

**VIRTUAALITODELLISUUTTA HYÖDYNTÄVÄN HARJOITTELUN  
VAIKUTTAVUUS IKÄÄNTYNEIDEN KOGNITIOON**  
**Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi**

Mirjami Margaritis

Fysioterapian pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Kevät 2021

## TIIVISTELMÄ

Margaritis, M. 2021. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus ikääntyneiden kognitioon: järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 76 s. (8 liitettä).

Kognitiivisen toimintakyvyn heikentyminen voi edetä muistisairauden puhkeamiseen, jolloin arjesta selviytyminen vaikeutuu merkittävästi. Etenevät muistisairaudet ovat myös kansanterveydellinen ja -taloudellinen haaste. Ikääntyneiden osuus väestöstä kasvaa nopealla tahdilla, minkä vuoksi uudet innovatiiviset ja teknologia-avusteiset kuntoutusmuodot, kuten virtuaaliodellisuuden hyödyntäminen, saattavat olla ratkaisu kuntoutuksen saavutettavuuden sekä vaikuttavuuden lisäämiseksi tulevaisuudessa. Tämän järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tavoitteena on selvittää, onko virtuaaliodellisuutta (VR) hyödyntävä harjoittelu tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta vaikuttavampaa yleisen kognition ja toiminnanohjauksen edistämässä ikääntyneillä, joiden kognition taso on normaali, lievästi heikentynyt tai heillä on dementia. Lisäksi arvioidaan VR-harjoittelun näytönastetta ja tarkastellaan, liittyykö ikääntyneillä toteutettuun VR-harjoitteluun haittavaikutuksia.

Järjestelmällinen kirjallisuushaku toteutettiin MEDLINE (Ovid), CINAHL, PsycINFO ja ERIC tietokannoista syyskuussa 2020. Työhön hyväksyttiin ne alkuperäistutkimukset, joiden kohderyhmänä (P) oli vähintään 60-vuotiaat henkilöt kognition tasosta riippumatta, interventiona (I) toteutettiin VR-harjoittelua, vertailuryhmä (C) sai tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta, tulomuuttujina (O) oli yleinen kognitio tai toiminnanohjaus, ja tutkimusasetelmana (S) oli satunnaistettu kontrolloitu tutkimus tai satunnaistettu ristikkäistutkimus. Alkuperäistutkimusten harhan riskiä arvioitiin Cochrane Risk of Bias 2 -työkalulla, meta-analyysi toteutettiin Review Manager 5.4 -ohjelmalla ja näytönaste arvioitiin GRADE-työryhmän suositusten mukaisesti.

Pro graduun sisällytettiin kaikkiaan 23 alkuperäistutkimusta, joista 20 huomioitiin meta-analyysissä. Osallistujia oli mukaan otetuissa tutkimuksissa kaikkiaan 1155 henkilöä, joiden kognition taso vaihteli normaalista lievään kognition heikentymään tai dementiaan. Osallistujien keskimääräinen ikä oli 60–87 vuotta. Meta-analyysin mukaan virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu edisti ikääntyneiden yleistä kognitiota tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta tehokkaammin (SMD 0,33, 95 % LV [0,04; 0,62],  $p=0,03$ ,  $I^2=69$  %,  $n=698$ , 15 RCT). Toiminnanohjauksen osalta VR-harjoittelun ja tavanomaisen toteutuksen välillä ei havaittu eroa (SMD -0,33, 95 % LV [-0,67; 0,01],  $p=0,06$ ,  $I^2=76$  %,  $n=673$ , 11 RCT). Näytönaste oli heikko kummankin tulomuuttujan kohdalla. Joitakin lieviä haittatapahtumia raportoitiin liittyen harjoittelun aikaiseen kipuun tai lihassärkyyn, huimaukseen, väsymykseen tai laitteiden käyttöön liittyvään turhautumiseen.

Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa olla tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta vaikuttavampaa yleisen kognition kehittämisessä ikääntyneillä. Toiminnanohjauksen edistämässä VR-harjoittelu lienee yhtä tehokasta kuin tavanomainen toteutus ikääntyneillä kognition tasosta riippumatta. Koska näytönaste osoittautui heikoksi, saattavat uudet tutkimukset muuttaa tulosten suuntaa. Raportoidut haittatapahtumat huomioiden VR-harjoittelu lienee turvallinen harjoittelumuoto, mutta käyttöä tulee harkita yksilöllisesti kuntoutujan tausta ja oma kiinnostus huomioiden. Laadukkaille interventiotutkimuksille on tulevaisuudessa tarvetta tutkimusnäytön vahvistamiseksi sekä pitkäaikaisvaikutusten ja kustannusvaikuttavuuden selvittämiseksi.

Asiasanat: virtuaaliodellisuus, ikääntyneet, kognitio, toiminnanohjaus, meta-analyysi

## ABSTRACT

Margaritis, M. 2021. Effectiveness of virtual reality -based rehabilitation on cognition in older adults: a systematic review and meta-analysis. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 76 pp. (8 appendices).

Decline in cognitive performance can lead to cognitive impairment or dementia affecting both independence and management of daily living. Progressive cognitive disorders are a worldwide concern of public health and economy. As the number of older people rapidly increases, new innovative technology-assisted rehabilitation, such as virtual reality -based training, may provide better effectiveness and accessibility of rehabilitation in the future. The objective of this systematic review and meta-analysis is to study, whether virtual reality -based training is more effective in improving global cognition and executive function compared to conventional training or usual care in older adults with normal cognition, mild cognitive impairment or dementia. In addition, the level of evidence will be graded and possible adverse events considered related to virtual reality -based training.

A systematic literature search was conducted in MEDLINE (Ovid), CINAHL, PsycINFO and ERIC databases from inception to September 2020. Original peer-reviewed studies meeting the following PICOS strategy were eligible: Participants (P) were 60 years of age or older with normal cognition, mild cognitive impairment or dementia. Intervention (I) utilized virtual reality -based training and was compared (C) to conventional training or usual care. The outcomes (O) included global cognition or executive function, and the study (S) was carried out as a randomized controlled trial (RCT) or randomized cross-over design. Included studies were appraised by Cochrane Risk of Bias 2 tool and meta-analyses were conducted using Review Manager (version 5.4). The level of evidence was assessed following the GRADE approach.

A total of 23 studies with 1155 participants were included in this review and 20 studies were considered in meta-analyses. Participants were older adults with an average age of 60–87 years. The level of cognition varied between normal, mild cognitive impairment and dementia. According to meta-analyses, virtual reality -based training appeared to be more effective in improving global cognition in older adults compared to conventional training or usual care (SMD 0.33, 95 % CI [0.04; 0.62],  $p=0.03$ ,  $I^2=69\%$ ,  $n=698$ , 15 RCT). However, no difference between groups was found regarding executive function (SMD -0.33, 95 % CI [-0.67; 0.01],  $p=0.06$ ,  $I^2=76\%$ ,  $n=673$ , 11 RCT). The level of evidence was graded low for both outcomes. Mild adverse events were reported in three studies involving training induced pain or muscle soreness, dizziness, fatigue or frustration due to used technology. In several cases adverse events occurred in both intervention and control groups.

In conclusion, virtual reality -based training may be more effective in improving global cognition in older adults compared to conventional training or usual care. Considering executive function, virtual reality intervention seems as effective as the conventional implementation. The grade of evidence proved to be low, due to which new studies may change the effect size or direction of the results. Virtual reality -based training appears to be safe to be used with older adults despite the level of cognition. However, the use of the training mode should be considered individually taking the background and interest of a rehabilitee into account. There is a further need for high quality studies to confirm the evidence. Implications for future research also include investigation of long-term effects and cost-effectiveness of virtual reality -based rehabilitation.

Key words: virtual reality, older adults, cognition, executive function, meta-analysis

## KÄYTETYT LYHENTEET

ACE	Addenbrooke's Cognitive Examination
CAMCI	The Computerized Assessment of Mild Cognitive Impairment
CET	Cognitive Estimation Test
CI	Luottamusväli (Confidence Interval)
COGTEL	Cognitive Telephone Screening Instrument
FAB	Frontal Assessment Battery
LV	Luottamusväli
MCI	Lievä kognition heikentyminen (Mild cognitive impairment)
MMSE	Mini-Mental State Examination
3MS	Modified Mini-Mental State Examination
MoCA	Montreal Cognitive Assessment
RCT	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (Randomized controlled trial)
SMD	Standardoitu keskiarvoero (Standardized mean difference)
SWCT	Stroop Word Color Test
THL	Terveystieteiden tutkimuskeskus ja hyvinvoinnin laitos
TMT	Trail Making Test
VR	Virtuaalitodellisuus (Virtual reality)
WHO	Maailman terveysjärjestö (World Health Organization)

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO.....	1
2 VIRTUAALITODELLISUUS OSANA KOGNITIIVISEN TOIMINTAKYVYN YLLÄPITOA JA EDISTÄMISTÄ.....	3
2.1 Virtuaalitodellisuus kuntoutuksessa .....	3
2.2 Kognitiivinen toimintakyky ja ikääntyminen .....	5
2.3 Virtuaalitodellisuuden hyöty ikääntyneiden kognition harjoittamisessa.....	8
3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	12
4 MENETELMÄT.....	13
4.1 Aineiston hankinta.....	14
4.1.1 Kirjallisuushaku ja valintakriteerit .....	14
4.1.2 Aineiston valinta ja poiminta.....	15
4.2 Tulosuuttujia mittaavat testit .....	16
4.2.1 Yleinen kognitio .....	16
4.2.2 Toiminnanohjaus .....	18
4.2.3 Muut mittarit.....	19
4.3 Analyysimenetelmät .....	20
4.3.1 Harhan riskin arviointi.....	20
4.3.2 Meta-analyysi .....	21
4.3.3 Näytönasteen arviointi.....	22
5 TULOKSET .....	24
5.1 Mukaan otettujen tutkimusten kuvaus .....	24
5.2 Tutkimusten harhan riski .....	39

5.3	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus ikääntyneiden yleiseen kognitioon ja toiminnanohjaukseen.....	40
5.4	Sensitiivisyysanalyysit ja julkaisuharha .....	43
5.5	GRADE näytönaste .....	46
6	POHDINTA.....	49
7	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	56
	LÄHTEET .....	57
LIITTEET		
	LIITE 1 Katsausten hakustrategia (MEDLINE)	
	LIITE 2 Katsausten PRISMA-vuokaavio	
	LIITE 3 Katsausten yhteenvetotaulukko	
	LIITE 4 RCT-tutkimusten hakustrategia (MEDLINE)	
	LIITE 5 Tulosuuttujien prioriteettilistat	
	LIITE 6 Poissuljetut RCT-tutkimukset	
	LIITE 7 Harhan riskin arviointi	
	LIITE 8 Alaryhmäanalyysit	

# 1 JOHDANTO

Ikääntyessä aivojen rakenteessa tapahtuu vähitellen normaaliin vanhenemiseen liittyviä muutoksia, jotka ovat yhteydessä heikentyneeseen kognitiiviseen suoriutumiseen (Park ym. 2003). Kognitiivisen toimintakyvyn heikentyminen voi olla merkki myös varhaisesta muistisairaudesta (Barnes ym. 2012, THL 2021). Vaikka iän tiedetään olevan yksi merkittävistä altistavista riskitekijöistä kognitiiviselle heikentymiselle, riippuu se lisäksi useista eri taustatekijöistä, kuten elämäntavoista, koulutustasosta, masentuneisuudesta, alhaisesta taloudellisesta asemasta, sosiaalisesta eristäytymisestä, sekä alhaisesta fyysisestä ja kognitiivisesta aktiivisuudesta (WHO 2019, WHO 2020).

Etenevät muistisairaudet vaikeuttavat merkittävästi ihmisen itsenäistä selviytymistä arjessa ja sairauden vaikutukset ulottuvat niin fyysisiin kuin psyykkisiin, sosiaalisiin ja taloudellisiin osaluokkiin sairastuneen ja tämän lähipiirin elämässä (THL 2021, WHO 2020). Lisäksi muistisairaudet ovat kansanterveydellinen ja -taloudellinen haaste (STM 2012), minkä vuoksi kognitiivisen heikentymisen ennaltaehkäisy ja hoito on tärkeää.

Sosiaali- ja terveysministeriö on kansallisessa muistiohjelmassaan vuosina 2012–2020 linjannut tavoitteeksi aivoterveystien edistämisen, oikea-aikaisen tuen, hoidon ja kuntoutuksen sekä asenteiden muutoksen aivoterveyttä kohtaan (STM 2012). Samalla on esitetty tarve vaikuttavalle ja teknologisia ratkaisuja hyödyntävälle tutkimustiedolle (STM 2012). Päivitettyä tutkimustietoa ja näyttöä hoidon vaikuttavuudesta sekä turvallisuudesta tarvitaan kliinisen asiantuntemuksen ja päätöksenteon tueksi mahdollistamaan paras saatavilla oleva hoito (Sackett & Rosenberg 1995, Sackett ym. 1996). Tähän pohjautuu myös näyttöön perustuva kuntoutus, jonka tavoitteena on huomioida uusin tieteellinen tutkimusnäyttö kuntoutusmuodon tehokkuudesta ja turvallisuudesta yhdessä kuntoutujan yksilöllisten tarpeiden ja tavoitteiden sekä saatavilla olevien resurssien kanssa (Dijkers ym. 2012, Lin ym. 2010).

Ikääntyneiden osuus väestöstä kasvaa nopealla tahdilla, mikä luo painetta kehittää uusia innovatiivisia kuntoutus- ja harjoittelumuotoja, joilla edistää ja ylläpitää toimintakykyä.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen kuntoutukseen liittyvissä tutkimuksissa on lisääntynyt, sillä se on todettu motivoivaksi harjoittelumuodoksi, jossa toistomäärät ovat suuret ja harjoittelu sekä osallistuminen onnistuvat turvallisessa ja hallitussa ympäristössä ilman todellisen maailman tuomia rajoitteita (de Amorim ym. 2018, Klinger ym. 2014, Wilson ym. 1997). Lisäksi virtuaalitodellisuuden perustuvan teknologian käyttö voi olla hyödyllinen keino lisätä kuntoutuksen saavutettavuutta (Maggio ym. 2019). Tutkimusnäyttö virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden kognitiiviseen toimintakykyyn on kuitenkin vielä vähäistä ja hajanaista, minkä vuoksi tässä pro gradu -tutkimuksessa pyritään kokoamaan uusin tieto vaikuttavuudesta yhteen sekä arvioimaan näytön vahvuutta ja mahdollisia harjoittelun esiin tuomia haittavaikutuksia.

Tämä pro gradu -työ on toteutettu osana Jyväskylän yliopiston ROVA-hanketta “Virtuaalikuntoutus, lisätty todellisuus ja robotiikka: vaikuttavuus ja merkityksellisyys”, jonka rahoittajana toimi KELA (Jyväskylän yliopisto 2020). Hanke toteutui vuosien 2019–2021 välisenä aikana ja projektissa selvitettiin järjestelmällisten kirjallisuuskatsausten avulla virtuaalitodellisuuden, lisätyn todellisuuden ja robotiikan vaikuttavuutta sekä merkityksellisyyttä lääkinällisessä kuntoutuksessa.



## 2 VIRTUAALITODELLISUUS OSANA KOGNITIIVISEN TOIMINTAKYVYN YLLÄPITOJA EDISTÄMISTÄ

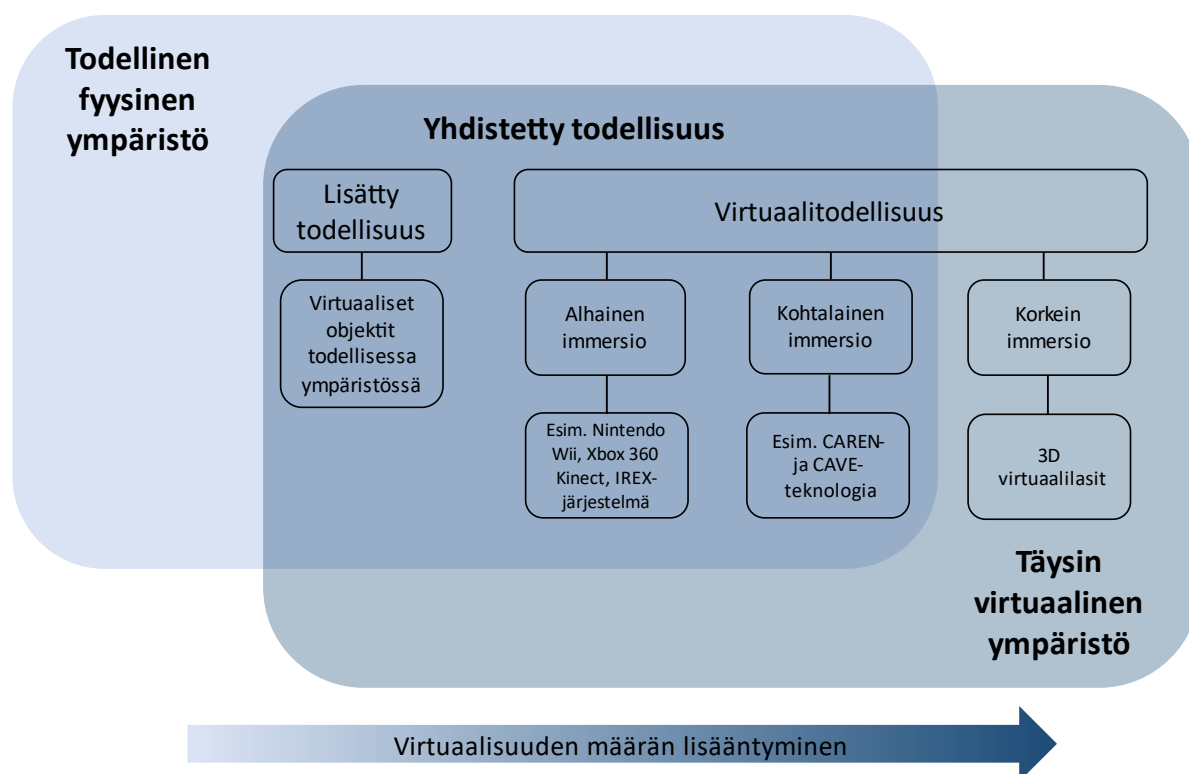
### 2.1 Virtuaalitodellisuus kuntoutuksessa

Virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) on tietokoneen simuloima ympäristö, jossa käyttäjä kokee olevansa läsnä ja reaaliaikainen vuorovaikutus virtuaalisen ympäristön kanssa on mahdollista (Imam & Jarus 2014, Kaplan ym. 2020, Wilson ym. 1997). Virtuaalitodellisuudelle on ominaista erilaiset visuaalisuuteen, kuuloon ja kosketukseen liittyvät aistielämykset (Galvin & Levac 2011), jotka lisäävät uppoutumista virtuaaliseen ympäristöön. Uppoutumisen eli immersion voimakkuus vaihtelee korkeasta alhaiseen (Mujber ym. 2004) ja se riippuu ensisijaisesti siitä, kuinka paljon käyttäjä on eristetty fyysisestä todellisuudesta ja vastaavasti ympäröity virtuaalisella ympäristöllä (Henderson ym. 2007, Rizzo & Koenig 2017).

Korkeimman tason immersio voidaan kokea erilaisilla virtuaalilaseilla (head-mounted display, HMD), jotka mahdollistavat parhaan mahdollisen aistiyhteyden ja uppoutumisen virtuaalisen todellisuuden ympäröidessä käyttäjänsä täysin (Chan ym. 2019, Ma & Zheng 2011, Micarelli ym. 2019). Kohtalaisen immersion tarjoamassa virtuaalitodellisuudessa toimitaan käyttämällä laajaa kaartuvaa näyttöä CAREN-järjestelmän tapaan tai useampaa kuvaruutua, kuten CAVE-tekniologiassa (Cruz-Neira ym. 1993, Kalron ym. 2016). Sen sijaan alhaisen tason immersiossa teknologia rajautuu tyypillisesti perinteisen monitorin tai televisioruudun käyttöön, jolloin aistiyhteyden määrä jää selvästi edellisiä vähäisemmäksi (Ma & Zheng 2011, Mirelman ym. 2016). Uppoutumisen kokemusta voidaan lisäksi tehostaa erilaisilla sensoreilla ja liiketunnistimilla (Rizzo & Koenig 2017). VR-järjestelmän eri immersion tasot on esitetty kuviossa 1 (Milgram & Kishino 1994 mukailten).

Teknologiaalähtöinen luokittelu on tutkimuksissa usein tarpeen interventioiden suuren vaihtelevuuden vuoksi. Kuitenkin käyttäjän fyysiset ja psyykkiset kokemukset (Sherman & Craig 2003, 9; Steuer 1992) huomioiden jää luokittelu karkeaksi, eivätkä virtuaalitodellisuuden määrittelyn rajat ole siten täysin yksiselitteisiä. Kuntoutustutkimuksissa hyödynnettävän virtuaalitodellisuuden määrittely vaihtelee usein paljon (Keshner ym. 2019). Vaikka

kolmiulotteisuus ja immersiiivisyys ovat virtuaalitodellisuudelle tyypillisiä ominaisuuksia, hyödynnetään kuntoutuksessa vielä paljon kaupallisia pelejä sekä vähemmän immersiiivisiä laitteita moderneimman VR-teknologian sijaan (Laver ym. 2017, Saposnik ym. 2016). Osasyynä tähän ovat modernien virtuaalilasien korkea hinta, saatavuuden vaikeus tai näiden käytöstä aiheutuva pahoinvointi (Clifton & Palmisano 2020, Holden 2005).



KUVIO 1. VR-järjestelmän eri tasot osana virtuaalisuuden jatkumoa (Milgram & Kishino 1994 mukaillen).

Virtuaalitodellisuuden käyttäminen kuntoutuksessa on vähitellen lisääntynyt VR-teknologian kehittyessä (Keshner ym. 2019, Torner ym. 2019) ja sen tuoma hyöty liittyy kuntoutujan osallistumisen ja aktiviteettien toteuttamisen mahdollistamiseen turvallisessa ympäristössä ilman todellisen maailman tuomia rajoitteita (Wilson ym. 1997). Kuntoutuksen yksilöllistä annostelua ja ohjausta sekä objektiivista mittaamista kyetään VR-ympäristössä usein hallitsemaan tarkkaan (Weiss ym. 2004). Lisäksi virtuaalikuntoutus voi luoda uusia mahdollisuuksia oppimiselle muun muassa harjoittelun suuren toistettavuuden ja progressiivisuuden sekä motivaation kasvamisen myötä (Brunner ym. 2016, Keshner ym. 2004, Klinger ym. 2014, Lange ym. 2010, Levin & Demers 2020).

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää teknologiaa saatetaan kuvata hieman eri termein tutkimusten interventioissa. Näitä ovat esimerkiksi fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu (exergame) tai hyötypelien (serious games) käyttö. Vaikka interventioita saattaa yhdistää VR-teknologian hyödyntäminen, joitakin sävyeroja termien välillä on. Fyysiseen aktiivisuuteen perustuvassa pelillistetyssä harjoittelussa pelien ensisijaisena tarkoituksena on lisätä käyttäjän fyysistä aktiivisuutta tai kohottaa kuntoa (Oh & Yang 2010). Siinä toimitaan lähtökohtaisesti vain pelimaailmassa, kun taas virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu voi olla muutakin toimintaa kuin pelaamista (Matamala-Gomez ym. 2020). Lisäksi harjoittelu ei suoraan edellytä selkeää immersiota, todellisen toiminnan simulointia ja läsnäolon kokemusta virtuaalisessa ympäristössä, vaan lähtökohtana on fyysisen harjoittelun aktivoiminen (Oh & Yang 2010). Hyötypeleissä (serious games) tavoitteena on viihteellisen pelaamisen sijaan oppimisen edistäminen, motivaation lisääminen harjoittelussa sekä vaikutukset terveyskäyttäytymiseen (Dörner ym. 2016, Ma & Zheng 2011). Jotta virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu olisi eri tutkimuksissa tunnistettavissa, on eri interventiotermien yhtäläisyydet ja erot hyvä tiedostaa.

ROVA-hankkeessa luokiteltiin virtuaalitodellisuutta hyödyntäväksi harjoitteluksi ne VR- ja peliharjoittelua sisältävät interventiot, joissa täytyi reaaliaikainen vuorovaikutus virtuaalisen ympäristön kanssa, harjoittelu jäljitteli todellista toimintaa, tilaa tai ympäristöä, ja virtuaalinen ympäristö mahdollisti käyttäjälleen läsnäolon kokemuksen.

## **2.2 Kognitiivinen toimintakyky ja ikääntyminen**

Kognitiiviset toiminnot ovat monimutkainen tiedonkäsittelyn kokonaisuus, johon liittyvät tiedon vastaanottaminen ja analysointi sekä tiedon mukaan toimiminen (Barnes ym. 2012). Tiedonkäsittelyn eri osa-alueita ovat esimerkiksi muisti, orientaatio, toiminnanohjaus, tarkkaavaisuus, keskittyminen, oppiminen, ongelmanratkaisutaidot sekä kielelliset toiminnot (THL 2019). Kognitiivinen toimintakyky koostuu näiden osa-alueiden yhteistoiminnasta, jota tarvitaan arjesta suoriutumiseen ja selviytymiseen (THL 2019).

Ikääntymisen kannalta tärkeät kognition osa-alueet voidaan luokitella karkeasti älykkyyteen, työskentelytaitoihin, muistiin sekä sanasujuvuuteen ja visuaaliseen prosessointiin (Vuoksimaa 2019). Älykkyys käsittää yleisen kognitiivisen kyvykkyyden, kielellisen ymmärtämisen sekä visuaalisen ja abstraktin päättelykyvyn. Työskentelytaitoihin lukeutuvat prosessointinopeus, toiminnanohjaus ja tarkkaavaisuus. Muistiin sisältyvät puolestaan lyhykestoinen muisti ja tapahtumiin liittyvä episodinen muisti (Vuoksimaa 2019). Kognitiivinen ikääntyminen vaikuttaa laajasti kognition eri osa-alueisiin ja heikentymisen on havaittu kiihtyvän 60 ikävuoden jälkeen (Anstey & Low 2004, Vuoksimaa 2019). Normaalissa ikääntymisessä havaitaan rakenteellisia muutoksia aivoissa, vaikka ne eivät aiheuttaisikaan merkittävää kognitiivista heikentymistä (Barnes ym. 2012). Normaalista heikentymistä tapahtuu iän myötä esimerkiksi toiminnanohjauksessa ja prosessointinopeudessa, kun taas sanasujuvuuden ja yleisen tietotason on todettu säilyvän kohtalaisen vakaina (Fjell ym. 2014). Heikentyminen on kuitenkin yksilöllistä (Wilson ym. 2002) ja siihen vaikuttavat monet taustatekijät, kuten elämäntavat (Anstey & Low 2004, Fillit ym. 2002) ja kognitiivinen reservi (Barnes ym. 2012, Vuoksimaa 2019). Lisäksi korkean koulutustason (Stern 2012) ja aktiivisen elämäntavan (Hultsch ym. 1999) on havaittu olevan yhteydessä hyvään kognitiiviseen reserviin, joka saattaa osaltaan suojata kognition heikentymiseltä tai hidastaa heikentymisen etenemistä.

Lievässä kognitiivisessa heikentymässä (mild cognitive impairment, MCI) kognitiivinen suoriutuminen on tyypillisesti normaalia tasoa hieman heikompa, mutta muutosta päivittäisistä toimista selviytymisessä ei havaita eivätkä dementian kriteerit täyty (Barnes ym. 2012, Petersen 2004). Rajapinta on häilyvä normaaliin ikääntymiseen kuuluvan kognitiivisen heikentymän ja MCI:n välillä sekä MCI:n ja lievän dementian välillä (Petersen 2004), mikä vaikeuttaa oireiden vakavuuden tunnistamista ja aikaista puuttumista kognitiivisen heikentymisen etenemiseen sekä muistisairauksien ennaltaehkäisyyn. Eri kriteereitä MCI:n tunnistamiseen on esitetty ja yleisesti siihen liittyy subjektiivisesti koettu muistin heikentyminen ja objektiivisten seulontatestien avulla havaittu heikentynyt testisuoriutuminen (Käypä hoito 2016). Lisäksi eri riskitekijöiden kartoittaminen, kuten apolipoproteiini APOE-ε4 alleelin kantajuuden selvittäminen, voi auttaa MCI:n ja Alzheimerin taudin riskin tunnistamisessa (Corder ym. 1993). Lievästä kognitiivisesta heikentymästä on havaittu eri muotoja. Kun kognition heikentymisessä on mukana muistin heikentyminen, on kyseessä amnestinen MCI (aMCI)

(Petersen 2004). Jos kognition heikentymistä tapahtuu muistin sijaan muussa kognition osa-alueessa, puhutaan ei-amnestisesta MCI:sta (Petersen 2004).

Lievä kognition heikentymä saattaa edetä dementiaan, jolloin kognitio on heikentynyt useammalla tiedonkäsittelyn osa-alueella merkittävästi haitaten samalla itsenäistä selviytymistä jokapäiväisistä toiminnoista (Barnes ym. 2012, Käypä hoito 2016). Dementia on oireyhtymä, jonka aiheuttajana on tyypillisesti etenevä muistisairaus kuten Alzheimerin tauti (Barnes ym. 2012, Petersen 2004).

Kognitiivisten toimintojen testauksessa käytetään tyypillisesti neuropsykologisia mittareita (Mungas ym. 2003, Salmon & Bondi 2009). Testejä on kehitetty kattavasti tunnistamaan eri kognition osa-alueiden suorituskykyä, mutta mikään yksittäistä osa-aluetta mittaava testi ei kerro kattavasti koko kognitiivisen toimintakyvyn tasosta (Etnier & Chang 2009). Kokonaisvaltaisemman arvion saamiseksi hyödynnetään usein testejä, jotka mittaavat useiden kognition osa-alueiden toimintaa samanaikaisesti, kuten yleistä kognition tasoa (global cognition) tai toiminnanohjausta arvioitaessa (Etnier & Chang 2009).

Eteneviin muistisairauksiin ei ole parannuskeinoa, mutta aivot ovat muovautuvia ja sopeutuvia aivojen plastisuuden ja oppimisen myötä (Green & Bavelier 2008, Kolb & Whishaw 1998), mikä tarjoaa keinoja kognition heikentymisen ennaltaehkäisyyn ja muistisairauden etenemisen hidastamiseen. Fyysisellä harjoittelulla, kognitiivisella harjoittelulla sekä yhdistetyllä fyysisellä ja kognitiivisella harjoittelulla on havaittu positiivisia vaikutuksia esimerkiksi toiminnanohjauksen edistämiseen ja päivittäisistä toiminnoista suoriutumiseen (Chen ym. 2020, Gheysen ym. 2018, Willis ym. 2006). Lisäksi toiminnanohjauksen on todettu olevan yhteydessä päivittäisistä toimista suoriutumiseen ja liikkumiskykyyn, jotka ovat keskeisiä tekijöitä itsenäisessä ja aktiivisessa ikääntymisessä (Johnson ym. 2007, Poranen-Clark ym. 2018). Lievästä kognition heikentymästä on myös havaittu palautumisen mahdollisuutta (Koepsell & Monsell 2012, Pandya ym. 2016, Sachdev ym. 2013). Ikääntyneen toimintakykyä ja elämänlaatua voidaan tukea erilaisten kuntoutusmuotojen, kuten muisti- ja ongelmanratkaisuharjoitteiden sekä fyysisen harjoittelun (Kurz ym. 2009, Northey ym. 2018,

Song & Yu 2019) lisäksi aktiivisen elämäntavan säilyttämisellä, neuvonnalla sekä tarvittavin apuvälinein ja kodin muutostöillä (Duodecim 2019a).

Kognitiivisen toimintakyvyn ylläpito ja edistäminen, mahdollinen normaalin kognition tason palauttaminen tai muistisairauden etenemisen hidastaminen ovat tärkeitä tavoitteita toimintakykyisen ikääntymisen turvaamiseksi. Koska virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä harjoittelulla kyetään aktivoimaan monia aisteja, yhdistämään eri harjoitusmuotoja ja mahdollistamaan motivoiva harjoittelukokemus, voi virtuaalitodellisuudella olla tärkeä rooli kognitiivisessa kuntoutuksessa tulevaisuudessa (Perez-Marcos ym. 2018).

### **2.3 Virtuaalitodellisuuden hyöty ikääntyneiden kognition harjoittamisessa**

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta ikäihmisten kognition on jo jonkin verran tutkittu. Aiemman tutkimusnäytön selvittämiseksi toteutettiin ROVA-hankkeessa järjestelmällisiin kirjallisuuskatsauksiin liittyvä systemaattinen kirjallisuushaku MEDLINE (Ovid), CINAHL, PsycINFO ja ERIC tietokannoista 12.6.2020 ilman aika- ja kielirajoituksia. Esimerkkihakua MEDLINE-tietokannasta on esitetty liitteessä 1. Aineiston seulontaan lisättiin myös käsihaun mukana löytyneet tutkimukset. Koska kyseessä on nopeasti kehittyvä tutkimusalue, huomioitiin gradun taustakirjallisuutta varten vuosien 2015–2020 aikana julkaistut aiheeltaan sopivat järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset ja meta-analyysit. Sisäänottokriteerinä pro graduun toimi seuraava PICOS-lauseke: Kohderyhmänä (P) tuli olla vähintään 60-vuotiaat henkilöt, joilla oli normaali kognition taso, lievä kognition heikentyminen, Alzheimerin tauti tai dementia, interventiona (I) toteutettiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua, vertailuryhmä (C) sai toisenlaista harjoittelua tai tavanomaista hoitoa, ja tulomuuttujina (O) oli yleinen kognition tai toiminnanohjaus. Lisäksi tutkimuksen tuli olla tutkimusasetelmaltaan (S) järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus tai meta-analyysi.

ROVA-hankkeen VR-katsausten kirjallisuushaku tuotti yhteensä 1294 viitettä, joista kaksoiskappaleiden poiston jälkeen jäi seulottavaksi 1174 tutkimusta. Otsikko- ja abstraktitason seulonnan sekä tutkimusten kelpoisuuden arvioinnin jälkeen graduun valikoitui mukaan seitsemän järjestelmällistä kirjallisuuskatsausta (Dermody ym. 2020, Dietlein ym.

2018, Ogawa ym. 2016, Stojan & Voelcker-Rehage 2019, Swinnen ym. 2020, van Santen ym. 2018, Zhao ym. 2020) ja neljä meta-analyysiä (Howes ym. 2017, Kim ym. 2019, Mansor ym. 2020, Vázquez ym. 2018). Tutkimusten valintaprosessi on kuvattu PRISMA-vuokaaviona liitteessä 2. Katsauksista poimittiin kognition tutkimiseen liittyvät tiedot yhteenvetotaulukkoon pro gradun PICOS-lausekkeen mukaisesti ja tutkimusten toteutusta, raportointia ja tulosten luotettavuutta arvioitiin kriittisesti AMSTAR 2 -työkalun avulla (Shea ym. 2017). Katsausten yhteenvetotaulukko on kuvattu liitteessä 3.

