

**HUOJUNNAN YHTEYS KAATUMISEN SEURAUKSENA SYNTYNEISIIN
MURTUMIIN IKÄÄNTYNEILLÄ NAISILLA**

Mahsa Modarress

Liikuntalääketieteen
pro gradu -tutkielma
Syksy 2013
Terveystieteiden laitos
Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Huojunnan yhteys kaatumisen seurauksena syntyneisiin murtumiin ikääntyneillä naisilla

Mahsa Modarress
Jyväskylän yliopisto
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Terveystieteiden laitos
Syksy 2013
48 sivua

Liikunta- ja toimintakykyä voidaan pitää keskeisenä osana ihmisen hyvinvointia ja terveyttä. Ikääntymisen myötä lihasvoima ja -kestävyys sekä aistitoiminnat heikkenevät vaikuttaen negatiivisesti liikehallintaan ja sitä kautta tasapainoon, jolloin myös kaatumisriski kasvaa. Samanaikaisesti vanhenevassa elimistössä tapahtuvat biologiset ja biokemialliset muutokset johtavat luuston haurastumiseen, joka puolestaan altistaa murtumille ja niitä seuraaville terveyshaitoille; liiallinen haurastuminen voi esimerkiksi johtaa luuston sairauteen, osteoporoosiin. Vuosittain noin 30 % yli 65-vuotiaista kaatuu määrän kasvaessa jatkuvasti väestön vanhetessa. Murtumat ovat seurauksiltaan sekä yksilön että yhteiskunnan kannalta vakavia tapahtumia, sillä erityisesti lonkkamurtumat johtavat usein liikuntakyvyttömyyteen, laitoshoitoon ja jopa kuolemaan.

Tasapainoa voidaan arvioida mittaamalla vartalon huojuntaa seistessä. Huojunnan yhteydestä murtumiin on aiemmissa kansainvälisissä tutkimuksissa saatu ristiriitaisia tuloksia; osassa huonon tasapainon ja voimakkaan huojunnan on havaittu kasvattavan murtumien riskiä, mutta osassa yhteyttä ei ole havaittu. Tässä tutkimuksessa selvitetään ikääntyneiden naisten seistessä mitatun vartalon huojunnan yhteyttä kaatumisen seurauksena syntyneisiin murtumiin. Työssä keskitytään ikääntyneisiin naisiin, sillä postmenopausaalisilla naisilla on kohonnut riski sairastua osteoporoosiin. Tutkittavana oli 1222 70–73 -vuotiasta naista, joiden murtumatiedot kerättiin sairaalarekistereistä, ja heidän tasapainonsa mitattiin tutkimuksessa kehitetyllä huojuntamittausmenetelmällä ja kliinisillä testeillä. Tutkimus on osa laajempaa Luumu-väestökohortin seurantaa, joka on käynnistynyt vuonna 1997 Oulun Liikuntalääketieteellisen Klinikan ja Oulun yliopiston terveystieteiden laitoksen yhteistyönä.

Tässä tutkimuksessa ikääntyneiden naisten seistessä mitatun vartalon huojunnan ja kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien välillä ei havaittu yhteyttä. Näin ollen huojunnan mittauksen ennustearvoa ikääntyneiden kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien suhteen ei toistaiseksi voida varmuudella todeta. Koska huojunnan mittaus on helppo, nopea ja turvallinen toteuttaa, aihetta olisi syytä tutkia lisää laadukkaissa seurantatutkimuksissa.

Vaikka huojunnan ja murtumien välinen yhteys ei ole täysin yksiselitteistä, voidaan erilaisia tasapainoa ja lihaskuntoa kohentavia liikuntaohjelmia pitää varteen otettavina keinoina ennaltaehkäistä kaatumisia sekä niiden seurauksena syntyviä murtumia. Tasapainotesteillä ja huojuntaa mittaamalla voidaan lisäksi saada arvokasta tietoa mahdollisesti riskiryhmään kuuluvista henkilöistä.

Asiasanat: huojunta, tasapaino, murtumat, ikääntyneet naiset

ABSTRACT

Association between postural sway and fall related fractures in elderly women

Mahsa Modarress
University of Jyväskylä
Faculty of Sport Sciences
Department of Health sciences
Autumn 2013
48 pages

Mobility and ability to function have key roles in humans' health and well-being. Muscle strength and power become weaker as one gets older, so do the sensory functions. Thus the postural balance and gait will degenerate leading to increased risk of falling. At the same time biological and biochemical changes will result in fragile skeletal system, which can eventually cause skeletal disease, osteoporosis. It is estimated that about 30 % of 65 years old or older will fall during upcoming years and, with an ageing populations, it is likely that number of fallers will increase constantly for the time being. Falls and related injuries, especially hip fractures, lead commonly to immobility, institutionalization and even death of elderly. Thus it is highly essential to investigate strategies to prevent falls.

Balance can be estimated by measuring the postural sway at upright position. The results of existing studies about association of the postural sway and fractures are somewhat conflicting: some of the studies implicate that high postural sway increases the fracture risk while other studies has not been capable to detect the association. The aim of this study is to investigate whether there is association between postural sway and fall related fractures in elderly women. Because the fracture and the osteoporosis risk of postmenopausal women are increased, the present study concentrates in them. The data used in the study is part of the extensive birth cohort of 1690 elderly Finnish women, whose information's were obtained from the National Population Register of Finland. A total of 1,222 postmenopausal women (aged 70–73) agreed to take part in the study, where their body sway was assessed by inclinometry-based method. The study was carried out in collaboration with the Deaconess Institute of Oulu and the Departments of Public Health Science of University of Oulu.

Based on the present study there is no statistical significance between postural sway, measured at upright position, and fall related fractures in elderly women. Thus the result of the study is consistent with the current conception: there is no firm evidence that impaired balance and high postural sway can be risk factors for fall related fractures in elderly. While further research is needed to assess whether impaired balance and high postural sway are risk factors for fractures, suitable exercise programs, containing balance and strength exercises, are recommended to prevent falls and related injuries in order to keep the quality of life of the elderly high as possible.

Keywords: postural sway, balance, fractures, elderly women

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 TUKI- JA LIIKUNTAELIMISTÖ	3
2.1 Anatomia ja fysiologia.....	3
2.1.1 Luusto.....	3
2.1.2 Lihakset	5
2.2 Ikääntymisen vaikutus tuki- ja liikuntaelimityöhön.....	5
2.2.1 Luusto.....	6
2.2.2 Lihassoima.....	8
2.3 Fyysisen aktiivisuuden vaikutus ikääntyneiden tuki- ja liikuntaelimityöhön	9
2.3.1 Luusto.....	10
2.3.2 Lihassoima ja tasapaino	12
3 MURTUMAT IKÄÄNTYVILLÄ.....	13
3.1 Ilmaantuvuus.....	13
3.2 Riskitekijät	14
3.2.1 Osteoporoosi.....	14
3.2.2 Kaatumiset.....	15
3.2.3 Tasapaino ja lihassoima	17
3.2.4 Fyysinen inaktiivisuus.....	18
3.2.5 Naissukupoli.....	18
3.2.6 Muut tekijät	20
3.3 Osteoporoosin ja murtumien ennaltaehkäisy	20
3.3.1 Fyysinen aktiivisuus	21
3.3.2 Lääkkeet ja ravinto	22
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESI	24

5 AINEISTO JA MENETELMÄT	25
5.1 Aineisto	25
5.2 Tutkimusmenetelmät	25
5.2.1 Kyselyt	25
5.2.2 Antropometria ja luuntiheyden mittaukset	27
5.2.3 Huojunnan mittaus	27
5.2.4 Tilastolliset menetelmät	28
6 TULOKSET	29
7 POHDINTA.....	32
7.1 Huojunnan yhteys kaatumisen seurauksena syntyneisiin murtumiin ikääntyneillä.....	32
7.2 Tasapainon parantaminen murtumien ennaltaehkäisyssä	36
7. 3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet	37
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	38
LÄHTEET	39

1 JOHDANTO

Liikunta- ja toimintakyky on keskeinen osa ihmisen hyvinvointia ja terveyttä (Suni & Vasankari 2011). Tuki- ja liikuntaelimistö vastaa yhdessä hermoston kanssa liikkeestä fyysisen aktiivisuuden huolehtiessa tuki- ja liikuntaelimistön sekä hermoston toimintakyvystä (Vuori 2011a). Näin ollen negatiiviset muutokset lihasvoimassa ja -kestävyydessä sekä hermoston toiminnassa heikentävät liikehallintaa ja toimintakykyä. Ikääntyminen on yksi syy kyseisille muutoksille: tasapaino ja liikkumiskyky heikkenevät, jolloin kaatumisriski kasvaa (Suni 2005). Samanaikaisesti vanhenevassa elimistössä tapahtuvien biologisten ja biokemiallisten muutosten seurauksena luusto haurastuu (Sambrook & Cooper 2006, Rachner ym. 2011) kasvattaen puolestaan kaatumisten seurauksena syntyvien murtumien riskiä (Moncada 2011, Rachner ym. 2011, Clemson ym. 2012).

Osteoporoosi on luuston sairaus, jossa luut haurastuvat niin mikrorakenteeltaan kuin massaltaan (Sambrook & Cooper 2006). Luukato muodostuu yleensä hitaasti ajan kuluessa: aluksi luun uudismuodostus laskee vähitellen, ja lopulta luun hajoamisnopeus ylittää luun uudismuodostuksen (Seeman 2002). Osteoporoosi on yksi sairauksista, jonka esiintyvyys on lähtenyt jatkuvaan nousuun väestön vanhetessa (Sambrook & Cooper 2006). Osteoporoosia hoidetaan lääkkeillä (Rachner ym. 2011), mutta kansanterveyden kannalta varsinaiset sairauteen liittyvät ongelmat ovat murtumat, sillä ne johtavat hyvin usein liikuntakyvyttömyyteen ja laitoshoitoon, varsinkin ikääntyneillä ihmisillä (Rachner ym. 2011, Clemson ym. 2012). Uusien strategioiden ja käytännöllisten ohjelmien kehittäminen ikääntyvien ihmisten kaatumisten ennaltaehkäisemiseksi on siten hyvin olennaista.

Kaatumisista noin 60 % johtuu useista eri tekijöistä (Thrane ym. 2007). Valtaosa murtumista syntyy kaatumisen seurauksena (WHO 2003), mutta murtumille altistavia tekijöitä on useita ja niiden keskinäinen suhde on hyvin monimutkainen. Tässä tutkimuksessa selvitetään huojunnan yhteyttä kaatumisen seurauksena syntyneisiin murtumiin. Tutkimuksessa keskitytään ikääntyneisiin naisiin, sillä heidän riskinsä sairastua osteoporoosin samoin kuin riskinsä kaatua on korkea (Moncada 2011). Lisäksi tutkimuksessa pohditaan liikuntaohjelmien merkitystä kaatumisten ja niiden seurauksena syntyvien murtumien ehkäisyssä. Tutkimusaineistoon kuuluu 1222 70–73 -vuotiasta naista, joiden murtumatiedot kerättiin Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirin potilasarkistoista ja joiden tasapaino mitattiin

huojuntamittauksella. Tutkimus tehdään yhteistyössä Oulun Liikuntalääketieteellisen Klinikan ja Oulun yliopiston terveystieteiden laitoksen kanssa, ja tutkimusaineisto on osa laajempaa Luumu-väestökohortin seurantaa, joka on käynnistynyt vuonna 1997.

2 TUKI- JA LIIKUNTAELIMISTÖ

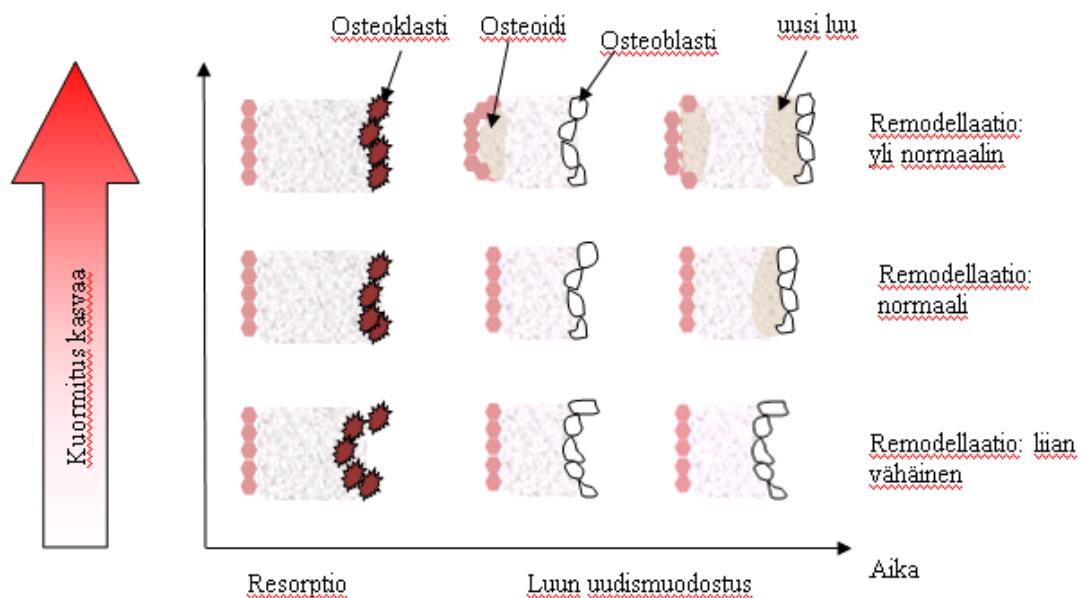
2.1 Anatomia ja fysiologia

Tuki- ja liikuntaelimistö käsittää luiden ja lihasten lisäksi jänteet, ligamentit ja nivelet. Sen tehtävänä on tukea koko elimistöä mahdollistaen pystyasennon suojaen samalla elimiä ulkoisilta uhilta. Lihaksia, luita ja niveliä on yhteensä satoja. Tuki- ja liikuntaelimistö muodostaa keskimäärin yli 50 % aikuisen ihmisen painosta (Nienstedt ym. 2006, 105, Alen & Rauramaa 2011). Tuki- ja liikuntaelimistön kehittymisen ja toimintakyvyn kannalta keskeisiä tekijöitä ovat fyysinen aktiivisuus ja mekaaninen kuormitus (Turner ym. 2009). Mekaanisten voimien kohdistuminen elimistöön vaikuttaa muun muassa luiden sekä lihasten massaan ja rakenteeseen (Vuori 2011b, Klein-Nulend ym. 2012). Lihasten suorituskyky ja luuston vahvuus ovat puolestaan suorassa yhteydessä fyysiseen suorituskykyyn; niiden heikkeneminen rajoittaa liikkumis- ja toimintakykyä laskien yleistä elämänlaatua sekä hyvinvointia (Suni 2005).

2.1.1 Luusto

Aikuisen ihmisen luuranko koostuu yli 200 luusta. Luurangon päätehtävinä voidaan pitää elimistön tukemista ja elinten suojaamista sekä liikkeen mahdollistamista. Luurangolla on kuitenkin joukko muita hyvin tärkeitä ja oleellisia tehtäviä kuten elimistön mineraali- ja happo-emästasapainon ylläpito sekä hematopoieesin tapahtumapaikkana ja sytokiinien sekä kasvuhormonien säilöntäpaikkana toimiminen (Leppäluoto ym. 2008, 74, Clarke 2008). Erikoistunutta sidekudosta oleva luukudos muodostuu pääosin kollageeneja ja erilaisia mineraaliyhdisteitä sisältävästä soluväliaineesta, jonka seassa on osteoblasteja, osteosyyttejä sekä osteoklasteja (Leppäluoto ym. 2008, 64, Alen & Rauramaa 2011). Osteoblastit muodostavat luun perusainesta eli kollageeniverkkoja kypsyen lopulta osteosyyteiksi (Leppäluoto ym. 2008, 74–76). Osteosyytit ovat siten luukudoksen ympäröimiä osteoblasteja, joiden morfologia on muuttunut niin, että ne kykenevät liittymään toinen toisiinsa muodostamiensa ohuiden pitkien haarakkeidensa avulla (Seeman ym. 2006, Bonewald 2007). Osteoklastit ovat puolestaan makrofageista erikoistuneita kudosspesifisiä luunsyöjäsoluja, joiden tehtävänä on hajottaa vanhaa luuta tuottamalla syövyttäviä happoja luun pinnalle (Boyle ym. 2003, Blair & Athanasou 2004, Nienstedt ym. 2006, 64).

