

SEERUMIN D-VITAMIINIPITOISUUDEN YHTEYS TASAPAINON VARMUUTTEEN, TASAPAINOON, LIKKUMISKYKYYN JA KAATUMISIIN LONKKAMURTUMASTA TOIPUVILLA HENKILÖILLÄ

Kati Korhonen

Gerontologian ja kansanterveyden

pro-gradu -tutkielma

Syksy 2015

Terveystieteiden laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Kati Korhonen (2015). Seerumin D-vitamiinipitoisuuden yhteys tasapainon varmuuteen, tasapainoon, liikkumiskykyyn ja kaatumisiin lonkkamurtumasta toipuvilla henkilöillä. Terveystieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, gerontologian ja kansanterveyden pro gradu-tutkielma, 47 s.

Lonkkamurtuma on yleisin iäkkäille henkilöille tapahtuva vakava tapaturma. Lonkkamurtumapotilailla on usein matala seerumin D-vitamiinipitoisuus, jonka on todettu olevan kaatumisen riskitekijä. Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää, onko seerumin D-vitamiinipitoisuus yhteydessä tasapainon varmuuteen, tasapainoon, liikkumiskykyyn ja kaatumisiin lonkkamurtumasta toipuvilla henkilöillä.

Tutkielmassa käytettiin Promotion of mobility after hip fracture (ProMo)-kokeellisen tutkimuksen aineistoa. D-vitamiinin ja vastemuuttujien välisiä yhteyksiä tarkasteltiin sekä poikkileikkaus- että pitkittäisasetelmissä. Pitkittäisanalyysiä varten ProMo -tutkimuksen koe- ja kontrolliryhmät yhdistettiin. Tämän tutkielman aineiston muodostavat ne 68 kotona asuvaa yli 60-vuotiasta lonkkamurtumasta toipuvaa miestä (n=14) ja naista (n=54), joiden seerumin D-vitamiinipitoisuus oli määritetty. D-vitamiinipitoisuus mitattiin alkumittausten yhteydessä, keskimäärin 9 viikkoa murtuman jälkeen. Tasapainon varmuutta mitattiin koetun tasapainon varmuus (ABC) -testillä, tasapainoa Bergin tasapainotestillä (BBS), liikkumiskykyä Timed Up and Go (TUG)-testillä ja lyhyellä fyysisen suorituskyvyn testistöllä (SPPB) keskimäärin 9 viikkoa murtuman jälkeen ja vuoden kuluttua murtumasta. Kaatumisten lukumäärä murtumaa edeltävän vuoden ajalta selvitettiin kyselylomakkeella. D-vitamiinin yhteyttä muuttujiin selvitettiin lineaarisella regressioanalyysillä.

Miehillä D-vitamiinipitoisuus oli yhteydessä tasapainon varmuuteen (ABC $\beta=.725$, $p=.003$), tasapainoon (BBS $\beta=.647$, $p=.012$) ja liikkumiskykyä kuvaavaan TUG-testiin (TUG $\beta=-.592$, $p=.026$), mutta ei SPPB-testiin (SPPB $\beta=.414$, $p=.141$) poikkileikkausanalyysissa. Kun mallit vakioitiin iällä ja rasvaprosentilla, miehillä yhteydet säilyivät vahvoina, mutta eivät tilastollisesti merkitsevinä (ABC $\beta=.728$, $p=.064$; BBS $\beta=.328$, $p=.147$; TUG $\beta=-.428$, $p=.291$; SPPB $\beta=.078$, $p=.131$). Pitkittäisanalyysissa D-vitamiinipitoisuus oli miehillä yhteydessä tasapainon varmuuteen (ABC $\beta=.843$, $p<.001$), tasapainoon (BBS $\beta=.724$, $p=.012$) ja SPPB-testiin (SPPB $\beta=.610$, $p=.027$), mutta ei TUG-testiin (TUG $\beta=-.567$, $p=.088$). Kun mallit vakioitiin tutkimusryhmällä, iällä ja rasvaprosentilla, tasapainon varmuus säilyi edelleen tilastollisesti merkitseväenä ($\beta=1.030$, $p=.008$). Naisilla yhteyttä ei havaittu. D-vitamiinipitoisuus ei ollut yhteydessä murtumaa edeltävän vuoden aikana tapahtuneiden kaatumisten lukumäärään.

Tämän tutkielman perusteella lonkkamurtumasta toipuvien miesten D-vitamiinipitoisuus näyttäisi olevan yhteydessä tasapainon varmuuteen, tasapainoon ja liikkumiskykyyn. Lisäksi miehillä, joilla oli korkeampi D-vitamiinipitoisuus lonkkamurtuman tapahtuessa, oli parempi tasapainon varmuus vuoden seurannassa. D-vitamiinipitoisuus ei ollut yhteydessä kaatumisiin sisä- tai ulkotiloissa murtumaa edeltävän vuoden aikana.

Avainsanat: D-vitamiini, tasapaino, tasapainon varmuus, liikkumiskyky, kaatuminen, ikään-tyneet, lonkkamurtuma

ABSTRACT

Kati Korhonen (2015). Association between Vitamin D-concentration, balance confidence, balance, mobility and falls in elderly people after hip fracture. Department of Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's Thesis of Gerontology and Public Health, 47 pp.

Hip fracture is the most common serious trauma that happens to the elderly people. Patients with hip fracture had often low vitamin D-concentration, which is risk factor for falls. Aim of this thesis was to examine the association between Vitamin D-concentration, balance confidence, balance, mobility and falls in elderly people after hip fracture.

This study was based on the data of RCT called Promotion of mobility after hip fracture (ProMo). Association between Vitamin D-concentration and outcome variables was examined with cross-sectional and longitudinal analyses. Intervention and control groups were combined for the longitudinal analyses. The data of this thesis was formed of those 68 community-dwelling over 60-year-old men and women recovering from hip fracture, whose Vitamin D-concentration was assessed. Vitamin D-concentration was measured at baseline, on average 9 weeks after fracture. Participant's balance confidence was measured with Activities-specific Balance Confidence-test (ABC), balance with Berg's balance scale (BBS), mobility with both Timed Up and Go-test (TUG) and Short Physical Performance Battery (SPPB) on average 9 weeks after fracture and and year after fracture. A questionnaire was used to assess falls of the previous year before the hip fracture. Association between Vitamin D-concentration and variables was analyzed with linear regression analyses.

Vitamin D-concentration was associated with balance confidence ($\beta=.725$, $p=.003$), balance ($\beta=.647$, $p=.012$) and TUG-test ($\beta=-.592$, $p=.026$), but not with SPPB ($\beta=.414$, $p=.141$) at baseline with men, but not with women. After adjustment for age and body fat percentage association remained strong, but statistically insignificant (ABC $\beta=.728$, $p=.064$; BBS $\beta=.328$, $p=.147$; TUG $\beta=-.428$, $p=.291$; SPPB $\beta=.078$, $p=.131$). Longitudinal analyses showed association between Vitamin D-concentration and balance confidence ($\beta=.843$, $p<.001$), balance ($\beta=.724$, $p=.012$) and SPPB ($\beta=.610$, $p=.027$), but not with TUG-test ($\beta=-.567$, $p=.088$) with men, but not with women. After adjustment for study group, age and body fat percentage, balance confidence remained statistically significant ($\beta=1.030$, $p=.008$). Vitamin D-concentration was not associated with falls.

Vitamin D-concentration was associated with balance confidence, balance and mobility with men, but not with women after hip fracture. In addition, men with higher Vitamin D-concentration had higher balance confidence after a year follow-up. Vitamin D-concentration was not associated with falls.

Keywords: Vitamin D, balance, balance confidence, mobility, falls, aged, hip fracture

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 LONKKAMURTUMA	2
2.1 Lonkkamurtumalle altistavia tekijöitä.....	2
2.1.1 Kaatuminen lonkkamurtuman riskitekijänä	4
2.2 Liikkumiskyky ja tasapaino lonkkamurtuman jälkeen.....	5
3 TASAPAINO JA TASAPAINON VARMUUS	6
4 D-VITAMIINI.....	8
4.1 D-vitamiinin aineenvaihdunta	8
4.2 Ikääntymisen vaikutus D-vitamiinin metaboliaan.....	11
4.3 D-vitamiinin vaikutus lihaksiin ja fyysiseen suorituskyykyyn	12
4.4 D-vitamiinin ja lonkkamurtuman yhteys.....	14
5 D-VITAMIININ YHTEYS TASAPAINOON, TASAPAINON VARMUUTEEN, LIKKUMISKYKYYN JA KAAATUMISIIN.....	16
6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	18
7 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	19
7.1 Tutkimusasetelma ja tutkittavat.....	19
7.2 Tutkimuksen eettisyys	19
7.3 Mittausmenetelmät	20
7.3.1 Tutkittavien taustatiedot ja antropometria.....	20
7.3.2 Seerumin D-vitamiini- ja parathormonipitoisuudet ja hemoglobiini	20
7.3.3 Tasapaino, tasapainon varmuus, liikkumiskyky ja kaatumisten lukumäärä.....	21
7.4 Aineiston analyysi	22
8 TULOKSET	23
8.1 Tutkittavien taustatiedot	23
8.2 Tasapaino, liikkumiskyky sekä kaatumisten lukumäärä	24
8.3 D-vitamiinipitoisuuden yhteys tasapainon varmuuteen ja toiminnalliseen tasapainoon.....	25
8.4 D-vitamiinin yhteys liikkumiskykyyn	27
8.5 D-vitamiinin yhteys kaatumisiin	28

8.6 Ennustaako D-vitamiinipitoisuus tasapainon varmuutta ja toiminnallista tasapainoa vuoden seurannassa?.....	29
8.7 Ennustaako D-vitamiinipitoisuus liikkumiskykyä vuoden seurannassa?.....	30
9 POHDINTA.....	32
LÄHTEET	37

1 JOHDANTO

Lonkkamurtuma on sen kokeneelle ihmiselle vakava vamma ja yhteiskunnalle mittava taloudellinen rasite. Iäkkäälle henkilölle lonkkamurtuma voi olla tekijä, joka aloittaa toimintakyvyn laskuun, ulkopuoliseen avun tarpeeseen tai jatkuvaan hoidon tarpeeseen johtavan tapahutumaketjun (Magaziner ym. 2000; Lüthje ym. 2001; Nurmi ym. 2003 Rantakokko ym. 2013). Suomessa neljännes lonkkamurtumapotilaista kuolee ensimmäisenä vuonna lonkkamurtuman jälkeen (Heikkinen ym. 2001), joten lonkkamurtumien ennaltaehkäisy ja jo murtuman saaneiden hyvä hoito ja kuntoutus ovat ensiarvoisen tärkeitä. Kuntoutuksen tärkeimpiä tavoitteita on itsenäinen liikkuminen, sillä itsenäisen liikkumiskyvyn saavuttaminen on kiinteästi yhteydessä tasapainon palautumiseen (Radosavljevic ym. 2013).

Tasapainon varmuudella tarkoitetaan henkilön subjektiivista kokemusta oman tasapainonsa hallitsemisesta päivittäisiä toimintoja suorittaessaan (Hatch ym. 2003). Tasapainon varmuus rinnastetaan usein myös kaatumisen pelkoon, mutta koettu tasapainon varmuus heijastelee myös alkavia toiminnallisia muutoksia esimerkiksi toimintakyvyssä. Lonkkamurtuman jälkeen tasapaino ja tasapainon varmuus (Sihvonen ym. 2009) sekä liikkumiskyky ovat heikentyneet (Sihvonen ym. 2009), mikä aiheuttaa toimintakyvyn heikkenemistä ja kaatumisen pelkoa. Nämä tekijät yhdessä lisäävät riskiä kaatua uudelleen (Sihvonen ym. 2009).

Lonkkamurtumapotilaista jopa 90 prosentilla on matala seerumin D-vitamiinipitoisuus ja puolella lonkkamurtuman kokeneista iäkkäistä henkilöistä on D-vitamiinipuutos (Nurmi ym. 2005; LeBoff 2008; Johnson ym. 2013; Nakano ym. 2011). Matalan D-vitamiinipitoisuuden (< 25 nmol/l) on todettu olevan iäkkäillä kotona asuvilla henkilöillä yhteydessä toistuviin kaatumisiin (Snijder ym. 2006), heikentyneeseen tasapainoon (Gerdhem ym. 2005) ja kohonneeseen lonkkamurtumariskiin (Holvik ym. 2013). Koska lonkkamurtumien määrä kasvaa jatkuvasti väestön ikääntymisen myötä, on oleellista selvittää niitä tekijöitä, jotka toisaalta auttavat ennaltaehkäisemään murtumia, ja toisaalta edesauttavat kuntoutumista murtuman jälkeen.

Tämän pro gradu-tutkielman tarkoituksena on selvittää, onko seerumin D-vitamiinipitoisuus yhteydessä tasapainoon, tasapainon varmuuteen, liikkumiskykyyn ja kaatumisiin lonkkamurtumasta toipuvilla yli 60-vuotiailla henkilöillä.

2 LONKKAMURTUMA

Lonkkamurtumalla tarkoitetaan reisiluun yläosan murtumaa, joka jaotellaan tyypillisesti murtuman sijainnin mukaisesti joko intrakapsulaariseen eli reisiluun kaulan murtumaan tai ekstrakapsulaariseen eli trokantteriseen murtumaan (Lüthje ym. 2011; Marks ym. 2003). Lonkkamurtuman riski kasvaa ikääntyessä. Kuudenkymmenen ja kahdeksankymmenen ikävuoden välillä lonkkamurtuman riski kasvaa 13-kertaiseksi, miehillä hieman myöhemmin kuin naisilla. Lonkkamurtumia esiintyy eniten iäkkäillä naisilla. Syyksi tähän on epäilty vaihdevuosien jälkeisiä hormonaalisia muutoksia lihaksissa ja luustossa (Allolio 1999; Benetos ym. 2007).

Suomessa lonkkamurtumien määrä lisääntyi huomattavasti 1970-luvulta 1990-luvulle. Sen jälkeen lonkkamurtumien ilmaantuvuus on tasaantunut ja ollut viime vuosina noin 7000 murtumaa vuodessa (Korhonen ym. 2013; Lonkkamurtuma 2011; Sund 2006). Samassa ajassa lonkkamurtumapotilaiden keski-ikä on noussut naisilla 75 vuodesta 82 vuoteen ja miehillä vastaavasti 70 vuodesta 76 vuoteen (Korhonen ym. 2013). Väestön ikääntyessä lonkkamurtumien määrän on arvioitu lisääntyvän Suomessa 13500:een vuoteen 2030 mennessä (Korhonen ym. 2013).

Lonkkamurtumista on merkittäviä taloudellisia seurauksia yhteiskunnassa. Yksi lonkkamurtuma maksoi vuonna 2003 yhteiskunnalle noin 14 500€ ensimmäisen vuoden aikana. Kustannukset nousivat liki 36 000 euroon, mikäli murtuman kokenut henkilö joutui laitoshoitoon (Nurmi ym. 2003). Tulevaisuudessa kustannukset saattavat kohota edelleen, koska hyvän hoidon myötä yhä useampi vanhus selviää lonkkamurtumasta, mutta alentuneen toimintakyvyn vuoksi ovat riippuvaisia yhteiskunnan tuesta kotona asuessaan (Marks 2010).

2.1 Lonkkamurtumalle altistavia tekijöitä

Tärkein lonkkamurtumalle altistava tekijä on kaatuminen. Kuitenkaan jokainen kaatuminen ei aiheuta lonkkamurtumaa, joten kaatumisen lisäksi tarvitaan muita riskitekijöitä. Näitä ovat esimerkiksi korkea ikä, fyysinen inaktiivisuus, lihasvoiman heikentyminen, kognitiivisen ja fyysisen toimintakyvyn heikentyminen, lääkkeiden käyttö, puutteellinen ravitseminen, suojaheijasteiden hidastunut toiminta, alhainen paino, apuvälineen käyttö ja tupakointi (Grisso ym. 1991; Koski ym. 1996; Allolio 1999; Wei ym. 2001; Marks ym. 2010; Mackey ym. 2011; Määttä ym. 2012). Kaatumisen yhteydessä lonkkamurtuman todennäköisyyteen vaikuttavat

myös kaatumisen vauhti, lonkkaan kohdistuvan iskun suunta ja alusta jolle kaadutaan (Grisso ym. 1991; Allolio 1999; Wei ym. 2001; Marks 2010). Tutkimusten mukaan lonkkamurtuman todennäköisyyttä ennustavat vaikeus suorittaa tandem-kävelyä, heikentynyt liikkumiskyky (Dargent-Molina ym. 1996; Wei ym. 2001; Määttä ym. 2012), heikko puristusvoima (Pluijm ym. 2005), vaikeus nousta tuolista seisomaan (Cummings ym. 1995), alaraajojen toimintahäiriö (Grisso ym. 1991) ja alaraajojen lihasmassan väheneminen (Hida ym. 2013).