Katsausten kohderyhmänä olivat ikäihmiset, joilla oli normaali kognition taso, lievä kognition heikentyminen tai dementia. Osa toteutetuista interventioista sisälsi VR-tekniikan, kuten virtuaalilasien ja fyysiseen aktiivisuuteen perustuvan pelillistetyn harjoittelun, lisäksi perinteistä tietokone- ja videopeliharjoittelua. Vertailuryhmien toteutus vaihteli fyysisestä harjoittelusta kognitiiviseen terapiaan tai musiikkiterapiaan, erilaiseen aktiviteettiin kuten valokuvailuun, videointiin tai luontodokumenttien katseluun, placebo-hoitoon tai passiiviseen kontrolliin. Katsauksista tarkasteltiin tuloksia yleisen kognition ja toiminnanohjauksen osalta. Tuoreimman meta-analyysin kirjallisuushaku ajoittui marraskuulle 2018.

Terveillä ikäihmisillä VR- ja videopeliharjoittelulla havaittiin vaihtelevia tuloksia harjoittelun vaikuttavuudesta yleiseen kognition ja toiminnanohjaukseen. Meta-analyysien mukaan interventiolla oli sekä kohtalaista (Howes ym. 2017) että pientä vaikutusta (Mansor ym. 2020) toiminnanohjauksen edistämiseen verrattuna toisenlaiseen harjoitteluun, hoitoon, aktiviteetteihin tai passiiviseen kontrolliryhmään, mutta näytönaste jäi heikoksi (Howes ym. 2017). Sen sijaan lisänäyttöä ei havaittu kognitiiviseen terveyteen liittyen (Vázquez ym. 2018), vaikkakin katsauksessa jää epäselväksi, mitä kognition osa-alueita meta-analyysissä tarkasteltiin. Järjestelmällisten kirjallisuuskatsausten perusteella VR-tekniikkaa hyödyntävä pelillistetty harjoittelu kehitti toiminnanohjausta vertailuryhmiä tehokkaammin (Ogawa ym. 2016), kun taas toisessa katsauksessa fyysistä aktiivisuutta hyödyntävä pelillistetty harjoittelu todettiin yhtä tehokkaaksi tai hieman tehokkaammaksi toiminnanohjauksen edistämässä kuin muu fyysinen harjoittelu (Stojan & Voelcker-Rehage 2019). Tulokset olivat vaihtelevia myös yleisen kognition osalta, jossa vain muutamassa satunnaistetussa kontrolloidussa tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero interventio- ja vertailuryhmien välillä (Stojan & Voelcker-Rehage 2019).

Lievän kognition heikentymään ja dementiaan liittyen oli tehty yksi meta-analyysi, jossa tarkasteltiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta kognitioon verrattuna toisenlaiseen terapiaan, ohjaukseen, aktiviteetteihin tai passiiviseen kontrolliryhmään (Kim ym. 2019). VR-harjoittelun vaikutus havaittiin kohtalaiseksi kognition edistämiseksi, mutta pieneksi toiminnanohjauksen kehittämisessä. Tulosten luotettavuutta heikentää tarkentamatta jääneet mittarit ja epäselväksi jääneet alkuperäistutkimusten tutkimusasetelmat, jotka oli sisällytetty katsauksen meta-analyysiin.

Järjestelmällisissä kirjallisuuskatsauksissa tulokset lievän kognition heikentymässä ja dementiaassa vaihtelivat toteutetun intervention ja vertailuryhmän perusteella. Virtuaalilaseilla toteutettu harjoittelu oli musiikkiterapiaan verrattuna tehokkaampaa yleisen kognition ja toiminnanohjauksen kehittämisessä lievän kognition heikentymässä (Dermody ym. 2020). Sen sijaan pelillistetyllä harjoittelulla ja hyötypelien pelaamisella tulokset ovat ristiriitaiset sekä yleisen kognition ja toiminnanohjauksen osalta. Pelillistetty harjoittelu havaittiin passiivista vertailuryhmää vaikuttavammaksi yleisen kognition ja toiminnanohjauksen kehittämisessä, mutta eroa ei todettu verrattuna interventiota aktiiviseen kontrolliin tai tavanomaiseen hoitoon (Swinnen ym. 2020). Tuloksen näytönaste vaihteli kohtalaisesta korkeaan. Lisäksi selvisi, että mitä vaikeampi neurokognitiivisen sairauden vaihe oli, sitä vähemmän hyötyä harjoittelusta oli kognitiivisen toimintakyvyn kehittämisessä (Swinnen ym. 2020). Katsauksen Zhao ym. (2020) sisällytetyistä alkuperäistutkimuksista kahdessa havaittiin pelillistetyn harjoittelun olevan vertailuryhmiä vaikuttavampaa, kun taas toisessa katsauksessa (van Santen ym. 2018) pelillistetty harjoittelu oli yhtä vaikuttavaa kuin vertailuryhmien toteutus. Hyötypelit todettiin kahden alkuperäistutkimuksen mukaan vertailuryhmiä vaikuttavammaksi, kun taas kahden muun alkuperäistutkimuksen mukaan eroja harjoittelun vaikuttavuudessa ei havaittu (Dietlein ym. 2018).

Haittatapahtumat oli huomioitu neljässä katsauksessa (Dietlein ym. 2018, Howes ym. 2017, Mansor ym. 2020, Swinnen ym. 2020). Suurimmassa osassa alkuperäistutkimuksista, jotka huomioivat mahdolliset VR-harjoittelun aiheuttamat haitat, ei haittatapahtumia havaittu. Mikäli haittatapahtumia havaittiin, jakautuivat ne interventio- ja vertailuryhmien välillä kohtalaisen tasaisesti (Howes ym. 2017).



Aiemmin julkaistuissa järjestelmällisissä kirjallisuuskatsauksissa ja meta-analyyseissä havaittiin useita heikkouksia. Katsaukset olivat AMSTAR 2 -työkalulla arvioituna toteutettu heikosti tai erittäin heikosti. Vain kolmessa katsauksessa oli arvioitu tulosten näytönastetta, joka vaihteli heikosta kohtalaiseen tai korkeaan. Käytetyt tulosmuuttujamittarit, interventioiden sisältö ja vertailuryhmät vaihtelivat katsausten välillä suuresti, mikä vaikeuttaa näytön tulkitsemista. Lisäksi VR-teknologiaa hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus jäi epäselväksi, sillä katsauksissa oli mukana myös perinteistä videopeli- ja tietokoneharjoittelua sisältäviä alkuperäistutkimuksia. Aiempien katsausten perusteella ei ole selkeää ja luotettavaa näyttöä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta ikääntyneiden yleiseen kognitioon ja toiminnanohjaukseen.

### 3 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tutkitaan nykypäivänä yhä enemmän ja uusia tutkimuksia julkaistaan tiiviissä tahdissa (Keshner ym. 2019). Laadukkaita satunnaistettuihin kontrolloituihin tutkimuksiin perustuvia vaikuttavuustutkimuksia ja siten selkeitä ja luotettavia tuloksia virtuaalitodellisuuden vaikuttavuudesta ikäihmisten kognitiiviseen toimintakykyyn ei kuitenkaan ole saatavilla. Lisäksi tuoreimman meta-analyysin kirjallisuushaku on toteutettu vuonna 2018, mikä tukee päivitetyn järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tarvetta aiheesta.

Tämän pro gradu -työn tarkoituksena on tuottaa uutta päivitettyä tietoa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta ja näytön varmuudesta ikääntyneiden yleiseen kognitioon ja toiminnanohjaukseen. Lisäksi tavoitteena on selvittää, onko ikääntyneillä toteutettu VR-harjoittelu turvallista vai liittyykö siihen haittavaikutuksia. Jotta VR-harjoittelun vaikuttavuus ymmärrettäisiin kattavasti ikääntyneiden kognitiivisen toimintakyvyn ylläpitämisessä ja edistämässä sekä muistisairauksien ennaltaehkäisyssä, tarkastellaan vaikutuksia erikseen henkilöillä, joilla on normaali tai heikentynyt kognitio. Lisäksi tässä työssä hyödynnetään vain satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia (RCT) tai satunnaistettuja ristikkäistutkimuksia, jotka hyvin toteutettuna ovat menetelmiltään laadukkaita ja tarjoavat luotettavaa näyttöä käytetystä interventiosta (GRADE Working Group 2014, Djulbegovic & Guyatt 2017). Tavoitteena on vastata seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Onko virtuaalitodellisuutta (VR) hyödyntävä harjoittelu tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta vaikuttavampaa yleisen kognition ja toiminnanohjauksen edistämässä ikääntyneillä, joilla on normaali kognition taso, lievä kognition heikentyminen tai dementia?
2. Mikä on ikääntyneillä toteutetun VR-harjoittelun näytönaste (GRADE) yleisen kognition ja toiminnanohjauksen edistämässä?
3. Liittyykö ikääntyneillä toteutettuun VR-harjoitteluun haittavaikutuksia?

## 4 MENETELMÄT

Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi valittiin tutkimusmenetelmäksi, jotta VR-harjoittelun vaikuttavuuden ja näytönasteen arviointi toteutuisi mahdollisimman kattavasti, laadukkaasti ja luotettavasti. Järjestelmällisen katsauksen tarkoituksena on harhan riskin minimoiminen ja näytön tarkastelu vetämällä yhteen tulokset systemaattisesti kerätyistä alkuperäistutkimuksista, jotka ovat täyttäneet katsauksen kelpoisuusvaatimukset (Lasserson ym. 2021, Uman 2011). Meta-analyysi on tilastollinen menetelmä, jolla selvitetään harjoittelun vaikuttavuuden suuruus valituista alkuperäistutkimuksista (Deeks ym. 2021). Koska interventiotutkimusten määrä VR-harjoitteluun liittyen on viime vuosien aikana kasvanut merkittävästi (Keshner ym. 2019) ja tuoreimpien meta-analyysien tuloksissa on hyödynnetty eri tutkimusastelemia (Kim ym. 2019, Mansor ym. 2020), on perusteltua rajata vaikuttavuuden tarkastelu RCT-tutkimuksiin sekä satunnaistettuihin ristikkäistutkimuksiin, jotka laadukkaasti toteutettuina mahdollistavat luotettavimman näytön intervention vaikuttavuudesta (Schünemann ym. 2013).

Tämän pro gradu -työn kirjoittamisessa hyödynnetään Cochrane järjestelmällisten katsausten käsikirjaa (Cochrane 2021) sekä PRISMA raportointisuositusta (Moher ym. 2009). Lisäksi työssä huomioidaan katsausten toteutukseen ja tulosten luotettavuuteen liittyvät arviointikriteerit (Shea ym. 2017). Työ pohjautuu syyskuussa 2020 valmistuneeseen rekisteröimättömään tutkimussuunnitelmaan.

Pro gradun aineiston hankinta rajautuu kirjallisuushakujen perusteella löytyneisiin tieteellisiin tutkimuksiin, jolloin tutkimusaineisto ei sisällä henkilötietoja tai muuta arkaluontoiseksi luokiteltua tietoa. Tämän työn toteuttaminen ei siksi vaadi erillistä tutkimuslupaa, aineistonhallintasuunnitelmaa, tietosuojan vaikutuksen arviointia tai eettisen toimikunnan lausuntoa. Tutkimuksen teossa noudatetaan yleistä hyvää tieteellistä käytäntöä (TENK 2012).

## 4.1 Aineiston hankinta

### 4.1.1 Kirjallisuushaku ja valintakriteerit

Tässä pro gradu -työssä on hyödynnetty aineistoa, joka hankittiin Jyväskylän yliopiston toteuttamassa ja KELA:n rahoittamassa hankkeessa ”Virtuaalikuntoutus, lisätty todellisuus ja robotiikka: vaikuttavuus ja merkityksellisyys”, lyhennettynä ROVA-hankkeessa (Jyväskylän yliopisto 2020). Hankkeessa toteutettiin virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta käsittävä satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten kirjallisuushaku 16.9.2020 MEDLINE (Ovid), CINAHL, PsycINFO ja ERIC tietokannoista. Koska kyseessä on sekä vaikuttavuutta että merkityksellisyyttä tutkiva hanke, tietokannat on valittu kattamaan laajasti niin kansainvälisen biolääketieteen ja näiden lähialojen viitteet kuin hoitotieteen, psykologian sekä kasvatus- ja koulutusalan viitteet. Haut toteutettiin ilman kieli- ja aikarajauksia. Lisäksi hakuja täydennettiin käsi- ja viitehauilla tarkastamalla sekä sisällytettyjen RCT-tutkimusten että aiempien katsausten lähdeluettelot. Hakustrategia rakentui tutkimukseen valitun tutkimusasetelman Cochrane-filtterin (Lefebvre ym. 2011), kohderyhmän sekä virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta käsittävien MeSH-termien ja vapaiden hakusanojen yhdistelmistä. Esimerkkihaku MEDLINE-tietokannasta on esitetty liitteessä 4.

ROVA-hankkeen katsaukseen sisällytettiin kaikki tutkimukset, joissa kohderyhmänä oli lääkinnällistä kuntoutusta tarvitsevat henkilöt ja ikääntyneet, interventiona oli käytetty virtuaalitodellisuutta tai lisättyä todellisuutta hyödyntävää kuntoutusta, vertailuryhmä koostui muusta harjoittelusta, toisenlaisesta virtuaaliharjoittelusta tai tavanomaisesta hoidosta, tulosmuuttujina olivat ICF-luokituksen mukaiset kehon toiminnot ja rakenteet, suoriutuminen sekä osallistuminen, ja tutkimusasetelmana oli hyödynnetty RCT-asetelmaa tai satunnaistettua ristikkäistutkimusta. Kirjallisuushaku toteutettiin hankkeessa alun perin ilman kielirajoituksia, jotta kielisyyllä poissuljetut tutkimukset pystyttäisiin ottamaan huomioon tuloksia ja mahdollista julkaisuharhaa tarkasteltaessa. Protokolla-artikkelit tarkistettiin mahdollisten julkaisujen vuoksi ennen poissulkua. Alkuperäistutkimusten kelpoisuutta arvioitaessa hankkeessa huomioitiin tutkimusryhmän kielitaidon perusteella suomenkieliset, englanninkieliset, ruotsinkieliset ja saksankieliset tutkimukset. Pro gradu -työhön

alkuperäistutkimukset rajautuivat seuraavan PICOS-lausekkeen mukaisesti: Kohderyhmäksi (P) valikoitui vähintään 60-vuotiaat henkilöt, joilla oli normaali kognition taso, lievä kognition heikentyminen, Alzheimerin tauti tai dementia. Intervention (I) tuli olla virtuaalidellisuutta hyödyntävää harjoittelua ja vertailuryhmä (C) koostui tavanomaisesta harjoittelusta, hoidosta tai ohjauksesta. Tulosuuttujina (O) huomioitiin yleinen kognitio ja toiminnanohjaus. Tutkimusasetelmalta (S) edellytettiin ROVA-hankkeen mukaisesti RCT-asetelmaa tai satunnaistettua ristikkäistutkimusta. Tutkimusten kaksoiskappaleet, konferenssiabstraktit ilman koko tekstiä, letter to editor -artikkelit sekä tutkimukset, joissa vertailuryhmän interventio toteutettiin toisenlaisena VR- tai tietokonepeliharjoitteluna, suljettiin pois.

#### **4.1.2 Aineiston valinta ja poiminta**

Alkuperäistutkimusten otsikko- ja abstraktitason seulonta sekä tutkimusten kelpoisuuden arviointi koko tekstien lukemisen perusteella toteutuivat Covidence-alustalla itsenäisesti kahden eri henkilön toimesta hankkeen sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella. Ristiriitatilanteet ratkaistiin ensisijaisesti niiden kesken, jotka olivat kyseisen tutkimuksen sisäänotosta tai poissulkemisesta antaneet arvion. Epäselvissä tilanteissa pyydettiin kolmannen henkilön mielipide yhteisymmärryksen saavuttamiseksi. Lopullinen valintaprosessi pro gradu -työhön toteutui gradun PICOS-kriteerien perusteella yhden henkilön toimesta.

Aineiston keräys tapahtui tässä pro gradu -työssä yhden henkilön toimesta Covidence-alustalle ennakkoon suunnitellun mallipohjan mukaan. Alustalle kerättiin tutkimuksen tekijät ja yhteystiedot, maa, tutkimuksen tavoite ja toteutusympäristö, sisäänotto- ja poissulkukriteerit, PICOS-lausekkeen mukaiset tiedot ja tulokset tiivistetysti, osallistujien sitoutuminen harjoitteluun, mahdolliset harjoittelusta aiheutuvat haittatapahtumat sekä rahoituksen lähde. Lisäksi kerättiin tuloksiin perustuva numeerinen data ja mittauksiin osallistuneiden lukumäärä tilastollisia analyysejä varten. Numeerisesta aineistosta hyödynnettiin alkuperäistutkimuksissa yleisen kognition tai toiminnanohjauksen mittarina käytetyn testin aineisto. Mikäli saman tulosuuttujan mittauksessa oli käytetty useampaa eri testiä, valittiin aineisto tulosuuttujakohtaisen prioriteettilistan mukaisesti (liite 5). Tuloksista kerättiin keskiarvoa ja keskihajontaa tai keskivirhettä kuvaavat arvot. Jos aineisto oli kuvattu muulla keski- ja

hajontaluvulla, poimittiin arvot myöhempää muuntamista varten. Puutteellisen aineiston osalta otettiin yhteyttä tutkimuksen alkuperäiseen kirjoittajaan tarvittavan aineiston saamiseksi. Aineistoa pyydettiin kolmeen kertaan viikon välein. Jos aineistoa ei pyynnöistä huolimatta ollut mahdollista saada, ei alkuperäistutkimusta voitu huomioida tilastollisissa analyyseissä.

## 4.2 Tulosmuuttujia mittaavat testit

Yleistä kognitiota ja toiminnanohjausta mittaavia testejä on kehitetty monia, joita hyödynnettiin monipuolisesti myös alkuperäistutkimuksissa. Tilastollisia analyysejä varten tehtiin tulosmuuttujakohtaiset prioriteettilistat, jotka on esitetty liitteessä 5. Mikäli alkuperäistutkimuksissa oli käytetty useampaa testiä tulosmuuttujien mittaamiseen, valikoitiin ensisijaisesti yleisessä käytössä oleva luotettava ja validi testi. Jos testin herkkyydestä tai luotettavuudesta ei ollut selvää näyttöä, valikoitiin mahdollisimman laajasti hyväksytty ja yleisemmin käytetty mittari. Seuraavassa on kuvattu lyhyesti ne tulosmuuttujien testit, jotka ovat priorisoinnin myötä valikoituneet tilastollisiin analyyseihin.

### 4.2.1 Yleinen kognitio

*Montreal Cognitive Assessment (MoCA)* on nopea ja hyvin yleisesti käytetty kognitiivista suorituskkyä kokonaisvaltaisesti mittaava neuropsykologinen testi (Nasreddine ym. 2005). Testissä on 30 kohtaa, jotka mittaavat mieleen palauttamista, visuospatiaalista hahmotuskkyä, toiminnanohjausta, tarkkaavaisuutta, keskittymiskykyä, työmuistia, kielellisyyttä ja orientaatiota. Maksimipistemäärä testissä on 30 pistettä ja normaalin kognition tason raja-arvona pidetään 26 pistettä. Mitä suuremman pistemäärän testistä saa, sitä paremman yleistä kognition tasoa tulos kuvaa. Testi on todettu luotettavaksi, herkäksi (MCI 90 %, lievä AD 100 %) ja tarkaksi (87 %) testiksi havaitsemaan muutoksia kognitiivisen suorituskvyn tasossa (Nasreddine ym. 2005). Lisäksi testin kattoefekti on todettu lievemmäksi verrattuna tunnettuun MMSE-testiin (Trzepacz ym. 2015).

*The Addenbrooke Cognitive Examination (ACE)* arvioi yleistä kognitiivista suoriutumiskykyä tarkkaavaisuuden ja orientaation, muistin, kielellisen sujuvuuden ja kielen ymmärtämisen sekä

tilan hahmotuksen osalta ja testin maksimipistemäärä on 100 pistettä (Mathuranath ym. 2000). Testin suorittaminen kestää noin 15–20 minuuttia ja se on havaittu validiksi ja luotettavaksi testiksi erottamaan muutokset erityisesti kognition heikentymisen aikaisessa vaiheessa (Mioshi ym. 2006).

Tietokoneella toteutettu testi *the Computer Assessment of Mild Cognitive Impairment (CAMCI)* on 20 minuuttia kestävä testipatteri, jossa arvioidaan tarkkaavaisuutta, toiminnanohjausta, prosessointinopeutta, kielellistä ja visuaalista muistia, työmuistia sekä mieleen palauttamista (Saxton ym. 2009, Tierney ym. 2014). Testipatteri on havaittu herkäksi (86 %) ja tarkaksi (94 %) lievän kognition heikentymän erottamisessa ikääntyneillä ja toimii näin ollen luotettavampana kognition muutoksen mittarina kuin yleisesti käytössä oleva MMSE-testi (Saxton ym. 2009).

*Cognitive Telephone Screening Instrument (COGTEL)* testipatteri on yleistä kognition tasoa arvioiva mittari, joka voidaan toteuttaa joko kasvotusten tai puhelimitse (Kliegel ym. 2007). Testipatterissa arvioidaan prospektiivista muistia, lyhytaikaista ja pitkäkestoista muistia sekä työmuistia, kielellistä sujuvuutta sekä päättelykykyä ja testin suoritus vie aikaa alle 15 minuuttia (Kliegel ym. 2007). COGTEL-testipatteri on todettu luotettavaksi ( $r=0,85$ ) ja validiksi yleistä kognition tasoa arvioivaksi mittariksi terveillä ikääntyneillä (Ihle ym. 2017) ja vastaavia tuloksia on havaittu myös henkilöillä, joilla kognitio on heikentynyt (Alexopoulos ym. 2020). COGTEL-testipatterin kokonaistulos korreloi hyvin MMSE-testin kanssa ( $r=0,65$ ) sisältäen kuitenkin laajemmin kognition eri osa-alueita ja erottaen tarkemmin yksilölliset suoritukset (Ihle ym. 2017).

*Mini-Mental State Examination (MMSE)* on alun perin kehitetty kognition heikentymisen ja dementian nopeaan arviointiin ja seulontaan (Folstein ym. 1975). Testin suorittaminen vie noin 10 minuuttia ja testin kokonaispistemäärä vaihtelee 0–30 pisteen välillä (Folstein ym. 1975). Testi soveltuu erityisesti dementiavaiheen muistisairauden arviointiin ja seulontaan, sillä sen kattoefekti heikentää testin herkkyyttä erottaa kognition muutoksia terveillä ikääntyneillä tai henkilöillä, joilla kognitio on vain lievästi heikentynyt (de Jager ym. 2009, Hoops ym. 2009). Lisäksi testin luotettavuus on havaittu heikoksi uusintamittauksissa ikääntyneillä, joilla ei ole

dementiaa (Olin & Zelinski 1991). Vaikka MMSE-testin on todettu soveltuvan dementian seulontaan, on dementiaa sairastavien havaittu joissakin tilanteissa suoriutuvan testistä maksimipisteillä (Shiroky ym. 2007). Tämä kyseenalaistaa testin luotettavuutta myös sen suhteen, miten hyvin MMSE-testi havaitsee kognition muutoksia lievässä dementiassa. Lähtökohtaisesti heikomman herkkyyden ja luotettavuuden vuoksi MMSE-testi valikoitui meta-analyysiin tapauksissa, joissa vaihtoehtoista testiä tai testipatteria yleisen kognition arvioimiseksi ei ollut saatavilla.

#### 4.2.2 Toiminnanohjaus

Hyvin yleisesti toiminnanohjausta arvioivana testinä on käytetty *Trail Making Test* -mittaria (TMT), jossa A-osan on todettu mittaavan ennen kaikkea prosessointinopeutta ja B-osan toiminnanohjausta. TMT-B on vaativampi osa testistä, jossa arvioidaan erityisesti työmuistia, inhibition kontrollia, kognitiivista joustoa ja huomion siirtämistä tehtävästä toiseen (Llinàs-Reglà ym. 2017). Testi on alun perin ollut osa laajempaa neuropsykologista Halstead-Reitan testipatteria (Horton 2008). Testissä tulee yhdistää ympyröityjä numeroita ja kirjaimia vuorotellen numero- ja aakkosjärjestyksessä kynää nostamatta mahdollisimman nopeasti ja testin maksimiaika on yleensä 300 sekuntia (Bowie & Harvey 2006). Testin suoritusajassa on otettu mahdolliset virheet huomioon, sillä virheen ilmaantuessa testin valvoja palauttaa suorituksen viimeisimpään oikein tehtyyn kohtaan, josta testin tekijä jatkaa suoritusta (Bowie & Harvey 2006). Joissakin tutkimuksissa toiminnanohjausta on mitattu A- ja B-testiosien tulosten erotuksella (B-A) tai näiden suhdeluvulla (B/A) (Arbuthnott & Frank 2000).

*Stroop Color Word Test (SCWT)* on yksi vanhimmista ja käytetyimmistä neuropsykologisista testeistä, jonka avulla voidaan arvioida tarkkaavaisuutta ja inhibitiota (Stroop 1935). Testissä on tarkoituksena lukea sanoissa näkyvä väri oikein mahdollisimman nopeasti, kun osa sanoista on kirjoitettu eri värillä kuin mitä kirjaimet edustavat (Scarpina & Tagini 2017). Stroop-efektillä tarkoitetaan viivästynyttä reaktiota, joka ilmenee ristiriitaisesta vasteesta kirjainten värin ja sanan kuvaileman värin välillä (Macleod 1991). Testistä on useita eri versioita ja pisteytystapoja, joista Goldenin värisana-testin versio on standardoitu (Golden 1978 Bondi & Serody 2002 mukaan). Siinä otetaan huomioon 45 sekunnin aikana oikein nimettyjen sanojen



ja värien määrä (Scarpina & Tagini 2017). Testin on havaittu olevan soveltuva lievemmänkin dementian arvioimisessa (Bondi & Serody 2002).

Tietokoneella itsenäisesti suoritettava *CogState*-testipatteri pitää sisällään useita eri testejä pelien muodossa arvioiden samalla kognition eri osa-alueita (Darby ym. 2014). Testipatteri mittaa erikseen toiminnanohjausta ja visuaalista oppimista (The Groton Maze Learning Test), reaktionopeutta ja psykomotorista nopeutta (The Detection Task), tarkkaavaisuutta (The Identification Task), tunnistamista, oppimista ja muistia (The One Card Learning), työmuistia (The One Back Task) sekä visuaalista oppimista ja episodista muistia (The Continuous paired associate learning task) (Darby ym. 2014). Toiminnanohjausta arvoivassa testissä tarkoituksena on löytää 10 x 10 ruudukosta oikeiden ruutujen kautta oikea polku lähtöviivalta maaliin (CogState 2021). Ensimmäisen suorituksen jälkeen testi aloitetaan alusta ja tarkoituksena on muistaa oikea polku maaliin. Testipatteri on havaittu validiksi ja luotettavaksi kognition testauksessa ikääntyneillä, lievän kognition heikentymässä sekä Alzheimerin tautia sairastavilla (Lim ym. 2013), vaikkakin osassa testeistä on todettu oppimisen vaikutuksen mahdollisuus (Darby ym. 2014, de Jager ym. 2009, Fredrickson ym. 2010, Maruff ym. 2013). Joissakin tutkimuksissa saatetaan testipatteria hyödyntää myös yleisen kognition mittaukseen, jolloin testipatterista tulee laskea kaikki osatestien suoritukset yhdistävä tulos (Koyama ym. 2015).

*The Frontal Assessment Battery (FAB)* on lyhyt toiminnanohjausta mittaava testipatteri, jossa kuuden osatestin suorituksesta voidaan laskea yksi otsalohkon toimintaa mittaava arvo (Arvanitakis ym. 1999 Appollonio ym. 2005 mukaan). Jokaisen osatestin maksimipistemäärä on 3 pistettä ja testin kokonaispistemäärä vaihtelee 0–18 pisteen välillä suuremman pistemäärän osoittaessa parempaa suoriutumista testistä (Appollonio ym. 2005). Testin raja-arvoja on tutkittu ja luotettavuus todettu tyydyttäväksi kognitiossa tapahtuvien muutosten osoittamisessa (Appollonio ym. 2005).

### **4.2.3 Muut mittarit**

Tarkoituksena oli löytää ne työssä huomioitujen tulosmuuttujien mittarit, jotka mittaavat samaa asiaa ja ovat siten yhdistettävissä samaan tilastolliseen analyysiin. Sen vuoksi prioriteettilistan

ulkopuolelle jätettiin kolme testiä. *Mental Status in Neurology (MSN)* testistä ei ollut saatavilla maksutonta kuvausta, minkä vuoksi testin soveltuvuudesta, validiteetistä ja luotettavuudesta ei saatu riittävää tietoa testin sisällyttämiseksi analyysiin. *Verbal Fluency (VF)* testi liittyy sanasujuvuuteen ja mittaa kykyä tuottaa sanoja tietyssä rajatussa ajassa (Lezak ym. 2004 Nutter-Upham ym. 2008 mukaan). Phonemic Verbal Fluency -osuudessa (PVF) tarkoitus on tuottaa sanoja annetulla alkukirjaimella, mistä käytetään myös nimitystä Letter Fluency (LF) (Nutter-Upham ym. 2008). Verbal Fluency -testissä on lisäksi niin sanottu luokkaosuus (category fluency), johon liittyy sanojen keksimistä annetun luokan mukaan (Nutter-Upham ym. 2008). Vaikka testi on todettu herkäksi ja tarkaksi erityisesti Alzheimerin taudissa (Cerhan ym. 2002, Monsch ym. 1992) ja sitä käytetään sekä kielellisyyden että toiminnanohjauksen arvioinnissa (Nutter-Upham ym. 2008), on testin havaittu painottuvan enemmän kielellisyyden mittaamiseen (Whiteside ym. 2016). Siksi sitä ei huomioitu tässä pro gradu -työssä toiminnanohjauksen testinä. *Cognitive Timed Up & Go (TUG-Cog)* testillä on havaittu yhteys moneen kognition osa-alueen suoritustasoon, jolloin heikompi suoritus TUG-testillä on yhteydessä heikompaan suoriutumiseen yleisen kognition, toiminnanohjauksen ja muistiin liittyvien arviointitestien osalta (Donoghue ym. 2012). Kyseinen testi ei kuitenkaan suoraan mittaa yleisen kognition tai toiminnanohjauksen tasoa, minkä vuoksi TUG-Cog testiä ei huomioitu tämän pro gradun tulomuuttujien prioriteettilistassa.

### **4.3 Analyysimenetelmät**

#### **4.3.1 Harhan riskin arviointi**

Tutkimusten harhan riskiä arvioitiin tulomuuttujakohtaisesti Excel-pohjaisen Cochrane risk of bias 2 -työkalun avulla (Sterne ym. 2019) itsenäisesti kahden eri henkilön toimesta ja mahdolliset ristiriidat ratkaistiin arvioitsijoiden kesken yhteisymmärryksen saavuttamiseksi. Arvioinnissa huomioitiin tutkimuksissa käytetty satunnaistamismenetelmä, ryhmiin jaon salassapito, ryhmien väliset erot, osallistujien ja mittaajien sokkouttaminen, mahdolliset poikkeamat suunnitelluista interventioista, puuttuvan aineiston osuus, mittausten menetelmien soveltuvuus sekä valikoiva raportointi (Higgins ym. 2019). Jokainen kysymyskohta sisältää valinnat korkeasta (punainen väri), epäselvästä (keltainen väri) tai matalasta harhan riskistä

(vihreä). Työkalu laskee myös kokonaisarvion harhan riskin tasosta, joka huomioi kaikki arvioidut osa-alueet.

### 4.3.2 Meta-analyysi

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta selvitettiin toteuttamalla meta-analyysi RevMan 5.4 -ohjelmalla (Review Manager 2020). Meta-analyysiin sisällytettiin ne alkuperäistutkimukset, joista oli saatavissa riittävä aineisto analyysin toteuttamiseksi. Tulosmuuttujakohtaiset tulokset valikoitiin aiemmin kuvatun prioriteettilistan mukaisesti. Lisäksi yleistä kognitiota arvioivien tulosten tuli olla esitetty summapistemuuttujana, jotta sen analysointi meta-analyysissä onnistuisi mahdollisimman yhtenäisesti eri alkuperäistutkimusten muuttujat huomioiden.

Meta-analyysissä huomioitiin intervention jälkeinen kvantitatiivinen mittaustulos keskiarvona (mean) ja keskihajontana (SD) sekä mittauksen aikainen osallistujamäärä (n). Mikäli tuloksen hajonta oli kuvattu keskivirheenä (SE), muutettiin se keskihajonnaksi RevMan 5.4 -ohjelman laskimella. Mediaaneina (median), kvartaaliväleinä (interquartal range, IQR) tai luottamusväleinä (confidence interval, CI) kuvatuista arvoista laskettiin keskiarvot ja keskihajonnat näihin sopivilla yhtälöillä (Hozo ym. 2005). Tarvittaessa muutettiin myös testituloksen suunta vallitsevan suunnan mukaiseksi kertomalla muutettava tulos arvolla -1. Positiivisen suunnan mittarissa suurempi tulos osoitti parempaa kognitiivista suoriutumista, ja puolestaan negatiivisen suunnan mittarissa pienempi tulos kuvasi parempaa kognitiivista suoriutumista.

Mikäli meta-analyysiin sisällytetyssä tutkimuksessa oli useampia vertailuryhmiä, huomioitiin alkuperäistutkimus analyysissä kahteen kertaan ja samalla tutkimuksen vaikutus tulokseen tasapainotettiin puolittamalla interventioryhmän osallistujamäärä. Jos interventioryhmän osallistujia oli pariton määrä, jaettiin osallistujat mahdollisimman tasan niin, että toisessa ryhmässä huomioitiin yksi enemmän kuin toisessa. Samalla tarkistettiin, ettei jakopäätös vaikuttanut tulokseen.

Meta-analyysillä selvitettiin tilastollinen voimakkuus (effect size) ja verrattiin tutkittujen tulosmuuttujien standardoituja keskiarvoeroja (standardized mean difference, SMD) random effects -mallilla, joka huomioi alkuperäistutkimusten välisen heterogeenisyyden (Deeks ym. 2021, Lin ym. 2017). Vaikutuksen suuruus arvioitiin pieneksi (SMD 0,20), kohtalaiseksi (SMD 0,50) tai suureksi (SMD 0,80) (Cohen 1992). Jokaisesta mukaan otetusta alkuperäistutkimuksesta arvioitiin tutkimuksen vaikutuksen estimaatit ja luottamusvälit (LV) sekä tilastollinen heterogeenisuus ( $I^2$ ) meta-analyysin metsäkuviolla (forest plot). Tilastollista heterogeenisyyttä arvioitiin Deeks ym. (2021) mukaan seuraavasti: 0–40 % ei liene merkittävä, 30–60 % lienee kohtalainen, 50–90 % lienee merkittävä ja 75–100 % on erittäin merkittävä tilastollinen heterogeenisuus.

