

**TÄRÄHDYKSIÄ SISÄLTÄVÄN HARJOITTELUN VAIKUTUS POLVINIVELRUS-
TOON JA TOIMINTAKYKYYN LIEVÄÄ POLVINIVELRIKKOA SAIRASTAVILLA
50-65 -VUOTIAILLA NAISILLA**

Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus ja 12 kuukauden seuranta

Ville Päivärinne

Fysioterapian pro gradu –tutkielma

Terveystieteiden laitos

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2016

TIIVISTELMÄ

TÄRÄHDYKSIÄ SISÄLTÄVÄN HARJOITTELUN VAIKUTUS POLVINIVELRUSTOON JA TOIMINTAKYKYYN LIEVÄÄ POLVINIVELRIKKOA SAIRASTAVILLA 50-65 – VUOTIAILLA NAISILLA

- Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus ja 12 kuukauden seuranta

Ville Päivärinne

Fysioterapian Pro gradu –tutkielma

Jyväskylän yliopisto, liikuntatieteiden tiedekunta, terveystieteiden laitos

Kevät 2016

62 sivua, 11 liitettä

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

Nivelrikko on etenkin ikääntyneeseen väestöön kohdistuva kipuja ja toiminnallisia rajoituksia aiheuttava nivelsairaus. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää liikunnan vaikutuksia polvinivelruston laatuun ja seurata mahdollisia rustomuutoksia 12 kuukauden kuluttua harjoittelun lopettamisesta lievää polvinivelrikkoa sairastavilla 50-65 –vuotiailla naisilla. Lisäksi tarkoituksena oli tutkia harjoittelun vaikutuksia fyysiseen toimintakykyyn ja polven oireisiin sekä arvioida vaikutusten pysyvyyttä intervention jälkeen.

Tutkimukseen osallistui 61 vapaaehtoista naista, joilla oli lievä radiologinen polven nivelrikko. He kaikki osallistuivat 12 kuukauden interventiojaksoon ja sitä seuranneeseen 12 kuukauden seurantaan. Harjoitusryhmään satunnaistetut (n=29) tutkittavat harjoittelivat tärähdyksiä sisältäviä aerobic- ja step-aerobic –harjoitteita ohjatusti kolmesti viikossa 12 kuukauden ajan. Kontrolliryhmä (n=31) jatkoi aiempaa liikuntakäyttämistään. Polviruston biokemiallisen koostumuksen muutosta arvioitiin dGEMRIC (glykosaminoglykaani-pitoisuus) ja T₂ relaksaatioaika (kollageeniorientaatio) magneettikuvausmenetelmillä. Nivelrikon toiminnallisten haittojen selvittäminen toteutettiin KOOS –oirekyselyllä. Fyysistä toimintakykyä arvioitiin kahdeksikkojuoksutestillä, polven maksimaalinen isometrinen ojennus- ja koukistusvoimates- tillä sekä kestävyyskuntoa kahden kilometrin kävelytestillä. Ryhmiä vertailtiin riippumattomien otosten t-testillä ja ryhmien välisten erojen vertailussa alku-, loppu- ja seurantamittauksessa käytettiin toistettujen mittauksen varianssianalyysia, jossa alkumittaus toimi kovariaattina.

Tuloksissa havaittiin, että ryhmien välillä ei ollut eroja polvinivelruston biokemiallisessa koostumuksessa, eikä myöskään KOOS-oirekyselyssä intervention tai seurannan jälkeen. Interventio lisäsi 5 % (p=0.016) enemmän harjoitteluryhmän dynaamista tasapainoa ja 9 % (p=0.001) polven ojennusvoimaa verrattuna kontrolliryhmään, mutta seurannan jälkeen ryhmien väliset erot olivat hävinneet.

Harjoittelun aiheuttama ruston mekaaninen kuormitus ei näyttäisi heikentävän tai vahvistavan ruston koostumusta kontrolliryhmään verrattuna, eikä ruston laadussa ole eroa 12 kuukauden seurannan jälkeen. Harjoittelu parantaa dynaamista tasapainoa ja polven ojennusvoimaa, mutta ryhmien välinen ero häviää harjoittelun päättymisen jälkeen. Tärähdyksiä sisältävä harjoittelu ei näyttäisi olevan haitallista ruston koostumukselle.

Asiasanat: polvinivelrikko, polvinivelrusto, tärähdyksiä sisältävä harjoittelu, biokemiallinen koostumus, dGEMRIC, T₂, glykosaminoglykaani, kollageeni, fyysinen toimintakyky

ABSTRACT

EFFECTS OF HIGH-IMPACT TRAINING ON ARTICULAR CARTILAGE AND PHYSICAL FUNCTIONING IN 50-65 YEARS OLD WOMEN WITH MILD CHANGES OF KNEE OSTEOARTHRITIS

- 12-month randomized controlled quantitative MRI study with 12-month follow-up

Ville Päivärinne

Physiotherapy Master's Thesis

University of Jyväskylä, Faculty of Sports and Health Sciences, Department of Health Sciences

Spring 2016

62 pages, 11 appendices

Supervisor: Prof. Ari Heinonen, University of Jyväskylä, Department of Health Sciences

Osteoarthritis is an age-related degenerative joint disease that affects pain levels and functional status. The purpose of this study was to discover the effects of a 12-month high-impact exercise program and after a subsequent 12-month follow-up period in 50-65 years old women with mild knee osteoarthritis on knee cartilage indices, physical functioning and knee symptoms.

Sixty-one women aged 50 to 65 years with mild knee osteoarthritis were assigned to undergo supervised progressive exercise three times a week for 12 months (n=29) or to a nonintervention group (n=31). The biomechanical composition of cartilage was estimated using delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage (dGEMRIC), sensitive to cartilage glycosaminoglycan content, and transverse relaxation time (T_2) mapping that is sensitive to the properties of the collagen network. Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) was assessed to monitor the subject's opinion about their knee and associated problems in five subscales (Pain, Symptoms, Functions in daily living, Function in sport and recreation and knee related Quality of life). Physical performance was evaluated by using dynamic balance, maximal isometric knee extension / flexion forces and cardiorespiratory fitness. Results were examined at baseline (0 month), post-training (12 months) and after a 12-month follow-up period (24 months). Statistical comparison between groups was made by the t test. Statistical comparison of changes in outcome measurements was performed by using repeated measures of variance (ANOVA) while the group differences were adjusted for baseline values.

As investigated by magnetic resonance imaging (MRI), no changes occurred in the biochemical composition of the cartilage. There were also no changes in KOOS- score. At post-training, dynamic balance and maximal isometric knee extension force improved significantly more (5 % to 9 %) in the exercise group than in the control group. However, no changes occurred after a follow-up period.

Progressively implemented high-impact training did not affect the biochemical composition of cartilage at a 24-month follow-up period. 12-month exercise period will improve balance and muscle force but the positive benefits disappear after a 12-month follow-up.

Keywords: knee osteoarthritis, high-impact training, articular cartilage, physical function, biochemical composition, dGEMRIC, T_2 , glycosaminoglycan, collagen

KÄYTETYT LYHENTEET

ACL	anterior cruciate ligament, polven eturistiside
BMI	Body mass index, painoindeksi
BMP	bone morphogenetic protein, luun morfogeneettinen proteiini
BW	body weight, kehon paino
CI	confidence interval, luottamusväli
CV	coefficient of variation, variaatiokerroin
CV _{rms}	coefficient of variation root mean square, variaatiokertoimien neliöllinen keskiarvo
dGEMRIC	delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage, ruston viivästetty kontrastiainetehostettu magneettikuvaus
EKAM	the external knee adduction moment, polven ulkoinen adduktiomomentti
ER α	estrogenireseptori alfa
ER β	estrogenireseptori beeta
ETL	echo time length, magneettikuvien kaikujonon pituus
FOV	field of view, magneettikuvan kuvausala
GAG	glykosaminoglykaani
Gd-DPTA ²⁻	gadolinium-pohjainen dietyleenitriamiinipentaetikkahappo
IGF ₁	insulin-like growth factor 1, insuliininkaltainen kasvutekijä
In vivo	elävässä organismissa tehty tutkimus
IL ₁ β	Interleukiini 1 beeta
KL	Kellgren-Lawrence
KOOS	Knee and Osteoarthritis Outcome Score,
LCL	lateral collateral ligament, polven ulompi sivuside
LuRu	Jyväskylän yliopiston terveystieteiden laitoksen Liikunnan vaikutukset polven nivelrustoon, luustoon, toimintakykyyn ja elämänlaatuun lievää polven nivelrikkoa sairastavilla naisilla -tutkimus
MCL	medial collateral ligament, polven sisempi sivuside
MET	Metabolic equivalent, metabolinen ekvivalentti
MET-h	MET hours, metabolinen ekvivalentti tunteina
MRI	magnetic resonance imaging, magneettikuvaus

NO	nitric oxide, typpioksidi
PCL	posterior cruciate ligament, polven takaristiside
RCT	randomized controlled trial, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus
RF	radio frequency, radiotaajuus
ROI	Region of Interest, mittauskohtaisesti määritelty mittausalue / mielenkiinnon alue
SD	standard deviation, keskihajonta
TGF	transforming growth factor, transformoiva kasvutekijä
TE	time of echo, kaiku aika
TI	time of inversion, palautumisaika
TNF α	tumor necrosis factor alpha, tuumorinekroositekijä alfa
TR	repetition time, magneettikuvausjakson toistojen välinen aika
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 POLVINIVELEN ANATOMIA JA RAKENNE.....	3
2.1 Polvinivelen rakenne	3
2.2 Polvinivelruston rakenne.....	4
2.3 Polvinivelen ja ruston kuormittuminen	6
3 POLVINIVELRIKKO	9
3.1 Polvinivelriikon diagnosointi	9
3.2 Rustokudoksen vauriot nivelrikossa.....	10
3.3 Estrogeenitasojen vaikutukset nivelrikkoon.....	12
3.4 Polvinivelriikon hoito ja kuntoutus	12
4 KUVANTAMISMENETELMÄT	15
4.1 MRI	15
4.2 dGEMRIC (T ₁) & T ₂	15
5 FYYSinEN AKTIIVISUUS.....	18
5.1 Fyysisen aktiivisuuden suositukset	19
5.2 Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset polvinivelrustoon.....	19
5.3 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus.....	21
5.4 Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset polvinivelruston biokemialliseen koostumukseen.....	22
6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	24
7 TUTKIMUSMENETELMÄT.....	25
7.1 Tutkittavat	25
7.2 Harjoitusinterventio.....	26
7.3 Mittausmenetelmät	29
7.3.1 Polvinivelruston kuvantaminen.....	29
7.3.2 Polvinivelruston analysointi	30
7.3.3 KOOS –oirekysely	32
7.3.4 Dynaaminen tasapaino	33
7.3.5 Maksimaalinen polven ojennus- ja koukistusvoima.....	34
7.3.6 Estimoitu maksimaalinen hapenottokyky	35
7.3.7 Fyysinen aktiivisuus ja metabolinen ekvivalentti.....	36

7.3.8 Tilastolliset menetelmät	36
8 TULOKSET	37
8.1 Tutkittavien antropometriset ominaisuudet alkumittauksessa.....	37
8.2 Intervention sekä seurannan jälkeiset dGEMRIC- ja T ₂ -arvot	38
8.3 Kliiniset oireet.....	40
8.4 Fyysinen toimintakyky ja aktiivisuus.....	42
9 POHDINTA	44
10 JOHTOPÄÄTÖKSET	49
LÄHTEET.....	50

1 JOHDANTO

Nivelrikko on ikääntyneeseen väestöön kohdistuva krooninen, usein käsissä lonkassa tai polvessa esiintyvä ja kipuja sekä toiminnallisia rajoituksia aiheuttava nivelsairaus (Bennell ym. 2015). Maailmanlaajuisesti nivelrikosta sairastavien osuus yli 60- vuotiaiden keskuudessa on naisissa 18 % ja miehissä 9 % (WHO 2014). Polvinivelrikkoa sairastaa Suomessa yli 30-vuotiaista naisista 8 % ja miehistä 6,1 % sekä 75-vuotiaista naisista 38 % ja miehistä 16 % (Polvi- ja lonkkanivelrikko 2014). Ottaen huomioon nivelrikon yleisyyden väestössä ja sen vaikutukset elämänlaatuun ja fyysiseen aktiivisuuteen, tulisi ennaltaehkäisyllä olla merkittävä rooli kansanterveyttä edistettäessä (Blagojevic ym. 2010). Polviniveleen kohdistuu päivittäin sisäisten tai ulkoisten voimien aiheuttamia staattisia ja dynaamisia kuormituksia (Kutzner ym. 2010), joiden aikana rustokudos pyrkii sisäisillä painenvaihteluilla vähentämään niveleen kohdistuvaa kuormaa (Jurvelin ym. 2008). Glykosaminoglykaaniketjuista koostuvat proteoglykaanit vastaavat ruston kimmoisuudesta ja kollageenit vastustavat rustoon kohdistuvia kiertyviä, venyttäviä ja vääntäviä voimia (Matzat ym. 2013).

Nivelrikko on yhtäaikaista seurausta ruston biosynteesien epätasapainosta ja rustokudoksen rakenneosien heikkenemisestä (Buckwalter ym. 1995). Kvantitatiivisia magneettikuvantamismenetelmiä on alettu hiljattain käyttämään rustokudoksen koostumuksen mittaamiseen (Williams ym. 2004). dGEMRIC- kuvantamisella voidaan epäsuorasti arvioida ruston proteoglykaanipitoisuutta (Matzat ym. 2013) ja T₂- kuvantamisella voidaan arvioida ruston kollageeniverkoston tiheyttä, vesipitoisuutta ja ruston vauriota (Baum ym. 2013; Matzat ym. 2013; Mosher ym. 2004).

Fyysinen inaktiivisuus eli liikkumattomuus on yksi suurimmista yhteiskuntaa kuormittavista terveysongelmista maailmassa (Wijsman ym. 2013). Fyysinen aktiivisuus koostuu liikkeistä, jotka edellyttävät energiankulutusta ja lihasten supistumista (Morrow ym. 2005). Lihakset ovat tärkeässä roolissa ylläpitämään nivelten liikkeitä, stabiliteettia ja toiminnallisuutta vähentäen samalla niveleen kohdistuvia tärähdyksiä (Roos ym. 2011). Fyysisellä aktiivisuudella on todettu olevan positiivisia vaikutuksia kipuun ja fyysiseen toimintakykyyn polvinivelrikkoa sairastavilla (Fransen ym. 2008), mutta sen merkitys ruston muutoksiin on edelleen epäselvä (Teichtal ym. 2012).

Tämän satunnaistetun kontrolloidun liikuntaintervention ja sitä seuranneen 12 kuukauden seurantatutkimuksen tarkoituksena oli selvittää polvinivelruston biokemiallisten koostumuksen mahdollisia muutoksia lievää polvinivelrikkoa sairastavilla 50-65 –vuotiailla naisilla, ja lisäksi tutkia fyysisen suorituskyvyn, aktiivisuuden ja itsearvioitujen oireiden muutoksia 12 kuukautta kestäneen intervention jälkeen tai 12 kuukauden seurannassa.

2 POLVINIVELEN ANATOMIA JA RAKENNE

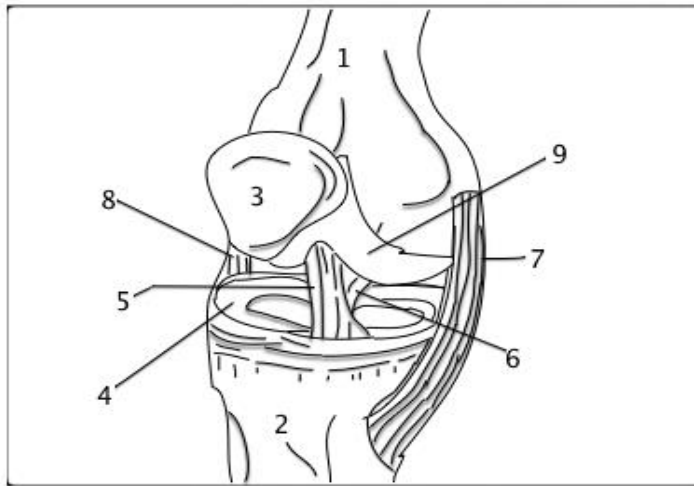
Polvinivel on ihmiskehon suurin ja yksi sen monitahoisimmista nivelistä koostuen kolmesta eri luusta: reisiluusta eli femurista, sääriluusta eli tibiasta ja polvilumpiosta eli patellasta (Teichtahl ym. 2009). Polvinivel on tyypiltään synoviaalinivel eli kahden tai useamman luun välinen liitos jolle on ominaista, että luiden päässä on rustokudos ja niveltä ympäröi nivelkapseli. Polvinivel koostuu kolmesta eri osasta: mediaalisesta ja lateraalista tibiofemoraalinivelestä sekä patellofemoraalinivelestä (Hanna ym. 2007).

2.1 Polvinivelen rakenne

Moore & Dalley (1999) mukaan polven luita yhdistää toisiinsa nivelsiteet eli ligamentit, jotka antavat samalla tukea polvelle estäen liiallisia liikkeitä. Polvinivelen ulkopuolella sijaitsee kaksi sivusidettä joista mediaalinen kollateraali ligamentti (MCL) yhdistää reisi- ja sääriluun, kun taas lateraalinen kollateraali ligamentti (LCL) yhdistää reisi- ja pohjeluun toisiinsa. Sivusiteiden tehtävänä on estää polvinivelen liiallinen sivuttainen liike. Eturistiside (ACL) kulkee viistosti sääriluun etuosasta reisiluun takaosaan ja estää sääriluun liukumista anteriorisesti sekä yliojentumista. Takaristiside (PCL) lähtee sääriluun takaosasta ja kulkee eturistisiteeseen nähden ristiin kiinnittyen reisiluun sisänivelnastan sisäpinnalle. Takaristiside estää sääriluun liukumista posteriorisesti suhteessa reisiluuhun (Moore & Dalley 1999). Nivelkierukat eli meniskit ovat C-kirjaimen muotoisia rustokudoksesta koostuvia rakenteita, jotka kiinnittyvät sääriluuhun sekä nivelkapseliin (Englund ym. 2003). Nivelkierukan tehtävänä on stabiloida niveltä, tasata kuormitusta, toimia iskunvaimentimena ja nivelruston voitelijana. Kierukan vaurio syntyy tyypillisesti polven kiertoliikkeessä polvinivelen ollessa kuormitettuna (Englund ym. 2003).

Polvilumpio on kolmionmuotoinen polviniveltä suojaava luu, joka yhdistää nelipäisen reisilihaksen (m. quadriceps femoris) jänteen sen kiinnittyessä sääriluun etu-yläosaan. Polvilumpio liukuu polvea koukistaessa ja ojentaessa reisiluussa olevaa uraa pitkin. Se kestää polvistumisen aikana reisilihaksen jänteeeseen kohdistamaa kompressiovoimaa ja juostessa koukistus- ojennus- liikkeen aiheuttamaa kitkaa. Polvinivelrusto on paksuimmillaan polvilumpion alla (Moore & Dalley 1999).

Nivelkapseli on tärkeässä roolissa ajatellen synoviaalinivelen toimintaa. Sen polviniveltä ympäröivä tiivis rakenne pitää sisällään nivelen voitelulle tärkeän nivelneste eli synoviaalines-teen. Tämän lisäksi kapseli mahdollistaa ylläpitämään staattista stabiiliteettia rajoittamalla nivelen liikettä ja aktiivista stabiiliteettia kapselin sisällä olevien proprioseptisten hermopäät-ten avulla (Ralphs & Benjamin 1994). Polvinivelen rakenteelliset osat on kuvattu tarkem-
min (kuva 1).



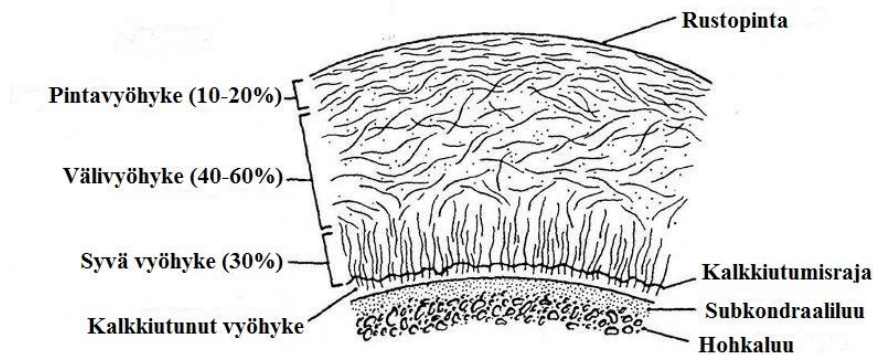
KUVA 1. Polvinivelen rakenne (mukaiillen Moore & Dalley 1999). 1. femur, 2. tibia, 3. patella, 4. lateraalinen meniski, 5. ACL, 6. PCL, 7. MCL, 8. LCL, 9. nivelrusto

2.2 Polvinivelruston rakenne

Terveen rustokudoksen tehtävänä on mahdollistaa nivelpintojen väliset kitkattomat liikkeet, kannatella kuormaa ja toimia kuormituksen aikana iskunvaimentimena. Rusto on koostumuk-
seltaan sileää, kiiltävää ja vaaleaa kudosta. Muista kudoksista poiketen sillä ei ole verenkiertoa tai hermotusta (Fox ym. 2009). Polvinivelruston paksuus vaihtelee sen sijainnin (femur, tibia tai patella) ja alueen (sentraalinen, mediaalinen-lateraalinen tai anteriorinen-posteriorinen) mukaan 0.5:stä millimetrinä yli 5:een millimetriin. Rusto on paksuimmillaan kontaktialueilla ja ohuimmillaan ruston reuna-alueilla ja sen rakenne koostuu kiinteästä solun väliaineesta eli matriisista ja kudoksensisäisestä vedestä. Aineenvaihdunnasta vastaavien rustosolujen eli kondrosyyttien tuottaman väliaineen tärkeimmät rakennekomponentit koostuvat vedestä (65-85% märkäpainosta), pääosin tyypin II orgaanisesta kollageenimatriisista (15-20%), proteoglykaaneista (3-10%) ja kondrosyyteistä (~1%) (Li ym. 2005; Matzat ym. 2013).

Rustokudoksen kollageeneista tyyppiä II on n. 80-90% ja yhteensä n. 10% ovat tyyppiä III, IV, IX ja XI (Jurvelin ym. 2008).

Kondrosyytit ovat soluja jotka aineenvaihdunnan lisäksi vastaavat ruston väliaineen ylläpidosta ja uusiutumisesta, vaikka sen korjaantumiskyky on yleisesti heikko. Kondrosyyttien syvän sijainnin vuoksi rustossa solut kohdistuvat suurille dynaamisille kuormituksille ja paineen vaihteluille (Bush & Hall 2001; Lewis ym. 2011). Nivelruston kiinteä väliaine eli matrics koostuu rustoa tukevista kollageenisäikeistä. Ne ovat järjestäytyneet eri suuntaan riippuen siitä kuinka syvällä rustoa kollageeni on. Pinnalla kollageenit ovat asettuneet enemmän horisontaalisesti ja syvemmällä vertikaalisesti (Ericsson ym. 2008). Ruston pintavyöhykkeellä tiivis kollageeniverkosto toimii vertikaalisesti yhdessä synoviaalimesteen kanssa vähentäen rustoon kohdistuvaa kuormitusta ja hankausta (kuva 2.). Pintavyöhykkeen alapuolella, väli-
vyöhykkeellä, kollageenien järjestäytyminen alkaa muuttua ja syvällä vyöhykkeellä kollageenit ovat järjestäytyneet horisontaalisesti. Lopuksi kalkkeutumisrajan alapuolella kollageenisäikeet kiinnittyvät subkondraaliluuhun (Matzat ym. 2013). Rustoa heikentävät kollageenin muutokset alkavat esimerkiksi ikääntymisen yhteydessä ruston pinnalta ja etenevät ruston syvempiin osiin (Mosher ym. 2004).



KUVA 2. Kollageenien järjestäytyminen rustossa (mukaiillen Mow & Ratcliffe 1997).

Proteoglykaanit ovat proteiineja, jotka ovat useiden karboksyyli- ja sulfaattiryhmien vuoksi negatiivisesti varautuneita. Ne koostuvat yhdestä tai useammasta glykosaminoglykaaniketjusta (GAG) ja ovat vastuussa ruston kimmoisuudesta, joustavuudesta ja voiteluominaisuuksista. Proteoglykaanit sitovat positiivisten ionien, kationien (esim. natrium), avulla itseensä vettä ja siten kykenevät turvotessaan osmoottisella paineella luomaan rustosta joustavan ja kimmoisan kudoksen (Matzat ym. 2013). Proteoglykaanien määrä kasvaa ruston pinnalta syvemmälle mentäessä kohti subkondraaliluuta (Jurvelin ym 2008).

2.3 Polviniveleen ja ruston kuormittuminen

Polviniveleen kohdistuu päivittäin staattisen kuormituksen lisäksi suurista dynaamisten liikkeiden aiheuttamista kuormituksista johtuvia voimia erilaisten toimintojen yhteydessä. Polveen suuntautuu nivelten, lihasten ja kehon massan tuottamien sisäisten voimien lisäksi useita ulkoisia voimia kuten kontaktivoima, alustan reaktivoima, tukivoima ja säären ja jalkaterän tuottamat voimat (massa ja kiihtyvyyt). Polviniveleen kohdistuvat nivel- ja lihasperäiset sisäiset voimat koostuvat tibio-femoraaliniveleen kontaktivoimista sekä lihasten ja pehmytkudosrakenteiden tuottamista voimista (Kauranen & Nurkka 2010; Kutzner ym. 2010). Rustokudos pystyy mekaanisilla ominaisuuksillaan kantamaan ja kestämään polviniveleen kohdistuvia suuria iskukuormia ominaisuuksien ollessa riippuvaisia kollageenin järjestäytymisestä. Tärkein rustokudoksen tuottama mekanismi on hydrostaattinen paine, jossa toisin kuin osmoottisessa paineessa proteoglykaanien sitoessa itseensä vettä, aiheuttaa hydrostaattinen paine päinvastaisen reaktion kudoksensisäisessä nesteessä, jolloin nestettä saattaa jopa puristua ulos kudoksesta kuormituksen aikana. Terveet kondrosyyttisolut pystyvät säätelemään tilavuuttaan kuormituksen aiheuttamissa painesykleissä, mutta samalla solut turpoavat ja altistuvat vaurioille (Guilak ym. 2002; Jurvelin ym. 2008; Lewis ym. 2011).