Luun lujuus vaikuttaa lonkkamurtuman todennäköisyyteen, sillä lonkkamurtumaa pidetään osteoporoosin vakavimpana seurauksena (Marks 2010). Osteoporoosi on patologinen tila, jolle on tyypillistä luun mineraalitiheyden väheneminen ja mikrorakenteen heikkeneminen, jotka aiheuttavat luun rakenteen haurastumista ja lisäävät murtuman todennäköisyyttä (Wei ym. 2001; Johnell ym. 2005). WHO:n määritelmän mukaan on kyse osteoporoosista, kun luun mineraalitiheys on 2,5 keskihajontaa pienempi kuin terveiden 20 - 40-vuotiaiden naisten luun mineraalitiheys (Osteoporoosi 2014). Luun lujuuteen vaikuttavat luun geometria, mikrorakenne, aineenvaihduntanopeus, mineralisaatioaste sekä kollageenin rakenne (Allolio ym. 1999; Osteoporoosi 2014). Tyypillisimpiä osteoporoosiin liitettyjä murtumia ovat varttinäluun distaalipään murtumat, nikamamurtumat sekä lonkkamurtumat (Wei ym. 2001; Johnell ym. 2005). Lonkkamurtumariski lisääntyy jopa kaksin- tai kolminkertaiseksi, kun luun mineraalitiheys laskee yhden keskihajonnan verran (Schott ym. 1998; Wei ym. 2001; Johnell ym. 2005). Heikentynyt luun mineraalitiheys ennustaa reisiluunkaulan murtumaa, kun taas trokanteerisen alueen murtumaa ennustavat ikä ja heikko terveydentila (Schott ym. 1998; Fox ym. 2000).

Luun mineraalitiheys laskee ikääntymisen myötä sekä miehillä, että naisilla. Naisilla luuston mineraalitiheyden lasku kiihtyy vaihdevuosi-iässä. Vaihdevuosi-ian jälkeen luuston heikkeneminen tasaantuu, mutta kiihtyy uudelleen noin 70-vuotiaana (Berger ym. 2008). Luun mineraalitiheys heikkenee ikääntymisen myötä myös miehillä (Jones ym. 1994; Daly ym. 2013), mutta muutos on tasaisempi kuin naisilla (Berger ym. 2008). Yksi syy luun mineraalitiheyden heikkenemiseen ikääntyessä saattaa olla lihasvoimien heikentyminen, sillä lihasvoima, erityisesti reisissä, on yhteydessä luun mineraalitiheyteen (Proctor ym. 2000; Blain ym. 2001; Edwards ym. 2013).

Edellä mainittuihin lonkkamurtuman riskitekijöihin vaikuttavat ikääntymismuutokset, perimä, ympäristötekijät ja elintavat. Nämä tekijät vaikuttavat toisiinsa ja saattavat lisätä eri riskitekijöiden merkitystä.

2.1.1 Kaatuminen lonkkamurtuman riskitekijänä

Kaatumisten määrä lisääntyy iän myötä siten, että kolmannes yli 65-vuotiaista ja 40 prosenttia yli 80-vuotiaista kaatuu joka vuosi. Lisäksi kaatumisesta aiheutuvat vammat ovat sitä vakavampia mitä vanhempi ihminen on (Dargent-Molina ym. 1996). Kuten edellä mainittiin, jokainen kaatuminen ei johda loukkaantumiseen, mutta noin viidessä prosentissa kaatumisista seurauksena on murtuma (Allolio 1999). Lonkkamurtumista yli 90 prosenttia tapahtuu kaatumisen seurauksena (Grisso ym. 1999; Allolio 1999; Marks ym. 2003). Kaatumistapaturmaan johtavia riskitekijöitä on lukuisia ja mitä useampia riskitekijöitä iäkkäällä henkilöllä on, sitä todennäköisempää on myös kaatuminen (Tinetti 2003; Benetos ym. 2007). Useat lonkkamurtuman riskitekijöistä ovat myös kaatumisen riskitekijöitä (Grisso ym. 1991). Riskitekijät jaetaan sisäisiin ja ulkoisiin riskitekijöihin. Sisäiset riskitekijät liittyvät ihmisen yksilöllisiin ominaisuuksiin, kuten toimintakykyyn ja sairauksiin. Ulkoiset riskitekijät liittyvät fyysiseen elinympäristöön.

Monet ikääntymiseen liittyvät fyysiset muutokset altistavat kaatumiselle vaikeuttamalla tasapainon hallintaa. Kaatumisen riskitekijöitä ovat fyysinen inaktiivisuus (Marks ym. 2003; Benetos ym. 2007; Määttä ym. 2012), lihasvoiman ja tasapainon heikentyminen, neuropatiat ja reaktioajan hidastuminen (Grisso ym. 1991; Cummings ym. 1995; Dargent-Molina ym. 1996; Koski ym. 1996; Allolio 1999; Close ym. 1999; Tinetti 2003). Esimerkiksi Closen ym. (1999) tekemässä satunnaistetussa kokeellisessa tutkimuksessa lähes kolmanneksella tutkimukseen osallistuneista kaatumistapaturman kokeneista henkilöistä oli alentunut lihasvoima jaloissa ja viidenneksellä perifeerinen neuropatia (Close ym. 1999).

Ihmisen ikääntymiseen liittyvien fyysisten muutosten lisäksi useat krooniset sairaudet, kuten näön heikkeneminen (Cummings ym. 1995; Grisso ym. 1991; Allolio 1999; Close ym. 1999; Tinetti ym. 2003), neurologiset sairaudet (Grisso ym. 1991; Marks 2010), huimaus (Graafmans ym. 1996), niveltulehdus (Tinetti ym. 2003), sydän- ja verisuonielimistön sairaudet (Close ym. 1999) ja kognitiiviset häiriöt (Allolio 1999; Tinetti ym. 2003) altistavat kaatumiselle.

Ympäristössä olevat tekijät voivat lisätä kaatumisen todennäköisyyttä. Sisä- ja ulkotiloissa olevat esteet, kuten kynnykset, huonosti hoidetut kadut tai heikko valaistus lisäävät kaatumisen riskiä (Nyman ym. 2013). Lisäksi tiettyjen lääkkeiden käyttö, kuten barbituraattien ja se-

datiivien, sekä alkoholin liikakäyttö lisäävät kaatumistapaturman riskiä (Cummings ym. 1995; Marks ym. 2003).

2.2 Liikkumiskyky ja tasapaino lonkkamurtuman jälkeen

Liikkumiskyvyllä tarkoitetaan ihmisen kykyä siirtyä paikasta toiseen turvallisesti ja itsenäisesti, miten ja milloin hän haluaa (Satariano ym. 2012). Lonkkamurtuma vaikeuttaa liikkumista pitkään murtuman jälkeen. Luonnollista paranemista tapahtuu noin puoleen vuoteen saakka lonkkamurtuman jälkeen (Magaziner ym. 2000), mutta tutkimuksesta ja aineistosta riippuen lopullinen toiminta- ja liikkumiskyky jää 30-83 %:lla lonkkamurtumapotilaista aiempaa heikommalle tasolle (Magaziner ym. 2000; Visser ym. 2000). Nopeinta palautuminen on kävelyn ja tasapainon osalta, mutta alaraajojen toimintakyvyn palautumiseen voi kulua lähes vuosi (Magaziner ym. 2000). Toiminta- ja liikkumiskyvyn palautumiseen vaikuttavat muun muassa lihasvoima (Visser ym. 2000), yleinen terveydentila, ikä (Radosavljevic ym. 2012) ja toimintakyky sairaalasta kotiutumisasiheessa (Boonen ym. 2004). Useat samanaikaiset toimintakyvyn rajoitteet lisäävät liikkumisen vaikeuksia (Rantakokko ym. 2012). Lonkkamurtuman vuoksi heikentynyt liikkumiskyky rajoittaa elämää ja saattaa johtaa pysyvään toimintakyvyn laskuun (Guralnik ym. 1995).

Lonkkamurtuma vaikuttaa tasapainoon monin tavoin. Lonkkamurtuma heikentää lihasvoimaa (Visser ym. 2000). Erityisesti terveen ja murtuneen raajan lihasvoimien eron on todettu vaikeuttavan liikkumista ja tasapainon ylläpitoa (Portegijs ym. 2008) ja lisäävän uudelleen kaatumisen riskiä (Portegijs ym. 2006). Lisäksi lonkkamurtuman jälkeen tasapaino ja tasapainon varmuus (Sihvonen ym. 2009) sekä liikkumiskyky ovat heikentyneet (Sihvonen ym. 2009). Tästä seuraa kaatumisen pelkoa, mikä puolestaan lisää riskiä kaatua uudelleen (Sihvonen ym. 2009).

Epävarmaksi koetun tasapainon ja toiminnallisen tasapainon häiriöiden on todettu vaikeuttavan lonkkamurtumasta toipumista ja aiheuttavan toimintakyvyn heikkenemistä (Edgen ym. 2012). Erityisesti miehillä tasapainon on todettu palautuvan naisia huonommin lonkkamurtuman jälkeen ja hidastavan murtumasta toipumista (Radosavljevic ym. 2012). Pelko uudesta murtumasta saattaa vaikuttaa enemmän elämän laatuun, toimintakykyyn ja liikkumiseen kuin lonkkamurtuma itsessään (Li ym. 2003; Portegijs ym. 2012; Edgren ym. 2013).

3 TASAPAINO JA TASAPAINON VARMUUS

Tasapainolla tarkoitetaan kykyä ylläpitää haluttu asento kehon ollessa paikallaan tai liikkue-
sa. Tasapainon ylläpitoon tarvitaan sisäkorvan tasapainoelimiä eli vestibulaarijärjestelmää,
pinta- ja niveltuntoa eli somatosensoriikkaa ja propioseptiikkaa sekä näköaistia. (Ahtiainen
2007, 187). Tasapaino on joko staattista tai dynaamista. Staattisella tasapainolla tarkoitetaan
kykyä säilyttää kehon tasapaino seisoen yhdessä pisteessä. Dynaamisella tasapainolla tarkoi-
tetaan tasapainon ylläpitoa liikuttaessa, esimerkiksi kuroteltaessa tai siirryttäessä pisteestä toi-
seen (Ahtiainen 2007, 188). Tasapainoa säätelevät tuki- ja liikuntaelimet sekä keskushermosto
kosketusta, painetta, lämpötilaa ja kipua aistivien reseptorien avulla (Rogers ym. 2013).

Tasapainon varmuudella tarkoitetaan henkilön kokemaa varmuutta suorittaa tasapainon hal-
lintaa vaativia päivittäisiä toimintoja (Hatch ym. 2003). Tasapainon epävarmuus on tavallista
iäkkäillä henkilöillä ja sen kehittymiseen liittyy useita tekijöitä kuten aikaisemmat kaatumiset,
kipu ja fyysinen suorituskyky (Hadjistavropoulos ym. 2011). Tasapainon varmuus yhdistetään
usein kaatumisen pelkoon, joka heikentää liikkumis- ja toimintakykyä ja kiihdyttää toiminta-
kyvyn heikkenemistä (Portegijs ym. 2012). Ja päinvastoin; toimintakyky pysyy parempana
fyysisen suorituskyvyn heikkenemisestä huolimatta, mikäli henkilöllä on hyvä tasapainon
varmuus (Hatch ym. 2003).

Vaikka heikko tasapainon varmuus ja kaatumisen pelko yhdistetään usein toistuviin kaatumi-
siin ja lonkkamurtumaan (Sihvonen ym. 2009), ei heikko tasapainon varmuus johda suoraan
kaatumisiin, sillä ne henkilöt, joilla on heikko tasapainon varmuus, välttävät toimintoja joihin
liittyy riski kaatua (Hatch ym. 2003). Lisäksi on esitetty, että kaatumisen pelko itsessään ei
ole kaatumisen riskitekijä, vaan niiden välistä yhteyttä välittävät todennäköisesti tasapainon ja
liikkumiskyvyn vaikeudet (Hadjistavropoulos ym. 2011). Tasapainon varmuuden ja kehon
huojunnan välillä onkin havaittu olevan yhteys siten, että kehon huojunta on pienempää niillä
henkilöillä, joilla on parempi tasapainon varmuus kuin heillä, joilla tasapainon varmuus on
heikompi (Hatch ym. 2003).

Ikäännyttäessä tasapaino heikkenee sekä normaaliin ikääntymiseen liittyvien fyysisten muu-
tosten että kroonisten sairauksien yleistymisen myötä. Tasapainon ylläpitoa vaikeuttavat li-
hasvoiman heikkeneminen, lihasten toiminnan säätelyn heikkeneminen, kehon huojunnan
lisääntyminen, ääreis- ja keskushermoston rappeutuminen sekä myötäliikkeiden ja refleksien
hidastuminen (Granacher ym. 2012; Rogers ym. 2013). Ikääntymisen myötä yleistyvät kroo-

niset sairaudet vaikuttavat muun muassa neurologiseen ja kognitiiviseen toimintakykyyn sekä heikentävät hermoston ja aistien toimintaa, ja heikentävät siten tasapainoa (Rogers ym. 2013).

4 D-VITAMIINI

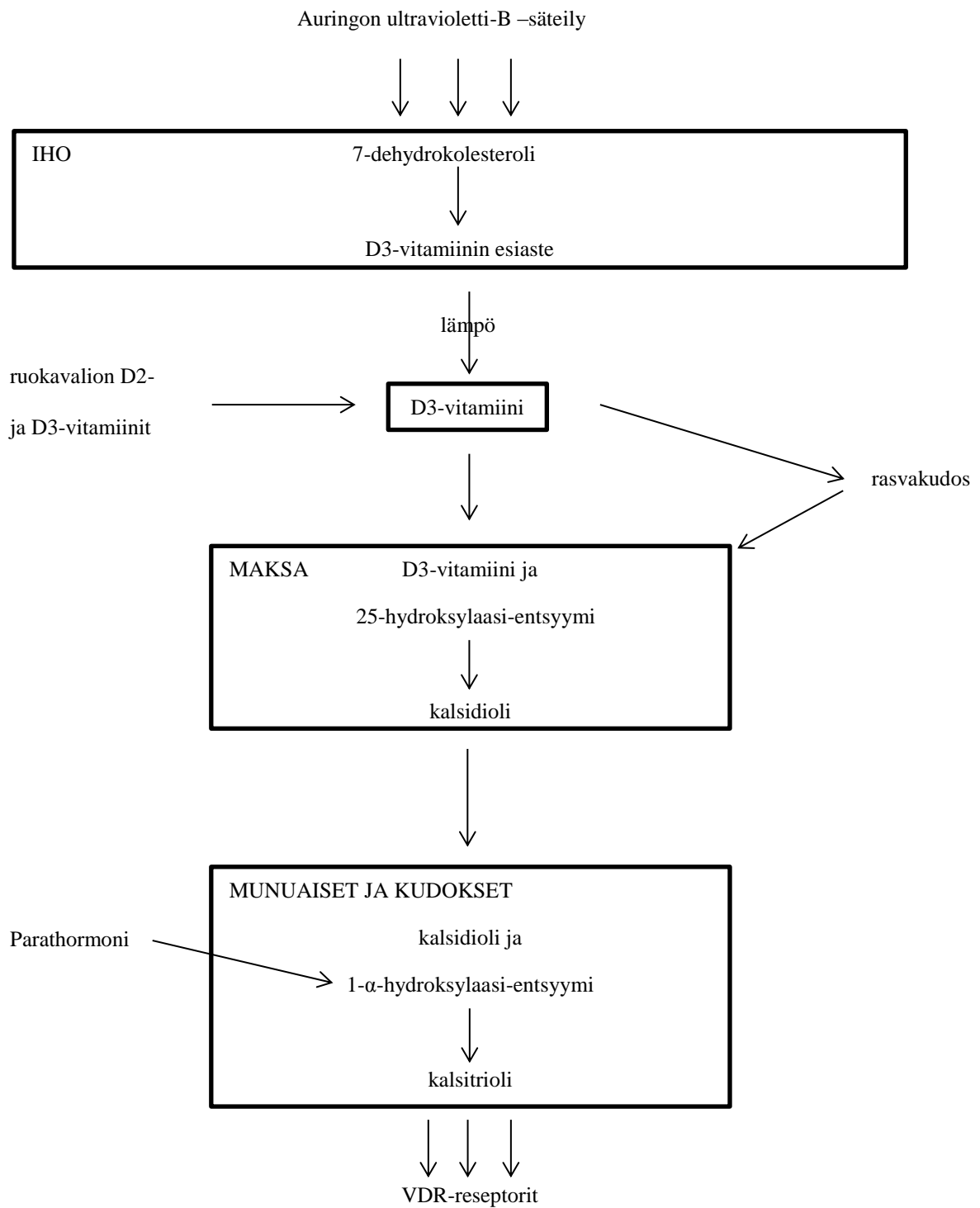
D-vitamiini on elimistössä laaja-alaisesti vaikuttava hormoni (Lauretani ym. 2010), jonka tärkein tehtävä on kalsium- ja fosfaattiainenvaihdunnan säätely sekä luuston aineenvaihdunnan ylläpito yhdessä parathormonin kanssa (Kulie ym. 2009; Pludowski ym. 2013). D-vitamiinin vaikutusmekanismi perustuu D-vitamiinireseptoreihin (VDR, Vitamin D-receptor), joita on lähes kaikissa elimistön solutyypeissä. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on todettu D-vitamiinilla olevan lukuisia vaikutuksia elimistön toimintaan ja terveyteen (DeLuca 2004; Timpini ym. 2011).

4.1 D-vitamiinin aineenvaihdunta

Auringon ultravioletti B-säteily muuttaa ihossa olevan kolesterolijohdannaisen (7-dehydrokolesteroli) D-vitamiinin esiasteeksi, joka kehon lämmön vaikutuksesta muuntuu D3-vitamiiniksi (DeLuca 2004; Holick 2011). D-vitamiinia voidaan saada ihossa tapahtuvan reaktion lisäksi ravinnosta, jossa se on eläinperäisen D3-vitamiinin tai kasvipärisen D2-vitamiinin muodossa (Lips 2006a). Koska D-vitamiini on rasvaliukoinen, se varastoituu elimistön rasvakudokseen (Lauretani ym. 2010).

