

**SATUNNAISTETTU KONTROLLOITU 26 KUUKAUDEN
SEURANTATUTKIMUS: STEP-AEROBIC HARJOITTELUN
VAIKUTUS KETTERYYTEEN 35 - 45-VUOTIAILLA NAISILLA**

SANNA ROINE
FYSIOTERAPIAN PRO GRADU - TUTKIELMA
TERVEYSTIETEEN LAITOS
JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
SYKSY 1998

Sanna Roine

Satunnaistettu kontrolloitu 26 kuukauden seurantalutkimus: Step-aerobic harjoittelun vaikutus ketteryyteen 35-45-vuotiailla naisilla

Fysioterapian pro gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Terveystieteen laitos, sl. 1998

1. TIIVISTELMÄ

Tämä tutkimus oli osa laajempaa UKK-instituutissa suoritettua tutkimusta, jossa selvitettiin hyppytyyppisen harjoittelun vaikutusta 35 - 45-vuotiaiden naisten luustoon, fyysiseen suorituskykyyn ja dynaamiseen tasapainoon.

Tässä osatutkimuksessa selvitettiin ketteryyden yhteyttä isometriseen lihasvoimaan, nopeuteen, tasapainoon ja kestävyYTEEN. Lisäksi selvitettiin 26 kuukauden hyppytyyppisen harjoittelun vaikutusta ketteryyteen ja sitä selittäviin suorituskykytekijöihin.

Tutkimus oli satunnaistettu kontrolloitu 18 kuukauden liikuntainterventio, jota seurasi 8 kuukauden omatoimisen liikunnan seurantajakso. Koehenkilöiksi valittiin alunperin lehti-ilmoitusten perusteella vapaaehtoisiksi ilmoittautuneista yhteensä 98 premenopausaalista 35 - 45-vuotiasta naista.

Regressioanalyysin perusteella ketteryyttä selittäviä tekijöitä olivat alaraajojen nopeusvoima ja vartalolihasvoima. Suorituskyky parani koeryhmällä 18 kuukauden harjoittelun jälkeen merkitsevästi hypyssä lisäpainolla 20 % ja ketteryydessä 4 %. Kontrolliryhmän vastaava muutos hypyssä lisäpainolla oli 16 % ja heidän ketteryystulokset pysyivät samana. Ero ryhmien välillä hypyssä lisäpainolla oli merkitsevä ($p = 0.01$), samoin kuin ero ketteryydessä ($p = 0.005$). Kun ketteryyden, isometrisen lihasvoiman, nopeuden ja tasapainon tulosten pysyvyyttä seurattiin 8 kuukauden omatoimisen harjoittelun ajan, todettiin koeryhmän ketteryystulosten parantuneen 4 % alkutilanteeseen nähden. Kontrolliryhmän ketteryys ei parantunut, vaan tulos pysyi samana. Ero ryhmien välillä ketteryydessä oli merkitsevä ($p = 0.03$).

Tulosten perusteella voidaan todeta, että hyppytyyppinen harjoittelu parantaa sekä ketteryyttä että nopeusominaisuuksia 35 - 45-vuotiailla naisilla. Lisäksi tulokset osoittavat, että jos spesifisellä hyppyharjoittelulla parannetaan alaraajojen nopeusvoimaa ja vatsalihasten voimaa, paranee myös ketteryys. Näillä tekijöillä saattaa olla vaikutusta kaatumistapaturmiin. Ohjatulla harjoittelulla edellä mainittuja tekijöitä voidaan parantaa ja omatoimisella pienemmällä harjoittelulla ylläpitää.

SISÄLLYSLUETTELO

SISÄLLYSLUETTELO	2
1. TIIVISTELMÄ.....	3
2. JOHDANTO.....	5
3. KIRJALLISUUSKATSAUS.....	6
3.1 Lihasten tehtävät ja toiminta.....	6
3.1.1 Lihasoima.....	7
3.1.2 Voimaharjoittelu	8
3.1.3 Liikenopeus.....	9
3.1.4 Harjoittelun vaikutus liikenopeuteen	11
3.1.5 Hermojärjestelmän harjoittaminen.....	12
3.1.6 Lihasten suorituskyvyn mittaaminen	13
3.2 Ketteryys ja siihen vaikuttavat tekijät	15
3.2.1 Ketteryyden mittaaminen.....	17
3.3 Tasapaino ja siihen vaikuttavat tekijät.....	17
3.3.1 Tasapainon mittaaminen	21
3.4 Dynaaminen tasapaino ja kaatumistapaturmat	21
3.5 Yhteenveto.....	24
4. TUTKIMUSONGELMAT.....	25
5. TUTKIMUSASETELMA JA -MENETELMÄT.....	25
5.1 Tutkimusasetelma.....	25
5.2 Koehenkilöt	27
5.3 Fyysisen suorituskyvyn mittaaminen	28
5.3.1 Isometriset lihasvoimat	28
5.3.2 Alaraajojen räjähtävä voima (Hyppytesti)	29
5.3.3 Ketteryys (8-juoksu)	29
5.3.4 Staattinen tasapaino	30
5.3.5 Kestävyyskunto (2 km:n kävelytesti).....	30
5.4 Harjoitusohjelma	30
5.5 Tilastolliset menetelmät.....	32
6. TUTKIMUSTULOKSET.....	33
6.1 Ketteryyttä selittävät tekijät.....	33
6.2 Liikuntaintervention toteutuminen	34
6.3 Harjoittelun vaikutukset	35
7. POHDINTA	37
8. JOHTOPÄÄTÖKSET.....	41
LÄHTEET.....	42
LIITTEET	50

2. JOHDANTO

Fyysisen suorituskyvyn osa-alueet, kuten lihasvoima, nopeus, ketteryys, tasapaino ja kestävyys heikkenevät nopeasti, jos niitä ei harjoiteta (Åstrand ja Rodahl 1986, Adelsberg ym. 1989, Appell 1990, Panton 1990, Kannus ym. 1992, Häkkinen 1994, Lord ym. 1996, Wojtys ym. 1996). Iän myötä fyysinen aktiivisuus useimmiten vähenee ja samalla myös edellä mainitut ominaisuudet heikkenevät. Lihasvoima, nopeus, ketteryys ja tasapaino ovat yhteydessä kaatumisiin ja sitä kautta mm. luun murtumiin (Adelsberg 1989, Gehlsen ja Whaley 1990, Maki 1993, Lord ym. 1994, Maki ym. 1994, Myers ym. 1996). Kansanterveydellinen hyöty saavutettaisiin, mikäli harjoittelulla pystyttäisiin parantamaan edellä mainittuja fyysisen suorituskyvyn osa-alueita ja näin estämään kaatumisia.

Suomessa on vuodesta 1971 vuoteen 1991 lonkkamurtumien määrä noussut vuosittain 7.7 % (Parkkari ym. 1994). Vuonna 1991 lonkkamurtumapotilaita oli 6007, joista 74 % oli naisia (Parkkari ym. 1994). Kaikkialla maailmassa lonkkamurtumien esiintyvyys on noin kaksi kertaa korkeampi naisilla kuin miehillä. Naisten lonkkamurtumien määrää on selitetty mm. alhaisella luunmassalla ja kaatumistiheydellä (Kannus ym. 1996). Eräs tärkeä kaatumistapaturmien ehkäisykeino on vaikuttaa kaatumista sisäisiin tekijöihin, kuten lihasvoiman, tasapainon ja ketteryyden harjoittamiseen (Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämietintöjä 1996).

Tämä tutkimus oli osa laajempaa UKK-instituutissa suoritettua tutkimusta (Heinonen ym. 1996), jossa selvitettiin hyppytyyppisen harjoittelun vaikutusta 35 - 45-vuotiaiden naisten luustoon ja fyysiseen suorituskykyyn. Tässä osatutkimuksessa selvitettiin ketteryyden yhteyttä isometriseen lihasvoimaan, nopeuteen, tasapainoon ja kestävyteen. Lisäksi selvitettiin 26 kuukauden hyppytyyppisen harjoittelun vaikutusta ketteryyteen ja sitä selittäviin suorituskykytekijöihin.

3. KIRJALLISUUSKATSAUS

3.1 Lihasten tehtävät ja toiminta

Lihasten tehtävänä on tuottaa voimaa liikkumiseen ja lämpöä lämpötasapainon säilyttämiseen. Lihaksen voimaan vaikuttavat supistuvan lihaksen määrä, lihaksen sisäinen rakenne, lihaksen työtavat ja toiminnan mekaniikka (Sovijärvi ym. 1994). Lihaksen maksimaalinen voima sen poikkipinta-alaa kohti on jokseenkin vakio, noin $6,3 \text{ kp/cm}^2$, joskin mm. hermostollisen säätelyn erot aiheuttavat yksilöiden välistä hajontaa (Sovijärvi ym. 1994). Hyvin kehittynyt lihaksen elastinen komponentti lisää voimaa tilanteissa, joissa lihas juuri ennen supistumistaan venyy. Lihaksen säikeiden järjestäytyminen vinottain lisää myös voimaa. Voimaa voidaan säädellä supistuvien motoristen yksiköiden lukumäärällä, motoristen yksiköiden tyyppin vaihtelulla ja motoristen yksiköiden toimintataajuudella. Tärkeimmät voimaan vaikuttavat lihasmekaaniset tekijät ovat voima-aika riippuvuus, lihaksen pituus ja supistuksen nopeus. Lihaksen voima pienenee konsentrisessa ja suurenee eksentrisessä työssä nopeuden kasvaessa. Lihaksen voimaan vaikuttavat myös motoristen yksiköiden toiminnan synkronisaatioaste, keskushermoston tasolla ilmenevä inhibitio, lihaksen hapensaanti ja lihaksen lämpötila (Sovijärvi ym. 1994).

Lihassoima voidaan jaotella hermolihasjärjestelmän motoristen yksiköitten rekrytoinnin määrän ja tavan sekä kulloistenkin energiantuottovaatimusten mukaan maksimivoima-, nopeusvoima- ja kestovoima-ominaisuuksiin. Maksimivoimassa lihasjäännitystaso nousee maksimaalisesti ja voimantuottoaika on suhteellisen pitkä. Nopeusvoimassa on hyvin lyhyt voimantuottoaika ja suuri voimantuottonopeus. Kestovoimasta on kyse silloin, kun tiettyä voimatasoa pidetään yllä suhteellisen pitkään tai tiettyjä voimatasoja toistetaan peräkkäin useita kertoja lyhyillä palautusajoilla. Voimalajien jakoa maksimi-, nopeus- ja kestovoimaan ei voi suorittaa kovin kategorisesti. Ihmisen normaaleissa liikuntasuorituksissa lihaksiston liikenopeus ja lihastyö vaihtelee (Häkkinen 1990).

Ihmiselimistö ja kudokset sopeutuvat sekä rasitukseen että inaktiivisuuteen. Elimistö voidaan sopeuttaa fyysiseen kuormitukseen esimerkiksi systemaattisella voimaharjoittelulla. Voimaharjoittelu on tällöin elimistön "pakottamista" uudelle toiminnallisuuden tasolle. Maksimivoiman lisääntyminen saavutetaan vain kuormittamalla lihaksia riittävän pitkään yli päivittäisen normaalin aktivaatiotason. Voimantuottonopeuden lisääntymiseen taas lihas tarvitsee riittävän korkean ja nopean maksimaalisen kuormituksen (Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995). Ylikuormittavuuden lisäksi harjoittelun toinen tärkeä piirre on spesifisyys: harjoittelun vaikutus ilmenee vain kuormitukselle altistuneissa rakenteissa ja toiminnoissa (Sale 1988, Uusitalo ym. 1988, Delecluse ym. 1995).

3.1.1 Lihasvoima

Voiman lisääntyminen voimaharjoittelun alussa selittyy suurelta osin neuroaalisista tekijöistä, motorisesta oppimisesta, antagonistilihasten aktiivisuudesta, energiankulutuksen vähenemisestä ja koordinaation paranemisesta (Weineck 1984, Enoka 1988, Narici ym. 1989, Sale 1988, Bloomfield ym. 1992, Moritani 1993, Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996, Wojtys 1996). Merkittävämät neuroaaliset muutokset tapahtuvat kahdeksan ensimmäisen viikon aikana. Harjoittelun edetessä (3 - 5 viikkoa) mukaan tulee lihaksen poikkipinta-alan kasvu eli hypertrofia (Weineck 1984, Sale 1988, Bloomfield ym. 1992, Moritani 1993, Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996, Wojtys 1996). Alhaisella voimatasolla motoristen yksiköiden rekrytointi on pääasiallinen lihasvoimaa lisäävä tekijä. Suuremmilla voimatasoilla lihasvoimaa lisää motoristen yksiköiden syttymisnopeus (Moritani 1993). Voiman kehittyminen miehillä ja naisilla on samansuuntainen. Hormonaalista eroista johtuen lopullinen lihaksen kasvu ja voimankehitys on naisilla kuitenkin pienempi (Alway ym. 1990, Häkkinen 1994).

Harjoittelemattomuus ja immobilisaatio johtaa lihaksen atrofiaan ja voiman menetykseen (Appell 1990, Kannus ym. 1992, Häkkinen 1994). Immobilisaatio johtaa lihassäikeiden koon pienenemiseen, lihaksen poikkipinta-alan pienenemiseen sekä

lihaksen painon pienenemiseen ja sitä kautta lihaksen toiminnallisuuden vähenemiseen (Appell 1990, Kannus ym. 1992). Atrofioituneelle lihakselle on tyypillistä katabolinen aineenvaihdunta. Lihaksen proteiinituotanto vähenee ja toisaalta sidekudoksen määrä lihaksessa ja sen ympäristössä lisääntyy.

Immobilisaation aikana lihasvoima vähenee dramaattisesti ensimmäisten viikkojen aikana. Suurimmat muutokset tapahtuvat ensimmäisen viikon aikana, lihasvoiman menetys on tällöin 3 - 4 % päivässä (Appell 1990, Kannus ym. 1992).

Aika hermostolliseen mukautumiseen ja suuruuteen on samanlainen sekä keski-ikäisillä että vanhemmilla henkilöillä (Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996). Hermostollisen järjestelmän vaikutus voiman kehitykseen ikääntyvillä saattaa olla merkittävämpi kuin lihasten hypertrofia. Lihasvoima vähenee ikääntymisen myötä sekä miehillä että naisilla, varsinkin 60-ikävuoden tienoilla. Lihasvoima vähenee n. 30 % ikävuosien 30 - 70 välillä (Åstrand ja Rodahl 1986, Viljanen ym. 1990, Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996). Voiman väheneminen on yhteydessä lihasmassan pienenemiseen, mikä johtuu lihassolujen (erityisesti nopeiden solujen) koon ja määrän pienenemisestä. Lihasmassan pieneneminen taas on osaltaan yhteydessä fyysisen aktiivisuuden vähenemiseen, fyysisen aktiivisuuden intensiteetin vähenemiseen sekä hormonaalisiin muutoksiin (Åstrand ja Rodahl 1986, Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996).

