

1440

**LIIKUNTAINTERVENTION JA ESTROGEENIKORVAUS-
HOIDON VAIKUTUS 50-57-VUOTIAIDEN NAISTEN
AEROBISEEN KUNTOON**

**Gerontologian ja
kansanterveyden
pro gradu-tutkielma**

**Sirpa Kauppi
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteen laitos
Syksy 1998**

TIIVISTELMÄ

Kauppi Sirpa (1998) Liikuntaintervention ja estrogeenikorvaushoidon vaikutus 50-57- vuotiaiden naisten aerobiseen kuntoon.

Gerontologian ja kansanterveyden pro gradu -tutkielma, 57 sivua
Jyväskylän yliopisto, Terveystieteen laitos, syksy 1998

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää millaisia muutoksia intensiivinen, voimaharjoitteluun ja hyppelyharjoituksiin painottunut puolen vuoden liikuntainterventio sekä estrogeenikorvaushoito saavat aikaan ikääntyvien naisten aerobisessa kunnossa. Tutkimus on osa laajempaa Liikunta ja estrogeeni-projektia. Satunnaisotannalla valituille 1300:lle jyvaskyläläiselle 50-57-vuotiaalle naiselle lähetettiin kyselylomake, jolla kartoitettiin heidän terveydentilansa, menopausiin liittyvä status ja lääkitys. Kliinisen tarkastuksen ja verinäytteiden jälkeen heistä 80 valittiin tutkimukseen ja satunnaistettiin neljään ryhmään: liikuntaryhmä (n=20), estrogeeniryhmä (n=20), liikunta- + estrogeeniryhmä (n=20) sekä kontrolliryhmä (n=20).

Liikuntaryhmät osallistuivat kahdesti viikossa ohjattuihin 45-60 minuutin mittaisiin kuntopiirinä toteutettuihin lihasvoima- ja hyppelyharjoituksiin. Kahden ensimmäisen kuukauden aikana voimaharjoittelun taso oli 60%, kahden seuraavan kuukauden aikana 70% ja intervention lopussa 80% maksimivoimasta. Hyppyjen harjoittelutaso oli progressiivisesti etenevä. Jokaiseen ohjattuun liikuntakertaan kuului sykettä nostava lämmittelyvaihe, jonka pituus oli 10-15 minuuttia. Ensimmäisen (1-2kk) ja toisen (3-4kk) hyppely- ja voimaharjoittelujakson välissä oli kahden viikon mittainen aerobic-jakso. Kotiharjoituksiin kuuluivat hyppyharjoitukset ja vartalon lihasvoimaa lisäävät harjoitukset. Tavoitteena oli toteuttaa liikuntaa 4-6 kertaa viikossa. Koeryhmään kuuluneet pitivät harjoituspäiväkirjaa sekä ohjatuista että omaehtoisista liikuntasuorituksista. Estrogeeniryhmä ja kontrolliryhmä jatkoivat entisiä liikuntatottumuksiaan ja pitivät niistä liikuntapäiväkirjaa.

Aerobinen kunto mitattiin nousujohteisella polkupyöraergometritestillä. Hapenkulutuksen (l/min) prosentuaaliset muutokset olivat liikuntaryhmässä (n=14) keskimäärin 10.8% ja liikunta- +estrogeeniryhmässä (n=10) 7.1%. Painoon suhteutettu hapenottokyky (ml/kg/min) kohosi liikuntaryhmässä 9.7% ja liikunta- + estrogeeniryhmässä 7.7%. Estrogeeniryhmässä (n=15) ja kontrolliryhmässä (n=15) muutokset olivat vähäisiä. Ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta ($p < 0.10$) paikallistettaessa ryhmien välisillä kontrasteilla oli liikuntaryhmän hapenottokyvyn muutos merkitsevästi suurempi kuin kontrolli-ryhmän (l/min $p = 0.001$, ml/kg/min $p = 0.002$). Myös liikunta- +estrogeeniryhmän muutos kontrolliryhmään nähden oli merkitsevä (l/min $p = 0.030$, ml/kg/min $p = 0.022$). Liikuntaryhmän hapenottokyvyn muutos estrogeeniryhmään nähden oli tilastollisesti merkitsevä (l/min $p = 0.022$, ml/kg/min $p = 0.046$). Maksimaalinen työteho ei muuttunut merkitsevästi. Tulokset viittaavat siihen, että intensiivinen, progressiivisesti etenevä hyppely- ja voimaharjoittelu lisää aerobista kuntoa, mutta estrogeenikorvaushoidolla ei ole merkitsevää vaikutusta siihen.

Avainsanat: aerobinen kunto, kestävyysharjoittelu, ergometritestaus, vaihdevuosi-ikä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1. JOHDANTO	4
2. AEROBINEN KUNTO	5
3. AEROBISEN KUNNON MITTAAMINEN	7
3.1. Hapenottokyvyn suora mittaus	8
3.2. Hapenottokyvyn epäsuora mittaus	9
3.2.1. Polkupyöraergometritesti	9
3.2.2. Polkupyöraergometritestin tulkinnasta ja viitearvoista	11
4. IKÄ JA KEHON FYYSISET MUUTOKSET	13
4.1. Iän vaikutus aerobiseen kuntoon	13
4.2. Fyysinen kuormittuminen ja ikä	14
4.3. Vaihdevuosi-ikä ja estrogeeni	17
5. LIIKUNNAN VAIKUTUKSET AEROBISEEN KUNTOON	19
5.1. Poikkittais- ja pitkittäistutkimukset kestävyysurheilijoilla	21
5.2. Liikuntainterventiot	25
6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT	28
7. TUTKIMUSMENETELMÄT	28
7.1. Koehenkilöt ja ryhmät	29
7.2. Liikuntainterventio	29
7.3. Estrogeenikorvaushoito	31
7.4. Mittaukset	32
7.4.1. Antropometria	32
7.4.2. Aerobinen kunto	32
7.5. Tilastolliset analyysit	33

8. TUTKIMUSTULOKSET	33
8.1. Antropometria	33
8.2. Aerobinen kunto	36
8.2.1. Sydämen syke	36
8.2.2. Työteho	37
8.2.3. Hapenottokyky	39
8.2.4. Subjekttiivinen kuormituksen kokeminen	43
9. POHDINTA	44
LÄHTEET	51

1. JOHDANTO

Kestävyysurheilijoita koskevissa tutkimuksissa on pystytty osoittamaan, että nuorena aloitettu urheilu hidastaa kehon ikääntymisprosessista aiheutuvia muutoksia ja minimoi vanhuuden toimintakyvyn heikkenemistä (Dehn & Bruce 1972, Heath ym. 1981, Fleg & Lakatta 1988). Nuorena liikuntaa harrastaneet yleensä jatkavat sitä myös vanhuudessa fyysisen toimintakykynsä säilyttämiseksi. Ne, joilla liikunnan harrastaminen on ollut nuorena vähäistä, se myös helposti ikääntymisen myötä vähenee entisestään (Ruuskanen 1990). Osittain onkin epäselvää, kuinka paljon fyysisen kunnon heikentyminen johtuu itse ikääntymisprosessista ja kuinka paljon yksilön inaktiivisuudesta (Pollock ym. 1987).

Aerobinen kunto eli hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyky alkaa rapistua 45 ikävuoden jälkeen nopeasti. Työikäiselle väestölle tehdyissä mittauksissa on todettu yksilötasolla jopa 20-25 prosentin aleneminen neljän vuoden aikana. Fyysisen kunnon heikentymisestä huolimatta pitäisi työkyvyn säilyä useinmiten 65 ikävuoteen asti, myös fyysistä kestävyyttä vaativissa työtehtävissä. On arvioitu, että vuonna 2 000 Suomen työvoimasta 45-64-vuotiaiden osuus on noin 40%. (Ilmarinen 1991.)

Monilla naisvaltaisilla aloilla työntekijöiden keski-ikä on jo ylittänyt 45 vuoden rajan (Nygård 1996, Pohjonen 1996). Ikääntyvien naisten työssä uupumista on pyritty selittämään muun muassa fyysisen kunnon heikentymisellä sekä vaihdevuosi-ikään liittyvillä ongelmilla. Näiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta ei kuitenkaan ole aikaisempia tutkimuksia. Aerobista kuntoa koskevat tutkimukset on suurelta osin tehty miehillä tai aktiivurheilijoilla. Estrogeenikorvaushoidon kaikkia terveydellisiä vaikutuksia ei myöskään tunneta. Naisten terveyskunnosta huolehtiminen olisi kuitenkin merkityksellistä paitsi työkyvyn, myös myöhemmän toimintakyvyn ylläpysymisen kannalta heidän pidemmästä eliniästään johtuen. Naisten eliniän odote Suomessa on tällä hetkellä 81 vuotta ja miesten 73 vuotta (ks. Heikkinen 1997).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli analysoida puolen vuoden mittaisen intensiivisen liikuntaintervention sekä estrogeenikorvaushoidon vaikutusta aerobiseen kuntoon

vaihdevuosi-ikäisiltä, 50-57-vuotialta naisilta. Tutkimus on osa laajempaa Jyväskylässä toteutettua Liikunta ja estrogeeni-tutkimusprojektia. Koehenkilöt satunnaistettiin koe- ja kontrolliryhmään ja progressiivisesti etenevä liikuntainterventio painottui impaktiivisiin harjoitteisiin sekä voimaharjoitteluun. Aerobisen kunnan muutos oli tutkimuksessa taustamuuttujana. Aerobinen kunto mitattiin koehenkilöiltä nousujohteisella polkupyöraergometritestillä ennen liikuntainterventiota ja puolen vuoden intervention jälkeen. Tutkimusongelmina tarkasteltiin aerobisen kapasiteetin, ergometritestissä saadun työtehon, sydämen syketason ja subjektiivisen kuormittumisen muutosta. Estrogeenikorvaushoito toteutettiin kaksoissokkokeena, jolloin yhden tutkimusryhmän koehenkilöt saivat sekä estrogeenikorvaushoidon että osallistuivat ohjattuun liikuntaryhmään. Tutkimusongelmana oli myös selvittää, oliko liikunnalla ja estrogeenillä yhdysvaikutusta.

2. AEROBINEN KUNTO

Fyysisen kunnan osa-alueita ovat voima, notkeus, kestävyys ja taito. Näitä vastaavat elinjärjestelmät ovat lihakset, nivelet, hengitys- ja verenkiertoelimistö sekä keskushermosto (Gray ym. 1985).

Hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyllä eli aerobisella kunnolla tai kestävyydellä tarkoitetaan elimistön kykyä sietää tietyn tason fyysistä kuormitusta pitkän aikaa. Maksimaalinen aerobinen teho, hapenotto- ja hengityskyky ($VO_{2\text{maks}}$) mittaa aerobisen energiantuotokoneiston maksimitehoa (Oja 1995). Kyseinen muuttuja kuvaa hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa happea kudoksille sekä kudosten kykyä käyttää happea (Laukanen 1990).

Hengitys- ja verenkiertoelimistö toimii kehon sisäisenä kuljetusjärjestelmänä hankkimalla sen tarvitsemat aineet ja poistamalla aineenvaihdunnan palamistuotteet. Ihminen tarvitsee sekä levossa että rasituksessa happea ja energianlähteitä ja etenkin kuormituksessa kehon toiminta on riippuvainen näiden varastoista. Päivittäinen energiantarve muodostuu

perusaineenvaihdunnan, ruoan ja fyysisen aktiivisuuden aikaansaamasta energiankulutuksesta. Päivän perusaineenvaihdunnan energiankulutussumma on 1 MET (teho 1 MET =metabolic equivalents) x 24 t (Fogelholm & Uusitupa 1995).

Lyhytkestoisessa maksimaalisessa kuormituksessa lihastyön välitön energiantarve saadaan lihaksiin varastoituneesta adensiinitrifosfaatista (ATP) ja kreatiinifosfaatista (KP). Varastot riittävät kuitenkin vain noin 10 sekunniksi. Muut energiavarastot ovat lihasten ja maksan glykogeeni sekä rasvakudos. (Rauramaa & Rankinen 1995.) Kestävyysominaisuudet voidaan ryhmitellä aerobiseen (osa-alueet ovat perus-, vauhti- ja maksimaalinen kestävyys) sekä anaerobiseen, nopeuskestävyyteen. Peruskestävyys tarkoittaa matalalla teholla lähinnä rasvavarantojen ja hapen avulla tapahtuvaa aerobista aineenvaihduntaa. Vauhtikestävyys tarkoittaa lähellä maksimaalista tehoa tapahtuvaa toimintaa. Vauhtikestävyysuorituksessa lihakset käyttävät energianaan hiilihydraatteja, osa energiasta tuotetaan ilman happea, anaerobisesti. (Oja 1995.)

Dynaaminen lihastyö lisää hapenkulutusta suorassa suhteessa kuormitukseen. Sydämen syketaajuus, iskutilavuus ja valtimo-laskimo-happiero lisääntyvät siirryttäessä lepotilasta raskuuteen. (Shephard 1987, Rauramaa & Rankinen 1995.) Hapenkulutus on sydämen minuuttivolyymin - iskutilavuuden ja sykkeen - sekä valtimo- ja laskimoveren happipitoisuuden eron tulo. (ks. Suominen 1997.) Verenkierto sopeutuu lihastyöhön ohjaamalla verivirtauksen toimiviin lihaksiin sekä lisäämällä sydämen minuuttitulavuutta ja keskimääräinen valtimopaine suurenee. Maksimaalista hapenkulutusta rajoittava tekijä dynaamisessa lihastyössä on sydämen kyky suurentaa minuuttitulavuutta. (Rauramaa & Rankinen 1995.) Liikuntaa harrastamattomilla kyky sietää lisääntyvää kuormitusta on alhaisempi kuin liikuntaa harrastaneilla. Suorituskyvyn kannalta tärkeä on ns. anaerobinen kynnyks, jolloin elimistön kuormitustaso on 60-80 % maksimaalisesta suorituksesta ja keuhkotuuletus (ventilaatio) sekä veren maitohappopitoisuus nousevat jyrkästi (Aunola 1991, Oja 1995).

Lihasten sekä hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyky on parhaimmillaan 20-30 vuoden iässä. Tällöin tarvitaan vain vähäinen osa kapasiteetista päivittäisistä rutiineista

selviytymiseen. (Suominen 1997). Huipputasen kestävyysurheilijalla sydämen iskutilavuus saattaa olla 200 ml, vastaavasti harjoittelemattomilla miehillä 90 ml ja naisilla jonkin verran vähemmän. Pienemmästä iskutilavuudesta johtuen myös minuuttitulavuus naisilla on pienempi kuin miehillä, joilla se on noin 25 l/min. (Vuori 1994a.)

3. AEROBISEN KUNNON MITTAAMINEN

Hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn testaus pyrkii mittaamaan tai ennustamaan maksimaalista hapenottoa (VO_{2maks}), verenkiertoelimistön kestävyuden rajaa ja kykyä kuljettaa happea kudoksille sekä kudosten kykyä käyttää happea (Laukkanen 1990). Maksimaalisen hapenkulutuksen (VO_{2maks}) katsotaan olevan paras yksityinen fyysisen toimintakyvyn indikaattori (Litmanen 1996.) Maksimaalinen hapenkulutus on huipputehoa ja yksilön fyysistä työkapasiteettia määräävä tekijä (Suominen 1997). Mitattaessa yksilön aerobista kuntoa epäsuoralla testillä on tunnettava kuorman teoreettinen hapenkulutus, joten submaksimaalista testiä on tulkittava tietyin varauksin (Siltanen 1994).

Elimistössä tapahtuvat muutokset rasituksen aikana ovat hengityksen ja sydämen minuuttitulavuuden lisääntyminen, sydämen syketaajuuden sekä systolisen verenpaineen kasvu lineaarisesti hapenkulutuksen kasvaessa. Kuormituksen jatkuessa samanlaisena saavutetaan noin kolmessa minuutissa tila, jossa sydämen syke ja minuuttitulavuus sekä elimistön hapenkulutus pysyvät useita minuutteja muuttumattomina. Tämä tunnetaan steady state -tasapainotilana. (Oja 1995.)

Aerobisen kunnan mittaustulos ilmoitetaan joko absoluuttisesti litroina minuutissa (l/min) tai suhteessa kehon massaan, millilitroina kiloa kohti minuutissa (ml/kg/min). (Shephard 1987, Vuori 1994b). Hapenkulutuksen ilmaiseminen suhteellisena suureena on perusteltua, koska kuormituksessa yksilön on kannatettava omaa kehon painoa (Laukkanen 1990).

3.1. Hapenottokyvyn suora mittaus

Hapenottokyvyn suoralla mittaamisella tai suoralla maksimitestillä tarkoitetaan subjektiiviseen maksimaaliseen ponnistukseen johtavaa progressiivista kuormitustestiä (Oja 1995). Hapenottokyvyn suoran mittauksen tavoitteena on selvittää henkilön aerobisen energiantuotannon maksimitaso eli maksimaalinen hapenkulutus (VO_{2max}) ja aerobinen teho (Vuori 1994b).

