

**PROGRESSIIVISEN VOIMAHARJOITTELUN VAIKUTUS  
LONKKAMURTUMASTA TOIPUVIEN IKÄÄNTYNEIDEN  
KAATUMISINSIDENSSIIN**

Johanna Koskinen  
Fysioterapian pro gradu-tutkielma  
Terveystieteen laitos  
Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Syksy 2008

## TIIVISTELMÄ

Progressiivisen voimaharjoittelun vaikutus lonkkamurtumasta toipuvien ikääntyneiden kaatumisinsidenssiin

Johanna Koskinen

Fysioterapian Pro Gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Liikunta- ja terveystieteiden tiedekunta, Terveystieteiden laitos

Syksy 2008

40 sivua

Ohjaaja: Prof. Ari Heinonen, Jyväskylän yliopisto, Terveystieteiden laitos

---

Lonkkamurtuma on ikääntyneillä yleinen trauma, johon liittyy korkea kuolleisuus ja toimintakyvyttömyys. Suurin osa lonkkamurtumista syntyy kaatumisen seurauksena. Alaraajojen lihasvoiman ja voimantuottotehon aleneminen sekä lihasvoiman puoliero ovat yhteydessä lisääntyneeseen kaatumisriskiin ja heikentyneeseen toimintakykyyn. Hyvin suunnitellulla harjoitusohjelmalla on mahdollista lisätä alaraajojen lihasvoimaa ja voimantuottotehoa sekä vähentää lihasvoiman puoleroa. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää lihasvoiman puolieron huomioonottavan progressiivisen voimaharjoittelun vaikutuksia lonkkamurtumasta toipuvien ikääntyneiden kaatumistapaturmien määrään ja laatuun ja tarkastella onko voimaharjoittelua edeltäneiden kaatumisten lukumäärällä yhteyttä voimaharjoittelun ja sen jälkeisen seuranta-ajan kaatumisten lukumäärään.

Tutkittavat olivat 68–85 -v. henkilöitä, jotka oli operoitu lonkkamurtuman vuoksi Keski-Suomen keskussairaalassa vuosina 1998–2004, keskimäärin 4 v. aiemmin (n=452). Poissulkukriteerien jälkeen jäljelle jäi 79 tutkittavaa, jotka satunnaistettiin alkumittausten jälkeen voimaharjoitteluryhmään (n=24) ja kontrolliryhmään (n=22). Tutkittavien terveydestä, toimintakyvystä, liikkumiskyvystä, elämäntavoista ja kaatumisiin liittyvistä tekijöistä kerättiin tietoa kyselylomakkeilla ennen harjoittelujaksoa ja sen päätyttyä. Lisäksi tutkittavat pitivät kaatumispäiväkirjaa intervention aikana ja sen jälkeen yhteensä 16 kuukauden ajan. Näiden tietojen perustella määriteltiin kaatumisinsidenssi (kaatumisten määrä) ja kaatumistapaturmien laatu (vammatuttavat kaatumiset/ei vammaa/sisällä/ulkona). Voimaharjoitteluryhmään kuuluneet harjoittelivat kolmen kuukauden ajan yksilöllisen progressiivisen voimaharjoitteluohjelman mukaisesti. Kontrolliryhmäläisiä kehoitettiin säilyttämään elintapansa ennallaan. Tilastollisina analyysimenetelminä käytettiin Shapiro-Wilk -testiä,  $\chi^2$ -testiä, riippumattomien otosten t-testiä, Mann-Whitney U-testiä ja Spearmanin korrelaatiokerrointa sekä osittaiskorrelaatiokerrointa.

Voimaharjoitteluryhmäläisistä 39 % (14) ja kontrolliryhmäläisistä 43 % (12) kaatui seuranta-aikana. Voimaharjoitteluryhmässä kaikkien seuranta-aikana sattuneiden kaatumisten mediaaniarvo oli 0 (kvartiilit 25 %: 0; 75 %: 2,0) ja kontrolliryhmässä 0 (0; 1,0). Ryhmien väliset erot tai yhteydet eivät olleet tilastollisesti merkitseviä (p<0,05).

Progressiivinen kolme kuukautta kestänyt voima-nopeusharjoittelu ei vaikuttanut kaatumisinsidenssiin eikä kaatumisten laatuun tilastollisesti merkitsevästi. Seuranta-aikaa edeltäneiden kuukauden kaatumisinsidenssi ei ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä seuranta-ajan kaatumisinsidenssiin. Tarvitaan lisää riittävän tehokkaalla asetelmalla ja riittävän pitkällä seuranta-ajalla toteutettuja satunnaistettuja ja kontrolloituja tutkimuksia erilaisten interventoiden vaikutuksista ikääntyneiden lonkkamurtumapotilaiden liikkumis- ja toimintakykyyn sekä kaatumisten lukumäärään ja laatuun.

---

**Asiasanat:** ikääntyneet, lonkkamurtuma, kaatumiset, tasapaino, lihasvoima, puoliero, voimaharjoittelu

## **ABSTRACT**

The effect of progressive resistance training on the fall incidence of older people recovering from hip fracture

Johanna Koskinen

Physiotherapy Master's Thesis

University of Jyväskylä,

Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Health Sciences

Autumn 2008

40 pages

Supervisor: Professor Ari Heinonen, University of Jyväskylä, Department of Health Sciences

---

Hip fracture is a common trauma in older people and it involves high mortality and limitations in functional capacity. Most of hip fractures are caused by a fall. Decline in lower limb muscle force and muscle power and asymmetry in muscle strength are related to an increased risk to fall and a decline in functional capacity. It's possible to increase lower limb muscle force and muscle power and decrease asymmetry in lower limb muscle strength with a well-designed training program. The purpose of this study was to find out how progressive resistance training, which takes into account the lower limb asymmetry, affects the quantity and the quality of falls in older people recovering from hip fracture. Another aim was to research whether the quantity of falls before the strength training is related to the quantity of falls during the training period and the subsequent follow up time.

Participants were 68-85-year-old people with hip fracture history who had been operated in the Central Finland Central Hospital in 1998–2004, average 4 years earlier (n=452). After exclusionary criteria there were 79 participants who were randomized into a resistance training group (n=24) or a control group (n=22). Information on health, functional capacity, mobility, life behavior and falls was gathered through a questionnaire before and after the intervention. During and after the intervention participants also kept a fall-diary during 16 months. With this information was determined the fall incidence (quantity) and the quality (disabling /not disabling/inside/outside) of falls. The intervention group exercised according to an individual progressive resistance training program during three months. Controls kept their lifestyle unchangeable. Statistical methods used were Shapiro-Wilk test,  $\chi^2$ -test, independent samples t-test, Mann-Whitney U-test and Spearman's rho.

39 % (14) of the strength training group and 43 % (12) of the controls had fallen during the follow-up. In the training group median of all falls was 0 (quartiles 25 %: 0; 75 %: 2,0) and in the control group it was 0 (0; 1,0). There weren't any statistically significant differences or relations between the groups ( $p < 0,05$ ).

Progressive three months force-velocity training didn't affect statistically significantly the fall incidence or the quality of falls. The fall incidence of the six month period previous to the follow-up time wasn't related to the fall incidence of the follow-up time. There is a call for randomized controlled trials with effective enough research design and adequate enough follow-up time to study the effects of different kind of interventions on the quantity and the quality of falls in older hip fracture patients.

---

**Keywords:** older people, hip fracture, falls, balance, muscle strength, asymmetry, resistance training

## SISÄLLYS

<b>1</b>	<b>JOHDANTO .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>KAATUMISTEN JA LONKKAMURTUMIEN RISKITEKIJÄT, NIIDEN TUNNISTAMINEN JA ENNALTA EHKÄISY .....</b>	<b>2</b>
	2.1 Kaatumisten epidemiologia, seuraukset ja kustannukset.....	2
	2.2 Kaatumisten ja lonkkamurtumien riskitekijät.....	3
	2.4 Kaatumisriskin tunnistaminen ja kaatumistapaturmien ennalta ehkäisy .....	6
	2.5 Riskiryhmälle soveltuvia interventioita.....	8
	2.6 Yhteenveto.....	11
<b>3</b>	<b>TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT .....</b>	<b>13</b>
<b>4</b>	<b>TUTKIMUSMENETELMÄT.....</b>	<b>14</b>
	4.1 Tutkimusasetelma ja tutkittavat.....	14
	4.2 Eettiset seikat.....	16
	4.3 Mittausmenetelmät .....	16
	4.3.1 Antropometriset mittaukset ja terveystarkastus .....	16
	4.3.2 Kaatumisaineisto.....	16
	4.3.3 Taustamuuttajat: voima-nopeusharjoittelu .....	17
	4.5 Aineiston analyysi .....	20
<b>4</b>	<b>TULOKSET.....</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>POHDINTA .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>JOHTOPÄÄTÖKSET.....</b>	<b>34</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>35</b>

## 1 JOHDANTO

Lonkkamurtuma on ikääntyneillä yleinen trauma, johon liittyy korkea kuolleisuus ja toimintakyvyttömyys (Kannus ym. 2006, Lönroos ym. 2006). Suurin osa lonkkamurtumista syntyy kaatumisen seurauksena (Greenspan ym. 1998, Parkkari ym. 1999). Noin 30 % lonkkamurtuman saaneista kuolee murtuman jälkeisen vuoden aikana ja noin 30 % joutuu laitoshoitoon (Parkkari ym. 1999, Lehto ym. 2000). Vähemmän kuin puolet lonkkamurtumapotilaista saavuttaa murtumaa edeltäneen toimintakyvyn tason (Marottoli ym. 1992, Eastwood ym. 2002). Suomessa sattuu vuosittain noin 7 000 lonkkamurtumaa ja yhden lonkkamurtumapotilaan kokonaiskustannukset ovat vuositasolla noin 15 000 euroa (Lehto ym. 2000, Kannus ym. 2006). Kaatumiset ja niistä aiheutuvat lonkkamurtumat ovat siis merkittävä ongelma sekä yksilön että yhteiskunnan näkökulmasta.

Kaatumistapaturmat syntyvät usein monien riskitekijöiden yhteisvaikutuksesta (Tinetti ym. 1988, Tinetti ym. 1989, Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008). Riskitekijöihin lukeutuvat erilaiset fysiologiset ja lääketieteelliset tekijät sekä ympäristötekijät (Tinetti ym. 1989, Graafmans ym. 1996). Alaraajojen lihasvoiman ja voiman tuottotehon aleneminen sekä lihasvoiman puoliero ovat kiistattomasti yhteydessä lisääntyneeseen kaatumisriskiin ja heikentyneeseen toimintakykyyn (Lamb ym. 1995, Madsen ym. 2000, Portegijs 2008a). Tutkimusten mukaan terveillä iäkkäillä progressiivinen voimaharjoittelu kehittää lihasvoimaa (Skelton ym. 1995, Sipilä ym. 1996, Ferri ym. 2003). Lisäksi lihasvoimaharjoittelun avulla voidaan parantaa heikentynyttä toimintakykyä ja tasapainoa (Meuleman ym. 2000, Sayers ym. 2003, Bean ym. 2003). Harjoitusohjelmat, joissa huomioidaan lihasvoiman puoliero, voivat olla vielä tehokkaampia kuin perinteiset bilateraaliset harjoitusohjelmat. Lisäksi intensiivinen voimaharjoittelu soveltuu lonkkamurtumasta toipuville ikääntyneille sekä kehittää lihasvoimaa ja -tehoa (Portegijs ym. 2006).

Pro gradu -tutkielmani liittyy Suomen gerontologian tutkimuskeskuksen projektiin ”Muscle strength and power in old age: special emphasis on lower limb asymmetry, mobility and balance”, jossa tutkittiin lihasvoiman puolieroja ja voimaharjoittelun yhteyttä lihasvoimaan, toimintakykyyn ja tasapainoon 60–85-vuotiailla lonkkamurtumasta toipuvilla henkilöillä. Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää lihasvoiman puolieron huomioonottavan progressiivisen voimanopeusharjoittelun vaikutuksia lonkkamurtumasta toipuvien iäkkäiden kaatumisinsidenssiin ja kaatumisten laatuun (vammauttavat/sisällä/ulkona) ja onko murtumaa edeltäneiden kaatumisten lukumäärällä yhteyttä murtuman jälkeisten kaatumisten määrään.

## **2 KAATUMISTEN JA LONKKAMURTUMIEN RISKITEKIJÄT, NIIDEN TUNNISTAMINEN JA ENNALTA EHKÄISY**

Tässä luvussa luodaan katsaus kaatumisten epidemiologiaan, seurauksiin, kustannuksiin ja fysiologiaan sekä tarkastellaan kaatumisten ja lonkkamurtumien riskitekijöitä ja keinoja kaatumisriskissä olevien yksilöiden tunnistamiseen. Lopuksi esitellään erilaisia riskiryhmälle soveltuvia interventioita.

### **2.1 Kaatumisten epidemiologia, seuraukset ja kustannukset**

Kaatuminen on iäkkäiden suomalaisten yleisin tapaturma ja yleisin yksittäinen riskitekijä erilaisille murtumille (Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008). Enemmän kuin 30 % kotona asuvista yli 65-vuotiaista kaatuu vuosittain ja 50 % kerran kaatuneista kaatuu useamman kerran vuoden seurantajakson aikana (Nevitt ym. 1989, Lord ym. 1993). Laitoksissa asuvat kaatuvat useammin kuin kotona asuvat: heistä jopa 56 % kaatuu vuoden seurantajakson aikana (Luukinen ym. 1994).

Kotona asuvilla ikääntyneillä noin 50 % kaatumisista tapahtuu kotona tai kodin välittömässä läheisyydessä (Lord ym. 1993, Luukinen ym. 1995). Erityisesti ikääntyneillä naisilla kodin ulkopuolella sattuneet kaatumiset vähenevät iän lisääntyessä johtuen siitä, että huonokuntoisemmat eivät enää liiku niin paljon ulkona (Lord ym. 1993, Luukinen ym. 1995). Tyypillisesti kaadutaan niissä tiloissa, missä oleskellaan eniten (kuten kotona makuuhuoneessa, olohuoneessa ja keittiössä) ja kaatumistapaturmat sattuvat silloin, kun aktiviteetti on vilkkaimmillaan eli heti aamusta tai aamupäivällä (Cambell ym. 1990, Lord ym. 1993).

Kaatumistapaturmat ovat yleisin syy sairaalaan joutumiseen yli 65-vuotiailla ja 40 % kuolemaan johtaneista tapaturmista on tässä ikäluokassa kaatumisten aiheuttamia (Lord ym. 1990, Tinetti ym. 1991). Riippuen tutkimuksen kohteena olleesta ryhmästä, kaatumiseen liittyviä loukkaantumisia on todettu 22–60 %:lla yli 65-vuotiaista ikääntyneistä (Lord ym. 1990, Tinetti ym. 1991). Noin 10–15 %:iin kaatumisista liittyy vakava vamma, joka vaatii välitöntä sairaalahoitoa, 2–6 %:lle aiheutuu murtuma (muu kuin lonkkamurtuma) ja 0,2–1,5 %:lle lonkkamurtuma (Nevitt ym. 1989, Tinetti 1998). Järvisen ym. (2008) mukaan pienienergisien trauman seurauksena syntyneistä murtumista vain alle 20 % on luonteeltaan osteoporoottisia, joten ongelma koskettaa muitakin kuin niitä, joiden luuston tiheys on alentunut.

