

**POLVINIVELLEN LIIKE SEKÄ PAINONJAKAUTUMINEN ALARAAJOJEN
VÄLILLÄ POLVEN TEKONIVELKUNTOUTUKSEEN KEHITETTYJEN
LIIKEOHJATTUJEN PELIEN AIKANA**

Taavi Punsár

Fysioterapian pro gradu -tutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Syksy 2020

TIIVISTELMÄ

Punsár, T. 2020. Polvinivelen liike sekä painon jakautuminen alaraajojen välillä polven tekonivelkuntoutukseen kehitettyjen liikeohjattujen pelien aikana, Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 45 s, 4 liitettä.

Polvinivelrikko on yksi maailman yleisin nivelsairaus ja se koskettaa erityisesti ikääntynyttä väestönosaa. Polven tekonivelleikkauksen jälkeinen kuntoutus on vaihtelevaa, mutta yleisimmin se keskittyy polvinivelen liikelaajuuden kasvattamiseen sekä reiden etuosan lihaksiston voiman lisäämiseen. Perinteisten paperille painettujen ohjeiden sijaan kotiharjoittelu voidaan toteuttaa tai sitä voidaan täydentää erilaisia kuntoutuspelejä pelaamalla. Kuntoutuspelien vaikuttavuudesta on kuitenkin ristiriitaista tietoa, eikä vaikuttavuustutkimuksissa ole tarkasti otettu huomioon kuntoutuspelin aikaansaamaa liikettä ja harjoitusta, kun niitä verrataan tavanomaiseen harjoitteluun.

Tämän tutkielman tarkoituksena on tuottaa tietoa kuntoutukseen kehitetyistä peleistä. Tavoitteena on selvittää polven tekonivelkuntoutukseen kehitettyjen pelien aikana tapahtuva liike polvinivelen näkökulmasta (Squat pong ja Pick up -pelit) sekä painon jakautuminen alaraajojen välillä (Bubble runner ja Hattrick -pelit). Polven tekonivelleikatut henkilöt (n=7) rekrytoitiin tutkimukseen Keksi-Suomen keskussairaalaan. He osallistuivat kuormittavuusmittauksiin, missä tutkittavat pelasivat kuntoutuspelejä. Pelien aikaisesta tutkimusdatasta on määritelty toistot, peliaika, työ-leposuhde, polvinivelen kulmanopeus, kulmakertymä sekä kehonpainon jakautuminen alaraajojen välillä. Pienen tutkimusjoukon vuoksi kaikki tulokset on esitetty mediaanina ja hajonta on esitetty interkvartiilivälinä (IQR).

Tutkittavat olivat keskimäärin 66 (vaihteluväli 60–73) -vuotiaita ja polven tekonivelleikkauksesta oli kulunut keskimäärin 98 (24–110) vuorokautta. Kyykistymispelien osalta Pick up -pelissä toistoissa ja peliajassa ei ollut pelaajien välillä juurikaan eroa, kun taas Squat pong -pelissä pelaajien välinen hajonta oli suurta. Työ-leposuhde sekä kulmanopeus olivat kyykistymispeleissä samankaltaisia ja hajonta oli suurta. Pick up -pelin kulmakertymä oli 1618 (IQR 1168) °/min ja Squat pong -pelissä 1389 (IQR 837) °/min, ero ei ole tilastollisesti merkitsevä (p=0,063). Pelaajan kehonpaino oli leikatun alaraajan varassa Pick up -pelissä 44 %, Squat pong -pelissä 47 % ja paikallaan seisten 47 %, erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä (p=0,051). Painosiirtopeleistä Bubble runner -peli näyttäisi tarjoavan kuormitusta tasaisemmin molemmille alaraajoille verrattuna Hattrick-peliin. Useassa muuttujassa hajontaluku (IQR) oli yli puolet muuttujan mediaaniarvosta ja joissakin muuttujissa hajontaluku (IQR) oli lähes yhtä suurta kuin muuttujan mediaaniarvo. Tilastollisia eroja pelien välillä ei löytenyt, mutta muuttujien tarkastelu yksilötasolla antaa viitteitä siitä, että samankaltaiset pelit saattavat olla kliinisesti erilaisia keskenään.

Kuntoutuspeleissä polvinivelen liike ja painonsiirto vaihtelevat suuresti samassa pelissä eri pelaajien välillä sekä eri peleissä samalla pelaajalla. Kuntoutujalle pelillistettyä kuntoutusta suunniteltaessa on otettava huomioon pelin aikana tapahtuvien toistojen määrä ja luonne sekä huomioitava pelaajan yksilöllinen tapa suorittaa toistoja pelissä, eli pelata tiettyä kuntoutuspeliä.

Asiasanat: kuntoutuspeli, pelistetty kuntoutus, tekonivel, polvinivel

ABSTRACT

Punsár, T. 2020. Knee joint movement and center of mass distribution between lower limbs during exergames after total knee replacement, University of Jyväskylä, Master's thesis, 45 pp., 4 appendices.

Knee osteoarthritis is one of the most common joint diseases in the world and affects the older adults in particular. Rehabilitation after total knee replacement (TKR) is variable, but most commonly it focuses on increasing the range of motion of the knee joint and increasing the strength of the quadriceps. Instead of traditional paper-based instructions, home rehabilitation can be implemented or supplemented by playing an exergames. However, there is contradictory evidence about the effectiveness of exergames, and the effectiveness studies have not accurately taken into account the movement and exercise produced by the exergame when compared it to conventional training.

The purpose of this master's thesis is to provide information on games developed for rehabilitation. The aim is to investigate the movement of the knee joint (Squat pong and Pick up games) and the center of mass distribution between the lower limbs (Bubble runner and Hattrick games) during the exergames. Study participants ($n = 7$) were recruited from Central Finland Central Hospital. They participated in measurements where they played exergames. Repetitions, game time, work-rest ratio, knee joint angular velocity, angular accumulation, and center of mass distribution between the lower limbs have been defined from research data. Due to the small number of subjects, all results are presented as median and the variability is presented as the interquartile interval range (IQR).

The participants were 66 (range 60–73) years old and 98 (24–110) days had elapsed since the TKR. In Pick up game there was almost no difference in repetitions and playing time between players while in Squat pong, the deviation between players was large. The work-rest ratio and angular velocity were similar in squatting games and the deviation was large. The angular accumulation was 1618 (IQR 1168) °/min in the Pick up game, and 1389 (IQR 837) °/min in the Squat pong game, the difference is not statistically significant ($p = 0.063$). The body weight of subjects is on the operated lower limb in the Pick up game 44%, in the Squat pong game 47%, and standing still 47%, the difference is not statistically significant ($p = 0.051$). Of the weight transfer games, Bubble runner seems to provide a more even load on both lower limbs compared to Hattrick. In several variables, the deviation (IQR) was more than half of the median value of the variable, and in some variables, the deviation (IQR) was almost equal to the median value of the variable. No statistical differences were found between the games, but an examination of the variables at the individual level suggests that similar games may be clinically different for players.

In exergames, knee joint movement and center of mass distribution vary greatly between subjects in the same game, and between games in the same subject. When physiotherapist is planning exergame intervention for the rehabilitee, the number and nature of repetitions during the game must be taken into account, as well as the subject's individual way of performing repetitions in the exergame.

Key words: exergame, gamified rehabilitation, total knee replacement, knee joint

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	POLVINIVELRIKKO.....	3
3	ETÄKUNTOUTUS JA KUNTOUTUSPELIT	6
3.1	Exergame – pelillistetty harjoittelu.....	7
3.2	Etäkuntoutus polven tekonivelkuntoutuksessa.....	8
3.3	Näyttö polven tekonivelkuntoutuksessa käytettyjen pelien kuormittavuudesta.....	9
3.4	Puutteita pelillistetyn polven tekonivelkuntoutuksen tutkimuksissa.....	11
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS.....	13
5	AINEISTON KERUU JA TUTKIMUSMENETELMÄT	14
5.1	Kuntoutuspelit	15
5.2	Mittausmenetelmät	17
5.2.1	Vicon Motus – liikeanalyysi.....	17
5.2.2	Vicon Nexus 2 – painon jakautuminen.....	19
5.2.3	VAS – kipujana	21
5.2.4	Vipuvarsigoniometri – polven ojennus ja koukistus	22
5.2.5	WOMAC – polvi- ja lonkkapotilaan toimintakykykysely	22
5.3	Tilastolliset menetelmät.....	23
5.4	Eettisyys.....	24
6	TULOKSET.....	25
6.1	Kyykistymispelit.....	25
6.2	Painon jakautuminen kyykistyspelien aikana ja paikallaan seistessä.....	27
6.3	Painonsiirtopelit.....	28

7 POHDINTA.....	30
7.1 Kyykistymispelit.....	31
7.2 Painon jakautuminen kyykistyspelien aikana ja paikallaan seistessä.....	32
7.3 Painonsiirtopelit.....	32
7.4 Pelillistetyn kuntoutuksen ja pelinkehityksen näkökulma.....	33
7.5 Tutkimuksen luotettavuus.....	34
7.6 Jatkotutkimuksen tarve	36
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	38
LÄHTEET	39
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Nivelrikko on yleisin nivelen sairaus maailmanlaajuisesti ja polvinivelrikko yksi yleisimmistä nivelrikkotyypeistä (Arokoski & Kiviranta 2012; Litwic ym. 2013). Ikä on todettu olevan nivelrikon yksi suurin etiologinen riskitekijä (Litwic ym. 2013). Toiminnan haittaa polvinivelrikko aiheuttaa erityisesti vanhemmassa väestöosassa (Litwic ym. 2013). Konservatiivinen hoito on polven nivelrikon ensisijainen hoitomuoto (Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapiasuositus 2020), mutta kirurgisen toimenpiteen harkinta tulee kysymykseen, kun kipu ja toiminnan haitta eivät ole hallittavissa muuten (Polvi- ja lonkanivelrikko 2018). Yli 90 % kaikista polven teko-nivelleikkauksista tehdään yli 55-vuotiaille (Puroharju ym. 2020). Perinteisesti polven tekonivelkuntoutus on keskittynyt pääsääntöisesti reiden etuosan lihasvoiman lisäämiseen sekä polvinivelen liikelaajuuden kasvattamiseen, joskin kuntoutusohjelmissa on suurta variaatiota (Dávila Castrodad ym. 2019). Kuntoutuksesta on tullut yhä intensiivisempää 2000-luvulla (Skoffer ym. 2015). Polven tekonivelkuntoutuksessa kävely- ja tasapainoharjoittelun on todettu olevan tehokkaampaa kuin tavanomainen harjoittelu ja harjoittelun tulisi kestää vähintään 8-viikkoa parhaan hyödyn saavuttamiseksi (Doma ym. 2018).

Digitalisaatio ja palveluiden sähköistäminen oli jo yksi Sipilän hallituksen kärkihankkeista (Ratkaisujen Suomi 2015, 20–26), jonka jälkeen Rinteen hallitus ja myöhemmin Marinin hallitus ovat jatkaneet etäteknologioiden kehittämistä terveystalouden saavutettavuuden näkökulmasta (Osallistava ja osaava Suomi 2019, 153). Etäkuntoutus kuuluu käsitteen digitalisaatio alle, mutta etäkuntoutus ei ole vakiintunut termi ja sen tilalla saatetaan käyttää usein erilaisia suppeampia käsitteitä (Salminen ym. 2016). Etäkuntoutuksessa voidaan esimerkiksi käyttää erilaisia virtuaalisia maailmoja, joiden avulla kuntoutuja pääsee rajoituksistaan huolimatta osallistumaan turvallisesti erilaisiin todennukaisiin tilanteisiin (Blasco ym. 2019). Viihteellisten pelien rinnalle on tullut niin kutsuttuja hyötypelejä, joita käytetään esimerkiksi koulutuksessa, mutta myös kuntoutuksessa (Djaouti ym. 2011). Exergame on liikunnallisen harjoittelun ja pelaamisen yhdistämistä tavalla, joka on fyysisesti rasittavampaa kuin sedentaarinen toiminta (Oh & Yang 2010).

BEE (Business Ecosystems in Effective Exergaming) -hankkeessa selvitetään pelillistetyn kuntoutuksen vaikuttavuutta, toteutettavuutta sekä käytettävyyttä (Turku AMK 2018). Tämä tutkielma on osa BEE-hankkeen aikaista pilottitutkimusta, missä kuntoutukseen kehitettyjen pelien kuormittavuutta tutkittiin kuntoutujilla Jyväskylän yliopiston liikunta- ja terveyslaboratoriossa. Pilottitutkimuksessa tutkittiin useaa Turun ammattikorkeakoulun Game Lab:ssa kuntoutustarkoitukseen kehitettyä peliä, joista neljää peliä tarkastellaan tässä tutkielmassa painon jakautumisen sekä polvinivelen liikkeen näkökulmasta. Pilottitutkimusta tehdessä kuntoutuspelit olivat vielä kehitysvaiheessa ja niitä muokattiin kuormitusmittauksista saadun palautteen avulla tulevaa vaikuttavuustutkimusta varten.

2 POLVINIVELRIKKO

Nivelrikko on yleisin nivelen sairaus maailman laajuisesti ja polvinivelen nivelrikko on yksi yleisimmistä nivelsairauksista länsimaissa (Arokoski & Kiviranta 2012; Litwic ym. 2013). Terveys 2000 -tutkimuksen mukaan suomalaisilla yli 30-vuotiailla polvinivelrikkoa oli 7,1 prosentilla naisista ja 5,3 prosentilla miehistä, lisäksi edellisen 30 päivän aikana polvikivusta oli kärsinyt yli 30-vuotiaista naisista 23,7 % sekä miehistä 20,1 % (Riihimäki ym. 2002). Uudemmassa Terveys 2011 -tutkimuksessa ei raportoitu polvinivelrikkojen lukumäärää, mutta polvikipu raportoitiin. Sen mukaan polvikivuista oli kärsinyt edeltävänä 30 päivänä yli 30-vuotiaista naisista 32,7 % sekä miehistä 28,8 % (Viikari-Juntura ym. 2012). Polvinivelen nivelrikko aiheuttaa toiminnan häirtää erityisesti vanhemmassa väestöosassa (Litwic ym. 2013; Doma ym. 2018), ja ikä onkin todettu olevan nivelrikon yksi suurin etiologinen riskitekijä (Litwic ym. 2013).

Konservatiivinen hoito on polven nivelrikon ensisijainen hoitomuoto ja fysioterapia on keskeinen osa konservatiivista hoitoa (Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapiasuositus 2020). Nivelrikon parantavaa hoitoa ei ole, joten kirurgisen toimenpiteen harkinta tulee kysymykseen, kun kipu ja toiminnan häirtä eivät ole hallittavissa muuten (Polvi- ja lonkkanivelrikko 2018). Tekonivelleikkaus on todettu edistävän polven tekonivelpotilaiden elämänlaatua ja vähentäneen koettua kipua keskipitkällä ja pitkällä aikavälillä (Canovas & Dagneaux 2018). Leikkauksen jälkeen riski heikommalle fyysiselle toimintakyvyllä sekä riski kaatumiselle ovat edelleen koholla verrattuna terveisiin saman ikäisiin henkilöihin (Moutzouri ym. 2017). Yli 90 % kaikista polven tekonivelleikkauksista tehdään yli 55-vuotiaille ja suurin yksittäinen ikäryhmä, jolle tehdään noin 40 % kaikista ensileikkauksista on 65–74-vuotiaat (Puroharju ym. 2020). Valtaosa potilaista kokee saaneensa apua oireisiinsa ja 95 % polven kokotekonivelistä on kymmenen vuoden kuluttua paikallaan ja toimivat (Harilainen ym. 2012).

Polven tekonivelkuntoutus keskittyy pääsääntöisesti reiden etuosan lihasvoiman lisäämiseen sekä polvinivelen liikelaajuuden kasvattamiseen (Dávila Castrodad ym. 2019). Polven nivelrikkopotilailla on usein epäedullisia lihasmuutoksia, kuten lihasatrofiaa ja lihassolujen de-

generaatiota, jotka voivat olla vaikuttamassa negatiivisesti polvinivelrikon kehittymiseen ja etenemiseen (Fink ym. 2007). Polven tekonivelleikkauksen jälkeen polviniveltä ojentavan lihaksen (nelipäinen reisilihas) on todettu heikkenevän jopa 60–80 % (Suomen Artroplastiayhdistys 2015, 34). M. vastus medialiksen kokoa kasvattamalla on saatu positiivisia vaikutuksia polven nivelrikkopotilaiden kokemaan kipuun sekä suotuisia muutoksia lihaksen koostumukseen, mikä on tärkeää polvinivelen kuntoutumisen kannalta tekonivelleikkauksen jälkeen (Wang ym. 2012).