Suorassa testissä elimistöä rasitetaan asteittain - tavallisimmin polkupyöräergometrillä tai juoksumatolla - kunnes aerobinen energianmuodostus eli hapenkulutus ei enää kasva kuorman suurenemisesta huolimatta. Tällöin osa energiasta muodostuu anaerobisesti ja veren maitohappopitoisuus kasvaa. Maksimaalisuuden muita kriteereitä voivat olla ventilatorisen kaasujenvaihtosuhteen (RQ) arvon nousu yli 1,0, iänmukaisen maksimisykkeen ylittyminen tai koehenkilön subjektiivinen uupuminen. (Vuori 1994b.)

Suoran hapenottokykytestin aikana hengityskaasut kerätään tietyltä ajalta ja määritetään hapen (O_2) sekä hiilidioksidin (CO_2) pitoisuudet sekä mitataan sisään- ja uloshengityksen virtaustilavuus. Sydämen syke mitataan koko testin ajan ja verinäyte otetaan jokaisen kuorman lopussa laktaattipitoisuuden määrittämiseksi. (Vuori 1994b, Oja 1995.)

Maksimaalisen testin suorittamista voivat estää hengitys- ja verenkiertoelimistön sairaudet, tuki- ja liikuntaelinten vammat, lihasheikkous sekä motivaation puute niin, että maksimitasoa ei saavuteta. Tällöin saadaan mitattua hapenkulutuksen loppuarvo tai ns. oirerajoitteinen maksimaalinen hapenkulutus. (Siltanen 1994.) Terveydellisten komplikaatioiden riskin takia testi on suoritettava lääkärin valvonnassa etenkin, jos henkilöllä on sairauksia tai jos hänen ikänsä on yli 50 vuotta (Vuori 1996). Myös Shephard (1987) korostaa testin olevan käyttökelpoisen nuorille ihmisille, mutta iäkkäämmillä testaamisessa on otettava huomioon turvallisuustekijät sekä testattavan motivaatio.

3.2. Hapenottokyvyn epäsuora mittaus

Epäsuora, submaksimaalinen mittaus perustuu maksimaalisen hapenottokyvyn arviointiin. Kuorman kasvaessa hapenkulutus suurenee lineaarisesti samassa suhteessa niin kauan, kuin tehdyn työn mekaaninen hyötysuhde pysyy vakiona ja työ suoritetaan aerobisen energiantuotannon turvin. Samoin syketasosta 120 krt./minuutissa alkaen vallitsee syketaajuuden ja hapenkulutuksen välillä suoraviivainen riippuvuus, joka jatkuu lähes maksimaalisen hapenkulutuksen tasolle asti, tasaantuen juuri sitä ennen. Näillä perusteilla pystytään arvioimaan yksilön maksimaalinen hapenkulutus. (Vuori 1994b.)

Hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn submaksimaalinen mittaaminen edellyttää tutkittavalta vähintään kohtalaista hengitys- ja verenkiertoelimistön sekä tuki- ja liikuntaelimistön terveyttä. Useimmin testi tehdään polkupyöraergometrillä käyttäen kolmea submaksimaalista kuormaa 2-4 minuutin työajalla. Työteho (W) lasketaan ekstrapolointisuoran ja maksimisykerajan leikkauspisteestä ja tulos sijoitetaan kuntoindeksin laskentakaavaan. (Vuori 1994b.)

Yleisiä ovat polkupyöraergometritestien ohella kävelytestit. Suomessa aikuisväestön testaamiseen on yleistynyt UKK-instituutin kahden kilometrin kävelytesti. Testissä VO_{2maks} ennustetaan kävelyn käytetyn ajan, kävelysykkeen, kehon painoindeksin (BMI, body mass index) ja iän avulla. (Laukkanen 1990.) Kuntotestauksen yleistyttyä testeihin osallistuu yhä enemmän keski-ikäisiä, vähemmän liikuntaa harrastaneita henkilöitä, joilla iän myötä komplikaatioiden riski kasvaa. (Vuori 1996).

3.2.1. Polkupyöraergometritesti

Euroopassa polkupyöraergometritesti on suosituin metodi sekä potilaiden että terveiden ihmisten fyysisen kunnan arvioimisessa. Suurin osa kliinisistä rasituskokeista Suomessa ja Ruotsissa tehdään polkupyöraergometrillä. Testin etuna on, että kuormitus on riippumaton yksilön kehon painosta. Kuorman suuruus vaikuttaa kokonaishapenkulutukseen eri

henkilöillä samalla tavalla, mutta suhteellinen hapenkulutus painokiloa kohti on erilainen eri henkilöillä. (Arstila ym. 1990.)

Aikaisemmin käytettiin Åstrandin vakiokuormaista kuuden minuutin testimallia (Åstrand 1962). Siinä työkuorma on 75 % maksimaalisesta sykkeestä ja testin kesto on 6 minuuttia. Testissä saadaan työtehoa ja sykettä vastaava maksimihapenkulutus ikäkertoimen mukaan. (ks. Laukkanen 1990.) Maksimaalinen hapenottokyky voidaan laskea Åstrandin nomogrammin avulla submaksimaalisen syketason, työkuorman ja arvioidun hapenkulutuksen perusteella. (Åstrand & Rodahl 1986).

Nykyään yleisimmin käytetty menetelmä on Maailman terveysjärjestön (WHO) suosittelema kolmiportainen malli (3x4 minuuttia). Testin tavoitteena on progressiivisesti nousevilla kuormilla saavuttaa viimeisen poljettavan kuorman aikana 85 prosentin taso testattavan henkilön maksimisykkeestä (Andersen ym. 1971, ks. Laukkannen 1990).

Testissä pyritään steady-state-tasapainotilaan lisäämällä kuormaa joka kolmas minuutti. Kuormitus on 25-50 W tutkittavan koon, sukupuolen ja oireiden sekä anamneesin perusteella arvioidusta suorituskyvystä riippuen. Testin aikana tutkittavalla on normaalille, päivittäiselle aktiviteetille ominainen, fysiologinen vara adaptoitua kullakin rasitus-tasolla. Tästä syystä testi on työkyvyn arviointiin ja diagnostiseen tutkimukseen suositeltava. Kuorman lisäys tapahtuu ns. ramppiohjelmassa minuutin välein 10-20 Watin kuormalla. Testissä ei pyritä vakaaseen steady-state-tilaan, vaan annetaan kardiorespiratorisen rasituksen kasvaa subjektiiviseen maksimiin lisäämällä ulkoista kuormaa pienellä vakiomäärällä. Testitapa soveltuu toistuvaan seurantaan. (Siltanen 1994.)

Testien kuormittavuuden seurannassa käytetään usein subjektiivista luokittelua, ratio scaling of perceived exertion (RPE) eli Borgin asteikkoa (Borg 1990). Testin aikainen rasittavuus on luokiteltu asteikolle 6 / ei lainkaan rasittava - 20 / maksimaalinen rasitus (ks. Åstrand & Rodahl 1986). Testattava ilmoittaa kokemansa rasittavuuden asteen

numerona ja näitä subjektiivisia tuntemuksia voidaan käyttää testin lopettamisen indikaationa. Polkupyöraergometritestin yhteydessä seurataan sydämessä tapahtuvia muutoksia elektrokardiogrammin (EKG) avulla. Usein kuormituskoe joudutaan keskeyttämään juuri verenpainereaktioiden tai EKG:ssa havaittujen muutosten takia. Tuki- ja liikuntaelimistön kunnolla on myös merkitystä testin onnistumiselle, reisilihasten heikkous saattaa estää hapenottokyvyn testaamisen ja luotettavan tuloksen selville saamisen (Shephard 1987). Kallisen ym.(1997) tutkimuksessa todettiin etenkin huonokuntoisilla reisilihasvoiman heikkouden olevan yleisin syy polkupyöraergometritestin keskeyttämiseen.

3.2.2. Polkupyöraergometritestin tulkinnasta ja viitearvoista

Polkupyöraergometri soveltuu parhaiten elimistön taloudellisuuden määrittämiseen, koska ulkoisen työn määrä voidaan mitata tarkasti. Juoksumatolla tehtävän testin on todettu antavan 5-7% suuremman hapenkulutuksen, koska alaraajojen väsymisoireet eivät tule samoin esille kuin pyörällä polkiessa. Taloudellisuuden mittana voidaan käyttää joko mitatun tai teoreettisen hapenkulutuksen suhdetta tai suorituksen hyötysuhdetta, mekaaninen työ/kulutettu energia. Uupumiseen päättyvän testin jälkeen sykkeen pitäisi olla noin 90% teoreettisesta maksimisykkeestä, joka saadaan laskemalla $205 - 0,5 \times \text{ikä}$ (tai $220 - \text{ikä}$, mm. Shephard 1992). Borgin asteikkoa käytettäessä subjektiivisen rasitustason pitäisi olla vähintään tasolla 17/20, mieluummin tasolla 19/20. (Siltanen ym. 1994.)

Absoluuttinen (l/min) ja painokiloa kohti ilmoitettu suhteellinen maksimaalinen hapenkulutus (ml/kg/min) on miehillä suurempi kuin naisilla. Iän myötä vähenemistä molemmilla sukupuolilla tapahtuu noin 9% kymmentä ikävuotta kohti 25-vuotiaasta alkaen (Vuori 1994b).

Maksimaalinen hapenkulutus voidaan ilmaista myös MET-yksikköinä (metabolinen ekvivalentti). Levossa istuen mitattu hapenkulutus painokiloa kohti on $3,5 \text{ ml/O}_2/\text{kg} \times \text{min}$. MET huomioi yksilölliset ominaisuudet tarkoin, mutta on vertailukelpoinen vain

samanikäisiin nähden, sillä MET pienenee iän mukana suunnilleen samassa määrin kuin maksimisyke, mikä määrää sydämen minuuttitilavuuden. (Siltanen ym. 1994, Kukkonen-Harjula ym. 1997).

Suomalaisten hapenottokyvyn viitearvot perustuvat Mini-Suomi-tutkimuksessa saatuihin viitearvioihin. Tulokset ilmaistaan numeraalisella kuntoluokituksella yhdestä viiteen tai sanallisesti erittäin hyvä, normaali ja heikentynyt. Mikäli tuloksessa ilmoitetaan vain viimeinen kuorma W_{max} , suhteutetaan se henkilön painoon W/kg. (Arstila & Impivaara 1991.)

Arstilan ym. (1990) viitearvo-tutkimuksen lähtökohtana oli, että ikään ja sukupuoleen sovellettavat viitearvot ovat Suomessa puutteelliset ja käytössä olevat viitearvot vanhentuneita. Ikäkohorteissa on tapahtunut vuosien mittaan muutoksia mm. pituuden ja kuntoominaisuuksien suhteen. Tutkimus tehtiin Mini-Suomi-terveystutkimuksen yhteydessä 301 henkilölle (168 miestä, keski-ikä $46,8 \pm 8,9$ ja 133 naista, keski-ikä $47,6 \pm 8,9$). Heidän rasisuskokeensa tulokset hyväksyttiin viitearvoaineiston pohjaksi. Ergometritestin tulokset olivat merkittävästi yhteydessä miehillä ikään ja pituuteen, naisilla ikään ja kehon painoon. Merkittävä negatiivinen korrelaatio oli iän ja kaikkien kolmen kuormitusmuuttujan välillä kolmiportaisessa testissä sekä miehillä että naisilla. Mitattu kuntokapasiteetti oli yhtenevä subjektiiviseen kuntoarvioon miehillä, naisilla vain niissä tapauksissa, joissa kyseessä oli huonokuntoinen henkilö. Ei-tupakoivilla miehillä oli korkeampi kuormitusarvo kuin tupakoivilla, naisilla tässä ei havaittu eroja. Mitattu kuntokapasiteetti korreloi positiivisesti vapaa-ajan harrastuksiin, mutta ei henkilön tekemään työhön. (Arstila ym. 1990.)

Verrattuna esim. Ruotsissa tehtyyn, jatkuvan kuormituksen testiin, Arstilan ym. (1990) tutkimuksessa saatujen kuntoluokkien tulokset olivat keskimäärin hieman korkeampia. Tutkimuksen otos oli 188 henkilöä, 20-79-vuotiasta miestä ja naista. Suomessa aikaisemmin käytössä olleet viitearvot olivat keskimäärin 5-10%, naisilla jopa 15% matalampia kuin tämän tutkimuksen tulokset.

4. IKÄ JA KEHON FYYSISET MUUTOKSET

4.1. Iän vaikutus aerobiseen kuntoon

Ikääntyessä elimistön monet fysiologiset toiminnot heikkenevät ja toimintareservit kapeutuvat (Suominen 1997). Fyysisen kunnan huononeminen 45 ikävuoden jälkeen on tunnusomaista, mutta yksittäisten toimintojen välillä eri yksilöillä saattaa olla huomattavia eroja. Ikääntyminen tulee nähdä yksilöllisenä prosessina (Spirduso 1995). Tutkimuksissa on voitu havaita joidenkin 70-vuotiaiden lihasvoiman vastaavan 30-vuotiaan lihasvoimaa ja päinvastoin (Heikkinen 1995). Arstilan ym. (1990) kestävyysominaisuuksia koskevassa tutkimuksessa ikääntymismuutokset olivat havaittavissa selvimmin vasta 60 ikävuoden jälkeen ja tällöinkin yksilöllisesti.

Keuhkojen tilavuus alenee ikääntymisprosessin seurauksena. Keuhkojen kimmoisuuden vähenemisen, rintakehän jäykistymisen sekä keuhkorakkuloiden vähenemisen takia tehokkaan hengityksen vaatima lihastyömäärä elimistössä kasvaa. Alveolien pinta-ala on 20-vuotiaalla henkilöllä noin 80 m² ja ikääntyessä keuhkojen hengittävä pinta-ala pienee noin 4% vuodessa. Toisin sanoen 30 ikävuodesta 70 ikävuoteen tultaessa maksimaalinen keuhkojen kapasiteetti on alentunut noin 50%. (Spirduso 1995.) Hengitysfunktioiden heikkenemisen ei kuitenkaan ole todettu ensisijaisesti rajoittavan maksimaalista hapenkulutusta (Åstrand & Rodahl 1986). Tehdyissä tutkimuksissa hengityskapasiteetin mittauksen on todettu korreloivan hapenottokykyyn niin, että sen voidaan joissain tapauksissa katsoa ikääntyvillä riittävän submaksimaalisen hapenottokyvyn arviointiin (De Vito ym. 1994).

Hengitys- ja verenkiertoelimistön toiminta riippuu sydämen, aortan ja verisuoniston kunnosta sekä veren koostumuksesta. Ikääntyessä sydämen pumppausvoima vähenee sydänlihaksen jäykistyessä ja läppäjärjestelmän kalkkeutuessa. Verisuonistossa virtausvastus lisääntyy ja systolinen verenpaine kohoaa. Aerobisen kapasiteetin muutosta selittävät maksimaalisen sykintätaajuuden alenemisesta johtuva, maksimaalisen sydämen pumppaus-
tehon aleneminen, iskuilavuuden pientyminen ja verisuonten kalkkeutuminen sekä

sydänlihaksen supistusominaisuuksien muutokset. (Spirduso 1995.) Lihasmassan heikentymisen seurauksena vähenee lihaksen kreatiiniaineenvaihdunta, minkä on todettu korreloivan myös hapenottokyvyn heikkenemiseen (Fleg & Lakatta 1988). Ikääntyessä elimistön kyky käyttää happea heikkenee kuitenkin ennen kaikkea suhteessa maksimaaliseen sydämen lyöntitiheyteen, joka laskee 5-10 lyöntiä vuosikymmenessä (Heath ym. 1981, Shephard 1987). Ikääntymiselle on tyypillistä, että fyysisen aktiivisuuden vähetessä maksimaalinen sydämen syketaaso laskee ja samanaikaisesti kehon rasvaprosentti lisääntyy (Pollock ym. 1987)

Tutkimukset ovat osoittaneet, että maksimaalinen hapenottokyky (VO_{2maks}) alenee iän myötä progressiivisesti siten, että 70-vuotiaan suorituskyky on 70% (vaihtelua voi olla 30-40 %) verrattuna 25-vuotiaan suorituskykyyn. Suhde on samanlainen sekä miehillä että naisilla. Suhteellisen, painokiloa kohti lasketun maksimaalisen hapenottokyvyn on todettu laskevan 30-70 ikävuoden välillä naisilla keskimäärin 30% ja miehillä 38%. Vuosittainen suhteellisen hapenottokyvyn aleneminen on pitkittäistutkimusten mukaan miehillä keskimäärin 0.40-0.50 ml/kg/min ja naisilla 0.20-0.35 ml/kg/min (Fleg 1994).

4.2. Fyysinen kuormittuminen ja ikä

Fyysisessä kuormituksessa sydämen syke kasvaa suoraviivaisesti suhteessa hapenkulutukseen, mikäli kuormitus on suurempi kuin 40-50 % maksimaalisesta hapenkulutuksesta. Maksimikuormituksessa syke saattaa saavuttaa maksiminsa nopeammin kuin hapenkulutus, etenkin harjoittelemattomilla henkilöillä. Iän mukana maksimaalinen syketaajuus ja syke submaksimaalisessa kuormituksessa hidastuvat. (Vuori 1994a.)

