

7693

HYPPELYHARJOITTELUN JA ESTROGEENINKORVAUSHOIDON
VAIKUTUS
ALARAAJOJEN OJENNUSTEHOON JA JUOKSUNOPEUTEEN
POSTMENOPAUSAALISILLA NAISILLA

Vuoden randomisoitu kontrolloitu tutkimus

Fysioterapian
pro gradu-tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteen laitos
Kevät 1999

Marju Leppänen

TIIVISTELMÄ

Marju Leppänen: Hyppelyharjoittelun ja estrogeenikorvaushoidon vaikutus alaraajojen ojennustehoon ja juoksunopeuteen postmenopausaalisilla naisilla. Vuoden randomisoitu kontrolloitu tutkimus.

Fysioterapian pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto, Terveystieteen laitos, kevät 1999.

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää hyppelyharjoittelun, estrogeenikorvaushoidon ja niiden yhdistelmän vaikutusta alaraajojen ojennustehoon ja juoksunopeuteen postmenopausaalisilla naisilla. Kysessä oli vuoden kestävä kokeellinen tutkimus, joka toteutettiin kaksoissokkokeena estrogeenin suhteen. Tutkimuksen koehenkilöt satunnaistettiin neljään 20 hengen ryhmään. Eri syistä lopettaneiden, harjoittelemattomien ja pillereitä syömättömien poistamisen jälkeen lopullinen koehenkilömäärä oli liikuntaryhmässä 12, estrogeeniryhmässä 16, liikunta-estrogeeniryhmässä 10 ja kontrolliryhmässä 15. Liikunta ja liikunta-estrogeeni ryhmät osallistuivat kaksi kertaa viikossa ohjattuun hyppely- ja kuntosalikiertoharjoitteluun sekä toteuttivat neljä kertaa viikossa hyppelypainotteisen kotiharjoitteluohjelman. Harjoittelu katkaistiin kahdeksan viikon välein, jolloin koehenkilöiden tuli osallistua kaksi kertaa viikossa kahden viikon ajan high-impact aerobic harjoitteluun. Viiden viikon kesätauon aikana koehenkilöt toteuttivat erikseen laadittua kotiharjoitusohjelmaa. Mittaukset (kelkkahyppy, esikevennetty vertikaalihyppy ja 20m:n juoksu) suoritettiin puolen vuoden välein. Tuloksena oli, että kokojalkapohjatekniikalla tehty hyppelyharjoittelu ja estrogeenikorvaushoito sekä edelliset yhdistettynä lisäsivät postmenopausaalisilla naisilla esikevennetyn vertikaalihypyn painopisteen nousukorkeutta sekä juoksunopeutta, mutta eivät vaikuttaneet alaraajojen ojennustehoon. Ainoastaan liikunta-estrogeeniryhmällä alaraajojen nopean voimantuoton lisäys oli yhteydessä juoksunopeuden muutoksiin. Tutkimuksen perusteella sekä hyppelyharjoittelu että estrogeeni ja erityisesti näiden yhdistelmä paransivat postmenopausaalisten naisten nopeaa voimantuottoa. Kuitenkin lisätietoa tarvitaan iäkkäille soveltuvista luotettavista alaraajojen ojennustehon mittareista.

Avainsanoja: hyppelyharjoittelu, postmenopausaali, estrogeeni, voimantuotto, juoksunopeus

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	1
2. IKÄÄNTYMISEN YHTEYDET LIHASTEN TOIMINTAAN.....	3
2.1. Ikääntymisen yhteydet maksimivoimaan.....	3
2.2. Ikääntymisen yhteydet nopeusvoimaan.....	4
2.3. Ikääntymisen yhteydet nopeuteen.....	6
3. ESTROGEENI JA MENOPAUSAALIVAIHE.....	8
4. HYPPELYHARJOITTELU.....	10
4.1. Hyppelyharjoittelun fysiologinen tausta.....	10
4.2. Hyppelyharjoittelun vaikutuksista.....	11
5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA ONGELMAT.....	15
6. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN.....	16
6.1. Aineiston kokoaminen.....	16
6.2. Tutkimusasetelma ja tutkimuksen kulku.....	16
6.3. Tutkimuksen mittausmenetelmät.....	17
6.4. Harjoitusinterventio.....	19
6.5. Tilastolliset menetelmät.....	21
7. TULOKSET.....	22
8. POHDINTA.....	29
LÄHTEET.....	35
LIITTEET	

1. JOHDANTO

Alaraajojen lihasvoimalla on suuri merkitys jokapäiväisistä toiminnoista selviytymisessä. Mitä paremmin ikääntyvä ihminen pystyy säilyttämään alaraajojen ojennustehon sitä paremmin hän pystyy selviytymään mm. tuolilta ylös noususta, portaiden noususta (Skelton ym. 1994, Bassey ym. 1992) sekä kävelystä (Rantanen ja Avela 1997). Nopeaa voimantuottoa pidetään sensitiivisempänä iän tuomien muutosten osoittajana kuin maksimivoimaa (Bassey ym. 1992).

Naisilla kuukautisten loputtua eli postmenopausaalivaiheessa tapahtuvat muutokset lihasvoimissa ja luuston tiheydessä ovat nousseet tutkimuksen kohteeksi seuraavista syistä. Ensinnä osteoporoosiriski kasvaa naisilla postmenopausaalivaiheessa estrogeenituotannon vähentyessä (Haug ym. 1995). Osteoporoosi on luukato-oireyhtymä, jolle on tyypillistä vähentynyt luun massa sekä lisääntynyt alttius murtumille (Christiansen 1993). Toiseksi poikittaistutkimukset ovat osoittaneet, että lihasvoimantuotto putoaa 53-68 vuotiailla naisilla nopeammin kuin samanikäisillä miehillä (Phillips ym. 1993a) sekä kolmanneksi lihasvoima korreloi luun tiheyden kanssa (Calmels ym. 1995, Gutin ja Kasper 1992). Neljänneksi monipuolisella harjoittelulla on todettu olevan vaikutusta kaatumisten lukumäärän vähentymiseen (Lord ym. 1995). Väestön ikääntyessä kaatumistapausten yhteydessä syntyvien reisiluun yläosan murtumien vuosittainen ilmaantuvuus on kolminkertaistunut 20 vuodessa. Vuonna 1991 Suomessa tapahtui 6000 reisiluun yläosan murtumaa, joista yhden murtuman hoito maksoi noin 25 000 mk. (Alhava 1996.)

Urheilijat käyttävät hyppelyharjoittelua räjähtävää voimaa lisäävänä harjoitteena. Hyppelytyyppisellä harjoittelulla on todettu olevan positiivisia vaikutuksia räjähtävään voimantuottoon ja luun tiheyteen premenopausaalisilla naisilla (Heinonen ym. 1996). Hyppelyharjoittelun ja osteoporoosin välisen yhteyden taustalla on ajatus luun massan muutoksista mekaanisessa kuormituksessa, koska luun uudelleenmuodostus on mekaanisten voimien aiheuttamaa ja luu reagoi mekaanisten voimien muutoksiin (Bailey ja McCulloch 1990).

Viimeaikaiset tutkimukset ovat osoittaneet, että postmenopausaalivaiheessa olevien naisten maksimivoimaa voidaan lisätä turvallisesti kaksi kertaa viikossa tapahtuvalla

voimaharjoittelulla (Hartard ym. 1996, Morganti ym. 1995, Heislein ym. 1994). Sen sijaan hyppelyharjoittelua ei ole juurikaan tutkittu postmenopausaalisten naisten harjoittelumuotona. Tämän tutkimuksen tarkoitus on, osana Jyväskylän yliopiston terveystieteen laitoksen Liikunta- ja estrogeenitutkimusta, selvittää hyppelyharjoittelun ja estrogeenikorvaushoidon vaikutusta alaraajojen ojennustehoon ja juoksunopeuteen postmenopausaalisilla naisilla.

2. IKÄÄNTYMISEN YHTEYDET LIHASTEN TOIMINTAAN

2.1. Ikääntymisen yhteydet maksimivoimaan

Poikkileikkaustutkimusten mukaan lihasvoima alentuu iän myötä molemmilla sukupuolilla (Bassey ym. 1996, Frontera ym. 1991, Phillips ym. 1993a), ollen voimakkaampaa alaraajojen lihaksissa kuin yläraajojen lihaksissa (Åstrand ja Rodahl 1986). Lihasvoimatutkimuksia on tehty vähän pitkittäistutkimuksena, jolloin todellisia ikääntymisen vaikutuksia maksimivoimaan on vaikea todeta. Saatavilla olevien tutkimustulosten perusteella voidaan osoittaa vain suuntaa ikääntyvien lihasvoiman muutoksissa. Tutkimukset on tehty suhteellisen pienillä koehenkilömäärillä eikä väliintulevien muuttujien kuten fyysisen harjoittelun ja elintapojen vaikutusta lihasvoimaan ole pystytty täysin kontrolloimaan.

Miehillä tehdyssä tutkimuksessa maksimaalinen isometrinen ja dynaaminen lihasvoima lisääntyivät 30 ikävuoteen asti, pysyivät suhteellisen muuttumattomina 50 ikävuoteen asti ja alenivat ikävälillä 50-70 vuotta 24-36% (Larson ym. 1978). Ihmisen elinkaaren aikana lihasvoima alentuu kaikkiaan 30-40% (Åstrand ja Rodahl 1986). Lihaksen poikkipinta-alan pientyminen noudattaa lihasvoiman vähenemisen kanssa samoja suuntaviivoja. Lihaksen koon pientyminen alkaa ennen 30 ikävuotta (Lexell ym. 1988). Lihaksen pinta-alasta on hävinnyt noin 10% 50 ikävuoteen mennessä ja puolet 80 ikävuoteen mennessä. Kaikkiaan lihaksen koko pienentyy 40% ikävuosien 20-80 välillä. Phillips ym. (1993a) tutkimuksessa miehillä lihaksen poikkipinta-alaan suhteutettu maksimaalinen lihasvoima pysyi suhteellisen muuttumattomana 60-ikävuoteen asti, jonka jälkeen se alkoi heikentyä.

Naiset saavuttavat isometriset maksivoima-arvot muutamia vuosia miehiä aikaisemmin (Åstrand ja Rodahl 1986), mutta naisten maksimaalinen isometrinen lihasvoimataso jää 20-30% alhaisemmaksi kuin miesten voimataso (Scherrer 1988). Myös naisilla tehdyt tutkimukset lihaksen poikkipinta-alan muutoksista osoittavat yhteyden lihasvoiman alentumiseen ikääntyessä (Phillips 1993a). Young ym. (1984) vertasivat quadricepsin isometristä voimantuottoa ultraäänellä mitattuun reiden ympärysmittaan 20- ja 70-vuotiailla terveillä naisilla. Vanhemmilla naisilla isometrinen voimataso oli 35% alhaisempi ja quadricepsin ympärysmitta 33% pienempi kuin nuoremmilla koehenkilöillä.

Lihassoiman vähentyminen iän myötä liitetään lihasmassan muutoksiin, lihaksen kykyyn tuottaa voimaa tai niiden yhteisvaikutukseen. Fronteran ym. (1991) mukaan lihasmassan häviäminen on pääasiallinen tekijä ikääntyvien lihasvoiman vähenemiseen. Vanhempien koehenkilöiden lihasvoimat olivat alhaisempia kyynärpään ja polven ekstensoreiden ja fleksoreiden isokineettistä voimamittauksissa kuin nuoremmilla, mutta kun lihasvoima suhteutettiin lihasmassaan merkitsevät erot ikäryhmien (45-78 vuotiaita) välillä vähenivät tai poistuivat kokonaan. Solutasolla lihasmassan muutokset näkyvät II-tyypin lihassolujen poikkipinta-alan (Larsson ym. 1978) sekä I- ja II-tyypin lihassolujen lukumäärän vähenemisenä (Lexell ym. 1988).

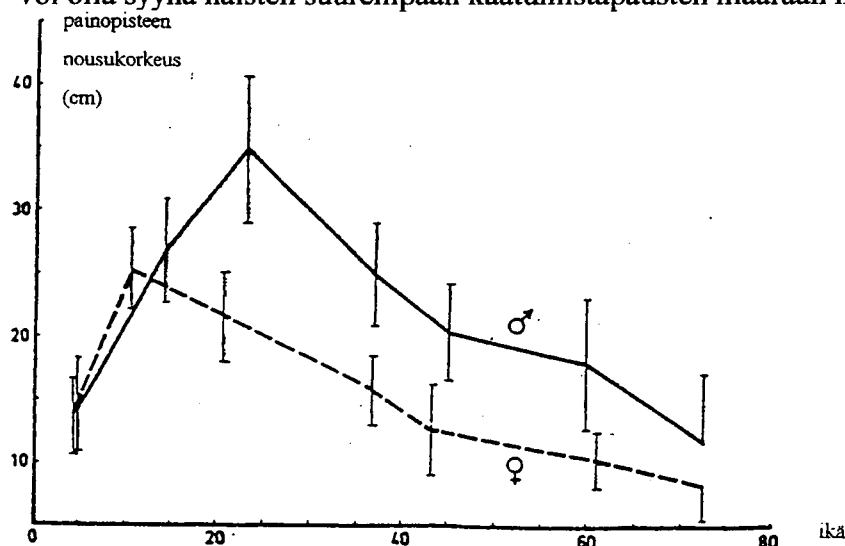
Lihasten voimantuottokykyyn vaikuttavat motoristen yksiköiden aktivaatio ja lihasten supistuvat ja mekaaniset ominaisuudet. Ikääntyvillä lihassupistuskoplaus hidastuu ja korkeakynnyksisten motoristen yksiköiden aktivaatio vähenee (Aoyagi ja Shephard 1992). Phillips ym. (1993a, 1993b) mukaan lihasvoiman väheneminen iäkkäillä naisilla ei johdu lihasten aktivoitumisen häiriöstä, koska vähentynyt lihaksen poikkipinta-alaan suhteutettu lihasvoima voidaan palauttaa nopealla venytyksellä lihaskontraktion aikana. Tätä vielä hiukan epäselvää lihasfysiologista mekanismia hormonimuutosten aiheuttamassa lihasvoiman vähenemisessä voidaan ehkäistä estrogeenilääkityksellä. Rogerin ja Evansin (1993) mukaan ikääntyvillä lihasvoiman väheneminen on nopeampaa kuin lihasmassan absoluuttinen väheneminen.