Osteoklastien ja osteoblastien toiminnan tuloksena luiden muovautuminen jatkuu läpi elämän muokaten niitä kestävämmän kulloistakin tarvetta; biomekaanisten voimien muutos saa luun kehittymään (kuva 1), ja vanhaa luuta korvataan uudella kestävämmällä luulla, jotta elimistön tukeminen onnistuisi parhaalla mahdollisella tavalla (Boyle ym. 2003, Clarke 2008). Luiden pitää olla sekä joustavia että jäykkiä toimiessaan elimistön tukirankana ja liikkeen mahdollistavina vipuina: jäykkyys mahdollistaa kuormittamisen ja joustavuus takaa, ettei kuormitus johda luun murtumiseen (Seeman 2002, Seeman ym. 2006). Luun joustavuuden ja jäykkyyden välillä on kuitenkin vallittava tasapaino; sekä liiallinen jäykkyys että joustavuus altistavat murtumille. Kollageenisäikeet vastaavat sekä luun kimmoisuudesta että vetolujuudesta ja mineraalit, kuten kalsiumhydroksidiapatiittikiteet, puolestaan jäykkyydestä sekä puristuskestävyydestä (Seeman ym. 2006, Alen & Rauramaa 2011). Näin ollen mitä korkeampi luukudoksen mineralisaatioaste on, sitä jäykempää luu on; samalla joustavuus kuitenkin vähenee (Seeman ym. 2006).



Kuva 1. Luun remodellaatio eli muokkautuminen osteoklastien ja osteoblastien toimesta. Luun kuormitusaste vaikuttaa muodostuvan uudislun määrään (mukaeltu Vainionpää 2007).

Keskimäärin 10 % luumassasta uusiutuu vuosittain (Cohen 2006). Luun uudismuodostus, luun muodon ja koon sekä mikrorakenteen muokkautuminen, riippuu kuitenkin useista eri tekijöistä kuten henkilön iästä ja elimistön tilasta (Seeman ym. 2006, Leppäluoto ym. 2008, 64, Gunter ym. 2012). Luun muokkautumiseen vaikuttavia hormonaalisia tekijöitä ja solutason ilmiöitä, kuten osteoklastien ja osteoblastien elinaikaa sekä osteosyyttien

viestinvälitystä, on tutkittu paljon, mutta moni asia on vielä epäselvää (Seeman 2002). Estrogeenin (Greendale ym. 1999, Delmas 2002, Clarke & Khosla 2010b), liikunnan (Petersen & Saltin 2006, Howe ym. 2011, Kelley ym. 2013) sekä D-vitamiinin ja kalsiumin samanaikaisen käytön (Woolf & Åkesson 2003, Tang ym. 2007, Avenell ym. 2005, Winzenberg ym. 2012) yhteydestä luun hyvinvointiin ja uudismuodostukseen on kuitenkin jo paljon todisteita.

2.1.2 Lihakset

Elimistössä on satoja lihaksia, joilla on monia erilaisia tehtäviä. Lihakset on jaettu toiminnan ja rakenteen perusteella kolmeen pääryhmään, joista yksi on poikkijuovaiset eli luurankolihakset. Kyseiset lihakset kiinnittyvät jänteiden välityksellä luihin mahdollistaen liikkeen lihassupistusten tuottaman voiman avulla; kemiallinen energia voidaan muuttaa mekaaniseksi energiaksi lihassolujen toimesta (Leppäluoto ym. 2008, 99, Alen & Rauramaa 2011). Luurankolihakset muodostavat yhdessä hermoston kanssa hermo-lihasjärjestelmän, joka on vastuussa ihmisen liikunta- ja toimintakyvystä. Lihaksilla on myös monia muita oleellisia tehtäviä kuten energian varastointi ja lämmöntuotto (Suni 2005, Alen & Rauramaa 2011).

2.2 Ikääntymisen vaikutus tuki- ja liikuntaelimistöön

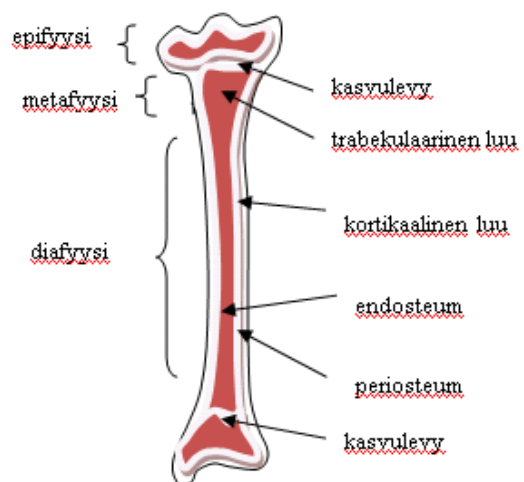
Liikunta- ja toimintakyky on oleellinen osa ihmisen hyvinvointia ja terveyttä (Suni & Vasankari 2011). Lihassoiman ja -kestävyyden sekä aistitoimintojen heikentyminen vaikuttaa negatiivisesti liikehallintaan ja sitä kautta toimintakykyyn; huono lihaskestävyys ja ikääntymisen myötä vähenevä lihasmassa heikentävät huomattavasti lihasvoimaa, jolloin liikkumiskyky kärsii (Suni 2005). Ikääntymisen myötä tasapaino heikkenee, jolloin kaatumisriski kasvaa; haurastuva luusto puolestaan altistaa murtumille ja niistä seuraaville terveyshaitoille (Moncada 2011, Rachner ym. 2011, Clemson ym. 2012).

2.2.1 Luusto

Luun normaaliin kasvuun ja kehitykseen kuuluu resorptio eli luun kiinteän aineen imeytyminen verenkiertoon. Kasvuikässä se mahdollistaa muun muassa luuydinontelon muodostumisen ja aikuisiällä se puolestaan mahdollistaa vahingoittuneen luun korjaamisen. Resorptio ei kuitenkaan saa ylittää tilalle muodostettavan uuden luun määrää, sillä tasapainon horjuminen vaarantaa luun vahvuutta (Seeman ym. 2006, Leppäluoto ym. 2008, 76). Luuston saavutettua maksimaalisen kokonsa, uudistumisnopeus hidastuu ja uutta luuta muodostuu kokonaisuudessaan vähemmän. Noin 18–30 vuoden iässä resorptio puolestaan lisääntyy (Seeman ym. 2006). Näin ollen ikääntyminen johtaa vääjäämättä negatiivisen tasapainoon, jonka tuloksena on luukato ja luuston haurastuminen (Nienstedt ym. 2006, 387–388, 597). Muutokset tapahtuvat kuitenkin normaalitilanteessa hyvin hitaasti (Seeman ym. 2006) ja niiden nopeuteen vaikuttavat monet eri tekijät kuten elimistön yleinen aineenvaihdunnallinen tila; jos elimistö on pitkään katabolisessa tilassa, muutokset luustossa tulevat aiemmin ja voimakkaammin esille (Nienstedt ym. 2006, 387–388, 413, 597).

Uuden luun mineralisaatioaste ei ole yhtä korkea kuin vanhemman luun, joten se ei myöskään ole yhtä lujaa. Nopeat muutokset luun muovautumisessa voivat johtaa kohonneeseen murtumariskiin, sillä mineralisaatioltaan heikompi uusi luu on joustavampaa eikä kestä yhtä kovaa kuormitusta kuin vanhempi luu. Samoin uuden luun muodostusta edeltävässä vaiheessa resorpoituneessa luussa on aukkoja, jotka heikentävät luun kuormituksen kestoa. Liian nopea uudislunun muodostus haittaa myös kollageenien kypsymistä (Seeman ym. 2006).

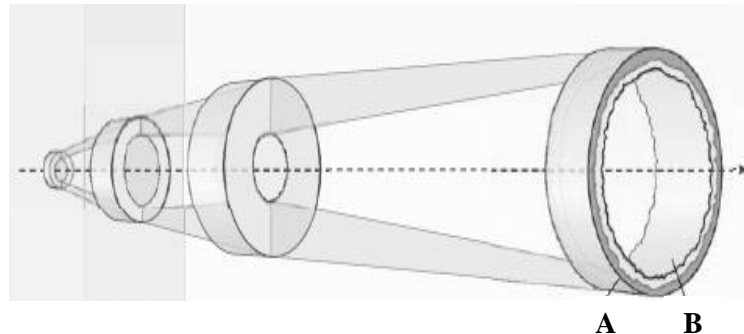
Luun vahingoittumisen on huomattu aktivoivan osteosyyttejä viestittämään osteoblasteille ja osteoklasteille vaikuttaen siten sekä luun resorptioon että uudismuodostukseen (Seeman ym. 2006, Bonewald 2007). Näin ollen voidaan olettaa, että osteosyyttien toiminta vaikuttaa suuresti luun vahvuuteen ja rakenteeseen. Oletusta tukee havainto, että ikääntyminen samoin kuin estrogeenin puute aiheuttaa osteosyyttien apoptoosia, jolloin on todettu luun



Kuva 2. Luun eri osat.

vahvuuden heikentymistä. Lisäksi estrogeenin puute nopeuttaa luun muokkaamista (Nienstedt ym. 2006, 595–596, Seeman ym. 2006). Naisilla estrogeenin tuotanto vähenee huomattavasti vaihdevuosisien aikana, mutta miesten sukupuolihormonitasot eivät laske nopeasti. Tämän vuoksi naiset menettävät luuta miehiä enemmän ikääntyessään (Greendale ym. 1999, WHO 2003, Sambrook & Cooper 2006).

Luiden geometriassa ja arkkitehtuurissa tapahtuu jatkuvaa muutosta, mikä vaikuttaa omalta osaltaan luuston vahvuuteen. Ikääntyessä luukato tapahtuu ensisijaisesti kortikaalisesta luusta (kuva 2), jolloin luun kuorikerros ohenee ja loittonee keskustasta. Tämä johtuu pääosin siitä, että endokortikaalinen resorptio on periosteaalista uudislunmuodostusta voimakkaampaa (Duan ym. 2001, Ahlborg ym. 2003). Periosteaalinen lunmuodostus voi kuitenkin korvata osittain korteksin ohenemisesta johtuvaa luun lujuuden heikkenemistä (kuva 3). Luun poikkileikkauksen kasvaessa siihen kohdistuva voima jakautuu suuremmalle pinta-alalle, jolloin luun taipuisuus sekä lujuus säilyvät, ja materiaalin siirtyminen loitommaksi keskiakselilta laskee murtumariskiä (Ahlborg ym. 2003, Kontulainen ym. 2003, Seeman 2003).



Kuva 3. Luun poikkipinta-alan kasvu ikääntymisen seurauksena: Periosteaalinen lunmuodostus (A) korvaa osittain endokortikaalisesta resorptiosta (B) johtuvaa luuntiheyden laskua (mukaeltu Seeman 2003).

Myös ravintotekijöiden uskotaan vaikuttavan luuston rakenteeseen; osteoporoosia sairastavilla vanhemmilla naisilla on todettu hyvin usein D-vitamiinin puutosta kun taas lapsilla ja nuoremmilla aikuisilla D-vitamiinitasot ovat korkeampia (Kanis ym. 2008, Clarke & Khosla 2010a). On myös ehdotettu, että luukato johtuisi luuston kuormituksen laskusta fyysisen aktiivisuuden vähentyessä ihmisen ikääntyessä. Kuormituksen väheneminen voi

edesauttaa luukatoa, mutta on todennäköisempää ettei se yksistään riitä syyksi (Clarke & Khosla 2010a).

2.2.2 Lihasvoima

Kasvuiän aikana lihasmassa ja -voima lisääntyvät ikääntymisen aiheuttaessa päinvastaista kehitystä; noin 30 ikävuoden jälkeen lihaksiston kasvu ja kehitys tasaantuu kunnes vähitellen, noin 60 ikävuoden paikkeilla, havaitaan negatiivisia muutoksia hermo-lihasjärjestelmässä (Vandervoort 2002). Ihmisen vanhetessa aistitoiminnot heikkenevät, lihasmassa vähenee ja lihaskudoksen rakenne muuttuu solutasolla heikentäen sekä lihasvoimaa että -kestävyyttä. Lisäksi muun muassa hormonaaliset muutokset, lihassäikeiden väheneminen ja rasvan kertyminen lihaksiin heikentävät lihasvoimaa (Nienstedt ym. 2006, 595–596, Reid & Fielding 2012).

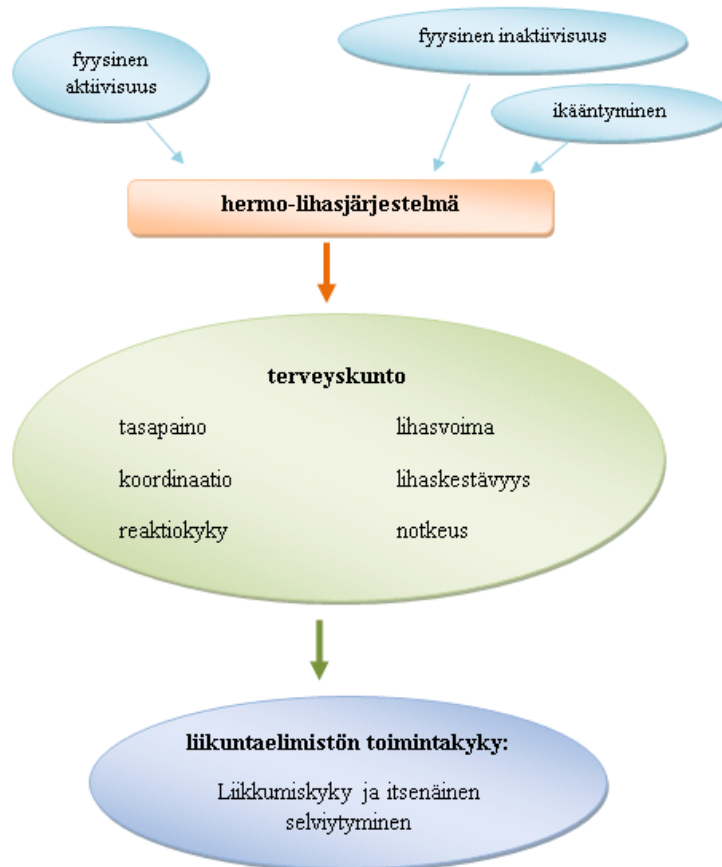
Ikääntymisen seurauksena ilmenevä lihaskato johtuu monista erilaisista fysiologisista tekijöistä. Hermoston toiminnassa tapahtuvat muutokset ovat omalta osaltaan vaikuttamassa lihasten toimintaan. Esimerkiksi muutokset aivojen valkeassa aineessa sekä hermoston reseptoreissa ja neurotransmittereissa vaikuttavat kognitiivisten toimintojen lisäksi motorisiin toimintoihin (Russ ym. 2012). Hermo-lihasjärjestelmä koostuu motorisista yksiköistä, jotka vastaavat tietyn lihassolujoukon hermottamisesta ja sitä kautta toiminnasta (Alen & Rauramaa 2011). Motorisissa yksiköissä on havaittu ikääntymisen aiheuttamia muutoksia niin morfologiassa kuin elektrofysiologiassa. Motoristen yksikköjen määrän on huomattu laskevan, jolloin yhden motorisen yksikön vastuulle on jäänyt suurempi joukko lihassoluja, mikä johtaa heikompaan hermotukseen ja pidempään reaktioaikaan (Vandervoort 2002, Russ ym. 2012). Lisäksi tutkijat ovat havainneet, että erityyppisten lihassäikeiden määrät muuttuvat suhteessa toisiinsa vanhenevassa lihaksessa; tyypin II lihassäikeet, jotka vastaavat erityisesti anaerobisesta energiantuotosta, vähenevät ja aerobiseen energiantuottoon erikoistuneet tyypin I lihassäikeet lisääntyvät (Vandervoort 2002, Leppäluoto ym. 2008, 105–106, Alen & Rauramaa 2011).

Useissa tutkimuksissa on saatu selville, että solujen autofagosytoosi vähenee ikääntyvässä lihaskudoksessa (Cuervo & Dice 2000, Bergamini ym. 2007, Eskelinen & Saftig 2009, Rajawat 2009). Autofagosytoosin tehtävänä on muun muassa poistaa terveiden solujen

vaurioituneita soluorganelleja. Negatiiviset muutokset kyseisessä toiminnossa saattavat häiritä lihaksen optimaalista toimintaa; vahingoittuneet soluorganellit ja proteiinit eivät kykene toimimaan tarvittavalla teholla ja niiden kertyminen lihassoluun voi johtaa ennenaikaiseen apoptoosiin, mikä puolestaan aiheuttaa lihasmassan vähenemistä ja lihaskatoa (Eskelinen & Saftig 2009). Samoin lihassolukalvon yhteydessä olevien proteiinien ja toisaalta itse kalvon rakenteelliset muutokset vaikuttavat lihaksen toimintaan. Muutokset aktiinin ja myosiinin sekä tropomyosiinin ja troponiinin määrissä voivat heikentää lihaksen toimintakykyä ja voimaa, sillä nämä proteiinit mahdollistavat lihassolujen supistumisen (Russ ym. 2012). Yllä esitettyjen havaintojen perusteella tutkijat ovat tulleet siihen tulokseen, että lihaksen laatu ja toimintaedellytykset heikkenevät ikääntymisen seurauksena (Vandervoort 2002, Russ ym. 2012).