Leikkauksen jälkeen polvinivelessä tulee olla tietyn verran liikkuvuutta, jotta päivittäiset toiminnot olisivat mahdollisia. Polvinivelen normaali liikelaajuus on nolasta asteesta 135 asteen fleksioon (To-Mi 2016, 147). Portaiden nousu vaatii polvinivelen fleksiota 83 astetta, istuminen 93 astetta ja kengännauhan sitominen 106 astetta (Laubenthal ym. 1972). Polven tekonivelet sallivat maksimissaan noin 110 asteen fleksion, mikä on riittävä tavallisimpiin päivittäisiin toimiin (Kurosaka ym. 2002). Kuntoutuksesta huolimatta polvinivelen fleksion jäädessä alle 85 astetta vielä kolme kuukautta leikkauksen jälkeen, suositellaan narkoosimanipulaatiota (Suomen Artroplastiayhdistys 2015, 102).

Kuntoutuksesta on tullut intensiivisempää 2000-luvulla, mikä on ilmennyt muun muassa niin, että nousujohteista lihasvoimaharjoittelua sovelletaan varhaisessa vaiheessa polven tekonivelleikkauksen jälkeen, lisäksi viime aikoina on yleistynyt lihasvoimaharjoittelun aloittaminen jo ennen leikkausta (Skoffler ym. 2015). Konsensuksen puute vaikuttavimmasta kuntoutuksesta polven tekonivelleikkauksen jälkeen on todennäköisesti suurin syy kuntoutusohjelmien suureen variaatioon niin toteutuksen, keston kuin intensiteetinkin osalta (Dávila Castrodad ym. 2019). Hamiltonin ym. (2020) tutkivat polven tekonivelleikkauksen jälkeistä perinteistä kuntoutusta, missä potilaat saavat paperiset ohjeet kotiin, verrattuna terapeutin ohjaamaan nousujohteiseen säännölliseen harjoitteluun, eikä havainnut näissä kahdessa harjoitusmuodossa kliinistä eroa. On hyvä muistaa, että nykyisin vallalla olevasta kudosvauriokeskeisestä lähestymistavasta tulisi luopua ja siirtyä kohti potilaskeskeisempää lähestymistapaa (Caneiro ym. 2020).

Polven tekonivelleikkauksen jälkeisen kävely- ja tasapainoharjoittelua painottavan kuntoutuksen on todettu kehittävän kävelykykyä, tasapainospesifiä toimintakykyä sekä toiminnallista

suorituskykyä ikääntyneillä koehenkilöillä enemmän kuin tavanomainen harjoittelu (Doma ym. 2018). Harjoitteet, jotka edistävät kävelykykyä, tasapainoa ja lihasvoimaa ovatkin käytettyjä tilanteissa, joissa tekonivelkuntoutuksen tulos halutaan maksimoida (Dávila Castrodad ym. 2019). Ikäihmisillä polven tekonivelkuntoutuksen keskiössä tulisi olla pitkäjänteisesti terveyden edistäminen, kuten painon pudotuksen tukeminen, aerobisen kunnon ja lihasvoiman kasvattaminen sekä tasapainon kehittyminen (Caneiro ym. 2020). Tasapainoharjoittelun toimintakykyä lisäävä vaikutus ja suurempi polven liikelaajuus ovat havaittavissa vielä 12 kuukauden seurannassa ja paras hyöty tasapainoharjoittelusta saadaan, kun tasapainoharjoittelu kestää vähintään 8 viikkoa (Doma ym. 2018).

3 ETÄKUNTOUTUS JA KUNTOUTUSPELIT

Digitalisoitumisen tavoitteena on integroida teknologia arkeen erilaisia älykkäitä toimintoja apuna käyttäen (Salminen ym. 2016). Juha Sipilän hallituksen (2015–2019) strategian läpileikkaava teema oli digitalisaatio ja yhtenä kärkihankkeena oli julkisten palvelujen digitalisoiminen sekä palvelujen asiakaslähtöistäminen muun muassa terveysteknologiaa paremmin hyödyntämällä (Ratkaisujen Suomi 2015, 20–26). Antti Rinteen hallitus (2019–2019) jatkoi digitaalisten- ja etäpalveluiden kehittämistä, jotta terveysteknologian saavutettavuutta saadaan parannettua (Osallistava ja osaava Suomi 2019, 153). Samalla hallitusohjelmalla jatkaa Rinteen hallituksen eroamisen jälkeen Sanna Marinin hallitus (2019–).

Digitalisaatio on yläkäsite ja siksi onkin hyvä tarkentaa mitä sillä kulloinkin tarkoitetaan. Etäkuntoutuksesta puhuttaessa tarkoitetaan digitalisaatiota, jonka tarkoituksena on palveluiden sähköistäminen (Salminen ym. 2016). Etäkuntoutus ei ole vielä vakiintunut yleiskäsitteeksi, vaan sen tilalla käytetään useita erilaisia kapeita käsitteitä, jotka eivät kuvaa etäkuntoutuksessa hyödynnettävän koko laajan teknologian kirjoa. Etäkuntoutuksesta saatetaan käyttää esimerkiksi termejä virtuaalikuntoutus tai mobiilikuntoutus. Siitä syystä sana etäkuntoutus tulisi vakiinnuttaa tarpeeksi laajana ja selkeänä suomenkielisenä terminä kuvaamaan etäkuntoutusta (Salminen ym. 2016).

Keväällä 2020 koronaviruspandemian myötä kasvokkain tapahtuva kuntoutus suositeltiin keskeytettäväksi ja toteutettavaksi etäkuntoutuksena (Kela 2020). Töiden jatkumiseksi palveluntuottajien olikin lähes pakko tarjota asiakkailleen etäkuntoutusta (Heiskanen ym. 2020a). Toukokuussa koronaviruksen aiheuttamista rajoituksista johtuen 41 % terapeuteista ei jatkanut kasvokkaista terapiaa lainkaan ja vain 14 % terapeuteista ei tarjonnut minkäänlaista etäkuntoutusta (Heiskanen & Salminen 2020). Terapeuttien mielestä yli 60 % asiakkaista suhtautui myönteisesti etäterapiaan ja terapeuteista alle 55-vuotiaat suhtautuivat myönteisimmin etäkuntoutukseen (Heiskanen ym. 2020b). Kuntoutuksen keskeytyksiä oli vähiten niiden terapeuttien asiakkailla, jotka tarjosivat etäkuntoutusta. (Heiskanen ym. 2020c).

Etäkuntoutus on muun kuntoutuksen ohella ammattilaisen ohjaamaa ja seuraamaa tavoitteellista toimintaa, jossa hyödynnetään etäteknologiaa (Salminen ym. 2016). Etäkuntoutus voi olla reaaliaikaista tai ajasta riippumatonta, minkä lisäksi on olemassa edellä mainittujen muotojen erilaiset sekamallit (Salminen ym. 2016). Ajasta riippumaton etäkuntoutus on todettu vähentävän reaaliaikaisen kuntoutuksen tarvetta (Peterson & Watzlaf 2014). Usein fysio- ja toimintaterapiassa etäkuntoutusta käytettäessä, kuntoutus on sekamallista, jossa yhdistetään kasvokkain tapaamisia, erilaisia etänä tapahtuvia reaaliaikaisia tapaamisia sekä virtuaalitodellisuutta (Salminen ym. 2016). Mobiiliteknologian hyödyntäminen fysioterapiassa on ollut Suomessa melko vähäistä, mutta toisaalta erilaiset video- ja online-lääkäripalvelut yleistyvät terveystalveluiden resurssien vähentyessä sekä teknologian kehittyessä (Naamanka 2016). Virtuaalitodellisuuden hyötyjä kuntoutuksessa ovat interaktiivisuus ja potilaan lisääntynyt motivaatio, mitkä tulevat esille erityisesti pelillistetyssä kuntoutuksessa, missä potilas pelaa tietokonetta vastaan (Burdea 2003). Lisäksi virtuaalitodellisuus tarjoaa turvallisen pääsyn todenmukaisiin tilanteisiin kuntoutujan toiminnallisista rajoituksista huolimatta (Blasco ym. 2019).

3.1 Exergame – pelillistetty harjoittelu

Sanassa exergame on yhdistetty sanat exercise (harjoittelu/liikunta) ja game (peli). Exergaming tarkoittaaakin videopelin käyttämistä liikunnallisena aktiviteettina, eikä se ole mikään uusi keksintö (Sinclair ym. 2007). Suncom Incorporated esitteli Antic lehdessä vuonna 1983 peliohjaimen (The Aerobics Joystic), jonka avulla kuntopyörää polkiessa sai pelattua esimerkiksi enduropelejä (Antic 1983). 80-luvulla markkinoille tuli myös erilaisia jalkojen avulla ohjattavia pelivälineitä, kuten tasapainolauta ja tanssimatto, mutta ensimmäinen varsinainen liikesensoriikan perustuva laite Sony EyeToy (Sony Corporation, Japani) julkaistiin vuonna 2002 (Sinclair ym. 2007). Nintendo julkaisi vuonna 2006 oman vastineensa, Wii-pelikonsolin (The Nintendo Company, Japani), ja muutama vuosi myöhemmin, vuonna 2010, Microsoft toi markkinoille oman liikesensorinsa nimellä Microsoft Kinect (Microsoft Corporation, Yhdysvallat). Erityisesti Nintendo Wii:n julkaisu ja sen suosio aiheuttivat kiinnostuksen kasvua exergame-pelejä kohtaan (Sinclair ym. 2007). 2000-luku onkin tuonut viihteellisten pelien rinnalle yhä enenevässä määrin niin kutsuttuja hyötypelejä (Serious Games), joita on kehitetty esimerkiksi terveydenhuollon, koulutuksen ja maanpuolustuksen tarkoituksiin (Djaouti ym. 2011).

Exergame on yksi hyötypelien alatyyppeistä, jonka tavoitteena on esimerkiksi kehittää pelaajan kognitiivista suorituskykyä tai motorisia taitoja (Djaout ym. 2011). Oh ja Yang (2010) ovat määritelleet Exergame termin niin, että siinä on kyse pelistä, joka aiheuttaa fyysistä rasitusta tai liikettä, mikä on suurempaa, kuin sedentaarinen toiminta ja se sisältää voima-, tasapaino- ja liikkuvuusharjoitteita. Tämä määritelmä poissulkee perinteiset käsiohjaimella pelattavat videopelit, joiden pelaaminen aiheuttaa lähinnä sormien hienomotorista liikettä.

3.2 Etäkuntoutus polven tekonivelkuntoutuksessa

Perinteisesti toteutettu kävely- ja tasapainoharjoittelua painottava kuntoutus on todettu tehokkaammaksi, kuin tavanomainen harjoittelu polven tekonivelleikkauksen jälkeen (Doma ym. 2018). Tämän lisäksi myös erilaisia virtuaalisia työkaluja apuna käyttäen toteutettu kuntoutus, mikä keskittyy tasapainoharjoitteluun, on todettu olevan vaikuttavampaa kuin tavanomainen harjoittelu (Blasco ym. 2019). Ei näyttäisi olevan eroa sillä, onko tasapainoon painottuva kuntoutus toteutettu perinteisesti vai virtuaalisesti, on se molemmissa tapauksissa vaikuttavampaa kuin tavanomainen kuntoutus.

Potilaat, joilla oli akuuttia kipua, kuten esimerkiksi polven tekonivelleikkauksen jälkeistä kipua tai nilkan nyrjähdyksestä aiheutuvaa kipua, eivät saaneet apua kivun lievitykseen peliharjoittelusta tai virtuaalitodellisuutta hyödyntävästä kuntoutuksesta tavanomaista harjoittelua paremmin (Lin ym. 2019). Sen sijaan Wang ym. (2019) raportoivat teknologiaa hyödyntävällä kuntoutuksella olleen tavanomaiseen kuntoutukseen verrattuna tilastollisesti merkitsevä ero kivun lievityksessä, mutta ero on niin pieni, että sitä ei voida pitää kliinisesti merkittävänä. Toisaalta erilaisissa kroonisissa tuki- ja liikuntaelinvaivoissa virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä kuntoutuksella oli tilastollisesti merkitsevä ero verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun kivun, nivelliikkuvuuden ja toiminnallisen kapasiteetin osalta (Lin ym. 2019). On otettava huomioon, että Wang ym. (2019) katsauksessa suurin osa mukana olevista tutkimuksista ovat puhelimeen (telephone-based) tai videokonferenssilaitteistoihin (video-teleconferencing) perustuvia tutkimuksia ja näin ollen tuloksetkin ovat lähinnä näitä teknologioita koskevia.

3.3 Näyttö polven tekonivelkuntoutuksessa käytettyjen pelien kuormittavuudesta

Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus toteutettiin polven tekonivelkuntoutuksessa käytettyjen karkeamotoristen kuntoutuspelien kartoittamiseksi sekä niiden kuormittavuuden selvittämiseksi. Järjestelmällinen tiedonhaku toteutettiin lokakuussa 2020 MEDLINE (Ovid) ja CINAHL (EBSCO) tietokannoista, joiden lisäksi tiedonhakua suoritettiin käsihaulla. Järjestelmällisen katsauksen PICOS-lausekkeen populaationa oli polven tekonivelleikatut potilaat, interventiona oli karkeamotoriset kuntoutuspelit, kontrollina tavanomainen hoito tai toisenlainen peliharjoittelu, tulosmuuttujana jokin terveystilamuuttuja sekä tutkimusprotokollana kontrolloitu tutkimus, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus tai tutkimusprotokolla. Hakupuu on esitetty liitteessä 1. Kaikkiaan duplikaattien poiston jälkeen artikkeleita otettiin tarkasteluun 49, joista 16 arvioitiin kokotekstin mukaan. Kokotekstin mukaan arvioidusta artikkelista 4 täytti PICOS-lausekkeen kriteerit (Fung ym. 2012; Christiansen ym. 2015; Negus ym. 2015; Jin ym. 2018). Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen kulku ja PICOS-lauseke on esitetty liitteessä 2.

Katsaukseen valikoiduista artikkeleista uusimmassa (Jin ym. 2018) käytettiin VR-laseja sekä polven tekonivelkuntoutukseen kehitettyä soutupeliä, missä pelaaja soutaa kanoottia polven ojennus- ja koukistusliikkeillä. Muissa katsaukseen valikoiduissa artikkeleissa (Fung ym. 2012; Christiansen ym. 2015; Negus ym. 2015) käytettiin pelilaitteistona Nintendo Wii -konsolia ja konsolin omia pelejä vaihtelevasti. Tutkimuksissa Nintendo Wii:llä pelattavia pelejä olivat liikkuuspelit, erilaiset painonsiirtopelit, lihasvoimapelit sekä aerobiset pelit. Järjestelmälliseen kirjallisuuskatsaukseen hyväksytyt artikkelit on kuvailtu liitteessä 3.

Jin ym. (2018) tutkimuksessa interventioryhmä pelasi soutupeliä toisesta postoperatiivisesta päivästä alkaen 3 kertaa päivässä 30 minuuttia kerralla samalla, kun kontrolliryhmä teki passiivisesti polven koukistuksia 20 sekunnin pidolla. Lisäksi interventio ja kontrolliryhmä saivat tavanomaista kuntoutusta. Jin ym. (2018) tutkimuksessa ei kuitenkaan mainita mitään soutupelin kuormittavuudesta, eikä mainita esimerkiksi, kuinka monta polven koukistusta (toistoa) potilaat keskimäärin tekevät 30 minuutin harjoittelun aikana. Tutkimuksesta jää epäselväksi, miten on päädytty pelaamaan 30 minuuttia kerrallaan kolme kertaa päivässä.

Christiansen ym. (2015) tutkimuksessa interventioryhmä suoritti kerran päivässä tavanomaisen harjoitusohjelman ja kerran päivässä peliharjoitusohjelman, kontrolliryhmä suoritti kaksi kertaa päivässä tavanomaisen harjoitusohjelman. Christiansen ym. (2015) toteaa, että kuormituksen määrä oli suunniteltu samanlaiseksi interventio- ja kontrolliryhmän välillä. Raportin perusteella vaikuttaa kuitenkin siltä, että tavanomaisen harjoittelun ja peliharjoittelun samankaltaisuus on yhtä pitkä päivittäinen harjoittelu-aika, ei niinkään varsinaisesti kuormituksen samankaltaisuus esimerkiksi toistojen osalta. Peliharjoittelun nousujohteisuus oli toteutettu lisäämällä vaikeampia pelejä tai lisäämällä pelien vaikeusastetta, kuten lisäämällä kyykistymissyvyyttä tai kasvattamalla kyykistymisnopeutta.

Negus ym. (2015) artikkeli on tutkimusprotokolla, mikä on kuitenkin mukana katsauksessa, koska itse tutkimusten tuloksia ei ollut tarkoitus tarkastella, vaan kartoittaa millaisia kuntoutuspelejä tutkimuksissa esiintyy sekä selvittää millaista kuormitusta kuntoutuspelit aiheuttavat. Protokollan mukaan interventioryhmälle ohjeistetaan tavanomainen harjoittelu sekä Nintendo Wii:llä suoritettava kolmiportaisesti vaikeutuva harjoitteluohjelma. Kontrolliryhmälle ohjeistetaan tavanomainen nousujohteinen harjoitusohjelma, jota heidän tulee suorittaa 30 minuuttia päivittäin. Interventioryhmä ohjeistetaan harjoittelemaan (pelaamaan) 30 minuuttia päivässä, mutta ensisijaisesti tekemään harjoitteet pelaamalla Nintendo Wii:tä. Tavanomaisen harjoittelun ja peliharjoittelun samankaltaisuus on Negus ym. (2015) tutkimusprotokollassa yhtä pitkä harjoitusaika päivässä, ei siis tässäkään tapauksessa varsinainen kuormituksen samankaltaisuus. Negus ym. (2015) mukaan Wii Fit rakentaa automaattisesti harjoitteista nousujohteisia toistoja lisäämällä, tämän lisäksi tutkimusryhmä lisää nousujohteisuutta antamalla interventioryhmälle 4 viikon välein uuden vaikeutetun peliharjoitusohjelman.

