

**VESIVASTUSHARJOITTELUN VAIKUTUS VAIKEA-ASTEISTA POLVEN
NIVELRIKKOA SAIRASTAVIEN MIESTEN JA NAISTEN TASAPAINOON**

Jenni Vuolahti

Gerontologian ja kansanterveyden

Pro gradu -tutkielma

Syksy 2014

Terveystieteiden laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Jenni Vuolahti (2014). Vesivastusharjoittelun vaikutus vaikea-asteista polvennivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten tasapainoon. Terveystieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, Gerontologian ja kansanterveyden pro gradu – tutkielma, 37 s.

Polven nivelrikko on ikääntyvän väestön yleinen sairaus, joka aiheuttaa merkittäviä kustannuksia yhteiskunnalle ja heikentää yksilön toimintakykyä ja elämänlaatua. Polven nivelrikon aiheuttamia toimintakyvyn ja elämänlaadun ongelmia ovat muun muassa kipu, alaraajojen lihasvoiman heikkeneminen, kävelyn vaikeutuminen sekä tasapainon heikkeneminen. Heikentynyt tasapaino rajoittaa ja hankaloittaa ikääntyvän arjesta suoriutumista ja aiheuttaa suurentuneen riskin kaatumistapaturmille ja niistä aiheutuville vammoille. Fyysisellä harjoittelulla pystytään parantamaan tasapainoa. Vedessä tapahtuva harjoittelua käytetään yleisesti nivelrikon kuntoutuksessa ja se tarjoaa monelle polven nivelrikkoa sairastavalle maalla tapahtuvaa harjoittelua tehokkaamman ja kivuttomamman harjoitteluympäristön.

Tämän pro gradu -tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää onko vedessä tapahtuvalla progressiivisella vastusharjoittelulla vaikutuksia vaikea-asteista polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon tai tasapainon kannalta haastavaan liikkumiskykyyn. Tutkimusasetelma oli satunnaistettu ja kontrolloitu interventiotutkimus. Tutkimusaineisto koostui 50–75 vuotiaista miehistä ja naisista, jotka sairastivat vaikea-asteista unilateraalista polven nivelrikkoa ja olivat jonossa tekonivelleikkaukseen (n=43). Tutkittavat satunnaistettiin harjoitusryhmään (n=26) ja verrokkiryhmään (n=17). Harjoitusryhmä harjoitteli vedessä 12 viikon ajan kaksi kertaa viikossa. Verrokkiryhmäläiset noudattivat tavanomaista nivelrikon hoitokäytäntöä, eikä heille järjestetty ryhmätoimintaa tai ohjausta tutkimuksen puitteissa. Molemmille ryhmille tehtiin alku- ja loppumittaukset. Staattista ja dynaamista tasapainoa mitattiin kehon huojuntana. Kehon huojuntaa mitattiin voimalevyn avulla seuraavissa olosuhteissa; seisominen kovalla alustalla silmät auki ja kiinni, seisominen pehmeällä alustalla silmät auki ja kiinni, yhdellä jalalla seisominen, tuoliilta ylösnousu sekä portaalle nousu/laskeutuminen. Lisäksi tutkittaville tehtiin tasapainon kannalta haastavan liikkumiskyvyn testejä, joita olivat TUG – testi ja 8- juoksu – testi. Intervention aikana tapahtunutta muutosta tarkasteltiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA) alkumittauksen ollessa kovariaattina. 12 viikon harjoitusinterventio ei vaikuttanut keskivaikeaa tai vaikeaa polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten staattiseen tai dynaamiseen tasapainoon. Harjoittelu paransi ainoastaan portaalle nousu – testin voima-ominaisuuksia mittaavaa osa-alueetta. Tässä portaalle nousussa käytetty voima kehon painoon nähden parani kontralateraalien alaraajan osalta 33 % (95 % CI: -54 % - -13 %) verrattuna kontrolliryhmään (p=.005). Tasapainon kannalta haastavaan liikkumiskykyyn harjoittelu sen sijaan vaikutti positiivisesti. Harjoitusryhmän aika parani TUG – testissä 12 % (1 % - 24 %) verrokkiryhmään verrattuna (ANCOVA p=.047). 8-juoksutestissä käytetty aika puolestaan väheni harjoitusryhmällä 15 % (-28 - -3 %) verrokkiryhmään verrattuna (p=.045).

Tutkimustulosten mukaan progressiivisen vesivastusharjoittelun avulla ei voida parantaa vaikea-asteista polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten staattista tai dynaamista tasapainoa. Harjoittelulla pystytään kuitenkin vaikuttamaan positiivisesti tasapainon kannalta haastavaan liikkumiskykyyn.

Avainsanat: vesiharjoittelu, tasapaino, nivelrikko, polvi

ABSTRACT

Jenni Vuolahti (2014). The effect of aquatic resistance training on postural balance among men and women with end-stage knee osteoarthritis. Faculty of Sport and Health Sciences. Department of Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 37 pp.

Knee osteoarthritis is one of the most common joint disease of elderly. It is a major cause of disability in the elderly. It causes pain, decreased muscle strength, walking difficulties and postural control impairment with increased risk of falling. Exercise is very important in patient with knee osteoarthritis and it can increase balance control. Non-weight bearing aquatic exercise is often more appropriate for patients with knee osteoarthritis than land-based exercise. The purpose of this study was to investigate the effects of aquatic resistance training on postural balance among men and women with end-stage knee osteoarthritis. The study was randomized controlled trial. The study involved 43 50 to 75 -year-old men and women with unilateral end-stage knee osteoarthritis. The subjects were randomized into two groups; training group (n=26) and control group (n=17). The training group trained twice a week for a period of 12 weeks. The control group did not participate in the training session. Physical abilities of the test subjects were measured before and after the training in both groups. The balance measurements were made on a force platform (feet side by side eyes open / closed on firm / foam platform, stand up, step up and down). Dynamic postural balance was also measured by a figure of 8 run test and TUG (Timed up and go) test. The analysis of covariance (ANCOVA) was used to assess the training effects between the training and control groups. The baseline measurement was used as covariate. After 12 weeks intervention the exercise group performed 12 % (95 % CI: 1 % - 24 %) better than the control group (ANCOVA $p=.047$) in TUG test, 15 % (-28 - -3 %) in figure of 8 run test ($p=.045$) and 33 % (-54 % - -13 %) in maximum lifting force exerted by health knee ($p=.005$). There was no significant difference between the groups in other balance measurements.

Progressive aquatic resistance training did not have any favourable effects on postural balance of men and women with end-stage knee osteoarthritis. But the training did effect on locomotion that needs good postural balance.

Keywords: aquatic training, postural balance, osteoarthritis, knee

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 NIVELRIKKO.....	3
2.1 Nivelrikon esiintyvyys ja riskitekijät	3
2.2 Polven nivelrikon patofysiologia ja vaikutukset fyysiseen toimintakykyyn	3
3 TASAPAINON ONGELMAT POLVEN NIVELRIKKOA SAIRASTAVALLA.....	7
4 VESIHARJOITTELU POLVEN NIVELRIKON KUNTOUTUSMUOTONA	10
4.1 Veden ominaisuudet.....	11
4.2 Vesiharjoittelu polven nivelrikkoa sairastavan tasapainon kehittämisen välineenä	12
4.4 Apuvälineiden käyttö vesiharjoittelun tehostamiseksi.....	13
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	15
6 AINEISTO JA MENETELMÄT	16
6.1 Tutkittavat	16
6.2 Tutkimuksen eettisyys	18
6.3 Mittausmenetelmät.....	18
6.3.1 Staattisen tasapainon testit	18
6.3.2 Dynaamisen tasapainon testit	20
6.3.3 Tasapainon kannalta haastavat liikkumiskyky testit	20
6.4 Harjoittelu	21
6.5 Analyysimenetelmät	22
7 TULOKSET.....	23
7.1 Tutkimukseen osallistuneet henkilöt.....	23
7.2 Harjoittelun toteutuminen ja sen vaikutukset	23
8. POHDINTA.....	27
LÄHTEET	31

1 JOHDANTO

Nivelrikko on yksi yleisimpiä kansanterveydellisiä sairauksia Suomessa ja maailmalla. Terveys 2000-tutkimuksen mukaan polven nivelrikkoa sairastaa yli 30 vuotiaista naisista 7 % ja miehistä 5 % (Riihimäki ym. 2002). Nivelrikon esiintyvyys lisääntyy iän myötä ja 85 vuotta täyttäneistä naisista polven nivelrikkoa sairastaa jo 35 % ja miehistä 46 %. Nivelrikosta aiheutuu jatkuvasti kustannuksia yhteiskunnalle ja kaikkiaan nivelrikko on arvioitavissa lähes miljardin euron vuosittaiset menetykset aiheuttavaksi kansanterveysongelmaksi. Sen kustannukset tulevat tekonivelleikkauksista ja erityisesti yksilön toimintakyvyn heikentymisestä (Heliövaara 2008). Esimerkiksi Kela on maksanut sairauspäivärahaa nivelrikon vuoksi 14 428 henkilölle vuonna 2009 (Kelan sairausvakuutuslaskelma 2010).

Nivelrikon vaikutukset yksilön elämänlaatuun ja toimintakykyyn ovat merkittävät aiheuttaen muun muassa kipua, lihasvoiman heikkenemistä, kävelyn vaikeutumista sekä tasapainon heikkenemistä (Hassan ym. 2001; Hinman ym. 2002; Liikavainio ym. 2008). Tasapainoa tarvitaan jatkuvasti liikkumisessa, päivittäisistä toimissa suoriutumisessa, työssä ja harrastuksissa. Tasapainon ongelmat aiheuttavat näin ollen yksilölle selkeää haittaa jokapäiväisessä elämässä. Usein juuri tasapainoon liittyvät ongelmat ovat erityisesti iäkkäiden henkilöiden mielestä yleisimpiä arkielämää haittaavia rajoitteita (Pajala ym. 2008). Heikentyneen tasapainon on todettu olevan myös kaatumistapaturmien riskitekijä (Melzer ym. 2010; Muir ym. 2010). Harjoittamalla tasapainoa voidaan siis mahdollisesti sekä helpottaa yksilön arkea että ehkäistä kaatumisia ja niistä aiheutuvia luun murtumia.

Suomalaisen polvi- ja lonkkanivelrikon hoito –suosituksen mukaan nivelrikon hoidon tavoitteena on kivun hallinta ja lieventäminen sekä toimintakyvyn ylläpito ja parantaminen. Nivelrikon ensisijaisina hoitomuotoina lääkehoidon lisäksi ovat konservatiiviset lääkkeettömät hoitomuodot, kuten liike- ja liikuntaharjoittelu (Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012). Aiempien tutkimusten mukaan liike- ja liikuntaharjoittelusta on hyötyä polven nivelrikkoa sairastavan polvikipuun ja fyysiseen toimintakykyyn (Fransen & McConnell 2008; Wang ym. 2011). Vesiharjoittelu on yleisesti suositeltu ja laajalti käytössä oleva harjoittelun muoto, sillä se tarjoaa usein kivuttomamman ja miellyttävämmän

harjoitteluympäristön kuin maalla tapahtuva harjoittelu. Vesi elementtinä mahdollistaa polven nivelrikkoa sairastavalle vaativankin harjoittelun, johon nivelrikkoa sairastava ei maalla pystyisi kipujen ja liikkumisvaikeuksien vuoksi (Jordan 2003; Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012; Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapia 2013). Veden hydrodynaamiset ominaisuudet tekevät siitä täysin erilaisen harjoitteluympäristön verrattuna maalla tapahtuvaan harjoitteluun. Hydrostaattinen paine, noste sekä veden vastus mahdollistavat erilaisten toimintarajoitteiden huomioimisen harjoittelussa samalla helpottaen ja tehostaen harjoittelua. (Lawrence 2008, 9-15).

Aikaisemmat tutkimustulokset vesiharjoittelun vaikutuksista polven nivelrikkoa sairastavan kipuun, fyysiseen toimintakykyyn ja tasapainoon ovat positiivisia (Suomi ym. 2000; Hinman ym. 2007; Silva ym. 2008). Vesiliikunta on yleisesti käytössä oleva tasapainon harjoittelumuoto eri potilasryhmillä sekä terveillä ikäihmisillä. Tulokset vesiharjoittelun vaikutuksesta tasapainoon ovat monissa aiemmissä tutkimuksissa hyviä ja usein verrattavissa maalla tapahtuvaan harjoitteluun (Douris ym. 2003; Kaneda ym. 2008; Roller ym. 2008). Tutkimuksia erityisesti tasapainon ja nivelrikon osalta on kuitenkin tehty vähän ja tutkimusjoukot ovat usein olleet hyvin pieniä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on selvittää onko vedessä tapahtuvalla progressiivisella vastusharjoittelulla vaikutusta vaikea-asteista polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten tasapainoon.

2 NIVELRIKKO

2.1 Nivelrikon esiintyvyys ja riskitekijät

Nivelrikko on ikääntyvän väestön kansanterveydellinen sairaus, jonka riskitekijöitä tunnetaan useita. Nivelrikon riskitekijät voidaan jakaa systeemisiin ja paikallisiin. Systeemisiä riskitekijöitä ovat esimerkiksi ikääntyminen, perimä ja sukupuoli. Paikallisia riskitekijöitä puolestaan ovat esimerkiksi ylipaino, raskas liikunta ja työ sekä nivelvammat (Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012).

