

Voimaharjoittelun vaikutus lonkkamurtumasta toipuneiden iäkkäiden naisten tasapainoon

Piia Tarnanen
Gerontologian ja
kansanterveyden
Pro gradu- tutkielma
Jyväskylän yliopisto
Terveystieteiden laitos
Kevät 2006

TIIVISTELMÄ

Piia Tarnanen: Voimaharjoittelun vaikutus lonkkamurtumasta toipuneiden iäkkäiden naisten tasapainoon
Jyväskylän Yliopisto, Terveystieteiden laitos, kevät 2006
Gerontologian ja kansanterveyden Pro gradu- tutkielma, 26 sivua, 3 liitettä
Ohjaajat: Professori Markku Alén, Dosentti Pertti Era

Lähtökohdat: Tasapainon säätelyjärjestelmissä tapahtuu degeneratiivisia muutoksia keskimäärin 65 ikävuoden jälkeen, jotka heikentävät tasapainoa. Iäkkäillä hyvä tasapaino on yhteydessä itsenäiseen selviytymiseen päivittäisissä toimissa, kun taas huono tasapaino on vahvasti yhteydessä lisääntyneeseen kaatumisriskiin. Noin 30 % kotona asuvista 65 -vuotta täyttäneistä henkilöistä kaatuu joka vuosi. Kaatumisten seurauksena tulleet vakavat vammat, kuten lonkkamurtumat ovat moninkertaistuneet Suomessa viimeisten vuosikymmenten aikana. Kuolleisuus ja pysyvästi laitoshoitoon joutuminen lonkkamurtuman jälkeisenä vuonna on havaittu olevan erityisen korkea hyvin iäkkäillä henkilöillä. Tyypillinen kaatuileva vanhus on heikkokuntoinen, monista toimintakykyä heikentävistä sairauksista kärsivä iäkäs nainen.

Aiemmissä tutkimuksissa on todettu, että pelkkä lihasvoimaa parantava harjoittelu ei yksin riitä parantamaan iäkkäiden henkilöiden seisomatasapainoa. Sen sijaan toiminnallista tasapainoa vaativissa suorituksissa on havaittu tapahtuneen hieman kehitystä voimaharjoittelun seurauksena. Lonkkamurtuman sairastaneilla iäkkäillä henkilöillä ei ole tehty aikaisempia tutkimuksia lähtökohdasta, jossa keskitytään tarkastelemaan mahdollisen alaraajojen voima-asymmetrian korjaantumisen vaikutusta tasapainoon.

Tämän pilottitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää dynaamisen voimaharjoittelun vaikutuksia tasapainon hallintaan iäkkäillä lonkkamurtuman sairastaneilla henkilöillä. Erityisesti haluttiin selvittää uudenlaisen harjoitusohjelman sekä huojuntamittauksien käyttökelpoisuutta kliinisellä ryhmällä, jolla oletetaan olevan puolieroa alaraajoissa.

Aineisto ja menetelmät: Tämän pilottitutkimuksen aineisto kuuluu laajempaan lonkkamurtumapotilaiden terveyttä ja toimintakykyä selvittävään tutkimukseen. Tutkittavat olivat 62 – 84 – vuotiaita naisia, jotka olivat sairastaneet traumaperäisen lonkkamurtuman (reisiluunkaulan tai trochanterin murtuman) ½-7 vuoden sisällä tutkimuksen alusta. Tutkittavat satunnaistettiin koe- (n=7) ja verrokkiryhmään koeryhmään (n=7). Koeryhmä toteutti ohjattua dynaamista voimaharjoittelua 3 kuukautta 2 x viikossa yhden tunnin ajan paineilmalla toimivilla kuntosalilaitteilla. Harjoitusohjelma oli kaikille sama, mutta vastukset määriteltiin yksilöllisesti molemmille jaloille erikseen käyttäen yhden toiston maksimiarvoja (1RM). Heikompa alaraajaa harjoitettiin suuremmilla vastuksilla. Voimaharjoittelu sisälsi alaraajoja vahvistavia liikkeitä, joissa liikenopeutta ja vastusta vaihdeltiin. Harjoittelun tavoitteena oli alaraajojen lihasvoiman lisääminen ja mahdollisen puolieron korjaaminen. Tasapainon hallintaa mitattiin alku- ja loppumittauksissa Metiturin Good Balance -laitteella, joka mittaa kehon huojuntaa voimalevyantureilla erilaisissa seisoma-asennoissa. Staattisten tasapainomittausten lisäksi mitattavat tekivät laitteella yhden dynaamisen tasapainotestin (lateraalinen painonsiirto). Toiminnallista tasapainoa mitattiin Bergin tasapainotestillä. Isometrinen maksimaalinen polvenojennusvoima mitattiin Good Strength -laitteella.

Tulokset: Harjoittelun vaikutus näkyi pääsääntöisesti vauhtimomentin pienentymisenä, mutta muutokset eivät nousseet tilastollisesti merkitseviksi. Merkittävää vähenemistä ei myöskään tapahtunut eteen - taakse suuntaisessa tai sivusuuntaan tapahtuvissa huojunnan nopeuksissa huolimatta maksimaalisen isometrisen polvenojennusvoiman parantumisesta molemmissa alaraajoissa. Harjoittelu ei myöskään tuonut muutosta dynaamisen painonsiirtotestin eikä Bergin toiminnallisen tasapainotestin tuloksiin.

Päätelmät: Tämän pilottitutkimuksen perusteella 3 kuukautta kestävä ohjattu alaraajojen dynaaminen voimaharjoittelu kuntosalilaitteilla ei vaikuttanut lonkkamurtumapotilaiden tasapainon hallintaan (huojunnan nopeuden vähenemiseen, dynaamisen painonsiirron tai toiminnallisen tasapainon parantumiseen). Aineiston pienestä koosta sekä tutkittavien tasapainon hallintakyvyn laajasta vaihtelusta johtuen tutkimuksen tuloksiin pitää suhtautua varoen. Tulokset ovat kuitenkin linjassa aikaisempiin tutkimustuloksiin, joissa on todettu, että pelkällä lihasvoiman harjoittamisella ei yksin ole saatu parannettua iäkkäiden henkilöiden seisomatasapainoa huolimatta lihasvoiman parantumisesta. Tämä voidaan selittää harjoitusvaikutusten spesifisyydellä.

Avainsanat: Ikääntyneet, lonkkamurtuma, voimaharjoittelu, tasapaino, kehon huojunta

ENGLISH SUMMARY

Piia Tarnanen: Effect of strength-training on balance ability in older women with hip fracture history
University of Jyväskylä, Department of Health Sciences, spring 2006
Master's Thesis in Gerontology and Public health 26 pages, 3 appendixes
Instructors: PhD., Professor Markku Alén, PhD., Pertti Era

Background: Each year, approximately 30 % of community-dwelling older people in developed countries fall at least once and 50 % fall twice or more. Falling related injuries are associated with morbidity and mortality among older persons. Five percent of falls result in bone fracture from which one percent is hip fractures. Hip fracture is a major medical problem among older adults because very few of the patients will regain their prior functional and mobility level following hip fracture. Recurrent falls and related fractures are a common reason for admission to long-term care institutions in previously independent elderly persons. The main aim of this study was to investigate, if three-month resistance training targeted to increase muscle strength of weaker lower limb can improve postural balance in elderly hip fracture patients.

Methods: This pilot study was part of a larger randomized controlled trial. 35 men and women aged 60-84, who had suffered from hip fracture within ½ -7 prior to years participated in the baseline measurements. Only women were taken into account to final analysis. These 14 women were randomly assigned in to an exercise group (eg n=7) and a control group (cg n=7). Participants in the exercise group took part in three-month individually adjusted resistance training. All exercises were performed in seated position with aircompression apparatus (Hur Inc, Kokkola, Finland).

Body sway was measured using Good Balance force platform system (Metitur LTD, Finland). The following measurements for standing balance were carried out before and after the intervention: a) normal standing for 30 s with eyes open and closed gaze fixed on a mark at the distance of 2 m, b) standing feet together for 30 s with eyes open and closed. c) semitandem standing for 20 s with eyes open and closed with right and left foot in front. Three balance outcome variables were calculated: anteriorposterior and mediolateral sway velocity, and the velocity moment. The dynamic balance test included a test in which the subjects were asked to move their center pressure ten times along a track (side to side - test) shown on a computer screen. The performance distance (mm) and time (s) to complete the test were recorded for further analyses. Functional balance were measured participants by using Berg Balance Scale and maximal voluntary isometric knee extension strength of both legs by using Metitur's Good strength system. All tests were performed in the same order for every participant.

Results: In the baseline no significant differences between groups were found expect in anterioposterior sway velocity moment in semitandem standing with eyes closed and fractured foot in front. In the more demanding tests 2 subjects of eg and 3 subjects of cg were not able to complete the all semitandem standing tests. No significant improvements in the exercisers compared to the controls were found in the balance tests. (body sway, dynamic weight-shifting and Berg Balance scale) after the trial.

Conclusions: On the basis of this pilot study, it can be suggested that the three-month supervised resistance training performed seated did not improve balance control in elderly patients with the history of hip fracture. However, because of the small number of subjects and high variation in their balance performance level these results should be considered with caution. Findings of this study are in line with previous studies showing that improvements in muscle strength may not necessarily lead to improvements in balance control and this may be explained by the specificity of training effects.

Keywords: Older adults, hip fracture, strength training, postural balance, body sway

SISÄLLYS

JOHDANTO.....	1
AINEISTO JA MENETELMÄT.....	5
Tutkittavat.....	5
Tasapainomittaukset.....	6
Lihaskoostumus.....	9
Harjoitusohjelma.....	10
Aineiston analysointi.....	11
TULOKSET.....	12
POHDINTA.....	17
KIRJALLISUUTTA.....	23
LIITE 1 Dynaaminen tasapainotesti	
LIITE 2a ja b Koeryhmäläisten harjoitusohjelmat	
LIITE 3a ja b Viitearvot	

JOHDANTO

Noin 30 % kotona asuvista 65 vuotta täyttäneistä henkilöistä ja yli 50 % laitoksissa asuvista kaatuu joka vuosi (1,2). Puolet näistä iäkkäistä kaatuu toistamiseen. Suurin osa kaatujista selviytyy ilman vammoja tai saa ainoastaan pehmytkudosvammoja. Noin 5-6 % kaatumisista johtaa murtumaan (1,3,4), joista 0.2- 1.5 % on lonkkamurtumia (5). Lonkkamurtumat ovat merkittävä uhka erityisesti iäkkäille henkilöille, koska ne voivat aiheuttaa vakavia seurauksia aina laitostumisesta kuolemaan saakka (1,2). Tyypillinen kaatuileva vanhus on heikkokuntoinen, monista toimintakykyä heikentävistä sairauksista kärsivä yli 75 -vuotias nainen (1,6,7,8).