Sydämen iskutilavuudessa ei ole todettu merkittäviä eroja keski-ikäisten aikuisten välillä kevyessä rasituksessa, kun taas raskaassa kuormituksessa iskutilavuus on 10-20 % pienempi kuin nuorilla aikuisilla. Supistumisominaisuuksien muutokset sydänlihaksessa ovat seurausta mm. sydämen suuremmasta jälkikuormituksesta kammiosupistusten

jälkeen, mikä pienentää veren virtausta itse sydänlihakselle, sydänvaltimoiden kovettumisesta ja lihassolujen sisäisistä muutoksista sydänlihaksessa ja mm. energian tuottoon liittyvien entsyymien aktiivisuuden alenemisestä. (Vuori 1994a.)

Maksimaalisen valtimo- ja laskimoveren happiosapaineiden välisen erotuksen pienentyminen heijastaa ikääntyvillä muutoksia valtimoveren happikyllästyneisyydessä intensiivisen kuormituksen aikana. Perifeerisen verenkierron muutoksia voivat olla mm. kapillaaritiheyden pienentyminen työskentelevissä lihaksissa, ihon ja ihonalaisen kudoksen suurempi suhteellinen osuus, hemoglobiinin alhaisempi taso sekä lihassolun sisäiset muutokset. (Vuori 1994a.)

Aerobisen kapasiteetin muutokset aktiivisen työiän aikana ovat merkittäviä raskaan ruumiillisen työn kannalta, jolloin kuormitus voi muodostua kohtuuttomaksi. Ilmarisen tutkimuksessa (1994) on todettu, ettei yli 55-vuotiaalle naistyöntekijälle voi lainkaan suositella ruumiillisesti raskasta työtä silloin, kun työn hapenkulutus on yli 0,7 l/min. Ilmarisen ym. (1989) tutkimuksen mukaan 63% yli 55-vuotiaista naistyöntekijöistä ei selviydy urakkatyöstä, jossa hapenkulutus nousee yli 1,0 l/min. Naisten työnkuorman pitäisi olla 20% pienempi kuin miehillä koko työuran - ikävuosien 20-60 - ajan.

Työuran aikana pitäisi työkuormaa keventää 25%. Tällöin 20-25-vuotiaan miestyöntekijän hapenkulutusjärjestelmän absoluuttinen kuormitus saisi olla enintään 1,6 l/min ja 60-vuotiaan 1,2 l/min. Huonokuntoisen 20-vuotiaan miehen kuormituksen tulisi olla enintään 1,4 l/min ja 60-vuotiaan 1,0 l/min. Naisilla vastaavat arvot olisivat parempikuntoisilla nuorilla 1,1 l/min ja ikääntyneillä 0,9 l/min sekä huonokuntoisilla 0,9 l/min ja 0,7 l/min. Painoon suhteutettuna vastaavat miesten arvot olisivat 22 ml/kg/min ja 16 ml/kg/min sekä naisilla 18 ja 12 ml/kg/min. (Louhevaara & Ilmarinen 1994, Ilmarinen 1994.)

Selvitettäessä ikääntyvien 44-62-vuotiaiden naisten ja miesten lihasvoiman yhteyksiä työn kuormitukseen ja työssä kuormittumiseen havaittiin, että fyysinen työ ei ylläpidä lihasvoimaa vaan kuluttaa sitä. Tulokset osoittivat myös lihasvoiman heikentymisen olevan

odotettua suurempaa 50-60 ikävuoden välillä, ja että lihasvoimalla oli selvempi yhteys työkykyyn kuin submaksimaalisella hapenkulutuksella. (Ilmarinen 1994, Nygård 1990.) Hapenottokyvyn osalta Arstila ym. (1990) saivat samansuuntaisia tuloksia Mini- Suomi-tutkimuksessa. Siinä myös havaittiin, että fyysisesti kuormittavan työn merkitys kunnan ylläpitäjän oli vähäinen, kun taas vapaa-ajan liikunnalla oli merkittävä osuus.

Työssä kuormittumista arvioitaessa tulee lisäksi huomioida työntekijän yksilölliset ominaisuudet, kuten kehon paino, subjektiivinen rasituksen kokeminen ja sairaudet. Tutkimuksia eri ikäisten ja suorituskyvyltään erilaisten henkilöiden kuormittumisesta työssä on esitetty melko vähän. (Aunola 1994).

Åstrand ja Rodahl (1991) ovat esittäneet 70 kg painavan henkilön polkupyöräergometrillä saadun työtehon, hapenottokyvyn ja ergiankulutuksen arvoja vastaavat liikuntamuodot ja työtehtävät (Taulukko 1).

TAULUKKO 1. Polkupyöräergometrissä poljettua työtehoa vastaava hapenkulutus, energiankulutus, liikuntamuoto sekä työtehtävä 70 kg painavalla henkilöllä. Mukaeltu taulukko teoksesta Kliininen fysiologia, s. 374 (Sovijärvi 1994).

Teho polkupyörä- ergometrissä (W)	VO2 (l/min)	Energian- kulutus (kJ/min)	Liikunta	Työtehtävä
200	2,8	59	Juoksu 11km/t	Monet metsätyövaiheet
150	2,1	44	Juoksu 8-9km/t Pyöräily 20km/t	Monet rakenn.työvaih. Mattojen piiskaus
100	1,5	31	Kävely 6-7km/t Pyöräily 15km/t	Siivous, varasto- ja pakkaustyöt
75	1,2	25	Kävely 5 km/t Pyöräily 13km/t	Puutarhatyö, sairaan- hoitotyö, ravintola-ala
40	0,75	15	Kävely 3,5mk/t	Kotitaloustyö, toimistotyö

4.2. Vaihdevuosi-ikä ja estrogeeni

Kehon sisäisiä tapahtumia säätelevät hormonit, joilla myös on vaikutuksensa verenpaineeseen ja sydämen sykkeeseen sekä luun, lihasten ja rasvakudoksen määrään. Sukuhormonit erittyvät endokriinisistä rauhasista ja niiden lähtöaineena voidaan pitää kolesterolia. Sukuhormoneista estrogeeni säätelee ihmisen sukupuoliominaisuuksia. Estrogeenit vaikuttavat nuorempana naiskehölle ominaiseen kasvuun ja kypsymiseen sekä plasman lipoproteiineihin ja kalsiumin tasapainoon. (Kontula & Leinonen 1992.)

Estrogeenin vaikuttavia aineita ovat estradioli, estroni ja estrioli. Estradioli muodostuu sukukypsillä naisilla pääosin munasarjoissa kypsyvissä follikkeleissa sekä keltarauhasessa. Follikkeliä stimuloiva hormoni (FSH) erittyy aivolisäkkeestä saaden aikaan munasolun kehittymisen munasarjoissa sekä estrogeenin ja progesteronin erittymisen munasarjoissa, mikä ylläpitää kuukautiskiertoa. (Kimmel 1990.) Osa estrogeeneista muodostuu lisämunaisten ja gonadien tuottamista androgeeneista maksassa ja rasvakudoksessa. Munasarjojen ulkopuolisella estrogeenisynteesillä on merkitystä naisilla erityisesti menopaussin jälkeen. (Kontula & Leinonen 1992.) Estrogeenin erityksen vähetessä naisten vaihdevuosi-ikänsä tyypillisiä fyysisiä oireita ovat hikoilu, kuumat aallot ja sydämen tykytys sekä selkä- ja nivelsäryt. Oireet voivat ilmetä myös psyykkisinä mielialan muutoksina. (Seppälä & Laatikainen 1992).

Postmenopausaalisisessa iässä olevilla naisilla munasarjojen estrogeenieritys on loppunut, mutta estrogeenit eivät häviä kokonaan elimistöstä. Estroni on elimistössä pääasiallinen estrogeeni, joka aromatisoituu estrooniksi perifeerisissä kudoksissa, kuten rasvakudoksessa. Ylipainoisilla naisilla estronin tuotanto saattaa olla 4-5 kertainen normaalipainoiseen naiseen nähden. (Seppälä & Laatikainen 1992.)

Estradiolin metabolian toiminta parantaa fyysisistä kestävyyttä lisäämällä lipidien saata- vuutta ja hyväksikäyttöä sekä glukogeneesiä (Nicklas ym. 1989). Estrogeenillä on heikko anabolinen vaikutus lihasvoimaan. Pitoisuuden aleneminen aiheuttaa lihasvoimien heikkenemistä. Brown ja Cooper (1992) havaitsivat tutkimuksessaan iäkkäillä naisilla matalia

seerumin estradioli-pitoisuuksia joihin raskaus, kuten ergometrillä polkeminen tai reipas kävely, eivät aikaansaaneet muutoksia. Iäkkäillä miehillä todettiin korkeammat arvot kuin naisilla. Miesten estradiolipitoisuus myös nousi pyörällä polkemisen aikana tilastollisesti merkitsevästi, mutta ei kävelyn aikana.

Tutkittaessa harjoittelun ja estrogeeniterapian vaikutuksia postmenopausaalisessa iässä olevien naisten lipidiarvoihin havaittiin, että 12 viikon aerobic-harjoittelun jälkeen sekä estrogeeniä saaneen että ilman estrogeeniä harjoitelleen ryhmän aerobinen kunto kohosi 8%. Lipidiarvoihin harjoittelulla ei ollut merkitsevää vaikutusta kummassakaan ryhmässä. (Klebanoff ym. 1997.)

Menopausin jälkeen tapahtunut estrogeenipitoisuuksien lasku näyttäisi olevan yksi tärkeä riskitekijä iäkkäiden naisten osteoporoosin kehittymiselle. (Rizzolli & Bonjour 1997). Osteoporoosille on tyypillistä luun pieni määrä ja luukudoksen rappeutuneisuus. Naisilla riski sairastua osteoporoosiin on 6-7-kertainen samankäisiin miehiin verrattuna. Menopausin jälkeen luun menetys on 2-3 % vuodessa 5-8 vuoden ajan, tämän jälkeen se palautuu menopaussia edeltävälle tasolle. Pitkäikäinen nainen menettää noin puolet hohkaluusta ja kolmasosan kortikaalisesta luumäärästä elinikensä aikana. (Vuori 1995 a ja b.) Osteoporoosiin altistavia tekijöitä ovat lisäksi alipainoisuus, varhain alkaneet vaihdevuodet, synnyttämättömyys, munasarjojen poisto sekä perinnöllinen taipumus ja runsas alkoholin käyttö, jolloin D-vitamiinin ja kalsiumin aineenvaihdunta häiriintyvät. (Fogelholm & Rehunen 1993.)

Koronaaritaudin riski lisääntyy menopausin jälkeen, koska seerumin kolesteroliarvot muuttuvat epäedulliseen suuntaan; HDL-kolesteroli laskee ja LDL-kolesteroli nousee. Riskiä lisää munasarjojen poisto fertiilissä iässä, mutta estrogeeni pienentää riskiä. Osteoporoosin sekä sydän- ja verisuonisairauksien ehkäisemiseen on kokeiltu estrogeenin korvaushoitoa ennen menopaussia ja sen jälkeen. Korvaushoidon tulokset ovat olleet merkittäviä. (Seppälä & Laatikainen 1992.)

5. LIKUNNAN VAIKUTUKSET AEROBISEEN KUNTOON

80-luvun alkuun asti uskottiin, ettei yli 60-vuotiaana voi vaikuttaa hapenttokykyyn yhtä tehokkaasti kuin nuorena (Adams & DeVries 1973, Hagberg 1987). Tämänhetkisten tutkimusten mukaan liikunnan myönteiset vaikutukset eivät riipu iästä. Etenkin terveillä yksilöillä elimistön kestävyuden harjoittaminen parantaa maksimaalista hapenkulutusta, vaikka harjoittelu aloitettaisiin eläkeiässä. Elimistö pystyy tällöinkin reagoimaan harjoitteluun lisäten hengitys- ja verenkiertoelimistön toimintakapasiteettia ja tehostaen aineenvaihduntaa (Suominen 1978, 1991).

Iäkkäitä urheilijoita tutkittaessa on todettu, että kestävyystyypistä liikuntaa harrastaneiden miesten ja naisten kehon paino sekä rasvapitoisuus ovat merkitsevästi alhaisempia kuin vastaavanikäisten liikuntaa harrastamattomien (Suominen & Rahkila 1991, Kallinen ym. 1998). Yleensä iän myötä naisten vapaa-ajan fyysinen aktiivisuus vähenee ja kehon rasvaton paino on alhaisempi kuin nuoremmilla. Tutkimukset viittaavat siihen, että liikunnalla voi ehkäistä ikään liittyvää kehon painon lisääntymistä ja ylläpitää rasvattoman painon osuutta kehossa. (Suominen & Rahkila 1991.)

Epidemiologisissa tutkimuksissa on myös havaittu, että aerobiselta kuntotasoltaan alimpaan viidennekseen sijoittuvien miesten ja naisten kokonais- ja sydäntautikuolleisuus on suurempi kuin paremman kunnon omaavilla henkilöillä. Sydän- ja verisuonisairauksien ennaltaehkäisyssä liikunnalla on osoitettu olevan edullisia vaikutuksia lipoproteiineihin ja hiilihydraattiaineenvaihduntaan. (Oja 1995, Kukkonen-Harjula ym. 1997.)

Rogersin ym. (1990) tutkimuksessa kahdeksan vuoden seurantajakson aikana havaittiin aktiiviurheilijoiden hapenottokyvyn laskevan vain 5,5%, mutta vähän kuntoilevien hapenottokyvyn laskevan jopa 12%. Lähes 50% hapenottokyvyn heikkenemisestä katsottiin johtuvan yksilön inaktiivisuudesta. Liikunnalla todettiin olevan edullinen vaikutus yksilön maksimisykkeeseen.

Vuoren mukaan (1994a) elimistön kestävyyttä lisäävän liikunnan minimiteho on 40-50% maksimaalisesta hapenottokyvystä, optimiteho 60-80% ja maksimiteho 90-100%. Optimitehoisen liikunnan tulisi olla kestoaltaan vähintään 15 minuuttia, mikäli liikuntaa toteutetaan kerran päivässä. Mikäli kuntoa halutaan kohottaa, optimitehoisen liikunnan keston tulee olla vähintään 35 minuuttia. Maksimisykkeen pienentyessä iän myötä voi 140 lyöntiä minuutissa merkitä keski-ikäiselle optimi-tasoa, mutta iäkkäälle maksimitehon ylitystä.

The American College of Sports Medicine (ACSM) on julkaissut määrälliset ja laadulliset suositukset hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnan ja kehon toimintakyvyn ylläpitämiseksi. Niiden mukaan liikunnan tulee intensiteetiltään olla 55/65-90% maksimaalisesta sydämen sykkeestä tai 40/50-85% maksimaalisen hapenottokyvyn reservistä. Alin taso on parhaiten sovellettavissa huonokuntoisille henkilöille. Liikunnan tulee toistua 3-5 kertaan viikossa ja kestoaltaan liikuntasuorituksen tulee olla 20-60 minuuttia. Intermittoivan aerobisen harjoittelun miniminä ovat 10 minuutin jaksot useita kertoja päivän aikana toistettuna. Liikunnan keston suositukset riippuvat harjoittelun tehosta; matalatehoista liikuntaa pitkinä suorituksina (vähintään 30 min) ja korkeampitehoista liikuntaa vähintään 20 minuuttia tai kauemmin. Koska korkeatehoisessa liikunnassa vammautumisen riski on suuri, suositellaan kohtuullista kuormitusta vähän harjoitteleville aikuisille. Liikunnaksi suositellaan suuria lihasryhmiä rasittavia lajeja: kävely-vaellus, juoksu-hölkä, hiihto, aerobic, soutu, porraskävely, uinti, luistelu ja monet pelit tai niiden sovellukset. Suosituksia perustellaan liikunnan tuoman terveydellisen hyödyn takia. (ACSM position stand 1998).

Drinkwaterin ym. (1975) tutkimuksessa mitattiin harjoittelemattomilta iäkkäiltä hapenottokyvyn keskimääräiseksi arvoksi 15 ml/kg/min ja fyysisesti aktiivisilta henkilöiltä 20 ml/kg/min. Shephardin (1992) mukaan normaalipainoisen henkilön keskimääräinen maksimaalinen hapenottokyky on 65-vuotiailla miehillä 27 ml/kg/min ja naisilla 24 ml/kg/min ja absoluuttinen aerobinen kapasiteetti vastaavasti 1,89 l/min ja 1,32 l/min. Korkeimpia maksimaalisen aerobisen kunnan arvoja on mitattu aktiivihiihtäjiltä; 94ml/kg/min nuorelta mies- ja 77 ml/kg/min naishiihtäjältä (Åstrand & Rodahl 1986).

