

**PELILLISTETYN HARJOITTELUN VAIKUTTAUVUUS ALARAAJOJEN  
LIHASVOIMAAN IKÄÄNTYNEILLÄ: JÄRJESTELMÄLLINEN  
KIRJALLISUUSKATSAUS JA META-ANALYYSI**

Minerva Hintikka

Fysioterapian pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2021

## TIIVISTELMÄ

Hintikka, M. 2020. Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä: systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 59 s., 5 liitettä.

Ikääntyneiden määrän lisääntyminen yhteiskunnassa vaatii tulevaisuudessa terveydenhuollolta uusia innovaatiota ja toimintatapoja. Digitalisaatio mahdollistaa suurten ikäluokkien tuomiin haasteisiin vastaamisen. Pelillistetty harjoittelu on erilaisiin videopeleihin ja simulaatioihin perustuvaa harjoittelua, jonka avulla pyritään saavuttamaan jokin fyysistä terveyttä parantava tarkoitus, tavoite tai hyöty. Sen vaikutuksia on tarkasteltu paljon, mutta evidenssi on ikääntyneen populaation osalta vielä vähäinen. Aiempi tutkimusnäyttö osoittaa, että pelillistetty harjoittelu voi lisätä lihasvoimaa yhdistettynä vastusharjoitteluun sekä parantaa lihaskestävyyttä. Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tarkoitus on tuottaa uutta tietoa pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan.

Systemaattinen kirjallisuushaku suoritettiin MEDLINE, CINAHL, Cochrane (CENTRAL), EMBASE, Web of Science, PsycInfo sekä PEDro -tietokannoista keväällä 2019 ja päivityshaku aineistolle tehtiin tammikuussa 2020. Mukaan hyväksyttiin sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti tutkimukset, joissa ilman neurologisia sairauksia elävät yli 59-vuotiaat olivat osallistuneet pelillistetyn harjoittelun interventioihin ja lopputulosmuuttujana oli lihasvoima. Tutkimusten harhan riskiä arvioitiin Cochrane Risk of Bias 2 -työkalun avulla ja näytön varmuutta GRADE arvioinnilla. Katsaukseen hyväksyttiin 17 tutkimusta, joista 15 sisällytettiin meta-analyysiin. Tutkimusten kokonaisharhan riski oli korkea. Mukaan otetuissa alkuperäistutkimuksissa oli yhteensä 907 tutkittavaa, joiden keski-ikä vaihteli 68,5–86-vuotiaiden välillä. Tutkittavista kontrolliryhmiin kuului 501 ja koeryhmiin 406 henkilöä. Pelillistetyn harjoittelun interventiot vaihtelivat viidestä viikosta 26 viikkoon, viikoittaisten harjoituskertojen ollessa keskimäärin 2,45 kertaa, 50–53 minuuttia kerrallaan. Kontrolliryhmät eivät joko harjoitelleet lainkaan, suorittivat muuta pelillistettyä harjoittelua tai muunlaista fyysistä tai ei-fyysistä harjoittelua.

Meta-analyysin tulosten mukaan, pelillistetyn harjoittelun interventio- ja kontrolliryhmien välillä ei ole eroa alaraajojen lihasvoiman suhteen (SMD -0.29, 95 % LV -0.70 – 0.12,  $p = 0.16$ ;  $I^2 = 87\%$ ,  $n = 890$ , 15 tutkimusta, GRADE-näytön varmuus hyvin alhainen). Pelillistetty harjoittelu näyttää olevan yhtä vaikuttavaa ikääntyneiden alaraajojen lihasvoiman lisäämisessä verrattuna muunlaiseen fyysiseen harjoitteluun (SMD 0.21, 95 % LV -0.60 – 1.02;  $p = 0.61$ ;  $I^2 = 92\%$ ,  $n = 377$ , 8 tutkimusta, näytön varmuus hyvin alhainen). Pelillistetty harjoittelu näyttää lisäävän ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaa verrattaessa sitä kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua (SMD -0.60, 95 % LV -0.98 – -0.21,  $p = 0.002$ ;  $I^2 = 74\%$ ,  $n = 513$ , 10 tutkimusta, näytön varmuus hyvin alhainen). Pelillistetty harjoittelu parantaa myös ikääntyneiden toiminnallista lihasvoimaa (SMD -0.62, 95 % LV -1.05 – -0.19,  $p = 0.005$ ;  $I^2 = 84\%$ ,  $n = 695$ , 12 tutkimusta), ja se on yhtä vaikuttavaa ikääntyneiden isometrisen lihasvoiman lisäämisessä verrattuna kontrolliryhmiin (SMD 0.08, 95 % LV -0.79 – 0.96,  $p = 0.85$ ;  $I^2 = 94\%$ ,  $n = 428$ , 6 tutkimusta). Kaikissa analyyseissä heterogeenisyys oli huomattavan korkea. Pelillistetty harjoittelu näyttää parantavan ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaa verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Erityisesti ikääntyneiden toiminnallinen lihasvoima näyttää parantuvan pelillistetyn harjoittelun keinoin verrattuna kontrolliryhmiin, jotka suorittivat joko muunlaista fyysistä harjoittelua tai eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Pelillistetty harjoittelu on yhtä vaikuttavaa ikääntyneiden isometrisen lihasvoiman lisäämisessä kuin muunlainen fyysinen harjoittelu. Metodologisesti laadukkaampaa tutkimustietoa pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan tarvitaan lisää, jotta sen kliininen merkittävyys voitaisiin varmistaa.

Asiasanat: pelillistetty harjoittelu, lihasvoima, ikääntyneet, systemaattinen kirjallisuuskatsaus, meta-analyysi

## ABSTRACT

Hintikka, M. 2020. Effectiveness of exergaming on lower extremity muscle strength of older adults. Systematic review and meta-analysis. Faculty of Sport and Health sciences, University of Jyväskylä, Master's Thesis, 59 pages, 5 attachments.

The increasing amount of older people in society presents a need for new healthcare innovations and procedures. Digitalisation can be the answer for the challenges that the ageing population brings along. Exergaming means goal-oriented exercising, which is based on different types of simulations and videogames. The effectiveness of exergaming has been studied a lot, but there is not enough evidence on its effectiveness amongst older people. Earlier research indicates that exergaming can improve muscle strength when it is combined with resistance training and enhance muscle endurance. The aim of this systematic review and meta-analysis is to develop new information on the effectiveness of exergaming on lower extremity muscle strength of the elderly.

The systematic literature search was conducted from MEDLINE, CINAHL, Cochrane (CENTRAL), EMBASE, Web of Science, PsycInfo and PEDro -databases in the spring of 2019 and updated in January 2020. According to the criteria, all research that included healthy older people (over 59 years), who had participated in exergaming interventions and had muscle strength as the outcome, were accepted in to the study. The risk of bias of the included studies was assessed with the Cochrane Risk of Bias 2 tool and the quality of evidence was evaluated with the GRADE approach. All in all, 17 studies were accepted in to the systematic review and 15 in the meta-analysis. The total risk of bias of the included studies was assessed as "high". The included studies included 907 people (501 in intervention and 406 in control groups) with the average age of 68 to 86-years-old. The exergame interventions varied from five to 26 weeks, with an average of 2,45 times a week and from 50 to 53 minutes of exergaming per session. The control groups either did not perform any type of exercise, performed some kind of other exergaming or took part in other types of exercise.

According to the results of the meta-analysis, exergaming might have some positive effects on the lower extremity muscle strength of older adults, but there was no between-group difference (SMD -0.29, 95 % CI -0.70 – 0.12,  $p = 0.16$ ;  $I^2 = 87\%$ ,  $n = 890$ , 15 studies, very low level of evidence). There are no between-group differences in the comparison of exergaming and other types of physical exercise (SMD 0.21, 95 % CI -0.60 – 1.02;  $p = 0.61$ ;  $I^2 = 92\%$ ,  $n = 377$ , 8 studies, very low level of evidence). When exergames were compared to control groups that did not participate in physical exercise, there is a between-group difference (SMD -0.60, 95 % CI -0.98 – -0.21,  $p = 0.002$ ;  $I^2 = 74\%$ ,  $n = 513$ , 10 studies, GRADE level of evidence; very low). According to the analysis, exergaming can improve functional strength in the elderly (SMD -0.62, 95 % CI -1.05 – -0.19,  $p = 0.005$ ;  $I^2 = 84\%$ ,  $n = 695$ , 12 studies) and is as effective in improving lower extremity isometric muscle strength of older adults (SMD 0.08, 95 % CI -0.79 – 0.96,  $p = 0.85$ ;  $I^2 = 94\%$ ,  $n = 428$ , 6 studies). The statistical heterogeneity was very high in all of the analyses. Exergaming is effective when compared to control groups that did not perform physical exercise. Especially functional muscle strength can be improved with exergaming when compared to other types of exercise or control groups that did not perform physical exercise. Exergaming is as effective in improving lower extremity muscle strength of older adults, as other physical exercise. Exergaming is as effective in improving isometric muscle strength when compared to other types of physical exercise in older adults. More methodologically high quality research is needed to confirm the results of the effectiveness of exergaming on lower extremity muscle strength of older adults.

Key words: exergaming, muscle strength, the elderly, systematic review, meta-analysis

## **KÄYTETYT LYHENTEET**

BEE	Business Ecosystems in Effective Exergaming -hanke
CI	confidence interval, luottamusväli
RM	Repetition Maximum, maksimaalinen toisto
SMD	standardized mean difference, standardoitu keskiarvojen erotus
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 IKÄÄNTYNEIDEN LIHASVOIMA.....	3
2.1 Ikääntymisen myötä tapahtuvat fysiologiset muutokset lihasvoimassa .....	3
2.2 Ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelu.....	4
2.3 Lihasvoimaharjoittelun vaikuttavuus ikääntyneillä.....	5
3 PELILLISTETTY HARJOITTELU JA SEN VAIKUTUKSET IKÄÄNTYNEIDEN FYYSISEEN JA KOGNITIIVISEEN TERVEYTEEN .....	7
3.1 Pelillistetyn harjoittelun määritelmä.....	7
3.2 Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus fyysiseen ja kognitiiviseen terveyteen ikäntyneillä.....	9
4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	15
5 MENETELMÄT.....	16
5.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi tutkimusmenetelmänä .....	16
5.2 Systemaattinen kirjallisuushaku .....	18
5.3 Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit.....	18
5.4 Tutkimustietojen kerääminen .....	19
5.5 Aineiston harhan riskin arviointi .....	21
5.6 Aineiston tilastollinen analysointi .....	22
5.7 GRADE näytön varmuuden arviointi .....	23
6 TULOKSET .....	25
6.1 Tutkimusten osallistujat.....	26
6.2 Interventio- ja kontrolliryhmien kuvaus .....	26

6.3	Kliininen heterogeenisyys koeryhmien interventioissa.....	30
6.4	Tutkimusten harhan riski .....	30
6.5	Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä.....	31
6.6	Pelillistetyn harjoittelun vaikutukset eri voimaominaisuuksiin ikääntyneillä.....	34
6.7	Näytön varmuuden arviointi GRADE mukaan .....	38
6.8	Pelillistetyn harjoittelun haitat.....	41
7	POHDINTA.....	43
7.1	Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus.....	46
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	48
	LÄHTEET .....	49
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Maailman terveysjärjestön (WHO 2013) mukaan, 60-vuotiaiden ikäluokka kasvaa nopeammin kuin muut ikäluokat. Ikääntymiseen liittyy monia fysiologisia muutoksia, joista yksi on lihasmassan määrän pieneneminen, joka voi ajan kanssa johtaa sarkopeniaan, eli lihaskatoon (Komulainen & Vuori 2015). Lihaskatoa voidaan ennaltaehkäistä ja hoitaa lihasvoimaharjoittelulla, joka voi lihasten tehon, voiman ja määrän karttuessa parantaa toimintakykyä, päivittäisistä toiminnoista selviytymistä sekä ehkäistä kaatumisia (Komulainen & Vuori 2015). Suomessa sosiaali- ja terveysministeriö (STM) on tehnyt linjaukset vuodelle 2025, jossa korostetaan digitalisaation merkitystä osana kustannustehokkaampaa ja tuottavampaa toimintaa ja parempaa palvelua. Digitalisaatiolla on mahdollisuus toimia välineenä parantamassa ihmisten hyvinvointia ja terveyttä, sillä suurten ikäluokkien tuomiin terveydenhuollon haasteisiin voidaan vastata uusilla innovaatioilla ja toimintatavoilla (STM 2016).

Pelillistetty harjoittelu perustuu erilaisiin simulaatioihin ja videopelisiin, joiden avulla tapahtuvan fyysisen harjoittelun kautta pyritään saavuttamaan jokin fyysistä tai kognitiivista terveyttä parantava tarkoitus, tavoite tai hyöty (Djaouti ym. 2011). Viime vuosina liikunta- ja terveyspelien suosio on kasvanut, uuden teknologian käyttäminen lisääntynyt sekä liikunnallisten videopelien käyttö kuntoutusmenetelmänä alkanut kiinnostaa yhä enemmän (Barry ym. 2014; Verheijden Klompstra ym. 2014).

Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus ja sen käyttö kuntoutuksessa sekä kliinisessä työssä on ollut lähiaikoina tutkimuksissa esillä (Kappen ym. 2018), mutta evidenssi sen vaikuttavuudesta vanhemman populaation osalta on silti vähäinen (Molina ym. 2014). Pelillistetyllä harjoittelulla on aiemmin todettu olevan ikääntyneiden tasapainoa ja liikkumiskykyä (Neri ym. 2017), sekä pystyasennon ylläpitämistä ja ryhtiä, että koordinaatiota (Tahmosybayat ym. 2018; Kinne ym. 2015) parantavia vaikutuksia. Pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ikääntyneiden lihasvoimaan on todettu, että se voi olla vaikuttavaa yhdistettäessä vastusharjoitteluun (Zheng ym. 2019) ja että se voi parantaa lihaskestävyyttä (Kappen ym. 2018). Pelillistetyn harjoittelun vaikutuksia halutaan tarkastella, jotta jatkossa osataan vastata digitaalisten kuntoutusratkaisujen

globaaliin tarpeeseen kansallisella ja kansainvälisellä tasolla, sekä jotta kyetään luomaan uusia toimintatapoja kuntoutusalalle (JYU & Turku Amk 2017).

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tavoitteena on tutkia pelillistetyn harjoittelun vaikutuksia ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan. Pelillistettyä harjoittelua tarkastellaan sekä verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun, että kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Tarkoituksena on myös arvioida pelillistetyn harjoittelun haittoja. Tulosten valossa arvioidaan pelillistetyn harjoittelun erilaisia vaikutuksia ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan sekä määritellään näytön varmuus.



## **2 IKÄÄNTYNEIDEN LIHASVOIMA**

Maailman terveysjärjestö WHO (2018) kertoo yli 60-vuotiaiden ikääntyneiden määrän kasvavan vuosien 2015 ja 2050 välillä 12 prosentista 22 prosenttiin. Kaikissa maissa on valmistauttava tähän demograafiseen siirtymään erityisesti terveys- ja sosiaalipalveluiden saralla (WHO 2018). Ikääntymisen taustalla ovat erilaiset fysiologiset muutokset, jotka johtavat heikentyneisiin fyysisiin ja psyykkisiin valmiuksiin sekä sairauksien lisääntymiseen (WHO 2018). Sairauksien ennaltaehkäisemiseksi ja toimintakyvyn ylläpitämiseksi ikääntyneen väestön tulisi harjoittaa lihasvoimaa säännöllisesti.

### **2.1 Ikääntymisen myötä tapahtuvat fysiologiset muutokset lihasvoimassa**

Ikääntyessä ihmisen lihasvoima vähenee pääosin lihasten käyttämättömyyden johdosta (Suni & Vasankari 2011, 38-41). Lihasten voimantuotto riippuu lihasten koosta sekä siitä, kuinka tehokas hermotus on. Ikääntyneellä henkilöllä voimantuottonopeuden heikentyminen johtuu sekä motoristen toimintojen hidastumisesta sekä nopeiden, tyypin 2 lihassolujen vähenemisestä ja koon pienenemisestä (Mayer ym. 2011). Hitaat, tyypin 1 lihassolut puolestaan lisääntyvät, jolloin liikkeet sitä myötä hidastuvat (Siparsky ym. 2014). Toisin sanoen, motoristen yksiköiden degeneraatio johtaa niiden uudelleen järjestäytymiseen sekä jäljelle jääneiden yksiköiden kasvamiseen, jolloin tyypin 1 lihassolut ylittävät tyypin 2 lihassolujen määrän, näin hidastaen lihasten voimantuottoa ja heikentäen lihasvoimaa. Näiden lisäksi myös lihasten aineenvaihdunta vähenee, jolloin väsymyksen sietokyky sekä palautuminen hidastuu (Suni & Vasankari 2011, 38-41).

Lihaskato, eli sarkopenia on seurausta ikääntymisen myötä vähentyneestä lihasmassan määrästä (Lopez ym. 2017). Siparsky ym. (2014) mukaan, sarkopeniassa lihasmassa on vähintään kaksi standardipoikkeamaa vähäisempi kuin samaa sukupuolta olevilla nuorilla ja terveillä aikuisilla. Sarkopenian ominaispiirteisiin kuuluvat ikääntymiseen liittyvän lihasatrofian ja -heikouden lisäksi heikentynyt fyysinen toimintakyky (Arnold & Bautman 2014). Lihasvoiman

heikkeneminen saattaa sarkopeniassa olla nopeampaa kuin itse lihasmassan menettäminen, kertovat Arnold & Bautman (2014). Lihaskatoa hoidetaan ja ennaltaehkäistään ensisijaisesti parantamalla lihasvoimaa lihasvoimaharjoittelun kautta.

Lihassoiman väheneminen vaikuttaa ikääntyneillä heikentävästi toimintakykyyn, tasapainoon sekä liikkuvuuteen (Lopez ym.2017). Lihassoiman heikentyessä vajaakuntoisuus lisääntyy, energiankulutus pienenee ja kehon rasvaosuus suurenee, jolloin viskeraalisen rasvan määrä kasvaa, mikä puolestaan voi johtaa terveystriskeihin kuten dislipidemiaan sekä insuliiniresistenssiin (Komulainen & Vuori 2015). Riski osteoporoosin syntymiseen on myös olennainen, jolloin myös kaatumisriski kasvaa. Lihassoimalla on vaikutuksia ikääntyneiden toimintakykyyn, sillä voimantuoton paranemisen myötä liikkumiskyky, toiminnallisuus ja ketteryys lisääntyvät (Byrne ym. 2016).

## **2.2 Ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelu**

Lihassoimaharjoittelun tavoite on lihasvoiman parantaminen, lihasmassan määrän lisääminen sekä neuraalisen adaptaation parantaminen ja sitä kautta toimintakyvyn ylläpitäminen ja kohentaminen (Mayer ym. 2011). Ikääntymisen myötä esiintyvään lihasheikkouteen liittyy lihasmassan ja -voiman vähenemisen lisäksi myös neuromuskulaarisia muutoksia, joihin puolestaan liittyy lihasaktivaation heikkenemistä (Arnold ym. 2014). Lihaskuntoharjoittelu parantaa Mayer ym. (2011) mukaan motoristen yksiköiden aktivoitumista ja lisää niiden aktivoitumisnopeutta. Lihassoiman parantamiseksi vaaditaan muutakin kuin päivittäisten toimintojen suorittamista, sillä se ei yksinään tarjoa tarpeeksi stimulusta lihaksille (Mayer ym. 2011).

Ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelussa on otettava huomioon harjoittelun turvallisuus sekä sopiva, yksilöllinen intensiteetti vammoilta välttymiseksi ja sopiva progressiivisuus tulosten saavuttamiseksi. Näiden lisäksi, lihasvoimaharjoittelussa on otettava huomioon harjoittelun voilyymi, intensiteetti ja frekvenssi, jotka vaikuttavat harjoittelun vasteeseen (Grgic ym. 2018). Grgic ym. (2018) mukaan, lihasvoima lisääntyy harjoituskertojen frekvenssin ja volyymin kasvassa. Ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelu voi johtaa lihasvoiman kehittymisen lisäksi myös

neuromuskulaariseen adaptaatioon, joka voi puolestaan auttaa lihasaktivaation paranemisessa (Arnold & Bautman 2014).

### **2.3 Lihasvoimaharjoittelun vaikuttavuus ikääntyneillä**

American College of Sports Medicine, eli ASCM (Riebe ym. 2018, 224-225) suositusten mukaan ikääntyneiden tulisi harjoittaa lihasvoimaa kahdesta kolmeen kertaan viikossa, aluksi matalalla intensiteetillä (40-50% 1RM) progressiivisesti lisäten intensiteettiä kohtalaiseksi tai raskastavaksi (60-80 % 1RM). Suurimpien lihasryhmien harjoituksia tulisi tehdä kahdeksasta kymmeneen liikkeeseen, 8-12 toiston sarjoissa ja sarjoja tulisi toistaa yhdestä kolmeen kertaan liikettä kohden (Riebe ym. 2018, 224-225). ASCM (Riebe ym. 2018, 224-225) suositusten mukaan, lihasvoimaharjoittelu voi pitää sisällään progressiivista vastusharjoittelua, porrastusta tai muita suurimpia lihasryhmiä monipuolisesti kuormittavia liikkeitä. Lihasvoiman lisääminen vaatii moninivelliikkeiden lisäksi yksittäisten lihasryhmien harjoitteita (Riebe ym. 2018, 224-225).

Aiemman tutkimustiedon mukaan, vastusharjoittelu on ikääntyneillä vaikuttavaa, sillä se ehkäisee sekä iän myötä tapahtuvaa raihaantumista että sarkopeniaa, eli lihaskatoa. Lopez ym, (2017) ovat laatineet suositukset ikääntyneiden optimaaliselle harjoitusmäärälle, intensiteetille, frekvenssille ja kestolle. He kertovat yhdestä kuuteen kertaan viikossa toteutetun lihasvoimaharjoittelun, jossa suoritettiin 6-15 toistoa yhdestä kolmeen kertaan sekä 30-70 prosentilla yhden toiston maksimista, olevan lihasvoimaa, voimantuottoa ja toiminnallisia muuttujia parantavia vaikutuksia. Lihasvoiman lisääminen vaikuttaa ikääntyneiden yleiseen terveydentilaan voimatasojen paranemisen myötä. Lihasvoimaharjoittelua tulisi toteuttaa Mayer ym. (2011) mukaan 2-3 kertaa viikossa, 20-30 minuuttia kerrallaan, jotta sillä olisi positiivisia vaikutuksia ikääntyneiden terveydentilaan. He ovat päätelleet, että hypertrofiaa tavoitellessa, tulisi lihasvoimaharjoittelujakson kestää vähintään 12 viikkoa.

Voimatasojen paraneminen vaatii tarpeeksi suurta kuormitusta, eli harjoittelun intensiteetti määrää harjoittelun tuloksen (Mayer ym. 2011). Toisin sanoen, lihasvoiman paraneminen perustuu harjoitusvasteeseen, eli mitä suuremmalla intensiteetillä harjoitellaan, sitä suurempi on

sen tuottama vaste. Lihasvoimaharjoittelun parantaessa voimantuottoa, on olennaista millä intensiteetillä se toteutetaan, jotta tuloksia voidaan parantaa. Harjoittelun annos-vastesuhteella tarkoitetaan optimaalista harjoittelun määrää, kestoja, intensiteettiä ja frekvenssiä, jolla saavutetaan haluttu vaikutus. Borde ym. (2015) meta-analyysin mukaan, jossa tutkittiin ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelun vaikuttavuutta ja annos-vastesuhdetta, lihasvoimaharjoittelu on vaikuttavaa, mikäli sitä toteutetaan kahdesta kolmeen kertaan viikossa, liikkeitä kahdesta kolmeen sarjaan ja 7-9 toistoa kerrallaan sekä toistot 70-79 prosentilla yhden toiston maksimista.

Ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelun intensiteetistä on myös eri suuntaisia tuloksia, sillä tuoreemman tutkimustiedon mukaan on todettu, että useammalla eri intensiteetillä toteutettu harjoittelu parantaa lihasvoimaa. Katsoulis ym. (2019) totesivat katsauksessaan lihasvoimaharjoittelun parantavan ikääntyneiden voimantuottoa, mutta sen intensiteetistä ei ole heidän mukaansa tarkempia suosituksia. Verrattaessa matalan intensiteetin ja korkean intensiteetin lihasvoimaharjoittelua ikääntyneillä, huomattiin usealla eri intensiteeteillä (20-80 % 1RM) toteutetun harjoittelun lisäävän lihasvoimaa ja parantavan toiminnallisten lihasvoimatestien tuloksia samaan tapaan (Katsoulis ym. 2019). Tästä voidaan päätellä, ettei ikääntyneiden lihasvoimaharjoittelun intensiteetin ole välttämättä oltava mahdollisimman korkea, jotta positiivisia tuloksia ja vasteita voitaisiin saavuttaa.