3.1.2 Voimaharjoittelu

Voimaharjoittelun vaikutuksia lihasvoimaan eri ikäisillä miehillä ja naisilla on tutkittu monissa tutkimuksissa. Kahdentoista viikon lihasvoimaharjoittelu 43 - 75-vuotiailla naisilla ja 44 - 75-vuotiailla miehillä lisäsi merkittävästi maksimivoimaa (Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996). Niin ikään kahdentoista viikon voimaharjoittelu Keenin ym. (1994) tutkimuksessa 17 - 74-vuotiailla miehillä ja naisilla lisäsi lihasvoimaa 17.2 % sekä paransi heidän kykyään tuottaa maksimaalinen lihassupistus. Kuuden viikon isometrinen lihasvoimaharjoittelu paransi vastaavasti merkittävästi

lihasvoimaa sekä nuorilla (22.6v.) että vanhoilla (69.2v.) naisilla, eroja ei ollut ryhmien välillä (Timothy ja Kauffman 1985).

Voimaharjoittelun vaikutusta ja siitä seuranneita ilmiöitä on tutkittu paljon myös iäkkäillä henkilöillä. Tulokset osoittavat kasvua lihaksen poikkipinta-alassa ja lihasvoimassa sekä toimintakyvyn parantumista (Fiatarone ym. 1990, Fiatarone 1994, Nelson 1994b, Hunter ym. 1995, Sipilä 1996, Ettinger ym. 1997). Rantasen (1994) tutkimuksessa ikänsä liikuntaa harrastaneilla 50 - 85-vuotiailla naisilla maksimivoimat olivat merkitsevästi paremmat kuin vastaavanikäisten vertailuryhmän naisten. Myöskin runsas tavanomainen fyysinen aktiivisuus, esimerkiksi kotitöiden tekeminen ja kävely olivat yhteydessä hyvin maksimivoimiin. Myös hyvä koettu terveys liittyi vartalon hyvään voimaan. Lisäksi kävelynopeus ja portaalle nouseminen olivat yhteydessä isometriseen maksimivoimaan (Rantanen 1994). Sen sijaan Brownin ja Holloszyn (1993) tutkimuksessa kestävyystyyppinen harjoittelu vuoden ajan ei lisännyt lihasvoimaa 60 - 72-vuotiailla miehillä ja naisilla. Harjoittelu ei todennäköisesti riittänyt korvaamaan iän tuomaa voiman menetystä. Näinollen ikääntymisen myötä ilmenevää hermolihas toiminnan heikkenemistä voitaisiinkin ehkä estää paremmin voiman ja räjähtävän voiman harjoittelulla kuin kestävyystyyppisellä harjoittelulla. Tällöin myös vanhusten toimintakyky pysyisi parempana pidempään (Häkkinen 1994, Häkkinen ja Häkkinen 1995, Häkkinen ym. 1996).

3.1.3 Liikenopeus

Liikenopeudesta on hyötyä erilaisissa päivittäisissä toiminnoissa ja se on olennainen fyysinen ominaisuus lähes kaikissa urheilulajeissa. Esimerkiksi nopeasta reaktioajasta on hyötyä tilanteissa, jotka vaativat nopeita liikkeitä, kuten tasapainon menetys ja sen korjaaminen (MacRae ym. 1996). Liikkeen nopeus muodostuu kyvystä muodostaa nopeata motorista toimintaa mahdollisimman lyhyessä ajassa. Liikkeiden nopeuteen vaikuttavat biomekaaniset tekijät (voiman tuotto, inertia, vipuvarren pituus), lihasten ominaisuudet (lihaksen muoto, lihaksen mekaniikka) ja neurofysiologiset ominaisuudet (hermosto, reaktionopeus, taito, koordinaatio, notkeus) (Bloomfield ym.

1992). Liikenopeus on aika, joka vaaditaan asennon muuttamisesta toiseen asentoon. (Panton ym. 1990).

Nopeustaitavuus on hermolihasjärjestelmän kykyä hyödyntää liikenopeutta paljon taitoa vaativissa suorituksissa tarkoituksenmuksisella ja tehokkaalla tavalla (Mero ym. 1987). Reaktiionopeutta mitataan reaktioajan avulla. Se tarkoittaa aikaa, joka kuluu ärsykkeestä toiminnan alkamiseen. Reaktioaika voidaan vielä jakaa kahteen osaan: esimotoriseen ja motoriseen. Esimotorinen reaktioaika tarkoittaa aikaa, joka kuluu ärsykkeestä sähköisen lihasaktiivisuuden (EMG) alkuun. Motorinen aika puolestaan tarkoittaa aikaa, joka kuluu lihasaktiivisuuden alusta toiminnan alkuun. Rähjähtävä nopeus tarkoittaa lyhytaikaista ja mahdollisimman nopeaa liikesuoritusta, kuten hyppyä ylöspäin (Mero ym. 1987, Panton ym. 1990).

Nopeussuoritus on taitosuoritus, joka on hioutunut monesta osasesta. Hermoston ja lihaksiston yhteistoiminnalla on keskeinen merkitys nopeussuorituksessa ja erikoisesti voiman osuus on monissa nopeuslajeissa ratkaiseva (Mero ym. 1987). Lihaksen voiman (sen poikkipinta-alan) kasvaessa myös siltasidosten määrän kasvaa ja sen myötä myös lihaksen supistusnopeus kasvaa (Weineck, 1984). Nopeussuorituksessa myös rentous, lajitekniikka ja psykologiset tekijät näyttelevät tärkeätä roolia. Maksimaalinen nopeussuoritus aloitetaan hermolihasjärjestelmän rekrytoinnilla, jolloin ensisijaisesti nopeaan voimantuottoon erikoistuneet osat (nopeat motoriset yksiköt) aktivoituvat (Mero ym. 1987).

Urheilussa nopeusominaisuudet voidaan luokitella perusnopeuteen ja lajikohtaiseen nopeuteen. Termiä perusnopeus käytetään kuvaamaan hermolihasjärjestelmän toimintavalmiutta yleisissä nopeutta vaativissa lajeissa kuten 20 metrin juoksussa lentävällä lähdöllä. Lajikohtainen nopeus sisältää reaktiionopeuden, rähjähtävän nopeuden, liikenopeuden ja nopeustaitavuuden (Mero ym. 1987).

3.1.4 Harjoittelun vaikutus liikenopeuteen

Nopeusominaisuudet ovat suuressa määrin synnynnäisiä, mutta harjoittelulla on osoitettu olevan myös vaikutusta niihin. Ikä ja aktiivisuustaso vaikuttavat esimerkiksi reaktioaikaan ja esimotoriseen aikaan. Reaktioaika on selvästi pidempi 6 - 9-vuotiailla kuin 23 - 45-vuotiailla. Reaktioaika pysyy suhteellisen vakaana 45 - 55-vuotiaana, mutta 55 - 85-vuotiaana reaktioaika hidastuu jyrkästi (Adelsberg 1989). Ikään liittyvä neuromuskulaarisen toiminnan heikkeneminen on osoitettu mm. Pantonin ym. (1990) tutkimuksessa. Esimotorinen-, motorinen- ja reaktioaika sekä liikenopeus eivät parantuneet iäkkäillä (70 - 79-vuotiailla) kuuden kuukauden harjoittelun jälkeen. Tutkijat päättelivät, että nämä psykomotoriset ominaisuudet vaativat ehkä pidemmän harjoittelujan parantuakseen (Panton ym. 1990). Myös sukupuolella näyttää olevan vaikutusta, sillä Palovaaran ym. (1992) tutkimuksessa 75-vuotiaat naiset saivat heikompia tuloksia psykomotorisen nopeuden (reaktioaikatestit, tappingtesti) testeissä kuin samanikäiset miehet. Koulutuksen pituus ja kognitiivisten toimintojen taso ovat niin ikään yhteydessä psykomotoriseen ja motoriseen nopeuteen (Era 1987).

Harjoittelulla ja fyysisellä aktiivisuudella on edullinen vaikutus reaktio- ja koordinaatioaikaan. Fyysisesti aktiivisilla henkilöillä oli Adelsbergin ym. (1989) tutkimuksen mukaan lyhyempi reaktio- ja koordinaatioaika kuin inaktiivisilla henkilöillä. MacRae'n ym. (1996) tutkimuksen mukaan säännöllinen juoksuharjoittelu lyhensi reaktioaikaa sekä nuorilla (22-vuotta) että vanhoilla (62-vuotta) henkilöillä verrattuna inaktiivisiin henkilöihin. Myöhemmällä iällä aloitettu säännöllinen harjoittelu pienensi esimotorista aikaa vanhemmilla naisilla (MacRae ym. 1996). Simosen (1997) tutkimus identtisillä mieskaksospareilla (35 - 69-vuotta) osoitti, että vain runsaasti kuormittava ja usein (n. 4 kertaa viikossa) tapahtuva liikunta vaikuttaa reaktioaikaan. Toisaalta Eran (1987) tutkimuksessa vapaa-ajan fyysisellä aktiivisuudella ei näyttänyt olevan yhteyttä nopeusominaisuuksiin. Sen sijaan tutkimuksen mukaan isometrinen käden puristusvoima ja polven ojennusvoima olivat yhteydessä liike- ja reaktionopeuteen 31 - 75-vuotiailla miehillä. Niin ikään intensiivinen kahdentoista viikon räjähtävän voimantuotonharjoittelu Häkkinen ja

Häkkinen (1995) tutkimuksessa paransi huomattavasti voimantuottonopeutta kahdeksan ensimmäisen viikon aikana 43 - 54- ja 66 - 73-vuotiailla naisilla ja 44 - 57- ja 64 - 73-vuotiailla miehillä. Hunterin ym. (1995) tutkimuksessa 60 - 77-vuotiaiden naisten kävelynopeus parani 18.3 % kuudentoista viikon vartalo- ja alaraajalihasten harjoittelulla.

3.1.5 Hermojärjestelmän harjoittaminen

Voimaharjoitusmenetelmät voidaan jaotella ryhmiin lihasjännitystavan perusteella. Dynaaminen voimaharjoittelu jaetaan konsentriseen voimaharjoitteluun ja eksentriseen voimaharjoitteluun. Konsentrisella voimaharjoittelulla on merkitystä suurta voimaa ja liikenopeutta vaativissa lajeissa. Voiman lisäksi harjoittelun seurauksena on hermoston ja lihasten yhteistyön paraneminen. Eksentrisellä harjoittelulla voidaan saada aikaan huippujännityksiä vähemmällä energialla kuin konsentrisella harjoittelulla. Isokineettinen voimaharjoittelu on konsentrisen ja eksentrisen voimaharjoittelun sekamuoto. Sitä voidaan käyttää yleisvoiman tai voimakestävyuden kehittämiseen (Weineck 1984).

Eräs harjoittelun muoto on plyometrinen harjoittelu, jota kutsutaan myös hyppelyharjoitteluksi, kimmoisuusharjoitteluksi, reaktiiviseksi harjoitteluksi tai iskumenetelmäksi (Weineck 1984, Wilk 1993). Plyometrinen tarkoittaa nopeata, voimakasta liikettä, joka sisältää lihaksen esivenytyksen ja siihen liittyy venymis-lyhenemis-syklin aktivoituminen. Plyometrisen harjoittelun kehittäjä venäläinen valmentaja Verkhoshanski 1969 (Wilk 1993). Tässä harjoittelussa venytysrefleksi, lihaksen joustava komponentti ja esihermotus saavat aikaan tehokkaan voimantuoton. Esimerkiksi hyppäämällä alas venytetään lihaksia, jotka myöhemmin toimivat agonisteina. Lihaskäämien laukaisema venytysrefleksi johtaa aktivoitumattomien lihassolujen aktivoitumiseen, jonka ansiosta venytystä seuraavassa supistuksessa voidaan tuottaa enemmän voimaa ja voimantuotto tapahtuu nopeammin. Lihaksen esihermotus määrää alashypyn jälkeen lihaksen esivenytyksen suuruuden ja nopeuden. Lihaksen joustavaa komponenttia voidaan käyttää hyväksi energiavarastona.

Joustavuus voi harjoittelun vaikutuksesta kasvaa, jolloin lihakseen voidaan varastoida enemmän energiaa. Harjoittelulla voidaan parantaa kykyä nopeaan tai räjähtävään voimankäyttöön (Weineck 1984).

Plyometrasta harjoittelua käytetään lajeissa, jotka vaativat maksimaalista voimaa mahdollisimman lyhyessä ajassa. Plyometrisen harjoittelun etuja on mm. hermolihas toiminnan lisääntyminen. Esivenytyksen hyväksikäyttö parantaa myös kykyä koordinoita lihasryhmien välistä aktivaatiota (Wilk ym.1993). Lihaksen nopea venymisvaihe parantaa liikkeiden nopeutta ja voimaa (McArdle ym. 1991).

Plyometriset harjoitteet alaraajoille sisältävät mm. vauhditonta hyppelyä, toistohyppelyä paikalla, syvähyppyjä, pudotushyppyjä, yhden jalan hyppyjä sekä monimuotoisia kahden jalan hyppyjä (McArdle ym.1991). Tunnetuin plyometrinen harjoittelu on pudotushyppyharjoittelu. Pudotushyppy on hyppy korokkeelta, jossa heti maahantulon jälkeen tehdään vertikaalihyppy. Plyometrinen harjoittelu voi olla myös esikevennettyä vertikaalihyppyharjoittelua. Pudotushyppy parantaa lihaksen kykyä tuottaa voimaa ja esikevennetty hyppy parantaa koordinaatiota. Plyometrinen harjoittelu lisää vertikaalista hyppyykorkeutta (Bobbert 1990). Plyometrinen harjoittelu yhdeksän viikon ajan 3 kertaa viikossa paransi merkitsevästi sprinttereiden juoksunopeutta (Delecluse 1995). Hyppelyharjoittelun (lihaksen venymislyhenemisharjoittelu) on lisäksi osoitettu lisäävän 19 - 32-vuotiaiden naisten jalkalihasten mekaanista tehoa. Heidän alaraajojensa ojentajalihasten eksentrisen voimantuotto kasvoi ja samalla lihasten energiankulutus väheni (Kyröläinen ym. 1991).