Hydrostaattinen paine syntyy nesteen omasta paineesta, jonka suuruus on riippuvainen nesteen tiheydestä ja siitä kuinka syvällä nesteessä kappale on. Noste syntyy hydrostaattisen paineen paine-erosta kappaleen ala- ja yläpinnan välillä. Alapintaan kohdistuu suurempi paine, koska kappaleen alapinta on syvemmällä kuin yläpinta ja näin paine-erosta syntyvä noste työntää kappaletta ylöspäin (Kauranen & Nurkka 2010). Tämä mekanismi imee niveleen kohdistuvaa energiaa ja vähentää rustopintojen välistä kitkaa (Jurvelin ym. 2008). Polvinivelrustossa kudokseneste ja kollageenit vastaavat pääosin nivelpintojen kannattelusta ja puristusjäykkyydestä polviniveleen äkillisissä kuormituksissa. Kuormituksen pitkittyessä ja kudoksenesteen levitessä painereaktion jälkeen rustoon tasaisemmin, ottavat proteoglykaanit suuremman roolin ruston puristusjäykkyyttä ylläpitävänä koostumuksena (Halonen ym. 2014; Williams ym. 2004). Souza ym. (2010) mittasivat akuutin kuormituksen aiheuttamia muutoksia 30 henkilön polvinivelruston T₂-relaksaatioaikoihin. Tulosten perusteella oli havaittavissa lievää, noin kolmen prosentin muutosta relaksaatioajoissa polvinivelruston mediaalisessa osassa viitaten vähäisempään rustonsisäiseen kudoksenesteeseen ja tiheämpään kollageenin orientaatioon kuormituksen jälkeen. Eckstein ym. (1999) tutkivat patellaruston palautumiskykyä fyysisten

suoritteiden jälkeen, jossa testattavilta mitattiin 100:n polvea koukistavan suoritteen jälkeen ruston koostumusta. Selvisi, että ruston tilavuus pieneni 2.4 - 8.5 prosenttia ja rusto vaati 90 minuuttia palautuakseen kuormituksesta takaisin entiseen koostumukseensa. Kessler ym. (2008) tutkivat 20:ltä miespuoliselta pitkänmatkanjuoksijalta ruston tilavuuden muutoksia ennen juoksua, kolme minuuttia juoksun jälkeen ja 60 minuuttia juoksusta. Tulosten perusteella voitiin tehdä johtopäätöksiä ruston palautumiskyvystä entiseen koostumukseensa 60 minuuttia suorituksesta.

Päivittäisten toimintojen vaikutusta polvinivelen kuormitukseen on tutkittu, mutta tuloksista saadut kuormitusmäärät ovat olleet vaihtelevia johtuen mitattavien laitteiden eroavaisuuksista. Mitattuja päivittäisiä toimintoja ovat olleet mm. istumasta seisomaan nousu, seisaalta istumaan laskeutuminen ja kävely tasaisella sekä portaissa (Reilly & Martens 1972; Dahlqvist ym. 1982; Escamilla ym. 1998; Shelburne & Pandy 2002; Nagura ym. 2006; Smith ym. 2008). Suurempia dynaamista kuormitusta aiheuttavien liikkeiden vaikutusta ja polviniveleen kohdistuvia voimia on sen sijaan tutkittu vähemmän (Cleather ym. 2013). Kutzner ym. (2010) mittasivat in vivo tutkimuksessa viiden henkilön sääriluuhun kohdistuvia kuormitusvoimia päivittäisten toimien aikana. Tuloksissa suurin kuormitus tuli portaita laskeutuessa (346% BW eli kehon painosta). Muita mitattavia tilanteita oli tasaisella kävely (261%), yhden jalan seisonta (259%), polven koukistaminen (253%), seisomaan nousu (246%), istuutuminen (225%) ja kahden jalan seisonta (107%). Suurimmat kuormitukset kohdistuivat säären adduktio ja abduktio vääntövoimina.

Halonen ym. (2014) tutkivat 3D magneettikuvantamisen avulla rustokudoksen muutoksia 30 minuuttia kestävästä staattisesta kuormituksesta aikana. Rustokudoksen kuormitukselle ja sille ominaiselle puristusjäykkyydelle 80% muodostui heti alussa, jonka jälkeen jäykkyys alkoi hiljalleen heiketä ja rusto alkoi ajan kuluessa antaa enemmän periksi. Eckstein ym. (2005) tutkivat patellan ja tibian ruston muutoksia MRI:n 3D kuvantamisella erilaisten fyysisen aktiivisuuden aiheuttamien kuormitusten jälkeen. Patellaruston tilavuus laski 5.9% polven koukistuksessa, 4.7% kyykistymisessä, 2.8% normaalissa kävelyssä, 5.0% juoksussa ja 4.5% pyöräilyssä. Tibian ruston tilavuus laski eniten (7%) tärähdyksiä vaativan harjoittelun aikana, mutta muuten muutokset olivat pieniä. Tulosten perusteella oli oletettavaa, että muutokset olivat yhteydessä kuormituksen määrään, eikä merkkejä ruston positiivisesta vasteesta liikuntaan löytynyt.

Polvinivelen mediaaliseen osaan kohdistuneesta kontaktivoimasta käytetään termiä polven ulkoinen adduktiomomentti (EKAM), joka koostuu alustan reaktivoimasta ja polvinivelen nivelen kiertoakselin suhteen kohdistuvasta momentista frontaalitasolla (Teoh ym. 2013). Varus- eli ns. länkisäärisyydestä johtuvan virheasennon on katsottu olevan yksi suurimmista syistä korkeaan EKAM:iin (Reeves & Bowling 2011). Polven virheasennoiden seurauksista johtuvien ja polvinivelen mediaaliseen osaan kohdistuvien voimakkaiden dynaamisten kuormitusten on todettu olevan yhteydessä polvikipuun, polvinivelrikon vakavuuden asteeseen ja sen etenemiseen (Thorp ym. 2010).

3 POLVINIVELRIKKO

Nivelrikko eli osteoartroosi on yleisin niveltasolla ja erityisesti ikääntyvillä esiintyvä, hitaasti kehittyvä ja nivelten rustokudosta rappeuttava sekä luun uudiskasvua aiheuttava sairaus, jota yleisimmin esiintyy käden, lonkan tai polven nivelissä (Hunter & Nelson 2006; Owman ym. 2008). WHO:n (2014) mukaan maailmanlaajuisesti yli 60- vuotiaiden nivelrikkoa sairastavien osuus on naisissa 18 % ja miehissä 9 %. Metzin ym. (2013) mukaan on oletettavaa amerikkalaisen väestön ikääntyessä ja ylipainon lisääntyessä, että vuoteen 2030 mennessä neljäsosa koko Yhdysvaltain väestöstä tulee sairastamaan nivelrikkoa. Jurvelinin ym. (2008) mukaan suomalaisista noin 400 000:lla on oireita aiheuttava polven tai lonkan nivelrikko. Sairauden on todettu olevan keski-ikä jälkeen yleisempää naisilla kuin miehillä (Hanna ym. 2007). Polvinivelrikkoa sairastaa Suomessa yli 30-vuotiaista naisista 8%, miehistä 6,1% sekä 75-vuotiaista naisista 38% ja miehistä 16% (Jurvelin ym. 2008; Polvi- ja lonkkanivelrikko 2014). Polvinivelrikon riskitekijöiksi on luokiteltu ikä, ylipaino, polvivamma, paikallinen rustovaurio, nivelkierukan poisto, fyysinen aktiivisuus / inaktiivisuus, polven virheasento, korkea luuntiheys, alhainen ravitsemustaso, naissukupuoli, alhainen estrogeenitaso, etnisyys ja perimä (Englund ym. 2003; Neame 2004; Hanna ym. 2007; Jurvelin ym. 2008; Roemer ym. 2009; Chaganti & Lane 2011; Muthuri 2011; Jiang ym. 2012; Prieto-Alhambra ym. 2013; Sigurdsson ym. 2014; Rahmati ym. 2016).

3.1 Polvinivelrikon diagnosointi

Nivelrikon todentamiseen on yleisesti käytetty röntgenkuvausta minkä avulla voidaan selvittää mahdollisista nivelvälin kaventumisista ja osteofyyttien eli luupiikkien esiintyvyyksistä. Röntgentodentamisen käyttöä nivelrikossa on usein selitetty sen ajankäytön ja huokeuden vuoksi. Diagnosoinnin tukena on käytetty Kellgrenin ja Lawrence:n (KL) viisiportaista arviointimenetelmää (taulukko 1.), jossa luokka nolla viittaa terveeseen niveleen ja luokka neljä vakavaan nivelrikkoon (Kellgren & Lawrence 1957; Souza ym. 2010). Radiologisten löydösten lisäksi nivelrikon diagnosointi perustuu kliinisen tutkimuksen perusteella tehtäviin nivel-löydöksiin, oireiden tunnistamiseen, niveltähystykseen ja mahdollisiin laboratoriotutkimusten avulla suoritettuihin erotusdiagnostisiin menetelmiin (Roos ym. 2011). Tyypillisiä kliiniseen diagnoosiin perustuvia löydöksiä ovat kipua, rajoittunut liikkuvuus, turvotus ja nivelen narina. Aktiivisuuden ja polvinivelen kuormituksen on todettu olevan usein kipua lisäävä ja lepo kipua vähentävä tunnistava tekijä (Hunter & Nelson 2006). Uudempia nivelrikon diagnostisia

menetelmiä ovat niveltähystyksen aikana suoritettu mekaanisen toimintakyvyn diagnosointi, tarkat kaikukuvausmenetelmät ja kvantitatiivinen magneettikuvaus (Jurvelin ym. 2008).

TAULUKKO 1. Kellgrenin ja Lawrencen radiologisen arviointimenetelmän luokitus ja tulkinta (mukaiillen Kellgren & Lawrence 1957).

Luokka	Tulkinta
0	Ei polven nivelrikkoa
1	Reunaosteofyyttien mahdollinen ilmeneminen ja nivelraon mahdollinen kaventuminen
2	Selkeiden ostoefyyttien ilmeneminen ja nivelraon mahdollinen kaventuminen
3	Useita ostoefyytteja, selkeä nivelraon kaventuminen, skleroosia ja luiden deformatettia
4	Kookkaita ostoefyytteja, merkittävä nivelraon kaventuminen, vaikea skleroosi ja luiden deformatettia

Polvinivelrikon tyypillisiä oireita ovat polveen kohdistuva kipu, polvinivelen virheasennot ja ympäröivien lihasten heikkous jotka ajan myötä alkavat rajoittamaan kykyä osallistua päivittäisiin toimintoihin. Ottaen huomioon nivelrikon yleisyyden väestössä ja sen vaikutukset elämänlaatuun ja fyysiseen aktiivisuuteen, tulisi ennaltaehkäisyllä olla merkittävä rooli kansanterveyttä edistettäessä (Blagojevic ym. 2010; Roos ym. 2011; Sigurdsson ym. 2014). Lawrencen ym. (2008) mukaan polvinivelrikon esiintyvyyden arvioinnin ja ennaltaehkäisyn on kuitenkin todettu olevan vaikeaa, koska sairauteen kuuluvat rakenteelliset muutokset voivat ikääntymisen myötä kehittyä oireettomina.

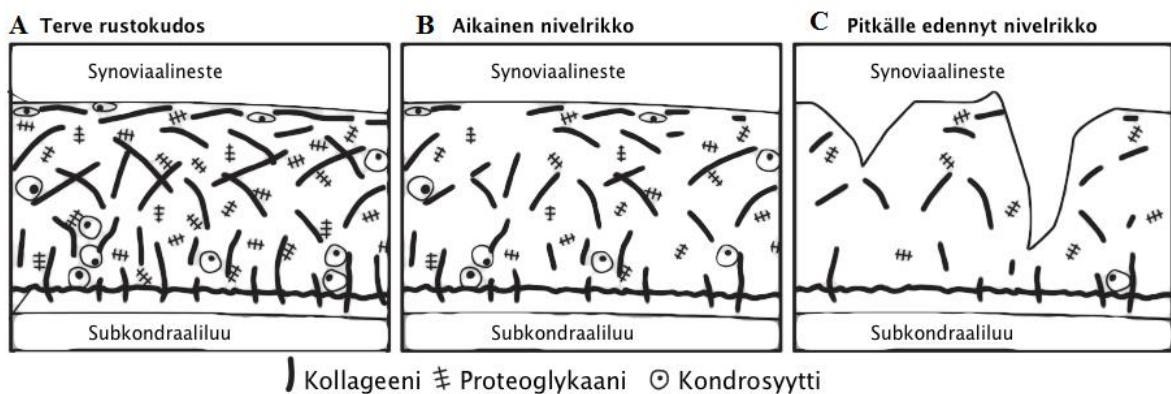
3.2 Rustokudoksen vauriot nivelrikossa

Paikallisen rustovaurion syntyyn voi vaikuttaa esimerkiksi niveleen kohdistuneen vääntö-
vamman seurauksena aiheutunut nivelkierukan, nivelsiteiden tai hohkaluun vaurio, polveen kohdistunut suora isku tai ylipainosta, lihasten heikkoudesta ja nivelen instabiliteetista aiheutuva toistuva mekaaninen kuormitus jonka on todettu aiheuttavan rustoa heikentäviä muutoksia. Edellä mainitut tekijät voivat aiheuttaa niveleen kohdistuvia tulehdustiloja, joiden aikana nivelen luonnollisesta paranemisreaktiosta vastaavan toiminta häiriintyy, kondrosyytit alkavat tuottaa hajottavia entsyymejä, jonka seurauksena kollageenimatriisi alkaa tuhoutua ja kudosa
vaurioita alkaa muodostua (Gabay ym. 2008; Jurvelin ym. 2008; Englund 2010; Souza ym. 2010). Vaikka tulehduksen roolia ei ole aiemmin pidetty nivelrikon merkittävimpanä tekijänä (Bartlett ym. 2010), on muutaman viimeisen vuoden aikana pyritty selvittämään tuleh-

dusoireiden ja sairauden aktivaatiotason yhteyttä sairauden etenemiselle. Useassa tutkimuksessa on hiljattain saatu näyttöä nivelkalvon tulehdusmerkkiaineiden yhteydestä nivelen rakenteellisille muutoksille (Rahmati ym. 2016).

Nivelriikon on katsottu olevan yhtäaikaista biokemiallisten prosessien jatkumoa, jossa on sekä rakentavia että hajottavia tapahtumia. Se on myös yhtäaikaista ja toistaiseksi tuntemattomasta syystä tapahtuvaa seurausta ruston biosynteesien epätasapainosta sekä rustokudoksen rakenteosien heikkenemisestä. Tässä tapahtumassa ruston solutasolla anabolisesta eli rakentavasta (IGF₁, TGF ja BMP) ja katabolisesta eli hajottavasta (IL-1 β , TNF α , ja NO) toiminnasta vastaavien välittäjäaineiden tuottaminen häiriintyy. Katabolinen toiminta alkaa hiljalleen päihittämään anabolisen toiminnan sillä seurauksella, että ruston proteolyytisen pilkkoutumisen kiihtyessä proteoglykaanien määrä alkaa vähentyä, kollageenisäikeet hajoilevat ja veden määrä alkaa lisääntyä (Buckwalter ym. 1995; Lawrence ym. 2008; Owman ym. 2008; Goldbring & Otero 2011; Rahmati ym. 2016).

Sairauden edetessä ja GAG- molekyylien vähenemisen seurauksena rusto menettää mekaanista kompressiota vastustavaa jäykkyyttä. Samalla kondrosyyttien uusiutumiskyky heikkenee ja proteoglykaanien sekä kollageenin ainemäärä vähenee ja kollageenisäikeistä koostuvan verkoston hajoamisen yhteydessä ruston kuormituskestävyys heikkenee entisestään. Näiden tapahtumien seurauksena rusto kalkkeutuu, rispautuu, halkeilee ja lopulta tuhoutuu (kuva 3.) (Buckwalter ym. 1995; Jurvelin ym. 2008; Matzat ym. 2013). Nivelrikko aiheuttaa rustokudoksen lisäksi myös muutoksia luun rakenteissa, kuten osteofyyttien muodostumista, paikallisia kuolioita ja nivelraon kaventumista (Eckstein ym. 2006).



KUVA 3. Rustokudoksen koostumus kolmessa eri vaiheessa (mukaillen Matzat ym. 2013).

3.3 Estrogeenitasojen vaikutukset nivelrikkoon

Nivelrikon esiintyvyys on tutkitusti yleisempää naisilla kuin miehillä ja tämän yhdeksi syyksi on arveltu olevan yhteydessä naisten vaihdevuosiin ja niiden päättymiselle (Martín-Millán & Castañeda 2013). Vaihdevuosien aikana munasarjojen toiminta heikkenee ja lopulta päättyy minkä yhteydessä munasarjojen estrogeenituotanto hiipuu. Menopausilla tarkoitetaan aikaa, jolloin viimeiset kuukautiset ilmenevät. Suomalaisella naisella menopausi ilmenee keskimäärin 51 vuoden iässä, mutta se vaihtelee yksilöllisesti 45-55 –vuoden välillä (Tiitinen 2008). Estrogeenit säätelevät useita fysiologisia prosesseja, kuten solujen kasvutekijöihin liittyviä muutoksia ja kehitystä. Lisäksi estrogeenit osallistuvat aivoissa, immuunijärjestelmässä, hengitys- ja verenkiertoelimistössä sekä tuki- ja liikuntaelimistössä kudostasolla tapahtuvien geenien säätelyyn (Pettersson & Gustafsson 2001).

Terveen ja nivelrikkoisen rustokudoksen kondrosyyttisoluisissa on havaittu esiintyvän kahta estrogeenireseptoria, alfaa (ER α) ja betaa (ER β), mikä antaisi viitteitä rustokudoksen mahdollisesta vasteesta estrogeenille sekä sen yhteydestä kondrosyyttien aineenvaihduntaan (Richette ym. 2003). Useat tutkimukset ovat myös osoittaneet estrogeenikorvaushoitojen yhteydestä ja alentuneesta riskistä sairastua lonkan tai polven nivelrikkoon (Sowers ym. 1996; Nevitt & Felson 1996; Wluka & Cicuttini 2000). Martín-Millán & Castañeda (2013) kuitenkin toteavat kirjallisuuskatsauksessaan, että vaikka eläinkokeiden perusteella on saatu näyttöä alhaisen estrogeenitason vaikutuksesta nivelrikon syntyyn, ovat ihmisiin kohdistuneiden tutkimusten tulokset edelleen ristiriitaisia.

3.4 Polvinivelrikon hoito ja kuntoutus

Blagojevic ym. (2010) mukaan on helposti tunnistettavissa olevia polvikipuun liittyviä tekijöitä, joihin ennakointi toimintakykyä rajoittavan polvikivun ehkäisyssä olisi tärkeää. Näihin liittyviä kohderyhmiä ovat erityisesti ylipainoiset, polven aiemmista vaurioista tai käden nivelrikosta kärsivät. Samanaikaissairauksien, kuten masennuksen ja kohonneen verenpaineen hoitaminen voivat myös vähentää riskiä mahdolliselle polvikivulle. Muita hyödyllisiä keinoja polvinivelrikkoisille potilaille ovat sairaudesta valistaminen, painonhallinta, fysioterapia, lääkitys sekä yksilölliset polvituet ja ortoosit (Blagojevic ym. 2010). Näiden keinojen osoitettua riittämättömiksi viimeisenä vaihtoehtona tulisi olla kirurginen hoito, joko artroskopia eli tä-

hystysleikkaus, osteotomia eli luuleikkaus tai polven tekonivelleikkaus (Hunter & Nelson 2006; Bartlett ym. 2010).

Harjoittelun on katsottu olevan hyödyllistä polvinivelrikkoisille potilaille nivelrikon asteesta riippumatta (Bennell & Hinman 2011). On todettu, että se parantaa asento- ja liikeaistista tarkkuutta, vahvistaa sairauden vuoksi heikentyneitä reisilihaksia, parantaa lihassukkuloiden aistinreseptoreiden toimintaa joiden aktiivisuus on artroosin vuoksi häiriintynyt sekä lisää kivunsietokykyä ja rustonsisäistä aineenvaihduntaa (Beckwée ym. 2013). Nivelrikosta kärsiville aerobisen kunnon harjoittaminen, vesi- ja voimaharjoittelun tai Tai Chi:n on katsottu olevan hyödyllisiä keinoja parantamaan toiminnallisuutta ja vähentämään kipua. Optimaaliset harjoitusmäärät ovat kuitenkin vielä epäselviä (Bennell & Hinman 2011).

Segal ym. (2009) saivat 2 000 henkilön kohorttitutkimuksen myötä tuloksia siitä, että suuremmalla polven ojennusvoimalla olisi sukupuolesta riippumatta yhteyttä estämään polvinivelrikon syntymistä. Roos ym. (2011) mukaan tulokset reisilihasvoimien yhteydestä nivelrikon etenemiseen olisivat kuitenkin ristiriitaisempia. Polvinivelrikkosten harjoitusohjelmat ovat yleisesti ottaen keskittyneet polvea stabiloivien polven ojentaja- ja koukistajalihasten vahvistamiseen, mutta ne eivät ole välttämättä riittäviä keinoja ajatellen polviniveleen mediaali- ja lateraalitasolla kohdistuvia biomekaanisia kuormituksia (Thorp ym. 2010).

Bennell ym. (2010) tutkivat lonkan lähentäjä- ja loitontajalihasten yhteyttä polvinivelen EKAM:iin. 89 henkilöä kattavassa RCT- tutkimuksessa tulokset viittasivat siihen, että vaikka lonkan lihaksilla oli yhteyttä kivun vähenemiseen ja toiminnallisuuden paranemiseen, ne eivät kuitenkaan pienentäneet polven EKAM:ia. Thorp ym. (2010) tutkimuksessa tutkittiin kuuden polvinivelrikkösen henkilön EKAM:n muutosta neljä viikkoa kestävän lonkan abduktorilihas- ja perinteisten polven koukistaja- ja ojentajalihasten harjoittelujakson jälkeen. Tulokset viittasivat siihen, että polven EKAM pieneni 9% ja polvikivut vähenivät polvikipua mittaavan WOMAC- testituloksen mukaan 78% .

Roos ym. (2011) toteavat kirjallisuuskatsauksessaan lihasheikkouden olevan ennakoiva tekijä polvinivelrikon alkamiselle, mutta sen rooli artroosin etenemisessä on kuitenkin epäselvä. Lihasten, nivelsiteiden, nivelkapselin ja ihon aistinelinten toimintahäiriöt ovat taas suurem-
massa roolissa nivelrikon etenemisvaiheessa, mutta eivät välttämättä vaikuta nivelrikon syn-
tyyn. Riskiryhmät, kuten polven aiemmista vammoista kärsineet voivat hyötyä harjoitteluin-

terventiojaksoista nivelrikon ennakoinnissa. Joidenkin katsauksessa mukana olevien tutkimusten mukaan nivelrikkoiselle potilaalle olisi hyödyllistä polven rakenteellisuuteen ja kuorimukseen vaikuttavat neuromuskulaariset harjoitteet.

Beckwée ym. (2013) toteavat kirjallisuuskatsauksessaan, että polvinivelrikkoisen harjoittelun tulisi sisältää tasaisesti aerobisia-, voima- ja proprioseptisiä osa-alueita. Lisäksi polven virheasentoista kärsivät eivät välttämättä hyödy ainoastaan nelipästä reisilihasta vahvistavista harjoitteista. Huolimatta siitä, että useat tutkimukset ovat pyrkineet selvittämään fyysisen aktiivisuuden yhteyttä nivelrikkoon, ovat sen vaikutukset polviniveleen ja sen rakenteellisiin tekijöihin edelleen epäselviä (Urquhart ym. 2011).

4 KUVANTAMISMENETELMÄT

Polvinivelrikon todentamiseen on käytetty röntgentutkimusta, joka kertoo mahdollisesta nivelraon kaventumisesta, rustonalaisen luun kovettumisesta, osteofyyteistä tai nivelen virheasennosta. Natiiviröntgenin avulla ei kuitenkaan pystytä tekemään suoria johtopäätöksiä rustokudoksen tilasta tai vaurioista, ja kirurgisesti suoritettu polvitähystys kertoo ainoastaan ruston pinnallisesta tilasta (Tiderius ym. 2003). Magneettikuvantamisen eli MRI:n (Magnetic Resonance Imaging) sekä kvantitatiivisen magneettikuvantamisen eli qMRI:n (quantitative Magnetic Resonance Imaging) käytöt ovat yleistyneet viimeisten vuosien aikana. Niiden on todettu olevan hyvä vaihtoehto artroskopiaalle ja turvallinen menetelmä arvioimaan polvinivelruston koostumusta sekä muutoksia (Cicutini ym. 2005; Casula ym. 2016). Jos kliinisten tutkimusten perusteella polven rustoperäisistä vaurioista diagnosoidut ohjattaisiin MRI- tutkimuksiin, voitaisiin artroskopian tarvetta vähentää yli kolmanneksella (35 %) (Vincken ym. 2006).

4.1 MRI

Standardi MRI -kuvantamisella on mahdollista saada tietoa rustovaurioista ja sen aiheuttamista muutoksista, ruston paksuudesta tai tilavuudesta (Mosher ym. 2004). MRI perustuu ydinmagneettiseen resonanssiin jossa protonien, magneettikentän ja ihmisen kehossa olevien vetyatomien vuorovaikutuksella käytetään kuvan muodostamisessa hyväksi voimakkaan magneettikentän ja sähkömagneettisen säteilyn kentän vaihtelua. Kehossa olevat vetyatomit pyöriävät akselinsa ympäri ja yrittävät asettua magneettikentän suuntaiseksi tai vastaisesti, riippuen spin-ytimien korkeasta tai matalasta energiatilasta (Vincken ym. 2006). Resonoivat vetyatomit muodostavat pulssitetussa RF-kentässä signaalin, jolloin signaalin katkeamisvaiheessa atomiydin palaa staattisen magneettikentän suuntaiseksi, eli relaxoituu. Relaxaatioajat riippuvat kudosten rakenteellisista koostumuksista (Cicutini ym. 2005).