Lonkkamurtumat ovat ikääntyneillä kaatumisten aiheuttamista vammoista merkittävimpiä, koska heidän toipumisensa on hidasta ja he ovat alttiita postoperatiivisille komplikaatioille (Marottoli ym. 1992, Kannus ym. 2005a). Monissa tapauksissa lonkkamurtuma johtaakin kuolemaan ja ne jotka selviytyvät, eivät useinkaan saavuta onnettomuutta edeltänyttä fyysisen toimintakyvyn tasoa (Marottoli ym. 1992, Tinetti 1998). Monelle jää kaatumisen seurauksena jonkinasteinen toiminnallinen haitta, joka rajoittaa fyysistä aktiivisuutta (Kannus ym. 1999a, Kannus ym. 1999b, Salkeld ym. 2000). Lisäksi kerran tai useammin kaatuneille jää usein voimakas kaatumisen pelko, joka välillisesti vähentää itsenäisyyttä ja elämänlaatua, kun päivittäisiä toimintoja rajoitetaan kaatumisen pelossa (Tinetti 1994, Tinetti ym. 1997, Tinetti ym. 1998). Tutkimusten mukaan myös voimakkaat tuki- ja liikuntaelimestön kivut rajoittavat ikääntyneiden lonkkamurtumapotilaiden liikkumiskykyä ja kuntoutumista lonkkamurtuman jälkeen (Visser ym. 2000, Leveille ym. 2001).

Edellä mainituista syistä johtuen toistuvat kaatumistapaturmat johtavat usein iäkkään henkilön sijoittamiseen vanhainkotiin tai vastaavaan tuettuun asumismuotoon (Tinetti ym. 1997, Tinetti ym. 1998). Kaatumistapaturmat ja lonkkamurtumat sitovatkin paljon sosiaali- ja terveydenhuollon resursseja. Jatkossa ongelma tulee todennäköisesti olemaan entistä merkittävämpi, koska Suomessa iäkkään väestön osuus kasvaa jatkuvasti.

Suomessa lonkkamurtumia ilmenee tällä hetkellä vuosittain noin 7 000 ja yhden lonkkamurtumapotilaan kokonaiskustannukset ovat vuositasolla noin 15 000 euroa (Lehto ym. 2000, Kannus ym. 2006). Tällä laskukaavalla pelkkien lonkkamurtumien kokonaiskustannukset ovat Suomessa vuosittain 105 miljoonaa euroa. Kansanterveyslaitoksen (2006) tilastojen mukaan neljä kymmenestä reisiluun yläosan murtuman saaneesta potilaasta ei kuntoudu entiselleen. Jos kotona asunut potilas joutuu laitoshoittoon, ensimmäisen vuoden hoitokustannukset ovat noin 38 000 € (Kansanterveyslaitos 2006). Jos 7 000 kaatuneesta lonkkamurtumapotilaasta neljä kymmenesosaa joutuisi laitoshoittoon, olisivat kustannukset pelkästään ensimmäiseltä vuodelta siis 10,640 miljoonaa euroa.

## **2.2 Kaatumisten ja lonkkamurtumien riskitekijät**

*Kaatumisten määritelmä* on riippuvainen tutkimuksen tarkoituksesta ja tavoitteesta. Yleisimmin käytetty ja sovellettu määritelmä koskien kaatumisia on peräisin Kellogg'in kansainväliseltä työryhmältä (1987), joka määritteli kaatumiset seuraavasti: ”unintentionally coming to

the ground or some lower level and other than as a consequence of sustaining a violent blow, loss of consciousness, sudden onset of paralysis as in stroke or an epileptic seizure”. Määritelmä korostaa kaatumisten fysiologista taustaa ja asennonhallintaan osallistuvien elinjärjestelmien toiminnan merkitystä.

Suurin osa (80 %) lonkkamurtumista syntyy kaatumisten seurauksena (Kannus ym. 2005b, Järvinen 2008). Kaatumistapaturmat puolestaan aiheutuvat tyypillisesti monien riskitekijöiden yhteisvaikutuksesta (Tinetti ym. 1988, Tinetti ym. 1989, Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008). Tämän vuoksi kaatumisten riskitekijöiden tunteminen sekä niiden moninaisuuden ja yhteisvaikutusten ymmärtäminen on välttämätöntä haluttaessa ehkäistä lonkkamurtumia ja muita kaatumisiin liittyviä tapaturmia. Tasapainon ylläpito vaatii näköaistin, vestibulaarijärjestelmän ja sensomotorisen järjestelmän yhteistoimintaa (Lord ym. 2005). Ikääntymisen on todettu vaikuttavan eri aistijärjestelmien ja sensomotorisen järjestelmän toimintaan ja siten myös lihasvoimaan ja tasapainoon sekä kävelyn parametreihin niin, että kaatumisriski lisääntyy (Lord ym. 1992, Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b).

*Kaatumisten riskitekijöitä* on jaoteltu usealla eri tavalla. Monet tutkijat jaottelevat riskitekijät sisäisiin ja ulkoisiin tekijöihin, joista edelliseen luetaan kuuluvaksi fysiologiset ja lääketieteelliset tekijät sekä jälkimmäiseen ympäristötekijät (Tinetti ym. 1989, Graafmans ym. 1996). Lord ym. (2001) jaottelivat puolestaan riskitekijät *kuuteen luokkaan*: psykososiaaliset ja demografiset tekijät, tasapaino- ja liikkumistekijät, sensoriset ja neuromuskulaariset tekijät, lääketieteelliset tekijät, lääkkeiden käyttö ja ympäristötekijät. Lisäksi tiedetään, että aiemmin kaatuneet henkilöt ovat muita suuremmassa riskissä kaatua uudelleen (Nevitt ym. 1989). Samoin jo yhden lonkkamurtuman saaneet ovat muita suuremmassa riskissä kaatua uudelleen vammauttavasti (Lönroos ym. 2007).

*Psykososiaalisista ja demografisista tekijöistä* korkea ikä, valkoihoisuus, naissukupuoli, yksin asuminen, aiemmat kaatumistapaturmat, apuvälineiden käyttö, kaatumisen pelko ja depressiiviset oireet näyttäisivät lisäävän kaatumisriskiä (Biderman ym. 2002, Jørgensen ym. 2002, Richardson ym. 2002, de Rekeneire ym. 2003).

*Tasapaino- ja liikkumistekijöiden* osalta on näyttöä heikentyneen toiminta- ja liikkumiskyvyn sekä heikentyneen tasapainon, lisääntyneen pystyasennon huojunnan ja fyysisen inaktiivisuuden kaatumisriskiä lisäävästä vaikutuksesta (Lord ym. 1996, Biderman ym. 2002, Jørgensen ym. 2002, Richardson ym. 2002, de Rekeneire ym. 2003). Yli 65-vuotiailla perifeerisen tun-



non merkitys onkin korostunut näköaistiin verrattuna pystyasennon hallinnassa (Lord ym. 1992, Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b). Lisäksi kävelyn askelpituuden lyheneminen ja tukivaiheen pidentyminen, myötäliikkeiden puuttuminen, vartalon jäykkyys, alhainen kävelynopeus ja epätasainen leveä askellus ovat tyypillisempää kaatuneilla ikääntyneillä ei-kaatuneisiin verrattaessa (Tinetti ym. 1988, Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b, Lord ym. 1996). Lisäksi usein kaatuneiden ikääntyneiden asentohuojunnan on todettu lisääntyneen merkittävästi verrattaessa heitä ikääntyneisiin, jotka eivät ole kaatuilleet (Lord ym. 1996, Lord ym. 2005).

*Sensorisista tekijöistä* heikentyneen perifeerisen tunnon ja kontrastinäön on osoitettu olevan kaatumisriskiä lisääviä tekijöitä (Lord ym. 1996, Jørgensen ym. 2002, Richardson ym. 2002, de Rekeneire ym. 2003). Myös proprioseptiikka ja vibraatiotunto heikentyvät ikäännyttäessä lisäten kaatumisriskiä entisestään (Lord ym. 1992, Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b).

Useat *neuromuskulaariset tekijät* vaikuttavat ikääntyneiden kaatumisriskiin. Lihasten poikkipinta-ala pienenee ja lihassäikeiden määrä vähenee jopa 25 % 70 vuoden ikään mennessä (Aniansson ym. 1986, Berg ym. 1993). Myös lihassäikeiden supistumisnopeus heikentyy ja reaktioaika pitenee ikääntymisen myötä (Lord ym. 1996, Lauretani ym. 2003). Näiden lihasvoimaan ja voimantuottotehoon vaikuttavien muutosten on osoitettu olevan yhteydessä heikentyneeseen toimintakykyyn ja lisääntyneeseen avuntarpeeseen (Rantanen ym. 2002, Bean ym. 2003). Lisäksi tiedetään, että alentunut lihasvoima ja voimantuottoteho ovat yhteydessä heikkoon tasapainoon (Wolfson ym. 1995). On myös osoitettu, että voimakkaat nilkkojen ojentajalihakset sekä polvi- ja lonkkaniveltä ympäröivät lihakset on yhteydessä hyvään seisomatasapainoon terveillä sekä heikkokuntoisilla ikääntyneillä henkilöillä (Ferrucci ym. 1997, Reeves ym. 2006). Alentunut lihasvoima ja voimantuottoteho ovat merkittäviä kaatumisriskiä lisääviä tekijöitä. Viimeisimpien tutkimusten mukaan nopealla voimantuottoteholla olisi pystyasennon hallinnan kannalta kaikkein suurin merkitys (Skelton ym. 2002, Orr ym. 2004).

*Lääketieteellisistä tekijöistä* ikääntyneiden kaatumisriskiä lisäävät monet krooniset ja akuutit sairaudet (erityisesti parkinsonin tauti, inkontinenssi, huimaus, halvaukset, alaraajojen ongelmat, artritit ja kognitiiviset ongelmat) sekä useiden sairauksien yhtäaikainen esiintyminen ja huono itse arvioitu terveys (Blake ym. 1988, Tinetti ym. 1989, Lord ym. 1992, Biderman ym. 2002, Jørgensen ym. 2002, Richardson ym. 2002, de Rekeneire ym. 2003). Lisäksi *lääkkeiden käytön* (erityisesti yli neljän lääkkeen yhtäaikaisen käytön, reseptillisten särkylääkkeiden, art-

riittilääkkeiden ja psyykenlääkkeiden) on todettu lisäävän ikääntyneiden kaatumisriskiä (Tinetti ym. 1989, Lord ym. 1992, Richardson ym. 2002, de Rekeneire ym. 2003).

*Ympäristötekijöiden* osuuden tutkiminen kaatumistapaturmiin liittyen on haasteellista johtuen niiden kiinteästä yhteydestä tutkittavan henkilön fyysiseen toimintakykyyn (Tinetti ym. 1989, Lord ym. 1996). On kuitenkin löytynyt viitteitä huonojen jalkineiden, tarkoituksettomien huonekalujen, huonon valaistuksen, liukkaiden pintojen ja kompastumista aiheuttavien esineiden yhteydestä kaatumisiin (Tinetti ym. 1989, Luukinen ym. 1996, Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008).

Useasti kaatuneet henkilöt ovat muita suuremmassa riskissä kaatua uudelleen, joten *toistuvasti kaatuviin* pitäisi kiinnittää terveydenhuollossa huomiota, vaikka kaatumiset eivät olisi olleet vammauttavia. (Nevitt ym. 1989, Formiga ym. 2008). Lönroos ym. (2007) ovat puolestaan havainneet, että toisen lonkkamurtuman saaminen on luultua yleisempää jo yhden lonkkamurtuman kokeneilla. Toistuviin kaatumistapaturmiin liittyy tyypillisesti alentunut fyysinen toimintakyky sekä moninaisia kroonisia sairauksia (Pluijm ym. 2006, Formiga ym. 2008). Tästä johtuen toistuvasti kaatuvilla ja useita lonkkamurtumia kokeneilla monien lääkkeiden yhtäaikainen käyttö, kuten myös neuroleptien ja psykotrooppisten lääkkeiden käyttö on yleisempää kuin muilla (Nevitt ym. 1989, Formiga ym. 2008). Edellä mainitut tekijät altistavat jo sinällään uusille kaatumistapaturmille (Richardson ym. 2002, de Rekeneire ym. 2003, Formiga ym. 2008).

## **2.4 Kaatumisriskin tunnistaminen ja kaatumistapaturmien ennalta ehkäisy**

Ikääntyneiden kaatumistapaturmien, kuten esimerkiksi lonkkamurtumien, ehkäisy on haastava tehtävä, sillä kaatumisten taustalla vaikuttavat monet erilaiset riskitekijät, jotka voivat johtua ihmisestä itsestään tai hänen toimintaympäristöstään (Lord ym. 1990, Tinetti ym. 1991, Kannus ym. 2005, Järvinen ym. 2008). Kaatumistapaturmien ehkäisyssä olennaista on riskiryhmään kuuluvien tunnistaminen sekä tarpeellisten ehkäisytoimenpiteiden toteuttaminen (Tinetti ym. 1991, Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008).

Tinetti ym. (1989) toteavat, että kaatumistapaturmien ennalta ehkäisyssä ensisijaisena tavoitteena tulisi olla kaatumisriskin minimointi niin, ettei sen takia uhrata ikääntyneiden liikkumismahdollisuuksia ja toiminnallista itsenäisyyttä. Nevittin ym. (1989) mukaan olisi tärkeintä tunnistaa toistuvasti kaatuvat, sillä yksittäisiä kaatumistapaturmia on vaikeampi ennustaa.

Erityisesti toistuvasti kaatuvilla ja jo yhden lonkkamurtuman kokeneilla tulisi kiinnittää huomiota kaatumisten riskitekijöihin ja niiden minimoimiseen, jotta tulevat kaatumiset voitaisiin ehkäistä (Kannus ym. 2005a, Lönroos ym. 2007, Formiga ym. 2008).

Kaatumisriskin arvioinnin tulisi olla rutiinitoimenpide terveydenhuollossa kaikkien ikääntyneiden osalta ja jokainen heistä tulisi tutkia huolellisesti diagnooseista ja oireista riippumatta (Tinetti ym. 1989, Lord ym. 2005). On kyseenalaista olettaa, että riskiryhmä olisi tunnistettavissa pelkkien diagnoosien tai sairauskertomuksien perusteella ja siksi tarvitaankin päteviä ja yksinkertaisia, suhteellisen lyhyessä ajassa toteutettavia testejä riskiryhmän tunnistamiseen (Tinetti ym. 1989, Lord ym. 2005). Uusien testien ja testipatteristojen toimivuutta riskiryhmän tunnistamisessa tutkitaankin jatkuvasti (Lord ym. 2001, Cho ym. 2004, Bergland ym. 2004, Melzer ym. 2004). Testaamisessa on siirrytty fysiologiseen lähestymistapaan verrattuna aiemmin vallinneeseen lääketieteelliseen lähestymistapaan, jossa pyrittiin tunnistamaan pääasiassa sairauksia ja niiden oireita. Hyödynnettäessä fysiologista lähestymistapaa saadaan tietoa toimintakyvyn heikkenemisen asteesta ja voidaan samalla tarkasti määrittää, millä osa-alueilla ongelmat ilmenevät (Tinetti ym. 1989, Lord ym. 1994, Lord ym. 2005).

Vaikka kaatumistapaturmat voivat olla täysin satunnaisia, riskiryhmän tunnistaminen on mahdollista arvioimalla kaatumisten riskitekijöitä, kuten ikääntyneen lihasvoimaa, kävelyä, tasapainoa, kehon huojuntaa, näkökykyä, reaktioaikaa, sisäisiä riskitekijöitä, ja ympäristön turvallisuutta sekä hankkimalla yksityiskohtaista tietoa ikääntyneen aiemmista kaatumistapaturmista ja niiden aikana vallinneista olosuhteista (Bergland ym. 2004, Melzer ym. 2004, Kannus ym. 2005a, Kannus ym. 2005b, Lord ym. 2005). Näihin tarkoituksiin on olemassa yksinkertaisia kävelyä, tasapainoa ja muita toimintakyvyn osa-alueita arvioivia testejä, kuten Get Up and Go -testi, Performance-Oriented Assessment of Mobility -testi (POMA), Bergin tasapainotesti, Tinettin tasapainotesti, Activities-specific Balance Confidence (ABC) -testi ja Physical Performance Assessment (PPA) -testi (Blake ym. 1988, Tinetti ym. 1989, Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b).

Näiden kansainvälisesti tunnettujen testien tekeminen vaatii vain vähän aikaa, välineistöä ja kokemusta, joten niitä on helppo käyttää rutiininomaisesti kliinisessä työssä (Blake ym. 1988, Tinetti ym. 1989, Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b). Testitehtävien valinnassa on kiinnitetty huomiota siihen, että ne kattavat kaikki pääasialliset fysiologiset järjestelmät, jotka vaikuttavat pystyasennon hallintaan (Lord ym. 1994a, Lord ym. 1994b, Melzer ym. 2004).