3.1.6 Lihasten suorituskyvyn mittaaminen

Lihasten maksimaalista voimantuottoa voidaan mitata tarkimmin isometrisillä, isokineettisillä ja isotonisilla dynamometreilla. Isometrinen mittauslaitteisto käsittää telineet, joilla mittaukset voidaan suorittaa vakioidusti. Lisäksi laitteistoon kuuluu anturiosia ja tulostusyksikkö. Maksimivoima mittauksissa toistettavuus on parhaimmillaan noin 4 %, yleensä kuitenkin alle 10 % (Viitasalo ym. 1985a,

Heinonen ym. 1994). Isokineettisen mittauksen periaatteena on, että mitattavat lihakset supistuvat konsentrisesti tai eksentrisesti maksimaalisella voimalla tietyllä nopeudella liikkuvaa vastusta vastaan. Isotonisessa mittaustavassa vastustava kuorma pysyy vakiona ja testissä mitataan liikkeen nopeutta. Voimaa voidaan mitata kenttäolosuhteissa myös suorituskykytesteillä, maksimitoistotesteillä, yhden toiston maksimitesteillä ja painoilla (Viitasalo ym.1985b , Sovijärvi 1994).

Jalkalihasten nopeusvoimaominaisuuksia voidaan mitata staattisella ja esikevennyshypyillä määrittämällä painopisteen nousukorkeus. Mittauksissa käytetään yleisesti kontaktimattoa, jonka mittaama lentoaika muunnetaan nousukorkeudeksi. (Oja 1995). Staattisessa hypyssä käytetään pääosin lihaksen supistuvaa komponenttia. Sen sijaan esikevennyshypyssä ovat myös lihaksen elastiset osat toiminnassa ojentajalihasten venymis-lyhenemisyklissä. Edellytys elastisten osien tehokkaalle toiminnalle on, että supistus tapahtuu todella nopeasti. Muussa tapauksessa elastinen energia muuttuu lämmöksi. Urheilijoilla esikevennetty hyppy nousee noin 10 % kokeammalle kuin staattinen hyppy. Tässä yhteydessä elastisten osien osuus voimantuotossa on n. 5 – 15 % (Mero ym. 1987). Bosco ja Komi (1980) testasivat iän vaikutusta vertikaalihyppykorkeuteen 4 - 73-vuotiailla miehillä ja naisilla. Tulokset osoittavat hyppykorkeuden nousevan tasaisesti lapsuudesta, saavuttaen huippunsa 20 - 30-vuotiaana ja laskien tasaisesti tämän ikävuoden jälkeen sekä miehillä että naisilla. Samanlaiseen tulokseen hyppykorkeuden suhteen ovat tulleet Viljanen ym. (1991).

Vartalon ja yläraajojen voima-nopeus-ominaisuuksia voidaan mitata heittoporttitestillä. Testi suoritetaan heittämällä kahdella kädellä mahdollisimman kovaa pään ylitse eripainoisia palloja seinälle ripustettuun kontaktimattoon. Hermolihas toiminnan nopeutta kuvaa puhtaaimmin reaktioaika. Testissä koehenkilö painaa reaktioaikamittarin painiketta mahdollisimman nopeasti joko näkö- tai kuuloärsyksen havaittuaan (Oja 1995).

3.2 Ketteryys ja siihen vaikuttavat tekijät

Kirjallisuudesta on vaikea löytää yksiselitteistä selitystä ketteryydelle.

Urheilututkimuksissa ja polven kuntoutuksessa erilaiset ketteryysharjoitukset, kuten kahdeksikko-juoksut ovat yleisesti käytettyjä. Ketteryys on liitetty myös toimintakykyä mittaviin tutkimuksiin, joissa sitä kuvataan yleensä psykomotoristen testien yhteydessä. Yleisesti ketteryys on tutkimuksissa liitetty motorisiin taitoihin. Motorinen taito on Higginsin (1991) mukaan motorisen ongelman ratkaisua liikkeen avulla. Mitä parempi on yksilön kyky analysoida ko. ongelma ja kyky hyödyntää olemassaolevat resurssit liikkeen avulla, sitä parempi on motorinen taito. Motorinen oppiminen on prosessi, jolla motorinen taito saavutetaan; toisin sanoen se prosessi, jossa yksilö päämäärään päästäkseen oppii koordinoimaan ja kontrolloimaan liikkeitään automaattisesti.

Motorisesti taitavan suorituksen edellytyksiä ovat liikehallintakyvyt. Ketteryys on eräs liikehallintakyvyn osatekijöistä (Weineck 1984, Punakallio 1997). Se on kyky hallittuun kehon liikkumiseen. Se on kyky vaihtaa asentoa tai suuntaa nopeasti ja tarkasti ilman tasapainon menetystä. Ketteryys riippuu voimasta, nopeudesta, tasapainosta ja koordinaatiosta (Sharkey 1990).

Rantasen (1990) tutkimuksen tulosten mukaan ketteryydestin tulos 50 - 60-vuotiailla naisilla ei vaihdellut liikunta-aktiivisuuden mukaan. Sen sijaan reaktionopeus, aerobinen kapasiteetti, jalkojen ponnistusvoima, vatsalihasten voima, käden puristusvoima ja säären ojennusvoima olivat yhteydessä ketteryyteen. Ketteryys testattiin siten, että tutkittava juoksi tai käveli 5 m päässä olevan merkkiviivan yli. Molemmat jalat ylittivät viivan ja tutkittava kosketti kädellä lattiaa. Tämän jälkeen tutkittava palasi takaisin lähtöasentoon selkä edellä (Rantanen 1990).

Pohjonen ym. (1995) on tutkinut iän merkitystä ketteryyteen eri-ikäisillä kodinhoitajilla ja kotiavustajilla. Ketteryyttä testattiin siten, että koehenkilöä pyydettiin mahdollisimman nopeasti siirtämään 10 puupalikkaa yksitellen alhaalta lattialta ylös pään korkeudella olevalle hyllylle. Tulokset osoittavat, että 45 - 59-

vuotiaiden ryhmät suoriutuivat merkitsevästi hitaammin ketteryysteistä kuin 30- ja 40-vuotiaiden ryhmät. Samoin 40 - 54-vuotiaat palomiehet olivat merkitsevästi 30 - 34-vuotiaita palomiehiä hitaampia ketteryysteissä (Punakallio ym. 1997).

Yleisesti ketteryys liitetään nimenomaan alaraajojen ketteryyteen. Kuntoutuksessa ketteryysharjoituksia on käytetty varsinkin urheilijoilla. Esimerkiksi polven ristisideleikkauksen jälkeinen kuntoutus sisältää erilaisia ketteryysharjoituksia, kuten kahdeksikkojuoksu, sukkulajuoksu (juoksu ja pysähdys), juoksu sivusuunnassa ja 90/90-juoksu (juoksu 10 metriä suoraan, käännös vasemmalle ja juoksu 10 metriä, käännös oikealle ja juoksu 10 metriä) (Markey 1991).

Iän, pituuden ja kehon massan vaikutusta ketteryyteen on tutkittu poikkileikkaustutkimuksessa 13 - 18-vuotiailla urheilijatyttöillä ja -pojilla. Ketteryysmittauksessa käytettiin kahdeksikko-apilanlehti-kuvio-juoksua. Koehenkilöt juoksivat kuvion läpi muodostaen kolme kahdeksikkoa. Tytöillä korkea rasvaprosentti oli yhteydessä huonompiin tuloksiin ketteryys- ja nopeusteissä. Pojilla taas matala rasvaprosentti oli yhteydessä parempaan ketteryys- ja nopeustuloksiin (Bale ym. 1992).

Nelson ym. (1994) tutkivat tupakoinnin yhteyttä neuromuskulaarisiin toimintoihin 65-vuotiailla naisilla. Ketteryys- ja koordinaatiotestit sisälsivät nopean askellustestin, nopean tuoilta ylösnousutestin ja jalan napautustestin. Tulokset osoittivat, että naisilla, jotka tupakoivat nykyisin tai olivat aiemmin tupakoineet oli heikentynyt neuromuskulaarinen toimintakyky verrattuna naisiin, jotka eivät tupakoineet.

Wojtys ym. (1996) tutkivat neuromuskulaarisen toiminnan mukautumista ketteryysharjoitteluun 25-vuotiailla miehillä ja naisilla. He harjoittelivat kuusi viikkoa kolme kertaa viikossa 30 minuutin ajan kahdeksikko-juoksua, ristikävelyä sivulle, nyrkkeilyhyppelyä ja takaperin juoksua. Reaktioaika ja liikenoisuus oli ketteryysharjoittelijoilla lyhyempi verrattuna isotonisesti ja isokineetisesti harjoitelleisiin ryhmiin sekä kontrolliryhmään (Wojtys ym. 1996).

3.2.1 Ketteryyden mittaaminen

Ketteryyttä voidaan mitata erilaisilla kahdeksikkojuoksuilla, joihin käytetty juoksu-aika rekisteröidään (Tegner ym.1986). Valmentajat, etenkin palloilulajeissa, käyttävät ketteryyden mittaamiseen erilaisia juoksuratoja, kuten kahdeksikkojuoksu, apilanlehtijuoksu, joissa radan kiertämiseen käytetty juoksu-aika rekisteröidään (Bale ym. 1992, Scall 1977). Ketteryyttä voidaan mitata myös testillä, jossa henkilö istuu tuolilla täysistunnassa kätet sylissä. Tästä henkilö juoksee tai kävelee tietyn matkan päässä olevan merkiviivan yli tai kiertää tietyn merkkipisteen. Tämän jälkeen hän palaa takaisin joko etu- tai takaperin lähtöasentoon. Rataan käytetty aika rekisteröidään (Rantanen 1990, Bravo ym. 1996). Lusan ym. (1992) kehittämässä ketteryydestissä henkilön pitää liikkua mahdollisimman nopeasti edestakaisin 10 metrin pituinen rata, jossa keskellä on 90 asteen käänös. Henkilö kuljettaa yksitellen neljä palikkaa radan toisesta päästä lattialta radan lähtöpäässä olevaan 40 x 40 suuruiseen neliöön. Tulos on neljään kierrokseen kulunut aika sekunteina. Samantyyppinen ketteryydesti on Pohjosen ym. (1995) sekä Punakallion (1997) käyttämä testi, jossa henkilöä pyydetään mahdollisimman nopeasti siirtämään 10 puupalikkaa alhaalta ylös pään korkeudella olevalle hyllylle. Testin toistettavuus on hyvä.

3.3 Tasapaino ja siihen vaikuttavat tekijät

Pystyasento ja kehon hallinta edellyttävät moniaistillisen järjestelmän toimintaa, hermostollista säätelyä ja lihasvoimaa. Tasapaino on välttämätön perusta päivittäisistä toiminnoista selviämiseen. Hyvää tasapainoa tarvitaan myös toiminnoissa, jotka vaativat suurempaa voimaa, nopeutta ja taitoa (Berg 1989). Terveysteen liittyvistä motorisista ominaisuuksista asennon hallinta lienee tärkein. Asennon hallinta on monitahoinen ilmiö, jota ei voida tyhjentävästi määrittää millään yleisellä tasapainomittarilla, vaan sitä varten pitäisi voida määrittää keskeisten biomekaanisten, motoristen ja sensoristen tekijöiden yhteistoiminta (Oja, 1995).

Tasapainoa voidaan tarkastella useista eri näkökulmasta. Neurofysiologisesta näkökulmasta tasapaino käsittää sensorisen informaation vuorovaikutuksen vestibulaari-, somatosensorisen- ja visuaalisen systeemin välillä (Berg 1989). Vestibulaarinen systeemi välittää tietoa pään asennosta. Somatosensorinen systeemi, proprioseptiikka, iho ja nivelet tuottavat tietoa vartalon liikkeistä. Visuaalinen systeemi tuottaa tietoa ympäristöstä suhteessa vartalon asentoon (Berg 1989).

Luustolihaksissa olevat lihaskäämit eli lihassukkulat mittaavat lihaksen pituutta ja pituuden muutoksia. Tieto välittyy aluksi selkäyttimeen. Ihminen ei tiedosta lihaskäämien hankkimaa informaatiota, mutta asennon säilymisessä tärkeät venytysrefleksit perustuvat siihen. Jänteissä on jännereseptoreiksi sanottuja hermopäätteitä, jotka reagoivat lihasjänteisiin kohdistuvaan venytyksen voimaan. Ihminen ei tiedosta tätäkään informaatiota. Jännereseptoreista lähtevät impulssit hillitsevät automaattisesti lihasliikkeitä ja auttavat näin liikkeiden säätelemisessä tarkoituksenmukisiksi (Guyton 1991, Nienstedt ym. 1991).

Pystyasentoa säädellään sekä ennakoivasti että tilannekohtaisesti. Asennon kontrolli muodostuu näin kahden tyyppisestä prosessista. Ensiksi suljetusta (feedback) kontrollista, jossa erot toivotun ja nykyisen asennon välillä ovat aistittu ja korjattu. Toiseksi avoimesta (feedforward) kontrollista, joka sisältää ojennusreaktioiden aiheuttaman ennakoivan asennon korjauksen ennen varsinaista liikettä (Maki 1993).

Laboratoriossa tutkijat ovat mitanneet huojuntaa ja mekanismeja, joilla tasapaino saavutetaan ulkoisen häirinnän jälkeen. Yleisin asennon hallintajärjestelmä on nilkkastrategia, jossa kehon keskipiste (massapiste) hallitaan nilkan pienillä liikkeillä (Berg 1989). Nilkalla on keskeinen rooli asennon korjauksessa. Painopisteen sijainti on yhteydessä nilkan asennon ja peroneuslihasten aktiivisuuden kanssa. Kun vartalo on epätasapainossa, asennon korjaus tehdään lonkasta (Tropp ja Odenrick 1988). Lonkkastrategia muuttaa kehon massapistettä koukistamalla tai ojentamalla lonkkaa ja vartalon lihaksia. Strategia valinta riippuu häirinnän suuruudesta ja tukipinnan laajuudesta. Suuri häirintä vaatii myös tukiaskeleen (Berg 1989). Panzerin ym. (1995)

tutkiessa 21 - 78-vuotiaita henkilöitä, vanhemmat henkilöt alkoivat käyttää laajempia liikkeitä korjatakseen asentoa, kuten lonkan ja vartalon liikkeitä. Tutkijat päättelivät, että laajempien korjausliikkeiden käyttö johtuu sensorisen informaation vähenemisestä ja motorisen reagoitokyvyn heikkenemisestä (Panzer ym.1995).