2.2. Ikääntymisen yhteydet nopeusvoimaan

Nopeusvoima voidaan jakaa räjähtävään voimaan ja pikavoimaan. Räjähtävä voima on luonteeltaan asyklistä (kertasuorituksellista) ja voiman tuottaminen voi kestää noin 0.1 sekunnista muutamaan sekuntiin. Pikavoiman tuottamisen yläraja on noin 10 sekuntia. (Mero ym.1997.) Räjähtävä voima määritellään myös lihasten kyvyksi tehdä työtä enintään puolen sekunnin ajan (Bassej ja Short 1990) tai sillä tarkoitetaan lyhytaikaista, yhtäjaksoista, asyklistä suoritusta tai suorituksia, jossa lihaksen elastisille tekijöille kohdistetaan suuria vaatimuksia (Helin ym. 1982). Tässä työssä käsitellään tehoa, joka tarkoittaa voiman ja nopeuden yhteisvaikutusta liikkeessä (Rantanen ja Avela 1997, Thomas ym. 1996).

Ikääntymisen vaikutusten on todettu olevan voimakkaampaa räjähtävään voimantuottoon kuin maksimivoimantuottoon (Bassey ym. 1992). Skelton ym. (1994) tutkimuksessa 65-89-vuotiailla miehillä ja naisilla polven ojentajalihasten ja kyynärpään koukistajien isometrinen maksimivoima sekä puristusvoima alenivat vuosittain keskimäärin 1-2% kun taas räjähtävä voima 3,5%. Eri ikäisillä (30, 50 ja 70 vuotta) naisilla tehdyssä tutkimuksessa alaraajojen ojentajalihasten isometrinen suhteellinen voima-aika -käyrä osoitti, että hermo-lihasjärjestelmän kyky aktivoida nopeasti lihasten motorisia yksiköitä hidastui iän lisääntyessä (Häkkinen ja Häkkinen 1991). 70-vuotiaat naiset tarvitsivat enemmän aikaa voiman tuottamiseen kuin 30-vuotiaat ja 50-vuotiaat naiset. Kun kyseisessä tutkimuksessa räjähtävän voiman tulokset suhteutettiin maksimivoimaan, niin vain nuorin ja vanhin ikäryhmä erosivat toisistaan merkitsevästi ($p < 0.05$).

Boscon ja Komin (1980) tutkimuksessa tytöt saavuttivat maksimiarvot 9-11 vuotiaana esikevennytyssä vertkaalihypyssä ja pojat 20-25 vuotiaana. Maksimin saavuttamisen jälkeen vertikaalihyppytulokset heikkenivät huomattavasti ikääntymisen myötä sekä miehillä että naisilla (kuvio 1). Tämä viittaa ikääntymisen aiheuttavan lihasatrofiaa nopeissa lihassoluissa sekä muutoksia hermo-lihasjärjestelmän voimantuotokykyssä. Miehillä alaraajojen ojentajalihasten tehon heikkeneminen ilmeni hieman suurempana kuin naisilla (Skelton ym. 1994, Bosco ja Komi 1980). Kuitenkin naisilla alaraajojen ojentajalihasten teho on heikompi kuin miehillä (Rantanen ja Avela 1997, Skelton ym. 1994), mikä heijastuu naisilla toimintakykytesteistä selviytymiseen (Skelton ym. 1995, Bassey ym. 1992). Bassey ym. (1992) tutkimuksessa 80-92-vuotiailla naisilla oli vain puolet 82-94-vuotiaiden miesten alaraajojen tehosta, mikä voi olla syynä naisten suurempaan kaatumistapausten määrään miehiin verrattuna.



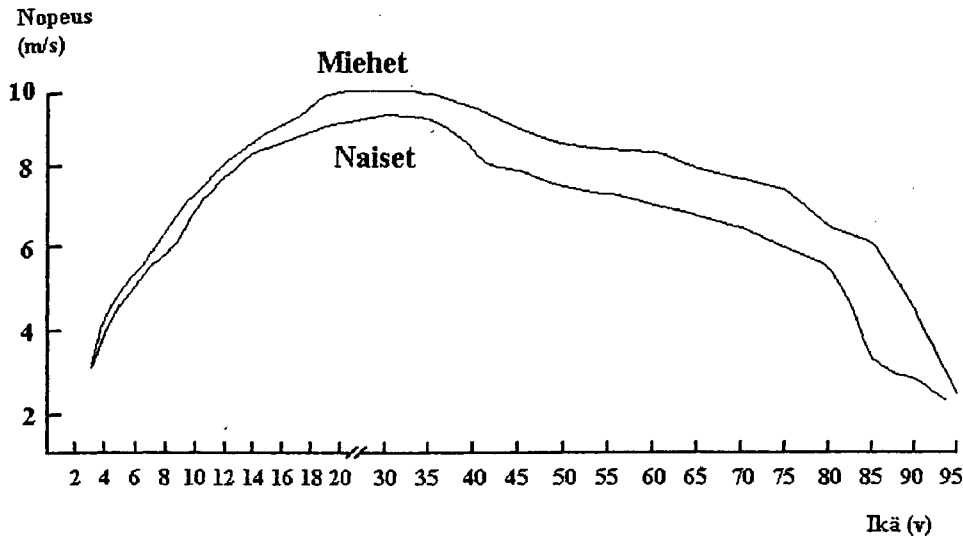
KUVIO 1. Painopisteen nousukorkeus esikevennyshypyssä sekä miehillä että naisilla.

Lihaksen toimintaan vaikuttaa ikääntymiseen liittyvien lihasfysiologisten seikkojen lisäksi myös ikääntyvien päivittäisen fyysisen aktiivisuuden intensiteetin väheneminen (Häkkinen ja Häkkinen 1991). Kujalan ym. (1994) väestötason tutkimuksessa “mixed training” eli erilaisia liiketyyppejä sisältävä harjoittelu hidasti alaraajojen ojentajalihasten räjähtävän voiman heikkenemistä tehokkaammin kuin monotonisia liikemalleja sisältävä harjoittelu tai pelkkä kävely. Vertikaalihyppytestissä 55-vuotiaat fyysisesti aktiiviset naiset saivat samoja tuloksia kuin heitä 10 vuotta nuoremmat inaktiivit naiset.

2.3. Ikääntymisen yhteydet nopeuteen

Nopeus voidaan jakaa reaktionopeuteen, räjähtävään nopeuteen ja liikkumisnopeuteen. Liikkumisnopeudella tarkoitetaan nopeaa siirtymistä paikasta toiseen. Se voi olla joko maksimaalista tai submaksimaalista. (Mero ym. 1997.) Tässä työssä tarkastellaan maksimaalisen liikkumisnopeuden vakionopeuden vaihetta. Maksiminopeudella tarkoitetaan suurinta mahdollista nopeutta, joka liikesuorituksessa pystytään kehittämään (Helin ym. 1982).

Nopeus on voimakkaasti periytyvää hermolihasarjestelmän osalta ja biologisten rakennemuutosten aikaansaaminen on helpointa hyvin varhaisessa vaiheessa lapsena. Maksimaalinen juoksunopeus kehittyy tytöillä ja pojilla tasaisesti ja samansuuruisena ensimmäisen 10 vuoden aikana. Sen jälkeen pojat kehittyvät 15. ikävuoteen mennessä tyttöjä selvästi enemmän. Tämän jälkeen miehet ovatkin jatkuvasti naisia parempia maksimaalisessa juoksunopeudessa. Yleistä liikkumisnopeuden kehittymistä iän ja sukupuolen mukaan on kuvattu juoksemisen avulla (kuviot 2). Sukupuolten välinen ero nopeudessa selittyy miesten pidemmällä askelpituudella murrosiästä eteenpäin. Askelpituus alkaa lyheta 40. ikävuodesta eteenpäin, mutta askeltiheys säilyy varsin korkeana. Juoksunopeus muodostuu askelpituuden ja askeltiheyden tulosta. (Mero ym. 1997.)



KUVIO 2. Juoksunopeuden kehittyminen iän ja sukupuolen mukaan (Mero ym. 1997).

Aikuisiässä on saatu harjoittelulla positiivista vastetta juoksunopeuteen (Polhemus 1981, Gemar 1988). Painoharjoittelu kevyellä kuormalla (30% maksimista) ja suurella liikenopeudella oli tehokkain harjoittelumuoto parantamaan 30 metrin juoksunopeutta 19-27-vuotiailla miehillä (Wilson ym. 1993). Muita harjoittelumuotoja olivat perinteinen voimaharjoittelu (80-90% maksimista) ja plyometrinen harjoittelu. Fryn ym. (1991) tutkimuksessa 12 viikon voima ja plyometrinen harjoittelu ei aiheuttanut muutoksia juoksunopeuteen.

Iäkkäillä ihmisillä liikkumisnopeutta on testattu juoksun sijaan kävelynopeustestillä (Fiatarone ym. 1990, Basse ym. 1992, Fiatarone ym. 1994, Sipilä ym. 1996, Rantanen ja Avela 1997). Maksimaalisen kävelynopeuden ja alaraajojen ojennustehon välillä vallitsee positiivinen korrelaatio, sekä alaraajojen ojennustehon ja kävelynopeuden välillä on havaittu kynnyksarvot (Rantanen ja Avela 1997). Alimman kynnyksen eli minimitasen alapuolella olevilla on vaikeuksia selviytyä kävelystä ilman apuvälineitä. Ylimmän kynnyksen eli turvatason yläpuolella alaraajojen tehon lisäys ei lisää kävelynopeutta, mutta on turvamarginaalina. Voimaharjoittelun (18 viikkoa) on todettu parantavan kävelynopeutta 11.6% ja kestävyysharjoittelun 10.6% 76-78-vuotiailla naisilla (Sipilä ym. 1996). Samoin Fiataronen ym. (1994) tutkimuksessa 10 viikon intensiivisen voimaharjoittelun jälkeen kävelynopeus lisääntyi 72-98-vuotiailla miehillä ja naisilla.

3. ESTROGEENI JA MENOPAUSAALIVAIHE

Menopausi tarkoittaa varsinaisesti viimeistä, munasarjojen säätelemää kuukautisvuotoa. Vaihdevuosien aikana munasarjojen toiminta heikkenee vähitellen ja niiden toiminta lakkaa kokonaan noin viiden vuoden kuluessa. Kuukautiset jäävät pois yleensä 45-55 vuoden iässä, kun munasolut loppuvat. Sukupuolihormoneja tuottavat pääasiassa munarakkulasolut. Siksi suuri osa sukupuolihormonien tuotannosta lakkaa, kun munasarjoissa ei enää muodostu munarakkuloita. Samanaikaisesti kun sukupuolihormonien tuotanto vähenee, aivolisäkkeen lutenisoivan hormonin (LH) ja follikkeleita eli munarakkuloita stimuloivan hormonin (FSH) tuotanto lisääntyy voimakkaasti. Vaihdevuosien fyysiset muutokset johtuvat pääasiassa estrogeenin vähenemisestä. (Haug ym. 1995.)

Naisen täytettyä 40 vuotta hän menettää yleensä 6-8% luumassastaan jokaista seuraavaa kymmentä vuotta kohti. Luuston aineenvaihdunta muuttuu kaikilla naisilla menopausin jälkeen, mikä johtaa luukudoshukan lisääntymiseen. Luukadon syynä pidetään pääasiassa munasarjojen estrogeenituotannon loppumisesta johtuvaa luun resorption lisääntymistä. Sitä voidaan pitää normaalina vanhenemismuutoksena. Luumassa ei vähene tasaisesti luuston eri osissa, vaan luukatoa esiintyy erityisesti selkänikamissa ja pitkien luiden nivelpinnoissa. Estrogeenihoito voi estää osteoporoosin kehittymisen. (Haug ym. 1995.)

Tämän tutkimuksen osalta mielenkiinnon kohteena on ristiriitaiset tutkimustulokset naisten lihasvoiman muutoksista postmenopausaali-iässä. Phillipsin ym. (1993a) tutkimuksessa naisilla adductor pollicis-lihaksen poikkipinta-alaan suhteutettu maksimivoima heikkeni voimakkaasti menopausaali-iässä eli ikävälillä 53-68 vuotta miehiin verrattuna. Basseyn ym. (1996) tutkimuksessa kyseistä eroa miesten ja naisten lihasvoimien välillä ei havaittu eikä myöskään havaittu eroja lihasvoimissa naisilla, joilla oli säännölliset kuukautiset, kuukautiset loppuneet, epäsäännölliset kuukautiset tai estrogeenikorvaushoito.

Pienessä lihasryhmässä (adductor pollicis) huomattavaa voimatason heikkenemistä on voitu ehkäistä suun kautta annettavalla estrogeeni-lääkityksellä. Vaikutusmekanismi on vielä epäselvä, mutta luultavasti hormonaaliset tekijät vaikuttavat lihaksen poikkisiltojen supistumisherkkyyteen. (Phillips ym. 1993a ja 1993b.) Estrogeenikorvaushoidolla ei ole

havaittu olevan samaa positiivista vaikutusta alaraajojen isojen lihasryhmien voimaan (Taaffe ym. 1995).

4. HYPPELYHARJOITTELU

Hyppelyharjoittelusta käytetään kirjallisuudessa useita nimityksiä: plyometrinen harjoittelu, kimmoisuusharjoittelu, reaktiivinen neuromuskulaarinen harjoittelu, venymis-lyhenemisyklus harjoittelu tai eksentrisen harjoittelu (Weineck 1982, Wilk ym. 1993). Plyometrisella harjoittelulla tarkoitetaan sekä erilaisia hyppelytapoja että pudotus- ja rotkohyppelyitä vaihtelevilta pudotuskorkeuksilta (Viitasalo ym. 1985, McArdle ym. 1991). Sana "plyo" tulee kreikan kielen sanasta "plythein" tarkoittaen lisätä ja "metric" tarkoittaa mitata (Wilk 1993).