Kaatumistapaturmien aiheuttamat vammat ja niistä aiheutuva hoidontarve tulevat lisääntymään tulevaisuudessa. Osteoporoosi lisää yhä useammalla iäkkäällä alttiutta luunmurtumiin ja sen vuoksi kaatumistapaturmien seurauksena erityisesti vakavat vammat, kuten murtumat tulevat moninkertaistumaan Suomessa seuraavien vuosikymmenten aikana (9,10,11). Vuoden aikana sairaalahoitoa vaatineiden kaatumistapaturmien määrä on lisääntynyt Suomessa vuodesta 1970 vuoteen 1995 5 600:sta 21 600:een. Määrän on ennustettu nousevan jopa 36 000 vuoteen 2010 mennessä. (9,12) Kannus ym. arvioivat vuoden 1997 tietojen perusteella lonkkamurtumapotilaiden määrän olevan Suomessa vuonna 2010 lähes 11 000 50 - vuotta täyttäneillä ja määrän kasvavan ainakin kaksinkertaiseksi vuoteen 2030 mennessä, johtuen mm. kaatumisten insidenssin lisääntymisestä.

Riippuen tutkitusta väestöstä ja arvioinnissa käytetyistä toimintakyvyn mittareista, arviolta 25 - 75 % kotona ennen lonkkamurtumaa asuneista iäkkäistä ei kykene kävelemään täysin itsenäisesti murtumaa seuranneen vuoden aikana. Lisäksi nämä iäkkäät tulevat päivittäisissä toiminnoissaan joko osittain tai kokonaan riippuvaiseksi toisten henkilöiden avusta (13,14,15,16). Noin 45 % kotonaan asuneista lonkkamurtuman saaneista iäkkäistä jää sairaalahoiton jälkeen vielä laitoshoitoon. Laitoshoidossa heistä on vuoden kuluttua 15- 25 % (13,16,17).

Kuolleisuuden on havaittu nousevan noin 20 % lonkkamurtumaa seuranneena vuonna (18,19). Kuolleisuus ja pysyvästi laitoshoitoon joutuminen lonkkamurtuman jälkeisenä vuonna on havaittu olevan erityisen korkea hyvin iäkkäillä yli 80 -vuotiailla henkilöillä sekä murtuman lisäksi kardiorespiratorisista sairauksista tai kävelyvaikeuksista kärsivillä henkilöillä

(1,18,20). Lisäksi sukupuolella on merkitystä kuolleisuuden riskin nousuun. Iäkkäillä heikkokuntoisilla miehillä kuolleisuuden on todettu nousevan jopa 30 %:n lonkkamurtumaa seuranneena vuotena. (18,19,20). Yli 75-vuotiaiden tapaturmaisista kuolemista noin 70 % on seurausta kaatumisista (21). Myös Suomessa kaatumiset ovat iäkkäiden henkilöiden yleisin tapaturmaryhmä ja yleisin syy kuolemaan johtavissa tapaturmissa (12.)

Ikääntymisen vaikutus tasapainossa alkaa näkyä yleensä vasta 65 ikävuoden jälkeen. Tasapainon säätelyjärjestelmissä tapahtuu ikään liittyviä degeneratiivisia muutoksia, jotka heikentävät kykyä ylläpitää tasapainoa. (22,23). Muutokset asennonhallintakyvyssä kuuluvat luonnolliseen vanhenemiseen, mutta osalla iäkkäistä muutokset voivat olla niin suuria, että ne aiheuttavat suuria rajoitteita arkielämässä. Asennonhallinnan heikentyminen on yhteydessä iäkkäiden lisääntyneeseen kaatumisriskiin, ja se on samalla myös kaatumistapaturmien selkeä taustatekijä.

Vartalomme huojuu seisoessamme lakkaamatta niin eteen – taakse kuin sivusuuntaan. Tasapainon ylläpitämiseksi meidän tulee pitää kehon painopiste mahdollisemman lähellä seisomatukipinnan keskipistettä. Kaatuminen on yleensä seurausta riittämättömästä tai puutteellisesta tasapainonhallintakyvystä (24). Asennonhallinta ja tasapainon ylläpito vaatii somatosensorien, näköaistin ja tasapainoelinten välittämän sensorisen tiedon yhdistelemistä sekä tuki- ja liikuntaelimestön motoristen vasteiden tuottamista. Keskushermoston tehtävänä on sensorisen ja motorisen informaation yhdistäminen. Tasapainon hallinta on perusedellytys kaikelle toiminnalle. Tehtävän, ympäristön tai terveydentilan muuttuessa, muuttuvat myös tasapainoa ylläpitävään järjestelmään kohdistuvat vaatimukset (25).

Asentokontrollissa tapahtuvia ikääntymismuutoksia voidaan määritellä esim. voimalevyllä seisten mitatun huojunnan määrän avulla (23). Iäkkäillä henkilöillä on havaittu seisoma-asentoon liittyvän huojunnan lisääntymistä (26). Myös lonkkamurtuman sairastaneilla henkilöillä on todettu kehon huojunnan määrän olevan suurta verrattuna terveisiin kontrolleihin vielä kaksi vuotta tapaturman jälkeen (27). Iäkkäiden päivittäisiin toimiin liittyvää toiminnallista tasapainoa on sen sijaan pyritty selvittämään käyttämällä erilaisia testistöjä esim. Bergin ja Tinettin testit ja Get up and go -testi (28,29).

Tasapainon parantamiseen pyrkineiden interventiotutkimusten tulokset ovat olleet ristiriitaisia. Tutkimusten perusteella ei tiedetä tarkkaan, mikä olisi tehokkain harjoittelutapa,

harjoittelun frekvenssi ja intensiteetti kaatumisien ja murtumien ehkäisyssä. Harjoitteluohjelmat ovat sisältäneet yhdessä tai erikseen voima-, kestävyys-, liikkuvuus- ja liikkumiskykyharjoitteita sekä sensorista harjoittelua. (30,31). Tutkimukset ovat osoittaneet erityisesti tasapainon harjoittamiseen kohdistuneiden ohjelmien olevan tehokasta tasapainon kehittämisen kannalta (32,33,34,35,36). Monet yleisesti käytössä olevat harjoittelumuodot näyttäisivät kuitenkin olevan tehottomia tasapainon kehittämisen kannalta iäkkäillä henkilöillä. Vain harvoissa tutkimuksissa on pystytty osoittamaan tasapaino-ominaisuuksien kehittyneen voimaharjoittelun seurauksena (37,38,49). Aiempien tutkimusten perusteella voidaankin päätellä, että pelkkä lihasvoiman harjoittaminen ei yksin riitä parantamaan iäkkäiden henkilöiden seisomatasapainoa, vaikka lihasvoima parantuisi (39,40,41).

Alaraajojen voiman ja nopean voimantuoton asymmetrian vaikutusta kaatumisten ilmaantuvuuteen on tutkittu yli 65 -vuotiailta naisilta. Kaatumishistorian omaavilla havaittiin suurempi asymmetria nopeassa voimantuotossa kuin henkilöillä, joilla ei ollut kaatumistaustaa (42). Murtuneen alaraajan lihasvoiman vaikutusta liikkumiskykyyn on tutkittu lonkkamurtuman sairastaneilta iäkkäiltä henkilöiltä (43). Lamb ym. (43) tutkimuksessa murtuneen jalan alentuneella voimantuottoteholla ja lisääntyneellä kehon huojunnan nopeudella havaittiin olevan selvä yhteys henkilöiden hidastuneeseen kävelynopeuteen ja heikentyneeseen kykyyn liikkua portaissa. Lonkkamurtuman sairastaneilla ikääntyneillä ei kuitenkaan ole tehty tutkimuksia, jossa tarkastellaan alaraajojen voima-asymmetrian kuntouttamisen vaikutusta tasapainon hallintaan (kehon huojuntaan).

Tämän pilottitutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, parantaako dynaaminen voimaharjoittelu iäkkäiden lonkkamurtuman sairastaneiden henkilöiden tasapainon hallintaa. Interventiossa käytetyn harjoitusohjelman erityisenä tavoitteena oli lisätä heikomman alaraajan voimaa. Pilottitutkimukseni kuuluu laajempaan lonkkamurtumapotilaiden terveyttä ja toimintakykyä selvittävään tutkimusprojektiin, joka käynnistyi Jyväskylän yliopistossa vuonna 2004.

AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkittavat

Tutkimus toteutettiin Jyväskylän yliopiston terveystieteiden laitoksen ja Keski-Suomen sairaanhoitopiirin yhteistyönä. Tutkimuksen perusjoukkona olivat 60 - 85-vuotiaat miehet ja naiset Jyväskylän, Jyväskylän maalaiskunnan, Laukaan ja Muuramen seudulta, jotka oli hoidettu Keski-Suomen keskussairaalassa lonkkamurtuman takia. Henkilöt poimittiin sairaanhoitopiirin leikkaustoimenpiderekisteristä 1.1.1999- 31.12.2003 väliseltä ajalta. Rekisteristä poimittiin vain ne henkilöt, joilla oli operoitu lonkkamurtuma 6 kk -7 vuotta ennen tutkimuksen alkua ja joilla ei ollut neurologista sairautta, dementiaa, syöpää tai muuta vakavaa sairautta tai vammaa, joka vaikuttaisi alaraajojen asymmetriaan. Nämä ensimmäisen vaiheen sisäänottokriteerit täyttivät 179 henkilöä. Näille henkilöille lähetettiin kirje, jossa selostettiin lyhyesti tutkimus ja sen tarkoitus sekä kehoitettiin ottamaan yhteyttä Jyväskylän yliopiston tutkijaan.

Tutkija sai 70 yhteydenottoa. Tutkimuksesta pois suljettiin ne, jotka asuivat laitoksissa. Tutkittavien tuli kyetä liikkumaan kodin ulkopuolella ilman toisen henkilön apua. Puhelinhaastattelun perusteella 43 henkilöä täytti sisäänottokriteerit. Alkumittauksiin heistä saapui 35 henkilöä.

Tutkimus toteutettiin hyvän tieteellisen käytännön periaatteita noudattaen. Ennen mittauksen aloittamista tutkittaville selvitettiin suullisesti tutkimuksen tarkoitus ja kulku sekä tutkittavan oikeudet, riskit ja hyödyt. Tämän jälkeen he allekirjoittivat suostumuslomakkeen, josta tutkittavat saivat oman kappaleen mukaansa (suostumuslomake sisälsi lyhyen kuvailun tutkimuksesta ja tutkittavan oikeuksista). Tutkimussuunnitelma oli hyväksytty Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettisessä toimikunnassa.

