

**VIRTUAALITODELLISUUTTA HYÖDYNTÄVÄN HARJOITTELUN  
VAIKUTTAVUUS ALASELKÄKIPUUN AIKUISILLA**  
**Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi**

Lauri Korjus

Fysioterapian pro gradu -tutkielma  
Liikuntatieteellinen tiedekunta  
Jyväskylän yliopisto  
Syksy 2023

## TIIVISTELMÄ

Korjus, L. 2023. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus alaselkäkipuun aikuisilla: järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 73 s. (9 liitettä).

Alaselkäkipu on ollut kansainvälisesti merkittävä kansanterveyttä ja -taloutta heikentävä tekijä edeltäneen kolmen vuosikymmenen aikana ja sen vallitsevuuden ennustetaan kasvavan edelleen. Alaselkäkipun ennuste on usein hyvä ja yksilölliset psykososiaaliset tarpeet huomioivaa terapeutista harjoittelua suositellaan ensisijaiseksi hoitokeinoksi. Yksi mahdollisista harjoittelun muodoista alaselkäkipun kuntoutuksessa voi olla virtuaalitodellisuutta (VR) hyödyntävä harjoittelu. Tämän järjestelmällisen katsauksen ja meta-analyysin tarkoituksena oli selvittää, onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttavampaa koettuun kivun intensiteettiin alaselkäkipuisilla aikuisilla, verrattuna muuhun harjoitteluun, tavanomaiseen hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen. Lisäksi tarkasteltiin, liittyykö harjoitteluun haittavaikutuksia ja mikä on VR-harjoittelun näytönaste.

Tutkielman aineistona hyödynnettiin Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa (ROVA) -tutkimushankkeen aineistoa. Mukaan otettavien tutkimusten PICOS-strategia tässä pro gradu-tutkielmassa oli: (P) vähintään 18-vuotiaat henkilöt, joilla on atraumaattinen alaselkäkipu, (I) virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu, (C) muu harjoittelu, tavanomainen hoito ja ohjaus tai hoidotta jättäminen, (O) alaselkäkipu ja (S) tutkimusasetelmana satunnaistettu kontrolloitu tutkimus. Alkuperäistutkimusten harhan riskiä arvioitiin Risk of Bias (RoB2) -harhan arvioinnin työkalulla, meta-analyysi toteutettiin Review Manager -ohjelmalla (versio 5.4.1.) ja näytönastetta arvioitiin GRADE-työryhmän ohjeistuksen ja luokituksen mukaan sekä hoitosuositusryhmien käsikirjan avulla.

Tutkielmaan sisällytettiin yksitoista RCT-tutkimusta joissa tutkittavat olivat 18–69 -vuotiaita. Tutkimusten kokonaisharhan riski oli korkea ( $n = 2$ ) tai epäselvä ( $n = 9$ ). Alaselkäkipun intensiteetti oli lähtötilanteessa keskimäärin 6,1 (95 % LV 5,4 – 6,7), asteikolla 0-10. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vähensi alaselkäkipua tehokkaammin, verrattuna vertailuryhmän saamaan interventioon ( $-1,33$ , 95 % LV  $[-2,02; -0,64]$ ,  $p = 0,0002$ ,  $I^2 = 95\%$ , 10 RCT, 411 tutkittavaa henkilöä).

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa vähentää alaselkäkipua aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen ja hoidotta jättämiseen. VR-harjoittelun yhteydessä ei esiintynyt tilapäistä lihasarkuutta vakavampia haittavaikutuksia, mutta haittavaikutuksia oli raportoitu alkuperäistutkimuksissa heikosti. Lisää tutkimusnäyttöä tarvitaan VR-harjoittelun vaikuttavuuden ja mahdollisten haittavaikutusten selvittämiseksi. Uudet tutkimukset todennäköisesti vaikuttavat arvioon vaikutuksen suuruudesta ja mahdollisesti sen suunnasta (näytönaste C).

Asiasanat: virtuaalitodellisuus, alaselkäkipu, järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus, meta-analyysi

## ABSTRACT

Korjus, L. 2023. Effectiveness of virtual reality based exercise on low back pain intensity in adults with low back pain: a systematic review and meta-analysis. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 73 pp. (9 appendices).

Low back pain has been a leading cause of disability internationally and a significant factor undermining public health and the economy during the previous three decades, and its prevalence is predicted to continue to grow. The prognosis for low back pain is often good and therapeutic exercise that takes individual psychosocial needs into account is recommended as the primary treatment. One of the possible forms of exercise in the rehabilitation of lower back pain can be training using virtual reality. The purpose of this systematic review and meta-analysis was to determine whether exercise using virtual reality (VR) has an effect on perceived pain intensity in adults with low back pain, compared to other exercise, conventional treatment and guidance, or no treatment. In addition, possible adverse effects associated with VR-exercise was observed and examined, and the grade of evidence evaluated.

The material utilized in this thesis is based on the material of the ROVA research project ("The effectiveness and meanings of the use of robots, virtual reality and augmented reality in rehabilitation"). The PICOS-strategy for this thesis for included studies was: (P) subjects aged 18 years or older with atraumatic low back pain, (I) exercise using virtual reality, (C) other exercise, usual care and guidance or no treatment, (O) low back pain and (S) a randomized controlled trial as a research design. The Cochrane network's manual for systematic reviews and the PRISMA reporting guidelines for systematic reviews were used in the planning and writing of this thesis. The risk of bias in the original studies was assessed using the Risk of Bias (RoB2) assessment tool, the meta-analysis was conducted using the Review Manager program (version 5.4.1.) and the level of evidence was assessed according to the guidelines and classification of the GRADE working group and the Finnish manual of treatment recommendation groups.