Testaamisen ja tutkimisen lisäksi ikääntyneitä tulisi mahdollisuuksien mukaan havainnoida heille aidossa toimintaympäristössä päivittäisten toimintojen aikana, jotta aiemmin määriteltyjä riskitekijöitä voitaisiin tunnistaa tehokkaasti ja luotettavasti (Nevitt ym. 1989, Lord ym. 2001). Kun yksilöön ja hänen ympäristöönsä liittyvät riskitekijät on tunnistettu, voidaan valita sopivat kuntoutusinterventiot ja ympäristöön kohdistettavat muutostoimenpiteet, joskin tutkimusten mukaan interventioiden onnistuminen vaatii pitkää seurantajaksoa (Tinetti ym. 1989, Lord ym. 2005).

## **2.5 Riskiryhmälle soveltuvia interventioita**

Systemaattisten kirjallisuuskatsausten mukaan vähintään 15 % ja joidenkin lähteiden mukaan jopa 50 % ikäihmisten kaatumisista ja kaatumistapaturmista olisi ennalta ehkäistävissä joko yksi- tai monitekijäisellä interventiolla (Kannus 2005b). Tieteellistä näyttöä on eniten voima- ja tasapainoharjoittelun vaikutuksista, mutta myös psykotrooppisen lääkityksen vähentämisen, ravintolisien käytön (kalsium ja D-vitamiini), näkövirheiden korjaamisen (kaihileikkaukset, silmälasit) ja kotiympäristön turvallisuuden arvioinnin ja tarvittavien muutostöiden tekemisen on osoitettu olevan tehokkaita keinoja kaatumisten ennalta ehkäisyssä (NIH 2001, Cummings ym. 2002, Kanis 2002, Kannus ym. 2005a). Lisäksi lonkkasuojaimia on onnistuneesti käytetty ehkäisemään kaatumisen seurauksena syntyviä lonkkamurtumia laitoksissa asuvilla ikäihmisillä (Kannus ym. 2005a).

Perinteinen lähestymistapa kaatumisten seurauksena esiintyvien murtumien ennalta ehkäisyyn on ollut osteoporoosin hoito (Kannus ym. 2005b, Järvinen 2008). On runsaasti tieteellistä näyttöä siitä, että luun mineraalipitoisuuden lisääminen ja luumassan vähenemisen ehkäiseminen on mahdollista, kun turvataan riittävä kalsiumin ja D-vitamiinin saanti sekä harrastetaan luustoa riittävästi kuormittavaa liikuntaa (NIH 2001, Delmas 2002, Reginster 2005). Lisäksi osteoporoosin kehittymistä voidaan ehkäistä erilaisilla estrogeenivalmisteilla ja luuntiheyttä ylläpitävillä lääkkeillä (esimerkiksi biofosfonaatit ja kalsitoniini) (NIH 2001, Delmas 2002, Reginster 2005).

Monimuotointerventioilla, joilla pyritään vaikuttamaan useisiin kaatumisten riskitekijöihin, on saatu kaikkein systemaattisinta näyttöä kaatumisten ja kaatumistapaturmien ennalta ehkäisemisen suhteen (Hill-Westmoreland 2002, Kannus 2005b). Tutkimusten mukaan monimuotointerventiot alentavat kohderyhmän kaatumisriskiä 20–45 % (Kannus ym. 2005b). Teoreet-

tisestikin on odotettavissa, että monitekijäinen interventio on yksitekijäistä interventiota vaikuttavampi, sillä kaatumisriskiin liittyy useita yksilöstä ja ympäristöstä riippuvia tekijöitä, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään (Hill-Westmoreland 2002). Toisaalta yksi- ja monitekijäisiä interventioita vertailevia tutkimuksia on tehty vain vähän (Day ym. 2002).

### *Voima-nopeusharjoittelun vaikutukset kaatumisiin*

Vaikuttaisi siltä, että puhtaasti voima-nopeusharjoittelun vaikutuksia kaatumisinsidenssiin ei ole juurikaan tutkittu aiemmin. Eniten on tutkittu voima- ja tasapainoharjoittelun yhteisvaikutuksia kaatumisinsidenssiin (mm. Wolfson ym 1996, Day ym. 2002, Robertson ym. 2002), mutta myös pelkän voimaharjoittelun vaikutuksia kaatumisinsidenssiin on tutkittu jonkin verran (mm. Hess ym. 2005, Holviala ym. 2006). Joissakin voimaharjoittelututkimuksissa, joissa puhutaan kaatumisriskin vähenemisestä, ei ole kuitenkaan tutkittu puhtaasti kaatumisten lukumääriä, vaan on verrattu esimerkiksi muutosta toimintakyky- tai tasapainotestien tuloksissa (mm. LaSatyo ym. 2003, Hess ym. 2005, Holviala ym. 2006). Gillespie ym. (2003) kuvasivat systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessaan vain yhden voimaharjoitteluintervention, jolla pyrittiin alentamaan ikääntyneiden kaatumisriskiä, eikä kyseisellä interventiolla voitu osoittaa olevan toivottua vaikutusta.

Voima-nopeusharjoittelun on kuitenkin osoitettu soveltuvan jopa yli 80-vuotiaille sekä lonkkamurtumasta toipuville ikääntyneille. Caserotti ym. (2008) totesivat tutkimuksessaan, että raskas räjähtävän voimantuoton harjoitteluintervention osoittautui olevan yli 80-vuotiaille turvallinen ja hyvin siedetty harjoittelumuoto, jonka avulla oli mahdollista vaikuttaa positiivisella tavalla hermolihasjärjestelmään ja psykologisiin tekijöihin, joita voidaan pitää kaatumisten ja heikentyneen toimintakyvyn riskitekijöinä. Portegijs ym. (2008c) tutkimuksessa progressiivisen yksilöllisen voima-nopeusharjoittelun vaikutuksesta lonkkamurtumasta toipuvien ikääntyneiden lihasvoima ja voimantuotto kehittyivät kummassakin alaraajassa ja lihasvoiman puoliero pieneni.

On mahdollista, että pelkällä voimaharjoittelulla ei pystytä alentamaan ikääntyneiden kaatumisinsidenssiä. Myös tutkimusasetelmien tehon jääminen alhaiseksi tai voimaharjoittelun riittämätön teho tai kesto tai soveltumattomuus kohderyhmälle voi vaikuttaa siihen, ettei tutkimuksissa ole havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. Todennäköisesti harjoittelussa pitäisi ottaa huomioon muun muassa kaatumisen pelko, muut psykologiset tekijät

ja ympäristötekijät sekä tasapainoharjoittelun spesifisyys, jotta voitaisiin alentaa osallistujien kaatumisriskiä. Voimaharjoittelussa olisi myös tarpeen keskittyä sen tyyppiseen hermolihaskäytön järjestelmän ärsyttämiseen (mm. voima-nopeusharjoittelu), josta on hyötyä pystyasennon hallinnan kannalta häiriötilanteissa (Orr ym. 2008).

### ***Muut yksittäisiin riskitekijöihin vaikuttavat interventiot***

Useiden satunnaistettujen tutkimusten, meta-analyysien ja systemaattisten katsausten mukaan yhdistetyllä voima- ja tasapainoharjoittelulla on pystytty vähentämään kustannustehokkaasti kotona asuvien ikääntyneiden kaatumisia sekä niihin liittyviä tapaturmia 15–50 % (American Geriatrics Society ym. 2001, Robertson ym. 2002, Tinetti 2003, Chang ym. 2004, Kannus ym. 2005a). Sekä yksilöllisillä harjoitusohjelmilla että ryhmäliikunnalla on saavutettu positiivisia tuloksia ja ryhmäliikunta on ollut erityisen tehokasta, jos siihen on liittynyt Tai Chi -tyyppistä harjoittelua (Lord ym. 2003, Sherrington ym. 2004, Li ym. 2005). Sihvosen ym. (2004) tutkimuksessa osoitettiin, että yksilöllisellä visuaaliseen palautteeseen perustuvalla tasapainoharjoittelulla voidaan vaikuttaa positiivisesti ikääntyneiden naisten tasapainoon ja kaatumisinsidenssiin.

Tarvittaisiin kuitenkin lisätutkimusta tasapainoharjoittelun ja yhdistetyn voima- ja tasapainoharjoittelun vaikutuksista laitoksissa tai tuetussa asumismuodossa asuvien ikääntyneiden kaatumisriskiin (Day ym. 2002, Lord ym. 2003, Li ym. 2005). Lisäksi pitäisi määrittää tarkemmin harjoittelun optimaalinen laatu, määrä ja kuormitus sekä miettiä keinoja, kuinka ikääntyneet saadaan sitoutumaan harjoitteluun pitkäkestoisesti (Kannus ym. 2005a). Säännöllinen voima- ja tasapainoharjoittelu, kuten muukin fyysinen aktiivisuus, on joka tapauksessa suositeltava keino ylläpitää tuki- ja liikuntaelimistön kuntoa sekä ehkäistä kaatumisia ja niihin liittyviä tapaturmia, kuten lonkkamurtumia (Butler ym. 1998, Kannus ym. 1999).

Useat satunnaistetut tutkimukset, meta-analyysit ja systemaattiset katsaukset osoittavat, että myös erilaisilla monimuotointerventioilla voidaan ennalta ehkäistä ikääntyneiden ihmisten kaatumisia 20–45 %, kun vaikutetaan samanaikaisesti useisiin kaatumisten riskitekijöihin. (American Geriatrics Society ym. 2001, Day ym. 2002, Tinetti 2003, Clemson ym. 2004). Toisaalta joissakin systemaattisissa kirjallisuuskatsauksissa on todettu, että näyttö monimuotointerventioiden kaatumisinsidenssiä alentavasta vaikutuksesta on toistaiseksi rajallinen (mm. Shumway-Cook ym. 2007, Gates ym. 2008). Vaikuttavien monitekijäisten interventioi-

den sisältö on vaihdellut merkittävästi eri tutkimuksissa (American Geriatrics Society ym. 2001, Tinetti 2003). Tyypillisesti interventioon on kuulunut voima- ja tasapainoharjoittelua sekä kävelyn ja erilaisten siirtymistilanteiden harjoittelua (American Geriatrics Society ym. 2001, Moreland ym. 2003, Oliver ym. 2004). Lisäksi on kontrolloitu jalkineiden soveltuvuus sekä kartoitettu ja hoidettu kuntoon terveydentilaan, lääkitykseen ja näkökykyyn liittyviä ongelmia tai ohjattu tarvittaessa jatkohoitoon (American Geriatrics Society ym. 2001, Tinetti 2003, Oliver ym. 2004). Joissakin tutkimuksissa on myös pyritty vaikuttamaan tutkittavien käyttäytymiseen ja kaatumisen pelkoon sekä liikkumisympäristön turvallisuuteen (mm. Clemson ym. 2004). Käytännössä monimuotointerventiot on siis koostettu aiemmin hyviksi ja vaikuttaviksi havaituista yksiköistä (Tinetti 2003, Chang ym. 2004).

Monitekijäisen intervention ongelmana on, että niitä tutkittaessa ei pystytä selvittämään yksittäisen osion merkitystä kaatumisriskin alentumisen kannalta (Oliver ym. 2004). On siis mahdollista, että monitekijäisen intervention läpiviemiseen kulutetaan paljon terveydenhuollon aikaa ja taloudellisia resursseja, vaikka vain muutaman yksittäisen osion toteuttaminen olisi riittänyt (Gillespie ym. 2004, Oliver ym. 2004). Monimuotointerventio ei siten välttämättä ole kaikkein taloudellisin ja tehokkain vaihtoehto kaatumisten tai kaatumistapaturmien ennalta ehkäisyyn. Tutkimustulosten perusteella ikääntyneet, jotka asuvat laitoksissa tai joiden kognitio alentunut merkitsevästi, eivät hyödy monitekijäisistä interventioista (Feder ym. 2000, Day ym. 2002, Kerse ym. 2004, Kannus ym. 2005a). Tarvittaisiinkin lisää tutkimuksia monitekijäisten interventioiden yksilöityyn sisältöön ja soveltuvan kohderyhmän valintaan liittyen (Close ym. 2005, Kannus ym. 2005a).

## **2.6 Yhteenveto**

Kaatuminen on iäkkäiden suomalaisten yleisin tapaturma ja yleisin yksittäinen riskitekijä erilaisille murtumille (Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008). Lonkkamurtumat ovat ikääntyneillä kaatumisten aiheuttamista vammoista merkittävimpiä, sillä niihin liittyy suuri postoperatiivisten komplikaatioiden riski, eivätkä ikääntyneet useinkaan saavuta onnettomuutta edeltänyttä fyysisen toimintakyvyn tasoa (Marottoli ym. 1992, Tinetti 1998, Kannus ym. 2005a).

Kaatumistapaturmat syntyvät monien riskitekijöiden yhteisvaikutuksesta (Tinetti ym. 1988, Tinetti ym. 1989, Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008). Kaatumisten ja siten myös lonkkamurtumien riskitekijöitä ovat muun muassa erilaiset psykososiaaliset ja demografiset teki-

jät, tasapaino- ja liikkumistekijät, sensoriset ja neuromuskulaariset tekijät, lääketieteelliset tekijät, lääkkeiden käyttö, ympäristötekijät sekä toistuvat kaatumiset ja aiemmat lonkkamurtumat (Nevitt ym 1989, Lord ym. 2001, Lönroos ym. 2007, Formiga ym. 2008).

Kaatumistapaturmien ennalta ehkäisyssä olennaista on riskiryhmään kuuluvien tunnistaminen sekä tarpeellisten ehkäisytoimenpiteiden toteuttaminen (Tinetti ym. 1991, Kannus ym. 2005a, Järvinen ym. 2008). Tutkimusten mukaan vähintään 15 % ja joidenkin lähteiden mukaan jopa 50 % ikäihmisten kaatumisista ja kaatumistapaturmista olisi ennalta ehkäistävissä joko yksitai monitekijäisellä interventiolla (Kannus 2005b). Tieteellistä näyttöä on eniten voima- ja tasapainoharjoittelun vaikutuksista (NIH 2001, Cummmings ym. 2002, Kanis 2002). Harjoitusohjelmat, joissa huomioidaan lihasvoiman puoliero, voivat olla vielä tehokkaampia kuin perinteiset bilateraaliset harjoitusohjelmat (Portegijs ym. 2006).



### **3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSONGELMAT**

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten lihasvoiman puolieron huomioonottava progressiivinen voima-nopeusharjoittelu vaikuttaa lonkkamurtumasta toipuvien ikääntyneiden kaatumistapaturmien määrään ja laatuun. Lisäksi selvitettiin, onko aikaisempi kaatuilutaiutus yhteydessä kaatumisinsidenssiin intervention jälkeen.

Hypoteesina oli, että intensiivinen lihasvoiman puolieron huomioonottavalla voimaharjoittelu vaikuttaa lonkkamurtumasta toipuvien ikääntyneiden pystyasennon hallintaan siinä määrin, että kaatumistapahtumat ja -tapaturmat vähenevät.

#### ***Tutkimusongelmat***

1. Vaikuttaako kolmen kuukauden voima-nopeusharjoittelu kaatumisten lukumäärään (yksittäiset/toistuvat/ei kaatumisia)?
2. Vaikuttaako kolmen kuukauden voima-nopeusharjoittelu kaatumisten laatuun (vammuttavat kaatumiset /sisällä/ulkona)?
3. Onko interventiota edeltäneiden kaatumisten määrällä yhteyttä intervention aikaisten ja sen jälkeisten kaatumisten määrään?