Tutkimusten välistä tilastollista heterogeenisyyttä pyrittiin vähentämään toteuttamalla alaryhmäanalyysit ensisijaisesti kohderyhmittäin kognition lähtötason mukaan (normaali kognition taso, MCI tai dementia). Normaaliin kognitioon kuuluivat tutkimukset, joihin oli sisäänotto- tai poissulkukriteerien perusteella valikoitunut henkilöitä ilman kognitiivista heikentymää. Lievän kognition heikentymässä sisäänottokriteerinä tuli olla mainittu MCI tai tulosmuuttujana käytetyn yleisen kognition mittarin lähtöarvo oli normaalin kognition raja-arvojen alapuolella (MoCA < 26 p., ACE-III < 88 p.). Dementia luokassa analysoitiin ne tutkimukset, joiden osallistujilla oli lääkärin tekemä diagnoosi dementiasta.

Tulosten pitävyyttä testattiin sensitiivisyysanalyysien avulla poissulkemalla ne alkuperäistutkimukset, joiden harhan riski oli kokonaisarvioltaan korkea. Lisäksi tarkasteltiin yksittäisten alkuperäistutkimusten vaikutusta tuloksiin yksitellen tutkimuksia analysistä poissulkemalla. Mahdollista julkaisuharhaa arvioitiin suppilokuvion (funnel plot) avulla tulosmuuttujakohtaisesti (Egger ym. 1997).

### **4.3.3 Näytönasteen arviointi**

Tulosten näytönastetta arvioitiin GRADE-yhteistyöryhmän suositusten mukaisella tavalla tulosmuuttujakohtaisesti (Duodecim 2019b, Guyatt ym. 2011a, Schünemann ym. 2013, Schünemann ym. 2019). GRADE-arviossa huomioitiin viisi osa-aluetta, jotka vaikuttavat

näytönasteen tasoon: alkuperäistutkimusten harhan riski, tulosten epäyhtenäisyys, epäsuoruus ja epätarkkuus sekä julkaisuharha (Guyatt ym. 2011b). Näytönasteen tasot on kuvattu asteikolla erittäin heikko, heikko, kohtalainen tai korkea (Balslem ym. 2011). Satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten näytönasteen taso arvioidaan lähtökohtaisesti korkeaksi, mutta aste voi laskea, mikäli edellä kuvatuissa osa-alueissa havaitaan puutteita tai heikkouksia.

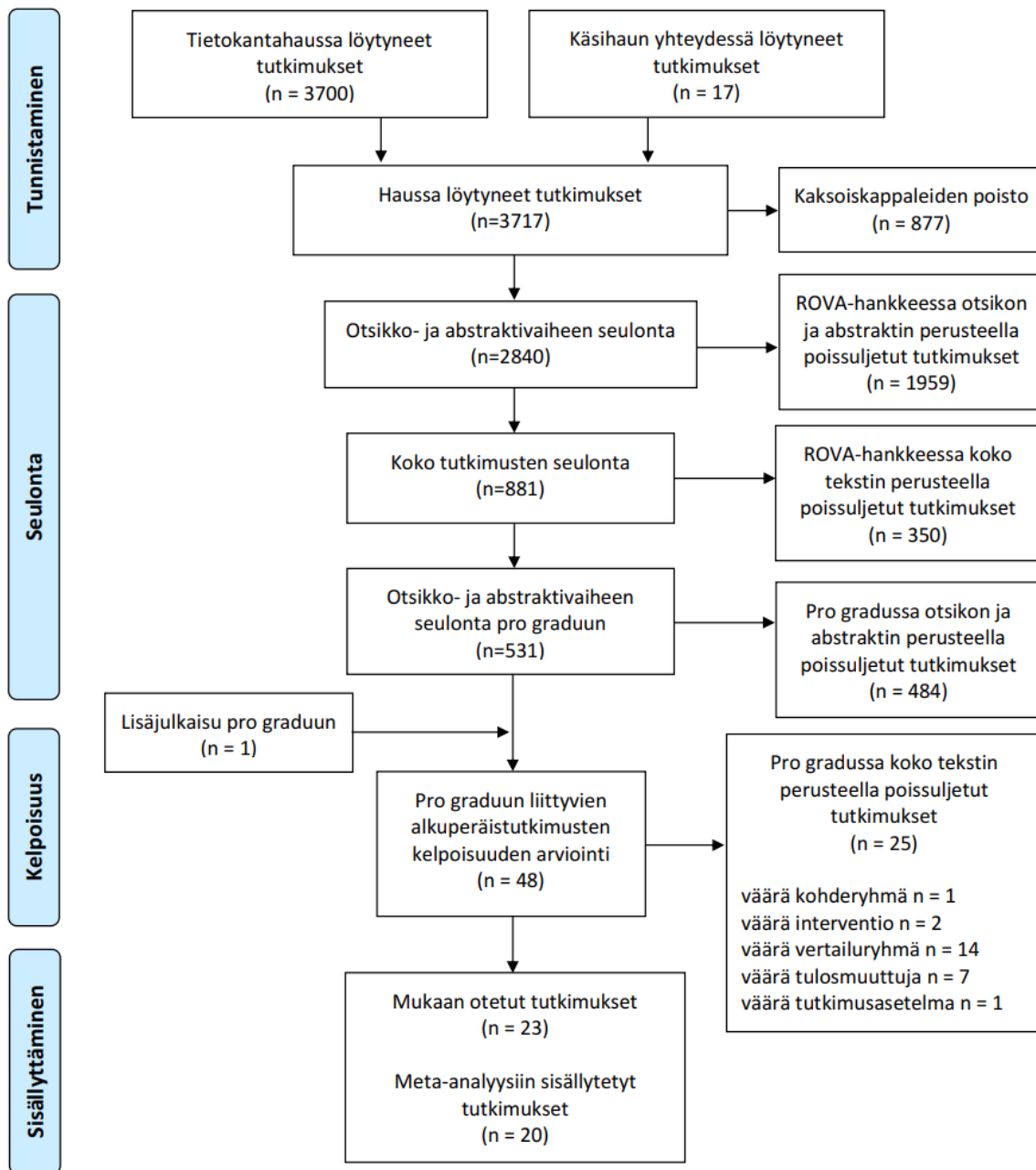
## 5 TULOKSET

### 5.1 Mukaan otettujen tutkimusten kuvaus

ROVA-hankkeen alkuperäistutkimusten kirjallisuushaku tuotti yhteensä 3717 viitettä, joista kaksoiskappaleiden poiston jälkeen jäi seulottavaksi 2840 viitettä. Otsikko- ja abstraktivaiheen jälkeen jäi tarkasteltavaksi 881 tutkimusta, joista ROVA-hankkeen poissulkukriteereillä suljettiin pois 350 tutkimusta. Jäljelle jääneet 531 tutkimusta arvioitiin uudelleen tämän pro gradu -työn PICOS-kriteerien mukaisesti. Pro gradun otsikko- ja abstraktivaiheen seulonnassa suljettiin pois 484 tutkimusta, jolloin tutkimuksen kelpoisuuden arviointiin jäi 47 tutkimusta. Yksi lisäjulkaisu löytyi myöhemmin kirjallisuushaun jälkeen, minkä vuoksi koko tekstin kelpoisuutta arvioitiin lopulta 48 RCT-tutkimuksen osalta. Näistä sulkeutui pois 25 tutkimusta, sillä ne eivät täyttäneet pro gradun PICOS-kriteereitä (liite 6). Pro graduun soveltui sisäänottokriteerien mukaan kaikkiaan 23 alkuperäistutkimusta, jotka oli julkaistu vuosien 2010–2020 välisenä aikana. Näistä 20 tutkimusta huomioitiin meta-analyysissä. Koska edellä kuvattu lisäjulkaisu (Gouveia ym. 2020) ei löytynyt järjestelmällisen haun perusteella, arviotiin erikseen kyseisen tutkimuksen vaikutus meta-analyysin tuloksiin läpinäkyvyyden takaamiseksi. Lisäksi kaksi sisällytetyistä alkuperäistutkimuksista liittyi samaan RCT-tutkimukseen eri tulosmuuttujilla (Liao ym. 2019, Liao ym.2020). Alkuperäistutkimusten valintaprosessi on kuvattu PRISMA-vuokaaviona kuviossa 2.

Mukaan otettujen alkuperäistutkimusten tiedot on kuvattu tarkemmin taulukossa 1. Osallistujat olivat keskimäärin 60–87-vuotiaita ja naisia oli 18:ssa tutkimuksessa (78 %) enemmän kuin miehiä. Kognition taso vaihteli sisäänottokriteerien mukaan normaalista lievään kognition heikentymään tai dementiaan. Kolmessa alkuperäistutkimuksessa (Bacha ym. 2018, Gomes ym. 2018, Stanmore ym. 2019) osallistujien kognition taso jäi sisäänottokriteerien perusteella epäselväksi, mutta verratessa niissä käytettyjen kognitiotestien tuloksia normaaleihin raja-arvoihin havaittiin heillä olevan heikentynyt kognitio. Yhteen alkuperäistutkimukseen hyväksyttiin terveitä osallistujia, mutta taustatietojen perusteella osalla oli ilmeisesti MCI (Anderson-Hanley ym. 2012). Lisäksi toisessa alkuperäistutkimuksessa oli kognition taso arvioitu MMSE-testillä normaaliksi sisäänottokriteerien mukaisesti, mutta

interventiomittauksissa havaittiin MoCA-pisteiden jäävän normaalin raja-arvon alapuolelle (Htut ym. 2018). Edellä kuvatut alkuperäistutkimukset on huomioitu yhteenvetotaulukossa ja analyyseissä testitulosten perusteella lievän kognition heikentymän ryhmässä.



KUVIO 2. Satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten hakutulos ja valintaprosessi PRISMA-vuokaaviona kuvattuna.

Interventioyryhmissä toteutetussa harjoittelussa oli 18:ssä tutkimuksessa (78,3 %) hyödynnetty alhaisen immersion VR-teknologiaa ja neljässä (17,4 %) korkean immersion teknologiaa

virtuaalilasien muodossa. Yhdessä alkuperäistutkimuksessa (4,3 %) virtuaaliharjoittelun laitteistoa ei kuvattu lainkaan (Hwang & Lee 2017). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua toteutettiin kerrallaan 18–100 minuuttia, 1–5 kertaa viikossa yhteensä 3–24 viikon ajan. Harjoittelun intensiivisyys vaihteli kohtalaisesta rasittavaan tai osallistujan valitseman kuormitustason mukaan niissä tutkimuksissa, joissa harjoittelun intensiivisyys oli raportoitu. Interventioharjoittelun eteneminen riippui usein pelin etenemisestä ja pelitasojen vaikeutumisesta. Harjoittelun intensiteetti tai progressio oli useassa tutkimuksessa kuvattu kuitenkin melko heikosti.

Vertailuryhmänä hyödynnettiin tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta. Tavanomainen harjoittelu ja hoito liittyivät fyysiseen tai kognitiiviseen harjoitteluun tai näiden yhdistelmään. Ohjauksella tarkoitettiin terveyteen, fyysiseen aktiivisuuteen tai harjoitteiden toteutukseen liittyvää kirjallista tai suullista ohjausta. Tavanomaisen harjoittelun määrä vastasi VR-ryhmän toteutusta 15:ssä alkuperäistutkimuksessa. Muissa tutkimuksissa vertailuryhmän harjoittelu- tai ohjausmäärä oli pienempi tai sitä ei ollut kuvattu yhtä tarkasti kuin interventioryhmän toteutus. Interventio- ja vertailuryhmän harjoittelu toteutettiin joko yksilö- tai ryhmäharjoitteluna. Myös tavanomaisen harjoittelun intensiivisyys ja progressio oli kuvattu heikosti.

Alkuperäistutkimuksissa oli tarkasteltu joko yleistä kognitiota tai toiminnanohjausta tai molempia. Yleisimmin käytetyt mittarit olivat yleisen kognition osalta MoCA ja MMSE ja toiminnanohjauksen kohdalla TMT-B. Kuudessa alkuperäistutkimuksessa oli tutkittu harjoittelun vaikuttavuutta intervention jälkeisellä seurantamittauksella, joka vaihteli 4 viikosta 12 kuukauteen.

Tutkimuksen tapahtumapaikka oli raportoitu 18:ssä alkuperäistutkimuksessa (78 %) ja paikka vaihteli kotiympäristöstä senioreiden kuntosaliin, tutkimuslaboratorioon, sairaalaan, hyvinvointikeskukseen, hoivakoteihin, päiväkeskuksiin tai muihin yhteisön tiloihin. Päätulosten mukaan VR-harjoittelulla oli vaihtelevaa vaikutusta sekä yleisen kognition että toiminnanohjauksen edistämässä eri kognitiotason ryhmissä. Interventioiden todellinen vaikuttavuus tutkittiin tilastollisten meta-analyysien muodossa.



TAULUKKO 1. Yhteenvetotaulukko mukaan otetuista RCT-tutkimuksista.

Tutkimus	Kohderyhmä	Interventio (I)	Vertailuryhmä (V)	Tulosmuuttujat	Tapahtumapaikka ja seurantamittaus	Päätulokset	Rahoitus
<i>Normaalin kognition taso</i>							
Gouveia ym. 2020 Portugali RCT	Itsenäisesti asuvat terveet n=31 (37 satunnaistettu, 31 analysoitu) I: 67,6 (SD 5) vuotta V: 69,1 (SD 4,2) vuotta 22 N / 9 M (71 % / 29 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu + perinteinen fyysinen harjoittelu (Kinect V2). 2 x 45 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: kohtalaisesta rasittavaan. Progressio: riippui osallistujan koetusta kuormituksesta sekä pelissä suoriutumisesta. n=15	Perinteinen ryhmämuotoinen fyysinen harjoittelu. 2 x 45 min. / vko 12 viikkoa Intensiteetti: kohtalaisesta rasittavaan. Progressio: NI n=16	Kognitio: COGTEL	Senioreiden kuntosali. 4 viikon kohdalla seurantamittaus.	Sekä pelillistetty että perinteinen fyysinen harjoittelu edistivät yleistä kognitiota (COGTEL-yhteispisteet). Interventio-ryhmässä kehitystä havaittiin myös seuranta-aikana. Pelillistetty harjoittelu havaittiin hyödyllisemmäksi kognition edistämiseksi kuin pelkkä fyysinen harjoittelu.	Portugalilainen tieteen rahoitus-säätiö (Portuguese Foundation for Science and Technology) ja sveitsiläinen tieteen rahoitussäätiö (Swiss National Science Foundation).
Gschwind ym. 2015 Australia, Espanja, Saksa RCT (Rekisteröity: ACTRN12614000 096651)	Itsenäisesti asuvat (MCI poissuljettu) n=136 (153 satunnaistettu, 136 analysoitu) n. 74,7 (SD 6,3) vuotta 93 N / 60 M (61 % / 39 %)	Tasapainoon ja kognitioon perustuva pelillistetty harjoittelu + alaraajojen voimaharjoittelu + ohjeellinen (TV + Kinect). Tasapaino: 3 x 40 min./vko Voima: 3 x 15–20 min./vko 16 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: peleissä peliajan pidentäminen, tukipinnan pienentäminen, liikkeiden nopeuttaminen ja pelitasolla eteneminen. Voimaharjoittelussa toistomäärien ja sarjojen lisääminen sekä painojen kasvattaminen. n=71	Terveysteen ja kaatumisen ehkäisyyn liittyvä ohjeellinen. Jatkoivat tavanomaista fyysistä aktiivisuutta. Intensiteetti: NI Progressio: NI n=65	Toiminnanohjaus: TMT, VST, DSB, DSC	Kotona tapahtuva harjoittelu. Ei seurantamittausa.	Ryhmien välillä ei havaittu eroa kognition suorituskyvyssä, mutta enemmän harjoittelevat vaikuttivat hyötyvän interventiosta enemmän.	Euroopan Unioni, Australian kansanterveyden ja lääketieteen neuvosto, sekä Margarete ja Walter Lichtenstein Säätiö.

Taulukko jatkuu

Guimarães ym. 2018 Brasilia RCT (Rekisteröity: RBR-9erpzc)	Terveet ikäihmiset n=27 (36 satunnaistettu, 27 analysoitu) I: 60 (SD 4) vuotta V: 60,7 (SD 3,6) vuotta 16 N / 11 M (59 % / 41 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu (Xbox 360 Kinect). 3 x 60 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: kohtalainen. Progressio: portaittainen progressio, tarkempaa kuvausta ei saatavilla. n=13	Aerobinen harjoittelu (kävelymatto + pyöräergometri). 3 x 60 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: kohtalainen. Progressio: portaittainen progressio, tarkempaa kuvausta ei saatavilla. n=14	Kognitio: MMSE Toiminnanohjaus: CogState- testistöstä toiminnanohjausta mittaava testi	Laboratorio. Ei seuranta- mittausta.	Molemmissa ryhmissä havaittiin positiivisia vaikutuksia kognition eri osa- alueille. Tilastollisesti merkittävää eroa ei ryhmien välillä havaittu.	Santa Catarinan yliopisto.
Moreira ym. 2021 Brasilia RCT (Rekisteröity: RBR-97jm74)	Haurauden esiaste (alentunut kognitio poissulkukriteerinä) n=66 (99 satunnaistettu, 66 analysoitu) I: 70,8 (SD 4,5) vuotta V: 70,8 (SD 5,6) vuotta 66 N (100 %)	Fyysiseen harjoitteluun perustuva pelillistetty harjoittelu (Xbox 360 Kinect). 3 x 50 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: Borg- asteikolla 10–15. Progressio: eteneminen peliin mukaan. n=32	Perinteinen voima-, tasapaino- ja kestävyys- harjoittelu. 3 x 50 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: Borg- asteikolla 10–15. Progressio: voima- harjoittelun osalta painojen lisäys n. 3 % kehon painosta 1. viikon aikana, ja sen jälkeen porrasteisesti. n=34	Kognitio: MMSE Toiminnanohjaus: TMT	Tapahtumapaikkaa ei raportoida. Ei seuranta- mittausta.	Interventoryhmällä MMSE pistemäärä kasvoi, tiedon- käsittely nopeutui ja toiminnanohjaus (TMT-B) kehittyi tilastollisesti merkittävästi verrattuna perinteisen fyysisen harjoittelun ryhmään. Molemmissa ryhmissä virheiden määrä väheni.	Paranáns liittovaltion yliopisto ja CAPES Säätiö.
<b>Lievä kognition heikentymä (MCI)</b>							
Amjad ym. 2019 Pakistan RCT	MCI n=38 (44 satunnaistettu, 38 analysoitu) I: 62,8 (SD 5,1) vuotta V: 65,6 (SD 5,0) vuotta Sukupuolijakaumaa ei raportoida.	Fyysiseen aktiivisuuteen ja kognitioon perustuva pelillistetty harjoittelu (Xbox 360 Kinect). 5 x 25–30 min./vko 6 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: pelien mukaan. n=20	Perinteinen liikkuvuus- harjoittelu. 5 x 25–30 min./vko 6 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=18	Kognitio: MoCA, MMSE Toiminnanohjaus: TMT	Sairaala ympäristö terapeutin valvomana. Ei seuranta- mittausta.	Pelillistetty harjoittelu kehitti kognitiota ja toiminnanohjausta tavanomaista liikkuvuus- harjoittelua tehokkaammin.	Mahdolliset rahoittajat Riphah kuntoutusopisto, Atta-ur-Rahman ammattikorkea- koulu, Tieteen ja teknologian kansallinen yliopisto ja alueen yleissairaala.

Taulukko jatkuu

Anderson-Hanley ym. 2012 Yhdysvallat C-RCT (Rekisteröity: NCT01167400)	Ilmeisesti sekä MCI että terveitä mukana, itsenäisesti asuvat n=79 I: 75,7 (SD 9,9) vuotta V: 81,6 (SD 6,2) vuotta 62 N / 17 M (78 % / 22 %)	Kyberpyöräily (Sisäpyörä + 3D virtuaalinäkymä). Vähitellen 5 x 45 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: intervention puolivälissä ylläpidettävä intensiteettitaso 60 % HRR. Progressio: harjoittelun määrää ja toistumistiheyttä vähitellen lisäten. n=38	Sisäpyöräilyharjoittelu Vähitellen 5 x 45 min./vko, 12 viikkoa Intensiteetti: intervention puolivälissä ylläpidettävä intensiteettitaso 60 % HRR. Progressio: harjoittelun määrää ja toistumistiheyttä vähitellen lisäten. n=41	Toiminnanohjaus: Stroop C, DSB, CTT	Itsenäisesti asuvien eläkeläisten yhteisö. Ei seuranta-mittausta.	Kyberpyöräharjoittelu edisti kognitiivista toimintaa perinteistä sisäpyöräilyharjoittelua enemmän.	Robert Wood Johnson Säätiö sekä korkeakoulut Union College ja Skidmore College.
Bacha ym. 2018 Brasilia RCT (Rekisteröity: RBR-4z4f48)	Itsenäisesti asuvat (MoCA lähtötaso < 26 p.) n=46 n. 69,3 (SD 5,3) vuotta 34 N / 12 M (74 % / 26 %)	Kehon liikkeitä hyödyntävä Kinect harjoittelu (Xbox 360 Kinect) 2 x 60 min./vko 7 viikkoa Intensiteetti: kohtalainen. Progressio: pelitasojen etenemisen ja osallistujan aiemman suorituksen mukaan. n=23	Tavanomainen fysioterapia 2 x 60 min./vko 7 viikkoa Intensiteetti: kohtalainen. Progressio: NI n=23	Kognitio: MoCA	Yliopistollinen sairaala. 4 viikon seuranta-mittaus.	Kognitio kehittyi molemmissa ryhmissä, mutta ryhmien välistä eroa ei havaittu.	Rekisterin mukaan rahoittajina São Paulon lääketieteellinen yliopisto ja CAPES Säätiö.
Delbroek ym. 2017 Belgia RCT	MCI n=17 (20 satunnaistettu, 17 analysoitu) I: 86,9 (SD 5,6) vuotta V: 87,5 (SD 6,6) vuotta 13 N / 7 M (65 % / 35 %)	Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu + tavanomainen hoito (BioRescue). 2 x 18–30 min./vko 6 viikkoa Intensiteetti: harjoittelukerta koostui useista 3 minuutin harjoituksista. Rasituksen tasoa ei kuvata. Progressio: vähitellen harjoitteluaikaa lisäten 18 minuutista 30 minuuttiin. n=8	Tavanomainen hoito (hoidon sisältöä ei tarkemmin raportoida). 6 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=9	Kognitio: MoCA	Harjoittelu hoivakodeissa terapeutin valvomana. Ei seuranta-mittausta.	BioRescue-harjoittelu tavanomaisen hoidon lisäksi ei ollut tehokkaampaa kuin pelkkä tavanomainen hoito.	NI

Taulukko jatkuu

Gomes ym. 2018 Brasilia RCT (Rekisteröity: RBR-823rst)	Hauraat tai haurauden esiaste (MoCA lähtötaso < 26 p.) n=30 n. 84 (SD 6) vuotta 28 N / 2 M (93 % / 7 %)	Vuorovaikutteinen motorista ja kognitiivista taitoa vaativa videopeliharjoittelu (Nintendo Wii Fit Plus). 2 x 50 min./vko 7 viikkoa  Intensiteetti: pelien kognitiivinen ja motorinen taso vaihteli (A ja B sarjan pelit). Kuormitustasoa ei raportoida. Progressio: NI n=15	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva ohjeellinen. Intensiteetti: NI Progressio: NI n=15	Kognitio: MoCA	Geriatrinen poliklinikka. 30 päivän seurantamittaus.	Vuorovaikutteinen videopeliharjoittelu ei ollut tavanomaista ohjausta tehokkaampaa kognition edistämässä.	Ei ulkopuolista rahoitusta.
Hughes ym. 2014* Yhdysvallat RCT	MCI n=20 (CAMCI-testin osalta n=19) n. 77,4 (SD 5,8) vuotta 14 N / 6 M (70 % / 30 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva vuorovaikutteinen videopeliharjoittelu (Nintendo Wii). 1 x 90 min./vko 24 viikkoa  Intensiteetti: Pelaaminen yläraajoja ja/tai vartalon liikkeitä hyödyntämällä. Ohjauksen alussa osallistujat saivat lyhyen terveysvalistuksen (10–15 min.), loppuaika käytettiin videopeliharjoitteluun (75– 80 min). Kuormituksen tasoa ei raportoida. Progressio: viikolla 7 uusien pelien käyttöönotto. Viikoilla 10 ja 20 Wii- turnaus osallistujien kesken. n=10	Terveysvalistus. 1 x 90 min./vko 24 viikkoa  Intensiteetti: NA Progressio: viikoilla 10 ja 20 pidettiin leikkimielinen tietovisakilpailu osallistujien kesken tehostamaan terveyteen liittyvän tiedon mielessä pitämistä. n=10	Kognitio: CAMCI, CSRQ	Paikallinen seurakunta / kirkko. 12 kuukauden kohdalla seuranta- mittaus.	Peliharjoitteluryhmässä kognitio parani, mutta ryhmien välistä tilastollista eroa ei havaittu.	Ikääntymisen tutkimuksesta vastaava keskus (National Institute of Aging) Yhdysvaltain terveysvirastossa (National Institute of Health eli NIH).

Taulukko jatkuu

Htut ym. 2018 Thaimaa RCT (Rekisteröity: NCT03118414)	Hoivakodeissa asuvat ikäihmiset (MMSE-testin perusteella normaali kognition taso, MoCA-testin perusteella MCI) n=84, (passiivinen vertailuryhmä poissulkemalla n=63) n. 75,8 (SD 5,2) vuotta 37 N / 47 M (44 % / 56 %)	Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu, joka perustuu ylä- ja alaraajojen liikkeisiin sekä tasapainoharjoitteluun (Xbox 360). 3 x 30 min./vko 8 viikkoa Intensiteetti: pelikertaan sisältyi 6 eri peliä. Kuormitustasoa ei raportoida. Progressio: pelitasojen etenemisen mukaan. n=21	Fyysinen harjoittelu. 3 x 30 min./vko, 8 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: kuormituksen tai vastuksen lisääminen tai tukipinnan pienentäminen 4 viikon jälkeen. n=21  Aivoharjoittelu (lauta- ja korttipelit). 3 x 30 min./vko, 8 viikkoa Intensiteetti: 10 min./ peli. Progressio: paripelaamisesta ryhmäpelaamiseen. n=21  Passiivinen kontrolli ilman harjoittelua. n=21	Kognitio: MoCA, TUG-Cog	Hoivakodit. Ei seuranta- mittausta.	VR-harjoittelu ja aivo- harjoittelu edistivät yleistä kognitiota (MoCA) enemmän kuin fyysinen harjoittelu tai passiivinen kontrolli.	Norjan hallinnon ja Mahidolin yliopiston yhteistyönä.
Hwang & Lee 2017 Etelä-Korea RCT	MCI n=24 I: 74,2 (SD 6,1) vuotta V: 70,2 (SD 5,4) vuotta 17 N / 7 M (71 % / 29 %)	Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu (laitteistosta ei tietoa). 5 x 30 min./vko 4 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=12	Tavanomainen toimintaterapia. 4 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=12	Toiminnanohjaus / tarkkaavaisuus: (Stroop) Word Color Test (WCT)	Hyvinvointikeskus. Ei seuranta- mittausta.	VR-harjoittelu oli tavanomaista toimintaterapiaa tehokkaampi kognition kehittämisessä.	NI

Taulukko jatkuu

Liao ym. 2019** Taiwan RCT (Rekisteröity: TCTR201805310 01)	MCI n=34 (42 satunnaistettu, 34 analysoitu) I: 75,5 (SD 5,2) vuotta V: 73,1 (SD 6,8) vuotta 23 N / 11 M (68 % / 32 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen ja kognitioon perustuva VR- harjoittelu (Microsoft Kinect + virtuaalilasit HTC VIVE). 3 x 60 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: fyysistä harjoittelua 40 min. ja kognitiivista 20 min., kuormitustasosta ei raportoida. Progressio: pelitasojen etenemisen mukaan. n=18	Tavanomainen yhdistetty fyysinen ja kognitiivinen harjoittelu perustuen ACSM-suositukseen ikäntyneille. 3 x 60 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: 50–75 % maksimisykkeestä, Borgin asteikolla 13–14. Progressio: vastuksen, toistomäärien ja liikkeen laajuuden kasvattaminen, lähtöasentojen ja alustojen vaihdolla vaikeuttaminen. n=16	Toiminnanohjaus: TMT, SCWT	Tapahtumapaikkaa ei raportoida. Ei seuranta- mittausta.	Virtuaalitodellisuus oli perinteistä fyysistä ja kognitiivista yhdistelmä- harjoittelua tehokkaampi TMT- B testissä. Molemmissa ryhmissä havaittiin kehitystä SCWT-testin suhteen.	Tieteen ja teknologian ministeriö.
Liao ym. 2020 Taiwan RCT (Rekisteröity: TCTR201810010 01)	MCI n=34 (42 satunnaistettu, 34 analysoitu) I: 75,5 (SD 5,2) vuotta V: 73,1 (SD 6,8) vuotta 23 N / 11 M (68 % / 32 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen ja kognitioon perustuva VR- harjoittelu (Microsoft Kinect + virtuaalilasit HTC VIVE). 3 x 60 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: fyysistä harjoittelua 40 min. ja kognitiivista 20 min., kuormitustasosta ei raportoida. Progressio: pelitasojen etenemisen mukaan. n=18	Tavanomainen yhdistetty fyysinen ja kognitiivinen harjoittelu perustuen ACSM-suositukseen ikäntyneille. 3 x 60 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: 50–75 % maksimisykkeestä, Borgin asteikolla 13–14. Progressio: vastuksen, toistomäärien ja liikkeen laajuuden kasvattaminen, lähtöasentojen ja alustojen vaihdolla vaikeuttaminen. n=16	Kognitio: MoCA  Toiminnanohjaus: EXIT-25	Tapahtumapaikkaa ei raportoida. Ei seuranta- mittausta.	Molemmissa harjoittelu- ryhmissä havaittiin kognition, toiminnanohjauksen ja verbaalisen muistin kehittymistä. Ryhmien välistä eroa ei havaittu.	Tieteen ja teknologian ministeriö.

Taulukko jatkuu

Optale ym. 2010 Italia Pilotti-RCT	Heikentynyt muisti n=31 (36 satunnaistettu, 31 analysoitu) Mediaani-ikä 80 vuotta 24 N / 12 M (67 % / 33 %)	VR-muistiharjoittelu + tarinankerronnalliset kuuloharjoitteet + virkistysaktiviteetit (virtuaalilasit HMD V6). Aloitusjakso 3 kuukautta: 3 x 30 min./vko Tehostejakso 3 kuukautta: 2 x 30 min./vko Yhteensä 6 kuukautta Intensiteetti: Alkujaksolla joka toinen viikko VR- harjoittelua ja joka toinen kuuloharjoittelua. Tehostejaksolla kumpaakin harjoittelumuotoa kerran viikossa. Kuormitustasosta ei tarkempaa tietoa. Progressio: pelin vaikeutuminen etenemisen mukaan. n=15	Musiikkiterapia + virkistysaktiviteetit (esim. lukeminen ja maalaus). Aloitusjakso 3 kuukautta: 3 x 30 min./vko Tehostejakso 3 kuukautta: 2 x 30 min./vko Yhteensä 6 kuukautta Intensiteetti: NI Progressio: NI n=16	Kognitio: MMSE, MSN Toiminnanohjaus: CET, DTP, PVF	Hoivakodit. Ei seuranta- mittausta.	Interventioharjoittelulla havaittiin olevan suurempi vaikutus yleiseen kognitioon ja muistiin verrattuna musiikki- terapiaryhmään, joiden tulokset progressiivisesti heikkenivät. Toiminnanohjauksen osalta muutokset olivat pieniä.	Consortio Sociale CPS ja Eugeno Medea tiede- instituutti.
Park ym. 2020 Etelä-Korea RCT	MCI n=35 (40 satunnaistettu, 35 analysoitu) I: 75,8 (SD 8,5) vuotta V: 77,2 (SD 7,2) vuotta 18 N / 17 M (51 % / 49 %)	Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä kognitiivis- motorinen harjoittelu (MOTOCOG R - järjestelmä). 5 x 30 min./vko 6 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=18	Tavanomainen kognitiivinen kuntoutus (esim. palapeliharjoittelu ja korttipelit). 5 x 30 min./vko 6 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: kokenut toimintaterapeutti määritteli sopivan vaikeustason vastaamaan osallistujan kognitiivista tasoa. n=17	Kognitio: MoCA Toiminnanohjaus: TMT, DST	Tapahtumapaikkaa ei raportoida. Ei seuranta- mittausta.	VR-harjoittelu kehitti kognitiota tavanomaista kognitiivista harjoittelua tehokkaammin. Lisäksi kiinnostus ja motivaatio oli suurempaa interventio- ryhmässä kuin vertailu- ryhmässä.	Etelä-Korean kansallinen tutkimussäätiö ja opetusministeriö.