Tasapainon säilymistä on tutkittu myös aiheuttamalla erilaisia sensorisia ärsykeitä eri ikäsiellä koehenkilöillä. He ovat seisoneet lattialla tai pehmeällä alustalla silmät kiinni tai auki. He ovat seisoneet pehmeällä alustalla, siten että heille on aiheutettu visuaalista ja vestibulaarista häiriötä. Cohen ym. (1993) tutkimuksen mukaan 25 - 44-vuotiailla ei ollut mitään vaikeuksia tasapainon ylläpitämisessä. Sen sijaan 45 - 64-vuotiailla oli jonkun verran vaikeuksia, samoin kuin 65 - 84-vuotiailla. Viimeksimainitulla ryhmällä oli vaikeuksia myös tilanteissa, joissa silmät oli suljettu. Eniten tasapainovaikeuksia oli 30 - 87-vuotiailla, joilla oli vestibulaarisia oireita (Cohen ym. 1993).

Aivojen käyttämä proprioseptinen, näön tai tasapainoelimen välittämä tieto pystyasennon säätelyssä vaihtelee iän mukaan. Näköaisti ei ole kovin merkittävä pystyasennon säätelyssä 5 - 14-vuotiailla. Heillä säätely tapahtuu proprioseptiikan ja ehkä tasapainoelimen avulla (Sandström 1995). Normaalissa sensorisissa olosuhteissa, näkö ja somatosensorinen tieto ovat hallitsevia orientoitumisessa vaihteleviin olosuhteisiin ja tasapainoon. Iän myötä näköaistin merkitys kasvaa johtuen mm. proprioseptisten refleksien herkkyuden vähenemisestä (Dietz 1992, Sandström 1995). Yli 60-vuotiailla näköaistin arvellaan kompensoivan noin 50 % ruumiin huojuntaa. Tällöin se lienee myös tärkein yksittäinen tasapainon säätelyyn vaikuttava aisti (Sandström 1995). Kun somatosensorinen- ja visuaalinen tieto ovat ristiriidassa asennon huojunnan kanssa, lisääntyy huojunta vanhuksilla merkittävästi. Sama ilmiö nähdään myös pienillä lapsilla (Wollacott ja Scumway 1990). Sensorinen tieto heikkenee iästä tai sairaudesta johtuen, jolloin myös tasapaino heikkenee ja asennon huojunta laajenee (Era 1987, Berg 1989, Wollacott ja Scumway 1990, Jarnlo 1991).

Tasapainon säätely on reflektorista, automaattista ja tietoista. Tarvittaessa ihminen voi keskittyä tasapainon ylläpitämiseen ja voi myös harjoitella sitä. Harjoittelun tai aktiivisuuden laajuus ja määrä, joka estäisi asennon hallinnan huononemisen tai lisääisi tasapainoa on edelleen epäselvä (Berg 1989).

Lihasjeikkous, varsinkin dorsifleksoreiden heikkous voi olla syynä tasapainohäiriöihin vanhemmilla aikuisilla (Wollacott ja Scumway-Cook 1990, Lord ym. 1996). Palovaaran ym. (1992) tutkimus 75-vuotiailla naisilla ja miehillä osoitti, että heikko lihasvoima on yhteydessä huojuntaan ja tasapainoon. Hyvät lonkan ekstensorit helpottavat Yackin ja Bergerin (1993) mukaan vartalon hallintaa yhdellä jalalla seistessä. Lordin ym. (1996) tutkimus taas osoitti, että koordinaation paraneminen oli yhteydessä nilkan dorsifleksoreiden, lonkan ekstensoreiden ja lonkan fleksoreiden voiman paranemiseen 60 - 85-vuotiailla naisilla.

Proprioseptinen harjoittelu 10 viikon ajan 3 kertaa viikossa alensi merkittävästi 16-vuotiaiden tyttöjen ja poikien vartalon huojuntaa (Hoffman ja Payne 1994). Hu ja Wollacott (1994) osoittivat tutkimuksessaan, että tasapainoharjoittelu 10 tuntia viidentoista päivän ajan paransi 65 - 90-vuotiailla vanhuksilla tasapainoa. Heidän mukaansa myös vanhuksat pystyisivät parantamaan asennon hallintaansa sensorisen informaation harjoituksilla. Browin ja Holliszyn (1993) mukaan myös kestävyysharjoittelu vuoden ajan paransi yhdellä jalalla seisomista 60 - 72-vuotiailla naisilla ja miehillä. Niin ikään vuoden kestänyt intensiivinen voimaharjoittelu Nelsonin ym. (1994b) tutkimuksessa paransi 50 - 70-vuotiaiden naisten tasapainoa.

Vastakkaisiakin tuloksia harjoittelun vaikutuksesta tasapainoon on havaittu. (Cox ym.1993, Crilly ym. 1989, Lichtenstein ym. 1989). Nuoret urheilijat (10 - 36 vuotta) harjoittelivat tasapainoa pehmeällä ja kovalla alustalla neljä viikkoa 3 kertaa viikossa 5 minuuttia kerrallaan. Heillä tasapainoharjoittelu ei parantanut huojuntatuloksia (Cox ym. 1993). Vanhuksilla perinteinen harjoittelu, joka sisälsi tasapainoharjoittelu 9 - 16 viikkon ajan 15 minuuttia kerrallaan ei osoittanut paranemista tasapainossa (Crilly ym. 1989 ja Lichtenstein ym. 1989). Tutkijat päättelivät, että harjoitteluaika ja -määrä olivat liian lyhyitä tulosten aikaansaamiseksi. Lichtenstein ym. (1989) tutkimuksessa

taas harjoittelijat olivat paremmin koulutettuja ja heillä oli parempi näkö kuin kontrollihenkilöillä, mikä saattoi tutkijoiden mielestä vaikuttaa tuloksiin.

3.3.1 Tasapainon mittaaminen

Staattista tasapainoa voidaan mitata erilaisilla yhden jalan seisontatesteillä. Henkilö seisoo valitsemallaan jalalla toisen jalan jalkapohja polvitaivetta vasten. Kädet riippuvat sivuilla rentoina. Henkilö pysyy tässä asennossa niin kauan kuin pystyy, maksimissaan 60 sekuntia (Suni ym. 1996). Tasapainoa voidaan testata tässä samassa asennossa myös silmät kiinni tai niin, että pää kääntyy sivulta sivulle tahdissa 50 kertaa minuutissa. Tällöin suorituksen maksimiaika on 30 sekuntia. Toistettavuus tässä testissä ei ole hyvä (Suni ym. 1996).

Staattista tasapainoa voidaan mitata myös niin, että koehenkilö seisoo valitsemallaan jalalla 2.2 cm leveällä metallikiskolla minuutin ajan. Vapaan jalan kosketukset maahan merkataan muistiin (Engström ym. 1993). Edelleen staattista tasapainoa voidaan mitata niin, että koehenkilö seisoo valitsemansa jalan päkiällä 10 cm leveällä puupalkilla. Toinen polvi on 90° koukussa. Koehenkilön tässä asennossa pysymä aika rekisteröidään, maksimissaan 60 sekuntia (Kaikkonen ym. 1994). Staattista tasapainoa voidaan mitata myös voimalevyllä, joka rekisteröi vartalon huojuntaa (Ekdahl ym. 1989, Lichtenstein ym. 1989, Palovaara ym. 1992). Dynaamista tasapainoa voidaan mitata joko- tai takaperin kävelyllä lauttaa tai merkattua viivaa pitkin. Rataan käytetty aika rekisteröidään. (Gehlsen ym. 1990, Pohjonen 1995, Punakallio 1995).

3.4 Dynaaminen tasapaino ja kaatumistapaturmat

Dynaaminen tasapaino voidaan määrittää voiman, nopeuden, tasapainon ja ketteryyden avulla (Heinonen ym. 1996). Nämä ovat motorisen kunnan osa-alueita, joilla on keskeinen yhteys liikkumisvarmuuteen ja liikesujuvuuteen. Tasapainon

ylläpitäminen liikkeessa edellyttää lihas-, aisti- ja kortikaalisten toimintojen yhdistymistä sekä keskittymistä fyysiseen suoritukseen (Numminen ja Välimäki 1995). Huono dynaaminen tasapaino on usein murtumiin johtavien kaatumisien taustalla (Adelsberg 1989, Gehlsen ja Whaley 1990, Maki 1993, Lord ym. 1994, Maki ym. 1994, Myers ym. 1996). Merkittävä voiman ja nopeuden yhteys vartalon huojuntaan ja tasapainoon antaa olettaa, että nämä fysiologiset toiminnot ovat tärkeitä dynaamisen tasapainon ylläpitämisessä (Lord ym. 1996). Niin ikään parantunut lihasten supistusnopeus saattaisi estää kaatumisia, koska tasapainon menetys ja kaatuminen tapahtuvat hyvin nopeasti (Brown ja Holloszy 1993).

Oleellista olisi saada selville kaatumisille alttiit henkilöt ja kehittää ennaltaehkäiseviä strategioita (Berg 1989). Murtumiin johtavia kaatumisia tapahtuu erityisesti ikääntyville osteoporoottisilla naisilla. Useampi kuin joka toinen 50 vuotta täyttänyt suomalainen nainen saa jonkinasteisen osteoporoottisen murtuman myöhemmän elämänsä aikana (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus 1996). Näin kaatumisten ehkäisy on eräs keino ehkäistä osteoporoottisia murtumia. Muita tärkeitä keinoja ovat kaatumisvaaraa lisäävien riskitekijöiden poistaminen elinympäristöstä, väestön liikunnan kaikinpuolinen lisääminen ja tukeminen, raajojen koordinaation, nivelten liikkuvuuden ja lihasvoiman lisääminen (Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus 1996).

Syitä kaatumisiin ovat alentunut pystyasennon hallinta, huonontunut alaraajojen lihasvoima, alentunut liikkuvuus sekä alentunut kontrollointi asennon muutoksissa. Murtumapotilaat ovat myöskin pelänneet kaatumista, olleet heikkoja ja liikunnallisesti inaktiivisia (Jarnlo ja Thorngren 1990, Gehlsen ja Whaley 1990, Jarnlo 1991, Maki ym. 1994). Toistuvasti kaatuvilla henkilöillä oli runsaasti ennakoivia asennon korjauksia. Nämä reaktiot viittaisivat motorisen ohjelmoinnin epäjärjestykseen (Maki ym. 1994). Huojuntatesteissä kaatujat huojuivat enemmän kuin ei-kaatujat sekä silmät kiinni että silmät auki (Maki ym. 1994, Jarnlo 1991). Lonkkamurtumapotilailla oli usein joitakin sairauden oireita ja heillä oli vaikeuksia päivittäisissä toiminnoissa. Heillä oli myös huonompi tasapainon hallinta ja hitaampi kävelyvauhti kuin terveillä verrokeilla (Jarnlo 1991).

Cummingin ja Klinebergin (1994) mukaan neuromuskulaarisilla tekijöillä on keskeinen asema kaatumisissa. Neuromuskulaaristen toimintojen, kuten kävelynopeus, takaperinkävely ja näön heikkeneminen ennustavat kaatumisia 75-vuotiailla naisilla (Molina-Dargent 1996). Chandler ym. (1995) eivät havainneet eroja nuorten aikuisten (20 - 40 vuotta) ja terveiden vanhuksien (60 - 102 vuotta) välillä pystyasennon hallinassa. Koehenkilöiden suojareaktioita tutkittiin vetämällä heitä taaksepäin erisuuruisilla voimilla. Sen sijaan vanhukset (66 - 95 vuotta), jotka olivat kaatuneet viimeisen puolen vuoden sisällä kaksi kertaa tai useammin, käyttivät enemmän suojareaktioita (Chandler ym. 1995). Tämän mukaan ikä ei yksin vaikuta huonoon tasapainoon (Chandler ym. 1995, Maki ym. 1994), mutta ennustaa kyllä patologisia prosesseja, jotka altistavat usein toistuville kaatumisille (Chandler ym. 1995).

Asennon kontrolliharjoitukset saattavat estää joitakin kaatumisia ja siten myös näistä johtuvia murtumia. Viisi viikkoa asennon hallintaharjoituksia, koordinaatioharjoituksia, lihasvoimaharjoituksia ja liikkuvuusharjoituksia tehneet 70-vuotiaat naiset olivat merkitsevästi parempia kahdeksikkokävelyssä, takaperinkävelyssä, yhdelläjalallaseisomisessa silmät kiinni ja auki sekä päätä kääntäen kuin kontrolliryhmäläiset (Jarnlo 1991). Tinetti ym. (1994) tutkimuksessa monipuolinen harjoittelu vähensi merkittävästi 70-vuotiaiden vanhusten kaatumisten määrää ja siirsi ensimmäistä kaatumista myöhemmälle iälle. Toisenlaisia tuloksia on saatu 60 - 74-vuotiailla vanhuksilla. Heillä harjoittelu ei estänyt kaatumistapaturmia (Province ym. 1995).

3.5 Yhteenveto

Kirjallisuuskatsauksesta ilmenee, että voima, nopeus, ketteryys ja tasapaino ovat ominaisuuksia, joita voidaan harjoittelulla parantaa. Varsinkin erillisinä komponentteina edellä mainittuja ominaisuuksia voidaan kuormittavuus- ja spesifisyysperiaatteiden mukaan harjoittaa sekä nuorilla että vanhoilla henkilöillä.

Voiman osuus nopeuslajeissa on ratkaiseva. Esimerkiksi polven ojennusvoima on yhteydessä liike- ja reaktionopeuteen. Vaikka nopeusominaisuudet ovat paljolti synnynnäisiä, voidaan niihin vaikuttaa harjoittelulla. Hyppelyharjoittelu on keino parantaa nopeata voimankäyttöä. Hyppelyharjoittelun etuna on lihaksen elastisen komponentin ja esihermotuksen hyväksikäyttö. Hermolihastoiminnan lisääntyminen, koordinaation paraneminen ja nopea venymisvaihe parantavat liikkeiden nopeutta ja voimaa.

Ketteryys on kirjallisuuden mukaan eräs liikehallintakyvyn osatekijöistä ja se on yhteydessä jalkojen ponnistusvoimaan, vatsalihasten voimaan, tasapainoon ja nopeuteen.

Tasapaino liittyy läheisesti asennon hallintaan. Tasapainoa tarvitsee toiminnoissa, jotka vaativat suurta voimaa, nopeutta ja taitoa. Proprioseptiikan, näön ja tasapainoelimen välittämä tieto on tasapainon kannalta tärkeää, mutta myös lihasvoima on yhteydessä tasapainoon. Harjoittelulla on vaikutusta tasapainoon, mutta edelleen on epäselvää tarvittavan harjoittelun laajuus ja määrä.