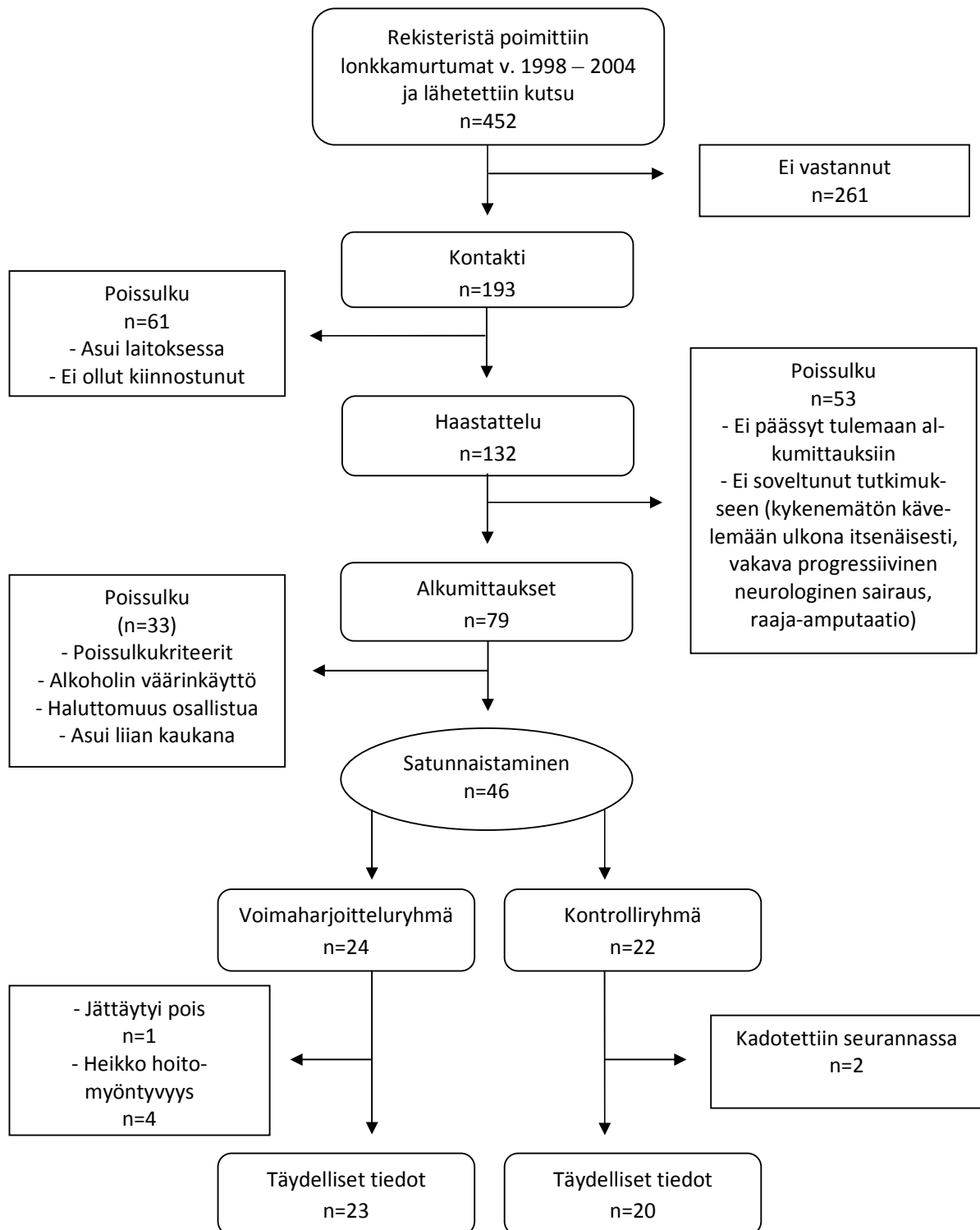
## 4 TUTKIMUSMENETELMÄT

### 4.1 Tutkimusasetelma ja tutkittavat

Tutkimus on satunnaistettu ja kontrolloitu liikuntainterventio. Tutkimusaineisto on kerätty Suomen gerontologian tutkimuskeskuksen ”Muscle strength and power in old age: special emphasis on lower limb asymmetry, mobility and balance” -projektin yhteydessä. Tutkimus toteutettiin kahdessa erässä vuosina 2004–2005. Ensimmäinen ryhmä aloitti syksyllä 2004 (elokuu-joulukuu) ja otoskoon kasvattamiseksi toinen ryhmä rekrytoitiin vuotta myöhemmin samaan aikaan käyttäen täysin samaa protokollaa ja henkilökuntaa. Keski-Suomen keskussairaalan potilasrekisteristä poimittiin kaikki vuosina 1998–2004 lonkkamurtuman vuoksi operoidut naiset ja miehet (n=452), joille lähetettiin kutsu osallistua tutkimukseen. Näistä 261 ei vastannut kutsuun. Vastanneista (n=193) kahdeksan ei ollut kiinnostunut tutkimuksesta ja lisäksi tutkimuksesta suljettiin pois henkilöt, jotka eivät asuneet itsenäisesti Keski-Suomen sairaanhoitopiirin alueella (n=53). Tämän jälkeen haastateltiin puhelimitse tutkimuksesta kiinnostuneet henkilöt (n=132). Haastattelujen jälkeen tutkimuksesta jouduttiin sulkemaan pois 53 henkilöä, jotka eivät pystyneet saapumaan alkumittauksiin tai jotka eivät olleet muuten soveltuvia (kykenemättömiä kävelemään ulkona itsenäisesti, vakava progressiivinen neurologinen sairaus tai raaja-amputaatio).

Alkumittaukset tehtiin 54 naiselle ja 25 miehelle (n=79). Lääkärin tarkastuksen jälkeen tutkimuksesta suljettiin kontraindikaatioiden riskin ja poissulkukriteerien (alkoholin väärinkäyttö, haluttomuus osallistua tutkimukseen) takia pois 33 henkilöä, jolloin jäljelle jäi 46 henkilöä. Jotta sukupuoli- ja ikäjakauma olisi kummassakin ryhmässä samankaltainen, jäljelle jääneet 46 henkilöä satunnaistettiin ositettua satunnaisotantaa käyttäen *harjoitteluryhmään* (n= 24; 8 miestä, 16 naista) ja *kontrolliryhmään* (n=22; 6 miestä, 16 naista).

Satunnaistamisen jälkeen kontrolliryhmästä jäi pois kaksi henkilöä (toinen tyytymättömyyttään, kun ei päässyt harjoitteluryhmään ja toinen henkilökohtaisten syiden vuoksi) ja kaksi harjoitteluryhmästä (toinen henkilökohtaisten syiden vuoksi ja toinen kieltäytyi aloittamasta harjoittelua heti elämäntilanteensa takia, mutta hän osallistui myöhemmin harjoitteluun sekä loppumittauksiin). Sisäänottokaavio on havainnollistettu kuviossa 1.



**Kuvio 1.** Sisäänottokaavio

## 4.2 Eettiset seikat

Tutkimuksen tekemiseen oli saatu Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettisen lautakunnan puoltava lausunto. Kaikkia tutkittavia informoitiin tutkimuksen mahdollisista riskeistä ja tutkittavat antoivat kirjallisen suostumuksen tutkimukseen osallistumiseen sekä tietojensa käyttöön tutkimuksessa. Tutkimusta rahoittavat tahot eivät kuuluneet tutkimuksen sidosryhmiin, eivätkä hyötäneet tutkimusprojektista tai sen tuloksista. Lisäksi julkisuuteen on raportoitu kaikki Asymmetria-projektille taloudellista ja materiaalista tukea antaneet tahot.

## 4.3 Mittausmenetelmät

### 4.3.1 Antropometriset mittaukset ja terveystarkastus

Tutkittavien sopivuus tutkimukseen varmistettiin lääkärin ja terveyden hoitajan tarkastuksessa, jotka toteutettiin ASCM:n (American College of Sports Medicine 2000) periaatteiden mukaisesti. Tutkittavien pituus ja paino mitattiin terveydenhoitajan tarkastuksessa standardimenetelmiä käyttäen alku- ja loppumittausten yhteydessä. BMI laskettiin kaavalla  $\text{paino/pituus}^2$ . Lääkärin ja terveydenhoitajan tarkastuksessa keskityttiin erityisesti tunnistamaan mahdolliset neurologiset sairaudet, hengitys- ja verenkiertoelimistön sairaudet sekä tuki- ja liikuntaelimestön sairaudet, jotka voisivat olla esteenä mittauksiin tai interventioon osallistumiselle. Krooniset sairaudet ja tutkittavien käyttämät lääkkeet dokumentoitiin terveydenhoitajan tarkastuksessa terveystarkastuksen, voimassaolevien reseptien ja sairauskertomuksen perusteella. Lääkärintarkastuksessa nämä tiedot käytiin vielä uudelleen läpi ja tarkistettiin diagnoosien sekä lääkityksen oikeellisuus.

### 4.3.2 Kaatumisaineisto

Kaatumisista kerättiin tietoa retrospektiivisesti *kyselylomakkeilla*, jotka tutkittavat täyttivät ennen alkumittauksiin saapumista. Lomakkeilla kartoitettiin myös toimintakykyyn, liikkumiskykyyn ja elämäntapoihin liittyviä asioita. Kyselylomakkeissa murtuman jälkeistä kaatumisten määrää ja kaatumisten vakavuutta selvitettiin muun muassa seuraavilla kysymyksillä: Kuinka usein olette kaatuneet sisätiloissa/ulkotiloissa murtuman jälkeisenä aikana? Kuinka usein olette kaatuneet sisätiloissa/ulkotiloissa viimeisen puolen vuoden aikana? Koska lonkkamurtumasta kulunut aika vaihteli lähtötilanteessa tutkimukseen osallistuneilla, valittiin ana-

lyysiin jälkimmäinen kysymys (kaatumiset viimeisen puolen vuoden aikana) neutraalimpana vaihtoehtona.

Alkumittausten jälkeen toteutettiin prospektiivinen kaatumisseuranta, joka jatkui intervention ajan ja vielä 12 kk intervention päättymisen jälkeen. Tutkittavat pitivät *kaatumispäiväkirjaa* keskimäärin 16 kk. Tutkittavat kirjasivat tiedot kaatumisista päivittäin ja päiväkirjat lähetettiin tutkijalle kuukausittain. Mikäli tutkittava raportoi kaatumisia edellisen kuukauden aikana, kaatumisten yksityiskohdat varmistettiin puhelinkeskustelussa.

#### **4.3.3 Taustamuuttajat: voima-nopeusharjoittelu**

Harjoittamalla heikompaa alaraajaa intensiivisemmin pyrittiin vähentämään lihasvoiman ja voimantuottotehon puoliero alaraajoissa. Siksi jokaiselta tutkittavalta määritettiin heikompi alaraaja maksimaalisen polven ojennusvoiman, maksimaalisen alaraajojen voimantuoton ja maksimaalisen alaraajojen ojennustehon (LEP) perusteella. Heikommaksi alaraajaksi määritettiin se, jolla oli heikompi tulos vähintään kahdessa edellä mainituista mittauksista. Yli 5 %:n puoliero pidettiin merkitseväenä. Niillä tutkittavilla, joilla kipu esti toisen alaraajan mitaamisen, heikompana alaraajana pidettiin sitä, jota ei saatu mitattua. Kolmella harjoitteluryhmän jäsenellä lihasvoiman puolieron mittaustulokset olivat ristiriitaiset tai epäselvät. Kaikki tekivät ensimmäisellä harjoituskerralla kummallakin alaraajalla erikseen 1RM:n testi- liikkeitä, joilla tulos varmistettiin. 1RM arvioitiin 3–6RM testillä ilmanpaineella toimivissa lonkan loitonnu- ja lähennyslaitteissa, jalkaprässissä ja polven koukistuslaitteessa. Epäselvän mittaustuloksen saaneilla hyödynnettiin 1RM-testin tulosta puolieron määrittämiseen.

Harjoitteluryhmä osallistui 12 viikkoa kestäneeseen yksilöllisesti suunniteltuun harjoitusohjelmaan. Harjoittelu toteutui kahdesti viikossa seniorikuntosalilla 1–1,5 tuntia kerrallaan fysioterapeutin valvonnassa. Harjoittelun tavoitteena oli vähentää lihasvoiman puoliero ja lisätä alaraajojen lihasten voimaa ja tehoa. Heikompaa alaraajaa harjoitettiin ensin kaikissa harjoitteissa ja heikomman alaraajan harjoitteissa käytettiin enemmän toistoja ja/tai suurempaa vastusta kuin vahvemman alaraajan harjoitteissa.

Harjoitukset alkoivat 10 minuutin alkuverryttelyllä, joka tehtiin tuolissa istuen ja jokaiseen harjoituskertaan sisältyi sekä lihasvoima- että tehoharjoitteita. Ilmanpainevastuksella toimivissa laitteissa tehtäviin harjoitusliikkeisiin kuuluivat jalkaprässi, polven ojennus ja koukistus sekä lonkan loitonnu- ja lähennys. Liikkeet toteutettiin mahdollisimman suurella liikeradalla

kivun sallimissa rajoissa. Laitteissa oli mahdollista määrittää liikerata yksilöllisesti kummallakin alaraajalle. Lisäksi harjoitusohjelmaan sisältyi nilkan plantaarifleksio, joka tehtiin päkiöiden varaan nousten painoliivi lisävastuksena peilin edessä seisten ja tukikahvasta kiinni pitäen.

Ensimmäisten kahden harjoituskerran aikana osallistujat tutustutettiin liikkeisiin, välineisiin ja henkilökuntaan. Harjoitukset tehtiin hyvin alhaisella vastuksella ja varmistettiin oikea suoritustekniikka. Seuraavilla harjoituskerroilla arvioitiin 1RM, joka arvioitiin uudelleen 6–8 viikon kuluttua ja harjoitusvastukset mukautettiin välittömästi tuloksen mukaisesti. Seitsemännellä viikolla toistettiin ensimmäisen kerran alkumittauksissa tehdyt isometrisen voiman ja alaraajojen ojennustehon mittaukset. Näin tarkistettiin, oliko lihasvoiman puoliero yhä havaittavissa. Kuudella tutkittavalla puoliero oli pienentynyt alaraajojen ojennustehon osalta ja kahdella henkilöllä lihasvoiman osalta. Yhdellä tutkittavalla puoliero oli pienentynyt sekä ojennustehon että lihasvoiman osalta. Yhdeksänneistä harjoitusviikosta lähtien nämä henkilöt harjoittelivat intensiivisemmän ohjelman mukaisesti ja tekivät liikkeet samoin kummallakin alaraajalla. Yhdellä harjoitusryhmän jäsenellä ei ollut havaittavaa lihasvoiman puoleroa lähtötilanteessa, joten hän harjoitteli alusta alkaen samalla tavoin kummallakin alaraajalla.

Harjoittelujakson aikana konsultoitiin lääkäriä, jos ilmeni kipua tai lääketieteellisiä oireita. Näin toimittiin, jotta pystyttiin varmistamaan, mitkä oireet todennäköisesti liittyivät harjoitteluun tai vaikuttiko harjoittelu oireisiin. Harjoittelun intensiteetti mukautettiin yksilöllisesti ja progressiivisesti harjoittelujakson aikana tutkittavien sietokyvyn mukaisesti. Voimaharjoitteluintervention eteneminen on havainnollistettu kuviossa 2 ja ohjelman rakenne on kuvattu taulukossa 1.

### ***Voimaharjoittelu***

Voimaharjoitukset tehtiin hitaammin ja käytettiin vähemmän toistoja: heikommalle alaraajalle 2–3 sarjaa, joissa 8 toistoa ja vahvemmalle alaraajalle 1–2 sarjaa, joissa 10 toistoa. Jalkaprässi, polven ojennus ja koukistus sekä lonkan loitonutus ja lähennys tehtiin heikommalla alaraajalla vastuksella, joka vastasi 60–80 % 1RM:sta ja vahvemmalla alaraajalla vastus oli 50–70 % 1RM:sta. Kahdeksanneista harjoitusviikosta alkaen jalkaprässiharjoitus tehtiin vain kerran viikossa. Nilkan plantaarifleksioharjoitus tehtiin seisten yhdellä jalalla vastusliivissä 0–15 %

kehon painosta. Jos tasapainon ylläpitämiseksi oli tarpeen, sallittiin toisen jalan pitäminen maassa liikkeen aikana.