4.2 dGEMRIC (T₁) & T₂

Kvantitatiivisia magneettikuvantamismenetelmiä on hiljattain alettu käyttämään elimistöön tunkeutumattomana eli noninvasiivisena rustokudoksen koostumuksen mittaamenetelmänä. Tätä tarkoitusta varten käytetään *delayed Gadolinium Enhancement Magnetic Resonance Imaging of Cartilage* -kuvantamismenetelmää (dGEMRIC), joka mittaa epäsuorasti ruston

GAG-pitoisuuksia, jossa ”delayed”- termi viittaa tehosteaineen läpäisemää aikaa rustokudoksessa (Kurkijärvi ym. 2004; Williams ym. 2004). dGEMRIC-kuvantaminen edellyttää, että potilaan kuvattavaan niveleen injektoidaan 90 minuuttia ennen kuvantamista varjoainekuvauksessa käytettävää suonensisäistä tehosteainetta, *gadopenteettihappoa* (Gd DPTA^{2-}) yhdistettynä kevyeen liikuntaan, jonka tarkoituksena on edistää aineen leviämistä (Cohen ym. 2011). Tehosteaine sisältää negatiivista varausta ja rustokudoksen negatiivisesti varautuneet GAG-molekyylit hylkivät ainetta sillä seurauksella, että ainetta kerääntyy paljon niille alueille rustoa jossa GAG-molekyylien määrä on alhainen, ja vähän sinne jossa määrä on korkea. Kuvantamisessa relaksaatioaika on riippuvainen tehosteaineen määrästä, koska se vaikuttaa käänteisesti numeeriseen T_1 -arvoon. Sen vuoksi T_1^{Gd} -arvoa käytetään yleisesti ilmoittamaan liuenneen tehosteaineen pitoisuudesta rustossa ja näin pystytään epäsuorasti arvioimaan ruston proteoglykaanipitoisuutta. Glykosaminoglykaanien vähäinen määrä on verrattavissa korkeaan tehosteaineen konsentraatioon ja se näkyy alhaisena T_1^{Gd} - arvona. Viitearvoina on tulkittavissa, että <400 ms viittaa alhaiseen proteoglykaanipitoisuuteen ja ruston heikkoon laatuun, 400-500 ms keskitasoiseen ja >500 ms viittaa korkeaan pitoisuuteen ja hyvään laatuun (Williams ym. 2004; Jurvelin ym. 2008; Multanen ym. 2009; Matzat ym. 2013).

Owmanin ym. (2008) mukaan dGEMRIC arvo on kliinisesti pätevä keino arvioimaan rustokudoksen koostumusta ja sen mukaan voidaan päätellä, että alhaisella arvolla olisi yhteyttä polvinivelrikon etenemiseen. Multanen ym. (2009) mittasivat dGEMRIC-mittausten toistettavuutta kymmenellä tutkittavalla. Jokainen tutkittava mitattiin kolme kertaa viiden päivän välein. Tulosten perusteella mittausten toistettavuuden vaihtelu reisi-, sääriluun ja polvilumpion osalta oli 4,7-12,19 % ilmaistuna variaatiokertoimen neliöjuurena (CV_{rms}). Tulosten perusteella oli oletettavaa, että dGEMRIC-kuvantaminen 1.5 Teslan tarkkuudella on toistettava mittausmenetelmä arvioimaan rustokudoksen koostumusta, jos mittaajat ovat riittävän koulutettuja.

T_2 - kuvantamisella tarkoitetaan poikittaisen magnetisaation häviämistä joka on yhtäaikaista seurausta spin-spin-kaikusekvenssin relaksaatiosta ja magneettikentän epäyhtenäisyydestä (Chavhan ym. 2009). T_2 - kuvantamisella on mahdollista selvittää ruston kollageenimatriisin rakenteesta ja määrästä sekä rustokudoksen vesipitoisuudesta. Rustokudoksen T_2 -relaksaatioaika on pidempi ruston syvällä vyöhykkeellä kuin välivyöhykkeellä. Terveessä rustossa T_2 - arvot vaihtelevat syvän vyöhykkeen 30 ms:sta välivyöhykkeen 70 ms:iin T_2 - ajan ollessa heikkokuntoisessa rustossa pidentynyt. Syvän vyöhykkeen alhaisempi relaksaatioaika kertoo kollageenien organisoidummasta järjestäytymisestä verrattaessa välivyöhykkeeseen.

Pidentynyt aika viittaa myös rustonsisäisen nesteen kohonneeseen määrään. T₂-relaksaatioajan on todettu ilmentävän paremmin rustokudoksen vauriota kuin MRI-kuvantamisella (Mosher ym. 2004; Jurvelin ym. 2008; Cha ym. 2012; Baum ym. 2013; Matzat ym. 2013).

5 FYYSINEN AKTIIVISUUS

Fyysisen aktiivisuuden puute ja siitä johtuva inaktiivisuus on yksi suurimmista yhteiskuntaa kuormittavista terveysongelmista (Wijsman ym. 2013). Sen on todettu olevan neljänneksi suurin riskitekijä maailmanlaajuisessa kuolleisuudessa, josta kaikkiaan 6 % on inaktiivisuudesta johtuvaa (Solomon ym. 2013). Fyysinen inaktiivisuuden on katsottu nostavan riskiä sairastua sydän- ja verisuoniperäisille taudeille sekä altistavan useille kroonisille sairauksille joita ovat mm. diabetes, suolisto- ja rintasyöpä, liikalihavuus, korkea verenpaine, masennus sekä erilaiset luuston ja nivelten sairaudet kuten osteoporoosi ja nivelreuma (Warburton ym. 2006). Fyysisellä aktiivisuudella on todettu olevan huomattavaa yhteyttä ikääntymisen aikana tapahtuvien positiivisten terveysvaikutuksisten kanssa (Gebel ym. 2014). Fyysisesti aktiivisten joukossa on yleisesti ottaen parempi hengitys- ja verenkiertoelinten toimintakyky, minkä avulla elimistöllä on mahdollista tuottaa happea yhtäjaksoisen harjoittelun tai fyysisen aktiivisuuden vaatimaan kulutukseen (Morrow ym. 2005). Fyysisen aktiivisuuden on todettu vähentävän kaatumisista johtuvien lonkkamurtumien riskiä sekä parantavan ikääntyneiden toiminnallisuutta ja mahdollisuutta selvitä pidempään itsenäisesti päivittäisistä toimista (Karlsson ym. 2008).

Fyysisen aktiivisuuden on katsottu olevan kehon liikkeistä koostuvaa toimintaa joka edellyttää energiankulutusta ja lihasten supistumista (Morrow ym. 2005). Lihakset ovat tärkeässä roolissa ylläpitämään nivelten liikkeitä, stabiiliteettia ja toiminnallisuutta vähentäen samalla niveleen kohdistuvia tärähdyksiä (Roos ym. 2011). Terveiden edistämiseksi ja kroonisten sairauksien ennakoinnissa on tärkeää, että fyysisistä aktiivisuutta mittaamalla voidaan määrittää yksilön fyysisen aktiivisuuden määrää, osuutta terveydentilassa, fyysiseen aktiivisuuteen vaikuttavia tekijöitä ja sitä edistävien tukipalvelujen vaikutusta (Morrow ym. 2005).

Fyysistä aktiivisuutta voidaan mitata erilaisin menetelmin, kuten kyselylomakkeilla, harjoittelupäiväkirjoilla, dynamometreillä sekä askel-, syke- ja aktiivisuusmittareilla (Sylvia ym. 2014). Yhtenä menetelmänä kuvaamaan erilaisten liikuntamuotojen ja arkiaskareiden rasittavuutta käytetään metabolisen ekvivalentin (Metabolic Equivalent, MET) arvoa, joka kuvaa fyysisen aktiivisuuden aiheuttamaa lisääntynyttä energiankulutusta verrattuna lepotasoon missä yksi MET vastaa keskimäärin 3,5 millilitraa painokiloa kohden minuutissa ($\approx 3,5 \text{ ml O}_2 \times \text{kg}^{-1} \times \text{min}^{-1}$) (Thompson ym. 2003). Maksimaalisella hapenottokyvyllä ($\text{VO}_{2\text{max}}$) tarkoitetaan hengitys- ja verenkiertoelimistön kykyä kuljettaa happea ja lihasten kykyä käyttää sitä energi-

antuotantoon maksimaalisessa rasituksessa, minkä avulla voidaan määrittää yksilön kestävyyskunnan tasoa. Maksimaalista hapenottoa voidaan ilmoittaa joko absoluuttisina (l/min) tai suhteellisina (ml/kg/min) arvoina (Hawkins ym. 2007).

5.1 Fyysisen aktiivisuuden suositukset

Terveysliikuntasuositusten mukaan työkäisten tulisi harrastaa vähintään kolme kertaa viikossa kestävyyskuntoa edistävää terveysliikuntaa sekä kaksi kertaa viikossa lihaskuntoa ja liikehallintaa kohentavaa liikuntaa. Terveysliikuntaa tulisi suorittaa vähintään 10 minuuttia kerralla joko keskiraskaasti (150 min/vk) tai raskaasti (130 min/vk), kun taas lihaskuntoa ja liikehallintaa kohentavan tulisi sisältää 8-10 toistoa suurille lihasryhmille, 8-12 toistoa kutakin lihasryhmää kohden. Eläkeikäiset tarvitsevat terveysliikuntaa vähintään kerran viikossa ja lihaskuntoa ja tasapainoa kohentavaa liikuntaa tulisi suorittaa kahdesti viikossa (8-10 liikettä suurille lihasryhmille, 8-12 toistoa). Näitä toteuttamalla fyysisen aktiivisuuden myönteiset terveysvaikutukset säilyisivät ja kasvaisivat molemmissa ryhmissä (Husu ym. 2010; Wallis ym. 2013).

Yli 75-vuotiaiden liikunta on vähäistä Suomessa, mutta myös 30-64-vuotiaiden miesten ja 45-54-vuotiaiden naisten liikunnan osuus on puutteellista, vaikka parannusta 2000-luvun alkuun on tullut. Tästä huolimatta lähes kolmasosa edellä mainituista ryhmistä ei harrasta lainkaan vapaa-ajan liikuntaa. Terveys 2011- raportin mukaan vain yksi kymmenestä yli 30-vuotiaasta suomalaisesta liikkuu suositusten mukaisesti (Husu ym. 2010; Koskinen ym. 2012).

Wallisin ym. (2013) meta-analyysissä 21 tutkimuksen ja 3266 tutkittavan perusteella pyrittiin laskemaan polvinivelrikkoisten keskimääräistä fyysisen aktiivisuuden määrää ja laatua. Tulosten perusteella vain 13 % polvinivelrikkoisista täytti keskiraskaan fyysisen aktiivisuuden vähimmäismäärän (150 min/vk).

5.2 Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset polvinivelrustoon

Owman ym. (2014) tutkivat kymmeneltä nilkkaoperoidulta immobilisaation eli liikkumattomaksi tekemisen vaikutusta polvinivelruston GAG- pitoisuuksiin. Selvisi, että varausrajoitusten aikana, eli ensimmäisen kuuden viikon aikana ei tapahtunut selkeää T₁-arvon pienenemistä, vaan ne näkyivät vasta neljän kuukauden kuluttua kuntoutuksesta pysyen samankaltaisina

vielä vuoden kohdalla. Tulosten perusteella voidaan olettaa, että vaikka proteoglykaanien pitoisuus ei vähene merkittävästi immobilisaation aikana, voivat seuraukset vaikuttaa huomattavasti myöhemmin kuntoutuksen edetessä rustonsisäisen nesteen heikompana painevaihteluna ja alhaisempina T₁- arvoina. Kliinisessä käytössä tavanomaisella MRI- kuvauksella on paraplegiapotilailla havaittu, että polvinivelrusto ohentuu käyttämättömyyden seurauksena 5-7 prosenttia ensimmäisen puolen vuoden aikana ja 9-13 prosenttia vuoden aikana immobilisaatiosta (Vanwanseele ym. 2003). Useissa tutkimuksissa on pyritty selvittämään qMRI-, MRI- ja röntgenkuvantamisten avulla fyysisen aktiivisuuden vaikutusta polviniveltä heikentävien muutosten esiintyvyyteen ja etenemiseen, mutta tulokset ovat olleet ristiriitaisia. (Teichtahl ym. 2012).

Kolin ym. (2015) RCT –tutkimuksessa pyrittiin selvittämään tärähdyksiä sisältävän harjoittelun vaikutuksia 50-65 -vuotiaiden lievästi nivelrikkoisten naisten patellofemoraaliruston T₂ –arvoihin. Tulosten perusteella 12 kuukautta kestänyt harjoittelu paransi patellaruston kollageenimatriisin koostumusta. Teichtahl ym. (2009) tutkivat 297 henkilön kohorttitutkimuksessa raskaan fyysisen aktiivisuuden vaikutuksia patellofemoraalinivelen rustokudoksen muutoksiin. Tulosten perusteella oli oletettavaa, että raskaalla fyysisellä aktiivisuudella on positiivisia vaikutuksia patellaruston tilavuuteen ja siksi se voisi olla hyödyllistä patellofemoraalinivelen nivelrikon ennakoinnissa. Racunica ym. (2007) saivat kaksi vuotta aiemmin samasta kohortista samansuuntaisia tuloksia oireettomista tibiofemoraalinivelen ruston muutoksista, minkä perusteella tibian rustokudoksen tilavuus lisääntyi tulosten perusteella merkittävästi.

Cotofana ym. (2010) toteavat tutkimuksessan, että 45-55 –vuotiaiden naisten kolmen kuukauden kestävyys- tai voimaharjoittelulla ei ollut yhteyttä tibiofemoraalinivelen ruston degeneratiivisiin muutoksiin. Foleyn ym. (2007) tutkimuksessa pyrittiin selvittämään fyysisen harjoittelun vaikutusta terveiden yksilöiden polvinivelen rakenteellisiin ja polvinivelen ruston tilavuuden muutoksiin. Tulokset antoivat viittauksia siitä, että ruston tilavuus ja sääriluun tasainen alue ovat dynaamisia rakenteita ja fyysisellä aktiivisuudella olisi mahdollista saada vastetta näihin. Woollard ym. (2011) tutkimuksen tulokset viittasivat taas siihen, että yksilöllisillä tekijöillä, kuten polven virheasunnoilla oli suurempi merkitys polvinivelen rustokudoksen tilavuuden muutoksiin kuin strukturoidulla harjoitteluohjelmalla.

Urquhart ym. (2011) löysivät kirjallisuuskatsauksessaan vahvaa näyttöä fyysisen aktiivisuuden yhteydestä osteofyyttien vähäisyyteen. Sen sijaan fyysisen aktiivisuuden yhteydestä rus-

tokudoksen positiivisiin vaikutuksiin MRI- kuvantamisella oli vähän näyttöä kun taas näyttö oli vahvaa negatiivisille vaikutuksille. Hovisin ym. (2011) mukaan polviniveltä kuormittavat liikkeet ovat erityisen tärkeitä terveelle rustokudokselle, mutta pitkäaikainen kuormittava harjoittelu voi ajan myötä vahingoittaa rustoa. Myös erilaisten riskitekijöiden (muun muassa geneettiset taipumukset, aiemmat polven operaatiot tai loukkaantumiset) omaavien henkilöiden rustokudokset voivat reagoida eri tavalla harjoitteluun kuin sellaisilla, joilla ei edellä mainittuja riskitekijöitä esiinny.

Teichtal ym. (2012) toteaa joidenkin tutkimusten osoittaneen fyysisen aktiivisuuden hyödyistä nivelrikkoiseen polviniveleen, kun taas toiset ovat osoittaneet, että vaikutukset ovat olleet haitallisia. Kenties kaikista merkittävin tekijä tulosten ristiriitaisuuteen ovat olleet polven rakenteelliseen arviointiin käytettävien keinojen vaihtelevuus röntgenkuvauksen ollessa näistä menetelmistä yleisin. Se keskittyy nivelraon kaventumisen kautta arvioimaan rustokudoksen ohentumista ja osteofyyttien esiintyvyyttä, joiden määrä on useassa tutkimuksessa lisääntynyt fyysisen aktiivisuuden myötä. Nämä tutkimukset ovat kuitenkin saattaneet yliarvioida fyysisen aktiivisuuden aiheuttaman rasituksen vaikutusta polviniveleen perustuen osteofyyttien esiintyvyyteen (Teichtahl ym. 2012).

5.3 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli selvittää fyysisen aktiivisuuden vaikutuksista polvinivelruston tibiofemoraalinivelen biokemialliseen koostumukseen ja ruston mahdollista kykyä adaptoitua fyysisen aktiivisuuden tuomaan rasitukseen tutkimuksissa, joissa oli käytetty dGEMRIC (T₁)- ja T₂-kuvantamismenetelmää. Systemaattinen kirjallisuushaku toteutettiin 5.3.2014. Käytettyjä tietokantoja olivat Pubmed, Medline (Ovid), Cinahl (EBSCO) ja PEDro. Manuaalinen haku tapahtui Google Scholarista, Science Directista ja tutkimusartikkelien lähdeviitteitä apuna käyttäen. Haun jälkeen viitteitä tuli 5384 kappaletta, joista manuaalisen käsihaun kautta 3 kappaletta. Otsikon perusteella karsittiin 5259 ja abstraktin perusteella 105 kappaletta. Kokotekstin ja poissulkukriteerien perusteella karsittiin 15 artikkelia ja jäljelle jäi neljä artikkelia jotka vastasivat tutkimuskysymykseen (liite 1.).

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen sisäänottokriteereinä olivat kansalliset tai kansainväliset tutkimukset, joissa arvioitiin fyysisen aktiivisuuden tai harjoittelun vaikutusta rustokudokseen. Tutkimusten julkaisukielenä oli englanti, ne kohdistuivat ihmisiin ja artikkeleiden jul-

kaisuajankohta ajoittui vuosille 2000 - 2014. Tutkimusartikkeleista oli myös koko teksti (full text) saatavilla. Tutkimuksissa oli käytetty kvantitatiivista qMRI –kuvantamismenetelmää rustokudoksen biokemiallisen koostumuksen analysointia varten. Haku rajoittui tutkimuksiin, joissa arvioitiin polvinivelen rustokudosta. Tutkimukset, joissa tutkittiin ainoastaan rustokudoksen tilavuutta tai paksuutta tai jos tutkittavilla oli taustalla trauma, vaikea-asteinen nivelreuma, osteoporoosi, tekonivel alaraajoissa tai aiemmin operoitu polvinivel (poisluettuna nivelkierukan resektio) ei valittu mukaan.

Systemaattiseen hakuun muotoutuneet hakusanat olivat: harjoittelu (exercise) tai fyysinen aktiivisuus (physical activity) ja polvinivelrusto (knee cartilage) ja kvantitatiivinen (quantitative) ja MRI ja dGEMRIC tai T2.

Tutkimuksista Roos & Dahlbergin (2005) ja Multasen ym. (2014) olivat satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, Tideriuksen ym. (2004) tutkimus oli havainnoiva poikkileikkaustutkimus ja Van Ginckelin ym. (2010) oli prospektiivinen kohorttiseurantatutkimus. Tutkimusten laatua arvioitiin Roos & Dahlbergin (2005) ja Multasen ym. (2014) osalta RCT-tutkimuksia varten suunnitellulla Furlanin (Furlan ym. 2009) arviointiasteikolla. Tideriuksen ym. (2004) ja Van Ginckelin ym. (2010) tutkimuksia arvioitiin Jyväskylän yliopiston terveystieteiden tiedekunnan lyhennetyllä versiolla STROBE- asteikosta. Tutkimusten arvioinnit on kuvattu tarkemmin liitteissä (liite 2, liite 3).

5.4 Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset polvinivelruston biokemialliseen koostumukseen

Systemaattiseen katsaukseen valituista artikkeleista Roos & Dahlbergin (2005) sekä Multasen ym. (2014) tutkimukset olivat satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, joiden tuloksia voidaan pitää katsauksessa olevista tutkimuksista kaikkein luotettavimpina. Roos & Dahlbergin (2005) tutkimusten tulokset antoivat viitteitä siitä, että keskiraskas polvinivelttä kuormittava harjoittelu lisää rustokudoksen GAG-pitoisuuksia, kun Multasen ym. (2014) tulosten mukaan harjoittelulla ei ollut positiivisia, mutta ei myöskään negatiivisia vaikutuksia polven nivelrustoon. Syitä tulosten ristiriitaan voivat olla tutkittavien suuret eroavaisuudet tutkimusten osalta. Multasen ym. (2014) tutkimuksessa tutkittavat olivat homogeeninen ja huomattavasti vanhempi joukko verrattuna Roos & Dahlbergin (2005) tutkittaviin, jossa tutkittavat oli valittu nuoremmasta heterogeenisestä joukosta. Multasen ym. (2014) kaikki tutkittavat koostuivat

polven nivelrikkoa sairastavista, kun taas Roos & Dahlbergin (2005) koostuivat tutkittavista, joilla oli aiemman tutkimuksen mukaan korkea riski sairastua, mutta ei todettua polven nivelrikkoa.

Tideriuksen ym. (2004) ja Van Ginckelin ym. (2010) tutkimusten tulokset antoivat samanlaisia viitteitä kuin Roos & Dahlbergin (2005), että rustokudoksella on kyky mukautua jatkuvaan tärähdyksiä ja kuormitusta aiheuttavaan liikuntaan lisäämällä GAG-molekyylien pitoisuutta rustokudoksessa. Näissä otoskoot olivat kuitenkin suhteellisen pieniä, jotta niistä voisi tehdä suurempia johtopäätöksiä. Multasen ym. (2014) harjoitteluinterventio, jossa tärähdyksiä sisältävä harjoittelu koostui hypyistä, eroaa myös muiden tutkimusten harjoituksista. Hyppyjä sisältävä harjoittelu sisältää enemmän hetkellistä kuormitusta polvinivelelle ja rustokudokselle, kun verrataan painonsiirtoja sisältävään harjoitteluun mitä Roos & Dahlbergin (2005) harjoitusinterventio sisälsi.

Roos & Dahlbergin (2005), Tideriuksen ym. (2004) ja Van Ginckelin ym. (2010) tutkimuksissa T_1 -arvot olivat korkeampia fyysisesti aktiivisten ryhmissä. Tuloksista pystyy tekemään suuntaisia oletuksia, että terveellä rustokudoksella on kyky adaptoitua harjoittelun aiheuttamalle kuormitukselle ja nivelten rasitukselle lisäämällä rustokudoksen aineenvaihduntaa. Luotettaviin johtopäätöksiin tarvitaan kuitenkin lisää pitkäkestoisia satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, joissa tutkittavia olisi riittävän suuri määrä ja heitä pystyttäisiin yleistämään johonkin tiettyyn ihmisryhmään. Myös harjoittelun määrää ja tehoa tulisi miettiä tulevaisuuden tutkimuksissa. Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset polvinivelruston biokemialliseen koostumukseen ovat vielä epäselviä ja alue vaatii lisää tutkimista. Lisäksi fyysisen aktiivisuuden sekä harjoittelun pitkäkestoisista vaikutuksista rustoon ja muutosten pysyvyyteen tunnetaan vähän, eikä siihen liittyviä tutkimuksia ole vielä julkaistu. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen taustat ja menetelmät, harjoitusohjelmat sekä tulokset liitteessä (liite 4, liite 5 ja liite 6).

6 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää polvinivelruston dGEMRIC- ja T_2 -arvojen mahdollisia muutoksia, ja lisäksi tutkia fyysisen toimintakyvyn, aktiivisuuden ja itsearvioitujen oireiden muutoksia 12 kuukautta kestäneen intervention jälkeen sekä 12 kuukauden seurannassa.

Tutkimuskysymykset:

1. Missä määrin tärähdyksiä sisältävä yhdistetty aerobic- ja step-aerobic-harjoittelu aiheuttaa polvinivelrustossa positiivisia tai negatiivisia muutoksia lievää polvinivelrikkoa sairastavilla naisilla 12 kuukauden intervention jälkeen, ja pysyvätkö muutokset 12 kuukauden seurannassa?
2. Missä määrin harjoittelu aiheuttaa muutoksia fyysisessä toimintakyvyssä, aktiivisuudessa tai KOOS-oirekyselyssä 12 kuukauden intervention jälkeen sekä 12 kuukauden seurannassa?

7 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tämä tutkimus on satunnaistetun kontrolloidun harjoitusintervention jälkeinen seurantatutkimus, joka on osa laajempaa Jyväskylän yliopiston terveystieteiden laitoksen Liikuntaa luustolle ja nivelrustolle (LuRu) -tutkimusta. Alkumittauksiin (0kk) osallistui 80, ja interventiojakson jälkeisiin loppumittauksiin (12 kk) 76 tutkittavaa. Seurantatutkimukseen (24 kk) jatkoi 61 vapaaehtoista tutkittavaa. MRI -kuvaukset, KOOS -oirekysely, fyysisen aktiivisuuden ja toimintakyvyn mittaukset tehtiin alussa sekä intervention ja seurannan jälkeen. Tutkimuksen kulku on nähtävissä kuviossa (Kuvio 1.). Tässä tutkimuksessa aineisto ja tulokset koostuivat tutkittavista (n=61), joilta MRI- kuvat ja aineisto oli saatavilla kaikilta kolmelta mittausajankohdalta (0 kk, 12kk ja 24 kk).

Tutkittavien kliininen tutkimus tapahtui lääkärin toimesta, joka käytti erityisesti polviin kohdistuvaa strukturoitua tutkimuskäytäntöä. Sillä pyrittiin poissulkemaan tutkittavien mahdolliset oireet, jotka estäisivät interventioon osallistumisen. Yleistä terveydentilaa ja fyysisen aktiivisuuden määrää sekä tasoa selvitettiin alkumittausten aikana täytetyllä kyselylomakkeella. Lomakkeella kysyttiin tutkittavien sen hetkistä terveydentilaa, lääkitystä, vaihdevuosiin ja nivelrikkoon liittyviä aiempia sairauskertomuksia sekä vapaa-aikana tapahtuvaa fyysistä aktiivisuutta joka muutettiin metabolisen ekvivalentin arvoiksi (MET-hours, MET-h kuukautta kohti) (Ainsworth ym. 2000; Ainsworth ym. 2011). Tutkittaville suoritettiin MRI- laitteella vaikeusasteeltaan pahempaan nivelrikon luokituksen saaneeseen polviniveleen kliiniset kuvasarjat, T₂-painotteiset kuvasarjat ja T₁-painotteiset dGERIC-kuvasarjat. Pahemman nivelrikon luokituksen saaneesta polvesta käytetään tuloksissa nimikettä affektoitunut polvinivel.