2.3 Fyysisen aktiivisuuden vaikutus ikääntyneiden tuki- ja liikuntaelimistöön

Fyysinen aktiivisuus ja liikunta vaikuttavat elimistön aineenvaihduntaan ja sitä kautta kaikkiin elinjärjestelmiin, ensisijaisesti kuitenkin liikunnan aikana kuormitettaviin elinjärjestelmiin kuten tuki- ja liikuntaelimistöön (Alen & Rauramaa 2011, Vuori 2011a). Tuki- ja liikuntaelimistö mahdollistaa liikkeen yhdessä hermoston toiminnan kanssa; toisaalta fyysinen aktiivisuus mahdollistaa sekä hermoston että tuki- ja liikuntaelimistön toimintakyvyn (Vuori 2011a). Ikääntyminen ja fyysinen inaktiivisuus heikentävät hermo-lihasjärjestelmän toimintaa ja sitä kautta myös toimintakykyä (kuva 4) (Suni & Vasankari 2011). Tutkimukset ovat osoittaneet, että säännöllinen tasapaino- ja voimaharjoittelu parantaa hermo-lihastoimintaa sekä vähentää iäkkäiden ihmisten kaatumis- ja murtumariskiä vaikuttamalla luumassaan, lihaskuntoon sekä tasapainoon (Heinonen ym. 1996, Wallace & Cumming 2000).



Kuva 4. Tuki- ja liikuntaelimitykseen vaikuttavat tekijät (mukaeltu Suni & Vasankari 2011).

2.3.1 Luusto

Luiden vahvuus riippuu niihin kohdistuneesta kuormituksesta. Ne muotoutuvat niin sisä- kuin ulkopinnaltaan kestäväksi niihin kohdistuvia voimia kiihdyttämällä uudisluunmuodostusta ja vähentämällä resorptiota kuormitettavilla alueilla (Nikander ym. 2010). Liikunnan avulla voidaan vaikuttaa luun rakenteeseen ja massaan ja sitä kautta sen vahvuuteen. Saavutettu vaikutus riippuu pitkälti liikuntamuodosta, sen määrästä ja voimakkuudesta (Gunter ym. 2012). Luuston kannalta parhaimpia tuloksia on saavutettu nopeatahtisella raskaalla kuormituksella kuten hyppimisellä tai painonnostolla (Hind & Burrows 2007, Gunter ym. 2012). Lisäksi tutkimukset osoittavat, että jo lapsuuden fyysisesti aktiivisella elämäntavalla saattaa olla vaikutusta saavutettuun luumassaan (Baxter-Jones ym. 2008, Gunter ym. 2012). Nuorena vasteet ovat suurempia (Heinonen ym. 2000, Gunter ym. 2012), mutta kuormittavan liikunnan positiivisista vaikutuksista luustoon myös vanhemmalla iällä on paljon todisteita (Korpelainen ym. 2006, Baxter-Jones ym. 2008, Hagen ym. 2012).

Yksilön luumassan huippuarvo riippuu pitkälti geneettisistä tekijöistä, mutta myös ympäristötekijät, kuten liikunta, vaikuttavat siihen suuresti (Heinonen ym. 2000). Luumassan huippuarvo saavutetaan kasvuiän lopussa ja se määrää yhdessä luun rakenteen ja mineraalitiheyden kanssa aikuisen luuston kestävyden. Luumassan jakautuminen eri alueille on myös tärkeässä roolissa, ja luukudokseen kohdistuva kuormitus vaikuttaa vahvistavasti luun rakenteeseen; fyysisesti aktiivisempien lasten luusto on rakenteeltaan parempaa (Gunter ym. 2012). Kuormitus voi vähentää myös luun sisäpinnalla tapahtuvaa resorptiota, mikä on erityisen tärkeää tytöille, sillä heillä luunmuodostus tapahtuu enimmäkseen juuri sisäpinnalta käsin. Tähän vaikuttavat puberteetissa alkavat kuukautiset ja estrogeenimäärän lisääntyminen, jotka estävät luun ulkopinnalta tapahtuvaa kasvua (Seeman 2003).

Uusimpien tutkimusten mukaan lapsuuden aikaisesta luuston kuormittamisesta näyttäisi olevan hyötyä myös myöhemmällä iällä, ainakin tiettyyn pisteeseen saakka; lapsuuden aikainen luumassan kasvu säilyy nuoruuteen ja aikuisuuteen asti ja sen vaikutus luustoon näyttäisi olevan suurempi kuin aikuisiän fyysisen aktiivisuuden aikaansaamat muutokset (Heinonen ym. 2000, Gunter et al. 2008a ja 2008b, Janz ym. 2010, Scerpella ym. 2011). Lisäksi tutkimusten mukaan on hyvin mahdollista, että myös arkipäiväinen fyysinen aktiivisuus ja liikunta saavat aikaan positiivisia muutoksia lasten luustossa. Näin ollen luuston kannalta huippu-urheilu ei ole tarpeellista, vaan päivittäinen kuormitusta sisältävä liikunta riittää pitämään luuston kunnossa (Gunter ym. 2008b, Scerpella ym. 2011, Gunter ym. 2012). Liikunnan merkitystä luuston hyvinvoinnille on tarkasteltu myös tutkimalla liikuntakyvyttömiä vuodelevossa olevia potilaita. Tutkimuksissa on selvinnyt, että liikkumattomuus vaikuttaa voimakkaasti luuston rakenteeseen, sillä luun uudismuodostuksen kiihtyminen aiheuttaa negatiivisen tasapainon hajotettavan ja muodostettavan luun välille. Näin ollen oletetaan, että liikunnalla ja fyysisellä aktiivisuudella on positiivisia vaikutuksia luustoon läpi elämän (Pedersen & Saltin 2006).

Eliniän aikana tapahtuvat luuston geometriset muutokset vaikuttavat luun lujuuteen ja kestävyteen. Tutkimuksissa on havaittu, että fyysinen aktiivisuus vähentää endokortikaalista resorptiota ja lisää luuntiheyttä parantaen näin luun kestävyttä (Vainionpää 2007). Kyseisten muutosten on havaittu olevan voimakkaampia kasvuiässä (Nikander ym. 2010), mutta niiden aiheuttamat positiiviset vaikutukset saattavat säilyä ainakin osittain ikääntymisestä huolimatta (Baxter-Jones ym. 2008). Monissa tutkimuksissa on tultu siihen tulokseen, että jatkuva fyysinen kuormitus kasvattaa myös luun kokoa (Vainionpää ym. 2007, Baxter-Jones et al.

2008). Erityisesti tenniksen ja squashin pelaajilla on havaittu kuormituksen alaisen käden luissa periosteaalista luunmuodostusta (Kontulainen ym. 2003). Periosteaalisen luunmuodostuksen ja muiden positiivisten geometrinen muutosten ilmaantuminen vaatii kuitenkin tiettyä kuormitustasoa (Vainionpää ym. 2007). Useiden tutkimusten pohjalta on vedetty johtopäätös, että aerobinen harjoittelu voi parantaa luun mineraalitiheyttä ja yhdistettynä voimaharjoitteluun se laskee kaatumisriskiä varsinkin ikääntyneillä (Wallace & Cumming 2000, Bonaiuti ym. 2002, Howe ym. 2011, Karinkanta 2011). Lisäksi tutkimustulokset ovat osoittaneet, että jopa 60 päivittäistä hyppyä riittäisi pitämään yllä naisten luuntiheyttä ja ehkäisemään luukatoa (Vainionpää ym. 2007). Luuston kannalta optimaalisten tulosten saavuttamiseksi vaadittavan harjoittelun tehosta ja määrästä aikuisiällä käydään kuitenkin yhä keskustelua (Wallace & Cumming 2000, Bonaiuti ym. 2002, Howe ym. 2011, Karinkanta 2011).

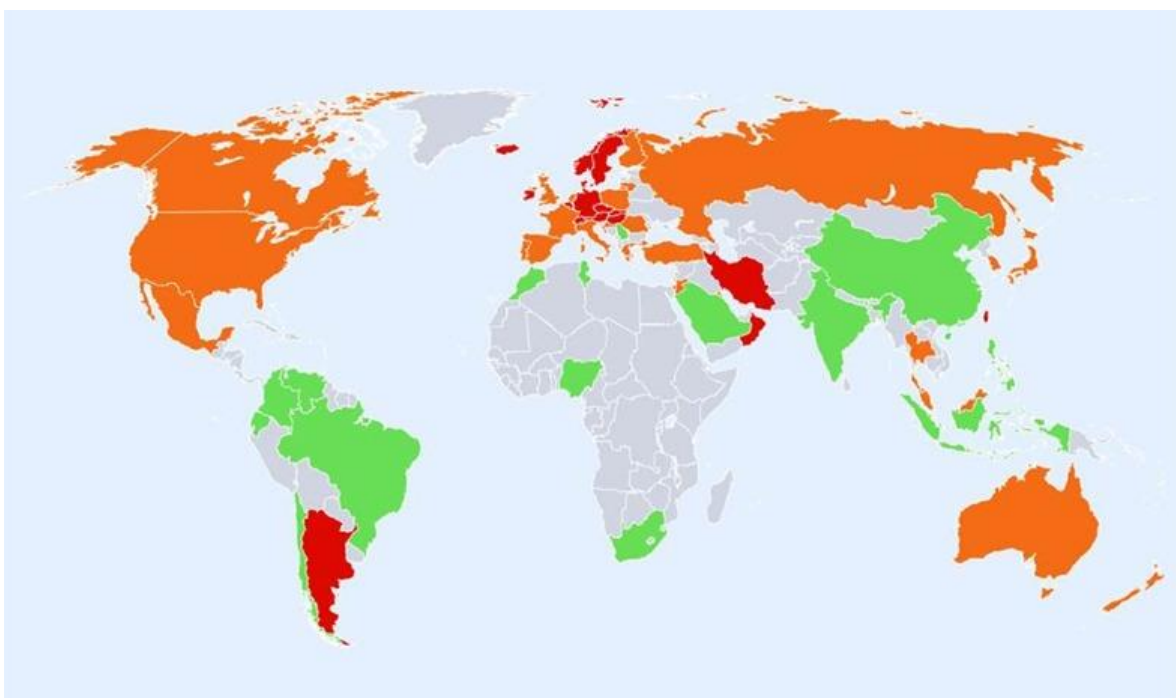
2.3.2 Lihasvoima ja tasapaino

Tasapainonsäätelystä vastaavat aistit, sisäkorvan tasapainoelin ja lihaskunto (Suni & Vasankari 2011). Hermo-lihasjärjestelmän toimintakykyyn voidaan vaikuttaa fyysisellä aktiivisuudella ja sitä kautta hidastaa muun muassa ikääntymisestä aiheutuvia muutoksia (Alen & Rauramaa 2011, Suni & Vasankari 2011), sillä liikunta kehittää motoriikkaa parantaen muun muassa tasapainoa, reaktionopeutta ja liikkeiden hallintaa (Vuori 2011b). Lisäksi tutkimustulokset ovat jo pitkään osoittaneet, että lihasvoiman ja -kestävyyden ylläpitämiseksi ja parantamiseksi tarvitaan liikuntaa, erityisesti vauhdikkaita ja kuormittavia lajeja (Heinonen ym. 1996). Näin ollen jokapäiväisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi ja optimaalisen suorituskyvyn saavuttamiseksi olisi huolehdittava sekä notkeudesta että lihaskestävyydestä ja -voimasta (Suni 2005). Liike- ja liikkumistaidot ovat myös liikunnan tulosta: erilaisten liikkeiden sekä liikesarjojen toisto aiheuttaa muistikuvien ja liikemuistin muodostumisen hermostossa hermosolujen ja synapsien välisten yhteyksien lisääntyessä ja tehostuessa (Vuori 2011b).

3 MURTUMAT IKÄÄNTYVILLÄ

3.1 Ilmaantuvuus

Osteoporoosi on maailmanlaajuinen sairaus, jota sairastaa yli 75 miljoonaa ihmistä jo pelkästään Euroopassa, Japanissa ja Yhdysvalloissa (WHO 2003). Tilastojen mukaan, vuoteen 2050 mennessä maailmassa on noin 2 miljardia yli 60-vuotiasta eli kolminkertainen määrä verrattuna vuoteen 2000 (WHO 2013). Yksi suurimmista syistä osteoporoosin esiintyvyyden jatkuvaan nousuun on juuri vanheneva väestö (Sambrook & Cooper 2006, Rachner ym. 2011). Osteoporoosin ja osteoporoottisten murtumien esiintyvyys vaihtelee maittain ja alueittain: Pohjois-Amerikassa ja Pohjois-Euroopassa esiintyvyys on suurinta kun taas Afrikassa ja Aasiassa esiintyvyys on vähäisintä (kuva 5). Osteoporoosin esiintyvyys on lähtenyt kuitenkin nousuun myös Afrikassa ja Aasiassa; länsimaalaisten elintapojen yleistymisen kyseisillä alueilla on todennäköisesti yksi syy muutokseen (WHO 2003, Cooper ym. 2011).



Kuva 5. Lonkkamurtumien vuosittainen esiintyminen eripuolilla maailmaa (punainen: korkea >250/100 000, oranssi: kohtalainen 150–250/100 000, vihreä: matala <150/100 000) (Kanis ym. 2012).

Euroopan maiden välisistä tilastoista ilmenee, että jo Euroopan eri alueiden välillä on huomattavasti eroja; ympäristötekijöillä voidaan siten olettaa olevan merkitystä osteoporoosin ja siihen liittyvien murtumien ilmaantumisessa (WHO 2003). Korkein lonkkamurtumariski on todettu Skandinavian alueella. Syinä korkeaan murtumariskiin voidaan pitää muun muassa pitkää talvea ja sitä kautta vähäistä auringon valoa ja D-vitamiinin tuottoa sekä liukastumisvaaraa (Cheng ym. 2011, Cooper ym. 2011). Korhonen ym. (2013) tutkivat lonkkamurtumien esiintyvyyttä yli 50-vuotiailla suomalaisilla vuosina 1970–2010. Vuonna 1970 lonkkamurtumia todettiin 1857 kun taas vuonna 1997 murtumien määrä oli noussut 7122:teen. Vuonna 2010 lonkkamurtumia todettiin puolestaan 7594.

Vuonna 1997 naisten lonkkamurtumien esiintyvyyksiheudeksi arvioitiin 515,7 jokaista 100 000 asukasta kohden kun taas vuonna 2010 suhde oli 382,6/100 000. Murtumien esiintyvyyksiheyden arviot miehillä olivat vuonna 1997 245,3/100 000 ja vuonna 2010 210,7/100 000. Arvioiden perusteella voidaan todeta, että lonkkamurtumariski on lähtenyt Suomessa laskuun sitten 1990-luvun. Syynä tähän pidetään ikääntyvien ihmisten parempaa fyysistä kuntoa ja monipuolisempaa ravintoa sekä ennaltaehkäisykeinojen ja hoitomuotojen kohentumista (Kannus ym. 2006, Korhonen ym. 2013). Toisaalta on väitetty, että murtumien rekisteröintitavat ja puutteet leikkausten kirjaamisessa ovat voineet johtaa harhaan: murtumat ovat voineet rekisteröityä kahteen kertaan tai virheellisesti väärinä näin myös murtumatilastoja (Sund 2006). Suomen väestön vanhetessa riskiryhmä kuitenkin kasvaa jatkuvasti. Näin ollen osteoporoosin ja murtumien ennaltaehkäisykeinoja on edelleen kehitettävä, jotta murtumien esiintyvyys saadaan pidettyä laskusuunnassa (Kannus ym. 2006, Korhonen ym. 2013).

3.2 Riskitekijät

3.2.1 Osteoporoosi

Osteoporoosi on luuston sairaus, jonka tuntomerkkinä on niin mikrorakenteeltaan kuin massaltaan haurastuva luusto (Sambrook & Cooper 2006). Luuston haurastuminen liittyy vanhenevassa elimistössä tapahtuviin biologisiin ja biokemiallisiin muutoksiin (Sambrook & Cooper 2006, Rachner ym. 2011). Ikääntymisen myötä luun resorptio lisääntyy sekä luun ulko- että sisäpinnalla johtaen muutoksiin luun rakenteessa ja kestävyudessa. Luun

hajoamisnopeuden ylitettyä luun uudismuodostuksen seuraa luukato; liiallinen haurastuminen voi lopulta johtaa osteoporoosiin. Joidenkin tutkijoiden mukaan luukato alkaa heti kasvuiän päätyttyä. Aluksi luukato on kuitenkin hidasta ja johtuu luun uudismuodostuksen vähittäisestä laskusta eikä lisääntyneestä resorptiosta (Seeman 2002). Luuston haurastumiseen vaikuttavat myös jo kasvuiässä tapahtuneet muutokset esimerkiksi hormonipitoisuuksissa sekä saavutettu luumassan huippuarvo (Seeman 2002, Sambrook & Cooper 2006).

