, W.M., Biro, G. & Stegmann, H. 1982. Hormonal and metabolic consequences of prolonged running at the individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 3, 163–168.

- Seals, D.R., Hagberg, J.M., Hurley, B.F., Ehsani, A.A. & Holloszy, J.O. 1984. Endurance training in older men and women. I. Cardiovascular response to exercise. *J Appl Physiol* 57, 1024–1029.
- Spina, R.J., Chi, M.M., Hopkins, M.G., Nemeth, P.M., Lowry, O.H. & Holloszy, J.O. 1996. Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7–10 days of bicycle exercise. *J. Appl. Physiol.* 80, 2250–2254.
- Stegmann, H., Kindermann, W. & Schnabel, A. 1981. Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int. J. Sports Med.* 2, 160–165.
- Stegmann, H. & Kindermann, W. 1982. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol lactate. *Int. J. Sports Med.* 3, 105–110.
- Suominen, H., Heikkinen, E., Parkatti, T., Forsberg, S. & Kiiskinen, A. 1977. Effects of “lifelong” physical training on functional aging in men. *Scand J Soc Med Suppl* 14, 225–240.
- Taaffe, D.R., Duret, C., Wheeler, S. & Marcus, R. 1999. Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 47(10), 1208-1214.
- Taaffe, D.R., Pruitt, L., Pyka, G., Guido, D. & Marcus, R. 1996. Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clinical Physiology*, 16(4), 381-392.
- Tanaka, H. & Swensen, T. 1998. Impact of resistance training on endurance performance. A new form of cross training? *Sports Med* 25, 191–200.
- Thomas, S.G., Cunningham, D.A., Rechnitzer, P.A., Donner, A.P. & Howard, J.H. 1987. Protocols and reliability of maximal oxygen uptake in the elderly. *Can J. Sport Sci.* 12, 144–151.
- Tsuji, H., Venditti, F.J. Jr., Manders, E.S., Evans, J.C., Larson, M.G., Feldman, C.L. & Levy, D. 1994. Reduced heart rate variability and mortality risk in an elderly cohort. The Framingham Heart Study. *Circulation* 90, 878-883.
- Tzankoff, S., Robinson, S., Pyke, F. & Brawn, C. 1972. Physiological adjustment to work in older men as affected by physical training *J Appl Physiol* 33, 346-350
- Urhausen, A., Coen, B., Weiler, B. & Kindermann, W. 1993. Individual anaerobic threshold and maximum lactate steady state. *Int. J. Sports Med.* 14, 134–139.

- Vandervoort, A. A. & McComas, A.J. 1986. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol* 61, 361-367.
- Vincent, K.R., Vincent, H.K., Braith, R.W., Lennon, S.L. & Lowenthal, D.T. 2002. Resistance exercise training attenuates exercise induced lipid peroxidation in the elderly. *Eur. J. Appl. Physiol.* 87, 416–423.
- Vogel, J.A., Patton, J.F., Mello, R.P. & Daniels, W.L. 1986. An analysis of aerobic capacity in a large United States population. *J Appl Physiol* 60, 494–500.
- Volpe, S.L., Walberg-Rankin, J., Webb-Rodman, K. & Sebolt, D.R. 1993. The effect of endurance running on training adaptations in women participating in a weight lifting program. *J. Strength Cond. Res.* 7, 101–107.
- Walker, G.T., Cureton, K.J., DuVal, H.P., Prior, B.M., Sloniger, M.A. & Weyand, P.G. 1994. Effects of external loading on peak oxygen deficit during treadmill running (Abstract). *Med. Sci.Sports Exerc.* 26, 179.
- Whipp, B.J. & Wasserman, K. 1972. Oxygen uptake kinetics for various intensities of constant-load work. *J Appl Physiol* 33, 351–356.
- Wilson, T.M. & Tanaka, H. 2000. Meta-analysis of the age-associated decline in maximal aerobic capacity in men: relation to training status. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 278, 829–834.
- Wiswell, R.A., Hawkins, S.A., Jaque, S.V., Hyslop, D., Constantino, N., Tarpenning, K., Marcell, T. & Schroeder, E.T. 2001. Relationship between physiological loss, performance decrement, and age in master athletes. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 56, 618–626.
- Womack, C.J., Davis, S.E., Blumer, J.L., Barrett, E., Weltman, A.L. & Gaesser, G.A. 1995. Slow component of O₂ uptake during heavy exercise: adaptation to endurance training. *J Appl Physiol* 79, 838–845.
- Xu, F. & Rhodes, E.C. 1999. Oxygen uptake kinetics during exercise. *Sports Med* 27, 313–327.
- Yoshida, T., Udo, M., Ohmori, T., Matsumoto, Y., Uramoto, T. & Yamamoto, K. 1992. Day-to-day changes in oxygen uptake kinetics at the onset of exercise during strenuous endurance training. *Eur J Appl Physiol* 64, 78–83.
- Åstrand, P-O. & Rodahl, K. 1986. Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise, 3rd edn. McGraw-Hill, New York