Terveys 2000 -tutkimuksen (Riihimäki ym. 2002) tulokset osoittavat, että nivelrikon esiintyvyys lisääntyy iän myötä. Tutkimuksen mukaan 30-44-vuotiaista miehistä vain 0,3 % ja naisista 0,4 % sairastaa polven nivelrikkoa. Määrä kasvaa tasaisesti iän myötä ja 85 vuotta täyttäneistä miehistä jo 46 % ja naisista 35 % sairastaa polven nivelrikkoa. Kaiken kaikkiaan 30 vuotta täyttäneistä polven nivelrikkoa sairastaa miehistä 5 % ja naisista 7 %. Perinnöllisyyden vaikutusta nivelrikkoon on tutkittu muun muassa kaksostutkimuksilla. Spector ja kumppanit (1996) osoittivat, että perinnöllisten tekijöiden vaikutus käden ja polven nivelrikon synnyssä naisilla voi olla jopa 39–65 %.

Lihavuus on yksi paikallisista nivelrikon riskitekijöistä (Toivanen ym. 2010; Holliday ym. 2011). Korkea kehon painoindeksi (Body Mass Index) on yhteydessä polven nivelrikkoon erityisesti naisilla. On myös todettu, että varsinkin nuorena aikuisena alkanut ylipainon kertyminen lisää nivelrikon riskiä myöhemmällä iällä (Holliday ym 2011). Polvistumisia ja kumartumisia sisältävällä raskaalla työllä on myös todettu olevan yhteys polven nivelrikkoon (Klussmann ym. 2010; Toivanen ym. 2010). Lihavuuden ja raskaan työn lisäksi paikallisia riskitekijöitä ovat raskas liikunta (Klussmann ym. 2010; Tveit ym. 2012) ja polven vammat (Toivanen ym. 2010; Tveit ym. 2012). Tveit kumppaneineen (2012) totesi kohorttitutkimuksessaan, että entisillä miesurheilijoilla oli suurempi riski polven ja lonkan artroosille kuin ei urheilevilla verrokeilla. Tutkimuksessa todettiin myös, että aikaisemmillä polven vammoilla oli yhteys polven nivelrikkoon myöhemmällä iällä.

2.2 Polven nivelrikon patofysiologia ja vaikutukset fyysiseen toimintakykyyn

Nivelrikon patofysiologia tunnetaan yhä huonosti. Yleisesti käytössä olevasta nimestä

”kuluma” huolimatta artroosissa ei ole kysymys nivelruston kulumisesta, vaan biokemiallisesta tapahtumasarjasta, jossa soluväliaineen tuhoutuminen saa ylivallan rustoa korjaavista prosesseista. Nivelrikossa nivelpinnoilta häviää rusto, eikä se uusiudu enää ennalleen (Arokoski ym. 2001; Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012). Systemisten tekijöiden vaikutuksesta nivelrusto on alttiimpi paikallisille riskitekijöille ja korjaavat prosessit voivat olla vähäisempiä (Arokoski ym. 2001).

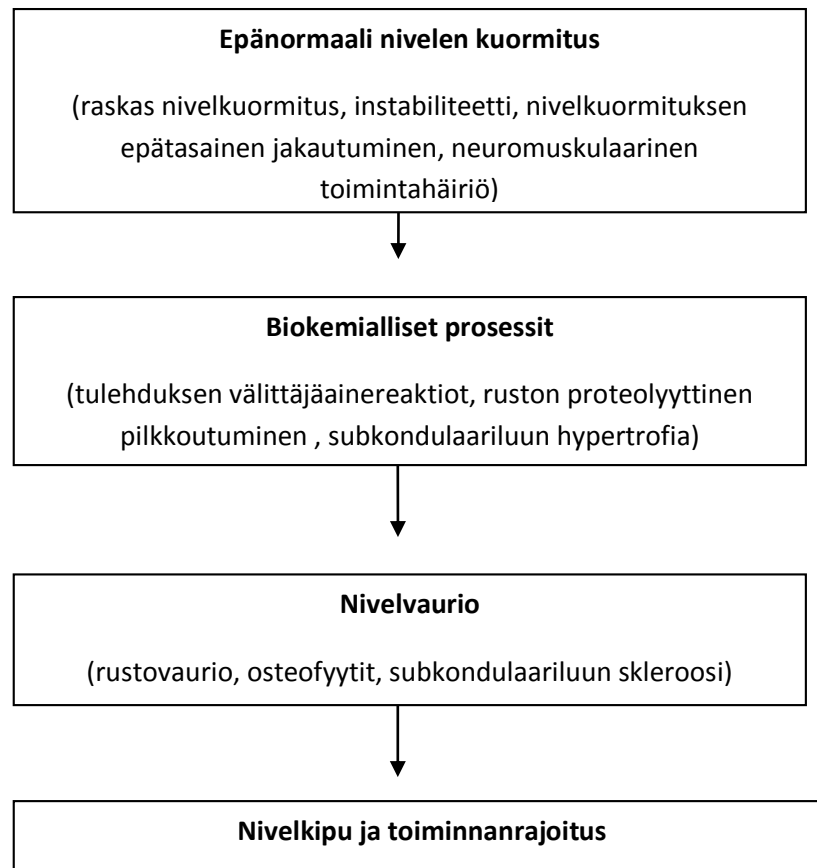
Nivelruston rakenteellisten muutosten eteneminen voidaan jakaa kolmeen vaiheeseen. *Ensimmäisessä vaiheessa* pinnallinen rustoväliaine vaurioituu ja nivelruston rakenteeseen tulee muutoksia. Väliaineen kollageenisäikeistön rikkoutumisen seurauksena rustokudoksen vesipitoisuus kasvaa. *Toisessa vaiheessa* nähdään rustosolujen korjaava vaste, jonka seurauksena rustosolujen synteesiaktiivisuus nousee, väliaineen rakenneosien hajoaminen lisääntyy ja ruston paksuus saattaa jopa kasvaa. *Kolmannessa vaiheessa* rustosolujen korjaava vaste pienenee ja väliaineen määrä vähenee. Nivelruston pinnallinen osa hapsuuntuu ja rustosta irtoaa pieniä palasia. Tämän lisäksi rustokudokseen syntyy jopa luuhun asti ulottuvia halkeamia (Arokoski ym. 2001 Buckwalterin & Mankinin 1997 mukaan). Röntgenologisesti nivelrikon vaikeus voidaan jakaa 4 luokkaan, jossa gradus 1 kuvaa mahdollista nivelraon kaventumista ja gradus 4 erittäin vaikeaa artroosia (Kuva 1, Kellgren & Lawrence 1957).

Luokka	Nivelrikko
1	Mahdollinen nivelraon kaventuminen ja mahdollinen reunaosteofyytti
2	Selvät osteofyytit ja nivelraon kaventuminen
3	Useita kohtalaisia osteofyyttejä, selvä nivelraon kaventuminen ja jonkin verran skelroosia sekä mahdollinen luiden päiden deformiteetti
4	Kookkaita osteofyyttejä, merkittävä nivelraon kaventuminen, vaikea skleroosi ja selvä luiden päiden deformiteetti

KUVA 1. Polvinivelrikon röntgenkuvaan perustuva radiologinen Kellgrenin ja Lawrencen (K/L) luokitus (Kellgren & Lawrence 1957).

Rustopinnan rikkoutuminen ja nivelruston häviäminen nivelpinnoilta ilmenee röntgenkuvassa nivelraon kaventumisena. Radiologisessa tutkimuksessa voidaan myös havaita rustonalaisen luun eli subkondulaariluun kovettumaa sekä kystia ja osteofyyttejä eli luupiikkejä. Nivelkalvossa voidaan todeta paikallisia tulehdusmuutoksia sekä liikakasvua. Nivelrikkoon olennaisena oireena liittyvä kipu syntyy nivelkapselin, subkondulaariluun tai ligamenttien

kipuhermopäätteiden ärsytyksestä. Myös kivun perifeeriset välittäjäaineet voivat pahentaa kipua lisäämällä nivelkudosten herkkyyttä muille ärsykkeille. Nivelruston häviämisen myötä rustonalainen luu muotoutuu uudelleen (Arokoski 2008; Polvi- ja lonkkanivelriikon hoito 2012). Nivelriikon kehittyessä myös nivelen liikkeeseen osallistuvien lihasten maksimaalinen voima pienenee, nivelen asentotunto heikkenee sekä yksilön kehon huojunta lisääntyy (Hassan ym. 2001). Nivelriikon patogeneesin hypoteesi esitetään kuvassa 2.



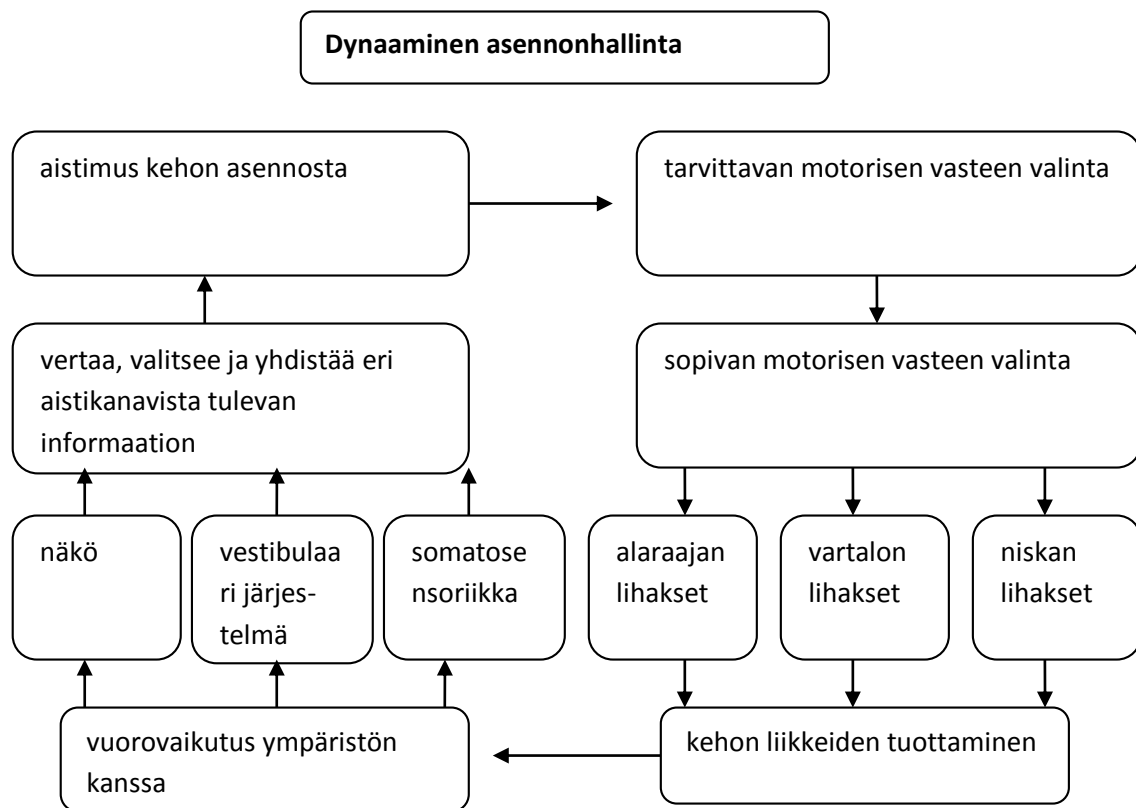
KUVA 2. Hypoteesi nivelriikon patogeneesistä (Arokoski 2008).

Nivelriikon vaikutukset vanhenevan väestön toimintakykyyn ovat merkittävät. Muun muassa Liikavainion ym (2008) tekemässä tutkimuksessa todettiin polven nivelrikkoa sairastavilla miehillä olevan 13–26 % huonompi fyysinen toimintakyky ja polvea liikuttavien lihasten lihasvoima kontrolliryhmään verrattuna. Fyysisen toimintakyvyn ongelmia olivat esimerkiksi vaikeudet tasamaalla kävelyssä, porraskävelyssä sekä tuolilta ylösnousussa. Myös polven jäykkyys ja polven kivut olivat osa päivittäisten toimien ongelmia polven nivelrikkoa sairastavilla (Liikavainio ym. 2008). Polven nivelrikkoa sairastavilla on todettu olevan

alentuneen lihasvoiman (Hassan ym. 2001; Liikavainio ym. 2008) ja fyysisen toimintakyvyn (Liikavainio ym. 2008) lisäksi heikentynyt usein myös tasapaino (Hassan ym. 2001; Hinman ym. 2002; Kul-Panza & Nadire 2006; Masui ym. 2006). Tasapainon ongelmia esiintyy niin staattisen kuin dynaamisenkin tasapainon alueella.