Mittaamalla luun mineraalitiheyttä ja -pitoisuutta voidaan saada tietoa luun kestävydestä ja tunnistaa henkilöt, joiden riski saada murtuma on suurentunut (Seeman 2002). Osteoporoosin diagnosointikriteerinä on yli 2,5 keskihajontaa keskiarvoista luun mineraalitiheyttä huonompi arvo (WHO 1994, Seeman 2002, Hagen ym. 2012). Valitettavasti diagnoosi viivästyy usein, sillä se todetaan yleensä vasta murtuman ilmaannuttua (Rachner ym. 2011). Luun mineraalitiheys ei kuitenkaan ole ainoa luun kestävyden ja murtumariskin arvioinnissa käytetty tekijä (Sambrook & Cooper 2006); sen käyttöä murtumariskin ennakoinnissa on viimeaikoina arvosteltu, sillä käytössä olevilla mittausmenetelmillä saatavat tulokset saattavat olla virheellisiä johtuen luun tasomaisesta kuvaamisesta. Näin ollen riskiryhmiä kartoittaessa ja ikääntyneiden murtumia ennaltaehkäistäessä olisi huomioitava suuri joukko muita riskitekijöitä (Järvinen ym. 2008). Luun kestävydestä voidaan saada tietoa esimerkiksi tarkastelemalla luun arkkitehtuuria eli muotoa, mikrorakennetta ja kertyneitä mikrotason vaurioita sekä luukudoksen vaihtuvuutta (Sambrook & Cooper 2006).

3.2.2 Kaatumiset

Suuri osa murtumista syntyy kaatumisen seurauksena (WHO 2003, Järvinen ym. 2008). Tilastojen mukaan noin 60 % kaatumisista johtuu useista eri tekijöistä, joista osan esiintymiseen voitaisiin vaikuttaa (Thrane ym. 2007). Ulkoiset ympäristötekijät vaikuttavat kaatumisiin, mutta myös lihasheikkous, huonontunut tasapaino ja kävelykyky sekä näköaistin heikentyminen edesauttavat kaatumista. Lisäksi monilla sairauksilla kuten osteoporoosilla, sydänsairauksilla ja neurologisilla häiriöillä sekä lääkityksellä voi olla vaikutusta kaatumisherkkyyteen (WHO 2003).

Vanhusten kaatumistapaturmat ovat seurauksiltaan vakavia niin yksilön kuin yhteiskunnan kannalta. Jopa 30 % yli 65-vuotiaista kaatuu vuosittain osuuden kasvaessa ihmisen vanhetessa

(Thrane ym. 2007). Naisilla, yli 80-vuotiailla, valkoihoisilla ja jo kaatuneilla tai murtuman saaneilla on myös kohonnut kaatumisriski (Moncada 2011). Murtuman ilmaantumiseen kaatumisen yhteydessä vaikuttaa moni asia kuten kaatumisasento ja -korkeus sekä alustan iskunvaimennuskyky samoin kuin luuston rakenne ja kestävyys (Heinonen ym. 1996). Hauras tai liian taipuisa luu ei kestä kuormitusta, jolloin siihen muodostuu mikrotason vaurioita, jotka johtavat lopulta murtumaan. Luuhun kohdistuvan voiman ollessa tarpeeksi suuri, esimerkiksi kaatumisen aikana, murtuma voi kuitenkin muodostua saman tien terveeseenkin luuhun (Seeman ym. 2006).

Murtumien patogeneesi voi vaihdella suuresti. Toisilla murtuman syynä saattaa olla osteosyyttien määrän lasku kun taas toisilla luun mineraalitiheys on pienentynyt. Lisäksi luun uudismuodostusnopeus vaihtelee hitaasta nopeaan murtuman saaneiden välillä samoin kuin luun rakenteellinen tasapaino (Seeman ym. 2006). Myös murtumien ilmaantumispaikka vaihtelee suuresti: tyypillisimpiä ovat lonkka-, selkäranka- ja rannemurtumat (Rachner ym. 2011) (taulukko 1). Pahimpana ja hankalimpana murtumana pidetään lonkkamurtumaa, sillä se johtaa aina pitkäaikaiseen sairaalahoitoon ja liikuntakyvyttömyyteen sekä suurentuneeseen kuolleisuusriskiin. Lonkkamurtuma ilmaantuu yleensä kaatumisen seurauksena, ja jopa 90 % kyseisistä murtumista esiintyy yli 50-vuotiailla (Sambrook & Cooper 2006). Kuolleisuusriski kasvaa myös selkärangan murtumien yhteydessä (Rachner ym. 2011), joista kuitenkin vain noin neljäsosa syntyy kaatumisen seurauksena (Sambrook & Cooper 2006).

Taulukko 1. Arvio yli 50-vuotiaiden osteoporoottisista murtumista vuonna 2000 (WHO 2004).

WHO region	Expected number of fractures by site (thousands)				All osteoporotic fractures	
	Hip	Spine	Proximal humerus	Forearm	No.	%
Africa	8	12	6	16	75	0.8
Americas	311	214	111	248	1 406	15.7
South-East Asia	221	253	121	306	1 562	17.4
Europe	620	490	250	574	3 119	34.8
Eastern Mediterranean	35	43	21	52	261	2.9
Western Pacific ^a	432	405	197	464	2 536	28.6
Total	1 672	1 416	706	1 660	8 959	100

3.2.3 Tasapaino ja lihasvoima

Tutkijat ovat jo pitkään olleet sitä mieltä, että huono tasapaino kasvattaa kaatumisriskiä (Tinetti & Speechley 1989, Nguyen ym. 1993, Cummings & Nevitt 1994, Liu-ambrose ym. 2003, Wagner ym. 2009). Kaatumisriskin kasvaessa voidaan olettaa, että myös murtumariski kasvaa (Nguyen ym. 2005), mutta sitä ei ole kyetty pitävästi todistamaan. Siitä onko huono tasapaino itsestään murtumariskiä kasvattava tekijä, on saatu eriäviä tuloksia (Cummings ym. 1995, Liu-Ambrose ym. 2003, Kärkkäinen ym. 2008, Wagner ym. 2009, Nakamura ym. 2011). Uusimpien tutkimusten mukaan se on kuitenkin hyvin todennäköistä (Wagner ym. 2009, Nakamura ym. 2011).

Abreu ym. (2010) tutkivat voisiko huonon tasapainon taustalla olla luukadon aiheuttama vartalon epätasapaino. Tutkittavien tasapainon testaamista varten heidät jaettiin kolmeen ryhmään luun mineraalitiheyden perusteella (normaali, osteopenia ja osteoporoosi). Tutkimuksessa havaittiin, että osteoporoosia sairastavien huojuunta oli sekä anteroposteriorisessa että mediolateraalissa suunnassa voimakkainta verrattaessa muihin ryhmiin. Tutkijat päättelivät, että luukadolla ja huonolla tasapainolla on positiivinen yhteys. Myös Burke ym. (2010) tulivat tutkimuksessaan samaan tulokseen: osteoporoosia sairastavat naiset huojuivat kontrolleja voimakkaammin. Tutkijat pohtivat, että luukato yhdessä heikentyneen lihaskunnan kanssa voi olla syynä vartalon epätasapainoon johtaen asennon ylläpidon sekä tasapainon heikentymiseen ja sitä kautta kasvaneeseen kaatumisriskiin (Abreu ym. 2010, Burke ym. 2010). Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että myös hyperkyfoosi, eli selkärangan voimakas kaareutuminen eteenpäin, saattaa lisätä kaatumisriskiä (Lynn ym. 1997, Kado ym. 2007), sillä hyperkyfoosi johtaa muun muassa kehon painopisteen siirtymiseen ja sitä kautta tasapainon heikentymiseen (Lynn ym. 1997).

Tutkittaessa osteoporoosin vaikutusta tasapainoon on kuitenkin päädytty myös eriäviin tuloksiin. Esimerkiksi Brech ym. (2013) tutkivat osteoporoosin vaikutusta postmenopausaalisten naisten tasapainoon tullen siihen tulokseen, että osteoporoosi ei vaikuttanut naisten tasapainoon, toimintakykyyn tai lihasvoimaan. Lihasvoimalla on suuri merkitys niin kaatumisten ehkäisyssä kuin kaatumisesta selviytymisessä (Skelton & Beyer 2003, Korpelainen ym. 2010). Esimerkiksi heikkojen reisilihasten tiedetään olevan kaatumisten ja mahdollisesti myös murtumien riskitekijä (Nguyen ym. 1993, Hurley ym. 1998, Nguyen 2005). Liikkeen muodostus ja asennon korjaus edellyttävät lihasvoimaa mutta

myös lihasten proprioseptoreiden toimintaa (Hurley ym. 1998). Näin ollen vanhusten lihaskunnan ylläpitoon olisi kiinnitettävä huomiota, sillä lihaskato kuuluu normaaliin vanhenemiseen, ja lihasvoima sekä -kestävyys heikkenevät ikääntymisen seurauksena (Reid & Fielding 2012, Russ ym. 2012).

3.2.4 Fyysinen inaktiivisuus

Fyysinen inaktiivisuus edesauttaa luukatoa ja lihasvoiman heikkenemistä, jolloin myös murtumariski kasvaa (WHO 2003). Liikunnan merkitystä luuston hyvinvoinnille on tarkasteltu tutkimalla liikuntakyvyttömiä vuodelevossa olevia potilaita. Tutkimuksissa on selvinnyt, että liikkumattomuus vaikuttaa voimakkaasti luuston rakenteeseen, sillä luun uudismuodostuksen kiihtyminen aiheuttaa negatiivisen tasapainon hajotettavan ja muodostettavan luun välille. Näin ollen oletetaan, että liikunnalla ja fyysisellä aktiivisuudella on positiivisia vaikutuksia luustoon läpi elämän (Pedersden & Saltin 2006) laskien mahdollisesti myös murtumariskiä (Korpelainen 2005, Michaëlsson ym. 2007).

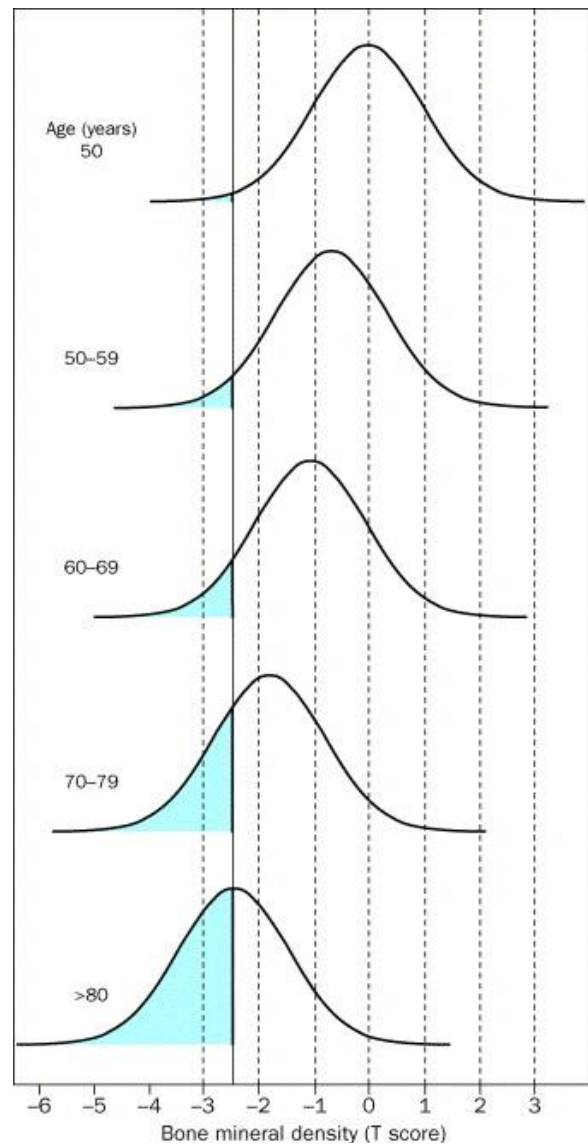
3.2.5 Naissukupuoli

Postmenopausaalisten naisten riski sairastua osteoporoosiin on hyvin suuri (Greendale ym. 1999, Report of a WHO Scientific Group 2003, Sambrook & Cooper 2006). Eräiden arvioiden mukaan 50 % valkoihoisen väestön yli 50-vuotiaista naisista saa luun haurastumisesta johtuvan murtuman jäljellä olevan elinikensä aikana kun taas saman ikäisistä miehistä vain 20 % saa murtuman (Sambrook & Cooper 2006). Naisten luun mineraalitiheys laskee hiljalleen kolmannen vuosikymmenen jälkeen laskun nopeutuessa vaihdevuosien aikana, 40 ja 50 vuoden paikkeilla (kuva 6). Vanhempana luukato hidastuu jatkuen kuitenkin läpi loppuelämän (Clarke & Khosla 2010a).

Luukato kuuluu naisilla normaaliin vanhenemiseen. Luukato on seurausta muun muassa vaihdevuosien aikaisista hormonaalisista muutoksista, joista keskeisin on estrogeenimäärän huomattava lasku sitä muodostavien munasarjojen toiminnan lakatessa (Greendale ym. 1999, Nienstedt ym. 2006, 595–596, Clarke & Khosla 2010a). Estrogeeni vaikuttaa positiivisesti useisiin osteoklastien toimintaa hillitseviin mekanismeihin. Näin ollen estrogeenitason lasku johtaa kasvavaan luun resorptioon muun muassa aktivoimalla osteoklasteja ja estämällä

niiden apoptoosia (Khosla ym. 1997, Clarke & Khosla 2010a). Lisäksi pitkäaikainen estrogeeninpuute johtaa negatiiviseen kalsiumtasapainoon, sillä se heikentää kalsiumin imeytymistä niin suolesta kuin munuaisista (Gallagher ym. 1980, Nordin ym. 1991, Khosla ym. 1997, Clarke & Khosla 2010a).

Luukatoa edesauttaa myös luun uudismuodostuksen väheneminen: vaihdevuosien jälkeen luukudoksen resorptio kasvaa noin 90 % kun luun uudismuodostus kasvaa vain 45 %, jolloin luun hajoamisen ja muodostumisen välille muodostuu epätasapaino. Luun mesenkymaaliset kantasolut muodostavat niin osteoblasteja kuin adiposyyttejä eli rasvasoluja. Ikääntymisen seurauksena adiposyyttien muodostaminen kasvaa ja osteoblastien muodostaminen vähenee, mistä seuraa hidastunut uudislun muodostus (Clarke & Khosla 2010a).



Kuva 6. Naisten luun mineraalitiheyden jakauma ja osteoporoosin (sininen alue) esiintyvyys ikäryhmittäin (Kanis 2002).

Useissa tutkimuksissa on havaittu, että parathormoni vaikuttaa luuston muovautumiseen ja luumassan kertymiseen stimuloimalla luun uudismuodostusta sekä hajotusta muun muassa säätelemällä kalsiumin takaisinimeytymistä munuaisista (Neer ym. 2001, WHO 2003, Clarke & Khosla 2010a). Ikääntymisen seurauksena naisten parathormonin pitoisuus seerumissa kasvaa ja sillä on havaittu yhteys lisääntyneeseen luun uudismuodostukseen (Khosla ym. 1997). Vaihdevuosien alussa, jolloin luukato on suurimmillaan, parathormonin erityis on kuitenkin vähäistä lisääntyen myöhemmin uudelleen (Clarke & Khosla 2010a). Parathormonin toiminnan heikentyminen ja kalsiumin takaisinimeytymisen vähentyminen voi johtaa luun mineraalitasapainon järkkymiseen ja sitä kautta luukatoon (WHO 2003). Toisaalta jatkuvasti koholla olevan parathormonitason uskotaan johtavan myös luukatoon, sillä silloin

luun resorptio on vallallaan eivätkä osteoblastit ehdi muodostamaan tarpeeksi uutta luuta menetetyn tilalle (Anderson 1996).