Plyometrinen määritellään nopeaksi, voimakkaaksi liikkeeksi, johon sisältyy lihaksen esivenytys ja sen seurauksena venymis-lyhenemisyklusun aktivoituminen. Plyometrisen harjoittelun tarkoitus on lisätä neuraalisten reseptoreiden ärtyvyyttä, jotta neuromuskulaarisen systeemin reaktiivisuus tehostuisi. (Wilk ym. 1993.) Käytännössä tämä tarkoittaa maksimaalista lihasvoiman tuottamista minimaalisessa ajassa (Häkkinen ym. 1985a, Häkkinen ym. 1985b). Plyometrisissä harjoitteissa lihasten supistustapa on pliometrinen. Sen avulla pyritään korkeaan lihasjännitykseen, jolloin lihaksen teho ja nopeus kehittyvät. Lihaksen muut supistustavat ovat miometrinen ja isometrinen. Tyypillisin tapa tuottaa voimaa on miometrinen eli konsentrisen, mutta sen harjoittamisella ei voida kehittää tehokkaasti teho- ja nopeusominaisuuksia. (Faulkner ym. 1994.)

4.1. Hyppelyharjoittelun fysiologinen tausta

Fysiologisesti plyometrisessä harjoittelussa käytetään hyväksi venytysrefleksiä, esihermotusta ja lihaksen elastista komponenttia. Aktiini- ja myosiinifilamenttien välisillä poikkisilloilla ja lihaksiston sidekudosrakenteilla on kyky varastoida itseensä elastista energiaa. Kun aktiivista lihasta nopeasti venytetään (eksentrisen supistus) ulkoisella voimalla, voidaan tämä elastinen energia luovuttaa lisävoimana, mikäli lihas supistuu (konsentrisen työ) uudelleen nopeasti hyvin lyhyellä viiveellä. Hyppääminen alas venyttää lihaksia, jotka myöhemmin tulevat toimimaan agonisteina. Lihasspindelin laukaisema venytysrefleksi johtaa muuten aktivoitumattomien lihassolujen aktivoitumiseen, jonka ansiosta venytystä seuraavassa supistuksessa voidaan tuottaa enemmän voimaa ja voimantuotto tapahtuu nopeammin. (Bosco 1982, Viitasalo ja Bosco 1982, Komi 1984, Wilk 1993.)

Esivenytyksen voimakkuutta ja nopeutta voidaan säädellä pudottautumalla eri korkeuksilta (esim. 10-100 cm) ja suorittamalla maakosketuksen jälkeen mahdollisimman nopeasti maksimaalinen hyppy ylöspäin. Pudotuskorkeuden lisääntyessä saavutetaan ns. kriittinen vaihe, jolloin venytysvoima kasvaa yli lihaksiston elastisten kudosten sietokyvyn ja esivenytystä ei voida hyödyntää konsentrisessa supistuksessa. Tällöin lihasten voimantuotto jopa laskee. Tämä johtuu lapsilla keskushermoston kehittymättömyydestä ja Golgin jänne-elimien ärsytyskynnyksen mataluudesta sekä ikääntyneillä suurten venytyskuormien toleranssin pienentymisestä (Bosco ja Komi 1980). Kovan venytyksen aiheuttama inhibitorinen hermostollinen vaikutus Golgin jänne-elimessä saattaa tällöin nousta niin voimakkaaksi, että se ylittää lihassukkuloiden fasilitoivan hermostollisen vaikutuksen. (Komi ja Bosco 1978, Bosco 1982, Komi 1984).

4.2. Hyppelyharjoittelun vaikutuksista

Hyppelyharjoittelun tekokuutta on yritetty selvittää useissa eri tutkimuksissa (Taulukko 1). Tutkimuksissa, joissa on verrattu hyppelyharjoittelun ja erilaisten voimaharjoitteluiden vaikutuksia, ei eri harjoitteluryhmien välille ole saatu tilastollisesti merkitseviä eroja suorituskykymittauksissa (Wilson ym. 1993, Gemar 1988, Komi ym. 1982, Blakey ja Southard 1978). Nuorilla tytöillä tehdyssä tutkimuksessa hyppelyharjoittelu lisäsi vertikaalihypyn korkeutta (DiBrezza 1988). Wilsonin ym. (1996) randomisoidussa kontrolloidussa tutkimuksessa hyppelyharjoittelu lisäsi merkitsevästi alaraajojen eksentristä voimantuottonopeutta, mutta tässäkin tutkimuksessa voima ja hyppelyryhmä eivät eronneet toisistaan esikevennetyissä vertikaalihypyssä. Samoin Heinosen ym. (1996) tutkimuksessa progressiivinen 18 kuukauden high-impact harjoittelu kehitti alaraajojen räjähtävää suorituskykyä merkitsevästi 35-45-vuotiailla naisilla.

Kontrolloimattomissa tutkimuksissa pudotushyppyharjoittelun on todettu tehostavan muuhun harjoitteluun liitetynä vertikaalisesti suuntautuvien hyppyjen korkeutta (Keohane 1977) sekä parantavan koordinaatiokykyä ja yläraajojen käyttöä ponnistuksessa (Brown 1986). Kontrolloimattomissa tutkimuksissa on esitetty myös vastakkainen näkemys; pudotushyppyharjoittelun (Clutchin ym. 1983) ja hyppelyharjoittelun (Kramer 1993, Bauer ym. 1990, Polhemus 1981) lisäys muuhun harjoitusohjelmaan ei tuo tilastollisesti

merkitsevää lisätehoa harjoitteluun. Samoin Holcombin ym. (1996) kontrolloidussa tutkimuksessa pudotushyppyharjoittelu ei eronnut muusta hyppelyharjoittelusta tai voimaharjoittelusta vertikaalihypyllä mitattuna.

Kontrolloiduissa tutkimuksissa kaikkiin harjoitteluryhmiin osallistuvat paransivat suorituskykymittausten tuloksia merkitsevästi, mutta harjoitteluryhmien välille ei saatu eroja (Blakey ja Southard 1978, Gemar ym. 1986, Masterson ja Brown 1993, Wilson ym. 1993, Stemm 1995, Holcomb ym. 1996).

TAULUKKO 1. Eri hyppelytutkimusten yhteenveto.

Tutkija	Ryhmät (n)	Harjoitteiden kesto ja kerta/vko	Koehenkilöt (n)	Mittarit	Tutkimustulokset
Keohane 1977	1. normaali harjoittelu 13 2. ed. + pudotushyppy 14	6 viikkoa 2-3 krt/vko	taitoluistelijat: 27	vertikaalihyppy	ryhmä 2 paransi 5.8 cm luisteluhyppyjen korkeutta
Blakey ja Southard 1978	1. hyppy 2. voima 3. kontrolli	8 viikkoa	yliopisto-opiskelijat: 31	dynaaminen alaraajojen voima, Margarian anaerobinen testi	harjoitteluryhmien välillä ei eroja
Polhemus 1981	1. voima, hölkkä, venyttely 28 2. ed. + hyppy 29 3. harj. 1 + hyppy lisäpainoin 39	6 viikkoa	jalkapalloilijat: 96 yliopisto-opiskelijaa	vertikaalihyppy, vauhditon pituushyppy, 40m juoksu	ryhmien välillä ei eroja
Komi ym. 1982	1. hyppely 8 2. voima 10	16 viikkoa 3 krt/vko	liikunnan-opiskelijat: 18	isometrinen voima, vertikaalihyppy, juoksunopeus	ryhmien välillä ei eroa
Clutch ym. 1983	1. lentopalloilijoiden harjoitteet 8 2. ed. + pudotushyppy 8	16 viikkoa 2 krt/vko	lentopalloilijat: 16	vertikaalihyppy	ryhmien välillä ei eroja
Brown 1986	1. voima/hyppely 13 2. ed. + pudotushyppy 13	12 viikkoa 2-3 kertaa viikossa	koripalloilijat: 26 lukiolaista	vertikaalihyppy	yläraajojen käyttö tehostui, koordinaatio-kyky parani
Gemar 1986	1. voima 12 2. hyppy 12 3. kontrolli 12	8 viikkoa 2 krt/vko hyppy, 3 krt/vko voima	36	vertikaalihyppy, vauhditon pituushyppy, 40 m juoksu	harjoitteluryhmien välillä ei eroja
DiBrezza 1988	1. venyttely, kävely/hölkä, naruhyppely, laatikkohyppely	5 viikkoa	14 - 15 vuotiaat koripalloilijatytöt: 8	vertikaalihyppy, vauhditon pituushyppy, isokineettinen polven ojennus ja koukistus	vertikaalihyppy korkeus parani 0.9 tuumaa

TAULUKKO 1. ...jatkuu

Tutkija	Ryhmät (n)	Harjoitteiden kesto ja krt/vko	Koehenkilöt	Mittarit	Tutkimustulokset
Bauer ym. 1990	1. vapaat painot 8 2. vesivoimistelu 8 3. hyppely 8 4. vesivoimistelu + hyppely 6 5. vapaat painot + hyppely 7	10 viikkoa 3 krt/vko	liikunnanopiskelijat: 22 miestä 15 naista	vertikaalihyppy, isokineettinen teho, kehon rasva%	ryhmien välillä ei eroja
Kramer ym. 1993	1. Voima, soutu-ergometri 11 2: ed. + hyppy 13	9 viikkoa 3 krt/vko voima ja hyppy 4 krt/vko suotu	Soutajat: 24 naista	2500 m soutu, 90s matkasoutu, maksimi ja kestävyys testit sekä penkkipunnersuksessa että jalkaprässissä	ryhmien välillä ei eroja
Masterson ja Brown 1993	1. naruhyppy 12 2. vertikaalihyppy 12 3. kontrolli 12	10 viikkoa 3 krt/vko	yliopisto-opiskelijat: 36	50m juoksu, Sargentin hyppy, Wingaten ergometritesti, penkkipunnersus, jalkaprässi	naruhyppely vaihtoehto perinteiselle plyometriselle harjoittelulle
Wilson ym. 1993	1. maksimivoima 15 2. hyppy 13 3. pikavoima 13 4. kontrolli 14	10 viikkoa	55 miestä	vertikaalihyppy, isokineettinen jalkojen ojennus, 6-sek polkupyörä, 30m juoksu	harjoittelu-ryhmien välillä ei eroja
Stemm 1995	1. hyppy vedessä 7 2. hyppy maalla 8 3. kontrolli 9	6 viikkoa 2 krt/vko	harjoittelmattomat yliopisto-opiskelijat: 24 miestä	vertikaalihyppy	harjoittelu-ryhmien välillä ei eroja
Holcomb ym. 1996	1. rotkohyppely 10 2. esikevennetty vertikaalihyppy 10 3. voima 12 4. pudotushyppy 10 5. kontrolli 9	8 viikkoa 3krt/vko	yliopisto-opiskelijat: 51 miestä	vertikaalihyppy	harjoittelu-ryhmien välillä ei eroja
Wilson ym. 1996	1. hyppy 14 2. voima 14 3. kontrolli 13	8 viikkoa	41 harjoitellutta miestä	vertikaalihyppy, voimatestit	hyppelyharjoittelu lisäsi merkittävästi alaraajojen eksentristä voimantuotonopeutta

Hyppelyharjoittelua on tutkittu vähän ikääntyvillä. Ilmeisesti ikääntyvien hyppelyharjoittelun tutkimattomuuden syynä on plyometrinen harjoitteiden aiheuttama suuri vammautumisriski. Urheilijoiden hyppelyharjoitteissa reaktivoimat törmäysvaiheessa saattavat nousta seitsemästä kymmeneen kertaan yli kehon painon (McArdle ym. 1991). Heinosen ym. (1996) tutkimuksessa naisilla hyppykorkeuden ollessa 10-25 cm vaihtelivat reaktivoimat 2.1-5.6 kertaa kehon paino. Kuitenkin hyppelyharjoittelu vedessä on todettu turvalliseksi harjoittelumuodoksi ja yhtä tehokkaaksi kuin maalla tehty hyppelyharjoittelu (Stemm 1995).

Hyppelyharjoittelun toteuttajalla olisi hyvä olla riittävä voimataso. Plyometrinen harjoittelun kehittelijän, venäläisen valmentajan Yuri Veroshanskin mielestä hyppelyharjoitteiden käyttö olisi suotavaa vasta kun henkilö pystyy nostamaan syväkyökystä 1½-2 kertaa oman painonsa. Veroshanskin mielipiteen syynä on vammautumisriskin välttäminen ja plyometrisestä harjoittelusta saatava hyöty. (Radcliffe 1985.) Aloittelevilla painonnostajilla suoritettussa tutkimuksessa (Viitasalo ym. 1985) havaittiin, että hyppykorkeus lisääntyi harjoituskaudella saman verran paikalta suoritettuja maksimihyppyjä käyttäneillä sekä eri korkeuksilta pudotushyppyjä käyttäneellä ryhmällä. Vähän harjoitelleet henkilöt eivät näin ollen saaneet lisähyötyä pudotushyppelyharjoitteista. Syynä tähän pidetään elastisen komponentin ja hermostollisten tekijöiden kehittymättömyyttä (Bosco ja Komi 1980). Samoin Häkkisen tutkimuksessa (1993) maksimivoiman muutos heijastui vertikaalihypyn korkeuteen.