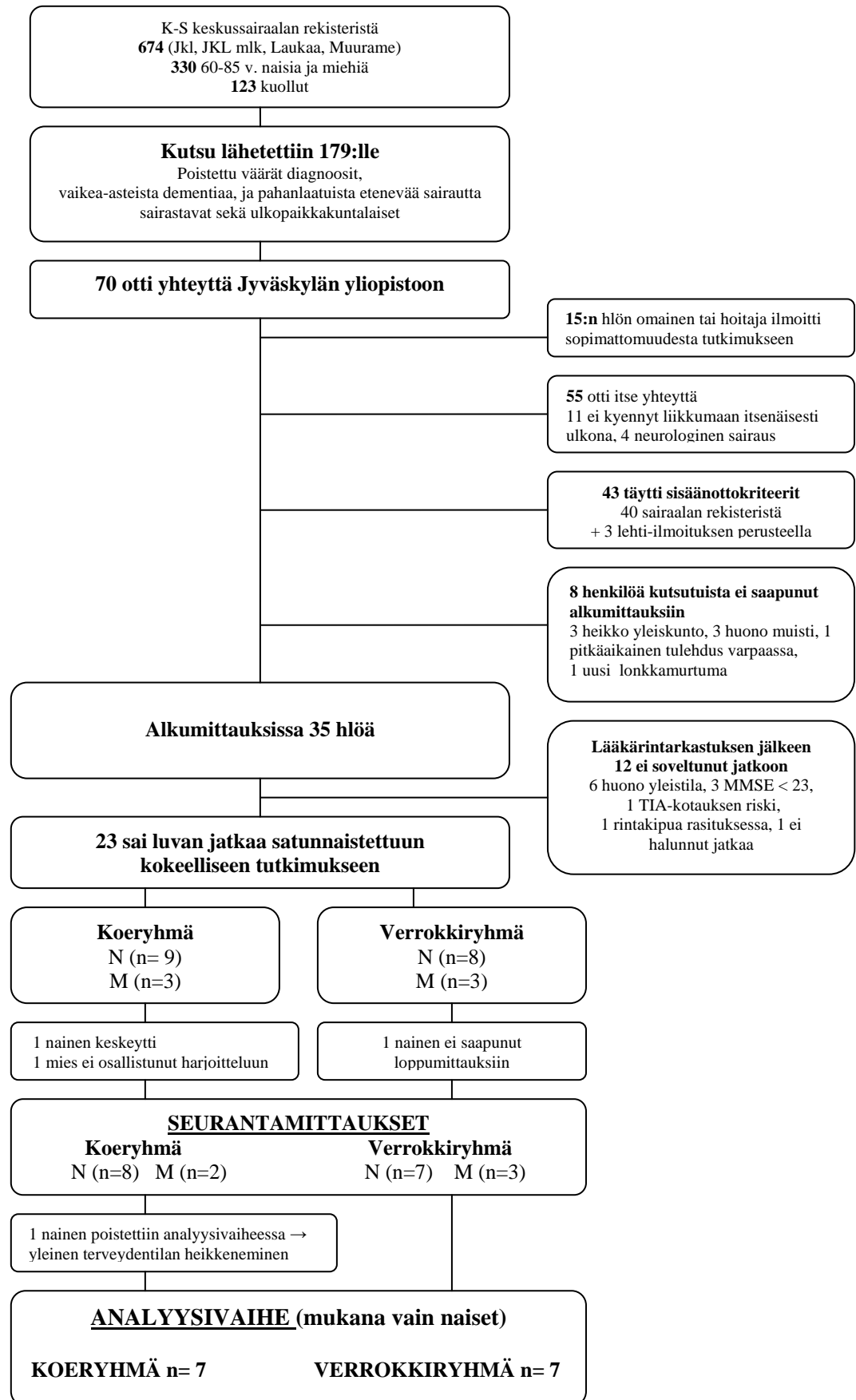
Laboratoriomittaukset alkoivat terveydenhoitajan ja lääkärin tarkastuksella, joiden tarkoituksena oli selvittää henkilön perusterveystiedot sekä mahdolliset laboratoriomittauksiin ja kuntosaliharjoitteluun liittyvät vasta-aiheet. Terveystarkastusten ja alkumittauksen jälkeen 23 kelpuutettiin harjoittelututkimukseen. Tutkittavat olivat iältään 62 – 84 -vuotiaita. Miehiä heistä oli 6 ja naisia 17. Tutkittavat satunnaistettiin harjoittelu- ja verrokkiryhmiin. Miehet ja naiset satunnaistettiin erikseen, jotta sukupuolijakauma olisi molemmissa ryhmissä samankaltainen. Harjoitusryhmään arvottiin 3 miestä ja 9 naista (keski-ikä 72.9 vuotta) ja

verrokkiryhmään 3 miestä ja 8 naista (keski-ikä 74.9 vuotta). Yksi miehistä jäi pois harjoitusryhmästä henkilökohtaisten syiden vuoksi. Tässä työssä raportoidaan naisten tulokset. Kaikki mittaukset tehtiin ennen harjoittelua ja kolmen kuukauden harjoitusjakson jälkeen. Mittaajista ainoastaan lihasvoimatestin suorittaja tiesi mihin ryhmään tutkittavat kuuluvat.

Tasapainomittaukset

Tasapainoa arvioitiin staattisten huojuntatestien, dynaamisen painonsiirtotestin ja Bergin tasapainotestin avulla.

Kuviosta 1 selviää tutkimusprosessin tarkempi kulku ja eteneminen.



Kuvio 1. Tutkittavien rekrytointiprosessin kuvaus ja tutkimuksen eteneminen

Staattiset tasapainotestit ja dynaaminen tasapainotesti tehtiin Good balance- laitteella (kuva 1). (Metitur Oy Palokka Finland, www.metitur.com). Mittausmenetelmä on kuvattu yksityiskohtaisesti Sihvosen väitöskirjassa (44). Alku- ja loppumittaukset etenivät kaikilla tutkittavilla samassa järjestyksessä. Mittausten aikana tutkittavat olivat ilman kenkiä. Onnistunutta suoritusta oli mahdollisuus yrittää kolme kertaa. Tutkittavien oli seistävä staattisissa tasapainotesteissä mahdollisemman liikkumatta kädet yhdessä alhaalla vartalon edessä. Katse oli suunnattuna kahden metrin etäisyydellä olevaan kiintopisteeseen. Tutkittavat seisoivat seuraavissa asennoissa: 1) Normaali seisominen silmät auki ja kiinni 30s (kuva 2a), 2) Seisominen jalat yhdessä silmät auki ja kiinni 30s (kuva 2b), 3) Seisominen semitandem asennossa 20s ajan silmät auki ja kiinni murtuneen alaraajan (lonkan) jalkaterä edessä ja takana. Semitandem asennossa jalat olivat peräkkäin siten, että takimmaisena jalan isonvarpaan tyvinivel oli etumaisen jalan kantapäähän sisäosaa vasten (kuva 2c).



Kuva 1. Tutkimuksessa käytetty Good balance –laite



Kuvat 2a. Normaali seisominen



2b. Seisominen jalat yhdessä



2c. Semitandem -asento

Voimalevyllä toteutetuissa mittauksissa analysoitiin kehon painekeskapisteen liikettä seisoma-asennossa, jota muunneltiin tukipintaa pienentämällä. Tulosuuttujina näissä testeissä käytettiin kehon sivusuuntaisen huojunnan (ml-nop) voimavaikutusten keskipisteen keskimääräistä nopeutta x-suunnassa mm/s ja eteen - taakse suuntaisen huojunnan (ap-nop) voimavaikutusten keskipisteen keskimääräistä nopeutta y-suunnassa mm/s sekä keskimääräistä vauhtimomenttia (v.mom) mm²/s, joka huomioi huojunnan nopeuden ja sen amplitudin. Vauhtimomentti kertoo painopisteen liikkeen peittämän keskimääräisen pinta-alan jokaisen testisekunnin aikana (45). Ennen analyysijä (a-p) ja (m-l) suuntaisen huojunnan muuttujat skaalattiin henkilön pituuden suhteen seuraavan kaavan mukaan: (huojunnan muuttuja (mm/s) / pituus (cm) x 180) ja vauhtimomentti (huojunnan muuttuja (mm/s) / pituus (cm)² x 180²).

Dynaamisessa tasapainotestissä (lateraalinen painonsiirto) tutkittavaa pyydettiin tekemään painonsiirtoja puolelta toiselle voimalevyn päällä tietokoneen kuvaruudussa näkyvien laatikoiden välissä mahdollisemman nopeasti ja suoraviivaisesti 10 kertaa. Liitteessä 1 näkyy piirroskuva tutkittavan tietokoneen ruudussa näkemästä kuvasta. Tietokone ilmoitti neliöön ilmestyvällä rastilla kumpaan suuntaan tutkittavan tuli painoan siirtää. Tulosuuttujana tässä testissä käytettiin suoritukseen kulunutta aikaa (s) ja matkaa (mm). Jokainen tutkittava sai harjoitella suoritusta kaksi kertaa. Testi toistettiin kolme kertaa, joista nopein valittiin mukaan analyysiin.

Toiminnallisen tasapainon mittauksessa käytettiin Bergin tasapainotestiä (46). Testi on laajasti käytössä oleva toiminnallista tasapainoa kuvaava mittari. Sen reliabiliteetti ja validiteetti on tutkittu iäkkäillä (47). Bergin tasapainotestistö koostuu 14 tasapainoa vaativasta toiminnallisesta tehtävästä. Kukin tehtävä arvioidaan asteikolla 0-4. Jos ei suoriudu tehtävästä saa 0 pistettä ja täydet 4 pistettä saa kun suoriutuu täydellisesti tehtävästä annetuilla kriteereillä. Maksimipistemäärä on 56. Bergin toiminnallisen tasapainotestin tehtävät vaikeutuvat progressiivisesti helposta vaikeaan. Testiin kuuluu mm. seisominen tuetta silmät auki ja kiinni, tuolista ylösnousu ja istuutuminen, esineen nostaminen lattialta, nojaaminen eteenpäin tuetta, seisominen tandem-asennossa ja yhdellä jalalla seisominen.

Lihassoima

Isometrinen maksimaalinen polvenojennusvoima mitattiin Metiturin Good strength -laitteella. (kuva 3). Laite tallentaa voima-/aikakäyrän, josta tuloksena lasketaan mm. suurin tuotettu voima newtoneina (N) (Metitur Oy, Finland, www.metitur.com).