3.2.6 Muut tekijät

Alhainen painoindeksi vaikuttaa negatiivisesti luun huippumassan kehitykseen (WHO 2003), mikä puolestaan on yhteydessä alhaiseen luun mineraalitiheyteen (Ahlborg ym. 2001). 25–35 vuoden iässä todettu alhainen huippuluumassa lisää riskiä sairastua myöhemmällä iällä osteoporoosiin ja saada murtumia. Lisäksi osteoporoosi ja murtumat ilmaantuvat nuoremmalla iällä kuin henkilöillä, joiden luun mineraalitiheys on korkeampi toisen ja kolmannen vuosikymmenen iässä (Clarke & Khosla 2010a). Myös tupakointi, vähäinen kalsiumin ja D-vitamiinin saanti sekä runsas alkoholin kulutus suurentavat osteoporoosi- ja murtumariskiä (WHO 2003). Lisäksi monien sairauksien ja lääkehoitojen kuten reumasairauksien sekä niiden hoidossa käytettävien glukokortikoidihoitojen tiedetään vaikuttavan heikentävästi luun laatuun ja altistavan sitä kautta osteoporoosille sekä murtumille (Clarke & Khosla 2010b, Mikkola 2010).

3.3 Osteoporoosin ja murtumien ennaltaehkäisy

Kansanterveyden kannalta osteoporoosi on riskitekijä, koska osteoporoosia sairastavan riski saada murtuma on jopa 40 %. Murtumat johtavat vanhemmilla ihmisillä usein liikuntakyvyttömyyteen ja laitoshoitoon, mikä puolestaan tulee kalliiksi terveydenhuollolle (Rachner ym. 2011, Clemson ym. 2012). Näin ollen kaatumisten estämiseksi olisi panostettava erityisesti ennaltaehkäisevään työhön kehittämällä strategioita sekä käytännöllisiä ohjelmia (Cummings & Melton 2002, Clemson ym. 2012, Hagen ym. 2012), joissa lihasvoimalla, tasapainolla ja liikunnalla on keskeinen merkitys (Järvinen ym. 2008). Vaikka elinajanodotteiden nousu ja sitä kautta ikääntyvän väestön määrän kasvu koskettaakin erityisesti Eurooppaa ja Pohjois-Amerikkaa, on vanheneva väestö määrällisesti suurin kehitysmaissa, joiden väkiluku on suurempi (WHO 2003, WHO 2013). Köyhien maiden kyky hoitaa osteoporoosia on eri tasolla kuin rikkaiden maiden, mikä olisi hyvä ottaa huomioon suunniteltaessa ja kehiteltäessä erilaisia ennaltaehkäiseviä strategioita sekä hoitomuotoja osteoporoosia ja murtumia vastaan (Cummings & Melton 2002).

3.3.1 Fyysinen aktiivisuus

Fyysisellä aktiivisuudella on selkeä yhteys luuston hyvinvointiin: Tutkimukset ovat osoittaneet, että vähäinen liikunta kasvattaa osteoporoosin riskiä, sillä liikkumattomuus aiheuttaa hajotettavan ja muodostettavan luun välille negatiivisen tasapainon (WHO 2003, Pedersen & Saltin 2006). Fyysisen kuormituksen seurauksena luun mineraalitiheys ja massa puolestaan kasvavat tehden luista vahvempia (Wallace & Cummings 2000, Pedersen & Saltin 2006). Tulos on havaittavissa erityisesti postmenopausaalisilla naisilla (Bonaiuti ym. 2002, Korpelainen ym. 2010, Howe ym. 2011). Liikunnan positiivinen vaikutus osteoporoosin ja murtumien ennaltaehkäisyssä ei johdu ainoastaan luuston rakenteen voimistumisesta vaan myös paranevan tasapainon, koordinaation, lihasvoiman ja reaktioajan vaikutuksesta kaatumisriskiin (Kannus 1999, Rutherford 1999, WHO 2003).

Nuoruudessa tapahtuva liikunta ja fyysinen kuormitus ovat erityisen tärkeitä ennaltaehkäistäessä osteoporoosin ilmaantumista, sillä kasvuikäisillä luuston massa lisääntyy vielä voimakkaasti kunnes saavuttaa huippuarvonsa toisen vuosikymmenen loppupuolella (Pedersen & Saltin 2006, Baxter-Jones ym. 2008, Gunter ym. 2012). Vaikka saavutetut tulokset ovat parempia alle murrosikäisillä, myös aikuisilla on havaittu jonkin verran positiivisia muutoksia niin luun mineraalipitoisuudessa kuin mineraalitiheydessä (Korpelainen ym. 2006, Nikander ym. 2010, Kelley ym. 2013). Tutkimalla eläkkeelle jääneitä ammattiurheilijoita, on saatu selville, että raskaan ja pitkäkestoisen fyysisen aktiivisuuden vaikutukset luun mineraalitiheyteen saattavat kestää vielä pitkään säännöllisen raskaan urheilun päätyttyä (WHO 2003, Nikander ym. 2010). On hyvä muistaa, että pienetkin muutokset ovat tärkeitä luuston vahvuuden ja sitä kautta yksilön terveyden kannalta (Nikander ym. 2010).

Lihassolujen määrän ja laadun heikkeneminen ikääntymisen seurauksena, varsinkin vaihdevuodet ohittaneilla naisilla, vaikuttaa omalta osaltaan liikunta- ja toimintakykyyn (Rutherford 1999, Reid & Fielding 2012). Ikääntyvien tasapainon ja lihasvoiman parantaminen on siten tärkeässä roolissa ennaltaehkäistäessä kaatumisia (Rutherford 1999, Skelton & Beyer 2003, Korpelainen ym. 2010), sillä noin 15 % kaatumisista johtaa vakaviin vammoihin kuten murtumiin (Cummings & Nevitt 1994). Tutkijat toteavat, että huono tasapaino ilmenee muun muassa lisääntyneenä huojuntana. Huojunta on puolestaan yhteydessä heikentyneeseen tuntoaistiin ja nivelten asennon tiedostamiseen sekä

reaktioaikaan (Nguyen et al. 2005), mitkä voivat edistää kaatumista. Näin ollen, vallitsevan käsityksen mukaan, tasapainon parantaminen ja sitä kautta huojunnan vähentäminen ovat varteenotettavia keinoja murtumien ennaltaehkäisyssä (Korpelainen ym. 2006, Gillespie ym. 2009, Korpelainen ym. 2010, Nakamura ym. 2011).

Liikuntamuodolla ja sen määrällä on luuston kannalta merkitystä. Tietyt urheilulajit hidastavat luukatoa muita lajeja selkeämmin, ja raskaan fyysisen kuormituksen vaikutus luun tiheyteen on suurempi (Wallace & Cummings 2000, WHO 2003, Gunter ym. 2012). Urheilijoita tutkimalla on saatu selville, että paljon hyppyjä sisältävä liikunta on erityisen tehokasta luuston hyvinvoinnin kannalta (Wallace & Cummings 2000, Gunter ym. 2012). Samoin juoksun ja painonnoston on havaittu vaikuttavan positiivisesti luumassaan vähentäen myös kaatumisriskiä (Wallace & Cummings 2000, Pedersen & Saltin 2006, Bonaiuti ym. 2002). Luuston hyvinvoinnin edistämiseksi on ehdotettu esimerkiksi tanssia, aerobicia ja muita hyppyjä sisältäviä liikuntamuotoja kolmesta viiteen kertaan viikossa 10–45 minuutin jaksoissa (Nikander ym. 2010). Ikääntyville henkilöille suositellaan vastusharjoittelua yhdistettynä ketteryyttä ja tasapainoa vaativiin harjoitteisiin sekä luukadon ehkäisemiseksi että luun mineraalitiheyden parantamiseksi. Parhaasta mahdollisesta liikuntamuodosta sekä sen intensiteetistä ja kestosta ei kuitenkaan ole vielä päästy yhteisymmärrykseen, joten laadukkaasti suoritettavat jatkotutkimukset ovat aiheellisia (Wallace & Cumming 2000, Bonaiuti ym. 2002, Vainionpää 2007, Nikander ym. 2010, Howe ym. 2011).

3.3.2 Lääkkeet ja ravinto

Osteoporoosia hoidetaan lääkkeillä, joita kehitetään jatkuvasti lisää. Lääkehoidoilla voidaan vaikuttaa luun hajoamiseen ja uudismuodostukseen sekä sitä kautta luuston rakenteeseen. Markkinoilla jo olevat lääkkeet ovat tehokkaita, mutta negatiiviset sivuvaikutukset ja huono pitkäaikaisten kuurien noudattaminen rajoittaa niiden käyttöä (Rachner ym. 2011). Bisfosfanaattien on havaittu jopa lisäävän murtumariskiä (Meier ym. 2012). Syynä saattaa olla luun uudismuodostuksen häiriintyminen, jonka seurauksena mikromurtumat eivät parane johtaen epätyypillisiin murtumiin (Uutispalvelu Duodecim 2012). Lääkkeiden tehosta murtumien ennaltaehkäisyssä ei myöskään ole vakuuttavaa näyttöä (Järvinen ym. 2008). Näin ollen tutkimuksia ja lääkekehittelyä olisi jatkettava tehokkaiden ja turvallisten lääkkeiden takaamiseksi. Samoin ruokavaliolla on merkitystä luuston hyvinvoinnille:

kalsiumin ja D-vitamiinin runsas saanti vaikuttaa negatiivisesti luun resorptioon kun taas alhainen D-vitamiinipitoisuus on yhteydessä muun muassa huonontuneeseen luun mineraalitiheyteen ja suurentuneeseen kaatumisriskiin (Sambrook & Cooper 2006).

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA HYPOTEESI

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli tuottaa uutta tietoa ikääntyneiden naisten kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien mitattavista ja modifioivista riskitekijöistä, jotta voitaisiin tehokkaammin ehkäistä murtumia tulevaisuudessa.

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää:

Kuinka murtuman saaneiden naisten tasapaino mitattuna huojunnanmittauslaitteella eroaa niiden naisten tasapainosta, joilla ei ole ollut murtumaa?

Tutkimuksen hypoteesi oli, että murtuman saaneilla naisilla tasapaino on heikompi, mikä näkyy myös huojunnanmittauksessa suurempana huojuntana verrattuna niihin naisiin, joilla ei ole ollut murtumaa.

5 AINEISTO JA MENETELMÄT

5.1 Aineisto

Tässä tutkimuksessa hyödynnetään takautuvasti ja pitkittäisesti kerättyä väestöpohjaista kohorttiaineistoa. Alkuperäinen aineisto sisälsi 1690 Oulussa asuvaa vuosina 1924–1927 syntynyttä 70–73 -vuotiasta naista, joiden yhteystiedot kerättiin väestörekisteristä. Kohorttiaineistosta 1222 naista (72 %) (taulukko 2) suostui osallistumaan vuosina 1998–2004 tutkimukseen, jossa selvitettiin vanhempien naisten osteoporoosin ja murtumien riskitekijöitä sekä pitkäaikaisen harjoittelun vaikutusta niihin. Poissulkemis- ja poisvetämiskriteereinä oli apuvälineen (muun kuin kävelysauvan) käyttö kävellessä, epävakaata krooninen sairaus, molemminpuoliset tekoniivelet lonkissa, luuntiheyteen vaikuttava lääkitys, kognitiivinen häiriö ja/tai toiseen tutkimukseen osallistuminen. Kyselylomakkeet lähetettiin postitse, ja osallistujia pyydettiin tuomaan ne täytettyinä tutkimuskeskukseen tullessaan klinisiin tutkimuksiin.

5.2 Tutkimusmenetelmät

5.2.1 Kyselyt

Kaikille oululaisille vuosina 1924–1927 syntyneille naisille (n=1690) lähetettiin kysely postissa, ja pyydettiin tuomaan täytetty lomake mukanaan tutkimuskeskukseen mittauksiin tullessaan. Kyselyssä kartoitettiin naisten terveydentila, sairaudet ja sairaushistoria, liikuntatottumukset, ruokailutottumukset sekä tupakan ja alkoholin käyttö. Lisäksi kysyttiin kuukautisten ja menopaussin alkamisvuodet sekä raskauksien lukumäärä ja imetyksen pituus. Toinen kysely lähetettiin laboratoriotutkimuksiin suostuneille 1222 naiselle. Siinä selvitettiin, murtumahistoria, kaatumiset edeltäneiden kolmen kuukauden aikana, työhistoria ja siihen liittyvä fyysinen kuormitus sekä vapaa-ajan liikunta. Lisäksi arvioitiin päivittäinen kalsiumin saanti maidon ja juuston kulutuksen perusteella. Myös kognitiivinen toiminta ja depressio-oireet mitattiin (Korpelainen 2005). Tulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tutkimukseen osallistuneiden 1222 naisen kuvailevat muuttujat (mukaeltu Korpelainen 2005, 43).

Muuttuja	Arvo
Ikä, vuotta (SD)	72,1 (1,2)
Paino, kg (SD)	68,5 (11,1)
Pituus, cm (SD)	158,0 (5,7)
Sairaudet ja nykyinen lääkitys	
Verenpainetauti, n (%)	436 (35,7)
Tyypin II diabetes, n (%)	173 (14,2)
Nivelreuma, n (%)	71 (5,8)
Kalsiumlisäraavinne, n (%)	29 (2,4)
Kalsiumin saanti maitotuotteista/vrk, mg (SD)	805 (346)
Estrogeeni, n (%)	59 (4,8)
Muu osteoporoosilääkitys, n (%)	37 (3,0)
Tiatsididiureetti, n (%)	191 (15,6)
Statiinit, n (%)	114 (9,3)
Tablettikortikosteroidihoito, n (%)	21 (1,7)
Elämäntapatekijät	
Fyysinen aktiivisuus rajoittunut päivittäisiin arkiaskareisiin, n (%)	133 (10,9)
Huono liikuntakyky (oma arvio)	179 (14,7)
Vähän fyysistä kuormitusta sisältänyt istumatyö	190 (17,5)
Synnyttämätön	306 (25,0)
Käyttää alkoholia viikoittain, n (%)	108 (9,9)
Tupakoi päivittäin ainakin yhden savukkeen, n (%)	65 (5,3)
Luun mittaukset	
Keskimääräinen kantaluun BUA* (dB/M Hz)	64,81 (17,96)
Keskimääräinen distaalinen varttinäluun BMD** (g/cm ²) (SD)	0,373 (0,086)
Keskimääräinen ultradistaalinen varttinäluun BMD** (g/cm ²) (SD)	0,297 (0,074)
40-ikävuoden jälkeen ilmaantuneet murtumat	363 (29,7)

*BUA = ultraäänilaitteen parametri, joka kuvaa ultraäänen vaimenemista luussa (dB/MHz)

**BMD = luun mineraalitiheysarvio

5.2.2 Antropometria ja luuntiheyden mittaukset

Seurannan alussa koko tutkimuskohortilta (n=1222) mitattiin paino ja pituus sekä laskettiin painoindeksi (BMI). Pituus mitattiin pystyasennossa, ja painoindeksi laskettiin jakamalla standardimenetelmin mitattu paino pituuden neliöllä. Lisäksi 1203 naiselta arvioitiin varttinäluun mineraalitiheys DXA-menetelmällä (Dexa, Lunar corporation, Madison, Wisconsin, USA) ja 1071 naiselta kantaluun BUA (ultraäänilaitteen parametri, joka kuvaa ultraäänen vaimenemista luussa) kvantitatiivisella ultraäänimittauksella (Sahara, Hologic, Bedford, MA). Mittauksista vastasivat kokeneet henkilöt, jotka olivat sokkoutettuja.

5.2.3 Huojunnan mittaus

Huojuntaa mitattiin kulmamittaukseen perustuvalla menetelmällä (Korpelainen 2005). Tutkittavien lateraalinen ja anteroposteriorinen huojunta seistessä mitattiin laitteistolla, johon kuuluu mittaussauva, suoliluunharjun tasolle kiinnitettävä vyö sekä kulmamittausmoduli ja liitoskappale. Lisäksi laitteeseen kuuluu voimalähde ja tietokone (kuva 7). Mittaussauvan poikkeama mitataan tietokoneelle muodostuvan kuvan avulla: kuva esittää sauvan liikerataa, jonka avulla kone laskee erikseen anteroposterioriseen (y) ja lateraaliseen (x) suuntaan tapahtuneiden poikkeamien muodostaman pinta-alan. Tutkittavilta mitattiin huojuttu matka (mittaussauvan päässä olevan magneetin kulkema matka) (cm), huojunnan nopeus (cm/s) ja huojunnan pinta-ala (magneetin piirtämän alueen) (cm²) silmien ollessa auki (SA) ja kiinni (SK).