8 LIITE. Peruskestävyysharjoittelu

Terveysvaikutuksia

- Useimmat liikunnan aikaansaamat positiiviset terveysvaikutukset saavutetaan juuri tällä kuormituksen tasolla
- Heikkokuntoisten maksimaalinen hapenkulutus nousee
- Parantaa rasva- ja hiilihydraattiaineenvaihduntaa
- Pienentää riskiä sairastua mm.sepelvaltimotautiin, ja sydän tai aivoinfarktiin sekä diabetekseen
- Ennaltaehkäisee osteoporoosia
- Auttaa myös niska- ja hartia sekä mekaanisten alaselän vaivojen ehkäisyssä
- Alentaa verenpainetta
- Vahvistaa lihaksia, luita ja jänteitä
- Parantaa keuhkojen toimintaa
- Tärkeä kuormitusalue painonhallinnassa
- Positiiviset psyykkiset vaikutukset (mm.depression ennaltaehkäisyssä)

Harjoitusvaikutuksia

- Pääasiassa hitaat lihassolut vastaavat lihastyöstä
- Energia tuotetaan aerobisesti (hapen kanssa)
- Maitohapon muodostus ei kohoa merkittävästi lepotasosta
- Energiasta muodostetaan noin 1 % anaerobisesti (hapettomasti)
- Lihastyön pääasiallisena energianlähteenä toimivat rasvat (50-60%)
- Peruskestävyyden ylärajoilla lisääntyy nopeiden lihassolujen käyttöönotto lisäten anaerobisten (hapettomien) energiantuottomekanismien osuutta; maitohappopitoisuus alkaa nousta lepotasosta ja saavutetaan ns. aerobinenkynnys.

Muuta huomioitavaa

- Tämän alueen harjoittamisessa on sydänkomplikaatioiden ja rasitusvammojen riski hyvin pieni.
- Kuormituksen pituus 60 minuutista useisiin tunteihin.
- Sopivia liikuntamuotoja ovat mm. kävely, pyöräily, uinti, soutu, rauhallinen hiihto.

Käytännön vinkkejä

- Kotitöistä useat toiminnot palvelevat tämän kestävyysalueen kehittämistä, tällaisia ovat mm. lumityöt, pihatyöt, metsätyöt, mattojen pesu, marjastus, metsästys ja kalastus, kaikki tietenkin sillä edellytyksellä että kuormitus nousee henkilön omalle peruskestävyysalueelle.
- Kävelyn kuormitus saadaan helposti peruskestävyysalueelle, ja ylikin, kun kävelysauvat otetaan käyttöön. Sauvojen käytön etuna on kasvaneen hapen/energiankulutuksen (10-25%) lisäksi myös parantunut tasapaino, rasitusvammojen väheneminen ja turvallisuus etenkin ikääntyneillä.
- Pitkäkestoisissa suorituksissa, jollaisia peruskestävyysharjoitukset usein ovat, on erinomaisten tärkeää huolehtia oikeasta "tankkauksesta". Suolojen poistuminen hien mukana aiheuttaa ongelmia, jotka ovat ennaltaehkäistävissä esim. seuraavalla vinkillä.

LIITE 2. Vauhtikestävyysarjoittelu

Terveysvaikutuksia

- Tämän kuormitusalueen terveysvaikutukset ovat hyvin samanlaisia kuin peruskestävyysalueella (kts.edellä). Useimmat vaikutukset ovat kuitenkin merkittävästi tehokkaampia ja selvemmin havaittavia.
- Suorituskyvyn nostaminen oman ikäluokan kuntoluokasta heikko kuntoluokkaan hyvä vähentää riskiä saada ennenaikainen infarkti noin 50%:lla.
- Maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) kehittyy hyvin tehokkaasti.
- Ehkäisee aineenvaihduntasairauksien syntyä esim. diabetes ja ylipaino, sekä verenpaine normalisoituu.
- Vähentää ylimääräisen rasvakudoksen määrää, veren kolesterolipitoisuus alenee. Hyvän kolesterolin (HDL) osuus kasvaa.
- Saattaa vähentää tai peräti poistaa lääkityksen tarpeen eräissä sairauksissa, esim. verenpainetauti.
- Vähentää eräiden pitkäaikaissairauksien oireilua, ja ylläpitää hoitotasapainoa, esim. astma ja diabetes.
- Keskittymiskyky ja stressinsietokyky paranevat.