Syitä kaatumisiin ovat huono alaraajojen voima, hidas kävelyvauhti, alentunut liikkuvuus, tasapainon heikkous ja alentunut pystyasennon hallinta. Asennon hallintaharjoituksia, koordinaatioharjoituksia ja voimaharjoituksia sisältävällä harjoittelulla on osoitettu olevan vaikutusta kaatumisiin.

4. TUTKIMUSONGELMAT

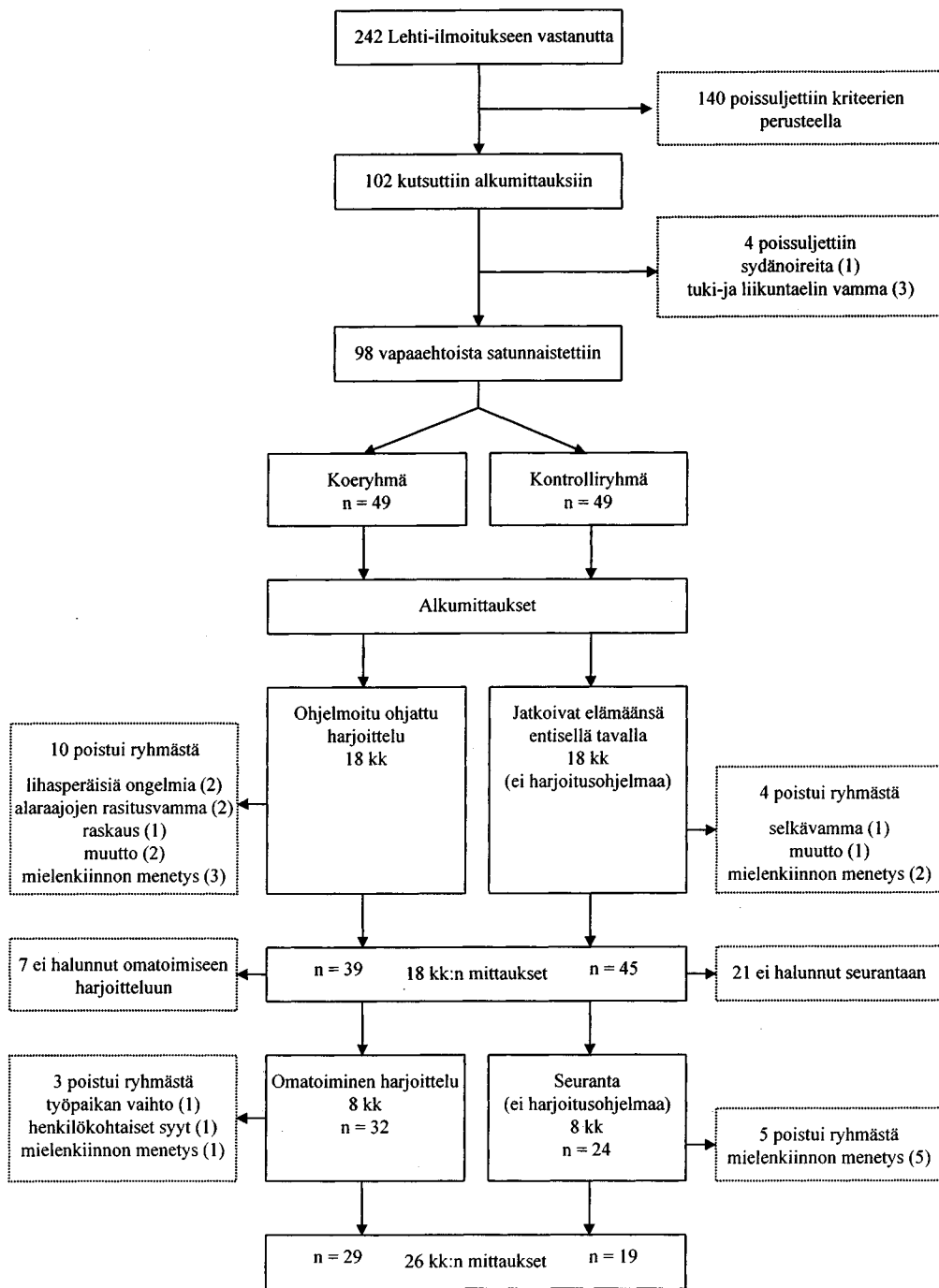
Tutkimuksen tarkoituksena oli

1. selvittää, mitkä tekijät ovat yhteydessä ketteryyteen
2. tarkastella ketteryyden ja sitä selittävien suorituskykytekijöiden vastetta 18 kuukauden ohjattuun liikuntaan (aikaisemmin) vähän tai kohtalaisesti liikuntaa harrastavilla 35 - 45-vuotiailla naisilla
3. seurata todettujen vasteiden pysyvyyttä 8 kuukauden omatoimisen harjoittelun aikana

5. TUTKIMUSASETELMA JA -MENETELMÄT

5.1 Tutkimusasetelma

Kuviossa 1. on esitetty tutkimuksen eri vaiheet, tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden lukumäärä koko 26 kuukauden tutkimuksen aikana Tutkimuksen alussa selvitettiin ketteryyden ja muiden suorituskykymuuttujien välisiä yhteyksiä. Tutkimus oli satunnaistettu kontrolloitu 18 kuukauden liikuntainterventio, jota seurasi 8 kuukauden omatoimisen liikunnan seurantajakso. Mittaukset suoritettiin alussa, 18 kuukauden jälkeen ja 26 kuukauden jälkeen.



Kuvio 1. Tutkimusasetelma ja tutkimuksen eteneminen.

5.2 Koehenkilöt

Koehenkilöiksi valittiin alunperin lehti-ilmoitusten perusteella vapaaehtoisiksi ilmoittautuneista yhteensä 98 premenopausaalista 35 - 45-vuotiasta tervettä naista, jotka satunnaistettiin arpomalla koe- ja kontrolliryhmään (kuvio 1). Hormonistatuksen osalta mukaan tulevilta naisilta edellytettiin normaalia kuukautiskiertoa.

Koehenkilöiden liikunta-aktiivisuus ei saanut ylittää kolmea kertaa viikossa, heillä ei saanut olla aikaisempia alaraajamurtumia tai luustoon vaikuttavia sairauksia, lääkitystä tai erityisruokavaliota. Koehenkilöiden ikä, pituus, paino, rasva-% ja BMI on kuvattu taulukossa 1.

Taulukko 1. Koe- ja kontrolliryhmän iän, pituuden, painon, rasvaprosentin ja kehon koostumuksen (BMI) keskiarvot ja (-hajonnat) alkutilanteessa.

Muuttujat	Koeryhmä (n=49)	Kontrolliryhmä (n=49)
Ikä, v	39 (2)	38 (3)
Pituus, cm	164 (.07)	164 (.01)
Paino, kg	61(7)	61 (5)
Rasva-% ¹⁾	31 (4)	29 (4)
BMI ²⁾	23 (3)	22 (2)

¹⁾ Ihopoimu mitattiin oikean olkavarren takaosasta, kyynärpäähän ja olkavarren puolivälistä (Triceps-ihopoimu), olkavarren etuosasta, haislihaksen päältä (Biceps- ihopoimu), lapaluun alakärjestä (Subscapularis-ihopoimu), suoliluuharjun yläpuolelta (Suprailiakaali-ihopoimu) (John Bull, British Indicators ltd) (Durnin ja Womersleyn 1974).

²⁾ BMI = paino (kg) / pituus (cm) ².

5.3 Fyysisen suorituskyvyn mittaaminen

Fyysisen suorituskyvyn mittaukset teki sama henkilö. Mittaajalla on vaikutusta tuloksiin, mutta vaikutuksen määrää ei pystytä todistamaan.

5.3.1 Isometriset lihasvoimat

Ennen maksimivoimatestiä koehenkilöt tekivät 2 - 3 lämmittelysuoritusta.

Koehenkilöitä pyydettiin suorittamaan voimaponnistus mahdollisimman voimakkaasti ja nopeasti. Suorituksen aikana testaaja antoi verbaalista kannustusta. Koehenkilöt tekivät kolme maksimisuoritusta, joista paras huomioitiin (Heinonen ym. 1994).

Vartalon extensoreiden ja fleksoreiden isometriset voimat mitattiin vartalodynamometrillä (Digitest, Muurame, Suomi). Koehenkilö seiso i lantio ja polvet tuettuina remmeillä laitteistoon. Rintakehän ympäri kiinnitettiin länget, jotka kiristettiin lapaluiden alakulman tasolle siten, että ne eivät päässeet mittausten aikana liikkumaan. Voima-anturi oli asetettu vaakatasoon länkien korkeudelle (Heinonen ym. 1994).

Alaraajojen extensoreiden isometrinen voima mitattiin jalkaprässidynamometrillä (Tamtron, Tampere, Suomi). Koehenkilöt istuivat dynamometrissä pitäen käsiä kädensijoilla. Istuimen sijaintia voitiin siirtää halutun polvikulman (90°, 110°) mukaan, lonkat olivat 45° kulmassa ja nilkat 90° kulmassa.

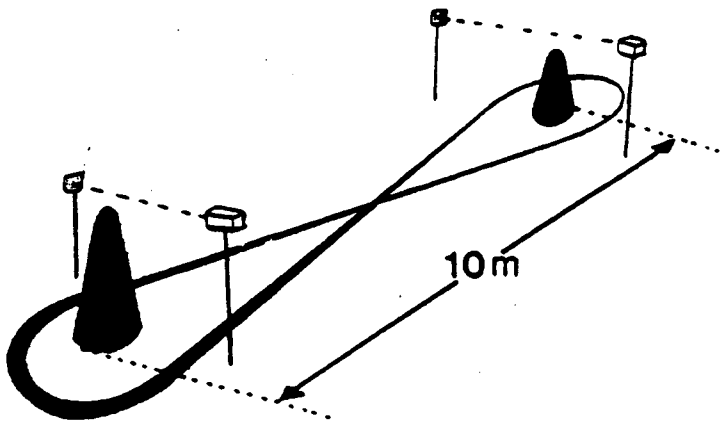
Oikean yläraajan fleksoreiden isometrinen voima mitattiin käsodynamometrillä (Digitest, Muurame, Suomi). Koehenkilö seiso i kyynärnivel 90° kulmassa ja kyynärvarsi oli tuettuna vaakatasoon laitteistossa. Ranne oli neutraalissa asennossa. Toinen käsi oli rentona vartalonvieressä. Voima-anturi oli asennettu kädenkahvaan (Heinonen ym. 1994).

5.3.2 Alaraajojen räjähtävä voima (Hyppytesti)

Hyppytesti suoritettiin kontaktimatolla (Newtest, Oulu, Suomi) (Sillanpää ym. 1995) ilman lisäpainoa sekä 10 %:n lisäpainolla. Koehenkilöt ponnistivat puolikyökystä asennosta esikevennyksellä ylös. Kädet heilahtivat ponnistuksen aikana ylös. Lentoajasta laskettiin hyppykorkeus (H) kaavalla $H=(gt^2)/8$. Koehenkilöt suorittivat kolme hyppyä ilman lisäpainoa ja kaksi hyppyä 10 %:n lisäpainolla, joista parhaat suoritukset huomioitiin.

5.3.3 Ketteryys (8-juoksu)

Ketteryys mitattiin kahdeksikkojuoksulla (Kuvio 2.) Koehenkilöt juoksivat kahdeksikon muotoisen radan kahden merkin välillä, jotka olivat 10 metrin etäisyydellä toisistaan (Tegner ym. 1986). Koehenkilöt tekivät kaksi suoritusta, joista paras juoksuaika huomioitiin. Aika mitattiin valokennojärjestelmän avulla (Newtest, Oulu, Suomi).



Kuvio 2. Kahdeksikkojouksu.

5.3.4 Staattinen tasapaino

Tasapaino mitattiin niin, että koehenkilö seiso valitsemallaan jalalla 2.2 cm leveällä ja 7.5 cm korkealla metallikiskolla minuutin ajan. Kello pysäytettiin joka kerta kun koehenkilö menetti tasapainonsa ja toinen jalka kosketti lattiaa. Kosketukset minuutin ajalta merkattiin muistiin (Engström ym. 1993).

Tasapaino mitattiin myös 9 cm korkealla ja 10 cm leveällä puupalkilla (Kaikkonen ym. 1994). Koehenkilö seiso palkilla valitsemansa jalan päkiällä. Toinen polvi oli koukussa. Koehenkilön tässä asennossa pysymä aika merkattiin ylös. Maksimiaika oli 60 sekuntia. Vartalon huojunta ja käsillä tasapainoilu sallittiin. Kummassakin tasapainotestissä koehenkilöt kokeilivat suoritusta kerran ennen varsinaista testiä.

5.3.5 Kestävyyskunto (2 km:n kävelytesti)

Kestävyyskunto mitattiin 2-kilometrin kävelytestillä. (Oja ym. 1991). Maksimaalinen hapenkulutus (VO₂ max) laskettiin kävelyajan, loppusykkeen, iän, sukupuolen ja suhteellisen painon perusteella (Laukkanen 1993). Sydämen syke mitattiin sykemittarilla (Sport Tester PE 3000, Polar Electro, Kempele, Suomi).

5.4 Harjoitusohjelma

Koehenkilöiden ohjattu 18 kuukauden harjoittelu tapahtui UKK-instituutissa 3 kertaa viikossa. Harjoittelu sisälsi 15 minuuttia lämmittelyä, 20 minuuttia hyppyjä, nopeaa voimantuottoa ja monipuolisia liikesuuntia sisältävän osuuden (high-impact), 15 minuutin lihasvoima- ja venyttelyosuuden sekä 10 minuutin loppuverryttelyn ja rentoutuksen (Heinonen ym. 1996).

Harjoittelun rasittavin osuus toteutettiin joko aerobic-hyppy-ohjelmana tai step-ohjelmana. Aerobic-hyppy-ohjelman harjoitusten voimakkuutta lisättiin asteittain

lisäämällä vaahtomuoviesteen korkeutta 10 cm:stä 25 cm:iin 5 cm:n korotuksin. Step-ohjelman harjoitusten kuormitusvoimakkuutta lisättiin asteittain lisäämällä step-laudan korkeutta 5 cm:stä 25 cm:iin. Aiemmin pilottitutkimuksessa oli voimalevyanturilla (Reute Oy, Lahti, Suomi) mitattu harjoitusten kuormitusvoimakkuudet, jotka vaihtelivat 2.1:stä 5.6:een verrattuna kehon painoon.