D3-vitamiini kulkeutuu D-vitamiinia sitovan proteiinin (DBP, D-binding protein) avulla maksaan, jossa se muuntuu 25-hydroksylaasi-entsyymillä (CYP27A1) avulla 25-hydroksi-D-vitamiiniksi (25(OH)D) eli kalsidioliksi (Holick 2007). Tätä ensimmäisen asteen muunnosta D3-vitamiinista kalsidioliksi ei säädellä, joten D3-vitamiinin saanti vaikuttaa suoraan kalsidiolin pitoisuuteen veressä (Lips 2006a; Holick 2007). Elimistössä kalsidioli säilyy noin viisi viikkoa, joten sen saannin on oltava jatkuvaa (Timpini ym. 2011).

Kalsidioli ei ole kuitenkaan D-vitamiinin aktiivinen muoto. Kalsidioli kulkeutuu munuaisiin, jossa se muuntuu 1-alfa-hydroksylaasi-entsyymillä (CYP27B1) avulla 1,25(OH)D-vitamiiniksi eli kalsitrioliksi (DeLuca 2004; Lips 2006a). Lisäksi tiedetään, että munuaisten lisäksi monissa muissakin kudoksissa on 1-alfa-hydroksylaasientsyymiä, jolloin solut voivat muuntaa kalsidiolia kalsitrioliksi omien tarpeidensa mukaan, eivätkä ole riippuvaisia munuaisten tuottamasta 1-alfa-hydroksylaasientsyymistä (Lips 2006a; Timpini ym. 2011). Lisäkilpirauhasen parathormoni on 1-alfa-hydroksylaasin tärkein aktivoija, mutta välillisesti siihen vaikuttavat myös elimistön matalat kalsium- ja fosforipitoisuudet (Lips 2006a). (Kuva 1.)



KUVA 1. D-vitamiinin aineenvaihdunta.

Kalsitriolin puoliintumisaika on vain neljästä kuuteen tuntia (Timpini ym. 2011). Koska kalsitrioli ei säily elimistössä kauan, verestä mitataan kalsidiolin määrä, kun halutaan arvioida elimistön D-vitamiinipitoisuutta. Tässä tutkielmassa D-vitamiinipitoisuudella tarkoitetaan serumista mitattua kalsidiolipitoisuutta.

Kalsitriolin tärkeä vaikutuskohde on kalsiumin ja fosforin imeytymisen stimulointi suolistossa ja luuston mineralisaatiosta huolehtiminen yhdessä parathormonin kanssa (Holick 2011). Serumien kalsium-pitoisuus on tarkkaan säädeltyä. Kun veren kalsiumpitoisuus laskee, solukalvojen natriumin läpäisevyys kasvaa ja hermosolujen säätely häiriintyy johtaen tuntohäiriöihin ja hoitamattomana lihasten kouristeluun (Nienstedt ym. 1995, 387).

D-vitamiini vaikutus elimistössä tapahtuu solujen VDR-reseptorien välityksellä kahdella tavalla. Kalsitrioli säätelee solunsisäisen ja -ulkoisen kalsiumpitoisuuden määrää sitoutumalla suoraan solukalvon reseptoreihin (Annweiler ym. 2010). Toiseksi kalsitrioli sitoutuu solun sytoplasmassa oleviin VDR-reseptoreihin, jonka jälkeen ne siirtyvät tumaan ja sitoutuvat DNA:han kohdegeeniensä säätelyalueelle ja käynnistävät transkription. (DeLuca 2004; Heino & Vuento 2014; Ryyänen 2014). Näin syntyneet proteiinit aiheuttavat muutoksia esimerkiksi kalsiumaineenvaihdunnassa (Annweiler ym. 2010).

Kalsitrioli ja parathormoni osallistuvat elimistön kalsium-homeostaasin ylläpitoon siten, että mikäli elimistön kalsium-pitoisuus laskee, 1-alfa-hydroksylaasin ja parathormonin erityis lisääntyvät (Lips 2006a; Holick 2011). Parathormoni stimuloi osteoklasteja, jotka vapauttavat luustosta kalsiumia verenkiertoon (Holick 2011). Kalsitrioli lisää kalsiumin imeytymistä suolistosta (Lips 2006a; Holick 2011) ja toisaalta estää kalsiumin erittymistä munuaista (DeLuca 2004). Kun elimistön kalsitriolin määrä ja kalsium-pitoisuus nousevat, parathormonin erityis vähenee (Lips 2006a; Holick 2011).

Sekundaarinen hyperparatyreoosi on seurausta siitä, että elimistö yrittää kompensoida veren matalaa kalsiumpitoisuutta lisäämällä parathormonin erityistä. Sekundaarista hyperparatyreoosia aiheuttavat D-vitamiinin puutos elimistössä, munuaisten toiminnanvajausta ja vähäinen kalsiumin saanti ravinnosta. Sekundaarinen hyperparatyreoosi aiheuttaa luuston heikkenemistä stimuloimalla osteoklasteja, kiihdyttää lihasten proteiinien hajoamista ja verisuonten kalkkeutumista. Ikääntyvillä ihmisillä hyperparatyreoosi kiihdyttää ikääntymiseen liittyvää luuston heikkenemistä edelleen. (Timpini ym. 2011; Lauretani ym. 2010.)

4.2 Ikääntymisen vaikutus D-vitamiinin metaboliaan

On arvioitu, että jopa puolella vanhuksista (Lauretani ym. 2010) ja vanhoista vanhimmilla ja vaihdevuosi-ien ohittaneilla naisilla on D-vitamiinin puutos (Lauretani ym. 2010). Lisäksi 64 %:lla osteoporoosia sairastavista on raportoitu olevan D-vitamiinin puutos (Lips ym. 2006b). Naisilla D-vitamiinipitoisuus alkaa laskea jo 50-ikävuoden jälkeen, miehillä vasta 70-vuotiaana (Maggio ym. 2005). Ikääntyvien ihmisten D-vitamiinin puutokseen on useita syitä. Elämäntapatekijät, kuten vähäinen ulkoilu ja heikko ravinto, vähentävät D-vitamiinin saantia (Holick 2007; Lauretani ym. 2010), mutta D-vitamiinin puutokseen on myös fysiologisia syitä (Lauretani ym. 2010).

Ihossa tapahtuva D-vitamiinisynteesi heikkenee ikääntyessä, erityisesti 70-ikävuoden jälkeen. Siihen johtavat ihon 7-dehydrokolesterolin määrän väheneminen ja ihon ikääntymiseen liittyvä atrofioituminen (Lauretani ym. 2010). Lisäksi elimistön rasvakudoksen määrä lisääntyy ikääntyessä, jolloin D-vitamiini levittäytyy suurempaan massaan ja elimistön käytettävissä oleva D-vitamiinin määrä on suhteellisesti pienempi (Timpini ym. 2011). Snijderin ym. (2005) tekemässä tutkimuksessa havaittiin, että yli 65-vuotiailla kehon rasvan määrä oli negatiivisesti verrannollinen seerumin D-vitamiinipitoisuuteen ja positiivisesti verrannollinen parathormoni-pitoisuuteen (Snijder ym. 2005). Tiedetään myös, että ikääntyminen vaikuttaa D-vitamiinin ja parathormonin väliseen suhteeseen niin, että matala D-vitamiinipitoisuus nostaa parathormonitasoa voimakkaammin iäkkäillä kuin nuoremmilla ihmisillä (Maggio ym. 2005).

Munuaisten toiminnan heikentyessä ikääntymisen myötä 1-alfahydroksylaasin määrä vähenee, jolloin kalsidiolin muuntaminen kalsitrioliksi heikkenee. Lisäksi naisilla kalsidiolin muuntumista kalsitrioliksi heikentää estrogeenin määrän väheneminen vaihdevuosi-ien jälkeen (Miettinen ym. 2012). Kalsitriolin resistenssiä aiheuttaa puolestaan VDR-reseptorien määrän väheneminen eri kudoksissa ikääntymisen myötä (Bischoff-Ferrari ym. 2004; Timpini ym. 2011).

Tutkimusten mukaan D-vitamiinin saanti on riittävää, kun seerumin D-vitamiinipitoisuus on aikuisilla ja vanhuksilla 50 - 100 nmol litrassa. 50 - 75 nmol D-vitamiinia litrassa riittää kattamaan luuston ja lihasten hyvinvoinnin (Lips 2004; Bischoff-Ferrari 2009; Timpini ym. 2011). D-vitamiinipitoisuutta pidetään matalana, kun seerumin D-vitamiinipitoisuus on alle 37,5 - 50 nmol litrassa. D-vitamiininpuutoksen raja-arvoksi on määritelty alle 20 nmol litrassa (Nurmi ym. 2005; LeBoff ym. 2008). D-vitamiinin ja parathormonin suhde näkyy siten, että

D-vitamiinipitoisuuden noustessa parathormonin määrä laskee. Lipsin ym. (2006b) tutkimuksen mukaan parathormonipitoisuuden on havaittu olevan matalimmillaan kun D-vitamiinipitoisuus on 87.5 nmol/l (Lips ym. 2006b).

Bischoff-Ferrarin (2009) mukaan seerumin D-vitamiinipitoisuus on 75 - 100 nmol litrassa 50 %:lla aikuisista, jotka nauttivat D-vitamiinia 17,5 - 25 µg päivässä, eli puolet aikuisista tarvitsee D-vitamiinia tätä suurempia annoksia. Aikuisista, jotka nauttivat 100 µg D-vitamiinia päivässä, 88 prosentilla seerumin D-vitamiinipitoisuus oli vähintään 75 nmol litrassa (Bischoff-Ferrari 2009). Tutkimusten mukaan riittävä annos D-vitamiinia luuston hyvinvoinnin kannalta on aikuisilla 17,5 – 50 µg vuorokaudessa (Holick 2007; Bischoff-Ferrari 2009; Timpini ym. 2011). D-vitamiinipitoisuutta suositellaan mitattavaksi vanhuksilla säännöllisesti riittävän D-vitamiinilisän annostelemiseksi (Holick 2007). Suomen Ravitsemusneuvottelukunnan ohjeiden mukaan D-vitamiinia suositellaan yli 75-vuotiaille 20 µg vuorokaudessa ympäri vuoden riippumatta ruokavaliosta (Valtion Ravitsemusneuvottelukunta 2014).

Koska D-vitamiini on rasvaliukoinen ja kertyy elimistöön, voi sen nauttiminen suurina annoksina olla vaarallista. Liian korkea elimistön D-vitamiinipitoisuus voi aiheuttaa myrkytyksen, johon liittyy hyperkalsemiaa (Holick 2011). Vaarallisen korkeana D-vitamiinipitoisuutta pidetään silloin, kun sen määrä on yli 500 nmol litrassa (Timpini ym. 2011; Christodoulou ym. 2013). Esimerkiksi aikuiset voivat nauttia D-vitamiinia jopa 250 µg vuorokaudessa vähintään viiden kuukauden ajan ilman, että siitä seuraisi myrkytysoireita (Holick 2011).

4.3 D-vitamiinin vaikutus lihaksiin ja fyysiseen suorituskykyyn

D-vitamiinin vaikutukset lihassolussa perustuvat kalsium-, fosfaatti- ja fosfolipidiaineenvaihdunnan sekä solun jakautumisen säätelyyn (Janssen ym. 2002). D-vitamiini vaikuttaa solun kalsiumpitoisuuden määrään säätelemällä solukalvon kalsiumkanavien toimintaa yhdessä parathormonin kanssa. Kalsium on olennainen osa lihaksen supistumisen aiheuttavien molekyylien toimintaa (Holick 2006; Girgis ym. 2013).

Bischoff-Ferrari ym. (2004a) havaitsivat tutkimuksessaan lihaksen VDR-reseptorien lukumäärän vähenevän ikääntymisen myötä naisilla. Tutkimuksessa pohdittiin myös vanhuksilla yleisen matalan D-vitamiinipitoisuuden ja vähenevien VDR-reseptorien vaikutusta lihassolujen proteiinisynteesiin ja sitä kautta sarkopenian kehittymiseen, mutta kiistattomia todisteita pohdinnan tueksi ei esitetty (Bischoff-Ferrari ym. 2004a). Kuitenkin D-vitamiinin puutos on

yhdistetty ikääntyvillä henkilöillä lihasvoiman ja fyysisen suorituskyvyn heikkouteen. Tutkimuksissa lihasvoimaa on tutkittu käden puristusvoimatestillä ja alaraajojen lihasvoimatesteillä ja suorituskykyä erilaisilla kävelytesteillä (Janssen ym. 2002; Holick 2011; Muir & Montero-Odasso 2011; Timpini ym. 2011).

Matala D-vitamiinipitoisuus (<37,5 nmol/l) oli poikkileikkaustutkimuksissa yhteydessä itsenäisesti asuvilla ikääntyvillä henkilöillä heikompaan lihasvoimaan ja suorituskykyyn (Houston ym. 2002; Zamboni ym. 2002; Dam ym. 2007). Vastaavasti normaali tai korkea D-vitamiinipitoisuus yhdistettiin parempaan lihasvoimaan (Bischoff-Ferrari ym. 1999). Zambonin ym. (2002) ja Damin ym. (2007) tutkimuksessa yhteys havaittiin vain naisilla (Zamboni ym. 2002; Dam ym. 2007), kun taas Bischoff-Ferrarin ym. (1999) tutkimuksessa D-vitamiinipitoisuuden ja alaraajojen voimantuottotehon yhteys havaittiin vain miehillä (Bischoff-Ferrari ym. 1999). Fyysistä suorituskykyä Short Physical Performance Battery (SPPB)-testillä mitanneet Tieland ym. (2013) raportoivat, että haurailta iäkkäillä henkilöillä D-vitamiinipitoisuus oli positiivisessa yhteydessä suorituskykyyn. Niillä henkilöillä, joilla D-vitamiinipitoisuus oli yli 50nmol/l, SPPB-testin tulokset olivat kaksi pistettä paremmat kuin niillä, joilla D-vitamiinipitoisuus oli alle 50nmol/l (Tieland ym. 2013).

Matalan D-vitamiinipitoisuuden todettiin kolmen vuoden seurannassa ennustavan yli 65-vuotiailla itsenäisesti asuvilla henkilöillä heikompa fyysistä suorituskykyä ja nopeampaa toimintakyvyn heikkenemistä verrattuna heihin, joilla D-vitamiinipitoisuus oli normaaliarvojen rajoissa (Wicherts ym. 2007; Sohl ym. 2013). Sen sijaan Verraultin ym. (2002) tutkimuksessa yli 65-vuotiailla naisilla, joiden toimintakyky oli alkutilanteessa lievästi heikentynyt, D-vitamiinipitoisuudella ei havaittu olevan yhteyttä lihasvoiman tai liikkumiskyvyn heikkenemiseen kolmen vuoden seurannassa (Verrault ym. 2002).

Matalan D-vitamiinipitoisuuden korjaamisen vaikutusta lihasvoimaan ja fyysiseen suorituskykyyn on tutkittu kokeellisilla tutkimuksilla. Kotona asuvilla yli 65-vuotiailla ihmisillä D-vitamiinilisä, 10 – 50 µg/vrk tutkimuksesta riippuen, ei vaikuttanut lihasvoimaan, vaikka seerumin D-vitamiinipitoisuus korjaantui ja parathormonin määrä verenkierrrossa väheni (Kenny ym. 2003; Janssen ym. 2009; Bjerk ym. 2013). D-vitamiinilisää annettiin kuudesta viikosta (Bjerk ym. 2013) kuuteen kuukautta (Kenny ym. 2011; Janssen ym. 2009). Vastaava tutkimustulos oli Dhesin ym. (2004) tutkimuksessa, jossa D-vitamiinilisä annettiin suurena kertannoksena (15 000 µg) lihakseen (Dhesi ym. 2004). Osassa tutkimuksia D-vitamiinin lisäksi koehenkilöille annettiin kalsiumia (Kenny ym. 2003; Janssen ym. 2009). Muir & Montero-

Odasson (2011) tekemässä meta-analyysissä D-vitamiinilisä (20 – 25 µg/vrk) kuitenkin paransi hieman lihasvoimaa, jota arvioitiin mittaamalla polven ojennusvoimaa ja käden puristusvoimaa. Kokeellisten tutkimusten vertailua vaikeutti kuitenkin tutkimuksissa käytettyjen annosten ja asetelmien erot. Paras vaikutus havaittiin silloin, kun D-vitamiinipitoisuus oli lähtötilanteessa alle 75 nmol/l (Muir & Montero-Odasso 2011). Tulos on johdonmukainen, sillä yhteys elimistön ravintoainepitoisuuden ja fysiologisen toiminnan välillä ei ole lineaarinen, vaan käänteisen U:n muotoinen. Toisin sanoen, ravintoaineiden sopiva pitoisuus voi vaihdella, mutta sen ollessa hyvin matala tai korkea, elimistön toiminta häiriintyy (Morris 2012).

4.4 D-vitamiinin ja lonkkamurtuman yhteys

D-vitamiinin ja lonkkamurtuman yhteyttä on tutkittu melko vähän. Valtaosassa tutkimuksista tarkastellaan elimistön D-vitamiinipitoisuuden ja D-vitamiinilisän yhteyksiä luun laatuun ja murtumariskiin yleisemmin.