Hyppytekniikka on erittäin oleellinen harjoitusvaikutusten kannalta, koska hyppäjien suoritustekniikka vaikuttaa venymis-lyhenemissykluksen aktivointiin ja hyppelyharjoittelusta saatavaan harjoitusvaikutukseen. Päkiälle alastulo mahdollistaa akillesjänteen venyttymisen ennen uuteen hyppyyn lähtöä koko jalkapohjalla. Koko jalkapohjalle alastulossa ei hyödynnetä pohjelihaksiston esiaktivoitumista. (Radcliffe 1995.) Bobbertin (1987) tutkimuksessa pudotushyppy, jossa ponnistetaan ylös heti maakosketuksen jälkeen lisää alaraajojen tehoa. Jos maakosketuksen jälkeen ennen ylösponnistusta koukistetaan polvia niin, että reidet ovat vaakatasossa alustaan nähden, lisätään alaraajojen lihaksiston koordinaatiokykyä. Aloittelijoille koko jalkapohja tekniikka sopii paremmin vammautumisriskin välttämiseksi (Bobbert 1990). Kun voima, teho ja koordinaatiokyky lisääntyvät voidaan siirtyä yhden jalan harjoitteisiin (Radcliffe 1995).

5. TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA ONGELMAT

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli selvittää vuoden kestävä hyppelyharjoittelun ja estrogeenikorvaushoidon vaikutusta alaraajojen ojennustehoon ja juoksunopeuteen postmenopausaalisilla naisilla. Tutkimuksessa tarkasteltiin erikseen seuraavia ongelmia:

Onko hyppelyharjoittelulla vaikutusta alaraajojen ojennustehoon?

Onko estrogeenikorvaushoidolla vaikutusta alaraajojen ojennustehoon?

Onko hyppelyharjoittelulla ja estrogeenikorvaushoidolla yhteisvaikutusta alaraajojen ojennustehoon?

Onko hyppelyharjoittelulla vaikutusta maksimaaliseen juoksunopeuteen?

Onko estrogeenikorvaushoidolla vaikutusta maksimaaliseen juoksunopeuteen?

Onko hyppelyharjoittelulla ja estrogeenikorvaushoidolla yhteisvaikutusta maksimaaliseen juoksunopeuteen?

Ovatko alaraajojen ojennustehon muutokset yhteydessä juoksunopeuden muutoksiin?

6. TUTKIMUKSEN SUORITTAMINEN

6.1. Aineiston kokoaminen

Tutkimuksen aineisto kerättiin pääasiassa satunnaisotannalla väestörekisteristä (1200 henkilöä) iän perusteella sekä lisäksi vapaaehtoisista lehti-ilmoituksen ja työpaikoille jaetun tiedonannon perusteella. Mukaanottokriteerit selvitettiin ensin kyselylomakkeen avulla, jossa kysyttiin aikaisempi hormonien käyttö (edellisestä käytöstä yli vuosi), kuukautisten poisjääntiajankohta (1-5 vuotta menopausaalivaihetta), terveydentila (ei sydän ja tule-sairauksia) ja BMI (<32). Kyselylomakkeen tietojen perusteella 100 koehenkilöä kutsuttiin tarkempiin laboratoriotutkimuksiin FS-hormonitason määrittämiseksi. Verikokeiden ja kliinisten tutkimusten jälkeen koehenkilömääräksi muodostui 80 henkeä.

6.2. Tutkimusasetelma ja koehenkilöt

Tämän tutkimuksen koehenkilöt satunnaistettiin neljään 20 henkilön ryhmään: liikunta (ryhmä 1), estrogeeni (ryhmä 2), liikunta-estrogeeni (ryhmä 3) ja kontrolli (ryhmä 4). Tutkimus oli kaksoissokkotutkimus estrogeenin suhteen. Kaikki koehenkilöt söivät tutkimuksen ajan pillereitä, jotka todettiin tutkimuksen loputtua koodien perusteella joko estrogeeniksi (estradioli 2 mg, noretisteroni 1mg p.o./päivä, Kliogest, Novo Nordisk) tai plaseboksi.

Ensimmäisen puolen vuoden aikana ryhmästä 1 keskeytti kolme koehenkilöä paikkakunnan vaihdon, harjoittelun raskauden tai vatsavaivojen vuoksi. Yksi keskeytti pillereistä saamiensa sivuoireiden vuoksi. Ryhmästä 2 kaksi henkilöä keskeytti pillereistä saatujen sivuoireiden vuoksi. Ryhmästä 3 kaksi keskeytti terveydellisistä syistä, yksi työkiireiden takia ja yksi halusi vain jäädä pois tutkimuksesta. Ryhmästä 4 keskeytti yksi terveydellisistä syistä ja yksi paikkakunnan vaihdoksen vuoksi. Toisen puolen vuoden aikana ryhmästä 1 keskeytti yksi maasta muuton vuoksi ja yksi polvivaivojen takia. Ryhmästä 3 yksi keskeytti työkiireiden vuoksi ja ryhmästä 4 yksi kohdun poiston ja hormonihoidon takia. Yhtä henkilöä ei enää tavoitettu kirjeitse eikä puhelimitse.

Tutkimuksen loputtua kävi ilmi, että ryhmistä 2, 3 ja 4 yhdet koehenkilöt kustakin ryhmästä eivät olleet syöneet pillereitä lainkaan. Heidän tuloksiaan käytettiin vain alkumittausten osalta. Lisäksi ryhmistä 2 ja 3 olivat yhdet koehenkilöt jättäneet syömättä pillerit toisen puolen vuoden ajalta. Heidän tuloksiaan tarkasteltiin myös vain alkumittausten osalta. Ryhmästä 1 yhden koehenkilön mittaustuloksia ei voitu käyttää, koska hän ei osallistunut ohjattuun harjoitteluun eikä toteuttanut kotiharjoitusohjelmaa. Ryhmästä 3 hylättiin neljän koehenkilön tulokset edellä mainitusta syystä.

Lopullinen koehenkilömäärä muodostui niistä henkilöistä, jotka osallistuivat kaikkiin kolmeen mittaukseen ja täyttivät tutkimuksen kriteerit. Ryhmittäin koehenkilömäärät olivat seuraavat: liikunta (ryhmä 1, n = 12), estrogeeni (ryhmä 2, n = 16), liikunta-estrogeeni (ryhmä 3, n = 10) ja kontrolli (ryhmä 4, n = 15).

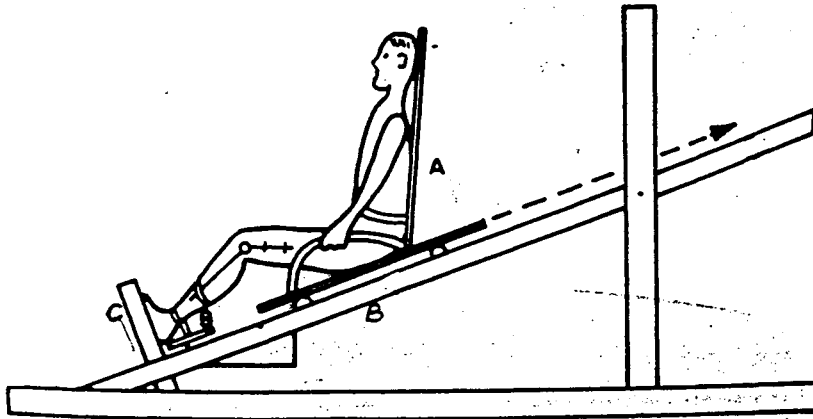
6.3 Tutkimuksen mittausmenetelmät

Alaraajojen ojentajalihasten tehoa mitattiin kelkkahypyillä (Kaneko ym. 1984, Rantanen ja Avela 1996) ja esikevennetyllä vertikaalihypyillä (Komi ja Bosco 1978, Bosco ym. 1983). Kelkkahyppy mittaa alaraajojen ojentajalihasten konsentrista voimantuottoa. Kelkkalaitteisto on kehitetty Jyväskylän yliopistossa liikuntabiologian laitoksella (Kaneko ym. 1984). Kelkkalaitteisto (kuva 1) koostui 1) 33 kg painavasta "kelkasta", jossa koehenkilö istuu turvavöillä kiinnitettynä, 2) matala-kitkaisesta alumiinikiskoista (kiskojen kulma 14,8 horisontaalitasoon nähden), jonka päällä kelkka kulkee, 3) voimalevystä, joka oli suorassa kulmassa kiskoihin nähden. Koehenkilö ponnisti voimalevyltä molemmilla alaraajoilla yhtäaikaaisesti 90 polvikulmasta. Jalkojen leveyden ja korkeuden voimalevyllä koehenkilö määrittelee itse alkumittauksissa. Ponnistus tapahtui "valmiina" ja "nyt" komentojen jälkeen. Alastulovaiheessa avaustaja jarrutti kelkan liikettä, jotta törmäysvoimat eivät kasvaisi liian suuriksi. Kelkkahyppyjä suoritettiin kolme kertaa minuutin palautuksella. Voimalevyltä ja kelkan liikkeestä tiedot tallentuivat CODAS-ohjelmalle, josta hyppykäyrät analysoitiin myöhemmin KELKKA-tietokoneohjelmalla. Alaraajojen ojennusteho (P) laskettiin seuraavasti: $P = W \times t^1$, jossa W on työmäärä. W on $F(x)$:n integraali välillä p_1 ja p_2

eli

$$W = \int_{p_2}^{p_1} F(x) dx$$

jossa F oli voima, x oli kelkan siirtymä, p_1 oli ponnistuksen aloitus ja p_2 oli ponnitusvaiheen loppu, jolloin jalat irtosivat voimantuottolevyltä.



KUVA 1. Kelkkalaitteisto: A) kelkka, B) alumiininen liuku rata ja C) voimalevy.

Esikevennetty vertikaalihyppy mittaa alaraajojen ojentajalihasten supistuvien osien lisäksi myös elastisten osien toimintaa. Mittaus tapahtui kontaktimatolla, johon kiinnitetty kellolaitteisto mittasi hyppääjän ilmassaoloajan. Hyppy aloitettiin seisoma-asennosta, josta koehenkilö omasta lähdöstä koukisti polviaan eli kevensi 90 asteen polvikulmaan ja ponnisti välittömästi ylöspäin selkä suorana. Alastulo tapahtui päkiöille. Koko testin ajan kädet pysyivät lanteilla. Suoritustekniikka kontrolloitiin silmämääräisesti. Hyppyjä suoritettiin kolme kertaa puolen minuutin välein. Tulos ilmoitettiin painopisteen nousukorkeutena ja tehona. Painopisteen nousukorkeus laskettiin kaavasta $h = (g \times t^2):8$, jossa h = painopisteen nousukorkeus, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ (maan vetovoiman aiheuttama kiihtyvyys) ja t = mitattu lentoaika. Teho laskettiin kaavasta $P = 21,2 \times \text{hyppykorkeus(cm)} + 23,0 \times \text{paino(kg)} - 1393$ (Harman ym. 1995).

20 metrin juoksunopeus lentävällä lähdöllä on maksiminopeustesti, joka mittaa testattavan etenemisnopeutta (m/s). Juoksu tapahtui Hipposhallissa tartan-pinnoitteisella alustalla valoporttien läpi, joihin oli kytketty sähköinen ajanottolaitteisto. Juoksuaika mitattiin 20

metrin matkalta. Lähtö tapahtui 10 metrin lentävällä lähdöllä, jolloin nopeus oli lähellä maksimia ennen ensimmäistä valoporttia.

6.4. Harjoitusinterventio

Harjoitusinterventio muodostui modulista, joka sisälsi kahdeksan viikon ohjatun hyppely ja kuntosalikiertoharjoittelun sekä kahden viikon high-impact aerobicin. Harjoitusprogressio nousi aina modulin päätyttyä. Ensimmäisen puolen vuoden aikana modulia toistettiin kaksi kertaa. Toisen puolen vuoden aika rytmitys oli epäsäännöllinen, koska kesällä pidettiin viiden viikon tauko ohjatuissa harjoituksissa. Kyseisenä ajanjaksona koehenkilöille annettiin itsetoteutettavaksi kesäharjoitusohjelma (liite 1). Harjoittelun kulku, sisältö ja progressio on esitetty tarkemmin taulukoissa 2 ja 3.

Kullakin harjoituskerralla koehenkilöt valitsivat itse viidestä kuntosaliharjoitteesta aluksi kolme ja myöhemmin neljä liikettä kierrosten lukumäärän mukaan. Tehdyt liikkeet he merkitsivät harjoituspäiväkirjaan. Hyppelyharjoitteet toteutettiin kokojalkapohja -tekniikalla. Pudotushypyssä vain pudottauduttiin maahan eikä tehty maakosketuksen jälkeistä ponnistusta ylös. Koehenkilöiden oli määrä osallistua kaksi kertaa viikossa ohjattuun harjoitteluun ja aerobicviikoilla kaksi kertaa aerobicikiin sekä toteuttaa koko tutkimuksen ajan neljä kertaa viikossa itsenäisesti kotiharjoitusohjelma annetun ohjeen mukaisesti (liite 2). Kukin koehenkilö keskeytti harjoittelun kolmea päivää ennen lihasten suorituskykymittauksia.