### **3 PELILLISTETTY HARJOITTELU JA SEN VAIKUTUKSET IKÄÄNTYNEIDEN FYYSISEEN JA KOGNITIIVISEEN TERVEYTEEN**

#### **3.1 Pelillistetyn harjoittelun määritelmä**

“Serious games”, eli hyötypelit tarkoittavat erilaisia simulaatioita ja videopelejä, joiden avulla pyritään saavuttamaan jokin vakavampi, ei-viihteellinen tarkoitus, tavoite tai hyöty (Djaouti ym. 2011). Terveyden näkökulmasta määritelmä tarkoittaa videopelejä, joiden tarkoitus on niiden avulla harjoitteleminen ja tavoite esimerkiksi pelaajan motoristen taitojen kehittäminen ja sen kautta terveyden parantaminen (Djaouti ym. 2011). Toisin sanoen sitä voidaan kutsua peleihin perustuvaksi terveyden edistämiseksi. Tämän kaltaisten tarkoituksellisten ja tavoitteellisten videopelien yhdeksi kategoriaksi voidaan kutsua videopelejä, joiden tavoitteena on parantaa kognitiiviseen tai fyysiseen terveyteen liittyviä ominaisuuksia, termillä ”exergames” (Djaouti ym. 2011). Fyysisten interventioiden viitekehyksessä digitaalisia pelialustoja kutsutaan “exergames” ja “serious games” -termien lisäksi monilla eri nimillä, kuten “exertion games”, “game-based virtual reality” ja “active-play videogames” (Collado-Mateo ym. 2018).

Vaikka liikunnallisten videopelien määritelmä on edelleen hieman epäselvä, pitää se sisällään kaksi selkeää osa-aluetta: pelin ja liikunnan, sillä “exergaming” on yhdistelmä sanoista ”exercise” ja ”gaming”, eli liikunta ja pelaaminen (Pirovano ym. 2016; Oh & Yang 2010). Toisin sanoen ”exergaming” on videopelien pelaamista liikkeen avulla, jolloin videopeleihin yhdistetään fyysinen aktiivisuus (Oh & Yang 2010). Videopelien pelaaminen mielletään helposti passiiviseksi toiminnaksi, vaikka kaikki pelaaminen ei ole täysin fyysisesti inaktiivista (Oh & Yang 2010). Terveyspelejä tutkittaessa, on huomattu 28 prosentin sisältävän jonkinlaista fyysistä aktiivisuutta, sillä videopelit ovat muuttuneet passiivisista aktiivisempiin ja pelaajaa fyysisesti osallistavampiin (Bonnechère ym. 2016). Tämän tyyliiset pelaajan liikkeellä ohjatut pelit vaativat korkeampaa fyysistä aktiivisuutta perinteisiin videopeleihin verrattuna (Bonnechère ym. 2016).

Viime vuosina liikunta- ja terveyspelien suosio on kasvanut, uuden teknologian käyttäminen lisääntynyt sekä liikunnallisten videopelien käyttö kuntoutusmenetelmänä alkanut kiinnostaa

yhä enemmän (Barry ym. 2014; Verheijden Klompstra ym. 2014). Alun perin videopelien avulla liikkuminen miellettiin painonhallintaan ja –pudotukseen sopiviksi menetelmiksi tai tekemään liikkumisesta hauskeempaa, mutta sittemmin videopelien johdolla liikkumista on käytetty enenemissä määrin myös kuntoutuksessa (Oh & Yang 2010).

Videopelejä, joita pelataan pelaajan tuottamalla karkeamotorisella liikkeellä, kutsutaan liikunta- ja terveysteleiksi (Barry ym. 2014; Verheijden Klompstra ym. 2014). Niiden tarkoitus on yhdistää liike reaaliajassa liiketunnistimen avulla videopeliin ja sitä kautta motivoida ihmisiä liikkumaan sekä parantaa heidän fyysistä aktiivisuuttaan (Barry ym. 2014). Liikunnallisen videopelin pelaaminen ja pelin eteneminen vaatii pelaajalta fyysistä liikettä, jonka avulla voidaan kehittää liikkumiseen liittyviä ominaisuuksia kuten tasapainoa, lihasvoimaa ja liikkuvuutta (Lee ym. 2017; Oh & Yang 2010). Liikkeellä toimivien videopelien pelaamiseen tarkoitettuja suosituimpia laitteita ovat Nintendo Wii, Microsoft Kinect ja PlayStation EyeToy (Collado-Mateo ym. 2018; Oh & Yang 2010). Kyseiset laitteet perustuvat pelaajan liikettä jäljittäviin sensoreihin, joiden avulla pelaaja osallistuu peliin (Collado-Mateo ym. 2018).

Aiemmat tutkimustulokset liikunta- ja terveysteleiden vaikutuksista ikääntyneiden fyysisiin ominaisuuksiin, aktiivisuuteen sekä terveyteen osoittavat, että yleisin kuntoutuksessa käytetty liikuntapeli on Nintendo Wii (Choi ym. 2017; Tahmosybayat ym. 2017). Nintendo Wii Fit -pelin pelaaminen vaatii pelaajaltaan käsien ja muun vartalon liikkeitä, esimerkiksi Nintendo Wii Fit Balance on nimensä mukaisesti pelaajan tasapainoa kehittävä peli (Cacciata ym. 2019). Nintendo Wii:n Sport -videopelissä on mahdollista pelata paljon erilaisia lajeja kuten keilausta, tennistä ja esimerkiksi golfia. Nintendo Wii:n lisäksi on olemassa paljon muita kaupallisia ja ei-kaupallisia videopelejä, joita käytetään kuntoutusinterventioissa (Cacciata ym. 2019). Muita interventioissa käytettäviä pelisovelluksia ovat muun muassa Xbox Kinect, PlayStation EyeToy, Dance Revolution (Tahmosybayat ym. 2017). Kinect eroaa muista liikuntapeleistä sillä, että siinä ei tarvita erillistä käsiohjainta, sillä se paikantaa ihmisen liikkeen teknologiansa avulla (Tahmosybayat ym. 2017). Nintendo Wii ja muut sen kaltaiset liikuntapelit ovat yhä suosituimpia sekä pitkäaikaishoidossa, että kuntoutuksen parissa (Chao ym. 2014). Chao ym. (2014) kertovat Nintendo Wii:n olevan helposti käytettävä ja liikuteltava sekä laadukas pelikonsoli, joka soveltuu hyvin myös liikkumisen edistämiseen.

Liikuntapelit ovat matalakustanteisia ja kotiympäristössä toimivia sovelluksia sekä ne voivat olla hyödyksi myös erinäisten sairauksien hoidossa (Barry ym. 2014). Digitaalisten liikuntapeli-  
lien intensiteetti ja vaikeustaso ovat muokattavissa oman kuntotason mukaan, joten ne ovat hy-  
viä kotona toteutettaviin interventioihin (Collado-Mateo ym. 2018). Liikuntapeli-  
en on myös  
todettu kiinnostavan eri ikäryhmiä ja ne ovat hyvin toistettavia (Collado-Mateo ym. 2018). Lii-  
kuntapelit voivat mahdollistaa mielekkään ja tehokkaan liikuntaharjoittelun pelien motivoivan  
luonteen sekä toistoharjoitteiden kuormittavuuden kautta (Pirovano ym. 2016). Digitaalisilla  
pelialustoilla pelaamisen, jossa peli etenee pelaajan tuottaman liikkeen ja fyysisen rasituksen  
kautta, on todettu olevan motivoivaa terveyttä edistävää liikuntaa (Collado-Mateo ym. 2018).

### **3.2 Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus fyysiseen ja kognitiiviseen terveyteen ikään- tyneillä**

Aiempaa tutkimusnäyttöä pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden fyysiseen  
terveyteen selvitettiin tekemällä systemaattinen tiedonhaku MEDLINE ja CINAHL tietokan-  
noista hakusanoilla; exergames OR exergaming OR active video games OR nintendo wii OR  
xbox kinect OR serious games OR virtual reality AND older adults OR elderly OR seniors  
AND systematic review. Systemaattisen haun PICO oli seuraavanlainen; p= keski-ikä yli 60-  
vuotiaat, i = pelillistetty kuntoutus, c = tavanomainen harjoittelu, placebo tai ei interventiota, c  
= fyysiseen terveyteen, aktiivisuuteen sekä toimintaan liittyvät lopputulosmuuttujat s = syste-  
maattinen kirjallisuuskatsaus tai meta-analyysi. Hakustrategialla löytyi yhteensä 49 tutkimusta  
ja käsihaulla 8 tutkimusta. Vuokaavio tutkimusten poissulkusyineen löytyy liitteestä 1. Jäljelle  
jääneille tutkimuksille suoritettiin systemaattisten katsausten laadun arviointi uusinta  
AMSTAR 2 (A Measurement Tool to Assess Systematic Reviews) -menetelmää käyttäen (Shea  
ym. 2017).

AMSTAR laadun arvioinnin perusteella poissuljettujen tutkimusten jälkeen mukaan otettiin 17  
tutkimusta. Mukaan otettujen tutkimusten laatu oli yli puolessa tutkimuksista heikko (4 kpl) tai  
keskitasoa (5 kpl). Korkealaatuisia tutkimuksia oli mukana kahdeksan. Eniten laadun arvioin-  
nissa laatua heikentänyt osio oli tutkimusten rahoituksesta raportoiminen. Laatua heikensi myös

erinäisten eturistiriitojen raportoinnin puute sekä katsauksiin mukaan otettujen yksittäisten tutkimusten harhan riskin arvioiden puuttuminen. Monissa katsauksissa myös kokonaiharhan riskin arviointi oli puutteellista (liite 2). Kaikki mukaan otetut tutkimukset ovat lueteltuna liitteessä 3 ja AMSTAR laadun arvioinnin mukaan korkealaatuiset tutkimukset kuvattu tarkemmin taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Systemaattisen katsauksen AMSTAR -laadun arvioinnissa korkealaatuisimmiksi arvioidut tutkimukset.

Tutkimus (vuosi)	Tutkimusten ja (tutkittavien) n	Tutkittavat	Interventio (kesto (vko), frekvenssi (krt/vko), harjoituksen kesto (min))	Kontrolliryhmä	Tulosmuuttajat	Tutkimustyyppi	Tulokset
Zheng ym. 2019	9 (614)	>65-vuotiaat	Pelillistetty liikunnallinen harjoittelu ja VR: (2-15 vko, 2-3 krt/vko, 20-90 min./krt).	Ei hoitoa tai tavallinen hoito	Terveyteen liittyvä elämänlaatu	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	Pelillistetyt harjoittelun vaikuttavuudesta tutkittavien elämänlaatuun ei voida tehdä suosituksia tai yleistyksiä pienen otoskoon ja tutkittavien heterogeisuuden johdosta.
Larsen ym. 2013	7 (311)	>60-vuotiaat	Pelillistetty, tavoitteellinen fyysinen harjoittelu: (3-20 vko)	Muunnainen harjoittelu tai ei hoitoa	Fyysinen terveys	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	Wii Fit ei ollut tehokkaampaa kuin tavallinen harjoittelu, vaikka pelillistetyllä harjoittelulla näyttöä olevan potentiaalia parantaa ikääntyneiden fyysisiä ominaisuuksia.
Laufer ym. 2014	7 (285)	60-80-vuotiaat	Pelillistetty harjoittelu Nintendo Wii: (6-20 vko, 12-24 krt yht., 35-90 min./krt).	Ei hoitoa tai tavallinen hoito	Toiminnallinen tasapaino, lihasvoima	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	Wii harjoittelu saattaa parantaa ikääntyneiden tasapaino-ominaisuuksia
Molina ym. 2014	13 (487)	>60-vuotiaat	Pelillistetty harjoittelu eri simulaatioilla: (3-20 vko, 1-5 krt/vko, 10 min.-1h/krt).	Ei hoitoa, plasebo, muu harjoittelu tai tavallinen fysioterapia	Fyysinen toimintakyky	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus	Peliharjoittelun vaikutukset ikääntyneiden fyysiseen toimintakykyyn epäselviä ja epä johdonmukaisia.
Tahmosy bayat ym. 2017	11 (549)	60-85-vuotiaat perusterveet	Pelillistetty tasapainoharjoittelu yhdistettynä muuhun harjoitteluun: (5-20 vko, 1-3 krt/vko, 30-60min./krt).	Tavallinen muu harjoittelu, ei hoitoa	Fyysinen toimintakyky	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi	Muu tasapainoharjoittelu todettiin tehokkaammaksi kuin pelillistetty (SMD -0.27, 95 % CI = 0.23-0.78).
Corregidor-Sánchez ym. 2020	14 (491)	>60-vuotiaat perusterveet	Pelillistetty harjoittelu: Wii, Kinect, Eye Toy; (2-24 vko, 8-54 min./krt).	Mikä tahansa muu interventio tai ei interventiota	Kävelykyky, toiminta- ja liikumiskyky	Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja	Pelillistetty harjoittelu parantaa kävelykykyä (SMD -0.56, 95 % CI -0.90--0.21) ja paransi



			krt. yht. 20-50 min./krt).			meta-ana-lyysi	TUG-tuloksia verrattuna kontrolliryhmiin.
Donath ym. 2016	18 (619)	keski-ikä 76 v.	Pelillistetty harjoittelu VR; (3-20 vko, 1-3 krt/vko, 30-60 min/krt)	Ei hoitoa tai muunlainen harjoittelu	Tasapaino ja liik-kumiskyky	Systemaattinen kirjallisuuskat-saus ja meta-ana-lyysi	Pelillistetty harjoittelu parantaa tasapainoa (SMD 0.77, 95 % LV 0.45-1.09) ja liikkumiskykyä (SMD 0.56, 95 % LV 0.25-0.78) verrattuna inaktiivisiin kontroleihin, mutta ei ollut yhtä vaikuttavaa kuin muu harjoittelu.
Cacciata ym. 2019	9 (614)	keski-ikä 73.6 v.	Pelillistetty harjoittelu: (3-12 vko, 2-7 krt/vko, 20-100min./krt).		Terveysten liittyvä elämänlaatu	Systemaattinen kirjallisuuskat-saus	Tulosten perusteella ei voida tehdä suosituksia pienten otoskokojen ja heterogeenisyyden vuoksi, vaikka pelillis-tetty harjoittelu onkin uusi, suosittu innovaatio.

Katsauksissa oli mukana pääosin satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia (RCT). Mukaan otettujen tutkimusten tutkittavat olivat 60 – 85-vuotiaita, pääosin perusterveitä ikääntyneitä. Tutkimusten interventiot oli toteutettu vaihtelevasti erilaisten pelillistettyjen harjoitusmenetelmien avulla ja niiden kokonaiskestot vaihtelivat kolmesta kahteenkymmeneen viikkoon. Pelillistetyn harjoittelun interventioissa harjoiteltiin 1-7 kertaa viikossa, yhden harjoituskerran kes-täen keskimäärin 10-100 minuuttia kerrallaan. Eniten harjoittelussa käytetyt pelikonsolit ja si-mulaatiot olivat Nintendo Wii Fit, Xbox Kinect sekä Playstation EyeToy. Mukaan valittujen tutkimusten lopputulosmuuttajat vaihtelivat terveyteen liittyvästä elämänlaadusta kognitiivisiin toimintoihin sekä fyysiseen terveyteen ja toimintakykyyn. Eniten tarkasteltuja lopputulosmuut-tujia olivat laajemmin fyysinen terveys sekä spesifimmin tasapaino ja liikkumiskyky.

*Tasapaino ja liikkumiskyky.* Korkealaatuisimmista katsauksista viidessä (Corregidor-Sanchez ym. 2020; Zheng ym. 2019; Tahmosybayat ym. 2017; Donath ym. 2016; Laufer ym. 2014) raportoitiin pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista liikkumiskykyyn ja tasapainoon ikäänty-neillä. Tämän lisäksi kappaleessa käsitellään seitsemän muun mukaan valitun katsauksen tu-loksia. Pelillistettyä harjoittelua pidetään hyvänä menetelmänä lisäämään ikääntyneiden tasa-paino-ominaisuuksia ja ennaltaehkäisemään kaatumisia sekä sitä kautta parantamaan liikkumis-kykyä. Pelillistetty harjoittelu on osoittautunut toimivaksi ja turvalliseksi liikuntamuodoksi ter-veille ikääntyneille ja hyväksi keinoksi parantaa tasapainoa ja muita liikkumiskykyyn liittyviä ominaisuuksia (Zheng ym. 2019). Tasapainon ja liikkumiskyvyn ylläpitämisen ja parantamisen kautta, pelillistetty harjoittelu voi ennaltaehkäistä kaatumisia sekä tavanomaiseen harjoitteluun

että harjoittelemattomuuteen verrattuna (Neri ym. 2017). Nintendo Wii -liikuntapeliharjoittelu parantaa iäkkäiden tasapaino-ominaisuuksia (Laufer ym. 2014). Nintendo Wii:n avulla toteutettua tasapainoharjoittelua voidaan pitää myös tehokkaana vaihtoehtoisena harjoittelumuotona konservatiiviselle hoidolle ja harjoittelulle, jonka tavoitteena on parantaa tasapainokontrollia henkilöillä, joilla on tasapainohäiriöitä (Kinne ym. 2015; Laufer ym. 2014). Myös Choi ym. (2017) toteavat, että interventioprotokollien suuresta vaihtelusta huolimatta, interaktiiviset kuntoutuspelit ovat tehokkaita ja lupaavia menetelmiä vanhemman populaation tasapainon harjoittamiseen sekä kaatumisten ennaltaehkäisyyn.

Virtuaalitodellisuuden perustuva tasapainoharjoittelu parantaa Donath ym. (2016) mukaan tasapainoa sekä liikkumiskykyä myös terveillä iäkkäillä palvelutaloasukkailla. Aiempien katsausten mukaan, aktiivisten videopelien pelaaminen on tehokkaampi tapa parantaa iäkkäiden tasapainoa ja liikkumiskykyä tavanomaiseen harjoitteluun verrattuna (Taylor ym. 2018) sekä, että harjoitteluohjelmien keston, toistojen sekä sarjojen vaihtelusta huolimatta voidaan päätellä, että pelillistetyllä harjoittelulla on positiivisia vaikutuksia ikääntyneiden tasapainoon liittyviin parametreihin (Donath ym. 2016). Näiden lisäksi myös tasapainoharjoittelu, jossa on yhdistetty liikuntapelit tavanomaiseen fysioterapeuttiseen harjoitteluun, on todettu tehokkaaksi (Kappen ym. 2018). Aiempien katsausten tulokset ovat myös eri suuntaisia, sillä Tahmosybayat ym. (2017) kertovat, ettei tavanomaiseen tasapainoharjoitteluun verrattuna pelillistetyin menetelmin toteutettu harjoittelu ollut yhtä tehokasta.

Liikunnalliset videopelit voivat parantaa lisäksi myös pystyasennon ylläpitämistä ja ryhtiä kehittämällä ihmisen seisoma-asennossa tapahtuvaa painonsiirtoa, kehon liikuttamista eri suuntiin, koordinaatiota sekä kykyä suorittaa useampia tehtäviä, esimerkiksi pään ja raajojen liikuttamista samanaikaisesti (Tahmosybayat ym. 2018; Kinne ym. 2015). Interventioiden kokonaiskestolla sekä harjoittelukertojen pituudella on toki vaikutusta lopputuloksiin (Kinne ym. 2015). Howes ym. (2017) totesivat, että videopeleihin perustuvalla liikunnalla oli liikkumiskykyä parantavia vaikutuksia, silloin kuin sitä toteutettiin vähintään 120 minuuttia viikossa, mutta sillä ei kuitenkaan ollut vaikutuksia kaatumispelkoon ikääntyneillä ihmisillä. Pelillistetyn harjoittelun ja kävelykyvyn väliltä on myös löydetty positiivisia kliinisiä vaikutuksia, mutta näytön aste ei ole kuitenkaan vahvaa, joten harhan riski on otettava huomioon (Corregidor-Sanchez ym. 2020).

*Lihassoima.* Kolmessa mukaan valitusta katsauksista oli raportoitu pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta lihasvoimaan, joista vain yksi (Zheng ym. 2019) oli luokiteltu korkealaatuiseksi. Pelillistetty harjoittelu näyttää parantavan myös useita fyysisen terveyden osa-alueita vanhuksilla, joilla ikääntymiseen liittyvä lihasvoiman ja tasapainon heikkeneminen voivat johtaa erilaisiin häiriöihin, vajavaisuuksiin sekä kaatumisiin (Vázquez ym. 2018). Zheng ym. (2019) mukaan, pelillistetyllä harjoittelulla on taipumusta lisätä lihasvoimaa, kun se yhdistetään vastusharjoitteluun. Näiden lisäksi, kuntoutuspelien pelaaminen sopii itsenäiseen harjoitteluun ja se voi sen lisäksi parantaa lihaskestävyyttä (Kappen ym. 2018).

*Fyysinen terveys ja aktiivisuus.* Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta fyysiseen terveyteen ja aktiivisuuteen on selvitetty kuudessa järjestelmällisessä katsauksessa, joista neljä on luokiteltu korkealaatuiseksi (Tahmosybayat ym. 2017; Molina ym. 2014; Larsen ym. 2013; Donath ym. 2016). Pelillistetyn harjoittelun on todettu olevan hyvä vaihtoehto perinteiselle kuntoutukselle sekä, että se on samanvertaista tai tehokkaampaa, parannettaessa ikääntyneiden fyysisiä ominaisuuksia, kuin perinteiset kuntoutusmenetelmät (Skjaeret ym. 2016). Pelillistetyn harjoittelun avulla toteutettu tasapainoharjoittelu saattaa myös parantaa päivittäisistä toiminnoista selviytymistä terveillä yli 60-vuotiailla (Tahmosybayat ym. 2017). Pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ikääntyneiden fyysiseen terveyteen ja aktiivisuuteen on olemassa myös eri suuntaisia tutkimustuloksia. Howes ym. (2017) ovat todenneet, ettei pelillistetyn harjoittelun voida sanoa olevan muita menetelmiä tehokkaampi keino parantamaan ikääntyneiden fyysisiä ominaisuuksia ja Molina ym. (2014) puolestaan, ettei pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ikääntyneiden fyysiseen kuntoon ole riittävän vahvaa näyttöä. Sekä Larsen ym. (2013) että Donath ym. (2016) mukaan, peliharjoittelulla on potentiaalia parantaa fyysistä terveyttä, mutta lisätutkimuksen lisäksi vaaditaan vahvempaa näyttöä. Ei ole yhtenevää kantaa siitä, minkälaisella annostuksella pelillistettyä harjoittelua tulisi suorittaa, jotta voitaisiin saavuttaa hyötyjä, minkä perusteella pelillistettyä harjoittelua ei voida suositella yksittäisenä keinona iäkkäiden fyysisen toimintakyvyn ja sen eri osa-alueiden parantamiseen (Molina ym. 2014).

*Kognitiiviset toiminnot.* Peliharjoittelun vaikuttavuutta kognitioon on puolestaan selvitetty kahdessa järjestelmällisessä katsauksessa (Kappen ym. 2018; Choi ym. 2017). Fyysisen aktiivisuuden sekä kognitiivisten toimintojen on todettu voivan parantua vanhuksilla, jotka pelaavat lii-

kuntapelejä, joissa yhdistyy fyysinen ja kognitiivinen harjoittelu (Kappen ym. 2018). Liikuntapeliin positiivisiin ominaisuuksiin, perinteiseen harjoitteluun verrattuna, kuuluu se, että niissä harjoitetaan sekä motorisia että kognitiivisia taitoja samanaikaisesti (Choi ym. 2017). Pelillistetyn harjoittelun interventiot parantavat ikääntyneiden fyysisiä ja kognitiivisia toimintoja, mutta verrattaessa pelillistettyä harjoittelua tavanomaiseen fysioterapiaan, ovat tulokset melko epäjohdonmukaisia (Choi ym. 2017).