Taulukko jatkuu

Stanmore ym. 2019 Iso-Britannia C-RCT (Rekisteröity: NCT02634736)	Tuettu asuminen (ACE-III lähtötaso < 88 p.) n=92 (106 satunnaistettu, 92 analysoitu), 18 palvelutaltoa mukana. I: 77,8 (SD 10,2) vuotta V: 77,9 (SD 8,9) vuotta 83 N / 23 M (78 % / 22 %)	Ylä- ja alaraajaharjoitteluun perustuva pelillistetty harjoittelu + Tavanomainen hoito kuten vertailuryhmässä (Microsoft Kinect). 3 x 30 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: pelin mukaan. Progressio: pelin mukaan esim. peliaikaa tai vaikeampaa pelitasoa pelaamalla. n=49	Fysioterapeuttinen ohjeistus ja kirjalliset OTAGO-ohjeet + kaatumisen ehkäisyyn liittyvä ohjekirjanen. 3 kertaa viikossa 12 viikkoa Intensiteetti: kolme ennakkoon valittua OTAGO-liikettä suoritettiin viikoittain. Tarkempaa kuormitus-tasoa ei raportoida. Progressio: NI n=43	Kognitio: ACE-III	Tuetun asumisen ympäristö. Ei seuranta-mittausta.	Interventioharjoittelulla ei havaittu tavanomaista ohjausta suurempaa vaikutusta kognitioon.	Iso-Britannian innovaatiotoimisto Innovate UK sekä lääketieteelliseen tutkimusneuvosto (Medical Research Council).
Thapa ym. 2020 Etelä-Korea RCT (Rekisteröity: UMIN000040107)	MCI n=66 (68 satunnaistettu, 66 analysoitu) n. 72,5 (SD 5,3) vuotta 52 N / 16 M (76 % / 24 %)	Virtuaalidellisuutta hyödyntävä harjoittelu + terveyteen liittyvä ohjeistus (Virtuaalilasit Oculus). VR: 3 x 100 min./vko Ohjeistus: 1 x 30–50 min./vko, 8 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=33	Terveyteen liittyvä ohjeistus. 1 x 30–50 min./vko 8 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=33	Kognitio: MMSE-DS  Toiminnanohjaus: TMT, SDST	Tapahtumapaikkaa ei raportoida. Ei seuranta-mittausta.	VR-harjoittelu ja terveysohjaus havaittiin pelkkää terveys-ohjausta tehokkaammaksi toiminnanohjauksen kehittämisessä.	Dong-A yliopisto.
<b>Dementia</b>							
Karssemeijer ym. 2019 Alankomaat RCT (Rekisteröity: NTR5581)	Lievä tai kohtalainen dementia (AD n=59, vaskulaarinen n=11, sekamuotoinen n=24, ei tarkennettu n=21) MMSE-lähtötaso 22,4 (SD 3,2) pistettä. n=115 n. 79,9 (SD 6,5) vuotta 53 N / 62 M (46 % / 54 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu (Bike Labyrinth). 3 x 30–50 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: 65–75 % HRR tai RPE 12-15.	Aerobinen pyöräily-harjoittelu ilman pelillistämistä. 3 x 30–50 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: 65–75 % HRR tai RPE 12-15.	Toiminnanohjaus: TMT-B, SCWT, LF, RSCT	Monitoimitalo. 12 viikon seurantamittaus.	Ryhmien välillä ei havaittu eroa toiminnanohjaukseen.	Alankomaiden terveyden tutkimus- ja kehittämis-organisaatio (Netherlands Organisation for Health Research and Development, ZonMw).

Taulukko jatkuu



		Progressio: Asteittain kuormitustasoa sekä harjoittelun kestoa kasvattaen. Lähtötaso 50–60 % HRR tai RPE 12-15 ja 20 minuuttia harjoittelua. n=38	Progressio: Asteittain kuormitustasoa sekä harjoittelun kestoa kasvattaen. Lähtötaso 50–60 % HRR tai RPE 12-15 ja 20 minuuttia harjoittelua. n=38				
			Aktiivinen kontrolli toteuttaen liikkuvuus- ja rentoutumisharjoittelua. 3 x 30–50 min./vko 12 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=39				
Padala ym. 2012 Yhdysvallat Pilotti-RCT	Lievä dementia (AD) MMSE $\geq$ 17 p. n=22 I: 79,3 (SD 9,8) vuotta V: 81,6 (SD 5,2) vuotta 16 N / 6 M (73 % / 27 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu (Nintendo Wii Fit). 5 x 30 min./vko 8 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=11	Kävelyharjoittelu. 5 x 30 min./vko 8 viikkoa Intensiteetti: osallistujan itse valikoima kävelytahti sisätiloissa. Progressio: NI n=11	Kognitio: MMSE	Tuetun asumisen ympäristö. Ei seuranta-mittausta.	Ryhmiä välillä ei havaittu eroa MMSE-testin suhteen.	AMDA Säätö, Pfizer kehittämis-apuraha sekä Alzheimerin tautiyhdistys.
Padala ym. 2017 Yhdysvallat Pilotti-RCT (Rekisteröity: NCT01002586)	Lievä dementia (AD) MMSE $\geq$ 18 p. n=30 n. 73 (SD 6,2) vuotta 11 N / 19 M (37 % / 63 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu (Nintendo Wii Fit). 5 x 30 min./vko 8 viikkoa Intensiteetti: yksilökohtainen. Progressio: pelin etenemisen mukaan. n=15	Kävelyharjoittelu. 5 x 30 min./vko 8 viikkoa Intensiteetti: osallistujan itse valikoima kävelytahti sisätiloissa tai ulkona. Progressio: NI n=15	Kognitio: 3MS, MMSE	Kotona toteutettu harjoittelu omaishoitajan valvomana. 8 viikon seurantamittaus.	Nintendo Wii -peliharjoittelu ei ollut kävelyharjoittelua tehokkaampaa yleisen kognition kehittämisessä.	Alzheimerin tautiyhdistys.

Taulukko jatkuu

Serino ym. 2017 Italia RCT	Alzheimerin tauti ja todennäköinen dementia (MODS < 85,5 pistettä) n=20 I: 86,6 (SD 6,1) vuotta V: 88,7 (SD 3,6) vuotta 17 N / 3 M (85 % / 15 %)	Virtuaalidollisuutta hyödyntävä harjoittelu (navigointia ja esineiden muistamista) (Tietokone + NeuroVirtual 3D ohjelma). 3 x 20 min./vko 3–4 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=10	Tavanomainen kognitiivinen harjoittelu (esim. perinteiset korttipelit, nimeämis-harjoitteet, musiikin kuuntelu). 3 kertaa viikossa 3–4 viikkoa Intensiteetti: NI Progressio: NI n=10	Toiminnanohjaus: FAB	Seniorikeskus. Ei seuranta-mittausta.	VR-harjoittelun ja pelkän kognitiivisen harjoittelun välillä ei havaittu eroja toiminnan-ohjauksen edistämässä.	Italialaiset tutkimusprojektit ja Fondazione Cariplo hyväntekeväisyysjärjestö.
van Santen ym. 2020 Alankomaat C-RCT (Rekisteröity: NTR5537/NL5420)	Lievä tai kohtalainen dementia (AD n=37, vaskulaarinen n=9, sekamuotoinen n=7, muu n=13, tuntematon n=46) n=112 23 päiväkeskusta mukana I: 79 (SD 6) vuotta V: 79 (SD 7) vuotta 52 N / 60 M (46 % / 54 %)	Fyysiseen aktiivisuuteen perustuva pelillistetty harjoittelu + säännöllinen aktiviteetti-ohjelma (vuorovaikutteinen ja nopeuden kanssa synkronoitu pyörä-harjoittelu, esim. SilverFit Mile -järjestelmä). 2–5 x 20–30 min./vko 6 kuukautta Intensiteetti: NI Progressio: NI n=73	Erilaiset aktiviteetit (esim. taide, musiikki, fyysinen harjoittelu). 5 kertaa viikossa 6 kuukautta Intensiteetti: NI Progressio: NI n=39	Kognitio: MMSE Toiminnanohjaus: TMT	Psykogeriatriset päiväkeskukset. Ei seuranta-mittausta.	Interventoryhmällä kognitiivinen toiminta kehittyi vertailuryhmää tehokkaammin 6 kuukauden mittauksessa. Vaikutus jäi pieneksi, mutta se todettiin kliinisesti merkittäväksi.	Alankomaiden terveyden tutkimus- ja kehittämis-organisaatio (ZonMw), Alankomaiden Alzheimerjärjestö (Alzheimer Netherlands), Stichting Dioraphte hyväntekeväisyysjärjestö sekä EU.

\*Hughes ym. 2014 tutkimuksessa kaikki satunnaistetut osallistujat analysoitiin muiden tulomuuttujien osalta paitsi CAMCI-testissä, josta jäi puuttumaan yhden osallistujan aineisto. Siksi analysoitujen kokonaismäärä (n=20) on ilmoitettu tutkimuksen raportoinnin mukaan, mutta tämän työn meta-analyseissä on huomioitu CAMCI-testin osallistujamäärät (VR n=9, vertailuryhmä n=10).

\*\*Liao ym. 2019 ja Liao ym. 2020 ovat eri julkaisuja samasta pohjatutkimuksesta, jolloin kaikkien alkuperäistutkimusten yhteenlasketussa osallistujamäärässä on huomioitu vain toisen julkaisun osallistujamäärä.

Lyhenteet: ACE-III = Addenbrooke's Cognitive Examination III, ACSM = American College of Sports Medicine, AD = Alzheimerin tauti, CAMCI = The Computerized Assessment of Mild Cognitive Impairment, CET = Cognitive Estimation Test, COGTEL = Cognitive Telephone Screening Instrument, C-RCT = ryhmänä satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (Cluster-Randomized Controlled Trial), CSRQ = The Cognitive Self-Report Questionnaire 25, CTT = Color Trails Test, DSB = Digit Span Backwards, DSC = Digit Symbol Coding Test, DST = Digit Span Test, DTP = Dual Task Performance, EXIT-25 = The Executive Interview 25, FAB = Frontal Assessment Battery, HRR = sykereservi (Heart Rate Reserve), I = interventoryhmä, LF = Letter Fluency, M = Miehet, MCI = lievä kognition heikentyminen (Mild Cognitive Impairment), MMSE = Mini-Mental State Examination, MMSE-DS = Mini-Mental State Examination-Dementia screening test, MoCA = Montreal Cognitive Assessment, MODS = Milan Overall Dementia Scale, MSN = Mental Status in Neurology, n = osallistujien lukumäärä, N = Naiset, NI = Ei tietoa (No Information), PVF = Phonemic Verbal Fluency, RCT = satunnaistettu kontrolloitu kliininen koe (Randomized Controlled Trial), RPE = koettu kuormittavuus (Rate of Perceived Exertion), RSCT = Rule Shift Cards Test, SCWT = Stroop Color Word Test, SD = keskihajonta (Standard Deviation), SDST = Symbol Digit Substitution Test, TMT = Trail Making Test, TMT-B = Trail Making Test B-osa, TUG-Cog = Timed Up and Go Cognition, V = vertailuryhmä, VST = Victoria Stroop Test, 3MS = Modified Mini-Mental State Examination.

Sitoutuminen harjoitteluun raportoitiin alkuperäistutkimuksissa vaihtelevasti. Niiden tutkimusten osalta, joissa sitoutuminen oli kuvattu ja ryhmäkohtaisesti eritelty, oli sitoutuminen VR-ryhmässä hieman korkeampaa verrattuna tavanomaiseen toteutukseen (taulukko 2). Kolmessa tutkimuksessa (13 %) tuotiin esille harjoittelun aikaisia lieviä haittatapahtumia, jotka liittyivät kipuun tai lihassärkyyn, sairastumiseen, huimaukseen, väsymykseen tai laitteiden käytöstä johtuvaan turhautumiseen (Anderson-Hanley ym. 2012, Bacha ym. 2018, Gomes ym. 2018). Harjoittelun aikainen kipu liittyi polvi- tai iskiaskipuun pyöräilyn aikana (Anderson-Hanley ym. 2012) ja lihassärky johtui ensimmäisestä harjoittelukerrasta (Bacha ym. 2018, Gomes ym. 2018). Akuutti sairastuminen johtui ylähengitystieinfektiosta ja ilmaantui yhdellä kontrolliryhmän osallistujista ja muut sairastumiset liittyivät syöpädiagnoosiin, selän kipeyttämiseen nostotilanteessa tai auto-onnettomuuteen, jotka eivät johtuneet varsinaisesta tutkimuksen interventtiosta (Anderson-Hanley ym. 2012). Yhdeksässä tutkimuksessa (39 %) ei havaittu harjoitteluun tai tutkimukseen liittyviä haittatapahtumia. Lopuissa 11 tutkimuksessa (48 %) haittatapahtumia ei huomioitu lainkaan.

TAULUKKO 2. Haittatapahtumat ja sitoutuminen harjoitteluun.

Tutkimus	VR-teknologia	Haittatapahtumat	Sitoutuminen harjoitteluun
<i>Normaali kognition taso</i>			
Gouveia ym. 2020	Kinect V2	Ei haittatapahtumia.	Sitoutuminen 79–89 %. Eri ryhmien sitoutumista ei eritellä.
Gschwind ym. 2015	TV + Kinect	Ei haittatapahtumia	Osallistujat harjoittelivat n. 42 kertaa ja 12 (IQR 22) tuntia.
Guimarães ym. 2018	Xbox 360 Kinect	NI	VR-ryhmässä 91 % ja aerobisessa ryhmässä 87 %.
Moreira ym. 2021	Xbox 360 Kinect	NI	VR-ryhmässä 83 % ja fyysisen harjoittelun ryhmässä 81 %.
<i>Lievä kognition heikentymä</i>			
Amjad ym. 2019	Xbox 360 Kinect	NI	NI
Anderson-Hanley ym. 2012	Kyberpyöräily 3D-virtuaalinäkymällä	13 haittatapahtumaa liittyen kipuun, laitteiden käytöstä johtuvaan turhautumiseen, sairastumiseen sekä huimaukseen. VR-ryhmässä 7 ja vertailuryhmässä 6 haittailmoitusta.	Tarkempaa sitoutumista harjoitteluun ei raportoida. VR-ryhmässä 51 ja vertailuryhmässä 53 pyöräilykertaa.
Bacha ym. 2018	Xbox 360 Kinect	Vain ensimmäisen harjoittelukerran jälkeen esiintyi viivästynyttä lihaskipua alaraajoissa (VR 34 % ja vertailuryhmässä 26 % osallistujista).	Molemmissa ryhmissä 91 %.

*Taulukko jatkuu*

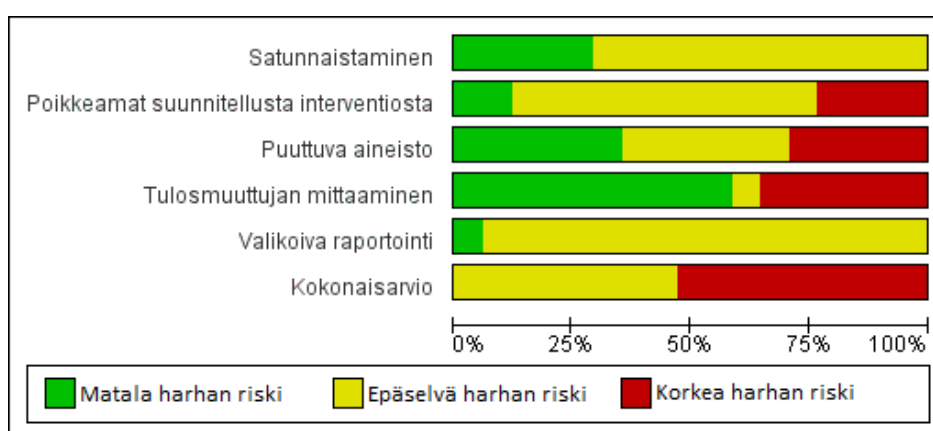
Delbroek ym. 2017	BioRescue	NI	NI
Gomes ym. 2018	Nintendo Wii Fit Plus	Neljä osallistujaa (33 %) raportoi väsymyksestä ja yksi osallistuja (8 %) ilmoitti alaraajojen lihassärystä ensimmäisen harjoittelukerran jälkeen.	Noin 87 % tutkittavista sitoutui tutkimuksen koko protokollaan.
Hughes ym. 2014	Nintendo Wii	NI	Wii-ryhmä harjoitteli n. 23 kertaa, kun terveystietoryhmä toteutti 22 tapaamiskertaa.
Htut ym. 2018	Xbox 360	NI	NI
Hwang & Lee 2017	NI	NI	NI
Liao ym. 2019	Microsoft Kinect, virtuaalilasit HTC VIVE	Ei haattatapahtumia.	NI
Liao ym. 2020	Microsoft Kinect, virtuaalilasit HTC VIVE	Ei haattatapahtumia	NI
Optale ym. 2010	Virtuaalilasit HMD V6	NI	NI
Park ym. 2020	MOTOCO R -järjestelmä	NI	Varsinaista sitoutumista ei raportoida. Motivaatio ja kiinnostus harjoitteluun suurempaa VR-ryhmässä verrattuna tavanomaiseen kuntoutukseen.
Stanmore ym. 2019	Microsoft Kinect	Ei haattatapahtumia.	VR-ryhmässä 88 %, vertailuryhmän sitoutumista ei raportoida.
Thapa ym. 2020	Virtuaalilasit Oculus	NI	Sitoutuminen VR-ryhmässä korkea. Vertailuryhmän sitoutumista ohjaukseen ei raportoida.
<b><i>Dementia</i></b>			
Karssemeijer ym. 2019	Bike Labyrinth	Vakavia haattatapahtumia ei esiintynyt. Lievistä ei raportoida.	VR-ryhmässä 87 %, aerobisella ryhmällä 81 % ja kontrolliryhmässä 85 %.
Padala ym. 2012	Nintendo Wii Fit	Ei haattatapahtumia.	Ryhmäkohtaisesta harjoitteluun sitoutumisesta ei raportoida. Harjoittelu-aika VR-ryhmässä n. 11 tuntia ja kävelyryhmässä 13 tuntia.
Padala ym. 2017	Nintendo Wii Fit	Neljä haattailmoitusta raportoitiin, mutta näiden ei katsottu liittyvän tutkimukseen.	VR-ryhmässä 95 %, kävelyryhmässä 93 %.
Serino ym. 2017	NeuroVirtual 3 D	NI	NI
van Santen ym. 2020	Synkronoitu pyöräharjoittelu, esim. SilverFit Mile -järjestelmä	Ei haattatapahtumia.	Sitoutumista harjoitteluun ei tutkimuksen mukaan mitattu.

Lyhenteet: NI = ei tietoa (No Information).

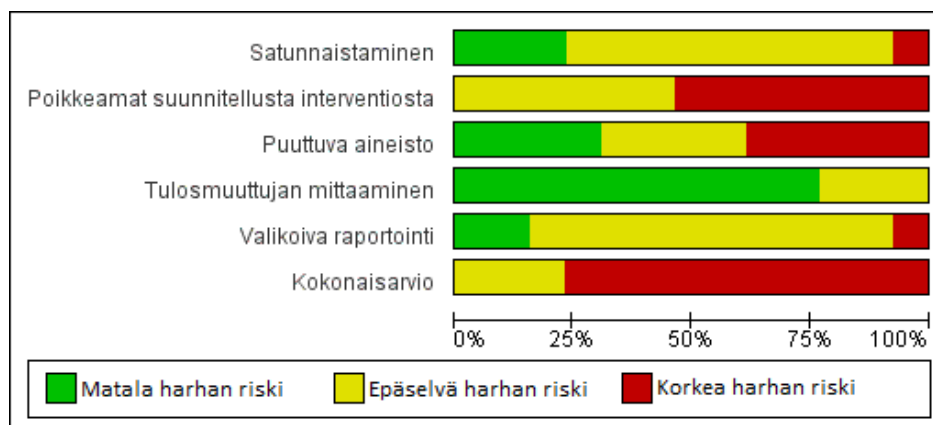
## 5.2 Tutkimusten harhan riski

Alkuperäistutkimusten harhan riski oli kokonaisuudessaan epäselvä tai korkea (kuvio 3). Eniten harhan riskiä aiheuttivat poikkeamat suunnitellusta interventiosta, puutteellinen aineisto ja yleisen kognition osalta sopimaton mittari. Epäselvyyttä oli myös satunnaistamismenetelmän kuvauksessa sekä ryhmiin jakautumisen salauksessa, ja ennakkosuunnitelma toteutetuista tilastollisista analyyseistä usein puuttui. Tutkimuskohtaiset arviot löytyvät liitteestä 7 erikseen yleisen kognition ja toiminnanohjauksen osalta.

a)



b)



KUVIO 3. Yhteenveto a) yleistä kognitiota ja b) toiminnanohjausta tutkivien alkuperäistutkimusten harhan riskin tasosta.

Kahta alkuperäistutkimusta (Delbroek ym. 2017, Hwang & Lee 2017) lukuun ottamatta oli rahoituksen lähde ja sponsorit raportoitu julkaisuissa tai tutkimusten rekisterissä. Kahdessa tutkimuksessa tuotiin avoimesti esille sidonnaisuudet, jotka liittyivät saadun rahoituksen

lähteeseen (Karssemeijer ym. 2019, Stanmore ym. 2019). Muissa alkuperäistutkimuksissa raportoitiin, ettei rahoituksen, tutkimuksen toteutuksen ja julkaisun välillä ollut ristiriitaa tai kilpailevia tekijöitä.

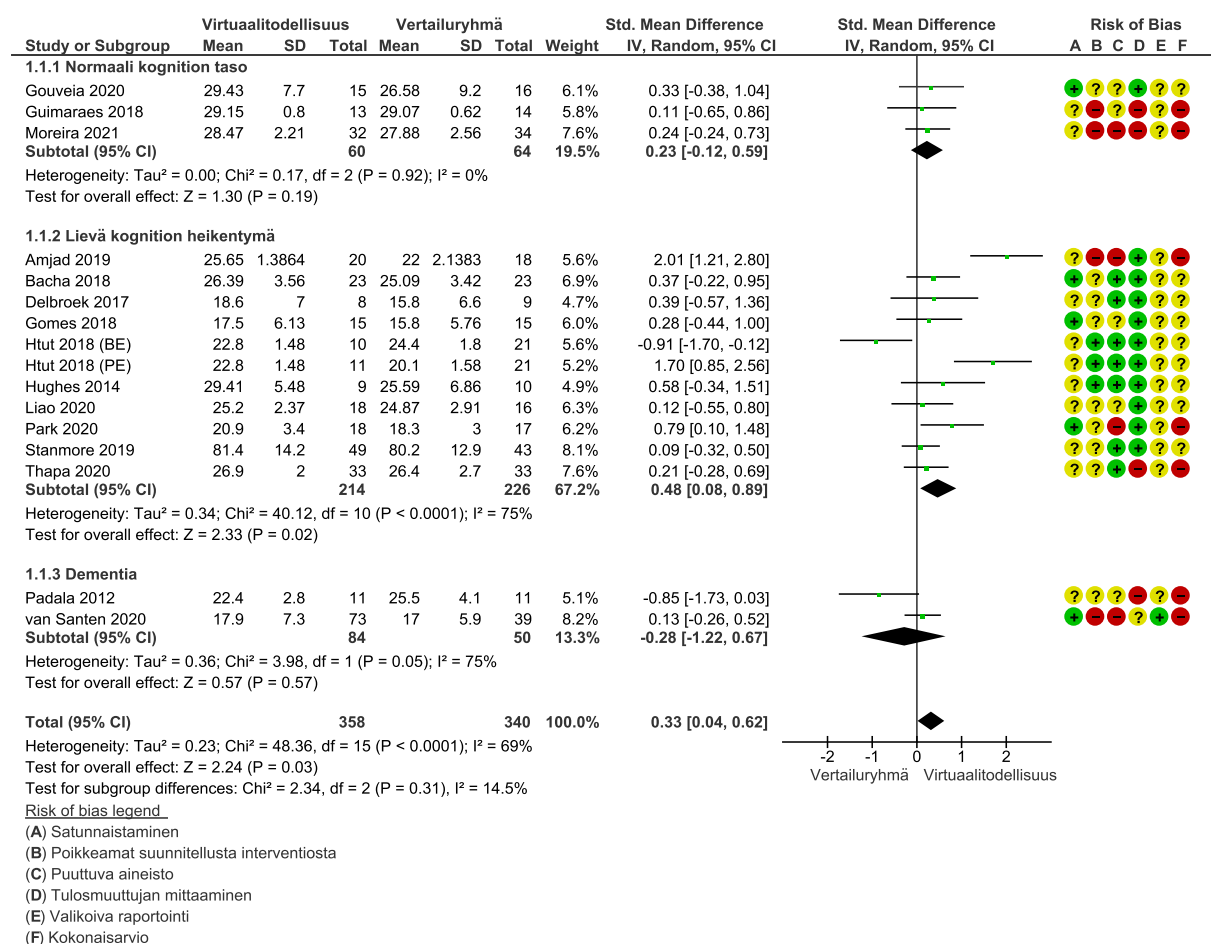
### **5.3 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus ikääntyneiden yleiseen kognitioon ja toiminnanohjaukseen**

Meta-analyysiin sisällytettiin yhteensä 20 alkuperäistutkimusta. Pyyntö puuttuvasta aineistosta lähetettiin kuuden alkuperäistutkimuksen osalta tutkimuksen vastaavalle tutkijalle ja kolmen tutkimuksen kohdalla aineisto saatiin. Kolmesta tutkimuksesta jäi aineisto pyynnöistä huolimatta puuttumaan, minkä vuoksi ne suljettiin pois meta-analyysistä (Anderson-Hanley ym. 2012, Optale ym. 2010, Padala ym. 2017). Meta-analyysissä tarkasteltiin VR-harjoittelun vaikuttavuutta erikseen yleiseen kognitioon (15 RCT, n=698) ja toiminnanohjaukseen (11 RCT, n=673). Molempiin analyysihin sisällytettiin yksi RCT-tutkimus kahteen kertaan (Htut ym. 2018, Karssemeijer ym. 2019), koska interventiota verrattiin useampaan vertailuryhmään. Jotta tutkimusten painotukset olisivat analyysissä tasapainossa, puolitettiin interventioryhmän osallistujamäärät tämän työn menetelmissä kuvatulla tavalla.

Yleistä kognitiota tarkastelemaan analyysiin sisällytettiin prioriteettilistan mukaisesti mittarit MoCA (n=7), ACE-III (n=1), CAMCI (n=1), COGTEL (n=1), ja MMSE (n=5). Kaikissa yleisen kognition mittareissa oli tulos sitä suurempi, mitä paremmin osallistujat suoriutuivat testistä. Toiminnanohjausta mittaavien testien listalta valikoitui analyysiin TMT-B (n=8), Stroop-testi (n=1), CogState-testipatterin toiminnanohjausta mittaava testi (n=1) ja FAB-testi (n=1). Suurin osa toiminnanohjauksen testeistä mittasivat suoritusaikaa, jolloin suoritus oli sitä parempi, mitä lyhyemmässä ajassa osallistujat suoriutuivat testistä.

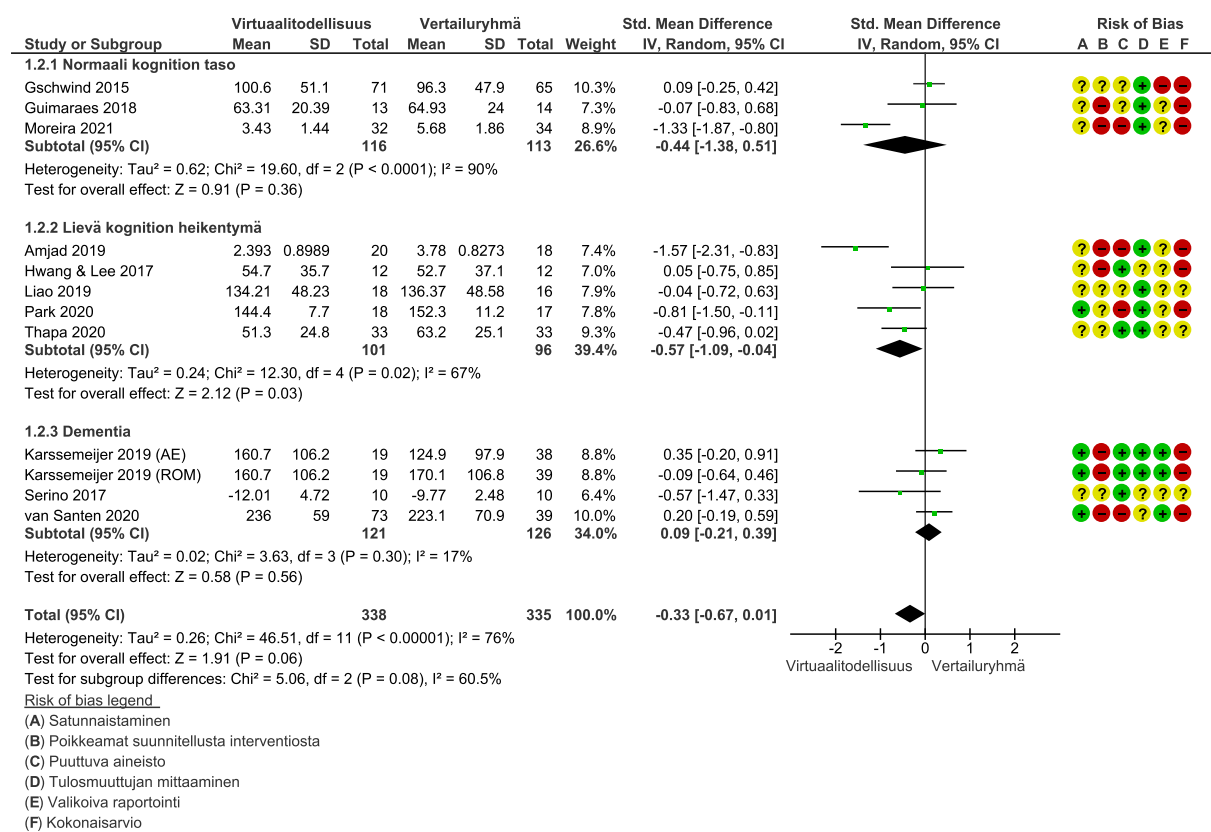
Pääanalyysin mukaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu havaittiin tehokkaammaksi yleisen kognition edistämiseksi verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen, mutta vaikutuksen voimakkuus jäi pieneksi (SMD 0,33, 95 % LV [0,04; 0,62], p=0,03) (kuvio 4). Tilastollinen heterogeenisyys oli korkea ( $I^2=69$  %). Jakamalla osallistujat kognition tason mukaisiin alaryhmiin havaittiin, että VR-harjoittelulla oli melkein kohtalainen vaikutus yleisen

kognition edistämiseksi henkilöillä, joilla oli lievä kognition heikentyminen (SMD 0,48, 95 % LV [0,08; 0,89], p=0,02) (kuvio 4). Tilastollinen heterogeenisuus säilyi korkeana (I<sup>2</sup>=75 %) kyseisessä alaryhmässä. Tarkasteltaessa VR-harjoittelun määrää lievän kognition heikentymää koskevissa alkuperäistutkimuksissa vaihteli toteutus 18–100 minuutin välillä, 1–5 kertaa viikossa 6–24 viikon ajan. VR-harjoittelu ei ollut tavanomaista toteutusta tehokkaampaa normaalin kognition tasoa kuvaavissa alkuperäistutkimuksissa (SMD 0,23, 95 % LV [-0,12; 0,59], p=0,19, I<sup>2</sup>=0 %) eikä dementiaa sairastavien keskuudessa (SMD -0,28, 95 % LV [-1,22; 0,67], p=0,57, I<sup>2</sup>=75 %), vaikkakin tulokset perustuvat vain muutamaankin alkuperäistutkimukseen.



KUVIO 4. Meta-analyysi virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta yleiseen kognitioon verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen (BE = aivoharjoittelu, PE = fyysinen harjoittelu).

Toiminnanohjauksen osalta ei VR-harjoittelu ollut tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta vaikuttavampaa (SMD -0,33, 95 % LV [-0,67; 0,01], p=0,06) (kuvio 5). Tilastollinen heterogeenisyys todettiin korkeaksi ( $I^2=76\%$ ). Kognition tason mukaisissa alaryhmissä nousi VR-harjoittelu tavanomaista toteutusta tehokkaammaksi toiminnanohjauksen edistämässä osallistujilla, joilla oli lievä kognition heikentymä (SMD -0,57, 95 % LV [-1,09; -0,04], p=0,03) (kuvio 5). Tilastollinen heterogeenisyys säilyi korkeana ( $I^2=67\%$ ). VR-harjoittelu ei osoittautunut tavanomaista toteutusta tehokkaammaksi normaalin kognition (SMD -0,44, 95 % LV [-1,38; 0,51], p=0,36,  $I^2=90\%$ ) tai dementian ryhmässä (SMD 0,09, 95 % LV [-0,21; 0,39], p=0,56,  $I^2=17\%$ ). Erot eivät ryhmien välillä olleet tilastollisesti merkitseviä (p=0,08). Koska pääanalyysi ei nostanut VR-harjoittelua tavanomaista toteutusta tehokkaammaksi toiminnanohjauksen edistämässä, tulee lievää kognition heikentymää koskevaan tulokseen suhtautua kriittisesti.



KUVIO 5. Meta-analyysi virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta toiminnanohjaukseen verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen (AE = aerobinen harjoittelu, ROM = liikkuvuus- ja rentoutusharjoittelu).



Toinen alaryhmäanalyysi toteutettiin jakamalla tutkimukset vertailuryhmän intervention mukaan. Näitä olivat fyysinen harjoittelu, kognitioharjoittelu, yhdistelmäharjoittelu (fyysinen ja kognitioharjoittelu) sekä tavanomainen ohjaus (liite 8, a-b). Yleisessä kognitiossa ei eroja ryhmien välillä havaittu, mutta toiminnanohjauksen osalta VR-harjoittelu oli perinteistä kognitiivista harjoittelua (palapelit, korttipelit ym.) selvästi tehokkaampaa (SMD -0,72, 95 % LV [-1,27; -0,17],  $p=0,01$ ,  $I^2=0$  %). Koska tulos perustuu vain kahteen RCT-tutkimukseen (Park ym. 2020, Serino ym. 2017), joiden harhan riski arvioitiin epäselväksi ja korkeaksi, on tulokseen suhtauduttava kriittisesti.

Kolmas alaryhmäanalyysi tehtiin käytettyjen tulosmuuttujatestien mukaan (liite 8, c-d). Mikään yleisen kognition tai toiminnanohjauksen testeistä ei noussut vaikutuksen osalta esille, jolloin VR-harjoittelun tehokkuus ei riipu suoraan käytetystä testistä.

Kolmea alkuperäistutkimusta ei sisällytetty tilastolliseen analyysiin puuttuvan aineiston vuoksi (Anderson-Hanley ym. 2012, Optale ym. 2010, Padala ym. 2017). Tulosten perusteella VR-harjoittelu oli kävelyharjoittelua, musiikkiterapiaa ja virkistysaktiviteetteja tehokkaampaa sekä yleisen kognition (Optale ym. 2010) että toiminnanohjauksen (Anderson-Hanley ym. 2012, Optale ym. 2010) edistämässä henkilöillä, joilla saattoi olla lievä kognition heikentymä. Sen sijaan eroa ei havaittu yleisessä kognitiossa henkilöillä, joilla oli Alzheimerin taudista johtuva lievä dementia (Padala ym. 2017). Harhan riski todettiin kokonaisuudessaan korkeaksi kussakin kolmessa tutkimuksessa, mikä heikentää tulosten luotettavuutta.