Harjoitusvaikutuksia

- Rasvojen ja hiilihydraattien käyttö lihasten energialähteenä tehostuu.
- Hapen luovutus kudoksille tehostuu; hiussuonten määrä lihaksistossa lisääntyy.
- Veritilavuus kasvaa ja hemoglobiinin määrä veressä kasvaa, sekä sydämen koko, iskutilavuus sekä keuhkojen kapasiteetti kasvavat sekä leposyke alenee
- Ennen kaikkea maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) kehittyy hyvin tehokkaasti.
- Hitaat lihassolut vastaavat pääasiassa lihastyöstä, mutta tehon kasvaessa nopeiden lihassolujen osuus lihastyössä kasvaa.
- Hiilihydraatit lihastyön energianlähteenä 50-80 %:sti, 2-10 % energiasta tuotetaan anaerobisesti.

- Maitohapon muodostus kasvaa huomattavasti verrattuna lepotasoon, mutta elimistö pystyy estämään maitohaposta johtuvan happamuuden nousun. Vauhdin ylläpito onnistuu kunhan energialähteitä on riittävästi saatavilla.
- Vauhtikestävyys ylärajoilla nopeiden lihassolujen käyttöönotto lisääntyy ja veren maitohappopitoisuus nousee voimakkaasti; elimistö ei enää pysty estämään happamuuden lisääntymistä. Saavutetaan anaerobinen kynnys. Lihakset väsyvät lopullisesti, mikäli kuormitusta jatketaan.

Muuta huomioitavaa

- Lihasten ja maksan täydet hiilihydraattivarastot riittävät noin tunninpituisen kuormituksen.
- Hiilihydraattivarastojen "tankkaus" tärkeää kestävyysurheilijoille sekä ennen kuormitusta että sen aikana.
- Rasvojen käyttö lihasten energialähteenä on absoluuttisesti mitattuna korkeimmillaan tällä kuormitusalueella. Lisäksi varastorasvat eivät ehdy pitkissäkään liikuntasuorituksissa.
- Sydänkomplikaatioiden riski on edelleen pieni, vaikkakin suurentunut verrattuna peruskestävyysalueen kuormitukseen.

Samoin liikuntavammojen riski kasvaa suorassa suhteessa kuormituksen kasvuun.

Käytännön vinkkejä

- Muista huolellinen alku- ja loppuverryttely aina kun kuormitat itseäsi, täten ehkäiset rasitusvammojen syntyä.
- Nestetankkauksen merkitys korostuu aina kuormitusajan kasvaessa yli 15 min pituiseksi.

LIITE 3. Maksimikestävyysharjoittelu

Terveysvaikutuksia

- Tehokas maksimaalisen hapenkulutuksen nostaja.
- Terveysvaikutusten määrä ei käytännössä enää lisäännä eikä terveydentilan laatu parane. Liian kovat harjoitukset suhteessa riittämättömään lepoon kääntyvät suorittajaansa vastaan.

Harjoitusvaikutuksia

- Parantaa tehokkaasti maksimaalista hapenkulutusta
- Parantaa tehokkaasti anaerobista (hapetonta) kestävyyttä ja lihasten maitohapon-sietokykyä
- Nostaa anaerobista kynnystä lähemmäs henkilön maksimisykettä
- Henkilö pystyy tekemään aerobista "työtä" korkeammilla sykkeillä, teholla ja nopeudella ylittämättä anaerobista kynnystä
- Lihastyöhön otettu käyttöön sekä nopeat että hitaat lihassolut
- Energia muodostetaan 80-90 %:sti hiilihydraateista

Muuta huomioitavaa

- Harjoitukset intervallityyppisiä tai kovatehoisia tasavauhtisia kuormituksia. Harjoituskerta kestoltaan 5-30 min.
- Maksimialueen kuormituksessa on aina akuutti vammautumisriski ja suurentunut sydänperäisten komplikaatioiden (infarkti) riski.
- Tämän alueen kuormitusta suositellaan itse asiassa vain terveille kilpakuntoilijoille ja urheilijoille
- Tarkkaile oman elimistösi "statusta", ja varo joutumasta liikunnan kanssa ylikuormitustilaan. Muista oikea levon ja kuormituksen suhde. Terve keho tehdään liikunnan oikealla määrällä ja teholla yhdistettynä mieluisaan liikuntamuotoon sekä riittävällä levon määrällä.
- Harjoittelematon henkilö uupuu 1-2 minuutissa kuormittaessaan itseään anaerobisen kynnyksen yläpuolella.