3 TASAPAINON ONGELMAT POLVEN NIVELRIKKOA SAIRASTAVALLA

Kehon asennon hallinta eli tasapaino, on motorinen taito, joka perustuu kehon eri säätelyjärjestelmien yhteistoimintaan. Asennon hallintaan osallistuvat keskushermosto, hermo-lihasjärjestelmä, tuki- ja liikuntaelimestö sekä eri aistit. Aisteista asennon hallintaan osallistuvat sisäkorvan tasapainoelin, näkö, mekaaninen tuntoaisti sekä asento- ja liiketunto. Tasapainon hallinta on jatkuva säätelyprosessi, joka tapahtuu sekä ennakoivien että palautetta antavien mekanismien avulla. Sensorisen informaation perusteella hermostollinen ohjaus tuottaa kuhunkin tilanteeseen mahdollisimman tarkoituksenmukaisen motorisen vasteen. Asennonhallinnan systeemimalli on esitetty kuvassa 3 (Pajala ym. 2008). Hyvään tasapainoon liittyy olennaisesti myös liikkumiskyky. Tasapaino on liikkumiskyvyn edellytys ja hyvä liikkumiskyky on ensiarvoisen tärkeää päivittäisistä toiminnoista selviytymisen kannalta. Heikentyneen tasapainon varmuuden on todettu olevan yhteydessä heikompaan liikkumiskykyyn (Portegijs ym. 2012).



KUVA 3. Asennonhallinnan systeemimalli, joka kuvaa jatkuvaa eri tasoilla samanaikaisesti tapahtuvaa säätelyprosessia (mukailtu Allisonin 1995 esittämästä mallista) (Pajala ym. 2008).

Polvinivelellä on merkittävä rooli tasapainon säätelyssä sekä asennonhallinnan korjausstrategioiden valinnassa (Gauchardin ym. 2010). Erilaiset sairaudet, kuten nivelrikko voivat heikentää polven toimintaa. Erityisesti alaraajojen nivelrikkoa sairastavilla esiintyy tavallista enemmän tasapainohäiriöitä ja lisääntyntä kehon huojuntaa. Tämän lisäksi kipu rajoittaa liikkumista, minkä seurauksena lihasvoima vähenee ja tasapainon hallinta heikkenee edelleen (Hassan ym. 2001; Liikavainio 2008).

Monissa aikaisemmissa tutkimuksissa polven nivelrikkoa sairastavilla on todettu olevan enemmän tasapainon ongelmia kuin niillä, jotka eivät sairasta polven nivelrikkoa (Hassan ym. 2001; Hinman ym. 2002; Kul-Panza & Nadire 2006; Masui ym. 2006). Hinmanin ym. (2002) tutkimuksessa todettiin sekä dynaamisen että staattisen tasapainon olevan heikompaa polven nivelrikkoa sairastavilla kuin verrokkiryhmällä. Staattisen tasapainon osalta heikkenemistä todettiin sivusuuntaisessa huojunnassa (silmät auki), etu-takasuuntaisessa huojunnassa (silmät kiinni) sekä kokonaishuojunnassa (silmät kiinni). Mahdollisiksi syiksi heikompaan tasapainoon tutkijat esittivät nivelrikosta kärsivän alaraajan huonomman proprioseptiikan (nivelen asennon tunnistaminen), heikomman lihasvoiman, polven kivun sekä polven koukistussuuntaisen liikerajoituksen. Samansuuntaisia tuloksia on saanut myös Hassan ym. (2001). He raportoivat polven nivelrikkoa sairastavien kehon sivuttaissuuntaisen huojunnan olevan suurempaa, nivelen proprioseptiikan sekä reiden etuosan lihasten voiman ja lihasaktivaation heikompaa kuin verrokkiryhmäläisillä, jotka eivät sairastaneet polven nivelrikkoa. Heikon lihasvoiman, ylipainon ja kivun todettiin olevan selkeimmin yhteydessä suureen kehon huojuntaan. Keskinäistä yhteyttä heikon proprioseptiikan ja suuren kehon huojunnan välillä ei kuitenkaan pystytty toteamaan. Masuin ynnä muiden (2006) tutkimuksessa todettiin myös kehon huojunnan olevan suurempaa nivelrikkoa sairastavilla kuin niillä, jotka eivät sairastaneet nivelrikkoa. Miehillä muutos oli todettavissa silmät kiinni seistessä ja naisilla sekä silmät auki, että silmät kiinni seistessä. Tutkijat eivät löytäneet yhteyttä kivun ja kehon huojunnan välillä, mutta polven nivelrikon todettiin olevan yhteydessä lisääntyneeseen kehon huojuntaan. Tasapainon ongelmien on myös todettu olevan yhteydessä nivelrikon vaikeuteen. Kul-Panza ja Nadire (2006) totesivat tutkimuksessaan, että mitä vaikeampi-asteinen koehenkilön polven nivelrikko oli, sitä suurempaa myös kehon huojunta oli. Aikaisempien tutkimuksien tulokset polven nivelrikkoa sairastavien tasapainon ongelmista ovat kuitenkin osittain ristiriitaisia. Esimerkiksi Lyytisen ynnä muiden (2010) tekemässä tutkimuksessa yhteyttä polven nivelrikon ja tasapainon välillä ei löytynyt.

Nivelrikko on erityisesti ikääntyvien henkilöiden ongelma (Riihimäki ym. 2002), joten käsiteltäessä nivelrikkoa sairastavan tasapainoa, tulee huomioida myös iän vaikutus tasapainoon. Kehon huojunnan ja iän välillä on todettu olevan U:n mallinen yhteys siten, että lapsilla ja ikääntyneillä on suurempi kehon huojunta kuin keski-ikäisillä (Sihvonen 2004). Syitä ikääntyvän henkilön tasapainon heikkenemiseen ovat esimerkiksi alaraajojen lihasvoiman ja nivelliikkuvuuden heikentyminen (Hinman ym. 2002; Liikavainio 2008). Tämän lisäksi ryhti muuttuu kumaraksi muuttaen kehon painopisteen epäedulliseksi asennonhallinnalle. Lisäksi asennonhallinnan korjausstrategiat muuttuvat epätarkoituksenmukaisemmiksi verrattuna nuorempiin henkilöihin (Shumway-Cook & Woollacot 2001, 228–30). Nivelrikon kannalta erityisesti kosketus- ja asentotunnon reseptorien toiminnassa tapahtuvat ikääntymismuutokset ovat tärkeitä. Näitä reseptoreita sijaitsee nivelissä, jänteissä, ligamenteissa, lihaksissa, ihonalaisessa kudoksessa ja iholla (Pajala ym. 2008). Nivelrikko aiheuttaa tasapainon heikentymistä (Hassan ym. 2001; Hinman ym. 2002; Masui ym. 2006), minkä lisäksi myös normaalissa ikääntymisessä kosketus- ja asentotunnon reseptorien toiminta heikkenee. Reseptorit aistivat lihasten ja ihon tilaa, kipua sekä nivelten asentoja. Tästä johtuen esimerkiksi tieto kävelyalustan epätasaisuudesta muuttuu epätarkemmaksi reseptoreiden toiminnan heiketessä (Pajala ym. 2008).

Tasapainon ongelmat aiheuttavat merkittäviä toimintakyvyn ongelmia jokapäiväisessä elämässä (Liikavainio 2008) ja ovat muun muassa riskitekijä vakaville kaatumistapaturmille (Melzer ym. 2010; Muir ym. 2010). Tutkimusten mukaan tasapainoharjoittelulla pystytään parantamaan alaraajan nivelrikkoa sairastavan tasapainoa, polven asentotuntoa, polven kipua sekä fyysistä toimintakykyä (Suomi & Kojeca 2000; Sekir & Gür 2005; Arnoldin ja Faulknerin 2010; Yennan ym. 2010; Silva ym. 2012). Esimerkiksi Sekirin ja Gürin (2005) tutkimuksessa tutkittiin maalla tapahtuvan tasapainoharjoittelun vaikutuksia polven nivelrikkoa sairastavan tasapainoon, fyysiseen toimintakykyyn ja polven kipuun. Harjoitusryhmällä polven kipu päivittäisten toimien aikana väheni, tuolilta ylösnousuun käytetty aika lyheni ja porraskävely sekä polven asentotunto paranivat. Seisominen silmät kiinni yhdellä jalalla ja tandem-asennossa paranivat niin ikään harjoittelun jälkeen. Tutkijat suosittelivatkin tasapainoharjoittelua parantamaan polven nivelrikkoa sairastavan asennon hallintaa, fyysistä toimintakykyä sekä polven kipua.

4 VESIHARJOITTELU POLVEN NIVELRIKON KUNTOOUTUSMUOTONA

Polven nivelrikon hoidon päätavoitteina ovat 1) kivun hallinta ja lieventäminen 2) toimintakyvyn ylläpitäminen ja parantaminen sekä 3) sairauden etenemisen hidastaminen. Valtakunnallisissa suosituksissa lääkkeettömät hoidot kuten laihduttaminen, liikunta ja fysioterapia asetetaan keskeisiksi hoitomuodoiksi (Jordan 2003; Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012; Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapia 2013). Terapeuttisesta harjoittelusta on tutkimuksissa todettu olevan hyötyä polven nivelrikkoa sairastavan polvikipuun ja fyysiseen toimintakykyyn (Hinman ym. 2007; Fransen & McConnell 2008; Silva ym. 2008; Wang ym. 2011) sekä tasapainoon (Sekir & Gür 2005). Vesiharjoittelu on tehokas ja yleisesti suositeltu harjoittelun muoto polven nivelrikon hoidossa, sillä nivelrikosta kärsivät kokevat veden usein kivuttomaksi ja miellyttäväksi harjoitteluympäristöksi (Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012; Jordan 2003; Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapia 2013).

Vedessä tapahtuvalla harjoittelulla pystytään aikaisempien tutkimusten mukaan vaikuttamaan myönteisesti polven nivelrikkoa sairastavien fyysisen toimintakyvyn, kipuun ja elämänlaatuun (Suomi & Kojeca 2000; Hinman ym. 2007; Silva ym. 2008; Cadmus 2010; Yennan ym. 2010; Wang ym. 2011; Silva ym. 2012). Esimerkiksi Hinmanin ja kumppaneiden (2007) RCT-tutkimuksessa tutkittavat (polven tai lonkan nivelrikkoa sairastavat) harjoittelivat lämmitetyssä altaassa kaksi kertaa viikossa kuuden viikon ajan. Harjoitteluryhmään osallistuneiden kivut ja nivelen jäykkyys vähenivät ja lonkan lihasvoima sekä elämänlaatu paranivat kontrolliryhmään verrattuna. Cadmuksen ynnä muiden (2010) tutkimuksessa puolestaan todettiin vesiharjoittelusta olevan hyötyä erityisesti ylipainoisten polven nivelrikkoa sairastavien elämänlaatuun.

Aikaisemmissa tutkimuksissa on verrattu maalla ja vedessä tapahtuvaa harjoittelua ja todettu ne yhtä tehokkaiksi (Roth ym. 2006; Silva ym. 2008; Andersson & Fishback 2010; Batterham ym. 2011; Wang ym. 2011). Silvan ynnä muiden (2008) RCT tutkimuksessa verrattiin maalla tapahtuvaa harjoittelua ja vesiharjoittelua polven nivelrikkoa sairastavien kipuun ja toimintakykyyn. Molemmat ryhmät harjoittelivat kolme kertaa viikossa 18 viikon ajan. Tutkimustulokset osoittivat molempien ryhmien kohdalla positiivisia tuloksia polven kivussa

ja toimintakyvyssä. Ryhmien välillä ei ollut eroa. Tutkijoiden mukaan vesiharjoittelu on nivelrikkoa sairastaville hyvin soveltuva ja tehokas harjoittelumuoto. Wang ym. (2011) tutkivat vesiharjoittelun ja maalla tapahtuvan harjoittelun vaikutusta polven nivelrikkoa sairastavien kipuun ja fyysiseen toimintakykyyn. Tutkimustulosten mukaan sekä maalla, että vedessä tapahtuva harjoittelu vähensi tutkittavien kipuja ja paransi fyysistä toimintakykyä verrattuna verrokkiryhmään. Roth ym. (2006) tutkivat vedessä ja maalla tapahtuvan harjoittelun vaikutuksia terveiden iäkkäiden tasapainoon. Heidän tutkimuksessaan todettiin sekä maalla, että vedessä tapahtuvan harjoittelun kehittävän terveiden iäkkäiden tasapainoa.

4.1 Veden ominaisuudet

Veden hydrodynaamiset ominaisuudet tekevät siitä täysin erilaisen harjoitteluympäristön verrattuna maalla tapahtuvaan harjoitteluun. Siinä missä maalla tapahtuvassa liikkeessä kuluu energiaa pystyasennon ylläpitämiseen, auttaa veden *hydrostaattinen paine* tasapainon säilyttämisessä. Hydrostaattinen paine ympäröi vedessä ihmistä, mistä johtuen liikkuminen vedessä on helpompaa kuin liikkuminen maalla. Hydrostaattisen paineen suuruus riippuu veden syvyydestä. Mitä syvemällä ollaan, sitä suurempi paine on. Hydrostaattinen paine on suurempi vesijumpassa, missä työskennellään pystyasennossa, kuin uinnissa, missä ollaan pääosin veden pinnassa vaakatasossa. Toinen veden tärkeä ominaisuus on *noste*. Noste helpottaa pintaa kohti tehtäviä liikkeitä ja vastustaa altaan pohjaa kohti tehtäviä liikkeitä. Noste myös vähentää niveliin kohdistuvaa rasitusta ja täten mahdollistaa esimerkiksi hyppimisen ja juoksemisen vedessä myös niille, joille se ei olisi maalla mahdollista esimerkiksi nivelkipujen vuoksi (Lawrence 2008, 9-15). Kolmas vesiliikunnan hyötyihin suuresti vaikuttava veden ominaisuus on veden *vastus*. Veden vastus johtuu liikkuvan veden sisäisestä liikkuvasta vastustavasta kitkasta ja pyörteistä. Pyörrevastus imee raajaa taaksepäin vastustaen samalla eteenpäin suuntautuvaa liikettä. Veden vastusvoimassa puolestaan liikenopeuden lisääntyessä myös vastusvoimat lisääntyvät. Veden vastus on liikesuunnan vastainen ja sen suuruuteen vaikuttavat tuotettu voima, liikenopeus, kappaleen muoto sekä vipuvarren pituuden muutos. Esimerkiksi Pöyhösen ynnä muiden (2002) tutkimuksessa veden vastuksen on todettu olevan jopa kolminkertainen käytettäessä lisävastusta vesiharjoittelussa. Veden ominaisuudet vaikuttavat positiivisesti myös harjoiteltaessa tasapainoa vedessä. Vedessä syvät, asennon hallintaan osallistuvat, lihakset joutuvat työskentelemään jatkuvasti normaalia voimakkaammin seisoma-asennon ylläpitämiseksi ja haluttujen raajan liikkeiden

suorittamiseksi (Lawrence 2008, 9-15).