Tutkimusten interventio-protokollat, lopputulosmuuttajat, kontrolliryhmät ja metodologinen laatu vaihtelivat paljon, joten yleistyksiä pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta on vaikeaa tehdä (Larsen ym. 2013; Laufer ym. 2014; Choi ym. 2017). Erityisesti ne tutkimukset, joissa interventiot ovat sellaisia, joissa pelillistetty harjoittelu on yhdistetty tavanomaiseen harjoitteluun ja sitä on verrattu kontrolliryhmiin, joka eivät ole harjoitelleet ollenkaan, on mahdotonta sanoa mistä mahdolliset parannukset ovat johtuneet (Larsen ym. 2013). Ei ole myöskään saatu selville, mikä olisi ideaali intervention kokonaiskesto tai yksittäisen kuntoutuskerran pituus (Neri ym. 2017). Tarvittaisiin standardoitu interventio-protokolla, jotta pelillistetyn harjoittelun kliininen merkittävyys voitaisiin todentaa (Choi ym. 2017).

Aiemmat järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset osoittavat, että pelillistetty harjoittelu on ollut vaikuttavaa monien eri fyysisten parametrien parantamisessa, mutta näyttö sen vaikuttavuudesta on vanhemman populaation osalta silti vähäinen. Useat aiemmat tutkimukset aiheesta ovat keskittyneet neurologiseen kuntoutukseen (Molina ym. 2014) sekä pelillistetyn harjoittelun vaikutuksia ikääntyneiden tasapainoon, kävelykykyyn sekä kaatumispelkoon ja niiden ehkäisemiseen on tarkasteltu myös runsaasti (Kinne ym. 2015; Donath ym. 2016; Neri ym. 2017; Corregidor-Sanchez ym. 2020). Pelillistetyn harjoittelun vaikutuksia ikääntyneiden lihasvoimaan on tarkasteltu suhteellisen vähän, joten tarve sen vaikuttavuuden arvioinnille on olemassa. Tarvitaan parempaa metodologista laatua olevia tutkimuksia tarjoamaan vahvempaa tutkimusnäyttöä pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista, jotta voitaisiin tehdä johtopäätöksiä sen kliinisestä merkittävydestä (Molina ym. 2014). Pelillistetty harjoittelu on edelleen melko uusi menetelmä ja siihen liittyvät interventiot melko heterogeenisiä, mikä saattaa vaikuttaa sen kokonaisvaikutukseen. Jotta virallisia suosituksia voitaisiin tehdä, tarvittaisiin lisää laadukkaita RCT-tutkimuksia, joissa on pitkä seuranta-aika (Tahmosybayat ym. 2017).

#### 4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Pelillistetyn harjoittelun vaikutuksia on tarkasteltu monista eri näkökulmista. Tässä systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa ja meta-analyysissä tutkitaan pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan, alla esitettyjen tutkimuskysymysten avulla. Tavoitteena on tuottaa lisätietoa pelillistetyn harjoittelun hyödyistä ja haitoista ikääntyneiden lihasvoiman parantamisessa sekä pelillistettyjen harjoitusmenetelmien käytön mahdollisuuksista kliinisessä käytössä.

Tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Minkälaisia vaikutuksia pelillistetyllä harjoittelulla on alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä?
- 2) Onko pelillistetyllä harjoittelulla haittoja alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä?
- 3) Mikä on näytön varmuus pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä?

## 5 MENETELMÄT

Tässä systemaattisena kirjallisuuskatsauksena ja meta-analyysinä toteutetussa pro gradu -tutkimuksessa käytettiin Business Ecosystems in Effective Exergaming, eli BEE-hankkeen puitteissa kerättyä aineistoa, jossa tehdään vaikuttavuustutkimusta digitaalisista terveysteknisistä ratkaisuista sekä uusista kuntoutusmenetelmistä. Hankkeen tiimoilta tutkittiin pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta kävelyyn henkilöillä, joilla ei ole neurologisia sairauksia. Tässä osiossa kuvataan tutkimusmenetelmät, kirjallisuushaku, alkuperäistutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit, tulosuuttujen valinta sekä aineiston analyysi. Tämän tutkimuksen raportointi on suoritettu ”PRISMA Checklist” (Moher ym. 2009) ohjeita noudattaen.

### 5.1 Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi tutkimusmenetelmänä

Systemaattisia kirjallisuuskatsauksia ja meta-analyysejä pidetään terveydenhuollossa korkeassa arvossa, sillä niitä käytetään yhä enemmän myös kliinisen työn kehittämisessä (Moher ym. 2009). Higgins ym. (2019) mukaan, systemaattinen kirjallisuuskatsaus määritellään järjestelmälliseksi tutkimusmenetelmäksi, joka noudattaa asetettuja tutkimuskysymyksiä sekä mukaan valittavien tutkimusten osalta selkeitä kelpoisuusehtoja. Hyvin toteutettu kirjallisuuskatsaus vastaa täsmällisesti tutkimuskysymyksiin (Sjögren ym. 2017, 28). Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa on täsmällinen ja toistettavissa oleva metodologia, jonka mukaisesti tulosten validiteettia ja harhan riskiä on arvioitava kriittisesti ja tutkimustuloksista muodostettava synteesi (Higgins ym. 2019).

Kirjallisuuskatsauksissa käytetään usein sisäänotto- ja poissulkukriteereitä, jotka määritellään ennalta määritellyn PICOS-strategian avulla, joka auttaa valikoimaan mukaan täsmällisesti tutkimuskysymykseen vastaavia tutkimuksia (McKenzie ym. 2019). PICOS-strategia koostuu sanoista P = population (tutkittava kohderyhmä), I = intervention (interventio, jonka kohderyhmä saa), C = comparator (vertailukohde interventiolle), O = outcome (tulosuuttuja, jonka muu-  
tosta tarkastellaan) ja S = study design (tutkimusasetelma) (McKenzie ym. 2019). Perusteellisesti suoritettu ja PICOS-asetelmaan perustuva tutkimushaku vähentää harhan riskiä (Lefebvre ym. 2019). Katsaukseen valikoitujen tutkimusten mukaanoton jälkeen suoritetaan olennaisten

tutkimustietojen poiminta, niiden yhdistäminen sekä tutkimusten laadunarviointi kahden arvioitsijan toimesta (Li ym. 2019).

Uusaro & Martikainen (2012) mukaan, meta-analyysiä pidetään luotettavimpana tutkimusmenetelmänä osoittamaan eri interventioden tehoa ja se eroaa systemaattisesta katsauksesta sillä, että meta-analyysissä tulokset esitetään tilastollisin menetelmin. Meta-analyysissä siis yhdistetään systemaattisesta kirjallisuuskatsauksesta saatuja tuloksia, jotta saadaan tilastollisesti voimakkaampia tuloksia vaikuttavuudesta ja voidaan tehdä luotettavampia johtopäätöksiä interventioiden hyödyistä (Uusaro & Martikainen 2012; Moher ym. 2009). Meta-analyysi voidaan toteuttaa joko kiinteiden vaikutusten mallilla (fixed effects), jossa oletus on, että interventioiden vaikutukset ovat samanlaisia, tai satunnaisvaikutusten (random effects) mallin avulla, jossa oletetaan, ettei yksittäisten tutkimusten todellinen vaikutus ole kaikissa tutkimuksissa täysin sama (Deeks ym. 2019). Deeks ym. 2019 mukaan, satunnaisvaikutusten mallin etu, sen epävarmuudesta huolimatta, on se, että siinä on parempi yleistettävyyys koko tutkittavaan populaatioon. Satunnaisvaikutusten mallissa pienillä tutkimuksilla on suurempi painoarvo kuin suurilla. Tätä voidaan kompensoida käänteisen varianssin menetelmällä, jossa painotus on suurissa pienten keskivirheiden tutkimuksissa, pienten suurien keskivirheiden tutkimusten sijaan (Deeks ym. 2019).

Meta-analyyseiin liittyy aina heterogeenisyys, joka tarkoittaa Deeks ym. (2019) mukaan tutkimukseen mukaan valittujen tutkimusten eroavaisuutta toisistaan. Heterogeenisyys voi olla kliinistä, esimerkiksi eroavaisuudet alkuperäistutkimusten interventioiden sisällössä, tilastollista, esimerkiksi alkuperäistutkimusten tulosten keskinäinen vaihtelu tai metodologista, esimerkiksi vaihtelevat tutkimustyyppit ja harhan riski (Deeks ym. 2019). Tilastollinen heterogeenisyys tarkoittaa sitä vaihtelua, joka on korkeampaa kuin sattuman vuoksi aiheutunut vaihtelu ja sitä voidaan arvioida määrällisesti Cochranen  $I^2$  -testisuureen avulla, joka kuvaa heterogeenisyydestä johtuvaa vaihtelun prosenttiosuutta (0-40% heterogeenisyys on epätodennäköistä tai sitä ei ole lainkaan, 30-60% eli kohtalaista heterogeenisyyttä, >50% kuvaa huomattavaa heterogeenisyyttä, jolloin tulokset tulisi mahdollisesti esittää alaryhmäkohtaisesti (Uusaro & Martikainen 2012)), sekä laadullisesti metsäkuvioita (forest plot) ja suppilokuvioita (funnel plot) tulkitsemalla (Deeks ym. 2019).

## 5.2 Systemaattinen kirjallisuushaku

Järjestelmällinen kirjallisuushaku suoritettiin kahdessa vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa Business Finland:in rahoittaman BEE-hankkeen systemaattinen kirjallisuushaku suoritettiin keväällä 2019. Toisessa vaiheessa aineistolle tehtiin päivityshaku tammikuussa 2020. BEE-hankkeessa tutkitaan pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta kävelyyn henkilöillä, joilla ei ole neurologisia sairauksia (Janhunen ym. 2020). Systemaattinen kirjallisuushaku suoritettiin MEDLINE, CINAHL, Cochrane (CENTRAL), EMBASE, Web of Science, PsycInfo sekä PEDro -tietokannoista. Hakustrategiassa käytettäviä hakusanoja, jotka kuvaavat pelillistettyä kuntoutusta ovat ”exergame”, ”virtual reality”, ”video games” ja ”exercise”, ”rehabilitation”, ”physical therapy” sekä ”randomized controlled trials”. Kieli- tai julkaisupäivärajoituksia ei käytetty ja pro gradu -tutkielmat sekä konferenssijulkaisut suljettiin pois.

## 5.3 Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit

BEE-hankkeessa mukaan otettavien tutkimusten valikoiminen suoritettiin Covidence-ohjelmalla, jossa tutkimuksia oli käymässä läpi seitsemän henkilöä. Janhusen tutkimuksen sisäänottokriteerit (PICOS) olivat seuraavanlaiset: (P) yli 60-vuotiaat, (I) interventiot, jotka perustuvat pelillistettyyn harjoitteluun tai liikunnallisiin videopelisiin (exergames), joita pelaaja ohjaa karkeamotorisilla fyysisillä liikkeillä (ei sormien tai silmien ohjauksella pelatut pelit tai askelmittaria tai muita paikannusmenetelmiä käyttävät pelit kuten Pokemon Go), (C) kontrollina ei kuntoutusta, plasebohoito tai muut hoitomenetelmät (mukaan luettuna pelaaminen muilla alustoilla), (O) fyysiseen terveyteen, aktiivisuuteen, kuntoon ja toimintaan liittyvät lopputulosmuutokset, (S) RCT, eli satunnaistettu kontrolloitu tutkimus, jossa on interventio- ja kontrolliryhmät. Poissulkukriteerit olivat seuraavat: tutkimus ei ole PICO-lauseen mukainen tai tutkimus on PICO-lauseen mukainen, mutta se on 1) keskeneräinen, 2) protokolla-artikkeli, 3) duplikaatti tai 4) sitä ei ole vertaisarvioitu. BEE-hankkeen hakustrategialla mukaan valikoituneet tutkimukset käytiin läpi ja sisäänotto- ja poissulku suoritettiin tämän tutkimuksen PICOS-strategialla.



BEE-hankkeen kirjallisuushaun PICOS-strategia vastaa potilasryhmää ja päälopputulosuuttujaa lukuun ottamatta tämän tutkimuksen sisäänottokriteereitä. Tähän katsaukseen mukaan otettava potilasryhmä on keski-ikältään yli 59-vuotiaat perusterveet henkilöt ja lopputulosmuuttuja alaraajojen lihasvoima (taulukko 1).

TAULUKKO 1. PICOS-strategia.

Patient	Intervention	Control	Outcome	Study design
> 59 -vuotiaat (mean, median) perusterveet ikääntyneet	Pelillistetty harjoittelu (exergames)	Ei hoitoa, plasebohoito, muut hoitomenetelmät (myös pelillistetyt)	Alaraajojen lihasvoima	RCT

#### 5.4 Tutkimustietojen kerääminen

Tutkimusten valikoimisen jälkeen suoritettiin yhden henkilön toimesta katsauksen kannalta olennaisten tutkimustietojen kerääminen ja taulukointi Excel-tiedostoon. Kerättyihin tietoihin kuuluivat tutkittavien kokonaismäärä, interventiotyypit, kokonaiskestot (vk), frekvenssit (krt/vk) ja harjoituskertojen kestot (min.), kontrolliryhmien kuvaus, tulosmuuttujat sekä lukujen raportointimuoto (esimerkiksi SD tai mediaani). Raportoidut luvut olivat pääosin keskihajontoja (standard deviation) lukuun ottamatta yhtä tutkimusta, jossa ne oli raportoitu keskivirheinä (SE) (Eggenberger ym. 2015), jonka kohdalla keskivirheet muunnettiin RevMan:in laskimella keskihajonnoiksi. Kahdessa tutkimuksessa tunnusluvut oli raportoitu efektikokoina ja p-arvoina (Htut ym. 2018) sekä kuvioina (Monteiro-Junior ym. 2017), joten tutkijoilta pyydettiin tulokset keskiarvoina ja keskihajontoina.

Alkuperäistutkimuksissa esiin tulleista lopputulosmuuttujista, katsaukseen poimittiin mukaan lihasvoimaa kuvaavat lopputulosmuuttujat, jotka on lueteltu mittareineen taulukossa 2. Lopputulosmuuttujaa, eli alaraajojen lihasvoimaa oli mitattu mukaan otetuissa tutkimuksissa sekä toiminnallisilla, että isometrisillä lihasvoimatesteillä.

TAULUKKO 1. PICOS -strategia.

Lopputulostulomuuttuja	Lopputulostulomuuttujan mittari	Muuttujan tyyppi
Toiminnallinen lihasvoima	Tuoliltanousutesti 5x (sek.)	jatkuva
	Tuoliltanousutesti 30 sek. (toistot)	jatkuva
Isometrinen lihasvoima	Isometrinen polven ojennus (kg)	jatkuva
	Isometrinen polven ojennus (N/s)	jatkuva
	Voimantuotto polven ojennuksessa (%)	jatkuva
Isokineettinen lihasvoima	Isokineettinen lihasvoima polven ojennuksessa (Nm/kg)	jatkuva

Viiden kerran tuoliltanousutesti valikoitui toiminnallisen lihasvoiman ensisijaiseksi lopputulostulomuuttujan mittariksi, sillä sitä esiintyi tutkimuksissa eniten sekä siksi, että se on toiminnallinen testi, jota käytetään mittaamaan iäkkäiden suorituskykyä ja alaraajojen lihasvoimaa. Testissä mitataan viiteen tuolilta ylösnousukertaan käytetty aika, joten suoritus on tarkoitus tehdä mahdollisimman nopeasti (Hardy ym. 2012). Viiden toiston tuoliltanousutesti on myös osa SPPB-testistöä (Short Physical Performance Battery) (Guralnik ym. 1994), jota oli myös käytetty katsaukseen valituissa alkuperäistutkimuksissa. 30 sekunnin tuoliltanousutestissä mitataan puolestaan toistomäärä, minkä tutkittava ennättää tehdä annetun 30 sekunnin aikarajan puitteissa (Csuka ym. 1985).

Alaraajojen lihasvoimaa oli alkuperäistutkimuksissa mitattu isometrisillä lihasvoimatesteillä, joissa tulokset oli ilmaistu joko kilogrammoina (kg), newtoneina sekuntia kohden (N/s) tai voimantuotto prosentteina (%), sekä isokineettisillä lihasvoimatesteillä, joissa tulokset oli esitetty newtonmetreinä kilogrammaa kohden, eli vääntövoimana (Nm/kg). Isometristä lihasvoimaa mitattiin tutkimuksissa polven ojennuslaitteella, jousimittarilla, Leg Force leg press -laitteella sekä Edition-line, Gym80 -laitteella. Taulukossa 3 on esitetty lopputulostulomuuttujat tärkeysjär-

jestyksessä sekä osoitettu nuolimerkein minkä suuntainen tulos on parempi. Mikäli tutkimuksessa oli alaraajojen lihasvoiman osalta raportoitu oikea ja vasen alaraaja erikseen, oli ensisijainen mukaan otettava tulos oikean alaraajan tulos.

TAULUKKO 3. Lopputulosmuuttujien prioriteetilistaus.

Mittaus (yksikkö)	Suorituksen paranemisen suunta	Kategoria
Tuoliltanousutesti 5x (sek.)	↓	Toiminnallinen lihasvoima
Tuoliltanousutesti 30sek. (toistomäärä)	↑	Toiminnallinen lihasvoima
Isometrinen polven ojennus (kg)	↑	Isometrinen lihasvoima
Isometrinen polven ojennus/ etureisilihasten isometrinen voima (N/s)	↑	Isometrinen lihasvoima
Polven ojennusvoima (%)	↑	Isometrinen lihasvoima
Isokineettinen polven ojennus (Nm/kg)	↑	Isokineettinen lihasvoima

## 5.5 Aineiston harhan riskin arviointi

Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tekemiseen liittyy aina harhan riski, jota voi esiintyä eri syistä. Luotettavuuden kannalta, nämä syyt on syytä selvittää ja huomioida tutkimuksessa. Raportointiharhaksi kutsutaan tilannetta, jossa todennäköisyys julkaista sellaisia tutkimuksia, joissa ei ole saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia on huomattavasti pienempi kuin sellaisissa, joissa on saavutettu tilastollisesti merkitseviä tuloksia ja ne jäävät siksi huomiomatta (Higgins ym. 2020). Higgins ym. (2020) mukaan, kun julkaistut tutkimukset sisältävät pääasiassa tilastollisesti merkitseviä tuloksia, saattaa se johtaa siihen, että meta-analyysissä

osoitetaan harhaanjohtavasti jokin interventio vaikuttavaksi. Tätä kutsutaan puolestaan julkaisuharhaksi (Higgins ym. 2020). Meta-analyysissä on yleistä myös vaikeasti tunnistettavissa oleva kaksoisjulkaisuharha, jonka mukaisesti analyysivaiheessa painotetaan yhden tietyn osajoukon tuloksia suhteettoman paljon (Higgins ym. 2020).

Mukaan otettujen tutkimusten laatua ja harhaa arvioitiin kahden arvioitsijan toimesta Cochranen Risk of Bias 2 -työkalulla, jonka avulla tarkastellaan harhan riskiä eri osa-alueissa, kuten satunnaistamisprosessissa, suunnitelluista interventioista poikkeamisessa, lopputulosmuuttujien datan puuttumisessa ja mittausmenetelmissä sekä lopputulosten valikoivassa raportoinnissa (Higgins ym. 2019). Matalan harhan riskin tutkimuksiksi lasketaan ne tutkimukset, joissa edellä mainitut kohdat on raportoitu kattavasti, selkeästi ja läpinäkyvästi sekä suurin osa harhan riskin osa-alueista ovat matalia, eikä yhdelläkään osa-alueella ollut korkea harhan riskiä. Kohtalaisen tai epäselvän harhan riskin tutkimuksiksi luokitellaan ne tutkimukset, joissa on raportoitu yksityiskohdat liian niukasti, ettei niistä voi tehdä päätelmiä korkean eikä matalan harhan riskin suuntaan (Higgins ym. 2019). Korkean harhan riskin tutkimuksiksi luetaan ne, joissa yksi tai useampi harhan riskin osa-alue on korkea.

## 5.6 Aineiston tilastollinen analysointi

Meta-analyysi suoritettiin Review Manager 5.3 -ohjelmalla satunnaisvaikutusten (random effects) mallia käyttäen, sillä oletus oli, että interventiot vaihtelevat tämänkaltaisissa tutkimusasetelmissä paljon ja lopputulosmuuttujat ovat jatkuvia (Deeks ym. 2017). Tutkimusten tilastollista heterogeenisyyttä ja yhteisvaikutusta arviotiin  $I^2$  -testisuureen ja metsäkuvioiden avulla sekä julkaisuharhaa suppilokuvioita tarkastelemalla (Deeks ym. 2017).  $I^2$  -testisuureen tulkinnaassa käytettiin Higgins & Green (2011) määrittelemiä heterogeenisyyden raja-arvoja, jotka ovat < 40 % (ei merkitsevää heterogeenisyyttä), 30-60 % kohtalaista heterogeenisyyttä ja 50-90 % saattaa olla huomattavaa heterogeenisyyttä ja 75-100 % huomattavaa heterogeenisyyttä. Standardoitu keskiarvojen erotus (SMD) kuvaa vaikutuksen suuruutta (effect size). Raja-arvot vaikutuksen voimakkuudelle ovat seuraavanlaiset; 0.2 on pieni vaikutus, 0.5 on kohtalainen vaikutus ja 0.8 on suuri vaikutus (Cohen ym. 1988). Analyysissä käytettiin intervention alku- ja lopputilanteen välisen muutoksen keskiarvoa (mean) ja keskihajontaa (standard deviation =

SD). Mikäli tulokset oli esitetty eri muodossa, muunnettiin ne Review Manager 5.3 -ohjelman laskimen avulla keskihajonnoiksi. Pääanalyysissä verrattiin pelillistettyä harjoittelua ryhmiin, jotka suorittivat fyysistä harjoittelua tai eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Pääanalyysin lisäksi suoritettiin ala-analyysit toiminnallisen lihasvoiman sekä alaraajojen isometrisen lihasvoiman osalta. Sekä pää- että ala-analyyseistä tehtiin sensitiivisyysanalyysit.

## **5.7 GRADE näytön varmuuden arviointi**

Meta-analyysin tulosten näytön varmuutta arvioitiin GRADE -luokituksella (Guyatt ym. 2013; Jousimaa ym. 2016). GRADE näytön varmuuden arvioinnin tarkoituksena on koota tutkimustiedot kattavaksi ja laadukkaaksi kokonaisuudeksi, jotta niitä ja niiden vahvuutta voidaan arvioida kriittisesti (Guyatt ym. 2013; Jousimaa ym. 2010). Näytön varmuuden arvioinnin avulla voidaan kuvata tieteellinen näyttö tai sen puute ja minimoida harhaan johtamista vaikutuksia arvioitaessa (Guyatt ym. 2013; Jousimaa ym. 2010). Näytön varmuuden arvioinnissa on neljä tasoa, joiden mukaan näyttö luokitellaan; korkea, kohtalainen, matala ja erittäin matala (Guyatt ym. 2013). Arvioitu näytön varmuus kuvaa sitä kuinka lähellä todellinen vaikutus on arvioitua vaikutusta (Guyatt ym. 2013).

GRADE näytön varmuuden arviointi koostuu viiden eri osa-alueen; harhan riskin, epäjohtonmukaisuuden, välillisyyden, epätarkkuuden ja julkaisuharhan analysoinnista. Tutkimusten alhainen harhan riski tarkoittaa GRADE-arvioinnissa ”ei puutteita”, kohtalainen harhan riski vakavaa puutetta ja korkea harhan riski erittäin vakavaa puutetta näytössä (Guyatt ym. 2013). Epäjohtonmukaisuus puolestaan kuvaa GRADE:n mukaan arvioituna tulosten selittämätöntä heterogeenisyyttä tutkimusten välillä (Guyatt ym. 2013). Guyatt ym. 2013 mukaan, tulosten näytön varmuutta laskevat epäjohtonmukaisuuden vakavuus ja selittämättömyys, jotka voivat johtua tilastollisesta heterogeenisyydestä, tulosten vaikutusten erisuuntaisuudesta tai siitä etteivät luotamusvälit osu päällekkäin. Välillisuus kuvaa GRADE-arvioinnissa mukaan otettujen tutkimusten täsmällisyyttä, eli verrataanko tutkimuksissa olennaisia interventioita, lopputulosmuuttujia ja populaatioita (Guyatt ym. 2013). Toisin sanoen vastaavatko kyseiset tutkimukset tutkimuskysymyksiin. Guyatt ym. (2013) mukaan, systemaattisissa katsauksissa epätarkkuutta tarkas-

tellessa, näytön varmuutta alentaa vähäinen tutkittavien määrä ja tiedon niukkuus. Myös luotamusvälejä tarkastelemalla voidaan arvioida epätarkkuutta (Guyatt ym. 2013). Guyatt ym. (2013) mukaan, on pohdittava mikä olisi optimaalinen ja riittävän suuri otoskoko arvioimaan ja kuvaamaan näytön todellista vaikutusta. Julkaisuharha kertoo julkaisemattomien tutkimusten olemassaolosta, joka voi johtua valikoivasta julkaisemisesta, eli esimerkiksi pelkästään merkittävien tutkimustulosten julkaisemisesta ja pienten otoskoiden tutkimusten julkaisemattomuudesta (Guyatt ym. 2013).