Pisimmillään puhtaasti anaerobista työtä pystytään ylläpitämään n. 7 minuutin ajan.

Käytännön vinkkejä

- Ylikuormitusoireet: mikäli löydät seuraavasta listasta 5 oiretta, jotka sopivat sinuun, on sinun syytä vakavasti miettiä onko harjoitusohjelmasi liian kova! Mikäli näin käy, ensimmäinen jaärkevin toimenpide on pitää 2 viikon ehdoton tauko liikunnan suhteen. Mikäli oireet edelleen jatkuvat on sinun syytä keskustella asiasta asiantuntevan lääkärin tai liikuntafysiologin kanssa.
 - Heikentynyt suorituskyky, vaikka tilanne pitäisi olla toisinpäin
 - Kohonnut leposyke
 - Kohonnut diastolinen verenpaine
 - Lihas- tai nivelkipuja ja "raskasjalkaisuutta"
 - Hidastunut reaktioaika ja koordinaatiokyvyn heikkeneminen, väsymystä, uneliaisuutta ja unihäiriöitä
 - Ruokahaluttomuutta ja painon alenemista, ruuansulatusvaikeuksia (esim. ripulia)
 - Lisääntynyt janontunne, varsinkin öisin
 - Ärtymisyyttä, masentuneisuutta tai apatiaa, "riutunut" ulkonäkö
 - Liiallinen harjoittelu saa aikaan samanlaisia oireita kuin liian vähäinen harjoittelu
- <http://www.lphp.fi/testiraportti.pdf> 28.11.05

LIITE 4. Voimaryhmän tulokset

Muuttuja	Voimaryhmä					
	0 vko		21 vko			
	KA±SD	KA±SD	Δ%(harj)	merk.(harj)	Δ%2(kuor)	merk.(kuor)
maxfE (N)	543,8±115,5	573,1±94,1	6,7	0,099	-9,1	0,053
maxfJ (N)	496,3±127,4	555,0±106,1	16,6	0,022	-3,4	0,193
maxFM%				0,285		0,210
F500E (N)	361,3±86,7	371,6±70,6	4,9	0,438	-5,9	0,224
F500J (N)	330,7±84,1	368,1±74,3	18,3	0,145	-0,6	0,788
F500M%				0,285		0,386
F1500E (N)	519,7±101,9	543,1±88,7	5,6	0,173	-9,8	0,074
F1500J (N)	470,5±118,5	516,7±96,1	15,7	0,047	-4,9	0,134
F1500M%				0,386		0,333
Yhd 1500E (μV*s ⁻¹)	653,6±168,5	703,2±157,3	9,8	0,237	-13,9	0,176
Yhd 1500J (μV*s ⁻¹)	579,1±241,9	682,2±224,7	27,9	0,091	-4,1	0,237
Yhd1500M%				0,310		0,398
v1500E (μV*s ⁻¹)	239,4±67,6	181,1±45,3	-21,8	0,036	-6,9	0,401
v1500J (μV*s ⁻¹)	219,0±75,0	215,5±91,2	9,8	1,000	20,5	0,484
v1500M%				0,263		0,263
v11500E (μV*s ⁻¹)	232,7±76,6	241,9±36,9	11,2	0,575	-7,3	0,401
v11500J (μV*s ⁻¹)	214,0±87,7	242,2±58,8	26,4	0,123	1,1	0,889
v11500M%				0,401		0,484
rf500E (μV*s ⁻¹)	235,1±56,0	188,1±91,1	-21,5	0,078	-20,2	0,006
rf500J (μV*s ⁻¹)	189,1±60,9	178,9±53,6	-0,4	0,484	2,8	0,889
rf500M%				0,123		0,069
rf1500E (μV*s ⁻¹)	240,9±89,7	260,8±101,1	8,7	0,069	-21,0	0,017
rf1500J (μV*s ⁻¹)	194,5±96,6	248,4±75,4	42,3	0,036	-1,8	0,889
rf1500M%				0,093		0,093
vm500E (μV*s ⁻¹)	208,6±59,0	161,5±33,2	-17,2	0,128	-7,4	0,465
vm500J (μV*s ⁻¹)	197,6±81,7	149,7±40,5	-13,2	0,143	-7,1	0,449
vm500M% (μV*s ⁻¹)				0,735		0,866
vm1500E (μV*s ⁻¹)	204,5±60,6	214,0±49,5	8,3	0,575	-12,3	0,237
vm1500J (μV*s ⁻¹)	181,8±77,0	204,1±98,1	24,8	0,499	-7,9	0,684
vm1500M%				0,408		0,866
Kuorman 1 syke (/min)	124,7±22,1	119,2±17,1	-3,6	0,165		
Kuorman 1 laktaatti (mmol*1-1)	1,9±0,6	2,0±0,7	10,9	0,644		
Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)	18,8±2,1	17,5±1,9	-6,7	0,049		
Kuorman 2 syke (/min)	137,9±16,1	133,4±12,0	-2,9	0,17		
Kuorman 2 laktaatti (mmol*1-1)	2,5±0,8	2,9±0,9	18,4	0,54		
Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)	25,3±3,8	23,8±2,5	-4,3	0,384		
Anaerobinen kynnys syke (/min)	144,1±20,6	140,7±15,4	-1,7	0,261		
Anaerobinen kynnys laktaatti (mmol*1-1)	3,0±1,0	3,2±1,2	8,1	0,238		
Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)	26,7±6,8	25,4±6,8	-3,6	0,379		
Max aika (min)	13,3±3	14,5±3	10	0,028		
Max syke (/min)	169±10,5	169±13,0	0,03	0,284		
Max laktaatti (mmol*1-1)	6,9±2,4	7,8±2,4	27,4	0,959		
Max VO2 (ml/kg/min)	37,5±8,5	35,5±5,7	-3,51	0,386		