4.2 Vesiharjoittelu polven nivelrikkoa sairastavan tasapainon kehittämisen välineenä

Tasapainoharjoittelua voidaan toteuttaa sekä vedessä että maalla. Tasapainoharjoittelun on tutkimuksissa todettu olevan yhtä tehokasta molemmissa harjoitteluympäristöissä (Roth ym. 2006; Anderson & Fishback 2010; Silva ym. 2012). Polven nivelrikkoa sairastavat pystyvät usein harjoittelemaan tehokkaammin ja kivuttomammin vedessä. Tämän lisäksi vesi tukee mahdollistaen vaikeankin alkuasennon tasapainoliikkeet, kuten yhdellä jalalla seisomisen. Tästä johtuen vesiharjoittelu on maalla tapahtuvan harjoittelun rinnalla yleisesti käytössä oleva harjoittelumuoto nivelrikkoa sairastavien tasapainon harjoittamisessa (Jordan 2003; Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito 2012; Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapia 2013; Cadmus ym. 2010).

Vesiharjoittelu on yleisesti käytössä oleva kuntoutusmuoto polven nivelrikkoa sairastavien keskuudessa. Tästä huolimatta aikaisempia tutkimuksia vesiharjoittelun vaikutuksista polven nivelrikkoa sairastavien tasapainoon on vain vähän. Suomen ja Kojecan (2000) RCT tutkimuksessa tutkittiin kuusi viikkoa kestävästä vesiharjoittelun vaikutusta alaraajan nivelrikkoa tai nivelreumaa sairastavien naisten tasapainoon. Vesiharjoitteluryhmä harjoitteli altaassa lihasvoimaa ja liikkuvuutta kolme kertaa viikossa. Tasapaino mitattiin voimalevyllä kehon huojuntana kahdella jalalla seistessä (silmät auki ja kiinni). Tutkimuksen mukaan vesiharjoittelu vähensi kehon huojuntaa indikoiden parempaa tasapainoa sekä silmät auki, että silmät kiinni testattuna. Yennanin tutkimusryhmä (2010) vertasi RCT tutkimuksessaan vesiharjoittelun ja kotijumpan vaikutuksia polven nivelrikkoa sairastavien tasapainoon (kehon huojuntaan). Molemmat ryhmät harjoittelivat kuusi viikkoa. Tutkimustulosten mukaan molempien ryhmien kehon huojunta väheni, mutta vesiharjoittelu näytti olevan hieman tehokkaampaa. Arnoldin ja Faulknerin (2010) RCT tutkimuksessa puolestaan tutkittiin vesiharjoittelun ja neuvonnan vaikutusta lonkan nivelrikkoa sairastavien ikäihmisten kaatumisten riskitekijöihin. Vesiharjoitteluryhmä harjoitteli altaassa kaksi kertaa viikossa, 11 viikon ajan. Vesiharjoittelu + opetusryhmä sai edellä mainitun sisältöisen vesiharjoittelun lisäksi kerran viikossa 30 minuuttia kestävästä opetustuokion, jonka tavoitteena oli siirtää harjoittelu käytäntöön ja vähentää kaatumisen riskiä. Verrokkiryhmälle ei ollut interventiota, he jatkoivat normaalia aktiivisuuttaan. Tutkimustulosten mukaan pelkkä vesiharjoittelu ei

vähentänyt kaatumisten riskitekijöitä, mutta vesiharjoittelu yhdistettynä opetukseen vähensi kaatumisen riskitekijöitä ja paransi fyysistä toimintakykyä lonkan nivelrikkoa sairastavilla.

Aikaisempia tutkimuksia on myös vesiharjoittelun vaikutuksista muiden potilasryhmien tasapaino-ongelmiin. Esimerkiksi Nohin tutkimusryhmän (2008) tutkimuksessa vesiharjoittelun vaikutukset toispuolihalvauspotilaiden tasapainon ongelmiin todettiin positiivisiksi. Tutkimuksessa vesiharjoitteluryhmä sai harjoittelun jälkeen paremmat pisteet toiminnallisen tasapainon (Bergin tasapaino testi) kuin verrokkiryhmä.

4.4 Apuvälineiden käyttö vesiharjoittelun tehostamiseksi

Vesiharjoittelussa voidaan käyttää erilaisia apuvälineitä ja lisävastuksia tehostamaan harjoittelua. Vesiharjoitteluun soveltuvien lisävastusten käyttäminen vesiharjoittelussa lisää huomattavasti harjoittelun tehokkuutta (Pöyhönen 2002), mutta useimmissa tutkimuksissa vedessä tapahtuva harjoittelu on toteutettu ilman lisävastuksia (Silva ym. 2008; Hinman ym. 2007). Vesiharjoittelun rasittavuutta voidaan lisätä suurentamalla säären pinta-alaa ja muotoa (esimerkiksi käyttämällä vastuskenkiä) sekä ottamalla huomioon liikkeiden suoritussuunta veden nosteeseen nähden (Lawrence 2008, 9-15). Pöyhösen (2002) väitöskirjatutkimuksen mukaan veden vastus oli kolminkertainen käytettäessä jalkaan kiinnitettävää vastuskenkää. Tässä RCT tutkimuksessa terveillä aikuisilla naisilla todettiin 10 viikkoa kestävä ja kaksi kertaa viikossa tapahtuvan progressiivisen voimatyypin vesiharjoittelun (veden vastusta lisättiin jalkoihin kiinnitettävien vastuskenkien avulla) lisäävän polven ojentaja ja koukistaja lihasten vääntövoimaa 5-13 % ja kasvattavan lihasmassaa 4-6 % lähtötilanteeseen verrattuna. Valtosen ja kumppaneiden (2010) RCT tutkimus toteutettiin samalla harjoitusohjelmalla. He tutkivat vedessä tapahtuvan vastusharjoittelun vaikutusta polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten liikkumiseen ja lihasvoimaan tekonivelleikkauksen jälkeen. Harjoitusryhmä harjoitteli vedessä kaksi kertaa viikossa 10 viikon ajan ja verrokkiryhmä jatkoi normaalia aktiivisuuttaan. Tutkimuksesta kävi ilmi, että vastusharjoittelu paransi tekonivelleikkattujen miesten ja naisten liikkumiskykyä. Tavanomainen kävelynopeus 10 metrin matkalla parani harjoitteluryhmällä 9 % ja porraskävelyyn käytetty aika 15 % verrattuna verrokkiryhmään. Harjoittelulla oli myös suotuisia vaikutuksia alaraajojen lihastehoon. Harjoitteluryhmällä leikatun alaraajan polven ojentajien teho lisääntyi 32 % ja polven koukistajien 48 % verrattuna verrokkiryhmään. Vastaavat luvut olivat leikkaamattoman alaraajan tehon kohdalla

10 % ja 8 %. Alaraajojen lihastehon on todettu olevan yhteydessä asennonhallintaan (Portegijs 2008), joten yhtenä merkittävänä tavoitteena tasapainoa edistävälle vesiharjoittelulle tulisi olla alaraajojen lihasvoiman ja lihasmassan lisääntyminen.

Apuvälineitä ja lisävastuksia on käytetty myös tutkittaessa vesiharjoittelun vaikutuksia terveiden iäkkäiden tasapainoon, lihasvoimaan ja fyysiseen toimintakykyyn. Esimerkiksi Kanedan ym. (2008) tutkimuksessa verrattiin kahden erilaisen vesiharjoittelumuodon vaikutusta terveiden ikäihmisten tasapainoon. Toinen ryhmä harjoitteli syvässä vedessä vesijuoksuvyön avulla ja toinen rinnan korkuisessa vedessä jalat pohjassa. Jalat pohjassa harjoitelleiden ryhmässä positiivisia vaikutuksia tapahtui kehon huojunnassa sekä reaktioajassa, kun taas syvän veden ryhmässä näiden lisäksi myös viivakävelyyn käytetty aika väheni. Tutkijoiden mukaan syvässä vedessä tapahtuva harjoittelu voi olla dynaamisen tasapainon kannalta tehokkaampaa kuin jalat pohjassa tapahtuva harjoittelu. Katsuran ym. (2010) tutkimuksessa puolestaan tutkittiin sääreen kiinnitettävien lisävastuksien vaikutusta terveiden iäkkäiden lihasvoimaan, tasapainoon, fyysiseen toimintakykyyn sekä liikkumiskykyyn. Harjoittelu toteutettiin kolme kertaa viikossa, kahdeksan viikon ajan. Ryhmien harjoitusohjelmat olivat samanlaiset. Toinen ryhmistä käytti harjoittelussa lisävastuksina sääriin kiinnitettäviä vastuskenkiä ja toinen ryhmä harjoitteli ilman lisävastuksia. Vesivastusharjoittelu näytti olevan tehokas harjoitusmuoto, jolla oli positiivisia vaikutuksia tasapainoon ja liikkumiskykyyn enemmän kuin vesiharjoittelulla ilman lisävastuksia. Vastusryhmä sai parempia tuloksia 10m kävelyssä 20cm korkeita esteitä ylittäen, 5m maksimaalisessa kävelynopeudessa sekä kehon huojunnassa silmät auki seisten verrattuna toiseen ryhmään. Molemmissa ryhmissä todettiin parannusta alaraajojen lihasvoimassa sekä TUG (Timed Up and Go) testissä.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää vedessä tapahtuvan 12 viikkoa kestävästä vastusharjoittelun vaikutusta polven nivelrikkoa sairastavien 50–75 vuotiaiden miesten ja naisten tasapainoon. Kyseessä oli satunnaistettu ja kontrolloitu interventiotutkimus.

Tutkimuskysymykset:

1. Onko 12 viikkoa kestäväällä ohjatulla, progressiivisella vesivastusharjoittelulla vaikutusta vaikea-asteista polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten staattiseen ja dynaamiseen tasapainoon?
2. Onko 12 viikkoa kestäväällä ohjatulla, progressiivisella vesivastusharjoittelulla vaikutusta vaikea-asteista polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten tasapainon kannalta haastavaan liikkumiskykyyn?

6 AINEISTO JA MENETELMÄT

Tämän tutkimuksen asetelma oli satunnaistettu ja kontrolloitu interventiotutkimus. Alkumittausten jälkeen tutkittavat satunnaistettiin harjoitus- (n=26) ja verrokkiryhmään (n=17). Harjoitusryhmään kuuluvat harjoittelivat vedessä 12 viikon ajan kaksi kertaa viikossa. Verrokkiryhmäläiset eivät osallistuneet ohjattuun harjoitteluun, vaan he jatkoivat elämäänsä niin kuin aiemminkin normaalin nivelrikon hoitokäytännön mukaisesti. Molemmat ryhmät osallistuivat alku- ja loppumittauksiin.

6.1 Tutkittavat

Tutkimusaineisto koostui 50–75 vuotiaista Kymenlaakson sairaanhoitopiirin alueella asuvista henkilöistä. Tutkittavat rekrytoitiin Kymenlaakson keskussairaalan polven tekonivelleikkausjonosta. Valinnan tutkimukseen osallistumisesta teki yksi ortopedi.