7.1 Tutkittavat

Rekrytointi tapahtui Jyväskylän paikallislehdessä olleen ilmoituksen avulla jonka seurauksena 298 vapaaehtoista ilmoittautui tutkimukseen. Mahdollisten sisäänotto- ja poissulkukriteerien määrittämiseksi ilmoittautuneille suoritettiin puhelinhaastattelu, tibiofemoraalinivelen röntgenkuvaus Kellgren-Lawrence luokituksen toteamiseksi, kaksienenerginen röntgensädeabsorptiometria (Dual-energy X-ray absorptiometry, DXA, GE Medical Systems, Lunar Prodigy, Madison WI USA)- mittaus luuntiheyden määrittämiseksi ja kliininen tutkimus, joiden jälkeen 80 tutkittavaa soveltui tutkimukseen.

Tutkimuksen sisäänottokriteerit täyttääkseen tutkittavan tuli olla iältään 50-65 –vuotias postmenopausaalisessa vaiheessa oleva polvikivuista kärsivä naispuolinen henkilö, joka harrasti intensiivistä liikuntaa korkeintaan kaksi kertaa viikossa ja jolla ei olisi todettu liikuntaintervention osallistumiseen estävää sairautta. Lisäksi tibiofemoraalinivelen Kellgren-Lawrence luokituksen tuli olla radiologin lausumana luokkaa 1 tai 2.

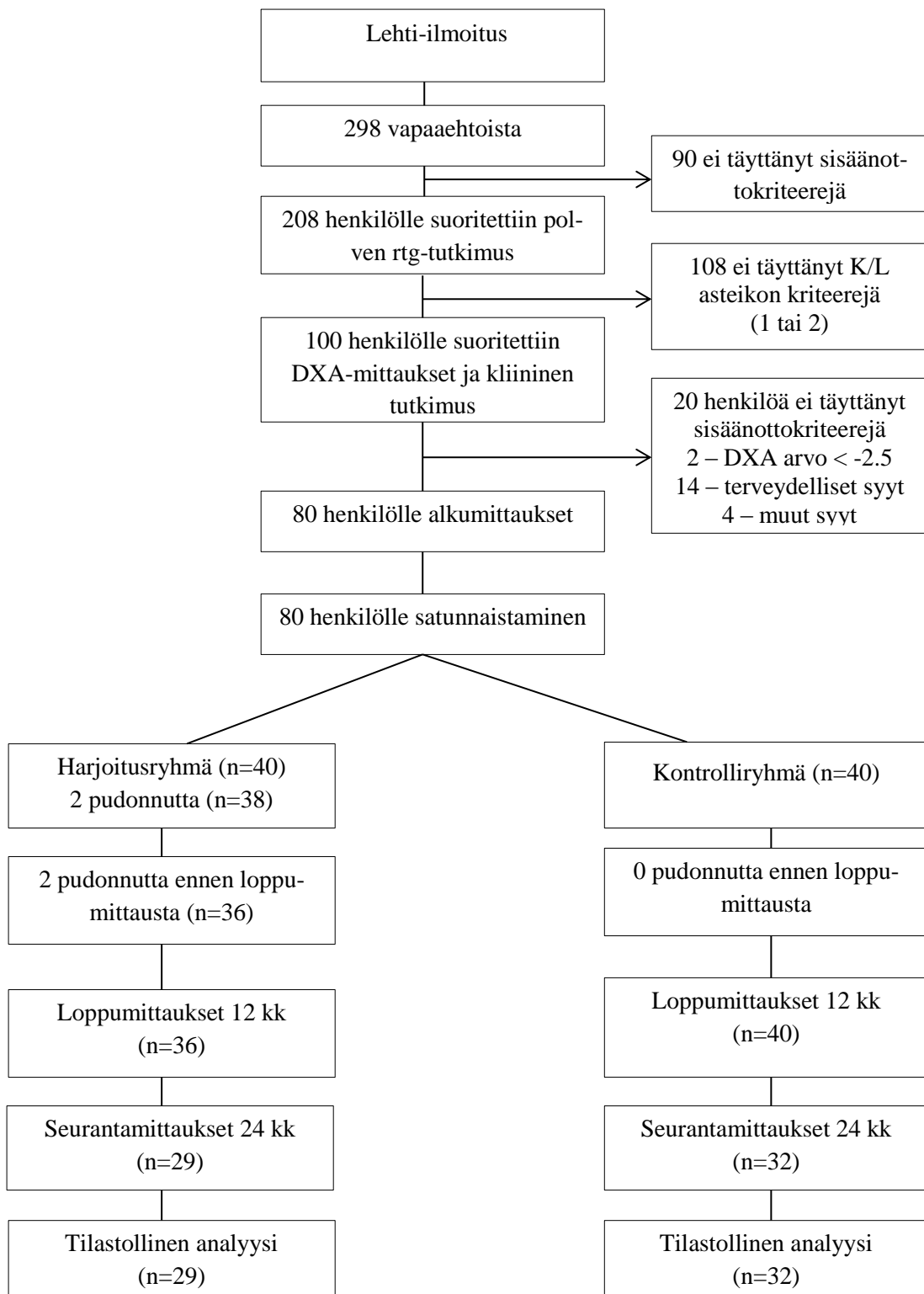
Poissulkukriteerejä olivat osteoporoosiin viittaavaa alhaista reisiluun kaulan luuntiheyden arvoa (< -2.5 , Bone mineral density, BMD, g/cm^2) (Siris ym. 2001), vaikeaan lihavuuteen viittaavaa korkeaa kehon painoindeksiä ($\text{BMI} \geq 35 \text{ kg/m}^2$) (WHO 2015), polven instabiliteettia tai polven trauman jälkeistä operaatiota. Lisäksi tutkittavilla ei saanut olla annettu polviniveleen kohdistuneita kortison- pistoksia viimeisen 12 kuukauden aikana, tulehduksellisia nivelsairauksia, MRI- kuvauksiin liittyviä kontraindikaatioita tai varjoaine-allergioita. Myös munuaisten vajaatoiminta oli tutkimuksesta poissulkeva tekijä.

Satunnaistaminen tapahtui tietokoneohjelmalla statistikon suorittamana, jossa tutkittavat ($n=80$) valikoituvat harjoitusryhmään ($n=40$) ja kontrolliryhmään ($n=40$). Tutkimusprotokolla hyväksyttiin Keski-Suomen sairaanhoitopiirin eettisen valiokunnan toimesta.

7.2 Harjoitusinterventio

Harjoitusryhmä kokoontui kolme kertaa viikossa 12 kuukauden ajan, jossa harjoittelun ohjajina toimivat kyseiseen interventiojaksoon koulutetut henkilöt, jotka harjoittelun ohjauksen lisäksi pitivät kirjaa läsnäolijoista. Jokainen harjoituskerta sisälsi 15 minuutin lämmittelyyn, 25 minuuttia kestävä suunnanmuutoksia ja impakteja sisältävän harjoitusosion sekä 15 minuutin loppuvenyttelyyn. 25 minuutin harjoitusosiossa yhdisteltiin kahden viikon välein muuttuvia aerobic- ja step-aerobic -harjoitteita, jotka sisälsivät hyppyjen lisäksi musiikin tahdissa suoritettavia painonsiirtoja ja suunnanmuutoksia. Kolmen ensimmäisen aerobic – ja step-aerobic -harjoitteluviikon aikana ryhmä totutteli hyppeleihin, eikä niihin sisällytetty vaahtomuoviesteitä tai step-lautoja. Tämän jälkeen aerobic- harjoittelussa vaahtomuoviesteiden korkeutta lisättiin progressiivisesti (5 cm kerralla) kolmen kuukauden välein niin, että harjoitusintervention viimeisessä vaiheessa esteiden korkeus oli 20 cm. Step-aerobicissa step-laudan korotus (10 cm) tapahtui kaksi kertaa, toisen (5 cm) ja kolmannen (5 cm) jakson alussa, jolloin jakson lopussa laudan korkeus oli myös 20 cm.

Kontrolliryhmää pyydettiin ylläpitämään aiempaa liikunnallista aktiivisuuttaan ja he saivat mahdollisuuden osallistua Jyväskylän yliopiston järjestämille luennoille, jotka sisälsivät tietoa nivelrikon hoidosta ja terveistä elintavoista.



KUVIO 1. Tutkimuksen kulku.

7.3 Mittausmenetelmät

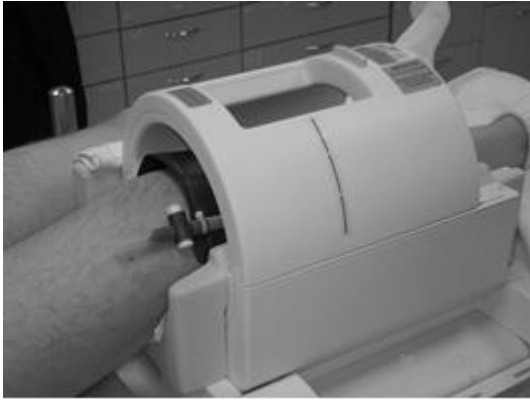
7.3.1 Polvinivelruston kuvantaminen

Polvinivelruston *delayed Gadolinium Enhancement Magnetic Resonance Imaging of Cartilage* -indeksin (dGEMRIC) ja rustokudoksen poikittaista relaksaatioaikaa arvioivan T_2 -arvon määrittämiseksi käytettiin 1.5 Teslan magneettikuvantamislaitetta (Siemens Magnetom Symphony, Erlangen, Saksa) yhdessä 8-kanavaista taajuutta lähettävän / vastaanottavan standardin polvikelan kanssa. Tutkittavat asetettiin selinmakuulle ja affektoituneen polvinivelen ympärille asetettiin ilmatyyny fiksoiden nivel 10° kulmaan isovarpaan osoittaessa suoraan ylöspäin.

Kuvantaminen sisälsi standardin kliinisen MRI –kuvasarjan, T_2 –relaksaatioaika-kuvasarjan ja dGEMRIC –kuvasarjan. T_2 –kuvantamisessa otettiin sagittaalitasolla monileikkeinen ja monikaikuaikainen fast-spin echo sekvenssi, jossa magneettikuvan kuvausala, field of view (FOV) oli 14 cm, magneettikuvausjakson toistojen välinen aika, repetition time (TR) oli 2090 ms, kaikuaikoja, echo time (TE) oli kahdeksan (13-104 ms), kaikujonojen pituuksia, echo time length (ETL) oli kahdeksan ja kuvapaksuus oli 3 mm. Kuvantamisessa otettiin kaksittaiset sagittaalitasoon leikkeet lateraalisen ja mediaalisen kondyylin keskeltä.

dGEMRIC -kuvantamista varten polviniveleen ruiskutettiin kaksinkertainen määrä (0.4 ml/kg) gadolinium-pohjaista *dietyleenitriamiinipentaetikkahappoa* ($Gd-DTPA^{2-}$) sisältävää varjoainetta (Magnevist, Schering, Berliini, Saksa) mitä seurasi tutkittavan aktiivinen polven koukistaminen ja ojentaminen istuen sekä kävelyä tasaisella ja portaissa, jolloin varmistettiin varjoaineen leviäminen polviniveleen. T_1 -mittaukset suoritettiin 90 minuuttia injektion antamisesta, jolloin otettiin yksittäiset sagittaalitasoon leikkeet lateraalisen ja mediaalisen kondyylin keskeltä. Leikkeet kuvattiin inversio recovery fast-spin echo sekvenssillä (FOV=14 cm, TR=1800 ms, TE=13 ms, $T_1=1600, 800, 400, 200, 100$, ja 50 ms, ETL=5) kuvapaksuuden ollessa 3 mm.

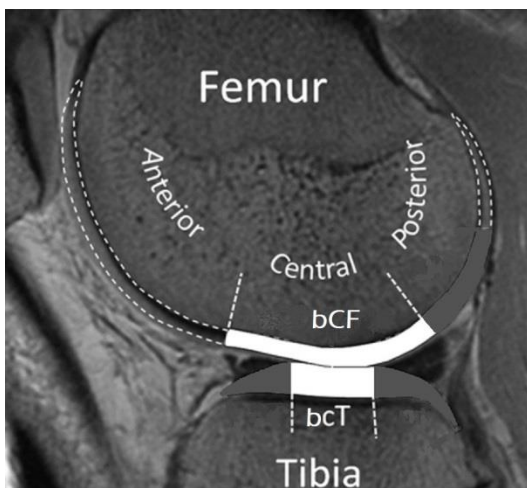
Kuvauslaitteille suoritettiin laadullinen varmistus ennen varsinaisia kuvauksia sekä tutkimuksen kuluessa, joissa ei havaittu merkkejä kuvausarvojen muutoksesta.



KUVA 4. Affektoitunut polvinivel aseteltuna polvikelaan ennen magneettikuvantamista. (Kuva: Lammentausta 2008)

7.3.2 Polvinivelruston analysointi

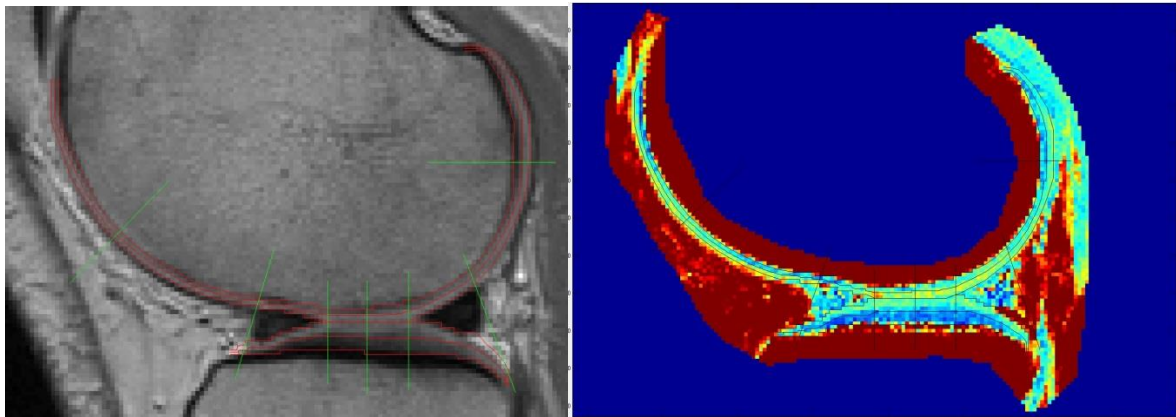
Polvinivelruston dGEMRIC- ja T_2 -kuvien analysointi reisi- ja sääriluun alueelta suoritettiin Matlab (Mathworks, Natic, Massachusetts, USA) analysointiohjelmalla, jossa nivelrusto eroteltiin erikseen piirtämällä. Tämän jälkeen ohjelma jaotteli ruston eri alueisiin määrittäen samalla dGEMRIC- ja T_2 - arvot koko ruston alueelta sekä erikseen joka osa-alueelta. Analysoitavat mielenkiinnon alueet (region of interest, ROI) kohdistuivat reisiluun keskiosan (bulk central femur, bCF) ja sääriluun keskiosan (bulk central tibia, bCT) painoa kantaville alueille lateraaliselta ja mediaaliselta puolelta tarkasteltuna (Kuva 5.).



KUVA 5. Sagittaalitasoon kuva analysoidavasta polvinivelrustosta lateraalisen kondyylin puolelta. Painoa kantavat ROI-alueet merkitty kuvassa valkoisella (mukaiillen Multanen ym. 2014).

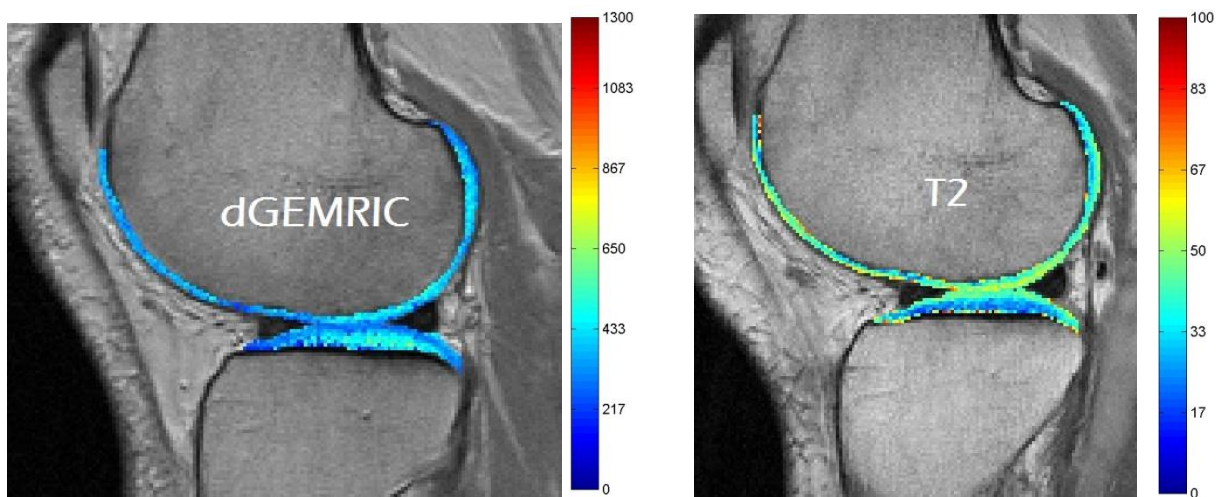
Rusto-luurajapintaa erotellessa analysoinnin tukena käytettiin raakakarttaa, jossa dGEMRIC-kuvissa luu näkyi kartassa tummansinisenä ja T_2 -kuvissa tummanruskeana. Femurin ja tibian

ruston pintaa piirrettäessä tuli huomioida anterioriset ja posterioriset meniskit, jotka eroteltiin pois nivelruston segmentoinnista. Rajauksen lopuksi piirrettiin maamerkkejä hyväksi käyttäen pystyviivat, jonka avulla analyysiohjelma erotteli ruston eri alueet omiksi topografisiksi alueilleen laskien niille yksittäisten pikseleiden signaali-intensiteetin perusteella keskiarvoistetut tunnusluvut (kuva 6.)



KUVA 6. Anatomisessa kuvassa (vasemmalla) maamerkit, ruston rajat ja meniskin kärjet sekä oikealla T₂- raakakartta.

Lopullisissa kuvissa on nähtävissä ruston laskettu kartta (kuva 7.), jonka perusteella analyysiohjelma ilmoittaa tulokset numeraalisessa muodossa joka kertoo femurin tai tibian rustojen relaksaatioajat. Tässä pro gradu- työssä keskitytään bulk central femurin (bcF) ja bulk central tibian (bcT) alueisiin.



KUVA 7. Lopullinen laskettu kartta lateraalikondyylin puolelta. Kuvien vieressä ruston relaksaatioaikoja kuvaavat asteikot. dGEMRIC- arvoissa < 400 ms: alhainen proteoglykaanipitoisuus, > 500 ms: korkea pitoisuus. T₂ -arvot 30 ms – 70 ms välillä, joissa kohonnut arvo viittaa heikentyneeseen rustoon.

Analyysiohjelman päivityksistä johtuen vanhemmissa versioissa ei ollut suoraan saatavilla bCF- arvoja, kuten seurantamittaukset suoritettulla ohjelmalla, joten alku- ja loppumittausten kyseiset arvot saatiin sille tarkoitettulla laskukaavalla (kuvio 2.). Vanhemman version tuloksista yhdistettiin neljä osaa mediaaliselta tai lateraaliselta puolelta (bulk anterior central femur deep ja superficial zone sekä bulk posterior central femur deep ja superficial zone), joista saatiin bCF-arvo.

$$T1 \text{ bulk central femur} = \frac{\sum (\text{ROI:n T1-arvo} \times \text{ROI:n pikselien määrä})}{\sum (\text{ROI:n pikselien määrä})}$$

$$T2 \text{ bulk central femur} = \frac{\sum (\text{ROI:n T2-arvo} \times \text{ROI:n pikselien määrä})}{\sum (\text{ROI:n pikselien määrä})}$$

KUVIO 2. Ruston keskiosan (bCF) laskukaava.

Arvioitsijoiden välistä toistettavuutta (inter-rater reliability) pyrittiin selvittämään vertailemalla tulosten välisiä virhemarginaaleja kahden muun arvioitsijan tuloksiin, jotka olivat suorittaneet alku- ja loppumittauksen analyysit. Toistettavuutta testattiin loppumittauksen MRI - kuvista ennen varsinaisia rustoanalyysien aloitusta ja tuloksia verrattiin omiin analyysikuviin. Tulosten perusteella mittausten toistettavuuden vaihtelu reisi-, ja sääriluun osalta oli 4-10 % variaatiokertoimena ilmaistuna (coefficient of variance, CV) ollen hyväksyttävällä tasolla (< 10%) (Atkinson & Nevill 1998). Seurantamittauksessa analysoidut kuvat olivat sokkoutettu, eikä analysointia tehdessä voinut päätellä, kuuluuko tutkittava koe- tai kontrolliryhmään.

7.3.3 KOOS –oirekysely

The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) –kyselyllä (Liite 7.) arvioitiin nivelrikosta johtuvien lyhyt- tai pitkäkestoisia toiminnallisia haittoja ja niiden esiintyvyyttä viidellä eri osa-alueella, joita ovat kipu, oireet, päivittäiset toiminnot (Activities of daily living, ADL), urheilu ja vapaa-aika (Sport and recreation, Sport/Rec) sekä elämänlaatu (Quality of life, QOL) (Roos & Lohmander 2003). Kaikkiaan 42 kysymystä sisältävän kaavakkeen osa-alueet pisteytetään asteikolla 0-100 korkeamman arvon viitatessa parempaan arvioon (Roos ym. 2011). KOOS:n on osoitettu olevan toistettava (Intra-class correlation coefficient, ICC < 0,84) ja validiteetiltaan hyvä eri osa-alueilla kuten sisältövaliditeetissa, rakennevaliditeetissa sekä muutosherkkyydessä (Garratt ym. 2004). Taulukossa 2 on nähtävissä KOOS-

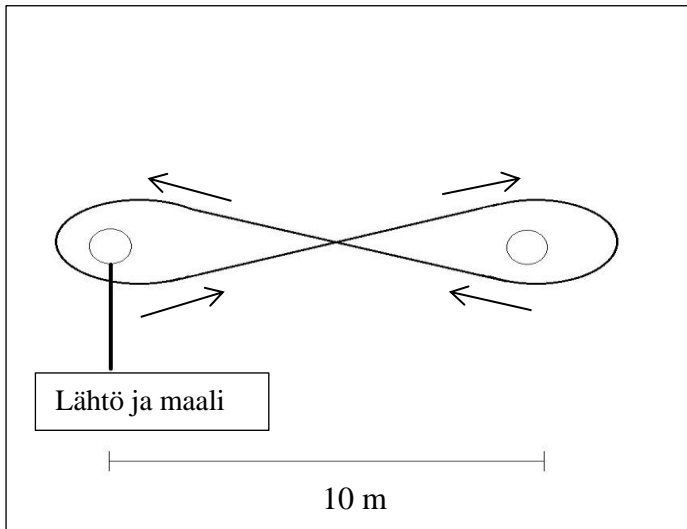
kaavakkeen pisteytys ja kysymysten lukumäärä jokaisella osa-alueella (KOOS Scoring 2012). Pisteiden tulkinnassa alhaisempi arvo viittaa heikentyneeseen itsearvioituun oireeseen tai toimintakykyyn.

TAULUKKO 2. KOOS –oirekyselyn osa-alueet, kysymysten määrä ja laskukaava (KOOS Scoring 2012).

	Kysymykset (kpl)		Laskukaava
Kipu	9	100 -	$\frac{\text{keskiarvo (K1 ; K9)} \times 100}{4}$
Oireet	7	100 -	$\frac{\text{keskiarvo (O1 ; O7)} \times 100}{4}$
Päivittäiset toiminnot	17	100 -	$\frac{\text{keskiarvo (P1 ; P17)} \times 100}{4}$
Liikunta/Vapaa-aika	5	100 -	$\frac{\text{keskiarvo (L1 ; L5)} \times 100}{4}$
Elämänlaatu	4	100 -	$\frac{\text{keskiarvo (E1 ; E4)} \times 100}{4}$

7.3.4 Dynaaminen tasapaino

Dynaamista tasapainoa mitattiin standardisoidulla figure-of-eight –kahdeksikkojuoksu-testillä, jossa testattava aloitti lähtöviivalta kiertäen kaksi kertaa radan merkit ja lopuksi ylittäen lähtö-/maaliviivan jolloin ajanotto päättyi. Kierrettävät merkit olivat 10 metrin etäisyydellä toisistaan ja mitattava liikkui itselleen luontevaa ja turvallista vauhtia radan läpi, joko kävelen tai juosten. Tulos merkittiin 0,1 sekunnin tarkkuudella mittauslomakkeelle kuten myös mahdolliset maininnat apuvälineiden käytöstä ja muista huomioitavista asioista. Testi suoritettiin kahdesti ja tuloksista analysoitiin parempi aika. Mittauksen eteneminen ja mitattavan ohjeistus liitteessä 8. Merkitty rata on kuvattu tarkemmin kuviossa 3.



KUVIO 3. Kahdeksikkojuoksu –testin rata.

Kahdeksikkojuoksu-testiä on käytetty mittarina useissa tutkimuksissa, kuten ACL-vammojen (Tegner ym. 1986) tai traumaattisten aivovaurioiden jälkeisessä fyysisen toimintakyvyn mittaussessa (Rinne ym. 2006). Testiä on myös hyödynnetty postmenopausaalisten naisten ja osteoporoosin tutkimisessa (Heinonen ym. 1996; Uusi-Rasi ym.2003). Vartiainen ym. (2006) tutkivat erilaisten fyysisten toimintakyvyn mittareiden reliabiliteettia henkilöillä joilla on todettu traumaattinen aivovaurio ja tulosten perusteella kahdeksikkojuoksu-testiä pidettiin luotettavana menetelmänä arvioida dynaamista tasapainoa (ICC 0,70 - 0,97).

7.3.5 Maksimaalinen polven ojennus- ja koukistusvoima

Polven maksimaalinen isometrisen voiman mittaaminen tapahtui siihen tarkoitettulla mittaustuolilla (Good Strength, Metitur, Suomi) (kuva 8.). Tutkittavat istuivat keskellä voimatuolia ja mittaajat säätivät mitattavan alaraajan nilkan anturin kantaluun yläpuolelle polven ollessa 60° kulmassa ja tutkittavan alaraaja sekä vartalo fiksoitiin remmien avulla tuoliin. Mittauksen eteneminen on kuvattu tarkemmin liitteessä 9. Isometrinen voimatuoli on todettu toistettavaksi menetelmäksi mittaamaan polven maksimaalista isometristä voimantuottoa (Era ym. 1994; Sipilä ym. 1996; Curb ym. 2006; Hovi ym. 2006;). Curb ym. (2006) saivat tutkimuksessaan tuloksia mittaustuolin korkeasta toistettavuuskertoimesta (reliability coefficient, rc) polven ojennusvoimassa (0,92) ja polven koukistusvoimassa (0,80).