LIITE 5: Kestävyyssryhmän tulokset

Muuttuja	Kestävyys		$\Delta\%$ (harj)	merk.(harj)	$\Delta\%$ 2(kuor)	merk.(kuor)
	0 vko	21 vko				
maxfE (N)	518,1±123,1	500,4±82,4	-1,1	0,169	-3,9	0,130
maxfJ (N)	496,1±120,5	513,7±77,8	6,4	0,386	3,0	0,110
maxFM%				0,013		0,013
F500E (N)	368,8±94,0	353,4±56,8	-0,1	0,440	-7,9	0,178
F500J (N)	338,6±109,9	360,1±63,8	14,5	0,365	1,9	0,518
F500M%				0,047		0,047
F1500E (N)	499,2±122,3	480,6±79,9	-0,8	0,169	-5,3	0,081
F1500J (N)	473,1±124,9	501,9±78,5	10,6	0,285	4,8	0,086
F1500M%				0,007		0,002
Yhd 1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	603,9±171,9	618,5±154,0	5,1	0,484	0,0	0,889
Yhd 1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	607,0±200,7	669,9±150,7	15,4	0,263	8,8	0,043
Yhd1500M%				0,263		0,263
vl500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	238,3±67,1	164,2±39,0	-29,6	0,012	6,0	0,327
vl500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	262,7±124,1	172,4±53,4	-26,7	0,036	4,1	0,310
vl500M%				0,699		0,832
vl1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	253,5±99,0	233,0±85,9	-5,9	0,205	-5,8	0,385
vl1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	241,8±109,0	262,3±87,3	17,3	0,380	14,5	0,084
vl1500M%				0,088		0,123
rf500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	157,4±50,6	142,0±51,1	-9,7	0,173	16,9	0,028
rf500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	182,2±59,0	172,4±72,3	-3,1	0,463	21,5	0,179
rf500M%				0,753		0,753
rf1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	161,2±45,7	197,9±63,0	24,3	0,065	4,7	0,397
rf1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	171,7±68,1	211,6±61,0	29,0	0,046	8,9	0,249
rf1500M%				0,691		0,600
vm500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	226,1±102,2	180,3±60,5	-12,5	0,069	30,7	0,026
vm500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	269,3±105,7	185,7±69,0	-26,6	0,012	6,2	0,499
vm500M%				0,066		0,044
vm1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	229,5±103,4	237,1±74,0	12,7	0,263	8,0	0,779
vm1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	236,4±90,3	248,9±93,9	9,8	0,263	4,7	0,310
vm1500M%				0,866		0,676
Kuorman 1 syke (/min)	123,4±17,1	123,5±14,9	0,5	0,974		
Kuorman 1 laktaatti (mmol*1-1)	1,9±0,8	2,1±0,3	30,4	0,371		
Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)	17,7±2,5	16,9±3,2	-4,0	0,247		
Kuorman 2 syke (/min)	139,8±14,3	137,7±13,8	-1,2	0,486		
Kuorman 2 laktaatti (mmol*1-1)	2,5±1,1	2,8±0,7	17,1	0,065		
Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)	23,7±2,9	23,2±2,8	-1,5	0,541		
Anaerobinen kynnys syke (/min)	143,3±13,9	141,5±10,5	-0,9	0,501		
Anaerobinen kynnys laktaatti (mmol*1-1)	2,6±1,0	2,8±0,7	11,6	0,166		
Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)	24,3±4,7	23,6±3,9	-2,4	0,350		
Max aika (min)	14,6±2,5	14,8±2	2,5	0,646		
Max syke (/min)	173±12,8	175±12	1,2	0,108		
Max laktaatti (mmol*1-1)	7±3,2	8,6±2,8	34,1	0,475		
Max VO2 (ml/kg/min)	36,4±6,9	36,1±6,5	0,1	0,946		