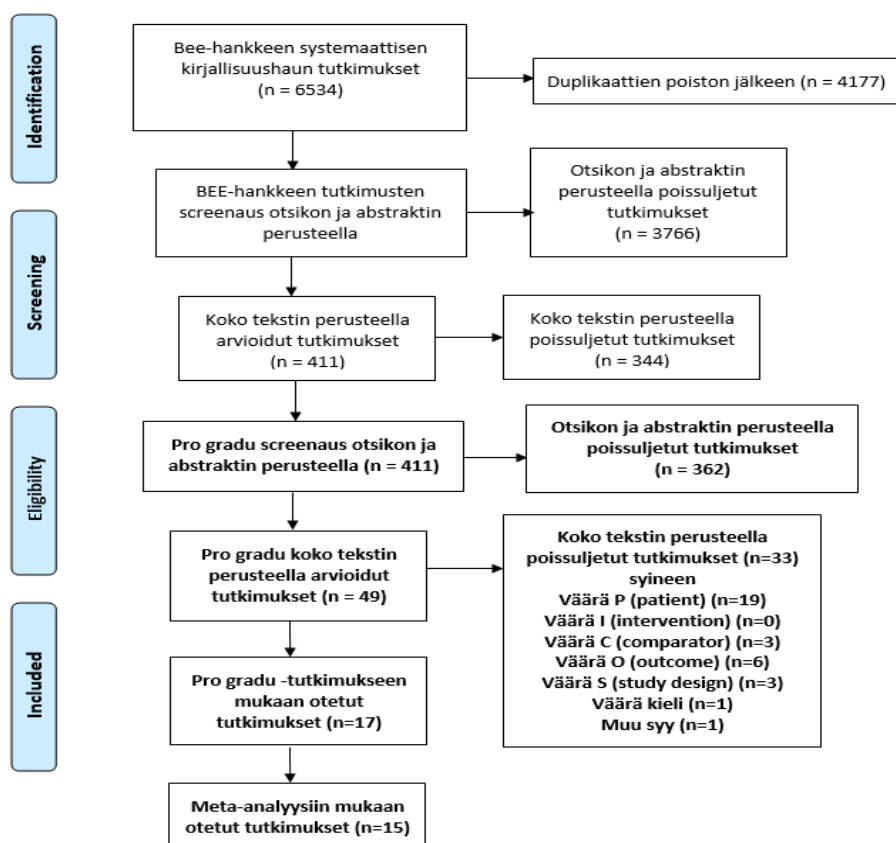
Edellä esiteltyjen GRADE-näytön varmuuden arvioinnin osa-alueiden mukaan voidaan vaikutusten hyötyjä ja haittoja punnitsemalla tehdä kliiniseen käyttöön tarkoitettuja luotettavampia ja varmempia suosituksia kyseisen kuntoutuksen vaikuttavuudesta ja tehokkuudesta (Guyatt ym. 2013).

## 6 TULOKSET

BEE -hankkeen systemaattisessa kirjallisuushaussa käytetyillä hakusanoilla löytyi alun perin yhteensä 6534 tutkimusta, joista 2357 oli duplikaatteja ja poistettiin otsikon ja abstraktin perusteella 3766 irrelevanttia tutkimusta. Tähän pro gradu -tutkimukseen valikoitiin BEE-hankkeen kirjallisuushausta koko artikkelitekstien lukuvaiheeseen päätyneistä 411 tutkimuksesta otsikon ja abstraktin perusteella mukaan 49 tutkimusta, joista koko artikkelitekstien perusteella löytyi sisäänottokriteerit täyttäviä tutkimuksia 17 kappaletta. Tarkempi vuokaavio kirjallisuushausta, valintaprosessista ja sen vaiheista kuviossa 1. Lista poissuljetuista tutkimuksista poissulku-syineen löytyy liitteestä 4.



PRISMA 2009 Flow Diagram



KUVIO 1. ”Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan” - pro gradu -tutkimuksen sisäänottokriteerien mukaisten tutkimusten vuokaavio (Moher ym. 2009).

## **6.1 Tutkimusten osallistujat**

Sisäänottokriteerien perusteella mukaan otettuihin tutkimuksiin osallistui yhteensä 907 tutkittavaa, joista 501 tutkittavaa kuului kontrolliryhmiin ja 406 koeryhmiin. Tutkittavien keski-ikä vaihteli 68,5 – 86.0 ikävuoden välillä. Koeryhmien tutkittavat olivat keski-ikänsä 68,8 - 85,0 ja kontrolliryhmien tutkittavat puolestaan 68,5 – 86,0 vuotta. Tutkimuksiin oli pääasiassa osallistunut sekä naisia että miehiä, lukuun ottamatta kahta tutkimusta, joissa oli tutkittu pelkästään naisia (Santos ym. 2019; Lee ym. 2015). Tutkittavat olivat perusterveitä ikääntyneitä, paitsi muutamassa tutkimuksessa, jossa tutkittavat oli luokiteltu hauraiksi tai raihnaisiksi (Santos ym. 2019; Daniel ym. 2012) sekä osalla oli ollut kaatumisia (Fu ym. 2015). Suurin osa osanottajista asui kotonaan ja osa oli palvelutalo- (Boon Chong Kwok ym. 2016; Jorgensen ym. 2013; Lauze ym. 2017; Lee ym. 2017) tai laitosasukkaita (Monteiro-Junior ym. 2017).

## **6.2 Interventio- ja kontrolliryhmien kuvaus**

Tutkimukseen valikoitujen koeryhmien koot vaihtelivat aina kahdeksasta tutkittavasta 78 tutkittavaan. Koeryhmien interventiot kestivät keskimäärin 10,4 viikkoa niiden vaihdellessa viidestä viikosta 26 viikkoon. Interventioiden harjoituskertojen frekvenssi vaihteli yhdestä viikkokerrasta kolmeen, sen ollessa keskimäärin 2,45 kertaa viikossa. Harjoitusten keskimääräinen kesto harjoituskertaa kohden oli 50– 53 minuuttia, ajassa laskettuna vähiten harjoitelleen interventioryhmän harjoitellessa 15 minuuttia kerrallaan ja eniten harjoitelleen harjoitellessa 120 minuuttia yhdellä harjoituskerralla. Tarkemmat kuvaukset interventio- ja kontrolliryhmistä löytyvät liitteestä 3.

Yhdessä mukaan otetussa tutkimuksessa oli kaksi pelillistetyn harjoittelun koeryhmää, joita verrattiin kontrolliryhmään, joka ei saanut hoitoa (Morat ym. 2019). Kontrolliryhmiä oli kolmessa tutkimuksessa kaksi (Eggenberger ym. 2015; Daniel ym. 2012; Ray ym. 2012) ja yhdessä



tutkimuksessa kolme kappaletta (Htut ym. 2018). Eggenberger ym. (2015) tutkimuksessa koeryhmä suoritti pelillistetyn harjoittelun lisäksi perinteistä lihaskuntoharjoittelua, Boon Chong Kwok ym. (2015) sekä Lauze ym. (2017) tutkimuksissa pelillistettyyn harjoitteluun oli yhdistetty vastuskuminauhaharjoittelua ja sekä Daniel ym. (2012) että Ray ym. (2012) tutkimuksissa pelillistetty harjoittelu suoritettiin painoliivin kanssa.

Interventioissa käytetyt pelillistetyn harjoittelun menetelmät erosivat toisistaan. Eniten käytetyt pelillistetyn harjoittelun sovellukset ja laitteet olivat Nintendo Wii, jota oli käytetty kahdeksassa interventiossa sekä Xbox 360 Kinect, jota oli käytetty kolmessa interventiossa. Muita interventioissa käytettyjä laitteita tai ohjelmia olivat Stepmania, Jintronix, WEBB, Otago, Dance -videopeli, Kinect yhdistettynä 3D -tukilaitteeseen ja Dividat Senso. Yhdessä tutkimuksessa oli käytetty kahta eri pelillistettyä menetelmää, WEBB -tasapainopeliä sekä Otago -liikuntapeliä (Gschwind ym. 2015). Tarkemmat tiedot interventioissa käytetyistä pelikonsoleista löytyvät taulukosta 4 ja liitteestä 3.

TAULUKKO 4. Koeryhmien interventioissa käytetyt laitteet.

Koeryhmien interventiot	Tutkimusten määrä
Nintendo Wii Fit	8
Xbox 360 Kinect	3
Kinect + 3D tukilaitte	1
Stepmania	2
Jintronix + Kinect	1
Dividat Senso	2
WEBB + Otago	1

Xbox 360 on pelikonsoli, joka mahdollistaa Kinect -liiketunnistimeen yhdistettynä pelillistettyä liikuntaa ja kuntoutusta (Santos ym. 2019). Sen avulla voidaan pelata useita erilaisia eri liikuttamisen osa-alueisiin keskittyviä liikuntapelejä, kuten ”Toning”, joka sisältää lihaskuntaa parantavia liikkeitä tai ”Cardio”, joka sisältää aerobista kuntoa ja tasapainoa kehittäviä liikkeitä (Santos ym. 2019). Myös Nintendo on videopelikonsoli, jonka Wii Fit peli perustuu reaaliajassa

saatavaan liikepalautteeseen (Lim ym. 2017). Wii Fit:ssä pelaaminen tapahtuu käsissä pidettävän ohjaimen avulla ja pelialustana toimii painopisteeseen reagoiva lauta ja se sisältää monenlaisia fyysisiä pelejä lihasvoimaharjoittelusta liikkuvuuteen (Jorgensen ym. 2013). Jintronix on tietokoneohjelmisto, jota on pelillistetyin harjoittelun interventiossa käytetty yhdistettynä Kinect liiketunnistimeen ja televisioon (Lauze ym. 2017). Laitteella pystytään skaalaamaan ja personoimaan ohjelmaan harjoittelijan kuntotason mukainen nopeus, liikelaajuus, tahti, toistomäärä ja kesto (Lauze ym. 2017). Stepmania on tietokonepeli, johon on yhdistetty paineeseen reagoivia paneeleja sisältävä askellusalusta ja sen avulla voidaan pelata esimerkiksi tanssipelejä television kautta (Eggenberger ym. 2015). Tietokoneohjelma nauhoittaa jalan noston ja laskun ajoitukset (Schoene ym. 2013). WEBB, eli ”Weight-bearing Exercise for Better Balance” on tasapainopelejä sisältävä kokonaisuus, jossa harjoitetaan pelien avulla kävelyä, painonsiirtoa, polven koukistusta ja eri suuntiin askellusta (Gschwind ym. 2015). Otago on puolestaan alaraajojen vahvistukseen keskittyvä peli, jossa tehdään alaraajoja kuormittavia voimaharjoituksia (Gschwind ym. 2015). Dividat Senso on voima-antureita sisältävä alusta, jonka sensorit reagoivat niihin kohdistuvaan voimaan ja paineeseen (Morat ym. 2019). Dividat Senso -alusta on liitetty näyttöön, jonka avulla erilaisia liikuntapelejä pelataan (Morat ym. 2019).

Myös kontrolliryhmien interventioissa oli eroja, sillä joidenkin tutkimusten kontrolliryhmät eivät harjoitelleet ollenkaan, toiset suorittivat pelillistettyä harjoittelua ja loput harjoittivat eri liikuntamuotoja. Joidenkin kontrolliryhmien oli raportoitu saaneen tavanomaista hoitoa, mikä tarkoitti kaikissa tapauksissa tavanomaista joko tasapainoa, lihasvoimaa tai esimerkiksi kävelykykyä kehittämään pyrkivää harjoittelua. Kontrolliryhmiä, jotka eivät saaneet minkäänlaista hoitoa oli yhteensä yhdeksän, muunlaista pelillistettyä harjoittelua suorittavia kontrolliryhmiä kaksi ja muunlaista fyysistä harjoittelua saaneita kontrolliryhmiä yhdeksän sekä kognitiivisia harjoituksia tehneitä ja plasebohoitoa saaneita kontrolliryhmiä molempia yksi. Useimmissa tutkimuksissa oli vain yksi kontrolliryhmä yhtä interventioryhmää kohden, lukuun ottamatta neljää tutkimusta, joista kolmessa oli kaksi kontrolliryhmää (Eggenberger ym. 2015; Ray ym. 2012; Daniel ym. 2012) ja yhdessä kolme eri kontrolliryhmää (Htut ym. 2018). Yhteensä kontrolliryhmiä oli 22. Kontrolliryhmien interventioiden kestot, frekvenssit ja yksittäisten harjoitusten kestot olivat samat kuin interventioryhmien. Kontrolliryhmien interventiot on esitelty tarkemmin taulukossa 5 sekä liitteessä 3.

TAULUKKO 5. Kontrolliryhmien interventioiden tyypit.

Kontrolliryhmien interventiot	Tutkimusten määrä
Ei hoitoa	9
Muu pelillistetty kuntoutus	2
Kuntosaliharjoittelu	1
Plasebohoito	1
Ryhmäliikunta	2
Tasapainoharjoittelu	1
Aerobinen harjoittelu	2
Tuolijumppa	1
Kognitiivinen harjoittelu	2
Muu fyysinen harjoittelu	1

Suurin osa tutkimukseen valikoituneista kontrolliryhmistä eivät saaneet hoitoa tai suorittaneet muunlaista harjoittelua. Kontrolliryhmiä, joissa käytettiin pelillistettyä kuntoutusta oli kaksi. Toisessa harjoittelu toteutettiin Nintendo Wii:n tasapainopelejä pelaten (Lim ym. 2017) ja toisessa Xbox 360 -laitteen avulla toteutetun voima-, tasapaino- sekä aerobisen harjoittelun keinoin (Santos ym. 2019). Muita fyysistä harjoittelua tehneitä kontrolliryhmiä oli kuusi. Fyysiseen harjoitteluun kuului kuntosali- ja kotiharjoittelua (Boon Chong Kwok ym. 2016), juoksumattoharjoittelua (Eggenberger ym. 2015), aerobisen harjoittelun ja vastusharjoittelun yhdistämistä (Monteiro-Junior ym. 2017), ryhmäliikuntaa (Lee ym. 2015; Ray ym. 2012) sekä tasapainoharjoittelua (Fu ym. 2015). Tutkimuksessa, jossa käytettiin plasebohoitoa, kontrolliryhmälle uskoteltiin, että heidän jalkineisiinsa asetetut sensorit parantaisivat keskushermoston aktiivisuutta ja sitä kautta tasapainoa (Jorgensen ym. 2013).

### **6.3 Kliininen heterogeenisyys koeryhmien interventioissa**

Kliinistä heterogeenisyyttä on koehenkilöihin, koe- ja kontrolliryhmien sisältöön, lopputulosmuuttujan mittaamiseen tai käytettyihin menetelmiin liittyvää vaihtelua (Sjögren ym. 2017, 28). Kliininen heterogeenisyys vaikuttaa ennen kaikkea tulosten luotettavuuteen sekä yleistettävyyteen. Tutkimusten välinen kliininen heterogeenisyys koeryhmien interventioissa oli suurta. Myös interventioiden kokonaiskestoissa, frekvensseissä sekä harjoituksen kestoissa oli paljon vaihtelua. Interventioiden sisällöissä oli paljon vaihtelua, sillä niissä oli käytetty yhteensä kahdeksaa eri pelillistetyn kuntoutuksen menetelmää, eli erilaisia pelikonsoleita, -ohjelmia tai -alustoja. Myös kontrolliryhmien interventioissa oli heterogeenisyyttä, sillä osa ryhmistä ei saanut hoitoa, osa suoritti muunlaista harjoittelua tai pelillistettyä harjoittelua ja osassa tutkimuksista oli useampi kontrolliryhmä.

### **6.4 Tutkimusten harhan riski**

Tutkimusten harhan riskiä arvioitiin Cochrane Risk of Bias (RoB) 2 -menetelmää käyttäen. Harhan riskin arvioinnissa korkean harhan riskin tutkimuksia oli mukaan otetuista 17 tutkimuksesta yhteensä kuusi (Santos ym. 2019; Lauze ym. 2017; Lee ym. 2015; Jorgensen ym. 2013; Daniel ym. 2012; Ray ym. 2012). Eniten harhan riskiä aiheutti toteutusharha, eli suunnitellusta interventiosta poikkeaminen. Kahdessa tutkimuksessa harhan riskiä aiheutti toteutusharhan lisäksi myös satunnaistamisprosessi (Ray ym. 2012; Daniel ym. 2012). Korkeimman harhan riskin tutkimuksissa korkean harhan riskin kohtia oli jopa kolme ja neljä. Kohtalaista tai epäselvää harhan riskiä oli puolestaan mukaan otetuista tutkimuksista seitsemässä (Morat ym. 2019; Lim ym. 2017; Monteiro-Junior ym. 2017; Lee ym. 2017; Sato ym. 2015; Eggenberger ym. 2015; Schoene ym. 2013), joten korkean tai kohtalaisen harhan riskin tutkimuksia oli 17 tutkimuksesta yhteensä 13 kappaletta. Risk of Bias 2 -työkalun arvioinnin osa-alueista puuttuvaa lopputulosmuuttujan dataa kuvaava kohta sai eniten matalan harhan riskin merkintöjä, sillä vain yhdessä tutkimuksessa tämän osa-alueen kohdalla oli korkea harhan riski (Ray ym. 2012). Kaiken kaikkiaan matalan harhan riskin tutkimuksia oli mukana vain neljä kappaletta (Htut ym. 2018; Boon Chong Kwok ym. 2016; Fu ym. 2015; Gschwind ym. 2015) ja kokonaisharhan riski oli

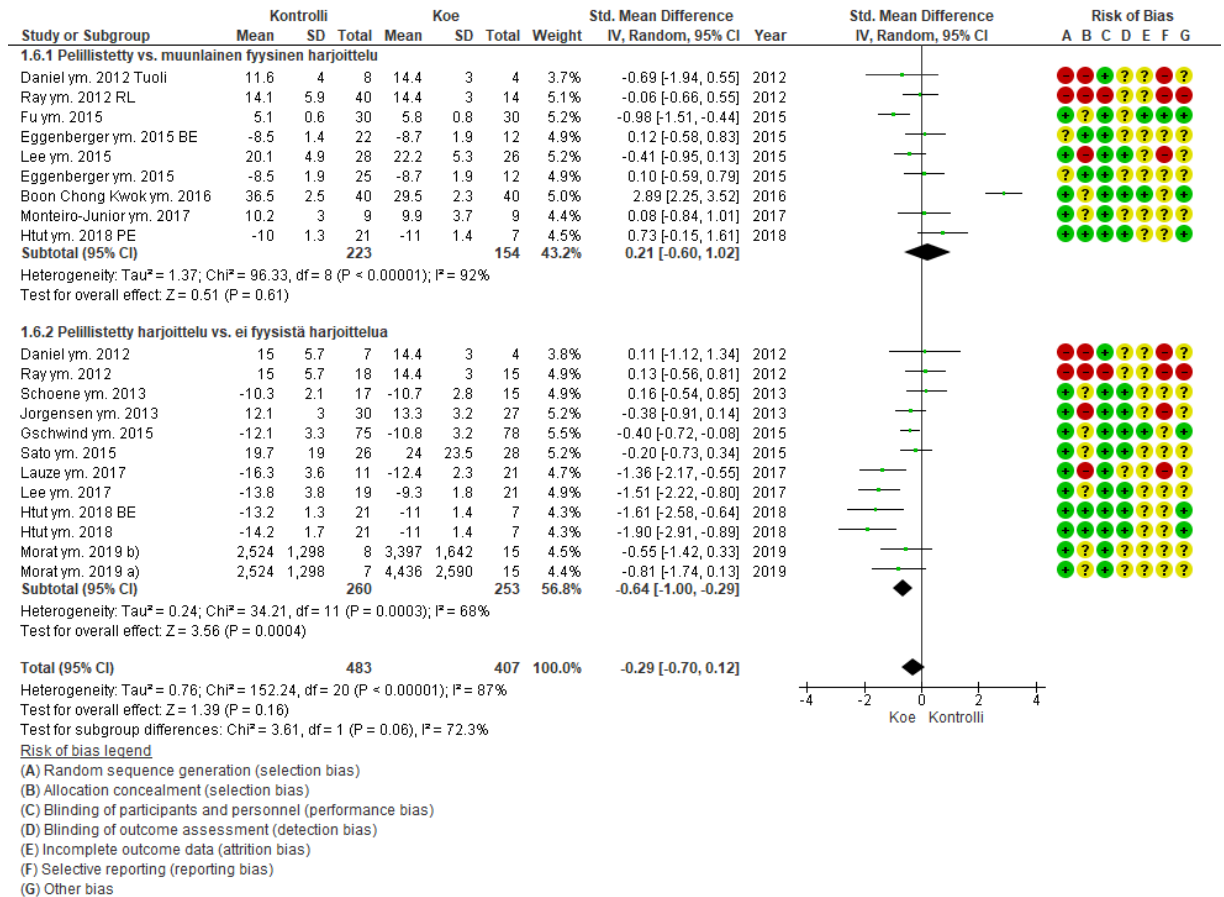
Risk of Bias 2 -arvion mukaan korkea, sillä ainoastaan yksi tutkimus sai kokonaisharhan riski osa-alueessa matalan arvion, epäselvän ja korkean harhan riskin ollessa yleisin arvio.

## 6.5 Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä

Pääanalyysiin otetut lopputulosmuuttujien tulokset valikoitiin mukaan prioriteettilistauksen määräämässä järjestyksessä. Analyysissä oli mukana 15 tutkimusta, joissa oli yhteensä 16 koe- ja 20 kontrolliryhmää. Tutkittavia oli yhteensä 890 (483 koeryhmissä ja 407 kontrolliryhmissä). Analyysissä on käytetty lopputulosmuuttujia mittaavien mittareiden prioriteettilistauksen mukaisesti viiden kerran tuoliltanousutestiä (sek), 30 sekunnin tuoliltanousutestiä (toistomäärä), polven maksimaalista isometristä ojennusvoimaa (kg, N/s, %) ja polven maksimaalista isokiineettistä ojennusvoimaa (Nm/kg) eri mittareilla mitattuina. Pääanalyysissä käytettiin standardeitua keskiarvojen erotusta (SMD), jota käytetään silloin kuin tutkimukset eivät ole yhteismitallisia.

Kuviossa 2 on esitetty pääanalyysi, jossa on nähtävissä pelillistetyn harjoittelun vaikutukset ikääntyneiden lihasvoimaan verrattuna kontrolliryhmiin, jotka suorittivat joko muunlaista fyysistä harjoittelua sekä ryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua.