5.1. Poikkittais- ja pitkittäistutkimukset kestävyysurheilijoilla

Tiedot liikunnan vaikutuksista iäkkäiden aerobiseen kuntoon perustuvat sekä poikkittais- että pitkittäisasetelmilla tehtyihin tutkimuksiin. Kestävyysurheilijoita koskevissa tutkimuksissa on pystytty osoittamaan, että nuorena aloitettu urheilu minimoii vanhuuden toimintakyvyn heikkenemistä ja vastaavasti harjoittelemattomuuden laskevan maksimaalisen hapenottokyvyn arvoja ikääntymisen myötä selvästi molemmilla sukupuolilla. Maksimaalisen hapenottokyvyn alenemisen yhden prosenttiyksikön verran vuodessa on todettu alkavan jo aikaisin aikuisiässä. Harjoittelemattomuus merkitsee siis aerobisen kapasiteetin laskua 10% vuosikymmenessä, mutta fyysinen aktiivisuus ja harjoittelu vain viiden prosentin laskua. (Dehn & Bruce 1972, Heath ym. 1981, Fleg & Lakatta 1988).

Maksimaalisen hapenottokyvyn muutosta koskevia poikkittäistutkimuksia ovat tehneet urheilemattomilla miehillä 30-luvulla mm. Robinson (1938) ja 80-luvulla Fleg ja Lagatta (1988). Åstrandin (1973) tutkimuksessa todettiin naisten keskimääräisen hapenottokyvyn alenemisen olevan 0.35 ml/kg/min ja myöhemmin tehdyssä Flegin ja Lakattan (1988) tutkimuksessa 0.25 ml/kg/min (Taulukko 2).

Pitkittäistutkimuksissa seurattaessa samoja yksilöitä tietyn ajanjakson ajan sekoittavia tekijöitä voivat olla mm. painonmuutokset, sydän-verenkiertoelimistön sairaudet, verenpaine, ravintoon liittyvät puutostilat sekä testaamisessa esiintyvät ongelmat tuki- ja liikuntaelimistön sairauksien takia. (Rogers 1994).

Pitkittäistutkimustenkin tulokset ovat osoittaneet, että säännöllinen liikunta hidastaa maksimaalisen hapenkulutuksen alenemista puoleen (Fleg 1994). Verrattaessa vähän harjoitelleita naisia aktiivisesti liikkuviin ja hyvää hapenottokykyä ylläpitäviin naisiin, tutkimustulokset (Drinkwater ym. 1975, Profant 1972) osoittavat urheilevien naisten hapenottokyvyn vähenemisen olevan vuoden seuranta-aikana lähes puolet pienempää kuin ei-urheilevilla (Taulukko 2).

TAULUKKO 2. Maksimaalisen hapenottokyvyn vähenemistä osoittavia poikittaistutkimuksia urheilijoilla ja ei-urheilijoilla, mukaeltu taulukko (Fleg 1994, s.6).

Tutkija	Vuosi	Ryhmä	Vo _{2max} väheneminen (ml/kg/min/vuosi)
Miehet			
Robinson ym.	1938	Ei-urheilijat	0.46
Fleg ja Lakatta	1988	Ei-urheilijat	0.39
Naiset			
Åstrand	1973	Ei-urheilijat	0.35
Drinkwater ym.	1975	Vähän harjoitelleet	0.30
		Hyvä Vo _{2max}	0.17
Profant ym.	1972	Vähän harjoitelleet	0.30
		Melko aktiivisesti harj.	0.19
Fleg ja Lakatta	1988	Ei-urheilijat	0.25

Kaschin tutkimuksessa (1988), jota Fleg (1994) tekstissään referoi, todettiin aktiiviurheilijoilla painokiloon suhteutetun maksimaalisen hapenottokyvyn vähenevän tutkimukseen osallistuneilla miehillä (n=15) keskimäärin 0.27 ml/kg/min (12.4 %) vuosittain 20 vuoden periodin aikana. Tutkittavat harjoittelivat 3-3.6 kertaa viikossa sydämen sykkeen ollessa 77-84 % maksimitasosta.

Aerobisen kapasiteetin muutoksia 20-64-vuotiailla naisilla ovat tutkineet Åstrand ym. vuonna 1973 ja Jackson vuonna 1996 sekä poikkileikkausasetelmalla että pitkittäistutkimuksella. Åstrandin ym. (1973) kahdenkymmenen vuoden seurantatutkimuksessa maksimaalinen hapenottokyvyn keskimääräinen arvo oli laskenut naisilla 2,83 litrasta 2,20 litraan minuutissa ja maksimaalinen sydämen lyöntitiheys/min oli laskenut keskimäärin 15 lyönnillä. Muutokset olivat tapahtuneet siitäkin huolimatta, että tutkittavat harrastivat säännöllisesti liikuntaa (4-6 kertaa viikossa), mutta väheneminen oli keskimäärin 10-18 % hitaampaa kuin inaktiiveilla henkilöillä.

Jacksonin ym. tutkimuksessa (1996) poikkileikkausasetelmaan osallistui 409 ja pitkittäis-
tutkimukseen 43 naista. Pitkittäistutkimus toteutettiin 3,7 seurantavuoden aikana.
Muuttujat olivat subjektiivisesti ilmoitettu fyysinen aktiivisuus (SRPA, self- report
physical activity), kehon rasvaprosentti sekä aerobisen kapasiteetin muutokset. Hapenot-
tokyky määritettiin epäsuoralla kalorimetrillä maksimaalisen polkuyörätestin aikana.
Korrelaatio maksimaalisen hapenottokyvyn ja kehon rasvaprosentin välillä oli merkitsevä
(-0.742, $p < 0,05$).

Tutkimuksen aikana koehenkilöiden kehon paino nousi keskimäärin 2,8 kg. Rasvaton
kehon paino ei muuttunut. Hapenottokyvyn muutoksen vaihtelu tutkimukseen osallistu-
neilla, 20-64 vuotiailla naisilla oli 17-64 ml/kg/min ja väheneminen vuosittain oli 0,54
ml/kg/min. Aktiivisesti, vähintään kolme kertaa viikossa, tehokasta aerobista liikuntaa
harrastavilla naisilla aerobinen kapasiteetti oli keskimäärin 11% parempi kuin vähemmän
liikuntaa harrastaneilla. (Jackson 1996.)

Suomisen ja Sipilän (1993) tutkimukseen osallistui 98 aktiivisesti harjoittelevaa miesve-
teraaniurheilijaa, iältään he olivat yli 70-vuotiaita. Heistä 67 osallistui kestävyystyyppi-
seen harjoitteluun, jossa lajeina olivat pitkänmatkan juoksu, hiihto ja suunnistus. Muiden
urheilijoiden lajit olivat nopeus- ja voimaurheilua. Verrokkiryhmään kuului 42 vastaa-
vanikäistä, satunnaisotannalla valittua miestä. Vuonna 1990 tutkimukseen valiittiin 60
naista, joista 18 oli kestävyyslajien harrastajia. Naiset olivat liikunnallisesti aktiivisia ja
lajeina heillä olivat juoksu, hiihto ja pyöräily. Tutkimusryhmään kuuluvien ikä oli 66-85
vuoden välillä ja verrokkiryhmään kuului 42 vastaavanikäistä naista. Tutkittavat olivat
harjoitelleet säännöllisesti 50 vuoden ajan, kestävyyslajien harrastajat harjoittelivat
keskimäärin 8-9 tuntia viikossa. Laboratoriotutkimuksissa mitattiin paras maksimaalinen
hapenkulutus 73-vuotiaalta kestävyysjuoksua harrastaneelta mieheltä, 46 ml/kg/min.
Naisten ryhmässä paras hapenkulutus mitattiin 66-vuotiaalta hiihtoa harrastaneelta
naiselta, jonka hapenkulutus oli 42 ml/kg/min. Molempien hapenkulutuservot vastaavat
20-30-vuotiaiden keskimääräistä tasoa. Erot aktiiviurheilijoiden ja verrokkiryhmän
välillä olivat merkitseviä. Kestävyysurjoitteluun osallistuneiden miesveteraaniurheilijoi-
den keskimääräisen hapenottokyvyn todettiin olevan 33.0 ml/kg/min (± 5.0) ja kontrolli-

ryhmän 25.5 ml/kg/min (± 3.8) (Suominen & Rahkila 1991). Aktiivisesti harjoittelevien veteraaninaisten keskimääräiseksi hapenottokyvyksi saatiin 22.6 ml/kg/min (± 6.7) ja kontrolliryhmän 15.1 ml/kg/min (± 3.0) (Kallinen ym. 1998).

Veteraanitutkimukseen osallistuneilta 66-85-vuotiailta naisilta selvitettiin myös rasisensietokykyä ergometriharjoittelussa. Tutkimukseen osallistuneista 52 oli aikaisemmin harjoitellut aktiivisesti ja 46 vähemmän harjoitellutta naista valittiin kontrolliryhmään. Ergometritestiin osallistui fyysisesti aktiivisten ryhmästä 42 (81%) ja harjoittelemattomien ryhmästä 22 (52%). Ergometritestiin osallistumisen kontraindikaatioita olivat tuki- ja liikuntaelimistön sairaudet ja sydänsairaudet sekä harjoittelemattomien ryhmässä myös akuutit infektiot ja kontrolloimaton diabetes. Fyysisesti aktiivisten ryhmässä oli puolet vähemmän sairauksia kuin kontrolliryhmässä. Testiin osallistujia pyydettiin polkemaan aina uupumukseen asti ja pyrittiin saavuttamaan testattavan ikävakioitu maksimitaso. Kuormitusta nostettiin kahden minuutin välein 18 W, riippuen polkunopeudesta, joka oli 50-60 rpm. Testin lopetti uupumukseen 22 naista aktiivisten ryhmästä ja vain kolme harjoittelemattomien ryhmästä saavutti ikävakioidun maksiminsa. Testin keskeyttämisen yleisin syy oli oma toivomus, sydänoireet ja alaraajojen väsyminen. (Kallinen 1998.)

Aktiivisesti harjoittelevien ryhmässä oli merkitsevä negatiivinen korrelaatio iän ja hapenottokyvyn välillä, kun taas harjoittelemattomien ryhmässä korrelaatiota ei ollut. Ikä ei korreloinut merkitsevästi fyysiseen aktiivisuuteen harjoittelukilometreinä eikä kehon rasvattomaan painoon fyysisesti aktiivisten ryhmässä. Kontrolliryhmässä iällä ei ollut merkitsevää yhteyttä aerobiseen kuntoon tai rasituksen sietoon. Tutkimustuloksia selittävät poikittaisasetelma ja valikoitunut tutkittavien joukko sekä alhainen ikä. Myös beetasalpaajien käyttö vaikeutti testissä tuki- ja liikuntaelimistön kuormittamista eikä näin ollen anna luotettavaa kuvaa hapenottokyvystä. Johtopäätöksenä tutkimuksessa todettiin sekä sydänsairauksien että tuki- ja liikuntaelimistön ongelmien vaikeuttavan maksimaalisen aerobisen kapasiteetin mittaamista iäkkäillä naisilla. Rasituksen sietoon vaikuttavat myös henkiset tekijät ja henkilön inaktiivisuus. Tutkimuksen suorittamisen tekniset ongelmat osoittivat myös, että maksimaalisen hapenottokyvyn testausmentelmää tulee kehittää. (Kallinen ym. 1998.)

5.2. Liikuntainterventiot

Suomisen väitöskirjatutkimuksessa (1978) todettiin, että kestävyystyyppinen harjoittelu lisäsi koehenkilöiden maksimaalista hapenkulutusta merkittävästi jo kahdeksan harjoitteluviikon jälkeen. Hapenkulutus parani keskimäärin 11% sekä suoralla että epäsuoralla menetelmällä mitattuna. Harjoittelun vaikutuksesta myös lihasten maitohapon tuotto väheni submaksimaalisessa kuormituksessa. Naisten harjoitusvasteen todettiin olevan samanlaisen tai suuremman kuin miehillä.

Amerikkalaiseen tutkimukseen (Spina ym. 1993.) osallistui hyvän terveyden omaavia, keski-ikänsä 64-vuotiaita miehiä (n=15) ja naisia (n=16). He osallistuivat 9-12 kuukautta kestäneeseen kestävyysharjoitteluun, joka teholtaan oli 70 % sydämen sykkeen maksimita. Harjoittelukerta oli 45 minuutin pituinen ja se toteutettiin neljästi viikossa. Sekä miehillä että naisilla maksimaalinen hapenottokyky nousi ja verenpaineessa tapahtui laskua. Miesten leposyke oli laskenut seitsemällä ja naisten yhdeksällä lyönnillä minuutissa. Tulosta voitiin pitää tilastollisesti merkittävänä. Tilastollinen merkittävyys saatiin myös kehon rasvaprosentin laskussa. Miehillä BMI oli laskenut 26,9:stä 25,6:een ja naisilla 37,4:stä 34,2:een. Tämä osaltaan oli vaikuttamassa maksimaalisen hapenottokyvyn paranemiseen, joka ennen tutkimusta oli naisilla 1,36 l/min ja tutkimuksen jälkeen 1,66 l/min (+22 %). Miehillä vastaavat arvot olivat 2,35 l/min ja 2,8 l/min (+19 %).

Liikunnan vaikutuksia vesiterapiassa ovat tutkineet mm. Ruoti ym. (1994). Heidän tutkimuksensa kohdejoukko oli keski-ikänsä 65- vuotiaita henkilöitä (n=20). Harjoittelujakso oli 12 viikon pituinen, harjoituskertaan kuului 10 minuutin alkuverryttely, 40 minuutin harjoitteluosuus ja 10 minuutin loppuverryttely. Harjoitteluosuudessa sydämen syke oli 80 % maksimisykkeestä. Hapenottokyky parani 15%, mikä on verrattavissa 55-69- vuotiaiden 8-42 viikon juoksuharjoittelun tuloksiin.

Greenin (1989) vesiterapiatutkimukseen osallistui 10 miestä ja 18 naista (keski-ikä 65,7 vuotta, vaihteluväli 57-76 vuotta). Harjoittelujakso toteutettiin 16 viikon ajan kahdesti

viikossa, tunti kerrallaan. Harjoitustuntiin kuului lämmittelyvaihe ja aerobisessa harjoitusosassa pyrittiin kohottamaan sykettä käyttäen suuria lihasryhmiä ja rytmisiä liikkeitä. Harjoitukseen kuului sykettä rauhoittava loppuverryttely. Tutkimustulosten mukaan tutkimuksen alussa leposyke oli ollut keskimäärin 73,4 ja harjoittelujakson jälkeen 71,8 lyöntiä minuutissa. Diastolisen verenpaineen keskiarvo oli 78,8 ja harjoittelun jälkeen 71,7, kehon BMI oli alussa 28,2 ja harjoittelun jälkeen 26,2. Muutokset olivat tilastollisesti merkitseviä.

Takehiman ym. tutkimuksessa (1994) havaittiin 12 viikon liikuntaintervention jälkeen merkitseviä muutoksia koehenkilöiden maksimaalisessa hapenottokyvyssä ja laktaattipitoisuuksissa. Harjoittelu pudotti kokonaiskolesteroliarvoja sekä korkeaintensiteetisessä ryhmässä (n=8, 69,4 vuotiaita), jotka harjoittelivat kolmesti viikossa että matalaintensiteetisessä ryhmässä (n=6, 69,7 v.), jotka harjoittelivat kerran viikossa.

Kestävyystyyppisen harjoittelun on myös todettu parantavan aerobista kapasiteettia iäkkäänäkin, vaikka aikaisemmin ei olisikaan harrastanut liikuntaa (Blumenthal ym. 1989, Hagberg ym. 1989). Hagbergin ym. (1989) tutkimuksessa randomisoitiin terveet, aikaisemmin harjoittelemattomat koehenkilöt kestävyys- (n=16) ja voimaharjoitteluryhmiin (n=12) sekä kontrolliryhmään (n=19). Tutkittavat olivat iältään 70-79-vuotiaita. Kestävyysryhmä harjoitteli 13 viikkoa 50-70 prosentin tasolla maksimista 40 minuuttia kerrallaan kolmesti viikossa ja seuraavat 13 viikkoa 75-85 prosentin tasolla. Voimaharjoitteluun kuului 10 liikettä: 8-12 toistoa aluksi 16 prosentin tasolla ja myöhemmin 22 prosentin tasolla maksimilihasvoimasta. Alkumittauksissa kaikkien kolmen ryhmän keskimääräiset hapenottokyvyn arvot olivat noin 22 ml/kg/min, 13 viikon jälkeen kestävyysryhmässä keskimäärin 25,8 ml/kg/min (+16%) ja voimaryhmässä 23,6 ml/kg/min. Harjoittelun jatkuessa edelleen 13 viikkoa kestävyysryhmän hapenottokyky parani 22% ollen 27,1 ml/kg/min. Voimaryhmässä ei tapahtunut enää hapenottokyvyn paranemista (23,3ml/kg/min). Kontrolliryhmässä hapenottokyvyn keskimääräiset arvot olivat pysyneet koko ajan samalla tasolla.