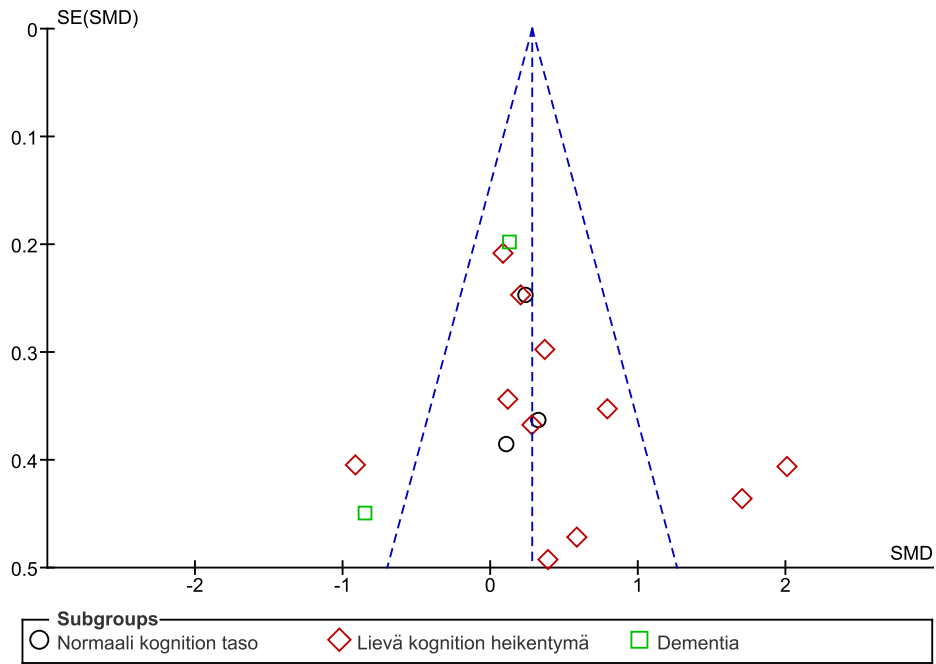
#### **5.4 Sensitiivisyysanalyysit ja julkaisuharha**

Sensitiivisyysanalyysit toteutettiin poissulkemalla analyyseistä kaikki korkean harhan riskin tutkimukset. Koska yhtään matalan harhan riskin tutkimusta ei aineistosta havaittu, analysoitiin vain epäselväksi jääneen harhan riskin tutkimukset. Lisäksi testattiin yksittäisten alkuperäistutkimusten vaikutusta intervention vaikutuksen suuruuteen sekä tilastolliseen heterogeenisyyteen.

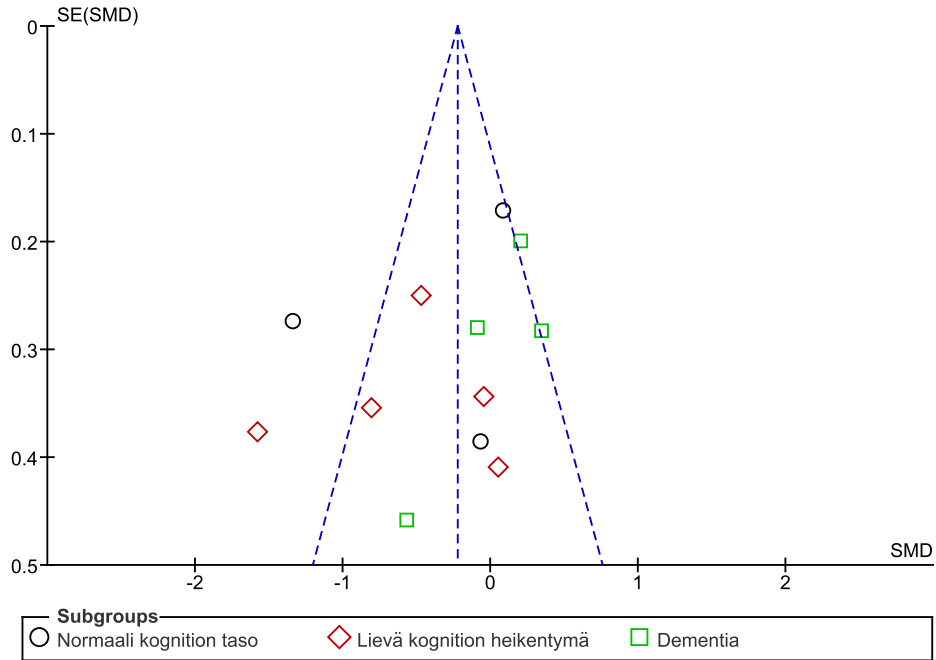
Yleisen kognition sensitiivisyysanalyysistä suljettiin pois 7 korkean harhan riskin tutkimusta, minkä myötä tulos ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä (SMD 0,30, 95 % LV [-0,08; 0,68],  $p=0,12$ ). Tilastollinen heterogeenisyys oli edelleen korkeaa ( $I^2=62$  %), vaikka se laski hieman alkuperäiseen analyysiin nähden. Yksitellen alkuperäistutkimuksia poistamalla havaittiin kaksi tutkimusta, joiden yksittäisen poiston myötä tulos ei ollut enää tilastollisesti merkitsevä ja heterogeenisyyden taso laski hieman (Amjad ym. 2019: SMD 0,23, 95 % LV [-0,01; 0,47],  $p=0,06$ ,  $I^2=53$  %; Htut ym. 2018 PE: SMD 0,25, 95 % LV [-0,01; 0,52],  $p=0,06$ ,  $I^2=63$  %). Poistettaessa lisäjulkaisuna sisällytetty tutkimus (Gouveia ym. 2020) jäi tulos edelleen tilastollisesti merkitseväksi (SMD 0,33, 95 % LV [0,02; 0,64],  $p=0,03$ ,  $I^2=71$  %).

Toiminnanohjauksen analyysistä suljettiin pois kaikkiaan 8 korkean harhan riskin tutkimusta, jolloin vaikutus muuttui juuri ja juuri tilastollisesti merkitseväksi (SMD -0,36, 95 % LV [-0,73; -0,00],  $p=0,05$ ,  $I^2=0$  %). Lisäksi kahden alkuperäistutkimuksen poisto yksitellen muutti tulosta tilastollisesti merkitseväksi (Karssemeijer ym. 2019 (AE): SMD -0,40, 95 % LV [-0,75; -0,04],  $p=0,03$ ,  $I^2=76$  %; van Santen ym. 2020: SMD -0,39, 95 % LV [-0,76; -0,03],  $p=0,04$ ,  $I^2=76$  %).

Julkaisuharhaa tarkasteltiin suppilokuvioiden (funnel plot) avulla tulosmuuttujakohtaisesti kognition tasoa kuvaavien alaryhmien mukaan. Yleisen kognition tutkimuksissa joitakin tutkimuksia jää suppilokuvion ulkopuolelle eivätkä tutkimukset jakaudu täysin symmetrisesti kuvion sisään, mikä voi olla merkki julkaisuharhasta (kuvio 6). Erityisesti dementiaan liittyviä tutkimuksia on joko tehty tai julkaistu hyvin vähän. Lisäksi pienen otoskoon tutkimuksissa VR-harjoittelu osoittautuu tehokkaaksi harjoittelumuodoksi. Vastaavasti pienen otoskoon tutkimuksia on julkaistu vähemmän tilastollisesti ei-merkitsevien tulosten osalta, mikä näkyy tyhjänä alueena suppilokuvion vasemmalla alareunalla. Toiminnanohjauksen tutkimukset painottuvat suppilokuvion sisällä keskilinjan oikealle puolelle, missä erot ryhmien välillä jäävät pieniksi eivätkä tulokset ole tilastollisesti merkitseviä (kuvio 7). Tämä tarkoittaa VR-harjoittelun vaikuttavuuteen liittyvien tutkimusten puuttumista, mikä tuskin johtuu julkaisuharhasta. Toisaalta joitakin tutkimuksia jää suppilokuvion ulkopuolelle vasemmalle laidalle osoittaen VR-harjoittelun vahvan vaikuttavuuden. Tämä voi antaa viitettä jonkinasteisesta julkaisuharhasta. On myös mahdollista, että korkea tilastollinen heterogeenisyys sekoittuu osaksi julkaisuharhan tulkintaa (Sterne ym. 2011).



KUVIO 6. Julkaisuharha yleisen kognition tutkimuksissa.



KUVIO 7. Julkaisuharha toiminnanohjauksen tutkimuksissa.



## 5.5 GRADE näytönaste

Alkuperäistutkimukset olivat kaikki satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, jolloin näytönasteen lähtötaso arvioitiin korkeaksi. Näytönasteeseen vaikuttivat tulosmuuttujakohtaisten alkuperäistutkimusten harhan riskin taso, tulosten epäyhtenäisyys, epäsuoruus ja epätarkkuus sekä mahdollinen julkaisuharha (Schünemann ym. 2013). Yleisen kognition ja toiminnanohjauksen osalta näytönaste arvioitiin heikoksi seuraavin perusteluin (taulukko 3).

Yleistä kognitiota tarkasteltiin 15:ssä alkuperäistutkimuksessa, joihin osallistui kaikkiaan 698 henkilöä. Näistä 358 osallistujaa toteutti VR-harjoittelua ja 340 osallistujaa sai tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta. Toiminnanohjausta tutkittiin 11:ssä alkuperäistutkimuksessa ja mukana oli kaikkiaan 673 osallistujaa, joista 338 henkilöä toteutti VR-harjoittelua ja 335 tavanomaista interventiota.

Alkuperäistutkimusten harhan riski oli epäselvä tai korkea, minkä vuoksi näytönasteen laskeminen yhdellä tasolla on perusteltua (Guyatt ym. 2011c, Schünemann ym. 2013). Tilastollinen heterogeenisyys säilyi korkeana alaryhmäanalyyseistä huolimatta ja tulokset olivat osin erisuuntaisia, mikä viittaa tulosten epäyhtenäisyyteen ja siten oikeuttaa alentamaan näytönastetta yhdellä tasolla (Guyatt ym. 2011d, Schünemann ym. 2013). Mukaan otettuja alkuperäistutkimuksia varten oli muodostettu selkeä PICOS-lauseke, jota noudatettiin tutkimusten kelpoisuuden arvioinnissa ja gradutyöhön sisällyttämisessä. Vaikka osallistujien kognitio vaihteli normaalista tasosta dementiaan, eroa normaalin ja lievän kognition heikentymän tai lievän kognition heikentymän ja lievän dementian välillä voi olla vaikea kliinisesti erottaa (Petersen 2004). Lisäksi alaryhmäanalyyseillä pyrittiin tarkastelemaan osallistujien kognition eri tason, vertailuryhmien interventioiden ja tulosmuuttujien mittauksessa käytettyjen testien vaikutus VR-harjoittelun vaikuttavuuden suuruudessa. Näin ollen alkuperäistutkimusten välillä ei nähdä vakavaa epäsuoruutta, minkä vuoksi näytönastetta ei ole tämän osa-alueen kohdalla tarpeen laskea (Guyatt ym. 2011e).

TAULUKKO 3. Näytönasteen arviointi GRADE-työryhmän suositusten mukaisesti tulosmuuttujakohtaisesti.

Tulosmuuttuja ja tutkimukset	Varmuuden arviointi					Osallistujien määrä		Vaikutus	Näytönaste
	Harhan riski	Epäyhtenäisyys	Epäsuoruus	Epätarkkuus	Julkaisuharha	VR	Vertailu	Absoluuttinen	GRADE-arvio
Yleinen kognitio 15 RCT	Vakava	Vakava	Ei vakava	Ei vakava	Ei vakava	358	340	SMD 0,33 95 % LV [0,04 ; 0,62]	 Heikko
Toiminnanohjaus 11 RCT	Vakava	Vakava	Ei vakava	Ei vakava	Ei vakava	338	335	SMD -0,33 95 % LV [-0,67 ; 0,01]	 Heikko

Lyhenteet: SMD = standardoitu keskiarvoero (Standardized Mean Difference), LV = luottamusväli (Confidence Interval).

Epätarkkuus tuloksissa voi aiheutua pienestä osallistujamäärästä, mikä heikentää tulosten luotettavuutta (Guyatt ym. 2011f, Schünemann ym. 2013). Osallistujien kokonaismäärä oli sekä yleisen kognition (n=698) että toiminnanohjauksen (n=673) osalta kohtalainen, jolloin se ei liene vakava näytön varmuutta alentava tekijä eikä näytönasteen tasoa ole epätarkkuuden vuoksi tarpeen laskea. Lievää viitettä julkaisuharhasta havaittiin kummankin tulosmuuttujan kohdalla, mutta koska suppilokuvio voi osoittaa merkkejä julkaisuharhasta myös heikon metodologisen laadun, korkean tilastollisen heterogeenisyyden ja harhan riskin vuoksi (Sterne ym. 2011), ei julkaisuharha liene vakava kummankaan tulosmuuttujan osalta. Lisäksi rahoituksen ja sidonnaisuuksien tai yksittäisten alkuperäistutkimusten osallistujamäärien osalta (Guyatt ym. 2011g) ei julkaisuharha liene vakava.

Huomioiden edellä kuvatut viisi osa-aluetta, joista harhan riski ja tulosten epäyhtenäisyys todettiin sekä yleisen kognition että toiminnanohjauksen tutkimuksissa vakavaksi, näytönaste jää kummankin tulosmuuttujan kohdalla heikoksi. Heikon näytönasteen vuoksi uudet tutkimukset saattavat muuttaa tulosten suuntaa.

## 6 POHDINTA

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu osoittautui tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta vaikuttavammaksi yleisen kognition kehittämisessä, mutta toiminnanohjauksen edistämiseksi interventio oli yhtä tehokasta kuin tavanomainen toteutus. Tulos on yleisen kognition osalta samansuuntainen aiemman meta-analyysin kanssa (Kim ym. 2019), vaikkakin vertailtavuutta hankaloittaa katsauksen heikko raportointi ja epäselvyys meta-analyysiin sisällytetyistä tutkimusasetelmista sekä tulomuuttujamittareista. Muissa meta-analyysissä videopeliharjoittelun havaittiin olevan vaikuttavampi harjoittelumuoto myös toiminnanohjauksen edistämiseksi (Howes ym. 2017, Mansor ym. 2020), mutta vertailuryhmät vaihtelivat aiemmissä katsauksissa suuresti vaikeuttaen todellisen eron löytämistä eri harjoittelumuotojen tai passiivisen vertailuryhmän välillä. Tämän työn alaryhmäanalyysi antoi viitettä VR-harjoittelun vaikuttavuudesta toiminnanohjauksen edistämiseksi henkilöillä, joilla oli lievä kognition heikentyminen, mutta vaikutus ei ollut riittävän suuri näkyäkseen pääanalyysissä. On mahdollista, että harjoittelun vaikutuksen suuruus tai suunta olisi tarkentunut yleisen kognition tai toiminnanohjauksen osalta, mikäli kaikki mukaan otetut alkuperäistutkimukset olisi ollut sisällytettävissä tilastollisiin analyyseihin.

Aiheesta on julkaistu tuore meta-analyysi (Zhu ym. 2021) tätä pro gradua -työtä viimeisteltäessä. Tutkimuksessa tarkastellaan VR-harjoittelun vaikuttavuutta kognition ja motoriikkaan ikääntyneillä, joilla oli lievä kognition heikentyminen tai dementia. Uusin meta-analyysi puoltaa tämän gradun tuloksia yleisen kognition kehittämisessä esittäessään VR-harjoittelun olevan aktiivista tai passiivista vertailuryhmää vaikuttavampaa henkilöillä, joilla oli lievä kognition heikentyminen. Zhu ym. (2021) mukaan VR-harjoittelu oli tehokasta myös toiminnanohjauksen edistämiseksi, mitä ei tässä työssä pääanalyysin mukaan havaittu. Tutkimuksessa otettiin huomioon kaikki alkuperäistutkimuksissa esitetyt kognition testitulokset, joista laskettiin osa-alueittain vaikutuskokoa kuvaava keskiarvo. Tämä saattaa antaa kokonaisvaltaisemman tuloksen harjoittelun vaikuttavuudesta verrattuna prioriteettilistan mukaisen tuloksen hyödyntämiseen. Toisaalta tähän pro graduun pystyttiin sisällyttämään 18 RCT-tutkimusta liittyen lievän kognition heikentymään tai dementiaan kun tutkimusten määrä jäi Zhu ym. (2021) meta-analyysissä 11:een RCT-tutkimukseen. Lisäksi alkuperäistutkimusten

harhan riski osoittautui varsin matalaksi toisin kuin tässä pro gradu -työssä. Tutkimuksessa oli hyödynnetty alkuperäistä Cochrane Risk of Bias -arviointityökalua (Higgins ym. 2011) sekä PEDro arviointiasteikkoa (Maher ym. 2003), jotka eivät liene yhtä kriittisiä kuin uudistettu versio Cochrane-arviointityökalusta (Sterne ym. 2019). Vaikka tutkimus tuo esille VR-harjoittelun hyödyn niin yleisen kognition kuin toiminnanohjauksen, muistin ja tasapainon edistämisessä, ei siinä oteta kantaa näytön vahvuuteen tai VR-harjoittelun mahdollisiin haittatapahtumiin (Zhu ym. 2021).

Tämän pro gradu -tutkimuksen meta-analyysiin oli mahdollista sisällyttää riittävästi tutkimuksia, jotta tilastollinen analyysi olisi mielekästä toteuttaa. Vaikka työhön sisällytetyt alkuperäistutkimukset olivat tutkimusasetelmaltaan lähtökohtaisesti laadukkaita satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, tulosten luotettavuutta heikentää osaltaan tutkimusten epäselvä tai korkea harhan riski. Epäselvyydet satunnaistamismenetelmistä ja osallistujien ryhmiin jakautumisen salaamisesta sekä puuttuvat ennakkosuunnitelmat käytetyistä tilastollisista analyyseistä heikentävät alkuperäistutkimusten toteutuksen ja raportoinnin läpinäkyvyyttä ja vaikeuttavat tulosten tulkintaa sekä yleistettävyyttä. Vaikka tutkimusten harhan riskiä arvioitiin itsenäisesti kahden eri henkilön toimesta ja arvioissa saavutettiin yksimielisyys, saattavat arviot olla aiempaa kriittisempiä, sillä Cochrane Risk of Bias 2 -työkalu on havaittu alkuperäistä versiota haastavammaksi ja vaativammaksi (Minozzi ym. 2020). Lisäksi arvioinnin on todettu eroavan kahden arvioitsijan välillä jonkin verran, mikä saattaa heikentää arviointityökalun käytettävyyttä tai arvioinnin luotettavuutta (Minozzi ym. 2020). Vaativampaa arviointityökalua käytettäessä tulisi tutkittu aihe tuntea hyvin arvioinnin luotettavuuden takaamiseksi. Lisäksi arviointityökalun käyttö vaatii harjoitusta ja kysymysten yhdenmukaista tulkintaa, mikä otettiin huomioon sekä ROVA-hankkeessa että tätä pro gradua työstettäessä.

Tuloksissa havaittiin korkeaa tilastollista heterogeenisyyttä tutkimusten välillä. Tilastollinen heterogeenisuus voi aiheutua osallistujien laajasta ikäskaalasta tai eri koulutustaustasta, naisten suuremmasta osuudesta tutkimuksissa, interventioiden vaihtelevasta sisällöstä ja kestosta tai harjoittelun määrästä ja progressiosta, kuten aiemmin julkaistussa metaregressiossa on havaittu (Mansor ym. 2020). Toisaalta alaryhmäanalyysien avulla saatiin selville, että tilastollinen heterogeenisuus tutkimusten välillä ei juurikaan laskenut, vaikka analyyseissä huomioitiin



kognition eri tasot, vertailuryhmän toteutus tai käytetyt testit. Sen vuoksi nämä eivät liene merkittäviä tulosten heterogeenisyyttä lisääviä tekijöitä.

Koulutustaustalla lienee merkittävää vaikutusta ikääntyneiden kognitiiviseen toimintakykyyn, mikä on havaittu tuoreessa tutkimuksessa vertaamalla eri vuosina syntyneiden 75–80-vuotiaiden syntymäkohorttien kognitiivisen toimintakyvyn tasoa (Munukka ym. 2021). Vaikka tämän pro gradu -tutkimuksen osallistujien kognitiivinen lähtötaso ei eri alkuperäistutkimusten sisällä eronnut tilastollisesti, on mahdollista, että osallistujien koulutustaso vaikuttaa esimerkiksi oppimisen tehoon ja näkyvät siten VR-harjoittelun vaikuttavuudessa. Toisaalta, jos vaikutuksia seurattaisiin pidempiaikaisesti, näkyisikö vaikutuksen taso kognitiivisessa suorituskyvyssä voimakkaammin vielä myöhemmin vai heikentyisikö vaikutus heti harjoittelun päätyttyä?

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoitteluintervention sisältö ja määrä, intensiivisyys, progressio ja interventiojakson kesto vaihtelivat alkuperäistutkimusten välillä jonkin verran eikä intervention suurempi vaikuttavuus näyttänyt olevan suoraan yhteydessä toteutettuun harjoittelumäärään. Esimerkiksi VR-harjoittelulla havaittiin tavanomaista harjoittelua suurempi vaikutus yleiseen kognitioon, kun interventioharjoittelu toteutui kerrallaan 30 minuuttia kolme kertaa viikossa yhteensä 8 viikon ajan (Htut ym. 2018). Sen sijaan eroja ryhmien välillä ei havaittu yleisen kognition edistämiseksi, vaikka VR-harjoittelua toteutettiin kerrallaan 60 minuuttia kolmesti viikossa 12 viikon ajan (Liao ym. 2020). Molemmissa tutkimuksissa vertailuryhmä toteutti VR-harjoittelua vastaavan määrän tavanomaista harjoittelua ja yleistä kognitiota mitattiin MoCA-testillä. Lisäksi Zhu ym. (2021) tutkivat alaryhmäanalyysien harjoittelun määrän vaikutusta saatuun VR-harjoittelun vaikuttavuuteen eikä eroa havaittu, kun analyysissä verrattiin alle 20 tunnin harjoittelua yli 20 tuntia kestäneeseen harjoittelujaksoon.

Joissakin tutkimuksissa verrattiin vain VR-harjoittelua tavanomaiseen toteutukseen, kun taas toisissa VR-harjoittelua tarjottiin tavanomaisen toteutuksen lisänä. Mikäli VR-interventiossa oli mukana myös tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta, harvoin raportoitiin sitä, missä suhteessa hoitoja toteutettiin. Tämän gradukatsauksen osalta jää vielä epäselväksi, mikä hoidon

toteutuksen määrä on mahdollisesti vaikuttavinta. Koska harjoittelun intensiteetti ja progressio kuvattiin suuressa osassa alkuperäistutkimuksia melko heikosti, on mahdollista, että riittävä progressio VR-harjoittelusta jäi useammassa tutkimuksessa toteutumatta. Tämä saattaa näkyä siinä, että VR-harjoittelu ja tavanomainen toteutus olivat yhtä vaikuttavia ikääntyneiden toiminnanohjauksen edistämässä.

Monet yleistä kognitiota ja toiminnanohjausta mittaavat testit on kehitetty seulomaan muutoksia kognition tasossa. On mahdollista, että lyhyissä interventiojaksoissa ei ehdi tapahtua riittävää muutosta, mikä olisi kyseisillä testeillä riittävällä tarkkuudella erotettavissa. Lisäksi hyvin yleisesti käytössä olevalla MMSE-testillä on todettu sekä katto- että lattiaefekti (Mungas ym. 2003), jolloin testi ei liene luotettava kognition tasossa tapahtuvien lyhytaikaisten muutosten mittaamisessa henkilöllä, joilla on normaali kognition taso, lievästi heikentynyt kognitio tai dementia. Koska monessa alkuperäistutkimuksessa oli kognitio sekundaarisena tulosmuuttujana, on se saattanut osaltaan vaikuttaa tutkimukseen soveltuvien kognitiotestien valikointiin. Toisaalta yleinen kognitio ja toiminnanohjaus testaavat monia kognition osaluokkia, jolloin on mahdollista, että kehittymistä tapahtuu toiminnanohjauksenkin eri osaluokilla, vaikka vaikuttavuus ei tullut esille toimintaa laajemmin mitatessa.

VR-harjoittelusta raportoitiin joitakin lieviä haittatapahtumia, jotka liittyivät harjoittelun aikaiseen kipuun tai lihassärkyyn, huimaukseen tai laitteiden käyttöön liittyvään turhautumiseen. Lihassärky liittyi usein sekä interventio- että vertailuryhmän harjoitteluun ja lieveni ensimmäisen harjoittelukerran jälkeen. Laitteiden käyttöön liittyvä turhautuminen sen sijaan tuli esille yhdessä alkuperäistutkimuksessa (Anderson-Hanley ym. 2012). VR-harjoittelun hyödyntämisessä on lähtökohtaisesti hyvä huomioida käyttäjäryhmän mieltymykset, tavat ja tottumukset sekä tarjota laaja sisällöllinen valikoinnin mahdollisuus, jotta harjoittelu olisi mahdollista yksilöidä ja muokata tarpeen mukaan (Muñoz ym. 2019). Tutkimusasetelma rajaa jonkin verran harjoittelun yksilöllisen muokkauksen mahdollisuutta, sillä harjoittelun sisältöä ja määrää on yhdenmukaistettava vertailukelpoisuuden vuoksi, jolloin laitteiden tai ohjelman toimintaan liittyviä negatiivisia tunteita ei ole mahdollista täysin välttää. Toisaalta on tärkeää oppia haittatapahtumien ja osallistujien kokemusten kautta se, kenelle ja milloin VR-harjoittelu olisi toteuttamiskelpoinen harjoittelumuoto kuntoutuksessa tai ennaltaehkäisevänä toimenä.

Digitalisaatioon ja teknologia-avusteiseen harjoitteluun liittyy ikäihmisten keskuudessa sekä pystyvyyttä ja osallisuutta edistäviä, että näitä heikentäviä kokemuksia (Hill ym. 2015). Vaikka teknologian ymmärretään lisäävän myös saavutettavuutta ja mahdollisesti lieventävän yksinäisyyttä (White ym. 2000), laitteiden rikkoutumiseen tai tietosuoja-asioihin liittyvä pelko voi vaikeuttaa digilaitteiden käyttöönottoa ikääntyneillä (Hill ym. 2015). Tutkittaessa asenteita modernia VR-teknologiaa kohtaan on suhtautumisessa kuitenkin havaittu positiivista muutosta (Huygelier ym. 2019). Sitoutuminen VR-harjoitteluun osoittautui myös tässä gradututkimuksessa kohtalaiseksi tai korkeaksi niissä alkuperäistutkimuksissa, joissa ryhmäkohtainen sitoutuminen oli kuvattu. Sitoutuminen ei vaikuttanut riippuvan kognition tasosta, mikä saattaa antaa viitettä laajemmasta teknologia-avusteisen harjoittelun hyväksynnästä ja positiivisesta vastaanotosta ikääntyneiden osallistujien keskuudessa. Lisäksi VR-teknologia voisi olla kognitiivisen toimintakyvyn arvioinnissa varteenotettava vaihtoehto nopeasta, objektiivisesta ja herkästä mittarista (esim. Cabinio ym. 2020, Kourtesis ym. 2020). Tällaisten mittareiden avulla muutokset kognitiivisessa suoriutumisessa voisi tulevaisuudessa erottaa yhä tarkemmin ja riittävän varhain.

Harjoittelun hyötyjä pohdittaessa on huomioitava vaikuttavuuden lisäksi myös mahdolliset lisäkustannukset ja suhteutettava ne harjoittelun vaikuttavuuden tasoon. VR-harjoittelun kustannusvaikuttavuuden selvittäminen olisi tulevaisuudessa yksi tärkeä tutkimuskohde. Yleinen kognitio kehittyi VR-harjoittelulla tavanomaista toteutusta tehokkaammin, ja tarkasteltaessa alaryhmittäin havaittiin vaikutus henkilöillä, joilla oli lievä kognition heikentyminen. Vaikutuksen taustalla olevissa alkuperäistutkimuksissa hyödynnettiin alhaisen immersion VR-teknologiaa, kuten Nintendo Wii tai Xbox 360 Kinect laitteita, jotka ovat moderneimpiin VR-laitteisiin verrattuna selvästi edullisempia (Lange ym. 2012). Tämä alustavasti osoittaa, että vaikuttavuutta olisi mahdollista saavuttaa kohtalaisen alhaisin lisäkustannuksin.

Tämän pro gradun vahvuuksina ovat käytettyjen tutkimusmenetelmien laadukas toteutus, näytönasteen arviointi, VR-harjoitteluun liittyvien haittatapahtumien tarkastelu sekä läpinäkyvä raportointi. Laaja kirjallisuushaku toteutettiin järjestelmällisesti ja gradua varten rajattiin tarkka PICOS-lauseke, jonka mukaan soveltuvat alkuperäistutkimukset valikoitiin työhön mukaan. Työ koostuu vain satunnaistetuista kontrolloiduista tutkimuksista, jotka

lähtökohtaisesti kasvattavat tulosten luotettavuutta sekä näytön varmuutta. Lisäksi alkuperäistutkimusten harhan riskiä arvioitiin Cochrane-arviointityökalun uudistetulla versiolla itsenäisesti kahden eri henkilön toimesta tulosmuuttujakohtaisesti, mikä lisää saatujen tulosten luotettavuutta. Meta-analyysi toteutettiin perustellusti ja tilastollisissa analyyseissä käytetty aineisto oli vertailukelpoista huolellisesti selvitettyjen tulosmuuttujatestien prioriteettilistojen ansiosta. Meta-analyysin lisäksi tarkasteltiin analyyseihin liittyvää tilastollista heterogeenisyyttä ja julkaisuharhaa sekä arvioitiin näytön vahvuutta, jotka jäivät aiemmissa meta-analyyseissä joko puutteellisiksi tai niitä ei ollut huomioitu lainkaan (Howes ym. 2017, Kim ym. 2019, Mansor ym. 2020). Tämä pro gradu on tiettävästi ensimmäinen meta-analyysi, johon on yhdistetty ja samalla alaryhmäanalyysein eroteltu VR-harjoittelun vaikuttavuus kognitioon ikääntyneillä, joilla kognition taso erosi normaalista tasosta lievästi heikentyneeseen kognitioon tai dementiaan. Siten on ollut mahdollista tutkia, eroaako VR-harjoittelu vaikuttavuus ikääntyneillä kognition tasosta riippuen.

Työssä on myös tekijöitä, jotka rajoittavat tulosten luotettavuutta. Vaikka ROVA-hankkeen kirjallisuushaku toteutettiin ilman kielirajauksia, jouduttiin tutkimusryhmän kielitaidon vuoksi sulkemaan pois ne tutkimukset, joita ei ollut julkaistu englanniksi, ruotsiksi, saksaksi tai suomeksi. Tällä voi olla vaikutusta mahdolliseen julkaisuharhaan. Joissakin mukaan otetuissa alkuperäistutkimuksissa osallistujamäärä jäi pieneksi, mikä voi vääristää tutkimuksen tuloksen voimakkuutta ja tilastollista merkitsevyyttä. Vaikka menetelmällisesti tämä pro gradu on toteutettu laadukkaasti, oli alkuperäistutkimusten harhan riski epäselvä tai korkea, minkä vuoksi tuloksia tulee tulkita kriittisemmin. Lisäksi muutamia tulokseltaan poikkeavia tutkimuksia löydettiin, jolloin yhden tällaisen tutkimuksen poissulkeminen muuttaa tuloksen suuntaa ja siten heikentää tuloksen varmuutta. Toisaalta, mikäli kaikki tunnistetut alkuperäistutkimukset olisi pystytty sisällyttämään meta-analyysiin, yksittäisen poikkeavan tutkimuksen poissulkemisella olisi saattanut olla pienempi vaikutus kokonaistuloksen suuntaan. Pro gradussa huomioidut tulosmuuttajat ovat kognitiivisen toimintakyvyn yläkäsitteitä, jolloin VR-harjoittelun vaikuttavuuden tarkempi erottelu kognition eri osa-alueiden osalta olisi jatkotutkimusten kannalta suositeltavaa. Rajaus on kuitenkin perusteltua pro gradu -työn laajuuden puitteissa.

Tämä järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi antavat viitettä VR-harjoittelun vaikuttavuuden mahdollisuuksista ikääntyneillä, joilla kognition taso vaihtelee. Tärkeänä huomiona on intervention vaikuttavuus tilanteissa, joissa kognition taso on jo heikentynyt. On mahdollista, että VR-harjoittelulla pystytään ennaltaehkäisemään kognitiivisen toimintakyvyn heikentymistä tai palauttamaan kognition heikentymä normaaliin tasoon, kuten aiemmin on esitetty (Koepsell & Monsell 2012, Pandya ym. 2016, Sachdev ym. 2013). VR-harjoittelulla on mahdollisuuksia myös kuntoutuksen saavutettavuuden osalta, sillä sen toteutus on havaittu mahdolliseksi myös kotiympäristössä niin terveillä kuin dementiaa sairastavilla henkilöillä (Gschwind ym. 2015, Padala ym. 2017). Kuitenkin tärkein vaikuttavuutta edistävä tekijä on kuntoutujan oma mielenkiinto ja motivaatio sekä sitoutuminen harjoittelun toteutukseen.

Tämän pro gradun tekemisessä on noudatettu yleistä hyvää tieteellistä käytäntöä (TENK 2012) niin aineiston hankinnassa, käsittelyssä ja analysoinnissa kuin tulosten raportoinnissa. Työ perustuu Jyväskylän yliopiston ROVA-hankkeen aineistoon, mikä on tuotu gradussa asianmukaisesti esille. Työ on raportoitu objektiivisesti ja läpinäkyvästi, aineistoa on hyödynnetty alkuperäistutkijoita kunnioittaen ja käytettyihin lähteisiin on viitattu tiedekunnan kirjoitusohjeiden mukaisesti. Käytetyt tutkimusmenetelmät on toteutettu ajankohtaisilla ohjeilla ja ohjelmilla, ja työllä on pyritty saamaan lisätietoa teknologia-avusteisen harjoittelun mahdollisuuksista kuntoutuskentällä tulevaisuuden väestörakenteen muutokset sekä kuntoutuksen saavutettavuuden mahdollisuudet mielessä pitäen. Tämän pro gradun tulokset antavat viitettä VR-harjoittelun lisähyödyistä kognitiivisen toimintakyvyn edistämässä ja ylläpitämässä, harjoitteluun motivoitumisessa ja sitoutumisessa sekä kuntoutumisen saavutettavuudessa esimerkiksi kotiympäristössä toteutettuna. Vaikka VR-teknologian käyttö vaikuttaa turvalliselta ikääntyneillä kognition tasosta riippumatta, tulee sen käyttöä ja toteutustapaa harkita tilannekohtaisesti sekä kuntoutujan taustat että kestävä kehityksen periaatteet huomioiden.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa olla tavanomaista harjoittelua, hoitoa tai ohjausta vaikuttavampaa yleisen kognition kehittämisessä erityisesti ikääntyneillä, joilla on lievä kognition heikentymä. Toiminnanohjauksen edistämässä VR-harjoittelu lienee yhtä tehokasta kuin tavanomainen toteutus ikääntyneillä kognition tasosta riippumatta. Intervention vaihtelevan toteutuksen vuoksi on vielä epäselvää, mikä VR-harjoittelun määrä ja kesto on optimaalisin vaikuttavuuden kannalta. Koska näytönaste on heikko, saattavat uudet tutkimukset muuttaa tulosten suuntaa. Raportoidut haittatapahtumat huomioiden VR-harjoittelu lienee turvallinen harjoittelumuoto ikääntyneen kognitiivisen toimintakyvyn ylläpitämiseksi ja edistämiseksi, mutta käyttöä ja toteutusta tulee harkita yksilöllisesti kuntoutujan tausta ja kiinnostus huomioiden.