Ensimmäisen 4 kuukauden jakson ajan koehenkilöt totuttelivat harjoitusohjelmaan ilman esteitä sekä alimmalla step-laudalla. Seuraavina 4 kuukauden jaksoina harjoittelun kuormitusta lisättiin asteittain korottamalla esteiden ja step-laudan korkeutta. Hyppyjen määrä sen sijaan aleni asteittain, ollen ensimmäisen jakson aikana 200 ja seuraavina jaksoina 150, 120 ja 100.

Koeryhmäläiset pitivät koko harjoittelujakson ajalta liikuntapäiväkirjaa (liite 1). Kontrollihenkilöitä pyydettiin säilyttämään nykyinen fyysinen aktiivisuus 18 kuukauden aikana. Heidän liikuntaansa kontrolloitiin 4 kuukauden välein kyselyllä. Lisäksi 8 kuukauden ja 12 kuukauden kohdalla sekä kontrolliryhmän että koeryhmän päivittäinen fyysinen aktiivisuus mitattiin askelmittarilla (Fitty-3 Electronic, Uttenreucht, Saksa).

Kahdeksantoista kuukauden harjoittelun jälkeen koehenkilöitä pyydettiin edelleen jatkamaan 8 kuukautta omaehtoisesti 3 kertaa viikossa harjoitteluohjelman tyyppistä liikuntaa tai vaihtoehtoisena liikuntana mailapelejä, kävelyä, hölkkää ja reipasta voimistelua. Yhden harjoituskerran pituus oli n. 60 minuuttia. Kontrollihenkilöitä pyydettiin edelleen säilyttämään fyysinen aktiivisuutensa entisellä tasolla.

Seurantajakson aikana molemmat ryhmät täyttivät liikuntapäiväkirjaa kuukausittain. Liikuntapäiväkirjaan merkattiin päivittäinen yhtäjaksoinen yli 30 minuuttia kestävä liikunta, tutkimusohjelman mukainen liikunta, päivittäinen kuntoilu- ja virkistysliikunta sekä työmatkaliikunta. Liikuntakerroista merkattiin liikuntalaji ja liikunnan kesto. Liikuntapäiväkirjat kerättiin kuukausittain ja tarkastettiin.

5.5 Tilastolliset menetelmät

Tutkimustulosten tilastollisessa analyysissä käytettiin SPSS/PC+-ohjelmistoa.

Muuttujien tunnusluvuista on esitetty keskiarvo ja keskihajonta. Ketteryyden ja muiden muuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin Pearsonin korrelaatiokertoimella.

Askeltavalla regressioanalyysillä tarkasteltiin, mitkä tekijät selittivät voimakkaimmin ketteryyttä. Ryhmäkeskiarvojen välisiä muutosten eroja intervention ja seurannan jälkeen testattiin riippumattomien otosten Studentin t-testillä.

6. TUTKIMUSTULOKSET

6.1 Ketteryyttä selittävät tekijät

Pearsonin korrelaatiokertoimella selvitettiin oliko ketteryys yhteydessä muihin mittattuihin muuttujiin (Taulukko 2). Kun tarkasteltiin kaikkia tutkittavia (n=98) alkumittauksessa voitiin havaita, että voimakkaimmin ketteryyden kanssa korreloivat hyppy ilman painoa ($r = -0.30$), hyppy 10 %:n lisäpainolla ($r = -0.37$), staattinen tasapaino (kosketukset) ($r = 0.34$), selkälihasvoima ($r = -0.30$), ja vatsalihasvoima ($r = -0.26$).

Taulukko 2. Ketteryyden yhteydet eräisiin fyysistä suorituskykyä kuvaaviin tekijöihin 35 - 45-vuotiailla naisilla (n=98) tutkimuksen aloitusvaiheessa. Pearsonin korrelaatiokertoimet (r) ja p-arvot ketteryyden (kahdeksikkojuoksu) ja muiden muuttujien välillä.

Ketteryys (alkumittaus)	Muut muuttujat (alkumittaus)
-0.08 (p = .45)	Alaraajaajoen isom. voima 110° (kg)
-0.17 (p = .10)	Alaraajaajoen isom. voima 90° (kg)
-0.26 (p = .01)	Vatsalihasten isom. voima (kg)
-0.30 (p = .003)	Selkälihasten isom. voima (kg)
-0.11 (p = .29)	Oik.yläraajan isom. voima (kg)
-0.30 (p = .003)	Hyppykorkeus (cm) ilman lisäpainoa
-0.37 (p = .000)	Hyppykorkeus (cm) 10 % lisäpaino
-0.19 (p = .07)	Staattinen tasapaino (s)
0.34 (p = .001)	Staattinen tasapaino (kosketukset)
-0.16 (p = .12)	VO2 max (ml/min/kg)
0.06 (p = .57)	Paino (kg)
0.16 (p = .11)	Rasva-%

Askeltavalla regressioanalyysillä tarkasteltiin ketteryyteen yhteydessä olevia tekijöitä (Taulukko 3.). Regressiomalliin otettiin mukaan selittävänä tekijänä muuttujat, jotka korreloivat voimakkaimmin ketteryyden kanssa. Hyppytesti 10 %:n painolla ja

vatsalihastesti yhdessä selittivät 18.7 % ketteryytulosten vaihtelusta. Näiden jälkeen selkäliahastesti, staattinen tasapaino (kosketukset) ja alaraajatesti 90° eivät enää lisänneet tilastollisesti merkitsevästi mallin selityssastetta.

Taulukko 3. Ketteryyttä kuvaavan 8-juoksuaikaan yhteydessä olevat testit. Regressioanalyysin tulokset.

	B	SE^b	t	p-arvo
Vakio	9.35	0.62		
Hyppytesti (cm)	-5.23	1.41	-3.7	< .001
Vatsalihastesti (kg)	-0.017	0.007	-2.5	.015
$R^2 = 0.187$ (mallin selityssaste)				

SE^b = regressiokertoimen keskivirhe

B = regressiokerroin

t = t-testisuureen arvo

6.2 Liikuntaintervention toteutuminen

Alkumittausten jälkeen koeryhmästä poistui 10 henkilöä (20%) ja kontrolliryhmästä 4 henkilöä (8%) (Kuvio 1). 18 kuukauden ohjatun intervention jälkeen suoritettiin halukkuuskysely seurannasta. Mukana pysyneistä halukkuutensa seurantatutkimukseen ilmoitti 32 koehenkilöä ja 24 kontrollihenkilöä. Seurannan aikana koeryhmästä poistui 3 henkilöä (9%) ja kontrolliryhmästä 5 henkilöä (21%). Kato-joukko ei poikennut taustaltaan muista tutkittavista.

Antropometriset mitat ja kehon koostumus eivät muuttuneet kummallakaan ryhmällä 26 kuukauden aikana.

Kahdeksantoista kuukauden ohjatun harjoittelun lisäksi koeryhmäläiset harrastivat muuta liikuntaa 2 kertaa viikossa n. 50 minuuttia kerrallaan. Kahdeksan kuukauden seurantajaksolla koeryhmäläisten muu liikunta pysyi samana. Omatoimista ohjatun harjoittelun tyypeistä liikuntaa harjoitettiin keskimäärin 1,8 kertaa viikossa, kun

tavoite oli kolme kertaa viikossa eli toteuma harjoittelussa oli 60%. Kontrollihenkilöt säilyttivät fyysisen aktiivisuutensa entisellä tasolla.

6.3 Harjoittelun vaikutukset

Taulukossa 4. on esitetty voima-, nopeus-, ketteryys- ja tasapainotestien tulokset. Alkutilanteessa ei ollut tilastollista eroa ryhmien välillä. Tärkeimmät muutokset koeryhmän tuloksissa 18 kuukauden harjoittelun jälkeen olivat alaraajojen nopeusvoimassa ja ketteryysominaisuuksissa. Muutos 18 kuukauden harjoittelussa koeryhmällä näkyy selvimmin myös nopeusvoiman tuloksissa verrattuna kontrolliryhmään. Hypyssä ilman painoa koeryhmän muutos oli 8 % ja lisäpainolla 20 %. Vastaavasti kontrolliryhmällä hypyssä ilman painoa ei ollut muutosta ja lisäpainolla muutos oli 16 %. Ero ryhmien välillä hypyssä ilman painoa oli merkitsevä ($p = 0.05$), samoin ero hypyssä lisäpainolla oli merkitsevä ($p = 0.01$). Myös kahdeksan kuukauden seurannan jälkeen koeryhmäläiset olivat nopeampia ketteryyttä kuvaavassa 8-juoksussa ($p = 0.03$) kuin kontrolliryhmäläiset. Isometristen voimien arvot vaihtelivat koeryhmällä 5 - 19 %:n välillä 18 kuukauden kohdalla ja 2 - 6 %:n välillä 26 kuukauden kohdalla. Vastaavasti kontrolliryhmän isometristen voimien arvot vaihtelivat 4 - 6 %:n välillä 18 kuukauden kohdalla ja 2 - 10 %:n välillä 26 kuukauden kohdalla.

Taulukko 4. Muuttujien keskiarvot ja (-hajonnat) alkutilanteessa (Studentin t-testi), 18 kk:n harjoittelujakson ja 26 kk:n seurannan jälkeen. Koeryhmä (n=29) harjoitteli 18 kk ohjatusti ja 8 kk omatoimisesti. Kontrolliryhmä (n=19) ei harjoitellut, vaan vietti normaalia elämäänsä koko tutkimuksen ajan. P-arvot 18 kk:n harjoittelujakson ja 26 kk:n seurantajakson jälkeen.

Muuttujat	Kontrolliryhmä (n = 19)			Koeryhmä (n = 29)			P-arvo* (18 kk)	P-arvo** (26 kk)
	Alku- mittaus	18 kk:n mittaus	26 kk:n mittaus	Alku- mittaus	18 kk:n mittaus	26 kk:n mittaus		
Alaraajojen isometrinen voima 110° (kg)	189 (45)	216 (49)	204 (45)	209 (55)	247 (78)	219 (56)	0.14	0.33
Alaraajojen isometrinen voima 90° (kg)	131 (20)	134 (13)	131 (14)	141 (26)	148 (33)	143 (31)	0.05	0.10
Vatsalihasten isometrinen voima (kg)	40 (6)	42 (7)	38 (5)	40 (8)	46 (10)	38 (8)	0.15	0.78
Selkähäisten isometrinen voima (kg)	58 (9)	60 (9)	56 (10)	59 (8)	62 (10)	55 (7)	0.55	0.70
Oik.yläraajan isometrinen voima (kg)	17 (4)	17 (3)	16 (3)	18 (4)	17 (3)	15 (3)	0.51	0.76
Hyppykorkeus (cm), ilman lisäpainoa	24 (.05)	24 (.05)	28 (.05)	25 (.04)	26 (.04)	29 (.05)	0.05	0.92
Hyppykorkeus (cm), 10 % lisäpainolla	20 (.04)	27 (.04)	24 (.05)	21 (.03)	30 (.04)	26 (.04)	0.01	0.15
Kahdeksikkojuoksu (s)	6.5 (.6)	6.5 (.5)	6.5 (.4)	6.5 (.6)	6.1 (.4)	6.2 (.4)	0.01	0.03
Tasapaino (s)	35 (21)	56 (13)	50 (16)	37 (22)	55 (11)	54 (10)	0.87	0.26
Tasapaino (kosketukset)	4 (4)	2 (2)	2 (4)	4 (4)	1 (2)	2 (3)	0.28	0.76
VO2max (ml/min/kg)	38 (3)	38 (3)	40 (2)	36 (3)	38 (3)	38 (3)	0.07	0.13

* Muutoksen erot ryhmien välillä 18 kk:n intervention jälkeen

** Muutoksen erot ryhmien välillä 12 kk:n jälkeen

7. POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää pitkäkestoisen hyppyharjoittelun vaikutusta ketteryyteen. Lisäksi pyrittiin selvittämään ketteryyden yhteyttä isometriseen lihasvoimaan, nopeuteen ja staattiseen tasapainoon ennen harjoittelua ja harjoittelun jälkeen.

Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että hyppytyyppinen harjoittelu parantaa ketteryyttä ja nopeusominaisuuksia 35 - 45-vuotiailla naisilla ja, että ketteryys on yhteydessä alaraajojen nopeusvoimaan ja vatsalihasvoimaan.

Tässä tutkimuksessa käytetyt mittarit ovat toistettavia ja useissa tutkimuksissa käytettyjä (Heinonen ym. 1994, Heinonen ym. 1996). Koska tämä tutkimus on osa laajempaa tutkimushanketta, jonka päätarkoituksena oli selvittää hyppytyyppisen harjoittelun vaikutusta 35 - 45-vuotiaiden naisten luustoon (Heinonen ym. 1996), mittareiden herkkyyks saattaa olla riittämätön mittaamaan ketteryyttä ja sitä selittäviä tekijöitä. Varsinkin tasapainomittarit saattavat olla liian karkeita, eivätkä välttämättä anna riittävää hajontaa tutkittavien kesken. Tähän mennessä ei ole kehitelty mitään yleisesti hyväksyttyä laboratorio- tai kenttäolosuhteisiin soveltuvaan tasapainomittausta. Koska tasapaino on merkittävä fyysisen toiminta- ja suorituskyvyn osa-alue, tarvittaisiin hyvä ja toistettava mittaumenetelmä (Berg 1989). Ketteryys on niin ikään yhteydessä moniin erityistaitoihin, joten sitä on vaikea mitata yhdellä testillä. Yksi testi ei Sharkeyn (1990) mukaan ennusta ketteryyttä kaikissa tilanteissa. Tässä tutkimuksessa käytettiin kahdeksikkojuoksua ketteryyttä mittaavana testinä, mikä kuvaa ketteryyteen olennaisesti kuuluvaa nopeutta, koordinaatiota ja vartalon hallintaa (Sharkey 1990).

Muuttujien korrelaatiokertoimet ovat pieniä, joten tässä tutkimuksessa ei voida tehdä pitkälle meneviä johtopäätöksiä. Vaikka korrelaatiokertoimet eivät olleet korkeita, voidaan todeta, että ketteryys oli tutkimuksen alkutilanteessa yhteydessä alaraajojen nopeusvoimaan ja vatsalihasvoimaan. Tosin hyppytesti lisäpainolla ja vatsalihastesti

selittivät ketteryytulosten vaihtelusta vain 18.7 %, joten jatkossa olisi selvitettävä, mitkä muut tekijät ovat ketteryyden kannalta tärkeitä. Myös Rantasen (1990) tutkimus osoitti jalkojen ponnistusvoiman ja vatsalihasvoiman yhteyden ketteryyteen 50- 60-vuotiailla naisilla. Wojtysin ym. (1996) tutkimus, jossa varsinaisesti harjoiteltiin alaraajojen ketteryyttä kahdeksikko-juoksulla, ristikävelyllä, nyrkkeilyhyppelyllä ja takaperinjuoksulla, osoitti niin ikään alaraajojen nopeusvoiman parantuvan. Tulokset tukevat tämän tutkimuksen tuloksia.