KUVA 8. Maksimaalista polven ojennus- ja koukistusvoimaa mittaava mittaustuoli (Good Strength, Metitur, Jyväskylä).

7.3.6 Estimoitu maksimaalinen hapenottokyky

Tutkittavien hengitys- ja verenkiertoelimistön suorituskykyä testattiin kahden kilometrin kävelytestillä (UKK Instituutti, Tampere, Suomi), jonka perusteella arvioitiin epäsuorasti tutkitavan maksimaalista hapenkulutusta ($VO_2\max$). Kahden kilometrin kävelytestissä mitataan kävelyaikaa ja huomioidaan ikä, kehon painoindeksi (BMI) sekä syketaso (Laukkanen ym. 2000). Kuviossa 4 on kuvattuna $VO_2\max$ -kuntoindeksin laskukaava (Testaajan opas 2010). Kahden kilometrin kävelytesti on todettu soveltavaksi menetelmäksi arvioimaan estimoitua maksimaalista hapenottokykyä (Laukkanen ym. 1992). Testi on toistettava korrelaatiokertoimella ilmaistuna ($r = 0,69 - 0,77$) (Laukkanen ym. 1992).

Miehet

$$[(\text{kävelyaika (min)} \times 11,6)] + [(\text{kävelyaika (s)} \times 0,2)] + [(\text{syke (lyöntiä/min)} \times 0,56)] + [(\text{BMI (kg/m}^2) \times 2,6)]$$

= **summa**

$$\text{summa} - [(\text{ikä (vuosina)} \times 0,2)] = \text{erotus}$$

$$420 - \text{erotus} = \text{kuntoindeksi}$$

Naiset

$$[(\text{kävelyaika (min)} \times 8,5)] + [(\text{kävelyaika (s)} \times 0,14)] + [(\text{syke (lyöntiä/min)} \times 0,32)] + [(\text{BMI (kg/m}^2) \times 1,1)]$$

= **summa**

$$\text{summa} - [(\text{ikä (vuosina)} \times 0,4)] = \text{erotus}$$

$$304 - \text{erotus} = \text{kuntoindeksi}$$

KUVIO 4. Estimoidun maksimaalisen hapenottokyvyn kuntoindeksin laskukaava (Testaajan opas 2010).

7.3.7 Fyysinen aktiivisuus ja metabolinen ekvivalentti

Tutkittavat pitivät kirjaa liikunta-aktiivisuuden määrästä ja lähettivät ne kuukausittain Jyväskylän yliopistolle, jota ylläpidettiin harjoitusintervention (0-12 kk) ja seurannan (12-24 kk) ajan (liite 10). Liikuntapäiväkirjassa käytettiin liikunnan rasittavuuden ilmaisemiseksi kolmiportaista asteikkoa (kevyt 1, kohtalainen 2, rasittava 3), minkä avulla liikunta-aktiivisuuden määrä muutettiin metabolisen ekvivalentin (Metabolic Equivalent, MET) arvoiksi, joissa < 3 MET:iä viittaa kevyeen, 3-6 keskiraskaaseen ja > 6 raskaaseen fyysisen aktiivisuuden intensiteettiin (Pate ym. 1995). Sen jälkeen kaksi eniten harrastettua lajia ja niiden harrastettu aika laskettiin, jolloin tulokseksi saatiin metabolinen ekvivalentti tunteina (MET-hours, MET-h). Kaikki mahdolliset tyhjät arvot 24kk:n kohdalla pyrittiin täyttämään imputoimalla yksilön MET-keskiarvo edelliseltä ja seuraavalta kuukaudelta, jossa SPPS- ohjelmassa multiply – imputaatio arvioi yksilön omaa (yhtä) ja toisten arvoja suhteessa toisiinsa.

7.3.8 Tilastolliset menetelmät

Tämän tutkimuksen tilastolliseen analysointiin käytettiin IBM SPSS 22.0 –ohjelmistoa. Ryhmien välisiä eroja vertailtiin alkumittauksessa riippumattomien ryhmien t –testillä. Ryhmien välisiä eroja alku-, loppu- ja seurantamittauksessa vertailtaessa tilastollisena analyysinä on käytetty toistettujen mittausten varianssianalyysia, jossa alkumittaus toimii loppu- ja seurantamittauksen kovariaattina. dGEMRIC- arvoissa on suoritettu kehon painoindexin adjustointi ennen tilastollista analyysia, ja T_2 -arvoissa on alkumittausten lisäksi otettu kovariaatiksi tutkittavan ikä, pituus sekä paino. Kvantitatiivisen MRI:n tulosten tilastollisesti merkitsevän rajan selvittämiseksi suoritettiin Bonferroni-korjaus monimuuttuja ongelman välttämiseksi, jolloin tuloksista on mahdollista sulkea pois väärä positiivinen tyyppin 2 -virhe (Simes 1986). Korjauksen jälkeen tilastollisesti merkitseväksi rajaksi muodostui $p \leq 0,00625$. Ryhmän sisäisen muutoksen tilastollinen merkitsevyys analysoitiin verrannollisten pariin t-testillä. Fyysisen toimintakyvyn, fyysisen aktiivisuuden ja itsearvioitujen oireiden tilastollisen merkitsevyyden rajana oli $p \leq 0,05$, jonka lisäksi tuloksia tulkittiin luottamusväliä ryhmien keskiarvon välillä joka kertoo tilastollisesta merkitsevyydestä, jos nolla ei sisälly luottamusvälin sisään (Karhunen ym. 2011, 69).

8 TULOKSET

Harjoitusryhmästä keskeytti kaksi tutkittavaa intervention aikana, eikä heitä saatu useista yhteydenottoyrityksistä huolimatta tavoitettua. Seurantamittauksiin (24 kk) osallistui 61 tutkittavaa (harjoitusryhmä n=29, kontrolliryhmä n=32), jolloin tutkimuksesta poisjääneiden määrä oli 19 henkilöä (24 %). Jokaiselle tutkittavalle suoritettiin MRI –mittaukset, mutta useista tutkimukseen liittymättömistä syistä tutkittaville ei saatu tehtyä kaikkia muita mittauksia. Tilastolliseen analyysiin otettiin mukaan tutkittavat, joilta oli otettu magneettikuvat alku-, loppu sekä seurantamittauksissa ja tutkittavien lukumäärä oli 61, mutta itsearvioinnin, fyysisen toimintakyvyn ja fyysisen aktiivisuuden tuloksissa tutkittavien lukumäärä oli muuttuva.

8.1 Tutkittavien antropometriset ominaisuudet alkumittauksessa

Alkutilanteessa ryhmien välillä ei ollut eroa kuin tutkittavien pituudessa, jossa interventioryhmä oli hieman pidempi kuin kontrolliryhmä. Tutkittavien antropometriset ominaisuudet alkutilanteessa on kuvattu tarkemmin taulukossa (taulukko 3.).

TAULUKKO 3. Osallistujien demografisten ja kliinisten taustamuuttujien keskiarvot, keskihajonnat ja t-testin p-arvo.

	Harjoitusryhmä (n=29)	Kontrolliryhmä (n=32)	p-arvo
Ikä (vuotta)	59 (4)	60 (4)	.515
Pituus (cm)	165 (6)	162 (5)	.032
Kehon paino (kg)	72.4 (9.4)	70.0 (11.1)	.363
Kehon painoindeksi (kg/m ²)	26.6 (2.7)	26.9 (4.0)	.794
Kellgren Lawrence luokka, n (%)			.993
Luokka 1	10 (34.5)	11 (34.4)	
Luokka 2	19 (65.5)	21 (65.6)	
Edellisellä viikolla koettu polvikipu ^b (mm)	11 (11)	9 (12)	.723
Fyysinen aktiivisuus (MET-tunnit/viikko)	19.0 (13.5)	19.9 (18.6)	.851

Kaikki arvot ovat ilmoitettu keskiarvoina (SD) tai lukumäärinä (n, %) ellei toisin mainittu.

SD=keskihajonta, MET-tunti=metabolinen ekvivalentti tuntitasolla

^bAsteikko, 0-100 mm.

8.2 Intervention sekä seurannan jälkeiset dGEMRIC- ja T₂ -arvot

Taulukossa 4. on nähtävissä harjoitus- ja kontrolliryhmien väliset muutokset dGEMRIC- ja T₂- tulosten osalta. Ryhmien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja dGEMRIC- ja T₂-arvoissa intervention tai seurannan jälkeen.

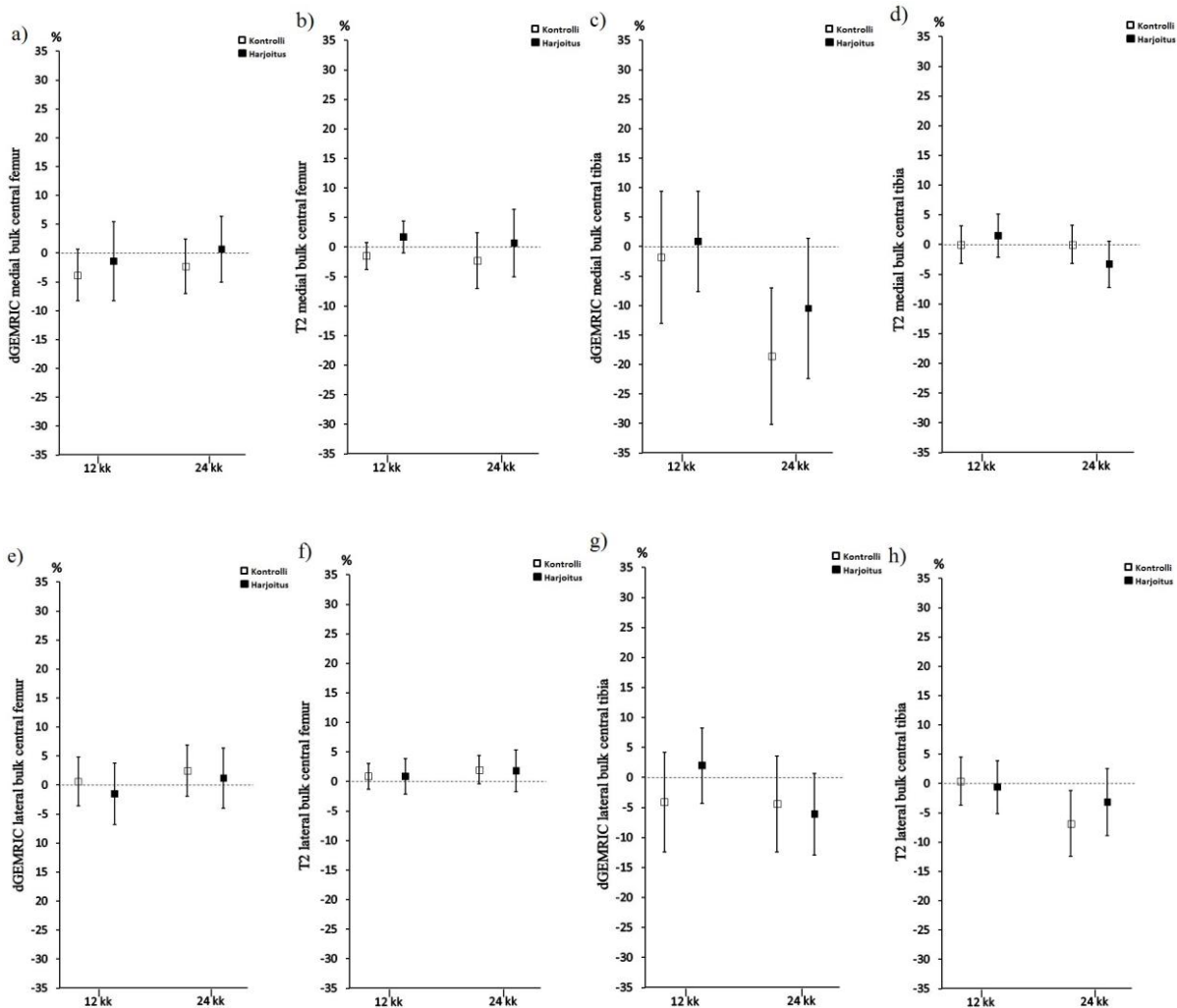
TAULUKKO 4: Femurin ja tibian sentraalisen painoa kantavan rusto-osan dGEMRIC ja T₂ indeksien keskiarvot, -hajonnat ja erot harjoitus- ja kontrolliryhmässä sekä kovarianssianalyysin tulokset loppu- ja seurantamittauksessa.

	Alkumittaus keskiarvo (SD)		Loppumittaus 12 kk, keskiarvo (SD)		Keskiarvojen ero (95%CI)	p-arvo*	Seurantamittaus 24 kk, keskiarvo (SD)		Keskiarvojen ero (95%CI)	p-arvo*
	Harjoitus (n=29)	Kontrolli (n=32)	Harjoitus (n=29)	Kontrolli (n=32)			Harjoitus (n=29)	Kontrolli (n=32)		
Femur: mediaalinen kondyyli										
dGEMRIC	443 (62)	456 (53)	443 (66)	444 (61)	6 (-24 ; 36)	.689	451 (65)	450 (57)	7 (-21 ; 36)	.614
T ₂	50.4 (4.5)	49.4 (5.0)	51.5 (5.8)	48.8 (5.8)	2.2 (0.5 ; 4.0)	.032	50.4 (4.7)	49.3 (4.2)	0.5 (-1.2 ; 2.1)	.817
Tibia: mediaalinen kondyyli										
dGEMRIC	390 (65)	412 (62)	406 (88)	424 (96)	-12 (-60 ; 36)	.610	376 (110)	363 (95)	11 (-43 ; 65)	.765
T ₂	45.5 (4.9)	45.3 (3.9)	46.5 (6.2)	45.5 (4.5)	0.5 (-1.8 ; 2.7)	.442	44.5 (4.0)	45.6 (4.4)	-1.4 (-3.5 ; 0.7)	.197
Femur: lateraalinen kondyyli										
dGEMRIC	463 (64)	462 (55)	458 (47)	468 (55)	-10 (-34 ; 13)	.381	472 (61)	477 (48)	-5 (-30 ; 20)	.700
T ₂	49.8 (4.9)	49.5 (4.1)	50.6 (6.3)	50.0 (4.0)	0.5 (-1.4 ; 2.3)	.729	50.9 (5.4)	50.4 (3.7)	0.5 (-1.6 ; 2.6)	.809
Tibia: lateraalinen kondyyli										
dGEMRIC	425 (80)	446 (81)	436 (59)	442 (89)	1 (-37 ; 38)	.977	407 (80)	432 (79)	-19 (-55 ; 17)	.301
T ₂	42.5 (7.6)	42.5 (6.5)	42.5 (7.4)	42.9 (6.2)	-0.8 (-3.4 ; 1.9)	.762	41.5 (6.7)	40.1 (5.3)	1.6 (-1.2 ; 4.4)	.316

dGEMRIC-indeksin korkeat arvot viittaavat korkeaan glykosaminoglykaanien määrään ja proteoglykaanien pitoisuuteen. Korkeat T₂-arvot viittaavat ruston rakenneseosten degeneraatioon. Arvot ilmoitettu millisekunteina. dGEMRIC= ruston viivästetty kontrastiainetehostettu magneettikuvaus, T₂= poikittainen relaxaatioaika, CI=luottamusväli, SD=keskihajonta

* Tilastollisesti merkitsevä raja $p \leq .00625$

Kontrolliryhmän tibian mediaalisen kondyylin dGEMRIC –arvot laskivat -19% ($p=0.003$) seurantamittauksen jälkeen (kuvio 5^c) ja tibian lateraalisen epikondyylin T₂-tulokset -7 % ($p=0.020$) (kuvio 5^h). Harjoitusryhmän T₂- tai dGEMRIC-arvot eivät muuttuneet intervention tai seurannan jälkeen. Rusto-osien sisäiset muutokset kaikista eri tarkasteltavista anatomisista kohdista loppu- ja seurantamittauksessa kuviossa (kuvio 5.).



KUVIO 5. dGEMRIC- ja T₂- tulosten ryhmien sisäiset muutokset prosentteina joissa ajankoh-
tina loppumittaus (12 kk) ja seurantamittaus (24 kk). ^{a)}dGEMRIC medial bCF, ^{b)}T₂ medial
bCF, ^{c)}dGEMRIC medial bcT, ^{d)}T₂ medial bcT, ^{e)}dGEMRIC lateral bCF, ^{f)}T₂ lateral bCF,
^{g)}dGEMRIC lateral bcT ja ^{h)}T₂ lateral bcT. Kuvioissa tilastollista merkitsevyyttä kuvaa luot-
tamusväli 95 %:n todennäköisyydellä.

8.3 Kliiniset oireet

Taulukossa 5. on nähtävissä KOOS -oirekyselykaavakkeella mitatut itsearvioidun kivun, oi-
reiden, päivittäisten toimintojen, urheilu/vapaa-ajan ja elämänlaadun tulokset alku-, loppu- ja
seurantamittauksessa sekä ryhmien väliset erot. Harjoitus- ja kontrolliryhmän välillä ei ollut
millään osa-alueella tilastollisesti merkitsevää eroa loppu- ja seurantamittauksessa.

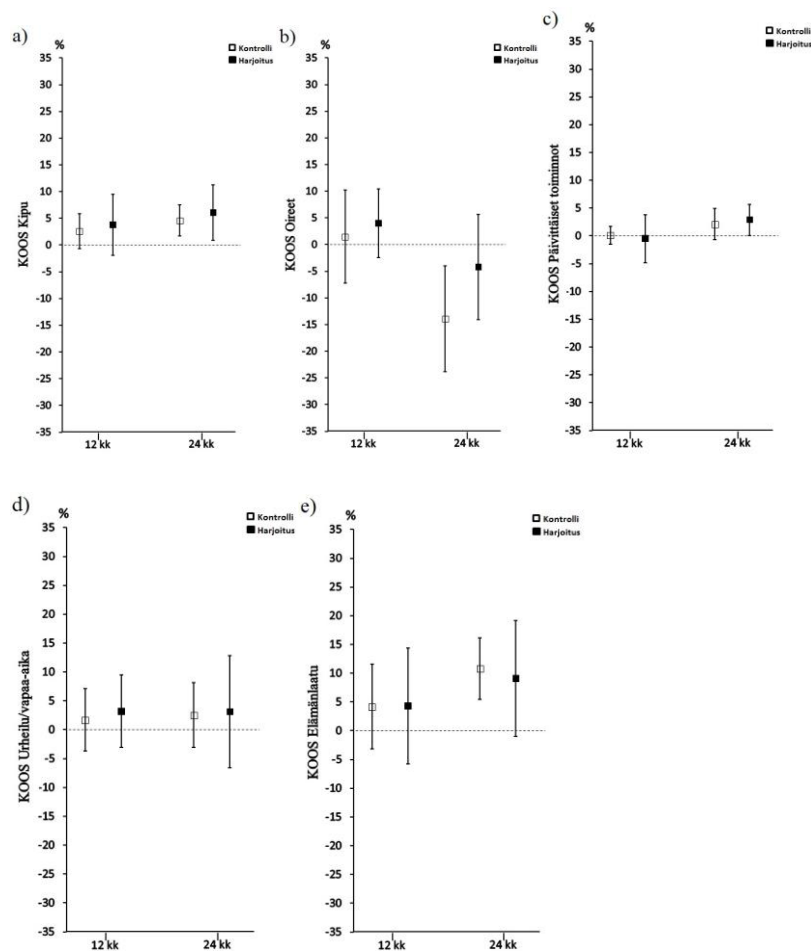
TAULUKKO 5. KOOS –oirekyselyn, fyysisen toimintakyvyn ja fyysisen aktiivisuuden keskiarvot, -hajonnat ja erot harjoitus- ja kontrolliryhmässä sekä kovarianssianalyysin tulokset loppu- ja seurantamittauksessa.

	Alkumittaus keskiarvo (SD)		Loppumittaus 12 kk keskiarvo (SD)		Keskiarvojen ero (95%CI)	p-arvo*	Seurantamittaus 24 kk keskiarvo (SD)		Keskiarvojen ero (95%CI)	p-arvo*
	Harjoitus (n=29)	Kontrolli (n=32)	Harjoitus (n=29)	Kontrolli (n=32)			Harjoitus (n=29)	Kontrolli (n=32)		
KOOS (asteikko 0-100)										
Kipu ^a	87 (11)	87 (7)	91 (9)	89 (8)	1 (-3 ; 6)	.508	92 (7)	91 (6)	0.8 (-2 ; 4)	.594
Oireet ^b	77 (11)	83 (9)	82 (11)	83 (12)	2 (-4 ; 7)	.508	77 (17)	76 (16)	3 (-5 ; 2)	.443
Päivittäiset toiminnot	93 (8)	93 (6)	93 (9)	94 (6)	-0.2 (-3 ; 3)	.900	96 (7)	95 (5)	0.4 (-2 ; 3)	.799
Liikunta/Vapaa-aika	80 (17)	78 (12)	81 (21)	81 (11)	-0.2 (-8 ; 7)	.958	84 (16)	81 (10)	2 (-4 ; 8)	.473
Elämänlaatu	77 (15)	79 (15)	83 (17)	84 (13)	0.9 (-6 ; 8)	.797	87 (16)	89 (11)	-0.8 (-7 ; 5)	.800
Fyysinen toimintakyky										
Dynaaminen tasapaino (s) ^c	17.0 (1.5)	17.4 (2.8)	16.4 (1.3)	17.2 (2.5)	-0.5 (-0.9 ; -0.1)	.016	16.6 (1.6)	17.1 (2.0)	-0.2 (-0.7 ; 0.3)	.384
Polven ojennus (N) ^d	385 (100)	423 (70)	421 (84)	394 (50)	45 (19 ; 71)	.001	385 (97)	396 (45)	15 (-20 ; 50)	.403
Polven koukistus(N) ^d	176 (55)	181 (54)	193 (44)	189 (42)	6 (-11 ; 22)	.499	189 (47)	187 (48)	5 (-17 ; 26)	.660
VO _{2max} (ml/kg/min)	29.3 (4.0)	29.0 (4.2)	30.5 (3.5)	29.3 (4.4)	1.0 (-0.1 ; 2.0)	.070	29.7 (4.5)	29.4 (4.6)	0.6 (-0.6 ; 1.8)	.342
Fyysinen aktiivisuus										
Metabolinen ekvivalentti	19 (14)	20 (19)	34 (13)	23 (15)	12 (6 ; 17)	<.001	19 (8)	23 (14)	-4 (-9 ; 2)	.209

SD=keskihajonta, KOOS = Knee and Osteoarthritis Outcome Score, CI = luottamusväli, VO_{2max} = estimoitu maksimaalinen hapenotto- ja hapenottokyky, ^aKorkea arvo viittaa alhaisempaan kipuun, ^bKorkea arvo viittaa vähäisempiin oireisiin, ^cAlhaisempi arvo viittaa parempaan tasapainoon, ^dAffektoituneen jalan keskiarvo, paras yritys kolmesta suorituksesta

*Tilastollisesti merkitsevä raja $p \leq .05$

Harjoitusryhmän polvikipu laski 6 % ($p=0.023$) ja kontrolliryhmän 5 % ($p=0.003$) (kuvio 6^a). Tämän lisäksi harjoitusryhmän päivittäiset toiminnot nousi 3 % ($p=0.044$) (kuvio 6^c). Kontrolliryhmän polvikipuun liittyvä elämänlaatu nousi 11 % ($p= <0.001$) (kuvio 6^e), mutta oireet laski 14 % ($p=0.008$) (kuvio 6^b) viitaten mahdollisiin lisääntyneisiin oireisiin. Ryhmien sisäiset muutokset on kuvattu tarkemmin kuviossa (kuvio 6.).

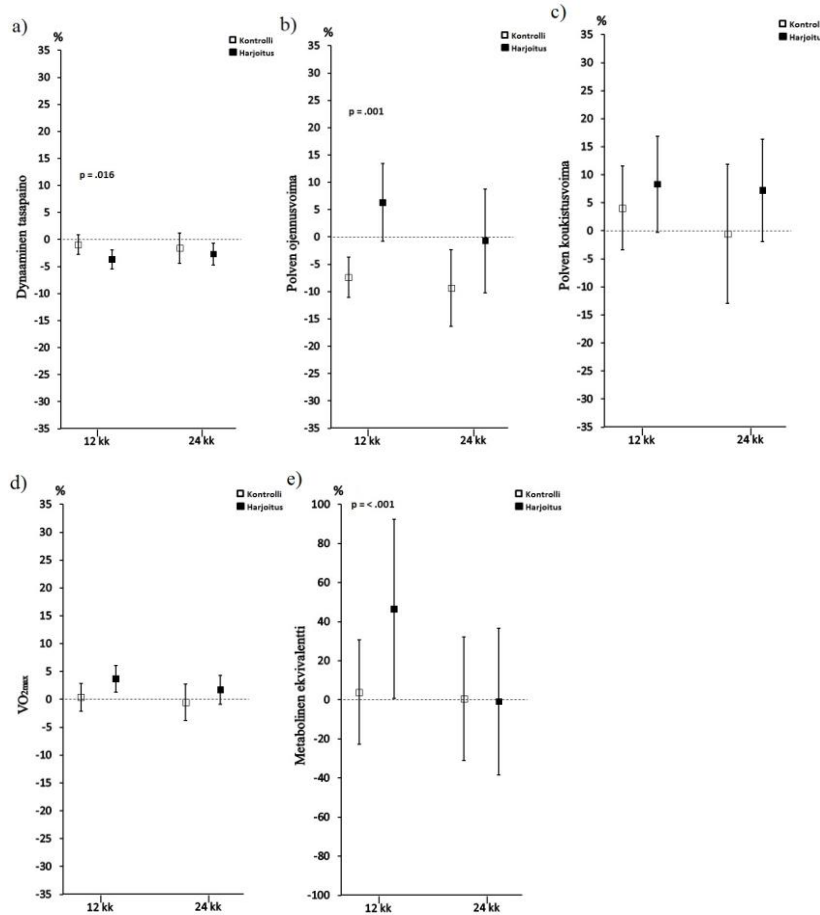


KUVIO 6. KOOS -oirekyselykaavakkeen ryhmien sisäiset muutokset prosentteina, joissa ajankohtina loppumittaus (12 kk) ja seurantamittaus (24 kk). ^a)kipu ^b)oireet, ^c)päivittäiset toiminnot, ^d)urheilu ja vapaa-aika ja ^e)elämänlaatu. Kuvioissa tilastollista merkitsevyyttä kuvaa luottamusväli 95 %:n todennäköisyydellä.