Lonkkamurtuman jälkeen ensimmäisen sairaalahoitajakson aikana mitattu D-vitamiinipitoisuus oli tutkimuksesta riippuen matala 50-90 prosentilla potilaista, ja jopa puolella lonkkamurtuman kokeneista iäkkäistä henkilöistä oli D-vitamiinipuutos terveisiin samankäisiin henkilöihin verrattuna (Nurmi ym. 2005; LeBoff 2008; Johnson ym. 2013; Nakano ym. 2013). Lisäksi lonkkamurtumia oli enemmän niillä henkilöillä, joilla D-vitamiinipitoisuus oli erittäin alhainen (<12 µg/l) (Looker 2013; Mosele ym. 2013; Seitz ym. 2013). Holvikin ym. (2013) laajassa tutkimuksessa lonkkamurtuman riski oli kohonnut 38 prosenttia niillä ihmisillä, joilla seerumin D-vitamiinipitoisuus oli matala (alle 42 nmol/l) verrattuna heihin, joilla pitoisuus oli korkeampi (yli 70 nmol/l) (Holvik ym. 2013). Vastaavasti de Koning ym. (2013) havaitsi, että lonkkamurtuman riski laskee 19 prosenttia, kun seerumin D-vitamiinipitoisuus nousee 10 nmol/l. Tämä havainto koski niitä lonkkansa murtaneita ihmisiä, joiden D-vitamiinipitoisuus oli alle 70 nmol/l (de Koning ym. 2013). Lisäksi elimistön D-vitamiinipitoisuuden korjaamisella oli vähennetty koeryhmän lonkkamurtumariskiä (RR 0,74-1,69) kontrolliryhmään verrattuna (Chapuy ym. 2002; Bischoff-Ferrari ym. 2003).

D-vitamiinin yhteyttä luuston mineraalitiheyteen on tutkittu runsaasti. Alhaisella D-vitamiinipitoisuudella (<30 nmol/l) havaittiin olevan yhteys luun mineraalitiheyden heikentymiseen terveillä yli 65-vuotiailla miehillä ja naisilla (Lips ym. 2006b; Looker 2013; Mosele ym. 2013; Seitz ym. 2013). Toisaalta Hannanin ym. (2000) neljän vuoden seurantatutkimuk-

sessä luun mineraalitiheys laski iäkkäillä miehillä ja naisilla, eikä D-vitamiinipitoisuudella ollut merkitystä tiheyden laskun voimakkuuteen (Hannan ym. 2000).

Luun mineraalitiheyden heikkenemistä onnistuttiin hidastamaan tai pysäyttämään kokeellisissa tutkimuksissa kotona tai laitoshoidossa asuvilla yli 65-vuotiailla ihmisillä. Tutkimuksissa D-vitamiinilisää käytettiin vähintään 20 µg vuorokaudessa. Osassa tutkimuksia D-vitamiiniin oli yhdistetty kalsium (Chapuy ym. 2002; Bischoff-Ferrari ym. 2005; Macdonald ym. 2012). Lisäksi D-vitamiinilisän havaittiin normalisoivan elimistön kohonnutta parathormonipitoisuutta silloin, kun D-vitamiinipitoisuus on ollut matala (Chapuy ym. 2002; Harwood ym. 2004; Macdonald ym. 2013; Seitz ym. 2013). Lonkkamurtuman jälkeen annettu D-vitamiinilisä joko kertapistoksena (7500 µg) tai 20 µg vuorokaudessa lisäsi luun mineraalitiheyttä vuoden seurannan aikana (Harwood ym. 2004).

D-vitamiinin, parathormonin ja luuston mineraalitiheyden yhteydestä on saatu myös ristiriitaisia tutkimustuloksia. D-vitamiinin määrää, parathormonipitoisuuden vaihtelua ja niiden yhteyttä murtumariskin lisääntymiseen iäkkäillä henkilöillä tutkivat muun muassa Seitz ym. (2013) ja Arabi ym. (2012). Seitzin lonkkamurtumatutkimuksessa matalan D-vitamiinipitoisuuden katsottiin olevan yhteydessä heikentyneeseen luuntiheyteen, kun taas parathormonipitoisuuden ja heikentyneen luuntiheyden välillä yhteyttä ei löydetty (Seitz ym. 2013). Sen sijaan Arabin (2012) tutkimuksessa terveiden iäkkäiden ihmisten kohonnut parathormonipitoisuus oli tärkein tekijä luuntiheyden heikkenemiselle, ei D-vitamiinipitoisuus (Arabi ym. 2012).

5 D-VITAMIININ YHTEYS TASAPAINOON, TASAPAINON VARMUUTEEN, LIIKKUMISKYKYYN JA KAATUMISIIN

VDR-reseptoreja on löydetty lihassolujen lisäksi hermo- ja gliasoluista aivokuoresta ja hippokampuksesta (Muir & Montero-Odasso 2011). Ikäännyttäessä tapahtuva luonnollinen D-vitamiinipitoisuuden ja VDR-reseptorien väheneminen on yhdistetty iäkkäiden ihmisten keskushermoston häiriöihin, kuten tasapainon ongelmiin, sekä ääreishermoston toiminnan häiriöihin (Muir & Montero-Odasso 2011.) Iäkkäillä kotona asuvilla henkilöillä matalan D-vitamiinipitoisuuden (<25 nmol/l) onkin todettu olevan yhteydessä toistuviin kaatumisiin (Snijder ym. 2006) ja huonompaan tasapainoon (Gerdhem ym. 2005).

D-vitamiinin ja tasapainon välistä yhteyttä on tutkittu kehon huojunnan ja toiminnallisen tasapainotestien avulla. Poikkileikkaustutkimuksissa yli 65-vuotiailla terveillä tai osteoporoosia sairastavilla henkilöillä matalan D-vitamiinipitoisuuden (<30 nmol/l) on todettu olevan yhteydessä suurempaan kehon huojuntaan (Boersma ym. 2012; Menant ym. 2012) ja heikompaan reaktioaikaan (Menant ym. 2012), mutta ei toiminnallista tasapainoa mittaavaan Bergin tasapainotestiin (Korkmaz ym. 2014). Samansuuntaisia tuloksia saivat myös Bischoff-Ferrari ym. (2005), jotka havaitsivat D-vitamiinin vaikutuksen kohdistuvan asentoon liittyvään tasapainoon toiminnallista tasapainoa enemmän (Bischoff-Ferrari ym. 2006). Kokeellisissa tutkimuksissa kehon huojunta väheni D-vitamiinilisää käyttämällä, erityisesti niillä henkilöillä, joilla kehon huojunta oli alkumittaustilanteessa suurempaa (Dhesi ym. 2004; Lips ym. 2010).

Liikkumiskyvyn ja D-vitamiinin yhteyttä yli 60-vuotiailla henkilöillä on tarkasteltu lähinnä Timed-Up and Go (TUG) -testin avulla. Matala D-vitamiinipitoisuus (<37.5 nmol/l) oli yhteydessä pidempään TUG-testiin kuluneeseen aikaan (Korkmaz ym. 2014) ja kokeellisessa tutkimuksessa D-vitamiinilisä (25 µg/vrk) paransi TUG-testin tuloksia vuoden seurannassa (Zhu ym. 2010).

Iäkkäillä kotona asuvilla ihmisillä D-vitamiinilisän käytön on todettu vähentävän kaatumisia tutkimuksesta riippuen 27 – 50 prosenttia sekä parantavan tasapainoa ja reaktionopeutta (Harwood ym. 2004; Dhesi ym. 2009; Pfeifer ym. 2009). Laitoshoidossa olevien vanhusten kaatumiset vähenivät yli puolella (Bischoff ym. 2003; Bischoff-Ferrari ym. 2006; Broe ym. 2007). Bischoff-Ferrarin ym. (2004b) tekemässä meta-analyysissä viidestä satunnaistetusta kokeellisesta tutkimuksesta todettiin, että D-vitamiini vähensi koeryhmissä iäkkäiden naisten kaatumisia 22 prosenttia verrokki-ryhmiin verrattuna. Miehillä vaikutus ei ollut tilastollisesti

merkitsevä, mutta samansuuntainen kuin naisilla. Optimaalisin annos D-vitamiinia näytti olevan 20 µg vuorokaudessa (Bischoff-Ferrari ym. 2004b). Kuitenkin päinvastaisia tuloksiakin on raportoitu, sillä Uusi-Rasin ym. (2015) kokeellisessa tutkimuksessa kotona asuvilla 70 – 80 -vuotiailla naisilla D-vitamiinilisän käyttö (20 µg/vrk) ei vähentänyt kaatumisia kahden vuoden seurannassa (Uusi-Rasi ym. 2015). D-vitamiinilisän annostelun on hyvä olla tasaista, sillä suuri kerta-annos saattaa lisätä ikääntyvien kotona asuvien henkilöiden riskiä kaatua (Sanders ym. 2010).

Vaikka D-vitamiinin on todettu vaikuttavan kaatumisiin lukuisissa tutkimuksissa, on sen vaikutusmekanismi edelleen epäselvä. Yleisesti ajatellaan vaikutuksen johtuvan D-vitamiinin ja lihasvoiman positiivisesta yhteydestä, mutta tutkimustulokset D-vitamiinin vaikutuksista lihasvoimaan ja fyysiseen suorituskyykyyn ovat edelleen ristiriitaisia. Esimerkiksi Annweilerin ym. (2009) tekemän systemaattisen katsauksen tulokset ovat puolesta ja vastaan; noin puolessa havainnoivista ja puolessa kokeellisissa tutkimuksista D-vitamiini vaikutti edullisesti lihasvoimaan, kävelyyn ja tasapainoon, vastaavasti noin puolessa tutkimuksista vaikutusta ei havaittu (Annweiler ym. 2009). Ristiriitaisuuksien syiksi epäiltiin esimerkiksi eroja tutkimusmetodeissa, vakioivien muuttujien käytössä, käytettyjen D-vitamiinipitoisuuksien raja-arvojen erilaisuuksissa ja interventioiden kestossa (Annweiler ym. 2009). Toisaalta, useissa artikkeleissa on pohdittu D-vitamiinin vaikutuksen kaatumisiin perustuvan lihasvoiman ja suorituskyykyyn lisäksi hermoston toimintaan (Dhesi ym. 2004; Annweiler ym. 2010; Muir & Montero-Odasso 2011).

Tasapainon ja D-vitamiinin välisestä yhteydestä on tehty tutkimuksia, jotka kohdistuvat kehon huojuntaan ja toiminnalliseen tasapainoon. Sen sijaan tasapainon varmuuden ja D-vitamiinin yhteyttä tarkastelevia tutkimuksia ei ole tiedossa.

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän pro gradu-tutkielman tarkoituksena on selvittää onko seerumin D-vitamiinipitoisuudella yhteyttä toiminnalliseen tasapainoon, tasapainon varmuuteen, liikkumiskykyyn ja kaatumisiin lonkkamurtumasta toipuvilla yli 60-vuotiailla miehillä ja naisilla. Tutkimuskysymykset olivat:

1. Onko seerumin D-vitamiinipitoisuus yhteydessä koettuun tasapainon varmuuteen, toiminnalliseen tasapainoon, alaraajojen suorituskykyyn ja liikkumiskykyyn lonkkamurtumasta toipuvilla miehillä ja naisilla?
2. Onko seerumin D-vitamiinipitoisuus yhteydessä sisä- ja ulkotiloissa tapahtuneiden kaatumisten lukumäärään lonkkamurtumasta toipuvilla miehillä ja naisilla?
3. Ennustaako seerumin D-vitamiinipitoisuus toiminnallista tasapainoa, tasapainon varmuutta ja liikkumiskykyä vuoden seurannassa lonkkamurtumasta toipuvilla miehillä ja naisilla?

7 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

7.1 Tutkimusasetelma ja tutkittavat

Tässä pro gradu-tutkielmassa käytetään Promoting of mobility after hip fracture (ProMo) tutkimuksen aineistoa. ProMo-tutkimus on satunnaistettu ja kontrolloitu koe, jonka tarkoituksena oli tutkia vuoden kestävästä yksilöllisestä ja tehostetusta kotikuntoutuksen vaikutusta lonkkamurtumapotilaiden liikkumis- ja toimintakyvyn palautumiseen (Sipilä ym. 2011). Tutkimukseen rekrytoitiin vuosina 2008 – 2010 Jyväskylän tai sen lähikuntien alueella kotona asuvia lonkkamurtuman vuoksi leikattuja yli 60-vuotiaita miehiä ja naisia. Tuona ajankohtana tutkimukseen soveltuvia lonkkamurtumapotilaita oli 296 ja heistä 161 ilmaisi halukkuutensa osallistua tutkimukseen. Tutkimuksesta suljettiin pois ne henkilöt, jotka asuivat laitoksessa, olivat vuodepotilaita murtuman tapahtuessa, joilla oli heikentynyt muisti (MMSE < 18), alkoholismi, vakava sydän-, verisuoni- tai keuhkosairaus tai muu etenevä sairaus, ala- tai nelirajahalvaus tai vakava masennus (BDI-II > 29). Lopulta tutkimukseen osallistui 18 miestä ja 63 naista (Sipilä ym. 2011). Tämän tutkielman aineistoksi valikoituivat Promo-tutkimuksesta ne 68 henkilöä, joiden D-vitamiini- ja parathormoni-pitoisuudet oli mitattu alkutilanteessa, keskimäärin 9 viikkoa murtuman jälkeen.

Tutkimukseen kuuluvat mittaukset ja terveydentilan tarkastukset toistettiin laboratorioolosuhteissa alkutilanteessa ja kahdentoista kuukauden kuluttua. Alkutilanteen mittaukset toteutettiin mahdollisimman nopeasti kotiuttamisen jälkeen, eli keskimäärin 70 päivää (keskihajonta 28) lonkkamurtuman jälkeen ja 42 päivää (keskihajonta 23) kotiuttamisen jälkeen (Sipilä ym. 2011). Alkumittausten jälkeen tutkittavat satunnaistettiin interventio- ja verrokki-ryhmiin sukupuolen ja leikkaustavan mukaan (proteesi tai osteosynteesi). Tässä tutkielmassa tutkittavia käsitellään yhtenä ryhmänä sekä poikkileikkausanalyysissä, että pitkittäisanalyysissä.

7.2 Tutkimuksen eettisyys

Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettinen toimikunta antoi puoltavan lausunnon tutkimukselle vuonna 2007. Kaikille tutkimukseen osallistuneille annettiin kirjallisesti tietoa tutkimuksesta. Ennen tutkimuksen alkua tutkittavat antoivat kirjallisen suostumuksensa tutkimukseen osallis-

tumisestaan ja hoitotietojen käytöstä. Tutkittavilla oli myös mahdollisuus keskustella tutkijan kanssa ennen suostumuksen antamista (Sipilä ym. 2011).

7.3 Mittausmenetelmät

7.3.1 Tutkittavien taustatiedot ja antropometria

Tutkittavien pituus ja paino mitattiin tavanomaisin menetelmin. Kehon painoindeksi laskettiin jakamalla paino pituuden neliöllä (kg/m^2). Koko kehon rasvaprosentti mitattiin bioimpedanssi-laitteella (BC-418, TANITA, Tokio, Japani). Tiedot tutkittavien sairauksista, leikkauksen jälkeisestä matalimmasta hemoglobiini-arvosta, lääkityksestä ja murtumasta kerättiin kyselylomakkeella ja sairaalan potilasasiakirjoista. Tiedot varmistettiin terveydenhoitajan ja lääkärintarkastuksen yhteydessä. Tupakointi ja fyysinen aktiivisuus viimeisen kuukauden osalta selvitettiin kyselylomakkeella. Fyysisen aktiivisuuden kysymyksessä oli seitsemän vaihtoehtoa; 0) hyvin vähän fyysistä aktiivisuutta tai pääasiassa lepäilyä, 1) pääasiassa tekemistä paikallaan istuen, 2) kevyttä ruumiillista toimintaa, 3) kohtuullista ruumiillista toimintaa n. 3 tuntia viikossa, 4) kohtuullista ruumiillista toimintaa vähintään 4 tuntia viikossa tai raskasta ruumiillista toimintaa enintään 4 tuntia viikossa, 5) harrastaa kuntoliikuntaa useita kertoja viikossa ja 6) harrastaa kilpaurheilua ja pitää yllä kuntoaan säännöllisen harjoittelun avulla. Fyysinen aktiivisuus luokiteltiin uudelleen vähän liikkuviin (luokat 1 – 3) ja runsaasti liikkuviin (4 – 6).

7.3.2 Seerumin D-vitamiini- ja parathormonipitoisuudet ja hemoglobiini

ProMo-tutkimuksen alkumittausten yhteydessä otetuista laskimoverinäytteistä analysoitiin seerumin D-vitamiini- ja parathormonipitoisuudet. Terveydenhoitaja otti verinäytteet aamulla, seerumi erotettiin ja säilytettiin $-70\text{ }^\circ\text{C}$:ssa, kunnes D-vitamiinipitoisuudet analysoitiin Keski-suomen keskussairaalan laboratoriossa. D-vitamiinimääritys tehtiin elektrokemiluminesenssi-menetelmällä (Modular Analytics E170-laite). Tulokset on esitetty nanomooleina litraa kohden (nmol/l). Parathormonimääritys tehtiin immunokemiluminometria-menetelmällä (Modular Analytics E170-laite). Tulokset on esitetty nanogrammina litraa kohden (ng/l).