Eleven original studies were included in the thesis. The subjects were 18-69 years old. Overall risk of bias in the original studies was high ( $n = 2$ ) or unclear ( $n = 9$ ). Pain intensity at baseline was 6.1 (95 % CI 5.4 – 6.7) on average, on a scale of 0-10. Virtual reality-based exercise was more effective in reducing low back pain compared to control group ( $-1.33$ , 95% CI  $[-2.02; -0.64]$ ,  $p = 0.0002$ ,  $I^2 = 95\%$ , 10 RCT, 411 subjects).

Virtual reality-based exercise may reduce low back pain in adults compared to conventional training, treatment or guidance and no treatment. During VR-exercise, no adverse effects more than temporary muscle soreness was reported, although adverse effects weren't reported regularly in RCTs. More robust studies are needed to determine the effectiveness of VR-training and the essence of adverse events. New studies are likely to have an effect on the magnitude of the treatment effectivity and possibly its direction (level of evidence = low).

Key words: virtual reality, low back pain, systematic review, meta-analysis

## KÄYTETYT LYHENTEET

CI	Luottamusväli (Confidence Interval)
HMD	Virtuaalitodellisuuslasit (Head mounted display)
LV	Luottamusväli
MCIC	Minimaalinen kliinisesti merkitsevä muutos (Minimal clinically important change)
MCID	Minimaalinen kliinisesti merkitsevä ero (Minimal clinically important difference)
NRS	Numeraalinen asteikko (Numeric Rating Scale)
RCT	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus (Randomized controlled trial)
RoB	Harhan riski (Risk of Bias)
ROVA	Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa
VAS	Visuaalinen analoginen kipuaasteikko (Visual Analogue Scale)
VR	Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality)

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	1
2	ALASELKÄKIPU.....	3
2.1	Alaselkäkivun konservatiiviset lääkkeettömät hoitomenetelmät .....	4
2.2	Alaselkäkivun arviointi .....	6
2.3	Alaselkäkivun mittarit .....	6
2.4	Alaselkäkivun mittareiden psykometriikka .....	8
3	VIRTUAALITODELLISUUS JA KUNTOUTUS .....	12
3.1	Virtuaalitodellisuus.....	12
3.2	Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen alaselkäkivun kuntoutuksessa .....	13
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET .....	20
5	MENETELMÄT.....	21
5.1	Aineiston hankinta.....	22
5.2	Aineiston valinta.....	22
5.3	Aineiston ja tiedon käsittely .....	24
5.4	Mittarit.....	24
5.5	Analyysimenetelmät .....	25
5.5.1	Harhan riskin arviointi.....	25
5.5.2	Meta-analyysi .....	26
5.5.3	GRADE näytönasteen arviointi .....	27
6	TULOKSET .....	28
6.1	Mukaan otettujen tutkimusten kuvaus.....	30
6.1.1	Tutkittavien henkilöiden kuvaus .....	36
6.1.2	Tutkimusten interventio- ja vertailuryhmien kuvaus .....	37
6.1.3	Tulosmuuttujaa kuvaavat mittarit.....	38

6.1.4	Tutkimuksissa hyödynnettyjen teknologioiden kuvaus.....	38
6.1.5	Tutkimusten harhan riskin arviointi .....	39
6.2	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus aikuisten alaselkäkipuun 40	
6.2.1	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun yhteydessä ilmenneet haittavaikutukset.....	44
6.2.2	Sensitiivisyyden analysointi ja julkaisuharha.....	45
6.3	GRADE-näytönaste .....	46
7	POHDINTA.....	50
7.1	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus alaselkäkipuun aikuisilla 50	
7.2	Alaryhmäanalyysit.....	51
7.3	Heterogeenisyys .....	52
7.4	Haittavaikutukset .....	54
7.5	Virtuaalitekniikat ja jatkotutkimusehdotukset.....	55
7.6	Tutkielman rajoitteet ja vahvuudet.....	56
8	JOHTOPÄÄTÖKSET .....	59
	LÄHTEET .....	60
	LIITTEET	
	Liite 1: ROVA-hankkeen hakustrategiaan pohjautuva haku järjestelmällisistä katsauksista, Ovid-MEDLINE	
	Liite 2: PRISMA-vuokaavio, järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset	
	Liite 3: Järjestelmällisten katsausten AMSTAR2-arviot	
	Liite 4: ROVA-hankkeen VR-hakustrategia (RCT), Ovid MEDLINE	
	Liite 5: Tutkielman ulkopuolelle jääneet tutkimukset	
	Liite 6: Tulostaulukko, mittauspisteet ja tulosmuuttujien mittarit	
	Liite 7: Interventio- ja vertailuryhmien kuvaus	
	Liite 8: Harhan riskin arviointi	
	Liite 9: Alaryhmäanalyysit	

# 1 JOHDANTO

Alaselkäkipu on ollut merkittävä kansanterveyttä ja kansantaloutta heikentävä tekijä Suomessa (Alaselkäkipu: Käypä hoito -suositus, 2017), Yhdysvalloissa (Nagpal ym. 2022) ja kansainvälisesti (GBD Collaborators 2018; GBD Collaborators 2023) sekä yksilö- että yhteiskunnallisella tasolla edeltäneen kolmen vuosikymmenen aikana. Selkävun ja selkäsairauksien kustannukset vuositason Suomessa vuonna 2012 olivat 466 miljoonaa euroa (Alaselkäkipu: Käypä hoito -suositus, 2017) ja Yhdysvalloissa 130–230 miljardia dollaria (IOM 2011, 91–92), suorien kroonisen alaselkävun aiheuttamien kustannuksien olleen lähes 100 miljoonaa dollaria 12 kuukauden seuranta-ajalla (Mehra ym. 2012). Maailmanlaajuisesti alaselkävun ikävakiointu vallitsevuus oli 8,2 prosenttia, vallitsevuus on lisääntynyt 52,7 prosentilla vuodesta 1990 vuoteen 2017 (Wu ym. 2020).