Polvenojennusvoima mitattiin 120° fleksiokulmassa. Tutkittavat saivat harjoitella suoritusta kaksi kertaa. Varsinaisia maksimaalisia suorituksia tehtiin vähintään kolme. Suoritusten välillä pidettiin puolen minuutin tauko. Paras suoritus kirjattiin tulokseksi.



Kuva 3. Alaraajojen maksimaalisen isometrisen polvenojennusvoiman mittaus Metiturin Good strength-laitteella

Harjoitusohjelma

Dynaamisen voimaharjoittelun tarkoituksena oli parantaa alaraajojen lihasvoimaa ja voimantuottoa sekä korjata alkumittauksissa havaittua alaraajojen lihasten voima-asymmetriaa. Harjoittelussa käytettiin paineilmalaitteita (Ab Hur Oy, Kokkola Finland). Harjoittelu toteutettiin ohjelmalla, jossa käytettiin normaalinopeuksista ja korkea kuormitteista sekä nopeaa ja matala kuormitteista vastusharjoittelua. Koeryhmäläiset osallistuivat fysioterapeutin ohjaamiin tunnin kestäviin harjoituksiin seniorikuntosalilla kaksi kertaa viikossa kolmen kuukauden ajan.

Tutkittavat noudattivat samaa ohjelmaa yksilöllisin vastuksin. Harjoitettavat lihasryhmät olivat polven ojentajat ja koukistajat sekä lonkan lähentäjät ja loitontajat. Lisäksi nilkan ojentajia harjoitettiin seisten varpaille nousun avulla kaiteeseen tukeutuen. Vastusta säädeltiin painoliivejä apuna käyttäen. Harjoittelun alussa jokaiselta koeryhmään kuulualta mitattiin molempien alaraajojen yhden toiston maksimivoima (1RM) jokaisesta harjoitusliikkeestä erikseen. Kuntosalilaitteissa käytetty vastus vaihteli intervention aikana 60- 80 % tutkittavan omasta 1 RM:stä. Liikkeestä riippuen sarjoja tehtiin 1-3 ja toistoja 8-10. Voimantuottoa

harjoitettiin tekemällä 2-4 x 12 toiston sarjoja 40- 50 % vastuksella 1 RM:stä. Harjoittelu eteni progressiivisesti. 1 RM -testit toistettiin kaikkien liikkeiden kohdalla 6-8 harjoitusviikolla ja vastukset määriteltiin uudelleen saatujen tulosten perusteella. Nilkan ojentajien vastusta nostettiin 10 -15 % kehon painosta. Jokaiseen harjoituskertaan kuului yhteinen alkulämmittely (10 – 15 min) tuolilla istuen tehtävin liikkein.

Heikompaa ja vahvempaa alaraajaa harjoitettiin erikseen. Alkumittauksissa lihasvoimaltaan heikommaksi havaitun alaraajan harjoittelussa käytettiin vastuksena suhteellisesti korkeampaa vastusta kuin vahvemman alaraajan. Liitteessä 2a ja b käy tarkemmin selville eri harjoitusliikkeiden toistojen ja sarjojen määrät sekä tehot eri harjoitusviikoilla. Harjoittelun toteutuminen rekisteröityi jokaisen omalle älykortille. Lisäksi tehtiin manuaalinen kirjanpito.

Intervention alussa yhtä koehenkilöä pyydettiin keskeyttämään harjoittelu turvallisuussyistä, koska hän ei noudattanut sovittuja toimintatapoja. Toisella koeryhmään kuuluneella oli yleisiä terveysongelmia intervention aikana. Muiden osalta harjoitukset sujuivat hyvin ja ongelmitta. Tutkittavien naisten osallistumisprosentti harjoituksiin oli 95 % (vaihteluväli 92- 100 %). Verrokkiryhmään arvotut saivat alkumittausten jälkeen ohjeen jatkaa normaalia elämäänsä entiseen tapaan koko intervention ajan.

Aineiston analysointi

Muuttujien keskiarvot ja keskihajonnat laskettiin. Ryhmien välistä eroa alkumittausten jälkeen testattiin riippumattomien otosten t-testillä. Muutosten tilastollista merkitsevyyttä koeryhmän ja verrokkiryhmän välillä arvioitiin riippumattomien otosten t-testillä. Analyysit tehtiin SPSS 11.5 for Windows-ohjelmalla.

TULOKSET

Alkumittauksissa koe- ja verrokkiryhmän naiset eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi iän, pituuden, painon tai verenpaineen suhteen. He eivät eronneet myöskään kroonisten sairauksien, jalkojen sairauksien, kuten arthroosien ja murtumien tai lääkkeiden lukumäärän suhteen (taulukko 1). Toisaalta taulukosta 1 voidaan todeta, että verrokkiryhmän naiset olivat vanhempia, mutta tutkittavien pienestä määrästä johtuen ero ei nouse tilastollisesti merkitseväksi. Koe- ja verrokkiryhmä erosivat alkumittauksissa ainoastaan yhdessä muuttujassa. Ryhmät erosivat staattisen tasapainomittauksen eteen ja taaksepäin suuntautuneessa huojunnan nopeudessa semitandem -asennossa silmät kiinni (murtunut jalka edessä) (taulukko 2).

Taulukko 1. Tutkittavien naisten ikä, pituus, paino, lepoverenpaine ja kroonisten sairauksien, jalkojen sairauksien sekä reseptilääkkeiden lukumäärä alkumittauksissa.

Muuttuja	Koeryhmä (n=7)	Verrokkiryhmä (n=7)	p-arvo
Ikä (v.)	73.6 (5.2)	77.0 (5.0)	0.229
Pituus (cm)	160.0 (6.5)	158.8 (2.7)	0.659
Paino (kg)	67.1 (8.8)	69.3 (10.5)	0.682
Lepoverenpaine (mmHg)			
-systolinen	162 ± 28	154 ± 19	0.566
-diastolinen	82 ± 13	80 ± 15	0.792
Kroonisia sairauksia a	3 ± 2	2 ± 2	0.193
Jalkojen sairaudet b	3 ± 2	2 ± 1	0.190
Lääkitys c	6 ± 2	5 ± 3	0.730

(keskiarvo ± keskihajonta)

a murtumat ja tekonivelet ei mukana

b lonkkien, polvien ja nilkkojen arthroosit, tekonivelet, murtumat ja muut sairaudet

c Säännöllisesti käytettyjen, lääkärin määräämien reseptilääkkeiden lukumäärä

Taulukossa 2 raportoidaan eteen ja taakse suuntaisen (a-p) ja sivusuuntaisen huojunnan nopeuden (m-l) sekä vauhtimomentin (v.mom) mittaustulokset ennen ja jälkeen intervention. Koeryhmän huojunnan nopeuksissa ja vauhtimomenteissa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta verrattuna verrokkeihin. Keskiarvojen tarkastelun perusteella koehenkilöiden vauhtimomentin arvot pienenevät kuitenkin lähes kaikissa mittausasunnoissa. Tutkimuksen aikana verrokkiryhmä vähensi a-p suuntaisen huojunnan nopeuttaan (semitandem -asennossa murtunut jalka takana silmät auki) verrattuna koeryhmään.

Taulukossa 2 testit on esitetty suoritusjärjestyksessä helpoimmasta vaikeampaan. Testin vaikeutuessa testistä suoriutuneiden lukumäärä väheni. Lisäksi huojuntatestien keskiarvojen keskihajonnat ovat varsin suuria. Hajonnat johtuvat yhden tai useamman henkilön poikkeavista arvoista.

Taulukko 2. Voimalevyanturilla toteutettujen tasapainotestien tulokset (kehon huojunnan muuttujissa) ennen ja jälkeen 3 kk intervention. Mitattavat seisovat normaalisti silmät auki (SA) ja kiinni (SK), jalat yhdessä SA ja SK sekä semitandem asennossa SA ja SK murtunut jalka edessä ja takana.

Testi	Koeryhmä		Verrokkiryhmä	
	Alkutilanne	3 kk	Alkutilanne	3 kk
Normaali seisominen SA	n = 7		n = 7	
a-p nop.(mm/s)	6.2 (2.2)	6.7 (3.2)	6.9 (1.6)	6.2 (1.4)
m-l nop.(mm/s)	3.7 (2.0)	4.1 (2.5)	3.5 (1.1)	3.1 (1.0)
v.mom.(mm ² /s)	9.7 (8.2)	12.2 (11.5)	11.0 (5.9)	7.4 (3.5)
Normaali seisominen SK	n = 7		n = 7	
a-p nop. (mm/s)	11.7 (5.7)	13.8 (6.9)	15.1 (7.8)	16.0 (4.2)
m-l nop. (mm/s)	6.1 (4.5)	6.2 (4.6)	4.8 (1.8)	5.6 (2.1)
v.mom. (mm ² /s)	29.3 (31.5)	27.5 (34.9)	19.7 (14.1)	21.2 (12.1)
Seisominen jalat yhdessä SA	n = 7		n = 7	
a-p nop. (mm/s)	7.7 (3.0)	7.9 (3.0)	9.3 (4.1)	8.1 (1.2)
m-l nop. (mm/s)	7.2 (2.3)	8.9 (2.8)	8.3 (2.1)	9.1 (2.6)
v.mom. (mm ² /s)	25.2 (19.1)	27.1 (15.2)	26.6 (9.9)	25.8 (8.1)
Seisominen jalat yhdessä SK	n = 6		n = 7	
a-p nop. (mm/s)	13.6 (6.3)	13.1 (4.2)	19.1 (4.5)	20.1 (3.9)
m-l nop. (mm/s)	15.7 (9.0)	14.1 (5.0)	18.5 (8.4)	23.9 (10.7)
v.mom. (mm ² /s)	92.7 (110.8)	58.8 (22.9)	88.3 (39.1)	103.9 (54.2)
Semitandem murtunut jalka edessä SA	n = 7		n = 7	
a-p nop. (mm/s)	11.3 (2.1)	10.9 (2.6)	11.6 (3.5)	11.1 (1.9)
m-l nop. (mm/s)	12.5 (1.9)	13.8 (4.3)	15.3 (6.8)	15.6 (2.5)
v.mom. (mm ² /s)	44.9 (30.7)	39.2 (15.1)	46.5 (26.8)	39.7 (11.8)
Semitandem murtunut jalka edessä SK	n = 5		n = 4	
a-p nop. (mm/s)†	20.3 (6.2)	22.7 (7.3)	32.6 (8.1)	27.2 (6.8)
m-l nop. (mm/s)	29.9 (14.9)	32.7 (15.6)	46.7 (15.1)	43.7 (11.9)
v.mom. (mm ² /s)	121.1 (76.4)	143.2 (97.7)	310.2 (189.1)	208.1 (114.6)
Semitandem murtunut jalka takana SA	n = 7		n = 7	
a-p nop. (mm/s)	10.1 (3.5)	12.6 (2.1)	12.6 (5.4)	9.8 (3.0)*
m-l nop. (mm/s)	13.9 (3.5)	14.3 (3.3)	15.2 (5.2)	13.3 (3.6)
v.mom. (mm ² /s)	73.9 (96.2)	45.0 (15.5)	57.3 (49.9)	32.0 (11.1)
Semitandem murtunut jalka takana SK	n = 5		n = 6	
a-p nop. (mm/s)	19.5 (6.9)	19.1 (6.5)	23.5 (5.1)	27.0 (3.9)
m-l nop. (mm/s)	32.1 (11.1)	28.3 (10.0)	32.9 (10.2)	37.0 (6.5)
v.mom. (mm ² /s)	134.3 (56.8)	115.8 (46.5)	144.9 (53.0)	187.7 (53.1)