Fosterin ym. (1989) tutkimuksessa todettiin, että kestävyystyyppinen harjoittelu paransi hapenottokykyä iäkkäillä (keskimäärin 78.4 vuotiailla) riippumatta siitä oliko harjoittelun intensiteetti 40% vai 60% maksimisyketasosta. Tutkimuksessa suositeltiin matalatehoista liikuntaa iäkkäille, joilla tyypillisesti on matala hapenottokyky ja paljon riskitekijöitä eri sairauksien suhteen.

Kallisen ym. (1995) tutkimuksessa 18-viikon liikuntainterventioon osallistui 42 iältään 76-78-vuotiasta naista. Heidät randomisoitiin voima (n=16), kestävyys- (n=15) ja kontrolliryhmään (n=11). Kestävyysryhmän harjoittelumuodot olivat kävely ja aerobic sydämen sykkeen ollessa 50-80%:n tasolla maksimista. Voimaryhmä harjoitteli ilmanpainelaitteilla 80-75%:n tasolla maksimilihasvoimasta. Harjoittelun jälkeen maksimaalisen hapenottokyvyn muutokset eivät eronnet tilastollisesti merkitsevästi. Voimaryhmän aerobinen kapasiteetti oli 19.7 ml/kg/min (alussa 18.1 ml/kg/min) ja kestävyysryhmän 18.2 ml/kg/min (alussa 17.1 ml/kg/min). Kontrolliryhmän hapenottokyky oli tutkimuksen alussa 17.3 ml/kg/min ja lopussa 16.9 ml/kg/min. Tutkimus osoitti, että iäkkäillä naisilla hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskyvyn parantamista rajoittavat terveydelliset syyt. Tutkimus osoitti myös, että ainakin osittain hapenottokyvyn paraneminen iäkkäillä naisilla riippuu lihasvoimasta.

6. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää intensiivisen, progressiivisesti etenevän liikuntaintervention ja estrogeenikorvaushoidon vaikutusta vaihdevuosi-ikäisten naisten aerobiseen kuntoon.

Tutkimusongelmat

1. Mikä on intensiivisen, progressiivisesti etenevän ja impaktityyppisen liikuntaintervention vaikutus vaihdevuosi-ikäisten naisten aerobiseen kuntoon, ergometritestin aikana poljettavaan työtehoon, sydämen syketasoon sekä subjektiivisen kuormituksen kokemiinseen?
2. Mikä on estrogeenikorvaushoidon vaikutus aerobisen kunnan edellä mainittuihin muuttujiin vaihdevuosi-ikäisillä naisilla ja onko liikunnalla ja estrogeenillä yhdysvaikutusta?

7. TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkimus on osa Jyväskylän yliopistossa tehtyä laajempaa tutkimusprojektia: **Luun ja lihaksen rakenteen ja toiminnan yhteydet harjoitteluun ja estrogeenikorvaushoitoon (Liikunta ja estrogeeni)**. Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida impakti-tyyppisen, intensiivisen harjoittelun vaikutuksia luun massaan, rakenteeseen ja metaboliaan sekä harjoittelun ja estrogeenikorvaushoidon yhteyttä postmenopausaalisessa iässä olevilla naisilla. Kokeellisessa tutkimuksessa arvioitiin myös lihaksen rakenteen ja toiminnan adaptaatiota intensiiviseen, fyysiseen harjoitteluun.

Tutkimuksen liikuntainterventio toteutettiin vuoden mittaisena. Tässä tutkimuksessa aerobista kapasiteettia tarkasteltiin ensimmäisen puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen.

7.1. Koehenkilöt ja ryhmät

Tutkittavat valittiin 1 300:sta kyselylomakkeeseen vastanneesta vaihdevuosi-ikäisestä, 50-57-vuotiaasta jyvaskyläläisestä naisesta. Kyselylomakkeella heiltä kartoitettiin terveydentila, menopausiin liittyvä status ja lääkitys. Kyselylomakkeen perusteella kliiniseen tarkastukseen kutsuttiin 100 naista, joilla menopausista oli alle viisi vuotta. Heillä ei saanut olla meneillään pitkäkestoisia hormonihoitoja. Kliinisen tarkastuksen ja verinäytteiden (follikkeliä stimuloivan hormonin, FSH:n ollessa yli 30) jälkeen tutkimukseen valittiin 80 naista, joilla ei ollut kontraindikaatioita liikunnan tai estrogeenikorvaushoidon suhteen. Tutkimukseen osallistumisen edellytyksenä oli myös riittävä motivaatio. Tutkimusluvan myönsi Keski-Suomen keskussairaalan eettinen toimikunta.

Tutkittavat randomisoitiin neljään ryhmään, jotka olivat: 1. Liikuntaryhmä (L, n=20) 2. Estrogeeniryhmä (E, n=20), 3. Liikunta- + estrogeeniryhmä (L+E, n=20) sekä 4. Kontrolliryhmä (K, n=20). Liikuntaryhmistä (L ja L+E) puolet (n=20) sai estrogeenikorvaushoitoa (ryhmä L+E) ja puolella (n=20) oli lumelääkitys, mutta he osallistuihin ohjattuihin liikuntaryhmiin (ryhmä L). Estrogeeniryhmä (n=20) sai hormonikorvaushoidon, mutta ei osallistunut ohjattuun liikuntaan (ryhmä E). Kontrolliryhmään kuuluvat (n=20) eivät saaneet estrogeenikorvaushoitoa vaan lumelääkityksen, eivätkä he osallistuneet ohjattuun liikuntaan (ryhmä K).

7.2. Liikuntainterventio

Liikuntainterventio lihaskuntoharjoittelu jaksotettiin viiteen kahden kuukauden (5x2) jaksoon, joiden välillä oli kahden viikon (4x2) aerobinen jakso aerobic-ryhmissä. Interventio tavoitteena oli, että koehenkilöt harrastaisivat liikuntaa kuusi kertaa viikossa osallistumalla sekä ohjattuun ryhmään että tekemällä harjoitusohjelman omatoimisesti kotona.

Liikuntaintervention ohjattu harjoitusohjelma oli progressiivisesti etenevä, intensiteetiltään korkeatehoinen (60-80%) sekä sisällöltään impakti-tyyppinen. Lihasvoimaharjoittelu toteutettiin kuntosalilla ja liikuntahallissa sekä aerobic-jaksot liikuntasalissa. Aerobic-jakson tavoitteena oli saada lihaksille aerobista työtä voimaharjoittelun väliin lihasten kipeytymisen ehkäisemiseksi.

Ohjattuun harjoitusohjelmaan kuului yläraajoihin kohdistuvaa lihasvoimaharjoittelua ja alaraajojen vertikaali-impakti-hyppelyharjoituksia. Tutkittavien maksimivoimasta yksilöllisesti laskettiin kahden ensimmäisen kuukauden harjoitusohjelman intensiteetin tasoksi 60%, toisen jakson (kuukaudet 2-4) 70% ja kolmannen jakson (kuukaudet 4-6) 80% maksimilihasvoimasta. Ohjelma toteutettiin kuntopiirinomaisesti, harjoituskerran pituus oli 45-60 minuuttia ja jokaisen kerran alussa oli sykettä nostava lämmittelyvaihe, pituudeltaan noin 10 minuuttia.

Ensimmäisen kahden kuukauden harjoitusohjelmaan kullakin harjoituskerralla kuului neljä liikettä, jotka kiertoarjoitteluna toistettiin kolme kertaa. Liikkeet yläraajoille olivat vastustettuja harjoituksia, kuten hartia- ja käden ojentajalihaksia vahvistava pystypunners sekä rintalihaksiin kohdistettu peck deck-liike, taljan alasveto yläselän lihaksille ja hauisvääntö sekä soutu. Impakti-harjoitukset alaraajoille olivat naruhyppy 30 s, yhden jalan hyppy paikalla 10 krt./jalka, pudotushyppy 15x10 cm:n korokkeelta ja aitahyppy (3x5, 13 cm:n esteet).

Seuraavan kahden kuukauden (kuukaudet 3-4) ohjelma sisälsi samat harjoitteet kolmen kierroksen kuntopiirinä. Hyppyt olivat yhden jalan hyppy paikalla 10 krt./jalka, naruhyppy 30 s, aitahyppy: 3x5x16 cm ja pudotushyppy 15x15 cm.

Viidenteen ja kuudenteen kuukauteen kuuluivat edelleen samat harjoitukset, kuntopiiri toistettiin kolme kertaa. Kuntosaliharjoitteet olivat samat kuten edellisellä jaksolla, hyppynä oli vertikaalhyppy 10 krt, yhden jalan hyppy edestakaisin narun yli 10 krt./jalka pudotushypyn korkeutta lisättiin 5 cm (15x20 cm) ja aitahypyn 3 cm (3x5x19 cm).

Harjoitteluohjelmien välillä oleva ohjattu aerobic-jakso oli kahden viikon mittainen. Harjoituskerran pituus oli 45-60 minuuttia ja jokaisen kerran alussa oli sykettä nostava lämmittelyvaihe, kestoltaan noin 10 minuuttia. Harjoitusohjelmaan kuului 20 min hyppyjä ja 20 min lihaskuntoa vahvistavia liikkeitä sekä 10 minuutin mittainen loppuverryttely.

Koehenkilöt osallistuivat kaksi kertaa viikossa ohjattuun ryhmään ja toteuttivat neljästi viikossa harjoitusohjelman omatoimisesti kotona ja harrastivat omaehtoista liikuntaa. Kotivoimisteluojelmaan kuului naruhyppy (15 krt.), yhdellä jalalla hyppy (2x10), pudotushyppy (10 krt, 10-15 cm:n korokkeelta) sekä vatsalihasliike (koukkuselinmakuu, kädet niskan takana, ylävartalon kohotus 8 krt.) ja selkäliike (vastakkaisen käden ja jalan kohotus päinmakulla 2x8). Ohjelmassa tuli toistaa liikkeet samassa järjestyksessä kolme kertaa. Ohjelman loppuun oli annettu venytysohjeet. Kotiin jaetun ohjeen instruktiossa korostettiin tekemään tehostettu kotivoimisteluojelma (neljä kuntopiirikierrosta) niinä päivinä, kun oli estynyt osallistumaan ohjattuun ryhmään. Koehenkilöt pitivät liikuntapäiväkirjaa.

Kontrolliryhmä ei tutkimuksen aikana osallistunut ohjattuihin ryhmiin. Heitä pyydettiin jatkamaan liikuntatottumuksiaan samanlaisina, kuin ne olivat ennen tutkimusta sekä pitämään liikuntapäiväkirjaa.

7.3. Estrogeenikorvaushoito

Tutkimuksen estrogeenikorvaushoito (estradiol 2 mg, noretisterone 1 mg p.o. /päivä, Kliogest, Novo Nordisk) toteutettiin kaksoisokkokokeena. Tutkimuksen aikana ei tutkijoilla eikä koehenkilöillä ollut tiedossa ketkä hoitoa saivat. Tutkimukseen osallistujia pyydettiin ottamaan estrogeeni säännöllisesti, riippumatta siitä, oliko kyseessä lumelääke tai oikea estrogeenitabletti.

7.4. Mittaukset

7.4.1. Antropometria

Koehenkilöiltä mitattiin kehon paino ja pituus standardeilla menetelmillä ja näistä laskettiin painoindeksi, body mass index, BMI (Oja 1995; Kukkonen-Harjula, Kallinen & Alen 1997). Kehon rasvattoman painon (kg) ja kehon rasvapitoisuuden (%) mittaamisessa käytettiin bioelektristä impedanssimenetelmää (Spectrum II, RJL systeemiä, Detroit, MI). Mittaukset tehtiin ennen liikuntaintervention alkua ja uusintamittaus kuuden kuukauden kuluttua.

7.4.2. Aerobinen kunto

Aerobinen kunto, submaksimaalinen hapenottokyky, mitattiin ennen liikuntaintervention alkua ja uusintamittaus tehtiin kuuden kuukauden kuluttua. Aerobinen kunto arvioitiin polkupyöraergometritestillä käyttäen oirekytkentäistä ECG-monitoria. Kuormitustesti tehtiin polkupyöraergometrillä (Monark 908 14 E) käyttäen portaittaista nousujohteista kuormitusta 3 min. / kuorma. Aloituskormana oli jokaisella testattavalla 30 tai 60 W. Kuormaa lisättiin asteettain 30 W kolmen minuutin välein. Polkufrekvenssi oli 60 r.p.m. Testin aikana testattavan subjektiivisia tuntemuksia seurattiin Borgin asteikolla (RPE). Testissä pyrittiin lähelle maksimikuormaa tutkittavan polkiessa aina uupumukseen asti. Testin lopettamisen kriteereitä olivat frekvenssin putoaminen alle 55 r.p.m., testaajan toteama lääketieteellinen syy tai jos koehenkilö itse vaati testin lopettamista.

Kokonaiskestoltaan ergometritesti oli 15-21 minuuttia. Kuuden minuutin (Arstila ja Impivaara 1991) ja viimeisen poljetun kuorman sekä sykkeen perusteella arvioitiin maksimaalinen hapenkulutus regressioanalyysillä WHO-mallin pohjalta (Andersen ym. 1971, ks.Laukkannen 1990.) sekä RPE Borgin asteikolla (Borg 1990).

7.5. Tilastolliset analyysit

Tutkimuksen tilastolliset analyysit tehtiin laskemalla ryhmien keskiarvot (mean), keskihajonnat (SD) ja vaihteluvälit sekä muuttujien prosentuaaliset muutokset. Harjoittelumääräen vertailut kahden ryhmän välillä tehtiin riippumattomien otosten t-testillä. Alkumittauksissa ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA). Liikuntaintervention ja estrogeenikorvaushoidon vaikutusta ryhmien ja kahden aikapisteen toistomittauksen välisessä vertailussa arvioitiin toistettujen mittausten ANOVALLA (repeated measures). Ryhmän ja ajan yhdysvaikutuksen ollessa $p < 0.10$ harjoitteluvaikutus paikallistettiin ryhmien välisillä kontrasteilla. Tilastollisen merkitsevyyden tasoksi valittiin $p < 0.05$. Tilastollisissa analyyseissä käytettiin SPSS-ohjelmaa (MS Windows Release 6.1 ja 7.5).

8. TUTKIMUSTULOKSET

Ennen liikuntaintervention käynnistymistä alkumittauksiin osallistui 80 henkilöä. Puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen uusintamittauksesta jäi pois 14 henkilöä. Terveydellisistä syistä tutkimuksen oli keskeyttänyt viisi henkilöä, kolme ilmoitti syyksi estrogeenitablettien aiheuttamat sivuvaikutukset, kahdella syynä oli harjoittelun puute sekä kahdella työkiireet tai paikkakunnalta muutto. Kaksi henkilöä ei tullut polkupyöräergometritestiin.

Kuormituskokeeseen osallistuneista koehenkilöistä hylättiin vielä seitsemän henkilöä. Neljä koehenkilöä hylättiin liian vähäisen harjoittelun takia ja kolme estrogeenihoidon laiminlyömisestä takia, joten lopulliseksi tutkimusryhmäksi aerobisen kapasiteetin osalta muodostui 59 henkilöä.

Testitulokseen alkumittauksessa viidellä vaikutti beetasalpaaja- ja verenpainelääkitys. EKG-löydöksissä oli yhdellä henkilöllä ST-tason lasku, yhdellä lisäyöntisyys ja yhdellä takykardia.

Uusintamittauksessa kuormituskokeessa testattavista (n=59) neljällä oli beetasalpaaja tai verenpainelääkitys. EKG-löydöksinä oli yhdellä henkilöllä lisälyöntisyys ja yhdellä takykardia.

Liikuntaryhmä (n=13) kävi puolen vuoden aikana keskimäärin 24 (± 8) kertaa ohjatuissa ryhmissä. Kotiharjoittelun aktiivisuus oli keskimäärin 29 (± 29) kertaa. Liikunta- + estrogeeniryhmä (n=11) osallistui keskimäärin 33 (± 5) kertaa ohjattuihin liikuntaryhmiin (p=.010) ja kotiharjoittelun aktiivisuus oli 39 (± 36) kertaa. Liikunta-aktiivisuutta tarkasteltaessa ohjatun liikunnan ja kotiharjoittelun osalta, liikuntaryhmä harjoitteli 53 (± 34) kertaa ja liikunta- + estrogeeniryhmä 72 (± 35) kertaa. Liikunta-aktiivisuutta tarkasteltaessa harjoittelussa ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero (p=0.05). Kokonaisharjoittelussa (ohjatut ryhmät, kotiharjoittelu ja muu omaehtoinen liikunta) ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.

8.1. Antropometria

Liikuntaryhmän (n=20) keski-ikä oli alkumittauksessa 53.3 vuotta (± 1.9), pituus 162.8 cm (± 5.0), paino 70.3 kg (± 12.0) ja BMI 26.6 (± 4.7). Estrogeeniryhmän (n=20) keski-ikä oli 53.3 vuotta (± 2.0) pituus 160.3 cm (± 6.7) paino 69.4 kg (± 9.5) BMI 27.0 (± 2.8) Liikunta- + estrogeeniryhmän (n=20) keski-ikä oli 53.3 vuotta (± 2.0), pituus 162.6 cm (± 6.0) ja paino 69.7 kg (± 12.8) ja BMI (± 26.4). Kontrolliryhmän (n=20) keski-ikä oli 53.3 vuotta (± 1.9), pituus 161.8 cm (± 6.6), paino 66.3 kg (± 11.4) ja BMI 25.2(± 3.2).