Satunnaistettuja kontrolloituja vertailututkimuksia (RCT, randomized controlled trial) sisältävien laajojen järjestelmällisten katsausten mukaan terapeuttista harjoittelua hyödyntävä kuntoutus on tehokasta subakuutin ja kroonisen alaselkävun hoidossa (Chou & Huffman 2007; Hayden ym. 2021; Middelkoop ym. 2009; Searle ym. 2015). Akuutin alaselkävun osalta terapeuttista harjoittelua hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuudesta ei ole luotettavaa tutkimusnäyttöä (Chou & Huffman 2007; Hayden ym. 2005) tai näyttö on ristiriitaista (Karlsson ym. 2020).

Yksi mahdollisista harjoittelun muodoista alaselkävun kuntoutuksessa on virtuaalitodellisuutta (VR, virtual reality) hyödyntävä terapeuttinen harjoittelu (Tack 2021). Virtuaalitodellisuuden verrattain uusi teknologia ja sen käyttö on lisääntynyt edeltävän kahdenkymmenen vuoden aikana (Ahern ym. 2020). VR on interaktiivinen, tavoitekeskeinen, tietokonesimuloitu todellisuus, joka mahdollistaa käyttäjän kokemuksen muuntamisen ympäröivästä maailmasta (Ahern ym. 2020; Gumaa & Youssef 2019; Tack 2021). Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen saattaa osaltaan mahdollistaa yksilöllisen hoidon ja helpottaa kuntoutujakeskeistä hoidon suunnittelua ja toteutusta (Gumaa & Youssef 2019).

Virtuaalitodellisuutta hyödynnetään terveydenhuollossa yhä laajemmin (Ahern ym. 2020). Valtaosa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuuden tutkimuksesta koskee neurologisia sairauksia sairastavia sekä mielenterveyskuntoutujia (Ahern ym. 2020; Ilves ym. 2022a, 97). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävien hoitomenetelmien vaikuttavuutta on selvitetty

aiemmin myös akuuteissa kiputilanteissa (Garrett ym. 2014), palovammakuntoutujilla (Voon ym. 2016), palovammakuntoutujilla yhdistettynä lääkehoitoon (Morris ym. 2009) ja kokeellisessa kiputilanteessa (Malloy & Milling 2010) ja niiden on arveltu olevan mahdollisesti tehokkaita myös muussakin kipuun liittyvässä hoidossa (Ahern ym. 2020). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuudesta tuki- ja liikuntaelinsairauksiin liittyvään kipuun on olemassa vähemmän tutkimusnäyttöä (Ahern ym. 2020; Ilves ym. 2022a, 97).

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli tuottaa ajantasaista tietoa järjestelmällisen katsauksen ja meta-analyysin avulla, onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttava aikuisten alaselkävun kuntoutuksessa, mikä on virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun näytön aste, ja liittyykö virtuaalitodellisuutta hyödyntävään harjoitteluun haittavaikutuksia. Yhtään asianmukaisesti tuotettua meta-analyysin sisältävää järjestelmällistä katsausta ei tiettävästi ole aiheesta julkaistu aiemmin. Tutkielma oli osa Jyväskylän yliopistossa toteutettua, Kelan rahoittamaa hanketta ”Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinnällisessä kuntoutuksessa” (ROVA), joka toteutettiin vuosina 2019–2021 (Ilves ym. 2022).



## 2 ALASELKÄKIPU

Institute of Medicinen (IOM 2011, 1–4) mukaan kipu on yksilöllinen ja subjektiivinen kokemus, johon vaikuttavat biologiset, psyykkiset sekä sosiaaliset tekijät. Erilaiset ihmiset ja ihmisryhmät voivat kokea kipua eri tavoin ja kivun ilmaantuvuus, haitan aste, kesto, vaikutus toimintakykyyn ja hoitovaste vaihtelee yksilöiden välillä. Kivun voimakkuuden kokemukseen voivat vaikuttaa yksilölliset geneettiset ominaisuudet, yleinen terveydentila ja muut sairaudet. Kipu voi olla lievää ja lyhytkestoista, jaksoittaista ja toistuvaa tai kroonistunutta ja toimintakykyä heikentävää.

Akuutilla kivulla on tärkeä rooli toimia varoittavana signaalina kudოსvauriosta tai mahdollisesta uhkatilanteesta, esimerkiksi infektiosta tai loukkaantumisesta, mutta pitkittyessään tarpeettomasti, kipu saattaa muuntua rajoitteeksi ja haitalliseksi tekijäksi yksilölle (IOM 2011, 2-3). Kipua voi esiintyä ikääntymiseen liittyvien sairauksien yhteydessä, kuten nivelrikossa, toissijaisesti muuhun sairauteen tai selkäsairauteen liittyen sekä leikkauksen tai loukkaantumisen jälkitilan yhteydessä (IOM 2011, 2-3). Alaselkäkipua voivat aiheuttaa myös syövät ja syövän etäpesäkkeet, aortta-aneurysma, virtsaneritys- ja ruoansulatusjärjestelmän tai sukupuolielinten infektiot (Alaselkäkipu: Käypä hoito -suositus, 2017; Tortora & Derrickson 2014, 287, 1016, 1080).