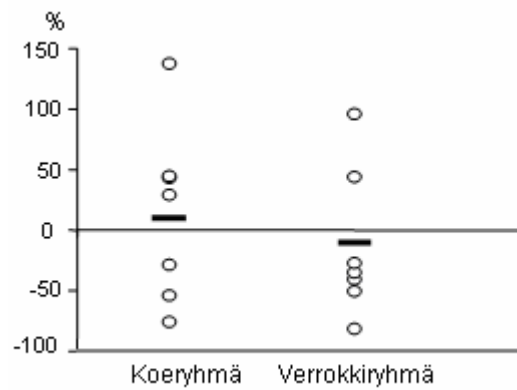
Huojunnan muuttujat a-p ja m-l ovat skaalattu (huojunnan muuttuja (mm/s) / pituus (cm) x 180) ennen analyysijä. Vauhtimomentti on skaalattu (huojunnan muuttuja (mm/s) / pituus (cm)² x 180²).

(keskiarvo ± keskihajonta)

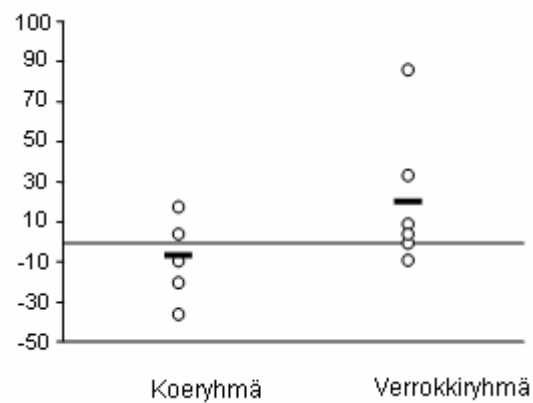
* p<0.05 koe- ja verrokkiryhmän muutosten välillä

† p<0.05 koe- ja verrokkiryhmän alkumittausten välillä

Kuvista 4 ja 5 nähdään intervention aikana tapahtuneet yksilölliset prosentuaaliset muutokset vauhtimomentissa staattisten tasapainomittauksien vaikeimpiin kuuluvassa semitandem-asennoissa silmät auki ja silmät kiinni murtuneen jalan ollessa takana.



Kuva 4. Koe- ja verrokkiryhmän yksilölliset prosentuaaliset muutokset (lopputilanne - alkutilanne) / alkutilanne x 100) vauhtimomentissa **semitandem-asennossa murtunut jalka takana SA** 3 kk intervention jälkeen.
(— tarkoittaa ryhmän keskiarvoa)



Kuva 5. Koe- ja verrokkiryhmän yksilölliset prosentuaaliset muutokset vauhtimomentissa **semitandem-asennossa murtunut jalka takana SK** 3 kk intervention jälkeen.

Dynaamisen tasapainotestin (lateraalinen painonsiirto) tulokset ovat esitetty taulukossa 3. Testin tulokset antavat viitteitä suoritusajan paranemisesta ja suoritukseen käytetyn matkan vähenemisestä molemmilla ryhmillä, mutta muutokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Myöskään Bergin tasapainotestin tuloksissa (taulukko 3) ei todettu intervention jälkeen tilastollisesti merkitsevää muutosta koe- eikä verrokkiryhmässä.

Taulukko 3. Lateraalisen painonsiirtotestin ja Bergin toiminnallisen tasapainotestin tulokset ennen ja jälkeen 3 kk intervention.

Testi	<u>Koeryhmä (n= 7)</u>		<u>Verrokkiryhmä (n= 7)</u>	
	Alkutilanne	3 kk	Alkutilanne	3 kk
Lateraalinen painonsiirto				
Aika (s)	13.6 (2.1)	11.6 (1.6)	11.2 (0.7)	9.7 (0.8)
Matka (mm)	1711.7 (142.5)	1634.8 (102.5)	1641.8 (57.8)	1597.7 (105.4)
Berg Balance Scale				
	51.6 (1.3)	50.0 (0.9)	50.3 (1.8)	51.3 (1.3)

(keskiarvo ± keskihajonta)

Taulukossa 4 on esitetty maksimaalisen isometrisen polvenojennusvoiman tulokset molemmille alaraajoille alku- ja loppumittauksissa. Alkutilanteessa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Harjoittelun vaikutuksesta koeryhmäläisten murtuneen ja murtumattoman alaraajan (lonkan) isometrinen maksimaalinen polvenojennusvoima parani alkutilanteeseen nähden ja heikentyi verrokkiryhmäläisillä. Tilastollisesti merkitseväksi nousi muutos murtumattoman alaraajan maksimaalisessa polvenojennusvoimassa koeryhmäläisten parantaessa tulostaan.

Taulukko 4. Isometrisen polvenojennusvoiman max. tulokset newtoneina (N) ennen ja jälkeen 3 kk intervention.

Testi	<u>Koeryhmä (n= 7)</u>		<u>Verrokkiryhmä (n= 7)</u>	
	Alkutilanne	3 kk	Alkutilanne	3 kk
Isometrinen polvenojennus				
max. voima murtunut alaraaja (N)	172.7 (84.5)	205.2 (83.3)	210.8 (64.9)	193.3 (68.5) +
max.voima murtumaton alaraaja (N)	201.9 (86.9)	231.0 (94.0)	264.3 (87.6)	229.3 (67.8) *

(keskiarvo ± keskihajonta)

* p= 0.014 koe- ja verrokkiryhmän muutosten välillä

+p = 0.111 koe- ja verrokkiryhmän muutosten välillä

POHDINTA

Tämän pilottitutkimuksen tulokset osoittavat, että toteutettu harjoitusohjelma, jonka tavoitteena oli lisätä alaraajojen ojentajien lihasvoimaa (erityisesti heikommassa jalassa), ei vaikuttanut yli 60 -vuotiaiden lonkkamurtuman sairastaneiden naisten tasapainoon. Tasapainoa kuvaavissa huojunnan muuttujissa erilaisissa seisoma-asennoissa ja lateraalissa painonsiirtotestissä sekä Bergin tasapainotestissä ei havaittu tasapainon hallinnan paranemista, vaikka alaraajojen isometrinen polvenojennusvoima parani harjoittelun seurauksena.

Keskiarvotasolla staattisissa tasapainomittauksissa vauhtimomentti pääsääntöisesti pieneni koeryhmäläisillä harjoittelun seurauksena, mutta se ei yltänyt tilastollisesti merkitsevälle tasolle, koska myös verrokkit tuloksiaan. Lisäksi erityisesti staattisten huojuntamittauksien tuloksissa esiintyi paljon hajontaa (taulukko 2). Bergin tasapainotestin tulokset eivät osoittaneet toiminnallisessa tasapainossa tapahtuneen tilastollisesti merkitsevää muutosta harjoittelun jälkeen. Tilastollisesti merkitsevää muutosta ei myöskään ilmennyt dynaamisen painonsiirtotestin tuloksissa, vaikka tulokset antoivat viitteitä suoritusajan paranemisesta ja suoritukseen käytetyn matkan vähenemisestä molemmilla ryhmillä. Tilastollisesti merkitsevä muutos havaittiin ainoastaan staattisessa tasapainotestissä a-p suuntaisen huojunnan nopeuden vähenemisenä semitandem -asennossa silmät auki (SA) murtunut jalka takana. Merkitsevyys tuli tosin verrokkiryhmäläisten parantaessa tuloksiaan. Tämä viittaisi siihen, että saatuihin tuloksiin vaikutti joko mittausmenetelmän toistettavuuteen liittyvät ongelmat tai muut mittauksista sekoittavat tekijät. Muutoin verrokkiryhmän tulosten paranemista on vaikea selittää.

Tutkittavien tasapainon hallinta vaihteli laajasti yksilöstä toiseen erilaisen terveydentilan ja murtumasta kuluneen ajan takia. Aikaisemmassa tutkimuksessa lonkkamurtuman sairastaneilla henkilöillä on todettu kehon huojunnan määrän olevan suurempi verrattuna terveisiin kontroleihin vielä kaksi vuotta tapaturman jälkeen (27). Liitteissä 3a ja 3 b on nähtävissä viitearvot huojunnan muuttujille eri ikäryhmien naisille seistessä normaalisti silmät auki ja kiinni. Koeryhmä pääsi normaalissa seisoma-asennossa silmät auki suunnilleen ikäistensä viitearvoihin (70-79v.) molemmilla mittauskerroilla. Verrokkiryhmän lähtötilanne oli suunnilleen samanlainen, samoin lopputilanne, vaikkakin he kohensivat tulostaan vauhtimomentin suhteen saavuttaen (60-69v.) tason loppumittauksissa. Silmät kiinni seistessä

lähtötilanne oli selkeästi heikompi molemmilla ryhmillä eikä tilanteeseen tullut muutosta intervention jälkeen. Viitearvojen perusteella lonkkamurtuman sairastaneet jäivät normaalissa seisoma-asennossa silmät kiinni 80- 93 -vuotiaiden tasolle sekä alku- että loppumittauksissa lähes kaikissa huojunnan muuttujien arvoissa.

Staattisen tasapainon tulokset eivät kuitenkaan olleet niin poikkeuksellisia tällä tutkimusjoukolla kun esim. viitearvojen (liitteet 3a ja b) ja testin onnistuneesti suorittaneiden lukumäärän perusteella voisi päätellä (taulukko 2). Niin alku- kuin loppumittauksissa huojunnan nopeudet olivat tutkittavilla suunnilleen samaa luokkaa kuin yli 80 -vuotiailla vanhainkodissa asuvilla naisilla, jotka olivat harjoitelleet ohjatusti pelkkää tasapainoa neljän viikon ajan (48).