Fung ym. (2012) tutkimuksessa interventioryhmä ja kontrolliryhmä saivat säännöllisesti fysioterapiaa ja näiden 60 minuuttia kestävien terapiatapaamisten jälkeen interventioryhmä pelasi 15 minuuttia ja kontrolliryhmä suoritti 15 minuuttia alaraajaharjoitteita. Interventio ja kontrolliryhmien harjoittelu oli nousujohteista. Toisin sanottuna tässä tutkimuksessa kontrolli- ja interventioryhmien 75:n minuutin harjoittelusta vain viimeiset 15 minuuttia erosivat toisistaan, niin että kontrolliryhmä jatkoi alaraajaharjoittelua ja interventioryhmä pelasi Nintendo Wii:tä. Raportin perusteella kontrolli- ja interventioryhmien välisen kuormituksen samankaltaisuudesta ei ole varmuutta.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tutkimuksista jää epäselväksi, miten on päädytty tiettyyn määrään tiettyä peliä polven tekonivelkuntoutuksessa. Kaikissa artikkeleissa (Fung ym. 2012; Christiansen ym. 2015; Negus ym. 2015; Jin ym. 2018) käytetään laajasti tunnettuja ja polven tekonivelkuntoutuksessa käytettyjä tulosmuuttujia selvittäessä, onko peliharjoittelulla eroa tavanomaiseen harjoitteluun. Vaikuttaa kuitenkin siltä, että tutkijoiden tiedossa ei ole tarkasti itse määrittämiensä peliharjoitteiden kuormittavuus, jolloin tutkimustulos kertoo ainoastaan tutkimuksessa käytetyn pelin vaikuttavuudesta juuri sillä annoksella, ei peliharjoittelun vaikuttavuudesta laajemmin. Christiansen ym. (2015) oli ainoa tutkimus, jossa kuormituksen yhdenmukaisuus interventio- ja kontrolliryhmän välillä on otettu huomioon. Kuitenkaan tutkimusraportissa olevien tietojen perusteella ei voida pitää kuormitusta yhdenmukaisena interventio- ja kontrolliryhmien välillä, mikäli otetaan huomion esimerkiksi toistojen määrä tai liikenopeus.

Katsauksesta kokotekstin perusteella poissuljetuista tutkimuksissa suurimmassa osassa (Piqueras ym. 2013; Eichler ym. 2019; Kuether ym. 2019; Bettger ym. 2020; Gianola ym. 2020) tarkasteltiin erilaisia virtuaalisia kuntoutusympäristöjä, kuten esimerkiksi The Virtual Exercise Rehabilitation Assistant (VERA) tai Virtual Reality Rehabilitation System (VRRS). Näissä virtuaaliympäristöissä virtuaalinen terapeutti ja/tai terapeutti virtuaaliyhteydellä ohjaa potilasta tekemään tavanomaisia harjoitteita, kuten esimerkiksi polven ojennusta tai koukistusta, eikä näissä virtuaaliympäristöissä kuntoutus perustu kuntoutuspelien pelaamiseen. Eli tutkimuksissa on kyse siitä, onko sillä eroa, että terapeutti on virtuaalinen ja/tai terapeutti on virtuaalisesti yhteydessä potilaaseen, verrattuna kasvokkaiseen terapiaan. On hyvä huomata, että erilaisia virtuaaliympäristöjä tutkivat tutkimukset olivat uusimpia mitä järjestelmällisellä haulla löytyi polven tekonivelkuntoutuksessa käytettyjä kuntoutuspelejä etsiessä, mikä osaltaan saattaa kertoa uusimman tutkimuksen suuntautumisesta virtuaaliympäristöjen tutkimiseen kuntoutuspelien sijaan.

3.4 Puutteita pelillistetyn polven tekonivelkuntoutuksen tutkimuksissa

Huolimatta siitä, että kuntoutuspelejä käytetään usein fyysistä toimintakykyä tutkivissa interventioissa, ei kuitenkaan ole tietoa kuntoutuspelien aikaan saamasta liikkeestä, mikä osaltaan vaikeuttaa tulosten tulkintaa ja johtopäätösten tekemistä (Skjøret-Maroni ym. 2016). Tilanne

ei näytä olevan paremmin myöskään painonsiirtoa ja tasapainoa tutkivissa interventiotutkimuksissa. Duclos ym. (2012) analysoivat kolme tasapainolaudalla pelattavaa Nintendo Wii -peliä. Heidän mukaansa peleissä oli huomattavia eroja haastavuudessa ja erityisen yllättyneitä tutkijat olivat siitä, että tasapainon harjoittamiseen tarkoitettu peli (50/50 Challenge) haastoi vähiten tasapainon säilyttämisessä. Huomattavasti haastavimpia tasapainon kannalta olivat jalkapallo (Soccer) ja laskettelupelit (Slalom). Toki on huomioitava, että Dulcos ym. (2012) tutkimuksessa oli vain seitsemän osallistujaa. Skjæret-Maroni ym. (2016) toteavat, että vaikka he tutkivat vain kahta eri peliä kahdella eri vaikeustasolla, on silti erittäin vaikea valita peliä ja vaikeusastetta, jotta tavoitellut asiat toteutuvat peleissä. Tämä asia tulee ottaa erittäin tarkasti huomioon suunniteltaessa kuntoutuspeli-interventiota.

Kirjallisuudesta näyttäisi puuttuvan tutkimukset, joissa tavanomaista harjoittelua verrataan liikeohjattuihin peleihin, joiden tarkka kuormittavuus on tutkijoilla tiedossa tai ylipäätään oltaisiin tietoisia annoksesta. Haasteena on se, ainakin polven tekonivelkuntoutuksen osalta, ettei pelien sisältöä kuntoutuksen näkökulmasta täysin ymmärretä ja pelien valinta sekä harjoittelun annostelu toteutetaan sattumanvaraisesti. Tällainen lähestymistapa on ongelmallinen, koska se ei kerro varsinaisesti pelillistetyn kuntoutuksen ja tavanomaisen harjoittelun erosta vaan ainoastaan tietyn pelin ja tavanomaisen harjoittelun erosta. Mahdollisesti myös tästä syystä kirjallisuudessa esitetyt todisteet kuntoutuspelien ja tavanomaisen harjoittelun välisistä eroista ovat niin ristiriitaisia.

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS

Tämä pro gradu -tutkielma on osa laajempaa Business Ecosystems in Effective Exergaming (BEE) -hanketta. BEE-hankkeen tarkoitus on selvittää erityisesti pelillistettyjen etäteknologiaa hyödyntävien kuntoutusmenetelmien vaikuttavuutta kuntoutusprosessiin. Business Finlandin rahoittamassa hankkeessa suomalaisista korkeakouluista ovat mukana Jyväskylän yliopisto, Oulun yliopisto sekä Turun ammattikorkeakoulu. Teknologiset ratkaisut ovat pitkälti jo olemassa, mutta juuri vaikuttavuuden selvittäminen ja muu laajempi kokonaisuus yhteistyömallin rakentamisessa ovat projektin tavoitteina (Turku AMK 2018). Tämän tutkielman tuloksia käytetään osana laajempaa arviointia kuntoutukseen kehitettyjen pelien vaikuttavuudesta.

Tutkielman tarkoituksena oli tuottaa tietoa polven tekonivelleikattujen kuntoutukseen kehittyistä liikeohjatuista peleistä, jotta pelejä kyetään annostelemaan tarkoituksenmukaisesti. Niistä BEE-hankkeessa tutkituista peleistä, joissa jäljiteltiin tavanomaisessa harjoittelussa esiintyviä liikkeitä, on julkaistu toinen pro-gradu -tutkielma (Löppönen 2019). Sen sijaan tässä tutkielmassa tarkastellut pelit eivät ole niitä, mitä on tarkoitus verrata tavanomaiseen harjoitteluun tai minkä on tarkoitus matkia tavanomaisessa harjoittelussa esiintyviä liikkeitä. Tutkielmassa tarkastellaan aihetta polvinivelen liikkeen näkökulmasta sekä painon jakautumisen näkökulmasta alaraajojen välillä.

Tutkimuskysymykset:

- 1) Eroavatko kaksi kyykistymiseen perustuvaa kuntoutuspeliä toisistaan toistojen, peliajan, työ-leposuhteen, kulmanopeuden ja kulmakertymän osalta?
- 2) Onko kyykistymispelien sekä paikallaan seisomisen välillä eroa painon jakautumisessa?
- 3) Eroavatko kaksi painonsiirtoon perustuvaa kuntoutuspeliä keskenään toistojen ja työ-leposuhteen osalta sekä onko peleissä eroa ajassa, mikä vietetään leikatulla alaraajalla verrattuna ei-leikattuun alaraajaan?

5 AINEISTON KERUU JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkittavat rekrytoitiin Keski-Suomen Keskussairaalan fysioterapeutin preoperatiiviselta neuvontakäynniltä tai postoperatiiviselta kontrollikäynniltä. Poliklinikkakäynnillä fysioterapeutti selvitti potilaan kiinnostuksen osallistua tutkimukseen ja varmisti potilaan soveltuvuuden tutkimukseen tarkistuslistan avulla. Mikäli potilas oli halukas ja soveltuva osallistumaan tutkimukseen, antoi potilas suostumuksen yhteystietojen luovutukseen yliopistolle ja sai tutkimustiedotteen. Tämän jälkeen tutkija oli puhelimitse yhteydessä potilaaseen ja tarkisti hänen halukkuutensa sekä soveltuvuuden osallistua tutkimukseen. Tässä vaiheessa potilaalla oli mahdollisuus kysyä tutkijalta lisätietoja.

Mukaanottoerusteiden mukaan kuormitusmittauksiin osallistuvan henkilön tuli olla kiinnostunut osallistua tutkimukseen, asua Jyväskylän seudulla ja olla iältään 60–75-vuotias. Polven täydellinen tekonivelleikkaus tuli olla ensimmäinen kyseiseen alaraajaan ja operaatiosta tuli olla mittaushetkellä enintään 4 kuukautta. Lisäksi polven tuli olla varus linjauksessa ja henkilön piti nähdä 2 metrin päästä televisiokuva laseilla tai ilman. Poissulkuperusteiden mukaan kuormitusmittauksiin osallistuvalla henkilöllä ei saanut olla taustalla murtumaa, reumaattista nivelrikkoa tai muuta tulehduksellista nivelsairautta eikä muuta lääketieteellistä häiriötä kyseisessä alaraajassa vuoden sisällä ennen leikkausta. Myöskään leikkauksessa tai sen jälkeen ei saanut esiintyä komplikaatioita eikä henkilöllä saanut olla muistihäiriötä.

Kuormitusmittaukset suoritettiin Jyväskylän yliopiston Liikunta- ja terveyslaboratorion biomekaniikan laboratoriossa ja ennen mittausten aloittamista tutkimustiedote käytiin läpi tutkittavan kanssa sekä vastaanotettiin tutkittavalta allekirjoitettu suostumuslomake. Tutkittavat kävivät mittaauksissa biomekaniikan laboratorion kerran ja mittaushetkellä leikkauksesta tuli olla kulunut 1–16 viikkoa. Aikaa mittausten tekemiseen kului tutkittavasta riippuen 70 minuutista 120 minuuttiin. Mittauksia suoritettiin kuntoutuspelejä pelatessa sekä tavanomaisia kotiharjoitteita tehdessä. Mittausprotokolla on kuvattu tarkemmin liitteessä 4.

Tässä tutkielmassa tarkastellut pelit ovat seisten pelattavia pelejä, joissa pelaajan on tarkoitus pitää alaraajat alustalla (voimalevyillä) koko pelin ajan. Näiden neljän pelin aikana mitattiin

voimalevyjen avulla reaktivoimia sekä kameran avulla videoitiin pelisuoritus, josta tehtiin liikeanalyysi. Neljä peliä, joita tutkimuksessa tarkastellaan tarkemmin, ovat kyykistymispelit *Squat pong* ja *Pick up* sekä painonsiirtopelit *Hattrick* ja *Bubble runner*.

5.1 Kuntoutuspelit

Liikeohjatut kuntoutuspelit kehitettiin monitieteellisesti Turun ammattikorkeakoulun Game Lab:ssa osana BEE-hanketta. Kuormitusmittauksissa liikeohjatut kuntoutuspelit olivat kehitysvaiheessa ja niitä kehitettiin edelleen kuormitusmittauksista saadun palautteen ja tulosten perusteella. Pelilaitteistona toimi kannettava tietokone, jonka näyttö oli ohjattu televisioruudulle, jotta pelaaja (tutkittava) näki pelihahmon paremmin suuremmalta näytöltä. Itse pelin ohjaaminen ja pelaaminen tapahtui Xbox Kinect 2 -liikesensorin avulla, joka oli sijoitettu televisioruudun alapuolelle. Kinect on riittävän tarkka työkalu käytettäväksi liikeohjatun pelin pelaamiseksi kuntoutuksessa (Hondori & Khademi 2014). Sen on todettu tunnistavan yli 90 % kaikista kehonosien liikkeistä, siis yhtä hyvin kuin Vicon liikeanalyysi (van Diest ym. 2014). Tutkittavat pelasivat pelejä kahden metrin päästä liikesensorista. Kyykistymispelit olivat ohjelmoitu niin, että ennen pelin alkua pelaajaa ohjeistettiin tekemään yksi toisto (kyykky) maksimiliikelaajuudella, mikä toimi kalibrointina tulevaa peliä varten. Kalibroinnin jälkeen peli toimi pelaajan yksilöllisellä maksimiliikelaajuudella.

Squat pong -kyykistymispelissä pelaaja liikuttaa pelissä olevaa ”mailaa” alaspäin kyykistymällä, ylöspäin nousemalla kyykystä ylös ja aivan yläkulmaan mailan saa nostettua nousemalla päkiöille (Kuva 1). Pelissä pelaaja pelaa tietokonetta vastaan ja peli päättyy, kun pelaaja häviää tietokoneelle kolme kertaa tai kun pelaaja voittaa tietokoneen kolme kertaa. Pelattavien erien määrä on tällöin kolmesta viiteen ja yksi erä saattaa kestää yhdestä lyönnistä kymmeneen lyön-teihin.



KUVA 1. Squat pong -peli.



KUVA 2. Pick up -peli.

Pick up -kyykistymispelissä pelihahmo liikkuu automaattisesti koko ajan eteenpäin. Pelissä pelaaja yrittää kitkeä juureksia kasvimaalta ja kitkeminen tapahtuu nopealla kyykystä ylös tapahtuvalla liikkeellä, kun pelissä oleva hahmo on juureksen kohdalla (Kuva 2). Pelissä pelaaja siis kyykistyy ennen juuresta ja nousee ylös sen kohdalla. Pelissä juureksia yritetään poimia 20 kappaletta.

Hattrick-painonsiirtopelissä esineitä putoaa vasemmalla ja oikealla puolella olevista liukuhienoista satunnaisessa järjestyksessä (Kuva 3). Pelaaja ohjaa pelihahmoa kallistamalla vartaloa (painoa siirtämällä) vasemmalle ja oikealle ja yrittää yläraajaa heilauttamalla osua esineeseen, mikä on putoamassa liukuhihnalta. Kun pelaaja osuu esineeseen ja se lentää ilmaan, yrittää pelaaja saada napattua esineen pelihahmon päässä olevan ison hatun lieriin (Kuva 3.). Kokonaispelaiaika on 100 sekuntia.



KUVA 3. Hattrick-peli.



KUVA 4. Bubble runner -peli.

Bubble runner -painonsiirtopelissä henkilö ohjaa omalla painonsiirrolla pelihahmoa ja yrittää puhkaista mahdollisimman monta ilmapalloa (Kuva 4). Pelihahmo juoksee kujaa automaattisesti eteenpäin, jossa pallot ovat mutkittelyssä jonossa ja pelaaja liikuttaa pelihahmoa kujalla vasemmalle ja oikealle painonsiirtojen avulla. Palloja on kujalla peräkkäin 16 kappaletta.

5.2 Mittausmenetelmät

Tutkittavilta mitattiin polven nivelkulmia kyykistyspelien aikana sekä painon jakautumista leikatun ja ei-leikatun alaraajan väliltä painonsiirtopelien aikana. Lisäksi tutkittavilta selvitettiin koetun kivun voimakkuutta, polvinivelen aktiivinen ja passiivinen liikelaajuus sekä itseraportoitu toimintakyky polvinivelleikkauksen jälkeen. Pelidatasta puuttuu kahden tutkittavan tulokset Pick up -pelin osalta, koska mittauksissa kohdattiin teknisiä ongelmia. Lisäksi yhden tutkittavan tiedot puuttuvat VAS-kipujanahan osalta kyykistyspelien jälkeen.