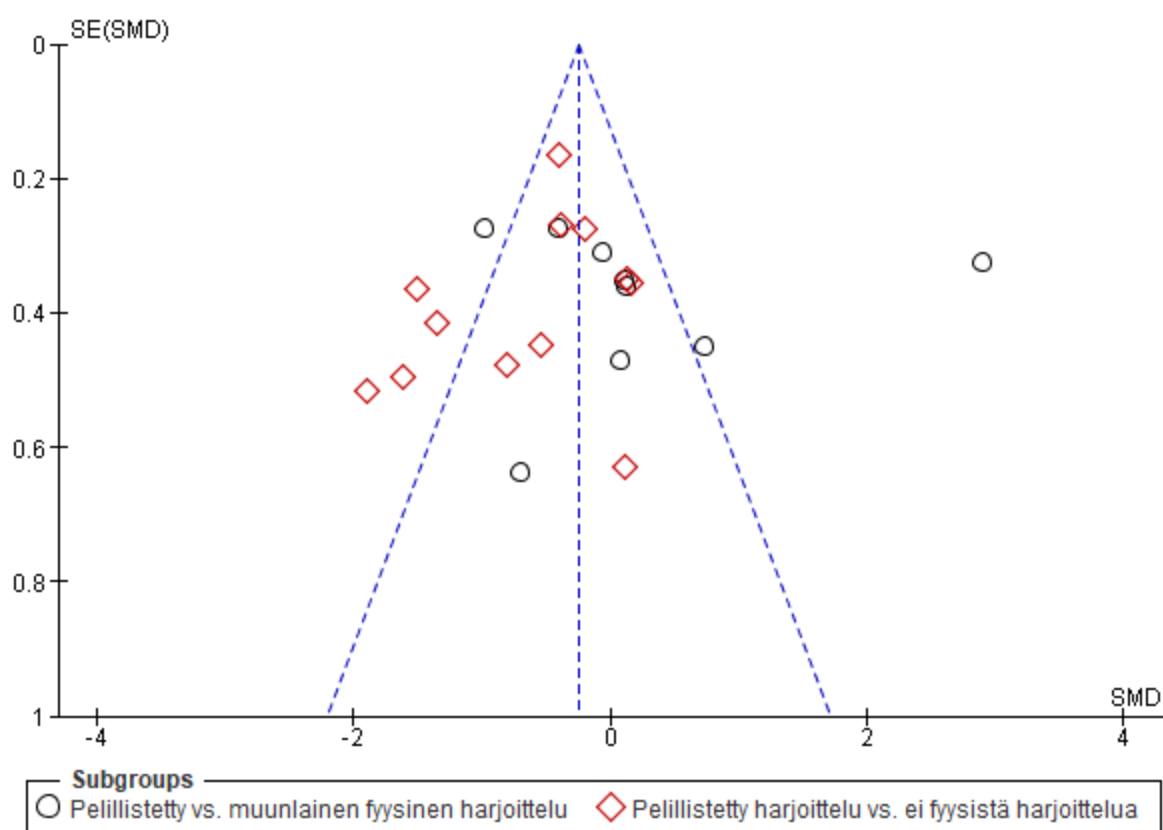
Meta-analyysin mukaan pelillistetty harjoittelu on yhtä vaikuttavaa kuin muunlainen fyysinen harjoittelu (SMD 0.21, 95 % LV -0.60 – 1.02;  $p = 0.61$ ;  $I^2 = 92$  %). Heterogeenisuus on analyysissä merkittävän suurta. Puolestaan verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua pelillistetty harjoittelu näyttää lisäävän ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaa (SMD -0.64, 95 % LV -1.00 – -0.29,  $p = 0.0004$ ;  $I^2 = 68$  %). Vaikutuksen voimakkuus on kohtalainen sekä heterogeenisuus on tässäkin analyysissä huomattavan suurta. Molemmat vertailuryhmät yhdistävässä kokonaistuloksessa ei vaikutuksessa ole interventio- ja kontrolliryhmien välillä eroa (SMD -0.29, 95 % LV -0.70 – 0.12,  $p = 0.16$ ;  $I^2 = 87$  %). Kokonaistuloksen heterogeenisuus on merkittävää.



KUVIO 2. Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus ikääntyneiden lihasvoimaan.

*Sensitiivisyystestaus.* Sensitiivisyysanalyysissä poistettiin korkean harhan riskin tutkimukset analyysistä. Tulokset säilyivät pääosin samoina, sillä verrattaessa pelillistettyä harjoittelua muunlaiseen fyysiseen harjoitteluun, ei ryhmien välillä havaittu edelleenkään eroa (SMD 0.49, 95 % LV -0.70 – 1.69,  $p = 0.42$ ;  $I^2 = 94$  %). Analyysissä 1.6.2 oli sensitiivisyysanalyysin jälkeen ryhmien välillä edelleen samansuuntaista eroa (SMD -0.71, 95 % LV -1.10 - -0.31,  $p = 0.0004$ ;  $I^2 = 69$  %). Tilastollinen heterogeenisuus oli sensitiivisyyden testaamisen jälkeen edelleen molemmissa analyysissä korkea. Kuvion 3 suppilokuvioista on nähtävissä yksi selkeästi poikkeava tutkimus (Boon Chong Kwok ym. 2016), joka aiheutti tilastollista heterogeenisuutta analyysissä 1.6.1. Sen poistaminen muutti tulosten suuntaa pelillistetyn harjoittelun hyväksi, vaikka ryhmien välillä ei edelleenkään ollut eroa (SMD -0.15, 95 % LV -0.49 – 0.20,  $p = 0.20$ ) sekä ennen kaikkea vähensi heterogeenisuutta ( $I^2 = 55$  %,  $Chi^2 = p=0.03$ ).

*Julkaisuharha.* Kuvion 3 suppilokuvion avulla arvioidaan myös meta-analyysin tutkimusten julkaisuharhaa. Tutkimukset jakautuvat tasaisesti suppilokuvion keskiakselin molemmille puolille, mutta kuvio antaa viitteitä siitä, että otoskooltaan pienet ja tuloksiltaan ei-merkittävät tutkimukset puuttuvat. Tämä ei ole välttämättä kuitenkaan merkki julkaisuharhasta, sillä tutkimuksia puuttuu symmetrisesti sekä kontrolli- että koeryhmän vaikuttavuudesta kertovilla puolilla. Tämän lisäksi suppilokuvion ulkopuolelle jää useampi tutkimus, erityisesti analyysistä, jossa verrataan pelillistettyä harjoittelua ryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua.



KUVIO 3. Suppilokuvio pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden lihasvoimaan.

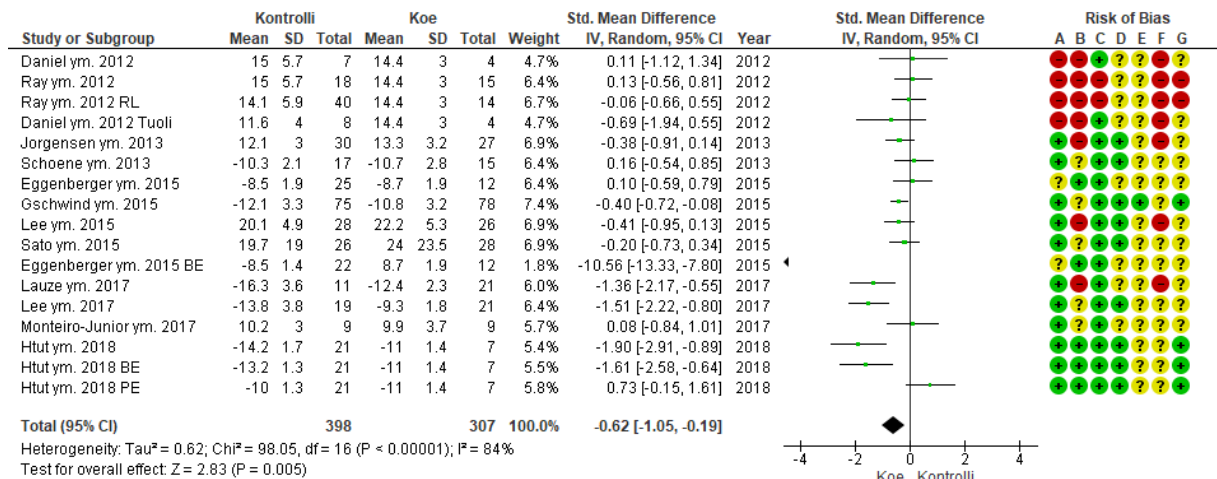
Analyyseistä jätettiin pois kaksi tutkimusta (Santos ym. 2019; Lim ym. 2017), sillä tutkimuksissa verrattiin pelillistettyä harjoittelua muuhun pelillistettyyn harjoitteluun, joten tulokset eivät olleet sopivia meta-analyysissä yhdistettäväksi. Santos ym. (2019) tutkimuksessa verrattiin Nintendo Wii:llä monipuolisesti eri ominaisuuksia harjoitelleita sekä pelkkiä tasapainopelejä

pelanneita kontrolleja ja Lim ym. (2017) tutkimuksessa tehokkaasti Xbox:lla pelanneita sekä keskitehoisesti pelanneita keskenään. Molemmissa tutkimuksissa oli mitattu polven isokineettistä voimaa polven ojennuksessa (Nm/kg). Lim ym. (2017) tutkimuksessa kontrolliryhmä sai paremmat tulokset, kun taas Santos ym. (2019) tutkimuksessa koeryhmä suoriutui paremmin. Santos ym. (2019) tutkimuksessa mitattiin myös viiden kerran tuoliltanousutesti, jossa myös koeryhmä pärjasi kontrolliryhmää paremmin.

## **6.6 Pelillistetyn harjoittelun vaikutukset eri voimaominaisuuksiin ikääntyneillä**

Kuvion 4 ala-analyysissä on esitetty pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta ikääntyneiden toiminnalliseen lihasvoimaan verrattuna kontrolliryhmiin, jotka suorittivat joko muunlaista fyysistä tai pelillistettyä harjoittelua tai eivät saaneet hoitoa lainkaan. Ala-analyysit on suoritettu standardoitua keskiarvojen erotusta (SMD) käyttäen, sillä kyseisissäkin analyysissä luvut eivät ole yhteismitallisia. Toiminnallista lihasvoimaa oli mitattu alkuperäistutkimuksissa 30 sekunnin tai viiden kerran tuoliltanousutestillä. Analyysissä on mukana 12 tutkimusta, joissa on yhteensä 705 tutkittavaa. Analyysin mukaan pelillistetyn harjoittelun interventio- ja kontrolliryhmien välillä on eroa ja pelillistetty harjoittelu näyttää lisäävän ikääntyneiden toiminnallista lihasvoimaa verrattuna kontrolliryhmiin (SMD -0.62, 95 % LV -1.05 – -0.19,  $p = 0.005$ ;  $I^2 = 84$  %). Vaikutuksen suuruus on kohtalainen. Tämänkin analyysin tutkimusten välillä on huomattavaa heterogeenisyyttä ( $I^2 = 84$  %).



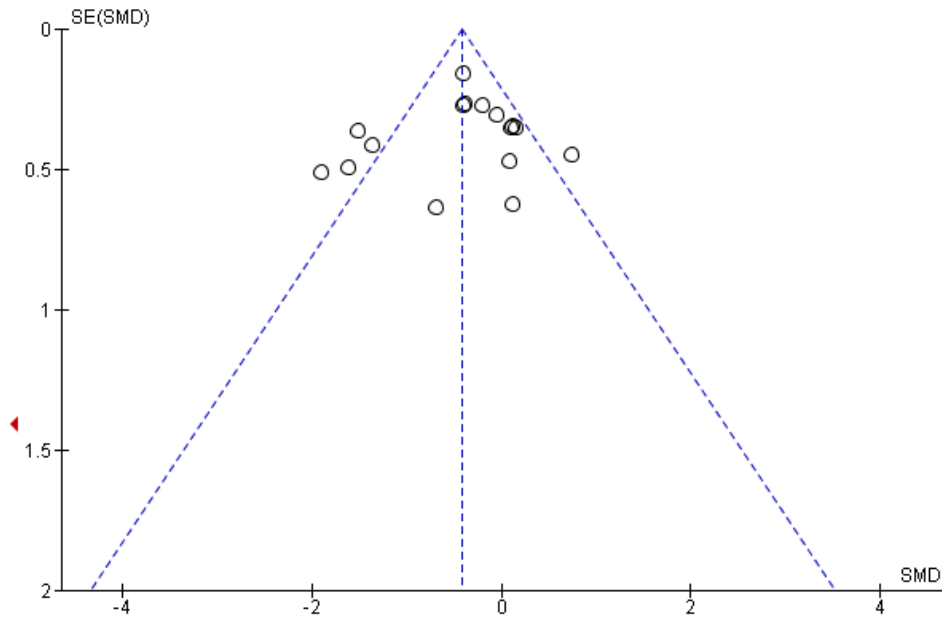


**Risk of bias legend**  
 (A) Random sequence generation (selection bias)  
 (B) Allocation concealment (selection bias)  
 (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)  
 (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)  
 (E) Incomplete outcome data (attrition bias)  
 (F) Selective reporting (reporting bias)  
 (G) Other bias

KUVIO 4. Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuus toiminnalliseen lihasvoimaan ikääntyneillä.

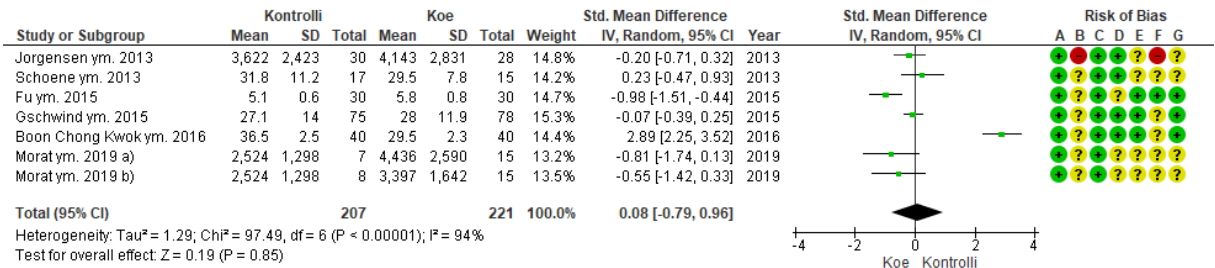
*Sensitiivisyystestaus.* Sensitiivisyyden testauksessa poistettiin korkean harhan riskin tutkimukset, jonka jälkeen ryhmien välillä oli saman suuntaista ja suurempaa eroa koeryhmien hyväksi (SMD -0.92, 95 % LV -1.63 – 0.21, p = 0.01; I<sup>2</sup> = 90 %). Kuvion 5 suppilokuviossa on selvästi yksi poikkeava tilastollista heterogeenisyyttä aiheuttava tutkimus (Eggenberger ym. 2015), minkä poistaminen pienensi heterogeenisyyttä (I<sup>2</sup> = 67 %, Chi<sup>2</sup> = p = 0.0001) sekä ryhmien välistä eroa (SMD -0.42, 95 % LV -0.72 – 0.11, p = 0.007).

*Julkaisuharha.* Suppilokuvion ulkopuolelle jäi useampi tutkimus, mistä voidaan tulkita vaikutusten olevan heterogeenisia ja myös julkaisuharhan riski saattaa olla olemassa. Tutkimukset asettuvat symmetrisesti suppilokuvion keskiakselin molemmin puolin, mutta ne painottuvat kuvion yläkärkeen sen sijaan, että olisivat jakautuneet kuvioon tasaisesti. Suppilokuvion vasemmassa alakulmassa oleva tyhjä tila voi kieliä julkaisematta jääneistä pienten tutkimusten ei-merkittävistä tuloksista ja suurten tutkimusten tulosten suuremmasta julkaisumäärästä, tulosten suunnasta huolimatta.



KUVIO 5. Suppilokuvio pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ikääntyneiden toiminnalliseen lihasvoimaan.

Kuviossa 6 on puolestaan esitetty pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta ikääntyneiden isometriseen lihasvoimaan, verrattuna kontrolliryhmiin, jotka suorittivat muunlaista fyysistä harjoittelua tai eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Analyysissä on mukana yhteensä 6 tutkimusta ja 428 tutkittavaa. Analyysistä selviää, että ryhmien välillä ei ollut eroa, joten pelillistetty harjoittelu on yhtä vaikuttavaa ikääntyneiden alaraajojen isometrisen lihasvoiman lisäämisessä verrattuna kontrolliryhmiin (SMD 0.08, 95 % LV -0.79 – 0.96,  $p = 0.85$ ;  $I^2 = 94\%$ ). Jälleen kerran, tutkimusten välinen heterogeenisyys on merkittävän suurta ( $I^2 = 94\%$ ).



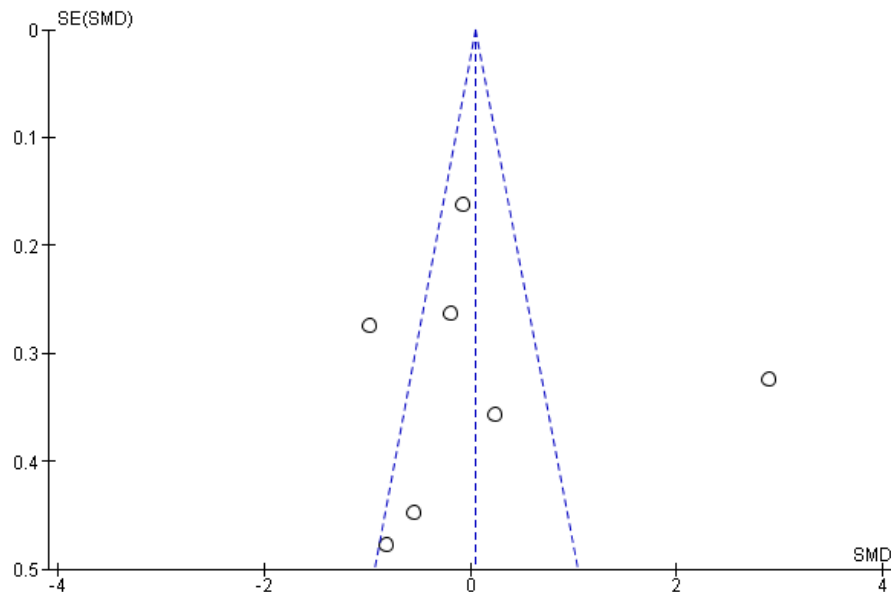
**Risk of bias legend**

- (A) Random sequence generation (selection bias)
- (B) Allocation concealment (selection bias)
- (C) Blinding of participants and personnel (performance bias)
- (D) Blinding of outcome assessment (detection bias)
- (E) Incomplete outcome data (attrition bias)
- (F) Selective reporting (reporting bias)
- (G) Other bias

**KUVIO 6.** Pelillistetyin harjoittelun vaikutukset ikääntyneiden alaraajojen isometriseen lihasvoimaan.

*Sensitiivisyyden testaus.* Sensitiivisyyden testaus isometrisen lihasvoiman analyysissä, osoitti tulosten olevan samansuuntaiset korkean harhan riskin tutkimusten poistamisen jälkeen (SMD 0.13, 95 % LV -0.94 – 1.20, P = 0.81, I<sup>2</sup> = 95 %). Suppilokuvioista (kuvio 7) voidaan huomata kaksi tilastollista heterogeenisyyttä aiheuttavaa, poikkeavaa tutkimusta (Boon Chong Kwok ym. 2016; Fu ym. 2015). Boon Chong Kwok ym. (2016) tutkimuksessa pelillistettyä harjoittelua verrattiin kuntosaliharjoitteluun, jossa todettiin kuntosaliharjoittelun olevan pelillistettyä harjoittelua vaikuttavampaa ikääntyneiden isometrisen lihasvoiman lisäämisessä. Näiden tutkimusten poistaminen vähensi heterogeenisyyttä jälleen huomattavasti (I<sup>2</sup> = 3 %, Chi<sup>2</sup> = p=0.41) sekä muutti ryhmien välisten eron suuntaa, vaikka ryhmien välillä ei edelleenkään ollut eroa (SMD -0.15, 95 % LV -0.39 -0.10, p=0.24).

*Julkaisuharha.* Suppilokuvioista voidaan nähdä, ettei pienten tutkimusten ei-merkittävien tulosten julkaisematta jättämisestä ole merkkejä, sillä kuvion vasemmassa alakulmassa ei ole tyhjää tilaa. Vähäisen tutkimusten määrän vuoksi ei heterogeenisyydestä voida tehdä yksiselitteisiä päätelmiä sekä luotettavaa johtopäätöstä julkaisuharhan olemassaolosta on vaikea tehdä.



KUVIO 7. Suppilokuvio pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden isometriseen lihasvoimaan.

## 6.7 Näytön varmuuden arviointi GRADE mukaan

Meta-analyysissä pelillistetyn harjoittelun vaikutukset ikääntyneiden lihasvoimaan olivat eri suuntaiset verratessa sitä muuhun fyysiseen harjoitteluun kuin verratessa kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Tämän vuoksi niille suoritettiin näytön varmuuden arviointi erikseen.

*Harhan riski.* Verrattaessa pelillistettyä harjoittelua muuhun fyysiseen harjoitteluun, harhan riski oli suurimmassa osassa tutkimuksia kohtalainen tai matala, mutta yhdessä korkea, minkä vuoksi näytön varmuuden arvioissa kokonaisharhan riski on sen osalta vakava, jolloin harhan riski saattaa madaltaa näytön astetta (Gyatt ym. 2013). Verrattaessa pelillistettyä harjoittelua puolestaan kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua, oli analyysissä mukana neljä korkean harhan riskin tutkimusta, viisi epäselvän harhan riskin tutkimusta ja vain kaksi matalan riskin tutkimusta. Täten kokonaisharhan riskiksi GRADE -näytön varmuuden arvioinnissa annettiin arvioksi erittäin vakava, jolloin harhan riski madaltaa näytön varmuutta yhden tason verran.

*Epäjohdonmukaisuus.* Kun pelillistettyä harjoittelua verrattiin muuhun fyysiseen harjoitteluun, oli lihasvoiman lopputulosmuuttujassa vaikutusten suunta yhtä tutkimusta lukuun ottamatta sama. Näissä vaikutuksiltaan saman suuntaisissa tutkimuksissa, oli luottamusväleissä päällekkäisyyttä, mutta kokonaisuudessaan tulosten heterogeenisyys oli merkittävää ( $I^2 = 92\%$ ). Tilastollinen heterogeenisyys johtui kuitenkin yhden tutkimuksen eri suuntaisista vaikutuksista, joten epä johdonmukaisuus arvioitiin erittäin vakavan sijaan vakavaksi. Puolestaan pelillistettyä harjoittelua verrattaessa kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua, oli tulosten vaikutusten suunta lähes sama ja luottamusvälit päällekkäiset. Kuitenkin tilastollinen heterogeenisyys oli analyysissä suurta ( $I^2 = 68\%$ ), joten epä johdonmukaisuus arvioitiin vakavaksi.

*Välillisuus.* Katsaukseen mukaan otetut tutkimukset rajattiin tarkkaan PICO -lausekkeen avulla, joten mukaan on valittu toisiaan vastaavat potilaat, interventiot sekä tulosmuuttujat. Vaihtelevuutta esiintyy näistä eniten interventioissa, sillä kuten edellä on todettu, ovat ne melko heterogeenisiä keskenään. Interventioiden heterogeenisyys ei kuitenkaan aiheuta välillisyyttä, sillä ne vastaavat systemaattisen katsauksen PICO -lausetta sekä mukaan otettujen tutkimusten interventiot olivat tutkimuskysymysten kannalta relevantteja. Myöskään lopputulosmuuttujien tai populaation osalta ei välillisuus lisääny näytön varmuutta arvioidessa. Interventioiden vertailuparit eivät aiheuta välillisyyttä, sillä ne on jaettu analyysissä alaryhmiin, joista toisessa on verrattu pelillistettyä harjoittelua muuhun fyysiseen harjoitteluun ja toisessa kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Näistä syistä näytön varmuudessa ei ole puutteita eikä sen astetta ole tämän vuoksi tarvetta laskea.

*Epätarkkuus.* Vertaillessa pelillistettyä harjoittelua muuhun fyysiseen harjoitteluun, on analyysissä pienet otoskoot, joka aiheuttaa epätarkkuuden arvioinnissa tulosten epävarmuutta. Pelillistetyn harjoittelun ja kontrolliryhmien, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua välisessä vertailussa otoskoot jäävät taas alle 400 tutkittavan. Tämän vuoksi näytön varmuutta joudutaan laskemaan molempien vertailuparien kohdalla yhden tason verran.

*Julkaisuharha.* Systemaattisen katsauksen tulosten luotettavuus laskee, mikäli julkaisuharhan esiintymistä on syytä epäillä, vaikka yksittäisten mukaan otettujen tutkimusten harhan riski olisi matala (Guyatt ym. 2013). Tämän katsauksen julkaisuharhaa tarkasteltiin kaikki 17 tutkimusta sisältäneen pääanalyysin suppilokuvion (kuvio 3) avulla, jonka perusteella voidaan päätellä, ettei julkaisuharhan riski ole suuri. Näytön varmuuden aste ei täten laske julkaisuharhan takia.