Leikkauksen jälkeinen alin hemoglobiini-arvo on esitetty grammoina litraa kohden (g/l). Alkumittausajankohta luokiteltiin neljään vuodenaika-luokkaan; kevät (maalis-, huhti- ja toukokuu), kesä (kesä-, heinä- ja elokuu), syksy (syys-, loka- ja marraskuu) ja talvi (joulu-, tammi- ja helmikuu), sillä D-vitamiinia muodostuu auringonvalon avulla. D-vitamiinin muodostumiseen liittyvä kausiluonteisuus on hyvä ottaa huomioon, kun arvioidaan D-vitamiinin riittävää saantia (Timpini ym. 2011).

7.3.3 Tasapaino, tasapainon varmuus, liikkumiskyky ja kaatumisten lukumäärä

Tasapaino. Tutkittavien tasapainoa mitattiin Bergin tasapainotestillä (BBS). Testi mittaa toiminnallista tasapainoa 14 tehtävän avulla, joista jokainen arvioidaan pisteillä nolasta (kykenemätön suorittamaan tehtävää) neljään (turvallinen ja itsenäinen suoritus). Näin ollen maksimipistemäärä on 56. Bergin tasapainotestin on todettu olevan luotettava testistö iäkkäiden henkilöiden toiminnallisen tasapainon mittaamiseen (Steffen ym. 2002).

Tasapainon varmuus. Tasapainon varmuutta mitattiin The Activities-specific Balance Confidence (ABC) – testillä, jota oli muokattu suomalaisiin oloihin sopivaksi. Testissä kysytään tasapainon säilyttämisen varmuutta erilaisissa tehtävissä sisällä ja ulkona 16:lla kysymyksellä. Jokainen kysymys arvioitiin asteikolla yhdestä (ei luottamusta) kymmeneen (täydellinen luottamus). Yhteispistemäärä vaihteli 16 ja 160 välillä. Suurempi pistemäärä osoittaa parempaa tasapainon varmuutta (Powell & Myers 1995; Edgren ym. 2012; Portegijs ym. 2012).

Liikkumiskyky. Timed Up and Go-testi (TUG) mittaa aikaa, joka tutkittavalta kuluu tuolista ylös nousemiseen, 2,44 metrin kävelyyn, keilan kiertämiseen ja tuolille paluuseen. TUG-testin on todettu olevan validi mittaamaan iäkkäiden ihmisten liikkumiskykyä (Podsiadlo & Richardson, 1991). TUG-testi suoritettiin kahdesti ja nopeampaa testitulosta käytettiin analyysiin.

Alaraajojen suorituskykyä mitattiin käyttämällä lyhyttä fyysisen suorituskyvyn testistöä (Short Physical Performance Battery, SPPB). Testissä mitataan kävelynopeutta, tasapainoa sekä tuolista ylösnousunopeutta. Jokainen testiosio arvioidaan erikseen pisteillä yhdestä neljään ja kokonaispistemäärä saadaan näiden osioiden yhteenlasketuista pisteistä. Maksimipistemäärä on 12 pistettä. Mitä suurempi pistemäärä, sitä parempi fyysinen suorituskyky tutkittavalla on. Testin on todettu olevan validi mittaamaan iäkkäiden ihmisten alaraajojen toimintakykyä (Guralnik ym. 1995).

Kaatumiset. Ennen murtumaa sisällä ja ulkona tapahtuneita kaatumisia selvitettiin kyselylomakkeella. Tutkittavilta kysyttiin: ”Kuinka usein olette kaatunut sisä/ulkotiloissa lonkkamurtumaa edeltävänä vuonna?”. Vastausvaihtoehdot olivat: 1) ei ollenkaan, 2) kerran, 3) 2-4 kertaa, 4) 5-7 kertaa ja 5) 8 kertaa tai enemmän. Muuttuja luokiteltiin analyyseja varten kaksiluokkaiseksi, jolloin ensimmäisessä luokassa kaatumisia oli ”ei ollenkaan tai kerran”, toisessa ”kaksi kertaa tai useammin”.

7.4 Aineiston analyysi

Tutkimusaineisto analysoitiin SPSS 22.0-ohjelmalla. Tilastollisten testien merkitsevyystasoksi määriteltiin $p < .05$. Analyysit tehtiin miehille ja naisille erikseen kaatumisten määrää lukuun ottamatta. Aineiston analyysi aloitettiin kuvailemalla muuttujien frekvenssejä (fr), keskiarvoja (ka) ja keskijajontoja (kh). Muuttujien normaalisuuden tarkastelu tehtiin Shapiro-Wilk’n testillä.

Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin luokitteluasteisten muuttujien osalta ristiintaulukoinnilla, normaalisti jakautuneita jatkuvia muuttujia riippumattomien otosten t-testillä ja ei-normaalisti jakautuneita Mann-Whitney’n U-testillä. Tilastollista riippuvuutta tarkasteltiin luokitteluasteikollisten muuttujien osalta X^2 -testillä ja järjestysasteikollisten muuttujien osalta Spearmanin korrelaatiokertoimella.

D-vitamiinipitoisuuden yhteyttä koetun tasapainon varmuuteen, toiminnallisen tasapainon varmuuteen ja liikkumiskykyyn tutkittiin lineaarisen regressioanalyysin avulla. Mallit vakioitiin iällä ja rasvaprosentilla (malli 2), jotka valittiin teorian tiedon perusteella.

Lineaarisen regressioanalyysin avulla tarkasteltiin lisäksi ennustaako alkutilanteen seerumin D-vitamiinipitoisuus tasapainon varmuutta ja liikkumiskykyä 12 kuukauden kuluttua. Malli vakioitiin iällä, rasvaprosentilla ja tutkimusryhmään (verrokki- tai interventioryhmä) kuulumisella (malli 2).

8 TULOKSET

8.1 Tutkittavien taustatiedot

Tutkittavien taustatietoja on esitelty taulukossa 1. Tutkittavista 79 % oli naisia. Miehet ja naiset erosivat toisistaan odotetulla tavalla antropometristen tietojen osalta; naiset olivat miehiä lyhempiä, kevyempiä ja heidän rasvaprosenttinsa oli suurempi. Ryhmät eivät kuitenkaan eronneet toisistaan painoindeksin suhteen. Miehet tupakoivat naisia useammin ja olivat fyysisesti aktiivisempia.

TAULUKKO 1. Tutkittavien perustiedot (ka ± kh, %).

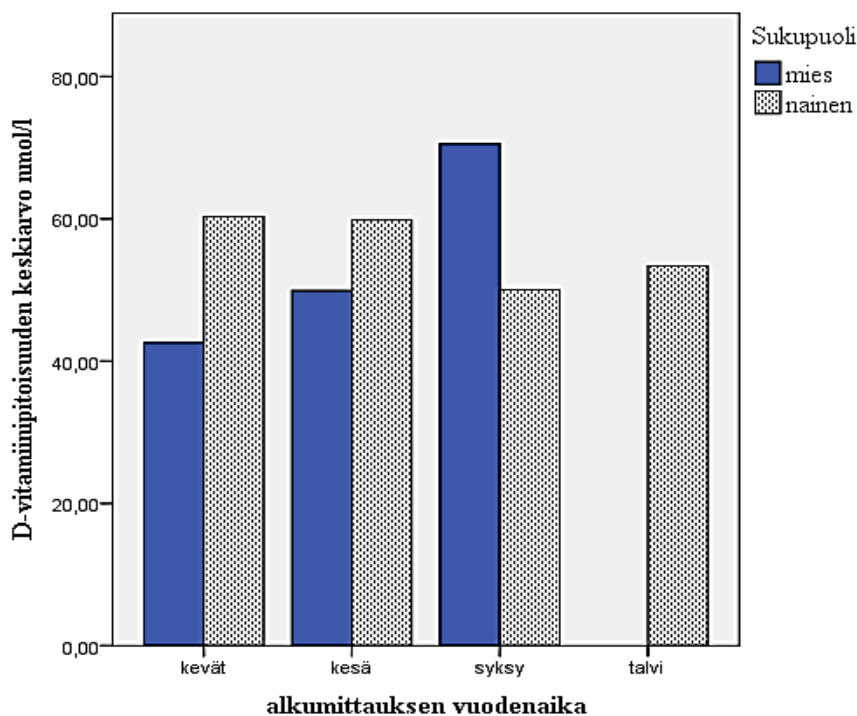
	Naiset n=54	Miehet n=14	p-arvo
Ikä (v)	78.6 ± 7.4	80.0 ± 5.8	.652 ^a
Pituus (cm)	157.6 ± 6.6	173.9 ± 5.4	<.001 ^a
Paino (kg)	62.9 ± 10.2	77.7 ± 8.3	<.001 ^a
BMI (kg/m ²)	25.34 ± 3.8	25.7 ± 2.7	.973 ^c
alin Hb (g/l)	98.1 ± 12.4	103.6 ± 13.8	.069 ^c
S-D-vitamiini (nmol/l)	56.3 ± 22.3	52.3 ± 23.3	.567 ^a
S-PTH (ng/l)	47.2 ± 21.4	51.6 ± 30.6	.927 ^c
Ei tupakoi, n (%)	48 (89)	6 (43)	<.001 ^b
Rasvaprosentti	33.0 ± 5.6	25.6 ± 6.7	<.001 ^a
Vuodenaika murtuman tapahtuessa, n (%)			.328 ^b
kevät	18 (33)	7 (50)	
kesä	11 (20)	3 (21)	
syksy	15 (28)	4 (29)	
talvi	10 (19)	0 (0)	
Fyysinen aktiivisuus, n (%)			<.001 ^b
vähän liikkuvat	52 (98)	9 (64)	
paljon liikkuvat	1 (2)	5 (36)	

^a riippumattomien otosten t-testi

^b ristiintaulukointi ja χ^2 -testi

^c Mann-Whitney U-testi

Naisilla D-vitamiinipitoisuuden keskiarvo oli korkeampi kuin miehillä, mutta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Miesten ja naisten D-vitamiinipitoisuudet vaihtelivat vuodenajan mukaan. Miehillä, joilta verinäyte otettiin keväällä, oli matalin D-vitamiinipitoisuus (ka 43 ± 22 nmol/l) ja niillä, joilta näyte otettiin syksyllä, pitoisuus oli korkein (ka 71 ± 31 nmol/l). Naisilla D-vitamiinipitoisuuden keskiarvojen vaihtelu oli pienempää. Naisilla, joilta verinäyte otettiin syksyllä, oli matalin D-vitamiinipitoisuus (50 ± 18 nmol/l) ja niillä, joilta näyte otettiin keväällä ja kesällä, pitoisuus oli korkein (ka 60 ± 26 nmol/l ja 60 ± 21 nmol/l). (Kuva 1.)



KUVA 1. D-vitamiinipitoisuuden keskiarvojen vaihtelu vuodenaikojen mukaan miehillä ja naisilla.

8.2 Tasapaino, liikkumiskyky sekä kaatumisten lukumäärä

Taulukossa kaksi on esitetty tutkittavien tasapainoa ja liikkumiskykyä kuvaavat tulokset alkumittaustilanteessa. Miesten ja naisten välillä ei ollut eroa tasapainon varmuudessa, toiminnallisessa tasapainossa eikä liikkumiskyvyssä. Miesten ja naisten välillä ei ollut eroa myöskään sisällä ja ulkona tapahtuneiden kaatumisten määrässä.

TAULUKKO 2. Tutkittavien tasapaino ja liikkumiskyky (ka ± kh, %).

	naiset n= 54	miehet n= 14	p-arvo
Tasapaino:			
BBS:n yhteispistemäärä ^d	43 ± 8	43 ± 12	.963 ^c
ABC:n yhteispistemäärä ³	92 ± 29	84 ± 37	.406 ^a
Liikkumiskyky:			
TUG (s) ^k	16.5 ± 9.0	15.6 ± 9.1	.595 ^c
SPPB:n yhteispistemäärä ^m	6 ± 2	6 ± 3	.878 ^c
Kaatuminen sisällä ennen murtumaa, n (%)			.818 ^b
ei ollenkaan tai kerran	47 (87)	11 (85)	
kaksi kertaa tai useammin	7 (13)	2 (15)	
Kaatuminen ulkona ennen murtumaa, n (%)			.178 ^b
ei ollenkaan tai kerran	46 (85)	9 (69)	
kaksi kertaa tai useammin	8 (15)	4 (31)	

^ariippumattomien otosten t-testi

^bristiintaulukointi ja χ^2 -testi

^cMann-Whitney U-testi

^dBergin tasapainotesti

³The Activities-specific Balance Confidence, tasapainon varmuus

^kTimed up and Go-testi

^mShort Physical Performance Battery, lyhyt fyysisen suorituskyvyn testistö

8.3 D-vitamiinipitoisuuden yhteys tasapainon varmuuteen ja toiminnalliseen tasapainoon

Miehillä D-vitamiinipitoisuuden ja tasapainon varmuutta kuvaavan ABC-testin pistemäärän välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys. D-vitamiinipitoisuus selitti 53 % ABC-testin pistemäärän vaihtelusta. Kun malli vakioitiin iällä ja rasvaprosentilla, D-vitamiinin ja tasapainon varmuuden välinen yhteys säilyi, ja oli tilastollisesti melkein merkitsevä. Naisilla tilastollisesti merkitsevää yhteyttä D-vitamiinipitoisuuden ja tasapainon varmuuden välillä ei havaittu. (Taulukko 3.)

TAULUKKO 3. Tasapainon varmuuden (ABC-testi) ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n=12								
D-vitamiini	1.019	.725	.003	.525	1.085	.728	.057	
Ikä					1.434	.211	.512	
Rasvaprosentti					-1.533	-.263	.335	
Koko malli							.064	.576
Naiset: n=53								
D-vitamiini	.016	.012	.930	.000	-.049	-.037	.799	
Ikä					-.987	-.256	.084	
Rasvaprosentti					-.511	-.098	.517	
Koko malli							.380	.060

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R² = estimoidun mallin selitysaste

Miehillä D-vitamiinipitoisuuden ja toiminnallista tasapainoa kuvaavan BBS-testin pistemäärän välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys. D-vitamiinipitoisuus selitti 42 % BBS-testin pistemäärän vaihtelusta. Kun malli vakioitiin iällä ja rasvaprosentilla, yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Naisilla ei havaittu tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. (Taulukko 4.)

TAULUKKO 4. Toiminnallisen tasapainon (BBS-testi) ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n= 12-14								
D-vitamiini	.360	.647	.012	.419	.145	.328	.396	
Ikä					-.819	-.404	.273	
Rasvaprosentti					-.072	-.042	.888	
Koko malli							.147	.470
Naiset: n=52-53								
D-vitamiini	-.018	-.047	.736	.002	-.043	-.115	.369	
Ikä					-.620	-.558	<.001	
Rasvaprosentti					-.078	-.051	.698	
Koko malli							.001	.300

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R² = estimoidun mallin selitysaste

8.4 D-vitamiinin yhteys liikkumiskykyyn

Miehillä D-vitamiinipitoisuuden ja liikkumiskykyä kuvaavan TUG-testin välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys. D-vitamiinipitoisuus selitti 35 % TUG-testiin kuluneen ajan vaihtelusta. Kun malli vakioitiin iällä ja rasvaprosentilla, yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Naisilla tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ei havaittu. (Taulukko 5.)

TAULUKKO 5. Liikkumiskyvyn (TUG-testi) ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n= 12-14								
D-vitamiini	-.205	-.592	.026	.351	-.152	-.428	.320	
Ikä					.393	.234	.554	
Rasvaprosentti					-.038	-.026	.935	
Koko malli							.291	.357
Naiset: n= 52-53								
D-vitamiini	-.017	-.042	.763	.002	.001	.001	.993	
Ikä					.422	.348	.017	
Rasvaprosentti					.078	.047	.750	
Koko malli							.113	.116

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R² = estimoidun mallin selitysaste

D-vitamiinipitoisuuden ja alaraajojen suorituskkyä kuvaavan SPPB-testin pistemäärän välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä miehillä eikä naisilla. (Taulukko 6.)

TAULUKKO 6. Alaraajojen suorituskyvyn (SPPB-testi) ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n= 12-14								
D-vitamiini	.044	.414	.141	.172	.009	.078	.834	
Ikä					-.169	-.331	.357	
Rasvaprosentti					-.204	-.466	.137	
Koko malli							.131	.487
Naiset: n= 45-53								
D-vitamiini	-.006	-.059	.672	.003	-.014	-.132	.366	
Ikä					-.088	-.278	.059	
Rasvaprosentti					-.070	-.164	.275	
Koko malli							.247	.080

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R² = estimoidun mallin selitysaste

8.5 D-vitamiinin yhteys kaatumisiin

Murtumaa edeltävän vuoden aikana 58 henkilöä ei ollut kaatunut sisätiloissa lainkaan tai vain kerran, 9 henkilöä oli kaatunut vähintään kaksi kertaa. Ulkotiloissa ei lainkaan tai vain kerran kaatuneita henkilöitä oli 55, vähintään kaksi kertaa kaatuneita 12.