Alaselkäkipulla tarkoitetaan yleisimmin kipua, lihasjännitystä tai jäykkyyden tunnetta, johon liittyy tai ei liity alaraajakipua (Hayden ym. 2021). Alaselkäkipua arvioitaessa alaselkä määritetään yleisimmin alimman kylkiluun ja pakarapöimän alaosan väliseksi alueeksi, selän alaosaksi tai seläksi. Alaselkäkipu voidaan rajata kestoltaan yhden päivän, yhden viikon tai jopa kolmen kuukauden mittaiseksi, globaalisti tarkasteltuna valtaosassa alaselkäkipun määritelmiä ei oteta kantaa sen kestoon (Hoy ym. 2012). Diagnostisesti alaselkäkipu pyritään länsimaissa määrittämään akuutiksi (< 6 vk), subakuutiksi (6 vk – 12 vk) tai krooniseksi (≥ 12 vk). Määrittelyissä esiintyy myös sekamuotoista sekä kroonista ja uusiutuvaa alaselkäkipua, mikä tarkoittaa kahta yli 24 tuntia kestäväää kipujaksoa vuoden aikana, joiden välillä on vähintään 30 kivutonta päivää (Hayden ym. 2021).

Valtaosalle alaselkäkipuista ei ole osoitettavissa patoanatomista alkuperää, ja kipua kutsutaan tällöin epäspesifiksi alaselkäkipuksi (NSLBP, non-specific low back pain) (Maher ym. 2017). Jopa 75–90 % alaselkäkiputapauksista arvellaan olevan epäspesifejä (Hayden ym. 2021; Maher

ym. 2017), mutta epäspesifien tapausten suhteellinen osuus saattaa olla suurempikin (Henschke ym. 2019). Alaselkäkipu on yleistä alle 20-vuotiailla, sen esiintyvyys laskee 20–29-vuotiailla ja yleistyy progressiivisesti saavuttaen yleisyyden huipun 40–69-vuoden iässä, tai toiminnanhaitan mittarilla kuvattuna (YLD, years lived with disability) 40–49-vuotiailla (Wu ym. 2020). Alaselkäkipu on globaalisti yleisempää naisilla kuin miehillä ja korkeamman tulotason maissa (GBD Collaborators 2023; Hoy ym. 2012).

Alaselkä kivun spontaanin paranemisen ennuste on varsin hyvä (Maher ym. 2017). 1585 henkilöä 12 viikon ajan seuranneessa tutkimuksessa (Downie ym. 2016) havaittiin, että perusterveydenhuollossa tunnistetuista akuuteista alaselkäkiputilasta 35,8 % parani spontaanisti kahden ensimmäisen viikon aikana ja 34,3 % 12 ensimmäisen viikon aikana. Neljällätoista prosentilla kipu lieventyi mutta ei parantunut, ja 10,5 prosentilla ensin lieventyi, mutta lopulta pahentui 12 viikon seurannassa. Viidellä prosentilla kipu oli 12 viikon mittausjakson ajan voimakasta (Downie ym. 2016). Osan tapauksista (5–30 %) arvioidaan kehittyvän kroonistuneeksi yli 12 viikkoa kestäviksi (Kent ym. 2023; Meucci ym. 2015). Alaselkäkipua on toisaalta raportoitu esiintyvän 12 kuukauden seuranta-ajan jälkeen jopa 65 prosentilla (Itz ym. 2013).

## **2.1 Alaselkä kivun konservatiiviset lääkkeettömät hoitomenetelmät**

Institute of Medicinen (IOM 2011, 132–137) mukaan kivun konservatiiviset lääkkeettömät hoidot voidaan jakaa psykologisiin ja fyysisiin menetelmiin tai näiden yhdistelmiin. Psykologiset menetelmät voivat sisältää biopalauteharjoittelua, meditointia, rentoutumista, hypnoosia tai kognitiivista ja behavioristista terapiaa tai ohjausta. Fyysiset hoidot taas voivat sisältää erilaisia passiivisia hoitomenetelmiä, kuten akupunktiota, fysikaalisia tai manuaalisia hoitomenetelmiä, tai aktiivisia, liikkuvuutta ja lihaskestävyttä lisääviä menetelmiä tai näiden yhdistelmiä. Fyysiset menetelmät voivat myös sisältää ohjausta. Hoito voi olla ohjattua tai omatoimista tai näiden yhdistelmää.

Alaselkä kivun hoitomenetelmiä vertailevissa laajoissa katsauksissa terapeutista harjoittelua sisältävä hoito on osoittautunut tehokkaaksi subakuutin ja kroonisen alaselkä kivun hoidossa (Chou & Huffman 2007; Hayden ym. 2021; Middelkoop ym; 2009; Searle ym. 2015) yksinään tai yhdistettynä potilasohjaukseen (Steffens ym. 2016). Akuutin alaselkä kivun osalta terapeut-

tista harjoittelua hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuudesta ei ole luotettavaa tutkimusnäyttöä (Chou & Huffman 2007; Hayden ym. 2005) tai näyttö on ristiriitaista (Karlsson ym. 2020). Harjoittelu voi olla yleistä fyysistä aktiivisuutta tai se voi sisältää tarkkoja liikkeitä, asentoja tai liikesarjoja tai näiden yhdistelmiä. Harjoittelua voidaan kohdistaa yleiskuntoon, aerobiseen kuntoon, liikkuvuuteen, kehonosan vahvistamiseen tai tietyn lihasryhmän vahvistamiseen. Harjoittelun annostuksessa (kesto, frekvenssi, intensiteetti), ja harjoittelun tavassa voi olla eroja (Hayden ym. 2021). Pelkkä potilasohjaus (Hayden ym. 2021; Steffens ym. 2016) ja selkätukien tai pohjallisten (Steffens ym. 2016) käyttö alaselkäkivun hoidossa ei ole osoittautunut vaikuttavaksi. Vaikuttavaksi hoidoksi subakuuttiin ja krooniseen alaselkäkipuun ovat osoittautuneet myös kognitiiviset interventiot (Chou & Huffman 2007; Kent ym. 2023; Middelkoop ym. 2009) ja manuaaliset hoidot (Chou & Huffman 2007; Hayden ym. 2021).