5.2.1 Vicon Motus – liikeanalyysi

2D liikeanalyysin avulla tutkittavilta mitattiin polvi- ja lonkkanivelkulmia kyykistyspelien aikana kehon vasemmalta puolelta. 2D liikeanalyysi on toistettava ja luotettava mittausmenetelmä nivelkulmien mittaamiseen niin staattisesti kuin dynaamisestikin (Gribble ym. 2005). Videot tallennettiin Sony RX-10 III kameralla (Sony Corporation, Japani) 50 Hz taajuudella (suljin 1/1250 sekuntia). Videoiden tiedostomuoto vaihdettiin .mp4 tiedostomuodosta .avi tiedostomuotoon sekä videot leikattiin Kinovea 0.8.15 -ohjelmalla (GNU General Public License). Liikeanalyysin tekoon käytettiin Vicon Motus (Vicon, Iso-Britannia) -ohjelmistoa (10.0.1 -software) ja data suodatettiin 15 Hz taajuudella (Butterworth 4th-order zero-lag low-pass). Ennen mittausta kalibrointi suoritettiin 200,0 cm x 110,8 cm kehikon avulla, jonka kulmapalat olivat 2,6 cm – kalibrointipisteet asetettiin kulmien keskelle (kalibrointi-arvot x-suunta 1,974 m ja y-suunta 1,082 m).

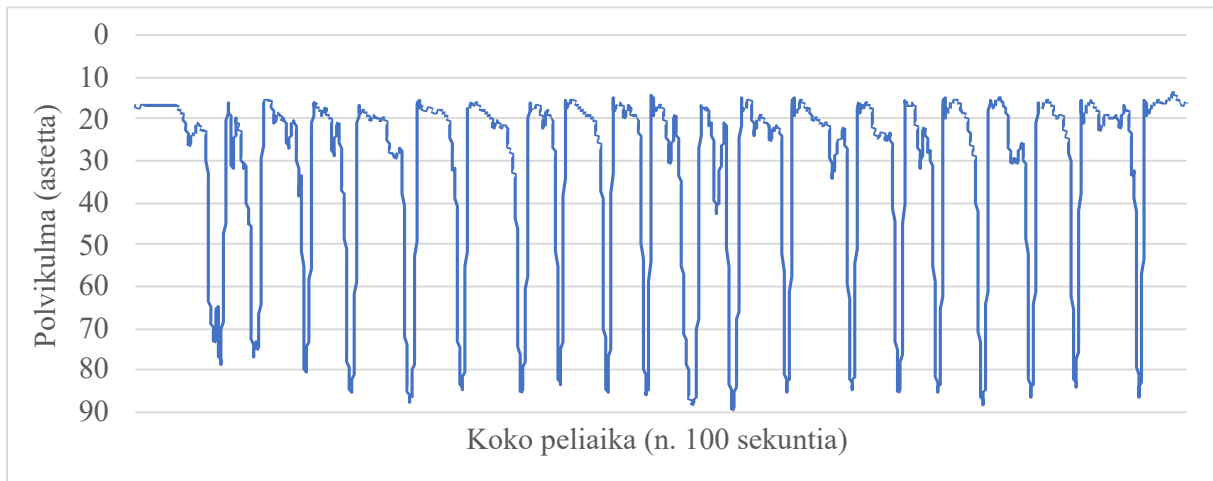
Tutkittavien keholla markkereina käytettiin n. 2x2 cm teipinpaloja neljässä eri pisteessä: nilkassa ulkokehräksessä (Malleolus lateralis), polvessa reisiluun ulkosivunastassa (Epicondylus

lateralis), lonkassa reisiluun suuressa sarvennoisessa (Trochanter major) sekä olkapäässä olkaluun päässä (Tuberculum majus). Tutkittavia pyydettiin laittamaan mittauksiin tumma pusero ja heille annettiin mittausten ajaksi tummat shortsit. Teippimarkkerit asetettiin kehon vasemmalle puolelle ja videokuvaus suoritettiin kaikkien tutkittavien osalta vasemmalta puolelta laboratoriossa käytössä olleeseen tilaan liittyvien syiden vuoksi. Polvikulma määriteltiin nilkka-, polvi- ja lonkkamarkkereiden avulla.

Kyykistymispelien toistot. Liikedatasta tehtiin kulma-aika-kuvaaja, josta voidaan erottaa polvikulman muutos fleksio – ekstensio suunnassa (Kuvio 1.). Toistot laskettiin koko pelisuorituksen ajalta kulma-aika-kuvaajasta. Pelien välillä pelien erilaisuuden vuoksi toiston määrittelemiseen käytettiin eri arvoja. Pickup -pelissä, jossa jokainen toisto (juureksen kitkeminen maasta) on selkeä yksi kyykistyminen, toistoksi laskettiin yli 30 asteen muutos lähtötasoon verrattuna. Näin saatiin suodatetuksi peliin kuulumatonta (väärä positiivinen) pientä liikettä, jota ilmeni osalla pelaajista. Squat pong -pelissä, jossa jokainen toisto (mailan ohjaaminen ruudulla ylös ja alas) voi olla eri syvyinen kyykistyminen, toistoksi laskettiin yli 10 asteen muutos lähtötasoon verrattuna. Näin saatiin suodatettua tahaton liike pois, mutta silti laskettua myös pienimmät toistot. Lähtötasolla tarkoitetaan tässä yhteydessä polvikulmaa, jolla tutkittava seisoa ennen kyykistymistä ja mille tasolle tutkittava nousi kyykistymisten välillä. Tätä tasoa on käytetty siksi, että eri tutkittavien seisoma-asennoissa oli suurimmillaan 30 asteen ero keskenään (polven fleksio 0 astetta – 30 astetta suorana seisossa). Jokaisen toiston laajuus määriteltiin toiston huippuarvon mukaan ja jokainen toisto kirjattiin yksitellen 10 asteen välein pyöristyssäännön mukaisesti.

Kulmanopeus. Kulmanopeus on ilmoitettu muodossa astetta sekunnissa ja se on koko pelin aikainen nivelkulmanopeus, eli keskikulmanopeus. Kulmanopeutta laskettaessa on datasta poistettu kyykistymisten välillä oleva polvinivelet suorana/lähes suorana seisominen. Koska tutkittavat seisovat polvinivel ”suorana” (normaali 0°) eri polven nivelkulmilla ja tässä nivelkulmassa oli variaatiota myös saman tutkittavan eri toistojen välillä, on jokaisen tutkittavan koko pelin ajalta poimittu pienin ja suurin nivelkulma, mistä on laskettu yksilöllinen pelin aikainen liikelaajuusalue. Mikäli tutkittavalla minimiarvo oli esimerkiksi 0 astetta ja maksimiarvo 100 astetta fleksiota, on liikelaajuus 100 astetta. Tästä liikelaajuusalueesta on määritetty 80 prosen-

tin työosuus niin, että esimerkkitapauksen 100:sta asteesta käytetään kulmanopeuden laskemiseen nivelkulmien muutosta välillä 20–100 astetta. Näin ollen levoksi on määritelty ensimmäiset 20 % liikelaajuusalueesta (esimerkkitapauksessa 0–20 astetta). Lisäksi kulmanopeutta laskettaessa työosuudesta suodatettiin aika, jolloin nivelkulman muutos oli alle yhden asteen sekunnissa, jotta päästiin eroon hetkellisestä liikkumattomuudesta eri nivelkulmilla, jollaista esiintyi osalla tutkituista.



KUVIO 1. Erään tutkittavan Pick up -pelin aikainen polvinivelkulma ajan funktiona

Työ-leposuhde. Työ-leposuhde määriteltiin samalla tavalla kuin kulmakertymä, eli 20 % tai pienimmät nivelkulman muutokset pelin aikaisesta liikelaajuusalueesta laskettiin levoksi ja loput 80 % laskettiin työksi.

Kulmakertymä. Kulmakertymä laskettiin koko pelin ajalta. Jokaisen datapisteen väliset nivelkulmien muutokset summattiin, josta saatiin nivelessä pelin aikana tapahtunut liike asteina. Summa jaettiin peliajalla ja muutettiin muotoon astetta minuutissa.

5.2.2 Vicon Nexus 2 – painon jakautuminen

Painon jakautumista alaraajojen välillä mitattiin kahden lattian tasoon upotetun AMTI MiniAMP MSA-6 -voimalevyn (AMTI, Yhdysvallat) avulla, molempien alaraajojen alla oli oma voimalevy. Voimalevydata kerättiin Vicon Nexus 2 -ohjelmiston (Vicon, Iso-Britannia) avulla.

Keräystaajuus oli 30 Hz, ja data suodatettiin 10 Hz taajuudella (Butterworth 4th-order zero-lag low-pass filtti). Tutkittavat ohjeistettiin pitämään jalat voimalevyjen päällä niin staattisten kuin dynaamistenkin mittausten aikana. Painon jakautumista ja painon siirtymistä mitattiin jokaisessa pelissä koko pelisuorituksen ajan niin kyykistymispeleissä kuin painonsiirtopeleissäkin. Voimalevydatan avulla voidaan vertailla painon jakautumista ja painon siirtymistä leikatun ja ei-leikatun alaraajan välillä sekä vertailla sitä paikallaan seisomiseen.

Kehonpaino ja paikallaan seisomisen symmetrisyys. Tutkittavien kehonpaino on arvioitu muutaman sekunnin paikallaan seisomisen aikana voimalevyllä kerätystä datasta lasketun keskiarvon avulla. Yhdeltä tutkittavalta ei mitattu erikseen muutaman sekunnin paikallaanseisomista, joten tämän tutkittavan kohdalla käytettiin kehonpainon arviointiin Hattrick-pelin alkua. Hattrick-pelin alussa pelaaja joutuu odottamaan muutaman sekunnin ennen kuin ensimmäinen tavaraputoaa liukuhihnalta ja peli (painonsiirto) varsinaisesti alkaa. Tutkittavien kehonpainon arvioimiseksi käytetyn datan normaalijakautuneisuus laskettiin SPSS-ohjelmiston avulla (IBM, Yhdysvallat). Yhdellä tutkittavalla jakauma ei noudattanut normaalijakaumaa ja se otettiin lähempään tarkasteluun. Tutkittavan datasta ilmeni, että paikallaan seisten mitatun datan alussa paino oli selkeästi toisella alaraajalla, mutta siirtyy ja vakiintuu tiettyyn kohtaan nopeasti. Tutkittavan datasta poistettiin ensimmäiset 25 datapistettä (0,8 sekuntia), näin ollen myös kyseisen tutkittavan data noudatti normaalijakaumaa. Lisäksi jokaisen tutkittavan kohdalla staattisesta seisoma-asennosta on arvioitu, miten tasaisesti tutkittava jakaa painon leikatun ja ei-leikatun alaraajan välillä paikallaan seistessään.

Painonsiirtopelien toistot. Voimalevydatasta tehtiin voima-aika-kuvaaja, josta voidaan erottaa painon siirtyminen puolelta toiselle. Peleistä, joissa pelihahmoa ohjailaan painonsiirroilla (Bubble runner ja Hattrick), laskettiin toistot voima-aika-kuvaajasta. Toistoksi laskettiin tilanne, jossa kehonpainosta yli 60 % siirtyi yhdelle alaraajalle. Molempien alaraajojen toistot laskettiin erikseen. Uuden toiston alkaminen edellytti painon palautumista molemmille alaraajoille.

Kehonpainon jakautuminen painonsiirtopelien aikana. Jokainen toisto luokiteltiin kehonpainon mukaan 10 prosenttiyksikön välein. Painonsiirtopelien aikana kerätyn voimalevydatan reaktiivoimista laskettiin datapisteet kehonpainoon suhteutettuna 10 prosenttiyksikön välein ja tämä arvo jaettiin keräystaajuudella (30 Hz), näin ollen saatiin tulokseksi sekuntia per prosenttiosuus. Tuloksesta näkee, kuinka kauan koko pelin aikana tutkittava vietti aikaa esimerkiksi leikatun alaraajan varassa niin, että sillä oli 80 % kehonpainosta tai 20 % kehon painosta jne. Tämän muuttujan avulla nähdään, miten kehonpaino jakautuu alaraajojen välillä koko pelin aikana. Koska kyseessä on aikaan sidottu muuttuja, on voimalevydatasta huomioitu aika ensimmäisen painonsiirron alusta viimeisen painonsiirron loppuun. Esimerkiksi Hatrick -pelin datasta on poistettu jokaiselta tutkittavalta alun muutaman sekunnin odotus ennen varsinaista toistoa ja saatu tarkemmin toistojen aikainen painon sijoittuminen alaraajojen välillä.

Kehonpainon jakautuminen kyykistymispelien aikana ja paikallaan seisten. Pelien aikana kerätystä voimalevydatasta on myös laskettu kyykistymispelien aiheuttamat reaktiivoimien summat molemmista alaraajoista erikseen sekä poimittu kummankin alaraajan kohdalta suurin ja pienin reaktiivoima. Tätä muuttujaa käytetään leikatun ja ei-leikatun alaraajan väliseen painonjakautumisen arviointiin kyykistymispelien aikana ja paikallaan seisoessa.

5.2.3 VAS – kipujana

Tutkittavilta selvitettiin VAS-kipujanana (Visual Analogue Scale) avulla tutkittavien kokema kipu asteikolla 0–100. Kipujanassa 0 tarkoittaa ei kipua lainkaan ja vastaavasti 100 tarkoittaa pahinta mahdollista kipua. Kipujanaa käytettiin kivun arviointiin pilottitutkimukseen osallistumista edeltäneeltä vuorokaudelta sekä pilottitutkimuksessa pelattujen kyykistymispelien jälkeen ja painonsiirtopelien jälkeen.

Kipujana on yksinkertainen ja herkkä mittausmenetelmä sekä se on todettu luotettavaksi myös ikääntyneillä henkilöillä (Tiplady ym. 1998). Hjermstad ym. (2011) järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen mukaan VAS on selvästi käytetyin kipukysely verrattuna NRS-kyselyyn (Numerical Rating Scale) ja VRS-kyselyyn (Visual Rating Scale).

5.2.4 Vipuvarsigoniometri – polven ojennus ja koukistus

Tutkittavilta mitattiin polvinivelen aktiivinen ja passiivinen liikkuvuus vipuvarsigoniometrin avulla ennen pelien pelaamista. Aktiivinen liikkuvuus mitattiin niin, että tutkittava makasi selinmakuulla ja itse omaa lihasvoimaa käyttämällä koukisti ja ojensi polviniveltä niin pitkälle kuin kykeni.

Polvinivelen passiivinen liikkuvuus mitattiin selinmakuulla vipuvarsigoniometrillä niin, että tutkija aktiivisen liikeradan lopussa edelleen koukisti ja ojensi tutkittavan polviniveltä. Goniometrimittauksen on todettu olevan luotettava ja toistettava polvinivelen aktiivista liikkuvuutta mitattaessa (Brosseau ym. 2001).

5.2.5 WOMAC – polvi- ja lonkkapotilaan toimintakykykysely

Polvi- ja lonkkapotilaan toimintakykykyselyn, WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis index), suomenkielisen version avulla tutkittavilta selvitettiin tutkittavien subjektiivista kokemusta tekonivelleikkauksen jälkeisestä kivusta, jäykkyydestä sekä toiminnan haitasta polvessa. Tutkittava täytti lomakkeen itsenäisesti lomakkeella olevan ohjeistuksen mukaisesti. Kuten alkuperäinen WOMAC-kysely, myös suomennos WOMAC-kyselystä on validi ja sitä voidaan käyttää nivelrikon tutkimuksessa (Soininen ym. 2008). McConnell ym. (2001) toteaa järjestelmällisessä katsauksessaan, että erityisesti WOMAC-kyselyn kipua ja toiminnan haittaa selvittävät osiot ovat toistettavia ja luotettavia.

WOMAC-kysely koostuu 24:stä kysymyksestä, joihin kaikkiin on viisi vastausvaihtoehtoa. Vastaukset pistelytetään 0–4 ja kysymykset on jaettu kolmeen eri osioon. Ensimmäisessä osiossa selvitetään potilaan kokema kipu viidellä eri kysymyksellä ja siinä vastausvaihtoehdot ovat: ei kipua (0 pistettä), lievää kipua (1 piste), kohtalaista kipua (2 pistettä), voimakasta kipua (3 pistettä) ja äärimmäistä kipua (4 pistettä). Toisessa osiossa selvitetään potilaan kokema niveljäykkyys kahdella kysymyksellä (ei niveljäykkyyttä = 0 pistettä – äärimmäistä jäykkyyttä = 4 pistettä) ja kolmannessa osiossa selvitetään potilaan kokema toiminnan haitta 17:llä kysy-

myksellä (ei toimintahaittaa = 0 pistettä – äärimmäistä toimintahaittaa = 4 pistettä). Mikäli potilas ei ole kokenut kipua, niveljäykkyyttä eikä toimintahaittaa lainkaan, saa potilas kyselystä 0 pistettä, mutta mikäli potilas on kokenut kaikkia edellä mainittuja äärimmäisen paljon, saa potilas kyselystä maksimipisteet, eli 96 pistettä.