Suorittaessa huojuntatestiä tutkittavia pyydettiin seisomaan liikkumatta ilman kenkiä jalat vierekkäin ja kädet rentoina molemmin puolin vartaloa roikkuen. Huojuntatesti suoritettiin sekä silmät auki että kiinni. Mittauksessa tutkittava seiso 30 sekuntia paikallaan, jalkaterät kiinni toisissaan. Silmät auki -testissä tutkittava kiinnitti katseensa seinällä silmien korkeudella olevaan rastiin, ja silmät kiinni mittauksessa hän katsoi rastia, painoi sen mieleensä ja sulki silmänsä pyrkien pitämään päänsä asennon samana koko mittauksen ajan. Luotettavuuden takaamiseksi testi suoritettiin jokaiselle tutkittavalle uudestaan 20 minuutin tauon jälkeen.



Kuva 7. Huojunnan mittaamiseen käytetty laitteisto, johon kuuluu mittaussauva, suoliluunharjun tasolle kiinnitettävä vyö sekä kulmamittausmoduli, liitoskappale, voimalähde ja tietokone (Korpelainen 2005).

5.2.4 Tilastolliset menetelmät

Tilastollista analyysiä varten käytettiin IBM SPSS statistics 21 -ohjelmistoa. Tutkittaessa murtumien yhteyttä huojuntaan, minkä tahansa murtuman saaneita verrattiin tutkittaviin, joilla ei ollut murtumaa/ murtumia. Lisäksi tehtiin jako lonkkamurtuman saaneiden perusteella. Ryhmien välisiä eroja tutkittiin riippumattomien ryhmien t-testin avulla. T-testi perustuu keskiarvojen vertailuun, ja sitä käytetään kahden ryhmän keskiarvojen odotusarvojen testaukseen. Kun vertailtavat ryhmät oletetaan toisistaan riippumattomiksi, käytetään riippumattomien ryhmien t-testiä (Karhunen ym. 2011). Ryhmien välisen eron tilastollisen merkitsevyyden kuvaajana käytettiin p-arvoa ja merkitsevyyden rajana p-arvo $< 0,05$.

6 TULOKSET

Koko tutkittavien joukosta (N=1222) 328 (26,8 %) ilmoitti saaneensa ainakin yhden murtuman yli 40-vuotiaana. Taulukossa 3 on esitetty tiedot murtumista, joita oli yhteensä 455. Tulokset osoittivat, että rannemurtumat olivat kaikkein yleisimpiä ja jalkaterän sekä nilkan murtumat seuraavaksi yleisimpiä.

Taulukko 3. Murtuman saaneiden naisten (n=328) murtumien sijainti ja lukumäärä (%) kokonaismurtumamäärästä (n=455) (mukaeltu Korpelainen 2005, 60).

Sijainti	Lukumäärä
Alaraaja	
Jalkaterä ja nilkka	60 (13,2)
Sääri- ja pohjeluu	11 (2,4)
Polvilumpio	15 (3,3)
Reisiluu	15 (3,3)
Yhteensä	101 (22,2)
Vartalo	
Lantio	3 (0,7)
Selkänikama	26 (5,7)
Rintalasta	3 (0,7)
Kylkiluu	26 (5,7)
Solisluu	7 (1,5)
Yhteensä	65 (14,3)
Yläraaja	
Olkaluu	26 (5,7)
Kyynärpää	6 (1,3)
Ranne	243 (53,4)
Käsi ja sormet	12 (2,6)
Yhteensä	287 (63,1)
Tuntematon sijainti	2 (0,4)
Yhteensä	455 (100)

Taulukossa 4 on kuvattu huojunta seistessä silmät auki ja silmät kiinni murtuman saaneilla naisilla ja niillä, jotka eivät olleet saaneet murtumaa seuranta-aikana. Lisäksi lonkkamurtuman saaneita on tarkasteltu omana ryhmänään. Murtuman saaneilla naisilla huojunta oli jonkin verran suurempaa sekä silmät auki että silmät kiinni. Murtuman saaneilla naisilla keskimääräinen huojuntamatka oli 17,2 (7,4) cm silmät auki (n=159) ja 30,3 (14,1) cm silmät kiinni (n=152) kun taas niillä, jotka eivät olleet saaneet murtumia, keskimääräinen huojuntamatka oli 16,1 (7,6) cm silmät auki (n=558) ja 28,7 (14,2) cm silmät kiinni (n=547) ($p(\text{SA})=0,12$, $p(\text{SK})=0,22$). Huojuntanopeus oli puolestaan murtuman saaneilla 0,51 (0,21) cm/s silmät auki (n=149) ja 1,01 (0,47) cm/s silmät kiinni (n=152) ja niillä, jotka eivät olleet saaneet murtumia 0,48 (0,31) cm/s silmät auki (n=535) ja 0,96 (0,48) cm/s silmät kiinni (n=547) ($p(\text{SA})=0,25$, $p(\text{SK})=0,25$) huojuntapinta-alan ollessa murtuman saaneilla 1,29 (0,98) cm² silmät auki (n=159) ja 4,48 (7,49) cm² silmät kiinni (n=152) kun taas niillä, jotka eivät olleet saaneet murtumia 1,27 (1,70) cm² silmät auki (n=558) ja 3,67 (5,12) cm² silmät kiinni (n=547) ($p(\text{SA})=0,80$, $p(\text{SK})=0,21$).

Tutkittavat jaettiin myös lonkkamurtuman perusteella kahteen ryhmään. Lonkkamurtuman saaneilla keskimääräinen huojuntamatka oli 16,2 (4,6) cm silmät auki (n=16) ja 29,4 (7,6) cm silmät kiinni (n=14) ja niillä, jotka eivät olleet saaneet lonkkamurtumia 16,3 (7,6) cm silmät auki (n=701) ja 29,1 (14,3) cm silmät kiinni (n=685) ($p(\text{SA})=0,91$, $p(\text{SK})=0,88$). Huojuntanopeus oli lonkkamurtuman saaneilla 0,50 (0,17) cm/s silmät auki (n=15) ja 0,98 (0,26) cm/s silmät kiinni (n=14) kun taas niillä, jotka eivät olleet saaneet lonkkamurtumia 0,49 (0,30) cm/s silmät auki (n=669) ja 0,97 (0,48) cm/s silmät kiinni (n=685) ($p(\text{SA})=0,78$, $p(\text{SK})=0,89$). Lonkkamurtuman saaneiden huojuntapinta-alaksi mitattiin 1,13 (0,52) cm² silmät auki (n=16) ja 3,80 (2,24) cm² silmät kiinni (n=14) kun niillä, jotka eivät olleet saaneet lonkkamurtumia, arvot olivat 1,28 (1,58) cm² silmät auki (n=701) ja 3,85 (5,77) cm² silmät kiinni (n=685) ($p(\text{SA})=0,30$, $p(\text{SK})=0,94$). Huojunta lisääntyi erittäin merkitsevästi ($p<0,001$) silmät kiinni -mittauksissa. Aineiston perusteella yli 90 %:lla tutkittavista näköaisti on erittäin tärkeä tasapainon säätelyssä. Sama tulos saatiin kaikissa alaryhmissä sekä muuttujissa. Tulosten perusteella voidaan todeta, että tutkittavassa joukossa huojunnan määrän ja kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Taulukossa 4 on esitetty mitatut huojuntamatka, -nopeus ja -pinta-ala.

Taulukko 4. Huojunta seistessä silmät auki ja silmät kiinni murtuman saaneilla naisilla (n=159) ja niillä, jotka eivät olleet saaneet murtumaa seuranta-aikana (n=558). Lonkkamurtuman saaneita (n=16) ja niitä, jotka eivät olleet saaneet lonkkamurtumaa (n=701) tarkasteltu omana ryhmänään.

Huojunta	≥ 1 murtuma	Ei murtumaa	p-arvo*
Mikä tahansa murtuma			
Huojuntamatka, cm (SD)			
Silmät auki	17,2 (7,4)	16,1 (7,6)	0,12
Silmät kiinni	30,3 (14,1)	28,7 (14,2)	0,22
Huojuntanopeus, cm/s (SD)			
Silmät auki	0,51 (0,21)	0,48 (0,31)	0,25
Silmät kiinni	1,01 (0,47)	0,96 (0,48)	0,25
Huojuntapinta-ala, cm ² (SD)			
Silmät auki	1,29 (0,98)	1,27 (1,70)	0,80
Silmät kiinni	4,48 (7,49)	3,67 (5,12)	0,21
Lonkkamurtuma			
Huojuntamatka, cm (SD)			
Silmät auki	16,2 (4,6)	16,3 (7,6)	0,91
Silmät kiinni	29,4 (7,6)	29,1 (14,3)	0,88
Huojuntanopeus, cm/s (SD)			
Silmät auki	0,50 (0,17)	0,49 (0,30)	0,78
Silmät kiinni	0,98 (0,26)	0,97 (0,48)	0,89
Huojuntapinta-ala, cm ² (SD)			
Silmät auki	1,13 (0,52)	1,28 (1,58)	0,30
Silmät kiinni	3,80 (2,24)	3,85 (5,77)	0,94

* Ryhmien välisiä eroja tutkittiin riippumattomien ryhmien t-testin avulla. Merkitsevyyden rajana p-arvo < 0,05.

7 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoitus oli tuottaa uutta tietoa ikääntyneiden naisten kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien riskitekijöistä, jotta voitaisiin tehokkaammin ehkäistä murtumia tulevaisuudessa. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka murtuman saaneiden naisten tasapaino mitattuna huojunnanmittauslaitteella eroaa niiden naisten tasapainosta, joilla ei ole ollut murtumaa. Tutkimuksessa hyödynnettiin takautuvasti ja pitkittäisesti kerättyä väestöpohjaista kohorttiaineistoa: 1222 Oulussa asuvaa 70–73 -vuotiasta naista (taulukko 2) suostui osallistumaan vuosina 1998–2004 tutkimukseen, jossa selvitettiin vanhempien naisten osteoporoosin ja murtumien riskitekijöitä sekä pitkäaikaisen harjoittelun vaikutusta niihin. Tutkimuksen perusteella huojunnan ja kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien ilmaantumisen välillä ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Kaikissa alaryhmissä ja muuttujissa murtuman saaneiden tulokset olivat kuitenkin hiukan huonompia, millä on merkitystä kliinisessä työssä. Lisäksi tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että visuaalinen informaatio on keskeisessä osassa tasapainon säätelyä.

Myös eräissä kansainvälisissä tutkimuksissa on tultu siihen tulokseen, ettei huojunnan ja kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien välistä yhteyttä voida varmuudella todeta. Toisaalta useissa tutkimuksissa on saatu näyttöä siitä, että huono tasapaino ja voimakas huojunta voivat kasvattaa murtumien riskiä. Näin ollen huojunnan ja ikääntyneiden ihmisten kaatumisen seurauksena syntyneiden murtumien välistä yhteyttä olisi syytä tutkia lisää toteuttamalla laadukkaita hyvin suunniteltuja tutkimuksia mahdollisimman suurella otoskoolla.

7.1 Huojunnan yhteys kaatumisen seurauksena syntyneisiin murtumiin ikääntyneillä

Kuten aiemmin todettiin, hauraaseen ja liian taipuisaan luuhun voi kuormituksen vaikutuksesta ilmaantua mikrotason vaurioita, jotka johtavat yleensä murtumaan (Seeman ym. 2006). Luuston rakenteella on siten suuri merkitys murtumien synnyssä. Toisaalta murtuma voi muodostua saman tien, jos luuhun kohdistuva voima on tarpeeksi suuri ja kohdistuu oikeasta kulmasta (Heinonen ym. 1996, Seeman ym. 2006, Kärkkäinen ym. 2008). Näin ollen myös kaatumista voidaan pitää keskeisenä tekijänä murtuman synnyssä.

Tasapaino ja sitä kautta asennon ylläpito heikkenee iän myötä (Abreu ym. 2010). Ikääntyvien ihmisten tasapainon ja fyysisen toimintakyvyn yhteyttä kaatumisiin on tutkittu aiemmin runsaasti, ja suuressa osassa tutkimuksia on tultu siihen tulokseen, että huono tasapaino kasvattaa kaatumisriskiä (Tinetti & Speechley 1989, Nguyen ym. 1993, Cummings & Nevitt 1994, Liu-ambrose ym. 2003, Wagner et al. 2009) ja hyvällä fyysisellä kunnolla sekä tasapainolla on kaatumisia ehkäisevä vaikutus (Korpelainen ym. 2006, Kärkkäinen ym. 2008, Gillespie ym. 2009, Korpelainen ym. 2010). Tasapainon ja huojunnan yhteyttä ikääntyvien ihmisten murtumien syntyyn on puolestaan tutkittu vähemmän eikä kyseistä yhteyttä ole voitu pitävästi todistaa, sillä tulokset ovat olleet ristiriitaisia (Cummings ym. 1995, Liu-Ambrose ym. 2003, Kärkkäinen ym. 2008, Wagner ym. 2009, Nakamura ym. 2011). Taulukossa 5 on esitetty keskeisten tasapainon ja huojunnan yhteyttä murtumiin käsittelevien tutkimusten tuloksia.

Nguyen ym. (1993) tutkimuksessa todettiin, että huono tasapaino on yksi murtuman synnyn riskitekijä. Samoin Dargent-Molina ym. (1996) tulivat siihen tulokseen, että tasapainoon liittyvät tekijät kuten huojuntanopeus kohottavat ikääntyneiden naisten riskiä saada lonkkamurtuma. Cummings ym. (1995) päätyivät kuitenkin päinvastaiseen tulokseen. Heidän tutkimukseensa osallistui 9561 yli 65-vuotiasta valkoihoista naista, joiden seuranta-aikana ilmaantuneet lonkkamurtumat rekisteröitiin ja niihin yhteydessä olevia riskitekijöitä tutkittiin. Tutkimuksessa selvisi, että useiden eri tekijöiden yhteisvaikutus lisää ikääntyneiden naisten lonkkamurtumariskiä, mutta huono tasapaino ei yksinään kasvata lonkkamurtumariskiä.

Liu-Ambrose ym. (2003) päättivät tutkia mahdollisia lonkkamurtuman syntyyn vaikuttavia tekijöitä 42:lla 64–75 -vuotiaalla naisella. Tutkimuksessa päädyttiin siihen tulokseen, että osteoporoosia sairastavien naisten tasapaino on terveitä heikompi, jolloin myös murtumariski voi olla kohonnut. Pelkän huonon tasapainon ja kasvaneen murtumariskin yhteyttä ei kuitenkaan voitu todistaa, sillä heikentyneen tasapainon lisäksi kohonneeseen murtumariskiin vaikuttavat monet muut tekijät kuten alentunut luun tiheys. Useissa tuoreemmissa tutkimuksissa on sen sijaan havaittu yhteys ikääntyneiden ihmisten kohonneen murtumariskin ja huonon tasapainon välillä.

Nguyen ym. (2005) laajassa prospektiivisessä tutkimuksessa selvitettiin kaatumisiin liittyvien tekijöiden ja ikääntyneiden naisten sekä miesten lonkkamurtumien yhteyttä. Tutkimuksen vahvuuksia olivat suuri osallistujamäärä (N=1649) sekä pitkä seuranta-aika, 14 vuotta.

Tulokset viittasivat siihen, että huono tasapaino on yksi lonkkamurtuman riskitekijä. Tutkimustulosten perusteella muita riskitekijöitä ovat muun muassa alhainen luun mineraalitiheys, heikko reisilihas, jo syntyneet murtumat sekä aiemmin tapahtuneet kaatumiset.

Kärkkäinen ym. (2008) tutkimukseen osallistui 2928 naista, joita seurattiin keskimäärin kahdeksan vuoden ajan. Tutkimuksessa tultiin siihen tulokseen, että postmenopausaalisten naisten kyky seisoa alle 10 sekuntia yhdellä jalalla on yhteydessä tuleviin murtumiin samoin kuin kyky kävellä alle 100m; tutkimuksessa oletettiin yhdellä jalalla seisonnan mittaavan hyvin henkilön tasapainoa, ja näin ollen tutkijat tekivät johtopäätöksen, että huono tasapaino on yhteydessä murtumiin johtaviin kaatumisiin. Tutkimuksen vahvuuksia olivat tutkittavien suuri määrä ja pitkäkö seuranta-aika. Wagner ym. (2009) selvittivät puolestaan itse koetun huonon tasapainon yhteyttä murtumiin. Tutkimustulokset viittasivat siihen, että ikääntyneillä ihmisillä, joilla on omasta mielestään heikentynyt tasapaino, on suurempi riski saada murtuma. Tutkimukseen osallistui 29276 yli 55-vuotiasta kaksosta.