Ostelon ja Vetin (2005) 35 tutkimusta ja 2746 tutkittavaa sisältäneessä katsauksessa terapeutin harjoittelu oli hoidotta jättämisestä, tavanomaista hoitoa tai lumehoitoa hyödyllisempää kroonisen alaselkäkivun hoidossa. Näytön varmuus oli kohtalainen ja tulos ylitti kliinisen merkittävyyden rajan (MCID, minimal clinically important difference) (Ostelo & Vet 2005), mikä oli tutkijoiden toimesta asetettu 1,5 pisteeseen asteikolla 0-10 (Hayden ym. 2021). Haydenin ym. (2021) 64 tutkimusta ja 6295 tutkittavaa sisältäneessä katsauksessa terapeutin harjoittelu osoittautui tehokkaaksi kroonisen alaselkäkivun hoidossa verrattuna muuhun konservatiiviseen hoitoon, mutta näytön aste oli alhainen eikä tulos ollut kliinisesti merkitsevä. Muu hoito oli tutkimuksessa yleisimmin manipulaatiohoitoja tai psyykkisiä interventioita ja yleislääkärin tavanomaista hoitoa (Hayden ym. 2021).

Laajoista katsaustutkimuksista huolimatta, ei ole selvää, millainen hoito tai harjoittelu on tehokkainta alaselkäkivun hoidossa ja miten hoitoa tulisi kohdentaa (Grooten ym. 2022; Hayden ym. 2021). Alaselkäkivun arvioidaan yleistyvän tulevaisuudessa edelleen ja näyttöön perustuvien hoitomenetelmien tutkiminen ja hyödyntäminen kliinisessä työssä on yhä tärkeämpää. Oireen hallinnan taitoja tukevan ohjauksen ja fyysisten sekä psyykkisten interventioiden merkitystä suositellaan korostettavan alaselkäkivun primaarissa hoidossa (GBD Collaborators 2023).

## 2.2 Alaselkävivun arviointi

Alaselkävivun hoidon kliinistä vaikuttavuutta on perinteisesti arvioitu fysiologisia parametreja mittaamalla, tai arvioimalla jonkin fysiologisen toiminnon paranemista, kuten liikkuvuutta (ROM, range of motion) tai voimantuottoa (Ostelo & Vet 2005). Toimintakyky ja elämänlaatu ovat kuitenkin hyvin subjektiivista ja siksi PROM-mittareiden (PROM, patient reported outcome) hyödyntämistä tulisi korostaa (Mokkink ym. 2010). PROM-mittareita ovat kaikki sellaiset mittarit, jotka perustuvat kuntoutujan itse raportoituun toimintakykyyn ja terveydentilaan. Kuntoutujien raportoimat muuttujat ovat yleisesti hyväksyttäviä alaselkäkipuinterventioiden yhteydessä ja niiden käyttö on alaselkäkipuisilla suositeltavaa, sillä kuntoutuja näkökulman huomiointi on tärkeää motivaation, aktiivisen osallistumisen, omahoidon ja hoitomyöntyvyyden ylläpysymiseksi ja edistämiseksi (Stamm ym. 2019).

Alaselkäkipua arvioidaan ja sen arviointi jaetaan kirjallisuudessa yksilön elämänlaatua kuvaaviin osa-alueisiin (Clement ym. 2015; Ostelo & Vet 2005; Stamm ym. 2019). Yleisimmät arvioitavat osa-alueet ovat kivun voimakkuus, alaselkäkipuun liittyvä tai yleinen toimintakyky, työkyky, kipulääkkeiden käyttö ja potilastyytyväisyys. Kipua, työkykyä ja yleistä tai alaselkäspesifiä toimintakykyä arvioidaan yleisimmin (Clement ym. 2015; Ostelo & Vet 2005; Stamm ym. 2019). Kuntoutujilta itseltään kysyttäessä, tärkeimmät alaselkäkipuun liittyvän arvioitavat osa-alueet ovat fyysiset aktiviteetit, kivun väheneminen, elämänlaatu, elämästä nauttiminen, emotionaalinen hyvinvointi ja voimakas uupumus (Chiarotto ym. 2018a). Kivun intensiteetti on yleisin alaselkäkipua arvioiva muuttuja alaselkäkipua koskevissa tutkimuksissa ja sen arviointi liitetään useimpiin edellä mainittuihin elämänlaatua kuvaaviin osatekijöihin (Chiarotto ym. 2018a; Clement ym. 2015; Stamm ym. 2019).

## 2.3 Alaselkävivun mittarit

Yleisimmät PROM-mittarit alaselkävivun intensiteetin arvioimiseksi ovat VAS-kipujana (VAS, visual analogue scale), numeerinen kipuasteikko NRS (NRS, numeric rating scale) sekä lyhyt kipukysely (Brief pain inventory) BPI-PS (Chiarotto ym. 2018a). VAS-kipujana on horisontaalisesta tai vertikaalisesta, usein 10 cm tai 100 mm pitkstä janasta tai linjasta koostuva, itse raportoitu kivun intensiteetin asteikko ja mittari. Kuntoutujaa pyydetään merkitsemään ja-

nalle arvo, joka parhaiten kuvaa koettua kipua. Mittausinstrumentin käyttöön liittyy usein suullinen ohjaus mittarin ääripäistä, ilman aikajakson tarkennusta tai aikajakson tarkennuksella kivun keston liittyen. Nolla kuvaa kivutonta tilannetta ja 10 pahinta mahdollista kipua. Myös muu ohjeistus asteikon ominaisuuksista voi vaihdella (Chiarotto ym. 2018a; Hawker ym. 2011). Kipua ohjeistetaan tyypillisesti tarkastelemaan arviointihetkellä, tai 24 tunnin ajalta, mutta ohjeistus voi vaihdella (Hawker ym. 2011).