TAULUKKO 2. Ensimmäisen puolen vuoden harjoitteluintervention kulku, sisältö ja progressio

ohjattu kiertoharjoittelu 3 kierrosta 9 viikkoa	aerobic 2 viikkoa	ohjattu kieroharjoittelu 3 kierrosta 8 viikkoa	aerobic 2 viikkoa	ohjattu kieroharjoittelu 3 kierrosta 4viikkoa
HYPYT hyppynaru: 30s, aitahyppy: 3x5x13cm, pudotushyppy: 15x10cm KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> pystypunnerrus peck deck soutu ylätalja taakse hauisvääntö <i>kuormitus:</i> 60% 1RM:sta	10 min alkuverryttely, 20 min hyppy, 20 min lihaskunto, 10 min loppuverryttely	HYPYT yhden jalan hyppy paikalla 10 krt/jalka, naruhyppy: 30s, aitahyppy: 3x5x16cm, pudotushyppy: 15x15cm KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> kuten edellä <i>kuormitus:</i> 70% 1RM:sta	kuten edellä	HYPYT jännehyyppy: 10 krt, yhden jalan hyp py edestakaisin narun yli 10 krt/jalka, aitahyppy: 3x5x19cm, pudotushyppy: 15x20cm KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> kuten edellä <i>kuormitus:</i> 80% 1RM:sta

TAULUKKO 3. Toisen puolen vuoden harjoitteluintervention kulku, sisältö ja progressio.

ohjattu kiertoharjoittelu yhteensä 7 viikkoa: 3 kierrosta 4 viikkoa, 4 kierrosta 3 viikkoa	itsetoteutettu kesäharjoitus- ohjelma (kts liite)	ohjattu kiertoharjoittelu 4 kierrosta 4 viikkoa	aerobic 2 viikkoa	ohjattu kiertoharjoittelu 4 kierrosta 8 viikkoa	ohjattu kiertoharjoittelu 4 kierrosta 4 viikkoa
HYPYT kuten edellä KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> kuten edellä <i>kuormitus:</i> kuten edellä		HYPYT kuten edellä KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> kuten edellä <i>kuormitus:</i> 1RM mittaus, josta 80%	kuten edellä	HYPYT jännehyyppy: 10 krt yhden jalan hyppy paikalla 10 krt/jalka, aitahyppy: 3x5x25cm, pudotushyppy: 15x25cm KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> kuten edellä <i>kuormitus:</i> kuten edellä	HYPYT kuten edellä KUNTOSALI <i>liikkeet:</i> kuten edellä <i>kuormitus:</i> kuten edellä

6.5. Tilastolliset menetelmät

Tulosten tilastollinen analysointi tapahtui SPSS for Windows ohjelmalla.

Harjoittelumäärien vertailut kahden ryhmän välillä tehtiin riippumattomien otosten t-testillä. Ryhmien väliset erot alkumittauksissa selvitettiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA).

Harjoittelun ja estrogeenikorvaushoidon aiheuttamaa muutosta ajassa ja ryhmien välillä sekä yhdysvaikutusta tarkasteltiin toistettujen mittausten MANOVA-menetelmällä aikaväleillä alkumittauksista välimittauksiin ja välimittauksista loppumittauksiin. Tarkasteluissa ryhmien keskiarvot muodostuivat kunkin koehenkilön parhaasta tuloksesta.

Painopisteen nousukorkeuden muutosprosentin ja juoksunopeuden muutosprosentin välistä yhteyttä tarkasteltiin Pearsonin tulomomenttikorrelaation avulla. Tässä tutkimuksessa tulos todettiin tilastollisesti merkitseväksi, kun $p < 0.05$.

7. TULOKSET

Eri tutkimusryhmien iän ja antropometrinen muuttujien (paino, pituus, BMI) keskiarvot ja hajonnat on esitetty taulukossa 4. Alkumittauksissa ryhmät eivät eronneet toisistaan painon, pituuden ja BMI:n suhteen.

TAULUKKO 4. Ryhmien iän ja antropometrinen muuttujien keskiarvot ja hajonnat alku-, väli- (6kk) ja loppumittauksissa (12kk) sekä merkitsevyydet (p) koko tutkimusmallille ja puolivuositain.

	liikunta (ryhmä 1)	estrogeeni (ryhmä 2)	liikunta/ estrogeeni (ryhmä 3)	kontrolli (ryhmä 4)	MANOVA (p)		
	n = 12	n = 16	n = 10	n = 15	IA d12 d23	ryhmä	aika d12 d23
ikä	53.4 (1.9)	53.3 (2.0)	53.3 (2.0)	53.3 (1.9)			
paino: alku	67.2 (10.2)	69.9 (10.4)	64.0 (6.9)	68.3 (11.7)	0.531	0.830	0.489
6 kk	67.4 (10.4)	69.5 (9.4)	63.5 (5.9)	67.9 (9.4)	0.909		0.476
12 kk	68.2 (11.0)	69.3 (9.1)	64.1 (6.9)	67.8 (9.3)	0.490		0.402
pituus: alku	164.8 (4.3)	160.3 (6.7)	160.9 (6.3)	163.4 (5.3)	0.421	0.149	< 0.001
6 kk	164.5 (4.3)	159.8 (6.5)	160.8 (6.2)	163.1 (5.1)	0.188		< 0.001
12 kk	164.7 (4.3)	160.0 (6.8)	160.8 (6.4)	163.2 (5.2)	0.920		0.079
BMI: alku	24.7 (3.4)	27.1 (2.9)	24.8 (3.4)	25.5 (3.4)	0.780	0.180	0.909
6 kk	24.9 (3.7)	27.2 (2.8)	24.6 (2.8)	25.5 (3.0)	0.843		0.926
12 kk	25.1 (3.8)	27.0 (2.9)	24.8 (3.1)	25.4 (2.7)	0.528		0.661

IA = yhdysvaikutus koko tutkimukselle; IA d12 on yhdysvaikutus aikavälille alkumittauksista välimittauksiin ja IA d23 on yhdysvaikutus aikavälille välimittauksista loppumittauksiin; aika d12 tarkoittaa muutosta aikavälillä alkumittauksista välimittauksiin ja aika d23 tarkoittaa muutosta aikavälillä välimittauksista loppumittauksiin.

Tutkimusryhmien omaehtoisen liikuntaharrastuksen määrät ennen tutkimusta (kahdeksan viikon seuranta) ja tutkimuksen ajalta puolivuositain on esitetty taulukossa 5. Kohdan “muu” ja “jumppa” tarkempi sisältö on esitetty liitteessä 3. Ennen tutkimusta kartoitettu oman liikunnan määrä osoitti, että estrogeeniryhmä harrasti kävelyä tilastollisesti merkitsevästi vähemmän kuin liikunta- ja liikunta-estrogeeniryhmät ($p < 0.05$). Muiden liikuntamuotojen osalta ryhmien välillä ei ollut eroja ennen tutkimusta. Tutkimuksen kuluessa kaikilla ryhmillä havaittiin samansuuntainen muutos; omaehtoisen kävelyn osuus lisääntyi ensimmäisen puolen vuoden aikana ($p = 0.027$), mutta vähentyi määrällisesti alkutilanteen alapuolelle toisen puolen vuoden aikana ($p < 0.001$). Muun liikunnan ja omaehtoisen jumpan osalta ei havaittu muutoksia tutkimuksen aikana.

TAULUKKO 5. Tutkimusryhmien omaehtoisen liikuntaharrastuksen määrien keskiarvot ja hajonnat tunteina/vko ennen tutkimusta, ensimmäisen puolen vuoden aikana (6 kk) ja toisen puolen vuoden aikana (12 kk).

	Liikunta (ryhmä 1)			Estrogeeni (ryhmä2)			Liikunta/estrogeeni (ryhmä 3)			Kontrolli (ryhmä 4)		
	käv.	muu	jumppa	käv.	muu	jumppa	käv.	muu	jumppa	käv.	muu	jumppa
ennen	2.05 (0.96)	1.06 (1.21)	0.89 (0.65)	1.24 (0.62)	0.81 (0.68)	0.84 (1.13)	2.62 (1.29)	1.52 (1.23)	1.57 (0.93)	1.67 (1.41)	1.26 (1.21)	0.59 (0.31)
6kk	2.23 (1.38)	0.91 (0.71)	0.47 (0.40)	1.94 (1.09)	1.11 (2.09)	0.68 (0.71)	2.95 (1.12)	1.67 (2.04)	1.05 (1.27)	2.19 (1.90)	0.96 (0.87)	0.40 (0.26)
12kk	1.25 (1.27)	1.43 (0.94)	0.39 (0.32)	1.02 (0.74)	1.33 (1.58)	0.59 (0.33)	2.21 (1.83)	2.06 (1.62)	2.19 (0.00)	1.37 (1.41)	1.19 (0.96)	0.31 (0.21)

Liikunta- ja liikunta-estrogeeniryhmien osallistuminen tutkimuksen eri harjoittelumuotoihin on esitetty taulukossa 6. Liikunta-estrogeeniryhmä (ryhmä 3) harjoitteli ohjatusti enemmän kuin liikuntaryhmä (ryhmä 1) sekä ensimmäisen puolen vuoden aikana ($p = 0.010$) että toisen puolen vuoden aikana ($p = 0.047$). Koti- ja kokonaisharjoittelun osallistumismäärissä ei ollut ryhmien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja. Ensimmäisen puolen vuoden aikana liikuntaryhmästä kolme ja liikunta-estrogeeniryhmästä kaksi koehenkilöä eivät tehneet lainkaan kotiharjoitusohjelmaa. Toisen puolen vuoden aikana molemmista ryhmistä yhdet koehenkilöt löivät laimin kotiharjoittelun.

TAULUKKO 6. Liikunta- ja liikunta-estrogeeniryhmien kotiharjoittelun, ohjatun harjoittelun ja kokonaisharjoittelun osallistumismäärien keskiarvot, hajonnat ja merkitsevyydet.

	liikunta (ryhmä 1) n = 12	liikunta-estrogeeni (ryhmä 3) n = 10	merkitsevyys (p)
ohjattu harjoittelu, 6 kk	23.5 ± 7.3	30.8 ± 3.9	0.010
ohjattu harjoittelu, 12 kk	23.8 ± 8.0	31.4 ± 8.6	0.047
kotiharjoittelu, 6kk	45.5 ± 22.5	44.2 ± 31.9	0.915
kotiharjoittelu, 12 kk	34.6 ± 24.2	57.4 ± 40.4	0.143
kokonaisharjoittelu, 6 kk (ohjattu + kotiharjoittelu)	70.0 ± 27.3	75.9 ± 32.2	0.663
kokonaisharjoittelu, 12 kk (ohjattu + kotiharjoittelu)	59.5 ± 29.0	91.5 ± 40.6	0.061

6 kk tarkoittaa ensimmäisen puolen vuoden harjoittelua ja 12 kk toisen puolen vuoden harjoittelua.

Alkumittauksissa tutkimusryhmät eivät eronneet tilastollisesti merkitsevästi toisistaan missään suorituskykytestissä. Suorituskykymittausten tulokset on esitetty taulukoissa 7, 8 ja 9. Taulukossa 7 on esitetty kelkkahypyn tulokset poikkeuksellisesti vain ensimmäisen puolen vuoden osalta. Loppumittauksien tulokset on jätetty pois, koska mittalaitteisto muuttui hieman loppumittauksissa.

Kelkkahypyn maksimitehossa (P) ainoa tilastollisesti merkitsevä muutos tapahtui ajassa välillä alkumittauksista välimittauksiin. Kaikki ryhmät paransivat tehotulostaan välimittauksissa.

Kelkkahypyn maksimitehon voima (F) komponenteissa havaittiin myös tilastollinen muutos ajassa ($p = 0.002$) ensimmäisen puolen vuoden aikana. Kelkkahypyn maksimitehon toisessa komponentissa, työmäärässä (W), ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia ensimmäisen puolen vuoden aikana.

TAULUKKO 7. Kelkkahypyn tehon (P), voiman (F) ja työn (W) tulokset alku- ja välimittauksissa (6kk) sekä merkitsevyydet (p) ja tutkimusryhmien koot (n).

	liikunta (ryhmä 1) n = 15	estrogeeni (ryhmä 2) n = 17	liikunta/ estrogeeni (ryhmä 3) n = 12	kontrolli (ryhmä 4) n = 16	MANOVA (p)		
					IA	ryhmä	aika
TEHO (Watti)							
alku	957 (157)	937 (188)	942 (217)	958 (196)	0.970	0.981	< 0.001
6kk	1075 (190)	1052 (199)	1043 (201)	1053 (168)			
VOIMA (Newton)							
alku	917 (93)	915 (155)	896 (117)	927 (124)	0.689	0.945	0.002
6kk	924 (107)	930 (136)	894 (97)	905 (104)			
TYÖ (Joule)							
alku	210 (30)	202 (33)	210 (35)	206 (35)	0.286	0.931	0.953
6kk	218 (32)	219 (40)	222 (37)	213 (40)			

IA = yhdysvaikutus.

Esikevennetyn vertikaalihypyn painopisteen nousukorkeudessa ilmeni yhdysvaikutusta; muutos tapahtui sekä ajassa että ryhmien välillä ensimmäisen puolen vuoden aikana (taulukko 8). Muut ryhmät erosivat kontrolliryhmästä ja lisäksi liikunta-estrogeeniryhmä paransi tulostaan tilastollisesti merkitsevästi ($p = 0.026$) liikuntaryhmään nähden. Toisen puolen vuoden aikana ei havaittu tilastollisesti merkitseviä muutoksia. Kun samaa mittaria tarkasteltiin tehona (P) poistuivat ryhmien väliltä tilastollisesti merkitsevät erot sekä ajassa tapahtuvat muutokset molemmilta mittausväleiltä (taulukko 8).

TAULUKKO 8. Esikevennetyn vertikaalihypyn painopisteen nousukorkeuden (cm) ja tehon (P) keskiarvot ja hajonnat alku-, väli (6kk) ja loppumittauksissa (12kk) sekä merkitsevyydet (p) koko tutkimusmallille ja puolivuositain sekä tutkimusryhmien koot (n).

	liikunta (ryhmä 1) n = 12	estrogeeni (ryhmä 2) n = 16	liikunta/ estrogeeni (ryhmä 3) n = 10	kontrolli (ryhmä 4) n = 14	MANOVA (p)		
					IA	ryhmä	aika
					d12	d12	d23
KORKEUS (cm)							
alku	16.6 (2.5)	15.1 (2.7)	16.3 (3.0)	16.4 (3.5)	0.009	0.205	0.002
6kk	17.4 (3.5)	16.4 (2.7)	19.0 (3.8)	15.6 (3.1)	0.001	< 0.001	1-4 0.034 2-4 0.003 3-4 0.000 1-3 0.026
12kk	17.6 (3.0)	16.1 (3.1)	18.9 (4.3)	15.6 (3.2)	0.955	0.770	
TEHO (P, Watti)							
alku	505 (237)	533 (233)	426 (120)	524 (239)	0.218	0.775	2.272
6kk	527 (240)	552 (203)	468 (116)	501 (212)	0.138	0.146	
12kk	547 (235)	541 (191)	484 (149)	497 (190)	0.460	0.538	

IA = yhdysvaikutus koko tutkimukselle; IA d12 on yhdysvaikutus aikavälille alkumittauksista välimittauksiin ja IA d23 on yhdysvaikutus aikavälille välimittauksista loppumittauksiin; aika d12 tarkoittaa muutosta aikavälillä alkumittauksista välimittauksiin ja aika d23 tarkoittaa muutosta aikavälillä välimittauksista loppumittauksiin.