### ***Tehoharjoittelu***

Jalkaprässiä ja nilkan plantaarifleksiota tehtiin harjoittelun alussa 12 toiston sarjoina. Liikkeissä käytettiin suhteellisen alhaista vastusta ja liikkeen konsentritinen osuus suoritettiin niin nopeasti kuin mahdollista. Jalkaprässiharjoitus heikommalle alaraajalle koostui 3–4 sarjasta ja vahvemmalle alaraajalle 2–3 sarjasta vastuksen ollessa 40–50 % 1RM:sta. Nilkan plantaarifleksioharjoitusta tehtiin 2–3 sarjaa seisten kummallakin jalalla, painoliivissä lisäpainona 0–10 % kehon painosta.

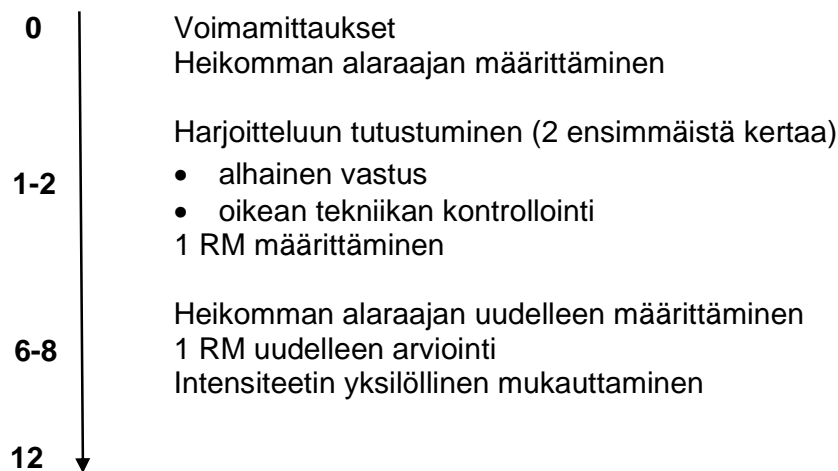
### ***Kontrolliryhmä***

Kontrolliryhmälle ei tarjottu minkäänlaista interventiota. Osallistujia rohkaistiin jatkamaan elämäänsä tavalliseen tapaan ja ylläpitämään fyysisen aktiivisuuden taso ennallaan 12 viikon koejakson ajan.

**Taulukko 1.** Harjoitteluohjelman rakenne

<b><u>Voimaharjoittelu</u></b>		<b><u>Tehoharjoittelu</u></b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• rauhallinen liike</li> <li>• korkea vastus</li> <li>• <b>liikkeet:</b> jalkaprässi, polven ojennus ja koukistus, lonkan loitonnuks ja lähennys, nilkan plantaarifleksio</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• mahdollisimman nopea liike</li> <li>• pieni vastus</li> <li>• <b>liikkeet:</b> jalkaprässi, nilkan plantaarifleksio</li> </ul>	
<u>Heikompi alaraaja</u>	<u>Vahvempi alaraaja</u>	<b>Jalkaprässi</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-3 x 8</li> <li>• 60-80 % 1 RM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1-2 x 10</li> <li>• 50-70 % 1 RM</li> </ul>	<u>Heikompi alaraaja</u>	<u>Vahvempi alaraaja</u>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3-4 x 12</li> <li>• 40-50 % 1 RM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2-3 x 12</li> <li>• 40-50 % 1 RM</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8. vko alkaen jalkaprässi vain kerran viikossa</li> <li>• nilkan plantaarifleksio tehtiin yhdellä jalalla seisten painoliivissä 0-15 % kehon painosta</li> </ul>		<b>Nilkan plantaarifleksio</b>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• kummallakin jalalla yhtä aikaa</li> <li>• 2-3 x 12</li> <li>• painoliivissä 0-10 % kehon painosta</li> </ul>	

### Aika (vko)



**Kuvio 2.** Voimaharjoitteluintervention eteneminen

### 4.5 Aineiston analyysi

Kaatumisseurannassa kerättyjä prospektiivisiä tietoja yhdisteltiin tilastollisessa analyysissä kyselylomakkeiden kaatumisia koskeviin retrospektiivisiin tietoihin. Kyselylomakkeessa kaatumiset oli luokiteltu viimeisen puolen vuoden ajalta viiteen eri luokkaan kaatumisten useuden perusteella: 1) ei ollenkaan, 2) 1–2 kertaa, 3) 3–5 kertaa, 4) 5–8 kertaa, 5) enemmän kuin 8 kertaa. Kuudentoista kuukauden seuranta-ajalta oli käytettävissä tarkat lukemat kaatumisista.

Tilastolliset analyysit toteutettiin SPSS 15.0 for Windows -ohjelmalla. Jatkoanalyysijä varten luotiin kaatumispäiväkirjojen tiedoista uudet summamuuttujat: kaatumiset yhteensä, kaatumiset sisällä, kaatumiset ulkona, vammauttavat kaatumiset, sekä näistä kaikista erikseen kolmi-luokkaiset muuttujat: 1=ei kaatumisia, 2=yksittäisiä kaatumisia (1–2 kaatumista), 3=toistuvia kaatumisia (>3 kaatumista). Kumulatiivisten kertymien tarkastelua varten kaatumisista laskettiin 16 uutta kumulatiivista muuttujaa, yksi kutakin seurantakuukautta kohti. Lisäksi lääkityksen tarkastelua varten kaikki aineiston lääkkeet koottiin yhteen uudeksi summamuuttujaksi.

Aineiston normaalijakautuneisuutta tutkittiin Shapiro-Wilk -testillä. Ryhmien välisiä eroja alkutilanteessa tarkasteltiin riippumattomien otosten t-testillä iän, pituuden, painon, BMI:n, kroonisten sairauksien ja lääkityksen lukumäärän osalta.  $\chi^2$ -testillä ja Mann-Whitney U-



testillä analysoitiin, oliko voimaharjoittelu- ja kontrolliryhmien välillä eroja intervention jälkeisen 16 kuukauden seurannan aikana kaatumisten lukumäärän (yksittäiset/toistuvat/ei kaatumisia) tai kaatumisten laadun (sisällä/ulkona/vammauttavat kaatumiset) suhteen.  $\chi^2$ -testiä käytettiin luokitelluille muuttujille ja Mann-Whitney U-testiä jatkuville muuttujille.

Kaatumistaipumuksen pysyvyyttä tutkittiin Spearmanin korrelaatiokertoimen avulla. Vertailut tehtiin sekä koko aineistolle että koe- ja kontrolliryhmälle erikseen sisällä ja ulkona sattuneiden kaatumisten osalta. Osittaiskorrelaatiokertoimen avulla tehtiin vakiointi kroonisten sairauksien lukumäärän, lääkkeiden lukumäärän, lonkkamurtuman jälkeisen apuvälinetarpeen sekä lonkkamurtuman jälkeisen liikkumiskyvyn muutoksen osalta. Analyyseissä yhdisteltiin alkumittauksissa käytettyjen kyselylomakkeiden tietoja (interventiota edeltäneiden kuuden kuukauden kaatumiset) ja kaatumispäiväkirjojen tietoja (intervention jälkeisten 16 kuukauden kaatumiset). Tilastolliset analyysit tehtiin aikeen mukaisen (intention-to-treat) analyysiasetelman mukaisesti. Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidettiin kaikissa testeissä tulosta  $p < 0,05$ .

## 4 TULOKSET

### *Tutkittavien perustiedot lähtötilanteessa*

Taulukossa 2 on esitetty perustiedot tutkimukseen osallistuneista henkilöistä. Taustamuuttujien (ikä, pituus, paino, BMI, krooniset sairaudet, lääkkeiden lukumäärä) suhteen ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p < 0,05$ ).

**Taulukko 2.** Perustiedot tutkittavista: keskiarvo(SD)

	<b>Voimaharjoitteluryhmä (n=23)</b>	<b>Kontrolliryhmä (n=21)</b>	<b>p-arvo*</b>
Sukupuolijakauma	Naisia 67 %, miehiä 33 %	Naisia 73 %, miehiä 27 %	
Ikä (v)	73,7 (7,2)	74,0 (6,3)	0,90
Pituus (cm)	164,2 (9,2)	163,8 (9,1)	0,86
Paino (kg)	72,0 (10,8)	71,3 (12,8)	0,86
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	26,7 (3,5)	26,6 (4,4)	0,94
Krooniset sairaudet (lkm)	3,1 (2,0)	3,3 (1,9)	0,69
Lääkkeiden lukumäärä	5,7 (3,8)	5,8 (2,5)	0,97

\*Riippumattomien otosten t-testi

### *Harjoittelumyöntyvyisyys ja harjoittelun soveltuvuus kohderyhmälle*

Intervention aikana kuuden tutkittavan harjoitusohjelmiin tehtiin lyhytaikaisia muutoksia lääkärin konsultaation jälkeen liittyen harjoitusohjelman kuormittavuuteen ja harjoittelun määrään. Kahdessa tapauksessa syynä olivat tuki- ja liikuntaelimestön ongelmat. Lisäksi yhden tutkittavan rintakipu oli mahdollisesti yhteydessä harjoitteluun. Yhdellä harjoitteluun osallistuneella ilmeni pitkittynyttä kipua alaraajassa harjoittelujakson jälkeen. Kahdella tutkittavalla vähäinen osallistuminen harjoitteluun johtui terveysongelmista, jotka olivat ilmenneet jo ennen intervention aloittamista. Lisäksi yhden tutkittavan ranne murtui harjoitteluun liittymättömistä syistä. Harjoittelumyönteisyys oli korkea, keskimäärin  $91 \pm 15$  %.

### *Kaatumisten lukumäärä ja laatu*

Seuranta jaksoa edeltäneen kuuden kuukauden aikana voimaharjoitteluryhmässä oli enemmän toistuvasti ( $\geq 3$  kertaa) sisällä kaatuvia (30 % vastanneista) verrattuna kontrolliryhmään (20 % vastanneista). Sisätiloissa 1-2 kertaa kaatuneita oli vähemmän voimaharjoitteluryhmässä (30 %) kuin kontrolliryhmässä (40 %). Samana ajanjaksona jopa 50 % kontrolliryhmäläisistä oli

kaatunut ulkona 1-2 kertaa ja voimaharjoitteluryhmäläisistä vastaavasti 43 %. Kummassakaan ryhmässä ei ollut toistuvasti ( $\geq 3$  kertaa) ulkona kaatuneita. Ryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä.

Taulukossa 3 on havainnollistettu kaikkien seuranta-aikana kaatuneiden sekä vammauttavasti kaatuneiden tutkittavien lukumäärät ryhmittäin. Voimaharjoitteluryhmäläisistä 39 % (9) oli kaatunut seuranta aikana ja näistä 17 % (4) toistuvasti. Kontrolliryhmässä 43 % (9) oli kaatunut seuranta-aikana, joista 10 % (2) toistuvasti. Voimaharjoitteluryhmäläisistä 78 % (18 henkilöä) ja kontrolliryhmäläisistä 62 % (13 henkilöä) ei ollut vammautunut kaatumisen yhteydessä. Kaatumisten määrässä tai laadussa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ( $p < 0,05$ ) ryhmien välillä minkään luokituksen suhteen.

**Taulukko 3.** Seuranta-aikana kaatuneet tutkittavat: lukumäärä (%)

	<b>Voimaharjoitteluryhmä</b> (n=23)	<b>Kontrolliryhmä</b> (n=21)
<b>Kaikki kaatumiset <sup>1</sup></b>		
Ei kaatumisia	14 (61 %)	12 (57 %)
Yksittäisiä kaatumisia (1-2)	5 (22 %)	7 (33 %)
Toistuvia kaatumisia ( $\geq 3$ )	4 (17 %)	2 (10 %)
<b>Vammauttavat kaatumiset <sup>2</sup></b>		
Ei kaatumisia	18 (78 %)	13 (62 %)
Yksittäisiä kaatumisia (1-2)	2 (9 %)	4 (19 %)
Toistuvia kaatumisia ( $\geq 3$ )	3 (13 %)	4 (19 %)

<sup>1</sup> $\chi^2$ -testin  $p=0,59$

<sup>2</sup> $\chi^2$ -testin  $p=0,47$

Taulukossa 4 on esitetty sisällä ja ulkona kaatuneiden tutkittavien osuudet ryhmittäin. 13 % (3) voimaharjoitteluryhmäläisistä oli kaatunut sisätiloissa seuranta-aikana kun kontrolliryhmässä kaatumisia oli 19 %:lla (4). Yksittäisiä kaatumisia sisätiloissa oli 14 %:lla (3) kontrolliryhmässä kun voimaharjoitteluryhmässä niitä oli vain 4 %:lla (1). Ulkona oli kaaduttu useammin kuin sisätiloissa. Voimaharjoitteluryhmäläisistä 26 %:lla oli yksittäisiä kaatumisia ulkona ja kontrolliryhmäläisistä 19 %:lla. Toistuvasti ulkona oli kaatunut vain kaksi voimaharjoitteluryhmään kuulunutta ja yksi kontrolliryhmään kuulunut henkilö.

**Taulukko 4.** Seuranta-aikana sisätiloissa ja ulkona kaatuneet tutkittavat: lukumäärä (%)

	<b>Voimaharjoitteluryhmä (n=23)</b>	<b>Kontrolliryhmä (n=21)</b>
<b>Kaatumiset sisällä<sup>1</sup></b>		
Ei kaatumisia	20 (87 %)	17 (81 %)
Yksittäisiä kaatumisia (1-2)	1 (4 %)	3 (14 %)
Toistuvia kaatumisia (≥ 3)	2 (9 %)	1 (5 %)
<b>Kaatumiset ulkona<sup>2</sup></b>		
Ei kaatumisia	15 (65 %)	16 (76 %)
Yksittäisiä kaatumisia (1-2)	6 (26 %)	4 (19 %)
Toistuvia kaatumisia (≥ 3)	2 (9 %)	1 (5 %)

<sup>1</sup>χ<sup>2</sup>-testin p=0,48<sup>2</sup>χ<sup>2</sup>-testin p=0,71

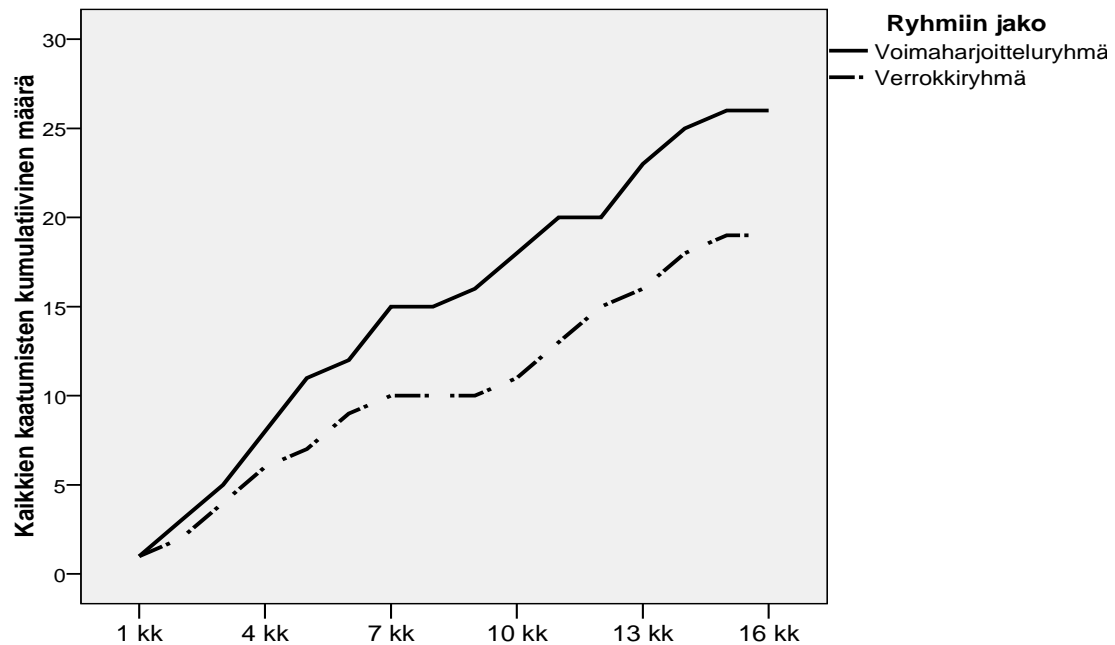
Taulukossa 5 on vertailtu ryhmittäin seuranta-ajan kaatumisten lukumääriä (kaikki kaatumiset, sisällä ja ulkona tapahtuneet kaatumiset sekä vammauttavat kaatumiset) mediaanien ja kvartiilien perusteella, koska aineisto ei noudattanut normaalijakaumaa. Ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kaatumisten määrässä sisällä (p=0,67), ulkona (p=0,34) tai vammauttavien kaatumisten (p=0,27) suhteen.