NRS on numeerinen versio VAS-kipujanasta, jossa kuntoutuja valitsee yhden kivun intensiteettiä parhaiten kuvaavan kokonaisnumeron. Asteikkoina voidaan käyttää nollasta kymmeneen (11-portainen asteikko), nollasta kahteenkymmeneen (21-portainen asteikko) tai nollasta sataan (101-portainen asteikko), siten että nolla kuvaa kivutonta tilannetta ja 10, 20 tai 100 pahinta mahdollista kipua. 11-portainen asteikko on tutkimuksissa yleisimmin käytetty mittari (Chiarotto ym. 2018a; Hawker ym. 2011; von Korff ym. 2000). Kipua ohjeistetaan tyypillisesti tarkastelemaan kuluneen 24 tunnin ajalta tai keskiarvoisesti (Hawker ym. 2011). Kuten VAS-kipujan osalta, myös NRS-mittarin käytössä ohjeistus sen ominaisuuksista, kuten asteikon ääripäistä ja aikajakson tarkennuksista voi vaihdella (Hawker ym. 2011).

BPI-PS koostuu neljästä 11-portaisesta NRS-asteikosta, joihin kuntoutuja valitsee yhden kokonaisnumeron 1-10 väliltä, joka parhaimmin kuvaa kivun intensiteettiä. Asteikot mittaavat kivun intensiteettiä pahimmillaan, vähimmillään edeltävän 24 tunnin aikana, mittaushetkellä ja keskiarvoisesti. Jokaista NRS-asteikkoa kohden ohjeistetaan suullisesti mittareiden ääripäiden tarkoittavan ”ei kipua” ja ”pahinta mahdollista kuviteltua kipua”, mikä on yleinen tapa ohjeistaa VAS-kipujan ja NRS-asteikon käyttöä yleisesti. BPI-mittari sisältää lisäksi yksitoista kivun häiritsevyyttä ja vaikutusta toimintakykyyn arvioivaa kysymystä (Chiarotto ym. 2018a; Cleeland ym. 2009).

Kansainväliset asiantuntijaryhmät (Cosmin, COnsensus-based Standards for the selection of health status Measurement Instruments; Comet, Core Outcome Measures in Effectiveness Trials; ICHOM, International Consortium for Healthcare Outcomes Measurement) ovat pyrkineet standardoimaan ja muodostamaan konsensusta alaselkäkivun mittaamisen ja arvioimisen yhtenäistämiseksi kansainvälisesti (Chiarotto ym. 2015; Clement ym. 2015; Mokkink ym. 2016). Yksimielisyyteen on päästy (Chiarotto ym. 2015, Chiarotto ym. 2018b) siitä, että epä-

spesifiä alaselkäkipua kokevien hoitamiseksi on tärkeää pyrkiä arvioimaan fyysistä toimintakykyä, kivun intensiteettiä ja elämänlaatua. Potilasedustajat eivät pitäneet elämänlaadun arviointia yhtä tärkeänä kuin fyysisen toimintakyvyn ja kivun arviointia (Chiarotto ym. 2018b).

Kansainvälisessä moniammatillisessa tutkijoita, klinikoita ja kuntoutujia sisältäneessä konsensuspaneelissa NRS-asteikko valittiin kivun intensiteettiä arvioivaksi mittariksi ja asteikkoa ohjeistettiin arvioitavaksi viikon aikaoletusankkuroinnilla (Chiarotto ym. 2018b). Valinta on riskitilassa Chiarotto ym. (2018a) tutkimuksen tuloksien kanssa, joissa todetaan NRS olevan herkkä virheille. NRS sai myös tutkittavilta kritiikkiä liiallisesta yksinkertaisuudestaan kuvaamaan moniulotteista kokemusta kivusta (Chiarotto ym. 2018b).

## **2.4 Alaselkäkipun mittareiden psykometriikka**

Mittarin hyödynnettävyyttä tulee arvioida sen mittausominaisuuksien eli psykometrinen ominaisuuksien kautta. Psykometrisiä pääominaisuuksia ovat mittarin validiteetti (pätevyys), reliabiliteetti (toistettavuus tai luotettavuus) ja muutosherkkyys, jotka edelleen luokitellaan alaluokkiin tarkemmin (Chiarotto ym. 2018; Valkeinen ym. 2014). Aiemmissa yksittäistutkimuksissa sekä VAS, että NRS ovat osoittautuneet toistettavuudeltaan saman mittajaan mittaamana (test-retest) luotettaviksi, VAS ICC (intra-class correlation) on 0,97 – 0,99, 95 % LV (Bijur ym. 2001, Gallagher ym. 2002) ja NRS ICC on 0,96, 95 % LV (Ferraz ym. 1990). Crossley ym. (2004) taas havaitsi tutkimuksessaan VAS test-retest vaihtelevan heikon ja vahvan korrelaation välillä (ICC 0,49 – 0,83, 95 % LV). Bijur ym. (2003) mukaan kyseiset mittarit korreloivat vahvasti keskenään, ( $r = 0,94$ , [0,93 – 0,95], 95 % LV) (Bijur ym. 2003). Bijur (2001) mukaan VAS on luotettava, erityisesti jos mittaukset toistetaan lähellä toisiaan. NRS toistettavuutta on tutkittu vähemmän, eikä se ole osoittautunut yhtä luotettavaksi (Bijur ym. 2001, Chiarotto ym. 2018a).