Juoksunopeuden osalta tutkimuksessa havaittiin myös yhdysvaikutusta. Ensimmäisen puolen vuoden aikana kaikilla ryhmillä juoksunopeus lisääntyi, mutta ryhmien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja ei ollut. Toisen puolen vuoden jälkeen muut ryhmät paransivat edelleen tulostaan ja erosivat tilastollisesti merkitsevästi kontrolliryhmästä (taulukko 9).

TAULUKKO 9. Juoksunopeuden (m/s) keskiarvot ja hajonnat alku-, väli (6kk) ja loppumittauksissa (12kk) sekä merkitsevyydet (p) koko tutkimusmallille ja puolivuositain sekä tutkimusryhmien koot (n).

	liikunta (ryhmä 1)	estrogeeni (ryhmä 2)	liikunta/ estrogeeni (ryhmä 3)	kontrolli (ryhmä 4)	MANOVA (p)		
	n = 12	n = 16	n = 10	n = 14	IA d12 d23	ryhmä d12 d23	aika d12 d23
JUOKSUNOPEUS (m/s)							
alku	4.94 (0.51)	4.86 (0.60)	5.00 (0.36)	4.83 (0.49)	0.010	0.345	<0.001
6kk	5.12 (0.53)	5.05 (0.56)	5.35 (0.40)	4.97 (0.48)	0.160		<0.001
12kk	5.15 (0.51)	5.07 (0.60)	5.40 (0.45)	4.85 (0.48)	0.008	0.813	1-4 0.010 2-4 0.005 3-4 0.005

IA = yhdysvaikutus koko tutkimukselle; IA d12 on yhdysvaikutus aikavälille alkumittauksista välimittauksiin ja IA d23 on yhdysvaikutus aikavälille välimittauksista loppumittauksiin; aika d12 tarkoittaa muutosta aikavälillä alkumittauksista välimittauksiin ja aika d23 tarkoittaa muutosta aikavälillä välimittauksista loppumittauksiin.

Juoksunopeuden (m/s) muutosprosentti ja esikevennetyn vertikaalihypyn painopisteen nousukorkeuden (cm) muutosprosentti korreloivat tilastollisesti lähes merkitsevästi ($p = 0.052$) ainoastaan liikunta-estrogeniryhmällä aikavälillä alkumittauksista välimittauksiin (taulukko 10).

TAULUKKO 10. Juoksunopeuden muutosprosentin sekä painopisteen nousukorkeuden muutosprosentin korrelaatiot (Pearson) ja merkitsevyydet (p) eri tutkimusryhmillä.

	Liikunta (ryhmä 1)	Estrogeeni (ryhmä 2)	Liikunta/ estrogeeni (ryhmä 3)	Kontrolli (ryhmä 4)
alku-välimittaus	0.11 p = 0.711	0.23 p = 0.360	0.57 p = 0.052	0.33 p = 0.189
alku-loppumittaus	0.31 p = 0.346	0.19 p = 0.481	0.25 p = 0.490	0.19 p = 0.498

8. POHDINTA

Tutkimus osoitti, että kokojalkapohjatekniikalla tehty hyppelyharjoittelu tai estrogeeni-korvaushoito tai edelliset yhdistettynä eivät vaikuttaisi postmenopausaalisten naisten alaraajojen ojennustehoon, mutta sen sijaan vaikuttaisivat esikevennetyn vertikaalihypyn painopisteen nousukorkeuteen ja juoksun etenemisnopeuteen. Myös aikaisempien, pääosin miehille tehtyjen, tutkimusten perusteella hyppelyharjoittelun on todettu lisäävän vertikaalihypyn tulosta (Holcomb ym. 1996, Wilson ym. 1996, Wilson ym. 1993, Bauer ym. 1990) ja juoksunopeutta (Delecluce 1997, Masterson ja Brown 1993, Wilson ym. 1993, Gemar 1988). Myös Heinosen ym. (1996) tutkimus tukee tämän tutkimuksen tuloksia, jossa premenopausaalisilla naisilla high-impact harjoittelu lisäsi vertikaalihypyn korkeutta. Tehon tulokset kaipaavat lähempää tarkastelua mittareiden ja laskentakaavojen osalta, jotta ne olisivat ymmärrettävissä eikä niiden perusteella tehtäisi liian suorita johtopäätöksiä hyppelyharjoittelun ja estogeenin vaikuttavuudesta.

Kelkkahypyn osalta loppumittaustulosten jättäminen pois tästä tutkimuksesta on perusteltua, koska mittalaitteiston istuin muuttui toiseen eikä siinä ollut turvavöitä kuten alku- ja välimittauksissa. Tämä johtui siitä, että mittalaitteistoa käytettiin yhdessä toisen tutkimusta tekevän laitoksen kanssa.

Kelkkahypyn tehossa kaikki ryhmät paransivat tulostaan välimittauksissa mikä herättää useita kysymyksiä mittausmenetelmää kohtaan. Jo massiivisen mittalaitteiston näkeminen voi aiheuttaa koehenkilöille pelkotiloja, jotka voivat vaikuttaa maksimisuorituksen onnistumiseen. Mittausten luotettavuutta ja oppimisen kautta tulevaa tulosten muuttumista pyrittiin välttämään kolmella harjoitushypyillä ennen varsinaista suoritusta. Välimittauksissa massiivinen kelkkalaitteisto oli kaikille koehenkilöille tutumpi, joten on mahdollista, että tästä syystä kaikkien ryhmien koehenkilöt paransivat tuloksiaan samansuuntaisesti.

Enimmäkseen lisäselvityksaiheita voisi esittää kelkkalaitteen luotettavuutta kohtaan, koska laitteistolle ei ole tehty luotettavuusmittauksia. Epäilyksiä herätti mittalaitteiston voimantuottolevyn asetusten pysyminen kalibroinnin osoittamalla tasolla. Olisiko voimalevy pitänyt kalibroida uudelleen eri koehenkilöiden hyppyjen välillä? Tässä tutkimuksessa voimalevyn kalibrointi suoritettiin jokaisen mittauspäivän alussa, jolloin yhdellä

kalibroinnilla mitattiin neljästä kahdeksaan koehenkilön hypyt. Lisäksi analysointivaiheessa Kelkka-ohjelman nollatason vakiointi vaatisi tarkempia lisäselvityksiä, mikä lisäisi analysointivaiheen luotettavuutta.

Kelkkahyppyjen analyysissä tehon tuloksiin vaikuttivat voimakäyrän korkeus eli missä ajassa voima tuotettiin voimalevyä vasten sekä sen integrointi kelkan kulkemaan matkaan. Samansuuruiseen tehoon pääsi joko tuottamalla voiman mahdollisimman räväkästi, jolloin voimakäyrä piirtyi jyrkäksi tai joko tuottamalla voiman hitaasti voimakäyrän piirtäessä loivasti nousevaksi. Analyysissä laskettiin voimakäyrän muodostamaa pinta-alaa suhteessa kelkan kulkemaan matkaan, jolloin korkea suippo käyrä tai matala pitkänomainen käyrä saattoivat antaa samansuuruisen pinta-alatuloksen. Tämä asettaa erittäin suuria vaatimuksia koehenkilön suoritustekniikalle, koska pyrkimyksenä olisi tuottaa voima räväkästi voimalevyä vasten ja saada aikaan suippo käyrä. Kuitenkin tällä koehenkilöaineistolla suoritustekniikan vakiointi muodostui vaikeaksi. Vakiointi tarvitsisi tarkempien mittausmenetelmien mukaanottoa esim. EMG, jolloin pystyttäisiin havainnoimaan koehenkilön lihasaktiivisuuden kohoaminen (Echternach 1985) ja sen mahdolliset vaikutukset voimalevyn voimatuoton rekisteröinnin aloittamiseen.

Kelkkahypyn tehotulos voi osoittaa myös yksinkertaisesti sitä ettei haluttua harjoitusvaikutusta saatu esille, koska myös esikevennetyissä vertikaalihypyssä ryhmien tehotulosten muutokset eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi. Todennäköistä kelkkahypyn osalta on, että suorituksessa käytetty konsenttrinen voimantuottotapa ei pysty parhaalla mahdollisella tavalla osoittamaan hyppeilyharjoittelun elastisuustekijöihin kohdistunutta harjoitusvaikutusta (Heinonen ym. 1996). Esikevennetyn vertikaalihypyn tehon absoluuttiset tulokset osoittivat hyppeilyharjoittelun ja hyppeily-estrogeni yhdistelmän positiivisia vaikutuksia molempien puolivuotisjaksojen aikana, mutta tutkimusryhmien pienet koehenkilömäärät heikentävät muutosten tilastollisten merkitsevyyksien esiintuloa. Myös estrogeniryhmällä esikevennetyn vertikaalihypyn tehon absoluuttinen tulos kohosi ensimmäisen puolen vuoden aikana.

Esikevennetyn vertikaalihypyn painopisteen nousukorkeudessa tilastollisesti merkitsevät erot ensimmäisen puolen vuoden aikana osoittavat postmenopausaalisten naisten saavan hyötyä hyppeilyharjoittelusta sekä estrogenista alaraajojen räjähtävään voimantuottoon. Yleisesti

urheilussa on uskottu, että voima, teho ja nopeusharjoituksilla yhdessä saavutetaan alaraajoihin urheilusuoritusta parhaiten palveleva teho (Delecluse 1997). Kanekon ym. (1984) mukaan räjähtävän voimantuoton kehittyminen tapahtuu painoharjoittelussa 30% kuormilla maksimivoimasta. Harjoittelemattomilla 21-29-vuotiailla naisilla alaraajojen ojentajalihaksiston maksimaalisen tehon saavuttamiseksi tarvittiin harjoittelupainoiksi 56-78% maksimivoimasta (Thomas ym. 1996). Tämän tutkimuksen perusteella postmenopausaalisille naisille riitti pelkkä tehoharjoitteluun lukeutuva hyppelyharjoittelu parantamaan alaraajojen räjähtävää voimantuottoa. Kuitenkin painon ottaminen huomioon poisti tilastollisen merkitsevyyden esikevennetyn vertikaalihypyn tehotuloksista. Tässä tutkimuksessa käytettyä tehon laskentakaavaa on testattu vain nuorilla pojilla, joilla vertikaalihypyn korkeus ja kehon paino ennustivat melko hyvin alaraajojen tehoa (Harman 1995). Tässä tutkimuksessa ryhmien keskimääräiset painoarvot eivät muuttuneet, joten painon mukaanotto ei luultavammin vaikuttanut tämän tutkimuksen tehotuloksiin.

Kontaktimatolla tehtyjen esikevennyshyppyjen tuloksiin vaikuttaa myös testihypyn suoritustekniikka. Tämä urheilijoilla käytössä ollut mittausmenetelmä on teknisesti vaikea suorittaa ja monille tämän tutkimuksen koehenkilöille oikean tekniikan löytäminen vei puhtia varsinaisesta testisuorituksesta. Vaikka tämän tutkimuksen aihe ei ollut mittausmenetelmien arvioinnissa niin ne kuitenkin nousivat merkittävään asemaan tämän tutkimuksen luotettavuutta arvioitaessa. Ikääntyville tulisikin kehittää suoritusteknisesti helppoja räjähtävän voimantuoton ja tehon mittausmenetelmiä.

Tässä tutkimuksessa esikevennetyn vertikaalihypyn tuloksiin voi vaikuttaa, että harjoittelussa tehtiin osin puhtaasti vertikaaliseen suuntaan tapahtuvia hyppyjä, mihin suuntaan myös testinä käytetty esikevennetty vertikaalihyppy suuntautuu. Näin ollen harjoitteluryhmät saivat lisähyötyä suoritustekniikkaan, mutta estrogeeniryhmän tilastollinen eroaminen kontrolliryhmästä heikentää tämän perusteen käyttöä. Enemmän se tukee Phillipsin ym. (1993a) tutkimusta, jossa voimatason heikkenemistä voitiin estää suun kautta annettavalla estrogeeni-lääkityksellä postmenopausaalisilla naisilla. Myös tämän tutkimuksen tilastollisesti merkitsevä muutos etenemisnopeudessa toisen puolen vuoden aikana osoittaa, että postmenopausaalisilla naisilla nopeutta voidaan kehittää epäsesifillä harjoittelulla ja estrogeenikorvaushoidolla pitkällä aikavälillä. Samoin Sipilän ym. (1996) tutkimuksessa iäkkäillä ihmisillä voima- ja kestävyys harjoittelu paransivat kävelynopeutta lähes yhtä paljon.

Tämän tutkimuksen etenemisnopuden tuloksien muutoksiin voi vaikuttaa myös rennompi suhtautuminen juoksupahtumaan väli- ja loppumittauksissa. Juoksu koettiin vieraana liikkumismuotona sitten nuoruusvuosien.

Liikunta-estrogeeniryhmän esikevennetyn vertikaalihypyn tuloskehitykseen voi vaikuttaa myös kyseisen ryhmän tilastollisesti merkitsevästi suurempi ohjattuihin harjoituksiin osallistuminen koko tutkimuksen ajan. Harjoittelumäärät per viikko on todettu olevan yleisesti alhaisempia hyppelyharjoittelu tutkimuksissa kuin voimaharjoittelu tutkimuksissa (Holcomb ym. 1996). Tässäkään tutkimuksessa ei pystytä sanomaan johtuiko tulosten vaatimattomuus liian vähäisestä tai liian ylikuormittavasta kokonaisharjoittelumäärästä. Lisäksi toisen puolen vuoden aikana suunnitellun harjoittelumodulin säännöllinen noudattaminen ei toteutunut. Harjoitteluvaikutusta pyrittiin hakemaan katkaisemalla kiertoarjoittelu aerobic-jaksolla ja lisäämällä sen jälkeen kahdeksanviikkoisen kiertoarjoittelun progressiota. Olisiko progression suurempi porrastus lisännyt harjoitustehoa antaen ryhmien välille eroja alaraajojen ojennustehoissa?