Tämä pro gradu -tutkimus on tietävästi ensimmäinen VR-harjoittelua tarkasteleva meta-analyysi, joka huomioi ikääntyneet kognition tasosta riippumatta ja selvittää alaryhmäanalyysien harjoittelun vaikuttavuutta ikääntyneillä, joiden kognition taso vaihtelee normaalista lievään kognition heikentymään tai dementiaan. Työn uutuusarvoa lisää näytön varmuuden arviointi, mikä osoittaa yhä tarvetta laadukkaasti toteutetuille satunnaistetuille kontrolloiduille tutkimuksille tutkimusnäytön vahvistamiseksi. Metaregressio voisi tarjota lisätietoa mahdollisista tuloksiin vaikuttavista ja tilastollista heterogeenisyyttä selittävistä tekijöistä. Jatkossa kognitiotutkimuksissa huomion arvoista on pyrkiä erittelemään vaikutukset entistä tarkemmin kognition eri osa-alueilla. Myös VR-harjoittelun pitkäaikaisvaikutusten sekä kustannusvaikuttavuuden selvittäminen ovat tarpeellisia tutkimuskohteita tulevaisuudessa.

## LÄHTEET

- Alexopoulos, P., Skondra, M., Charalampopoulou, M., Aligianni, S., Kontogianni, E., Lentzari, I., Vratsista, A., Kliegel, M. & Politis, A. 2020. Validation of the Cognitive Telephone Screening Instrument (COGTEL) for detecting mild cognitive impairment and dementia due to Alzheimer's disease (AD). *Neuropsychology/early detection of cognitive decline with neuropsychological tests*. Poster presentation in *Alzheimer's & Dementia* 16 (Supplement 6), e041461. DOI: 10.1002/alz.041461.
- Amjad, I., Toor, H., Niazi, I. K., Pervaiz, S., Jochumsen, M., Shafique, M., Haavik, H. & Ahmed, T. 2019. Xbox 360 Kinect cognitive games improve slowness, complexity of EEG, and cognitive functions in subjects with mild cognitive impairment: a randomized control trial. *Games for Health Journal* 8 (2), 144–152.
- Anderson-Hanley, C., Arciero, P. J., Brickman, A. M., Nimon, J. P., Okuma, N., Westen, S. C., Merz, M. E., Pence, B. D., Woods, J. A., Kramer, A. F., Zimmerman, E. A. 2012. Exergaming and older adult cognition. A cluster randomized clinical trial. *American Journal of Preventive Medicine* 42 (2), 109–119.
- Anstey, K. J. & Low, L. 2004. Normal cognitive changes in aging. *Australian Family Physician* 33 (10), 783–787.
- Appollonio, I., Leone, M., Iselle, V., Piamarta, F., Consoli, T., Villa, M. L., Forapani, E., Russo, A. & Nichelli, P. 2005. The Frontal Assessment Battery (FAB): normative values in an Italian population sample. *Neurological Sciences* 26 (2), 108–116.
- Arbuthnott, K. & Frank, J. 2000. Trail Making Test, Part B as a measure of executive control: validation using a set-switching paradigm. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 22 (4), 518–528.
- Bacha, J. M. R., Gomes, G. C. V., de Freitas, T. B., Viveiro, L. A. P., da Silva K. G., Bueno, G. C., Varise, E. M., Torriani-Pasin, C., Alonso, A. C., Luna, N. M. S., Greve, J. M. D. & Pompeu J. E. 2018. Effects of Kinect adventure games versus conventional physical therapy on postural control in elderly people: a randomized controlled trial. *Games for Health Journal* 7 (1), 24–36.

- Balshem, H., Helfand, M., Schünemann, H. J., Oxman, A. D., Kunz, R., Brozek, J., Vist, G. E., Falck-Ytter, Y., Meerpohl, J., Norris, S. & Guyatt, G. H. 2011. Grade guidelines: 3. Rating the quality of evidence. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (4), 401–406.
- Barnes, D., Lopez, O. & Yaffe, K. 2012. *Dementia and Alzheimer's Disease*. Teoksessa A. B. Newman & J. A. Cauley (toim.), *The epidemiology of aging*. Dordrecht: Springer, 561–582. Viitattu 2.6.2021, <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1247092>.
- Bondi, M. W. & Serody, A. B. 2002. Cognitive and neuropathologic correlates of Stroop Color-Word Test performance in Alzheimer's disease. *Neuropsychology* 16 (3), 335–343.
- Bowie, C. R. & Harvey, P. D. 2006. Administration and interpretation of the Trail Making Test. *Nature Protocols* 1 (5), 2277–2281.
- Brunner, I., Skouen, J. S., Hofstad, H., Aßmuss, J., Becker, F., Pallesen, H., Thijs, L. & Verheyden, G. 2016. Is upper limb virtual reality training more intensive than conventional training for patients in the subacute phase after stroke? An analysis of treatment intensity and content. *BMC Neurology* 16 (Article No. 219). DOI: 10.1186/s12883-016-0740-y.
- Cabinio, M., Rossetto, F., Isernia, S., Saibene, F. L., Di Cesare, M., Borgnis, F., Pazzi, S., Migliazza, T., Alberoni, M., Blasi, V. & Baglio, F. 2020. The use of a virtual reality platform for the assessment of the memory decline and the hippocampal neural injury in subjects with mild cognitive impairment: the validity of smart aging serious game (SASG). *Journal of Clinical Medicine* 9 (5), 1355. DOI: 10.3390/jcm9051355.
- Cerhan, J. H., Ivnik, R. J., Smith, G. E., Tangalos, E. C., Petersen, R. C. & Boeve, B. F. 2002. Diagnostic utility of letter fluency, category fluency, and fluency difference scores in Alzheimer's disease. *The Clinical Neuropsychologist* 16 (1), 35–42.
- Chan, Z. Y. S., MacPhail, A. J. C., Au, I. P. H., Zhang J. H., Lam, B. M. F., Ferber, R. & Cheung, R. T. H. 2019. Walking with head-mounted virtual and augmented reality devices: effects on position control and gait biomechanics. *PLoS ONE* 14(12), e0225972.
- Chen, F-T., Etnier, J. L., Chan, K-H., Chiu P-K., Hung T-M. & Chang Y-K. 2020. Effects of exercise training interventions on executive function in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine* 50, 1451–1467. DOI: 10.1007/s40279-020-01292-x.



- Clifton, J. & Palmisano, S. 2020. Effects of steering locomotion and teleporting on cybersickness and presence in HMD-based virtual reality. *Virtual Reality* 24 (3), 453–468.
- Cochrane 2021. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, version 6.2. Viitattu 2.6.2021, <https://training.cochrane.org/handbook/current>.
- CogState 2021. Computerized Cognitive Assessment. Viitattu 2.6.2021, <https://www.cogstate.com/clinical-trials/computerized-cognitive-assessment/>, Groton Maze Learning Test (Executive function).
- Cohen, J. 1992. A power primer. *Psychological Bulletin* 112 (1), 155–159.
- Corder, E. H., Saunders, A. M., Strittmatter, W. J., Schmechel, D. E., Gaskell, P. C., Small, G. W., Roses, A. D., Haines, J. L. & Pericak-Vance, M. A. 1993. Gene dose of apolipoprotein E type 4 allele and the risk of Alzheimer's disease in late onset families. *Science* 261 (5123), 921–923.
- Cruz-Neira, C., Sadin, D. J. & DeFanti T. A. 1993. Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. *Proceedings of the 20<sup>th</sup> Annual Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques*, 135–142. DOI: 10.1145/166117.166134.
- Darby, D. G., Fredrickson, J., Pietrzak, R. H., Maruff, P., Woodward, M. & Brodtmann, A. 2014. Reliability and usability of an internet-based computerized cognitive testing battery in community-dwelling older people. *Computers in Human Behavior* 30, 199–205. DOI: 10.1016/j.chb.2013.08.009.
- de Amorim, J. S. C., Leite, R. C., Brizola, R. & Yonamine, C. Y. 2018. Virtual reality therapy for rehabilitation of balance in the elderly: a systematic review and meta-analysis. *Advances in Rheumatology* 58, 18. DOI: 10.1186/s42358-018-0013-0.
- de Jager, C. A., Schrijnemaekers, A. M.C., Honey, T. E. M. & Budge, M. M. 2009. Detection of MCI in the clinic: evaluation of the sensitivity and specificity of a computerised test battery, the Hopkins Verbal Learning Test and the MMSE. *Age and Ageing* 38 (4), 455–460.
- Deeks, J. J., Higgins, J. P. T. & Altman, D. G. 2021. *Analysing data and undertaking meta-analyses: identifying and measuring heterogeneity*. Teoksessa J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page & V. Welch (toim.), Cochrane

- handbook for systematic reviews of interventions, version 6.2. Viitattu 2.6.2021, <https://training.cochrane.org/handbook/archive/v6.1/chapter-10>.
- Delbroek, T., Vermeulen, W. & Spildooren, J. 2017. The effect of cognitive-motor dual task training with the biorescue force platform on cognition, balance and dual task performance in institutionalized older adults: a randomized controlled trial. *The Journal of Physical Therapy Science* 29 (7), 1137–1143.
- Dermody, G., Whitehead, L., Wilson, G. & Glass, C. 2020. The role of virtual reality in improving health outcomes for community-dwelling older adults: systematic review. *Journal of Medical Internet Research* 22 (6), e17331. DOI: 10.2196/17331.
- Dietlein, C., Eichberg, S., Fleiner, T. & Zijlstra, W. 2018. Feasibility and effects of serious games for people with dementia: a systematic review and recommendations for future research. *Gerontechnology* 17 (1), 1–17.
- Dijkers, M. P., Murphy, S. L. & Krellman, J. 2012. Evidence-based practice for rehabilitation professionals: concepts and controversies. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 93 (8), S164–S176.
- Djulbegovic, B. & Guyatt, G. H. 2017. Progress in evidence-based medicine: a quarter century on. *Lancet* 390 (10092), 415–423.
- Donoghue, O. A., Horgan, N. F., Savva, G. M., Cronin, H., O'Regan, C. & Kenny, R. A. 2012. Association between Timed Up-and-Go and memory, executive function, and processing speed. *The American Geriatrics Society* 60 (9), 1681–1686.
- Duodecim 2019a. Kuntoutus muistisairauksissa. Viitattu 16.6.2021, <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00860#s4>.
- Duodecim 2019b. Hoitosuositusryhmien käsikirja. Hoitosuositusten näytönasteen arviointi GRADE-työryhmän tapaan. Viitattu 2.6.2021, <https://www.terveysportti.fi/dtk/khk/koti>, Osa II Tutkimustiedon kriittinen arviointi.
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W. & Wiemeyer, J. 2016. Introduction: What are serious games? Teoksessa R. Dörner, S. Göbel, W. Effelsberg & J. Wiemeyer (toim.), *Serious games: foundations, concepts and practice*. Sveitsi: Springer International Publishing, 1–4. Viitattu 2.6.2021, <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1576187>.
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M. & Minder, C. 1997. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *BMJ* 315, 629–634. DOI: 10.1136/bmj.315.7109.629.

- Etnier, J. L. & Chang, Y. 2009. The effect of physical activity on executive function: a brief commentary on definitions, measurement issues, and the current state of the literature. *Journal of Sport and Exercise Psychology* 31 (4), 469–483.
- Fillit, H. M., Butler, R. N., O’Connell, A. W., Albert, M. S., Birren, J. E., Cotman, C. W., Greenough, W. T., Gold, P. E., Kramer, A. F., Kuller, L. H., Perls, T. T., Sahagan, B. G. & Tully, T. 2002. Achieving and maintaining cognitive vitality with aging. *Mayo Clinic Proceedings* 77 (7), 681–696.
- Fjell, A. M., McEvoy, L., Holland, D., Dale, A. M., Walhovd, K. B. & Alzheimer’s Disease Neuroimaging Initiative 2014. What is normal in normal aging? Effects of aging, amyloid and Alzheimer’s disease on the cerebral cortex and the hippocampus. *Progress in Neurobiology* 117, 20–40. DOI: 10.1016/j.pneurobio.2014.02.004.
- Folstein, M. F, Folstein, S. E. & McHugh P. R. 1975. ”Mini-Mental State”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research* 12 (3), 189–198.
- Fredrickson, J., Maruff, P., Woodward, M., Moore, L., Fredrickson, A., Sach, J. & Darby, D. 2010. Evaluation of the usability of a brief computerized cognitive screening test in older people for epidemiological studies. *Neuroepidemiology* 34 (2), 65–75.
- Galvin, J. & Levac, D. 2011. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation: describing and classifying virtual reality systems. *Developmental Neurorehabilitation* 14 (2), 112–122.
- Gheysen, F., Poppe, L., DeSmet, A., Swinnen, S., Cardon, G., De Bourdeaudhuij, I., Chastin, S. & Fias, W. 2018. Physical activity to improve cognition in older adults: can physical activity programs enriched with cognitive challenges enhance the effects? A systematic review and meta-analysis. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 15 (Article No. 63), DOI: 10.1186/s12966-018-0697-x.
- Gomes, G. C. V., do Socorro Simões, M., Lin, S. M., Bacha, J. M. R., Viveiro, L. A. P., Varise, E. M., Junior, N. C., Lange, B., Filho, W. J. & Pompeu, J. E. 2018. Feasibility, safety, acceptability, and functional outcomes of playing Nintendo Wii Fit Plus for frail older adults: a randomized feasibility clinical trial. *Maturitas* 118, 20–28. DOI: 10.1016/j.maturitas.2018.10.002.
- Gouveia, É. R., Smailagic, A., Ihle, A., Marques, A., Gouveia B. R., Cameirão, M., Sousa, H., Kliegel, M. & Siewiorek, D. 2020. The efficacy of a multicomponent functional fitness

- program based on exergaming on cognitive functioning of healthy older adults: a randomized controlled trial. *Journal of Aging and Physical Activity*, Ahead of print, 1–9. DOI: 10.1123/japa.2020-0083.
- GRADE Working Group 2014. Grading quality of evidence and strength of recommendations. *BMJ* 328 (7454), 1490–1494. DOI: 10.1136/bmj.328.7454.1490.
- Green, C. S. & Bavelier, D. 2008. Exercising your brain: a review of human brain plasticity and training-induced learning. *Psychology and Aging* 23 (4), 692–701.
- Gschwind, Y. J., Eichberg, S., Ejupi, A., de Rosario, H., Kroll, M., Marston, H. R., Drobits, M., Annegarn, J., Wieching, R., Lord, S. R., 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* 12 (Article No. 10), 1–11. DOI: 10.1186/s11556-015-0155-6.
- Guimarães, A. V., Barbosa, A. R. & Meneghini, V. 2018. Active videogame-based physical activity vs. aerobic exercise and cognitive performance in older adults: a randomized controlled trial. *Journal of Physical Education and Sport* 18 (1), 203–209.
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Schünemann, H. J., Tugwell, P. & Knottnerus, A. 2011a. GRADE guidelines: a new series of articles in the *Journal of Clinical Epidemiology*. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (4), 380–382.
- Guyatt, G., Oxman, A. D., Akl, E. A., Kunz, R., Vist, G., Brozek, J., Norris, S., Falck-Ytter, Y., Glasziou, P., DeBeer, H., Jaeschke, R., Rind, D., Meerpohl, J., Dahm, P. & Schünemann, H. J. 2011b. GRADE guidelines: 1. Introduction – GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (4), 383–394.
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Vist, G., Kunz, R., Brozek, J., Alonso-Coello, P., Montori, V., Akl, E. A., Djulbegovic, B., Falck-Ytter, Y., Norris, S. L., Williams Jr., J. W., Atkins, D., Meerpohl, J. & Schünemann, H. J. 2011c. GRADE guidelines: 4. Rating the quality of evidence – study limitations (risk of bias). *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (4), 407–415.
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Kunz, R., Woodcock, J., Brozek, J., Helfand, M., Alonso-Coello, P., Glasziou, P., Jaeschke, R., Akl, E. A., Norris, S., Vist, G., Dahm, P., Shukla, V. K., Higgins, J., Falck-Ytter, Y., Schünemann, H. J. & The GRADE Working Group 2011d.

- GRADE guidelines: 7. Rating the quality of evidence – inconsistency. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (12), 1294–1302.
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Kunz, R., Woodcock, J., Brozek, J., Helfand, M., Alonso-Coello, P., Falck-Ytter, Y., Jaeschke, R., Vist, G., Akl, E. A., Post, P. N., Norris, S., Meerpohl, J., Shukla, V. K., Nasser, M., Schüneman, H. J. & The GRADE Working Group 2011e. GRADE guidelines: 8. Rating the quality of evidence – indirectness. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (12), 1303–1310.
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Kunz, R., Brozek, J., Alonso-Coello, P., Rind, D., Devereaux, P. J., Montori, V. M., Freyschuss, B., Vist, G., Jaeschke, R., Williams Jr., J. W., Murad, M. H., Sinclair, D., Falck-Ytter, Y., Meerpohl, J., Whittington, C., Thorlund, K., Andrews, J. & Schünemann, H. J. 2011f. GRADE guidelines 6. Rating the quality of evidence – imprecision. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (12), 1283–1293.
- Guyatt, G. H., Oxman, A. D., Montori, V., Vist, G., Kunz, R., Brozek, J., Alonso-Coello, P., Djulbegovic, B., Atkins, D., Falck-Ytter, Y., Williams Jr., J. W., Meerpohl, J., Norris, S. L., Akl, E. A. & Schünemann, H. J. 2011g. GRADE guidelines: 5. Rating the quality of evidence – publication bias. *Journal of Clinical Epidemiology* 64 (12), 1277–1282.
- Henderson, A., Korner-Bitensky, N. & Levin, M. 2007. Virtual reality in stroke rehabilitation: a systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Topics in Stroke Rehabilitation* 14 (2), 52–61.
- Higgins, J. P. T., Altman, D. G., Gøtzsche, P. C., Jüni, P., Moher, D., Oxman, A. D., Savović, J., Schulz, K. F., Weeks, L., Sterne, J. A. C., Cochrane Bias Methods Group & Cochrane Statistical Methods Group 2011. The Cochrane collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* 343, d5928. DOI: 10.1136/bmj.d5928.
- Higgins, J. P. T., Savovic, J., Page, M. J. & Sterne, J. A. C. 2019. Revised Cochrane risk-of-bias tool for randomized trials (RoB 2). Viitattu 2.6.2021, <https://sites.google.com/site/riskofbiastool/welcome/rob-2-0-tool/current-version-of-rob-2>.
- Hill, R., Betts, L. R. & Gardner, S. E. 2015. Older adults’ experiences and perceptions of digital technology: (Dis)empowerment, wellbeing, and inclusion. *Computers in Human Behavior* 48, 415–423. DOI: 10.1016/j.chb.2015.01.062.
- Holden, M. K. 2005. Virtual environments for motor rehabilitation. *CyberPsychology & Behavior* 8 (3), 187–211.

- Hoops, S., Nazem, S., Siderowf, A. D., Duda, J. E., Xie, S. X., Stern, M. B. & Weintraub, D. 2009. Validity of the MoCA and MMSE in the detection of MCI and dementia in Parkinson disease. *Neurology* 73 (21), 1738–1745.
- Horton, A. M. 2008. The Halstead-Reitan neuropsychological test battery: past, present, and future. Teoksessa A. M. Horton & D. Wedding (toim.), *The neuropsychology handbook*, 3. versio. New York: Springer Publishing Company, 251–278. Viitattu 2.6.2021, <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1753083>.
- Howes, S. C., Charles, D. K., Marley, J., Pedlow, K. & McDonough, S. M. 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.
- Hozo, S. P., Djulbegovic, B. & Hozo, I. 2005. Estimating the mean and variance from the median, range, and the size of a sample. *BMC Medical Research Methodology* 5 (Article No. 13), 1–10. DOI: 10.1186/1471-2288-5-13.
- Htut, T. Z. C., Hiengkaew, V., Jalayondeja, C. & Vongsirinavarat, M. 2018. Effects of physical, virtual reality-based, and brain exercise on physical, cognition, and preference in older persons: a randomized controlled trial. *European Review of Aging and Physical Activity* 15 (Article No. 10), 1–12. DOI: 10.1186/s11556-018-0199-5.
- Hughes, T. F., Flatt, J. D., Fu, B., Butters, M. A., Chang, C. H. & Ganguli, M. 2014. Interactive video gaming compared with health education in older adults with mild cognitive impairment: a feasibility study. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 29 (9), 890–898.
- Hultsch, D. F., Hertzog, C., Small, B. J. & Dixon, R. A. 1999. Use it or lose it: engaged lifestyle as a buffer of cognitive decline in aging? *Psychology and Aging* 14 (2), 245–263.
- Huygelier, H., Schraepen, B., van Ee, R., Abeele, V. V. & Gillebert, C. R. 2019. Acceptance of immersive head-mounted virtual reality in older adults. *Scientific Reports* 9 (Article No. 4519), 1–12. DOI: 10.1038/s41598-019-41200-6.
- Hwang, J. & Lee, S. 2017. The effect of virtual reality program on the cognitive function and balance of the people with mild cognitive impairment. *The Journal of Physical Therapy Science* 29 (8), 1283–1286.
- Ihle, A., Gouveia, É. R., Gouveia, B. R. & Kliegel, M. 2017. The Cognitive Telephone Screening Instrument (COGTEL): a brief, reliable, and valid tool for capturing

- interindividual differences in cognitive functioning in epidemiological and aging studies. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders Extra* 7 (3), 339–345.
- Imam, B. & Jarus, T. 2014. Virtual reality rehabilitation from social cognitive and motor learning theoretical perspectives in stroke population. *Rehabilitation Research and Practice* 2014 (Article ID 594540), 1–11. DOI: 10.1155/2014/594540.
- Johnson, J. K., Lui, L-Y & Yaffe, K. 2007. Executive function, more than global cognition, predicts functional decline and mortality in elderly women. *The Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 62 (10), 1134–1141.
- Jyväskylän yliopisto 2020. ROVA. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Tutkimushankkeet. Viitattu 2.6.2021, <https://www.jyu.fi/sport/fi/tutkimus/hankkeet/rova>.
- Kalron, A., Fonkatz, I., Frid, L., Baransi, H. & Achiron, A. 2016. The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 13 (Article No. 13), 1–10. DOI: 10.1186/s12984-016-0124-y.
- Kaplan, A. D., Cruit, J., Endsley, M., Beers, S. M., Sawyer, B. D. & Hancock, P. A. 2020. The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: a meta-analysis. *Human Factors*, 1–21. DOI: 10.1177/0018720820904229.
- Karssemeijer, E. G. A., Aaronson, J. A., Bossers, W. J. R., Donders, R., Rikkert, M. G. M. O. & Kessels, R. P. C. 2019. The quest for synergy between physical exercise and cognitive stimulation via exergaming in people with dementia: a randomized controlled trial. *Alzheimer's Research & Therapy* 11 (Article No. 3), 1–13. DOI: 10.1186/s13195-018-0454-z.
- Keshner, E. A. 2004. Virtual reality and physical rehabilitation: a new toy or a new research and rehabilitation tool? *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 1 (Article No. 8), 1–2. DOI: 10.1186/1743-0003-1-8.
- Keshner, E. A., Weiss, P. T., Geifman, D. & Raban, D. 2019. Tracking the evolution of virtual reality applications to rehabilitation as a field of study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 16 (Article No. 76), 1–15. DOI: 10.1186/s12984-019-0552-6.
- Kim, O., Pang, Y. & Kim, J-H. 2019. The effectiveness of virtual reality for people with mild cognitive impairment or dementia: a meta-analysis. *BMC Psychiatry* 19 (Article No. 219), 1–10. DOI: 10.1186/s12888-019-2180-x.

- Kliegel, M., Martin, M. & Jäger, T. 2007. Development and validation of the Cognitive Telephone Screening Instrument (COGTEL) for the assessment of cognitive function across adulthood. *The Journal of Psychology* 141 (2), 147–170.
- Klinger, E., Sánchez, J., Sharkey, P. M. & Merrick, J. 2014. Virtual reality based rehabilitation applications for motor, cognitive and sensorial disorders. Teoksessa P. M. Sharkey & J. Merrick (toim.), *Virtual reality: rehabilitation in motor, cognitive and sensorial disorders*. New York: Nova Science Publishers, 3–4. Viitattu 2.6.2021, <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1516995>.
- Koepsell, T. D. & Monsell, S. E. 2012. Reversion from mild cognitive impairment to normal or near-normal cognition. Risk factors and prognosis. *Neurology* 79 (15), 1591–1598.
- Kolb, B. & Whishaw, I. Q. 1998. Brain plasticity and behavior. *Annual Review of Psychology* 49, 43–64. DOI: 10.1146/annurev.psych.49.1.43.
- Kourtesis, P., Collina, S., Dumas, L. A. A. & MacPherson, S. E. 2020. Validation of the virtual reality everyday assessment lab (VR-EAL): an immersive virtual reality neuropsychological battery with enhanced ecological validity. *Journal of the International Neuropsychological Society* 27 (2), 181–196.
- Koyama, A. K., Hagan, K. A., Okereke, O. I., Weisskopf, M. G., Rosner, B. & Grodstein, F. 2015. Evaluation of a self-administered computerized cognitive battery in an older population. *Neuroepidemiology* 45 (4), 264–272.
- Kurz, A., Pohl, C., Ramsenthaler, M. & Sorg, C. 2009. Cognitive rehabilitation in patients with mild cognitive impairment. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 24, 163–168. DOI: 10.1002/gps.2086.
- Käypä hoito 2016. Muistisairauksiin liittyviä määritelmiä. Viitattu 2.6.2021, <https://www.kaypahoito.fi/nix02415>.
- Lange, B.S., Requejo, P., Flynn, S. M., Rizzo, A. A., Valero-Cuevas, F. J., Baker, L. & Winstein, C. 2010. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics* 21 (2), 339–356.
- Lange, B., Koenig, S., Chang, C-Y., McConnell, E., Suma, E., Bolas, M. & Rizzo, A. 2012. Designing informed game-based rehabilitation tasks leveraging advances in virtual reality. *Disability and Rehabilitation* 34 (22), 1863–1870.
- Lasserson, T. J., Thomas, J. & Higgins, J. P. T. 2021. Starting a review. Teoksessa J. P. T. Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. J. Page & V. Welch (toim.),



- Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, version 6.2. Viitattu 2.6.2021, <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-01>.
- Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G. & Crotty M. 2017. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 11 (Article No. CD008349), 1–164. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>.
- Lefebvre, C., Manheimer, E. & Glanville, J. 2011. Searching for studies: designing search strategies. Teoksessa J. P. T. Higgins & S. Green (toim.), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, version 5.1*. Viitattu 2.6.2021, [https://handbook-5-1.cochrane.org/chapter\\_6/6\\_4\\_11\\_search\\_filters.htm](https://handbook-5-1.cochrane.org/chapter_6/6_4_11_search_filters.htm).
- Levin, M. F. & Demers, M. 2020. Motor learning in neurological rehabilitation. *Disability and Rehabilitation*, 1–9. DOI: 10.1080/09638288.2020.1752317.
- Liao, Y-Y., Chen, I-H., Lin, Y-J., Chen, Y. & Hsu, W-C. 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. *Frontiers in Aging Neuroscience* 11 (Article No. 162), 1–10. DOI: 10.3389/fnagi.2019.00162.
- Liao, Y-Y., Tseng, H-Y., Lin, Y-J., Wang, C-J. & Hsu, W-C. 2020. Using virtual reality-based training to improve cognitive function, instrumental activities of daily living and neural efficiency in older adults with mild cognitive impairment. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 56 (1), 47–57.
- Lim, Y. Y., Jaeger, J., Harrington, K., Ashwood, T., Ellis, K. A., Stöffler, A., Szoeki, C., Lachovitzki, R., Martins, R. N., Villemagne, V. L., Bush, A., Masters, C. L., Rowe, C. C., Ames, D., Darby, D. & Maruff, P. 2013. Three-month stability of the CogState brief battery in healthy older adults, mild cognitive impairment, and Alzheimer’s disease: results from the Australian imaging, biomarkers, and lifestyle-rate of change substudy (AIBL-ROCS). *Archives of Clinical Neuropsychology* 28 (4), 320–330.
- Lin, S. H., Murphy, S. L. & Robinson, J. C. 2010. Facilitating evidence-based practice: process, strategies, and resources. *American Journal of Occupational Therapy* 64 (1), 164–171.
- Lin, L., Chu, H. & Hodges, J. S. 2017. Alternative measures of between-study heterogeneity in meta-analysis: reducing the impact of outlying studies. *Biometrics* 73, 156–166. DOI: 10.1111/biom.12543.
- Llinàs-Reglà, J., Vilalta-Franch, J., López-Pousa, S., Calvó-Perxas, L., Rodas, D. T. & Garre-Olmo, J. 2017. The Trail Making Test: association with other neuropsychological

- measures and normative values for adults aged 55 years and older from a spanish-speaking population-based sample. *Assessment* 24 (2), 183–196.
- Ma, M. & Zheng, H. 2011. Virtual reality and serious games in healthcare. Teoksessa S. Brahnam & L. C. Jain (toim.), *Advanced Computational Intelligence Paradigms in Healthcare* 6. *Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation, and Assessment. Studies in Computational Intelligence* 337. Berlin: Springer, 169–192.
- Macleod, C. M. 1991. Half a century of research on the Stroop effect: an integrative review. *Psychological Bulletin* 109 (2), 163–203.
- Maggio, M. G., Maresca, G., De Luca, R., Stagnitti, M. C., Porcari, B., Ferrera, M. C., Galletti, F., Casella, C., Manuli, A., Calabró, R. S. 2019. The growing use of virtual reality in cognitive rehabilitation: fact, fake or vision? A scoping review. *Journal of the National Medical Association* 111 (4), 457–463.
- Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M. & Elkins, M. 2003. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Physical Therapy* 83 (8), 713–721.
- Mansor, N. S., Chow, C. M. & Halaki, M. 2020. Cognitive effects of video games in older adults and their moderators: a systematic review with meta-analysis and meta-regression. *Aging & Mental Health* 24 (6), 841–856. DOI: 10.1080/13607863.2019.1574710.
- Matamala-Gomez, M., Malighetti, C., Cipresso, P., Pedrolì, E., Realdon, O., Mantovani, F. & Riva, G. 2020. Changing body prepresentation through full body ownership illusions might foster motor rehabilitation outcome in patients with stroke. *Frontiers in Psychology* 11 (Article No. 1962), 1–7. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01962.
- Maruff, P., Lim, Y. Y., Darby, D., Ellis, K. A., Pietrzak, R. H., Snyder, P. J., Bush, A. I., Szoëke, C., Schembri, A., Ames, D., Masters, C. L. & the AIBL Research Group 2013. Clinical utility of the cogstate brief battery in identifying cognitive impairment in mild cognitive impairment and Alzheimer’s disease. *BMC Pharmacology and Toxicology* 1 (Article No. 30), 1–11. DOI: 10.1186/2050-7283-1-30.
- Mathuranath, P. S., Nestor, P. J., Berrios, G. E., Rakowicz, W. & Hodges, J. R. 2000. A brief cognitive test battery to differentiate Alzheimer’s disease and frontotemporal dementia. *Neurology* 55 (11), 1613–1620.

- Micarelli, A., Viziano, A., Micarelli, B., Augimeri, I. & Alessandrini, M. 2019. Vestibular rehabilitation in older adults with and without mild cognitive impairment: Effects of virtual reality using a head-mounted display. *Archives of Gerontology and Geriatrics* 83, 246–256. DOI: 10.1016/j.archger.2019.05.008.
- Milgram, P. & Kishino, F. 1994. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions of Information Systems* 77 (12), 1321–1329.
- Minozzi, S., Cinquini, M., Gianola, S., Gonzalez-Lorenzo, M. & Banzi, R. 2020. The revised Cochrane risk of bias tool for randomized trials (RoB 2) showed low interrater reliability and challenges in its application. *Journal of Clinical Epidemiology* 126, 37–44. DOI: 10.1016/j.jclinepi.2020.06.015.
- Mioshi, E., Dawson, K., Mitchell, J., Arnold, R. & Hodges, J. R. 2006. The Addenbrooke's Cognitive Examination Revised (ACE-R): a brief cognitive test battery for dementia screening. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 21 (11), 1078–1085.
- Mirelman, A., Rochester, L., Maidan, I., Del Din, S., Alcock, L., Nieuwhof, F., Olde Rikkert, M., Bloem, B. R., Pelosin, E., Avanzino, L., Abbruzzese, G., Dockx, K., Bekkers, E., Giladi, N., Nieuwboer, A. & Hausdorff, J. M. 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. *Lancet* 388 (10050), 1170–1182.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D.G. & The PRISMA Group 2009. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine* 6 (7), e1000097. DOI: 10.1371/journal.pmed1000097.
- Monsch, A. U., Bondi, M. W., Butters, N., Salmon, D. P., Katzman, R. & Thal, L. J. 1992. Comparison of verbal fluency tasks in the detection of dementia of the Alzheimer type. *Archives of Neurology* 49 (12), 1253–1258.
- Moreira, N. B., Rodacki, A. L. F., Costa, S. N., Pitta, A. & Bento, P. C. B. 2021. Perceptive-cognitive and physical function in prefrail older adults: exergaming versus traditional multicomponent training. *Rejuvenation Research* 24 (1), 28–36.
- Mujber, T. S., Szecsi, T. & Hashmi, M. S. J. 2004. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology* 155–156, 1834–1838.
- Mungas, D., Reed B. R. & Kramer J. H. 2003. Psychometrically matched measures of global cognition, memory, and executive function for assessment of cognitive decline in older persons. *Neuropsychology* 17 (3), 380–392.