Chiarotto ym. (2018a) vertailivat 23 alkuperäistutkimusta sisältävässä katsauksessaan epäspesifiin alaselkäkipuun liittyvien yleisimpien mittareiden psykometrisiä ominaisuuksia COSMIN-taksonomian (COnsensus-based Standards for the selection of health status Measurement INstruments) (Mokkink ym. 2010) ohjaamana sisältövaliditeetin, kriteerivaliditeetin, rakennevaliditeetin, toistettavuuden, sisäisen yhdenmukaisuuden sekä muutosherkkyuden ja

mittausvirheen osalta. Mittarin osaominaisuus määritettiin päteväksi (sufficient), puutteelliseksi (insufficient) tai epäselväksi (indeterminate). Määrittelyn perustana oli tutkimustulosten yhteneväisyys, vähintään 75 % yhteneväiset tulokset ohjasivat tulkinnan mittarin osa-alueesta päteväksi tai puutteelliseksi, alle 75 % yhteneväisyys tulkittiin epäselväksi. Tiedon varmuutta arvioitiin kolmiportaisella modifioidulla GRADE-asteikolla (Terwee ym. 2018), jonka avulla näytön varmuus arvioitiin joko korkeaksi (high), kohtalaiseksi (moderate), alhaiseksi (low) tai erittäin alhaiseksi (very low) (Chiarotto ym. 2018a).

Sekä VAS, että NRS -osalta sisältövaliditeetti (content validity) ja rakennevaliditeetti (construct validity) arvioitiin epäselväksi ja näytön aste modifioidulla GRADE-asteikolla arvioituna alhaiseksi tai erittäin alhaiseksi (Terwee ym. 2018). Test re-test luotettavuus oli VAS osalta hyvä, perustuen erittäin alhaiseen näytön asteeseen ja NRS-osalta epäselvä, perustuen korkeaan näytön asteeseen. Mittausvirheen osalta VAS-asteikko oli epäselvä perustuen erittäin alhaiseen näytön asteeseen ja NRS-asteikon osalta heikkoa, perustuen korkeaan näytön asteeseen. Muutosherkkyys arvioitiin VAS ja NRS osalta epäselväksi ja näytön aste VAS osalta alhaiseksi ja NRS osalta kohtalaiseksi. Tulee myös huomioida, että mittausinstrumenteilla on lattia- ja kattoefekti, eivätkä ne välttämättä kuvaa muutosta tarkasti mittarin ääripäissä (Ostelo & Vet 2005, Ostelo ym. 2007, Resnik & Dobrzykowski, 2003).

Tieto kulttuurien välisestä validiteetista on niukempaa, mutta katsauksessa (Chiarotto ym. 2018a), viitataan asteikkojen sanallisen ohjauksen eroavaisuuksiin erityisesti mittausasteikkojen yläpään ankkuroinnin osalta. Sanoituksen muotoina on käytetty muun muassa pahin kipu (worst pain), pahin mahdollinen kipu (pain as bad as it could be), sietämätön kipu (intolerable pain), äärimmäinen kipu (extreme pain), sietämätön kipu (unbearable pain), pahin kuviteltu kipu (pain as bad as you can imagine) tai erittäin vakava kipu (very severe pain) (Chiarotto ym. 2018a). Kipua mittaavien yleisimpien mittareiden käyttö niiden päällepäin yksinkertaisesta ilmiasusta huolimatta alaselkävivun arvioimiseksi ei siis ole aivan ongelmatonta. NRS-asteikon käytössä piilee korkeaan näytön asteeseen perustuen riski mittausvirheeseen ja epäluotettavuuteen test-retest osalta. VAS-asteikko osoittautui test-retest ja mittausvirheen osalta luotettavaksi, mutta perustuen alhaiseen tai erittäin alhaiseen näytön asteeseen (Chiarotto ym. 2018a).

Ponnisteluista huolimatta (Chiarotto ym. 2018a; Chiarotto ym. 2018b; Clement ym. 2015), ei ole olemassa kansainvälistä konsensusta, millä mittareilla alaselkäkipuun liittyvää fyysistä toimintakykyä, kivun intensiteettiä tai elämänlaatua tulisi arvioida eikä yksi mittari ole selkeästi

noussut muita paremmaksi, vaikka Chiarotto ym. (2018b) havaitsivatkin kuntoutujien suosivan NRS-mittaria VAS-mittarin sijaan kivun intensiteetin arvioimiseksi. Kivun intensiteetti on yleisimmin arvioitu muuttuja alaselkäkipuun liittyvissä tutkimuksissa ja ristiriitaisesti VAS yleisin kivun intensiteettiä kuvaava mittari (Chiarotto ym. 2018a).

Mittarin on lisäksi tärkeää kyetä erottelmaan, millaiset muutokset asteikolla kuvaavat todellista merkityksellistä muutosta alaselkäkivuisille. On tärkeää tunnistaa, onko mitattu tai havaittu muutos peräisin mittausvirheestä, todellinen ja onko se kuntoutujalle itselleen merkityksellinen (Ostelo & Vet 2005; Resnik & Dobrzykowski 2003). Muutoksen kliinisen merkityksellisyyden arvioimisen apuna voidaan hyödyntää MCIC-arvoa (MCIC, minimal clinically important change) tai MCID-arvoa (MCID, minimal clinically important difference). Termejä käytetään usein yhtenevästi (Childs ym. 2005; Ostelo & Vet 2005; Resnik & Dobrzykowski 2003). Tässä pro gradu -tutkielmassa käytetään termiä ja lyhennettä MCID (Honkanen ym. 2023). Lyhenteitä ei pidä sekoittaa MDC-arvoon, jolla tarkoitetaan pienintä havaittua mittausvirheen rajan ylittävää muutosta (Resnik & Dobrzykowski 2003). Jaeschke ym. (1989) mukaan MCID tarkoittaa pienintä havaittavissa olevaa muutosta, jonka kuntoutuja kokee hyödylliseksi ja hyväksyisi, mikäli se ei aiheita sivuvaikutuksia tai merkittäviä kustannuksia. Stratford ym. (1998) taas kuvailee MCID:n yksinkertaisemmin pienimmäksi mahdolliseksi kuntoutujalle merkitykselliseksi muutokseksi.