Alkumittauksissa koeryhmien välillä antropometrisissä taustamuuttujissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja (Taulukko 3). Kaikkia ryhmiä tarkasteltaessa kehon pituus väheni ajan mukana ja kehon rasvapitoisuus (%) aleni merkitsevästi. Kehon rasvapitoisuudessa havaittiin ryhmän ja ajan yhdysvaikutus. Liikunta- ja estrogeeniryhmän sekä estrogeeniryhmän rasvapitoisuus alenivat tilastollisesti merkitsevästi verrattuna kontrolliryhmään.

TAULUKKO 3. Antropometriset mittaustulokset ryhmittäin alkumittauksessa ja puolen vuoden liikuntaintervention ja estrogeenikorvaushoidon jälkeen (keskiarvot ja keskihajonnat).

Ryhmä	Pituus (cm)	Paino (kg)	BMI (kg/ m ²)	Rasvaton paino (kg)	Kehon ras- vapitoisuus (%)
L (n=15)					
Alkumittaus	163.7 ±4.1	70.3 ±11.4	26.3 ±4.5	46.7 ±4.0	32.7 ±6.7
6kk	163.5 ±4.5	70.6 ±11.9	26.6 ±4.8	46.5 ±3.6	32.7 ±7.7
E (n=17)					
Alkumittaus	159.8 ±6.8	69.6 ±10.1	27.2 ±2.8	45.7 ±4.2	33.9 ±6.1
6kk	159.3 ±6.8	69.3 ±9.2	27.3 ±2.7	45.9 ±4.1	33.3 ±5.2
L+E (n=11)					
Alkumittaus	161.1 ±5.9	64.4 ±6.4	24.9 ±3.2	45.9 ±3.9	28.3 ±6.2
6kk	161.0 ±5.8	64.2 ±5.6	24.8 ±2.7	46.6 ±3.7	26.9 ±5.3
K (n=17)					
Alkumittaus	162.7 ±6.0	68.1 ±11.2	25.7 ±3.3	47.4 ±4.9	29.6 ±5.7
6kk	162.4 ±6.0	68.9 ±10.0	25.7 ±2.9	46.9 ±4.9	30.4 ±4.8
Merkitsevyys (p)					
ANOVA					
ryhmä	0.409	0.336	0.305	0.812	0.046
aika	0.897	0.001	0.398	0.624	0.201
yhdysvaikutus	0.914	0.165	0.825	0.157	0.058
kontrastit					
				L+E-K	0.01
				E-K	0.056
				L-K	0.285
				L-E	0.421
				L-L+E	0.112
				L+E-E	0.364

8.2. Aerobinen kunto

8.2.1. Sydämen syke

Koko ryhmän (n=74) leposykkeen keskiarvo oli polkupyöraergometritestin alkumittauksessa 89 (± 15) ja maksimisykkeen keskiarvo koko ryhmällä (n=75) 168 (± 14). Testiin käytetty keskimääräinen aika oli koko ryhmällä 12.5 minuuttia (vaihteluväli 7.5-18.0.min). Uusintamittaukseen käytetty testiaika oli keskimäärin 13.2 minuuttia (vaihteluväli 9.0-19.0 min).

Alkumittauksessa ryhmien (n=56) välillä ei ollut merkitseviä eroja lepo- eikä maksimisykkeessä. Maksimisykkeessä todettiin ryhmävaikutusta lähellä merkitsevää tasoa. Ajan ja ryhmän yhdysvaikutus ei ollut merkitsevä (Taulukko 4).

TAULUKKO 4. Leposyke ja maksimisyke polkupyöraergometritestin alkumittauksessa ja uusintamittauksessa puolen vuoden jälkeen (keskiarvot ja -hajonnat).

Ryhmä	Leposyke	Maksimisyke
L (n=14)		
Alkumittaus	95 ± 17	173 ± 13
6kk	87 ± 13	170 ± 12
E (n=15)		
Alkumittaus	86 ± 11	167 ± 10
6kk	89 ± 14	169 ± 9
L+E (n=11)		
Alkumittaus	92 ± 18	172 ± 13
6kk	89 ± 14	170 ± 10
K (n=16)		
Alkumittaus	86 ± 15	161 ± 15
6kk	86 ± 14	161 ± 12
Merkitsevyys (p)		
ANOVA		
ryhmä	0.519	0.060
aika	0.232	0.894
yhdysvaikutus	0.411	0.541

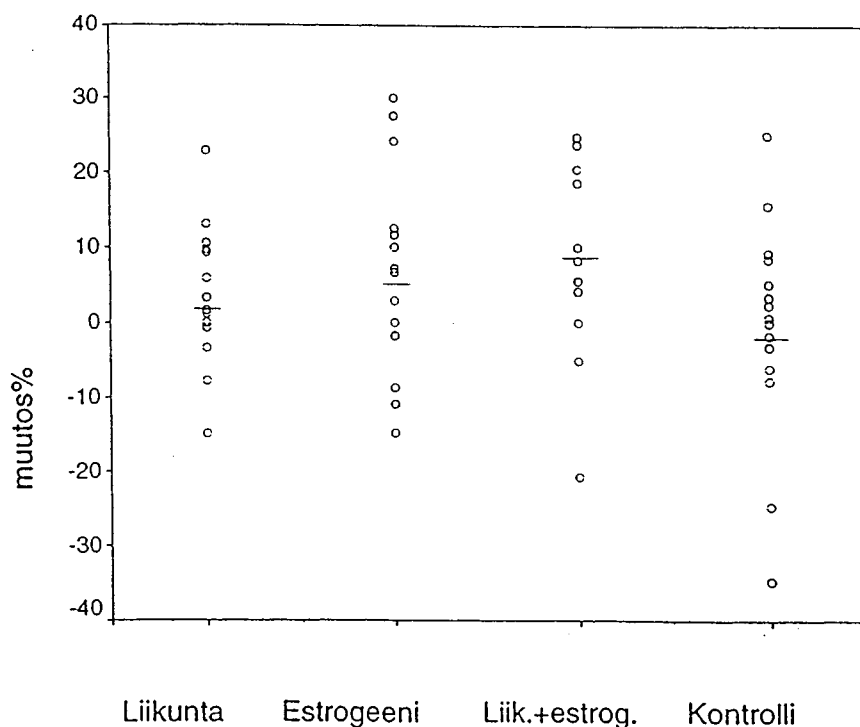
8.2.2. Työteho

Maksimaalisessa työtehossa (W) tai työtehossa kuuden minuutin kohdalla (6min W) ei alkumittauksissa ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Kaikki ryhmät mukaan lukien maksimaalinen työteho (W) ja kuuden minuutin työteho (6min W) muuttivat jonkin verran ajan mukana, ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta ei ollut (Taulukko 5).

TAULUKKO 5. Koehenkilöiden polkupyöraergometritestissä saavuttama maksimaalinen työteho (W) ja kuuden minuutin työteho (6min W) sekä painokiloon suhteutettu wattimäärä alku- ja uusintamittauksessa puolen vuoden liikuntaintervention sekä estrogeenikorvaushoidon jälkeen (keskiarvot ja -hajonnat).

Ryhmä	W	W/kg	6minW	6minW/kg
L (n=14)				
Alkumittaus	133.7 ±21.3	1.82 ±0.42	123.3 ±20.1	1.98 ±0.46
6 kk	137.5 ±17.3	1.91 ±0.43	130.1 ±18.5	2.02 ±0.43
E (n=13)				
Alkumittaus	118.8 ±27.7	1.72 ±0.38	110.8 ±27.9	1.61 ±0.38
6 kk	124.2 ±24.4	1.81 ±0.35	113.0 ±26.5	1.64 ±0.38
L+E (n=10)				
Alkumittaus	132.6 ±30.6	2.08 ±0.45	123.1 ±32.5	1.95 ±0.50
6 kk	140.7 ±24.5	2.19 ±0.33	131.6 ±26.5	2.07 ±0.36
K (n=15)				
Alkumittaus	129.9 ±26.9	1.93 ±0.38	121.1 ±27.0	1.80 ±0.38
6 kk	128.8 ±29.9	1.90 ±0.38	120.3 ±29.6	1.77 ±0.38
Merkitsevyys (p)				
ANOVA				
ryhmä	0.313	0.084	0.313	0.074
aika	0.062	0.122	0.060	0.128
yhdysvaikutus	0.474	0.382	0.425	0.456

Alkumittauksen ja kuuden kuukauden liikuntaintervention jälkeen uusintamittauksessa keskimääräinen maksimaalisen työtehon muutos oli liikuntaryhmässä 3.7% (6min/W 6.2%), estrogeeniryhmässä 6.0% (6min/W 3.6%), liikunta- + estrogeeniryhmässä 9.4% (6min/W 10.5%) sekä kontrolliryhmässä -0.5% (6min/W -0.3%). Wattimäärät painokiloon suhteutettuna antoivat samansuuntaisia tuloksia kuin maksimaalinen työtehokin Kuviossa 1 on esitetty työtehon yksilölliset, prosentuaaliset muutokset kokonaiswattimäärän (W) mukaan.

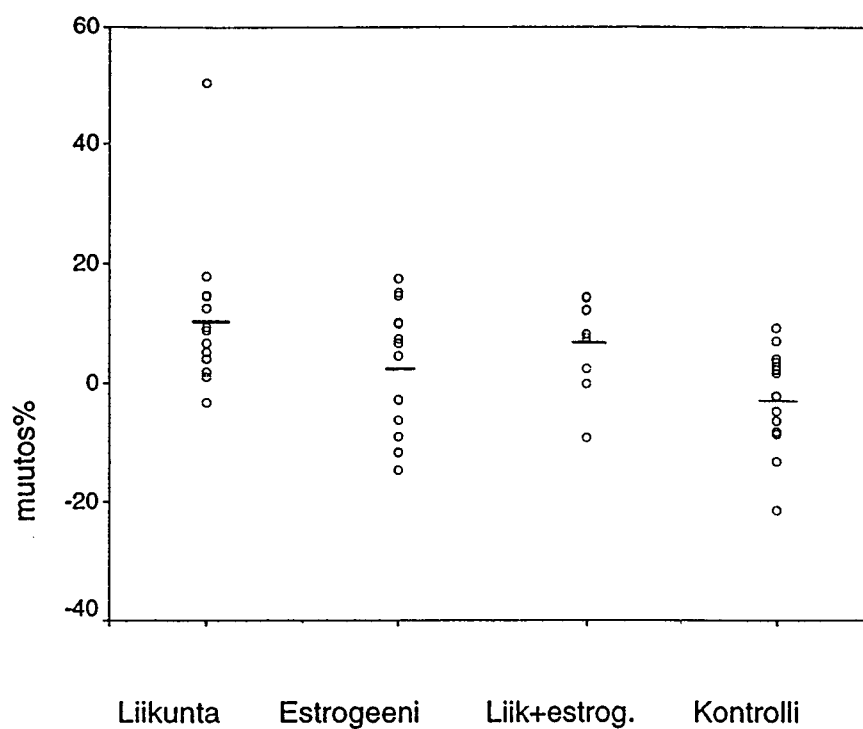


KUVIO 1. Kokonaiswattien (W) yksilölliset, prosentuaaliset muutokset alku- ja uusintamittauksessa kuuden kuukauden liikuntaintervention jälkeen. Muutoksen keskiarvo ryhmissä on kuvattu poikkiviivalla.

8.2.3. Hapenottokyky

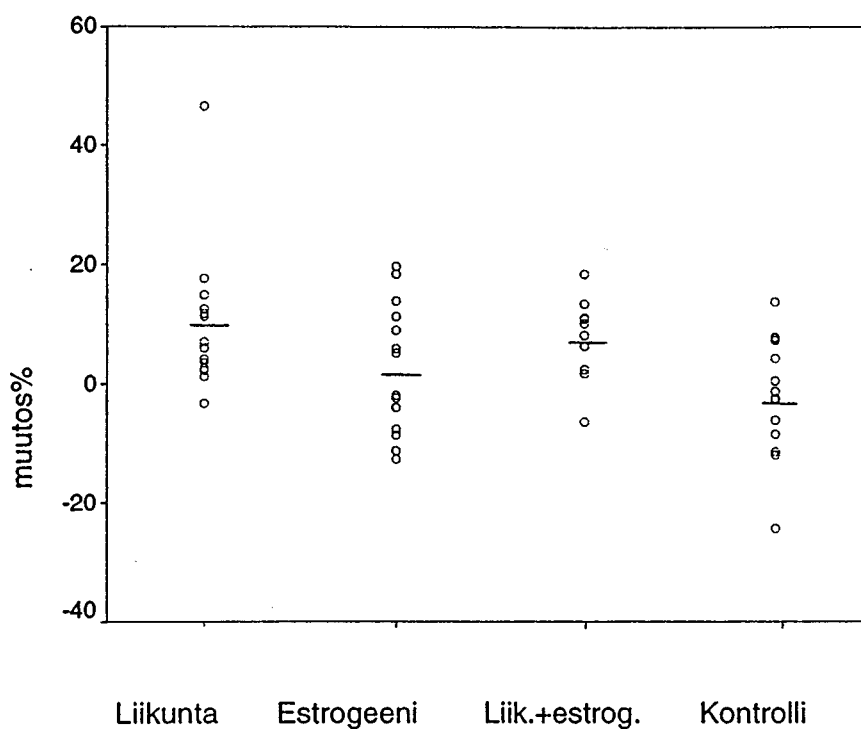
Alkumittauksessa maksimaalisessa hapenottokyvyssä ei ollut merkitseviä eroja ryhmien välillä. Kaikkia ryhmiä tarkasteltaessa todettiin ajan suhteen merkitseviä muutoksia ($p=0.007$) sekä yhdysvaikutusta ryhmien ja ajan välillä. Ryhmän ja ajan yhdysvaikutusta ($p<0.10$) paikallistettaessa ryhmien välisillä kontrasteilla liikuntaryhmän maksimaalisessa hapenottokyvyssä (l/min) kontrolliryhmään nähden oli tilastollinen merkitsevyys ($p=0.001$). Suhteellisen hapenottokyvyn (ml/kg/min) muutos oli myös merkitsevä liikuntaryhmässä kontrolliryhmään nähden ($p=0.002$). Liikunta- + estrogeeniryhmän muutos kontrolliryhmään nähden oli tilastollisesti merkitsevä (l/min $p=0.030$ ja ml/kg/min $p=0.022$). Liikuntaryhmän muutos estrogeeniryhmään nähden oli myös tilastollisesti merkitsevä (l/min $p=0.022$ ja ml/kg/min $p=0.046$). Estrogeeniryhmän ja kontrolliryhmän väliset muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Merkitsevyyttä ei myöskään ollut liikuntaryhmän ja liikunta- + estrogeeniryhmän eikä liikunta- + estrogeeniryhmän välisissä hapenottokyvyn muutoksissa (Taulukko 6).

Alkumittauksen ja puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen maksimaalinen hapenotto-
kyky (l/min) kohosi liikuntaryhmässä keskimäärin 10.8%, estrogeeniryhmässä muutos
l/min oli 1.9%, liikunta- + estrogeeniryhmässä 7.1% ja kontrolliryhmässä hapenotto-
kyky l/min laski 2% (Kuvio 2).



KUVIO 2. Maksimaalisen hapenottokyvyn (l/min) yksilölliset, prosentuaaliset muutokset puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen. Prosentuaalisen muutoksen keskiarvo kussakin ryhmässä on kuvattu poikkiviivalla.

Alkumittauksen ja puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen maksimaalinen hapenotto-
kyky (ml/kg/min) kohosi liikuntaryhmässä keskimäärin 9.7% , estrogeeniryhmässä 2.2%,
liikunta- + estrogeeniryhmässä 7.7% ja kontrolliryhmässä laski 2% (Kuvio 3).



KUVIO 3. Maksimaalisen hapentokyvyn (ml/kg/min) yksilölliset, prosentuaaliset muutokset puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen. Prosentuaalisen muutoksen keskiarvo kussakin ryhmässä on kuvattu poikkiviivalla.

8.2.4. Subjektiiivinen kuormituksen kokeminen

Kuormituksen kokemista (RPE) Borgin asteikolla arvioitaessa muutokset eivät keskimääräisesti olleet merkitseviä puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen (Taulukko 7). Yksilölliset erot sen sijaan olivat suuria.

TAULUKKO 7. Subjektiiivinen kuormituksen kokeminen alkumittauksessa ja uusintamittauksessa puolen vuoden liikuntaintervention sekä estrogeenikorvaushoidon jälkeen (keskiarvot ja keskihajonnat) sekä vaihteluvälit.