Edellä edisteltujen näytön varmuuden arvioinnin osa-alueisiin perustaen annettava suosituksille perustelut sekä näytön laadusta että vahvuudesta. Alla (taulukko 6) on esitetty GRADE näytön varmuuden arviointi eri osa-alueittain sekä yhteenveto tuloksista (taulukko 7).

#### TAULUKKO 6. Näytön varmuuden arviointi GRADE mukaisesti.

**Kysymys:** Parantaako pelillistetty harjoittelu ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaa verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun tai verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua?

Varmuuden arviointi						Otoskoko	Vaikutus	Näytön varmuus		
Tutkimusten määrä	Tutkimustyyppi	Harhan riski	Epäjohdonmukaisuus	Välillisuus	Epätarkkuus	Julkaisuharha	Pelillistetty	Muu fyysinen harj.	Absoluuttinen (95% LV)	Hyvin alhainen, alhainen, kohtalainen, heikko
<p><b>Alaraajojen lihasvoima verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun.</b> Mittareina 5x tuoliltanousutesti (sek.), 30 sek. tuoliltanousutesti (toistomäärä), isometrinen polven ojennus: polven ojennuslaite (kg), isokineettinen polven ojennus (Nm/kg): Biodex Multi-Joint 3 tai 4, isometrinen polven ojennus (%): jousimittari, isometrinen polven ojennus (N/s): Leg Force leg press tai Edition-line, Gym80.</p>										
8	RCT	Vakava	Vakava	Ei vakava	Ei vakava	154	223	SMD 0.21	(95 % LV -0.60 – 1.02)	⊕○○○ <b>Hyvin alhainen</b>
<p><b>Alaraajojen lihasvoima verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua.</b> Mittareina 5x tuoliltanousutesti (sek.), 30 sek. tuoliltanousutesti (toistomäärä), isometrinen polven ojennus: polven ojennuslaite (kg), isokineettinen polven ojennus (Nm/kg): Biodex Multi-Joint 3 tai 4, isometrinen polven ojennus (%): jousimittari, isometrinen polven ojennus (N/s): Leg Force leg press tai Edition-line, Gym80.</p>										
	RCT	Erittäin vakava	Vakava	Ei vakava	Vakava	Ei vakava	278	239	SMD -0.64	(95 % LV -1.00 – -0.29) ⊕○○○ <b>Hyvin alhainen</b>

LV: luottamusväli (confidence interval); SMD: standardoitu keskiarvojen erotus (standardized mean difference)

TAULUKKO 7. Yhteenveto pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun ja kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua.

**Onko pelillistetyllä harjoittelulla vaikutuksia ikääntyneiden lihasvoimaan verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun tai kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua?**

**Populaatio:** Perusterveet, ikääntyneet yli 59 -vuotiaat

**Paikka:** Koti, kuntoutusosasto, sairaala, palvelutalo

**Interventio:** Pelillistetty harjoittelu

**Kontrolli:** Muunlainen fyysinen harjoittelu, pelillistetty harjoittelu tai ei hoitoa

Lopputulosmuuttuja	Arvioitu vaikutus	Otoskoko	Näytön varmuus (tutkimukset)	Kommentit
Alaraajojen lihasvoima verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun	Muu harjoittelu lisäsi ikääntyneiden lihasvoimaa 0.21 (95 % LV -0.60 – 1.02) keskihajontaa enemmän kuin pelillistetty harjoittelu	337 (8)	Hyvin alhainen	0.2 keskihajontaa on pieni ero, 0.5 on kohtalainen, 0.8 on suuri ero.
Lihaskoivu verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua	Pelillistetty harjoittelu lisäsi ikääntyneiden lihasvoimaa 0.64 (95 % LV -1.00 – -0.29) keskihajontaa enemmän kuin ryhmällä, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua	513 (10)	Hyvin alhainen	0.2 keskihajontaa on pieni ero, 0.5 on kohtalainen, 0.8 on suuri ero.

LV: luottamusväli (confidence interval); SMD: standardoitu keskiarvojen erotus (standardized mean difference)

## 6.8 Pelillistetyn harjoittelun haitat

Pelillistetty harjoittelu näyttää olevan helppokäyttöistä, nautinnollista ja turvallista perusterveillä ikääntyneillä (Schoene ym. 2013; Gschwind ym. 2015). Pelillistetty harjoittelu on edellä mainittujen lisäksi motivoivaa (Htut ym. 2018; Jorgensen ym. 2013). Pelillistetty harjoittelu saattaa jopa lisätä kotioloissa liikkumista (Schoene ym. 2013). Pelillistetyn harjoittelun huonot puolet liittyvät sen käytettävyyteen, sillä ikääntyneillä saattaa olla haasteita teknologian käytön kanssa, mikä voi puolestaan johtaa harjoittelun estymiseen (Schoene ym. 2013; Gschwind ym. 2015).

Pelillistetty harjoittelu saattaa olla huonompi kuntoisille ikääntyneille vaikeaa ja aiheuttaa pelkoa, vaikka sen raportoitiin vähentävän kaatumispelkoa (Boon Chong Kwok ym. 2016). Pelien vaikeustaso saattaa aiheuttaa ongelmia kaikista ikääntyneimmille (Fu ym. 2015). Pelillistetyllä harjoittelulla ei ole raportoitu olevan haittoja ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan liittyen. Pelillistetyn harjoittelun voidaan olettaa olevan turvallinen menetelmä ja harjoitusmuoto pyritäessä lisäämään ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaa.



## 7 POHDINTA

Tämän systemaattisena kirjallisuuskatsauksena ja meta-analyysinä toteutetun pro gradu tutkimuksen oli tarkoitus selvittää pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaan. Tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että pelillistetyllä harjoittelulla on positiivisia vaikutuksia ikääntyneiden lihasvoimaan. Tuloksia on silti tarkasteltava kriittisesti, sillä peliharjoittelu näyttää olevan vaikuttavaa vain silloin, kun sitä verrataan kontrolliryhmiin, jotka eivät saaneet hoitoa tai suorittaneet muunlaista fyysistä harjoittelua. Muunlaiseen fyysiseen harjoitteluun verrattuna, voidaan pelillistetyn harjoittelun todeta olevan yhtä vaikuttavaa pyrittäessä parantamaan ikääntyneiden alaraajojen lihasvoimaa. Tämä kertoo itsessään pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ja sen perusteella pelillistetty harjoittelu voisi toimia vaihtoehtoisena menetelmänä ikääntyneiden alaraajojen lihasvoiman lisäämisessä.

Jaettaessa eri lihasvoimaominaisuudet omiin analyysiinsä, oli pelillistetyllä harjoittelulla ikääntyneiden toiminnallista lihasvoimaa parantavia vaikutuksia. Kyseisessä analyysissä pelillistettyä harjoittelua verrattiin samalla sekä kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua, että kontrolliryhmiin, jotka suorittivat muunlaista harjoittelua. Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta ikääntyneiden toiminnalliseen lihasvoimaan on tarkasteltava kuitenkin kriittisesti, sillä pelillistettyä harjoittelua on tässäkin verrattu pääosin kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet muuta fyysistä harjoittelua. Isometrisen lihasvoiman kohdalla, pelillistetty harjoittelu oli yhtä vaikuttavaa sen lisäämisessä kuin muu fyysinen harjoittelu ja harjoittelemattomuus. On huomioitava, että meta-analyysin tulosten kliinistä merkittävyyttä laskee GRADE-arvioinnissa esiin tullut hyvin alhainen näytön varmuuden taso.

Aiempi tutkimusnäyttö pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun on melko ristiriitaista ja epä johdonmukaista (Choi ym. 2017). Toisaalta on todettu, että pelillistetty harjoittelu on samanvertaista ellei tehokkaampaa pyrittäessä parantamaan ikääntyneiden eri fyysisiä ominaisuuksia (Skjaeret ym. 2016), mutta toisaalta tulokset ovat osoittaneet myös ettei pelillistetyn harjoittelun voida sanoa olevan muita menetelmiä tehokkaampi keino ikääntyneiden fyysisten ominaisuuksien kehittämisessä (Howes ym. 2017).

Pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista ei ole ikääntyneiden fyysiseen kuntoon liittyviin parametreihin riittävän vahvaa näyttöä, eikä ole olemassa yhtenevää kantaa siitä minkälaisella annostuksella harjoittelua tulisi suorittaa, jotta voitaisiin saavuttaa hyötyjä. Tämän vuoksi peliharjoittelua ei voida suositella yksittäisenä keinona iäkkäiden fyysisen toimintakyvyn parantamiseen (Molina ym. 2014).

Ikääntyneiden lihasvoimaan liittyen on aiempi tutkimusnäyttö osoittanut pelillistetyllä harjoittelulla olevan taipumusta lisätä lihasvoimaa yhdistettynä vastusharjoitteluun (Zheng ym. 2019) sekä, että se voi parantaa lihaskestävyyttä ikääntyneillä (Kappen ym. 2018). Tutkimusnäyttö pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden lihaskunnan ja -voiman osalta on silti melko vähäistä, vaikka ikääntyneelle väestölle suositellaankin lihasvoiman ylläpitämistä ja parantamista. Täten tarve tutkimukselle, jossa verrataan pelillistettyä harjoittelua erilaisiin kontrolliryhmiin, oli olemassa.

Pelillistetyn harjoittelun on todettu lisäävän ikääntyneiden lihasvoimaa, kun se on yhdistetty vastusharjoitteluun (Zheng ym. 2019). Osaan tämänkin tutkimuksen pelillistetyn harjoittelun interventioista, oli yhdistetty lihaskuntoharjoittelua (Eggenberger ym. 2015), vastuskuminauhoilla harjoittelua (Boon Chong Kwok ym. 2015; Lauze ym. 2017) sekä pelien pelaamista painoliivin kanssa (Daniel ym. 2012; Ray ym. 2012). Tutkimustulokset eivät tämän vuoksi kerro yksinään pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta, vaan edellä mainittujen yhteisvaikutuksesta. Yhdessä katsaukseen mukaan valitussa tutkimuksessa oli verrattu pelillistettyä harjoittelua kuntosaliharjoitteluun (Boon Chong Kwok ym. 2015). Kyseisen tutkimuksen tulokset osoittivat kuntosaliharjoittelun olevan vaikuttavampaa ikääntyneiden isometrisen lihasvoiman parantamisessa. Boon Chong Kwok ym. (2015) tutkimus oli selkeä ”outlier” tutkimus ja aiheutti heterogeenisyyttä tilastollisissa analyyseissä.

Pelillistetyn harjoittelun interventiot ovat keston, intensiteetin, frekvenssin ja protokollan osalta sekä aiemmissa vaikuttavuustutkimuksissa, että tässä tutkimuksessa olleet erittäin heterogeenisiä. Aiemman tutkimustiedon valossa ei olla päästy konsensukseen siitä minkälaisella annostuksella, eli intensiteetillä, frekvenssillä sekä harjoituskertojen ja harjoittelujaksojen kokonais-

kestolla saavutettaisiin vaikuttavia tuloksia (Neri ym. 2017; Molina ym. 2014). Yksittäisiä tutkimuksia tarkastellessa voidaan huomata, että niissä tutkimuksissa, joissa saatiin vaikuttavimpia tuloksia koeryhmien hyväksi, oli harjoiteltu keskimäärin 8,8 viikkoa, 2,6 kertaa viikossa ja 47 minuuttia kerrallaan. Tämän perusteella ei kuitenkaan voida tehdä varmoja johtopäätöksiä, sillä tutkimusten interventioiden että tulosten heterogeenisyyden vuoksi on mahdotonta yleistää ja on vaikeaa sanoa, minkälaisella intensiteetillä ja annostuksella pelillistettyä harjoittelua voitaisiin suositella kliiniseen käyttöön. Tutkimusten yksittäistarkastelussa ei noussut myöskään yksittäistä pelikonsolia tai simulaatiota esiin, jonka avulla toteutetulla harjoittelulla olisi ollut enemmän hyötyjä kuin toisilla. Tutkimuksissa, joissa pelillistetty harjoittelu oli todettu vaikuttavaksi, oli käytetty sekä Nintendo Wii:tä, Xbox 360 -konsolia että Microsoft Kinectiä. Tämän perusteella ei voida siis päätellä, että jokin pelikonsoli tai peli olisi toista tehokkaampi väline ikääntyneiden lihasvoiman parantamiseen.

Suurimmat ongelmat tutkimustiedon laadun ja harhan riskin lisäksi ovat nousseet tutkimusten interventioiden heterogeenisyydestä. Koeryhmiä on jouduttu tämän tutkimuksen meta-analyysissä vertaamaan keskenään heterogeenisiin kontrolliryhmiin, mikä voi myös osaltaan aiheuttaa tulosten ristiriitaisuutta. Näiden johdosta myös tulosten kliinistä merkittävyyttä on vaikea todentaa. Mikäli pelillistettyä harjoittelua tutkittaisiin standardoidulla protokollalla, saattaisi sen vaikuttavuudesta ja vaikutusten voimakkuudesta olla mahdollista tehdä luotettavammin johtopäätöksiä.

Meta-analyysin tulokset ovat linjassa aiemman tutkimusnäytön kanssa, sillä ne osoittavat pelillistetyllä harjoittelulla olevan positiivisia vaikutuksia ja vaikka se ei näytä olevan vaikuttavampaa kuin tavanomainen aerobinen, lihaskunto- tai tasapainoharjoittelu, voidaan sen todeta olevan hyvä vaihtoehtoinen harjoitusmuoto, sillä se on lähes yhtä vaikuttavaa. On kuitenkin aiheellista pohtia myös sitä, voidaanko pelillistettyä harjoittelua suositella perinteisen tai tavanomaisen harjoittelun sijaan, mikäli sen vaikutukset ovat samat. Pelillistetty harjoittelu vaatii kuitenkin tekniset välineet ja niiden käyttöön perehtymisen, joten se ei välttämättä ole yhtä helposti tai edullisesti toteutettavissa kuin muunlainen harjoittelu, mutta toisaalta sen on todettu olevan motivoivampaa (Kappen ym. 2018). Pelillistetty harjoittelu on motivoivan luonteensa lisäksi ikääntyneiden mielestä mielekästä, hauskaa ja viihdyttävää (Zheng ym. 2019; Kappen ym. 2018; Howes ym. 2017) sekä kotiympäristöön soveltuvaa ja kustannustehokasta (Vásquez

ym. 2018). Toisaalta ikääntyneiden mielestä ryhmässä liikkuminen voi sen sosiaalisen luonteen ja yhteisöllisyyden puolesta olla osallistavampaa kuin yksin kotiloissa suoritettu peliharjoittelu (Cacciata ym. 2019). Pelillistetty harjoittelu voi olla toimiva vaihtoehto harjoittelulle erityisesti tilanteessa, jossa ikääntynyt ei ole motivoitunut muuten liikkumaan.

Pelillistetyllä harjoittelulla saattaa olla potentiaalia vastata tulevaisuuden muuttuvan väestörakenteen ja demografisen siirtymän myötä ilmeneviin haasteisiin ja se voi toimia digitalisaation kautta innovatiivisena, uutena toimintatapana kuntoutuksen kentällä. Erityisesti kaupungistumisen myötä muodostuneet pitkät välimatkat ja palvelujen heikentynyt saatavuus vaativat uudenlaisia tapoja kannustaa ihmisiä liikkeelle, jolloin pelillistetyn harjoittelun käyttömahdollisuudet ja hyödyt on syytä ottaa huomioon. Myös sitoutumisnäkökulmasta, pelillistetty harjoittelu näyttäytyy uutena, mielekkäänä menetelmänä ja voi täten herättää mielenkiintoa ja potentiaalisesti lisätä sitä kautta liikkumista. Pelillistetyn harjoittelun on huomattu olevan osallistavaa, innostavaa, omatoimista ja viihdyttävää tekemistä sekä sillä on lupaavia vaikutuksia ikääntyneiden terveyteen ja hyvinvointiin. Pelillistetyn harjoittelun ei ole raportoitu olevan harmillista tai aiheuttavan ikääntyneille haittaa, minkä vuoksi sen suosittelulle on myös aihetta. Pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuutta olisi mielenkiintoista tutkia laadullisesti kuntoutujan kokemusten sekä ammattilaisten näkemysten kautta. Näyttöön perustuva toiminta tarvitsee kuitenkin näiden lisäksi taakseen voimakasta ja laadukasta kvantitatiivista tutkimusta pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta.

## **7.1 Tutkimuksen eettisyys ja luotettavuus**

Tässä tutkimuksessa on noudatettu läpi prosessin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK 2012) suosittelemaa hyvää tieteellistä käytäntöä, jonka mukaan tutkijan on noudatettava rehellisyyttä, avoimuutta sekä vastuullisuutta. TENK (2012) edellyttää tutkijalta huolellisuutta läpinäkyvyyttä sekä tarkkuutta kaikissa tutkimusvaiheissa aina aineistonkeruusta raportointiin saakka. Tässä tutkimuksessa on pyritty avoimuuteen raportoimalla tutkimuksen kaikki vaiheet kattavasti ja tulokset objektiivisesti. Aineistonkeruussa ja -analysoinnissa on käytetty osittain kahta arvioitsijaa ja kaikki siihen liittyvät työvaiheet on suoritettu tarkasti sekä alkuperäistutki-

musten tutkijoita kunnioittaen. Katsaukseen valikoituneisiin tutkimuksiin on viitattu asianmukaisesti ja tutkimusaineistoa kohdeltu arvostavasti. Hyvää tieteellistä käytäntöä ei ole rikottu millään tapaa.

Tutkimuksen luotettavuutta voidaan mitata arvioimalla tutkimuksen ja tutkimustulosten toistettavuutta, eli reliabiliteettia ja pätevyyttä, eli validiteettia. Käytännössä toistettavuus kuvaa sitä, miten luotettavasti tutkimustulokset pysyvät samoina, mikäli ne toistetaan ja pätevyys sitä, että tutkimus tutkii ja mittari mittaa sitä mitä sen on tarkoituskin. Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin reliabiliteettia on syytä tarkastella yhdenmukaisuuden, tarkkuuden, objektiivisuuden ja subjektiivisuuden sekä jatkuvuuden näkökulmista (Hiltunen 2009). Hiltunen (2009) mukaan, validiteettia voidaan puolestaan arvioida tarkastelemalla käytettyjä menetelmiä ja tutkimuskysymyksiä ja sitä, miten ne vastaavat tutkittavaa ilmiötä. Validiteetin puuttuminen tarkoittaa, että tutkimus on arvoton, jolloin ollaan tutkittu jotain muuta kuin mitä on kuviteltu tutkittavan (Hiltunen 2009).

Tämän tutkimuksen reliabiliteettia lisäävät tutkimusvaiheiden ja -prosessin kattava ja läpinäkyvä raportointi, joka on tehty ”PRISMA Checklist” (Moher ym. 2009) ohjeita noudattaen. Toistettavuutta lisää myös kahden arvioitsijan toimesta suoritettu tutkimusten laadun arviointi, mutta sitä saattaa heikentää vain yhden henkilön suorittama tutkimustietojen poiminta ja tutkimusten läpikäynti. Reliabiliteettia saattaa heikentää myös tutkijan omat subjektiiviset tulkinnat, vaikka objektiivisuuteen on pyritty. Tutkimustulokset kyetään kuitenkin toistamaan riippumattomasti, sillä meta-analyysi on tutkimusmenetelmänä erittäin luotettava ja toistettava sekä mahdollisuus sattumaan on vähäinen tai olematon. Tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset vastaavat hyvin tutkittuun ilmiöön sekä menetelmät ovat tutkitun ilmiön osalta olennaiset ja pätevät. Tutkittaessa tietyn ilmiön vaikutuksia, päästään meta-analyysin keinoin valdeimpaan ja laadukkaimpaan lopputulokseen, sillä sen avulla kyetään yhdistämään eri tutkimusten tuloksia tilastolliseksi synteesiksi ja tarkastelemaan tulosten voimakkuutta ja ilmiön vaikuttavuutta. Tutkimuksen validiteettia lisää systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tarkat tutkimusvaiheet alkuperäistutkimusten järjestelmällisestä valikoimisesta tutkimustietojen poimintaan. On kuitenkin muistettava, että meta-analyysin tulosten validiteetti voi kärsiä julkaisuharhan vuoksi (Uusaro & Martikainen (2012).

## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän systemaattisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tutkimustulosten perusteella pelillistetty harjoittelu näyttää lisäävän alaraajojen lihasvoimaa verrattuna kontrolliryhmiin, jotka eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Vaikutuksen voimakkuus on kohtalainen. Verrattaessa muuhun fyysiseen harjoitteluun, pelillistetty harjoittelu saattaa olla yhtä vaikuttavaa. Pelillistetty harjoittelu näyttää myös parantavan ikääntyneiden toiminnallista lihasvoimaa verrattuna ryhmiin, jotka suorittivat muunlaista fyysistä harjoittelua tai eivät suorittaneet fyysistä harjoittelua. Ryhmien välisen eron voimakkuus on kohtalainen. Pelillistetty harjoittelu on yhtä vaikuttavaa ikääntyneiden alaraajojen isometrisen lihasvoiman lisäämisessä verrattuna kontrolliryhmiin. Pelillistettyä harjoittelua voidaan pitää vaikuttavana harjoitusmuotona ja se voi toimia hyvänä vaihtoehtoisena menetelmänä ikääntyneiden alaraajojen lihasvoiman lisäämisessä.

Meta-analyysin näyttö on kuitenkin hyvin epävarmaa ja siihen tulee suhtautua varauksella, sillä GRADE-arvioinnissa näytön varmuus osoittautui hyvin alhaiseksi. Tutkimustiedon alhaisen näytön varmuuden vuoksi ei erinäisiä suosituksia pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta alaraajojen lihasvoimaan ikääntyneillä voida tämän tutkimuksen perusteella laatia. Tämä perustuu siihen, ettei voida olla varmoja minkälaisia hyötyjä pelillistetyllä harjoittelulla saadaan aikaan.

Pelillistetyllä harjoittelulla ei raportoitu olevan haittoja. Ainoat esiin tulleet haasteet liittyivät teknologian käytön vaikeuteen sekä pelien haastavuuteen. Pelillistetty harjoittelu vaikuttaa tämän perusteella olevan turvallinen ja motivoiva harjoittelumuoto ikääntyneille. Aiemman tutkimustiedon sekä tämän meta-analyysin valossa on todettava, että lisää metodologiselta laadultaan parempaa tutkimusta pelillistetyn harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden lihasvoimaan vaaditaan, jotta näyttö sen vaikutuksista voisi olla vahvempaa ja varmempaa. Tarvitaan korkeatasoisia RCT-tutkimuksia, joissa pelillisen harjoittelun sisältö on suunniteltu lihasvoiman lisäämisen suuntaan, jotta suosituksia pelillistetyn harjoittelun vaikutuksista voidaan tehdä.

## LÄHTEET

- Arnold, P. & Bautmans, I. 2014. The influence of strength training on muscle activation in elderly persons: A systematic review and meta-analysis. *Experimental Gerontology*, 58, 58-68.
- Barry, G., Galna, B. & Rochester, L. 2014. The role of exergaming in Parkinson's disease rehabilitation: a systematic review of the evidence. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 11 (33).
- Bonnechère, B., Jansen, B., Omelina, L. & Van Sint Jana, S. 2016. The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review. *International Journal of Rehabilitation Research* 39 (4), 277-290.
- Boon Chong, K. & Yong Hao, P. Effects of WiiActive exercises on fear of falling and functional outcomes in community-dwelling older adults: a randomised control trial. *Age and Ageing*, 45 (5), 621-627.
- Borde, R., Hortobágyi, T. & Granacher, U. 2015. Dose-Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 45 (12), 1693-1720.
- Byrne, C., Faure, C., Keene, D. & Lamb, S. 2016. Ageing, Muscle Power and Physical Function: A Systematic Review and Implications for Pragmatic Training Interventions. *Sports Medicine* 46 (9), 1311-1332.
- Cacciata, M., Stromberg, A., Lee, J., Sorkin, D., Lombardo, D., Clancy, S., Nyamathi, A. & Evangelista, L. 2019. Effects of exergaming on health-related quality of life in older adults: A systematic review. *International Journal of Nursing Studies* 93, 30-40.
- Chao, Y-Y., Scherer Y. & Montgomery, C. 2014. Effects of Using Nintendo Wii Exergames in Older Adults: A Review of the Literature. *Journal of Aging and Health* 27 (3), 379-402.
- Choi, S., Guo, L., Kang, D. & Xiong, S. 2017. Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review. *Applied Ergonomics* 65, 579-581.
- Cohen, J. 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. 2. painos. New York: Routledge.