Kehon huojunnan nopeuksien lisääntyminen loppumittauksissa osalla koeryhmäläisistä saattoi olla seurausta heidän paremmasta uskalluksesta käyttää hetkellisesti kehonsa painopiste seisomatukipinnan keskipisteen äärireunoilla eli huojua pitemmällä akselilla pelkäämättä kaatumista. Tällöin huojunta lisääntyy, jonka voisi olettaa merkitsevän asentokontrollin heikkenemistä, vaikka asennonhallinnassa on tapahtunut mahdollisesti kehitystä. Vastaavanlaisia ajatuksia esitti Sihvonen (2004) väitöskirjassaan tutkiessaan samalla Good Balance -laitteella kehon huojuntaa vanhainkodissa asuvilla iäkkäillä naishenkilöillä (44).

Testin suorittaneiden määrä väheni silmien ollessa suljettuina ja seisoma-asentojen vaikeutuessa seisomatukipinnan pienentyessä (Taulukko 2). Erityisesti testipatteriston vaikeimmissa tehtävissä semitandem- asennossa silmät kiinni (SK) murtunut jalka edessä ja samassa asennossa SK murtunut jalka takana onnistuneesti suorituksen tehneiden määrä selvästi väheni. On siis mahdollista, että tasapainon arviointiin käytetyt mittarit eivät parhaalla mahdollisella tavalla soveltuneet tämän potilasryhmän tasapainon arviointiin. Esimerkiksi silmät kiinni tehtävät testit osoittautuivat varsin haastaviksi tälle tutkimusjoukolle. Era & Heikkinen (26) ovatkin havainneet näköaistin manipuloinnilla olevan huojuntaa lisäävä vaikutus iäkkäillä henkilöillä. Sama asia on havaittu myös lonkkamurtuman sairastaneilla henkilöillä (27). Silmät kiinni tehtävissä testeissä mitattavat avasivat usein silmänsä kesken testin tai ottivat suojaavan askeleen. Tällöin mittaus jouduttiin uusimaan, koska vain onnistunut suoritus tallennettiin. Onnistunutta suoritusta oli mahdollista yrittää kolme kertaa ja joidenkin tutkittavien kohdalla silmät kiinni tehtävissä osioissa kaikki kerrat käytettiin hyväksi.

Tutkittavana oli siis varsin erityinen ikääntyneiden joukko, joita yhdisti ½- 7 vuotta aiemmin kaatumisesta aiheutunut lonkkamurtuma. Tutkittaville tapahtunut äkillinen terveydentilaan vaikuttava muutos (murtuma) aiheutti heille uuden tilanteen (alaraajojen asymmetria), jota lisäksi komplisoi erilaiset fyysiset heikkoudet, joiden hallintaa heidän on pitänyt ryhtyä uudelleen opettelemaan. Alkumittauksissa tämä uusi tilanne ja sen hallinnan heikkous näkyi siinä, että tutkittavat eivät kyenneet suoriutumaan vastaavanlaisista dynaamisista tasapainotehtävistä kuin iäkkäät vanhainkodissa asuvat naiset (48). Jouduimme poistamaan kesken alkumittausten kolmesta dynaamisesta tasapainotestistä kaksi (eteenpäin nojaamisen ja ympyrätestin), koska mitattavamme eivät suoriutuneet näistä tehtävistä kahden harjoituskerran ja kolmen varsinaisen yrityksen jälkeen.

Harjoittelun vaikutuksesta murtuneen (lonkan) alaraajan isometrinen maksimaalinen polvenojennusvoima parani koeryhmäläisillä alkutilanteesta verrattuna verrokkeihin. Myös murtumattoman alaraajan polvenojennusvoima kohentui koeryhmäläisillä voimaharjoittelun seurauksena. Murtumattoman alaraajan maksimaalisen voiman lisäys koeryhmäläisillä nousi myös tilastollisesti merkitseväksi (taulukko 4). Koeryhmään kuuluneiden voimaharjoittelu sujuikin hyvin ja suunnitelman mukaisesti. Osallistumisprosentti oli varsin korkea (95 %).

Vaikka voima-arvot parantuivatkin, koeryhmäläisten kehon huojunnan nopeudet eivät vähentyneet eikä Bergin toiminnallisen tasapainotestin yhteispisteet parantunut odotetulla tavalla. Tulos on kuitenkin linjassa aikaisempiin tutkimustuloksiin, joissa on todettu, että pelkällä lihasvoiman harjoittamisella ei yksin ole saatu parannettua iäkkäiden henkilöiden seisomatasapainoa huolimatta lihasvoiman parantumisesta (40,41). Lihasvoimalla on kuitenkin havaittu olevan yhteys hidastuneeseen kävelynopeuteen ja lyhentyneeseen askelpituuteen, joita pidetään kaatumisen riskitekijöinä (52). Myös Rantanen ym. (53) havaitsivat, että huono lihasvoima yhdessä heikentyneen tasapainon kanssa on selkeä vakavien kävelyvaikeuksien ennustaja iäkkäillä naisilla.

Joissakin voimaharjoitteluinterventioissa on kuitenkin saatu pientä kohennusta tasapaino-ominaisuuksiin voimaharjoittelun seurauksena (37,38,49). Tämä voi johtua erilaisesta harjoitusohjelmasta ja muista tutkimusten välisistä eroista (esim. tutkimusmetodeissa). Rooks:n ym. (38) sisällyttivätkin harjoitteluun kuntosalilaitteilla tehtyjen liikkeiden lisäksi myös toiminnallisia harjoitteita, kuten porraskävelyä painoliivien kanssa. Tämä tukee ajatusta,

että seisomatasapainoa olisi syytä harjoittaa seisten (ilman tukea) eikä istuen tehtävin harjoittein. Samaan johtopäätöksen istuma-asennossa tehdyn voimaharjoittelun vaikutuksesta seisomatasapainoon ovat tehneet muutkin tutkijat (50,51). He korostavat, että harjoittelun myötä paranee vain se ominaisuus, jota harjoitetaan. Toisaalta ei randomisoidulla koe - asetelmalla tehdyssä tutkimuksessa korkeakuormitteisella voimaharjoittelulla on saatu merkittävää parannusta ainakin toiminnalliseen tasapainoon iäkkäillä kotona asuvilla huonon tasapainon omaavilla henkilöillä (49). Tässä Hessin & Woollacottin (49) tekemässä tutkimuksessa Bergin toiminnallisen tasapainotestin alkutilanteen keskiarvo koeryhmällä oli ennen harjoittelua 48.8 / 56 pisteestä, siis heikompi kuin tämän tutkimuksen koehenkilöiden (51.6 / 56 pistettä), mutta aavistuksen parempi loppumittauksissa 10 viikon harjoittelun jälkeen (51.2 / 56 vs 50.0 / 56 pistettä). Vanhainkodissa asuvien naisten Bergin pisteet ennen ja jälkeen 4 viikon tasapainoharjoittelun olivat taas lähes identtiset Hessin & Woollacottin (49) tulosten kanssa (alkutilanne 48.6 pistettä ja lopputilanne 51.95 pistettä) (48).

Iäkkäiden kaatumisten ehkäisyyn kohdistuneita interventiotutkimuksia on viimeisten vuosien aikana tehty useita. Tasapainon parantamiseen pyrkineiden tutkimusten tulokset ovat olleet ristiriitaisia (30,31). Tasapainoon kohdistuneissa interventiotutkimuksissa käytetyt harjoitusmenetelmät ovat olleet varsin monipuolisia, sisältäen niin staattista kuin dynaamista tasapainoa kehittäviä harjoitteita. Tehokkaimmaksi menetelmäksi tasapainon harjoittamisen kannalta ja kaatumisten ehkäisemiseksi on osoittautunut erilaisten harjoitusmuotojen yhdistäminen. Erityisesti spesifin tasapainoharjoittelun yhdistäminen tehokkaaseen ja tavoitteelliseen (voima)harjoitteluun on havaittu olevan tehokasta (31,34,36,54). Näiden tutkimusten perusteella on kuitenkin vaikea erotella eri harjoittelumuotojen spesifi vaikutus tasapainoon. Myös Tai Chi:n on havaittu vaikuttavan suotuisasti iäkkäiden tasapainoon ja sitä kautta kaatumisen riskiin (55).

Tämän pilottitutkimuksen vahvuuksia olivat koe- ja kontrollihenkilöiden randomisointi harjoittelu- ja verrokkiryhmään sekä mittaajien sokkouttaminen randomisoinnille. Tutkimuksen heikkoutena voidaan pitää aineiston pientä kokoa. Tutkittavien kokoamista vaikeutti se, että iäkkäiden lonkkamurtuman sairastaneiden henkilöiden yleinen terveydentila ja toimintakyky osoittautuivat rekrytointi- ja terveystarkastusvaiheessa niin heikoksi, että kelpoisuus interventioon jäi lähes joka toiselta saavuttamatta. Aineiston supistuminen näin pieneksi terveystarkastusten ja alkumittausten jälkeen kertoo, miten erityinen tutkimusjoukko lonkkamurtuman sairastaneet iäkkäät henkilöt ovat. Aineiston pieni koko toi myös omat

hankaluutensa ja haasteensa analyysien tekemiseen ja tulosten yleistettävyyteen. Näin pieni aineisto ei anna mahdollisuutta tehdä kovin varmoja johtopäätöksiä tutkimuksessa käytetyn harjoitusohjelman vaikutuksesta lonkkamurtuman sairastaneiden iäkkäiden tasapainon hallintaan.

Tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa aina myös käytetty mittausten menetelmä. Voimalevyanturilla suoritettujen tasapainomittausten toistettavuutta on testattu terveillä koehenkilöillä monissa tutkimuksissa (56,57). Lisäksi tutkimuksia on tehty neurologisilla potilailla, kuten halvauksen sairastaneilla henkilöillä (58,59). Monet tutkimukset ovat osoittaneet kehon huojunnan nopeuden mittaamisen olevan validi tasapainotesti, kun haluamme tunnistaa iäkkäiden yli 75 -vuotiaiden joukosta korkean kaatumisen riskin omaavat henkilöt (60,61,62,63). Sitä nuoremmille parempikuntoisille henkilöille kehon huojunnan mittaaminen ei välttämättä ole riittävän sensitiivinen testi. Jos testi ei ole riittävän haasteellinen henkilön tasapainokontrollille, vähäisiä muutoksia tasapainossa ei välttämättä havaita (44).

Vaikka tietokonepohjaiset voimalevyanturilla tehdyt tasapainomittaukset ja laitteilla tehdyt harjoitukset ovat tulleet kliiniseen käyttöön yhä laajenevassa määrin, testien toistettavuutta on dokumentoitu varsin vähän lonkkamurtuman sairastaneilla iäkkäillä henkilöillä (64). Dodd ym. (64) totesivat omassa tutkimuksessaan dynaamisen lateraalisen painosiirtotestin reliabiliteetin olevan alhainen puolivuotta aikaisemmin sairastetun lonkkamurtuman jälkeen.