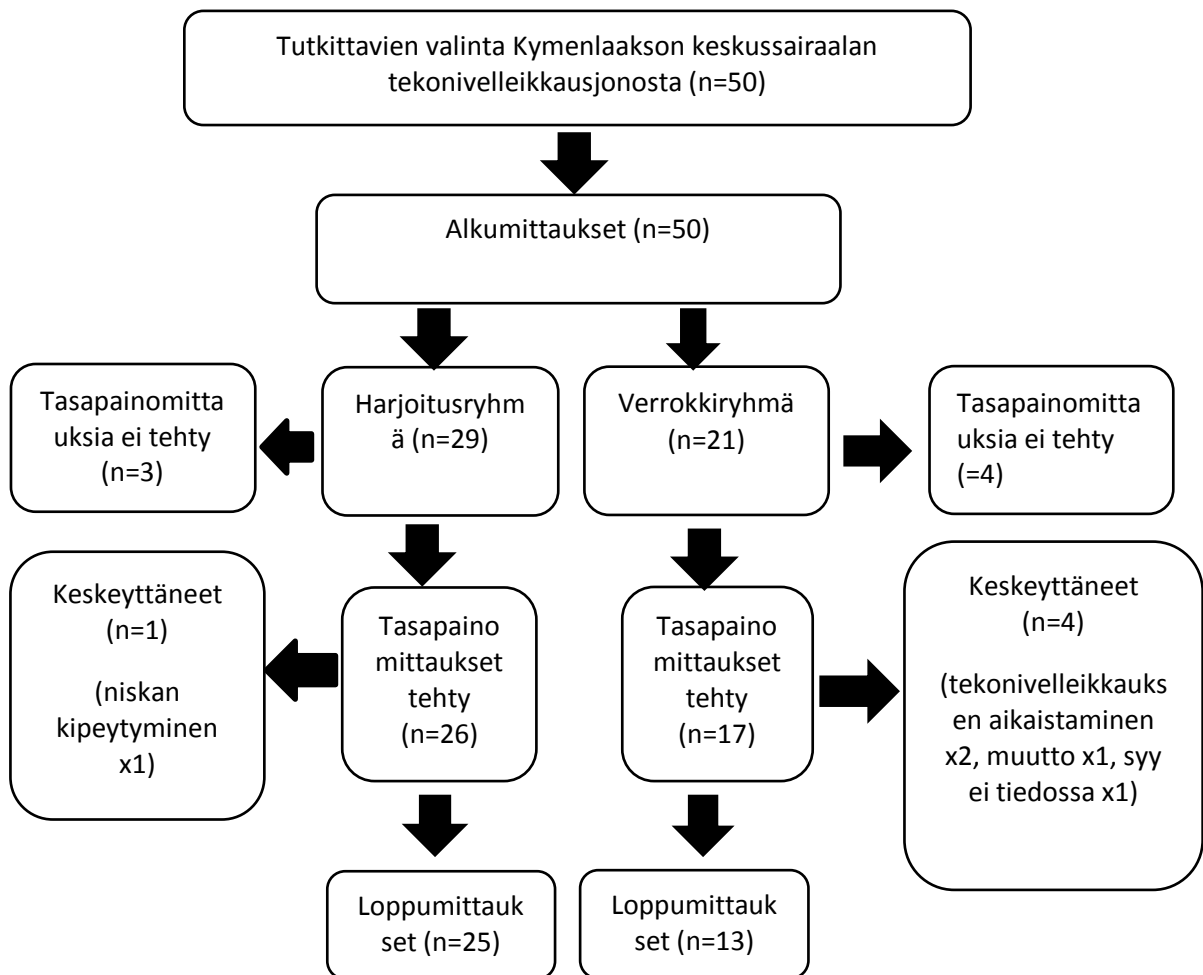
Tutkimukseen osallistuvien tutkittavien hyväksymiskriteerit olivat:

- Mediaalinen polven nivelrikko
- Polven K/L luokitus 3 tai 4
- Jatkuva polvikipu vähintään 6 kuukauden ajan
- Polven tekonivelleikkausjonossa
- Osallistuu tutkimukseen vapaaehtoisesti ja antaa kirjallisen suostumuksensa

Poissulkukriteerit olivat:

- Lateraalinen polven nivelrikko
- Patellofemoraalinivelen nivelrikko
- Nivelreuma
- Trauman jälkeinen nivelrikko
- Aiempi osteotomia

- Muut lääketieteelliset syyt (vakava sydän- ja verenkiertoelimistön sairaus, dementia tai muu kooperaatiota heikentävä sairaus, alkoholismi)



KUVA 4. Tutkimuksen kulkukaavio.

Tutkimus oli osa suurempaa Kymenlaakson keskussairaalassa toteutettua tutkimusta preoperatiivisen vesiharjoittelun vaikutuksista polven nivelrikkoa sairastavilla. Alkuperäisen tutkimusjoukon koko oli 50. Tasapainomittauksia ei ollut tehty kuitenkaan kaikille, johtuen siitä, että laite oli tutkimuksen alkaessa rikki. Tutkittaville oli kuitenkin tehty kaikki muut tutkimukseen kuuluvat mittaukset, joten heidät oli jo satunnaistettu harjoitus- ja verrokkiryhmiin. Tähän tutkimukseen valittiin tutkittavat (n=43) tästä isommasta tutkimusjoukosta (n=50) sillä perusteella, että heille oli tehty tasapainomittaukset.

6.2 Tutkimuksen eettisyys

Tutkimus noudatti hyvää eettistä ja tieteellistä käytäntöä. Tutkittavat osallistuivat tutkimukseen vapaaehtoisesti, heille annettiin kirjallinen tiedote tutkimuksen etenemisestä, hyödyistä sekä mahdollisista riskeistä. Tutkittavat allekirjoittivat kirjallisen suostumuksen tutkimukseen osallistumisesta. Projekti on saanut puoltavan lausunnon Kymenlaakson keskussairaalan eettiseltä toimikunnalta.

6.3 Mittausmenetelmät

Tutkittavien tasapainoa arvioitiin sekä kehon huojuntamittauksilla että tasapainon kannalta haastavan liikkumiskyvyn testeillä. Lisäksi tutkittavilta mitattiin pituus ja paino. Lääkäri tarkasti kaikki tutkittavat ja varmisti, että heillä ei ollut vasta-aiheita mittauksiin tai harjoitteluun osallistumisen suhteen. Lisäksi tutkittavilta kysyttiin terveystiedot (toisen polven tila, krooniset sairaudet) kyselylomakkeella.

6.3.1 Staattisen tasapainon testit

Staattisen tasapainon mittauksista osa tehtiin kehon huojunnan nopeutta mittaavan NeuroComin Balance Master® System - laitteen avulla. Balance Master® System – laite koostuu tietokoneesta sekä kaksiosaisesta voimalevystä. Mitattava seisoo kaksiosaisella voimalevyllä ilman kenkiä ja voima-anturit mittaavat alaraajojen alustaa kohden tuottamaa vastavoimaa. Kehon huojunnan nopeudella pystytään määrittelemään mitattavan henkilön tasapainon hallintaa. (Balance Master 2003). Voimalevyn avulla mitattiin viittä staattista tasapainoa mittaavaa osa-aluetta: seisominen pystyasennossa kovalla alustalla silmät auki (SAkova) ja silmät kiinni (SKkova), seisominen pystyasennossa pehmeällä alustalla silmät auki (SApehmeä) ja silmät kiinni (SKpehmeä) sekä seisominen yhdellä jalalla silmät auki (SA1jal). Näissä mitattiin pystyasennossa tapahtuvaa spontaanisen huojunnan astetta sekunnissa (ast/s).

Seisominen pystyasennossa kovalla alustalla silmät auki (SAkova) – testissä mitattava seisoo kymmenen sekuntia voimalevyllä ilman kenkiä pyrkien mahdollisimman vähäiseen kehon huojuntaan. Testi mittaa henkilön staattista tasapainoa pystyasennossa. Kovalla alustalla ja silmät auki seistessä henkilö pystyy käyttämään tasapainon hallintaan tasapainoistia, tuntoaistia sekä näköaistia.

Seisominen pystyasennossa kovalla alustalla silmät kiinni (SKkova) – testi toteutetaan samoin kuin SAkova-testi, mutta mitattava pitää silmät kiinni testauksen ajan. Myös tämä testi mittaa henkilön staattista tasapainoa pystyasennossa. Poikkeuksena edelliseen testiin testattava ei pysty käyttämään tasapainon apuna näköaistia.

Seisominen pystyasennossa pehmeällä alustalla silmät auki (SApehmeä) – testissä mitattava seisoo kymmenen sekuntia voimalevyn päällä olevalla pehmeällä patjalla ilman kenkiä pyrkien mahdollisimman vähäiseen kehon huojuntaan. Testi mittaa henkilön staattista tasapainoa pystyasennossa, kun jalkapohjien tuntoaistia häiritään pehmeällä alustalla.

Seisominen pystyasennossa pehmeällä alustalla silmät kiinni (SKpehmeä) – testi toteutetaan samalla tavalla kuin SApehmeä testi, mutta mitattava pitää silmät kiinni. Tässä testissä mitattava pystyy käyttämään häiriöttä ainoastaan tasapainoistia kun näköaistin käyttö on estetty ja tuntoaistia häiritään pehmeän alustan avulla.

Seisominen yhdellä jalalla silmät auki (SA1jal) – testissä mitattava seisoo yhdellä jalalla kymmenen sekuntia voimalevyn päällä pyrkien mahdollisimman vähäiseen kehon huojuntaan. Testi tehtiin sekä kontralateraalilla (SA1jalT), että nivelrikkoisella (SA1jalR) alaraajalla seisten. Testi mittaa henkilön staattista tasapainoa kun tukipinta-alaa pienennetään.

Lisäksi testattaville tehtiin *yhdellä jalalla seisominen tasaisella alustalla silmät auki (1jal)*. Tämän testin ajanotto tapahtui sekuntikellolla ja maksimi suoritus aika oli 60 sekuntia.

6.3.2 Dynaamisen tasapainon testit

Voimalevyn avulla mitattiin myös kahta dynaamista tasapainoa mittaavaa osa-aluetta. Dynaamisen tasapainon testejä olivat tuolilta ylösnousu sekä askelmalle nousu ja siitä laskeutuminen.

Tuolilta ylösnousussa mitattiin painopisteensiirtoaikaa istuma-asennosta seisoma-asentoon (ylösnousu, s) sekä huojuntanopeutta (huojunta, ast/s). Näiden lisäksi testi mittasi ponnistusvoimaa (ponnistus, %), joka kuvaa ensisijaisesti alaraajojen lihasvoimaa. Tuolilta ylösnousussa mitattava istui voimalevyllä olevalla tuolilla ja nousi siitä seisomaan.

Portaalle nousussa ja siitä laskeutumisessa puolestaan mitattiin siirtymäaika (siirtyminen, s). Lisäksi testi mittasi portaalle nousussa käytettyä voimaa kehon painoon nähden (voima, %), sekä askeleen iskun voimaa kehon painoon nähden portaalta laskeutuessa (laskeutuminen, %). Nämä testin osa-alueet mittaavat ensisijaisesti alaraajojen lihasvoimaa, ei tasapainoa. Tässä testissä mitattava nousi voimalevyllä olevalle portaalle ja laskeutui toiselta puolelta porrasta alas. Testi tehtiin sekä kontralateraalilla (siirtyminen_T, voima_T, laskeutuminen_T), että nivelrikkoisella alaraajalla (siirtyminen_R, voima_R, laskeutuminen_R).

6.3.3 Tasapainon kannalta haastavat liikkumiskyky testit

Erityistä pystyasennon hallintaa vaativina liikkumiskykytesteinä tutkittaville tehtiin *Timed Up and Go (TUG)-testi* sekä *8-juoksu*. Timed Up and Go– testi mittaa ikäihmisten tasapainoa ja liikkumiskykyä. Testin tulosten on todettu korreloivan hyvin Bergin tasapaino testiin. Testattava nousee istumasta seisomaan, kävelee 3 metrin matkan, kääntyy, kävelee takaisin ja istuu takaisin tuolille. Testattava voi tarvittaessa käyttää kävelyn apuvälinettä. Testissä mitataan suoritukseen kulunut aika sekunteina (Podsiadlo & Richardson 1991). 8-juoksu mittaa henkilön liikehallintakykyä, kuten tasapainoa ja ketteryyttä. Testattava juoksee tai kävelee 20 metriä pitkän, kahdeksikon muotoisen radan. Rata on merkitty kahdella kartiolla, jotka ovat 10 metrin päässä toisistaan. Testissä mitataan suoritukseen kulunut aika sekunteina (Suni ym. 2010).

6.4 Harjoittelu

Harjoitusryhmä toteutti 12 viikon ajan Kymenlaakson keskussairaalan terapia-altaassa intensiivistä vesiharjoittelua, jonka ensisijaisena tavoitteena oli lisätä alaraajojen lihasten suorituskykyä. Harjoittelu toteutettiin rinnansyvyisessä vedessä seisten. Harjoitukset toteutettiin ohjattuna 4-5 henkilön pienryhmäharjoitteluna kaksi kertaa viikossa. Ohjaajana toimi kaksi kokenutta fysioterapeuttia. Harjoittelu oli progressiivista ja progressiivisuuden perustan loivat vaihdettavat erikokoiset alaraajavastukset.

Jokainen harjoittelukerta alkoi 8 minuutin lämmittelyllä, mikä piti sisällään kävelyä (eteenpäin, taaksepäin ja sivuille), vesijuoksua sekä alaraajojen lihasten venyttelyä. Tämän jälkeen ryhmä teki 30–40 minuuttia vastusharjoittelua ja lopuksi oli 5 minuutin loppuverryttely. Vastusharjoittelu piti sisällään 5 harjoitusta molemmille jaloille: 1) polven ojennus-koukistus liike istuma-asennossa 2) lonkan lähennys-loitonuus liike seisten suoralla jalalla tehden 3) lonkan ojennus-koukistus seisten, suoralla jalalla tehden 4) polven ojennus-koukistus liike seisoma-asennossa 5) askelkyykky taaksepäin steppilaudalla. Harjoitteet oli valittu tutkimusryhmän aiempien vesiharjoittelututkimusten perusteella (Pöyhönen ym. 2002; Valtonen ym. 2010). Harjoittelijoita kannustettiin suullisesti tekemään liikkeet maksimaalisen tehokkaasti, saavuttaen maksimaalisen liikeradan ja nopeuden. Harjoitteet tehtiin aina ensin sillä jalalla, jossa polven nivelrikko oli. Tämän lisäksi harjoitteita tehtiin 30 % enemmän sillä jalalla, jossa polven nivelrikko oli. Harjoittelijoilta kysyttiin harjoittelun rasittavuus RPE asteikolla jokaisen harjoitteen jälkeen. Kipu kysyttiin VAS (Visual Analogue Scale) janalla harjoittelun aikana.