LIITE 6: Yhdistelmäryhmän tulokset

Muuttuja	Yhdistelmä					
	0 vko	21 vko	Δ%(harj) merk.(harj)		Δ%2(kuor) merk.(kuor)	
	KA±SD	KA±SD				
maxfE (N)	613,3±113,4	646,9±105,0	6,2	0,125	-0,6	0,790
maxfJ (N)	607,6±109,9	633,9±94,1	5,1	0,131	-1,5	0,459
maxFM%				0,741		0,790
F500E (N)	400,9±113,9	405,8±102,9	3,6	0,722	-0,5	0,882
F500J (N)	398,2±124,5	388,7±118,5	-0,4	0,585	-5,2	0,286
F500M%				0,374		0,363
F1500E (N)	584,4±118,8	601,7±112,1	3,8	0,437	0,1	0,925
F1500J (N)	583,2±117,7	588,4±97,1	1,9	0,778	-1,5	0,391
F1500M%				0,550		0,605
Yhd 1500E (μV*s ⁻¹)	697,9±186,4	757,1±119,2	14,1	0,333	2,8	0,878
Yhd 1500J (μV*s ⁻¹)	702,0±155,5	751,6±92,3	11,0	0,139	-0,5	0,799
Yhd1500M%				0,575		0,508
vl500E (μV*s ⁻¹)	255,7±94,1	193,4±44,9	-20,2	0,013	7,6	0,241
vl500J (μV*s ⁻¹)	272,8±98,1	238,8±117,5	-7,1	0,433	21,8	0,093
vl500M%				0,297		0,445
vl1500E (μV*s ⁻¹)	269,4±83,8	272,2±43,9	6,0	0,721	0,6	0,646
vl1500J (μV*s ⁻¹)	262,1±57,7	284,0±68,8	12,4	0,415	5,3	0,646
vl1500M%				0,607		0,721
rf500E (μV*s ⁻¹)	188,2±112,7	161,6±96,0	-12,2	0,047	6,6	0,721
rf500J (μV*s ⁻¹)	190,2±93,9	151,0±81,2	-18,0	0,114	2,4	0,241
rf500M%				0,721		0,333
rf1500E (μV*s ⁻¹)	190,2±78,5	230,3±74,2	36,0	0,150	8,1	0,799
rf1500J (μV*s ⁻¹)	195,3±81,5	225,3±69,6	23,4	0,074	-0,5	0,445
rf1500M%						0,646
vm500E (μV*s ⁻¹)	227,0±76,1	177,2±63,0	-17,5	0,048	9,4	0,266
vm500J (μV*s ⁻¹)	247,1±87,9	209,2±82,2	-8,9	0,252	25,5	0,297
vm500M%				0,463		1,000
vm1500E (μV*s ⁻¹)	238,3±81,7	254,6±68,9	14,2	0,386	5,1	0,508
vm1500J (μV*s ⁻¹)	244,6±72,2	242,2±58,3	5,0	0,908	-3,3	0,508
vm1500M%				0,295		0,340
Kuorman 1 syke (/min)	118.1±16.8	111.9±15.0	-5,6	0,059		
Kuorman 1 laktaatti (mmol*1-1)	2.0±0.6	1.8±0.4	-0,6	0,345		
Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)	17.3±2.9	16.9±1.7	-0,6	0,790		
Kuorman 2 syke (/min)	127.6±13.6	126.0±15.4	-1,2	0,725		
Kuorman 2 laktaatti (mmol*1-1)	2.3±0.9	2.4±0.5	13,0	1,000		
Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)	21.7±2.9	22.5±2.0	5,3	0,674		
Anaerobinen kynnys syke (/min)	140.6±12.3	135.8±17.5	-3,6	0,168		
Anaerobinen kynnys laktaatti (mmol*1-1)	2.9±0.8	2.7±0.8	-5,6	0,240		
Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)	24.8±6.0	24.6±5.4	-0,6	0,929		
Max aika (min)	14,1±2,3	15,2±2	8	0,036		
Max syke (/min)	168,6±14,6	169,9±16,7	0,9	0,197		
Max laktaatti (mmol*1-1)	7±2,4	9±3,2	49	0,689		
Max VO2 (ml/kg/min)	35±4,8	35±5,2	0,7	0,859		