8.4 Fyysinen toimintakyky ja aktiivisuus

Harjoitteluryhmän dynaaminen tasapaino parani 5 % enemmän kuin kontrolliryhmän ($p=0.016$) ja harjoitteluryhmän affektoituneen polven maksimaalinen ojennusvoima parani 9 % kontrolliryhmään verrattuna ($p=0.001$). Harjoitusryhmän metabolisen ekvivalentin arvo parani 64 % enemmän kuin kontrolliryhmän ($p=<0.001$). Seurantamittauksissa ryhmien väli-

set erot olivat hävinneet (taulukko 5.) Harjoitusryhmän sisällä dynaaminen tasapaino nousi seurantamittauksessa 3 % ($p=0.010$) (kuvio 7^a). Kontrolliryhmässä polven maksimaalinen ojennusvoima laski seurannassa 9 % ($p=0.011$) (kuvio 7^b). Ryhmien sisäiset muutokset on kuvattu tarkemmin kuviossa (kuvio 7.).



KUVIO 7. Fyysisen toimintakyvyn ja aktiivisuuden tulokset sekä ryhmien sisäiset muutokset prosentteina, joissa ajankohtina alkumittaus (12 kk) ja loppumittaus (24 kk). ^{a)}dynaaminen tasapaino, ^{b)}polven isometrinen ojennusvoima, ^{c)}polven isometrinen koukistusvoima, ^{d)}estimoitu maksimaalinen hapenottookyky ja ^{e)}metabolinen ekvivalentti. Kuvioissa tilastollista merkitsevyyttä kuvaa luottamusväli 95 %:n todennäköisyydellä.

9 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa tärähdyksiä sisältävän aerobic- ja step-aerobic –harjoittelun ei havaittu aiheuttavan positiivisia tai negatiivisia muutoksia polvinivelen ruston biokemialliseen koostumukseen kontrolliryhmään verrattuna. Iskutyypinen harjoittelu paransi dynaamista tasapainoa ja polven isometristä voimaa, mutta seurantamittauksissa harjoittelun positiiviset vaikutukset olivat hävinneet. KOOS-oirekyselyssä ei havaittu eroja ryhmien välillä intervention tai seurannan jälkeen.

Useassa polven nivelrikkoa käsittelevässä kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä fyysisen aktiivisuuden sekä harjoittelun on katsottu olevan hyödyllisiä keinoja polvinivelrikkoisen kivun lieventämisessä ja toimintakyvyn paranemisessa (Pelland ym. 2004; Fransen ym. 2008; Uthman ym. 2013), ja useat tutkimukset ovat osoittaneet tärähdyksiä sisältävän harjoittelumuodon olevan hyödyllistä luuston lujuudelle sekä mineraalipitoisuudelle (Heinonen ym. 1996; Nikander ym. 2009; Sievänen 2012; Multanen ym. 2014). Sen sijaan Käypä hoito- suosituksissa nivelrikkoista kehotetaan välttämään toistuvaa impakteja aiheuttavaa liikuntaa (Polvi- ja lonkkanivelrikko 2012). Tämän tutkimuksen tulosten perusteella tärähdyksiä sisältävä harjoittelu ei näyttäisi kuitenkaan olevan rustokudokselle haitallista, eivätkä mahdolliset muutokset ilmenneet vuosi intervention päättymisestä. Vaikka harjoittelu ei myöskään aiheuttanut rustossa positiivisia muutoksia, voidaan tutkimuksesta saatuja tuloksia pitää positiivisena löydöksenä.

MRI:n avulla pystytään tekemään johtopäätöksiä rustokudoksen tilasta, jotka ovat silmin havaittavissa (makroskooppisesti), mutta rustovaurioon viittaavat muutokset ovat voineet jo tapahtua ennen makroskooppisia muutoksia. Kvantitatiivista MRI- kuvantamista (qMRI) pidetään luotettavana keinona, kun pyritään epäsuorasti arvioimaan rustokudoksen biokemiallisia muutoksia vastaavien GAG –molekyyliden määriä ja pitoisuuksia (Owman ym. 2008). GAG –molekyyliden muutosten tutkimisella saadaan tietoa matriisin aikaisista muutoksista, kun pyritään selvittämään esimerkiksi nivelrikon etenemistä (Sigurdsson ym. 2014). Tässä tutkimuksessa suoritettu mittaajien välinen toistettavuus pysyi hyväksyttävällä tasolla mahdollistaen riittävän luotettavan epäsuoran arvioinnin GAG-molekyyliden pitoisuuksista. Voidaan kuitenkin miettiä, olivatko 1.5 Teslan tarkkuudella kuvatut MRI-kuvat riittäviä kertomaan näistä muutoksista vai olisiko kuvaukseen tarvittu tarkempaa menetelmää.

Useat koiriin kohdistuneet tutkimukset, joissa rustomuutoksia on päästy tarkastelemaan suoraan, ovat osoittaneet liikkumattomuuden heikentävän ruston laatua ja GAG –molekyylien pitoisuutta, joita on kuitenkin saatu osittain palautettua fyysisen aktiivisuuden avulla (Haapala ym. 2000). Toisaalta harjoitusasteen lisääminen on osoittanut vähentävän ruston proteoglykaanipitoisuutta ja rustopinnan molekyylien kahtaistaittavuutta sekä pehmentävän kuormitusalueiden nivelrustoa (Arokoski ym. 1993; Arokoski ym. 1994; Arokoski ym. 1996). Aiemmat ihmisten rustoihin kohdistuneet epäsuorat tutkimukset ovat myös osoittaneet immobilisaation heikentävistä vaikutuksista rustokudoksen proteoglykaanipitoisuuksiin, mutta akuutin kuormituksen vaikutukset ruston biokemialliseen koostumukseen ovat edelleen epäselviä (Vanwansseele ym. 2003; Souza ym. 2010; Owman ym. 2014). Tämän tutkimuksen mukaan tärähdyksiä sisältävä ja toistuvaa akuuttia kuormitusta aiheuttava aerobic- ja step-aerobic –harjoittelu ei mahdollisesti aiheuttanut muutoksia ruston proteoglykaanipitoisuuksissa kuten ei myöskään fyysisen aktiivisuuden alentuminen ja palautuminen lähtötasolle, vaikka tutkittavien fyysisen aktiivisuuden vähenemistä ei voida verrata immobilisaation tasoon. Tulosten perusteella on siis mahdollista, että lievästi nivelrikkoisen rusto saattaa kestää toistuvia tärähdyksiä aiheuttamatta akuutteja tai myöhemmässä vaiheessa ilmeneviä muutoksia ruston biokemiallisessa koostumuksessa. Toisaalta voidaan myös edelleen pitää mahdollisena, että aerobic- ja step-aerobic –harjoittelun aiheuttama akuutti kuormitus saattaa heikentää hetkellisesti ruston koostumusta, kuten on aiemmin oletettu (Polvi- ja lonkkanivelrikko 2012). Owmanin ym. (2014) mukaan immobilisaation aiheuttamat ruston negatiiviset muutokset näkyivät viiveellä ja säilyivät vielä vuoden jälkeen mittauksesta. Tässä tutkimuksessa ryhmien välillä ei näkynyt negatiivisia tai positiivisia muutoksia vuosi liikuntaintervention lopettamisen jälkeen.

Kirjallisuuden perusteella on lievää näyttöä fyysisen aktiivisuuden mahdollisesta yhteydestä terveen polvinivelruston mukautumisesta kuormitukselle proteoglykaanien pitoisuutta lisäämällä (Roos & Dahlberg 2005; Tiderius ym. 2004; Van Ginckel ym. 2010), mutta tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voitu tehdä samankaltaisia johtopäätöksiä, koska millään ruston alueella ei näkynyt tästä viitteitä. Toisaalta tutkittavilla oli todettu lievän nivelrikon, KL 1- tai 2 –aste, joista aiempi qMRI –menetelmällä suoritettu tutkimustieto fyysisen aktiivisuuden vaikutuksista ruston muutoksiin on vähäistä ja tämän vuoksi terveen sekä lievästi nivelrikkoisen (KL 1 tai 2) tuloksia ei voi yhdistää toisiinsa. Aiemmissa tutkimuksissa ei ole havaittu lineaarista yhteyttä qMRI –parametrien ja nivelrikon vaikeusasteen kanssa (Williams ym. 2005; Stubendorff ym. 2012; Multanen ym. 2015; Casula ym. 2016). Toisaalta on myös tutkimustuloksia aiemmin vaurioituneen patellaruston alhaisemmasta T₂ –arvosta verrattuna

terveeseen (Bengtsson-Moström ym. 2015). Nämä voivat kertoa siitä, että natiivi rtg:n avulla suoritettu KL –arvio ei ole mahdollisesti riittävän tarkka menetelmä todentamaan nivelrikon astetta, ja nivelrikon etenemistä polvinivelruston biokemiallisen koostumuksen osalta ei vielä tunneta riittävästi. Lisäksi täytyy huomioida, että natiivi rtg ja MRI mittaavat eri asioita rustossa; natiivi rtg:n avulla saadaan tietoa nivelraon kaventumisesta ja ostoefyyttien esiintyvyydestä, kun taas MRI kertoo ruston paksuudesta, tilavuudesta sekä sen koostumuksesta. Myös tuloksia liikunnan vaikutuksista lievästi nivelrikkoisen polvinivelruston biokemialliseen koostumukseen on vähän.

Multasen ym. (2014) tutkimuksen mukaan 12 kuukauden tärähdyksiä sisältävä harjoitusinterventio ei ole haitallista 50-65 –vuotiaille lievistä polven nivelrikosta kärsiville postmenopausaalisille naisille, jonka mukaan polvinivelrustossa ei havaittu positiivisia eikä myöskään negatiivisia vaikutuksia. Koli ym. (2015) havaitsivat samasta tutkimusaineistosta positiivisia muutoksia patellofemoraaliruston T₂ –arvoihin. Tämän tutkimuksen tulokset olivat Multasen ym. (2014) tutkimuksen kaltaisia, jossa rustossa ei havaittu muutoksia, mutta interventio vaikutti positiivisesti harjoitusryhmän dynaamiseen tasapainoon ja polven ojennusvoimaan kontrolliryhmään verrattuna, joiden on todettu olevan yhteydessä alentamaan postmenopausaalisien naisten kaatumisesta aiheutuvien murtumien riskiä (Karinkanta ym. 2010; Babatunde ym. 2012). Nämä positiiviset muutokset hävisivät kuitenkin seurannassa. Lisäksi toisin kuin Multasen ym. (2014) tutkimuksessa, tässä tutkimuksessa interventiolla ei ollut vaikutusta harjoitusryhmän estimoituun maksimaaliseen hapenottokykyyn, mikä voi selittyä kohtalaisen suurella poisjääneiden määrällä (n=19).

Fransen ym. (2008) saivat meta-analyysissään vahvaa näyttöä polvinivelrikkoisten harjoittelun positiivisista vaikutuksista kipuun, ja keskivahvaa näyttöä fyysiseen toimintakyvyn paranemisesta, mutta molemmilla osa-alueilla saavutetut hyödyt hävisivät kuuden kuukauden kohdalla harjoittelun päättymisestä. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella on havaittavissa samanlaisia viitteitä fyysisen toimintakyvyn osalta. Vaikka seurantamittauksessa dynaamisen tasapainon kohdalla ei ollut nähtävissä eroa ryhmien välillä, voidaan ryhmien sisäistä muutosta tarkastellessa todeta, että harjoitusryhmällä loppumittauksessa saavutettu mahdollinen positiivinen muutos saattoi intervention ansiosta näkyä myös seurantamittauksessa. Samanlaisia viitteitä oli myös nähtävissä seurantamittauksessa harjoitusryhmän sisäisen muutoksen osalta itsearvioinnissa, jossa kipujen ja päivittäisten toimintojen muutokset ilmenivät positiivisessa suunnassa. Toisaalta kipujen ja elämänlaadun mahdolliset positiiviset muutokset näkyivät

myös kontrolliryhmässä, kun taas oireissa näkyi mahdollisia negatiivisia muutoksia. Ryhmien sisäiset muutokset antavat tosin aiheen vain spekulatiivisille johtopäätöksille, koska ryhmien välillä ei ensisijaisesti ollut eroa.

Ryhmien välisiä eroja tarkastelemalla interventioryhmän toteuttama harjoittelu ei lisännyt kipuja tai muita oireita kontrolliryhmään verrattuna. Kipujen muutosta ja niiden tulkintaa voi kuitenkin molemmissa ryhmissä hankaloittaa se, että lähtökohtaisesti tutkittavat olivat kohtalaisen kivuttomia. Täten niin sanottua kattoefektiä voidaan pitää mahdollisena, missä suurin osa tutkittavien tuloksista sijoittuu asteikon yläpään kattoefektin estäessä tutkittavien kivussa tapahtuvia muutosten havaitsemisen (Valkeinen ym. 2014). On siis mahdollista, että se ei pysty erottelemaan tutkittavia riittävän hyvin mittarin yläpäässä. Toisaalta on myös mahdollista, että nivelrikon varhaisessa vaiheessa olevat tutkittavat ovat olleet kivuttomia. KOOS – arvioinnin tulokset voivat myös kertoa yksilöllisten biomekaanisten tekijöiden vaikutuksesta nivelrikon oireilussa (Bennell ym. 2016), ja lisäksi yksilön mahdollisesta kyvystä mukautua sairauden etenemisen yhteydessä ilmeneville rajoituksille.

Fyysisen aktiivisuuden tason muutokset ryhmien välillä hävisivät myös 24 kuukauden kohdalla, eikä harjoitusinterventiolla näyttänyt olleen vaikutusta tutkittavien fyysisen aktiivisuuden tason lisääntymiselle esimerkiksi vaihtoehtoisilla liikuntamuodoilla. Ylipainon on todettu olevan yhteydessä polvinivelrikon esiintyvyyteen (Roos & Arden 2015), mutta tämän tutkimuksen tulosten perusteella ryhmien välillä ei ollut eroa painossa tai kehon painoindexissä alku-, loppu tai seurantamittauksessa. Ryhmien välillä oli sen sijaan eroa tutkittavien pituudessa, joka voi myös tuoda lisäkysymyksen pituuden mahdollisesta vaikutuksesta ruston ominaisuuksiin.

Tutkimuksen vahvuuksina voidaan pitää alkuperäisen tutkimuksen RCT-asetelmaa, jossa laadulliset tekijät on otettu hyvin huomioon. Tutkimus sisälsi myös pitkän seurantajakson verrattuna samasta aiheesta oleviin aiempiin tutkimuksiin. Lisäksi qMRI-analysoinnissa analysoijien välinen toistettavuus oli hyvällä tasolla ja tutkimus sisälsi ensisijaisten tulostuuttajien lisäksi useita toissijaisia muuttujia. Tutkimuksen heikkouksina voidaan pitää kohtalaisen suurta, vapaaehtoisesti seurantamittauksiin osallistuneiden pois jättäytyneiden osuutta (24%), minkä vuoksi tämän tutkimuksen otoskoko pieneni mahdollisesti heikentäen tulosten vakuuttavuutta. MRI kuvantamislaitteen tarkkuus (1.5 Tesla) ei ole välttämättä riittävän tarkka qMRI-analysointiin ja fyysisen aktiivisuuden mittaamisen olisi voinut ehkä toteuttaa objektiiv-

visemmin, kuten käyttämällä askel-, syke- tai aktiivisuusmittareita, jolloin tutkittavien tulokset olisivat saattaneet antaa tarkempaa informaatiota tutkittavien omakohtaisen arvioinnin sijaan.

Tuloksista saatuja johtopäätöksiä ei pysty vertailemaan muiden tutkimusten kanssa, koska yhtä pitkiä seurantatutkimuksia aiheesta ei ole tehty, mikä saattaa toisaalta myös nostaa tutkimuksen kliinistä painoarvoa. Fyysisestä aktiivisuudesta ja sen vaikutuksista polvinivelrustoon ja sen pysyvyyteen tarvitaan lisää pitkäkestoisia systemaattisia tutkimuksia, joissa tutkittavia olisi riittävän suuri määrä sekä otoksen tulisi olla riittävän homogeeninen, jotta johtopäätöksiä koko perusjoukosta voitaisiin suorittaa. Myös harjoittelun laatua, määrää ja tehoa tulisi miettiä tulevissa tutkimuksissa.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkimuksen perusteella lievää nivelrikkoa sairastavien 50-65 –vuotiaiden naisten 12 kuukauden yhdistetty aerobic- ja step-aerobic –harjoittelun aiheuttama kuormitus ei näyttäisi heikentävän tai vahvistavan ruston biokemiallista koostumusta kontrolliryhmään verrattuna, eivätkä muutokset näy myöskään 12 kuukauden seurannassa. Harjoittelu parantaa sen sijaan dynaamista tasapainoa ja polven maksimaalista ojennusvoimaa 12 kuukauden jälkeisessä mitauksessa, mutta ryhmien välinen ero häviää seurannassa. Harjoittelulla ei ole vaikutusta oireisiin.

LÄHTEET

- Ainsworth B., Haskell W., Whitt M., Irwin M., Swartz A., Strath S., O'Brien W., Bassett D., Schmitz K., Emplaincourt P., Jacobs D., Leon A. 2000. Compendium of physical activities: an update of activity codes and MET intensities. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 32 (9), 498-516.
- Ainsworth B., Haskell W., Hermann S., Meckes N., Bassett D., Tudor-Locke C., Greer J., Vezina J., Whitt-Glover M., Leon A. 2011. Compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 43 (8), 1575-1581.
- Arokoski J., Kiviranta I., Jurvelin J., Tammi M., Helminen H. 1993. Long-distance running causes site-dependent decrease of the cartilage glycosaminoglycan content in the knee joint of beagle dogs. *Arthritis & Rheumatism* 36, 1451-1459.
- Arokoski J., Jurvelin J., Kiviranta I., Tammi M., Helminen H. 1994. Softening of the lateral condylar articular cartilage in the canine knee joint after long distance (up to 40 km/day) running training lasting one year. *International Journal of Sports Medicine* 15, 254-260.
- Arokoski J., Hyttinen M., Lapveteläinen T., Takacs P., Kostaczky B., Modis L., Kovanen V., Helminen H. 1996. Decreased birefringence of the superficial zone collagen network in the canine knee (stifle) articular cartilage after long distance running training, detected by quantitative polarised light microscopy. *Annals of the Rheumatic Diseases* 55 (4), 253-264.
- Atkinson G. & Nevill A. 1998. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine* 26 (4), 217-238.
- Babatunde O., Forsyth J., Gidlow C. 2012. A meta-analysis of brief high-impact exercises for enhancing bone health in postmenopausal women. *Osteoporosis International* 23, 109-119.
- Bartlett R., Gratton C., Rolf C.G. 2010. *Encyclopedia of international sports studies*. 1. painos. Lontoo & New York: T&F Books.
- Baum T., Joseph G.B., Link T.M. 2013. MRI-based knee cartilage T2 measurements and focal knee lesions correlate with BMI -36 month follow-up data from the osteoarthritis initiative. *Arthritis Care & Research* 65 (1), 23-33.
- Beckwée D., Vaes P., Cnudde M., Swinnen E., Bautmans I. 2013. Osteoarthritis of the knee: Why does exercise work? A qualitative study of the literature. *Ageing Research Reviews* 12, 226-236.

- Bengtsson Moström E., Lammentausta E., Finnbogason T., Weidenhielm L., Janarv P., Tiderius C. 2015. Pre- and postcontrast T1 and T2 mapping of patellar cartilage in young adults with recurrent patellar dislocation. *Magnetic Resonance in Medicine* 74 (5), 1363-1369.
- Bennell K., Dobson F., Hinman R. 2014. Exercise in osteoarthritis: moving from prescription to adherence. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* 28, 93-117.
- Bennell K., Hinman R. 2011. A review of the clinical evidence for exercise in osteoarthritis of the hip and knee. *Journal of Science and Medicine in Sport* 14 (1), 4-9.
- Bennell K., Hall M., Hinman R. 2016. Osteoarthritis year in review 2015: rehabilitation and outcomes. *Osteoarthritis and Cartilage* 24, 58-70.
- Blagojevic M., Jinks C., Jeffery A., Jordan K.P. 2010. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage* 18 (1), 24-33.
- Buckwalter J.A. 1995. Osteoarthritis and articular cartilage use, disuse, and abuse: Experimental studies. *The Journal of Rheumatology. Supplement* 43, 13-15.
- Bush P. & Hall A. 2001. Regulatory volume decrease (RVD) by isolated and in situ bovine articular chondrocytes. *Biophysical Journal* 187, 304-314.
- Casula V., Hirvasniemi J., Lehenkari P., Ojala R., Haapea M., Saarakkala S., Lammentausta E., Nieminen M. 2016. Association between quantitative MRI and ICRS arthroscopic grading of articular cartilage. *Knee surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 24 (6), 2046-2054.
- Chaganti R., Lane N. 2011. Risk factors for incident osteoarthritis of the hip and knee. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine* 4 (3), 99-104.
- Chavhan G.B., Babyn P.S., Haacke M.E. 2009. Principles, technique, and applications of T2-based MR imaging and its special applications. *Radiographics* 29 (5), 1422-1449.
- Cleather D.J., Goodwin J.E., Bull A.M.J. 2013. Hip and knee joint loading during vertical jumping and push jerking. *Clinical Biomechanics* 28 (1), 98-103.
- Cohen S.B., Proudman S., Kivitz A.J., Burch F.X., Donohue J.P., Burstein D., Sun Y., Banfield C., Vincent M.S., Ni L., Zack D.J. 2011. A randomized, double-blind study of AMG 108 (a fully human monoclonal antibody to IL-1R1) in patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Research & Therapy* 13:R125
<http://arthritis-research.com/content/13/4/R125>
- Cotofana S., Ring-Dimitriou S., Hudelmaier M., Himmer M., Wirth W., Sängler A., Eckstein F. 2010. Effects of exercise intervention on knee morphology in middle-aged women: a

- longitudinal analysis using magnetic resonance imaging. *Cells Tissues Organs* 192 (1), 64-72.
- Curb J., Ceria-Ulep C., Rodriguez B., Grove J., Guralnik J., Willcox B., Donlon T., Masaki K., Chen R. 2006. Performance-based measures of physical function for high-function populations. *Journal of the American Geriatrics Society* 54 (5), 737-742.
- Dahlkvist N., Mayo P., Seedhom B. 1982. Forces during squatting and rising from deep squat. *Engineering in Medicine* 11 (2), 69-76.
- Eckstein F., Hudelmaier M., Putz R. 2006. The effects of exercise on human articular cartilage. *Journal of Anatomy* 208 (1), 491-512.
- Eckstein F., Lemberger B., Cratzke C., Hudelmaier M., Glaser C., Englmeier K.H., Reiser M. 2005. In vivo cartilage deformation after different types of activity and its dependence on physical training status. *Annals of the Rheumatic Diseases* 64, 291-295.
- Eckstein F., Tieschky M., Faber S., Englmeier K.H., Reiser M. 1999. Functional analysis of articular cartilage deformation, recovery and fluid flow following dynamic exercise in vivo. *Anatomy and Embryology* 200 (4), 419-424.
- Englund M. 2010. The role of biomechanics in the initiation and progression of OA of the knee. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology* 24 (1) 39-46.
- Englund M., Roos E.M., Sohmader L.S. 2003. Impact of type of meniscal tear on radiographic and symptomatic knee osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism* 48 (8) 2178-2187.
- Era P., Rantanen T., Avlund K., Gauss-Nilsson I., Heikkinen E., Schroli M., Steen B., Suominen H. 1994. Maximal isometric muscle strength and anthropometry in 75-year-old men and women in three Nordic localities. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 4, 26-31.
- Ericsson Y.B., Tjörnstrand J., Tiderius C.J., Dahlberg L.E. 2008. Relationship between cartilage glycosaminoglycan content (assessed with dGEMRIC) and OA risk factors in meniscectomized patients. *Osteoarthritis and Cartilage* 17 (5), 565-570.
- Escamilla R., Fleising G., Zheng N., Barrentine S., Wilk K., Andrews J. 1998. Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 30 (4), 556-569.
- Fransen M., McConnell S. 2008. Exercise for osteoarthritis of the knee. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 8 (4) doi:10.1002/14651858
- Furlan A.D., Pennick V., Bobardier C., van Tulder M. 2009. 2009 updated method guidelines for systematic reviews in the Cochrane Back Review Group. *Spine* 34 (18), 1929-1941.