- Collado-Mateo, D., Merellano-Navarro, E., Olivares, P., R., Garcia-Rubio, J. & Gusi, N. 2018. Effect of exergames on musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 28 (3), 760–771.
- Corregidor-Sanchez, A., Segura-Fragoso, A., Rodríguez-Hernández, M., Criado-Alvarez, J., González-Gonzalez, J. & Polonio-López B. 2020. Can Exergames Contribute to Improving Walking Capacity in Older Adults? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Maturitas* 132, 40-48.
- Csuka, M., McCarthy, D. 1985. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *The American Journal of Medicine* 78 (1), 77-81.
- Daniel, K. 2012. Wii-hab for pre-frail older adults. *Rehabilitation Nursing Adults*, 37 (4), 195-201.
- Deeks, J., Higgins, J. & Althman, D. 2020. Chapter 10: Analysing data and undertaking meta-analyses. Teoksessa Higgins, J. Thomas, J. Chandler, J. Cumpston, M. Li, T. Page, M. & Welch, V. (toim.). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 6.1. Cochrane, 2020. Viitattu 26.5.2020.
- Djaouti, D., Alvarez, J. & Jessel, J-P. 2011. Defining Serious Games: the G/P/S model. IRIT – University of Toulouse.
- De Boissieu, P., Denormandie, P., Armaingaud, D., Sanchez, S. & Jeandel, C. 2017. Exergames and elderly: A non-systematic review of the literature. *European Geriatric Medicine* 8 (2), 111-116.
- Donath, L., Rössler, R. & Faude, O. 2016. Effects of Virtual Reality Training (Exergaming) Compared to Alternative Exercise Training and Passive Control on Standing Balance and Functional Mobility in Healthy Community-Dwelling Seniors: A Meta-Analytical Review. *Sports Medicine* 46 (9), 1293-1309.
- Eggenberger, P., Theill, N., Holenstein, S., Schumacher, V. & de Bruin, ED. 2015. Multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training to enhance dual-task walking of older adults: A secondary analysis of a 6-month randomized controlled trial. *Clinical Interventions in Aging*, 10, 1711-1732.
- Fu, A., Gao, K., Tung, A., Tsang, W. & Kwan, M. 2015. The effectiveness of exergaming training for reducing fall risk and incidence among the frail older adults with a history of falls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96 (12), 2096-2102.



- Gschwind, Y., Eichberg, S., Ejupi, A., de Rosario, H., Kroll, M., Marston, H., Drobnic, M., Annegarn, J., Wieching, R., Lord, S., Aal, K., Vaziri, D., Woodbury, A, Fink, D. & Delbaere, K. 2015. ICT-based system to predict and prevent falls (iStoppFalls): results from an international multicenter randomized controlled trial. *European Review of Aging and Physical Activity: official journal of the European Group for Research into Elderly and Physical Activity*, 12 (10).
- Grgic, J., Schoenfeld, B., Davies, T., Pedisic, Z., Krieger, J. & Lazinica, B. 2018. Effect of Resistance Training Frequency on Gains in Muscular Strength: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 48 (12), 1207-1220.
- Guralnik, J., Simonsick, E., Ferrucci, L., Glynn, R., Berkman, L., Blazer, D., Scherr, P. & Wallace, R. 1994. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology* 49 (2), 85-94.
- Guyatt, G., Schünemann, H., Brozek, J. & Oxman, A. 2013. *GRADE Handbook. Handbook for grading the quality of evidence and the strength of recommendations using the GRADE approach.* <https://gdt.grade.pro.org/app/handbook/handbook.html#h.svwngs6pm0f2> Viitattu 25.9.2020.
- Hardy, R., Cooper, R., Shah, I., Harridge, S., Guralnik, J. & Kuh, D. 2012. Is chair rise performance a useful measure of leg power? *Aging Clinical and Experimental Research* 22 (5-6), 412-418.
- Higgins, J., Savović, J., Page, M., Elbers, R. & Sterne, J. 2020. Chapter 8: Assessing risk of bias in a randomized trial. Teoksessa Higgins, J. Thomas, J. Chandler, J. Cumpston, M. Li, T. Page, M. & Welch, V. (toim.). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions.* Version 6.1. Cochrane, 2020. Viitattu 25.5.2020. [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Hiltunen, L. 2009. Validiteetti ja reliabiliteetti. Luentomateriaali. Jyväskylän Yliopisto. Viitattu 2.10.2020. [http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius\\_ ja\\_reliabiliteetti.pdf](http://www.mit.jyu.fi/OPE/kurssit/Graduryhma/PDFt/validius_ ja_reliabiliteetti.pdf).
- Howes, S., Charles, D., Marley, J., Pedlow, K. & McDonough, S. 2017. Gaming for Health: Systematic Review and Meta-analysis of the Physical and Cognitive Effects of Active Computer Gaming in Older Adults. *Physical Therapy* 97 (12), 1122-1137.

- Htut, T., Vimonwan, H., Chutima, J. & Mantana, V. 2018. Effects of physical, virtual reality-based, and brain exercise on physical, cognition, and preference in older persons: a randomized controlled. *European Review of Aging and Physical Activity*, 15.
- Janhunen, M., Karner, V., Niiranen, O., Katajapuu, N., Karvanen, J., Heinonen, A., & Aartolahti, E. (2020). Effectiveness of exergame intervention on physical functioning in older adults: a systematic review and meta-analysis. PROSPERO. [https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display\\_record.php?ID=CRD42020148701](https://www.crd.york.ac.uk/prospero/display_record.php?ID=CRD42020148701).
- Jorgensen, M., Laessoe, U., Hendriksen, C., Nielsen, O. & Aagaard, P. 2013. Efficacy of Nintendo Wii training on mechanical leg muscle function and postural balance in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *The Journals of Gerontology*, 68 (7), 845-852.
- Jousimaa, J., Komulainen, J., Kunnamo, I., Malmivaara, A., Sipilä, R. & Vuorela, P. 2016. Tutkimustiedon kriittinen arviointi. Teoksessa Honkanen M., Jousimaa J., Komulainen, J., Kunnamo, I. & Sipilä, R. (toim.) 2016. Hoitosuositusryhmien käsikirja. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 11.5.2020. <https://www.terveysportti.fi/dtk/khk/koti>
- Jousimaa, J., Liira, H., Liira, J. & Komulainen, J. 2010. Hoitosuositusten näytönasteen ja vahvuuden arviointi GRADE -työryhmän tapaan. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 9.9.2020. <https://www.duodecimlehti.fi/duo99022>
- Jyväskylän yliopisto. 2017. Uutta liiketoimintaa kuntoutuspelien avulla. Viitattu 16.1.2020. <https://www.jyu.fi/ajankohtaista/arkisto/2017/05/tiedote-2017-05-04-10-40-06-872412>
- Kappen, D., Mirza-Babaei, P. & Nacke, L. 2019. Older Adults' Physical Activity and Exergames: A Systematic Review. *International Journal of Human-Computer Interaction* 35 (2), 140-167.
- Katsoulis, K., Stathokostas, L. & Amara, C. 2019. The Effects of High- Versus Low-Intensity Power Training on Muscle Power Outcomes in Healthy, Older Adults: A Systematic Review. *Journal of Aging and Physical Activity*, 27 (3), 422-439.
- Kinne, L., Finch, T., Macken, A & Smoyer, C. 2015. Using the Wii to Improve Balance in Older Adults: A Systematic Review. *Physical & Occupational Therapy in Geriatrics* 33 (4), 363-375.

- Komulainen, P. & Vuori, I. 2015. Ikääntymiseen liittyvät fysiologiset muutokset ja liikuntaharjoittelu. Viitattu 16.1.2020.  
<https://www.kaypahoito.fi/nix01182>
- Larsen, L., Schou, L., Hautop Lund, H. & Langberg, H. 2013. The Physical Effect of Exergames in Healthy Elderly – A Systematic Review. *Games for Health Journal* 2 (4), 205-212.
- Laufer, Y., Dar, G. & Kodesh, E. 2014. Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clinical Interventions in Aging* 9, 1803-1813.
- Lauze, M., Martel, D. & Aubertin-Leheudre, M. 2017. Feasibility and Effects of a Physical Activity Program Using Gerontechnology in Assisted Living Communities for Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association* 19 (12), 1069-1075.
- Lee, M., Son, J., Kim, J. & Yoon, B. 2015. Individualized feedback-based virtual reality exercise improves older women's self-perceived health: a randomized controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 61 (2), 154-160.
- Lee, Y., Choi, W., Lee, K., Song, C. & Lee, S. 2017. Virtual Reality Training With Three-Dimensional Video Games Improves Postural Balance and Lower Extremity Strength in Community-Dwelling Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity* 25 (4), 621-627.
- Lee, S., Kim, W., Park, T. & Peng, W. 2017. The Psychological Effects of Playing Exergames: A Systematic Review. *Cyberpsychology, behavior and social networking* 20 (9), 513-532.
- Lefebvre, C., Glanville, J., Briscoe, S., Littlewood, A., Marshall, C., Metzendorf, M-I., Noel-Storr, A., Rader, T., Shokraneh, F., Thomas, J. & Wieland, L.S. 2019. Chapter 4: Searching for and selecting studies. Teoksessa J.P.T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M.J. Page & V.A. Welch (toim.) *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 6.0. Cochrane, 2019. Viitattu 25.5.2020.  
[www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook).
- Li, T., Higgins, J. & Deeks, J. 2019. Chapter 5: Collecting data. Teoksessa Higgins, J. Thomas, J. Chandler, J. Cumpston, M. Li, T. Page, M. & Welch, V. (toim.). *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 6.0. Cochrane, 2019. Viitattu 26.5.2020. <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-05#section-5-2>

- Lim, J., Cho, J-J., Kim, J., Kim, Y. & Yoon, B. 2017. Design of virtual reality training program for prevention of falling in the elderly: A pilot study on complex versus balance exercises. *European Journal of Integrative Medicine*, 15, 64-67.
- Lopez, P., Pinto, R., Radaelli, R., Rech, A., Grazioli, R., Izquierdo, M. & Cadore, E. 2017. Benefits of resistance training in physically frail elderly: a systematic review. *Aging Clinical and Experimental Research*, 30, 889-899.
- Mayer, F., Scharhag-Rosenberger, F., Carlsohn, A., Cassel, M., Müller, S. & Scharhag, J. 2011. The Intensity and Effects of Strength Training in the Elderly. *Deutsches Ärzteblatt International* 108 (21), 359-364.
- McKenzie, J., Brennan, S., Ryan, R., Thomson, H., Johnston, R. & Thomas, J. 2019. Chapter 3: Defining the criteria for including studies and how they will be grouped for the synthesis. Teoksessa Higgins J. & Green S. (toim.) *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. 2019. Version 6.0. Cochrane. Viitattu 25.5.2020. <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000097>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J. & Altman, D.G. 2009. The PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med* 6 (7).
- Molina, K., Ricci, N., De Moraes, S. & Perracini, M. 2014. Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 11 (1), 1-20.
- Monteiro-Junior, R., Sobral, F., Luiz, F., Maciel-Pinheiro, P. & Abud, E. 2017. Virtual Reality-Based Physical Exercise With Exergames (PhysEx) Improves Mental and Physical Health of Institutionalized Older Adults. *Journal of the American Medical Directors Association* 18 (5).
- Morat, M., Bakker, J., Hammes, V., Morat, T., Giannouli, E., Zijlstra, W. & Donath, L. 2019. Effects of stepping exergames under stable versus unstable conditions on balance and strength in healthy community-dwelling older adults: A three-armed randomized controlled trial. *Experimental Gerontology* 127.
- Neri, S., Cardoso, J., Cruz, L. & Lima, R. 2017. Do virtual reality games improve mobility skills and balance measurements in community-dwelling older adults? *Clinical Rehabilitation* 31 (10), 1292-1304.
- Oh, Y. & Yang, S. 2010. Defining Exergames & Exergaming. Conference Paper.

Meaningful Play 2010.

- Peng, W., Crouse, J. & Lin, J-H. 2012. Using Active Video Games for Physical Activity Promotion: A systematic Review of the Current State of Research. *Health, Education & Behavior* 40 (2), 171-192.
- Pirovano, M., Surer, E., Mainetti, R., Lanzi, P. & Borghese, A. 2016. Exergaming and rehabilitation: A methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames. *Entertainment Computing* 14, 55-65.
- Ray, C., Melton, F., Ramirez, R. & Keller, D. 2012. The Effects of a 15-Week Exercise Intervention on Fitness and Postural Control in Older Adults. *Activities, Adaptation & Aging* 36 (3), 227-241.
- Riebe, D., Ehrman, J., Liguori, G. & Magal, M. 2018. American College of Sports Medicine. ASCM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 10. painos. Philadelphia: Wolters Kluwer Health, 224-225.
- Rodrigues, E., Valderramas, S., Rossetin, L. & Gomes, A. 2014. Effects of Video Game Training on the Musculoskeletal Function of Older Adults: a systematic review and meta-analysis. *Topics in Geriatric Rehabilitation* 30 (4), 238-245.
- Santos, G., Wolf, S., Rodacki, A. & Pereira, G. 2019. Does exercise intensity increment in exergame promote changes in strength, functional capacity and perceptual parameters in pre-frail older women? A randomized controlled trial. *Experimental Gerontology* 116, 25-30.
- Sato, K., Kuroki, K., Saiki, S. & Nagatomi, R. 2015. Improving Walking, Muscle Strength, and Balance in the Elderly with an Exergame Using Kinect: A Randomized Controlled Trial. *Games for Health Journal* 4 (3), 161-167.
- Schoene, D., Lord, S., Delbaere, K., Severino, C., Davies, T. & Smith, S. 2013. A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using videogame technology. *PLoS ONE* 8 (3).
- Shea, B., Reeves, B., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., Moher, D., Tugwell, P., Welch, V., Kristjansson, E., Henry, DA. 2017. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 358, 1-9.
- Siparsky, P., Kirkendall, D. & Garrett, W. 2014. Muscle Changes in Aging. Understanding Sarcopenia. *Sports Health* 6 (1), 36-40.

- Sjögren T., Rintala A., Hakala S., Immonen J. & Heinonen A. 2017. Vaikuttavuustutkimus – järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset. Teoksessa Rintala A., Hakala S. ja Sjögren T. 2017. Etäteknologian vaikuttavuus liikunnallisessa kuntoutuksessa: Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 145, 28-37.
- Skjæret, N., Nawaz, A., Morat, T., Schoene, D., Helbostad, J. & Vereijken, B. 2016. Exercise and Rehabilitation Delivered Through Exergames in Older Adults: An Integrative Review of Technologies, Safety and Efficacy. *International Journal of Medical Informatics* 85 (1), 1-16.
- Stenholm, S., Punakallio, A. & Valkeinen, H. 2013. Käden puristusvoima. TOIMIA -tietokanta. Viitattu 28.5.2020. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi/koti>
- STM. 2016. Digitalisaatio terveyden ja hyvinvoinnin tukena. Sosiaali- ja terveysministeriön digitalisaatiolinjaukset 2025. Viitattu 16.1.2020. <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75526/JUL2016-5-hallinnonalan-ditalisaation-linjaukset-2025.pdf>
- Suni, J., Vasankari, T. 2011. Tuki- ja liikuntaelimistön kunto. Teoksessa Fogelholm M., Vuori I., Vasankari T. 2011. Terveysliikunta. 2. uudistettu painos. Helsinki: Duodecim.
- Tahmosybayat, R., Baker, K., Godfrey, A., Caplan, N. & Barry, G. 2018. Movements of Older Adults During Exergaming Interventions That Are Associated With the Systems Framework for Postural Control: A Systematic Review. *Maturitas* 111, 90-99.
- Tahmosybayat, R., Baker, K., Godfrey, A., Caplan, N. & Barry, G. 2017. A systematic review and meta-analysis of outcome measures to assess postural control in older adults who undertake exergaming. *Maturitas* 98, 35-45.
- Taylor, L., Kerse, N., Frakking, T. & Maddison, R. 2018. Active Video Games for Improving Physical Performance Measures in Older People: A Meta-analysis. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 41 (2), 108-123.
- TENK (Tutkimuseettinen neuvottelukunta). 2016. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Viitattu 16.1.2020 & 2.10.2020. [https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf)
- TurkuAMK. 2017. Business Ecosystems in Effective Exergaming (BEE). Viitattu 16.1.2020. <http://www.tuas.fi/en/research-and-development/projects/business-ecosystems-effective-exergaming-bee/>

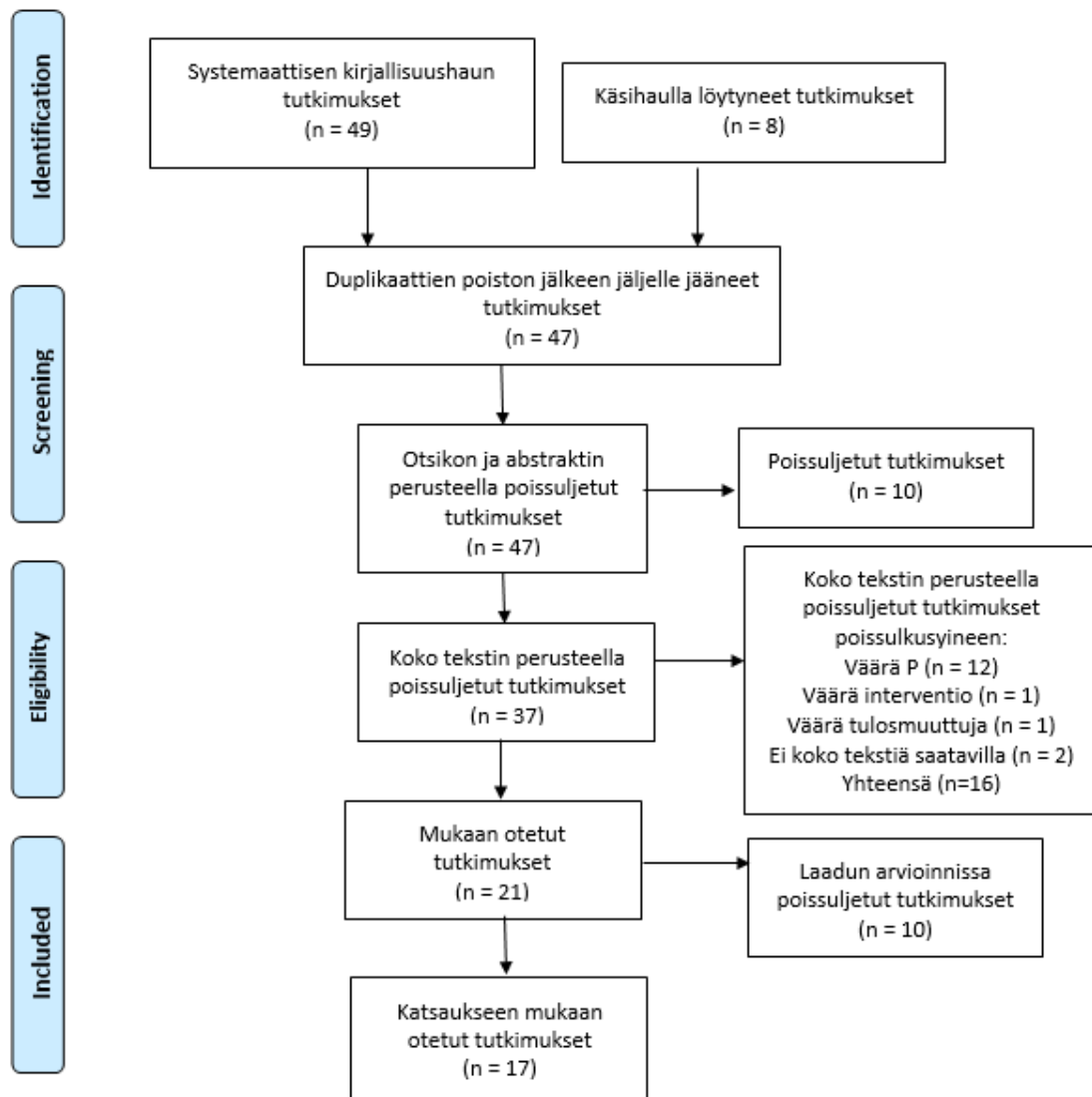
- Uusaro, A. & Martikainen, T. 2012. Meta-analyysien arvo ja mahdolliset heikkoudet tutkimustiedo arvioinnissa. Tieteellisen tutkimuksen tikapuut. Finnanest, 350-354. Viitattu 25.5.2020.  
[http://www.finnanest.fi/files/uusaro\\_meta.pdf](http://www.finnanest.fi/files/uusaro_meta.pdf)
- Valkeinen, H, Stenholm, S., Sainio, P., Pajala, S., Vaara, M. & Paltamaa, J. 2020. Tuoliltanousutesti, 5 tai 10 kertaa. TOIMIA -tietokanta. Viitattu 28.5.2020. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi/koti>
- Vázquez, F., Otero, P., García-Casal, J., Torres, A. & Arrojo, M. 2018. Efficacy of video game-based interventions for active aging. A systematic literature review and meta-analysis. PLoS One 13 (12).
- Verheijden Klompstra, L., Jaarsma, T. & Strömberg, A. 2014. Exergaming and rehabilitation: a scoping review and implementation potential for patients with heart failure. European Journal of Cardiovascular Nursing 13 (5), 388-398.
- WHO. 2018. Ageing and health. Viitattu 4.6.2020.  
<https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
- WHO. 2013. WHO Reference Group on Global Health Statistics. Report of the 1<sup>st</sup> meeting. Viitattu 14.2.2020.  
[https://www.who.int/healthinfo/statistics/ReferenceGroupGlobalHealthStatistics\\_MeetingReport1.pdf?ua=1](https://www.who.int/healthinfo/statistics/ReferenceGroupGlobalHealthStatistics_MeetingReport1.pdf?ua=1)
- Zheng, L., Li, G., Wang, X., Yin, H., Jia, Y., Leng, M., Li, H. & Chen, L. 2019. Effect of exergames on physical outcomes in frail elderly: a systematic review. Aging Clinical and Experimental Research (2019).
- Xiong, S. & Guo, L. 2017. Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: a literature review. Innovation in Aging 1 (1), 374.

# LIITTEET

## Liite 1. Systemaattisten katsausten vuokaavio.



### PRISMA 2009 Flow Diagram



From: Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. PLoS Med 6(7): e1000097. doi:10.1371/journal.pmed1000097

For more information, visit [www.prisma-statement.org](http://www.prisma-statement.org).



Liite 2. Systemaattisten katsausten AMSTAR -laadun arviointi.

TUTKIMUKSET	KYSYMYKSET 1-16.																OVERALL
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	
Zheng ym. 2019	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(X)	(X)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	HIGH
Vázquez ym. 2018	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	MODERATE
Chao ym. 2014	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(N)	(Y)	(N)	(N)	(X)	(X)	(N)	(N)	(Y)	(Y)	CRITICALLY LOW
Kappen ym. 2019	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	PARTIAL (Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(X)	(X)	(N)	(Y)	(X)	(N)	LOW
Larsen ym. 2013	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(N)	(X)	(X)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	HIGH
Laufer ym. 2014	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(X)	(X)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	HIGH
Taylor ym. 2018	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(N)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(N)	(N)	LOW
Molina ym. 2014	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(X)	(X)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	HIGH
Rodriguez ym. 2014	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(N)	(N)	LOW
Buck ym. 2012	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(N)	(X)	(X)	(N)	(Y)	(X)	(N)	CRITICALLY LOW
Tahmosybayat ym. 2017	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	HIGH
Skjæret ym. 2016	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(X)	(X)	(N)	(Y)	(X)	(Y)	MODERATE
Tahmosybayat ym. 2018	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(X)	(X)	(N)	(Y)	(X)	(Y)	MODERATE
Choi ym. 2017	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	PARTIAL (Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(X)	(X)	(N)	(Y)	(X)	(Y)	LOW
Corregidor-Sánchez ym. 2020	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	HIGH
Howes ym. 2017	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(N)	(Y)	MODERATE
Donath ym. 2016	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	HIGH
Neri ym. 2017	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(Y)	(N)	(Y)	(Y)	(N)	(Y)	MODERATE
Kinne ym. 2015	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(X)	(X)	(Y)	(N)	(X)	(N)	LOW
Cacciata ym. 2019	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	(Y)	PARTIAL (Y)	(Y)	(N)	(X)	(X)	(Y)	(Y)	(X)	(Y)	HIGH
Marston ym. 2013	(Y)	(N)	(N)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(N)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(X)	(X)	(N)	(N)	(X)	(N)	CRITICALLY LOW
Pietrzak ym. 2014	(Y)	(N)	(Y)	PARTIAL (Y)	(N)	(N)	(N)	(Y)	(N)	(N)	(X)	(X)	(N)	(N)	(X)	(N)	CRITICALLY LOW
YES	(Y)																
PARTIAL YES	PARTIAL (Y)																
NO	(N)																
NO META-ANALYSIS CONDUCTED	(X)																
CRITICALLY LOW	4 KPL																
LOW	5 KPL																
MODERATE	5 KPL																
HIGH	8 KPL																
EXCLUDED CRITICALLY LOW																	
Pietrzak ym. 2014																	
Marston ym. 2013																	
Buck ym. 2012																	
Chao ym. 2014																	
1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?																	
2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?																	
3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?																	
4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?																	
5. Did the review authors perform study selection in duplicate?																	
6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?																	
7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?																	
8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?																	
9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?																	
10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?																	
11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?																	
12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?																	
13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?																	
14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?																	
15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?																	
16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?																	