LIITE 7: Kontrolliryhmän tulokset

Muuttuja	Kontrolli					
	0 vko	21 vko	$\Delta\%$ (harj)	merk.(harj)	$\Delta\%$ 2(kuor)	merk.(kuor)
maxfE (N)	560,6±130,0	588,4±100,9	7,3	0,441	4,2	0,260
maxfJ (N)	580,9±121,8	557,4±91,3	-2,9	0,205	-5,0	0,028
maxFM%				0,035		0,038
F500E (N)	334,8±119,6	375,3±83,3	19,3	0,136	3,6	0,214
F500J (N)	347,1±150,7	334,9±102,6	44,5	0,214	-11,5	0,038
F500M%				0,173		0,139
F1500E (N)	526,5±121,9	559,9±93,6	8,6	0,260	4,8	0,374
F1500J (N)	550,0±129,2	519,6±85,6	-3,5	0,177	-6,9	0,008
F1500M%				0,038		0,038
Yhd 1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	631,1±99,5	648,2±128,7	3,1	0,613	15,2	0,018
Yhd 1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	723,8±143,9	642,1±167,8	-10,2	0,043	-1,0	0,866
Yhd1500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,063		0,063
vl500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	197,8±56,6	156,1±55,0	-18,3	0,091	28,5	0,149
vl500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	236,4±34,8	173,9±58,4	-22,8	0,093	15,0	0,176
vl500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,866		0,735
vl1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	210,9±43,9	218,5±54,7	7,8	0,674	25,3	0,036
vl1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	258,4±55,4	218,1±86,1	-16,9	0,069	7,0	0,575
vl1500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,113		0,161
rf500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	174,8±34,0	129,0±50,4	-27,0	0,029	12,4	0,463
rf500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	198,0±71,6	113,2±36,3	-41,5	0,028	-5,7	0,249
rf500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,112		0,232
rf1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	180,0±32,8	194,3±54,2	10,3	0,612	10,6	0,310
rf1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	200,1±62,3	185,3±50,8	-5,8	0,328	-2,8	0,564
rf1500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,128		0,284
vm500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	237,1±106,3	171,1±69,5	-21,9	0,299	24,1	0,046
vm500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	278,2±79,3	180,1±41,5	-33,0	0,028	15,1	0,600
vm500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,345		0,600
vm1500E ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	248,5±69,0	266,0±75,6	9,4	0,398	11,2	0,128
vm1500J ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)	276,2±62,2	262,0±66,1	-4,6	1,000	0,3	0,680
vm1500M% ($\mu\text{V}\cdot\text{s}^{-1}$)				0,076		0,091
Kuorman 1 syke (/min)	105.4±11.5	109.1±13.9	3,4	0,030		
Kuorman 1 laktaatti (mmol*1-1)	2.1±0.7	2.1±0.7	0	0,943		
Kuorman 1 VO2 (ml/kg/min)	18.2±2.1	17.4±1.7	-3,8	0,265		
Kuorman 2 syke (/min)	121.1±14.3	130.9±14.4	8,3	0,010		
Kuorman 2 laktaatti (mmol*1-1)	2.2±0.5	2.8±1.0	25,6	0,035		
Kuorman 2 VO2 (ml/kg/min)	24.5±1.8	23.4±1.8	-4,3	0,207		
Anaerobinen kynnys syke (/min)	127.1±13.5	136.4±11.9	7,6	0,014		
Anaerobinen kynnys laktaatti (mmol*1-1)	2.6±0.6	3.2±0.8	28,5	0,131		
Anaerobinen kynnys VO2 (ml/kg/min)	26.7±4.3	25.8±5.4	-3,5	0,263		
Max aika (min)	14,5±3	13,1±2,4	-8,5	0,028		
Max syke (/min)	165,4±6,5	160,6±12	-2,7	0,318		
Max laktaatti (mmol*1-1)	7,8±2,1	6,5±3	-12,1	0,484		
Max VO2 (ml/kg/min)	38,5±6,9	36,1±5,9	-5	0,208		

LIITE 8: MET- arvot ACSM: n mukaan:

Home Activities

- 05021 3.5 Mopping
 05025 2.5 Multiple household tasks all at once, light effort
 05026 3.5 Multiple household tasks all at once, moderate effort
 05027 4.0 Multiple household tasks all at once, vigorous effort
 05043 3.5 Vacuuming
 05045 6.0 Butchering animals
 05053 2.5 Feeding animals
 05148 2.5 Watering plants
 05149 2.5 Building a fire inside
 05181 3.0 Carrying small children
 05187 4.0 Elder care, disabled adults, only active periods
 05188 1.5 Reclining with baby
 05190 2.5 Sitting, playing with animals, light, only active periods
 05191 2.8 Standing, playing with animals, light, only active periods
 05192 2.8 Walk/run, playing with animals, light, only active periods
 05193 4.0 Walk/run, playing with animals, moderate, only active periods
 05194 5.0 Walk/run, playing with animals, vigorous, only active periods
 05195 3.5 Standing–bathing dog