**Taulukko 5.** Kaatumiset seuranta-aikana: mediaani (alakvartiili 25 %; yläkvartiili 75 %)

	<b>Voimaharjoitteluryhmä (n=23)</b>	<b>Kontrolliryhmä (n=21)</b>	<b>p-arvo*</b>
Kaikki	0 (0; 2,0)	0 (0; 1,0)	0,90
Sisällä	0 (0; 0)	0 (0; 0)	0,67
Ulkona	0 (0; 1,0)	0 (0; 0,5)	0,34
Vamma	0 (0; 0)	0 (0; 2,0)	0,27

\*Mann-Whitney U-testi

Kuvio 3 havainnollistaa kaikkien seuranta-aikana sattuneiden kaatumisten kumulatiivisia lukumääriä ryhmittäin kuvattuna. Kuvioista nähdään, että seitsemän ensimmäisen kuukauden aikana kaatumisten määrät lisääntyivät jokseenkin tasaisesti kummassakin ryhmässä. Tämän jälkeen oli muutaman kuukauden tasannevaihe, jonka jälkeen kaatumisten lukumäärä kääntyi taas nousuun. Vuoden seurannan jälkeen oli jälleen pieni tasannevaihe, jonka jälkeen nousu jatkui seuranta-ajan loppuun asti.



**Kuvio 3.** Kumulatiiviset kaatumiset seuranta-aikana voima- ja kontrolliryhmissä

### *Kaatumistaipumuksen pysyvyys*

Taulukossa 6 on nähtävissä Spearmanin korrelaatiokertoimen mukaiset yhteydet verrattaessa interventiota edeltäneiden kuuden kuukauden kaatumisten määrää seuranta-ajan kaatumisiin. Tarkastelut on tehty erikseen sisällä ja ulkona sattuneiden kaatumisten osalta. Kerroin vakioitiin sairauksien ja lääkkeiden lukumäärällä sekä apuvälinetarpeella ja lonkkamurtuman jälkeisellä liikkumiskyvyn muutoksella. Havaitut yhteydet olivat negatiivisia kahta poikkeusta lukuun ottamatta (voimaharjoitteluryhmässä kaatumiset sisällä vakioituna apuvälinetarpeella, kontrolliryhmässä kaatumiset ulkona ilman vakiointia). Trendi oli voimakkaammin havaittavissa voimaharjoitteluun osallistuneilla. Havaitut yhteydet eivät kuitenkaan olleet tilastollisesti merkitseviä ja aineistosta piirrettyjen hajontakuvioiden perusteella yhteydet vaikuttavat olleen satunnaisia. Osittaiskorrelaatiokerrointa ei pystytty laskemaan täydellisesti lääkityksen, kroonisten sairauksien ja liikkumiskyvyn muutoksen osalta, koska tilastollista analyysia varten ei ollut riittävästi havaintoyksiköitä.

**Taulukko 6.** Kaatumisten lukumäärän yhteys: Spearmanin korrelaatiokerroin (p-arvo)

	<b>Voimaharjoitteluryhmä (n=23)</b>	<b>Kontrolliryhmä (n=21)</b>	<b>Kaikki (n=44)</b>
<b>Kaatumiset sisällä</b> <sup>1</sup>	- 0,31 (0,15)	- 0,11 (0,67)	- 0,10 (0,68)
Lääkkeit + sairaudet <sup>2</sup>	--- <sup>3</sup>	- 0,04 (0,92)	- 0,05 (0,86)
Apuvälinetarve <sup>2</sup>	0,57 (0,14)	- 0,59 (0,07)	- 0,14 (0,57)
Liikkumiskyvyn muutos <sup>2</sup>	--- <sup>3</sup>	--- <sup>3</sup>	- 0,04 (0,87)
<b>Kaatumiset ulkona</b> <sup>1</sup>	- 0,44 (0,28)	0,32 (0,92)	- 0,24 (0,32)
Lääkkeit + sairaudet <sup>2</sup>	- 0,19 (0,56)	- 0,07 (0,93)	- 0,22 (0,38)
Apuvälinetarve <sup>2</sup>	- 0,42 (0,34)	- 0,21 (0,55)	- 0,28 (0,24)
Liikkumiskyvyn muutos <sup>2</sup>	- 0,32 (0,28)	--- <sup>3</sup>	- 0,32 (0,18)

<sup>1</sup> Interventiota edeltäneiden kaatumisten määrä vs. seuranta-ajan kaatumisten määrä

<sup>2</sup> Spearmanin osittaiskorrelaatiokerroin vakioituna mainituilla muuttujilla

<sup>3</sup> Osittaiskorrelaatiokertoimen laskeminen ei onnistunut

## 5 POHDINTA

Voimaharjoittelu- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja kaatumisten lukumäärän, kaatumisten laadun tai kaatumistaipumuksen pysyvyyden suhteen. Tämä voi johtua osittain siitä, että tutkimusasetelman teho (power) oli jäänyt alhaiseksi ( $n_1=24$ ,  $n_2=22$ ). Jos ryhmät olisivat olleet suuremmat ja intervention kesto pidempi, on mahdollista, että analyyseissä olisi havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja.

### *Voima-nopeusharjoittelulla saavutetut tulokset*

Interventiolla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta kaatumisten tai kaatumistapaturmien määrään ja laatuun. Tässä tutkimuksessa harjoitteet tehtiin pääasiassa istuen ja seisten tehtävissä liikkeissä käytettiin tukea. Tämä on vaikuttanut siihen, että harjoitteet eivät ole kehittäneet tutkittavien tasapainoa optimaalisella tavalla. Aiemmissä tutkimuksissa saadut tulokset viittaisivat siihen, että pyrittäessä vaikuttamaan kaatumisinsidenssiin tarvittaisiin harjoitteita, jotka kohdistuvat monipuolisemmin useampaan elinjärjestelmään sekä pystyasennon hallinnan kannalta olennaisiin lihaksiin (Orr ym. 2008, Portegijs ym. 2008c). Aiemman tutkimusnäytön perusteella vaikuttaisi siltä, että pelkkä intensiivinen voimaharjoittelu ei välttämättä ole riittävä harjoittelumuoto haluttaessa vähentää kaatumisia ja niihin liittyviä tapaturmia (Gillespie ym. 2003, Orr ym. 2008).

Tässä tutkimuksessa kuvatulla voimaharjoitteluinterventiolla on kuitenkin pystytty vaikuttamaan positiivisesti useisiin kaatumisten riskitekijöihin (Portegijs ym. 2006, Kulmala ym. 2007). Harjoittelumyönteisyys oli korkea (yli 90 %) ja harjoittelusta aiheutuneita haittoja oli vähän ( $n=4$ , lähinnä tuki- ja liikuntaelimistön ongelmia), mikä osoittaa ohjelman olevan toteutettavissa ikääntyneillä lonkkamurtuman kokeneilla henkilöillä, joskin tämän tutkimuksen osallistujat olivat valikoituneet sisäänottokriteerien ja terveystarkastuksen perusteella.

Portegijs ym. (2006) raportoivat, että voimaharjoitteluryhmässä polven ojennusvoima parani kummassakin alaraajassa, heikommassa (17 %; 95 % CI: - 2 % – 38 %) enemmän kuin vahvemmassa (15 %; 95 % CI: 5 % – 25 %). Ero oli tilastollisesti merkitsevä. Lisäksi heikomman alaraajan ojennusteho kasvoi (11 %; 95 % CI: 6 % – 23 %) ja lihasvoiman puoliero väheni (4 %; 95 % CI: 1 % – 7 %) voimaharjoitteluryhmässä verrattuna kontrolliryhmän. Lisäksi voimaharjoitteluryhmään kuuluneet arvioivat kävelykykynsä parantuneen harjoittelun seuraukse-

na ulkona liikuttaessa ja myös Activities-specific Balance Confidence (ABC) -testillä arvioitu luottamus omaan tasapainoon oli parantunut (Portegijs ym. 2006, Kulmala ym. 2007).

Samansuuntaista näyttöä on saatu useissa satunnaistetuissa tutkimuksista, meta-analyyseissä ja systemaattisissa katsauksissa, joiden mukaan voimaharjoittelua sisältävillä ohjelmilla on pystytty lisäämään lihasvoimaa ja voimantuottoa, kohentamaan toimintakykyä ja vähentämään kustannustehokkaasti kotona asuvien ikääntyneiden kaatumisriskiä (Sipilä ym. 1996, Robertson ym. 2002, Sayers ym. 2003, Tinetti 2003, Chang ym. 2004). Esimerkiksi Hauerin ym. (2001) tutkimuksessa voima- ja tasapainoharjoituksia sekä toiminnallisia harjoituksia sisältäneen kolmen kuukauden harjoitusohjelman vaikutuksesta tutkittavien kaatumistapaturmat vähenivät 25 % kontrolliryhmään verrattuna kolmen kuukauden seurannalla tarkasteltuna.

### ***Kaatumisten määrä ja laatu***

Kontrolliryhmään kuuluneilla oli seuranta-aikana kaiken kaikkiaan hieman enemmän yksittäisiä kaatumisia, kun taas toistuvia kaatumisia oli ollut enemmän voimaharjoitteluryhmään kuuluneilla. Kaatumisten lukumäärät ja ryhmien väliset erot olivat kuitenkin pieniä, eikä niiden perusteella voi tehdä tilastollisesti merkitseviä johtopäätöksiä intervention vaikutuksista kaatumisten lukumäärään. Vaikuttaisi kuitenkin siltä, että kaatumisten lukumäärät ovat yhteneväisiä aikaisempien tutkimustulosten kanssa, sillä muun muassa Nevitt ym. (1989) ja Lordin ym. (1993) mukaan noin 30 % kotona asuvista ikääntyneistä kaatuu vuosittain.

Kaikkien kaatumisten kumulatiivisia kertymäfunktioita tarkasteltaessa on huomioitava, että ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja, vaikka voimaharjoitteluryhmän kaatumisia havainnollistava käyrä kulkeekin kuviossa kontrolliryhmän käyrän yläpuolella. Aineisto on kerätty kahdessa erässä, mutta seuranta on toteutunut samana vuodenaikana. Vaikuttaisi siltä, että liukkaana vuodenaikana on kaaduttu enemmän. Kuviossa on kuitenkin huomioitu kaikki kaatumiset, eikä sisällä tai ulkona sattuneita kaatumisia ole eritelty, joten varmoja johtopäätöksiä ei voida tehdä sääolosuhteiden vaikutuksista kaatumisinsidenssiin. Koska aineisto on ollut pieni ja asetelman teho on siksi jäänyt alhaiseksi, pitää ylitulkintaa välttää.

Sama yleistettävyysoongelma koskee kaatumisten laatua eli ryhmien välisiä eroja vammauttavien kaatumisten osalta sekä kaatumisissa sisällä ja ulkona. Kontrolliryhmässä oli enemmän henkilöitä, joille oli sattunut vammauttavia kaatumisia, mutta jälleen erot voimaharjoitteluryhmään jäivät niin pieniksi, että ne voivat johtua pelkästä sattumasta. Koska kaatumisia ja



erityisesti vammauttavia kaatumisia sattuu suhteellisen vähän, tarvittaisiin huomattavasti suurempi aineisto, jotta saavutettaisiin riittävän tehokas koeasetelma (Kannus ym. 2005a).

Ulkona oli sattunut seuranta-aikana kummassakin ryhmässä enemmän kaatumisia kuin sisällä. Tulos on osittain ristiriitainen aiempien tutkimusten kanssa. Lordin ym. (1993) ja Luukisen ym. (1995) mukaan kodin ulkopuolella sattuneet kaatumiset vähenevät iän lisääntyessä erityisesti ikääntyneillä naisilla johtuen siitä, että huonokuntoisemmat eivät enää liiku niin paljon ulkona. Kotona asuvilla ikääntyneillä noin 50 % kaatumisista tapahtuu kotona tai kodin välitörmässä läheisyydessä kun aktiviteetti on vilkkaimmillaan eli heti aamusta tai aamupäivällä (Cambell ym. 1990, Lord ym. 1993, Luukinen ym. 1995). Mahdollisesti liukas keli ja vieras tai vaikeakulkuinen ympäristö sekä yllättävät tilanteet ovat olleet syynä kaatumisiin ulkona tämän tutkimuksen osallistujilla. On myös mahdollista, että lihasvoiman ja toimintakyvyn parannuttua ja kaatumisen pelon lievittyttyä tutkittavat ovat aktivoituneet liikkumaan enemmän ja huolettomammin ulkona, jolloin myös kaatumisia on sattunut ulkona enemmän.

Joissakin aiemmissa tutkimuksissa on eritelty ulkona ja sisätiloissa sattuneisiin kaatumisiin liittyviä tekijöitä. Bergland ym. (2003) ehdottivat, että ulkona ja sisällä tapahtuviin kaatumisiin vaikuttaisivat eri tekijät. Sisällä sattuneet kaatumiset ovat tutkijoiden mukaan yhteydessä hidastuneeseen kävelynopeuteen, heikentyneeseen toimintakykyyn ja kognitioon sekä vakaaviin terveysongelmiin (Bergland ym.2003, Close ym. 2003, Kulmala ym. 2007). Ikääntyneet, joiden kävelynopeus oli parempi, mutta näkö alentunut, kaatuivat todennäköisemmin ulkona (Bergland ym.2003, Close ym. 2003). Sisällä sattuneet kaatumiset nostavat kaatumisriskin yli kaksinkertaiseksi 65-vuotiailla ja sitä vanhemmilla henkilöillä (Close ym. 2003).

Tässä tutkimuksessa kontrolliryhmään kuuluneilla oli sisätiloissa enemmän yksittäisiä kaatumisia (14 %) verrattuna voimaharjoitteluryhmään (4 %), joskaan eri ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Kulmala ym. (2007) tutkivat tästä samasta aineistosta, ovatko toiminnallinen tasapaino ja itse arvioitu tasapainovarmuus yhteydessä kaatumisten määrään lonkkamurtuman jälkeen. Tutkimuksessa havaittiin, että sisätiloissa kaatuneet luottivat vähemmän omaan tasapainoonsa ja heillä oli myös heikommat tulokset toiminnallisissa tasapainotesteissä, kuin ulkona kaatuneilla (Kulmala ym. 2007).

Aiempien tutkimustulosten mukaan toistuvasti kaatuville ovat tyypillisiä aiemmat kaatumiset, huimaus, kaatumisen pelko, alentunut fyysinen aktiivisuus ja heikko suoriutuminen kävelytestistä (Stel ym. 2003, Pluijm ym. 2006). Aiemmin raportoitujen tulosten mukaan myös toimin-

nallinen tasapaino ja itse arvioitu tasapainovarmuus ovat yhteydessä ikääntyneiden lonkkamurtumapotilaiden toistuviin kaatumisiin, joskin itse arvioidun tasapainovarmuuden osalta aiemmat tutkimustulokset ovat osittain ristiriitaisia (Kulmala ym. 2007). Tässä tutkimuksessa toistuvissa kaatumisissa ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä.