5.3 Tilastolliset menetelmät

Aineiston raakadata työstettiin Microsoft Excel ohjelmalla (Microsoft Corporation, Yhdysvallat). Excelin avulla aineistosta kerättiin tutkittavien osalta eri muuttujien arvot. Muuttujat siirrettiin SPSS (IBM, Yhdysvallat) -ohjelmistoon, jota käytettiin tilastollisten analyysien tekoon. Tutkimuksen datasta laskettiin kuvailevat tunnusluvut: mediaani (Med.), interkvartiiliväli (IQR), minimi (Min.) ja maksimi (Maks.).

Aineiston ollessa pieni, kuten tässä tutkimuksessa oli, tulee tilastollisten analyysien tekoon käyttää parametrittomia testejä. Parametrittomat testit eivät oleta aineiston normaalijakautuneisuutta ja ovat tämän vuoksi tehokkaampia ja herkempiä testejä parametrisiin testeihin verrattuna (Karhunen ym. 2010, 80). Kaikki kuormittavuustestit suoritettiin tutkittaville saman tutkimuskerran aikana. Kahta samaan tavoitteeseen pyrkivää peliä vertailtaessa keskenään, käytettiin Wilcoxonin parivertailutestiä. Parivertailussa tulee käyttää Wilcoxonin testiä, kun tutkitaan kahden riippuvan otoksen jakaumien samanlaisuutta (Karhunen ym. 2010, 80–81). Vertaillessa useita eri muuttujia kerralla keskenään, käytettiin tilastollisena testinä Friedmanin usean otoksen testiä. Friedmanin testiä käytetään, kun tutkitaan useaa toisistaan riippuvaa otosta (Karhunen ym. 2010, 80–81). Wilcoxonin parivertailutestissä ja Friedmanin usean otoksen testissä käytettiin 95 % luottamusväliä (95 %LV).

Nollahypoteesina oli, etteivät pelit eroa toisistaan polvinivelen liikkeen tai painon jakautumisen näkökulmasta. Hypoteesien testaamisen ja tilastollisen merkitsevyyden etsimisen lisäksi aineistosta kerättyjä tunnuslukuja on esitetty graafisessa muodossa kliinisen merkittävyyden arviointia varten.

5.4 Eettisyys

Pilottivaiheen kuormitusmittauksille oli Keski-Suomen sairaanhoitopiirin tutkimuseettisen toimikunnan puoltava lausunto. Lisäksi kuormitusmittauksille oli haettu tutkimuslupa Keski-Suomen sairaanhoitopiiristä. Kuormitusmittauksissa oli varauduttu ensiaputilanteeseen laatimalla ensiapusuunnitelma, joka käytiin mittaushenkilöiden kanssa huolellisesti läpi ennen mittauksia. Kaikilta tutkittavilta pyydettiin tietoon perustuva suostumus tutkimukseen osallistumisesta. Ennen allekirjoitusta tietoa tutkimuksesta antoi ensikontaktissa sairaalan fysioterapeutti ja myöhemmin puhelimitse sekä kasvotusten tutkija. Tutkittavilla oli mahdollisuus lopettaa tutkimus niin halutessaan missä kohtaa tutkimusta tahansa. Tutkimusdata oli pseudonymisoitu. Lisäksi kaikki tutkimuksen aikana paperille kerätyt tiedot säilytettiin lukitussa tilassa ja lukitussa kaapissa.

Tässä tutkielmassa käytettiin tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK 2012) laatimaa hyvän tieteellisen käytännön (HTK) -ohjetta. Hyvä tieteellinen käytäntö on tiedeyhteisön itsesääätelyn työkalu ja osa laatujärjestelmää, joka koostuu yhdeksästä keskeisestä lähtökohdasta (TENK 2012). Tutkimuksessa on otettu huomioon tutkimuseettisen neuvottelukunnan hyvän tieteellisen käytännön kaikki yhdeksän keskeistä lähtökohtaa.

6 TULOKSET

Kuormitusmittauksiin osallistui kaikkiaan seitsemän polven tekonivelleikattua tutkittavaa, joista kuusi oli naisia (Taulukko 1). Tutkittavien mediaani-ikä oli 66 vuotta (IQR 10) ja kuormitusmittauksiin osallistuessa oli polven tekonivelleikkauksesta kulunut 24–110 vuorokautta (mediaani 98). Polvi- ja lonkkapotilaan toimintakykykyselyn (WOMAC) mediaaniarvo tutkitavilla oli 21/96 (IQR 28). Kaikilla tutkittavilla oli polvinivelen ojennusvajautta kuormitusmittauksiin osallistuessaan.

TAULUKKO 1. Tutkittavien esitiedot sekä koettu kipu kuntoutuspelien jälkeen.

Muuttuja	Mediaani	IQR (Q1–Q3)	Min.	Max.
Ikä [v]	66	61–71	60	73
Aika leikkauksesta [vrk]	98	28–110	24	110
WOMAC [0–96]	21	13–42	4	49
Polvinivelen aktiivinen fleksio [°]	100	90–108	70	120
Polvinivelen aktiivinen ekstensio [°]*	12	8–15	5	17
VAS edeltävä vrk. [0–100]	42	17–62	1	69
VAS kyykistymispelien jälk. [0–100]**	7	4–25	2	53
VAS painonsiirtopelien jälk. [0–100]	4	3–7	0	41

IQR = Interkvartiiliväli, WOMAC = The Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index,

VAS = Visual Analogue Scale, n = 7, * = astetta ojennusvajautta ** = yhden tutkittavan tiedot puuttuvat,

Tutkittavien mediaanikipu kuormitusmittausta edeltäneeltä vuorokaudelta oli 42 (IQR 45), kuormitusmittausten loppupäässä pelattujen kyykistymispelien jälkeen 7 (IQR 21) ja painonsiirtopelien jälkeen 4 (IQR 4). Kyykistymispelien osalta VAS-kipujanana tiedot puuttuvat yhdeltä tutkittavalta (Taulukko 1).

6.1 Kyykistymispelit

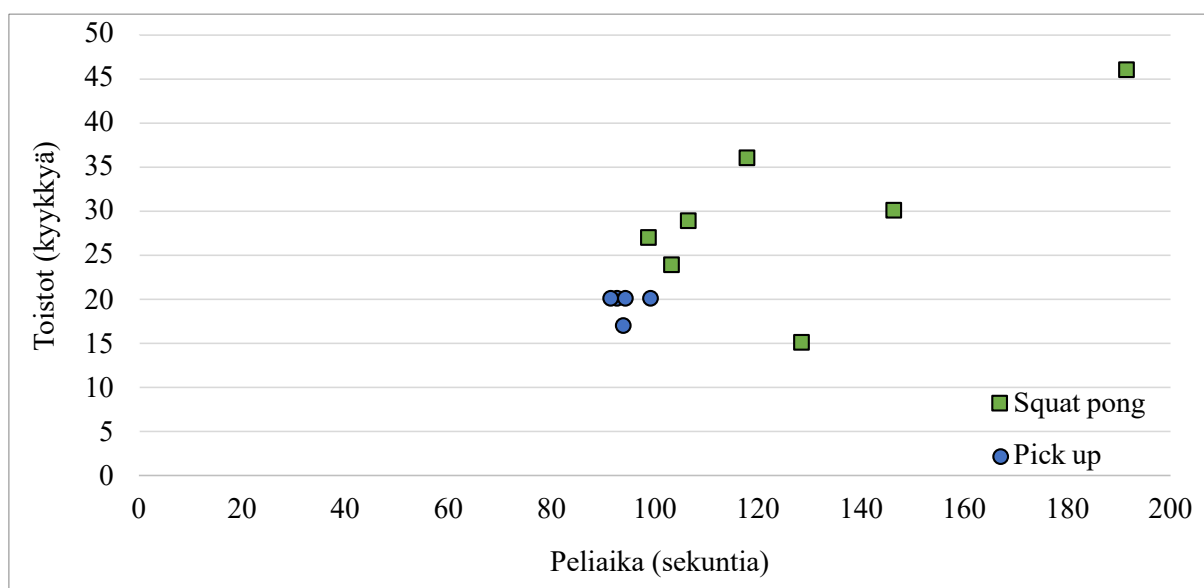
Kyykistymispelejä keskenään verrattaessa minkään muuttujan osalta ero ei ollut tilastollisesti merkitsevä (Taulukko 2).

TAULUKKO 2. Kyykistymispelien toistot, peliaika, työ-leposuhde, kulmanopeus ja kulmakertymä.

Muuttuja	Squat pong n=7	Pick up n=5*	p-arvo
	Med. (IQR Q1–Q3)	Med. (IQR Q1–Q3)	
Toistot [kpl]	29 (24–36)	20 (19–20)	0,125
Peliaika [s]	118 (103–146)	94 (93–97)	0,063
Työ-leposuhde [%]	30 (24–33)	39 (25–42)	0,625
Kulmanopeus [°/s]	55 (32–62)	49 (32–70)	0,375
Kulmakertymä [°/min]	1389 (741–1578)	1618 (930–2098)	0,063

Wilcoxonin parivertailu, p-arvo = exact p-value, * = kahden tutkittavan tiedot puuttuvat.

Yksilötasolla tarkasteltuna Squat pong -pelin peliaika ja toistot ovat selvästi jakautuneet suuremmalle alueelle, kuin Pick up -pelin lähes päällekkäin olevat havainnot (Kuvio 2). Squat pong oli peleistä ainut, missä pelimenestys vaikutti peliaikaan ja sitä myöden myös toistojen määrään.



KUVIO 2. Kyykistymispelien toistot ajan funktiona

6.2 Painon jakautuminen kyykistyspelien aikana ja paikallaan seistessä

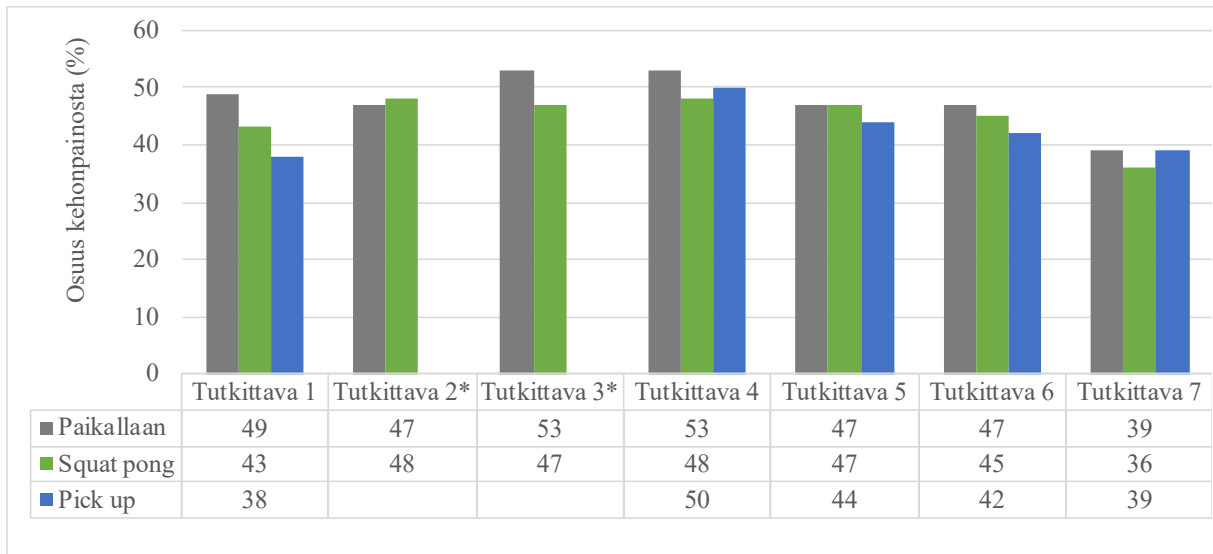
Painon jakautumisessa kyykistymispelien ja paikallaan seisomisen aikana ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Tutkittavilla Squat pong -pelin aikana paino oli 47 prosenttisesti leikatun alaraajan varassa, samoin kuin paikallaan seistessä. Pick up -pelissä paino oli 44 prosenttisesti leikatun alaraajan varassa. (Taulukko 3).

TAULUKKO 3. Kehonpainon jakautuminen [%] kyykistymispelien sekä paikallaanseisotun hetken aikana leikatun alaraajan ja ei-leikatun alaraajan välillä.

Muuttuja	Squat pong n=7	Pick up n=5*	Paikallaan n=7	p-arvo
	Med. (IQR Q1–Q3)	Med. (IQR Q1–Q3)	Med. (IQR Q1–Q3)	
Painonjakautuminen [%] (leikattu alaraaja)	47 (43–48)	44 (39–50)	47 (47–53)	0,051

Friedmanin usean otoksen testi, p-arvo = exact p-value, * = kahden tutkittavan tiedot puuttuvat.

Kyykistymispeleissä yksilötasolla painon jakautumista alaraajojen välillä tarkasteltuna tutkittavalla 1 on suurin ero paikallaan seisomisen ja pelien välillä ja tutkittavalla 7 kaikki arvot ovat alle 40 % (Kuvio 3). Muilla tutkittavilla erot painon jakautumisessa alaraajojen välillä ovat 0–6 prosenttiyksikköä. Paikallaan seistessä tutkittavat varaavat painoa keskimäärin enemmän leikatulle alaraajalle, kuin peleissä, poikkeuksena tutkittava 2. Kyykistymispelien painon jakautumista kuvaava kuvio 3 on seuraavalla sivulla.



KUVIO 3. Kehonpainon osuus leikatulla alaraajalla Squat pong ja Pick up -pelien aikana sekä paikallaan seisoessa [* = Pick up -pelin tiedot puuttuvat kahdelta tutkittavalta].

6.3 Painonsiirtopelit

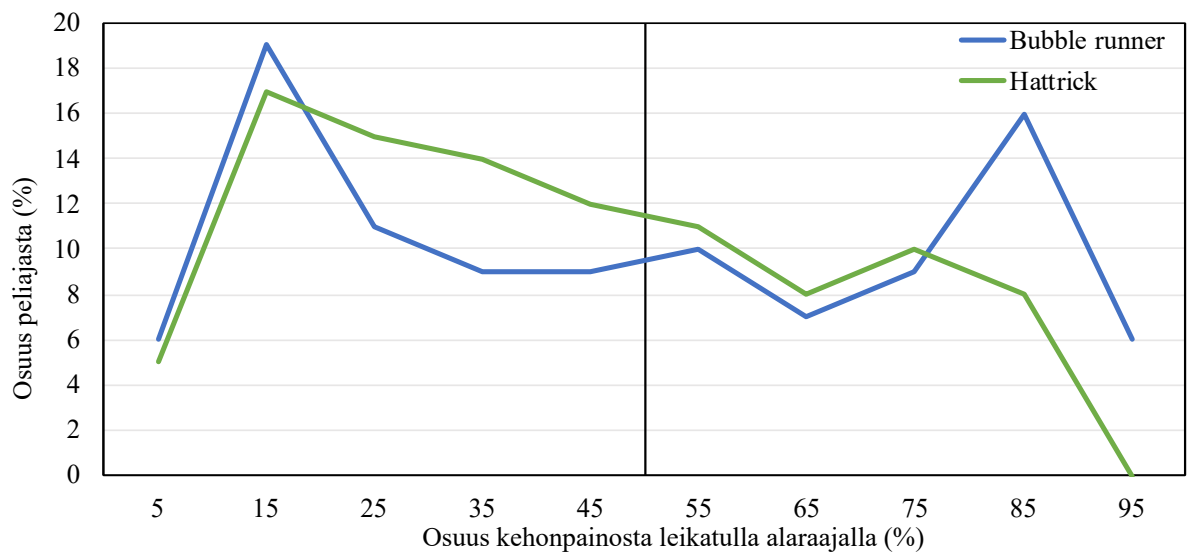
Painonsiirtopeleissä pelien välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa. Myöskään alaraajojen välillä painonsiirtopeleissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja. Hajonta on suurinta Hattrick-pelin ei-leikatun alaraajan kohdalla (IQR 24) ja toiseksi suurinta Bubble runner -pelin leikatun alaraajan kohdalla (IQR 16). Muuten hajonta painonsiirtopeleissä on samankaltaista.

TAULUKKO 4. Painonsiirtopelien toistot ja työ-leposuhde.

Muuttuja	Bubble runner n=7			Hattrick n=7			Ryh- mien- väli- nen
	leikattu	ei-leikattu	p- arvo*	leikattu	ei-leikattu	p- arvo*	
Toistot [kpl]	Med. (IQR Q1–Q3)	Med. (IQR Q1–Q3)		Med. (IQR Q1–Q3)	Med. (IQR Q1–Q3)		p- arvo**
Työ-leposuhde [%]	15 (12–20)	15 (14–23)	0,438	12 (9–18)	16 (10–18)	0,438	0,131
	16 (12–28)	17 (12–21)	0,891	21 (18–26)	25 (17–41)	0,156	0,489

* = Leikattu alaraaja verrattuna ei-leikattuun alaraajaan: Wilcoxon (p-arvo on exact p-value), ** = leikattujen ja ei-leikattujen alaraajojen sekä pelien välinen vertailu: Friedman (p-arvo = exact p-value).