Tutkimuksessamme Good Balance -laitteella tehdyissä mittauksissa jalkojen paikkoja voimalevyllä pyrittiin vakioimaan yhtenevillä kriteereillä voimalevyssä olleen mitta- ja apuviivan sekä viivoittimen avulla. Ennen mittausten aloittamista tutkittavat saivat hakea hyvän seisoma-asennon, jonka jälkeen mitattiin kantapäiden etäisyys keskilinjasta sekä isovarpaiden tyvinivelten etäisyys toisistaan. Loppumittauksissa ei kuitenkaan jalkojen paikkoja asetettu alkumittausten mittojen mukaan testattaessa kehon huojuntaa normaalissa seisoma-asennossa. Tällöin on mahdollista, että tutkittavien jalkojen etäisyys voimalevyn keskilinjasta vaihteli alku- ja loppumittausten välillä, jolloin seisomatukipinta mittauskertojen välillä saattoi olla erilainen. Lisäksi alkumittauksissa tuloksiin saattoi vaikuttaa myös kahdesta eri mittaajasta johtuvat erot esim. tutkittavien ohjauksessa ja testausasentojen standardoinnissa yhteisestä mittausharjoittelusta huolimatta. Tässä pilottitutkimuksessa alkumittaukset teki lähes kokonaan eri mittaaja kuin loppumittaukset.

Good Balance voimalevyanturi -laitteella tehdyn tutkimuksen mukaan mittauksia tulisi toistaa useammin kuin kaksi kertaa, jotta nähtäisiin luotettavasti mittauskertojen välinen vaihtelu. Toisaalta ainoastaan ensimmäisen mittaustuloksen käyttö sulkee pois oppimisvaikutuksen mittauksista (65). Staattisissa huojuntamittauksissa raportoimme ensimmäisen hyväksyttävästi suoritettun mittauksen kolmesta mahdollisesta yrityksestä. Dynaamisessa testissä (lateraalinen painonsiirto) valitsimme kahden harjoittelukerran jälkeen kolmesta suorituksesta nopeimman analyysiin. Tutkimuksessani molemmat ryhmät paransivat hieman lateraalisen painonsiirtotestin suoritusaikeansa ja suoritukseen käytettyä matkaa seurantamittauksissa. Parannus oli kuitenkin niin vähäistä, ettei tilastollisesti merkitsevää muutosta kyettä osoittamaan. Molempien ryhmien samansuuntainen tulos voitaneen selittää juuri oikean suoritustavan ja tekniikan oppimisella.

Tässä tutkimuksessa selvitettiin miten voimaa ja voimantuottotehoa korjaamaan pyrkivä harjoittelu vaikuttaa lonkkamurtuman sairastaneiden iäkkäiden henkilöiden tasapainon hallintaan. Tämän selvityksen perusteella kolme kuukautta kestänyt dynaaminen voimaharjoittelu, jossa heikompa jalkaa kuormitettiin suuremmilla vastuksilla, ei paranna seisomatasapainoa eikä toiminnallista tasapainoa. Tulosten tulkintaan vaikuttaa tutkittavien pieni lukumäärä. Aiheen tutkimista pitää jatkaa isommalla aineistolla, jotta tutkimustuloksista voitaisiin tehdä tarkempia ja luotettavampia johtopäätöksiä. Tutkimusta onkin jatkettu keräämällä lisäaineistoa syksyllä 2005.

KIRJALLISUUTTA

- 1 Tinetti M, Speechley M, Ginter S. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 1988; 319:1701-07.
- 2 Jäntti P. Falls in the elderly. *Acta Univ Tamp (A)* 365. Väitöskirja 1993. Tampereen yliopisto.
- 3 Luukinen H, Koski K, Honkanen R, Kivelä S-L. Incidence of injury-causing falls among older adults by place of residence: A population-based study. *Am Geriatr Soc* 1995; 43: 871-76.
- 4 Lehtola S, Koistinen P, Luukinen H. Falls and injuries falls late home-dwelling life. *Arch Gerontol geriatr* 2005, in press.
- 5 Mckee KJ, Orbell S, Austin CA, Bettridge R, Liddle BJ, Morgan K & Radley K. Fear of falling, falls efficacy, and health outcomes in older people following hip fracture. *Disabil Rehabil* 2002; 24: 327-33.
- 6 Prudham D, Evans J. Factors associated with falls in the elderly: A community study. *Age Ageing* 1981; 10: 141-46.
- 7 Blake A, Morgan K, Bendall M, Dallosso H, Ebrahim S, Arie T, Fentem P, Bassey E. Falls by elderly people at home: Prevalence and associated factors. *Age Ageing* 1988;17: 365-72.
- 8 Luukinen H. Kaatuileva vanhus. *Duodecim* 1992;108: 409-18.
- 9 Kannus P, Parkkari J, Koskinen S, Niemi S, Palvanen M, Järvinen M, Vuori I. Fall-induced injuries and deaths among older adults. *JAMA* 1999a; 281: 1895-99.
- 10 Kannus P, Niemi S, Parkkari J, Palvanen M, Vuori I, Järvinen M. Hip fractures in Finland between 1970 and 1997 and predictions for the future. *Lancet* 1999b; 353: 802-5.
- 11 Kannus P, Niemi S, Palvanen M, Parkkari J. Rising incidence of fall-induced injuries among elderly adults. *J Public Health* 2005; 13: 212-15.
- 12 Piirtola M, Hartikainen S, Akkanen J, Isoaho R, Ryyänänen O-P, Kivelä S-L. Lääkärin hoitoa vaativat iäkkäiden kaatumisvammat. *Suomen Lääkärilehti* 2001; 56: 4903-07.
- 13 Magaziner J, Simonsick E, Kashner M, Hebel J, Kenzora J. Predictors of functional recovery one year following hospital discharge for hip fracture: A prospective study. *J Gerontol Med Sci* 1990; 45 (3): M101-07.
- 14 Marottoli R, Berkman L, Cooney L. Decline in physical function following hip fracture. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40: 861-66.

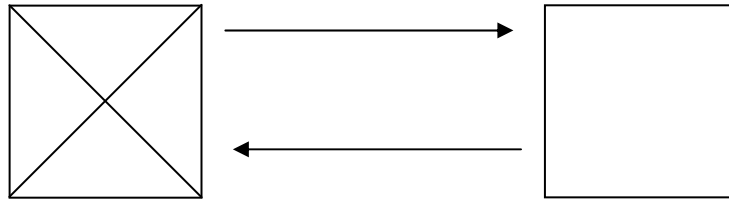
- 15 Magaziner J, Hawkes W, Hebel J, Zimmerman S, Fox K, Dolan M. Recovery from hip fracture in eight areas of function. *J Gerontol Med Sci* 2000; 55A (9): M498-507.
- 16 Osnes E, Lofthus, Meyer H, Falch J, Nordsletten L, Cappelen, Kristiansen I. Consequences of hip fracture on activities of daily life and residential needs. *Osteoporos Int* 2004; 15: 567-74.
- 17 Nevalainen T, Hiltunen L. Jalovaara. Functional ability after hip fracture among patients home-dwelling at the time of fracture. *Cent Eur J Public Health* 2004; 12: 211-6.
- 18 Stavrou Z, Erginousakis D, Loizides A, Tzevelekos S, Papagiannakos K. Mortality and rehabilitation following hip fracture. A study of 202 elderly patients. *Acta Orthop Scand (suppl 275)* 1997; 68: 89-91.
- 19 Forsén L, Søggaard A, Meyer H, Edna T, Kopjar B. Survival after hip fracture: Short- and long term excess mortality according to age and gender. *Osteoporosis Int* 1999; 10: 73-78.
- 20 Fransen M, Woodward M, Norton R, Robinson E, Butler M, Campbell J. Excess mortality or institutionalization after hip fracture: Men are at greater risk than women. *J Am Geriatr Soc* 2002; 50:685-90.
- 21 Fuller G. Falls in the elderly. *American Family Physician* 2000; 61: 2159-68.
- 22 Jäntti P, Pyykkö I. Vanhusten kaatuminen ja tasapainoon vaikuttavat tekijät. *Suomen lääkirlehti* 1996; 51 (5): 415-18.
- 23 Era P, Heikkinen E, Gause-Nilsson I, Schroll M. Postural balance in elderly people: changes over a five-year follow-up and its predictive value for survival. *Aging Clin Exp Res* 2002; 14 (suppl 3):37-46.
- 24 Alexander N. Postural control in older adults. *J Am Geriatr Soc* 1994; 42: 93-108.
- 25 Shumway-Cook A & Woollacott M. *Motor Control-Theory and practical applications*. Baltimore 2001: Williams & Wilkins.
- 26 Era P, Heikkinen E.. Postural sway during standing and unexpected disturbance of balance in random samples of men of different ages. *J Gerontology* 1985; 40: 287-95.
- 27 Jarnlo G, Thorngren K. Standing balance in hip fracture patients. 20 middle-aged patients compared with 20 healthy subjects. *Acta Orthop Scand* 1991; 62: 427-34.
- 28 Whitney S, Poole J, Cass S. A review of balance instruments for older adults. *American Journal of Occupational Therapy* 1998; 52: 666-71.

- 29 Chiu A, Au-Yeung S, Lo S. A comparison of four functional tests in discriminating fallers from non-fallers in older people. *Disability and rehabilitation* 2003; 25 (1): 45-50.
- 30 Province M, Hadley E, Hornbrook M, Lipsitz L, Miller J, Mulrow C. ym. The effects of exercise on falls in elderly patients. A preplanned meta-analysis of the FICSIT trials. *JAMA* 1995; 273: 1341-47
- 31 Gillespie L, Gillespie W, Robertson M, Lamb S, Cumming R, Rowe B. Interventions for preventing falls in elderly people (Cochrane review). 2003; Issue 4, The Cochrane library. Chichester UK: John Wiley & Sons, Ltd.
- 32 Hu M-H, Woollacott M. Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *J Gerontol Med Sci* 1994; 49 (2): M52-61.
- 33 Wolfson L, Whipple R, Derby C, Judge J, King M, Amerman P ym. Balance and strength training in older adults: Intervention gains and Tai Chi maintenance. *J Am Geriatr Soc* 1996; 44: 498-506.
- 34 Hauer K, Rost B, Rüttschle K, Opitz H, Specht N, Bärtsch P. Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc* 2001; 49: 10-20.
- 35 Wolf B, Feys H, De Weerd W, van der Meer J, Noom M, Aufdemkampe G. Effect of a physical therapeutic intervention for balance problems in the elderly: A single-blind, randomized, controlled multicentre trial. *Clin Rehabil* 2001; 15: 624-36.
- 36 Korpelainen R. Exercise and risk factors of osteoporotic fractures in elderly woman. *Väitöskirja* 2005. Oulun yliopisto.
- 37 Topp R, Mikesky A, Wigglesworth J, Holt W, Edwards J. The Effect of a 12-week dynamic resistance strength training program on gait velocity and balance of older adults. *The Gerontologist* 1993; 33 (4): 501-06.
- 38 Rooks D, Kiel D, Parsons C, Hayes W. Self-paced resistance training and walking exercise in community-dwelling older adults: Effects on neuromotor performance. *J Gerontol Med Sci* 1997; 52: M161-68.
- 39 Crilly R, Willems D, Trenholm K, Hayes K, Delaquerrière-Richardson L. Effect of exercise on postural sway in the elderly. *Gerontology* 1989; 35: 137- 43.
- 40 Schlicht J, Camaione D, Owen S. Effect of intensive strength training on standing balance, walking speed, and sit-to stand performance in older adults. *J Gerontol Med Sci* 2001; 56A: M281-86.
- 41 Latham N, Bennett D, Stretton C, Anderson C. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol Med Sci* 2004; 59A: 48-61.