Nakamura ym. (2011) yrittivät selvittää huojunnan yhteyttä murtumiin ikääntyneillä naisilla. Heidän tutkimukseensa osallistui 769 yli 69-vuotiasta naista. Tutkittavia (n=767) seurattiin kuusi vuotta, ja seuranta-aikana ilmaantuneet murtumat rekisteröitiin. Tutkimuksessa korkeimman huojuntanopeuden ryhmässä ilmaantui eniten murtumia. Tutkijat tulivat siihen johtopäätökseen, että voimakas huojunta on yhteydessä ikääntyneiden naisten kasvaneeseen riskiin saada murtuma riippumatta iästä, luun mineraalitiheydestä tai painoindeksistä. Näin ollen tutkijoiden mielestä huojunnanmittauksilla voitaisiin jäljittää riskiryhmään kuuluvat ja ennaltaehkäistä tulevia murtumia.

Taulukko 5. Tasapainon ja huojunnan yhteyttä ikääntyneiden ihmisten murtumiin käsittelevien tutkimusten päätuloksia.

Tutkimus	Tutkittavat	Tuloksia
Tasapainon ja murtumien välillä yhteys		
Nguyen ym. (1993)	Kaikki alueen yli 60-vuotiaat asukkaat (n. 32 000)	Huono tasapaino riskitekijä murtuman synnylle
Dargent-Molina ym. (1996)	7575 yli 75-vuotiasta naista	Huojuntanopeus yhteydessä kohonneeseen lonkkamurtumariskiä
Nguyen ym. (2005)	1649 yli 60-vuotiasta miestä ja naista	Huono tasapaino on yksi lonkkamurtuman riskitekijä
Kärkkäinen ym. (2008)	2928 postmenopausaalista naista	Kävelykyvyllä ja yhden jalan varassa seisonnalla yhteys tuleviin murtumiin
Wagner ym. (2009)	29276 yli 55-vuotiasta kaksosta	Ikääntyneillä, joiden tasapaino on heidän omasta mielestään huonontunut, on suurempi riski saada murtuma
Nakamura ym. (2011)	769 yli 69-vuotiasta naista	Huojunta yhteydessä kasvaneeseen riskiin saada murtuma
Tasapainon ja murtumien välillä ei yhteyttä/ epäselvä yhteys		
Cummings ym. (1995)	9561 yli 65-vuotiasta valkoista naista	Tasapainolla ja lonkkamurtumilla ei ole suoranaista yhteyttä Useiden eri tekijöiden yhteisvaikutus lisää lonkkamurtumariskiä
Liu-Ambrose ym. (2003)	42 64–75 -vuotiasta naista	Osteoporoosia sairastavilla naisilla mahdollisesti kohonnut riski saada murtuma Heikentynyt tasapaino saattaa lisätä murtumariskiä

7.2 Tasapainon parantaminen murtumien ennaltaehkäisyssä

Tämän tutkimuksen ja aiempien tutkimusten valossa voidaan todeta, että murtumille altistavia tekijöitä on useita ja niiden keskinäinen suhde on hyvin monimutkainen. On vaikeaa osoittaa, mitkä tekijät vaikuttavat toisiinsa ja mikä on useiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksen merkitys murtumien synnyssä. Kaatumisten ennaltaehkäisyyn voidaan kuitenkin olettaa ehkäisevän niin murtumien kuin useiden muidenkin vammojen syntyä ikääntyneillä ihmisillä, joten toimivien ennaltaehkäisykeinojen keksiminen ja tutkiminen sekä riskiryhmien kartoitus on hyvin tärkeää.

Erilaiset liikuntaohjelmat, joilla pyritään parantamaan ja ylläpitämään ikääntyvien lihaskuntaa ja tasapainoa, ovat osoittautuneet varteen otettavaksi vaihtoehdoksi kaatumisten (Liu-Ambrose ym. 2003, Tinetti 2003, Chang ym. 2004, Gillespie ym. 2012) ja mahdollisesti myös murtumien (Heinonen ym. 1996, Korpelainen ym. 2010, Englund ym. 2011) ennaltaehkäisyssä. Gillespie ym. (2012) tarkastelivat 159 tutkimusta liittyen liikuntaohjelmien toimivuuteen kaatumisten ennaltaehkäisyssä. Tutkimukset sisälsivät yhteensä vajaat 80 000 vanhusta, joista noin 70 % oli naisia. Gillespie ym. (2012) tulivat siihen tulokseen, että tutkimusten valossa tiettyjä liikuntaohjelmia voidaan pitää tuloksellisina ehkäistäessä kaatumisia: ryhmäliikuntatunneille tai kotona toteutettuun liikuntaohjelmaan, jotka sisältävät tasapaino- ja voimaharjoitteita, osallistuminen vähentää selkeästi kaatumisia ja mahdollisesti myös murtumia. Korpelainen ym. (2010) saivat puolestaan vahvaa näyttöä liikunnan tehosta erityisesti lonkkamurtumien ehkäisyssä väestöpohjaisessa interventiossaan. Seitsemän vuoden seurannan perusteella Korpelainen ym. (2010) tulivat siihen tulokseen, että tasapaino-, hyppely- ja lihasvoimaharjoituksia sisältävää liikuntaohjelmaa voidaan pitää tehokkaana lonkkamurtumien ehkäisykeinona.

Howe ym. (2011) arvioivat 94 tutkimusta tarkoituksenaan selvittää liikuntaohjelmien vaikutuksia ikääntyneiden ihmisten tasapainoon. Tutkimuksiin osallistujia oli yhteensä vajaa 10 000 yli 60-vuotiasta ja suurin osa heistä oli naisia. Liikuntaohjelmia oli erilaisia: osa keskittyi tasapainoharjoituksiin, osa venyttelyyn ja toiset tai chiin, tanssiin ja joogaan. Osassa tutkittiin puolestaan kävelyn tai pyöräilyn vaikutuksia, ja osassa yhdisteltiin edellä mainittuja harjoituksia. Kyseisten tutkimusten perusteella Howe ym. (2011) päättelivät, että tietyn tyyppinen liikunta voi parantaa vanhusten tasapainoa kohtalaisesti. Tavallisen liikkumisen kuten kävelyn ja pyöräilyn vaikutuksista tasapainoon ei voida kuitenkaan olemassa olevien

tutkimustulosten perusteella vetää johtopäätöksiä, ja kokonaisuudessaan todisteet muidenkin liikuntaohjelmien osalta ovat heikkoja (Howe ym. 2011). Näin ollen laadukkaita ja hyvin toteutettuja tutkimuksia tarvittaisiin lisää, jotta pystyttäisiin suunnittelemaan ja toteuttamaan oikeasti tehokkaita liikuntaohjelmia ikääntyneiden ihmisten kaatumisten ehkäisemiseksi. Lisäksi liikuntaohjelmien vaikutuksesta itse murtumien ennaltaehkäisyssä olisi syytä saada lisää tietoa (Järvinen ym. 2008).

Jonkin asteista elämäntapaohjausta olisi hyvä sisällyttää hoito-ohjelmaan liikuntaohjelmien hyödyn maksimoimiseksi, sillä liikuntaohjelmien vaikutusten on todettu jäävän usein melko lyhytaikaiseksi (Tinetti 2003), varsinkin jos ohjattava ei kykene ottamaan liikuntaohjelmaa osaksi arkirutiinejaan. Kaatumisriskiä voi pienentää myös vaikuttamalla ympäristötekijöihin kuten kenkien ja lattioiden liukkauteen (Cangussu ym. 2012). Samoin lääkityksellä (Wagner ym. 2009, Gillespie ym. 2012) ja erilaisilla apuvälineillä (Tinetti 2003) voidaan yrittää ennaltaehkäistä kaatumisia ja niiden seurauksena syntyviä vammoja. Toisaalta ylimääräisten lääkkeiden poisjättäminen voi myös pienentää kaatumisriskiä (Wagner ym. 2009).

7.3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tämän tutkimuksen vahvuutena oli tutkittavien suuri otoskoko (n=1222) ja aineiston väestöpohjaisuus ja satunnaistaminen sekä pitkä seuranta-aika. Tutkittavaa ryhmää, joka hankittiin väestörekisterin tietojen avulla, voidaan pitää edustavana otoksena suomalaisista ikääntyneistä naisista. Tulokset ovat todennäköisesti sovellettavissa koko väestöön, sillä osallistumismäärä samoin kuin sitoutumisaste oli korkea. Terveempien henkilöiden valikoituminen tutkimuksiin voi kuitenkin vaikuttaa tutkimustuloksiin siten, että ne eivät ole yleistettävissä laitoshoidossa oleviin naisiin: kaikista huonokuntoisimmat ovat voineet jäädä pois tutkimuksista, sillä alkuperäinen kohorttiaineisto sisälsi 1689 naista. Tuloksia ei voi myöskään yleistää muihin ikäryhmiin. Heikkoutena voidaan pitää myös sitä, että tutkittavia ei voinut sokkouttaa tutkimuksen suhteen ja tiedonkeruussa käytettiin kyselyitä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella ikääntyneiden naisten seistessä mitatun vartalon huojunnan ja murtumien välillä ei näyttäisi olevan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Kaikissa alaryhmissä ja muuttujissa murtuman saaneiden tulokset olivat kuitenkin hiukan huonompia, millä on merkitystä kliinisessä työssä. Vaikka huojunnan ja ikääntyneiden ihmisten murtumien välinen yhteys ei olekaan tämän tutkimustuloksen perusteella täysin yksiselitteistä, voidaan sopivilla tasapainotesteillä sekä huojuntaa mittaamalla saada arvokasta tietoa mahdollisista riskiryhmään kuuluvista henkilöistä ja auttaa heitä ajoissa. Lisäksi erilaiset liikuntaohjelmat, joilla parannetaan ja ylläpidetään ikääntyvien ihmisten lihaskuntoa sekä tasapainoa, ovat toistaiseksi varteen otettavia keinoja ennaltaehkäistä kaatumisia ja sitä kautta syntyviä murtumia sekä yleisesti ottaen kohentaa elämänlaatua.

LÄHTEET

- Abreu, D.C., Trevisan, D.C., Costa, G.C., Vasconcelos, F.M., Gomes, M.M. & Carneiro, A.A. 2010. The association between osteoporosis and static balance in elderly women. *Osteoporosis International* 21(9), 1487–1491.
- Ahlborg, H.G., Johnell, O., Nilsson, B.E., Jeppsson, S., Rannevik, G. & Karlsson, M.K. 2001. Bone loss in relation to menopause: a prospective study during 16 years. *Bone* 28(3), 327–331.
- Ahlborg, H.G., Johnell, O., Turner, C.H., Rannevik, G. & Karlsson, M.K. 2003. Bone loss and bone size after menopause. *The New England Journal of Medicine* 349(4), 327–334.
- Alen, M. & Rauramaa, R. 2011. Liikunnan vaikutukset elinjärjestelmittäin. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. M. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3.–5. painos. Helsinki: Duodecim, 30–54.
- Anderson, J.J. 1996. Calcium, phosphorus and human bone development. *Journal of Nutrition* 126(4), 1153–1158.
- Avenell, A., Gillespie, W., Gillespie, L. & O’Connell, D. 2005. Vitamin D and vitamin D analogues for preventing fractures associated with involutional and post-menopausal osteoporosis. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 3, CD000227.
- Baxter-Jones, A.D., Kontulainen, S.A., Faulkner, R.A. & Bailey, D.A. 2008. A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone* 43(6), 1101–1107.
- Bergamini, E., Cavallini, G., Donati, A. & Gori, Z. 2007. The role of autophagy in aging: its essential part in the anti-aging mechanism of caloric restriction. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1114, 69–78.
- Blair, H.C. & Athanasou, N.A. 2004. Recent advances in osteoclast biology and pathological bone resorption. *Histology and Histopathology* 19(1), 189–199.
- Bonaiuti, D., Shea, B., Iovine, R., Negrini, S., Robinson, V., Kemper, H.C., Wells, G., Tugwell, P. & Cranney, A. 2002. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 3, CD000333.
- Bonewald, L.F. 2007. Osteocytes as dynamic multifunctional cells. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1116, 281–290.

- Boyle, W.J., Simonet, W.S. & Lacey, D.L. 2003. Osteoclast differentiation and activation. *Nature* 423(6937), 337–342.
- Brech, G.C., Plapler, P.G., de Souza Meirelles, E., Marcolino, F.M. & Greve, J.M. 2013. Evaluation of the association between osteoporosis and postural balance in postmenopausal women. *Gait & Posture* 38(2), 321–325.
- Burke, T.N., França, F.J., Meneses, S.R., Cardoso, V.I., Pereira, R.M., Danilevicius, C.F. & Marques, A.P. 2010. Postural control among elderly women with and without osteoporosis: is there a difference? *Sao Paulo Medical Journal* 128(4), 219–224.
- Butland, R., Pang, J., Gross, E., Woodcock, A. & Geddes, D. 1982. Two-, six-, and 12-minute walking tests in respiratory disease. *British Medical Journal* 284(6329), 1607–1608.
- Cangussu, L.M., Nahas-Neto, J., Petri Nahas, E.A., Rodrigues Barral, A.B., Buttros, D.A. & Uemura, G. 2012. Evaluation of postural balance in postmenopausal women and its relationship with bone mineral density--a cross sectional study. *BioMed Central Musculoskeletal Disorder* 13, 2. doi: 10.1186/1471-2474-13-2.
- Chang, J.T., Morton, S.C., Rubenstein, L.Z., Mojica, W.A., Maglione, M., Suttrop, M.J., Roth, E.A. & Shekelle, P.G. 2004. Interventions for the prevention of falls in older adults: systematic review and meta-analysis of randomised clinical trials. *British Medical Journal* 328(7441), 680–687.
- Cheng, S.Y., Levy, A.R., Lefavre, K.A., Guy, P., Kuramoto, L. & Sobolev, B. 2011. Geographic trends in incidence of hip fractures: a comprehensive literature review. *Osteoporosis International* 22(10), 2575–2586.
- Clarke, B. 2008. Normal bone anatomy and physiology. *Clinical Journal of the American Society of Nephrology* 3, 131–139.
- Clarke, B.L. & Khosla, S. 2010a. Female Reproductive System and Bone. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 503(1), 118–128.
- Clarke, B.L. & Khosla, S. 2010b. Physiology of Bone Loss. *Radiologic Clinics of North America* 48(3), 483–495.
- Clemson, L., Fiatarone Singh, M.A., Bundy, A., Cumming, R.G., Manollaras, K., O'Loughlin, P. & Black, D. 2012. Integration of balance and strength training into daily life activity to reduce rate of falls in older people (the LiFE study): randomised parallel trial. *British Medical Journal* 345: e4547. doi: 10.1136/bmj.e4547.
- Cohen, M.M. Jr. 2006. The new bone biology: pathologic, molecular, and clinical correlates. *American Journal of Medical Genetics* 140(23), 2646–2706.

- Cooper, C., Cole, Z.A., Holroyd, C.R., Earl, S.C., Harvey, N.C., Dennison, E.M., Melton, L.J., Cummings, S.R. & Kanis, J.A. 2011. Secular trends in the incidence of hip and other osteoporotic fractures. *Osteoporosis International* 22(5), 1277–1288.
- Cuervo, A.M. & Dice, J.F. 2000. Age related decline in chaperone mediated autophagy. *Journal of Biological Chemistry* 275(40), 31505–31513.
- Cummings, S.R. & Melton, L.J. 2002. Epidemiology and outcomes of osteoporotic fractures. *Lancet* 359(9319), 1761–1767.
- Cummings, S.R. & Nevitt, M.C. 1994. Falls. *The New England Journal of Medicine* 331, 872–873.
- Cummings, S.R., Nevitt, M.C., Browner, W.S., Stone, K., Fox, K.M., Ensrud, K.E., Cauley, J., Black, D. & Vogt, T.M. 1995. Risk factors for hip fracture in white women. Study of Osteoporotic Fractures Research Group. *The New England Journal of Medicine* 332(12), 767–773.
- Dargent-Molina, P., Favier, F., Grandjean, H., Baudoin, C., Schott, A.M., Hausherr, E., Meunier, P.J. & Bréart, G. 1996. Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPIDOS prospective study. *Lancet* 348(9021), 145–149.
- Delmas, P.D. 2002. Treatment of postmenopausal osteoporosis. *Lancet* 359(9322), 2018–2026.
- Duan, Y., Turner, C.H., Kim, B.T. & Seeman, E. 2001. Sexual dimorphism in vertebral fragility is more the result of gender differences in age-related bone gain than bone loss. *Journal of Bone and Mineral Research* 16(12), 2267–2275.
- Englund, U., Nordström, P., Nilsson, J., Bucht, G., Björnstig, U., Hallmans, G., Svensson, O. & Pettersson, U. 2011. Physical activity in middle-aged women and hip fracture risk: the UFO study. *Osteoporosis International* 22(2), 499–505.
- Eskelinen, E.L. & Saftig, P. 2009. Autophagy: a lysosomal degradation pathway with a central role in health and disease. *Biochimica et Biophysica Acta* 1793, 664–673.
- Fogelholm, M. 2011. Fyysisen aktiivisuuden ja liikunnan arviointi. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. M. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3.–5. painos. Helsinki: Duodecim, 77–91.
- Gallagher, J.C., Riggs, B.L. & DeLuca, H.F. 1980. Effect of estrogen on calcium absorption and serum vitamin D metabolites in postmenopausal osteoporosis. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 51, 1359–1364.
- Greendale, G.A., Lee, N.P. & Arriola, E.R. 1999. The menopause. *Lancet* 353(9152), 571–580.