- Fox A.J.S., Bedi A., Rodeo S. 2009. The basic science of articular cartilage. *Sports Health* 1 (6) 461-468.
- Gabay O., Hall D., Berenbaum F., Henrotin Y., Sanchez C. 2008. Osteoarthritis and obesity: experimental models. *Joint Bone Spine* 75 (6), 675-679.
- Garratt A., Brealey S., Gillespie W. 2004. Patient-assessed health instruments for the knee: a structured review. *Rheumatology* (43) 11, 1414-1423.
- Gebel K., Ding. D., Bauman A.E. 2014. Volume and intensity of physical activity in a large population-based cohort of middle-aged and older Australians: Prospective relationships with weight gain and physical function. *Preventive Medicine* 60, 131-133.
- Goldbring M. & Otero M. 2011. Inflammation in osteoarthritis. *Current Opinion in Rheumatology* 23 (5), 471-478.
- Guilak F., Erickson G., Ting-Beall H. 2002. The effects of osmotic stress on the viscoelastic and physical properties of articular chondrocytes. *Biophysical Journal*, 82, 720-727.
- Haapala J., Arokoski J., Pirttimäki J., Lyyra T., Jurvelin J., Tammi M., Helminen M.J., Kiviranta I. 2000. Incomplete restoration of immobilization induced softening of young beagle knee articular cartilage after 50-week remobilization. *International Journal of Sports Medicine* 21 (1), 76-81.
- Halonen K.S., Mononen M.E., Jurvelin J.S., Töyräs J., Salo J., Korhonen R.K. 2014. Deformation of articular cartilage during static loading of a knee joint - experimental and finite element analysis. *Journal of Biomechanics* 47 (10), 2467-2474.
- Hanna F.S., Bell R.J., Wluka A.E., Teichtahl A.J., O'Sullivan R., Cicuttini F.M. 2007. Factors affecting patella cartilage and bone in middle-aged women. *Arthritis & Rheumatism* 57 (2), 272-278.
- Hawkins M., Raven P., Snell P., Stray-Gundersen J., Levine B. 2007. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 39 (1), 103-107.
- Heinonen A., Kannus P., Sievänen H., Oja P., Pasanen M., Rinne M., Uusi-Rasi K., Vuori I. 1996. Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *The Lancet* 348, 1343-1347.
- Husu P., Paronen O., Suni J., Vasankari T. 2010. Suomalaisten fyysinen aktiivisuus ja kunto 2010. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2011:15, 2011. Viitattu 25.10.2014. <http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2011/liitteet/OKM15.pdf?lang=fi>

- Hovi L., Era P., Rautonen J., Siimes M. 2006. Impaired muscle strength in female adolescents and young adults surviving leukemia in childhood. *Cancer* 72 (1), 276-281.
- Hovis H.K., Stehling C., Souza R.B., Haugom B.D., Baum T., Nevitt M., McCulloch C., Lynch J.A., Link T.A. 2011. Physical activity is associated with Magnetic Resonance Imaging-based knee cartilage T2 measurements in asymptomatic subjects with and those without osteoarthritis risk factors. *Arthritis & Rheumatism* 63 (8), 2248-2256.
- Hunter D.J. & Felson D.T. 2006. Osteoarthritis. *British Medical Journal* 332 (18) 639-642.
- Jiang L., Tian W., Wang Y., Rong J., Bao C., Liu Y., Zhao Y., Wang C. 2012. Body mass index and susceptibility to knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Joint Bone Spine* 79 (3) 291-297.
- Jurvelin J., Nieminen M., Töyräs J., Risteli J., Laasanen M., Kontinen Y., Kiviranta I. 2008. Fysikaaliset ja kemialliset menetelmät nivelrikon varhaisessa osoittamisessa. *Duodecim* 124, 1885-96.
- Karhunen V., Rasi I., Lepola E., Muhli A., Kanninen A. 2011. IBM SPSS statistics - perusteet. Oulun Yliopisto: Uniprint, Oulu.
- Karinkanta S., Piirtola M., Sievänen H., Uusi-Rasi K., Kannus P. 2010. Physical therapy approaches to reduce fall and fracture risk among older adults. *Nature Reviews Endocrinology* 6, 396-407.
- Karlsson M.K., Nordqvist A., Karlsson C. 2008. Physical activity, muscle function, falls and fractures. *Food & Nutrition Research* 52. doi: 10.3402fnr.v52i0.1920
- Kauranen K. & Nurkka N. 2010. Biomekaniikkaa liikunnan ja terveyden ammattilaisille. 1. painos. Tampere: Tammerprint Oy.
- Kellgren J., Lawrence J. 1957. Radiological assessment of osteo-arthrits. *Annals of the Rheumatic Diseases* 16, 494-502.
- Kessler M., Glaser C., Tittel S., Reiser M., Imhoff A. 2008. Recovery of the menisci and articular cartilage of runners after cessation of exercise – Additional aspects of in vivo investigation based on 3-dimensional magnetic resonance imaging. *The American Journal of Sports Medicine* 36 (5), 966-970.
- Koli J., Multanen J., Kujala U., Häkkinen A., Nieminen M., Kautiainen H., Lammentausta E., Jämsä T., Ahola R., Selänne H., Kiviranta I., Heinonen A. 2015. Effects of exercise on patellar cartilage in women with mild knee osteoarthritis. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 47 (9), 1767-1774.
- Koos Scoring 2012. Elokuu 2012. Viitattu 4.2.2016.
<http://www.koos.nu/KOOSscoring2012.pdf>

- Koskinen S., Lunqvist A., Ristiluoma N. 2012. Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa 2011. Terveysten ja hyvinvoinnin julkaisuja 2012:68, 2012. Viitattu 25.10.2014. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-245-769-1>.
- Kurkijärvi J.E., Nissi M.J., Kiviranta I., Jurvelin J.S., Nieminen M.T. 2004. Delayed Gadolinium-Enhanced MRI of Cartilage (dGEMRIC) and T₂ characteristics of human knee articular cartilage: topographical variation and relationships to mechanical properties. *Magnetic Resonance in Medicine* 52 (1), 41-46.
- Kutzner I., Heinlein B., Graichen F., Bender A., Rohlmann A., Halder A., Beier A., Bergmann G. 2010. Loading of the knee joint during activities of daily living measured in vivo in five subjects. *Journal of Biomechanics* 43 (11), 2164-2173.
- Käypä hoito –suositus: polvi- ja lonkkanivelriikko. 2012. Suomalaisen lääkäriseura Duodecim ja Suomen ortopedia ry:n asettama työryhmä. Julkaistu 8.10.2012. Duodecim 2012.
- Laukkanen R., Kukkonen-Harjula T., Oja P., Pasanen M., Vuori I. 2000. Prediction of change in maximal power by the 2-km walk test after walking training in middle-aged adults. *International Journal of Sports Medicine* 21 (2), 113-116.
- Laukkanen R., Oja P., Ojala K., Pasanen M., Vuori I. 1992. Feasibility of a 2-km walking test for fitness assesment in a population study. *Scandinavian Journal of Social Medicine* 20 (2), 119-126.
- Laukkanen R., Oja P., Pasanen M., Vuori I. 1992. Validity of two kilometre walking test for estimating maximal aerobic power in overweight adults. *Internal Journal of Obesity an Related Metabolic Disorders* 16 (4), 263-268.
- Lawrence, R.C., Felson, D.T., Helmick C.G., Arnold L.M., Choi H., Deyo R.A., Gabriels S., Hirsch R., Hochberg M.C., Hunder G.G., Jordan J.M., Katz J.N., Kremers H.M., Wolfe F., & National Arthritis Data Workgroup 2008. Estimates of the prevalence of arthritis and other rheumatic conditions in the United States. Part II. *Arthritis and Rheumatism* 58 (1), 26-35.
- Lewis R., Asplin K.A., Bruce G., Dart C., Mobasher A., Barrett-Jolley R. 2011. The role of the membrane potential in chondrocyte volume regulation. *Journal of Cellular Physiology* 226 (11), 2979-2986.
- Li G., Park S.E., DeFrate L.E., Schutzer M.E., Ji L., Gill T.J., Rubash H.E. 2005. The cartilage thickness distribution in the tibiofemoral joint and its correlation with cartilage-to-cartilage contact. *Clinical Biomechanics* 20 (7), 736-744.
- Martín-Millán M. & Castañeda S. 2013. Estrogens, osteoarthritis and inflammation. *Joint Bone Spine* 80 (4), 368-373.

- Matzat S.J., van Tiel, J., Gold G.E., Oei E.H.G. 2013. Quantitative MRI techniques of cartilage composition, *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery* 3(3), 162-174.
- Moore K. L., Dalley A.F. 1999. *Clinically oriented anatomy*. 4. painos. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- Morrow J.R., Jackson A.W. Disch J.G., Mood D.P. 2005. *Measurement and evaluation in human performance*. 3. painos. Champaign: Human Kinetics.
- Mosher T.J., Collins C.M., Smith H.E., Moser L.E., Sivarajah R.T., Dardzinski B.J., Smith M.B. 2004. Effect of gender on in vivo cartilage magnetic resonance imaging T2 mapping. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 19 (3), 323-328.
- Mow V.C., Ratcliffe A. 1997. *Structure and function of articular cartilage and meniscus*. 2. Painos. Philadelphia: Lippincott-Raven.
- Multanen J., Heinonen A., Häkkinen A., Kautiainen H., Kujala U. 2015. Bone and cartilage characteristics in postmenopausal women with mild knee radiographic osteoarthritis and those without radiographic osteoarthritis. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions* 15 (1), 69-77.
- Multanen J., Nieminen M.T., Häkkinen A., Kujala U.M., Jämsä T., Kautiainen H., Lammentausta E., Ahola R., Selänne H., Ojala R., Kiviranta I., Heinonen A. 2014. Effects of high-impact training on bone and articular cartilage: 12-month randomized controlled quantitative MRI study. *Journal of Bone and Mineral Research* 29 (1), 192-201.
- Multanen J., Rauvala E., Lammentausta E., Ojala R. Kiviranta I., Häkkinen A., Nieminen M.T., Heinonen A. 2009. Reproducibility of imaging human knee cartilage by delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC) at 1.5 Tesla. *Osteoarthritis and Cartilage* 17 (5), 559-564.
- Muthuri S.G., McWilliams D.F., Doherty M., Zhang W. 2011. History of knee injuries and knee osteoarthritis: a meta-analysis of observational studies. *Osteoarthritis and Cartilage* 19 (11) 1286-1293.
- Mosher T.J., Liu Y., Yang Q.X., Yao J., Smith R., Dardzinski B.J., Smith M.B. 2004. Age dependency of cartilage magnetic resonance imaging T2 relaxation times in asymptomatic women. *Arthritis & Rheumatism* 50 (9), 2820-2828.
- Nagura T., Matsumoto H., Kiriya Y., Chaudari A., Andriacchi T. 2006. Tibiofemoral joint contact force in deep knee flexion and its consideration in knee osteoarthritis and joint replacement. *Journal of Applied Biomechanics* 22 (4), 305-313.
- Neame R.L., Muir K., Doherty S., Doherty M. 2004. Genetic risk of knee osteoarthritis: a sibling study. *Annals of the Rheumatic Diseases* 63 (9) 1022-1027.

- Nevitt M & Nelson D. 1996. Sex hormones and the risk of osteoarthritis in women: epidemiological evidence. *Annals of the Rheumatic Diseases* 55, 673-676.
- Nikander R., Kannus P., Dastidar P., Hannula M., Harrison L., Cervinka T., Narra N., Aktour R., Arola T., Eskola H., Soimakallio S., Heinonen A., Hyttinen J., Sievänen H. 2009. Targeted exercises against hip fragility. *Osteoporosis International* 20, 1321-1328.
- Owman H., Tiderius C.J., Ericsson Y.B., Dahlberg L.E. 2014. Long-term effect of removal of knee joint loading on cartilage quality evaluated by delayed gadolinium-enhanced magnetic resonance imaging of cartilage. *Osteoarthritis and Cartilage* 22 (7), 928-932.
- Owman H., Tiderius C.J., Neuman P., Nyquist F., Dahlberg L. 2008. Association between findings on delayed gadolinium-enhanced Magnetic Resonance Imaging of cartilage and future knee osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism* 58 (6), 1727-1730.
- Pate R., Pratt M., Blair N., Blair S., Haskell W., Macera C., Bouchard C., Buchner D., Ettinger W., Heath G., King A., Kriska A., Leon A., Bess M., Morris J., Paffenbarger R., Patrick K., Pollock M., Rippe J., Sallis J., Wilmore J. 1995. Physical activity and public health – a recommendation from the centers for disease control and prevention and the American College of Sports Medicine. *the Journal of the American Medical Association* 273 (5), 402-407.
- Pelland L., Brosseau L., Wells G., MacLeay L., Lambert J., Lamothe C. 2004. Efficacy of strengthening exercises for osteoarthritis (Part I): a meta-analysis. *Physical Therapy Reviews* 9, 77-108.
- Polvi- ja lonkkanivelriikko. 2014. Käypä hoito- suositus. Suomalaisen Lääkäriseura Duodecimin ja Käypä hoito- johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 27.10.2014. www.kaypahoito.fi
- Prieto-Alhambra D., Judge A., Javaid M., Cooper C., Diez-Perez A., Arden N. 2014. Incidence and risk factors for clinically diagnosed knee, hip and hand osteoarthritis: influences of age, gender and osteoarthritis affecting other joints. *Annals of the Rheumatic Diseases* 73 (9), 1659-1664.
- Racunica T.L., Teichtahl A.J., Wang Y., Wluka A.E., English D. R., Giles G.G., O’Sullivan R., Cicuttini F.M. 2007. Effect of physical activity on articular knee joint structure in community-based adults. *Arthritis & Rheumatism* 57 (7), 1261-1268.
- Rahmati M., Mobasheri A., Mozafari M. 2016. Inflammatory mediators in osteoarthritis: a critical review of the state-of-the-art, current prospects, and future challenges. *Bone* 85, 81-90.

- Ralphs J.R., Benjamin M. 1994. The joint capsule: structure, composition, ageing and disease. *Journal of Anatomy* 184 (3), 503-509.
- Reeves N.D., Bowling F.L. 2011. Conservative biomechanical strategies for knee osteoarthritis. *Nature Reviews Rheumatology* 7 (2), 113-122.
- Reilly D. & Martens T. 1972. Experimental analysis of the quadriceps muscle force and patellofemoral joint reaction force for various athletes. *Acta Orthopaedica Scandinavia* 43 (2) 126-137.
- Richette P., Corvol C., Bardin T. 2003. Estrogens, cartilage and osteoarthritis. *Joint Bone Spine* 70, 257-262.
- Rinne M., Pasanen M., Vartiainen M., Lehto T., Sarajuuri J., Alaranta H. 2006. Motor performance in physically well-recovered men with traumatic brain injury. *Journal of Rehabilitation Medicine* 38, 224-229.
- Roemer F.W., Zhang Y., Niu J., Lynch J.A., Crema M.D., Marra M.D., Nevitt M.C., Felson D.T., Hughes L.B., El-Khoury G.Y., Englund M., Guermazi A. 2009. Tibiofemoral joint osteoarthritis: risk factors for MR-depicted fast cartilage loss over a 30-month period in the multicenter osteoarthritis study. *Radiology* 252 (3) 772-780.
- Roos E. & Arden N. 2015. Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nature Reviews of Rheumatology*. doi:10.1038/nrrheum.2015.135
- Roos E. & Dahlberg L. 2005. Positive effects of moderate exercise on glycosaminoglycan content in knee cartilage. A four-month, randomized, controlled trial in patients at risk of osteoarthritis. *American College of Rheumatology* 52 (11), 3507-3514.
- Roos E., Engelhart L., Ranstam J., Anderson A., Irrgang J., Marx R., Tegner Y., Davis A. 2011. IRCS recommendation document: Patient-reported outcome instruments for use in patients with articular cartilage defects. *Cartilage* 2 (2), 122-136.
- Roos E., Herzog W., Block J., Bennell K. 2011. Muscle weakness, afferent sensory dysfunction and exercise in knee osteoarthritis. *Nature Reviews Rheumatology* 7, 57-63.
- Roos E & Lohmander S. 2003. The knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS): from joint injury to osteoarthritis. *Health and Quality of Life Outcomes* 1(64). doi: 10.1186/1477-7525-1-64.
- Segal N.A., Torner J., Felson D., Niu J., Sharma L., Lewis C.E., Bevitt M. 2009. The effect of thigh strength on incident radiographic and symptomatic knee osteoarthritis in the multicenter osteoarthritis (MOST) study. *Arthritis & Rheumatology* 61 (9), 1210-1217.

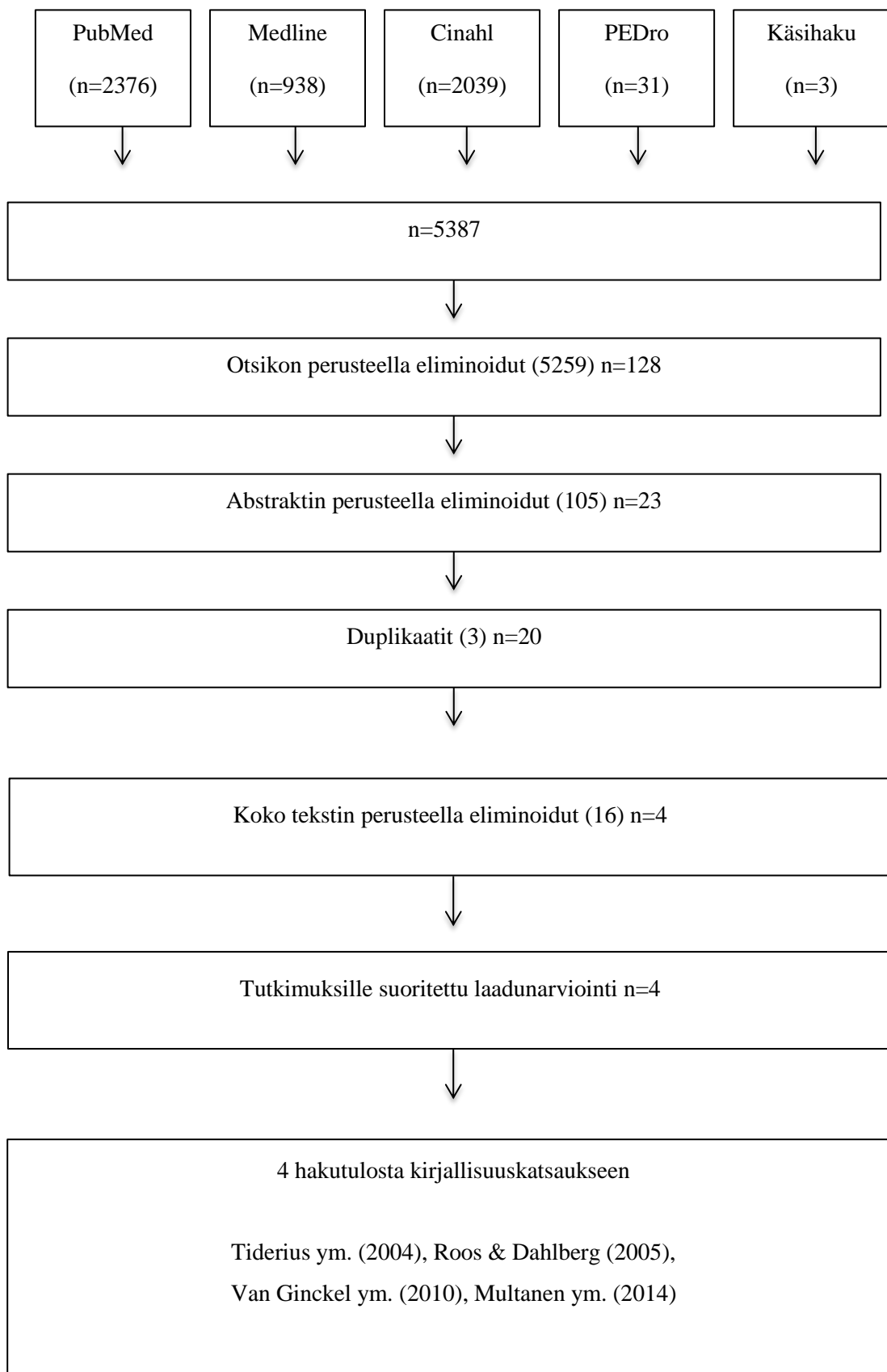
- Shelburne K. & Pandy M. 2002. A dynamic model of the knee and lower limb for simulating rising movements. *Computer Methods in Biomechanics and Biomechanical Engineering* 5 (2), 149-159.
- Sigurdsson U., Siversson C., Lammentausta E., Svensson J., Tiderius C.J., Dahlberg L.E. 2014. In vivo transport of Gd-DTPA²⁻ into human meniscus and cartilage assessed with delayed gadolinium-enhanced MRI of cartilage (dGEMRIC). *BMC Musculoskeletal Disorders* 15:226. doi: 10.1186/1471-2474-15-226.
- Sievänen H. 2012. Bone: impact loading nature's way to strengthen bone. *Nature Reviews Endocrinology* 8, 391-393.
- Simes R. 1986. An improved Bonferroni procedure for multiple tests of significance. *Biometrika* 73, 751-754.
- Sipilä S., Multanen J., Kallinen M., Era P., Suominen H. 1996. Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiologica Scandinavica* 156, 457-464.
- Siris E., Miller P., Barret-Connor E., Faulkner K., Wehren L., Abbott T., Berger M., Santora A., Sherwood L. 2001. Identification and fracture outcomes of undiagnosed low bone mineral density in postmenopausal women. *The journal of the American Medical Association*. 286 (22), 2815-2822.
- Smith S., Cockburn R., Hemmerich A., Li R., Wyss U. 2008. Tibiofemoral joint contact forces and knee kinematics during squatting. *Gait & Posture* 27 (3), 376-386.
- Solomon E., Rees T., Ukoumunne O.C., Metcalf B., Hildson M. 2013. Personal, social, and environmental correlates of physical activity in adults living in rural south-west England: a cross sectional analysis. *The International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*. 21 (10), 129-144.
- Souza R.B., Stehling S., Wyman B.T., Le Graverand H.M.P., Li X., Link T.M., Majumdar S. 2010. The effects of acute loading on T1rho and T2 relaxation times of tibiofemoral articular cartilage. *Osteoarthritis and Cartilage* 18 (12), 1557-1563.
- Sowers M., Hochberg M., Crabbe J., Munich A., Crutchfield M., Updike S. 1996. Association of bone mineral density and sex hormone levels with osteoarthritis of the hand and knee in premenopausal women. *American Journal of Epidemiology* 143, 38-47.
- Stubendorff J., Lammentausta E., Struglics A., Lindberg L., Heinegård D., Dahlberg L. 2012. Is cartilage sGAG content related to early changes in cartilage disease? Implications for interpretation of dGEMRIC. *Osteoarthritis and Cartilage* 20, 396-404.

- Sylvia L., Bernstein E., Hubbard J., Keating L., Anderson J. 2014. Practical guide to measuring physical activity. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics* 114 (2), 199-208.
- Tegner Y., Lysholm J., Lysholm M., Gillquist J. 1986. A performance test to monitor rehabilitation and evaluate anterior cruciate ligament injuries. *The American Journal of Sports Medicine* 14 (2), 156-159.
- Teichtahl A.J., Wluka A.E., Forbes A., Wang Y., English D.R., Giles G.G., Cicuttini F.M. 2009. Longitudinal effect of vigorous physical activity on patella cartilage morphology in people without clinical knee disease. *Arthritis & Rheumatism* 61 (8), 1095-1102.
- Teichtahl A.J., Wluka A.E., Wang Y., Forbes A., Davies-Tuck M.L., English D.R., Giles G.G., Cicuttini F.M. 2012. Effect of long-term vigorous physical activity on healthy adult knee cartilage. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 44 (6), 985-992.
- Teoh J.C., Low J.H., Lim B.L., Shim V.P.W., Park J., Park S.B., Park S.J., Lee T. 2013. Investigation of the biomechanical effect of variable stiffness shoe on external knee adduction moment in various dynamic exercises. *Journal of Foot and Ankle Research* 17 (6) 1, 39-47.
- Thompson P., Buchner D., Piña I., Balady G., Williams M., Bess M., Berra K., Blair S., Costa F., Franklin B., Fletcher G., Gordon N., Pate R., Rodriguez B., Yancey A., Wenger K. 2003. Exercise and physical activity in the prevention and treatment of atherosclerotic cardiovascular disease – AHA scientific statement. *Circulation* 107, 3109-3116.
- Thorp L.E., Wimmer M.A., Foucher K.C., Sumner D.R., Shakoor N., Block J.A. 2010. The biomechanical effects of focused muscle training on medial knee loads in OA of the knee: a pilot, proof of concept study. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions* 10 (2), 166-173.
- Tiderius C.J., Svensson J., Leander P., Thorsson O., Dahlberg L. 2004. dGemric (Delayed Gadolinium-Enhanced MRI of cartilage) indicates adaptive capacity of human knee cartilage. *Magnetic Resonance in Medicine* 51 (10), 286-290.
- Tiderius C.J., Olsson L.E., Leander P., Ekberg O., Dahlberg L. 2003. Delayed Gadolinium-Enhanced MRI of Cartilage (dGEMRIC) in early knee osteoarthritis. *Magnetic Resonance in Medicine* 49 (3), 488-492.
- Tiitinen A. 2008. *Vaihdevuosioreet*. *Duodecim* 124 (21), 2479-2480.
- UKK-instituutti. 2010. *Kuntoa terveydeksi: Aikuisten ALPHA-FIT terveyskuntotestistö 18-69-vuotiaille – Testaajan opas*. Viitattu 13.2.2016.
http://www.ukkinstituutti.fi/filebank/495-Alpha_testaajan_opas.pdf

- Urquhart D.M., Tobing J.F.L., Hanna F.S., Berry P., Wluka A.E., Ding C., Cicuttini F.M. 2011. What is the effect of physical activity on the knee joint? A systematic review. *Medicine and Science in Sports Exercise* 43 (3), 432-442.
- Uthman O., van der Windt D., Jordan J., Dziedzic K., Healey E., Peat G. 2013. Exercise for lower limb osteoarthritis: systematic review incorporating trial sequential analysis and network meta-analysis. *British Medical Journal*. doi:10.1136/bmj.f5555
- Uusi-Rasi K., Kannus P., Cheng S., Sievänen H., Pasanen M., Heinonen A., Nenonen A., Hälleen J., Fuerst T., Genant H., Vuori I. 2003. Effect of alendronate and exercise on bone and physical performance of postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Bone* 33, 132-143.
- Valkeinen H., Anttila H., Paltamaa J. 2014. Opas toimintakyvyn mittarin arviointiin TOI-MIA-verkossa (1.0). Viitattu 18.3.2016. <https://www.thl.fi/documents/974257/1449823>
- Van Ginckel A., Baelde N., Almqvist K.F., Roosen P., McNair P., Witvrouw E. 2010. Functional adaptation of knee cartilage in asymptomatic female novice runners compared to sedentary controls. A longitudinal analysis using delayed Gadolinium Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Cartilage (dGEMRIC). *Osteoarthritis and Cartilage* 18 (10), 1564-1569.
- Vanwanseele B., Eckstein F., Knecht H., Spaepen A., Stüssi E. 2003. Longitudinal analysis of cartilage artrophy in the knees of patients with spinal cord injury. *Arthritis & Rheumatism* 48 (12), 3377-3381.
- Vincken P.W.J., ter Braak B.P.M., van Erkel A.R., Coerkamp E.G., de Rooy T.P.W., Mallens W.M.C., Bloem J.L. 2006. Magnetic resonance imaging of the knee: a review. *Imaging Decisions MRI* 10 (1), 24-30.
- Wallis J.A., Webster K.E., Levinger P., Taylor N.F. 2013. What proportion of people with hip and knee osteoarthritis meet physical activity guidelines? A systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis and Cartilage* 21 (11), 1648-1659.
- Warburton D., Nicol C.W., Bredin S. 2006. Health benefits of physical activity: the evidence. *Canadian Medical Association Journal* 174 (6), 801-809.
- Wijsman C.A., Westendorp R., Verhagen E., Catt M., Slagboom E., de Craen A., Broekhuizen K., van Mechelen W., van Heemst D., van der Ouderaa F., Mooijaart S.p. 2013. Effects of a web-based intervention on physical activity and metabolism in older adults: randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research* 15 (11), e233. doi: 10.2196/jmir.2843

- Williams A., Sharma L., McKenzie C.A., Pottumarthi P.V., Burstein D. 2005. Delayed Gadolinium-Enhanced Magnetic Resonance Imaging of Cartilage in knee osteoarthritis: findings at different radiographic stages of disease and relationship to malalignment. *Arthritis & Rheumatism* 52 (11), 3528-3535.
- Williams A., Gillis A., McKenzie C., Po B., Sharma L., Micheli L., McKeon B., Burstein D. 2004. Glycosaminoglycan distribution in cartilage as determined by Delayed Gadolinium-Enhanced MRI of Cartilage (dGEMRIC): Potential Clinical Applications. *American Journal of Roentgenology* 182 (1), 167-172.
- Wluka A., Cicuttini F. 2000. Menopause, estrogens and arthritis. *Maturitas* 35, 183-199.
- Woollard J., Gil A., Sparto P., Kwok K., Piva S., Farrokhi S., Powers C., Fitzgerald K. 2011. Change in knee cartilage volume in individuals completing a therapeutic exercise program for knee osteoarthritis. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 41 (10), 709-722.
- World Health Organization. 2014. Chronic rheumatic conditions. Viitattu 14.11.2014. <http://www.who.int/chp/topics/rheumatic/en/>
- World Health Organization. 2015. BMI classification. Viitattu 13.11.2015. http://apps.who.int/bmi/index.jsp?introPage=intro_3.html

Systemaattinen kirjallisuushaku.