Alla olevassa kuviossa (Kuvio 4.) on esitetty leikatun alaraajan osalta painon jakautuminen suhteessa kehonpainoon. Bubble runner -pelissä korkeimmat arvot, eli pisin aika, on vietetty, kun kehonpainosta on ollut leikatulla alaraajalla 15 % ja 85 %. Hattrick-pelissä suurimmat arvot löytyvät 50 % alapuolelta, eli suurempi osa peliajasta on vietetty ei-leikatun alaraajan varassa. Bubble runner -pelissä 53 % peliajasta leikatulla alaraajalla oli alle puolet kehonpainosta ja vastaavasti Hattrick-pelissä 63 % peliajasta leikatulla alaraajalla oli alle puolet kehonpainosta.



KUVIO 4. Bubble runner ja Hattrick-pelien aikana kehonpainon osuus leikatulla alaraajalla.

7 POHDINTA

Kuntoutuspeleissä toistojen erilaisuus keskenään (Squat pong ja Hattrick) sekä peliajan vaihtelevuus pelimenestyksen mukaan (Squat pong) vaikeuttavat pelissä tapahtuvan harjoituksen sisällön ja harjoitusannoksen ennakoitavuutta. Yksilötasolla kyykistymispeleistä Squat pong antaa pelaajalle vaihtelevaa kuormitusta tarjoamalla eri määrän kyykistymisiä ja eri pituisia peliaikoja. Pick up -peli tarjoaa pelaajalle vastaavasti saman määrän kyykistymisiä samassa peliajassa. Painonsiirtopeleistä yksilötasolla Hattrick-peli antaa tutkittaville vaihtelevaa kuormitusta tarjoamalla eri määrän ja eri pituisia painonsiirtoja alaraajojen välillä. Bubble runner -peli tarjoaa tutkittaville melko tasaisesti painonsiirtoja samankaltaisella osuudella kehonpainosta molemmille alaraajoille.

Pelin luonteesta johtuen Squat pong -peliä pelatessa kuntoutujalla polvinivelen liike on vaihtelevampaa, kuin Pick up -pelissä, niin nopeuden kuin liikkeen laajuudenkin kannalta. Pallo, joka pitää lyödä takaisin vastustajalle, saattaa tulla pelikentällä samaan kohtaan missä pelaaja jo on, jolloin lyönti ei vaadi liikettä juuri lainkaan tai pallo saattaa tulla toiselle puolelle kenttää, jolloin lyönti vaatii nopean kyykyn. Tämä tarkoittaa, että liikenopeus ja määrä ovat kyseisessä toistossa aivan eri luokkaa. Pick up -peli taas rakentuu 20:stä hyvin samankaltaisesta toistosta, koska kitkentä tapahtuu tasaisin väliajoin ja yhtä suurella liikkeellä. Tästä syystä Pick up -peli on kaikille pelaajille lähes sama toistojen ja peliajan suhteen. Squat pong -pelissä, missä pelimenestys vaikuttaa pelin pituuteen, on variaatio myös peliajan ja toistojen osalta suurempaa.

Työ-leposuhde ja kulmanopeus ovat niin lähellä toisiaan sekä niiden hajonta on niin suurta, ettei näiden muuttujien avulla voida sanoa pelien eroista oikeastaan mitään. Kulmanopeuden osalta erolla ei välttämättä ole muutenkaan kliinisessä mielessä väliä, koska suurella liikenopeudella toteutettu kuuden viikon polven tekonivelkuntoutus ei näyttäisi eroavan pienellä liikenopeudella tehtävästä kuntoutuksesta (Kelly ym. 2016). Sen sijaan kulmakertymä antaa viitteitä siitä, että Pick up -pelissä polviniveleen kohdistuvaa liikettä voi tapahtua enemmän, minkä voisi päätellä jo pelien luonteen johdosta, mutta on huomioitava, että hajontaluku (IQR) tällä muuttujalla on lähes yhtä suuri kuin itse kulmakertymän mediaaniarvo. Lisäksi on otettava huomi-

oon, että Pick up -pelin pelasi onnistuneesti kaksi pelaajaa vähemmän, koska mittauksissa kohdattiin teknisiä ongelmia. Näin pienellä aineistolla kahden pelaajan ero voi vaikuttaa tuloksiin merkittävästi

7.1 Kyykistymispelit

Näyttäisi siltä, että Pick up -peli on ennustettavampi ja soveltuisi näin ollen paremmin kuntoutuspeliksi, mikäli kuntoutuspelissä on tärkeä tietää esimerkiksi toistojen määrä ja näin ollen kyetä valitsemaan yksilöllisesti kuntoutujalle määritettävä kyykistymisten määrä. Huomionarvoinen asia Pick up -pelissä on se, että kun peli on kehitetty aiheuttamaan 20 samankaltaista toistoa, on tavoitteessa onnistuttu ja pelaajat tosiaan tekevät pelissä keskimäärin 20 kyykistymistä saman peliajan aikana.

Polvea ojentavien lihasten on todettu heikkenevän jopa 60–80 % polven tekonivelleikkauksen jälkeen (Suomen Artroplastiayhdistys 2015, 34). Näin ollen kehonpainolla tehtäviä kyykistymisiä voidaan pitää voimaharjoitteena monelle polven tekonivelleikatulle kuntoutujalle. 12 viikkoa kestänyt kyykkyharjoittelu ilman lisäpainoa lisäsi heikkokuntoisten ikääntyneiden polvea ojentavien lihasten lihasmassaa ja lihasvoimaa (Fujita ym. 2016). Lisäksi terveillä ikääntyneillä hitaalla liikenopeudella ja ilman lisäpainoa tehtävät kyykyt on todettu lisäävän polvea ojentavien lihasten paksuutta sekä lihasvoimaa 12 viikon harjoitusohjelman aikana (Tsuzuku ym. 2018).

Squat pong -pelin vahvuudeksi voisi todeta pelin aiheuttaman ärsykkeen vaihtelevuuden toistojen vaihtelevuudesta johtuen. Vaihtelevatehoisen kyykkyharjoittelun on todettu olevan yhtä tehokasta ikääntyneillä, kuin korkeatehoinen kyykkyharjoittelu (Liu & Latham 2009). Kuntoutuspelin tarjoaman harjoituksen vaihtelevuudesta huolimatta on harjoittelun nousujohteisuus tärkeää. Nousujohteinen voimaharjoittelu on todettu lisäävän ikääntyneiden lihasvoimaa, mutta lisäävän myös ikääntyneiden fyysistä kyvykkyyttä ja itsenäisyyttä päivittäisissä toiminnoissa (Liu & Latham 2009). Peliharjoitteluun voidaan tuoda nousujohteisuutta lisäämällä kuntoutuspelin vaikeusastetta esimerkiksi liikenopeutta tai toistoja lisäämällä.

7.2 Painon jakautuminen kyykistyspelien aikana ja paikallaan seistessä

Kehonpaino näyttäisi jakautuvan alaraajojen välillä melko tasaisesti. Kuitenkin yksilötasolla näyttäisi olevan eroja tutkittavien välillä. Yhden tutkittavan paino oli leikatulla alaraajalla Squat pong -pelin aikana vain 36 prosenttisesti. Koska voimalevydata ja liikedata ei ollut synkronoitu, ei ole varmuutta siitä, miten paino jakautui kyseisellä tutkitulla juuri kyykistyessä. On kuitenkin hyvä huomata, että polven tekonivelleikkauksen jälkeen kuntoutujat, jotka kyykistyessään kuormittavat leikattua alaraaja vain 37 prosenttisesti on raportoitu todennäköisemmin kohtaavan vaikeuksia päivittäisissä toimissa (Rossi ym. 2013).

Yksilötasolla eroja tarkasteltaessa havaittiin myös toinen tutkittava, joka varasi painoa leikatulle alaraajalle alle 40 prosenttisesti (39 %). Tämä tutkittava, jolla oli myös suurin ero painon jakautumisessa alaraajojen välillä paikallaan seisomisen ja Pick up -pelin välillä, näytti videoidun suorituksen perusteella ottavan ei-leikatun puoleisen yläraajan mukaan juureksen kitkentään mikä saattaa vaikuttaa painon epätasaiseen jakautumiseen juuri Pick up -pelissä. Tässä on hyvä esimerkki siitä, miten eri mielikuvat ja pelaajalle esitetty pelimaailma liikeohjatussa pelissä voivat muuttaa pelikäyttäytymistä, eikä kaikkea osata aina ottaa kehitysvaiheessa huomioon. Tämä on tärkeä huomio kuntoutuspelien kehityksen näkökulmasta ja tähdentää kuntoutukseen kehitettyjen pelien testaamisen tärkeyttä.

7.3 Painonsiirtopelit

Painonsiirtopeleissä hajonta on erittäin suurta kaikissa muuttujissa molempien alaraajojen osalta. Pelin luonteesta johtuen Hattrick-pelissä pelaajan painonsiirto on vaihtelevampaa, koska esineitä putoaa liukuhihnoilta satunnaisesti molemmilta puolilta. Huomionarvoista on, että Hattrick-pelissä pelaaja voi (tahallaan tai tahtomattaan) suosia enemmän toiselta puolelta putoavia esineitä. Pahimmassa tapauksessa pelaaja keskittyy enemmän kuntoutettavan alaraajan sijasta toiseen alaraajaan, eikä siirrä painoa juuri lainkaan leikatulle alaraajalle pelin aikana.

Bubble runner -pelissä pallot mutkittelevat tasaisesti puolelta toiselle ja mitä paremmin pelaaja hallitsee pelin, sitä tasaisempi painonsiirto pelissä tapahtuu. Vaikka hajonta on suurta painonsiirtopeleissä, näyttäisi Bubble runner -peli tarjoavan odotustenmukaisesti tasaisemman kuormituksen leikatun ja ei-leikatun alaraajan välillä. Tätä havaintoa tukee kuvio 3, missä on esitetty osuus peliajasta, jonka tutkittavat viettivät leikatun alaraajan varassa milläkin prosentiosuudella kehonpainosta. Samasta kuvaajasta on nähtävissä myös se, että Hattrick-peliä pelatessa tutkittavat näyttäisivät olevan leikatun alaraajan varassa vähemmän, mikä ei ole tässä tapauksessa toivottavaa.

Toisaalta onko painonsiirtopelissä tapahtuvan liikkeen tarkoitus edes alun perin olla mahdollisimman tasainen. Duclos ym. (2012) tulivat omassa tutkimuksessa siihen tulokseen, että itse asiassa tasapainopeli ei haastanut pelaajia niin paljoa tasapainon ylläpitämisessä, kuin laskettelupeli tai jalkapallo. Vaikuttaisi siis siltä, että mitä enemmän peli vaatii suurta liikettä (painonsiirtoa) ja nopeaa reagointia, sitä enemmän se haastaa tasapainoa. Tästä näkökulmasta ajatellen Hattrick-pelin voisi ajatella olevan tasapainon kannalta haastavampi ja kehittävämpi peli.

7.4 Pelillistetyn kuntoutuksen ja pelinkehityksen näkökulma

Kyseessä olevat seisten pelattavat kuntoutuspelit haastavat erityisesti kuntoutujan tasapainoa. Onkin todettu polven tekonivelkuntoutuksessa tasapainoharjoittelun olevan tehokkaampaa, kuin tavanomainen harjoittelu (Doma ym. 2018; Dávila Castrodad ym. 2019). Koska parhaan tuloksen saavuttamiseksi tasapainoharjoittelun olisi syytä jatkua vähintään 8 viikkoa (Doma ym. 2018), on hyvä pohtia myös kuntoutumisen mielekkyyden tärkeyttä. Jin ym. (2018) toteaa tutkimuksessaan pelillistetyn harjoittelun lisänneen potilaiden motivaatiota kuntoutukseen. Skjæret-Maroni ym. (2016) tutkivat kuntoutuspelejä useampaan otteeseen samoilla henkilöillä ja raportoivat erojen olleen eri pelikertojen, eri pelaajien sekä eri vaikeustasojen välillä suuria. Saattaakin olla lähes mahdotonta valita peliä ja vaikeusastetta, jotta kuntoutuksessa tavoitellut asiat toteutuvat kaikilla pelaajilla. Mutta on myös viitteitä siitä, että polven tekonivelkuntoutuksessa harjoitusohjelman sisältöä tärkeämpää on ylipäättään tehdä harjoitteita (Hamilton ym. 2020) – tehty harjoite on tehokas harjoite.

Kaikki eivät välttämättä pidä kuntoutuspelien pelaamisesta tai ole muuten uuden teknologian kanssa mukavuusalueellaan, mutta on silti hyvä pohtia, miten suuri osa kuntoutujista suorittaa kuntoutusprotokollan päätökseen tavanomaista harjoitusohjelmaa noudattamalla verrattuna pelillistettyyn harjoitusohjelmaan. Siksi pitääkin ottaa yksilöllisesti huomioon kuntoutujan toiveet kuntoutuksen suhteen. Pelillistetyn kuntoutuksen tulisikin olla vaihtoehto, etenkin sellaisten kuntoutujien kohdalla, jotka mieluummin suorittavat kuntoutuksen pelaamalla, kuin tavanomaisia harjoitteita tehden.

Tilanteessa, jossa terapeutti suunnittelee potilaalle kuntoutusohjelmaa, joka sisältää kuntoutuspelejä, on terapeutin oltava perillä siitä, mitä, miten ja kuinka paljon kuntoutuspelissä tapahtuu, jotta hän kykenee suunnittelemaan terapian samalla tavalla, kuin hän tekisi tavanomaista terapiasuunnitelmaa tehdessäänkin. Pelillistettyä kuntoutusta annostellessa terapeutin on siis otettava huomioon se, minkälaista harjoitusta peli todellisuudessa kuntoutujalle tarjoaa, jotta tavoiteltu kuntoutus toteutuisi mahdollisimman tarkoituksenmukaisesti. Tavanomaiseen harjoitteluun ja peliharjoitteluun käytetty yhtä pitkä aika ei tarkoita, että kyse olisi fyysisesti samankaltaisesta harjoituksesta.

Pelikehityksen näkökulmasta kyykistymistä vaativien kuntoutuspelien suunnittelussa tulee ottaa huomioon, minkälainen on pelin tavoitteena oleva toisto, eli kyykistyminen. Lisäksi olisi hyvä huomioida mitä mielikuvia peli luo pelaajille, ettei epätarkoituksenmukaisesti ohjaa pelaajaa esimerkiksi käyttämään toista alaraajaa enemmän kyykistymisen aikana, ellei tällainen toiminta ole kuntoutumisen kannalta tavoiteltavaa. Painonsiirtoa vaativien kuntoutuspelien suunnittelussa tulee ottaa huomioon se, onko tarkoitus ainoastaan varata painoa kuntoutettavalle alaraajalle kuormaa nousujohteisesti lisäten vai ollaanko kuntoutuksessa pidemmällä ja harjoitetaan tasapainoa haastavampien pelien avulla, esimerkiksi suuremmalla liikenopeudella.

7.5 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimus toteutettiin Jyväskylän yliopiston Liikunta- ja terveyslaboratorion biomekaniikan laboratoriossa, mikä on tarkoitettu tämän kaltaisten tutkimusten tekemiseen ja välineistö on tar-

koituksenmukaista sekä sen käyttöä oli harjoiteltu ennen varsinaisia mittauksia tutkimushenkilöillä. Tutkimuksessa datan kerääminen, tallennus ja tarkastelu sujuivat pääsääntöisesti niin kuin oli tarkoitettu. Lisäksi päämittaajina toimi vain kaksi eri henkilöä, mikä vähentää mittaus-tavan muuttumisesta aiheutuvaa harhan riskiä.

Tässä tutkielmassa esitetyt tulokset on esitetty mediaanina keskiarvon sijaan, koska tutkittavia henkilöitä oli vain seitsemän ja hajonta oli melko suurta. Näin ollen mediaani on parempi keskiluku esittämään keskimääräistä arvoa, eikä ole niin altis satunnaiselle hajonnalle. Pilottitutkimuksessa katsottiin arvokkaaksi saada tietoa kuntoutuspelien pelaamisesta eri kuntoutusprosessin vaiheissa, minkä voidaan sanoa toteutuneen tutkimusjoukon perusteella (24–110 vuorokautta leikkauksesta). Tutkittavien laaja jakautuminen eri kuntoutusprosessin vaiheisiin kuitenkin mahdollisesti lisäsi tutkittavien välistä hajontaa ja oli osaltaan vaikuttamassa siihen, että mikään tulosmuuttuja ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Tässä tutkielmassa käytetyn datan kerääminen kahden tutkittavan osalta yhdessä pelissä epäonnistui teknisten ongelmien johdosta mittaustilanteessa. Näiden kahden tutkittavan tutkimusdata ei ollut käyttökelpoista analyysyjä varten, mikä lisää harhan riskiä erityisesti näin pienellä aineistolla.