D-vitamiinipitoisuuden yhteyttä sisällä ja ulkona tapahtuneisiin kaatumisiin tarkasteltiin vertailemalla D-vitamiinipitoisuuden keskiarvoja. D-vitamiinipitoisuuksissa oli havaittavissa eroa ”ei ollenkaan tai kerran” ja ”kaksi kertaa tai useammin” kaatuneiden ryhmien välillä, mutta keskiarvoerot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. (Taulukko 7.)

TAULUKKO 7. D-vitamiinipitoisuuksien (nmol/l) erot ei lainkaan tai kerran ja vähintään kaksi kertaa kaatuneiden välillä (ka ± kh)

	Ei lainkaan/kerran	vähintään kaksi kertaa	p-arvo ^a
sisällä kaatumiset	56.8 ± 23	46.7 ± 20.8	.180
ulkona kaatumiset	56.9 ± 22.6	48.4 ± 23.6	.196

^a Mann-Whitney U-testi

8.6 Ennustaako D-vitamiinipitoisuus tasapainon varmuutta ja toiminnallista tasapainoa vuoden seurannassa?

Miehillä D-vitamiinipitoisuuden ja tasapainon varmuutta kuvaavan ABC-testin pistemäärän välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys vuoden seurannassa. D-vitamiinipitoisuus selitti 71 % ABC-testin pistemäärän vaihtelusta. Kun malli vakioitiin tutkimusryhmällä, iällä ja rasvaprosentilla, miehillä D-vitamiinin ja tasapainon varmuuden välinen yhteys säilyi tilastollisesti merkitsevänä. Naisilla tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ei havaittu. (Taulukko 8.)

TAULUKKO 8. Tasapainon varmuuden (ABC-testi) ja D-vitamiinin välinen yhteys miehillä ja naisilla vuoden seurannassa (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n= 12-13								
D-vitamiini	1.225	.843	<.001	.711	1.269	1.030	.002	
Ryhmä					34.769	.540	.016	
Ikä					.886	.132	.453	
Rasvaprosentti					-.952	-.205	.228	
Koko malli							.008	.908
Naiset: n= 49-52								
D-vitamiini	-.048	-.032	.828	.032	-.048	-.033	.828	
Ryhmä					-10.240	.174	.235	
Ikä					-1.495	-.395	.012	
Rasvaprosentti					-1.265	-.248	.113	
Koko malli							.085	.181

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R² = estimoidun mallin selityssaste

Miehillä D-vitamiinipitoisuuden ja toiminnallista tasapainoa kuvaavan BBS-testin pistemäärän välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys vuoden seurannassa. D-vitamiinipitoisuus selitti 52 % BBS-testin pistemäärän vaihtelusta. Kun malli vakioitiin tutkimusryhmällä, iällä ja rasvaprosentilla, miehillä D-vitamiinin ja koetun tasapainon varmuuden välinen yhteys säilyi, mutta yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Naisilla tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ei havaittu. (Taulukko 9.)

TAULUKKO 9. Toiminnallisen tasapainon (BBS-testi) ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla vuoden seurannassa (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n= 11-12								
D-vitamiini	.410	.724	.012	.524	.325	.770	.102	
Ryhmä					-.680	-.031	.929	
Ikä					-.093	-.040	.912	
Rasvaprosentti					.312	.196	.568	
Koko malli							.289	.573
Naiset: n= 44-52								
D-vitamiini	.088	.204	.184	.042	.010	.030	.844	
Ryhmä					-.793	-.055	.707	
Ikä					-.481	-.502	.002	
Rasvaprosentti					-.080	-.065	.681	
Koko malli							.035	.239

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R² = estimoidun mallin selitysaste

8.7 Ennustaako D-vitamiinipitoisuus liikkumiskykyä vuoden seurannassa?

D-vitamiinipitoisuuden ja liikkumiskykyä kuvaavan TUG-testin välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä miehillä eikä naisilla. (Taulukko 10.)

TAULUKKO 10. TUG-testiin kuluneen ajan ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla vuoden seurannassa (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R ²	Beta	β	p-arvo	R ²
Miehet: n= 9-10								
D-vitamiini	-.437	-.567	.088	.321	-.135	-.702	.144	
Ryhmä					.016	.002	.996	
Ikä					.088	.090	.817	
Rasvaprosentti					.030	.045	.902	
Koko malli							.388	.575
Naiset: n= 44-49								
D-vitamiini	.067	.139	.341	.019	.026	.098	.518	
Ryhmä					1.376	.128	.381	

Ikä	.329	.460	.004	
Rasvaprosentti	.212	.227	.152	
Koko malli			.061	.201

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = estimoidun mallin selitysaste

Miehillä D-vitamiinipitoisuuden ja alaraajojen suorituskykyä kuvaavan SPPB-testin pistemäärän välillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys vuoden seurannassa. D-vitamiinipitoisuus selitti 37 % SPPB-testin pistemäärän vaihtelusta. Kun malli vakioitiin tutkimusryhmällä, iällä ja rasvaprosentilla, D-vitamiinin ja SPPB-testin pistemäärän välinen yhteys säilyi, mutta ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Naisilla tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ei havaittu. (Taulukko 11.)

TAULUKKO 11. Alaraajojen suorituskyvyn (SPPB-testi) ja D-vitamiinin yhteys miehillä ja naisilla vuoden seurannassa (lineaarinen regressioanalyysi)

	Malli 1				Malli 2			
	Beta	β	p-arvo	R^2	Beta	β	p-arvo	R^2
Miehet: n= 10-13								
D-vitamiini	.080	.610	.027	.372	.050	.487	.378	
Ryhmä					1.031	.194	.670	
Ikä					.006	.011	.982	
Rasvaprosentti					-.071	-.185	.677	
Koko malli							.765	.268
Naiset: n= 45-50								
D-vitamiini	.016	.133	.355	.018	.007	.057	.711	
Ryhmä					.152	.032	.832	
Ikä					-.110	-.356	.026	
Rasvaprosentti					-.045	-.109	.493	
Koko malli							.196	.137

Beta = standardoimaton regressiokerroin, β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = estimoidun mallin selitysaste

9 POHDINTA

Tämän pro gradu tutkielman tarkoituksena oli tarkastella lonkkamurtumasta toipuvien henkilöiden seerumin D-vitamiinipitoisuuden yhteyttä tasapainon varmuuteen, toiminnalliseen tasapainoon ja liikkumiskykyyn sekä poikkileikkausanalyysillä että vuoden seurannassa. Lisäksi tarkasteltiin onko lonkkamurtumaa edeltävän vuoden aikana tapahtuneiden kaatumisten lukumäärän ja D-vitamiinipitoisuuden välillä havaittavissa yhteyttä.

Poikkileikkausanalyysissa miesten D-vitamiinipitoisuus oli yhteydessä tasapainon varmuuteen, toiminnalliseen tasapainoon ja liikkumiskykyä kuvaavan TUG-testiin, sen sijaan yhteyttä alaraajojen suorituskkyyn ei ollut. Kun tutkittavien ikä ja rasvaprosentti otettiin huomioon, yhteydet säilyivät voimakkaina, tosin eivät tilastollisesti merkitsevinä. Naisilla yhteyttä ei havaittu.

Lonkkamurtuman kokeneilla henkilöillä ei ole aiemmin tehty tutkimuksia tasapainon varmuuden, toiminnallisen tasapainon ja D-vitamiinipitoisuuden yhteydestä ja iäkkäillä terveillä henkilöilläkin tutkimuksia on tehty vain muutamia. Tasapainon varmuutta mittaavan ABC-testin tuloksia voitaneen kuitenkin verrata tasapainon ja D-vitamiinin yhteyttä tutkiviin tutkimuksiin, sillä itse ilmoitetut mittausmenetelmät, kuten ABC-testi, ovat herkkiä mittaamaan toiminnallisia muutoksia niillä henkilöillä, joilla on hyvä toimintakyky tai jokin tietty toimintakyky rajoittava tekijä, kuten lonkkamurtuma (Latham ym. 2008).

D-vitamiinin ja tasapainon välistä yhteyttä on tutkittu staattisen tasapainon näkökulmasta ja näissä tutkimuksissa on havaittu matalan D-vitamiinipitoisuuden olevan yhteydessä heikompaan tasapainoon. Esimerkiksi kotona asuvilla yli 65-vuotiailla henkilöillä D-vitamiinipitoisuuden ja tasapainon yhteyttä on tutkittu mittaamalla kehon huojuntaa. Matalan D-vitamiinipitoisuuden on todettu olevan yhteydessä suurempaan huojuntaan (Boersma ym. 2011; Menant ym. 2012) ja lisäksi D-vitamiinilisää käyttämällä on onnistuttu vähentämään kehon huojuntaa ja parantamaan reaktioaikaa (Dhesi ym. 2004).

Aikaisempia tutkimuksia D-vitamiinipitoisuuden yhteydestä lonkkamurtuman kokeneiden henkilöiden liikkumiskykyyn ei myöskään löydetty. Sen sijaan iäkkäillä terveillä henkilöillä tehdyissä poikkileikkaustutkimuksissa tulokset ovat samansuuntaisia tämän tutkimuksen kanssa, sillä matalan D-vitamiinipitoisuuden on todettu olevan yhteydessä pidempään TUG-testissä kuluneeseen aikaan (Boyè ym. 2013; Korkmaz ym. 2014).

Miesten D-vitamiinipitoisuus ennusti tasapainon varmuutta, toiminnallista tasapainoa ja alaraajojen suorituskyykyä kuvaavan SPPB-testin pistemäärää, mutta ei TUG-testissä kulunutta aikaa vuoden seurannassa. Kun tutkimukseen osallistuneiden koe- tai kontrolliryhmään kuulumisen, ikä ja rasvaprosentti otettiin huomioon, tasapainon varmuus oli miehillä edelleen tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä D-vitamiinipitoisuuteen. Mitä korkeampi D-vitamiinipitoisuus oli, sitä parempi tasapainon varmuus miehillä oli vuoden seurannassa. Naisilla vastaavaa yhteyttä ei havaittu. Aikaisempia seuranta tutkimuksia lonkkamurtumasta toipuvilla, tai terveillä, iäkkäillä ihmisillä D-vitamiinipitoisuuden ja tasapainon yhteydestä ei löydetty.

Vuoden seurannassa D-vitamiinipitoisuus ennusti miesten liikkumiskykyä nimenomaan SPPB-testillä mitattuna. D-vitamiinipitoisuuden ja fyysisen suorituskyyvyn yhteyttä yli 65-vuotiailla miehillä ja naisilla tutkivat esimerkiksi Wicherts ym. (2007), joiden tutkimuksessa alkumittauksen D-vitamiinipitoisuus ennusti tutkittavien fyysistä suorituskyykyä kolmen vuoden seurannassa. Wichertsin ym. (2007) tutkimuksessa fyysistä suorituskyykyä tutkittiin kävelytestin, tuolista ylösnousutestin ja tandem-asennon yhteispistemääränä (Wicherts ym. 2007), joten käytetty testi on rinnastettavissa tässä tutkimuksessa käytettyyn SPPB-testiin.

Tässä tutkimuksessa D-vitamiinipitoisuus ei ollut yhteydessä kaatumisiin sisä- ja ulkotiloissa murtumaa edeltävän vuoden aikana. Tulos on sikäli yllättävä, että kaatumisten ja D-vitamiinin välinen yhteys on kuitenkin todistettu useissa havainnoivissa ja kokeellisissa tutkimuksissa (Harwood ym. 2004; Snijder ym. 2006; Dhesi ym. 2009; Pfeifer ym. 2009). Esimerkiksi Menant ym. (2012) tutkimuksessa 70 - 90 -vuotiailla henkilöillä havaittiin, että alhainen D-vitamiinipitoisuus lisäsi kaatumisten määrää sisä- ja ulkotiloissa miehillä (Menant ym. 2012). Vertailua tehdessä on kuitenkin huomioitava, että tässä tutkielmassa kaatumisten lukumäärää tarkasteltiin lonkkamurtumaa edeltävän vuoden ajalta ja D-vitamiinipitoisuus mitattiin murtuman jälkeen, joten tarkkaa tietoa henkilön seerumin D-vitamiinipitoisuudesta kaatumisten tapahtumahetkellä ei ollut käytettävissä.

Tutkielman vahvuutena on Promo- tutkimuksen aineisto. Tutkimuksessa tasapainoa ja liikkumiskykyä tutkittiin useilla toisiaan täydentävillä mittareilla. Tutkimuksessa käytetyt tasapainon, tasapainon varmuuden ja liikkumiskyvyn mittaamiseen käytetyt menetelmät on todettu luotettaviksi menetelmiksi iäkkäiden henkilöiden tasapainon ja liikkumiskyvyn arvioinnissa (Podsiadlo & Richardson, 1991; Guralnik ym. 1994; Steffen ym. 2002).

Tutkimuksen heikkoutena oli tutkittavien määrä, sillä erityisesti miesten osuus tutkittavista oli pieni. Koska aineisto analysoitiin jaettuna miehiin ja naisiin, miesten ryhmän pieni koko saattoi näkyä esimerkiksi lineaarisen regressioanalyysin tilastollisen merkitsevyyden häviämisenä monimuuttujamalleissa. Tutkittavien pienen määrän vuoksi vakioivia tekijöitä valittiin vain kaksi ja vuoden seurannassa kolme. Lisäksi tutkimuksen tulos ei ole yleistettävissä, sillä otos oli pieni ja tutkittavat paremmassa fyysisessä kunnossa kuin lonkkamurtumapotilaat keskimäärin.

Selittävät muuttujat valittiin taustateorian perusteella. Ikä ja rasvaprosentti ovat tekijöitä, jotka voivat selittää D-vitamiinin ja tasapainon sekä liikkumiskyvyn välisiä yhteyksiä. Naisten kohdalla näin kävikin, sillä useissa analyyseissa ikä oli naisten kohdalla vahvin tasapainon varmuutta, tasapainoa ja liikkumiskykyä selittävä tekijä. Kuitenkin esimerkiksi tutkittavien ravitsemustila olisi ollut järkevä valinta selittäväksi muuttujaksi, sillä ravitsemustila vaikuttaa sekä lonkkamurtumasta toipumiseen että fyysiseen suorituskykyyn. Ravitsemustilaa ei kuitenkaan tämän tutkimuksen yhteydessä selvitetty. Lisäksi vuodenajan vaikutus olisi ollut syytä ottaa huomioon analyyseissa, sillä D-vitamiinin saannin on todettu olevan kausiluonteista, kuten tässäkin tutkimuksessa havaittiin miesten kohdalla. Naisilla sen sijaan D-vitamiinipitoisuudet olivat melko tasaiset vuodenajasta riippumatta, joka saattaa selittyä D-vitamiinilisän käytöllä. Tietoa D-vitamiinilisän käytöstä ei kuitenkaan ollut käytettävissä tässä tutkimuksessa. Vuodenaika vakioivana tekijänä päätettiin kuitenkin jättää pois, koska yhteys vuodenajan ja D-vitamiinin välillä on kausaalinen.

Alkumittauksen D-vitamiinipitoisuuden ja tasapainon varmuuden välinen yhteys vuoden seurannassa miehillä on jopa hämmästyttävän voimakas. Johtopäätöksiä D-vitamiinin ja tutkittavien muuttujien välisestä kausaalisuhteesta ei kuitenkaan voida tehdä. Aiempien tutkimusten perusteella on kuitenkin mahdollista olettaa, että koska D-vitamiini vaikuttaa staattiseen tasapainoon ja liikkumiskykyyn edullisesti (Dhesi ym. 2004; Lips ym. 2010; Zhu ym. 2010), on sen vaikutus toiminnalliseen tasapainoon ja tasapainon varmuuteen mahdollinen. Toisaalta korkea selitysosuus ABC-testin pistemäärän vaihtelussa saattaa antaa viitteitä siitä, että D-vitamiinipitoisuus heijastelee miesten kohdalla yleistä terveydentilaa ja toimintakykyä. Miehet, joilla on hyvä tasapainon varmuus ja liikkumiskyky, liikkuvat enemmän ulkona ja saavat auringonvalosta D-vitamiinia. Tässäkin tutkimuksessa vuodenajan vaikutus D-vitamiinipitoisuuteen oli miehillä selvästi havaittavissa. Ilmiöstä on myös aiempaa tutkimustietoa, sillä sekä Jääskeläisen ym. (2012) että Miettisen ym. (2014) tutkimuksessa 30 - 79-vuotiailla aikuisilla havaittiin yhteys fyysisen aktiivisuuden ja D-vitamiinipitoisuuden välillä

siten, että fyysisesti aktiivisemmilla oli korkeampi D-vitamiinipitoisuus. (Jääskeläinen ym. 2012; Miettinen ym. 2014). Samoin Sohl ym. (2013) poikkileikkaustutkimuksessa 55 – 65 -vuotiailla henkilöillä D-vitamiinipitoisuus oli yhteydessä fyysiseen suorituskyykyyn, jota mitattiin kävelytestillä ja istumaan nousu-testillä. Niillä henkilöillä, joilla oli matala D-vitamiinipitoisuus, oli heikompi fyysinen suorituskyyky. Tutkimuksessa pohdittiin D-vitamiinipitoisuuden vaikutusta fyysiseen suorituskyykyyn, mutta vaikka kyseessä oli poikkileikkausanalyysi, ei raportissa tuotu esiin fyysisen suorituskyyvyn mahdollista vaikutusta D-vitamiinipitoisuuteen (Sohl ym. 2013).