Liite 3. Kaikki systemaattisen katsauksen mukaan valitut tutkimukset.

Vuosi	Tutkijat	Tutkimus	PICOS & Tulokset
2019	Zheng ym.	Effect of exergames on physical outcomes in frail elderly: a systematic review.	P = >65-vuotiaat I = Pelillistetty liikunnallinen harjoittelu ja VR C = Ei hoitoa tai tavanomainen hoito O = Terveysteen liittyvä elämänlaatu S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Pelillistetyin harjoittelun vaikuttavuudesta tutkittavien elämänlaatuun ei voida tehdä suosituksia tai yleistyksiä.
2014	Laufer ym.	Does a Wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review.	P = 60-80-vuotiaat I = Pelillistetty harjoittelu Nintendo Wiillä C = Ei hoitoa tai tavanomainen hoito O = Toiminnallinen tasapaino, lihasvoimaa S= systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Wii harjoittelu saattaa parantaa ikääntyneiden tasapaino-ominaisuuksia
2019	Kappen ym.	Older Adults' Physical Activity and Exergames: A Systematic Review	P = ikääntyneet I = pelillistetty harjoittelu C = O = Fyysinen aktiivisuus S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Pelillistetyllä harjoittelulla oli positiivisia vaikutuksia ikääntyneiden terveyteen ja siihen liittyviin tavoitteisiin.
2013	Larsen ym.	The Physical Effect of Exergames in Healthy Elderly – A Systematic Review.	P = >60-vuotiaat, I = Pelillistetty, tavoitteellinen fyysinen harjoittelu C = Muunlainen harjoittelu tai ei hoitoa O = fyysinen terveys S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Wii Fit ei ollut tehokkaampaa kuin tavanomainen harjoittelu.

2014	Molina ym.	Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review.	P = >60-vuotiaat I = Pelillistetty harjoittelu eri simulaatioilla C = Ei hoitoa, plasebo, muu harjoittelu tai tavanomainen fysioterapia O = Fyysinen toimintakyky S = Systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Peliharjoittelun vaikutukset ikääntyneiden fyysiseen toimintakykyyn epäselviä ja epäjohdonmukaisia
2018	Taylor ym.	Active Video Games for Improving Physical Performance Measures in Older People: A Meta-analysis.	P = terveet yli 65-vuotiaat palvelutaloasukkaat I = aktiiviset videopelit C = tavanomainen harjoittelu tai ei harjoittelua O = fyysinen toimintakyky S = meta-analyysi. Peliharjoittelu paransi tasapainoa (BBS) sekä 30 sek. tuoliltanousutestituloksia verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun ja harjoittelemattomuuteen
2017	Tahmosybayat ym.	A systematic review and meta-analysis of outcome measures to assess postural control in older adults who undertake exergaming.	P = 60-85-vuotiaat perusterveet I = Pelillistetty tasapainoharjoittelu yhdistettynä muuhun harjoittelun C = tavanomainen tasapainoharjoittelu tai ei hoitoa O = Fyysinen toimintakyky Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Muu tasapainoharjoittelu todettiin tehokkaammaksi kuin pelillistetty.
2016	Skjaeret ym.	Exercise and rehabilitation delivered through exergames in older adults: An integrative review of technologies, safety and efficacy.	P = yli 65-vuotiaat I = pelillistetty harjoittelu C = muunlainen fyysinen harjoittelu O = fyysiset ominaisuudet S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Pelillistetty harjoittelu yhtä tehokasta tai tehokkaampaa kuin tavanomainen harjoittelu. Turvallinen tapa kehittää fyysisiä ominaisuuksia ikääntyneillä.

2018	Tahmosybayat ym.	Movements of older adults during exergaming interventions that are associated with the Systems Framework for Postural Control: A systematic review.	P = terveet yli 60-vuotiaat palvelutaloasukkaat I = pelillistetty harjoittelu C = tavanomainen tasapainoharjoittelu tai ei harjoittelua O = tasapaino, liikkumiskyky, pystyasennon ylläpitäminen S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Pelillistetyn harjoittelun keinoin ei kyetä riittävän kattavasti ja monipuolisesti harjoittelemaan edellä mainittuja muuttujia.
2017	Choi ym.	Exergame technology and interactive interventions for elderly fall prevention: A systematic literature review.	P = yli 60-vuotiaat I = pelillistetty harjoittelu C = ei interventiota tai tavanomainen fysioterapia O = kaatumispelko S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Lupaava menetelmä tasapainoharjoitteluun ja sitä kautta kaatumisten ehkäisyyn. Ei voida päätellä onko tehokkaampaa kuin tavanomainen harjoittelu.
2020	Corregidor-Sánchez ym.	Can exergames contribute to improving walking capacity in older adults? A systematic review and meta-analysis.	P = >60-vuotiaat perusterveet I = Pelillistetty harjoittelu: Wii, Kinect, Eye Toy C = Mikä tahansa muu interventio tai ei interventiota O = Kävelykyky, toiminta- ja liikkumiskyky S = Systemaattinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Pelillistetty harjoittelu parantaa kävelykykyä sekä TUG-tuloksia verrattuna kontrolliryhmiin
2017	Howes ym.	Gaming for Health: Systematic Review and Meta-analysis of the Physical and Cognitive Effects of Active Computer Gaming	P = yli 65-vuotiaat I = Aktiiviset tietokonepelit C = aktiiviset ja inaktiiviset kontrollit O = fyysinen ja kognitiivinen terveys S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus Ei riittävää evidenssiä siitä että aktiiviset tietokonepelit parantaisivat ikääntyneiden fyysisiä tai kognitiivisia ominaisuuksia.

2016	Donath ym.	Effects of Virtual Reality Training (Exergaming) Compared to Alternative Exercise Training and Passive Control on Standing Balance and Functional Mobility in Healthy Community-Dwelling Seniors: A Meta-Analytical Review.	P = keski-ikä 76 v. I = Pelillistetty harjoittelu VR C = Ei hoitoa tai muunlainen harjoittelu O = Tasapaino, liikkumiskyky S = meta-analyysi. Pelillistetty harjoittelu parantaa tasapainoa ja liikkumiskykyä verrattuna inaktiivisiin kontroleihin, mutta ei ollut yhtä vaikuttavaa kuin muu harjoittelu.
2017	Neri ym.	Do virtual reality games improve mobility skills and balance measurements in community-dwelling older adults? Systematic review and meta-analysis.	P = terveet ikääntyneet I = virtuaalitodellisuuden perustuvat pelit C = tavanomainen harjoittelu, ei interventiota O = kaatumiseen ja kaatumispelkoon liittyvät muuttujat: tasapaino, alaraajojen lihasvoimaa ym. S = meta-analyysi. VR harjoittelu paransi kontrolliryhmiin verrattuna alaraajojen lihasvoimaa. Myös tasapainoon ja liikkuvuuteen oli positiivisia vaikutuksia.
2015	Kinne ym.	Using the Wii to Improve Balance in Older Adults: A Systematic Review.	P = yli 60 -vuotiaat I = Nintendo Wii tasapainoharjoittelua C = ei interventiota tai tavanomainen tasapainoharjoittelu O = tasapaino S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus Wii harjoittelu ei ollut tehokkaampaa, mutta osallistujien mielestä mielekkäämpää.
2019	Cacciata ym.	Effect of exergaming on health-related quality of life in older adults: A systematic review.	P = keski-ikä 73.6 v. I = Pelillistetty harjoittelu C = O = Terveysteen liittyvä elämänlaatu S = systemaattinen kirjallisuuskatsaus. Tulosten perusteella ei voida tehdä suosituksia pienten otoskokojen ja heterogeenisyyden vuoksi, vaikka pelillistetty harjoittelu onkin uusi, suosittu innovaatio.

BBS = Berg Balance Scale, Bergin tasapainotesti; TUG = Timed Up and Go-testi

Liite 4. Alkuperäistutkimusten kuvaus.

Tutkimus	n (koe/kontrolli)	Ikä koe/kontrolli (ka±SD)	Intervention kuvaus (kesto (vk), frekvenssi (krt/vk), harjoituksen kesto (min))	Kontrolliryhmät	Lopputulosmuuttajat ja niiden mittarit
Schoene ym. 2013, Australia	32 (15/17)	77.5±4.5/78.4±4.5	Stepmania: kokonaan suoritettu askelluslustralalla tapahtuva harjoittelu (8 vk, väh. 2-3 krt/vko, 15-20 min.)	Ei hoitoa	Isokineettinen lihasvoima: polven ojennus (kg), 5x tuoliltanousutesti
Lim ym. 2017, Etelä-Korea	20 (10/10)	77.30±5.62/80.8±5.14	Wii Fit Plus: lihaskunto-, liikkuvuus-, kestävyys- ja tasapainoharjoittelu (5 vk, 2 krt/vk, 60 min.)	Wii Fit Plus: tasapainoharjoittelu	Isokineettinen lihasvoima: Biodex Multi-Joint System 4 (Nm/kg)
Santos ym. 2019, Brasilia	20 (9/11)	69.1±5.0/69.7±5.6	Xbox 360 tehokas harjoittelu: 5min lämmittely, 20min lihaskuntoharjoituksia, 10min dynaamista liikkuvuutta, 5min jäähdyttely (12 vk, 3 krt/vk, 40 min.)	Xbox 360 kohtalainen harjoittelu	Isokineettinen lihasvoima: Biodex System 3 dynamometri, 5x tuoliltanousutesti

Htut ym. 2018, Thaimaa	84 (21/21/21/21)	75.8±4.89/7 6.0±5.22	Xbox 360: 6 vapaalintaista peliä, joissa yhdistyi ala- ja ylävarjalan harjoituksia sekä tasapainoharjoittelua (8 vk, 3 krt/vko, 30 min.)	3 kpl: Ei hoitoa, kognitiivinen treeni (muistipelit ym.), fyysinen treeni (lämmittely, 20min voima- ja tasapainoharjoituksia, venytykset)	5 x tuoliltaanousutesti
Boon Chong Kwok ym. 2015, Singapore	80 (40/40)	70.5±6.7/69.8±7.5	Nintendo Wii: sisälsi aerobista harjoittelua, voimaharjoituksia vastuskuminauhalla, tasapainoharjoituksia Wii tasapainolaudalla (12 vk, 1 krt/vko, 60 min.)	Kuntosaliharjoittelu	Isometrinen lihasvoima: polven ojennus jousimittarilla (%)
Jorgensen ym. 2013, Tanska	58 (28/30)	75.9±5.7/73.7±6.1	Nintendo Wii: 2/3 kestopista tasapainoharjoittelua, 1/3 kestopista lihaskuntoharjoituksia (10 vk, 2 krt/vk, 35 ± 5 min.)	Plaseboharjoittelu: EVA anturit kennissä	Isometrinen lihasvoima: Leg Force Press (n/s), 5x tuoliltaanousutesti
Lauze ym. 2017, Kanada	32 (21/11)	80.1±7.5/83.2±6.7	Jintronix+Kinect liikesensori: lämmittely, 7 aerobista harjoitusta, 8 vastusharjoitusta ja tasapainoharjoittelua (12 vk, 2 krt/vk, 45 min.)	Ei hoitoa	5x tuoliltaanousutesti

Gschwind ym. 2015, Saksa	136 (78/75)	74.7±6.7/74.7±6.0	WEBB & Otago -pelit: 3x40 min. tasapainoharjoituksia, 3x20min. lihaskuntoharjoituksia per viikko (16 vk, 6krt/vk, yht. 120 min.)	Ei hoitoa	Isometrinen lihasvoima: polven ojennus (kg), 5x tuoliltanousutesti
Sato ym. 2015, Japani	54 (28/26)	70.07±5.35/68.50±5.47	Microsoft Kinect: 4 erilaista peliä sisältäen koordinaatio-, tasapaino-, lihaskuntoharjoituksia (7 vk, 65.34 ± 8.63 pv (24 krt), 2-3 krt/vk, 40-60 min.)	Ei hoitoa	30 sek. Tuoliltanousutesti
Lee ym. 2015, Etelä-Korea	47 (22/25)	68.77±4.62/67.71±4.31	Xbox 360 + Kinect: Zen Energy -peli, jossa tai chi-, tasapaino- ja alaraajojen voimaharjoituksia (8 vk, 3 krt/vk, 60 min.)	Ryhmäliikunta: tasapaino-, koordinaatio- ja lihaskuntoharjoituksia	30 sek. Tuoliltanousutesti
Eggenberger ym. 2015, Sveitsi	71 (24/22/25)	77.3±6.3/80.8±4.7	Stepmania, Dance -videopeli: tanssiharjoittelua, jossa samanaikaisesti kognitiivisia ja fyysisiä haasteita, yhdistettynä lihaskuntoharjoitukseen (20min.) (26vk, 2 krt/vk, 60 min.)	2 ryhmää: Muistitreeni+juoksumatto & pelkkä juoksumatto, molempiin yhdistetty lihaskuntoharjoittelu 20min.	5x tuoliltanousutesti



Fu ym. 2015, Kiina	60 (30/30)	82.3±4.3/82.4±3.8	Nintendo Wii Fit: tasapainoharjoittelu (3 erilaista peliä ja tasapainolautaa) (6 vk, 3 krt/vk, 60 min.)	Tavanomainen tasapainoharjoittelu, sisältäen alaraajojen lihasvoimaharjoitteita	Isometrinen lihasvoima: polven ojennus (kg)
Ray ym. 2012, USA	87 (29/40/18)	k.a kaikki 75	Nintendo Wii Fit Plus: keilailu- ja nyrkkeilypelit, tasapainoharjoittelu tasapainolaudalla ja painoliivillä (15 vk, 3 krt/vk, 45min.)	2 ryhmää: Ei hoitoa & ryhmäliikunta: progressiivinen lihaskuntoharjoittelu &	30 sek. Tuolittanousutesti
Daniel ym. 2012, USA	21 (8/8/7)	80.0±3.37/72.6±4.6	Nintendo Wii: keilaus-, tennis- ja nyrkkeilypelit painoliivi päällä (15 vk, 3 krt/vk, 45 min.)	2 ryhmää: Tuolijumppa & ei hoitoa	5x tuolittanousutesti
Lee ym. 2017, Etelä-Korea	40 (21/19)	76.15±4.55/75.71±4.91	Nintendo Wii Fit + tasapainolauta: 6 pelin kiertoharjoittelu, 6-8min. per peli, osioina aerobista-, lihaskuntoa ja liikkuvuutta kehittävät harjoitukset (6 vk, 2 krt/vk, 60 min.)	Ei hoitoa	5x tuolittanousutesti
Monteiro-Junior ym. 2017, Brasilia	18 (9/9)	85±8.0/86±5.0	Nintendo Wii EA Sports Active: kyykkyjä, asennonhallintaa sisältäviä pelejä,	Fyysinen harjoittelu, samat liikkeet kuin VR treeniryhmällä, ilman VR	30 sek. Tuolittanousutesti

			tanssia ja nyrkkeilyä (8 vk, 2 krt/vko, 30-45 min.)		
Morat ym. 2019, Saksa	45 (15/15/15)	69.4±5.6/71.1±5.2	2 ryhmää: volitional step training Dividat Senso 1) unstable > epävakaisissa olosuhteissa (lisänä kognitiivisia ärsykeitä) harjoittelu sensorialustan päällä 2) stable > vakaisissa olosuhteissa (ei häiriötekijöitä) (8 vk, 3 krt/vk, 40 min.)	Ei hoitoa	Isometrinen lihasvoima: Edition-Line Gym80 (n/s)

Liite 4. Poissuljetut tutkimukset PICO-poissulkusyineen.

**Väärä potilas:**

Morrison ym. 2018, Supervised Balance Training and Wii Fit–Based Exercises Lower Falls Risk in Older Adults With Type 2 Diabetes.

Smaerup ym. 2016, The Use of Computer-Assisted Home Exercises to Preserve Physical Function after a Vestibular Rehabilitation Program: A Randomized Controlled Study.

Segura-Orti ym. 2019, Virtual reality exercise intradialysis to improve physical function: A feasibility randomized trial.

Lin ym. 2007, Comparison of proprioceptive functions between computerized proprioception facilitation exercise and closed kinetic chain exercise in patients with knee osteoarthritis.

Sajid ym. 2016, Novel physical activity interventions for older patients with prostate cancer on hormone therapy: A pilot randomized study.

Smaerup ym. 2015, Computer-Assisted Training as a Complement in Rehabilitation of Patients With Chronic Vestibular Dizziness—A Randomized Controlled Trial.

Lee ym. 2013 Effectiveness of virtual reality using video gaming technology in elderly adults with diabetes mellitus.

Monteiro-Junior ym. 2015, Wii-Workouts on Chronic Pain, Physical Capabilities and Mood of Older Women: A Randomized Controlled Double Blind Trial., "Monteiro-Junior, Renato Sobral

Lauze ym. 2018, Feasibility, Acceptability and Effects of a Home-Based Exercise Program Using a Gerontechnology on Physical Capacities After a Minor Injury in Community-Living Older Adults: A Pilot Study.

Martel ym. 2018, Comparing the effects of a home-based exercise program using a gerontechnology to a community-based group exercise program on functional capacities in older adults after a minor injury.

Mirelman ym. 2016, Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME): a randomised controlled trial.

Hsu ym. 2011, A "Wii" bit of fun: the effects of adding Nintendo Wii() Bowling to a standard exercise regimen for residents of long-term care with upper extremity dysfunction.

Micarelli ym. 2019, Vestibular rehabilitation in older adults with and without mild cognitive impairment: Effects of virtual reality using a head-mounted display.

Garcia-Hernandez ym. 2019. Development of an EMG-based exergaming system for isometric muscle training and its effectiveness to enhance motivation, performance and muscle strength.

Effect of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Physical Fitness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease.

Rutowsky ym. 2019, Effect of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Physical Fitness in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease.

Sutanto ym. 2019, Videogame assisted exercise training in patients with chronic obstructive pulmonary disease: A preliminary study.

Villumsen ym. 2019, Home-based 'exergaming' was safe and significantly improved 6-min walking distance in patients with prostate cancer: a single-blinded randomised controlled trial.

Bock ym. 2018, Exercise Videogames, Physical Activity, and Health: Wii Heart Fitness: A Randomized Clinical Trial.

#### **Väärä kontrolliryhmä:**

Pitta ym. 2020, The Effects of Different Exergame Intensity Training on Walking Speed in Older Women.

Liao ym. 2019, Effects of Kinect-based exergaming on frailty status and physical performance in prefrail and frail elderly: A randomized controlled trial.

Yuen ym. 2019. Home-Based Pulmonary Rehabilitation for Patients With Idiopathic Pulmonary Fibrosis A PILOT STUDY.

#### **Väärä lopputulosmuuttuja:**

Stanmore ym. 2019. The effectiveness and cost-effectiveness of strength and balance Exergames to reduce falls risk for people aged 55 years and older in UK assisted living facilities: a multi-centre, cluster randomised controlled trial.

Tollár ym. 2019. Diverse Exercises Similarly Reduce Older Adults' Mobility Limitations.

Liao ym. 2019. Effects of Virtual Reality-Based Physical and Cognitive Training on Executive Function and Dual-Task Gait Performance in Older Adults With Mild Cognitive Impairment: A Randomized Control Trial.

Montero-Alía ym. 2019. Controlled trial of balance training using a video game console in community-dwelling older adults.

Baillie ym. 2019. Recov-R: Evaluation of a Home-Based Tailored Exergame System to Reduce Fall Risk in Seniors.

Mugueta-Aguinaga ym. 2019. Frailty Level Monitoring and Analysis after a Pilot Six-Week Randomized Controlled Clinical Trial Using the FRED Exergame Including Biofeedback Supervision in an Elderly Day Care Centre.

**Väärä tutkimustyyppi:**

Kim ym. 2013, Unsupervised virtual reality-based exercise program improves hip muscle strength and balance control in older adults: a pilot study.

Maillot ym. 2012, Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults.

Maillot ym 2014, The Braking Force in Walking: Age-related Differences and Improvement in Older Adults With Exergame Training.

**Väärä kieli:**

Wittelsberger ym. 2013, The influence of Nintendo-Wii(R) bowling upon residents of retirement homes [GERMAN].

**Muu syy:**

Ordnung ym. 2017. No Overt Effects of a 6-Week Exergame Training on Sensorimotor and Cognitive Function in Older Adults. A Preliminary Investigation.

## Liite 5. Mukaan otetut alkuperäistutkimukset.

### **Tutkija(t)/vuosi/julkaisumaa/tutkimus**

Schoene ym./ 2013/ Australia/ A randomized controlled pilot study of home-based step training in older people using videogame technology.

Lim ym. /2017/ Etelä-Korea/ Design of virtual reality training program for prevention of falling in the elderly: A pilot study on complex versus balance exercises.

Santos ym./ 2019/ Brasilia/ Does exercise intensity increment in exergame promote changes in strength, functional capacity and perceptual parameters in pre-frail older women? A randomized controlled trial.

Htut ym./ 2018/ Thaimaa/ Effects of physical, virtual reality-based, and brain exercise on physical, cognition, and preference in older persons: a randomized controlled trial.

Boon Chong Kwok ym. /2015/ Singapore/ Effects of Wii Active exercises on fear of falling and functional outcomes in community-dwelling older adults: a randomised control trial.

Jorgensen ym. /2013/ Tanska/ Efficacy of Nintendo Wii training on mechanical leg muscle function and postural balance in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial.

Lauze ym./ 2017/ Kanada/ Feasibility and Effects of a Physical Activity Program Using Gerontechnology in Assisted Living Communities for Older Adults.

Gschwind ym./ 2015/ Saksa, Espanja ja Australia/ ICT-based system to predict and prevent falls (iStoppFalls): results from an international multicenter randomized controlled trial.

Sato ym./ 2015/ Japani/ Improving Walking, Muscle Strength, and Balance in the Elderly with an Exergame Using Kinect: A Randomized Controlled Trial.

Lee ym. /2015/ Etelä-Korea/ Individualized feedback-based virtual reality exercise improves older women's self-perceived health: a randomized controlled trial.

Eggenberger ym. /2015/ Sveitsi/ Multicomponent physical exercise with simultaneous cognitive training to enhance dual-task walking of older adults: A secondary analysis of a 6-month randomized controlled trial with 1-year follow-up.

Fu ym./ 2015/ Kiina/ The effectiveness of exergaming training for reducing fall risk and incidence among the frail older adults with a history of falls.

Ray ym./ 2012/ USA/ The Effects of a 15-Week Exercise Intervention on Fitness and Postural Control in Older Adults.

Daniel ym./ 2012/ USA/ Wii-hab for pre-frail older adults.

Lee ym. / 2017 / Etelä-Korea/ Virtual Reality Training With Three-Dimensional Video Games Improves Postural Balance and Lower Extremity Strength in Community-Dwelling Older Adults.

Monteiro-Junior ym. / 2017 / Brasilia/ Virtual Reality-Based Physical Exercise With Exergames (PhysEx) Improves Mental and Physical Health of Institutionalized Older Adults.

Morat ym. / 2019 / Saksa/ Effects of stepping exergames under stable versus unstable conditions on balance and strength in healthy community-dwelling older adults: A three-armed randomized controlled trial.