Sitä säilyykö alkutilanteen yhteys ketteryyden ja muiden muuttujien välillä, ei voitu tässä tutkimuksessa selvittää. Harjoittelua voidaan pitää yhtenä sekoittavana tekijänä. Toiseksi tutkittavien pienestä määrästä johtuen regressiomallia ei voida enää 18 kuukauden kohdalla tehdä luotettavasti. Tällöin myös koe- ja kontrolliryhmät pitäisi erottaa, jolloin regressiomallin käyttö entisestään pienellä koehenkilömäärällä (n=35) on epäluotettavampi.

Merkitsevimmät muutokset lihasvoiman suhteen tässä tutkimuksessa näkyivät alaraajojen nopeusvoimaominaisuuksissa. Ne muuttuivat merkitsevästi ohjatun harjoittelun aikana. Hyppy 10 %:n lisäpainolla parani merkitsevästi koeryhmällä intervention aikana. Harjoitteluun nähden tulos oli odotettu. Harjoittelun spesifisyys vaikuttaa tuloksiin (Sale 1988). Harjoittelu oli tässä tutkimuksessa hyppytyyppistä harjoittelua ja juuri hyppelyharjoittelulla voidaan harjoittaa lihasten nopeusvoimaa (Weineck 1984). Tämä selittää sen, että hyppykorkeustulokset paranivat enemmän kuin isometrinen lihasvoima. Spesifisyyden vaikutus on osoitettu esimerkiksi lentopalloilijoiden plyometrisissa harjoituksissa (Salen 1988). Hyppimällä he harjoittavat venytysrefleksin ja supistuvan komponentin hyväksikäyttöä. He pystyvät heti alastulon jälkeen tuottamaan enemmän ja nopeammin voimaa kuin ei-harjoitelleet. Tämän tutkimuksen tulokset olivat saman suuntaiset. Niin ikään Häkkisen ym. (1995, 1996) tutkimukset ovat osoittaneet hyppelyharjoittelun parantavan nopeusominaisuuksia. Tämän tyyppistä harjoittelusta saattaisi näin ollen olla hyötyä vanheneville henkilöille ylläpitämään ja edistämään hermolihastoimintaa ja myöskin ehkäisemään kaatumisia.

Rutherford ja Jones (1986) osoittivat tutkimuksessaan, että mitä monimutkaisemmasta liikkeestä on kyse, sen kauemmin kestää ennenkuin liikkeen hermostolliset yhteydet ovat vahvistuneet. Reisilihaksen supistuminen on samanlaista esimerkiksi kyykistymisessä, hyppimisessä, juoksussa, pyöräilyssä, mutta supistumisjärjestys fiksoivissa lihaksissa vaihtelee jokaisessa suorituksessa. Toiminnan kannalta spesifisestä harjoittelusta on enemmän hyötyä kuin yksittäisten lihasten voimaharjoittelusta, koska neuraalinen oppiminen ja koordinaation paraneminen helpottavat suoritustapaa. Myös Sale (1988) on osoittanut, ettei voimankäyttö suorituksissa määräydy pelkästään harjoittelun määrän ja laadun mukaan, vaan myös harjoittelutavan mukaan. Hyvällä koordinaatiolla ja kyvyllä aktivoida fiksoivia lihaksia saadaan voima paremmin hyödynnettyä suorituksessa. Siten monipuolinen ja monisuuntainen hyppelyharjoittelu, kuten tässä tutkimuksessa voisi parantaa kehon hallintaa ja liikkumisvarmuutta monipuolisesti.

Tulosten mukaan ketteryyssominaisuudet paranivat merkitsevästi koeryhmällä intervention aikana. Koska ketteryys riippuu voimasta, nopeudesta ja koordinaatiosta (Sharkey 1990), oli tulos harjoitteluun nähden odotettu. Koska hyppelyharjoittelu paransi alaraajojen isometristä voimaa ja nopeusvoimaa, on luonnollista, että myös ketteryys parani. Koska koeryhmän ketteryyssominaisuudet myös 8 kuukauden seurannassa erosivat merkitsevästi kontrolliryhmän tuloksista, voidaan olettaa, että harjoitus on selkeimmin vaikuttanut juuri ketteryyteen.

Tasapaino ei muuttunut merkitsevästi tässä tutkimuksessa verrattuna kontrolliryhmään. Tulokset paranivat jonkun verran molemmilla ryhmillä 18 kuukauden aikana. Koska myös kontrolliryhmän tulokset paranivat 18 kuukauden harjoittelun aikana, voidaan olettaa, että kyse on uusintatesteissä aina ilmenevästä oppimisesta (Wojtys 1996). Tutkimustulosten erot kirjallisuudessa voivat johtua erilaisista tasapainoa kuvaavista muuttujista ja käytössä olleista menetelmistä. Tutkimuksissa, joissa tasapaino on intervention jälkeen parantunut, ovat henkilöt spesifisti myös harjoitelleet tasapainoa (Hoffman ja Payne 1994, Hu ja Wollacott 1994).

Tässä tutkimuksessa mitattiin staattista tasapainoa, vaikka interventio ei varsinaisesti sisältänyt mitään tasapainoa harjoitettavaa osaa. Onkin syytä kysyä, oliko staattisen tasapainotestin valinta mielekäs? Kun vielä tiedetään, että jokapäiväisessä elämässä tarvitaan enemmän dynaamista tasapainoa ja se on kaatumisten kannaltakin olennaisempi, kysymys on entistäkin tärkeämpi. Toisaalta ei tiedetä, mikä tasapainotesti olisi tärkein kun halutaan määritellä henkilöt, joilla on riski kaatua. Jarnlon (1991) mukaan dynaaminen tasapainotesti, kuten kahdeksikko kävely/juoksu on parempi kuin yhdellä jalalla seisominen. Gehlsen ym. (1990) ehdottaakin, että staattinen yhden jalan testi olisi tekijä, joka erottelee kaatujat ei-kaatujista. Makin ym. (1994) tutkimuksen mukaan parhaiten kaatumista ennusti huojuntatesti silmät peitettynä.

Tasapainon luokittelu staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon on Bergin (1989) mukaan epätäydellinen, koska se jättää huomiotta kehon pienet automaattiset reaktiot asennon ylläpitämisessä. Dynaaminen tasapaino on liian yleinen termi. Bergin (1989) mukaan käytännöllisempi tapa kuvata tasapainoa on toiminnallisen tasapainon kuvaus, kuten: asennon ylläpitäminen, asennon sovittaminen liikkeisiin ja reaktiot ulkoisiin ärsykkeisiin. Tämä osoittaa miten vaikeata on mitata tasapainoa ottaen huomioon edellä mainitut seikat asennon ylläpitämisessä.

Koska toiminnallinen tasapaino on kuitenkin merkittävä asennon ylläpidossa ja asennon säätelyssä, puoltaa tasapainon mittaaminen paikkaansa tässäkin tutkimuksessa. Koska harjoittelulla on osoitettu paranemista tasapainossa (Lord ym. 1996), olisi ollut syytä kohdentaa interventio spesifisemmin myös tasapainon harjoitteluun. Merkittävä yhteys Frändin ym. (1995) mukaan on osoitettu olevan staattisen- ja dynaamisen tasapainon sekä polven ojennusvoiman, kävelynopeuden ja portaidennousukyvyyn välillä. Tämä tulos korostaa entisestään toiminnallisen tasapainon merkitystä.

Hyvä tasapaino vaatii nopeutta ja voimaa, jotka tässä tutkimuksessa paranivat koeryhmän jäsenillä. Parantamalla mittareiden herkkyyttä olisi tasapainotulokset

saattaneet parantua myös tässä tutkimuksessa käytetyllä hyppytyyppisellä harjoittelulla.

8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että ketteryys on yhteydessä alaraajojen nopeusvoimaan ja vatsalihhasvoimaan. Lisäksi voidaan todeta, että pitkäkestoinen hyppytyyppinen harjoittelu parantaa alaraajojen nopeusvoimaa ja ketteryyttä ja 35 - 45-vuotiailla naisilla.

Käytetyistä menetelmistä on kuitenkin todettava, etteivät ne ilmeisesti ole riittävän kattavia ja spesifisiä luotettavasti kuvaamaan dynaamisen tasapainon osatekijöitä ja niissä harjoittelun vaikutuksesta tapahtuvia muutoksia. Tutkimuksen heikkoutena on niinikään suuri kato-joukko. Kato-joukon henkilöt eivät kuitenkaan taustaltaan poikenneet muista tutkittavista, joten tulkintoja voidaan tehdä.

Lisäksi voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa käytetty hyppytyyppinen harjoittelu vähentää eräitä kaatumisen riskitekijöitä. Jatkotutkimuksella olisi hyödyllistä selvittää mittarit, joilla ketteryyttä voitaisiin mitata luotettavasti sekä selvittää, mitkä muut tekijät kuin alaraajojen nopeusvoima ja vatsalihastenvoima ovat ketteryyden kannalta tärkeitä.

LÄHTEET

Adelsberg S., Pitman M., Alexander H. 1989. Lower extremity fractures: Relationship to reaction time and coordination time. *Arch Phys Med Rehabil* 70:737 - 739.

Alway S., Stray-Gundersen J., Grumbt W., Gonyea W. 1990. Muscle cross-sectional area and torque in resistance-trained subjects. *Eur J Appl Physiol* 60:86 - 90.

Appell H-J. 1990. Muscular atrophy following immobilization. *Sports Med* 10:42 - 58.

Bale P., Mayhew J., Piper F., Ball T., Willman M. 1992. Biological and performance variables in relation to age in male and female adolescent athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 32:142 - 147.

Berg K. 1989. Balance and its measure in the elderly: a review. *Physiotherapy Canada* 41:240 - 246.

Bloomfield J., Fricker P., Fitch K. 1992. Textbook of science and medicine in sport. Blackwell Scientific Publications. Australian Sports Commissions. 1992.

Bobbert M. 1990. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Med* 9:7 - 22.

Bosco C., Komi P. 1980. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol* 45:209 -219.

Bravo G., Gauthier P., Roy P-M., Payette H., Gaulin P., Harvey M., Peloguin L., Dubois M-F. 1996. Impact of a 12-month exercise program on the physical and psychological health of osteopenic women. *J Am Geriatr Soc* 44:756 - 762.

Brown M., Holloszy J. 1993. Effects of walking, jogging and cycling on strength, flexibility, speed and balance in 60- to 72-years olds. *Aging* 5:427-434.

Chandler J., Duncan P., Studenski S. 1990. Balance performance on the postural stress test: Comparison of young adults, healthy elderly and fallers. *Physical Therapy* 70:410 - 415.

Cohen H., Blatchly C., Gombash L. 1993. A Study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Physical Therapy* 73:346 - 354.

Cox E., Lephard S., Irrgang J. 1993. Unilateral balance training of noninjured individuals and the effects on postural sway. *J Sport Rehab* 2:87 - 96.

- Crilly R., Willems D., Trenholm K., Hayes K., Delaquerrie're-Richardson. 1989. Effect of exercise on postural sway in the elderly. *J Gerontol* 35:137 - 143.
- Cumming R., Klineberg R. 1994. Fall frequency and characteristics and the risk of hip fractures. *J Am Geriatr Soc* 42:774-778.
- Delecluse C., Coppennolle H., Willems E., Leemputte M., Diels R., Goris M. 1995. Influence of high-resistance and high-velocity training on sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 27:1203 - 1209.
- Dietz V. 1992. Human neuronal control of automatic functional movements: Interaction between central programs and afferent input. *Physiological Reviews* 72:33 - 58.
- Durnin JVGA, Womersley J. 1974. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurement on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr* 32:77-97.
- Ekdahl C., Jarnlo B., Andersson S. 1989. Standing balance in healthy subjects: Evaluation of a quantitative test battery on a force platform. *Scand J Rehab Med* 21:187 - 195.
- Engström L-M, Ekblom B, Forsberg A, Koch M, Seger J. 1993. Teoksessa: Livsstil-Prestation-Hälsa. AB Danagard Grafiska, Ödeshög 1993.
- Enoka R. 1988. Muscle strength and its development new perspectives. *Sports Med* 6:146 - 168.
- Era P. 1987. Sensory, psychomotor, and motor functions in men of different ages. *Scand J Soc Med Suppl* 39. University of Jyväskylä 1987.
- Ettinger W., Burns R., Messier S., Applegate W., Rejeski W., Morgan T., Scmaker S., Berry M., O'Toole M., Monu J., Craven T. 1997. A randomized trial comparing aerobic exercise and resistance exercise with a health education program in older adults with knee osteoarthritis. *JAMA* 277:25 - 31.
- Fiatarone M., Marks E., Ryan N., Meredith C., Lipsitz L., Evans W. 1990. High-intensity strength training in nonagenarians, effects on skeletal muscle. *JAMA* 263:3029 - 3034.
- Fiatarone M., Evelyn M., O'Neill E., Ryan N., Clements K., Solares G., Nelson M., Roberts S., Kehayias J., Lipsitz L., Evans W. 1994. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in elderly people. *N Engl J Med* 330:1769 - 1775.
- Frändin K., Sonn U., Svantesson U., Grimby G. 1995. Functional balance tests in 76-years-olds in relation to performance, Activities of Daily Living and Platform Tests. *Scand J Rehab Med* 27:231 - 241.