Harjoittelun nousujohteisuus perustui progressiivisesti vaihdettaviin vastuskenkiin (Aqua Runner Zero Impact Footwear). Ensimmäisen viikon ajan ryhmä harjoitteli ilman lisävastuksia, tarkoituksena tottua harjoitteisiin. Tämän jälkeen harjoitteluryhmä käytti 2 viikkoa pieniä alaraajavastuksia ja seuraavat 8 viikkoa keskikokoisia tai isoja alaraajavastuksia. Viikolla 5 yksi harjoittelukerta tehtiin ilman vastuksia ja viikolla 12 pienellä alaraajalla vastuksella, jotta vältettiin mahdollinen liikaharjoittelu. Alaraajavastuksen etupinnan pinta-ala oli keskikokoisessa vastuksessa 0,045 m² ja isossa 0,075 m². Pieni alaraajavastus oli jalkaterän ympärillä ja keskikokoinen sekä iso vastus jalkaterän sekä säären

ympärillä. Tutkimuksessa on todettu veden vastuksen kaksinkertaistuvan keskikokoista vastusta käytettäessä ja kolminkertaistuvan isoa vastusta käytettäessä verrattuna paljaaseen jalkaan (Pöyhönen ym. 2007).

Verrokkiryhmän kuntoutus eteni vallitsevan fysioterapiakäytännön mukaisesti, eli he olivat käyneet preoperatiivisella fysioterapiakäynnillä keskussairaalan fysioterapeutilla. Preoperatiivinen käynti sisältää perinteisesti muun muassa ohjausta ennen leikkausta tapahtuvaan liikkumiseen, leikkauksen jälkeen tarvittaviin apuvälineisiin sekä kivun hoitoon. Käynnillä ohjattiin kotivoimisteluoohjelma, joka keskittyi polven liikkuvuuden ja alaraajojen lihasvoiman harjoittamiseen. Mahdollinen harjoittelu tapahtui omatoimisesti, eikä sitä kontrolloitu.

6.5 Analyysimenetelmät

Tutkimusaineiston analyysissä käytettiin SPSS Statistics 20 – tilastomenetelmäohjelmaa. Muuttujien normaalijakauma testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä. Sekä alku, että loppumittausvaiheissa muuttujista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat. Tutkittavien ryhmien välisiä eroja alkumittauksissa testattiin riippumattomien ryhmien t-testillä sekä Mann-Whitney U -testillä. Vesiharjoittelun vaikutuksia analysoitiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA) alkumittauksen ollessa kovariaattina. Lähtötilanne vakioitiin. Harjoittelu- ja kontrolliryhmien tuloksista laskettiin myös muutosprosentit alkutilanteeseen verrattuna seuraavalla kaavalla: $\text{muutos\%} = [(\text{loppumittauksen tulos} - \text{alkumittauksen tulos}) / \text{alkumittauksen tulos}] \times 100$. Muutosprosentteja ryhmien välillä verrattiin t-testillä. Tilastollisesti merkitsevän tuloksen rajana käytettiin viittä prosenttia ($p < .05$). Mikäli tutkittavalta puuttui mittaustulos (ei pystynyt tekemään / tekniset ongelmat), se poistettiin ainoastaan siitä analyysistä, jota ei ollut tehty.

7 TULOKSET

7.1 Tutkimukseen osallistuneet henkilöt

Alkumittaukset tehtiin 43 henkilölle. Tutkimukseen osallistuneet sairastivat keskimäärin 1,8 muuta kroonista sairautta. Taulukossa 1 kuvataan tutkittavien ominaisuuksia alkumittauksilanteessa. Ryhmät erosivat alkutilanteessa toisistaan tilastollisesti merkitsevästi ainoastaan pituuden ($p=.035$) osalta.

TAULUKKO 1. Tutkimukseen osallistuneiden henkilöiden kuvailu alkutilanteessa harjoitus- sekä verrokkiryhmässä. Keskiarvot (Ka) ja keskihajonnat (Kh).

	Harjoitusryhmä (n=26)	Verrokkiryhmä (n=17)
Muuttuja	Ka (Kh)	Ka (Kh)
Ikä, v	65.9 (5.9)	66.1 (5.8)
Pituus, cm	167.6 (9.5)	173.8 (8.8)
Paino, kg	85.6 (15.8)	90.2 (16.4)
Toinen polvi, n (%)		
terve	16 (62)	12 (71)
nivelrikko	5 (19)	2 (12)
tekonivel	5 (19)	3 (18)
Sukupuoli, n (%)		
naisia	13 (50)	6 (35)
miehiä	13 (50)	11 (65)

7.2 Harjoittelun toteutuminen ja sen vaikutukset

Harjoitusryhmän osallistumisprosentti oli 97 %. Osallistujille tarjottiin 600 harjoittelukertaa ja

he osallistuivat 582 harjoittelukertaan. Tutkimuksen kuluessa harjoitusryhmään kuuluneista keskeytti yksi koehenkilö ja verrokkiryhmään kuuluneista neljä, eli keskeyttäneitä oli yhteensä 12 %.

Lähtötilanteessa ryhmät erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tasapaino ominaisuuksissa kontralateraalilla jalalla tapahtuvassa portaalle nousussa käytetyn voiman osalta (voimaT, $p=.012$). Muissa alkumittauksissa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ($p>.182$).

12 viikon vesiharjoitteluintervention jälkeen staattisen tasapainon testeissä ei ollut eroa ryhmien välillä. Kuitenkin esimerkiksi kovalla alustalla silmät auki seisomisen tulos parani harjoitusryhmällä 12 % ja heikkeni verrokkiryhmällä 3 %. Tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä (ANCOVA $p=.924$).

Dynaamisen tasapainon testeissä ei ollut eroa ryhmien välillä 12 viikon harjoittelun jälkeen. Ainoastaan ryhmien välinen ero kontralateraalien alaraajan portaalle nousun siirtymäajassa oli lähellä tilastollisen merkitsevyyden rajaa. Tässä harjoitusryhmän tulos parani keskimäärin 10 % (95 % CI: -4 % - 25 %) verrokkiryhmään verrattuna ($p=.054$). Dynaamisen tasapainon testeissä eroa ryhmien välillä oli ainoastaan alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksia mittaavassa osa-alueessa (portaalle nousussa käytetty alaraajojen voima). Portaalle nousussa käytetty kontralateraalien alaraajan voima lisääntyi harjoitusryhmässä keskimäärin 33 % (-54 % - -13 %) verrokkiryhmään verrattuna ($p=.005$). Voimaominaisuuksista myös kontralateraalien jalan askelen iskun voima kehon painoon nähden portaalta laskeutuessa oli lähellä tilastollisen merkitsevyyden rajaa tuloksen parantuessa harjoitusryhmässä 24 % (-50 % - 2 %) verrattuna verrokkiryhmään ($p=.075$). Nämä tulokset kertovat kuitenkin ensisijaisesti alaraajojen voimantuoton muutoksesta, ei muutoksista henkilön tasapainossa.

12 viikon vesivastusharjoittelun jälkeen ryhmät erosivat toisistaan tasapainon hallintaa vaativan liikkumiskyvyn osalta. Liikkumiskyky testeissä harjoitusryhmän aika parani TUG - testissä 12 % (1 % - 24 %) verrokkiryhmään verrattuna ($p=.047$). Myös 8-juoksussa

harjoitusryhmän aika parani 15 % (-28 % - -3 %) verrokkiryhmään verrattuna ($p=.045$).

Kaikkien tasapainomittausten tulokset alku- ja loppumittauksissa on esitetty taulukossa 2.

Muuttuja	Harjoitusryhmä				Verrokkiryhmä				ANCOVA p
	n	Alkumittaus Ka (Kh)	Loppumittaus Ka (Kh)	muutos%	n	Alkumittaus Ka (Kh)	Loppumittaus Ka (Kh)	muutos%	
SAkova, ast / s	26	.37 (.15)	.36 (.12)	12	17	.34 (.10)	.36 (.12)	-3	.924
SKkova, ast / s	26	.70 (1.09)	.45 (.14)	4	16	.52 (.25)	.55 (.21)	-11	.192
SApehmeä, ast / s	26	1.09 (.25)	1.05 (.28)	1	16	1.08 (.25)	1.17 (.55)	-19	.205
SKpehmeä, ast / s	26	2.90 (1.58)	2.52 (1.10)	1	16	3.33 (1.71)	3.08 (1.58)	6	.445
SA1jalR, ast / s	19	5.7 (4.8)	5.3 (4.4)	-27	9	3.5 (3.6)	6.0 (5.4)	-242	.207
SA1jalT, ast / s	19	4.7 (3.9)	4.1 (3.8)	-14	10	3.9 (3.8)	3.5 (2.7)	-54	.806
1jalR, s	26	16.3 (15.7)	19.5 (17.1)	60	17	16.1 (15.7)	12.1 (13.4)	129	.406
1jalT, s	26	22.8 (20.5)	26.7 (21.6)	34	17	16.9 (19.8)	25.8 (23.1)	139	.138
Ylönousu, s	25	.47 (.2)	.35 (.11)	18	17	.41 (.18)	.39 (.24)	10	.293
Ponnistus, %	25	19.9 (6.8)	22.0 (5.7)	13	17	22.3 (7.2)	20.5 (7.3)	4	.320
Huojunta, ast / s	25	4.6 (2.3)	4.6 (2.3)	-8	17	4.3 (1.0)	4.4 (1.3)	-4	.859
VoimaR, %	18	48.1 (14.8)	54.3 (15.6)	-4	11	44.1 (13.1)	48.5 (10.9)	-7	.938
VoimaT, %	22	33.1 (10.8)	40.1 (9.0)	-19	15	43.3 (11.8)	38 (16.6)	14	.005
SiirtyminenR, s	18	1.6 (.5)	1.4 (.2)	5	11	1.5 (.2)	1.4 (.2)	3	.912
SiirtyminenT, s	22	1.6 (.5)	1.5 (.5)	1	15	1.6 (.5)	1.7 (.6)	-9	.054
LaskeutuminenR, %	18	47.6 (10.7)	44.3 (11.2)	4	11	44 (12.1)	45 (9.5)	1	.656
LaskeutuminenT, %	22	39.4 (11.2)	41.3 (9.4)	-17	15	40.1 (9.1)	35.9 (12.6)	7	.075
8-juoksu, s	26	32.1 (9.0)	28.6 (8.0)	-9	17	30.8 (9.7)	34.2 (17.0)	6	.045
TUG, s	26	7.2 (1.7)	6.5 (1.4)	-8	17	7.1 (1.8)	7.8 (3.4)	4	.047

TAULUKKO 2. Muuttujien keskiarvot (Ka), keskihajonnat (Kh) sekä p-arvo (ANCOVA). R=nivelrikkoinen jalka, T=kontralateraali jalka SA=silmät auki, SK= silmät kiinni. SAKova, SKkova=seisominen kovalla alustalla, SApehmeä, SKpehmeä= seisominen pehmeällä alustalla, SA1jal, 1jal= seisominen yhdellä jalalla, ylönousu= tuoilta ylönousun painopisteensiertoaika istuma-asennosta seisoma-asentoon, ponnistus= tuoilta ylönousun ponnistusvoima, huojunta = tuoilta ylönousun huojuntanopeus, voima= portaalle nousussa käytetty kehon painoon suhteutettu voima, siirtyminen= portaalle nousun siirtymäaika, laskeutuminen=portaalta laskeutumisessa käytetty kehon painoon suhteutettu askeleen iskun voima, TUG= Timed Up and Go – testi.

8. POHDINTA

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää vedessä tapahtuvan 12 viikkoa kestävästä vastusharjoittelun vaikutusta vaikea-asteista polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten tasapainoon. Tutkimustulosten mukaan progressiivinen vesivastusharjoittelu ei parantanut polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten staattista tai dynaamista tasapainoa. Vesivastusharjoittelulla pystyttiin kuitenkin vaikuttamaan positiivisesti tasapainon kannalta haastavaan liikkumiskykyyn.