Tutkimusten laadunarviointi Furlan ym. (2004).

	Multanen ym. (2014)	Roos & Dahlberg (2005)
1. Was the method of randomization adequate?	Yes	Yes
2. Was the treatment allocation concealed?	Yes	Yes
3. Was the patient blinded to intervention?	No	No
4. Was the care provider blinded to the intervention?	No	No
5. Was the outcome assessor blinded to the intervention	Yes	Yes
6. Was the drop-out rate described and acceptable?	Yes	No
7. Were all randomized participants analyzed in the group to which they were allocated?	Yes	Yes
8. Are reports of the study free of suggestion of selective outcome reporting?	No (Yes)	No (Yes)
9. Were the groups similar at baseline regarding the most important prognostic indicators?	Yes	Yes
10. Were co-interventions avoided or similar?	Yes	Yes
11. Was the compliance acceptable in all groups?	Yes	No
12. Was the timing of the outcome assessment similar in all groups?	Yes	Yes
SCORE	10/12	8/12

Tutkimusten laadunarviointi STROBE lyhyt versio.

	Tiderius ym. (2004)	Van Ginckel ym. (2010)
METHODS		
1 Study design	Yes	Yes
2 Setting	Partially	Yes
3 Participants	Partially	Yes
3.1	No	No
4 Variables	Yes	Yes
5 Data sources/measurement	Yes	Yes
6 Bias	No	Yes
7 Study size	No	Yes
8 Quantitative variables	Yes	Yes
9 Statistical methods	Yes	Partially
9.1	Yes	No
9.2	No	No
9.3	Yes	Yes
9.4	Yes	Yes
RESULTS		
10 Participants	Yes	Yes
10.1	No	Yes
10.2	No	No
11 Descriptive data	Partially	Yes
11.1	No	No
12 Outcome data	Yes	Yes
13 Main results	Yes	Yes
13.1	Yes	Yes
13.2	No	No
Other analyses	Yes	No
SCORE	29/48	33/48

Kirjallisuuskatsauksen tutkimusten taustat ja menetelmät.

Tutkimus	Taustat	Menetelmät
Multanen ym. (2014)	Tärähdyksiä sisältävän harjoittelun vaikutukset lievästä polven nivelrikosta kärsivien postmenopausaalisten 50-65- vuotiaiden naisten polven rustokudoksen koostumuksessa ja luuston mineraalipitoisuuksissa (n=80). 12 kk kestänyt RCT- tutkimus.	dGEMRIC T ₁ & T ₂
Roos & Dahlberg (2005)	Keskiraskaan liikunnan vaikutukset polvinivelen rustokudoksen GAG- pitoisuuksiin henkilöille, joille suoritettu mediaalisen meniscin resektio 3-5- vuotta aiemmin ja korkea riski sairastua polven nivelrikkoon (n=30). 4 kk kestänyt RCT-tutkimus.	dGEMRIC T ₁
Tiderius ym. (2004)	Fyysisen aktiivisuuden vaikutukset polvinivelen rustokudoksen GAG- pitoisuuksiin aktiivisesti ja vähän liikkuvien välillä (n=37). Havainnoiva poikkileikkaustutkimus.	dGEMRIC T ₁
Van Ginckel ym. (2010)	Polvinivelen rustokudoksen GAG- pitoisuuksien muutokset oireettomilla vähän liikkuvilla 20-40- vuotiailla naisilla, joista osa osallistui 10 vk kestävään standardisoituun juoksuohjelmaan (n=19). Prospektiivinen kohorttiseurantatutkimus.	dGEMRIC T ₁

Kirjallisuuskatsauksen tutkimusten harjoitusohjelmat.

Tutkimus	Ryhmät	Harjoitusohjelma
Multanen ym. (2014)	Ryhmä 1 (n=40)	Ryhmä 1: Kokoontui 12 kk 3 kertaa viikossa. Harjoittelu koostui suunnanmuutoksia sisältävästä aerobic- ja tärähdyksiä sisältävästä step-aerobic harjoittelusta.
	Ryhmä 2 (n=40)	Ryhmä 2: Ohjattiin jatkamaan aiempaa elämäntyyliään.
Roos & Dahlberg (2005)	Ryhmä 1 (n=16)	Ryhmä 1: Kokoontui 4 kk 3 kertaa viikossa. Harjoittelu koostui lihaksia kuormittavista ja neuromuskulaarista kontrollia aktivoivista liikeharjoitteista sekä aerobisista harjoitteista.
	Ryhmä 2 (n=14)	Ryhmä 2: Ohjattiin jatkamaan aiempaa elämäntyyliään.
Tiderius ym. (2004)	Ryhmä 1 (n=12)	Ryhmä 1: Vähän tai ei lainkaan liikkuvia
	Ryhmä 2 (n=16)	Ryhmä 2: Keskiraskaita fyysisiä harjoitteita vähintään 2x/vko
	Ryhmä 3 (n=9)	Ryhmä 3: Miespuolisia yleisurheilijoita, jotka juoksivat keskimäärin 90 km/vko
Van Ginckel ym. (2010)	Ryhmä 1 (n=9)	Ryhmä 1: Harjoitteli 10 viikkoa standardisoidun Start To Run (STR) ohjelman mukaisesti tavoitteena, että jakson jälkeen jokainen juoksisi yhtäjaksoisesti 5 km.
	Ryhmä 2 (n=10)	Ryhmä 2: Ohjattiin jatkamaan aiempaa elämäntyyliään.

Tutkimusten keskeiset tulokset*

Tutkimus	dGEMRIC(T ₁)	T ₂	Muut keskeiset tulokset
Multanen ym. (2014)	Ryhmä 1: ↔	↔	Ryhmä 1: Alaraajan isometrinen ojennusvoima +11% Dynaaminen tasapaino +3% Aerobinen kunto +4% Luuston mineraalipitoisuus ↑
	Ryhmä 2: ↔	↔	
Roos & Dahlberg (2005)	Ryhmä 1: +15.00 ± 54 _a ↑	-	Ryhmä 1: Yhden jalan ponnistusvoima ↑ (17 ± 10 cm)
	Ryhmä 2: -15.00 ± 32 _a ↓	-	
Tiderius ym. (2004)	Ryhmä 1: 382 ± 33 _a	-	Jokaisessa (n=37) T1- relaksaatioaika pidempi lateraalisessa kuin mediaalisessa osassa
	Ryhmä 2: 424 ± 22 _a	-	
	Ryhmä 3: 476 ± 36 _a	-	
Van Ginckel ym. (2010)	Ryhmä 1: +11.66 (-25.29, 44.43) _b ↑	-	Tutkittavien dGEMRIC arvo erosi merkittävästi riippuen fyy- sisen aktiivisuuden muutoksesta
	Ryhmä 2: -9.56 (-29.55, 5.83) _b ↓	-	

*Taulukossa esitetyt lukemat ovat tilastollisesti merkitseviä ($p \leq 0.05$)

_a T₁ ms, keskiarvo ± keskihajonta (mean ± SD)

_b T₁ ms, 95%:n luottamusvälillä (CI)

↑ pidentynyt relaksaatioaika (ms), muut keskeiset tulokset: parantunut

↔ ei merkitsevää muutosta relaksaatioajoissa (ms)

↓ lyhentynyt relaksaatioaika (ms)

KOOS-KYSELYLOMAKE**OHJEITA TUTKITTAVALLE**

Tämä lomake sisältää kysymyksiä siitä, millaiseksi koet polvesi. Vastaa kysymyksiin ympyröimällä vaihtoehto, joka parhaiten vastaa omaa tilannettasi (yksi vaihtoehto joka kysymyksestä). Jos olet tilanteesta epävarma, ympyröi vaihtoehto, mikä mielestäsi tuntuu oikealta.

Kipu

K1. Kuinka usein polvessasi on kipua?

1. Ei koskaan
2. Kuukausittain
3. Viikoittain
4. Päivittäin
5. Jatkuvasti

Missä määrin tunsit kipua viime viikolla, kun...?

K2. Polvi vääntyi tai kiertyi

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K3. Oikaisit polven täysin suoraksi

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K4. Koukistit polven täysin koukkuun

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K5. Kävelit tasaisella lattialla

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K6. Kuljit portaita ylös tai alas

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K7. Olit yöllä vuoteessa

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K8. Olit istumassa tai pitkällään

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

K9. Seisoit

1. Ei kipua
2. Lievää
3. Kohtalaista
4. Kovaa
5. Erittäin kovaa

Oireet*O1. Kuinka jäykkä polvesi on aamulla herättyäsi?*

1. Ei lainkaan
2. Hieman jäykkä
3. Kohtalaisen jäykkä
4. Hyvin jäykkä
5. Erittäin jäykkä

O2. Kuinka jäykkä polvesi on istuttuasi, oltuasi makuulla tai levätyäsi päivällä?

1. Ei lainkaan
2. Hieman jäykkä
3. Kohtalaisen jäykkä
4. Hyvin jäykkä
5. Erittäin jäykkä

O3. Onko polvessasi turvotusta?

1. Ei koskaan
2. Harvoin
3. Joskus
4. Usein
5. Aina

O4. Tunnetko rahinaa, kuuletko napsumista tai muun tyyppisiä ääniä polven liikkeessä?

1. Ei koskaan
2. Harvoin
3. Joskus
4. Usein
5. Aina

O5. Jumiutuuko tai juuttuuko polvesi liikkuessasi?

1. Ei koskaan
2. Harvoin
3. Joskus
4. Usein
5. Aina

O6. Pystytkö ojentamaan polvesi täysin suoraksi?

1. Aina
2. Usein
3. Joskus
4. Harvoin
5. En koskaan

O7. Pystytkö taivuttamaan polvesi täysin koukkuun?

1. Aina
2. Usein
3. Joskus
4. Harvoin
5. En koskaan

Päivittäiset toiminnot

Onko sinulla ollut vaikeuksia viime viikolla...?

P1. Portaitten kulkemisessa alaspäin

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P2. Portaitten kulkemisessa ylöspäin

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P3. Noustessasi tuolista seisomaan

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P4. Seistessäsi

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P5. Kumartuessasi poimimaan tavaraa lattialta

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P6. Kävellessäsi tasaisella alustalla

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P7. Mennessäsi autoon / noustessasi autosta

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P8. Käydessäsi ostoksilla

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P9. Pukiessasi sukkia / sukkahousuja

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P10. Noustessasi vuoteesta

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P11. Riisuessasi sukkia / sukkahousuja

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P12. Maatessasi vuoteessa (kääntyessä, pitäessä polvea paikallaan)

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P13. Mennessäsi kylpyammeeseen / suihkuun tai poistuessasi sieltä

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P14. Istuessasi

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P15. Istuutuessasi WC-istuimelle tai noustessasi siltä pois

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P16. Raskaita kotitöitä suorittaessasi (lumenluonti, lattioiden pesu jne.)

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

P17. Kevyitä kotitöitä suorittaessasi (ruoanlaitto, pölyjen pyyhkiminen jne.)

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

Liikunta ja vapaa-ajan harrastukset

Onko sinulla ollut vaikeuksia seuraavissa toiminnoissa viime viikolla...?

L1. Kyykistyessäsi

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

L2. Juostessasi

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

L3. Hyppiessäsi

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

L4. Kääntyessäsi / kiertyessäsi vammautuneen polven varassa

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

L5. Polvistuessasi

1. Ei lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Hyvin paljon

Elämänlaatu*E1. Kuinka usein ajattelet polviongelmaasi?*

1. En koskaan
2. Kuukausittain
3. Viikkottain
4. Päivittäin
5. Aina

E2. Oletko muuttanut elämäntyyliäsi välttääksesi mahdollisia polvelle vahingollisia toimintoja?

1. En lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Erittäin paljon

E3. Kuinka paljon ongelmia tuottaa se, että et täysin luottaa polvesi toimintaan?

1. En lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Erittäin paljon

E4. Kuinka paljon hankaluutta polvesi aiheuttaa yleisesti ottaen?

1. En lainkaan
2. Vähän
3. Kohtalaisesti
4. Paljon
5. Erittäin paljon

(Roos et al. Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) – Development of a Self-Administered Outcome Score. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 1998;78(2);88-96).

KAHDESIKKOJUOKSU

Tarvittava välineistö:

- sekuntikello tai valokennot (0,1 sek tarkkuus)
- 14-16 metrin pituinen tila, jossa testi voidaan tehdä. Lattiaan tehdään kaksi merkintää esim. teippauksin 10 metrin päähän toisistaan sekä yksi yhteinen lähtö- ja maaliviiva toisen lattia-merkin kohdalle.

Mittauksen suoritusohje:

Ennen suoritusta mitattavalle selvitetään mittauksen kulku. Hän opettelee suorituksen tekemällä sen ilman ajanottoa. Mitattava käyttää tavallisia kenkiään ja tarvittaessa omaa liikkumisen apuvälinettään. Mittaaja ei auta mitattavaa fyysisesti suorituksen aikana.

Ennen suoritusta mitattava seisoo toisen lähtöviivan kohdalla. Mittaajan antaessa lähtömerkin (”valmiina, lähde”) mitattava lähtee kävelemään tai juoksemaan kahdeksikon muotoista rataa itselleen luontevaa ja turvallista vauhtia kymmenen metrin päähän merkityn merkin ympäri, kävelee tai juoksee takaisin ja kiertää lähtöviivan yli. Sekuntikello käynnistetään ”lähde” -käskystä ja pysäytetään kun mitattava on ylittänyt lähtöviivan.

OHJEISTUS:

” Lähtömerkin saatuaasi kävele mahdollisimman ripeästi tai juokse kahdeksikon muodossa kahden lattiassa olevan merkin ympäri turvallisuuttasi vaarantamatta Voit aloittaa ”Nyt”.”

Tuloksen kirjaaminen:

Merkitään mittauslomakkeelle kävelyyn käytetty aika 0,1 sekunnin tarkkuudella. Apuvälineen käytöstä ja muista huomioitavista seikoista tehdään merkintä mittauslomakkeelle.

LURU-TUTKIMUKSEN VOIMAMITTAUKSET

Ennen testipäivän alkua voimamittauslaitteisto on kalibroitava (jos laite ei ole valmiiksi päällä). Vahvistin käynnistetään vähintään 20 min ennen kalibroitua. Kalibrointi tapahtuu puristusvoimassa kiinnittämällä anturi tuolin sivuun ja ripustamalla siihen 15 kg:n paino. Kaikissa mittauksissa hyväksyttävänä tasona pidetään 148–152 Newtonia. Polven ojennus ja koukistusvoimanmittari kalibroidaan kiinnittämällä anturi alaspäin käsinojaan ja kiinnittämällä paino siihen. 0-taso tarkastetaan kalibroitua ennen ja sen jälkeen ja tarvittaessa sitä säädetään laitteen takana olevasta ruuvista.

Ohjeessa lihavoidut lauseet sanotaan samanlaisina kaikille tutkittaville.

Valmistelu:

- Aloittava alaraaja arvotaan etukäteen
- Tutkittavalta pyydetään mukana kulkevat laput joista löytyy henkilön nimi, pituus ja paino. Samaan lappuun kirjataan testien aikaiset erityishuomiot, esim. lihaskipu yms ja merkitään rasti tehdyistä mittauksista.

Ohjaus mitattavan saapuessa:

- Tarkistetaan ensin dominoiva puoli kysymällä: **Oletteko oikea- vai vasenkätinen? Tässä mittauspisteessä suoritetaan kaksi erilaista mittausta.** (näytetään kädellä mittauspisteet) **Selitän näistä kohta enemmän.**
- **Testit tehdään ilman kenkiä, voisitteko ottaa kengät pois?**

ISOMETRINEN LIHASVOIMA (uudempi voimapenkki + Good Strength-ohjelmisto):

POLVEN OJENNUSVOIMA:

- Seuraavaksi mitataan polven ojennusvoima molemmista alaraajoista
 - o Tutkittava siirtyy istumaan keskelle voimatuolia
 - o Käännetään laite kanavalle 3 (muista myös napsauttaa pieni ”vipu” kohtaan 3) ja tarkastetaan 0-taso
 - o Säädetään jalan nilkka-anturin paikka (mitta-anturin alalaita kantaluun yläpuolella)
 - o säädetään jalan polvikulma 60° (tarkistetaan kulmamitalla) ja kiinnitetään jalka remmillä
 - o tutkittava kiinnittää lantiovyön ja reisivyön vartalon fiksoimiseksi
 - o tutkittava voi varovasti koittaa polven ojennusta, tehdään tarvittaessa lisäsäätöjä
 - o asetukset kirjataan sekä ohjelmaan että paperilomakkeelle
- Parin minuutin lepo, jonka aikana valitaan mittaustyyppi (POLVEN OJENNUS OIKEA/VASEN), valitaan uusi mittausta (measurement, new), mittaustyyppi MAX 4, merkitään voimapenkin säädöt tietokoneelle ja lomakkeeseen.
 - o Suoritusohjeet: **Seuraavaksi mitataan polven ojennusvoimaa. Tarkoitus on ojentaa polvea suoraksi vaikka jalka ei liikukaan mihinkään. Kädet ovat sylissä ja selkä pidetään kiinni selkänojassa. Toinen jalka ja muu vartalo pysyvät mahdollisimman rentona. Lähtömerkkinä ovat jälleen sanat VALMIINA – NYT! NYT komennon saatuanne ojentakaa polveanne mahdollisimman nopeasti ja voimakkaasti, kannustan teitä suorituksen**

aikana. Jatkaa suoritusta kunnes sanon RIITTÄÄ, sen jälkeen voitte lopettaa. Tehdään ensin kaksi harjoitus suoritusta.

- harjoitellaan 3 kertaa (kevyesti, noin puolella teholla, mahdollisimman lujaa) ja yhden kerran käskytyksen kanssa kuten mitataan
- noin puolen minuutin tauko
- Ohjeistus: **Nyt aloitetaan varsinaiset mittaukset, mitataan 4 suoritusta joiden välissä on 30s tauko tai niin kauan kun tulokset paranevat. Lähtömerkkinä ovat siis sanat VALMIINA – NYT! Ojentakaa polvea heti ensimmäisestä suorituksesta lähtien mahdollisimman nopeasti ja voimakkaasti. Oletteko valmis aloittamaan suoritukset?**
- Mittaaja asettuu voimapenkin viereen ja tutkittava näkee tietokoneen näytön. Mitattavalle kerrotaan että hänen tulee kuunnella mittaajan SANALLISTA ohjausta, näytöstä ei tarvitse välittää. Suoritusten välillä mitattaville voidaan antaa näköpalautetta voimantuottokäyrältä suoritusten laadusta. Jos suoritus ei ole toivotunlainen (nopea ja voimakas) annetaan myös verbaalinen suoritusohje.
 - Aloitetaan mittaukset, kone ohjaa 4 maksimisuoritusta, 30 s lepo suoritusten välissä
 - Mittauksia jatketaan kunnes tulos EI ENÄÄ PARANE, mahdollisissa jatkomittauksissa käytetään protokollaa MAX JATKO 2
 - tulokset tallennetaan sekä tietokoneelle että lomakkeelle (tulokset vahvistemesta), tulostetaan koneelta mittaustulokset

POLVEN KOUKISTUSVOIMA

Samalle alaraajalle suoritetaan polvenkoukistusvoiman mittaus. Mittaus suoritetaan samaan tapaan kuin polven ojennusvoima mittaus (sama alkuasento, harjoittelu ja mittaus). Erona on ohjeistus polven koukistussuuntaan. Vahvistin käännetään kanavalle 2 (muista myös napsauttaa pieni ”vipu” kohtaan 2).

- Toistetaan polven ojennus- ja koukistusvoiman mittaukset toiselle jalalle

Mittauspäivän päätteeksi tulokset muutetaan taulukko muotoon Import Wizardilla ja näistä Import-tiedostoista varmuuskopiot tietokoneen kovalevyille ja muistitikulle. Tulosten exportaus tapahtuu avaamalla yhden tutkittavan tulokset ja käynnistämällä start.

Liikuntalajien harrastus: Helmikuu 2010 (Vaihe I – seuranta - K)

Tutkimukseen osallistuvan nimi : _____

Merkittäkää alla olevaan taulukkoon rastilla X-sarakkeeseen ne **liikuntalajit**, joita **harrastitte viimeksi kuluneen kuukauden aikana säännöllisesti, vähintään kerran viikossa ja ainakin 20 minuuttia kerrallaan**. Ilmoittakaa lisäksi **miten usein** (1-7 kertaa viikossa) harrastitte sekä **miten rasittavaa** (kevyt*, kohtalainen**, rasittava***) ja miten pitkä (minuuttia) suorituksenne tavallisesti oli.

* kevyt = ei hikoilua eikä hengityksen kiihtymistä

** kohtalainen = jonkin verran hikoilua tai hengityksen kiihtymistä

*** rasittava = voimakasta hikoilua tai hengityksen kiihtymistä

X	= Liikuntalaji, jota harrastin	Miten usein? (krt/vko)	Miten rasittavaa? (kevyt, kohtalainen, rasittava)	Miten kauan? (minuuttia)
	Hölkä tai juoksu			
	Suunnistus			
	Maastohiihto			
	Pyöräily			
	Kuntokävely			
	Sauvakävely			
	Golf			
	Uinti			
	Soutu/ melonta/ kanoottiretkeily			
	Kuntosaliharjoittelu/ kuntopiiri			
	Kotivoimistelu/ -jumppa			
	Ohjattu kuntojumppa/ aerobic			
	Tanssi eri muodoissaan			
	Vesivoimistelu			
	Venyttely			
	Jooga/ Tai-Chi			
	Sulkapallo			
	Tennis			
	Laskettelu			
	Ratsastus			
	Jokin muu laji, mikä? _____			

Juhanin ja Jarmon ”konsensus” MET-arvoista.

Arviot perustuvat Ainsworth et al. Compendium of Physical Activities: an update of activity codes and MET intensities, Med Sci Sports Exerc Vol. 32, No 9 Suppl., pp. S498-S516 koosteseen. Arvioinneissa huomioitu LuRu-kohderyhmän kuntotaso (50-65 –vuotiaat naiset). Pyrimme myös katsomaan, että arvot olisivat linjassa toistensa kanssa (esim. kävely vs. hiihto vs. aerobic jne.).

LuRussa MET-arvo määritettiin eniten harrastetun lajin (”laji 1”) mukaan. MET-aika laskettiin kahden eniten harrastetun lajin mukaan (tai yhden mukaan jos oli vain 1 laji).

Liikuntalaji	kevyt	kohtalainen	rasittava
1.hölkä tai juoksu	6	7	8
2. suunnistus	6	8	10
3. maastohiihto	6	8	9
4. pyöräily	5	7	9
5. kuntokävely	3	4,5	5
6. sauvakävely	3	4,5	6
7. golf	3	4,5	5,5
8. uinti	4	6	8
9. soutu/melonta/kanoottiretkely	3,5	5	7
10. kuntosaliharjoittelu/kuntopiiri	5	7	9
11. kotivoimistelu/ -jumppa	4	5,5	7
12. ohjattu kuntojumppa/aerobic	5	6,5	8
13. tanssi eri muodoissaan	3	4,5	6
14. vesivoimistelu	3	4,5	6
15. venyttely	2	2,5	3
16. jooga/tai-chi	3	4	5
17. sulkapallo	3	4,5	6
18. tennis	5	6	7
19. laskettelu	3,5	5	6,5
20. ratsastus	2,5	4	6,5
21. muu vapaa-ajan toiminta*	3,5	5	6

* hyötyliikunta (=kevyt), raskaahkot kotityöt (=kohtalainen), raskaahkot pihatyöt (=kohtalainen), useita eri aktiviteetteja (=kevyt), määrittelymätön (=kevyt)

TUTKIMUKSEEN OSALLISTUVAN SUOSTUMUS

Fyysisen aktiivisuuden vaikutus rustoon, luustoon, toimintakykyyn ja elämänlaatuun lievää polven nivelrikkoa sairastavilla 52 – 65-vuotiailla naisilla

Olen saanut sekä kirjallista että suullista tietoa polven nivelrikon liikuntatutkimuksesta ja mahdollisuuden esittää siitä tutkijoille kysymyksiä.

Ymmärrän, että tutkimukseen osallistuminen on vapaaehtoista ja että minulla on oikeus kieltäytyä siitä milloin tahansa syytä ilmoittamatta. Ymmärrän myös, että tiedot käsitellään luottamuksellisesti.

Jyväskylässä _____.____.2008

Suostun osallistumaan tutkimukseen:

Suostumuksen vastaanottaja:

tutkimushenkilön allekirjoitus

allekirjoitus

nimenselvennys

nimenselvennys

tutkimushenkilön henkilötunnus

osoite

puhelin josta päivisin tavoittaa