- Gehlsen G., Whaley M. 1990. Falls in the elderly: Part II, balance, strength and flexibility. *Arch Phys Med Rehabil* 71:739 - 741.
- Guyton A. 1991. Textbook of medical physiology. Eighth Edition. W. B. Saunders Company. Philadelphia.
- Heinonen A., Sievänen H., Viitasalo J., Pasanen M. Oja P., Vuori I. 1994. Reproducibility of computer measurement of maximal isometric strength and electromyography in sedentary middleaged women. *Eur J Appl Physiol* 68:310-314.
- Heinonen A., Kannus P., Sievänen H., Oja P., Pasanen M., Rinne M., Uusi-Rasi K., Vuori I. 1996 Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 348:1343 - 1347.
- Higgins S. 1991. Motor skill aquisition. *Physical Therapy* 71:123 - 139.
- Hoffman M., Payne V. 1995. The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *JOSPT* 21:90 - 93.
- Hu M-H., Woollacott M. 1994. Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol* 49:M52 - M61.
- Hunter G., Treuth M., Wiensier R., Kekes-Szabo T., Kell S. Roth D., Nicholson C. 1995. The effects of strength conditioning on older women's ability to perform daily tasks. *J Am Geriatr Soc* 43:756 - 760.
- Häkkinen K. 1990. Voimaharjoittelun perusteet. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 1990.
- Häkkinen K. 1994. Neuromuscular adaption during strength training, aging, detraining and immobilization. *Crit Rev Phys Rehabil Med* 6:161 - 198.
- Häkkinen K. ja Häkkinen A. 1995. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 35:137 - 147.
- Häkkinen K., Kallinen M., Linnamo V., Pastinen U-M., Newton R., Kraemer W. 1996. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand* 158:77 - 88.
- Jarnlo G-B., Thorngren M. 1990. Background factors to hip fractues. *Clin Orthop* 287:41 - 49.
- Jarnlo G-B. 1991. Hip fracture patients backround factors and function. *Scand J Rehabil Med* 24:1 - 31.
- Kaikkonen A., Kannus P., Järvinen M. 1994. A Performance test protocol and scoring scale for the evaluation of ankle injuries. *Am J Sports Med* 22:462 - 469.

- Kannus P., Jozsa L., Renström P., Järvinen M., Kvist M., Lehto M., Oja P., Vuori I. 1992. The effects of training, immobilization and remobilization on musculoskeletal tissue. *Scand J Med Sci Sports* 2:100 - 118.
- Kannus P., Parkkari J., Sievänen H., Heinonen A., Vuori I., Järvinen M. 1996. Epidemiology of hip fractures. *Bone* 18:57S - 63S.
- Keen D., Yue G., Enoka R. 1994. Training-related enhancement in the control of motor output in elderly humans. *J Appl Physiol* 77:2648 - 2658.
- Kyröläinen H., Komi P., Kim D. 1991. Effects of power training on neuromuscular performance and mechanical efficiency. *Scand J Med Sci Sports* 1:78 - 87.
- Laukkanen R. 1993. Development and evaluation of a 2-km walking test for assessing maximal aerobic power of adults in field conditions. *Kuopion yliopiston julkaisuja D. Lääketiede* 23.
- Lichtenstein M., Schields S., Shiavi R., Burger C. 1989. Exercise and balance in aged women: A Pilot Controlled Clinical Trial. *Arch Phys Med Rehabil* 70:138 - 142.
- Lord S., Sambrook P., Gilbert C., Kelly P., Nguyen T., Webster I., Eisman J. 1994. Postural stability, falls and fractures in the elderly: results from the Dubbo Osteoporosis Epidemiology Study. *Med J Aust* 160:684 - 691.
- Lord S., Ward J., Williams P. 1996. Exercise effect on dynamic stability in older women: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 77:232 - 236.
- Lusa S., Tulppo M., Tuomi P., Kajaste T., Louhevaara V. 1992. Palomiesten toistotesteillä mitattu lihaskunto ja liikunnallinen taito. Palomiesten fyysistä työkykyä mittaavat testit ja niiden luokitus. Palomiesten työkyvyn arviointi. Fyysiset toimintakykytestit ja terveystarkastukset. Työterveyslaitos, Helsinki.
- MacRae P., Morris C., Lee C., Crum K., Giessman D., Greene J., Ugolini J. 1996. Fractionated reaction time in women as a function of age and physical activity level. *J Aging Phys Act* 4:14 - 26.
- Maki B. 1993. Biomechanical approach to quantity anticipatory postural adjustments in the elderly. *Med Biol Eng Comput* 31:355 - 362.
- Maki B., Holliday P., Topper A. 1994. A prospective of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol* 49:M72 - M84.
- Markey K. 1991. Functional rehabilitation of the cruciate-deficient knee. *Sports Med* 12:407 - 417.

- McArdle W., Katch F., Katch V. 1991. Exercise physiology energia, nutrition and human performance. Third edition. Lea and Febiger. London 1991.
- Mero A., Peltola E., Saarela J. 1987. Nopeus- ja nopeuskestävyysharjoittelu. Kustannus ja markkinointi: Mero OY. Gummerus OY kirjapaino. Jyväskylä 1987.
- Molina-Dargent P., Grandjean H., Baudoin C., Schot A., Hausherr E., Meunier P., Breart G. 1996. Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study. *Lancet* 348:145 - 149.
- Moritani T. 1993. Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *J Biomech* 26:95 - 107.
- Myers A., Young Y., Langlois J. 1996. Prevention of falls in the elderly. *Bone* 18:87S - 101S.
- Narici M., Roi G., Landoni L., Minetti A., Cerretelli P. 1989. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol* 59:310 - 319.
- Nelson H., Nevitt M., Scott J., Stone K., Cummings S. 1994a. Smoking, alcohol and neuromuscular and physical function of older women. *JAMA* 272:1909 - 1914.
- Nelson M., Fiatarone M., Morganti C., Trice I., Greenberg R., Evans W. 1994b. Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. *JAMA* 272:1825 - 1831.
- Nienstedt W., Hänninen O., Arstila A., Bjökvis S-E. 1991. Ihmisen fysiologia ja anatomia. WSOY. Helsinki 1991.
- Numminen P., Välimäki I. 1995. Liikunta lapsena ja nuorena. Kirjassa Liikuntalääketiede. Vuori I., Taimela S. (toim.). Kustannus Oy Duodecim. Vammalan Kirjapaino Oy 1995.
- Oja P., Laukkanen R., Pasanen M., Tyry T., Vuori I. 1991. A 2-km walking test for assessing the cardiorespiratory fitness of healthy adults. *Int J Sports Med* 12:356 - 362.
- Oja P. 1995. Fyysinen- ja terveystilasto sekä niiden mittaus. Kirjassa Vuori I., Taimela S. (toim.). 1995. Liikuntalääketiede. Kustannus Oy Duodecim. Helsinki. 1995
- Palovaara T., Sipponen E., Era P. 1992 Tasapaino ja eräitä siihen liittyviä tekijöitä 75-vuotiailla miehillä ja naisilla. *Gerontologia* 3:185 - 195.
- Panton L., Graves J., Pollock M., Hagberg J., Chen W. 1990. Effect of aerobic and resistance time and speed of movement. *J Gerontol* 45:M26 - 31.

- Panzer V., Bandinelli S., Hallett M. 1995. Biomechanical assessment of quiet standing and changes associated with aging. *Arch Phys Med Rehabil* 76:151 - 156.
- Parkkari J., Kannus P., Niemi S., Pasanen M., Järvinen M., Luthje P., Vuori I. 1994. Increasing age-adjusted incidence of hip fractures in Finland: The number and incidence of fractures in 1970 - 1991 and prediction for the future. *Calcif Tissue Int* 55:342 - 345.
- Pohjonen T., Punakallio A., Louhevaara V., Korhonen O. 1995. Kotipalveluhenkilöstön terveys ja toimintakyky: työkyvyn perusta. Loppuraportti osa I/III. Työterveyslaitos.
- Province M., Hadley E., Hornbrook M., Lipsitz L., Miller J., Mulrow C., Ory M., Sattin R., Tinetti M., Wolf S. 1995. The effects of exercise on falls in elderly patients. *JAMA* 273:1341 - 1347.
- Punakallio A. 1997 Motorinen taito työssä ja sen arviointi. Kirjassa Kukkonen R., Hanhinen H., Ketola R., Luopajarvi T., Noronen L., Helminen P. Työfysioterapia. Yhteistyötä työ- ja toimintakyvyn hyväksi. Työterveyslaitos Helsinki. 1997.
- Rantanen T. 1990. Keski-ikäisten naisten toimintakyky. Liikunnan ja kansanterveyden julkaisuja 69. Jyväskylän yliopiston monistuskeskus.
- Rantanen T. 1994. Maximal isometric strength in older adults, cross-national comparisons, background factors and association with mobility. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 32. University of Jyväskylä 1994.
- Rutherford O., Jones D. 1986. The role of learning and coordination in strength training. *Eur J Appl Physiol* 55:100 - 105.
- Sale D. 1988. Neural adaption to resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 20:S135 - S145.
- Sandström M. 1995. Aistit ruumiin sisäisen mallin rakentajina. *Fysioterapia* 3:21 - 26.
- Schall R. 1977. A volleyball skills test. Unpublished Report. Lamoni, Iowa: Graceland College.
- Sharkey B. 1990. *Physiology of fitness*. Third Edition. Human Kinetics Book. Champaign, Illinois. 1990.
- Sillanpää J., Sievänen H., Heinonen A., Mänttari A., Viitasalo J. 1995. Reproducibility of a novel measurement and analytic method for jump testing. Book of abstracts. XVth congress of the international society of biomechanics, July, 1995, Jyväskylä, Finland.

- Simonen R. 1997. Determinants of adult psychomotor speed. A study of monozygotic twins. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 47. University of Jyväskylä 1997.
- Sipilä S. 1996. Physical training and skeletal muscle in elderly women, A study of muscle mass, composition, fiber characteristics and isometric strength. *Studies in Sport, Physical Education and Health* 42. University of Jyväskylä 1996.
- Sosiaali- ja terveysministeriön työryhmämuistioita 1996:18. Tuki- ja liikuntaelinsairaudet Suomessa. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki 1996.
- Sovijärvi A., Uusitalo A., Länsimies E., Vuori I. (toimittajat) 1994. Kliininen fysiologia. Kustannus Oy Duodecim. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä 1994.
- Suni J., Oja P., Laukkanen R., Miilunpalo S., Pasanen M., Vuori I., Vartiainen T-M., Bös K. 1996. Health-related fitness test battery for adults: Aspects of reliability. *Arch Phys Med Rehabil* 77:399 - 405.
- Tegner Y., Lysholm J., Gillquist J. 1986. A Performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med* 14:156 - 59.
- Thomas M., Fiatarone M., Fielding R. 1996. Leg power in young women: Relationship to body composition, strength and function. *Med Sci Sports Exerc* 28:1321 - 1326.
- Timoty L., Kauffman MS. 1985. Strength training effect in young and aged women. *Arch Phys Med Rehabil* 66:223 - 226.
- Tinetti M., Baker D., McAvay G., Claus E., Garrett P., Gottschalk M., Koch M., Trainor K., Howitz R. 1994. A multifactorial intervention to reduce the risk of falling among elderly people living in the community. *N Engl J Med* 331:821 - 827.
- Tropp H., Odenrick. 1988. Postural control in single-limb stance. *J Orthop Res* 6:833 - 839.
- Uusitalo A., Sovijärvi A., Länsimies E., Vuori I. 1988. Kliinisen fysiologian oppikirja. Lääketehdas Orion. Karisto OY. Hämeenlinna 1988.
- Viitasalo J., Era P., Leskinen A., Heikkinen E. 1985a. Muscular strength profiles and antropometry in random samples of men aged 31-35, 51-55 and 71-75 years. *Ergonomics* 28:1563 - 1574.
- Viitasalo J., Raninen J., Liitsola S. 1985b. Voimaharjoittelu - perusteet ja käytännön toteutus. Finntrainer OY. Gummerus OY. Jyväskylä 1985.
- Viljanen T., Viitasalo J., Kujala U. 1991. Strength characteristics of a healthy urban adult population. *Eur J Appl Physiol* 63:43 - 47.

Weineck J. 1984. Tärkeimpien motoristen ominaisuuksien harjoittaminen. Kirjassa Optimaalinen harjoittelu. Valmennuskirjat Oy. Vaasa Oy, Vaasa 1984.

Wilk K., Voight M., Keirns M., Gambetta V. Andrews J., Dillman. 1993. Stretch-shortening drills for the upper extremities: Theory and clinical application. JOSPT 17:225 - 239.

Wojtys E., Huston L., Taylor P., Bastian S. 1996. Neuromuscular adaptations in isokinetic, isotonic and agility training programs. Am J Sports Med 24:187 - 192.

Woollacott M., Schumway-Cook A. 1990. Changes in posture control across the life span - a systems approach. Physical Therapy 70:799 - 807.

Yack H., Berger R. 1993. Dynamic stability in the elderly: Identifying a possible measure. J Gerontol 48:M225 - M230.

Åstrand P-O., Rodahl K. 1986. Textbook of work physiology physiological bases of exercise. Third Edition. McGraw-Hill Book Co. Singapore. 1986.

UKK-instituutti OPPI 5. seuranta
 LIIKUNTAPÄIVÄKIRJA _____ kuu 1995

NIMI _____ koodi _____

VIKKO _____	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
HUOMIOITA	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI
	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO

VIKKO _____	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
HUOMIOITA	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI
	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO

VIKKO _____	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
HUOMIOITA	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI
	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO

VIKKO _____	MA	TI	KE	TO	PE	LA	SU
HUOMIOITA	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI	LAJI
	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO	KESTO

Tutkija täyttää LAJIT _____
 KERTA O _____ Li _____ Muu _____ Tm _____
 KESTO O _____ Li _____ Muu _____ Tm _____

LIIKUNTAPÄIVÄKIRJOJEN TÄYTTÖOHJE

Liikuntapäiväkirjaa pidetään päivittäisen yhtäjaksoisen yli 30 minuuttia kestävästä liikuttamisesta selvittämiseksi. Jokaiseen liikuntapäiväkirjaan tulee merkitä oma nimi ja myös päivämäärät. Päiväkirjaa pidetään kalenterikuukauden mittaisina jaksoina ja ne palautetaan (oheisessa palautuskuoressa) UKK-instituuttiin kunkin kuukauden päätyttyä.

Liikuntapäiväkirjaan merkitään OPPI 5.seuranta tutkimusohjelman mukaiset liikuntakerrat. päivittäinen liikunta sekä muu liikunta, joka on normaalin päivittäisen liikkumisen lisäksi lähinnä kuntoilu- ja virkistysliikuntaa. Liikuntakerroista merkitään liikuntalaji ja jokaisen harjoituskerran kesto minuutteina.

Liikuntalajeista voidaan käyttää päiväkirjassa seuraavia lyhenteitä:

Harjoitusohjelman mukainen liikuntakerta (step, aerobic) (O)

Kävely	(K)	Pyöräily	(P)
Työmatkakävely	(KT)	Työmatkapyöräily	(PT)
Juoksu/hölkä	(J)	Hiihto	(H)
Voimistelu	(V)	Mailapelit	(M)
Soutu	(S)	Uinti/vesivoimistelu	(U)
Muu liikunta	(Muu), sisältää esimerkiksi puutarha-, lumityöt, marjastuksen ym.		