Tässä tutkimuksessa vesiharjoittelu ei parantanut tutkittavien staattista tasapainoa. Esimerkiksi *silmät kiinni kovalla alustalla seistessä* harjoitusryhmän kehon huojunta väheni 35 % ja verrokkiryhmän kehon huojunta lisääntyi 6 %. Tulos ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Samansuuntaisia tuloksia on saanut myös Suomi ja Kojeca (2000). Heidän tutkimuksessa vesiharjoitteluryhmän kehon huojunta väheni 28 % ja verrokkiryhmän 2 %. Myöskään heidän tutkimuksessa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Yennanin ym. (2001) tutkimuksessa puolestaan verrattiin maalla ja vedessä tapahtuvaa harjoittelua ja heidän tutkimuksessaan todettiin, että vesiharjoitteluryhmän kehon huojunta kovalla alustalla *silmät kiinni seistessä* väheni 13 % ja maalla tapahtuvan harjoitteluryhmän kehon huojunta väheni 1 %. Heidän tutkimuksessa ryhmien välinen ero oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevä. Testatessa staattista tasapainoa *silmät auki kovalla alustalla seistessä* saatiin myös samansuuntaisia tuloksia tässä sekä Suomen ja Kojecan (2000) tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa harjoitusryhmän kehon huojunta väheni 3 % ja verrokkiryhmän kehon huojunta lisääntyi 6 %. Suomen ja Kojecan (2000) tutkimuksessa kehon huojunta *silmät auki seistessä* väheni 18 % verrokkiryhmän tuloksen pysyessä entisenä. Heidän tutkimuksessaan tulos oli kuitenkin tilastollisesti merkitsevä. Täysin erisuuntaisia tuloksia *silmät auki seisomisen osalta* tuli esille Yennanin ym. (2001) tutkimuksessa. Heidän tutkimuksessaan vesiharjoitusryhmän kehon huojunta kovalla alustalla *silmät auki seistessä* lisääntyi 39 % ja maalla tapahtuvan harjoittelun ryhmässä kehon huojunta lisääntyi 20 %. Ero ryhmien välillä ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä. Suurin syy siihen, ettei vesivastusharjoittelu parantanut tässä tutkimuksessa keskivaikeaa tai vaikeaa polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten tasapainoa, on varmasti se, että harjoittelun ensisijaisena tavoitteena oli alaraajojen lihastehon lisääminen, ei kehon huojunnan

vähentäminen. Esimerkiksi Yennanin ym. (2001) tutkimuksessa harjoitteluohjelman tavoite oli parantaa yleisesti lihasvoimaa, liikkuvuutta ja tasapainoa, näin ollen oletettavasti pitäneet sisällään myös tasapainoa kehittäviä liikkeitä. Tulee myös huomioida, että Yennanin tutkimuksessa verrattiin kahta erilaista harjoitusmuotoa ilman verrokkiryhmää.

Tässä tutkimuksessa polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten dynaaminen tasapaino ei parantunut progressiivisen vesivastusharjoittelun avulla. Syynä tähän voi olla se, ettei harjoitusohjelma sisältänyt puhtaasti tasapainoa kehittäviä liikkeitä, vaan harjoittelussa keskityttiin alaraajojen voimantuotto-ominaisuuksien lisäämiseen vastusharjoittelun avulla. Tästä kertonee se, että parannusta tapahtui dynaamisen tasapainotestien voimaominaisuuksia mitatuissa osa-alueissa kontralateraalien alaraajan osalta. Voimalevyllä mitatussa portaalle nousussa ja siitä laskeutumisessa portaalle nousussa käytetty voima kontralateraalien alaraajan osalta kasvoi harjoitusryhmässä 33 % verrokkiryhmään nähden. Tämän lisäksi lähellä tilastollisen merkitsevyyden rajaa olivat muut kontralateraalilla jalalla tehdyt portaalle nousun osa-alueet, joista askeleen iskun voima kehon painoon nähden portaalla laskeutuessa parani harjoitusryhmällä 24 % ja portaalle nousun siirtoaika 10 % verrokkiryhmään verrattuna. Vastaavia muutoksia dynaamisen tasapainon testien alaraajojen voimaominaisuuksia mittaavissa osa-alueissa ei kuitenkaan tapahtunut nivelrikkoisen alaraajan osalta, vaikka harjoitusryhmä teki harjoitteita 30 % enemmän nivelrikkoisella kuin kontralateraalilla alaraajalla. Valtosen ym. (2010) tutkimuksessa käytettiin samaa harjoitusohjelmaa kuin tässä tutkimuksessa ja heidän tutkimustuloksena oli, että harjoittelu lisäsi polven ojentaja ja koukistajalihasten tehoa erityisesti nivelrikkoisen alaraajan osalta. Siitä huolimatta nivelrikkoisen alaraajan lihasteho oli harjoittelun jälkeen alhaisempi kuin kontralateraalien alaraajan lihasteho (Valtonen ym. 2010). Toisin sanoen nivelrikkoisen alaraajan lähtötilanne voimantuotto-ominaisuuksien osalta oli niin paljon kontralateraalilla heikompi, ettei sitä saatu edes tehostetulla harjoittelulla samalle tasolle kontralateraalien alaraajan kanssa. Voi siis olla, että tässä tutkimuksessa yhtenä syynä nivelrikkoisen ja kontralateraalien alaraajan erilaiseen tulokseen dynaamisen tasapainon testien voimantuotto-ominaisuuksia mittaavien osa-alueiden osalta portaalle nousussa ja siitä laskeutumisessa on alaraajojen erilainen lihasvoima/-teho jo lähtötilanteessa. Myös kivun on todettu olevan yhteydessä polven nivelrikkoa sairastavien heikentyneeseen asennonhallintaan (Hassan ym. 2001; Hinman ym. 2002). Oletettavasti tämän tutkimuksen polven nivelrikkoa sairastavilla miehillä ja naisilla, jotka jonottavat tekonivelleikkaukseen, on kipuja myös vesiharjoittelun jälkeen. Tämä voi vaikuttaa siihen,

että tutkittavat käyttävät portaalle nousussa ja siitä laskeutumisessa tehokkaammin kontralateraalialla, eli ns. tervettä alaraajaa.

Rajaa dynaamisen tasapainon testien sekä liikkumiskykytestien välillä voidaan pitää osittain häilyvänä. Tässä tutkimuksessa TUG-testi sekä 8-juoksu testi rajattiin dynaamisen tasapainon ulkopuolelle. Koska nämä testit kuitenkin vaativat liikkumiskyvyn ja alaraajojen lihasvoiman lisäksi hyvää kehon hallintaa, otettiin ne mukaan tuloksiin kuvaamaan päivittäisessä elämässä tarvittavaa tasapainoa. Tässä tutkimuksessa progressiivinen vesivastusharjoittelu paransi polven nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten erityistä tasapainon hallintaa vaativaa liikkumiskykyä. Harjoitusryhmän aika parani TUG – testissä 12 % ja 8-juoksussa 15 % verrokkiryhmään verrattuna. Samansuuntaisia tuloksia on saanut myös Liao ym. (2013). He tutkivat maalla tapahtuvan tasapainoharjoittelun vaikutuksia polven tekonivelleikattujen tasapainoon. Heidän tutkimuksessaan harjoitusryhmän (toiminnallinen harjoittelu + tasapainoharjoittelu) aika parani TUG – testissä 15 % verrokkiryhmään (pelkkä toiminnallinen harjoittelu) verrattuna. Syynä siihen, että tässä tutkimuksessa staattinen tai dynaaminen tasapaino ei parantunut, mutta erityistä tasapainon hallintaa vaativa liikkumiskyky parani, voi osittain johtua harjoitusohjelman sisällöstä. Sekä 8-juoksu, että erityisesti TUG – testi vaativat tasapainonhallinnan lisäksi hyvää lihasvoimaa ja lihastehoa reiden etuosan lihaksissa, ja tässä tutkimuksessa harjoittelun tavoitteena oli alaraajojen lihasten suorituskyvyn paraneminen, eikä tasapainon paraneminen. Tätä näkemystä tukee myös se, että Liaon ym. (2013) tutkimuksessa tasapainoharjoitteluun oli yhdistetty toiminnallinen harjoittelu. Aiemmissä tutkimuksissa on myös todettu, ettei pelkkä vedessä tapahtuva tasapainoharjoittelu välttämättä paranna TUG - testiin käytettyä aikaa. Esimerkiksi Hale ym. (2011) tutkivat vedessä tapahtuvan tasapainoharjoittelun vaikutuksia lievää tai keskivaikeaa polven tai lonkan nivelrikkoa sairastavien miesten ja naisten tasapainoon ja kaatumisriskiin. Heidän RCT tutkimuksessaan harjoitusryhmän aika TUG – testissä ei parantunut, vaan pysyi ennallaan molemmissa ryhmissä.

Alkutilanteessa ryhmät erosivat toisistaan tilastollisesti merkitsevästi tasapaino ominaisuuksissa ainoastaan kontralateraalilla jalalla tapahtuvassa portaalle nousussa käytetyn voiman osalta (voimaT, $p=0.012$). Muissa alkumittauksissa ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Alkutilanteen keskiarvoissa oli kuitenkin joissakin

muuttujissa jopa 26 % ero (ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä). ANCOVA:n avulla voidaan poistaa analyysistä nämä osassa muuttujista olleet erot. Mikäli harjoitusryhmäläisillä on alkutilanteessa huono tasapaino verrattuna verrokkiryhmään, voi harjoituksen vaikutus olla normaalia suurempi. Tämä mahdollinen ongelma saadaan poistetuksi kovarianssianalyysillä. Tästä syystä vesiharjoittelun vaikutuksia analysoitiin kovarianssianalyysillä (ANCOVA) alkumittauksen ollessa kovariaattina.

Tutkimuksen vahvuutena on satunnaistettu kontrolloitu asetelma ja se, että käytettyä harjoitusohjelmaa oli aiemmin käytetty nivelrikkoa sairastavien vesiharjoittelututkimuksessa (Valtonen ym. 2010). Tutkimuksen luotettavuutta lisää se, että tutkimuksessa oli mukana hyvin laajasti erilaisia tasapainomittauksia. Tasapainomittaukset oli valittu huolellisesti ja ne testasivat tasapainoa laaja-alaisesti. Kehonhuojunnan mittauksia voimalevyllä on käytetty paljon aiemmissa tutkimuksissakin ja ne soveltuvat hyvin tasapainon mittaamiseen. Myös tasapainon hallinnan kannalta haastavat liikkumiskyvyn testit ovat laajalti tutkimuskäytössä olevia mittareita. Lisäksi tutkittavien hyväksymiskriteerit tutkimukseen osallistumiseen olivat selkeät ja valinta tapahtui yhden ortopedin toimesta. Tasapainomittaukset tehtiin kahden henkilön toimesta, kuten myös vesiharjoittelun ohjaus. Tutkimuksen luotettavuutta heikentää ryhmien erisuuri koko. Harjoitusryhmässä oli 26 henkilöä ja verrokkiryhmässä 17. Ryhmien erisuurta kokoa voisi selittää se, että satunnaistaminen on mahdollisesti tehty maantieteelliset seikat huomioiden. Perustan näkemykseni siihen, että tutkimuksessa on ollut mukana koko sairaanhoitopiirin alue. Luotettavuutta heikentävät myös keskeytykset. Harjoitusryhmäläisistä yksi keskeytti tutkimuksen ja verrokkiryhmässä keskeyttäneitä oli neljä. Verrokkiryhmän keskeyttäneistä 50 % jäi pois, sillä he eivät jaksaneet odottaa leikkaukseen pääsyä ja siirtyivät leikkaukseen yksityiselle puolelle. Verrokkiryhmäläisten keskeyttäneiden määrä olisi voinut pienentyä, mikäli heille olisi tarjottu mahdollisuutta vesiharjoitteluun tutkimuksen jälkeen. Tutkimuksen suunnittelussa ja toteutuksessa noudatettiin hyvää tieteellistä käytäntöä. Tutkimukseen osallistuminen ei viivästyttänyt tutkittavien leikkausta tarpeettomasti tai aiheuttanut heille ylimääräisiä kustannuksia.

Tässä tutkimuksessa harjoittelun tavoitteena oli alaraajan lihasten suorituskyvyn lisääntyminen, eikä harjoitusohjelma sisältänyt tasapainoliikkeitä. Jatkossa olisi tarpeen tutkia olisivatko tulokset erilaisia erityisesti staattisen tasapainon osalta, mikäli harjoitusohjelma

sisältäisi myös tasapainoa kehittäviä liikkeitä. Tässä tutkimuksessa kaikki tutkittavat olivat keskivaikeaa tai vaikeaa polven nivelrikkoa sairastavia miehiä ja naisia. Lisäksi tutkittavat olivat jonossa tekonivelleikkaukseen ja he olivat kärsineet jatkuvista polvikivuista vähintään kuuden kuukauden ajan. Esimerkiksi yhdellä jalalla silmät kiinni seisominen jouduttiin jättämään pois, koska useimmat tutkittavat eivät pystyneet toteuttamaan tätä suoritusta nivelrikkoisella alaraajalla. Myös yhdellä jalalla seisomisessa silmät auki sekä portaalle nousussa ja siitä laskeutumisessa oli useita henkilöitä, jotka eivät pystyneet suorittamaan testejä. Olisi hyvä toistaa sama tutkimus lievää tai keskivaikeaa polven nivelrikkoa sairastavilla miehillä ja naisilla, jotka eivät vielä olisi tekonivelleikkausjonossa. Tällaisella tutkimusasetelmalla pystyttäisiin paremmin ehkäisemään tasapainon ongelmia ja mahdollisia kaatumistapaturmia. Jatkossa olisi hyvä seurata mitä harjoitusvaikutuksille tapahtuu. Tässä tutkimuksessa loppumittaukset tehtiin heti harjoittelun loputtua, eikä tutkimuksesta selviä säilyvätkö harjoittelun vaikutukset tasapainoon esimerkiksi puolen vuoden tai vuoden kuluttua. Heikentyneen tasapainon on todettu rajoittavan ja hankaloittavan arjesta suoriutumista ja aiheuttavan suurentuneen riskin kaatumistapaturmille ja niistä aiheutuville vammoille (Melzer ym. 2010; Muir ym. 2010). Olisi tärkeää tutkia harjoittelun vaikutusten pysyvyyttä jotta voitaisiin saada tietoa vedessä tapahtuvan harjoittelun pitkäaikaisvaikutuksista toimintakykyyn ja kaatumistapaturmiin.