Hyppelyharjoittelussa on ongelmana kuormituksen tarkka määrittäminen, koska se muodostuu kehon painon kiihdyttämisestä ja jarruttamisesta (Chu 1992, Wilson ym. 1993). Tässä tutkimuksessa nousee myös ongelmaksi tarkan kuormituksen määrittäminen kullekin koehenkilölle. Bauer ym. (1990) ovat esittäneet, että hyppelyharjoittelun vaikutuksia tulisi tarkastella yksilötasolla kuormituksen yhtenäistämistä vaikeuden vuoksi. Myös Veroshanskin ajatus riittävästä voimatasosta ennen hyppelyharjoittelua voi olla syynä miksi koehenkilöt eivät kehittyneet tehon osalta odotetulla tavalla (Radciffe 1985). Harjoituspäiväkirjat osoittivat vapaaehtoisen liikunnan olleen pääasiassa kestävyystyypistä, jolloin voimataso alaraajojen lihaksissa ei ilmeisesti ollut tarpeeksi kehittynyt hyppelyharjoittelusta saatavaan hyötyyn nähden.

Plyometristen harjoitteiden valinnassa urheilijoilla lähtökohtana on lajista olemassa oleva tieto ja kokemus. Harjoittelussa tulisi pyrkiä lähelle lajisuoritusta oleviin kuormituksiin mm. eksentrisen ja konsentrisen liikevaiheen keston, niiden voimakkuuden ja nopeuden suhteen (Viitasalo ym. 1985). Ikääntyvillä tulisi analysoida millainen voimataso pitäisi saavuttaa ja millaisessa ajassa, jotta harjoittelusta olisi hyötyä käytäntöön. 70-vuotiaalla maksimivoiman saavuttamiseen kuluu aikaa 2.5-3 sekunttia, mutta kävelyssä voimantuottoaikaa on vain noin

100-200 ms (Häkkinen 1990). Tämän yhtälön ratkaisemisesta voisi olla hyötyä kaatumistapaturmia ennaltaehkäisevässä harjoittelussa. Vastaus voisi olla voimatason ylläpitävä harjoittelu yhdistettynä yksinkertaiseen hyppelyharjoitteluun. Hyppelyharjoittelu voisi olla naruhyppelyä, joka on todettu toteuttamiskelpoiseksi vaihtoehdoksi plyometriselle harjoittelulle (Masterson ja Brown 1993). Tässä tutkimuksessa naruhyppely poistettiin, koska koehenkilöiden suoritustekniikan parantuessa he tekivät sen liian kevyesti. Reaktivoimat ajatellen luun kuormittumista eivät olleet riittävät.

Tässä tutkimuksessa käytettiin hyppelyharjoittelussa kokojalkapohjatekniikkaa, koska varsinaisen Liikunta ja estrogeeni -tutkimuksen tarkoitus kohdistui luun tutkimuksiin. Vaikka hyppelyharjoittelu kokojalkapohjatekniikalla ja submaksimaalisella suoritusteholla ei lisännyt räjähtävää voimantuottoa tehona ilmaistuna, niin tämä osatutkimus osoitti ristiriitaisuutta kirjallisuudessa esitettyjen väitteiden kanssa hyppytekniikasta ja sen harjoitusvaikutuksista. Kokojalkapohja hyppytekniikan tehottomuuden syyksi on esitetty, että maakosketusvaiheessa voimat eivät ole tarpeeksi suuria fasilitoimaan venytysrefleksin kautta tapahtuvaa voimantuottoa. Pikemminkin koko jalkapohjalla maahantulo stimuloi Golgin jänne-elintä ja inhiboi voiman tuottoa. (Clutch ym. 1983, Holcomb ym. 1996.) Kokojalkapohja hyppytekniikan ei ole uskottu lisäävän räjähtävää voimantuottoa (Bobbert 1987, Radcliffe 1985). Etenkin pudostushypystä hypyn jättäminen pois aiheuttaa ei halutun vaikutuksen eli tehon absorpoitumisen lihaksiin lämpöenergiana (Enoka 1988). Väitteet on saatu urheilijoilla tehdyistä tutkimuksista.

Tässä tutkimuksessa esikevennetyssä vertikaalihypyssä esiintulleet ryhmien väliset tilastollisesti merkitsevät erot osoittivat, että kokojalkapohjatekniikalla ikääntyvät voivat saada aikaan positiivisia harjoitusvaikutuksia. Harjoittelun spesifisyyden vaatimus (Häkkinen 1990, McArdle 1991) on tuotu esiin etenkin kilpaurheilun yhteydessä, mutta ikääntyvillä spesifisyyden vaatimus ei näytä toteutuvan sananmukaisesti. Tässä tutkimuksessa epäspesifi, pääosin vertikaaliseen suuntaan tehdyt hyppyharjoitteet, lisäsivät eteenpäinsuuntautunutta juoksunopeutta. Räjähtävä voimantuoton osalta, urheilijoille tehtyjen tutkimusten perusteella, on sanottu, että se vaatii kehittyäkseen räjähtävätyyppistä hyppelyharjoittelua pitkillä sarjapalautusajoilla (Radcliffe 1985, Thomas ym.1996) sekä päkiähyppytekniikkaa (Bobbert 1987 ja 1990). Harjoittelussa olisi keskityttävä jokaiseen lähes maksimaaliseen

hyppysuoritukseen, jotta pystytään ylittämään nopeiden lihassolujen ärsytyskynnys ja hyödyntämään lihaksen elastiset tekijät voimantuotossa.

Myös hyppytekniikan tarkastelu muilta kuin jalkaterän osalta voisi antaa viitteitä tämän tutkimuksen tuloksiin. Bobbertin (1987 ja 1990) mukaan lantion asento hyppelyharjoittelun aikana vaikuttaa haluttuihin vaikutuksiin. Usein lantio on kallistunut eteen mikä estää tehokkaan pakaralihasten käytön harjoittelun aikana. Mittauksissa pararoiden käyttö tehostuu etenkin esikevennettyä vertikaalihyppyä tehtäessä. Tässä tutkimuksessa koehenkilöiden lantion asentoa ei vartavasten tarkasteltu. Hyppytekniikka tuli suorittaa harjoittelussa nimenomaan voimakkalla impactilla maata vasten, jolloin on luonnollista pitää lantio kallistuneena eteen selän tärähdyksen lieventämiseksi. Lantion asennon vaikutus voi olla yhtenä syynä miksi kelkkahypyssä ryhmien välille ei saatu eroja kun taas vertikaalihypyissä ryhmät erosivat toisistaan.

Tämän tutkimuksen tulokset antavat viitteitä alaraajojen ojennustehon tutkimuksen tärkeydelle nimenomaan ikääntyvien naisten näkökulmasta. Huippu-urheilututkimuksen kautta saadut harjoittelun lainalaisuudet eivät täysin päde ikääntyviin, tavallisiin kansalaisiin. Ikääntyvien fyysinen harjoittelu kaipaa "lievennyksiä" huippu-urheilun kovaan maailmaan, koska tarkoituksena ei ole optimaalisen huippusuorituskyvyn löytyminen vaan toimintakyvyn säilyminen. Ikääntyviin kohdistuva fyysisen toimintakyvyn tutkimus nostaa erittäin tärkeään asemaan luotettavien mittausmenetelmien kehittämisen kyseiselle ikäryhmälle. Lisäksi estrogeenin vaikutukset räjähtävään voimantuottoon ja juoksunopeuteen postmenopausaalisilla naisilla vaatii lisätutkimuksia vaikka tämän tutkimuksen perustella estrogeenilla näyttäisi olevan positiivista vaikutusta lihasten nopeaan voimantuottoon.

LÄHTEET

- Alhava E: Onko osteoporoosi sairaus? *Duodecim* 112: 2065-2069, 1996.
- Aoyagi Y, Shephard R: Aging and muscle function. *Sports Medicine* 14: 376-396, 1992.
- Bailey D, McCulloch R: Bone tissue and physical activity. *Canadian Journal of Sport Science* 15: 229-239, 1990.
- Bassey EJ, Short AH: A new method for measuring power output in a single leg extension: feasibility, reliability and validity. *European Journal of Applied Physiology* 60: 385-390, 1990.
- Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Kelly M, Evans W, Lipsitz LA: Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science* 82: 321-327, 1992.
- Bassey EJ, Mockett SP, Fentem PH: Lack of variation in muscle strength with menstrual status in healthy women aged 45-54 years: data from a national survey. *European Journal of Applied Physiology* 73: 382-386, 1996.
- Bauer T, Thayer R E, Baras G: Comparison of training modalities for power development in lower extremity. *Journal of Applied Sport Science Research* 4: 115-121, 1990.
- Blakey JB, Southard D: The combined effects of weight training and plyometrics on dynamic leg strength and leg power. *Journal of Applied Sport Science Research* 1: 14-16, 1987.
- Bobbert MF, Huijing PA, Schenau GV: Drop jumping I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 19: 332-338, 1987.
- Bobbert MF: Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Medicine* 9(1): 7-22, 1990.
- Bosco C: Stretch-shortening cycle in skeletal muscle function with special reference to elastic energy and potentiation of myoelectrical activity. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 15. University of Jyväskylä, Jyväskylä. 1982.
- Bosco C, Komi PV: Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology* 45: 209-219, 1980.
- Bosco C, Luhtanen P, Komi P: A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology* 50: 273-282, 1983.
- Brown ME: The effect of plyometric training on the vertical jump on high school boys basketball players. Thesis, University of Oregon, 1986.

- Calmels P, Vico L, Alexandre C, Minaire P: Cross-sectional study of muscle strength and bone mineral density in a population of 106 women between the ages 44 and 87 years: relationship with age and menopause. *European Journal of Applied Physiology* 70: 180-186, 1995.
- Christiansen C: Skeletal osteoporosis. *Journal of Bone and Mineral Research* 8(2): 475-479, 1993.
- Chu DA: *Jumping into plyometrics*. Leisure Press. Champaign Illinois. 1992
- Clutch D, Wilton M, McGrown C, Bryce GR: The effects of drop jumps and weight on leg strength and vertical jump. *Research Quarterly for Exercise and Sport* 54: 5-10, 1983.
- Delecluse C: Influence of strength training on sprint running performance: current findings and implications for training. *Sports Medicine* 24: 147-156, 1997.
- DiBrezza R, Fort IL, Diana R: The effects of a modified plyometric program on junior high female basketball players. *Journal of Applied Research in Coaching and Athletics* 3: 172-181, 1988.
- Echternach JL: Measurement issues in nerve conduction velocity and electromyographic testing. Kirjassa Rothstein JM (toim.): *Measurement in Physical Therapy*. Churchill Livingstone Inc. New York. s.281-301, 1985.
- Enoka: *Neuromechanical basis of kinesiology*. s.232, 1988.
- Faulkner JA, Green HJ, White TP: Response and adaptation of skeletal muscle to changes in physical activity. Kirjassa Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T (toim.): *Physical activity, fitness and health international proceedings and consensus statement*. Human Kinetics Publishers USA. s.343-354, 1994.
- Fiatarone M, Marks E, Ryan N, Meredith C, Lipitz L, Evans W: High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 262: 3029-3034, 1990.
- Fiatarone M, O'Neil E, Ryan N, Clements K, Solares G, Nelson M, Roberts S, Kehayias J, Lipitz L, Evans W: Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in elderly people. *New England Journal of Medicine* 330: 1770-1775, 1994.
- Frontera WR, Hughes VA, Lutz KJ, Evans WJ: A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *Journal of Applied Physiology* 71: 644-650, 1991.
- Fry AC, Kraemer WJ, Weseman CA: The effects of an off-season strength and conditioning program on starters and non-starters in women's intercollegiate volleyball. *Journal of Applied Sports Science Research* 5: 174-181, 1991.
- Gemar JA: The effects of weight training and plyometric training on jump, standing long jump and forty meter sprint. Thesis, University of Oregon, 1986.

- Gutin B, Kasper MJ: Can vigorous exercise play a role in osteoporosis prevention? A review. *Osteoporosis International* 2: 55-69, 1992.
- Harman EA: The measurement of human mechanical power. Kirjassa Maud PJ, Foster C (toim.): *Physiological Assessment of Human Fitness*. Human Kinetics, Champaign IL s. 108-109, 1995.
- Hartard M, Haber P, Preisinger E, Seidl G, Huber J: Systematic strength training as a model of therapeutic intervention. A controlled trial in postmenopausal women with osteopenia. *American Journal of Physical Medicine Rehabilitation* 75: 21-28, 1996.
- Haug E, Sand O, Sjastrand OV, Toverud KC: Ihmisen fysiologia. Suomentanut Kirsti Sillman. Universitetsforlaget. WSOY Porvoo s. 505-506, 1995
- Heislein DM, Harris BA, Jette AM: A strength training program for postmenopausal woman: a pilot study. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation* 75: 198-204, 1994.
- Helin P, Oikarinen E, Rehunen S: Nopeusvalmennus. Valmennuskolmio Oy Vaasa. s. 24-25, 1982.
- Heinonen A, Kannus P, Sievänen H, Oja P, Pasanen M, Rinne M, Uusi-Rasi K, Vuori I: Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *The Lancet* 348: 1343-1347, 1996.
- Holcomb WR, Lander JE, Rutland RM, Wilson GD: The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research* 10: 89-92, 1996.
- Häkkinen K, Komi PV: Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scandinavian Journal of Sports Science* 7: 55-64, 1985a.
- Häkkinen K, Komi PV: Effect of explosive type strength training on electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles during concentric and various stretch-shortening cycle exercise. *Scandinavian Journal of Sport Science* 7: 65-76, 1985b.
- Häkkinen K: Voimaharjoittelun perusteet. Vaikutusmekanismit, harjoitusmenetelmät ja ohjelmointi. Gummerus Jyväskylä. s. 27-39, 101, 119, 1990.
- Häkkinen K: Changes in physical fitness profile in female volleyball players during the competitive season. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 33: 223-232, 1993.
- Häkkinen K, Häkkinen A: Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *European Journal of Applied Physiology* 62: 410-414, 1991.