- Muñoz, J. E., Goncalves, A., Gouveia, É. R., Cameirão, M. S. & Bermúdez i Badia, S. 2019. Lessons learned from gamifying functional fitness training through human-centered design methods in older adults. *Games for Health Journal* 8 (6), 387–406.
- Munukka, M., Koivunen, K., von Bonsdorff, M. B., Sipilä, S., Portegijs, E., Ruoppila, E. & Rantanen, T. 2021. Birth cohort differences in cognitive performance in 75- and 80-year-olds: a comparison of two cohorts over 28 years. *Aging Clinical and Experimental Research* 33, 57–65. DOI: 10.1007/s40520-020-01702-0.
- Nasreddine, Z. S., Phillips, N. A., Bédirian, V., Charbonneau, S., Whitehead, V., Collin, I., Cummings, J. L. & Chertkow, H. 2005. The Montreal Cognitive Assessment, MoCA: a brief screening tool for mild cognitive impairment. *Journal of the American Geriatrics Society* 53 (4), 695–699.
- Northey, J. M., Cherbuin, N., Pumpa, K. L., Smee, D. J. & Rattray, B. 2018. Exercise interventions for cognitive function in adults older than 50: a systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine* 52 (3), 154–160.
- Nutter-Upham, K. E., Saykin, A. J., Rabin, L. A., Roth, R. M., Wishart, H. A., Pare, N. & Flashman, L. A. 2008. Verbal fluency performance in amnesic MCI and older adults with cognitive complaints. *Archives of Clinical Neuropsychology* 23 (3), 229–241.
- Ogawa, E. F., You, T. & Leveille, S. G. 2016. Potential benefits of exergaming for cognition and dual-task function in older adults: a systematic review. *Journal of Aging and Physical Activity* 24 (2), 332–336.
- Oh, Y. & Yang, S. 2010. Defining exergames & exergaming. *Proceedings of Meaningful Play*, 1–17. Viitattu 2.6.2021, [https://meaningfulplay.msu.edu/proceedings2010/mp2010\\_paper\\_63.pdf](https://meaningfulplay.msu.edu/proceedings2010/mp2010_paper_63.pdf).
- Olin, J. T. & Zelinski, E. M. 1991. The 12-month reliability of the Mini-Mental State Examination. *Psychological Assessment: A Journal of Consulting and Clinical Psychology* 3 (3), 427–432.
- Optale, G., Urgesi, C., Busato, V., Marin, S., Piron, L., Priftis, K., Gamberini, L., Capodieci, S. & Bordin, A. 2010. Controlling memory impairment in elderly adults using virtual reality memory training: a randomized controlled pilot study. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 24 (4), 348–357.
- Padala, K. P., Padala, P. R., Malloy, T. R., Geske, J. A., Dubbert, P. M., Dennis, R. A., Garner, K. K., Bopp, M. M., Burke, W. J. & Sullivan, D. H. 2012. Wii-Fit for improving gait

- and balance in an assisted living facility: a pilot study. *Journal of Aging Research* 12 (Article ID 597573), 1–7. DOI: 10.1155/2012/597573.
- Padala, K. P., Padala, P. R., Lensing, S. Y., Dennis, R. A., Bopp, M. M., Roberson, P. K. & Sullivan, D. H. 2017. Home-based exercise program improves balance and fear of falling in community-dwelling older adults with mild Alzheimer's disease: a pilot study. *Journal of Alzheimer's Disease* 59 (2), 565–574.
- Pandya, S. Y., Clem, M. A., Silva, L. M. & Won, F. L. 2016. Does mild cognitive impairment always lead to dementia? A review. *Journal of the Neurological Sciences* 369, 57–62. DOI: 10.1016/j.jns.2016.07.055.
- Park, H. L., O'Connell, J. E. & Thomson, R. G. 2003. A systematic review of cognitive decline in the general elderly population. *International Journal of Geriatric Psychiatry* 18 (12), 1121–1134.
- Park, J-S., Jung, Y-J. & Lee, G. 2020. Virtual reality-based cognitive-motor rehabilitation in older adults with mild cognitive impairment: a randomized controlled study on motivation and cognitive function. *Healthcare* 8 (3), 335. DOI: 10.3390/healthcare8030335.
- Perez-Marcos, D., Bieler-Aeschlimann, M. & Serino, A. 2018. Virtual reality as a vehicle to empower motor-cognitive neurorehabilitation. *Frontiers in Psychology* 9 (Article No. 2120), 1–8. DOI: 10.3389/fpsyg.2018.02120.
- Petersen, R. C. 2004. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *Journal of Internal Medicine* 256 (3), 183–194.
- Poranen-Clark, T., von Bonsdorff, M. B., Rantakokko, M., Portegijs, E., Eronen, J., Kauppinen, M., Eriksson, J. G., Rantanen, T. & Viljanen, A. 2018. Executive function and life-space mobility in old age. *Aging Clinical and Experimental Research* 30, 145–151.
- Review Manager 2020. Version 5.4. The Cochrane Collaboration. Viitattu 2.6.2021, <https://community.cochrane.org/help/tools-and-software/revman-5>.
- Rizzo, A. S. & Koenig, S. T. 2017. Is clinical virtual reality ready for primetime? *Neuropsychology* 31 (8), 877–899.
- Sachdev, P. S., Lipnicki, D. M., Crawford, J., Reppermund, S., Kochan, N. A., Trollor, J. N., Wen, W., Draper, B., Slavin, M. J., Kang, K., Lux, O., Mather, K. A., Brodaty, H. & Sydney Memory, Ageing Study Team. 2013. Factors predicting reversion from mild

- cognitive impairment to normal cognitive functioning: a population-based study. *PLoS ONE* 8 (3), e59649. DOI: 10.1371/journal.pone.0059649.
- Sackett, D. L. & Rosenberg, W. M. C. 1995. The need for evidence-based medicine. *Journal of the Royal Society of Medicine* 88 (11), 620–624.
- Sackett, D. L., Rosenberg, W. M. C., Gray, J. A. M., Haynes, R. B. & Richardson, W. S. 1996. Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *BMJ* 312, 71–72. DOI: 10.1136/bmj.312.7023.71.
- Salmon, D. P. & Bondi, M. W. 2009. Neuropsychological assessment of dementia. *Annual Review of Psychology* 60, 257–282. DOI: 10.1146/annurev.psych.57.102904.190024.
- Saposnik, G., Cohen, L. G., Mamdani, M., Pooyania, S., Ploughman, M., Cheung, D., Shaw, J., Hall, J., Nord, P., Dukelow, S., Nilanont, Y., De los Rios, F., Olmos, L., Levin, M., Teasell, R., Cohen, A., Thorpe, K., Laupacis, A., Bayley, M. & Canada, S. O. R. 2016. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *The Lancet Neurology* 15 (10), 1019–1027.
- Saxton, J., Morrow, L, Eschman, A., Archer, G., Luther, J. & Zuccolotto, A. 2009. Computer assessment of mild cognitive impairment. *Postgraduate medicine* 121 (2), 177–185.
- Scarpina, F. & Tagini, S. 2017. The Stroop Color and Word Test. *Frontiers in Psychology* 8 (557), 1–8. DOI: 10.3389/fpsyg.2017.00557.
- Schünemann, H., Brozek, J., Gyuatt, G. & Oxman, A. 2013. *GRADE Handbook. Introduction to GRADE Handbook. GRADEpro. Viitattu 2.6.2021, <https://gradepro.org/resources/#handbook>.*
- Schünemann, H. J., Higgins, J. P. T., Vist, G. E., Glasziou, P., Akl, E. A., Skoetz, N., Guyatt, G. H. 2019. Completing ‘Summary of findings’ tables and grading the certainty of the evidence. Teoksessa J.P.T Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, T. Li, M. Page & V. Welch (toim.), *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions, version 6.2. Viitattu 2.6.2021, <https://training.cochrane.org/handbook/current/chapter-14>.*
- Serino, S., Pedroli, E., Tuena, C., De Leo, G., Stramba-Badiale, M., Goulene, K., Mariotti, N. G. & Riva, G. 2017. A novel virtual reality-based training protocol for the enhancement of the "mental frame syncing" in individuals with Alzheimer's disease: a development-

- of-concept trial. *Frontiers in Aging Neuroscience* 9 (Article No. 240), 1–12. DOI: 10.3389/fnagi.2017.00240.
- Shea, B.J., Reeves, B.C., Wells, G., Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., Moher, D., Tugwell, P., Welch, V., Kristjansson, E., Henry, D. A. 2017. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 358 (Article No. j4008), 1–9. DOI: 10.1136/bmj.j4008.
- Sherman, W. R. & Craig, A. B. 2003. *Understanding virtual reality: interface, application, and design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers. Viitattu 2.6.2021, <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1404212>.
- Shiroky, J. S., Schipper, H. M., Bergman, H. & Chertkow, H. 2007. Can you have dementia with an MMSE score of 30? *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementia* 22 (5), 406–415.
- Song, D. & Yu, D. S. F. 2019. Effects of a moderate-intensity aerobic exercise programme on the cognitive function and quality of life of community-dwelling elderly people with mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *International Journal of Nursing Studies* 93, 97–105. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2019.02.019.
- Stanmore, E. K., Mavroeiđi, A., de Jong, L. D., Skelton, D. A., Sutton, C. J., Benedetto, V., Munford, L. A., Meekes, W., Bell, V. & Todd, C. 2019. The effectiveness and cost-effectiveness of strength and balance exergames to reduce fall risk for people aged 55 years and older in UK assisted living facilities: a multi-centre, cluster randomised controlled trial. *BMC Medicine* 17 (Article No. 49), 1–14. DOI: 10.1186/s12916-019-1278-9.
- Sterne, J. A. C., Sutton, A. J., Ioannidis, J. P. A., Terrin, N., Jones, D. R., Lau, J., Carpenter, J., Rücker, G., Harbord, R. M., Schmid, C H., Tetzlaff, J., Deeks, J. J., Peters, J., Macaskill, P., Schwarzer, G., Duval, S., Altman, D. G., Moher, D. & Higgins, J. P. T. 2011. Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ* 343, 1–8. DOI: 10.1136/bmj.d4002.
- Sterne, J. A., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G., Blencowe, N. S., Boutron, I., Cates, C. J., Cheng, H-Y., Corbett, M. S., Eldridge, S. M., Emberson, J. R., Hernán, M. A., Hopewell, S., Hróbjartsson, A., Junqueira, D. R., Jüni, P., Kirkham, J. J., Lasserson, T., Li, T., McAleenan, A., Reeves, B. C., Shepperd, S., Shrier, I., Stewart, L. A., Tilling,

- K., White, I. R., Whiting, P. F. & Higgins, J. P. T. 2019. RoB 2: a revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* 366, I4898. DOI: 10.1136/bmj.l4898.
- Stern, Y. 2012. Cognitive reserve in ageing and Alzheimer's disease. *The Lancet Neurology* 11 (11), 1006–1012.
- Steuer, J. 1992. Defining virtual reality: dimensions determining telepresence. *Journal of Communication* 42 (4), 73–93.
- STM 2012. Kansallinen muistiohjelma 2012–2020: tavoitteena muistiystävällinen Suomi. Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 2012:10. Sosiaali- ja terveysministeriö. Viitattu 2.6.2021, <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/72532>.
- Stojan, R. & Voelcker-Rehage, C. 2019. A systematic review on the cognitive benefits and neurophysiological correlates of exergaming in healthy older adults. *Journal of Clinical Medicine* 8 (5), 734. DOI: 10.3390/jcm8050734.
- Stroop, J. R. 1935. Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18 (6), 643–662. DOI: 10.1037/h0054651.
- Swinnen, N., Vandenbulcke, M. & Vancampfort, D. 2020. Exergames in people with major neurocognitive disorder: a systematic review. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 1–14. DOI: 10.1080/17483107.2020.1785566.
- TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Viitattu 2.6.2021, [https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK\\_ohje\\_2012.pdf](https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf).
- Thapa, N., Park, H. J., Yang, J-G., Son, H., Jang, M., Lee, J., Kang, S. W., Park, K. W. & Park, H. 2020. The effect of a virtual reality-based intervention program on cognition in older adults with mild cognitive impairment: a randomized control trial. *Journal of Clinical Medicine* 9 (5), 1283. DOI: 10.3390/jcm9051283.
- THL 2019. Mitä toimintakyky on? Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Viitattu 2.6.2021, <https://thl.fi/fi/web/toimintakyky/mita-toimintakyky-on>.
- THL 2021. Muistisairaudet. Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Viitattu 2.6.2021, <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/muistisairaudet>.
- Tierney, M. C., Naglie, G., Upshur, R., Moineddin, R., Charles, J. & Jaakkimainen, R. L. 2014. Feasibility and validity of the self-administered computerized assessment of mild



- cognitive impairment with older primary care patients. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 28 (4), 311–319.
- Torner, J., Skouras, S., Molinuevo, J. L., Gispert, J. D. & Alpiste, F. 2019. Multipurpose virtual reality environment for biomedical and health applications. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 27(8), 1511–1520.
- Trzepacz, P. T., Hochstetler, H., Wang, S., Walker, B., Sayking, A. J. 2015. Relationship between the Montreal Cognitive Assessment and Mini-Mental State Examination for assessment of mild cognitive impairment in older adults. *BMC Geriatrics* 15 (Article No. 107), 1–9. DOI: 10.1186/s12877-015-0103-3.
- Uman, L. S. 2011. Systematic reviews and meta-analyses. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry* 20 (1), 57–59.
- van Santen, J., Dröes, R-M, Holstege, M., Henkemans, O. B., van Rijn, A., de Vries, R., van Straten, A. & Meiland, F. 2018. Effects of exergaming in people with dementia: results of a systematic literature review. *Journal of Alzheimer’s Disease* 63 (2), 741–760.
- van Santen, J., Dröes, R-M., Twisk, J. W. R., Henkemans, O. A. B., van Straten, A. & Meiland, F. J. M. 2020. Effects of exergaming on cognitive and social functioning of people with dementia: a randomized controlled trial. *JAMDA* 21 (12), 1958–1967. DOI: 10.1016/j.jamda.2020.04.018.
- Vázquez, F. L., Otero, P., García-Casal, J. A., Blanco, V., Torres, Á. J. & Arrojo, M. 2018. Efficacy of video game-based interventions for active aging. A systematic literature review and meta-analysis. *PLoS ONE* 13 (12), e0208192. DOI: 10.1371/journal.pone.0208192.
- Vuoksima, E. 2019. Kognitiivisten toimintojen muutokset – mikä on ikääntymistä, mikä sairautta? *Duodecim* 135 (11), 1075–1084.
- Weiss, P., Rand, D., Katz, N. & Kizony, R. 2004. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 1 (Article No. 12), 1–12. DOI: 10.1186/1743-0003-1-12.
- White, H., McConell, E., Clipp, E., Branch, L. G., Sloane, R., Pieper, C. & Box, T. L. 2002. A randomized controlled trial of the psychosocial impact of providing internet training and access to older adults. *Aging & Mental Health* 6 (3), 213–221.

- Whiteside, D. M., Kealey, T., Semla, M., Luu, H., Rice, L., Basso, M. R. & Roper, B. 2016. Verbal fluency: language or executive function measure? *Applied Neuropsychology: Adult* 23 (1), 29–34.
- WHO 2019. Risk reduction of cognitive decline and dementia. WHO Guidelines. Geneva: World Health Organization. Viitattu 2.6.2021, <https://www.who.int/publications/i/item/risk-reduction-of-cognitive-decline-and-dementia>.
- WHO 2020. Dementia. World Health Organization. Viitattu 2.6.2021, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/dementia>.
- Willis, S. L., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., Morris, J. N., Rebok, G. W., Unverzagt, F. W., Stoddard, A. M., Wright, E. & ACTIVE study group 2006. Journal of the American Medical Association (JAMA) 296 (23), 2805–2814.
- Wilson, P. N., Foreman, N. & Stanton, D. 1997. Virtual reality, disability and rehabilitation. *Disability and Rehabilitation* 19 (6), 213–220.
- Wilson, R. S., Beckett, L. A., Barnes, L. L., Schneider, J. A., Bach, J., Evans, D. A. & Bennett, D. A. 2002. Individual differences in rates of change in cognitive abilities of older persons. *Psychology and Aging* 17 (2), 179–193.
- Zhao, Y., Feng, H., Wu, X., Du, Y., Yang, X., Hu, M., Ning, H., Liao, L., Chen, H. & Zhao, Y. 2020. Effectiveness of exergaming in improving cognitive and physical function in people with mild cognitive impairment or dementia: systematic review. *JMIR Serious Games* 8 (2), e16841. DOI: 10.2196/16841.
- Zhu, S., Sui, Y., Shen, Y., Zhu, Y., Ali, N., Guo, C. & Wang, T. 2021. Effects of virtual reality intervention on cognition and motor function in older adults with mild cognitive impairment or dementia: a systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience* 13 (Article No. 586999), 1–15. DOI: 10.3389/fnagi.2021.586999.

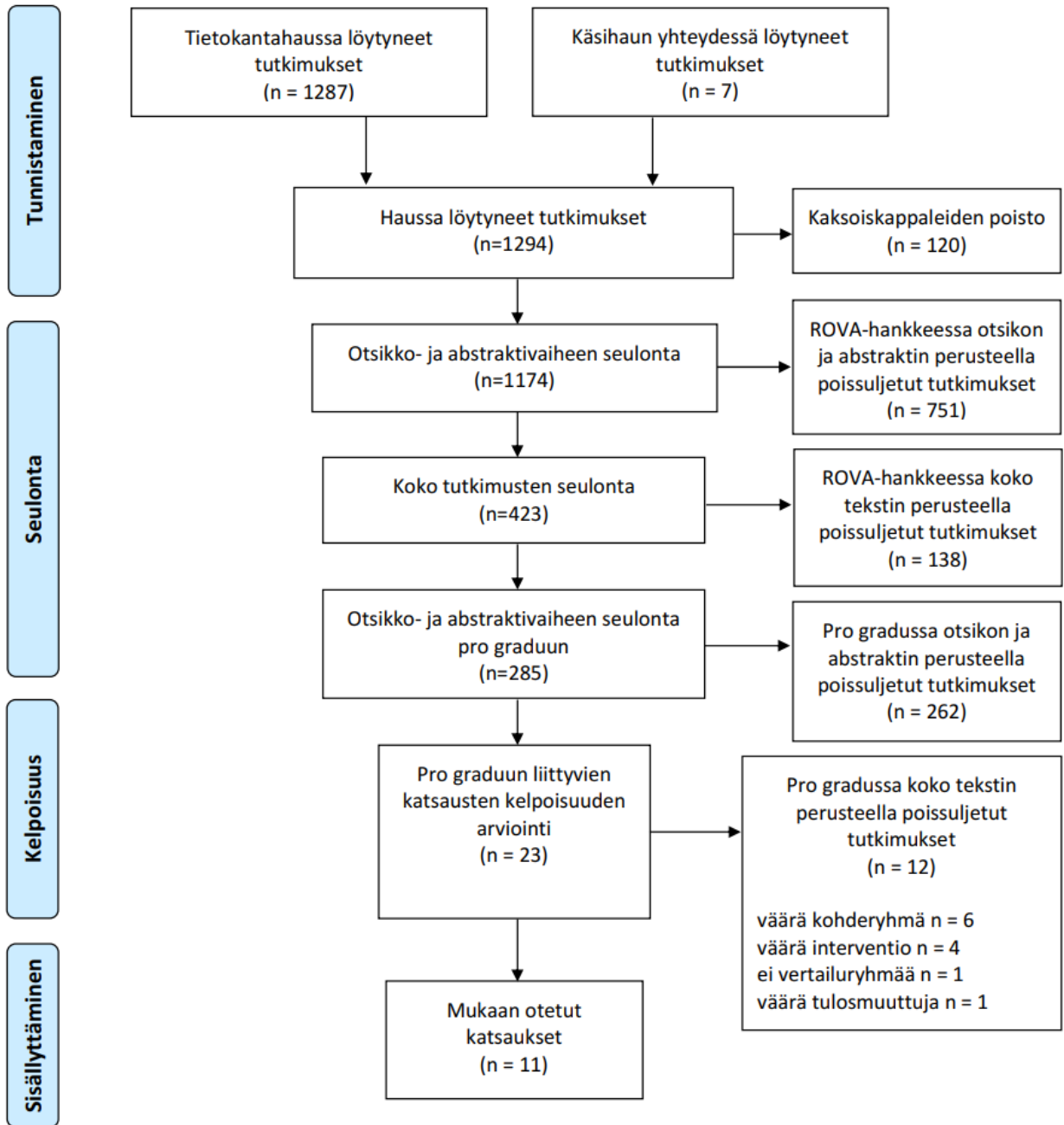
## LIITE 1 Katsausten hakustrategia MEDLINE-tietokannasta.

- 1 Meta-Analysis as Topic/
- 2 meta analy\$.tw.
- 3 metaanaly\$.tw.
- 4 Meta-Analysis/
- 5 (systematic adj (review\$1 or overview\$1)).tw.
- 6 exp Review Literature as Topic/
- 7 OR/1-6
- 8 cochrane.ab.
- 9 embase.ab.
- 10 (psychlit or psyclit).ab.
- 11 (psychinfo or psycinfo).ab.
- 12 (cinahl or cinhal).ab.
- 13 science citation index.ab.
- 14 bids.ab.
- 15 cancerlit.ab.
- 16 OR/8-15
- 17 reference list\$.ab.
- 18 bibliograph\$.ab.
- 19 hand-search\$.ab.
- 20 relevant journals.ab.
- 21 manual search\$.ab.
- 22 OR/17-21
- 23 selection criteria.ab.
- 24 data extraction.ab.
- 25 23 OR 24
- 26 Review/
- 27 25 AND 26
- 28 Comment/
- 29 Letter/
- 30 Editorial/
- 31 animal/
- 32 human/
- 33 31 NOT (31 AND 32)
- 34 OR/28-30,33
- 35 7 OR 16 OR 22 OR 27
- 36 35 NOT 34
- 37 rehabilitee\*.mp.
- 38 Therapist/ or therapist\*.mp.
- 39 exp Disabled Persons/ or disabled person.mp.
- 40 exp Rehabilitation/ or rehab\*.mp.
- 41 exp Exercise/ or exercise.mp.
- 42 exp Exercise therapy/ or exercise therapy.mp.
- 43 therapeutic exercise.mp.
- 44 (Physical therap\* or Physiotherap\*).mp.
- 45 exp Physical Therapy Modalities/ or physical therapy modalities.mp.
- 46 physical rehabilitation.mp.
- 47 exp Occupational Therapy/ or occupational therap\*.mp.
- 48 exp "Rehabilitation of Speech and Language Disorders"/
- 49 exp Speech Therapy/ or speech therap\*.mp.
- 50 speech-language therap\*.mp.
- 51 logoped\*.mp.
- 52 exp Audiology/ or audiolog\*.mp.
- 53 exp Sign Language/
- 54 exp Psychotherapy/ or psychotherap\*.mp.
- 55 Neuropsychotherap\*.mp.
- 56 exp Neuropsychology/ or neuropsychol\*.mp.
- 57 (riding therap\* or equine facilitated therap\* or hippotherap\* or horse riding therap\* or horse back riding therap\*).mp.
- 58 exp Dance Therapy/ or dance therap\*.mp.
- 59 exp Music Therapy/ or music therap\*.mp.
- 60 exp Art Therapy/ or art therap\*.mp.
- 61 exp Optometry/ or optomed\*.mp.
- 62 exp Orthoptics/ or orthoptic\*.mp.
- 63 orthotic\*.mp.
- 64 orthopedic techn\*.mp.
- 65 exp Podiatry/ or podiat\*.mp.
- 66 exp "Physical Education and Training"/ or physical education\*.mp.
- 67 mobility special\*.mp.
- 68 Rehabilitation Nursing/ or rehabilitation nurs\*.mp.
- 69 (practical nurs\* or practice nurs\*).mp.
- 70 (asthma nurs\* or respiratory nurs\*).mp.
- 71 (diabetes nurs\* or diabetes specialist nurs\*).mp.
- 72 (geriatric nurs\* or gerontological nurs\* or gerontology nurs\*).mp.
- 73 (sexual health therap\* or sexual therap\*).mp.
- 74 exp Sexology/
- 75 Exp Nutritionists/ or nutritionist.mp.
- 76 leisure activity.mp.
- 77 play therap\*.mp.

*Liite jatkuu*

78 (drama therap\* or psychodrama therap\*).mp.  
79 psychodram\*.mp.  
80 creative art therap\*.mp.  
81 (expression skills or expressive art therap\*).mp.  
82 (youth counselor or youth leader).mp.  
83 OR/37-82  
84 extended realit\*.mp.  
85 exp Augmented Reality/ or augmented realit\*.mp.  
86 exp Virtual Reality/ or virtual realit\*.mp.  
87 exp Virtual Reality Exposure Therapy/  
88 virtual rehab\*.mp.  
89 virtual environment.mp.  
90 exp User-Computer Interface/ or computer interface.mp.  
91 exp Computer Simulation/ or computer simulation.mp.  
92 exp Therapy, Computer-Assisted/  
93 exp Smart Glasses/  
94 (head mounted display or HMD).mp.  
95 oculus rift.mp.  
96 virtual reality headset.mp.  
97 exp Wearable Electronic Devices/ or wearable devices.mp.  
98 wearable computing.mp.  
99 immersive virtual environment.mp.  
100 immersive virtual reality.mp.  
101 intel realsense.mp.  
102 mixed reality.mp.  
103 motion detection.mp.  
104 motion sensor\*.mp.  
105 motion-controlled.mp.  
106 reality system.mp.  
107 simulation environment.mp.  
108 telepresence.mp.  
109 exp Telerehabilitation/ or telerehabilitation.mp.  
110 digital rehabilitation.mp.  
111 haptic\*.mp.  
112 webcam technology.mp.  
113 exp Video Games/  
114 (video gam\* or videogam\*).mp.  
115 game technology.mp.  
116 gamification.mp.  
117 computer game.mp.  
118 serious game.mp.  
119 exergam\*.mp.  
120 gamified.mp.  
121 gaming console.mp.  
122 interactive gaming.mp.  
123 kinect\*.mp.  
124 nintendo\*.mp.  
125 (play station\* or playstation\*).mp.  
126 sony move\*.mp.  
127 wii\*.mp.  
128 xbox\*.mp.  
129 avatar\*.mp.  
130 OR/84-129  
131 36 AND 83 AND 130

LIITE 2 Katsausten PRISMA-vuokaavio.



LIITE 3 Katsausten yhteenvetotaulukko.

Tutkimus ja rekisteröinti (haku päättynyt)	Kohderyhmä	Interventiot	Huomioidut tulosmuuttajat	Kognitioon liittyvät alkuperäistutkimukset	Analyysimenetelmät	Päätulos	GRADE näytönaste	AMSTAR 2
Dermody ym. 2020, CRD42019143504 (huhti-kesäkuu 2019)	MCI, AD ≥ 60-vuotiaat n=37	Immersiivinen VR vs. Musiikkiterapia	Yleinen kognitio, toiminnanohjaus	1 RCT 1 tapaustutkimus	-	VR-harjoittelu oli musiikki- terapiaa vaikuttavampaa henkilöillä, joilla oli alentunut muisti.	Heikko	Heikko
Dietlein ym. 2018, ei rekisteröity (helmikuu 2017)	Dementia n. 65–90-vuotiaat n=184	Hyötypelit vs. Kognitiiviset aktiviteetit ilman pelejä, kävely tai sosiaalinen aktivointi.	Yleinen kognitio	4 RCT 1 kontrolloitu tutkimus 1 tapaustutkimus	-	Hyötypelien vaikuttavuus oli ristiriitaista. Kahta RCT:ta lukuun ottamatta peliharjoittelu edisti kognitiota. Kahden muun RCT:n mukaan kognition taso pysyi peliharjoittelun myötä vakaana ja ryhmien välillä ei havaittu eroa.	-	Erittäin heikko
Howes ym. 2017, CRD42015017227 (toukokuu 2016)	Terveet, MCI n. 77 (± 5) vuotta n=559	Interaktiiviset tietokone- ja videopelit vs. Pyöräharjoittelu, tavanomainen hoito tai inaktiivinen kontrolli.	Toiminnanohjaus	8 RCT	Meta-analyysi	Intervention vaikutuksen suuruus toiminnanohjauksen edistämiseen havaittiin kohtalaiseksi. Tulosten näytönaste oli kuitenkin heikko eivätkä sensitiivisyys- ja alaryhmäanalyysit vertailu- ryhmään tai harjoittelun määrään liittyen muuttaneet tuloksia.	Heikko	Heikko
Kim ym. 2019, ei rekisteröity (NI)	MCI, dementia 63–89-vuotiaat n=271*	Virtuaalidellisuus vs. Kognitiivinen terapia, psykologinen ohjaus, toimintaterapia, valokuvaus ja videointi, ”paper condition” tai ei harjoittelua.	Kognitio, toiminnanohjaus (mittareita ei raportoida tarkemmin)	7 kontrolloitua tutkimusta 4 muuta asetelmaa, joita ei tarkenneta	Meta-analyysi	VR-harjoittelulla oli kohtalainen vaikutus kognitioon ja pieni vaikutus toiminnanohjaukseen.	-	Erittäin heikko

Taulukko jatkuu

Mansor ym. 2020, ei rekisteröity (marraskuu 2018)	Terveet 60–82-vuotiaat n=1126	Videopelit vs. Kontrolli ilman pelejä, kuten juoksumatto- ja tasapainoharjoittelu, ohjelehtinen, lukeminen tai dokumenttien katselu.	Toiminnanohjaus (inhibitio, toiminnan siirtäminen, muistin päivittyminen)	Kaikkiaan 25 RCT + 2 muuta asetelmaa, joita ei tarkenneta.  Toiminnanohjaukseen liittyi 23 alkuperäis-tutkimusta, joiden asetelmasta ei varmuutta.	Meta-analyysi Metaregressio	Videopeliharjoittelulla havaittiin pieni vaikutus toiminnanohjauksen ylläpitoon ("shifting"). Metaregression mukaan heterogeenisyyteen vaikuttivat osallistujien sukupuoli, käytetyt tulosmuuttajat, harjoittelun intensiteetti sekä pelien erilaisuus.	-	Erittäin heikko
Ogawa ym. 2016, CRD42015017180 (kesäkuu 2015)	Terveet ≥ 60-vuotiaat n=110	Pelillistetty harjoittelu** vs. Perinteinen fyysinen harjoittelu tai kontrolliryhmä ilman hoitoa.	Toiminnanohjaus	3 RCT	-	Toiminnanohjaus kehittyi harjoitteluryhmässä vertailuryhmää tehokkaammin.	-	Erittäin heikko
Stojan & Voelcker-Rehage 2019, ei rekisteröity (kesäkuu 2018)	Terveet n. 60–85-vuotiaat n=750	Pelillistetty harjoittelu vs. Tavanomainen fysioterapia, pyörälaitteella harjoittelu, kävelymattoharjoittelu, erilaiset koordinaatio-, liikkuvuus- ja voimaharjoitteet tai passiivinen kontrolli.	Yleinen kognitio, toiminnanohjaus	Kaikkiaan 15 tutkimusta, joista huomioitiin:  12 RCT  2 kontrolloimatonta tutkimusta  1 kontrolloitu tutkimus	-	Tulokset olivat vaihtelevia. Pelillistetty harjoittelu todettiin yhtä tehokkaaksi tai vain hieman tehokkaammaksi toiminnanohjauksen edistämässä verrattuna muuhun fyysiseen harjoitteluun. Suurin osa tutkimuksista raportoi myönteisiä vaikutuksia yleiseen kognitioon, mutta vain muutamassa tutkimuksessa havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero ryhmien välillä.	-	Erittäin heikko
Swinnen ym. 2020, CRD42020156737 lokakuu 2019	Terveet, dementia 70–79-vuotiaat n=464	Pelillistetty harjoittelu vs. Pyöräily, rentoutus- ja liikkuvuusharjoittelu, tavanomainen hoito tai passiivinen kontrolli.	Yleinen kognitio, toiminnanohjaus	2 RCT  1 satunnaistamaton tutkimus	-	Interventio oli passiivista kontrollia tehokkaampi yleisen kognition ja toiminnanohjauksen kehittämisessä. Eroa ei havaittu verratessa aktiiviseen kontrolliryhmään tai tavanomaiseen hoitoon.	Kohtalainen / Korkea	Heikko

Taulukko jatkuu

van Santen ym. 2018, CRD42016053633 (lokakuu 2017)	Dementia n. 72–82-vuotiaat n=71	Pelillistetty harjoittelu vs. Kognitiopelit, kävely, dokumenttien katselu tai passiivinen kontrolli.	Yleinen kognitio, toiminnanohjaus	2 RCT 1 kontrolloitu tutkimus	-	Pelillistetty harjoittelu ei ollut vertailuryhmiä tehokkaampaa yleisen kognition ja toiminnanohjauksen kehittämisessä.	-	Erittäin heikko
Vázquez ym. 2018, CRD42018086870 (helmikuu 2018)	Terveet n. 73 (± 5) vuotta n=795	Videopeliharjoittelu vs. Fyysinen tai kognitiivinen harjoittelu, toisenlainen videopeliharjoittelu tai tavanomainen hoito.	Kognitiivinen terveys (mm. yleinen kognitio ja toiminnanohjaus)	14 RCT	Meta-analyysi Metaregressio	Meta-analyysi sisälsi 14 RCT:n sijaan 15 RCT-tutkimusta, joista yhdessä oli tulosta muuttujana tunnekokemukset. Analyysin mukaan videopeliharjoittelulla ei ollut lisähyötyä kognitiivisen terveyden edistämisessä vertailuryhmiin verrattuna. Metaregression mukaan tuloksiin vaikutti osallistujien ikä ja terveydentila, pelityyppi, interventiot, fyysinen aktiivisuus sekä osallistujien sokkouttaminen.	-	Erittäin heikko
Zhao ym. 2020, CRD42019124994 (tammikuu 2019)	MCI, dementia n. 80 (± 7) vuotta n=702	Pelillistetty harjoittelu vs. Fyysinen harjoittelu, rentoutus- ja liikkuvuus-harjoittelu, placebo-ryhmä tai passiivinen kontrolli.	Yleinen kognitio, toiminnanohjaus	8 RCT 2 kontrolloitua tutkimusta	-	Pelillistetty harjoittelu oli kahden satunnaistetun ja yhden kontrolloidun tutkimuksen mukaan vertailuryhmiä tehokkaampi yleisen kognition ja toiminnanohjauksen kehittämisessä henkilöillä, joilla oli lievästi heikentynyt kognitio tai dementia.	-	Erittäin heikko

\*Kaikkien alkuperäistutkimusten osallistujien lukumäärä laskettu. Heikon raportoinnin vuoksi on kuitenkin epäselvää, sisälsivätkö katsauksen kaikki alkuperäistutkimukset kognitioon liittyvän tulosta muuttujan.

\*\*Pelillistetyllä harjoittelulla tarkoitetaan tässä tutkimuksessa fyysiseen aktiivisuuteen perustuvaa harjoittelua (exergaming).

Lyhenteet: AD = Alzheimerin tauti (Alzheimer's Disease), MCI = lievästi heikentynyt kognitio (Mild Cognitive Impairment), NI = ei tietoa (No Information), RCT = satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (Randomized Controlled Trial).