Lawn and Garden

- 06165 4.5 Painting (Taylor Code 630)

Inactivity

- 07011 1.0 Lying quietly, done nothing, lying in bed awake, listening to music (not talking or reading)
 07021 1.0 Sitting quietly, sitting smoking, listening to music (not talking or reading), watching a movie in a theater

Lawn and Garden

- 08125 4.5 Mowing lawn, power mower (Taylor Code 590)
 08165 4.0 Raking lawn (Taylor Code 600)
 04246 3.0 Picking fruit off trees, picking fruits/vegetables, moderate effort

Miscellaneous

- 09071 2.0 Standing–miscellaneous
 09075 1.5 Sitting—arts and crafts, light effort
 09080 2.0 Sitting—arts and crafts, moderate effort
 09085 1.8 Standing—arts and crafts, light effort
 09090 3.0 Standing—arts and crafts, moderate effort
 09095 3.5 Standing—arts and crafts, vigorous effort
 09100 1.5 Retreat/family reunion activities involving sitting, relaxing, talking, eating
 09105 2.0 Touring/traveling/vacation involving walking and riding
 09110 2.5 Camping involving standing, walking, sitting, light-to-moderate effort

09115 1.5 Sitting at a sporting event, spectator

Occupation

11015 2.5 Bakery, light effort

11121 3.0 Custodial, buffing the floor with an electric buffer

11122 2.5 Custodial, cleaning sink and toilet, light effort

11123 2.5 Custodial, dusting, light effort

11124 4.0 Custodial, feathering arena floor, moderate effort

11125 3.5 Custodial, general cleaning, moderate effort

11126 3.5 Custodial, mopping, moderate effort

11127 3.0 Custodial, take out trash, moderate effort

11128 2.5 Custodial, vacuuming, light effort

11129 3.0 Custodial, vacuuming, moderate effort

11151 4.0 Farming, chasing cattle or other livestock on horseback, moderate effort

11152 2.0 Farming, chasing cattle or other livestock, driving, light effort

11191 6.0 Farming, taking care of animals (grooming, brushing, shearing sheep, assisting with birthing, medical care, branding)

11495 12.0 Skin diving or SCUBA diving as a frogman (Navy Seal)

11615 4.0 Lifting items continuously, 10–20 lbs, with limited walking or resting

11765 3.5 Tailoring, weaving

11796 3.0 Walking, gathering things at work, ready to leave

11805 4.0 Walking, pushing a wheelchair

Running

12027 4.5 Jogging on a mini-trampoline

Self Care

13036 1.0 Taking medication, sitting or standing

13045 2.5 Hairstyling

13046 1.0 Having hair or nails done by someone else, sitting

Sports

15265 4.5 Golf, walking and carrying clubs

15285 4.3 Golf, walking and pulling clubs

15591 12.5 Roller blading (in-line skating)

15685 5.0 Tennis, doubles play

15711 8.0 Volleyball, competitive play in a gymnasium

15732 4.0 Track and field (shot, discus, hammer throw)

15733 6.0 Track and field (high jump, long jump, triple jump, javelin, pole vault)

15734 10.0 Track and field (steeplechase, hurdles)

Transportation

16015 1.0 Riding in a car or truck

16016 1.0 Riding in a bus

Walking

17031 3.0 Loading/unloading a car

17085 2.5 Bird watching

17105 4.0 Pushing a wheelchair, non occupational setting

17151 2.0 Walking, less than 2.0 mph, level ground, strolling, very slow

17152 2.5 Walking, 2.0 mph, level, slow pace, firm surface

17161 2.5 Walking from house to car or bus, from car or bus to go places, from car or bus to and from the work site

17162 2.5 Walking to neighbor's house or family's house for social reasons

17165 3.0 Walking the dog

17231 8.0 Walking, 5.0 mph

17280 2.5 Walking to and from an outhouse

Water Activities

18025 3.3 Canoeing, harvesting wild rice, knocking rice off the stalks

18355 4.0 Water aerobics, water calisthenics

18366 8.0 Water jogging

Religious Activities

20000–20100 Addition of 24 new codes and description of activities

Volunteer Activities

21000–21070 Addition of 19 new codes and description of activities

S500 Official Journal of the American College of Sports Medicine

<http://www.msse.org>. 10.11.2005