- Gillespie, L.D., Robertson, M.C., Gillespie, W.J., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, L.M. & Lamb, S.E. 2012. Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 9, CD007146.
- Gunter, K., Baxter-Jones, A.D., Mirwald, R.L., Almstedt, H., Fuchs, R.K., Durski, S. & Snow, C. 2008a. Impact exercise increases BMC during growth: an 8-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research* 23, 986–993.
- Gunter, K., Baxter-Jones, A.D., Mirwald, R.L., Almstedt, H., Fuller, A., Durski, S. & Snow C. 2008b. Jump starting skeletal health: a 4-year longitudinal study assessing the effects of jumping on skeletal development in pre and circum pubertal children. *Bone* 42, 710–718.
- Gunter, K.B., Almstedt, H.C. & Janz, K.F. 2012. Physical activity in childhood may be the key to optimizing lifespan skeletal health. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 40(1), 13–21.
- Hagen, K.B., Dagfinrud, H., Moe, R.H., Østerås, N., Kjekken, I., Grotle, M. & Smedslund, G. 2012. Exercise therapy for bone and muscle health: an overview of systematic reviews. *BioMed Central Medicine* 10, 167.
- Heinonen, A., Kannus, P., Sievänen, H., Oja, P., Pasanen, M., Rinne, M., Uusi-Rasi, K. & Vuori, I. 1996. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 348(9038), 1343–1347.
- Heinonen, A., Sievanen, H., Kannus, P., Oja, P., Pasanen, M. & Vuori, I. 2000. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoporosis International* 11, 1010–1017.
- Hind, K. & Burrows, M. 2007. Weight-bearing exercise and bone mineral accrual in children and adolescents: a review of controlled trials. *Bone* 40(1), 14–27.
- Howe, T.E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D.A. & Ballinger, C. 2011. Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 11, CD004963.
- Howe, T.E., Shea, B., Dawson, L.J., Downie, F., Murray, A., Ross, C., Harbour, R.T., Caldwell, L.M. & Creed, G. 2011. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 7, CD000333.
- Janz, K.F., Letuchy, E.M., Eichenberger Gilmore, J.M., Burns, T.L., Torner, J.C., Willing, M.C. & Levy, S.M. 2010. Early physical activity provides sustained bone health benefits later in childhood. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 42(6), 1072–1078.

- Järvinen, T.L., Sievänen, H., Khan, K.M., Heinonen, A. & Kannus, P. 2008. Shifting the focus in fracture prevention from osteoporosis to falls. *British Medical Journal* 336(7636), 124–126.
- Kado, D.M., Huang, M.H., Nguyen, C.B., Barrett-Connor, E. & Greendale, G.A. 2007. Hyperkyphotic posture and risk of injurious falls in older persons: the Rancho Bernardo Study. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 62(6), 652–657.
- Kanis, J.A. 2002. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. *Lancet* 359(9321), 1929–1936.
- Kanis, J.A., Burlet, N., Cooper, C., Delmas, P.D., Reginster, J.Y., Borgstrom, F. & Rizzoli, R. 2008. European guidance for the diagnosis and management of osteoporosis in postmenopausal women. *Osteoporosis International* 19(4), 399–428.
- Kanis, J.A., Odén, A., McCloskey, E.V., Johansson, H., Wahl, D.A. & Cooper, C. 2012. A systematic review of hip fracture incidence and probability of fracture worldwide. *Osteoporosis International* 23(9), 2239–2256.
- Kannus, P., Niemi, S., Parkkari, J., Palvanen, M., Vuori, I. & Järvinen, M. 2006. Nationwide decline in incidence of hip fracture. *Journal of Bone and Mineral Research* 21(12), 1836–1838.
- Kannus, P. 1999. Preventing osteoporosis, falls, and fractures among elderly people. *British Medical Journal* 318, 205–206.
- Karhunen, V., Rasi, I., Lepola, E., Muhli, A. & Kanninen, A. 2011. IBM SPSS Statistics - perusteet. Oulun yliopisto. Tietohallinto. Uniprint Oulu.
- Karinkanta, Saija. 2011. To keep fit and function. Effects of three exercise programs on multiple risk factors for falls and related fractures in home-dwelling older women. Tampereen yliopisto. Acta Electronica Universitatis Tampereensis 1105.
- Kelley, G.A., Kelley, K.S. & Kohrt, W.M. 2013. Exercise and bone mineral density in premenopausal women: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Endocrinology*, 741639. doi: 10.1155/2013/741639.
- Khosla, S., Atkinson, E.J., Melton, L.J. 3rd & Riggs, B.L. 1997. Effects of age and estrogen status on serum parathyroid hormone levels and biochemical markers of bone turnover in women: a population-based study. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 82(5), 1522–1527.

- Klein-Nulend, J., Bacabac, R.G. & Bakker, A.D. 2012. Mechanical loading and how it affects bone cells: the role of the osteocyte cytoskeleton in maintaining our skeleton. *European Cells and Materials* 24, 278–291.
- Kontulainen, S., Sievänen, H., Kannus, P., Pasanen, M. & Vuori, I. 2003. Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players: a peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls. *Journal of Bone and Mineral Research* 18(2), 352–359.
- Korhonen, N., Niemi, S., Parkkari, J., Sievänen, H., Palvanen, M. & Kannus, P. 2013. Continuous decline in incidence of hip fracture: nationwide statistics from Finland between 1970 and 2010. *Osteoporosis International* 24(5), 1599–1603.
- Korpelainen, R. 2005. Exercise and risk factors of osteoporotic fractures in elderly women. Oulun yliopisto. *Acta Universitatis Ouluensis. Series D, Medica* 842.
- Korpelainen, R., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Heikkinen, J., Väänänen, K. & Korpelainen, J. 2006. Effect of exercise on extraskeletal risk factors for hip fractures in elderly women with low BMD: a population-based randomized controlled trial. *Journal of Bone and Mineral Research*. 21(5), 772–779.
- Korpelainen, R., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Nieminen, P., Heikkinen, J., Väänänen, K. & Korpelainen, J. 2010. Long-term outcomes of exercise: follow-up of a randomized trial in older women with osteopenia. *Archives of Internal Medicine* 170(17), 1548–1556.
- Kärkkäinen, M., Rikkinen, T., Kröger, H., Sirola, J., Tuppurainen, M., Salovaara, K., Arokoski, J., Jurvelin, J., Honkanen, R. & Alhava, E. 2008. Association between functional capacity tests and fractures: an eight-year prospective population-based cohort study. *Osteoporosis International* 19(8), 1203–1210.
- Leppäluoto, J., Kettunen, R., Rintamäki, H., Vakkuri, O., Vierimaa, H. & Lätti, S. 2008. *Anatomia+Fysiologia. Rakenteesta toimintaan*. Helsinki: WSOY Oppimateriaalit Oy.
- Liu-Ambrose, T., Eng, J.J., Khan, K.M., Carter, N.D. & McKay, H.A. 2003. Older women with osteoporosis have increased postural sway and weaker quadriceps strength than counterparts with normal bone mass: overlooked determinants of fracture risk? *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 58(9), 862–866.
- Lynn, S.G., Sinaki, M. & Westerlind, K.C. 1997. Balance characteristics of persons with osteoporosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 78(3), 273–277.

- Meier, R.P.H., Perneger, T.V., Stern, R., Rizzoli, R. & Peter, R.E. 2012. Increasing Occurrence of Atypical Femoral Fractures Associated With Bisphosphonate Use. *Archives of Internal Medicine* 172(12), 930–936.
- Michaëlsson, K., Olofsson, H., Jensevik, K., Larsson, S., Mallmin, H., Berglund, L., Vessby, B. & Melhus, H. 2007. Leisure Physical Activity and the Risk of Fracture in Men. *PLoS Medicine* 4(6): e199. doi:10.1371/journal.pmed.0040199.
- Mikkola, T. 2010. Genetic and environmental contributions to bone structural strength in postmenopausal women. *Jyväskylän yliopisto. Studies in sport, physical education and health* 155.
- Moncada, L.V. 2011. Management of falls in older persons: a prescription for prevention. *American Family Physician* 84(11), 1267–1276.
- Nakamura, K., Oshiki, R., Kobayashi, R., Oyama, M., Saito, T., Nishiwaki, T., Nashimoto, M. & Tsuchiya, Y. 2011. Postural sway velocity predicts osteoporotic fracture in community-dwelling elderly Japanese women: the Muramatsu Study. *Age and Ageing* 40(1), 132–135.
- Neer, R.M., Arnaud, C.D., Zanchetta, J.R., Prince, R., Gaich, G.A., Reginster, J.Y., Hodsman, A.B., Eriksen, E.F., Ish-Shalom, S., Genant, H.K., Wang, O. & Mitlak, B.H. 2001. Effect of parathyroid hormone (1-34) on fractures and bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *The New England Journal of Medicine* 344, 1434–1441.
- Nguyen, T., Sambrook, P., Kelly, P., Jones, G., Lord, S., Freund, J. & Eisman, J. 1993. Prediction of osteoporotic fractures by postural instability and bone density. *British Medical Journal* 307(6912), 1111–1115.
- Nguyen, N.D., Pongchaiyakul, C., Center, J.R., Eisman, J.A. & Nguyen, T.V. 2005. Identification of high-risk individuals for hip fracture: a 14-year prospective study. *Journal of Bone and Mineral Research* 20, 1921–1928.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S.E. 2006. Ihmisen fysiologia ja anatomia. 15.–16. painos. Helsinki: Werner Söderström Osakeyhtiö.
- Nikander, R., Sievänen, H., Heinonen, A., Daly, R.M., Uusi-Rasi, K. & Kannus, P. 2010. Targeted exercise against osteoporosis: A systematic review and meta-analysis for optimising bone strength throughout life. *BioMed Central Medicine* 8, 47. doi: 10.1186/1741-7015-8-47.

- Nordin, B.E., Need, A.G., Morris, H.A., Horowitz, M. & Robertson, W.G. 1991. Evidence for a renal calcium leak in postmenopausal women. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 72, 401–407.
- Pedersen, B.K. & Saltin, B. 2006. The evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 16 (Suppl 1), 3–63.
- Rachner, T.D., Khosla, S. & Hofbauer, L.C. 2011. Osteoporosis: now and the future. *Lancet* 377(9773), 1276–1287.
- Rajawat, Y.S., Hilioti, Z. & Bossis, I. 2009. Aging: central role for autophagy and the lysosomal degradative system. *Ageing Research Reviews* 8, 199–213.
- Reid, K.F., Fielding, R.A. 2012. Skeletal muscle power: a critical determinant of physical functioning in older adults. *Exercise and Sport Sciences Reviews* 40(1), 4–12.
- Russ, D.W., Gregg-Cornell, K., Conaway, M.J. & Clark, B.C. 2012. Evolving concepts on the age-related changes in "muscle quality". *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 3(2), 95–109.
- Rutherford, O.M. 1999. Is there a role for exercise in the prevention of osteoporotic fractures? *British Journal of Sports Medicine* 33(6), 378–386.
- Sambrook, P. & Cooper, C. 2006. Osteoporosis. *Lancet* 367(9527), 2010–2018.
- Scerpella, T.A., Dowthwaite, J.N. & Rosenbaum, P.F. 2011. Sustained skeletal benefit from childhood mechanical loading. *Osteoporosis International* 22(7), 2205–2210.
- Seeman, E. 2002. Pathogenesis of bone fragility in women and men. *Lancet* 359(9320), 1841–1850.
- Seeman, E. 2003. Periosteal bone formation--a neglected determinant of bone strength. *The New England Journal of Medicine* 349(4), 320–323.
- Seeman, E. & Delmas, P.D. 2006. Bone quality--the material and structural basis of bone strength and fragility. *The New England Journal of Medicine* 354(21), 2250–2261.
- Skelton, D.A. & Beyer, N. 2003. Exercise and injury prevention in older people. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 13(1), 77–85.
- Sund, R. 2006. Lonkkamurtumien ilmaantuvuus Suomessa 1998–2002. *Duodecim* 122, 1085–1091.
- Suni, J. 2005. Liikuntaelimityn toimintakyky. Teoksessa Fogelholm M, Vuori I (toim.) *Terveysliikunta*. Helsinki: Duodecim, 33–48.
- Suni, J. & Vasankari, T. 2011. Liikuntaelimityn kunto ja fyysinen toimintakyky. Teoksessa Fogelholm M, Vuori I, Vasankari T (toim.) *Terveysliikunta*. 2. painos. Helsinki: Duodecim, 35–36.

- Tang, B.M., Eslick, G.D., Nowson, C., Smith, C. & Bensoussan, A. 2007. Use of calcium or calcium in combination with vitamin D supplementation to prevent fractures and bone loss in people aged 50 years and older: a meta-analysis. *Lancet* 370, 657–666.
- Thrane, G., Joakimsen, R.M. & Thornquist, E. 2007. The association between timed up and go test and history of falls: the Tromsø study. *BioMed Central Geriatrics* 7, 1. doi: 10.1186/1471-2318-7-1.
- Tinetti, M.E. & Speechley, M. 1989. Prevention of falls among the elderly. *The New England Journal of Medicine* 320(16), 1055–1059.
- Tinetti, M.E. 2003. Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *The New England Journal of Medicine* 348(1), 42–49.
- Turner, C.H., Warden, S.J., Bellido, T., Plotkin, L.I., Kumar, N., Jasiuk, I., Danzig, J. & Robling, A.G. 2009. Mechanobiology of the Skeleton. *Science Signaling* 2(68), pt3.
- Uutispalvelu Duodecim. 2012. Osteoporoosilääke voi altistaa osan potilaista harvinaisille murtumille. Viitattu 27.10.2013. www.terveyskirjasto.fi.
- Vainionpää, A. 2007. Bone adaption to impact loading. Significance of loading intensity. Oulun yliopisto. *Acta Universitatis Ouluensis. Series D, Medica* 935.
- Vandervoort, A.A. 2002. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle & Nerve* 25, 17–25.
- Viitasalo, M., Kampman, V., Sotaniemi, K., Leppävuori, S., Myllylä, V. & Korpelainen J. 2002. Analysis of sway in Parkinson`s disease using a new inclinometry-based method. *Movement Disorders* 17(4), 663–669.
- Vuori, I. 2011a. Liikunta, kunto ja terveys. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. M. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3.–5. painos. Helsinki: Duodecim, 77–91.
- Vuori, I. 2011b. Liikunta lapsena ja nuorena. Teoksessa I. Vuori, S. Taimela & U. M. Kujala (toim.) *Liikuntalääketiede*. 3.–5. painos. Helsinki: Duodecim, 76–87.
- Wagner, H., Melhus, H., Gedeberg, R., Pedersen, N.L. & Michaëlsson, K. 2009. Simply ask them about their balance—future fracture risk in a nationwide cohort study of twins. *American Journal of Epidemiology* 169(2), 143–149.
- Wallace, B.A. & Cumming, R.G. 2000. Systematic review of randomized trials of the effect of exercise on bone mass in pre- and postmenopausal women. *Calcified Tissue International* 67, 10–18.
- Winzenberg, T., van der Mei, I., Mason, R.S., Nowson, C. & Jones, G. 2012. Vitamin D and the musculoskeletal health of older adults. *Australian Family Physician* 41(3), 92–99.

- Woolf, A. & Åkesson, K. 2003. Preventing fractures in elderly people. *British Medical Journal* 327, 89–95.
- World Health Organization. What are the public health implications of global ageing? Viitattu 12.2.2013. <http://www.who.int/features/qa/42/en/index.html>.
- World Health Organization. Ageing. Viitattu 12.2.2013. <http://www.who.int>.
- World Health Organization. 1994. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of WHO Study Group 1994. WHO Technical Report Series 843. Geneva.
- World Health Organization. 2003. Prevention and management of osteoporosis. Report of a WHO Scientific Group 2003. WHO Technical Report Series 921. Geneva.
- World Health Organization. 2004. WHO Scientific Group on the assessment of osteoporosis at primary health care level. Summary Meeting Report Brussels, Belgium, 5–7.
- Zhu, K., Devine, A., Lewis, J.R., Dhaliwal, S.S. & Prince, R.L. 2011. "Timed up and go" test and bone mineral density measurement for fracture prediction. *Archives of Internal Medicine* 171(18), 1655–1661.