Liikeanalyysi oli toteutettu 2D liikeanalyysinä, mutta 3D liikeanalyysi olisi tarjonnut monipuolisemman datan tarkasteltavaksi. Erityisesti kyykistymisen aikana tapahtuvia polvinivelen kierroja olisi ollut mielenkiintoista tarkastella. Toki tutkimusdataa kertyi jo nyt melkoisesti, eikä 3D liikeanalyysi olisi tarjonnut välttämättä paljoo lisää tässä tutkielmassa käsiteltyihin peleihin. Yksi suurin rajoite voimalevydatan käytölle erilaisissa analyyseissä oli se, että liikeanalyysidataa ja voimalevydataa ei ollut synkronoitu. Tämä tarkoittaa sitä, että ei kyetty tarkastelemaan alaraajojen välistä painon jakautumista esimerkiksi eri polvinivelkulmilla, mikä olisi ollut mielenkiintoista. Lisäksi liikeanalyysin luotettavuutta heikentää se, että liikettä kuvaava kamera oli laboratoriotilasta johtuen aina tutkittavan henkilön vasemmalla puolella, vaikka leikattu alaraaja olisi ollut oikea.

Kuormitusmittaukset olivat pilottitutkimus ja vastaavanlaista tutkimusta ei ole ennen tehty, joten muuttujien etsiminen ja määrittely tutkimusdatasta oli hyvin aineistolähtöistä. Tämä saattaa lisätä harhan riskiä, mutta toisaalta tässä tutkielmassa ei verrattu peliä tavanomaiseen harjoitteluun vaan kahta kuntoutuspeliä keskenään, eikä näin ollut kiusausta etsiä tutkimusdatasta vain kuntoutuspeleille suotuisia muuttujia.

7.6 Jatkotutkimuksen tarve

Kirjallisuudessa esiintyvä näyttö polven tekonivelkuntoutuksessa käytettävien pelien vaikuttavuudesta koostuu lähinnä jonkin kuntoutuspelin pelaamisesta verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun (Fung ym. 2012; Christiansen ym. 2015; Negus ym. 2015; Jin ym. 2018). Tutkimustieto tavanomaista kuntoutusta korvaavista taikka jäljittelevistä peleistä puuttuu, eikä näin ollen kuntoutuspelaamisen vaikuttavuudesta ole näyttöä, vaikka osa tutkimuksista tähän kysymykseen pyrkii tarjoamaan vastausta. Tässä on selkeä puute nykyisessä tutkimustiedossa.

Mikäli tutkimuksissa havaitaan positiivinen ero pelillistetyn kuntoutuksen hyväksi tavanomaisen harjoitteluun verrattuna, voidaan kysyä, johtuuko ero siitä, että pelaaminen motivoi enemmän (harjoitukset tulee tehtyä), ärsyke on monipuolisempaa, vaikka ärsyke onkin suunniteltu samanlaiseksi (halu voittaa peli tms.) vai johtuuko ero jostain aivan muusta? Nykyinen tutkittu tieto ei kykene vastaamaan näihin kysymyksiin, koska pelien aikaansaamasta liikkeestä tai harjoituksesta ei ole tietoa.

Kirjallisuudesta esiin noussut uusin tutkimussuuntaus näyttäisi keskittyvän enemmän eri virtuaaliympäristöjen tutkimiseen kuntoutuspelien tutkimisen sijaan (Piqueras ym. 2013; Eichler ym. 2019; Kuether ym. 2019; Bettger ym. 2020; Gianola ym. 2020). Vaikka kuntoutuspeli voi olla osa virtuaalista kuntoutumisympäristöä, eivätkä näin ollen poissulje toisiaan, ei kyseisissä tutkimuksissa mainittu tutkittavien virtuaaliympäristöjen sisältävän pelillistettyä kuntoutusta. Lisäksi tutkimuksissa käytetyt virtuaaliympäristöt olivat erilaisissa kuntoutuslaitoksissa olevia kookkaita laitteita, joiden käyttäminen laajamittaisesti kuntoutujan kotona tuskin on mahdollista. On hyvä muistaa, että sukupolvet 80-luvulta saakka ovat enemmän tai vähemmän tottu-

neet pelaamaan ja ensimmäinen pelaajasukupolvi alkaa lähestyä ikää, jolloin polven tekonivelleikkauksien määrä kasvaa huomattavasti. Tällainen kuntoutuja, joka on tottunut nuoruudesta saakka pelaamaan kotona erilaisia videopelejä, saattaa omaksua pelillistetyn kuntoutuksen nykyisiä ikääntyneitä kuntoutujia paremmin ja jopa vaatia sellaista.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Polven tekonivelkuntoutukseen kehitetyillä kahdella kyykistymispelillä ei ollut eroa keskenään eri tulosmuuttujien osalta, eikä kyykistymispeleillä ja paikallaan seistessä ollut eroa painonjakautumisen osalta. Myöskään kahdella painonsiirtopelillä ei ollut eroa keskenään, eikä painonsiirtopeleissä ollut eroa leikatun ja ei-leikatun alaraajan välisessä painonjakautumisessa.

Polven tekonivelkuntoutukseen kehitettyjen pelien aikaansaama harjoitus vaihtelee eri pelaajien välillä. Kuntoutuspelien tarjoama harjoitus on sitä ennakoitavampaa, mitä vähemmän pelissä on muuttuvia tekijöitä.

Terapeutin, joka annostelee pelillistettyä kuntoutusta, tulee olla tietoinen pelien sisällöstä ja siitä minkälaista harjoitusta peli todellisuudessa tarjoaa. Tavanomaisen harjoituksen ja peliharjoituksen yhtä pitkä kesto ei tarkoita fyysisesti samanlaista harjoitusta.

Pelinkehittäjän tulee huomioida mille kuntoutujaryhmälle peliä luodaan ja huomioida kuntoutuksen nousujohteisuus. Lisäksi pelikehityksessä tulee huomioida pelimaailmaan luotavan tarinan vaikutus pelaajan toimintaan peliä pelatessa. Pelejä tulee pilotoida, koska peleissä ilmenevät ongelmat saattavat paljastua vasta oikeiden kuntoutujien pelatessa peliä.

LÄHTEET

- Antic. 1983. The Aerobics Joystick. New Products. ANTIC VOL. 2, NO. 6 / SEPTEMBER 1983. Viitattu 22.10.2020. <https://www.atarimagazines.com/v2n6/newproducts.html>.
- Arokoski, J. & Kiviranta, I. 2012. Nivelrikko. Teoksessa I. Kiviranta & M. Järvinen (toim.) *Ortopedia*. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy, 125–136.
- Bettger, J., Green, C., Holmes, DaJ., Chokshi, A., Mather R., Hoch, B., de Leon, A., Aluisio, F., Seyler, T., Del Gaizo, D., Chiavetta, J., Webb, L., Miller, V., Smith, J. & Peterson, D. 2020. Effects of Virtual Exercise Rehabilitation In-Home Therapy Compared with Traditional Care After Total Knee Arthroplasty VERITAS, a Randomized Controlled Trial. *The Journal of Bone and Joint Surgery* 102 (2), 101–109.
- Blasco, J., Igual-Camacho, C., Blasco, M., Antón, V., Ortiz-Llueca, A. & Roig-Casasús, S. 2019. The efficacy of virtual reality tools for total knee replacement rehabilitation: A systematic review. *Physiotherapy Theory and Practice* DOI: 10.1080/09593985.2019.1641865.
- Brosseau, L., Balmer, S., Tousignant, M., O'Sullivan, J., Goudreault, C., Goudreault, M. & Gringras, S. 2001. Intra- and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for measuring maximum active knee flexion and extension of patients with knee restrictions. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 82 (3), 396-402.
- Burdea, G. 2003. *Virtual Rehabilitation- Benefits and Challenges*. Yearbook of Medical Informatics 2003. Piscataway: Rutgers University.
- Caneiro, JP., O'Sullivan, P., Roos, E., Smith, A., Choong, P., Dowsey, M., Hunter, D., Kemp, J., Rodriguez, J., Lohmander, S., Bunzli, S. & Barton, C. 2020. Three steps to changing the narrative about knee osteoarthritis care: a call to action. *British Journal of Sports Medicine* 54, 256–258.
- Canovas, F. & Dagneaux, L. 2018. Quality of life after total knee arthroplasty. *Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research* 104 (1), 41–46.
- Christiansen, C., Bade, M., Davidson, B., Dayton, M. & Stevens-Lapsley, J. 2015. Effects of Weight-Bearing Biofeedback Training on Functional Movement Patterns Following

- Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *The Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 45 (9), 647–655.
- Dávila Castrodad, I., Recai, T., Abraham, M., Etcheson, J., Mohamed, N., Edalatpour, A., Delanois, R. 2019. Rehabilitation protocols following total knee arthroplasty: a review of study designs and outcome measures. *Annals of Translational Medicine* 7 (7), S255.
- van Diest, M., Stegenga, J., Wörtche, H., Postema, K., Verkerke, G. & Lamoth, C. 2014. Suitability of Kinect for measuring whole body movement patterns during exergaming. *Journal of Biomechanics* 47 (12), 2925–2932.
- Djaouti, D., Alvarez, J. & Jessel, J-P. 2011. Defining Serious Games: The G/P/S model. IRIT – University of Toulouse.
- Doma, K., Grant, A. & Morris, J. 2018. The Effects of Balance Training on Balance Performance and Functional Outcome Measures Following Total Knee Arthroplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine* 48, 2367–2385.
- Duclos, C., Miéville, C., Gagnon, D. & Leclerc, C. 2012. Dynamic stability requirements during gait and standing exergames on the wii fit system in the elderly. *Journal of Neuro Engineering and Rehabilitation* 9, 28.
- Eichler, S., Salzwedel, A., Rabe, S., Mueller, S., Mayer, F., Wochatz, M., Hadzic, M., John, M., Wegscheider, K. & Völler, H. 2019. The Effectiveness of Telerehabilitation as a Supplement to Rehabilitation in Patients After Total Knee or Hip Replacement: Randomized Controlled Trial. *JMIR Rehabilitation and Assistive Technologies* 6 (2), e14236.
- Fink, B., Egl, M., Singer, J., Fuerst, M., Bubenheim, M. & Neuen-Jacob, E. 2007. Morphologic changes in the vastus medialis muscle in patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheumatology* 56 (11), 3626–3633.
- Fujita, E., Takeshima, N., Kato, Y., Koizumi, D., Narita, M., Nakamoto, H. & Rogers, M. 2016. Effects of Body-weight Squat Training on Muscular Size, Strength and Balance Ability in Physically Frail Older Adults. *International Journal of Sport and Health Science* 14, 21–30.
- Fung, F., Ho, A., Shaffer, J., Chung, E. & Gomez, M. 2012. Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial. *Physiotherapy* 98, 183–188.

- Gianola, S., Stucovitz, E., Castellini, G., Mascali, M., Vanni, F., Tramacere, I., Banfi, G. & Tornese, D. 2020. Effects of early virtual reality-based rehabilitation in patients with total knee arthroplasty A randomized controlled trial. *Medicine* 99 (7), e19136.
- Gribble, P., Hertel, J., Denegar, C. & Buckley, W. 2005. Reliability and validity of a 2-D video digitizing system during a static and a dynamic task. *Journal of Sport Rehabilitation* 14 (2), 137–149.
- Hamilton, D., Beard, D., Barker, K., Macfarlane, G., Tuck, C., Stoddart, A., Wilton, T., Hutchinson, J., Murray, G., Hamish, A., Simpson, R. 2020. Targeting rehabilitation to improve outcomes after total knee arthroplasty in patients at risk of poor outcomes: randomised controlled trial. *British Medical Journal* 371, m3576.
- Harilainen, A., Kallio, P. & Kettunen, J. 2012. Polvi. Teoksessa I. Kiviranta & M. Järvinen (toim.) *Ortopedia*. Helsinki: Kandidaattikustannus Oy, 396–425.
- Heiskanen, T., Karhula, M. & Salminen, A-L. 2020a. Etäkuntoutus – pakollinen mahdollisuus. Kela, tutkimusblogi 1.4.2020. Viitattu 17.11.2020 <https://tutkimusblogi.kela.fi/arkisto/5247>.
- Heiskanen, T., Miettinen, S., Paavonen, A-M., Rinne, H. & Salminen, A-L. 2020b. Suhtautuminen etäkuntoutukseen koronaepidemian aikana. Kela, tutkimusblogi 26.8.2020. Viitattu 17.11.2020 <https://tutkimusblogi.kela.fi/arkisto/5503>.
- Heiskanen, T., Rinne, H. & Salminen, A-L. 2020c. Koronakriisin aikana kuntoutus keskeytyi monesta syystä. Kela, tutkimusblogi 31.8.2020. Viitattu 17.11.2020 <https://tutkimusblogi.kela.fi/arkisto/5523>.
- Heiskanen, T. & Salminen, A-L. 2020. Koronakriisi vaikutti yksilöterapioiden toteutukseen. Kela, tutkimusblogi 24.6.2020. Viitattu 17.11.2020 <https://tutkimusblogi.kela.fi/arkisto/5389>.
- Hjermstad, M., Fayers, P., Hauge, D., Garaceni, A., Hanks, G., Loge, J., Fainsinger, R., Aass, N. & Kaasa, S. 2011. Studies comparing numerical rating scales, verbal rating scales, and visual analogue scales for assessment of pain intensity in adults: A systematic literature review. *Journal of Pain and Symptom Management* 41, 1073–1093.
- Hondori, H. & Khademi, M. 2014. A Review on Technical and Clinical Impact of Microsoft Kinect on Physical Therapy and Rehabilitation. *Journal of Medical Engineering*, doi: 10.1155/2014/846514.

- Jin, C., Feng, Y., Ni, Y. & Shan, Z. 2018. Virtual reality intervention in postoperative rehabilitation after total knee arthroplasty: a prospective and randomized controlled clinical trial. *International Journal of Clinical and Experimental Medicine* 11 (6), 6119–6124.
- Karhunen, V., Rasi, I., Lepola, E., Muhli, A. & Kanniainen, A. 2010. IBM SPSS Statistics. Perusteet. Oulu: Oulun yliopistopaino.
- Kela. 2020. Kelan kuntoutuspalvelujen toteuttaminen koronavirusepidemian johdosta. Kansaneläkelaitos. Viitattu 17.11.2020 <https://www.kela.fi/yhteistyokumppanit-kuntoutuspalvelut-ajankohtaista-terapiat/>.
- Kelly, M., Finley, M., Lichtman, S., Hyland, M., Edeer, A. 2016. Comparative Analysis of High-Velocity Versus Low-Velocity Exercise on Outcomes After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 39 (4), 178–189.
- Kuether, J., Moore, A., Kahan, J., Martucci, J., Messina, T., Perreault, R., Sembler, R., Tarutis, J., Zazulak, B., Rubin, L. & O'Connor, M. 2019. Telerehabilitation for Total Hip and Knee Arthroplasty Patients: A Pilot Series with High Patient Satisfaction. *The Musculoskeletal Journal of Hospital for Special Surgery* 15, 221–225.
- Kurosaka, M., Yoshiya, S., Mizuno, J. & Yamamoto, T. 2002. Maximizing knee flexion after total knee arthroplasty: the need and the pitfalls. *Journal of Arthroplasty* 17 (4), 59–62.
- Laubenthal, K., Smidt, G. & Kettelkamp, D. 1972. A quantitative analysis of knee motion during activities of daily living. *Physical Therapy* 52 (1), 34–43.
- Lin, H-T., Li, Y-L., Hu, W-P., Huang, C-C. & Du, Y-C. 2019. A Scoping Review of The Efficacy of Virtual Reality and Exergaming on Patients of Musculoskeletal System Disorder. *Journal of Clinical Medicine* 8 (6), 791.
- Litwic, A., Edwards, M., Dennison, E. & Cooper, C. 2013. Epidemiology and burden of osteoarthritis. *British Medical Bulletin* 105 (1), 185–199.
- Liu, C-J. & Latham, N. 2009. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 3, CD002759.
- Löppönen, A. 2019. Kuntoutuspelien fyysinen kuormittavuus polven ojennus- ja koukistusliikkeissä tekonivelleikkauksen jälkeen. Jyväskylän yliopisto. Liikuntatieteellinen tiedekunta. Fysioterapian Pro gradu -tutkielma. Viitattu 05.11.2020. <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/67031>.