Ryhmä	RPE	
	Keskiarvo- ja hajonta	Vaihteluväli
L (n=15)		
Alkumittaus	17.1 ± 1.4	15-19
6kk	17.5 ± 1.7	15-20
E (n=17)		
Alkumittaus	16.5 ± 1.8	13-19
6kk	17.2 ± 1.5	15-20
L+E (n=11)		
Alkumittaus	16.2 ± 1.7	14-19
6kk	17.1 ± 1.8	14-19
K (n=16)		
Alkumittaus	17.4 ± 2.0	12-19
6kk	17.2 ± 1.4	15-19

9. POHDINTA

Liikunta ja estrogeeni -tutkimuksessa toteutetun puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen aerobinen kunto parani sekä liikuntaryhmässä että liikunta- + estrogeeniryhmässä kontrolliryhmään nähden tilastollisesti merkitsevästi. Estrogeeniryhmässä aerobinen kunto kohosi hieman, mutta muutos ei ollut merkitsevä liikuntaryhmään nähden. Merkitsevyyttä ei myöskään ollut liikuntaryhmän ja liikunta- + estrogeeniryhmän eikä liikunta- + estrogeeniryhmän välisissä hapenottokyvyn muutoksissa. Kontrolliryhmään kuuluvien aerobisen kunnan testitulos oli laskujohteinen. Tutkimustulokset olivat samansuuntaisia sekä absoluuttisen (l/min) että suhteellisen hapenottokyvyn (ml/kg/min) osalta.

Liikuntaryhmiin osallistumisen, kotiharjoitusohjelman toteuttamisen ja omaehtoisen liikunnan aktiivisuus vaihtelivat tutkimusryhmissä kahdesta kerrasta aina seitsemään kertaan viikossa. Omaehtoiset lajit olivat enimmäkseen hapenottokykyä lisääviä lajeja kuten kävelyä, uintia, vesiliikuntaa, pyöräilyä ja hiihtoa sekä aerobicia tai muuta ryhmävoimistelua. Liikunta- + estrogeeniryhmässä harjoittelu oli aktiivisinta. Ryhmään kuuluneet osallistuivat sekä ohjattuihin ryhmiin että toteuttivat kotiharjoittelua useammin kuin liikuntaryhmään kuuluneet puolen vuoden aikana.

Mikäli tarkastellaan omaehtoisen liikunnan toteuttamista, liikunta- ja estrogeeniryhmän harjoittelulla oli tilastollisesti merkitsevä ero liikuntaryhmään nähden, mutta kokonaisharjoittelua (ohjatut ryhmät, kotiharjoittelu ja omaehtoinen liikunta) tarkasteltaessa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Estrogeeniryhmän omaehtoisessa liikunnassa ei tapahtunut merkittäviä muutoksia. Yksi kontrolliryhmään kuuluva henkilö oli lisännyt liikunnan harrastamista, muutoin ryhmän vapaa-ajan aktiivisuus oli pysynyt samalla tasolla kuin ennen tutkimuksen alkua.

Harjoittelun vaikutuksesta antropometrisissä mittauksissa liikunta- ja estrogeeniryhmän kehon rasvaprosentin keskiarvossa tapahtui tilastollisesti merkitsevää laskua verrattuna kontrolliryhmään, jossa kehon rasvapitoisuus hieman nousi. Muilla ryhmillä antropometriset ominaisuudet pysyivät lähes ennallaan kaikilta osin.

Aikaisemmin iäkkäitä urheilijoita tutkittaessa on todettu kestävyystyypin liikunnan alentavan kehon painoa ja rasvaprosenttia, mikä vastaavasti parantaa hapen käytön hyötysuhdetta elimistössä (Suominen & Rahkila 1991, Spina ym. 1993 Kallinen ym. 1998). Tutkimukset ovat osoittaneet, että liikunnalla voi ehkäistä ikään liittyvää kehon painon lisääntymistä ja ylläpitää rasvattoman painon osuutta kehossa. (Suominen & Rahkila 1991.) Myös tämän tutkimuksen tulokset vahvistivat aikaisempia tutkimustuloksia. Estrogeenikorvaushoidon vaikutuksia ei vielä kaikilta osin tunneta ja tämän tutkimuksen otosjoukko oli niin pieni, ettei sen pohjalta pitkälle meneviä yleistyksiä voi tehdä.

Leposykkeen muutokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Tulokset leposykkeen osalta eivät myöskään kaikilta osin ole luotettavia, kuten eivät yleensääkään testitilanteissa. Alkumittauksessa kaikkien koehenkilöiden leposykkeen arvoja ei ollut merkitty. Koehenkilöiden korkeat leposykkeet selittyvät ainakin toisella testikerralla sillä, että samana päivänä tehtiin myös lihasvoimatestejä. Testattaville oli kerrottu, että lepotauko tulee pitää ennen polkupyöräergometritestiä, mutta aikataulukysymyksistä johtuen tauko jäi joillakin varsin lyhyeksi. Silti keskimääräiset leposykkeet 6 kk:n seurannassa olivat alhaisempia kuin alkumittauksessa. Suuntaa antavasti niistä voidaan päätellä fyysisen kunnan nousseen etenkin liikuntaryhmään osallistuneilla.

Maksimisyketasoja (220-ikä) tarkasteltaessa koehenkilöistä suurin osa (yli 80%) pääsi ikävakioituun maksimisykkeeseen asti tai yli 90 prosentin tasolle maksimista. Ergometri-testin keskeyttämisen syinä olivat joko koehenkilön halu lopettaa testi tai EKG:ssä havaitut muutokset kuten sydämen lisälyöntisyys tai takykardia. Tavanomaisia syitä ovat yleensä myös verenpaineen muutokset ja etenkin huonompikuntoisilla henkilöillä jalkojen väsyminen (Kallinen ym. 1998.) Viimeksi mainittua syytä ei tässä tutkimuksessa kirjautunut kenellekään.

Subjektiiivinen kuormituksen kokeminen oli liikuntaintervention jälkeen muuttunut niin, että kontrolliryhmän ja estrogeeniryhmän osalta hajonta oli pysynyt kaikkein suurimpana ja liikuntaryhmissä RPE oli noussut sekä hajonta oli pienentynyt. RPE:ssa saavutettiin hyvin suositusten mukainen taso 17-19. Vaikkakaan estrogeeniryhmän aerobinen

kapasiteetti ei muuttunut merkitsevästi, RPE:n keskiarvo oli noussut 4,6%. Testattavien rasituksensiedon lisääntymisestä kertonee myös työtehon parantuminen.

Maksimaalisen työtehon lisäys oli huomattavin liikunta- + estrogeeniryhmässä, jossa se kohosi yli 9% ja kuuden minuutin työteho yli 10%. Estrogeeniryhmän maksimaalinen työteho loppumittauksessa oli 6% suurempi kuin alkumittauksessa, mutta arvot jäivät silti muita ryhmiä matalammalle tasolle. Merkittävää on, että kontrolliryhmän osalta tulokset olivat hieman alkumittauksista laskeneet.

Liikunta ja estrogeeni-tutkimuksen alkumittauksiin osallistui 80 vaihdevuosi-iässä olevaa naista. Puolen vuoden liikuntaintervention jälkeen uusintatestauksen antropometriisiin mittauksiin osallistui 66 henkilöä. Tutkimuksen kriteerit liikuntaharjoittelun ja estrogeenikorvaushoidon osalta täyttyivät 59 henkilön osalta. Katoon vaikuttivat kolmen koeryhmäläisen estrogeenihoidon laiminlyönti ja neljän koehenkilön liikuntaharjoittelun vähäisyys. Yksi koehenkilöistä oli ilmoittanut jo tutkimuksen alkuvaiheessa estrogeenin laiminlyönnistä ja kahden osalta tämä paljastui liikuntaintervention jälkeen. He eivät olleet ottaneet estrogeeni-lääkitystä koko tutkimusaikana lainkaan tai vain parin viikon ajan tutkimuksen alkuvaiheessa.

Estrogeenin lopettamisen syynä olivat koetut sivuvaikutukset, siitäkin huolimatta ettei koehenkilö tiennyt saavansa oikeaa estrogeenia tai lumelääkitystä. Kaikkein lääkitykseen liittyy ihmisillä usein haittavaikutusten pelkoja. Estrogeenikorvaushoidon käyttöä onkin tutkittu 65-vuotiailla amerikkalaisilla naisilla (n=2688). Tutkimuksessa todettiin varsin pienen joukon käyttävän sitä säännöllisesti, 6,1% käytti tutkimuksen aikana ja 18,5% oli käyttänyt aikaisemmin ja 70,8% tutkituista ilmoitti, ettei ollut koskaan käyttänyt estrogeeniä. Hoidon lopettaneet korvasivat estrogeenin myös mielellään kalsiumilla. Haittavaikutuksista rintasyövän riskin on joidenkin tutkimusten mukaan todettu lisääntyvän 1.1-1.3 kertaiseksi pitkäaikaisessa käytössä. (Handa ym. 1996.) Brownin ja Cooperin (1992) tutkimus osoitti, ettei rasitus nostanut matalia estradioli-pitoisuuksia iäkkäillä. Tässä tutkimuksessa hormoniarvojen muutosta ei estrogeenikorvaushoidosta huolimatta seurattu.

Hapenottokyvyn parantamiseksi ACSM:n suositusten mukaan keskitasoisilla kuntoilijoilla liikunnan tulee toistua 3-5 kertaa viikossa, vähintään 20 minuuttia kerrallaan yli 65 prosentin tasolla sydämen maksimisykkeestä. Tässä tutkimuksessa neljän koehenkilön liikuntaharjoittelu ei vastannut liikunnan annostelun suosituksia eikä tutkimuksen kriteereitä. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat suhteellisen terveitä ja hyväkuntoisia vaihdevuosi-ikäisiä naisia, sillä aerobinen kapasiteetti ei ollut alkutilanteessa kenelläkään heikko. Siitä huolimatta liikuntaharjoittelun vähäisyyteen tai jopa tutkimuksen keskeyttämiseen yhtenä syynä olivat terveydelliset syyt. Tämä omalta osaltaan kertoo ikääntymisen myötä herkkyyden sairastumiselle ja mm. tuki- ja liikuntaelinoireilulle lisääntyvän. Kallisen ym. (1989) tutkimuksessa todettiin aktiivisesti kuntourheilua harrastavien kärsivän huomattavasti vähemmän sekä tuki- ja liikuntaelinoireilusta että sydänperäisistä vaivoista ja ergometritestissä suurin osa liikuntaa harrastaneista pystyi polkemaan testin uupumukseen asti.

Liikunta ja estrogeeni-tutkimuksessa aerobinen kunto oli taustamuuttujana, mikä joiltain osin aiheutti tämän tutkimuksen tekemiseen ongelmia. Tutkimuksen aikana ja polkupyöräergometritestissä ei esim. selvitetty testaamiseen oleellisesti kuuluvaa verenpainetta, mikä kestävyyskunnan kannalta olisi ollut hyvä tietää. Myös ikääntymisen vaikutusta ja verenpaineen muutosta liikuntaintervention jälkeen olisi ollut hyvä tarkastella. Monissa aikaisemmissa liikuntainterventioissa on havaittu kestävyystyyppisen liikunnan madaltavan verenpainetta (Green 1989, Spina ym. 1993, Kukkonen-Harjula ym. 1997).

Sydämen sykettä ei myöskään ohjattujen kuntoryhmien yhteydessä mitattu, mutta ohjelmat pyrittiin viemään läpi mahdollisimman korkealla teholla, noin 70-80 prosentin tasolla maksimista. Impaktiharjoittelun vaatimat hypyt kohottivat sykettä ajottain sekä lihasvoima- että aerobiciharjoittelussa. Tästä olivat merkkeinä ryhmäläisten hikoilu ja hengästyminen, syke subjektiivisesti arvioituna oli ajottain lähellä maksimitasoa. Tutkimustulokset uusintatestauksessa olivat samansuuntaisia leposykkeen laskun ja korkeamman maksimisykkeen sietokyvyn osalta, kuten aikaisemmissakin liikuntainterventio-

tutkimuksissa on todettu (mm. Green 1989). Liikuntaryhmät toteutettiin kiertoarjoitteluna, jossa toteutui hyvin ikääntyville sopiva intervalliharjoittelu. Eritasoisten kuntoominaisuuksien sekä mahdollisten tuki- ja liikuntaelämistön ja muiden sairauksien takia harjoittelu voitiin turvallisesti suorittaa lähellä maksimitasoa.

Nousujohtaisen polkupyöräergometritestin tulosten analysoinnissa ei ole tässä tutkimuksessa huomioitu koehenkilön testiin käyttämää aikaa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu kuormituskokeeseen käytetyn ajan korreloivan voimakkaasti hapenottokykyyn. (Profant ym. 1972). Tämän tutkimuksen koehenkilöiden testiin käyttämä aika nousi keskimäärin minuutin verran liikuntaintervention jälkeen. Tämän voi katsoa vain suuntaa antavasti kertovan aerobisen kunnon paranemisesta.

Tutkimustulokset on analysoitu työtehon, poljetun wattimäärän perusteella, mikä katsottiin luotettavimmaksi muuttujaksi submaksimaalisessa polkupyöräergometrikokeessa. Kuormituskokeessa pyrittiin niin lähelle maksimitehoa kuin mahdollista ja saavuttamaan ikävakiointu maksimisyke. Nousujohtaisen testin pohjana oli Whon malli, aloituskuormana 30 tai 60 wattia, minkä jälkeen kuormaa nostettiin 30 wattia kolmen minuutin välein. Sykkeestä ja poljetusta kuormasta laskettiin regressioanalyysillä maksimaalinen hapenottokyky.

Keskiarvotulokset kaikissa ryhmissä kuuden kuukauden liikuntaintervention jälkeen ovat hyvää tasoa, liikunta- + estrogeeniryhmän ergometritestissä polkema wattimäärä 140,7 vastaa Åstrandin ja Rohdahlin (1991) esittämää hapenottokyvyn arvoa 2,2 l/min, jolloin myös fyysisesti kohtuullisesti kuormittavista työtehtävistä on mahdollisuus selvitä hyvin. Painoon suhteutettu hapenottokyky 34,6 ml/kg/min liikunta- + estrogeeniryhmällä on myös iänmukaista keskiarvoa parempi. Suomisen ja Rahkilan tutkimuksessa (1991) kestävyysarjoittelua toteuttaneen ryhmän hapenottokyky oli keskimäärin 33.0 ml/kg/min ja nopeusryhmän 28.7 ml/kg/min. Voimaharjoittelua toteuttaneiden iäkkäiden naisten hapenottokyky oli 24.2 ml/kg/min, mikä oli lähellä kontrolliryhmän tasoa 25.5 ml/kg/min. Voimaharjoittelu ei kohota hapenottokykyä yhtä tehokkaasti kuin kestävyysarjoittelu,

mutta toisaalta iäkkäiden naisten hapenottokyvyn on todettu osittain riippuvan lihasvoimasta (Kallinen 1995).

Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että progressiivisesti etenevä voimaharjoittelu ja impakti-hyppelyharjoittelu lisäävät vaihdevuosi-ikäisten naisten aerobista kuntoa. Tutkimustulokset tukevat aikaisempaa tietoa liikunnan merkityksestä fyysisen kunnan ylläpitäjänä ja parantajana. Tutkimuksen tulokset tukevat myös aikaisempaa tietoa siitä, että inaktiivisuus jo lyhyelläkin aikavälillä laskea aerobista kuntoa. Liikuntaintervention on kuitenkin oltava korkeatehoinen ja liikuntasuoritusten toistojen tapahduttava riittävän usein, kuten monet aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet.

Aerobisen kunnan kohentamisessa Klebanoffin ym. (1997) tutkimuksen mukaan ei estrogeenikorvaushoidolla todettu olevan lisäarvoa, koska tutkimuksen liikuntainterventiossa sekä estrogeenikorvaushoitoa saaneiden koehenkilöiden että ei-hoitoa saaneiden aerobinen kunto kohosi keskimäärin 8%. Samansuuntainen on myös tämän tutkimuksen tulos. Estrogeenikorvaushoidolla ja liikunnalla ei ole tutkimuksen mukaan yhdysvaikutusta, eikä estrogeeni merkitsevästi lisää liikunnan vaikutusta aerobisen kuntoon. Estrogeeni ei myöskään yksinomaan riitä tai tehosta aerobisen kunnan ylläpitämistä.

Keski-ikäisten naisten fyysistä kuntoa on tutkittu hyvin vähän ja estrogeenin ja fyysisen kunnan yhteyksiä ei juuri lainkaan. Tästä osoituksena on, että tämänkaltaisia tutkimustuloksia oli hyvin vaikea löytää. Estrogeeniä ja sen korvaushoitoa taas on tutkittu pääasiassa sydänsairauksien ja rintasyöpäriskin näkökulmasta. Liikuntainterventiot on tehty pääsääntöisesti miehillä ja aktiiviurheilijoilla tai tutkimuksiin osallistujien keski-ikä tätä tutkimusta ajatellen oli hyvinkin korkea. Näyttäisikin siltä, että liikuntainterventioista saadut tulokset hapenottokyvyn lisäämiseksi ovat sitä parempia mitä iäkkäämmistä henkilöistä on kysymys. Keskimäärin aikuisilla yli 12 viikon liikuntainterventiot ovat osoittaneet aerobisen kunnan kohoavan noin 10% luokkaa, kun taas esim. Hagbergin (1989) tutkimuksessa parannus iäkkäillä oli jopa 16-22%.