LÄHTEET

- Anderson, R. L. & Fishback, E. Balance specific training in water and on land in older adults: a pilot study. *International Journal of Aquatic Research and Education* 2010;4:300-311
- Arnold, C. M. & Faulkner, R. A. The effect of aquatic exercise and education on lowering fall risk in older adults with hip osteoarthritis. *J Aging Phys Act* 2010;18:245-260
- Aqua Runner Zero Impact Footwear / AquaJogger, 4660 Main St, Unit B270, Springfield OR 97478.
- Arokoski, J., Lammi, M., Hyttinen, M., Kiviranta, I., Parkkinen, J., Jurvelin, J., Tammi, M. & Helminen, H. Nivelriikon etiopatogeneesi. *Duodecim* 2001;117(16):1617-1626

Arokoski, J. Polven artroosin etiologia. Suomen Ortopedia ja Traumatologia 2008;31:70-72

Balance Master System Operator's Manual. 2003.

Batterham, S. I., Heywood, S. & Keating, J. L. Systematic review and meta-analysis comparing land and aquatic exercise for people with hip or knee arthritis on function, mobility and other health outcomes. BMC Musculoskeletal disorders 2011, 12:123

Cadmus, L., Patrick, M., B. Maciejewski, M. L., Topolski, T., Belza, B., & Patrick D. L. Community-based aquatic exercise and quality of life in persons with osteoarthritis. Med Sci Sport Exerc 2010;42(1):8-15

Douris, P., Southard, V., Varga, C. & Schauss, W. The effects of land and aquatic exercise on Berg Balance Scores in older adults. J Geriatr Phys Ther 2003;26.1:3-6

Fransen, M. & McConnell, S. Exercise for osteoarthritis of the knee. Cochrane Database of Systematic Reviews 2008 (4).

Gauchard, G. C., Vanqon, G., Meyer, P., Mainard, D. & Perrin, P. P. On the role of knee joint in balance control and postural strategies: Effects of total knee replacement in elderly subjects with knee osteoarthritis. Gait Postur 2010;32(2):155-60

Hale, L. A., Waters, D & Herbison, P. A randomized controlled trial to investigate the effects of water-based exercise to improve falls risk and physical function in older adults with lower-extremity osteoarthritis. Arch Phys Med Rehabil 2011;93:27-34

Hassan, B. S., Mockett, S. & Doherty, M. Static postural sway, proprioception, and maximal voluntary quadriceps contraction in patients with knee osteoarthritis and normal control subjects. Am Rheum Dis 2001;60:612-618

Hinman, R. S. & Bennell, K. L. Metcalf BR, Crossley KM. Balance impairments in individuals with symptomatic knee osteoarthritis: a comparison with matched controls using clinical tests. Rheumatology 2002;41:1388-1394

- Hinman, R., Heywood, S. & Day, R. Aquatic physical therapy for hip and knee osteoarthritis: results of single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther* 2007;87:32-43
- Heliövaara M. Nivelrikon esiintyvyyys ja kustannukset. *Duodecim* 2008;124(16):1869-74
- Holliday, K. L., McWilliams, D. F., Maciewicz, R. A., Muir, K.R., Zhang, W. & Doherty, M. Lifetime body mass index, other anthropometric measures of obesity and risk of knee or hip osteoarthritis in the GOAL case-control study. *Osteo Cart* 2011;19:37-43
- Jordan, K. M., Arden, N. K., Doherty, M., Bannwarth, B., Bijlsma, J. W. J., Dieppe, P., Gunther, K., Hauselmann, H., Herrero-Beaumont, G., Kaklamania, P., Lohmander, S., Leeb, B., Lequesne, M., Mazieres, B., Martin-Mola, E., Pavelka, K., Pendeleton, A., Punzi, L., Serni, U., Swoboda, B., Verbruggen, G., Zimmerman-Gorska, I. & Dougados, M. EULAR Recommendations 2003: an evidence based approach to the management of knee osteoarthritis: Report of a task force of the standing committee for international clinical studies including therapeutic trials (ESCISIT). *Ann Rheum Dis* 2003;62:1145-1155
- Kaneda, K., Sato, D., Wakabayashi, H., Hanai, A. & Nomura, T. A comparison of the effects of different water exercise programs on balance in elderly people. *J Aging Phys Act* 2008;16:381-392
- Katsura, Y., Yoshikawa, T., Ueda, S-Y., Usui, T., Sotobayashi, D., Nakao, H., Sakamoto, H., Okumoto, T. & Fujimoto, S. Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *Eur J Appl Physiol* 2010;108:957-964
- Kelan sairausvakuustilasto 2009. Kansaneläkeläitos, tilastoryhmä. Helsinki. Viitattu 18.3.2011
[http://www.kela.fi/it/kelasto/kelasto.nsf/alias/Sava_09_pdf/\\$File/Sava_09.pdf?OpenElement](http://www.kela.fi/it/kelasto/kelasto.nsf/alias/Sava_09_pdf/$File/Sava_09.pdf?OpenElement)
- Kellgren, J. H. & Lawrence, J. S. Radiological assessment of osteo-arthritis. *Am Rhum Dis* 1957; 16:494-502

- Klussmann, A., Gebhardt, H., Nübling, M., Liebers, F., Quiros, P. E., Cordier, W., von Engelhardt, L. V., Schubert, M. & Dávid, A. Bouillon B, Rieger MA. Individual and occupational risk factors for knee osteoarthritis: results of a case-control study in Germany. *Arthritis Res Ther* 2010;12:R88
- Kul-Panza, E. & Berker, E. Pedobarographic findings in patients with knee osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil* 2006;85(3):228-233
- Liikavainio, T., Lyytinen, T., Tyrväinen, E., Sipilä, S. & Arokoski, P. Physical function and properties of quadriceps femoris muscle in men with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehab* 2008;89:2185-2194
- Liao, C-D., Liou, T-H., Huang, Y-Y. & Huang Y-C. Effects of balance training on functional outcome after total knee replacement in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation* 2013;27(8):697-709
- Lyytinen, T., Liikavainio, T., Bragge, T., Hakkarainen, M., Karjalainen, P. A. & Arokoski J. P. A. Postural control and thigh muscle activity in men with knee osteoarthritis. *Journal of Electromyography and Kinesiology* 2010;20:1066-1074
- Masui, T., Hasegawa, Y., Yamacuchi, J., Kanoh, T., Ishuguro, N. & Suzuki, S. Increasing postural sway in rural-community-dwelling elderly persons with knee osteoarthritis. *J Orthop Sci* 2006;11:353-358.
- Melzer, I., Kurz, I. & Oddsson, L. I. E. A retrospective analysis of balance control parameters in elderly fallers and non-fallers. *Clin Biomec* 2010;25(10):984-988
- Muir, S. W., Berg, K., Chesworth, B., Klar, N. & Speechley, M. Quantifying the magnitude of risk for balance impairment on falls in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis. *J Clin Epidemiol* 2010;63(4):389-406
- Noh, D. K., Lim, J-Y., Shin, H-I. & Paik, N-J. The effect of aquataic therapy on postural balance and muscle strength in stroke survivors – a randomized controlled pilot trial.

Clin Rehab 2008;22:966-976

Pajala, S., Sihvonen, S. & Era, P. Asennonhallinta ja havaintomotorinen kyvykkyys. Teoksessa E. Heikkinen & T. Rantanen (toim.) Gerontologia. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim, 2008:136-157

Podsiadlo, D. & Richardson, S. The timed "up and go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc 1991;39(2):142-8

Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapia. Hyvä fysioterapiakäytäntö. Suomen Fysioterapeutit – Finlands Fysioterapeuter ry:n asettama työryhmä. Viitattu 3.11.2013 http://www.terveysportti.fi/dtk/sfs/avaa?p_artikkeli=sfs00001

Polvi- ja lonkkanivelrikon hoito. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen lääkäriseura Duodecimin ja Suomen Ortopediyhdistys Ry:n asettama työryhmä. Viitattu 3.11.2013. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/naytaartikkeli/tunnus/hoi50054>

Portegijs, E. Asymmetrical lower-limb muscle strength deficit in older people. University of Jyväskylä. Studies in sports, physical education and health 2008;129

Portegijs, E., Edgren, J., Salpakoski, A., Kallinen, M., Rantanen, T., Alen, M., Kiviranta, I., Sihvonen, S. & Sipilä, S. 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 2012;93(12):2340-2346

Pöyhönen, T. Neuromuscular function during knee exercises in water. With special reference to hydrodynamics and therapy. University of Jyväskylä. Studies in sports, physical education and health 2002;86

Pöyhönen, T., Sipilä, S., Keskinen, K. L., Hautala, A., Savolainen, J. & Malkia, E. Effects of aquatic resistance training on neuromuscular performance in healthy woman. Med Sci Sports Exerc 2002;34:2103-9

- Riihimäki, H. & Heliövaara, M. & Tuki- ja liikuntaelinsairauksien työryhmä. Tuki- ja liikuntaelinten sairaudet. Teoksessa A. Aromaa & S. Koskimaa (toim.) Terveys ja toimintakyky Suomessa. Terveys 2000 – tutkimuksen perustulokset. Kansanterveyslaitoksen julkaisuja B3/2002. Helsinki: KTL, 2002:47-50.
- Roller, J., Johnson, M., Jones, E., Hunt, H. & Kirkwood, N. W. Effectiveness of a water-based exercise program on Berg Balance Test scores in community-living older women. *Journal of Aquatic Physical Therapy* 2008;16(1):1-5
- Roth, A. E., Miller, M. G., Ricard, M., Ritenour, D. & Chapman, B. L. Comparison of static and dynamic balance following training in aquatic and land environments. *J Sports Rehabil* 2006;15:299-311
- Rätsepsoo, M., Gapeyeva, H., Sokk, J., Ereline, J., Haviko, T. & Pääsuke, M. Leg extensor muscle strength, postural stability and fear of falling after a 2-month home exercise program in women with severe knee joint osteoarthritis. *Medicina (Kaunas)* 2013;49(8):347-53
- Sekir, U. & Gür, H. A multi-station proprioceptive exercise program in patients with bilateral knee osteoarthrosis: functional capacity, pain and sensomotor function. A randomized controlled trial. *Journal of Sports Science and Medicine* 2005;4:590-603
- Shumway-Cook, A. & Woollacot, M. H. 2001. *Motor Control. Theory and practical applications*. Second edition.
- Sihvonen, S. Postural balance and aging. Cross-sectional comparative studies and a valance training intervention. University of Jyväskylä. *Studies in sport, physical education and health* 2004;101
- Silva, A., Serrão, P. R. M. S., Driusso, P. & Mattiello, S. M. The effects of therapeutic exercise on the balance of women with knee osteoarthritis: a systematic review. *Rev Bras Fisioter* 2012;16(1):1-9

- Silva, L. E., Valim, V., Pesanka, A. P. C., Oliveira, L. M., Myamoto, S., Jones, A. & Natsur, J. Hydrotherapy versus conventional land-based exercise for the management of patients with osteoarthritis of the knee: a randomized controlled trial. *Phys Ther* 2008;88:12-21
- Spector, T. D., Cicuttini, F., Baker, J., Loughlin, J. & Hart, D. Genetics influences on osteoarthritis in women: a twin study. *BMJ* 1996;312:940-953
- Suni, J., Husu, P., Rinne, M. & Taulaniemi, A. 2010. Kuntoa terveydeksi: Aikuisten ALPHA-FIT terveystestit 18-69 vuotiaalle testaajan opas. UKK-instituutti.
- Suomi, R. & Kojeca, D. M. Postural sway characteristics in women with lower extremity arthritis before and after an aquatic exercise intervention. *Arch Phys Med Rehab* 2000;81(6):780-785.
- Toivanen, A. T., Heliövaara, M., Impivaara, O., Arokoski, J. P. A., Knekt, P., Lauren, H. & Kröger, H. Obesity, physically demanding work and traumatic knee injury are major risk factors for knee osteoarthritis – a population-based study with a follow-up of 22 years. *Rheumatology* 2010;49:308-314.
- Tveit, M., Rosengren, B. E., Nilson, J-Å. & Karlsson, MK. Former male elite athletes have a higher prevalence of osteoarthritis and arthroplasty in the hip and knee than expected. *The American Journal of Sports Medicine* 2012;40(3):527-533
- Valtonen, A., Pöyhönen, T., Sipilä, S. & Heinonen, A. Effects of aquatic resistance training on mobility limitation and lower-limb impairments after knee replacement. *Arch Phys Med Rehab* 2010;91:833-839
- Wang, T-J., Lee, S-C., Liang, S-Y., Tung, H-H., Wu, S-F. W. & Lin, Y-P. Comparing the efficacy of aquatic exercises and land-based exercises for patients with knee osteoarthritis. *Journal of clinical nursing* 2011;20(17-18):2609-2622
- Yennan, P., Suputitada, A. & Yuktanandana, P. Effects of aquatic exercise and land-based

exercise on postural sway in elderly with knee osteoarthritis. *Asian Biomedicine*
2010;4(5):739-745