- Kaneko M, Komi P, Aura O: Mechanical efficiency of concentric eccentric exercises performed with medium to fast contraction rates. *Scandinavian Journal of Sports Sciences* 6: 15-20, 1984.
- Keohane AL: The effects of six week depth jumping program on the vertical jumping ability of figure skaters. M.P.E. Thesis, University of British Columbia, 1977.
- Komi P: Physiological and biomechanical correlates of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Kirjassa Terjung (toim.): Exercise and Sport Science Reviews*. ACMS series 12, The Cllamore Press, USA. s. 81-121, 1984.
- Komi P, Bosco C: Utilization of stored elastic energy in leg extensor muscles by men and women. *Medical Science in Sport* 10: 261-265, 1978.
- Komi P, Suominen H, Heikkinen E, Karlsson J, Tesch P: Effects of heavy resistance and explosive-type strength training methods on mechanical, functional and metabolic aspects of performance. *Kirjassa Komi P, Nelson R C, Morehouse C A (toim.): Exercise and Sport Biology*. Champaign Ill. Human Kinetics Pub. s. 90-102, 1982.
- Kramer JF, Morrow A, Leger A: Changes in rowing ergometer, weight lifting, vertical jump and isokinetic performance in response to standard and standard plus plyometric training programs. *International Journal in Sports Medicine* 14: 449-454, 1993.
- Kujala U, Viljanen T, Taimela S, Viitasalo J: Physical activity, VO₂max and jumping height in an urban population. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 26: 889-895, 1994.
- Larsson L: Morphological and functional characteristics of ageing skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scandinavica Supplement* 457: 1-36, 1978.
- Lexell J, Downham D, Sjostrom M: Distribution on different fibre types in human skeletal muscle: fibre type arrangement in m. vastus lateralis from three groups of healthy men between 15 and 83 years. *Journal of Neurological Science* 72: 211-222, 1986.
- Lexell J, Taylor C, Sjostrom M: What is cause of ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studies in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *Journal of the Neurological Sciences* 84: 275-294, 1988.
- Lord SR, Ward JA, Williams P, Strudwick M: The effect of a 12-month exercise trial on balance, strength, and falls in older women: A randomized controlled trial. *Journal of American Geriatrics Society* 43: 11198-1206, 1995.
- Masterson GL, Brown SP: Effects of weighted rope jump on power performance tests in collegians. *Journal of Strength and Conditioning Research* 7: 108-114, 1993.
- McArdle WD, Katch FJ, Katch VL: Exercise physiology. Energy, nutrition, and human performance. Williams & Wilkins USA. s. 393-394, 397, 435-436. 1991.

- Mero A, Nummela A, Keskinen K: Nykyaikainen urheiluvalmennus. Mero Oy Jyväskylä. s.147, 167-169. 1997.
- Morganti CM, Nelson ME, Fatarone MA, Dallal GE, Economos CD, Crawford BM, Evans WJ: Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 27: 906-912, 1995.
- Phillips SK, Rook KM, Siddle NC, Bruce SA, Woledge RC: Muscle weakness in women occurs at earlier age than in men, but strength is preserved by hormone replacement therapy. *Clinical Science* 84:95-98, 1993a.
- Phillips SK, Rowbury JL, Bruce SA, Woledge RC: Muscle force generation and age: The role of sex hormones. Kirjassa Stelmach GE, Hömberg V (toim.): *Sensorimotor impairment in the elderly*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands s. 129-141, 1993b.
- Polhemus R: Plyometric training for the improvement of athletic ability. *Scholastic Coach* 51: 68-69, 1981.
- Rantanen T, Avela J: Leg extension power and walking speed in very old people living independently. *Journals of Gerontology. Medical Sciences*. Vol 25A: M225-M231, 1997
- Radcliffe JC, Farentinos RC: *Plyometrics. Explosive power training*. Human Kinetics Publishers Inc. Champaign, Illinois. 1985.
- Roger MA, Evans W: Changes in skeletal muscle with aging: effects of exercise training. *Exercise and sport sciences reviews*. American College of Sports Medicine Series. Williams & Wilkins USA. Vol 21: 65-102, 1993.
- Scherrer J: *Työn fysiologia*. s. 28-29. WSOY, 1988.
- Sipilä S, Multanen J, Kallinen M, Era P, Suominen H: Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiologica Scandinavica* 156: 457-464, 1996.
- Skelton DA, Grieg CA, Davies JM, Young A: Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age and Ageing* 23: 371-377, 1994.
- Skelton DA, Young A, Grieg CA, Malbut KE: Effects of resistance training on strength, power and selected functional abilities of women aged 75 and older. *Journal of American Geriatrics Society* 43: 1081-1087, 1995.
- Stemm JD: *Effects of aquatic simulated and dry land plyometrics on vertical jump height*. Thesis. Microfilm Publications, Int'l Institute for Sport and Human Performance, University of Oregon, Eugene 1995.
- Taaffe DR, Villa ML, Delay R, Marcus R: Maximal muscle strength of elderly women is not influenced by oestrogen status. *Age and Ageing* 24: 329-333, 1995.

- Thomas M, Fiatarone MA, Fielding RA: Leg power in young women: relationship to body composition, strength and function. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28: 1321-1326, 1996.
- Weineck J: Optimaalinen harjoittelu. *Valmennuskirjat Oy Vaasa*. s. 77, 103-104. 1982.
- Viitasalo J, Bosco C: Electromechanical behavior of human muscles in vertical jumps. *European Journal of Applied Physiology* 48: 253-261, 1982.
- Viitasalo J, Raninen S, Liitsola S: Voimaharjoittelu - perusteet ja käytännön toteutus. *Finntrainer Oy Jyväskylä*. s.62-64, 77, 117. 1985.
- Wilk KE, Voight ML, Keirns MA, Gambetta V, Andrews JR, Dillman CJ: Stretch-shortening drills for upper extremities: theory and clinical application. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy* 17: 225-239, 1993.
- Wilson GJ, Newton RU, Murphy AJ, Humphriis BJ: The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25: 1279-1286, 1993.
- Wilson GJ, Murphy AJ, Giorgi A: Weight and plyometric training: Effects on eccentric and concentric force production. *Canadien Journal of Applied Physiology. Physical Activity, Health and Fitness* 21: 301-315, 1996.
- Young A, Strokes M, Crowe M: Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *Europeean Journal of Clinical Investigation* 14: 282-287, 1984.
- Åstrand PO, Rodahl K: *Textbook of work physiology: physiological cases of exercise*. McGraw-Hill New York, 1986.

KESÄHARJOITTELUOHJELMA

ALKUVERRYTTELY:

1. 3 askelta paikoillaan, kosketus viereen oikealla jalalla - 3 askelta, kosketus vas. jalalla, toista 2 kertaa

sivulle kaksi askelta ja takaisin - levitä kädet mukaan, käy 2 kertaa "oikealla"

vastakkaisen polven ja kyynärpäähän kierto yhteen, vuorotellen, yhteensä 4

2. sivulle kaksi askelta ja takaisin - levitä kädet mukaan, käy 2 kertaa "oikealla"

polvi taakse koukkuun eli kantapäätä pakaraan paikoillaan seisten (leveä haara-asento) - "auta käsillä", vuorotellen, yhteensä 4

kosketa edessä vastakkaiseen nilkkaan vuorotellen, yhteensä 4

3. kevyt potkaisu eteen

"v"-auki 2 alkaen vasemmalla jalalla ja 2 alkaen oikealla - kädet kiittää mukana

hidas "X" 2 kertaa

MUSIIKKI SEIS: HYPPELYT ALKAA!!

- naruhyppely 30 sekuntia

- yhden jalan hyppy 10/jalka kunnolla ylöspäin ponnistaen

- pudottautuminen korokkeelta 15 kpl

4. Vatsalihasliike

* koukkuselinmakuulla, kädet kevyesti niskan takana, kyynärpäät kohti kattoa. Ylävartalon nosto kohti kattoa hitaasti 12 kertaa

5. Selkälihasliike

* päinmakuulla, nosta vuorotellen vastakkaista kättä ja jalkaa yhtäaikaan suorana ylös ja venytä pituutta. Yhteensä 20/puoli

6. VENYTTELYT

~ Aitajuoksija-asento: istuen oikea jalka koukussa, vasen suorana. Oikean jalan polvi näyttää suoraan sivulle. Kumarru selkä suorana vasemman jalan päälle, niin että vasemman (eli suorana olevan) jalan reiden takaosassa tuntuu venytys. Sama toisinpäin.

~ Edelleen aitajuoksija-asennossa: Käänä vasemman jalan polvi näyttämään eteenpäin. Nojaa taaksepäin pitäen polven kärjen koko ajan maassa. Venytys tuntuu reiden etupuolella. Tee sama myös toisinpäin.

~ Asetu koukkuselinmakuulle. Nosta oikea nilkka vasemman polven päälle. Pujota oikea käsi jalkojen välistä ja nosta vasemmalla polvella oikeaa nilkkaa kohti olkapäitä. Ota käsillä kiinni vasemman säären tai reiden ympäri ja vedä jalkoja itseäsi kohti. Venytys tuntuu oikeassa pakaralihaksessa. Tee sama myös toisinpäin.

~ Nouse seisomaan. Laita oikea käsi oikealle olkapäälle ja nosta oikea kyynärpää kohti kattoa. Paina vasemmalla kädellä oikeaa kyynärpäätä taaksepäin. Venytys tuntuu kyynärnivelen ojentalihaksissa. Tee sama myös vasemmalle kädelle.

~ Mene seinän luokse ja asetu nojaamaan sitä kyynärvarsilla. Vie oikea jalka taakseen suoraksi ja anna koko painosi olla sen päällä. Pyri pitämään kantapää maassa, jotta venytys tuntuu pohjelihaksessa. Tee sama myös toiselle puolelle.

~ Asetu oikea kylki seinää kohti ja nosta oikea käsivarsi seinää vasten olkapäätä korkeammalle takaviistoon. Ota oikealla jalalla askel eteenpäin, jotta käsi jää kunnolla taaksesi. Kierrä itseäsi kädestä pois päin, jolloin venytys tuntuu reintalihaksessa. Toista vasemmalle kädelle.

Liikunta- ja estrogeenitutkimus

KOTIVOIMISTELUOHJELMA

14.4.1997

Seuraava kotivoimisteluoehjelma Teidän tulisi tehdä **neljänä** päivänä viikossa kahden ohjatun liikuntatuokion lisäksi. Kaikkiaan Teillä tulisi siis olla **kuusi** harjoituskertaa viikon aikana. Jos ette jostain syystä pääse saapumaan ohjatulle liikuntatunnille, tulisi Teidän tehdä sinä päivänä tehostettu kotivoimisteluoehjelma (4 kuntopiirikierrosta) kotona. Haluamme kuitenkin korostaa, että kotivoimisteluoehjelmalla ette voi toistuvasti korvata ohjattua harjoitustuokiota.

Kotivoimisteluoehjelma on tarkoitus toteuttaa **kuntopiirinä**.

Naruhyppely.

Hypi hyppynarulla **30** sekuntia

Yhdellä jalalla hyppy.

Hyppää ensin toisella ja sitten toisella jalalla **10** kertaa (yhteensä **20** hyppyä) noin 5 cm korkean pehmeän esteen yli.

Pudotushyppy.

Pudottaudu alas **15-20 cm**:ä korkealta korokkeelta **15** kertaa (korokkeeksi käy porrasaskelma, tukeva liukumattomalla alustalla oleva laatikko tai vaikka muutama paksu A4:n kokoinen kirja).

Vatsalihakset.

Asetu selinmakuulle, pidä polvet koukussa ja jalkapohjat alustalla. Laita kädet tueksi niskan taakse. Kohota pää, hartiat ja lavat irti alustasta, pidä hetki ja laske hitaasti alas. Toista liike **15** kertaa.

Selkähakset.

Asetu päinmakuulle ja laita kädet pitkäksi vartalon jatkoksi. Kohota vastakkainen käsi ja jalka yhtäaikaan ylös, pidä hetki ja laske hitaasti alas. Toista liike **10** kertaa molemmin puolin (yhteensä **20** kertaa). Muista pitää niska vartalon jatkona, älä taivuta niska taakse.

Toista ohjelma samassa järjestyksessä **3** kertaa.

Muista lopuksi venyttää pohkeet, reiden etuosan ja takaosan lihakset!

LIITE 3

Koehenkilöiden harjoituspäiväkirjaan merkitsemien vapaa-ajanliikuntamuotojen “muu” ja “jumppa” sisältö ja lajia harrastaneiden henkilöiden määrät tutkimusryhmittäin.

	Liikunta (ryhmä 1)	Estrogeeni (ryhmä 2)	Liikunta/estrogeeni (ryhmä 3)	Kontrolli (ryhmä 4)
Muu:				
uinti	9	4	2	4
hiihto	6	4	3	5
pyöräily	11	9	7	9
tanssi	1	1	1	3
keilaaminen		1	1	1
luistelu				1
laskettelu				1
kuntopyöräily		1		2
pilkkiminen		1		
potkurointi			1	
Jumppa:				
ohjattu jumppa	3	3		5
vatsatanssi	1		1	1
allasvoimistelu	4	1	2	2
kuntosali	1	2	2	2
aerobic	1	1		
step aerobic	1			
tai-chi		1		
jooga			1	
oma voimistelu	2	3	1	2