Fosterin ym. (1989) tutkimuksessa todettiin myös vähäisenkin liikunnan intensiteetin riittävän iäkkäille kunnon kohottamiseen. Mutta liikunnan sairauksia ennaltaehkäisevä merkitys on hyvä muistaa ja hyöty on sitä parempi, mitä aikaisemmin liikuntaharjoittelun on aloittanut.

Tulevaisuuden tutkimusaiheeksi nouseekin vaihdevuosi-ikäisten naisten kestävyystyyppisen liikuntaintervention ja estrogeeni-korvaushoidon vaikutusten tutkiminen suuremmalla aineistolla. Tutkimuksessa olisi hyvä selvittää tarkemmin aerobisen kunnon ja estrogeenin merkitystä esim. työkyvylle ja työssä jaksamiseen. Subjekttiivinen kuormituksen kokeminen polkupyöraergometritestissä osoittaa ihmisten välisen yksilöllisen rasituksen siedon, millä taas on yhteys motivaation sekä työssä että liikunnan harrastamisessa. Mahdollisesti ne ikääntyvät naiset, joilla estrogeenituotanto on kunnossa, kokevat jaksavansa enemmän fyysisiä ponnisteluja ja olevansa henkisesti vireämpiä, kuin ne, joilla hormonitasapaino ei ole kunnossa. Estrogeeni-korvaushoidon yleistyessä lisääntyy myös tieto hoidon riskitekijöistä ja ehkä tulevaisuudessa tutkimuksen kohdejoukko on helpommin koottavissa ja kato tutkimusjoukosta pienempi kuin tässä tutkimuksessa. Estrogeeni-korvaushoidolla ei ollut tässä tutkimuksessa lisäarvoa puolen vuoden liikuntaintervention aikaansaamiin muutoksiin vaihdevuosi-ikäisten naisten aerobisessa kunnossa. Tulevaisuudessa on kuitenkin hyvä selvittää liikunnan ja estrogeenikorvaushoidon vaikutuksia pitemmällä aikavälillä.

LÄHTEET

- Adams G.M. & De Vries H.A. 1973. Physiological effects of an exercise training regimen upon women aged 52 to 79. *Journal of Gerontology* 28:50-55.
- American College of Sports Medicine. ACSM position stand 1998. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: 975-991.
- Andersen K.L, Shephard R.J, Denolin H, Varnauskas E.& Masironi R. 1971. Fundamentals of exercise testing. WHO, Geneva, printed in Belgium.
- Arstila M, Impivaara O. & Mäki J. 1990. New ergometric reference values for clinical exercise tests. *Scandinavian Journal Clinical Laboratory Invest* 50: 747-755.
- Arstila M. & Impivaara O. 1991. W_{max6} Kliinisen rasituskokeen tulostuksesta. *Suomen Lääkärilehti* 12: 1155-1157.
- Aunola S. 1991. Aerobic and anaerobic thresholds as tools for estimating submaximal endurance capacity. *Kansaneläkelaitoksen julkaisu* ML:109:1-84 (väitöskirja).
- Aunola S, Hämäläinen H. & Seppälä S. 1994. Työn kuormittavuus. Teoksessa Sovijärvi A, Uusitalo A, Länsimies E & Vuori I. (toim.) *Kliininen fysiologia*, 373-377. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Blumenthal J.A, Emery C.F, Madden D.J ym. 1989. Cardiovascular and behavioral effects of aerobic exercise training in healthy older men and women. *Journal of Gerontology* 44:147-157.
- Borg G. 1990. Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* 16: 55-58.
- Brown A. & Cooper. T 1992. Gynaegological disorders in elderly - sexuality and aging. Teoksessa Brocklehurst J, Tallis. & Fillit H. (toim.) *Textbook of geriatric medicine and gerontology* IV edition, 656-665. Tokio.

- De Vito G, Pulejo C, Capranica L. & Figura F. 1994. Assessment of ventilatory threshold in older women: comparison among three methods. Teoksessa Harris S, Suominen H, Era P. & Harris W. (toim.) Physical activity, aging and sports Volume III, 49-52: Toward healthy aging - international perspectives - Part 1. Physiological and biomedical aspects. Center for the Study of Aging, Albany.
- Dehn M.M. & Bruce R.A. 1972. Longitudinal variations in maximal oxygen intake with age and activity. *Journal of Applied Physiology* 33: 805-807.
- Drinkwater B.L, Horvath S.M. & Wells C.L. 1975. Aerobic power of females, ages 10 to 68. *Journal of Gerontology*, 30: 385-394.
- Fleg J.L, Lakatta E.G. 1988. Role of muscle loss in the age-associated reduction in VO₂max. *Journal of Applied Physiology* 65: 1147-51.
- Fleg J.L. 1994. Aging changes in cardiovascular fitness: Current research approaches. Teoksessa Harris S, Suominen H, Era P. & Harris W. (toim.) Physical activity, aging and sports, 3-14, Volume III: Toward healthy aging - international perspectives - Part 1. Physiological and biomedical aspects. Center for the Study of Aging, Albany.
- Fogelholm M. & Rehunen S. 1993. Ravitseemus, liikunta ja terveyst, 209-222, VK-kustannus Oy. Jyväskylä.
- Fogelholm M. & Uusitupa M. 1995. Liikunta, energiankulutus ja ravitseemus. Teoksessa Vuori I. & Taimela S. (toim.) Liikuntalääketiede, 69-76, I painos, Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Foster V, Hume G.J.E, Byrnes W.C, Dickinson A.L. & Chatfield S.J. 1989. Endurance training for elderly women: Moderate vs low intensity. *Journal of Gerontology: Medical Sciences* 44:184-178.
- Gray A, Telford R. & Weidemann M. 1993. Endocrine response to intense interval exercise. *European Journal of Applied Physiology* 66: 366-371.
- Gray J, Bassey E. & Young A. 1985. The risks of inactivity. Teoksessa Gray J. (toim.) Prevention of disease in the elderly, 79-94. Churchill Livingstone, Edinburgh.

- Green J. 1989. Effects of a water aerobics program on the blood pressure, percentage of body fat; weight and resting pulse rate of senior citizens. *Journal of Applied Gerontology* 1: 132-138.
- Hagberg J.M. 1987. Effect of training on the decline of $V_{O_{2max}}$ with aging. *Federation Proceedings* 46:1830-1833.
- Hagberg J.M, Graves J.E. & Limacher 1989. Cardiovascular responses to exercise training. *Journal of Applied Physiology* 66: 2589-2594.
- Handa V.I, Landerman R, Hanlon J.T, Harris T. & Chen H.J. 1996. Do older Women use Estrogen Replacement? Data from the Duke Established Populations for Epidemiologic Studies of the Elderly (EPESE). *The American Geriatrics Society* 44: 1-6.
- Heath G.W, Hagberg J.M. & Ehsani A.A. ym. 1981. A physiological comparison of young and older endurance athletes. *Journal of Applied Physiology* 51: 634-640.
- Heikkinen E. 1995. Keski-ikäisten ja iäkkäiden liikunta. Teoksessa Vuori I, Taimela S. (toim.) *Liikuntalääketiede*, 97-109. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Heikkinen E. 1997. Iäkkäiden ihmisten terveys, toimintakyky ja elämänlaatu. Teoksessa Era P. (toim.) *Ikääntyminen ja liikunta*, 1-16. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 108, Jyväskylä.
- Ilmarinen J, Tuomi K, Eskelinen L. & Nygård C-H, Klockars M. 1989. Ikääntyvien työntekijöiden työkyvyn arviointi ja työkyvyttömyyttä ennustavat riskitekijät. *Suomen lääkärilehti* 24: 2353-2362.
- Ilmarinen J. 1991. Ikääntyminen ja työn fyysinen kuormittavuus. *Gerontologia* 5: 53-64.
- Ilmarinen J. 1994. Työn kehittäminen. Teoksessa Kuusinen J. ym. (toim.) *Ikääntyminen ja työ*, 350-367. WSOY, Juva.
- Jackson A.S. et al. 1996. Changes in aerobic power of women, ages 20-64 yr. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2: 884-890.
- Kallinen M, Suominen H. & Alen M. 1995. Effects of an 18-week endurance and strength training program on cardiorespiratory performance in 76-78-year-old women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27 (Suppl):S86.

- Kallinen M, Suominen H, Vuolteenaho O. & Alen M. 1998. Effort tolerance in elderly women with different physical activity backgrounds. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30: 170-176.
- Kimmel D.C. 1990. Physical effects of menopause. Teoksessa *Adulthood and aging, an interdisciplinary, developmental view*, 240-241 New York.
- Klebanoff R, Miller V.T. & Fernhall B. 1998. Effects of exercise and estrogen therapy on lipid profiles of postmenopausal women. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 8: 1028-1034.
- Kontula K. & Leinonen P. 1992. Endokriininen järjestelmä ja hormonien vaikutustavat. Teoksessa Lamberg B-A, Koivisto V. & Pelkonen R. (toim.) *Kliininen endokrinologia*, 9-20, IV uudistettu painos. Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä.
- Kukkonen-Harjula K, Kallinen M. & Alen M. 1997. Liikunta osana keskeisten kansantautien hoitoa ja kuntoutusta. Teoksessa Era P. (toim.) *Ikääntyminen ja liikunta* 77-139. *Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja* 108, Jyväskylä.
- Laukkanen R. 1990. Sydän- ja verenkiertoelimistön toimintakyvyn epäsuorat mittaukset iäkkäillä. *Gerontologia* 4: 38-42.
- Lehtonen A & Nikkilä M. 1989. Onko HDL-kolesterolin merkitystä sepelvaltimotautia ehkäisevänä tekijänä aliarvioitu? *Duodecim* 105: 1297-1299.
- Litmanen H. 1996. Kliininen rasituskoe fyysisen kunnon mittarina. *Liikunta ja tiede* 6: 8-10.
- Louhevaara V. & Ilmarinen J. 1994. Työn fyysiset vaatimukset ja ikä. Teoksessa Kuusinen J. (toim.) *Ikääntyminen ja työ*, 205-220. WSOY, Juva.
- Makrides L, Heigenhauser G.J.F, Jones N.L. 1990. High-intensity endurance training in 20- to 30- and 60- to 70-yr-old men. *Journal of Applied Physiology* 69: 1792-1798.
- Nicklas B, Hackney A, Arstila A. & Björkqvist S. 1989. The menstrual cycle and exercise: performance, muscle glycogen and substrate responses. *International Journal of Sports Medicine* 10: 264-269.
- Nygård C-H. 1990. Ikääntyvien työntekijöiden lihasvoima. *Gerontologia* 4: 3-9.
- Nygård C-H. 1996. Ikääntyvä työssä ja työttä. *Gerontologia* 10: 207-208.

- Oja P. 1995. Fyysinen ja terveystilasto sekä niiden mittaus. Teoksessa Vuori I, Taimela S. (toim.) Liikuntalääketiede, 54-68. Kustannus Oy, Helsinki.
- Pohjonen T. 1996. Työn piirteet ja kuormittavuus vanhusten kotipalvelussa. Gerontologia 10: 209-216.
- Pollock M.L, Foster C. Knapp D, Rod J.L. & Schmidt H. 1987. Effect of age and training on aerobic capacity and body composition of master athletes. Journal of Applied Physiology 62: 725-731.
- Profant G.R, Early R.G, Nilson K.L, Kusumi F, Hofer V.G. & Bruce R.A. 1972. Responses to maximal exercise in healthy middle-aged women. Journal of Applied Physiology 33: 595-9.
- Rauramaa R. & Rankinen T. 1995 Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmittain. Teoksessa Vuori I, Taimela S.(toim.) Liikuntalääketiede, 20-33. Kustannus Oy Duodecim, Helsinki.
- Rizzoli R. & Bonjour J-P. 1997. Hormones and bones. Lancet 349: 120-123.
- Rogers M.A, Hagberg J.M, Martin W.H. III ym. 1990. Decline in $V_{O_{2max}}$ with aging in master athletes and sedentary men. Journal of Applied Physiology 68: 2195-2199.
- Rogers M.A. 1994. Effects of chronic, intense endurance exercise training on longitudinal changes in maximal oxygen uptake in older men. Teoksessa Harris S, Suominen H, Era P, Harris W. (toim.) Physical activity, aging and sports, 15-23 Volume III: Toward healthy aging - international perspectives - Part 1. Physiological and biomedical aspects. Center for the Study of Aging, Albany.
- Ruoti G, Troup J.T. & Berger R.A. 1994. The effects of nonswimming water exercises on older adults. Journal of orthopaedic & Sports physical therapy (JOSPT): 19: 140-145.
- Ruuskanen J. 1990. Liikuntakäyttäytyminen ja sen yhteydet elämäntapaan, terveydentilaan ja itsearvioituun toimintakykyyn. Jyväskylän yliopisto, liikuntakasvatuksen laitos (lisensiaattitutkimus).

- Seppälä M. & Laatikainen T. 1992. Gynegologinen endokrinologia. Teoksessa Lamberg B-A, Koivisto V. & Pelkonen R. (toim.) Kliininen endokrinologia, 435-437. IV uudistettu painos. Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä.
- Shephard R.J. 1987. Physical activity and aging. Second edition. London, Croom Helm.
- Shephard R.J. 1992. Maximal oxygen intake. Teoksessa Shephard R.J. & Åstrand P-O. (toim.). Endurance in sport. Butler & Tanner Ltd. 192, London.
- Shvartz E. & Reibold R.C. 1990. Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 Years: A Review. *Aviation, Space and Environmental Medicine* 61: 3-11.
- Siltanen P. (toim.) 1994. Kliininen rasituskoe. Suomen kardiologisen Seuran ja Suomen kliinisen Fysiologian yhdistyksen työryhmän suositus. *Suomen lääkärilehti* 3: 151-193.
- Spina R.J. et al. 1993. Differences in cardiovascular adaptations to endurance exercise training between older men and woman. *Journal of Applied Physiology*, 75: 849-855.
- Spirduso W.W. 1995. Physical dimensions of aging. *Human Kinetics, Champaign II*.
- Suominen H. 1978. Effects of physical training in middle-aged and elderly people with special reference to skeletal muscle, connective tissue and functional aging. *Studies in Sport Physical Education and Health, University of Jyväskylä* 11, 30-32 (väitöskirja).
- Suominen H. 1991. Ikääntyvät. Teoksessa Mälkiä E. (toim.) *Erityisliikunta I*, 228-234. Gummerus, Jyväskylä.
- Suominen H. & Rahkila P. 1991. Bone mineral density of the calcaneus in 70- to 81-year-old male athletes and a population sample. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23: 1227-1233.
- Suominen H. 1997. Kehon rakenteen ja fyysisen suorituskyvyn muutokset vanhetessa ja liikunta. Teoksessa Era P. (toim.) *Ikääntyminen ja liikunta*, 17-48. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 108, Jyväskylä.
- Suominen H. & Sipilä S. 1993. Seniorit ovat vetreitä ja hyväkuntoisia. *Liikunta ja tiede* 3: 30-32.

- Takeshima N, Tanaka K, Watanebe T, Kobayashi F. & Kato T. 1994. Longitudinal assessment of aerobic work capacity in the elderly. Teoksessa Harris S, Suominen H, Era P, Harris W. (toim.) *Toward healthy aging - international perspectives - Part 1. Physiological and biomedical aspects. Volume III: Physical activity, aging and sports: Center for the Study of Aging, Albany.*
- Vuori I. 1994a. Kuormitus- ja harjoitusfysiologia, kuormitusvasteet. Teoksessa Sovijärvi A, Uusitalo A, Länsimies E & Vuori I. (toim.) *Kliininen fysiologia*, 406-419. Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä.
- Vuori I. 1994b. Energia-aineenvaihdunta, työaineenvaihdunnan mittaus. Teoksessa Sovijärvi A, Uusitalo A, Länsimies E & Vuori I. (toim.) *Kliininen fysiologia*, 257-262. Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä.
- Vuori I. 1994c. Liikunta ja terveys: Minimi, optimi, maksimi. *Duodecim* 110: 1184-1190.
- Vuori I. 1995a. Osteoporoosi. Teoksessa Vuori I, Taimela S. (toim.) *Liikuntalääketiede*, 167-175. Kustannus Oy Duodecim, Jyväskylä.
- Vuori I. 1995b. Exercise and physical health: Musculoskeletal health and functional capabilities. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 66: 276-285.
- Vuori I. 1996. Kuntotestausten turvallisuus varmistettava. *Liikunta ja tiede* 4: 4-7.
- Åstrand P-O. 1962. Ergometri -konditionsprov. Stockholm.
- Åstrand I, Åstrand P-O, Hallböök I. & Kilbom Å. 1973. Reduction in maximal oxygen uptake with age. *Journal of Applied Physiology* 35: 649-654.
- Åstrand P-O. & Rodahl K. 1986. *Textbook of work physiology. Physiological bases of exercise*, 295-387. Third edition. McGraw-Hill, New York.