Tässä tutkimuksessa saatuihin tuloksiin voi liittyä puutteellisen raportoinnin tai mieleen palauttamisen aiheuttamaa harhaa. Erityisesti sellaiset kaatumiset, joista ei aiheudu vammaa tai muita välittömiä tai välillisiä seurauksia jäävät helposti raportoimatta, vaikka se olisi tutkimuksen kannalta tärkeää. Toisaalta kaatuilemisen häpeily voi johtaa tulosten kaunisteluun. Lisäksi tutkittavat saattavat kertoa sellaisia tuloksia, joita uskovat tutkijoiden toivovan. Toisaalta ryhmien väliset erot ovat voineet tasoittua sen takia, että harjoitteluun osallistuneet henkilöt ovat suhtautuneet tutkimukseen vakavammin ja kirjanneet siksi huolellisemmin tiedot kaatumisista.

### ***Kaatumistaipumuksen pysyvyys***

Spearmanin korrelaatiokertoimen mukaiset yhteydet olivat negatiivisia kahta poikkeusta (voimaharjoitteluryhmässä kaatumiset sisällä vakioituna apuvälinetarpeella, kontrolliryhmässä kaatumiset ulkona ilman vakiointia) lukuun ottamatta. Yhteydet olivat yhtä poikkeusta (kaatumiset sisällä vakioituna apuvälinetarpeella) lukuun ottamatta voimakkaampia voimaharjoitteluryhmässä. Tämä viittaisi siihen, että aiemmin paljon kaatuilleet eivät enää voimaharjoittelun jälkeen kaatuneet yhtä paljon. Aineistosta piirretyt hajontakuviot eivät kuitenkaan tue tätä päätelmää, vaan muutokset vaikuttavat olleen lähinnä satunnaisia. Jos aineisto olisi ollut suurempi ja asetelman teho parempi, on mahdollista, että nyt havaitut yhteydet olisivat olleet tilastollisesti merkitseviä.

Kun kaatumiset sisätiloissa vakioitiin apuvälinetarpeella, kontrolliryhmällä oli lähes tilastollisesti merkitsevä negatiivinen korrelaatio ja voimaharjoitteluryhmällä lähes yhtä suuri mutta positiivinen korrelaatio, joka ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Ilmiötä voitaisiin tulkita niin, että voimaharjoitteluryhmässä apuvälinettä yhä seuranta-ajan jälkeen käyttäneet ovat olleet niin huonokuntoisia, ettei interventiolla ole saavutettu vastaavaa hyötyä kuin muilla osallistujille. Toisaalta taas kontrolliryhmässä apuvälineestä vaikuttaisi olleen päinvastoin hyötyä, eli siihen turvautuminen on auttanut välttymään kaatumisilta seuranta-aikana. Ulkona sattuneiden kaatumisten osalta kontrolliryhmällä oli positiivinen korrelaatiokerroin, mikä viit-

taisi siihen, että kontrolliryhmään kuuluneet ovat kaatuneet seuranta-ajan loputtua ulkona aiempaa enemmän. Tämä voisi selittyä sillä, että kunnon kohennuttua tutkittavat ovat aktivoituneet liikkumaan enemmän myös ulkona, jolloin kaatumisiakin on sattunut aiempaa enemmän. Jos tutkittavien määrä olisi ollut suurempi, olisivat mahdolliset poikkeavat trendit voineet tulla selvemmin esiin (Hill-Westmoreland 2002, Kannus ym. 2005a).

Tutkimusten mukaan yksi- tai monitekijäisten interventioden vaikutukset eivät ole yhtä positiivisia niillä ikääntyneillä, joiden kognitio on alentunut tai jotka asuvat laitospuolisessa hoitopaikassa (American Geriatrics Society ym. 2001, Oliver ym. 2004). Tässä tutkimuksessa alentunut kognitio ja laitoksessa asuminen olivat poissulkukriteerejä, joten kuvausta vastaavat henkilöt karsiutuivat pois. Tämän tyyppisten ikääntyneiden osalta voisi olettaa, että kaatumistaipumus säilyisi interventioista huolimatta, jolloin havaittaisiin tilastollisesti merkitseviä positiivisia korrelaatioita ennen tutkimusta sattuneiden ja intervention jälkeisellä seuranta-ajalla tapahtuneiden kaatumisten välillä.

### ***Tutkimuksen heikkoudet ja vahvuudet***

Tutkimusasetelma oli satunnaistettu ja kontrolloitu, mutta asetelman teho jäi alhaiseksi. Vaikka tutkimusasetelma oli selkeä, ongelmia aiheuttivat aineiston pienuus, mistä johtuen kaatumisaineisto ei ollut normaalisti jakautunut. Tilanne ei korjaantunut logaritmuunnoksella, joten tilastollisissa analyyseissä oli käytettävä ei-parametrisia testejä. Edellä mainituista syistä johtuen varianssianalyysiä ei voitu käyttää kaatumisten ryhmävertailuissa, eikä siksi pystytty kontrolloimaan selittäviä tekijöitä. Kumulatiivisten kaatumisten osalta ryhmien välisiä eroja ei voitu vertailla luotettavasti, koska ei ole käytettävissä soveltuvaa ei-parametrista testiä toistomittausten ja ryhmäerojen yhtäaikaiseen analysointiin. Haasteena oli myös retrospektiivisten kyselylomaketietojen ja prospektiivisten seuranta-ajan päiväkirjatietojen yhdistäminen ja yhteyksien analysoiminen, koska samaa asiaa oli mitattu eri tarkkuudella, eivätkä tulokset olleet suoraan vertailukelpoisia keskenään. Tästä syystä korrelaatiokerroin oli paras menetelmä yhteyksien analysointiin.

Vahvuutena voidaan pitää sitä, että tutkittavat saivat täyttää kyselylomakkeet rauhassa kotonaan ennen alku- ja loppumittauksiin saapumista. Lisäksi lomakkeet käytiin vielä mittausten yhteydessä tutkittavien kanssa yhdessä läpi ja pyydettiin heitä täydentämään puuttuvat ja tarkentamaan epäselvät tiedot. Seuranta-aikana tutkittavat pitivät päivittäin kaatumispäiväkirjaa,

jotka palautettiin kuukausittain. Jos kuukauden aikana oli sattunut kaatumisia, tutkija soitti ja tarkensi tilanteen. Tällä tavoin pyrittiin parantamaan tietojen oikeellisuutta ja tarkkuutta. Kyse-lylomakkeita varten tutkittavien piti muistella kaatumisia puolen vuoden ajalta taaksepäin. Päivittäin kirjatut ja tutkijan kuukausittain kontrolloimat seuranta-ajan tiedot (kaatumispäiväkirjat) ovat tässä mielessä luotettavampia ja tarkempia.

### ***Tulosten merkitys ja jatkotutkimusaiheet***

Kaatumisten ja lonkkamurtumien ennalta ehkäisy on yksilön ja yhteiskunnan tasolla merkittävä ja huomiota ansaitseva aihe, joka ei menetä ajankohtaisuuttaan. Tutkimustulosten yleistettävyys koko väestöön ei ole paras mahdollinen, koska kohderyhmänä ovat olleet lonkkamurtumasta toipuvat ikääntyneet, joiden kaatumisriski on keskimääräistä korkeampi. Kaatumiset ja niihin liittyvät lonkkamurtumat ovat kuitenkin ikääntyneillä yleisiä ja niiden seuraukset ovat usein kohtalokkaat, joten kyseisen kohderyhmän tutkiminen on tärkeää. Lisäksi lihasvoiman puoliero on merkittävä toimintakykyä alentava ja kaatumisriskiä lisäävä tekijä myös muilla kohderyhmillä kuin lonkkamurtumapotilailla (Lamb ym. 1995, Madsen ym. 2000). Lihasvoiman puoliero voi kehittyä esimerkiksi osteoartroosin, halvauksen, kivun tai vamman seurauksena ja jopa täysin terveillä voi olla merkittävä lihasvoiman puoliero (Skelton ym. 2002, Portegijs 2008a, Portegijs ym. 2008b).

Kulmalan ym. (2007) havaintojen mukaan lonkkamurtumien kuntoutuksessa olisi jatkossa syytä keskittyä aiempaa tehokkaammin myös kivun hoitoon sekä kaatumisen pelon voittamiseen ja harjoittelumuotojen spesifisyyteen. Lihasvoiman puoliero voi olla toimintakyvyn alenemisen ja kaatumisriskin kohoamisen syynä tai ilmetä niiden seurauksena (Portegijs 2008a, Portegijs ym. 2008b). Koska lonkkamurtuma lisää merkittävästi kaatumisriskiä, on soveltuvien kuntoutusinterventioiden suunnitteluun ja kehittelyyn panostettava (Close ym. 2005, Portegijs ym. 2006, Kulmala ym. 2007). Tulisi tarkoin selvittää, millainen interventio on vaikuttava: millaisia harjoituksia ja toimenpiteitä se sisältää ja mikä on sopiva annostelu (Close ym. 2005, Portegijs 2008a, Portegijs ym. 2008b). Nyt saatujen kokemusten perusteella interventio tulisi sisältää monipuolisesti dynaamisia ja staattisia tasapainoharjoitteita tasapainon kehittämiseksi. Joka tapauksessa kuntoutuksen riittävän nopea käynnistämien lonkkamurtuman jälkeen on ensiarvoisen tärkeää, sillä pitkittyneen vuodelevon haitat ikääntyneen toimintakyvylle ovat huomattavia (Marottoli ym. 1992, Kannus ym. 2005a).

Toisaalta jatkossa tulisi kiinnittää yhä enemmän huomiota myös kaatumistapaturmien ennalta ehkäisemiseen. Kannuksen ym. (2005b) mukaan noin 80 % ikääntyneiden luun murtumista selittyy kaatumisilla ja ainoastaan noin 20 % johtuu osteoporoosista. Pelkän luuston tiheyden perusteella voidaan siis varsin heikosti ennustaa yksilöllistä murtumariskiä, koska murtumien syntymiseen vaikuttava niin monet yksilö- ja ympäristötekijät (Järvinen ym. 2008). Lisäksi osteoporoosin lääkehoito on kallista, eikä se useimmissa tapauksissa ole riittävä keino ikääntyneiden ihmisten murtumien ehkäisyyn (Kannus 2005a, Kannus ym. 2005b, Järvinen ym. 2008). Kaatumisten merkitystä lonkkamurtumien riskitekijänä on tähän asti aliarvioitu (Kannus ym. 2005a). Kannuksen ym. (2005) ja Järvisen ym. (2008) mukaan murtumien ennaltaehkäisyssä kannattaisi jatkossa keskittyä selkeämmin kaatumisriskissä olevien tunnistamiseen ja kaatumisten ehkäisemiseen. Kaatumiset ovat ennalta ehkäistävissä ja erilaisten interventioiden keinoin voidaan saavuttaa murtumilta välttymisen lisäksi monia muitakin merkittäviä terveyshyötyjä (Kannus 2005a, Järvinen ym. 2008).

Systemaattisinta näyttöä kaatumisten ennalta ehkäisystä on saatu yhdistetystä voima- ja tasapainoharjoittelusta sekä niin kutsutuista monimuotointerventioista, joissa kartoitetaan kokonaisvaltaisesti yksilölliset riskitekijät ja kohdistetaan kaatumisten ja kaatumistapaturmien ennalta ehkäisyyn samanaikaisesti useita riskikartoituksen pohjalta tarpeellisiksi osoittautuneita toimenpiteitä (Hill-Westmoreland 2002, Kannus 2005b). Kannus ym. (2005b) toteavat, että kaatumis- ja murtumariskin kartoitustyö ja sitä seuraavat ehkäisytoimet vaativat aikaa ja paneutumista. Tämän johdosta on joitakin vuosia sitten kehitetty erityinen kaatumis- ja osteoporoosiklinikka (KAAOS-klinikka), jonne murtuman saaneet tai muut suuressa murtumariskissä olevat iäkkäät voidaan lähettää. Tällä hetkellä KAAOS-klinikka toimii projektiluonteisesti Tampereella ja Lappeenrannassa (Kannus ym. 2005b). KAAOS-klinikoiden tyyppinen toiminta on varmasti hyödyllistä ja tarpeellista jatkossakin.

Nyt tehdyn tutkimuksen voimaharjoitteluohjelma osoittautui hyvin toteutettavaksi ikääntyneillä lonkkamurtuman kokeneilla henkilöillä. Tuloksista on apua suunniteltaessa harjoitus- ja kuntoutusohjelmia vastaaville kohderyhmille tulevaisuudessa. Edelleen tarvittaisiin lisää riittävän tehokkaalla asetelmalla ja riittävän pitkällä seuranta-ajalla toteutettuja satunnaistettuja ja kontrolloituja tutkimuksia erilaisten interventioiden vaikutuksista ikääntyneiden lonkkamurtumapotilaiden liikkumis- ja toimintakykyyn sekä kaatumisten lukumäärään ja laatuun. Erityisesti tulisi selvittää, mikä olisi intervention optimaalinen sisältö, kesto ja annostelu.

## 6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Progressiivinen kolme kuukautta kestänyt voima-nopeusharjoittelu ei vaikuttanut kaatumisinsidenssiin eikä kaatumisten laatuun tilastollisesti merkitsevästi. Seuranta-aikaa edeltäneiden kuuden kuukauden kaatumisten lukumäärä ei ollut tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä seuranta-ajan kaatumisinsidenssiin. Jos aineisto olisi ollut suurempi, tutkimusasetelma tehokkaampi ja interventio pitkäkestoisempi, on mahdollista, että analyyseissä olisi havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja tai yhteyksiä. Tarvitaan lisää riittävän tehokkaalla asetelmalla toteutettuja satunnaistettuja ja kontrolloituja tutkimuksia erilaisten interventioiden vaikutuksista ikääntyneiden lonkkamurtumapotilaiden liikkumis- ja toimintakykyyn sekä kaatumisten lukumäärään ja laatuun.

## Lähteet

American Geriatrics Society, British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopedic Surgeons Panel on Falls Prevention. Guideline for the prevention of falls in older persons. *J Am Geriatr Soc* 2001;49:664-72.

American College of Sports Medicine. Senior editor Franklin BA. ACMS's guidelines for exercise testing and prescription. Sixth edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia 2000.

Aniansson A, Hedberg M, Henning GB, Grimby G. Muscle morphology, enzymatic activity and muscle strength in elderly men: a follow-up study. *Muscle Nerve* 1986;9:585-91.

Bean JF, Leveille SG, Kiely DK, Bandinelli S, Guralnik JM, Ferrucci L. A comparison of leg power and leg strength within the In CHIANTI study: which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:728-33.

Berg HE, Tedner B, Tesch PA. Changes in lower limb muscle cross-sectional area and tissue fluid volume after transition from standing to supine. *Acta Physiol Scand* 1993;148:379-85.

Bean J, Leveille S, Kiely D, Bandinelli S, Guralnik J, Ferrucci L. A comparison of leg power and leg strength within the In CHIANTI study: Which influences mobility more? *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58:728-33.

Bergland A, Jarnlo GB, Laake K. Predictors of falls in the elderly by location. *Aging Clin Exp Res* 2003;15:43-50.

Bergland A, Wyller TB. Risk factors for serious fall related injury in elderly women living at home. *Injury Prevention* 2004;10:308-13.

Biderman A, Cwikel J, Fried AV, Galinsky D. Depression and falls among community dwelling elderly people: a search for common risk factors. *J Epidemiol Community Health* 2002;56:631-36.

Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ, Dallosso H, Ebrahim SBJ, Arie THD, Fentem PH, Bassey EJ. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age and Ageing* 1988; 17:365-72.

Butler RN, Davis R, Lewis CB, Nelson ME, Strauss E. Physical fitness: benefits of exercise for older patients. *Geriatrics* 1998;53:49-52.

Cambell AJ, Borrie MJ, Spears GF, Jacksons SL, Brown JS, Fitzgerald JL. Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. *Age and Ageing* 1990;19:136-41.

Caserotti P, Aagaard P, Butrup L, Puggaard L. Explosive heavy-resistance training in old and very old adults: changes in rapid muscle force, strength and power. *Scand J Med Sci Sports* 2008. Epub ahead of print.

Chang JT, Morton SC, Rubenstein LZ. Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *BMJ* 2004;328:680-83.