- 42 Skelton D, Kennedy J, Rutherford O. Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non-fallers aged over 65. *Age Ageing* 2002; 31: 119-25.
- 43 Lamb S, Morse R, Grimley Evans J. Mobility after proximal femoral fracture: The relevance of leg extensor power, postural sway and other factors. *Age Ageing* 1995; 24: 308-14.
- 44 Sihvonen S. Postural balance and aging. Cross-sectional comparative studies and a balance training intervention. *Studies in sport, Physical education and health* 101. University of Jyväskylä, 2004.
- 45 Era P, Schroll M, Ytting H, Gause-Nilsson I, Heikkinen E, Steen B. Postural balance and its sensory-motor correlates in 75-year-old men and women: A 24 cross-national comparative study. *J Gerontol Med Sci* 1996; 51A: M53-63.
- 46 Berg K, Wood-Dauphinée S, Williams J, Gayton D. Measuring balance in the elderly: Preliminary development of an instrument. *Physiotherapy Can* 1989; 41: 304-11.
- 47 Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams J. The balance scale: reliability assessment with elderly residents and patients with an acute stroke. *Scand J Rehab Med* 1995; 27: 27-36.
- 48 Sihvonen S, Sipilä S, Era P. Changes in postural balance in frail elderly women during a 4-week visual feedback training: A randomised controlled trial. *Gerontology* 2004; 50: 87-95.
- 49 Hess J, Woollacott M. Effect of high-intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance-impaired older adults. *J Manipulative Physiol Ther* 2005; 28: 582-590.
- 50 Buchner D, Cress M, de Lateur B, Esselman P, Margherita A, Price R, Wagner E. The effect of strength and endurance training in gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol Med Sci* 1997; 52A (4): M218-24.
- 51 McMurdo M, Millar A, Daly F. A randomized controlled trial of fall prevention strategies in old peoples` homes. *Gerontology* 2000; 46: 83-87.
- 52 Ringsberg K, Gerdhem P, Johansson J, Obrant K. Is there a relationship between balance, gait performance and muscular strength in 75-year-old women? *Age Ageing* 1999; 28: 289-93.
- 53 Rantanen T, Guralnik J, Ferrucci L, Leveille S, Fried L. Coimpairments: Strength and balance as predictors of severe walking disability. *J Gerontol Med Sci* 1999; 54A: M172-76.

- 54 King M, Whipple R, Gruman C, Judge J, Schmidt J, Wolfson L. The performance enhancement project: Improving Physical performance in older persons. *Arch Phys Med Rehabil* 2002; 83: 1060-9.
- 55 Wolf S, Barnhart H, Kutner N, McNeely E, Coogler C, Xu T and Atlanta FICSIT Group. Reducing frailty and falls in older persons: An Investigation of Tai Chi and Computerized balance training. *J Am Geriatr Soc* 1996; 44: 489-97.
- 56 Goldie P, Bach T, Evans O. Force platform measures for evaluating postural control: Reliability and validity. *Arch Phys Med Rehabil* 1989; 70: 510-17.
- 57 Mustalampi S, Era P, Kiviranta I, Selänne H. 2003. Test-retest reliability of postural stability tests in uninjured subjects and in patients after ACL reconstruction. In Müller E, Schwameder H, Zallinger G, Fastenbauer V (eds.) 8th Annual Congress, European College of Sport Science, July 9 – 12, 2003, Salzburg, Austria, abstract book, 18.
- 58 Liston R, Brouwer B. Reliability and validity of measures obtained from stroke patients using the balance master. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 425-30.
- 59 Pyöriä O, Era P, Talvitie U. Relationships between standing balance and symmetry measurements in patients following recent strokes (≤ 3 weeks) or older strokes (≥ 6 months). *Phys Ther* 2004; 84:128-36.
- 60 Topper A, Maki B, Holliday P. Are activity-based assessments of balance and gait in the elderly predictive of risk of falling and/or type of fall. *J Am Geriatr Soc* 1993; 41: 479-87.
- 61 Maki B, Holliday P, Topper A. Aprospective study of postural balance and risk of falling in an ambulatory and independent elderly population. *J Gerontol Med Sci* 1994; 49 (2): M72-84.
- 62 Lord S, Clark R. Simple physiological and clinical tests for the accurate prediction of falling in older people. *Gerontology* 1996; 42: 199-203.
- 63 Lord S, Rogers M, Howland A, Fitzpatrick R. Lateral stability, sensomotor function and fall in older people. *J Am Geriatr Soc* 1999; 47: 1077-81.
- 64 Dodd K, Hill K, Haas R, Luke C, Millard S. Retest reliability of dynamic balance during standing in older people after surgical treatment of hip fracture. *Physioterapy research international* 2003; 8 (2): 93-100.
- 65 Sihvonen, S. & Era, P. Test-retest reliability of easy and more demanding balance tests in young, middle-aged and elderly participants. *Journal of Aging and Physical Activity* 1999; 7: 312-13.

Liite1. Dynaaminen tasapainotesti. Lateraalinen painonsiirto puolelta toiselle.



Liite 2a. Koeryhmäläisten harjoitusohjelma viikoille 1-7.

Harjoitusliike	Viikko 1	Viikko 2-4 2 vkolla 1 RM kaikista liikkeistä		Viikko 5		Viikko 6 1 RM jalkaprässi		Viikko 7 1 RM lonkan adduktio	
	Harjoituslaitteisiin ja ohjaajiin tutustuminen	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva
Jalkaprässi, nopeus		40 % 3 x 12	40 % 2 x 12	40 % 3 x 12	40 % 2 x 12	40 % 3 x 12	40 % 2 x 12	40 % 3 x 12	40 % 2 x 12
Pohkeet, nopeus		Kehon painolla, molemmilla jaloilla 2 x 12		Kehon painolla, molemmilla jaloilla 2 x 12		Painoliivi (~10 %, toinen kerta), molemmat jalat 2 x 12		Painoliivi (~10 %) molemmat jalat 2 x 12	
Abduktio, voima		60 % 2 x 8	50 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10
Adduktio, voima		60 % 2 x 8	50 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10
Polven fleksio, voima		60 % 2 x 8	50 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10
Jalkaprässi, voima		60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	60 -70 % 2 x 8	50 -60 % 1 x 10	70 % 2 x 8 *	60 % 1 x 10 *
Pohkeet, voima		Kehon painolla, yksi jalka kerrallaan		Painoliivi (~10 %), yhdellä jalalla		Painoliivi (~10 %), toinen kerta), yhdellä jalalla		Painoliivi (~10 %), yhdellä jalalla	
	2 x 8	1 x 10	2 x 8	1 x 10	2 x 8	1 x 10	2 x 8	1 x 10	

* kerran viikossa

Liite 2b. Koeryhmäläisten harjoitusohjelma viikoille 8-12.

Harjoitusliike	Viikko 8, 1 kerta 1 RM- lonkan abduktio/ polven fleksio		Viikko 8, 2 kerta		Viikko 9		Viikko 10		Viikko 11-12	
	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva	Heikko	Vahva
Jalkaprässi, nopeus	40 % 3 x 12	40 % 2 x 12	40 % 3 x 12	40 % 2 x 12	50 % 3-4 x 12	40 % 3 x 12	50 % 3-4 x 12	40 % 3 x 12	50 % 3-4 x 12	40 % 3 x 12
Pohkeet, nopeus	Painoliivi (~10 %), molemmat jalat 2 x 12		Painoliivi (~10 %), molemmat jalat 2 x 12		Painoliivi (~10 %), molemmat jalat 3 x 12		Painoliivi (~10 %), molemmat jalat 3 x 12		Painoliivi (~10 %), molemmat jalat 3 x 12	
Abduktio, voima	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10
Adduktio, voima	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10
Polven fleksio, voima	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10
Jalkaprässi, voima *	70 % 2 x 8	60 % 1 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 % 3 x 8	60 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10	70 - 80 % 3 x 8	60 -70 % 2 x 10
Pohkeet, voima	Painoliivi (~10 %), yhdellä jalalla		Painoliivi (~10 %), yhdellä jalalla		Painoliivi (~10 %), yhdellä jalalla		Painoliivi (~15 %), yhdellä jalalla		Painoliivi (~15 %), yhdellä jalalla	
	2 x 8	1 x 10	3 x 8	2 x 10	3 x 8	2 x 10	3 x 8	2 x 10	3 x 8	2 x 10

* kerran viikossa

Liite 3a. Viitearvot normaali seisominen silmät auki (SA)

		Naiset
60-69 v.	a-p nop (mm/s)	5.6
	m-l nop.(mm/s)	3.3
	v.mom (mm ² /s)	8.4
70-79 v.	a-p nop.(mm/s)	6.7
	m-l nop.(mm/s)	3.9
	v.mom (mm ² /s)	10.9
80-93 v.	a-p nop.(mm/s)	8.9
	m-l nop.(mm/s)	4.9
	v.mom (mm ² /s)	16.9

Lähde: Metitur software (www. metitur.com)

Liite 3b. Viitearvot normaali seisominen silmät kiinni (SK)

		Naiset
60-69 v.	a-p nop (mm/s)	9.5
	m-l nop.(mm/s)	4.3
	v.mom (mm ² /s)	14.8
70-79 v.	a-p nop.(mm/s)	11.1
	m-l nop.(mm/s)	5.3
	v.mom (mm ² /s)	20.9
80-93 v.	a-p nop.(mm/s)	14.1
	m-l nop.(mm/s)	6.8
	v.mom (mm ² /s)	28.3

Lähde: Metitur software (www. metitur.com)