Pitkittäisanalyysin tulokseen voi olla syytä suhtautua varovaisuudella siitäkin syystä, että D-vitamiini säilyy elimistössä vain noin viisi viikkoa (Timpini ym. 2011) ja kuten aiemmin mainittiin, D-vitamiinipitoisuus vaihtelee vuodenajan sekä ravitsemuksen muutosten mukaan. Voi siis olla, että D-vitamiinipitoisuuden vaihtelu vaikuttaa myös fyysiseen suorituskyykyyn kohtuullisen lyhyellä aikavälillä fysiologisten muutosten kautta. Ehkä voidaan kuitenkin olettaa, että kotona asuvien ja itsenäisesti liikkuvien henkilöiden elintavat säilyvät kohtuullisen muuttumattomina lonkkamurtumasta huolimatta.

Vain harvoissa aiemmissa D-vitamiinin yhteyttä tasapainoon, tasapainon varmuuteen, liikkumiskykyyn tai kaatumisiin liittyvissä tutkimuksissa on yhteyttä tutkittu sukupuolen mukaan. Kuitenkin joitain tutkimuksia, joissa on nähtävillä eroja miesten ja naisten välillä, on tehty aiemminkin. Esimerkiksi matala D-vitamiinipitoisuus oli yhteydessä alaraajojen voimantuototehon laskuun ja kaatumisiin iäkkäillä miehillä, mutta ei naisilla (Bischoff-Ferrari ym. 1999; Menant ym. 2012). Tässä tutkimuksessa sukupuoliero saattaisi selittyä kuitenkin sillä, että Promo-tutkimukseen on valikoitunut kotona asuvia ja itsenäisesti liikkuvia, eli melko hyväkuntoisia, lonkkamurtuman kokeneita iäkkäitä ihmisiä, joista miehiä oli selvästi vähemmän. Miehet olivat naisiin verrattuna fyysisesti aktiivisempia ja heillä oli pienempi rasvaprosentti, joka saattaa viitata naisia parempaan fyysiseen suorituskyykyyn ja siten parempaan tasapainon varmuuteen, tasapainoon ja liikkumiskykyyn.

Tämän tutkimuksen perusteella lonkkamurtumasta toipuvien miesten D-vitamiinipitoisuus näyttäisi olevan yhteydessä tasapainon varmuuteen, tasapainoon ja liikkumiskykyyn. Lisäksi miehillä, joilla oli korkeampi D-vitamiinipitoisuus lonkkamurtuman tapahtuessa, oli parempi tasapainon varmuus vuoden seurannassa. Aikaisempien tutkimusten perusteella yhteyttä saattaa selittää näiden miesten kohdalla fyysinen aktiivisuus. Tutkimusta tarvittaisiin lisää suuremmalla otoksella ja terveillä tutkimushenkilöillä D-vitamiinipitoisuuden, tasapainon ja liik-

kumiskyvyn välisten yhteyksien ymmärtämiseksi. Välittääkö fyysinen suorituskyky ja elintavat eli kuvastaako D-vitamiinipitoisuus ihmisen yleistä terveydentilaa, toimintakykyä ja itse koettua terveyttä?

LÄHTEET

- Ahtiainen, J. 2012. Tasapaino. Teoksessa Keskinen, K.L, Häkkinen, K. & Kallinen, M. Kuntotestauksen käsikirja. 2. uudistettu painos. Helsinki: Liikuntatieteellinen seura ry.
- Allolio, B. 1999. Risk factors for hip fracture not related to bone mass and their therapeutic implications. *Osteoporosis International* 9 (Suppl 2), S9-S16.
- Annweiler C, Schott AM, Berrut G, Fantino B & Beauchet O 2009. Vitamin D-related changes in physical performance: a systematic review. *Journal of Nutrition, Health & Aging* 13 (10), 893-898.
- Annweiler C, Montero-Odasso M, Schott AM, Berrut G, Fantino B & Beauchet O 2010. Fall prevention and vitamin D in the elderly: an overview of the key role of the non-bone effects. *Journal of Neuroengineering & Rehabilitation* 7, 50.
- Arabi, A., Baddoura, R., El-Rassi, R. & El-Hajj Fuleihan, G. 2012. PTH level but not 25 (OH) vitamin D level predicts bone loss rates in the elderly. *Osteoporosis International* 23 (3), 971-980.
- Benetos, I. S., Babis, G. C., Zoubos, A. B., Benetou, V. & Soucacos, P. N. 2007. Factors affecting the risk of hip fractures. *Injury* 38 (7), 735-744.
- Berger, C., Langsetmo, L., Joseph, L., Hanley, D. A., Davison, K. S., Josse, R., Kreiger, N., Tenenhouse, A., Goltzman, D. & Canadian Multicentre Osteoporosis Study Research Group 2008. Change in bone mineral density as a function of age in women and men and association with the use of antiresorptive agents. *CMAJ Canadian Medical Association Journal* 178 (13), 1660-1668.
- Bischoff, H. A., Stahelin, H. B., Urscheler, N., Ehram, R., Vonthein, R., Perrig-Chiello, P., Tyndall, A. & Theiler, R. 1999. Muscle strength in the elderly: its relation to vitamin D metabolites. *Archives of Physical Medicine & Rehabilitation* 80 (1), 54-58.
- Bischoff, H. A., Stahelin, H. B., Dick, W., Akos, R., Knecht, M., Salis, C., Nebiker, M., Theiler, R., Pfeifer, M., Begerow, B., Lew, R. A. & Conzelmann, M. 2003. Effects of vitamin D and calcium supplementation on falls: a randomized controlled trial. *Journal of Bone & Mineral Research* 18 (2), 343-351.
- Bischoff-Ferrari, H. A., Borchers, M., Gudat, F., Durmuller, U., Stahelin, H. B. & Dick, W. 2004a. Vitamin D receptor expression in human muscle tissue decreases with age. *Journal of Bone & Mineral Research* 19 (2), 265-269.
- Bischoff-Ferrari, H. A., Dawson-Hughes, B., Willett, W. C., Staehelin, H. B., Bazemore, M. G., Zee, R. Y. & Wong, J. B. 2004b. Effect of Vitamin D on falls: a meta-analysis. *JAMA* 291 (16), 1999-2006.
- Bischoff-Ferrari, H. A., Conzelmann, M., Stahelin, H. B., Dick, W., Carpenter, M. G., Adkin, A. L., Theiler, R., Pfeifer, M. & Allum, J. H. 2006. Is fall prevention by vitamin D mediated by a change in postural or dynamic balance?. *Osteoporosis International* 17 (5), 656-663.

- Bischoff-Ferrari, H. 2009. Vitamin D: what is an adequate vitamin D level and how much supplementation is necessary? *Best Practice & Research in Clinical Rheumatology* 23 (6), 789-795.
- Bjerk SM, Edgington BD, Rector TS & Kunisaki KM 2013. Supplemental vitamin D and physical performance in COPD: a pilot randomized trial. *International Journal of Copd* 8, 97-104.
- Blain, H., Vuillemin, A., Teissier, A., Hanesse, B., Guillemin, F. & Jeandel, C. 2001. Influence of muscle strength and body weight and composition on regional bone mineral density in healthy women aged 60 years and over. *Gerontology* 47 (4), 207-212.
- Boersma D, Demontiero O, Mohtasham Amiri Z, Hassan S, Suarez H, Geisinger D, Suriyaarachchi P, Sharma A & Duque G 2012. Vitamin D status in relation to postural stability in the elderly. *Journal of Nutrition, Health & Aging* 16 (3), 270-275.
- Boonen S, Autier P, Barette M, Vanderschueren D, Lips P & Haentjens P 2004. Functional outcome and quality of life following hip fracture in elderly women: a prospective controlled study. *Osteoporosis International* 15 (2), 87-94.
- Boye ND, Oudshoorn C, van der Velde N, van Lieshout EM, de Vries OJ, Lips P, van Beeck EF, Patka P & van der Cammen TJ 2013. Vitamin D and physical performance in older men and women visiting the emergency department because of a fall: data from the improving medication prescribing to reduce risk of falls (IMPROVeFALL) study. *Journal of the American Geriatrics Society* 61 (11), 1948-1952.
- Broe, K.E., Chen, T.C., Weinberg, J., Bischoff-Ferrari, H.A., Holick, M.F. & Kiel, D.P. 2007. A higher dose of vitamin D reduces the risk of falls in nursing home residents: a randomized, multiple-dose study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55, 234-239.
- Chapuy, M. C., Pamphile, R., Paris, E., Kempf, C., Schlichting, M., Arnaud, S., Garnero, P. & Meunier, P. J. 2002. Combined calcium and vitamin D3 supplementation in elderly women: confirmation of reversal of secondary hyperparathyroidism and hip fracture risk: the Decalys II study. *Osteoporosis International* 13 (3), 257-264.
- Christodoulou, S., Goula, T., Ververidis, A. & Drosos, G. 2013. Vitamin D and bone disease. *BioMed Research International* 2013, 396541.
- Close, J., Ellis, M., Hooper, R., Glucksman, E., Jackson, S. & Swift, C. 1999. Prevention of falls in the elderly trial (PROFET): a randomised controlled trial. *Lancet* 353 (9147), 93-97.
- 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. *New England Journal of Medicine* 332 (12), 767-773.
- Daly, R. M., Rosengren, B. E., Alwis, G., Ahlborg, H. G., Sernbo, I. & Karlsson, M. K. 2013. Gender specific age-related changes in bone density, muscle strength and functional per-

- formance in the elderly: a-10 year prospective population-based study. *BMC Geriatrics* 13, 71.
- Dam TT, von Muhlen D & Barrett-Connor EL 2009. Sex-specific association of serum vitamin D levels with physical function in older adults. *Osteoporosis International* 20 (5), 751-760.
- Dargent-Molina, P., Favier, F., Grandjean, H., Baudoin, C., Schott, A. M., Hausherr, E., Meunier, P. J. & Breart, G. 1996. Fall-related factors and risk of hip fracture: the EPI-DOS prospective study. *Lancet* 348 (9021), 145-149.
- de Koning, L., Henne, D., Hemmelgarn, B. R., Woods, P. & Naugler, C. 2013. Non-linear relationship between serum 25-hydroxyvitamin D concentration and subsequent hip fracture. *Osteoporosis International* 24 (7), 2061-2065.
- DeLuca, H. F. 2004. Overview of general physiologic features and functions of vitamin D. *American Journal of Clinical Nutrition* 80 (6 Suppl), 1689S-96S.
- Dhesi, J. K., Jackson, S. H., Bearne, L. M., Moniz, C., Hurley, M. V., Swift, C. G. & Allain, T. J. 2004. Vitamin D supplementation improves neuromuscular function in older people who fall. *Age & Ageing* 33 (6), 589-595.
- Edgren, J. 2012. Balance confidence and functional balance are associated with physical disability after hip fracture. *Gait & posture* 37 (2), 201-205.
- Edwards, M. H., Gregson, C. L., Patel, H. P., Jameson, K. A., Harvey, N. C., Sayer, A. A., Dennison, E. M. & Cooper, C. 2013. Muscle size, strength, and physical performance and their associations with bone structure in the Hertfordshire Cohort Study. *Journal of Bone & Mineral Research* 28 (11), 2295-2304.
- Fox, K. M., Cummings, S. R., Williams, E., Stone, K. & Study of Osteoporotic, F. 2000. Femoral neck and intertrochanteric fractures have different risk factors: a prospective study. *Osteoporosis International* 11 (12), 1018-1023.
- Gerdhem, P. 2005. Association between 25-hydroxy vitamin D levels, physical activity, muscle strength and fractures in the prospective population-based OPRA Study of Elderly Women. *Osteoporosis International* 16 (11), 1425-31.
- Girgis, C. M., Clifton-Bligh, R. J., Hamrick, M. W., Holick, M. F. & Gunton, J. E. 2013. The roles of vitamin D in skeletal muscle: form, function, and metabolism. *Endocrine reviews* 34 (1), 33-83.
- Graafmans, W. C. C. 1996. Falls in the elderly: a prospective study of risk factors and risk profiles. *American Journal of Epidemiology* 143 (11), 1129-36.
- Granacher, U., Muehlbauer, T. & Gruber, M. 2012. A Qualitative review of balance and strength performance in healthy older adults: impact for testing and training. *Journal of Aging Research*, 2012, 1-16.

- Grisso, J. A., Kelsey, J. L., Strom, B. L., Chiu, G. Y., Maislin, G., O'Brien, L. A., Hoffman, S. & Kaplan, F. 1991. Risk factors for falls as a cause of hip fracture in women. The Northeast Hip Fracture Study Group. *New England Journal of Medicine* 324 (19), 1326-1331.
- Guralnik JM, Ferrucci L, Simonsick EM, Salive ME & Wallace RB 1995. Lower-extremity function in persons over the age of 70 years as a predictor of subsequent disability. *New England Journal of Medicine* 332 (9), 556-561.
- Hadjistavropoulos T, Delbaere K & Fitzgerald TD 2011. Reconceptualizing the role of fear of falling and balance confidence in fall risk. *Journal of Aging & Health* 23 (1), 3-23.
- Hannan, M. T., Felson, D. T., Dawson-Hughes, B., Tucker, K. L., Cupples, L. A., Wilson, P. W. & Kiel, D. P. 2000. Risk factors for longitudinal bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study. *Journal of Bone & Mineral Research* 15 (4), 710-720.
- Harwood RH. Sahota O. Gaynor K. Masud T. Hosking DJ. Nottingham Neck of Femur (NONOF) Study 2004. A randomised, controlled comparison of different calcium and vitamin D supplementation regimens in elderly women after hip fracture: The Nottingham Neck of Femur (NONOF) Study. *Age & Ageing* 33 (1), 45-51.
- Hatch J, Gill-Body KM & Portney LG 2003. Determinants of balance confidence in community-dwelling elderly people. *Physical Therapy* 83 (12), 1072-1079.
- Heikkinen, T., Parker, M. & Jalovaara, P. 2001. Hip fractures in Finland and Great Britain--a comparison of patient characteristics and outcomes. *International orthopaedics* 25 (6), 349-354.
- Heino, J. & Vuento, M. 2014. Biokemian ja solubiologian perusteet. 3. uudistettu painos. Helsinki: Sanoma Pro oy.
- Hida, T., Ishiguro, N., Shimokata, H., Sakai, Y., Matsui, Y., Takemura, M., Terabe, Y. & Harada, A. 2013. High prevalence of sarcopenia and reduced leg muscle mass in Japanese patients immediately after a hip fracture. *Geriatrics & Gerontology International*, 13, 413-420.
- Holick, M. F. 2007. Vitamin D deficiency. *New England Journal of Medicine* 357 (3), 266-281.
- Holick, M. F. 2011. Vitamin D: a d-lightful solution for health. *Journal of Investigative Medicine* 59 (6), 872-880.
- Holvik, K., Ahmed, L. A., Forsmo, S., Gjesdal, C. G., Grimnes, G., Samuelsen, S. O., Schei, B., Blomhoff, R., Tell, G. S. & Meyer, H. E. 2013. Low serum levels of 25-hydroxyvitamin D predict hip fracture in the elderly: a NOREPOS study. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 98 (8), 3341-3350.
- Houston, D. K., Tooze, J. A., Neiberg, R. H., Hausman, D. B., Johnson, M. A., Cauley, J. A., Bauer, D. C., Cawthon, P. M., Shea, M. K., Schwartz, G. G., Williamson, J. D., Tyllavsky, F. A., Visser, M., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Kritchevsky, S. B. & Health

- ABC, S. 2012. 25-hydroxyvitamin D status and change in physical performance and strength in older adults: the Health, Aging, and Body Composition Study. *American Journal of Epidemiology* 176 (11), 1025-1034.
- Jääskeläinen T, Knekt P, Marniemi J, Sares-Jäske L, Männistö S, Heliövaara M & Järvinen R 2013. Vitamin D status is associated with sociodemographic factors, lifestyle and metabolic health. *European journal of nutrition* 52 (2), 513-525.
- Janssen, H. C., Samson, M. M. & Verhaar, H. J. 2002. Vitamin D deficiency, muscle function, and falls in elderly people. *American Journal of Clinical Nutrition* 75 (4), 611-615.
- Johnell, O., Kanis, J. A., Oden, A., Johansson, H., De Laet, C., Delmas, P., Eisman, J. A., Fujiwara, S., Kroger, H., Mellstrom, D., Meunier, P. J., Melton, L. J., 3rd, O'Neill, T., Pols, H., Reeve, J., Silman, A. & Tenenhouse, A. 2005. Predictive value of BMD for hip and other fractures. *Journal of Bone & Mineral Research* 20 (7), 1185-1194.
- Johnson, A. L., Smith, J. J., Smith, J. M. & Sanzone, A. G. 2013. Vitamin D insufficiency in patients with acute hip fractures of all ages and both sexes in a sunny climate. *Journal of orthopaedic trauma* 27 (12), e275-80.
- Jones, G., Nguyen, T., Sambrook, P., Kelly, P. J. & Eisman, J. A. 1994. Progressive loss of bone in the femoral neck in elderly people: longitudinal findings from the Dubbo osteoporosis epidemiology study. *BMJ* 309 (6956), 691-695.
- Kenny, A. M., Biskup, B., Robbins, B., Marcella, G. & Burleson, J. A. 2003. Effects of vitamin D supplementation on strength, physical function, and health perception in older, community-dwelling men. *Journal of the American Geriatrics Society* 51 (12), 1762-1767.
- 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.
- Korkmaz, N., Tutoğlu, A., Korkmaz, I. & Boyacı, A. 2014. The relationships among vitamin D level, balance, muscle strength, and Quality of life in postmenopausal patients with osteoporosis. *Journal of Physiotherapy Sciences*, 26, 1521-1526.
- Koski, K., Luukinen, H., Laippala, P. & Kivelä, S. L. 1996. Physiological factors and medications as predictors of injurious falls by elderly people: a prospective population-based study. *Age & Ageing* 25 (1), 29-38.
- Kulie, T., Groff, A., Redmer, J., Hounshell, J. & Schragger, S. 2009. Vitamin D: an evidence-based review. *Journal of the American Board of Family Medicine: JABFM* 22 (6), 698-706.
- Latham, N.K., Mehta, V., Nguyen, A.M., Jette, A.M., Olarsch, S., Papanicolaou, D. & Chandler, J. 2008. Performance-Based or self-report measures of physical function: Which should be used in clinical trials of hip fracture patients? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, 2146-2155.