- McConnell, S., Kolopack, P. & Davis, A. 2001. The western ontario and McMaster universities osteoarthritis index (WOMAC): A review of its utility and measurement properties. *Arthritis and Rheumatism* 45 (5), 453–461.
- Moutzouri, M., Gleeson, N., Billis, E., Tsepis, E., Panoutsopoulou, I. & Gliatis, J. 2017. The effect of total knee arthroplasty on patients' balance and incidence of falls: a systematic review. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy* 25 (11), 3439–3451.
- Naamanka, J. 2016. Teknologia ja turvallisuus etäkuntoutuksessa. Teoksessa A-L. Salminen, S Hiekkala & J-H Stenberg (toim.) Etäkuntoutus. Helsinki: Kela, 27–50.
- Negus, J., Cawthorne, D., Chen J., Scholes, C., Parker, D. & March, L. 2015. Patient outcomes using Wii-enhanced rehabilitation after total knee replacement – The TKR-POWER study. *Contemporary Clinical Trials* 40, 47–53.
- Oh, Y. & Yang, S. 2010. Defining exergames & exergaming. Conference Paper. *Meaningful Play 2010*, 1–17.
- Osallistava ja osaava Suomi -sosiaalisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestävä yhteiskunta. 2019. Pääministeri Antti Rinteen hallituksen ohjelma 6.6.2019 Valtioneuvoston julkaisu 2019:23. Viitattu 14.8.2019. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/>.
- Peterson, C. & Watzlaf, V. 2014. Telerehabilitation store and forward applications. A review of applications and privacy considerations in physical and occupational therapy practice. *International Journal of Telerehabilitation* 6 (2), 75–84.
- Piqueras, M., Marco, E., Coll, M., Escalada, F., Ballester, A., Cinca, C., Belmonte, R. & Muniesa, J. 2013. Effective of An Interactive Virtual Telerehabilitation System in Patients After Total Knee Arthroplasty: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Rehabilitation Medicine* 45, 392–396.
- Polven ja lonkan nivelrikon fysioterapiasuositus. 2020. Hyvä fysioterapiakäytäntö -suositus. Suomen Fysioterapeuttien asettama työryhmä. Helsinki: Suomen Fysioterapeutit ry. Viitattu 17.11.2020 https://www.terveysportti.fi/dtk/sfs/avaa?p_artikkeli=sfs00001.
- Polvi- ja lonkkanivelrikko. 2018. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Käypä hoito -johtoryhmän asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 15.10.2018. <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suositukset/suositus?id=hoi50054>.
- Puroharju, T., Järvelin, J., Haapakoski, J., Veltheim, J. & Mäkelä, K. 2020. Lonkan ja polven tekonivelet 2019. THL Tilastoraportti 36/2020.

- Ratkaisujen Suomi. 2015. Pääministeri Juha Sipilän hallituksen strateginen ohjelma 29.5.2015. Hallituksen julkaisusarja 10/2015. Viitattu 14.8.2019. <https://valtioneuvosto.fi/>.
- Riihimäki, H., Heliövaara, M., Heistaro, S., Impivaara, O., Jokiniemi, T., Luoto, S., Manninen, P., Mäkelä, M., Taimela, S., Takala, E-P. & Viikari-Juntura, E. 2002. Tuki- ja liikuntaelinten sairaudet. Teoksessa A. Aromaa & S. Koskinen (toim.) *Terveys ja toimintakyky Suomessa. Terveys 2000 -tutkimuksen perustulokset*. Helsinki: Kansanterveyslaitos, 47–50.
- Rossi, MD., Eberle, T., Roche, M., Brunt, D., Wong, M., Waggoner, M., Blake, R. & Burwell, B. 2013. Use of a squatting movement as a clinical marker of function after total knee arthroplasty. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation* 92, 53Y60.
- Salminen, A-L., Heiskanen, S., Hiekkala, S., Naamanka, J., Stenberg, J-H & Vuonovirta, T. 2016. Etäkuntoutuksen ja siihen läheisesti liittyvien termien määrittelyä. Teoksessa A-L. Salminen, S Hiekkala & J-H Stenberg (toim.) *Etäkuntoutus*. Helsinki: Kela, 11–18.
- Sinclair, J., Hingston, P., & Masek, M. 2007. Considerations for the design of Exergames. *Proceedings of the 5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia (GRAPHITE '07)*, 289–295.
- Skjæret-Maroni, N., Vonstad, EK., Ihlen, EAF., Tan, X-C., Helbostad, JL. & Vereijken, B. 2016. Exergaming in Older Adults: Movement Characteristics While Playing Stepping Games. *Frontiers in Psychology* 7, 964.
- Skoffler, B., Dalgas, U. & Mechlenburg, I. 2015. Progressive resistance training before and after total hip and knee arthroplasty: a systematic review. *Clinical Rehabilitation* 29 (1), 14–29.
- Soininen, J., Paavolainen, P. & Gronblad, M. 2008. Validation study of a Finnish version of the Western Ontario and McMaster University osteoarthritis index. *Hip International* 18 (2), 108–111.
- Suomen Artroplastiayhdistys. 2015. Hyvä hoito lonkan ja polven tekonivelkirurgiassa 2015.
- TENK. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausten käsitteleminen. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta.
- Tiplady, B., Jackson, S., Maskrey, M. & Swift, C. 1998. Validity and sensitivity of visual analogue scales in young and older healthy subjects. *Age and ageing* 27 (1), 63–66.
- To-Mi. 2016. Toimintakyvyn mittarit. Perustyöryhmän jäsenet, Varsinais-Suomen sairaanhoitopiiri.

- Tsuzuku, S., Kajioka, T., Sakakibara, H. & Shimaoka, K. 2018. Slow movement resistance training using body weight improves muscle mass in the elderly: A randomized controlled trial 28 (4), 1339–1344.
- Turku AMK. 2018. Business Ecosystems in Effective Exergaming (BEE). Viitattu 15.10.2018. <https://www.turkuamk.fi/>.
- Viikari-Juntura, E., Heliövaara, M., Solovieva, S. & Shiri, R. 2012. Tuki- ja liikuntaelinsairaudet. Teoksessa S. Koskinen, A. Lundqvist & N. Ristiluoma (toim.) *Terveys, toimintakyky ja hyvinvointi Suomessa 2011*. Helsinki: Terveysten ja hyvinvoinnin laitos, 92–95.
- Wang, X., Hunter, D., Vesentini, G., Pozzobon, D. & Ferreira, M. 2019. Technology-assisted rehabilitation following total knee or hip replacement for people with osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskeletal Disorders* 20, 506.
- Wang, Y., Wluka, AE., Berry, PA., Siew, T., Teichtahl, AJ., Urquhart, DM., Lloyd, DG., Jones, G. & Cicuttini, FM. 2012. Increase in vastus medialis cross-sectional area is associated with reduced pain, cartilage loss, and joint replacement risk in knee osteoarthritis. *Arthritis Rheumatology* 64 (12), 3917–3925.

LIITE 1

MEDLINE

1. exergam*.mp.
2. serious gam*.mp.
3. Telerehabilitation.mp.
4. Wearable Electronic Devices.mp.
5. User-Computer Interface.mp.
6. Virtual Reality Exposure Therapy.mp.
7. Augmented Reality.mp.
8. Virtual Reality.mp.
9. Video Game.mp.
10. kinect.mp.
11. wii.mp.
12. sony move.mp.
13. avatar.mp.
14. digital rehabilitation.mp.
15. 1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7 or 8 or 9 or 10
or 11 or 12 or 13 or 14
16. rehabilit*.mp.
17. physiotherap*.mp.
18. Exercise Therap*.mp.
19. Rehabilitation.mp.
20. Physical Therapy Modalities/
21. physical therap*.mp.
22. Exercise/
23. 16 or 17 or 18 or 19 or 20 or 21 or 22
24. Arthroplasty, Replacement, Knee/
25. Knee Prosthesis.mp.
26. knee replacement.mp.
27. knee arthroplasty.mp.
28. 24 or 25 or 26 or 27
29. pretest post test.mp.
30. Randomized Controlled Trials as Topic/
31. Clinical Trials as Topic/
32. Double-Blind Method/
33. Single-Blind Method/
34. rct.mp.
35. blind stud*.mp.
36. randomised controlled trial.mp.
37. randomized controlled trial.mp.
38. Clinical Trial/
39. clinical trial.mp.
40. pilot study.mp.
41. 29 or 30 or 31 or 32 or 33 or 34 or 35 or 36
or 37 or 38 or 39 or 40
42. 15 and 23 and 28 and 41
= 34

CINAHL

exergam* OR "serious gam*" OR telerehabilitation OR "wearable technology" OR "virtual reality exposure therapy" OR "augmented reality" OR "virtual reality" OR "video gam*" OR kinect OR wii OR "digital rehabilitation" OR avatar 15250
AND rehabilit* OR physiotherap* OR "exercise therap*" OR rehabilitation OR physical therapy modalities OR "physical therap*" OR exercise 391846
AND "total knee replacement" OR "total knee arthroplasty" OR "knee prosthesis" OR tka OR tkr 17699
AND "randomized controlled trial" OR "randomised controlled trial" OR "clinical trial" OR "double blind" OR "single blind" OR "pilot stud*" OR "pretest posttest" OR rct 309687
= 20

LIITE 2

PICOS

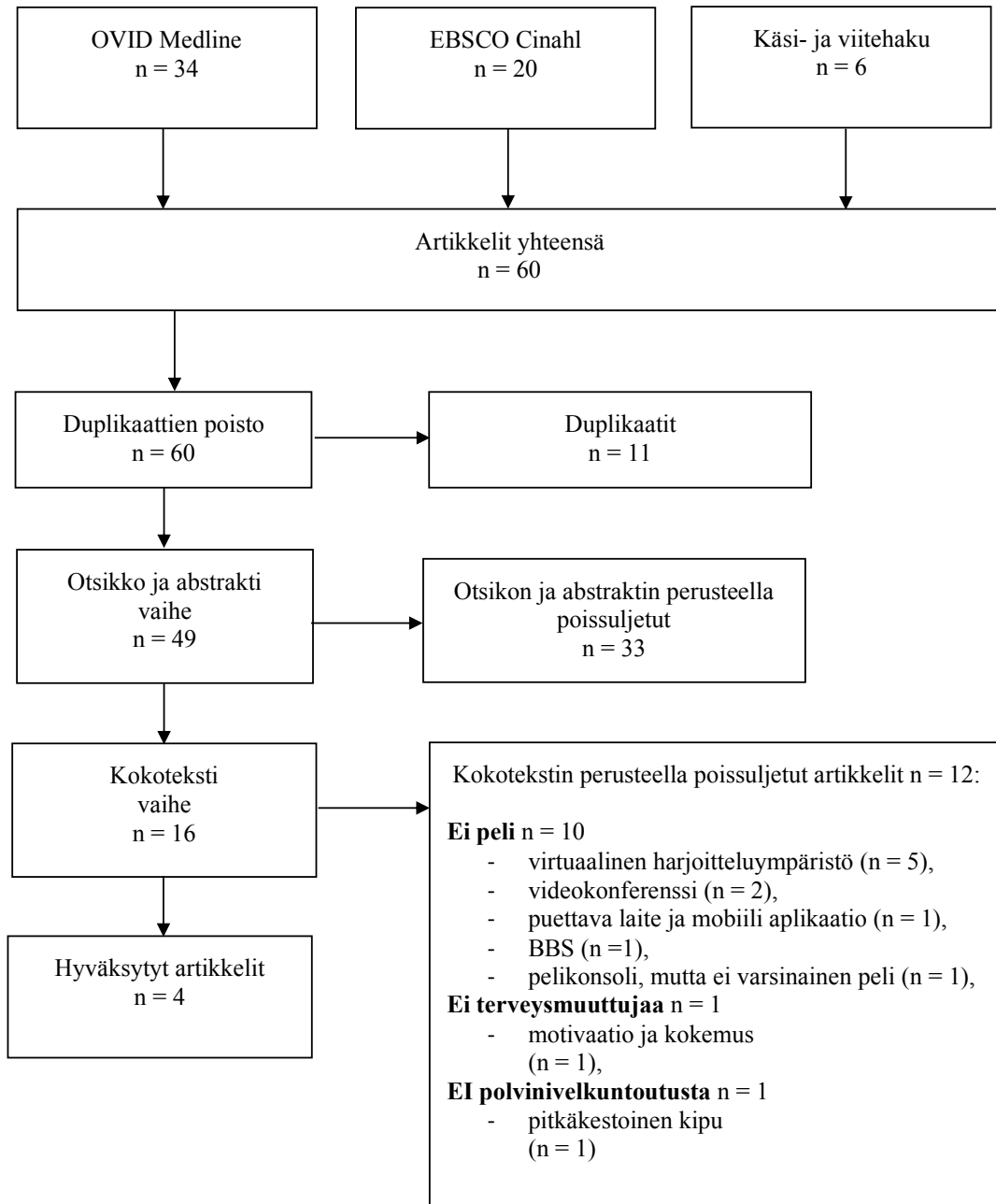
P= polventekonivelleikatut potilaat

I= karkeamotoriset kuntoutuspelit

C= tavanomainen hoito, toisenlainen peliharjoittelu

O= terveystuuttajat

S= kontrolloitu tutkimus, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus tai tutkimusprotokolla



Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen alkuperäistutkimusten kuvailu

Tutkijat, vuosi	Pelilaitteisto	Interventio	Kontrolli	Interventio- ja kontrolliryhmän samankaltaisuus	N (naiset/miehet)	Ikä (I = interventio, K = kontrolli)	Tulosmuuttujat	Tulokset
Jin ym. 2018	VR-lasit ja tietokone	Soutupeli, missä polven koukistus ja ojennus vuoron perään, 30 minuuttia kerrallaan 3 kertaa päivässä.	Polven passiivista koukistusta: pito 20 sekuntia ja lepoa 40 sekuntia, 30 minuuttia kerrallaan 3 kertaa päivässä.	Ei tiedossa, mutta harjoitteluaika oli sama	66 (38/28)	I = 66.45 ± 3.49, K = 66.30 ± 4.41	WOMAC, HSS, VAS, ROM	Kaikissa muuttujissa tilastollisesti merkitsevä parannus. Peliharjoittelu lisäsi kuntoutujien motivaatiota.
Christiansen ym. 2015	Nintendo Wii Fit Plus, Wii tasapainolauta	1 kerta päivässä kotiharjoitusohjelma ja 1 kerta päivässä peliharjoitusohjelma.	2 kertaa päivässä kotiharjoitusohjelma.	Tutkijoiden mukaan annos on samankaltainen. Selite: Kontrolliryhmä suorittaa 2 kertaa päivässä kotiharjoitusohjelman ja interventoryhmä 1 kerran sekä 1 kerran peliohjelman päivässä.	26 (13/13)	I = 68.2 ± 8.6, K = 66.6 ± 8.1	Ensisijainen: WBRs-mitaus FTSST-testin aikana sekä kävelyn aikana. Toissijainen: FTSST-aika, kävelynopeus ja alaraajojen nivelliike FTSST aikana)	Ensisijaisessa tulosmuuttujassa ei eroa ryhmien välillä. Toissijaisissa muuttujissa eroa interventoryhmän eduksi.
Negus ym. 2015	Nintendo Wii, Wii tasapainolauta	30 minuuttia päivässä peliharjoittelua (progressio 4 viikon välein) tai muuta harjoittelua.	30 minuuttia harjoittelua päivässä (kyykky, askellus ja päkiöille nousu)	Ei tiedossa, mutta tavoiteltu harjoitusaika on sama.	tavoitteena 128	-	Ensisijainen: WOMAC. Toissijainen: OKS, SF-12, VAS, HADS, AKCRS, tasapaino, voima, Up and Go	Tutkimusprotokolla, ei tuloksia
Fung ym. 2012	Nintendo Wii, Wii tasapainolauta	60 minuuttia fysioterapiaa + 15 minuuttia peliharjoittelua (erilaisia vaikeutuvia painonsiirtopelejä).	60 minuuttia fysioterapiaa + 15 minuuttia alaraajojen voimaa ja tasapainoa lisääviä harjoitteita, harjoitteet olivat progressiivisia.	Ei tiedossa, mutta harjoitteluaika oli sama	50 (33/7)	I = 67.9 ± 9.5, K = 68.2 ± 12.8	ROM, 2MWT, NPRS, LEFS, ABCS, LOR	Ei eroa ryhmien välillä. Interventoryhmäläiset (pelaajat) olivat tyytyväisempiä kuntoutukseen.

2MWT (2-Minute Walk Test), ABCS (Activity-specific Balance Confidence Scale), AKCRS (American Knee Society Clinical Rating Scale), FTSST (Five Times Sit-to-Stand Test), HADS (Hospital Anxiety and Depression Score), HSS (Hospital for Special Surgery knee score), LEFS (Lower Extremity Functional Scale), LOR (Length of Outpatient Rehabilitation), NPRS (Numeric Pain Rating Scale), OKS (Oxford Knee Score), ROM (Range of Motion), SF-12 (12-Item Short Form Survey), VAS (Visual Analogue Scale), WBRs (Weight Bearing Ratios) ja WOMAC (Western Ontario and McMaster Universities)

Mittausprotokolla

	Alkoi	Päätyi
MVC		
MVC		
MVC		
Harjoitus	Alkoi	Päätyi
1. selinmakuulla nilkat		
2. selinmakuulla polvet		
3. selinmakuulla liutus		
4. selinmakuulla rulla		
5. selinmakuulla suorana		
6. istuen fleksio		
7. istuen ekstensio		
8. varpaille nousu		
9. askel eteen		
10. seisten fleksio		
Peli	Alkoi	Päätyi
11. soutupeli		
12. cave game		
13. intruders		
14. squat pong		
15. pick up		
16. bubble		
17. hat trick		
19. toy golf		
18. hiking		
20. brick		