#### LIITE 4 RCT-tutkimusten hakustrategia MEDLINE-tietokannasta.

- 1 Randomized Controlled trial.pt.
- 2 Controlled clinical trial.pt.
- 3 (Randomized or Randomised).ab.
- 4 Placebo.ab.
- 5 clinical trials as topic.sh.
- 6 randomly.ab.
- 7 trial.ti.
- 8 OR/1-7
- 9 rehabilitee\*.mp.
- 10 Therapist/ or therapist\*.mp.
- 11 exp Disabled Persons/ or disabled person.mp.
- 12 Caregivers/ or caregiver\*.mp.
- 13 exp Rehabilitation/ or rehab\*.mp.
- 14 exp Exercise/ or exercise.mp.
- 15 exp Exercise therapy/ or exercise therapy.mp.
- 16 therapeutic exercise.mp.
- 17 (Physical therap\* or Physiotherap\*).mp.
- 18 exp Physical Therapy Modalities/ or physical therapy modalities.mp.
- 19 physical rehabilitation.mp.
- 20 exp Occupational Therapy/ or occupational therap\*.mp.
- 21 exp "Rehabilitation of Speech and Language Disorders"/
- 22 exp Speech Therapy/ or speech therap\*.mp.
- 23 speech-language therap\*.mp.
- 24 logoped\*.mp.
- 25 exp Audiology/ or audiolog\*.mp.
- 26 exp Sign Language/
- 27 exp Psychotherapy/ or psychotherap\*.mp.
- 28 Neuropsychotherap\*.mp.
- 29 exp Neuropsychology/ or neuropsychol\*.mp.
- 30 (riding therap\* or equine facilitated therap\* or hippotherap\* or horse riding therap\* or horse back riding therap\*).mp.
- 31 exp Dance Therapy/ or dance therap\*.mp.
- 32 exp Music Therapy/ or music therap\*.mp.
- 33 exp Art Therapy/ or art therap\*.mp.
- 34 exp Optometry/ or optomet\*.mp.
- 35 exp Orthoptics/ or orthoptic\*.mp.
- 36 orthotic\*.mp.
- 37 orthopedic techn\*.mp.
- 38 exp Podiatry/ or podiat\*.mp.
- 39 exp "Physical Education and Training"/ or physical education\*.mp.
- 40 mobility special\*.mp.
- 41 Rehabilitation Nursing/ or rehabilitation nurs\*.mp.
- 42 (practical nurs\* or practice nurs\*).mp.
- 43 (asthma nurs\* or respiratory nurs\*).mp.
- 44 (diabetes nurs\* or diabetes specialist nurs\*).mp.
- 45 (geriatric nurs\* or gerontological nurs\* or gerontology nurs\*).mp.
- 46 (sexual health therap\* or sexual therap\*).mp.
- 47 exp Sexology/
- 48 Exp Nutritionists/ or nutritionist.mp.
- 49 leisure activit\*.mp.
- 50 play therap\*.mp.
- 51 (drama therap\* or psychodrama therap\*).mp.
- 52 psychodram\*.mp.
- 53 creative art therap\*.mp.
- 54 (expression skills or expressive art therap\*).mp.
- 55 (youth counselor\* or youth leader\*).mp.
- 56 OR/9-55
- 57 exp Augmented Reality/ or augmented realit\*.mp.
- 58 exp Virtual Reality/ or virtual realit\*.mp.
- 59 exp Video Games/
- 60 (video gam\* or videogam\*).mp.
- 61 serious gam\*.mp.
- 62 exergam\*.mp.
- 63 kinect\*.mp.
- 64 nintendo\*.mp.
- 65 (play station\* or playstation\*).mp.
- 66 wii\*.mp.
- 67 xbox\*.mp.
- 68 avatar\*.mp.
- 69 OR/57-68
- 70 8 AND 56 AND 69
- 71 animal/
- 72 human/
- 73 71 NOT (71 AND 72)
- 74 70 NOT 73

## LIITE 5 Tulosuuttujen prioriteettilista.

### Yleinen kognitio

---

1. Montreal Cognitive Assessment (MoCA)
    - havaittu luotettavaksi, herkäksi ja tarkaksi testiksi havaitsemaan muutoksia kognitiivisen suorituskyvyn tasossa (Nasreddine ym. 2005)
    - lievempi kattoefekti kuin MMSE-testissä (Trzepacz ym. 2015)
  2. The Addenbrooke Cognitive Examination (ACE)
    - havaittu validiksi ja luotettavaksi testiksi erottamaan muutokset erityisesti kognition heikentymisen aikaisessa vaiheessa (Mioshi ym. 2006).
  3. The Computer Assessment of Mild Cognitive Impairment (CAMCI)
    - testipatteri havaittu herkäksi ja tarkaksi lievän kognition heikentymän erottamisessa ikääntyneillä (Saxton ym. 2009)
  4. Cognitive Telephone Screening Instrument (COGTEL)
    - testipatteri todettu luotettavaksi ja validiksi yleistä kognition tasoa arvioivaksi mittariksi terveillä ikääntyneillä (Ihle ym. 2017) sekä henkilöillä, joilla lievä kognition heikentymä (Alexopoulos ym. 2020)
  5. The Cognitive Self-Report Questionnaire 25 (CSRQ)
    - itsearviointiin perustuva subjektiivinen kysely (O'Brien ym. 2017)
    - havaittu lupaavaksi testiksi, jossa arviointiin yhdistetään kognition lisäksi kuulo ja mieliala (Fausto ym. 2018)
  6. Modified Mini-Mental State Examination (3MS)
    - kehitetty korjaamaan alkuperäisen MMSE-testin käytettävyyttä lievän kognition heikentymän erottamisessa (Teng & Chui 1987 McDowell ym. 1997 mukaan)
    - suositellaan MMSE-testin sijaan, vaikka muokattu testi ei liene erityisen herkkä lievän kognition heikentymän erottamisessa (McDowell ym. 1997)
  7. Mini-Mental State Examination (MMSE)
    - kattoefekti korkea heikentäen testin herkkyyttä erottaa kognition muutoksia terveillä ja henkilöillä, joilla lievä kognition heikentymä (de Jager ym. 2009, Hoops ym. 2009)
- 

Alle listattu meta-analyysien ulkopuolelle jääneiden mittareiden viitteet, joita ei ole sisällytetty työn varsinaiseen lähdeluetteloon:

- Fausto, B. A., Badana, A. N. S., Arnold, M. L., Lister, J. J. & Edwards, J. D. 2018. Comparison of subjective and objective measures of hearing, auditory processing, and cognition among older adults with and without mild cognitive impairment. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research* 61 (4), 945–956.
- McDowell, I., Kristjansson, B., Hill, G. B. & Hébert, R. 1997. Community screening for dementia: the Mini Mental State Exam (MMSE) and Modified Mini-Mental State Exam (3MS) compared. *Journal of clinical epidemiology* 50 (4), 377–383.
- O'Brien, J. L., Lister, J. J., Fausto, B. A., Clifton, G. K. & Edwards, J. D. 2017. Cognitive Training Enhances Auditory Attention Efficiency in Older Adults. *Frontiers in Aging Neuroscience* 9 (article no.322). DOI: 10.3389/fnagi.2017.00322.

*Liite jatkuu*

## Toiminnanohjaus

---

1. Trail Making Test, osa B (TMT-B)
  - hyvin yleisesti toiminnanohjauksen mittaamisessa käytetty testi, osa laajempaa neuropsykologista Halstead-Reitan testipatteria (Horton 2008, Llinás-Reglá ym. 2017)
2. Stroop Color Word Test (SCWT, WCT, Stroop C, VST)
  - yleisesti käytössä oleva, tarkkaavaisuutta ja inhibitiota arvioiva testi (Stroop 1935), jonka on havaittu soveltuvan lievemmänkin dementian arvioimiseen (Bondi & Serody 2002)
3. Digit Span Backward (DSB)
  - testin käytettävyys esitetty erityisesti selkeässä kognition heikentymässä (Leung ym. 2011)
  - terveillä henkilöillä havaittu vahva yhteys DSB-testin suorituksen ja aivojen harmaan aineen välillä (Ruschewey ym. 2013)
4. Symbol Digit Substitution Test (SDST, DSC)
  - testi todettu luotettavaksi kognitiivista suorituskykyä mittaavaksi testiksi eikä testisuoritukseen ole havaittu voimakasta kielen, kulttuurin tai koulutustason vaikutusta (Jaeger 2018)
  - mittaa ilmeisesti useampia kognition osa-alueita kuten toiminnanohjausta
5. Color Trails Test (CTT)
  - jäljittelee TMT-B testiä ilman kulttuurisidonnaisuutta (Lee & Chan 2000), mutta verrattavuus havaittu heikommaksi kuin TMT-B:ssä (Dugbartey ym. 2000)
  - iän ja koulutustason havaittu vaikuttavan vahvasti CTT-testin tuloksiin (Lee & Chan 2000)
6. Executive Interview (EXIT-25)
  - käytetty ennen kaikkea toiminnanohjauksen testaamiseen, vaikka tutkimukset osoittavat sen soveltuvuutta myös yleisen kognition arviointiin, ja luotettavuus todettu kohtalaiseksi (Campbell ym. 2014)
  - korreloi muiden toiminnanohjausta testaavien mittareiden kanssa (Matioli ym. 2008)
7. CogState-testipatteri
  - sisältää useita eri testejä pelien muodossa arvioiden samalla kognition eri osa-alueita (Darby ym. 2014)
  - havaittu validiksi ja luotettavaksi kognition testauksessa ikääntyneillä, lievän kognitiion heikentymässä sekä Alzheimerin tautia sairastavilla (Lim ym. 2013), vaikkakin osassa testeistä on todettu oppimisen vaikutuksen mahdollisuus (Darby ym. 2014, de Jager ym. 2009, Fredrickson ym. 2010, Maruff ym. 2013)
8. Cognitive Estimation Test (CET)
  - sisältää sekä määrällisiä että laadullisia kysymyksiä ja pisteytys on neliportainen (Shallice & Evans 1975 Wagner ym. 2011 mukaan)
  - herkkyydestä ei selkeää varmuutta
9. The Frontal Assessment Battery (FAB)
  - testin luotettavuus todettu tyydyttäväksi kognitiiossa tapahtuvien muutosten osoittamiseen (Appollonio ym. 2005)

*Taulukko jatkuu*

10. Rule Shift Cards Test (RSCT)

- todettu lupaavaksi toiminnanohjauksen mittariksi, vaikka mittausten välinen luotettavuus todettu heikoksi (Wilson ym. 1998)

11. The Dual Task Performance (DTP)

- mittaa kahden tehtävän yhtäaikaista tekemistä ja huomion jakamista (Della Sala ym. 1992 ja 1995)
- ei ilmeisesti yhtä sovittua testiä olemassa
- selvää herkkyyttä erottaa muutokset kognitiivisessa suorituskyvyssä ei ole havaittu terveillä tai lievän kognition heikentymässä (Foley ym. 2011).

---

Alle listattu meta-analyysien ulkopuolelle jääneiden mittareiden viitteet, joita ei ole sisällytetty työn varsinaiseen lähdeluetteloon:

- Campbell, G. B., Whyte, E. M., Sereika, S. M., Dew, M. A., Reynolds, C. F. & Butters, M. A. 2014. Reliability and validity of the Executive Interview (EXIT) and Quick EXIT among community dwelling older adults. *The American Journal of Geriatric Psychiatry* 22 (12), 1444–1451.
- Della Sala, S., Logie, R. H. & Spinnler, H. 1992. Is primary memory deficit of Alzheimer patients due to a "Central Executive" impairment? *Journal of Neurolinguistics* 7 (4), 325–346.
- Della Sala, S., Baddeley, A., Papagno, C. & Spinnler, H. 1995. Dual-task paradigm: a means to examine the central executive. *Annals of the New York Academy of Sciences* 769 (1), 161–172.
- Dugbartey, A. T., Townes, B. D. & Mahurin, R. K. 2000. Equivalence of the Color Trails Test and Trail Making Test in nonnative English-speakers. *Archives of Clinical Neuropsychology* 15 (5), 425–431.
- Foley, J. A., Kaschel, R., Logie, R. H. & Della Sala, S. 2011. Dual-task performance in Alzheimer's disease, mild cognitive impairment, and normal ageing. *Archives of Clinical Neuropsychology* 26 (4), 340–348.
- Jaeger, J. 2018. Digit Symbol Substitution Test. The case for sensitivity over specificity in neuropsychological testing. *Journal of Clinical Psychopharmacology* 38 (5), 513–519.
- Lee, T. M. C. & Chan, C. C. H. 2000. Are Trail Making and Color Trails Test of equivalent constructs? *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* 22 (4), 529–534.
- Leung, J. L. M., Lee, G. T. H., Lam, Y. H., Chan, R. C. C. & Wu, J. Y. M. 2011. The use of the Digit Span Test in screening for cognitive impairment in acute medical inpatients. *International Psychogeriatrics* 23 (10), 1569–1574. DOI: 10.1017/S1041610211000792.
- Matioli, M. N. P. S., Caramelli, P., Marques, B. D., da Rocha, F. D., de Castro, M. C. C., Yamashita, S. R. & Soares, A. M. 2008. EXIT25 – Executive Interview applied to a cognitively healthy elderly population with heterogeneous educational background. *Dementia & Neuropsychologia* 2 (4), 305–309.
- Ruschewey, R., Deppe, M., Lohmann, H., Wersching, H., Korsukewitz, C., Duning, T., Bluhm, S., Stehling, C., Keller, S. S. & Knecht, S. 2013. Executive performance is related to regional gray matter volume in healthy older individuals. *Human Brain Mapping* 34 (12), 3333–3346.
- Wagner, G. P., MacPherson, S. E., Parente, M. A. M. P. & Trentini, C. M. 2011. Cognitive estimation abilities in healthy and clinical populations: the use of the Cognitive Estimation Test. *Neurological sciences* 32 (2), 203–210.
- Wilson, B. A., Evans, J. J., Emslie, H., Alderman, N. & Burgess, P. 1998. The development of an ecologically valid test for assessing patients with a dysexecutive syndrome. *Neuropsychological rehabilitation* 8 (3), 213–228.

LIITE 6 Poissuljetut RCT-tutkimukset.

<b>Tutkimus*</b>	<b>Otsikko</b>	<b>Syy poissulkuun</b>
Adcock 2020	Effects of an in-home multicomponent exergame training on physical functions, cognition, and brain volume of older adults: a randomized controlled trial.	Väärä vertailuryhmä
Anderson-Hanley 2017	Neuropsychological benefits of neuro-exergaming for older adults: a pilot study of an interactive physical and cognitive exercise system (iPACES).	Väärä vertailuryhmä
Anderson-Hanley 2018	The aerobic and cognitive exercise study (ACES) for community-dwelling older adults with or at-Risk for mild cognitive impairment (MCI): neuropsychological, neurobiological and neuroimaging outcomes of a randomized clinical trial.	Väärä vertailuryhmä
Barcelos 2015	Aerobic and cognitive exercise (ACE) pilot study for older adults: executive function improves with cognitive challenge while exergaming.	Väärä vertailuryhmä
Belchior 2019	Computer and videogame interventions for older adults' cognitive and everyday functioning.	Väärä interventio
Hsieh 2014	Virtual reality system based on Kinect for the elderly in fall prevention.	Väärä tulosmuuttuja
Huang 2020	Exergaming executive functions: an immersive virtual reality-based cognitive training for adults aged 50 and older.	Väärä vertailuryhmä
Karssemeijer 2019	Exergaming as a physical exercise strategy reduces frailty in people with dementia: a randomized controlled trial.	Väärä tulosmuuttuja
Maillot 2012	Effects of interactive physical-activity video-game training on physical and cognitive function in older adults.	Väärä vertailuryhmä
Man 2012	Evaluation of a virtual reality-based memory training programme for Hong Kong Chinese older adults with questionable dementia: A pilot study.	Väärä tulosmuuttuja
McCord 2020	Short video game play improves executive function in the oldest old living in residential care.	Väärä interventio
Micarelli 2019	Vestibular rehabilitation in older adults with and without mild cognitive impairment: Effects of virtual reality using a head-mounted display.	Väärä tulosmuuttuja

*Taulukko jatkuu*

Mirelman 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.	Väärä tulosmuuttuja
Monteiro-Junior 2017	Virtual reality-based physical exercise with exergames (PhysEx) improves mental and physical health of institutionalized older adults.	Väärä asetelma
Mrakic-Sposta 2018	Effects of combined physical and cognitive virtual reality-based training on cognitive impairment and oxidative stress in MCI patients: A pilot study.	Väärä vertailuryhmä
Ordnung 2017	No overt effects of a 6-week exergame training on sensorimotor and cognitive function in older adults. A preliminary investigation.	Väärä vertailuryhmä
Padala 2017	Efficacy of Wii-Fit on static and dynamic balance in community dwelling older veterans: a randomized controlled pilot trial.	Väärä vertailuryhmä
Park & Park 2018	Does cognition-specific computer training have better clinical outcomes than non-specific computer training? A single-blind, randomized controlled trial.	Väärä vertailuryhmä
Park 2019	Effects of a mixed reality-based cognitive training system compared to a conventional computer-assisted cognitive training system on mild cognitive impairment: A pilot study.	Väärä vertailuryhmä
Park Jin-Hyuck 2020	Effects of virtual reality-based spatial cognitive training on hippocampal function of older adults with mild cognitive impairment.	Väärä vertailuryhmä
Park Jong-Hwan 2020	Feasibility and tolerability of a culture-based virtual reality (VR) training program in patients with mild cognitive impairment: a randomized controlled pilot study.	Väärä vertailuryhmä
Rica 2020	Effects of a Kinect-based physical training program on body composition, functional fitness and depression in institutionalized older adults.	Väärä tulosmuuttuja
Schwenk 2016	Sensor-based balance training with motion feedback in people with mild cognitive impairment.	Väärä vertailuryhmä
Taylor 2018	Exergames to improve the mobility of long-term care residents: a cluster randomized controlled trial.	Väärä tulosmuuttuja
Wittelsberger 2013	The influence of Nintendo-Wii® bowling upon residents of retirement homes.	Väärä kohderyhmä

---

\*Ilmoitettu tutkimuksen ensimmäisen kirjoittajan sukunimi ja julkaisuvuosi.

LIITE 7 Harhan riskin arviointi.

a) Yleinen kognitio

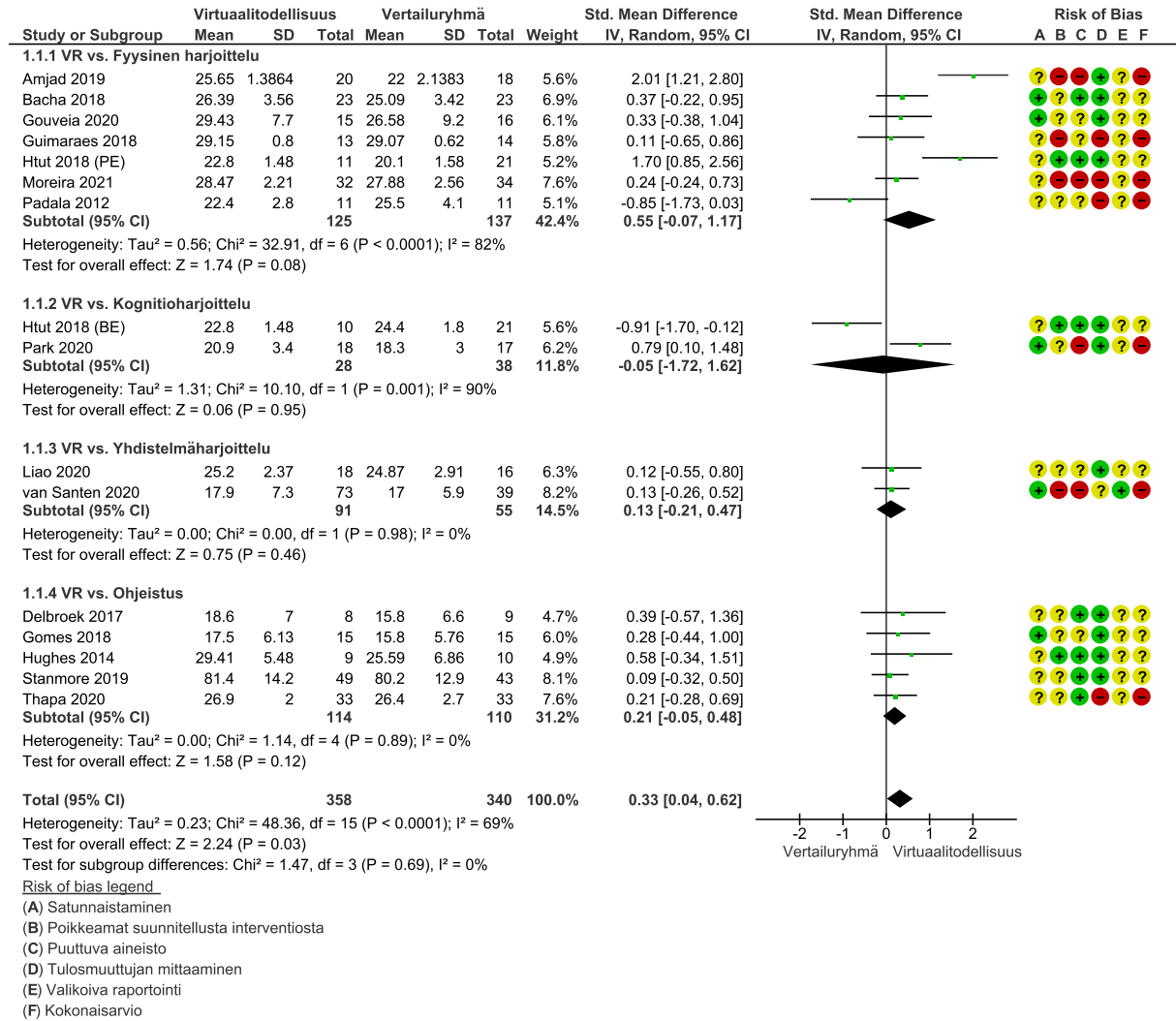
	Satunnaistaminen	Poikkeamat suunnitellusta interventiosta	Puuttuva aineisto	Tulosmuuttujan mittaaminen	Vaiikoiva raportointi	Kokonaisarvio
Amjad 2019	?	-	-	+	?	-
Bacha 2018	+	?	+	+	?	?
Delbroek 2017	?	?	+	+	?	?
Gomes 2018	+	?	?	+	?	?
Gouveia 2020	+	?	?	+	?	?
Guimaraes 2018	?	-	?	-	?	-
Htut 2018	?	+	+	+	?	?
Hughes 2014	?	+	+	+	?	?
Liao 2020	?	?	?	+	?	?
Moreira 2021	?	-	-	-	?	-
Optale 2010	?	?	-	-	?	-
Padala 2012	?	?	?	-	?	-
Padala 2017	?	?	?	-	?	-
Park 2020	+	?	-	+	?	-
Stanmore 2019	?	?	+	+	?	?
Thapa 2020	?	?	+	-	?	-
van Santen 2020	+	-	-	?	+	-

b) Toiminnanohjaus

	Satunnaistaminen	Poikkeamat suunnitellusta interventiosta	Puuttuva aineisto	Tulosmuuttujan mittaaminen	Vaiikoiva raportointi	Kokonaisarvio
Amjad 2019	?	-	-	+	?	-
Anderson-Hanley 2012	-	-	?	+	?	-
Gschwind 2015	?	?	?	+	-	-
Guimaraes 2018	?	-	?	+	?	-
Hwang & Lee 2017	?	-	+	?	?	-
Karssemeijer 2019	+	-	+	+	+	-
Liao 2019	?	?	?	+	?	?
Moreira 2021	?	-	-	+	?	-
Optale 2010	?	?	-	+	?	-
Park 2020	+	?	-	+	?	-
Serino 2017	?	?	+	?	?	?
Thapa 2020	?	?	+	+	?	?
van Santen 2020	+	-	-	?	+	-

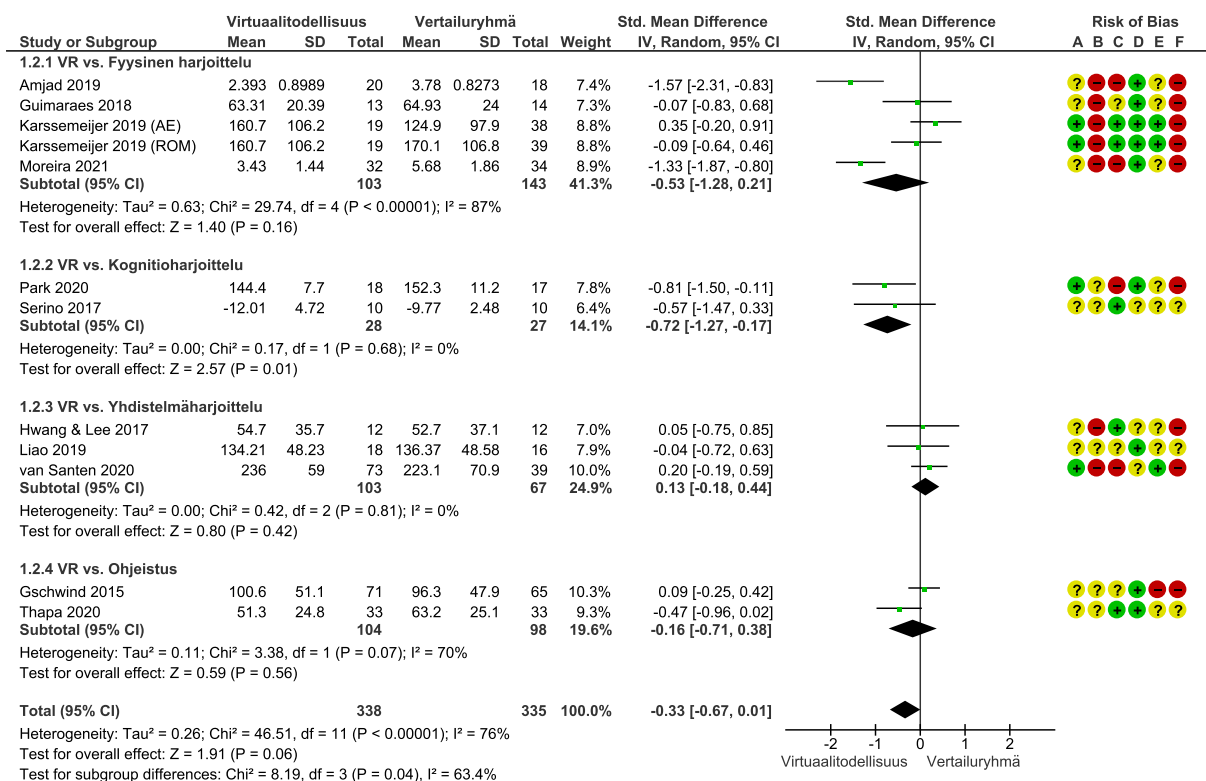
## LIITE 8 Alaryhmäanalyysit (a-d).

a) VR-harjoittelun vaikuttavuus yleiseen kognitioon verrattuna fyysiseen harjoitteluun, kognitiiviseen harjoitteluun, yhdistelmäharjoitteluun tai tavanomaiseen ohjaukseen.





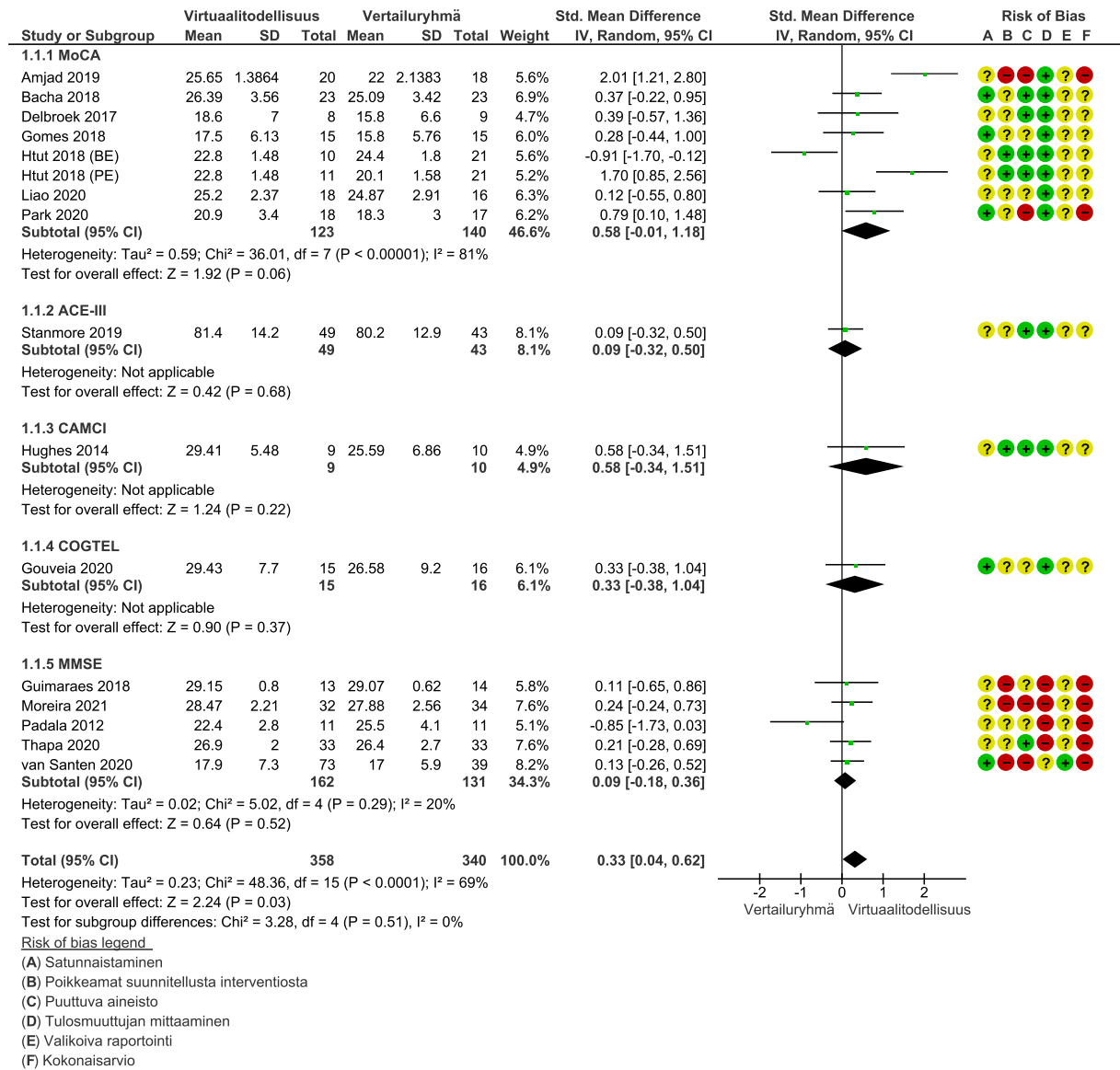
b) VR-harjoittelun vaikuttavuus toiminnanohjaukseen verrattuna fyysiseen harjoitteluun, kognitiiviseen harjoitteluun, yhdistelmäharjoitteluun tai tavanomaiseen ohjaukseen.



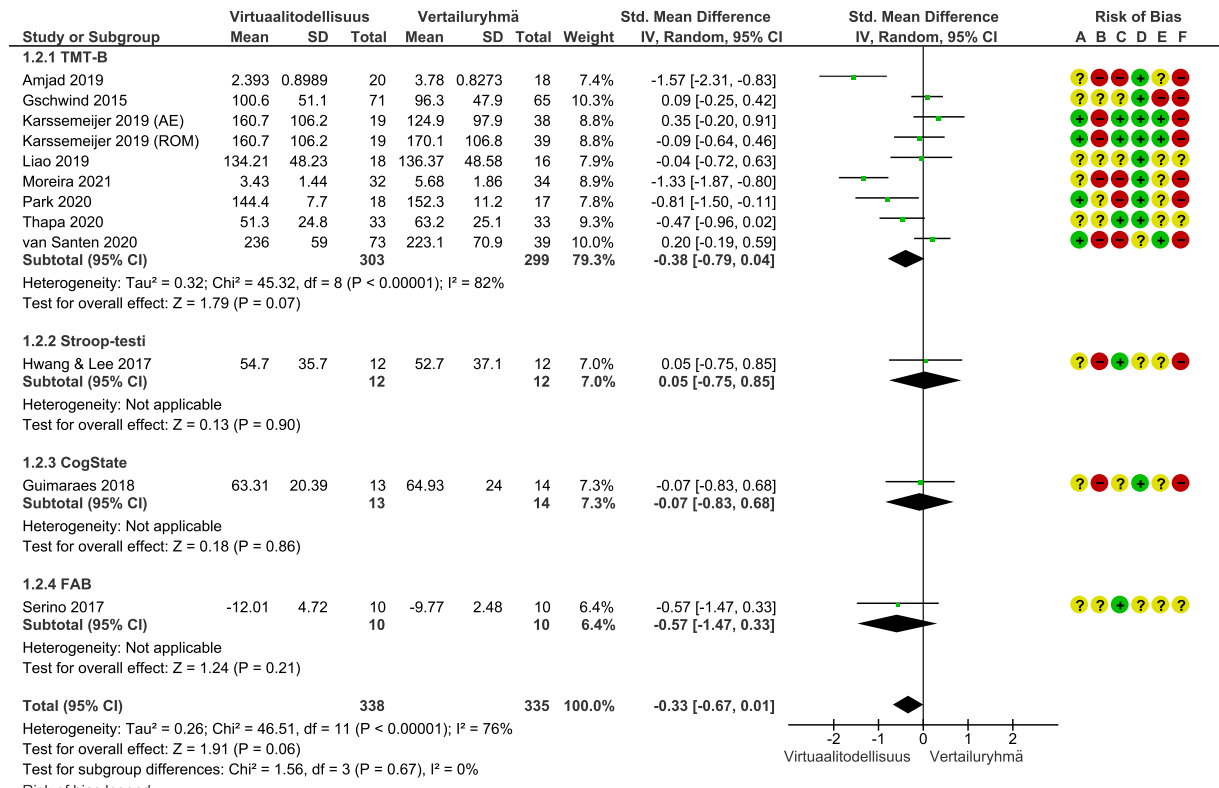
Risk of bias legend

- (A) Satunnaistaminen
- (B) Poikkeamat suunnitellusta interventiosta
- (C) Puuttuva aineisto
- (D) Tulosuuttujan mittaaminen
- (E) Valikoiva raportointi
- (F) Kokonaisarvio

c) VR-harjoittelun vaikuttavuus yleiseen kognitioon verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen, kun alaryhmät on jaettu käytetyn testin mukaan.



d) VR-harjoittelun vaikuttavuus toiminnanohjaukseen verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen, kun alaryhmät on jaettu käytetyn testin mukaan.



Risk of bias legend

- (A) Satunnaistaminen
- (B) Poikkeamat suunnitellusta interventiosta
- (C) Puuttuva aineisto
- (D) Tulosuuttujan mittaaminen
- (E) Valikoiva raportointi
- (F) Kokonaisarvio