- Lauretani, F., Maggio, M., Valenti, G., Dall'Aglio, E. & Ceda, G. P. 2010. Vitamin D in older population: new roles for this 'classic actor'? *Aging Male* 13 (4), 215-232.
- LeBoff, M. S., Hawkes, W. G., Glowacki, J., Yu-Yahiro, J., Hurwitz, S. & Magaziner, J. 2008. Vitamin D-deficiency and post-fracture changes in lower extremity function and falls in women with hip fractures. *Osteoporosis International* 19 (9), 1283-1290.
- Li, F., Fisher, K. J., Harmer, P., McAuley, E. & Wilson, N. L. 2003. Fear of falling in elderly persons: association with falls, functional ability, and quality of life. *Journals of Gerontology Series B-Psychological Sciences & Social Sciences* 58 (5), P283-90.
- Lips, P. 2004. Which circulating level of 25-hydroxyvitamin D is appropriate? *Journal of Steroid Biochemistry & Molecular Biology* 89-90 (1-5), 611-614.
- Lips, P. 2006a. Vitamin D physiology. *Progress in Biophysics & Molecular Biology* 92 (1), 4-8.
- Lips, P., Hosking, D., Lippuner, K., Norquist, J. M., Wehren, L., Maalouf, G., Ragi-Eis, S. & Chandler, J. 2006b. The prevalence of vitamin D inadequacy amongst women with osteoporosis: an international epidemiological investigation. *Journal of internal medicine* 260 (3), 245-254.
- Lips P, Binkley N, Pfeifer M, Recker R, Samanta S, Cohn DA, Chandler J, Rosenberg E & Papanicolaou DA 2010. Once-weekly dose of 8400 IU vitamin D(3) compared with placebo: effects on neuromuscular function and tolerability in older adults with vitamin D insufficiency. *American Journal of Clinical Nutrition* 91 (4), 985-991.
- Lonkkamurtuma. 2011. Käypä hoito –suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecim ja Suomen Ortopediyhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 25.11.2014. www.kaypahoito.fi.
- Looker, A. C. 2013. Serum 25-hydroxyvitamin D and risk of major osteoporotic fractures in older U.S. adults. *Journal of Bone & Mineral Research* 28 (5), 997-1006.
- Lüthje, P., Helkamaa, T., Kaukonen, J. P., Nurmi-Lüthje, I. & Kataja, M. 2012. A long-term follow-up of 221 hip fracture patients in southeastern Finland: analysis of survival and prior or subsequent fractures. *Archives of Gerontology & Geriatrics* 54 (3), e294-9.
- Macdonald, H. M., Wood, A. D., Aucott, L. S., Black, A. J., Fraser, W. D., Mavroei, A., Reid, D. M., Secombes, K. R., Simpson, W. G. & Thies, F. 2013. Hip bone loss is attenuated with 1000 IU but not 400 IU daily vitamin D3: a 1-year double-blind RCT in postmenopausal women. *Journal of Bone & Mineral Research* 28 (10), 2202-2213.
- Mackey, D. C., Hubbard, A. E., Cawthon, P. M., Cauley, J. A., Cummings, S. R., Tager, I. B. & Osteoporotic Fractures in Men Research Group 2011. Usual physical activity and hip fracture in older men: an application of semiparametric methods to observational data. *American Journal of Epidemiology* 173 (5), 578-586.

- Magaziner J, Hawkes W, Hebel JR, Zimmerman SI, Fox KM, Dolan M, Felsenthal G & Kenzora J 2000. Recovery from hip fracture in eight areas of function. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences* 55 (9), M498-507.
- Maggio, D., Cherubini, A., Lauretani, F., Russo, R. C., Bartali, B., Pierandrei, M., Ruggiero, C., Macchiarulo, M. C., Giorgino, R., Minisola, S. & Ferrucci, L. 2005. 25(OH)D Serum levels decline with age earlier in women than in men and less efficiently prevent compensatory hyperparathyroidism in older adults. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences* 60 (11), 1414-1419.
- Marks, R., Allegrante, J. P., Ronald MacKenzie, C. & Lane, J. M. 2003. Hip fractures among the elderly: causes, consequences and control. *Ageing Research Reviews* 2 (1), 57-93.
- Marks, R. 2010. Hip fracture epidemiological trends, outcomes, and risk factors, 1970-2009. *International Journal of General Medicine*, 3, 1-17.
- Menant JC, Close JC, Delbaere K, Sturnieks DL, Trollor J, Sachdev PS, Brodaty H & Lord SR 2012. Relationships between serum vitamin D levels, neuromuscular and neuropsychological function and falls in older men and women. *Osteoporosis International* 23 (3), 981-989.
- Miettinen ME, Kinnunen L, Leiviskä J, Keinänen-Kiukaanniemi S, Korpi-Hyövälti E, Niskanen L, Oksa H, Saaristo T, Tuomilehto J, Vanhala M, Uusitupa M & Peltonen M 2014. Association of serum 25-hydroxyvitamin D with lifestyle factors and metabolic and cardiovascular disease markers: population-based cross-sectional study (FIN-D2D). *PLoS ONE [Electronic Resource]* 9 (7), e100235.
- Morris, M. C. 2012. Nutritional determinants of cognitive aging and dementia. *Proceedings of the Nutrition Society* 71 (1), 1-13.
- Mosele, M., Coin, A., Manzato, E., Sarti, S., Berton, L., Bolzetta, F., Imoscopi, A., Rinaldi, G., Perissinotto, E. & Sergi, G. 2013. Association between serum 25-hydroxyvitamin d levels, bone geometry, and bone mineral density in healthy older adults. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences* 68 (8), 992-998.
- Muir, S. W. & Montero-Odasso, M. 2011. Effect of vitamin D supplementation on muscle strength, gait and balance in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society* 59 (12), 2291-2300.
- Määttä, M., Terho, E., Jokinen, H., Pulkkinen, P., Korpelainen, J., Heikkinen, J., Keinänen-Kiukaanniemi, S., Jämsä, T. & Korpelainen, R. 2012. Lifestyle factors and site-specific risk of hip fracture in community dwelling older women--a 13-year prospective population-based cohort study. *BMC Musculoskeletal Disorders* 13, 173.
- Nakano, T., Tsugawa, N., Kuwabara, A., Kamao, M., Tanaka, K. & Okano, T. 2011. High prevalence of hypovitaminosis D and K in patients with hip fracture. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* 20 (1), 56-61.
- Nienstedt, W., Hänninen, O., Arstila, A. & Björkqvist, S.-E. 1995. *Ihmisen fysiologia ja anatomia*. 10. painos. Porvoo: WSOY.

- Nurmi, I., Narinen, A., Lüthje, P. & Tanninen, S. 2003. Cost analysis of hip fracture treatment among the elderly for the public health services: a 1-year prospective study in 106 consecutive patients. *Archives of Orthopaedic & Trauma Surgery* 123 (10), 551-554.
- Nurmi, I., Kaukonen, J. P., Lüthje, P., Naboulsi, H., Tanninen, S., Kataja, M., Kallio, M. L. & Leppilampi, M. 2005. Half of the patients with an acute hip fracture suffer from hypovitaminosis D: a prospective study in southeastern Finland. *Osteoporosis International* 16 (12), 2018-2024.
- Nyman, S. R., Ballinger, C., Phillips, J. E. & Newton, R. 2013. Characteristics of outdoor falls among older people: a qualitative study. *BMC Geriatrics* 13, 125.
- Osteoporoosi. 2014. Käypä-hoito suositukset. Suomalaisen lääkäriseura Duodecimin ja Suomen Endokrinologiyhdistyksen ja Suomen Gynekologiyhdistyksen asettama työryhmä. Viitattu 15.11.2014. www.kaypahoito.fi
- Pfeifer, M., Begerow, B., Minne, H. W., Suppan, K., Fahrleitner-Pammer, A. & Dobnig, H. 2009. Effects of a long-term vitamin D and calcium supplementation on falls and parameters of muscle function in community-dwelling older individuals. *Osteoporosis International* 20 (2), 315-322.
- Pludowski, P., Holick, M. F., Pilz, S., Wagner, C. L., Hollis, B. W., Grant, W. B., Shoenfeld, Y., Lerchbaum, E., Llewellyn, D. J., Kienreich, K. & Soni, M. 2013. Vitamin D effects on musculoskeletal health, immunity, autoimmunity, cardiovascular disease, cancer, fertility, pregnancy, dementia and mortality-a review of recent evidence. *Autoimmunity Reviews* 12 (10), 976-989.
- Pluijm, S. M., Smit, J. H., Tromp, E. A., Stel, V. S., Deeg, D. J., Bouter, L. M. & Lips, P. 2006. A risk profile for identifying community-dwelling elderly with a high risk of recurrent falling: results of a 3-year prospective study. *Osteoporosis International* 17 (3), 417-425.
- Podsiadlo D & Richardson S 1991. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American Geriatrics Society* 39 (2), 142-148.
- Portegijs E, Sipilä S, Pajala S, Lamb SE, Alen M, Kaprio J, Koskenvuo M & Rantanen T 2006. Asymmetrical lower extremity power deficit as a risk factor for injurious falls in healthy older women. *Journal of the American Geriatrics Society* 54 (3), 551-553.
- Portegijs E, Sipilä S, Rantanen T & Lamb SE 2008. Leg extension power deficit and mobility limitation in women recovering from hip fracture. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 87 (5), 363-370.
- Portegijs, E., Edgren, J., Salpakoski, A., Kallinen, M., Rantanen, T., Alen, M., Kiviranta, I., Sihvonen, S. & Sipilä, S. 2012. Balance confidence was associated with mobility and balance performance in older people with fall-related hip fracture: a cross-sectional study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 93, 2340-2346.
- Powell, L.E. & Myers, A.M. 1995. The activities-specific balance confidence (ABC) scale. *Journal of Gerontology*, 50A, 1, M28-M34.

- Proctor, D. N. N. 2000. Relative influence of physical activity, muscle mass and strength on bone density. *Osteoporosis International* 11 (11), 944-52.
- Radosavljevic N, Nikolic D, Lazovic M, Petronic I, Milicevic V, Radosavljevic Z, Potic J, Ilic-Stojanovic O & Jeremic A 2013. Estimation of functional recovery in patients after hip fracture by Berg Balance Scale regarding the sex, age and comorbidity of participants. *Geriatrics & gerontology international* 13 (2), 365-371.
- Rantakokko M, Mänty M & Rantanen T 2013. Mobility decline in old age. *Exercise & Sport Sciences Reviews* 41 (1), 19-25.
- Rogers, M., Page, P. & Takeshima, N. 2013. Balance training for the older athlete. *The International Journal of Sports Physical Therapy*. 8 (4), 517-530.
- Ryynänen, J. 2014. Pleiotropy of vitamin D-mediated gene regulation. Itä-Suomen yliopisto. *Dissertations in health sciences* 237.
- Sanders, K. M. 2010. Annual high-dose oral vitamin D and falls and fractures in older women: a randomized controlled trial. *JAMA* 303 (18), 1815-1822.
- Satariano WA, Guralnik JM, Jackson RJ, Marottoli RA, Phelan EA & Prohaska TR 2012. Mobility and aging: new directions for public health action. *American Journal of Public Health* 102 (8), 1508-1515.
- Schott, A. M., Cormier, C., Hans, D., Favier, F., Hausherr, E., Dargent-Molina, P., Delmas, P. D., Ribot, C., Sebert, J. L., Breart, G. & Meunier, P. J. 1998. How hip and whole-body bone mineral density predict hip fracture in elderly women: the EPIDOS Prospective Study. *Osteoporosis International* 8 (3), 247-254.
- Seitz, S., Koehne, T., Ries, C., De Novo Oliveira, A., Barvencik, F., Busse, B., Eulenburg, C., Schinke, T., Puschel, K., Rueger, J. M., Amling, M. & Pogoda, P. 2013. Impaired bone mineralization accompanied by low vitamin D and secondary hyperparathyroidism in patients with femoral neck fracture. *Osteoporosis International* 24 (2), 641-649.
- Sihvonen S, Kulmala J, Kallinen M, Alen M, Kiviranta I & Sipilä S 2009. Postural balance and self-reported balance confidence in older adults with a hip fracture history. *Gerontology* 55 (6), 630-636.
- Sipilä, S., Salpakoski, A., Edgren, J., Heinonen, A., Kauppinen, M.A., Arkela-Kautiainen, M., Sihvonen, S.E., Pesola, M., Rantanen, T. & Kallinen, M. 2011. Promoting mobility after hip fracture (ProMo): study protocol and selected baseline results of a year-long randomized controlled trial among community-dwelling older people. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 12, 277.
- Snijder, M. B., van Schoor, N. M., Pluijm, S. M., van Dam, R. M., Visser, M. & Lips, P. 2006. Vitamin D status in relation to one-year risk of recurrent falling in older men and women. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 91 (8), 2980-2985.
- Sohl, E., de Jongh, R.T., Heijboer, A.C., Swart, K.M.A., Brouwer-Brolsma, E.M., Enneman, A.W., de Groot, C.P.G.M., van der Velde, N., Dhonukshe-Rutten, R.A.M., Lips, P. &

- van Schoor, N.M. 2013. Vitamin D status is associated with physical performance: the results of three independent cohorts. *Osteoporosis international*, 24, 187-196.
- Steffen TM, Hacker TA & Mollinger L 2002. Age- and gender-related test performance in community-dwelling elderly people: Six-Minute Walk Test, Berg Balance Scale, Timed Up & Go Test, and gait speeds. *Physical Therapy* 82 (2), 128-137.
- Sund, R. 2006. Lonkkamurtumien ilmaantuvuus Suomessa 1998–2002. *Duodecim* 122 (9), 1085–1091.
- Tieland, M., Brouwer-Brolsma, E.M., Nienaber-Rousseau, C., van Loon, L.J.C & De Groot, L.C.P.G.M. 2013. Low vitamin D status is associated with reduced muscle mass and impaired physical performance in frail elderly people. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67, 1050-1055.
- Timpini, A., Pini, L., Tantucci, C., Cossi, S. & Grassi, V. 2011. Vitamin D and health status in elderly. *Internal & Emergency Medicine* 6 (1), 11-21.
- Tinetti, M. E. 2003. Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *New England Journal of Medicine* 348 (1), 42-49.
- Uusi-Rasi, K., Patil, R., Karinkanta, S., Kannus, P., Tokola, K., Lamberg-Allardt, C. & Sievänen, H. 2015. Exercise and vitamin D in fall prevention among older women. A randomized clinical trial. *Journal of American medical association Internal medicine* May;175(5):703-711.
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta. 2014. D-vitamiinivalmisteiden käyttösuositukseen tarkennuksia. Viitattu 15.10.2014.
<http://www.ravitsemusneuvottelukunta.fi/portal/fi/ajankohtaista?bid=3938>.
- Verreault, R., Semba, R. D., Volpato, S., Ferrucci, L., Fried, L. P. & Guralnik, J. M. 2002. Low serum vitamin d does not predict new disability or loss of muscle strength in older women. *Journal of the American Geriatrics Society* 50 (5), 912-917.
- Visser M, Harris TB, Fox KM, Hawkes W, Hebel JR, Yahiro JY, Michael R, Zimmerman SI & Magaziner J 2000. Change in muscle mass and muscle strength after a hip fracture: relationship to mobility recovery. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences* 55 (8), M434-40.
- Wei, T. S., Hu, C. H., Wang, S. H. & Hwang, K. L. 2001. Fall characteristics, functional mobility and bone mineral density as risk factors of hip fracture in the community-dwelling ambulatory elderly. *Osteoporosis International* 12 (12), 1050-1055.
- Wicherts IS, van Schoor NM, Boeke AJ, Visser M, Deeg DJ, Smit J, Knol DL & Lips P 2007. Vitamin D status predicts physical performance and its decline in older persons. *Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism* 92 (6), 2058-2065.
- Zamboni, M., Zoico, E., Tosoni, P., Zivelonghi, A., Bortolani, A., Maggi, S., Di Francesco, V. & Bosello, O. 2002. Relation between vitamin D, physical performance, and disability

in elderly persons. *Journals of Gerontology Series A-Biological Sciences & Medical Sciences* 57 (1), M7-11.

Zhu, K., Austin, N., Devine, A., Bruce, D. & Prince, R.L. 2010. A randomized controlled trial of the effects of vitamin d on muscle strength and mobility in older women with vitamin d insufficiency. *Journal of the American Geriatrics Society*, 58, 2063-2068.