Cho B, Scarpace D, Alexander NB. Tests of stepping as indicators of mobility, balance and fall risk in balance-impaired older adults. *J Am Geriatr Soc*. 2004;52(7):1168-73.

Clemson L, Cumming R, Kendig H, Swann M, Heard R, Taylor K. The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: a randomized trial. *JAGS* 2004;52:1487-94.

Close JC, Hooper R, Glucksman E. Predictors of falls in a high risk population: results from the prevention of falls in the elderly trial (PROFET). *Emerg Med J* 2003;20:421-25.

Close JCT. Prevention of falls – a time to translate evidence into practice. *Age Ageing* 2005;34:98-100.

- Cummings SR, Melton LJ. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet* 2002;359:1761-67.
- Day I, Fildes B, Gordon I. Randomised factorial trial of falls prevention among older people living in their own homes. *BMJ* 2002;325:128-31.
- Delmas PD. Treatment of postmenopausal osteoporosis. *Lancet* 2002;359:2018-26.
- DeRekeneire N, Visser M, Peila R, Nevitt MC, Cauley JA, Tylavsky FA, Simonsick EM, Harris TB. Is a fall just a fall: correlates of falling in healthy older persons. The health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc* 2003; 51:841-46.
- Eastwood EA, Magaziner J, Wang J, Silberzweig SB Hannan EL, Straus E, Siu AL. Patients with hip fracture: subgroups and their outcomes. *J Am Geriatr Soc* 2002;50:1240-49.
- Feder G, Gryer C, Donovan S, Carter Y. Guidelines for the prevention of falls in people over 65. *BMJ* 2000;321:1007-11.
- Ferri A, Scagkioni G, Puosson M, Capodaglio P, Van Hoecke J, Narici MV. Strength and power changes of the human plantar flexors and the knee extensors in response to resistance training in old age. *Acta Physiol Scand* 2003;177:69-78.
- Ferrucci L, Guralnik J, Buchner D et al. Departures from linearity in the relationship between measures of muscular strength and physical performance of the lower extremities: The women's Health and Ageing study. *J Gerontol A Bio Sci Med Sci* 1997;52A(5):M275.
- Formiga F, Navarro M, Duaso E, Chivite D, Ruiz D, Perez-Castejon JM, Lopez-Soto A, Pujol R. Factors associated with hip fracture-related falls among patients with a history of recurrent falling. *Bone* 2008; Epub ahead of print.
- Gates s, Fisher J, Cooke M, Carter Y, Lamb S. Multifactorial assessment and targeted intervention for preventing falls and injuries among older people in community and emergency care settings: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2008;19:130-33.
- Gillespie L. Preventing falls in elderly people. *BMJ* 2004;328:653-54.
- Gillespie L, Gillespie W, Robertson M, Lamb S, Cumming R, Rowe B. Interventions for preventing falls in the elderly. *Cochrane database systematic review* 2003;3:CD000340.
- Graafmans WC, Ooms ME, Hofstee HMA, Bezemer PD, Bouter LM, Lips P. Falls in the elderly: A prospective study of risk factors and risk profiles. *Am J Epidemiol* 1996;143:1129-36.
- Greenspan SL, Myers ER, Kiel PD. Fall direction, bone mineral density, and function: risk factors for hip fracture in frail nursing home elderly. *Am J Med* 1998;104(6):539-545.
- 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;28:582-90.
- Hill-Westmoreland EE, Socken K, Spellbring AM. A meta-analysis of fall prevention programs for the elderly: How effective are they? *Nurs Res* 2002;51:1-8.
- Holviaala J, Sallinen J, Kraemer W. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities and balance in middle-aged and older women. *J Strength Cond Res*;20(2):336-44.
- Järvinen T, Sievänen H, Karim K, Heinonen A, Kannus P. Shifting the focus in fracture prevention from osteoporosis to falls. *BMJ* 2008;336:124-26.



- Jørgensen L, Engstad T, Jacobsen BK. Higher incidence of falls in long-term stroke survivors than in population controls. *Stroke* 2002;33(2):542-47.
- Kanis JA. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. *Lancet* 2002;359:1929-36.
- Kannus P. Preventing osteoporosis, falls and fractures among elderly people. Promotion of lifelong physical activity is essential. *BMJ* 1999;318:205-6.
- Kannus P, Parkkari J, Koskinen S. Fall-induced injuries and deaths among older adults. *JAMA* 1999;281:1895-99.
- Kannus P, Sievänen H, Palvanen M, Järvinen T, Parkkari J. Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *Lancet* 2005a;366:1885-95.
- Kannus P, Järvinen T, Palvenen M, Rintala J, Parkkari J, Järvinen M. Kaatuminen aiheuttaa ikäihmisille enemmän murtumia kuin osteoporoosi. *Suomen lääkärilehti* 2005b;12-13(60):1449.
- Kannus P, Niemi S, Parkkari M, Palvanen M, Vuori I, Järvinen M. Nationwide decline in incidence of hip fracture. *Journal of Bone and Mineral Research* 2006;12(21):1836-38.
- Kansanterveyslaitos. Usein kysyttyä ikääntyvien tapaturmista. Päivitetty 7.9.2006. [viitattu 14.9.06.] [http://www.ktl.fi/portal/suomi/yhteistyoprojektit/tapaturmat/kaatumisten\\_ ja\\_murtumien\\_ ehkaisy/usein\\_kysyttya/](http://www.ktl.fi/portal/suomi/yhteistyoprojektit/tapaturmat/kaatumisten_ ja_murtumien_ ehkaisy/usein_kysyttya/)
- Kellogg International Work Group for the Prevention of Falls in the Elderly. *Danish Med Bull* 1987;34(Suppl):1-24.
- Kerse N, Butler M, Robinson E, Todd M. Fall prevention in residential care: a cluster, randomised, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2004;52:524-31.
- Kulmala J, Sihvonen S, Kallinen M, Alen M, Kiviranta I, Sipilä S. Balance confidence and functional balance in relation to falls in older persons with hip fracture history. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 2007;3(30):114-120.
- Lamb SE, Morse RE, Evans JG. Mobility after proximal femoral fracture: the relevance of leg extensor power, postural sway and other factors. *Age Ageing* 1995;24(4):308-14.
- LaSatyo P, Ewy G, Pierotti D. The positive effects of negative work: increased muscle strength and decreased fall risk in a frail elderly population. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2003;58A(5):419-24.
- Lauretani F, Russo C, Bandinelli S, et al. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003;95:1851-60.
- Lehto MUK, Nevalainen J, Numminen O. Informaatioteknologia tekonivelkirurgian palveluksessa. *Suom Lääkäril* 2000;123:551-54.
- Leveille SG, Ling S, Hochberg MC, Resnick ME, Bandeen-Roche KJ. Widespread musculoskeletal pain and the progression of disability in older women. *Ann Intern Med* 2001;135:1038-46.
- Li F, Harmer P, Fisher KJ. Tai Chi and fall reductions in older adults: A randomized controlled trial. *J Gerontol a Biol Sci Med Sci* 2005;60:187-94.
- Lord SR. Falls in Elderly: Admissions, bed use, outcome and projections (letter). *Medical Journal of Australia* 1990;153:117-18.
- Lord SR, McLean D, Stathers G. Physiological factors associated with injurious falls in older people living in the community. *Gerontology* 1992;38:338-46.

- Lord SR, Ward JA, Williams P, Anstey KJ. An epidemiological study of falls in older community-dwelling women: the Randwick falls and fractures study. *Australian Journal of Public Health* 1993;17:240-45.
- Lord SR, Ward JA. Age-associated differences in sensori-motor function and balance in community-dwelling women. *Age and ageing* 1994a;23:452-60.
- Lord SR, Ward JA, Williams P, Anstey KJ. Physiological factors associated with falls in older community-dwelling women. *J Am Geriatr Soc* 1994b;42:1110-17.
- Lord SR, Lloyd DG, Li SK. Sensori-motor function, gait patterns and falls in community-dwelling women. *Age and ageing* 1996;25:292-99.
- Lord SR, Dayhew J. Visual risk factors for falls in older people. *J Am Geriatr Soc* 2001; 49(5):508-15.
- Lord SR, Castell S, Corcoran J. The effect of group exercise on physical functioning and falls in frail older people living in retirement villages: A randomised, controlled trial. *J Am Geriatr Soc* 2003;51:1685-92.
- Lord SR, Sturnieks DL. The physiology of falling: assessment and prevention strategies for older people. *J Sci Med Sport* 2005;8:1:35-42.
- Luukinen H, Koski K, Laippala P, Kivelä SL. Incidence rate of falls in aged population in northern Finland. *Journal of Clinical Epidemiology* 1994;47:843-50.
- Luukinen H, Koski K, Laippala P, Kivelä SL. Predictors for recurrent falls among the home-dwelling elderly. *Scandinavian Journal of Primary Health Care* 1995;13:294-99.
- Lönroos E, Kautiainen H, Karppi P, Huusko T, Hartikainen S, Kiviranta I, Sulkava R. Increased incidence of hip fractures. A population-based study in Finland. *Bone* 2006;39:623-27.
- Lönroos E, Kautiainen H, Karppi P, Hartikainen S, Kiviranta I, Sulkava R. Incidence of second hip fractures. A population-based study. *Osteoporos Int.* 2007;18(9):1279-85.
- Madsen OR, Laudridsen UB, Sorensen OH. Quadriceps strength in women with a previous hip fracture: relationship to physical ability and bone mass. *Scand J Rehab Med* 2000;32:37-40.
- Marottoli RA, Berkman LF, Clooney LM. Decline in physical function following hip fracture. *J Am Geriatr Soc* 1992; 40:861-66.
- Melzer I, Benjuya N, Kaplanski J. Postural stability in the elderly: a comparison between fallers and non-fallers. *Age and ageing* 2004;33(6):602-7.
- Meuleman JR, Brechue WF, Kubilis PS, Lowenthal DT. Exercise training in the debilitated aged: strength and functional outcomes. *Arch Phys Med Rehabil* 2000;81:312-18.
- Moreland J, Richardson J, Chan DH. Evidence-based guidelines for the secondary prevention of falls in older adults. *Gerontol* 2003;49:93-116.
- Nevitt MC, Cummings SR, Kidd H, Black D. Risk factors for recurrent non-syncopal falls. A prospective study. *Journal of the American Association* 1989;261:2663-68.
- NIH Consensus Development Panel. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA* 2001;285:785-95.
- Oliver D. Prevention of falls in hospital inpatients. Agendas for research and practice. *Age Ageing* 2004;33:328-30.
- Orr R De Voss N, Singh N, et al. Novel relationships of balance to muscle power and mental health in healthy

older adults. *J Am Geriatr Soc* 2004;52(suppl. 4):S17.

Orr R, Raymond J, Fiatore S. Efficacy of progressive resistance training on balance performance in older adults: a systematic review of randomized controlled trials. *Sports Med* 2008;38(4):317-43.

Parkkari J, Kannus P, Palvanen M. Majority of hip fractures occur as a result of a fall and impact on the greater trochanter of the femur: A prospective controlled hip fracture study with 206 consecutive patients. *Calcif Tissue Int* 1999;65(3):183-87.

Pluijm SM, Smith JH, Tromp EA. A risk profile for identifying community-dwelling elderly with a high risk of recurrent falling: results of a 3-year prospective study. *Osteoporos Int* 2006;17:417-25.

Portegijs E, Sipilä S, Alen M, Kaprio J, Koskenvuo M, Rantanen T. Leg extension power asymmetry and mobility limitation in healthy older women. *Arch Phys Med Rehabil* 2005;86:1838-42.

Portegijs E, Sipilä S, Pajala S, Lamb SE, Alen M, Kaprio J, Koskenvuo M, Rantanen T. Asymmetrical lower extremity power deficit as a risk factor for injurious falls in healthy older women. *J Am Geriatr Soc* 2006;54:551-53.

Portegijs E, Sipilä S, Rantanen T, Lamb SE. Leg extension power deficit and mobility limitation in women recovering from hip fracture. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 2008a;87:363-70.

Portegijs E, Rantanen T, Kallinen M, Heinonen A, Alen M, Kiviranta I, Sipilä S. Leg pain and injury burden as determinants of muscle strength deficit after hip fracture. 2008b(submitted for publication).

Portegijs E, Kallinen M, Rantanen T, Heinonen A, Sihvonen S, Alen M, Kiviranta I, Sipilä S. Effects of Resistance training on lower-extremity impairments in older people with hip fracture. *Arch Phys Med Rehabil* 2008c;89:1667-1673.

Reginster J-Y. Treatment of postmenopausal osteoporosis. *BMJ* 2005;330:859-60.

Reeves N, Narici M, Maganaris C. Myotendinous plasticity to ageing and resistance exercise in humans. *Exp Physiol* 2006;91(3):483-98.

Richardson DR, Hicks MJ, Walker RB. Falls in rural elders: an empirical study of risk factors. *J Am Board Fam Pract* 2002;15:178-82.

Robertson MC, Cambell AJ, Gardner MM, Devin N. Preventing injuries in older adults by preventing falls: a meta-analysis of individual-level data. *J Amer Geriatr Soc* 2002;50:905-11.

Salkeld G, Cameron ID, Cumming RG. Quality of life related to fear of falling and hip fracture in older women: a time trade off study. *BMJ* 2000;320:241-46.

Sayers SP, Bean J, Cuoco A, LeBrasseur NK, Jette A, Fielding RA. Changes in function and disability after resistance training: Does velocity matter? A pilot study. *Am J Phys Med Rehabil* 2003;82:605-613.

Sherrington C, Lord SR, Finch CF. Physical activity interventions to prevent falls among older people: update of the evidence. *J Sci Med Sport* 2004;7:43-51.

Shumway-Cook A, Silver I, LeMier M, York S, Cummings P, Koepsell T. Effectiveness of a community-based multi-factorial intervention on falls and fall-risk factors in community-living older adults: a randomized controlled trial. *Journal of gerontology: Medical sciences* 2007;62(12):1320-27.

Sihvonen S, Sipilä S, Taskinen S, Era P. Fall incidence in frail older women after individualized visual feedback-based training. *Gerontology* 2004;50:411-6.

Sipilä S, Multanen J, Kallinen M, Era P, Suominen H. Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand* 1996;156:457-64.

Skelton DA, Young A, Greig CA, Malbut KE. Effects of resistance training on strength, power, and selected functional abilities of women aged 75 and older. *J Am Geriatr Soc* 1995;43:1081-87.

Skelton DA, Kennedy J, Rutherford, OM Explosive power and asymmetry in leg muscle function in frequent fallers and non fallers. *Age Ageing* 2002;31:119-25.

Stel VS, Smith JH, Pluijm SM. Balance and mobility performance as treatable risk factors for recurrent falling in older persons. *J Clin Epidemiol* 2003;56:659-668.

Tinetti ME, Speechley M, Sandra F, Ginter RN. Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med* 1988; 319:26:1701-7.

Tinetti ME, Speechley M. Prevention of falls among the elderly. *N Engl J Med* 1989; 320:16:1055-59.

Tinetti ME, Speechley M. Falls and injuries in frail and vigorous community elderly persons. *J Am Geriatr Soc* 1991;39:46-52.

Tinetti ME, Mendes de Leon CF, Doucette JT, Baker DI. Fear of falling and Fall-related efficacy in relationship to functioning among community-living elders. *Journal of Gerontology* 1994;49:140-47.

Tinetti ME, Williams CS. Falls, injuries due to falls, and the risk of admission to a nursing home. *N Engl J Med* 1997; 337:1279-84.

Tinetti ME, Williams CS. The effect of falls and fall injuries on functioning in community-dwelling older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1998;53:112-19.

Tinetti ME. Preventing falls in elderly persons. *N Engl J Med* 2003;348:42-29.

Visser M, Harris TB, Fox KM, Hawkes W, Hebel JR, Yahiro JY, Michael R, Zimmerman SI, Magaziner J. Change in muscle mass and muscle strength after hip fracture: relationship to mobility recover. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2000;55:M434-40.

Wolfson I, Whiple R, Derby C. Balance and strength training in older adults: intervention gains and tai chi maintenance. *J Am Geriatr Soc* 1996; 44(5):498:506.