Alaselkäkivun osalta ja NRS-mittarilla mitattuna MCID-rajan on ehdotettu olevan 2 pisteessä asteikolla 0-10 (Farrar ym. 2011), mutta se voi olla myös pienempi tai suurempi, riippuen koetun kivun intensiteetin lähtötasosta (Kovacs ym. 2007) johtuen mittausasteikkojen lattia- ja kattoefektistä. Alaselkäkivun osalta ja VAS-kipujanalla mitattuna MCID rajan on ehdotettu olevan 1.5 pistettä asteikolla 0-10 tai 15 pistettä asteikolla 0-100 (Hayden ym. 2021; Hägg ym. 2003), mutta raja voi olla suurempikin (Ostelo & Vet 2005; Ostelo ym. 2008; van der Roer ym. 2006). Kovacs ym. (2007) havaitsi tutkimuksessaan MCID-arvon sijoittuvan 1,5-3,2 pisteen välille, mikäli tutkittavien kivun lähtötaso oli alle seitsemän.

Koska selvää prioriteettia mittareiden paremmuudesta ei ole olemassa, tämän pro gradu -tutkielman järjestelmällisessä haussa hyväksyttiin kaikki alaselkäkivua kuvaavat mittarit. Työn pohdinnassa huomioitiin eri mittareiden ominaispiirteet niiden luotettavuudesta ja kyvystä ku-



vata kiinnostuksen kohteena olevaa ilmiötä alkuperäistutkimuksissa. BPI-PS -mittarin psyko-metriikan kuvailu jätettiin pois, sillä tähän pro gradu -tutkielmaan sisällytetyissä alkuperäistutkimuksissa mittaria ei hyödynnetty.

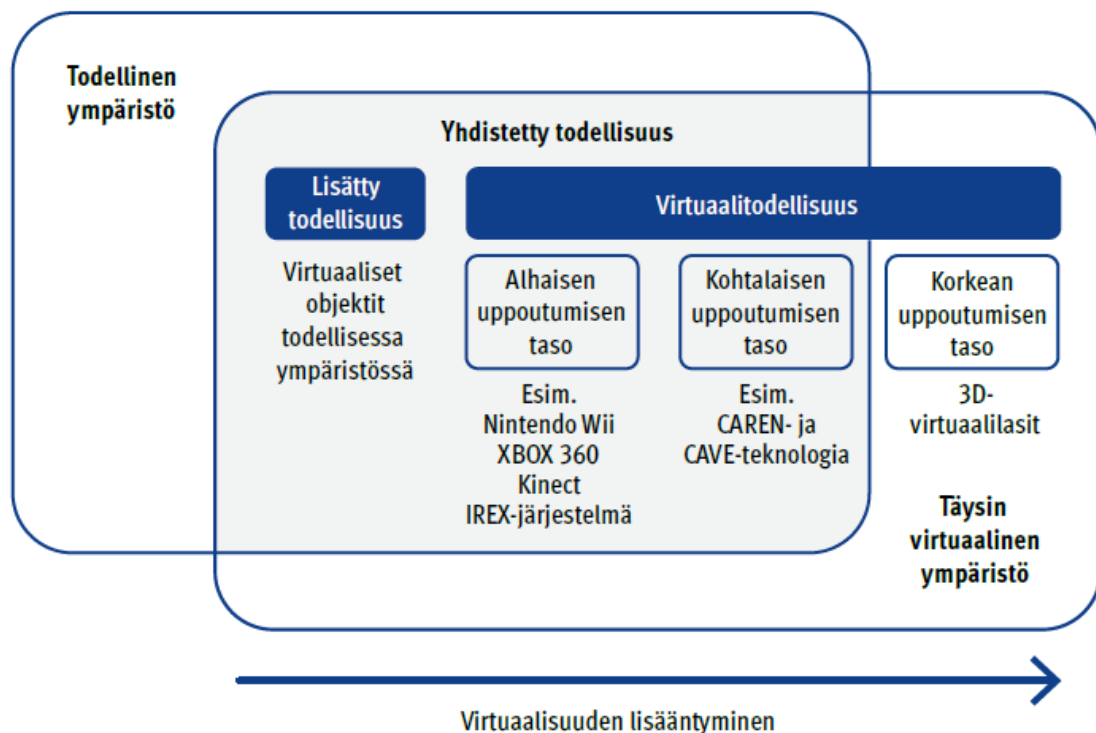
### 3 VIRTUAALITODELLISUUS JA KUNTOUTUS

#### 3.1 Virtuaalitodellisuus

Riener ja Harders (2012) mukaan virtuaalitodellisuuden (VR) käyttö terminä yleistyi 1980-luvun lopulla. VR voidaan määritellä tietokoneen tuottamaksi simulaatioksi, joka mahdollistaa ihmisen ja keinotekoisien kolmiulotteisten visuaalista tai muita aistijärjestelmiä yhdistävän vuorovaikutuksen kokemuksen (Riener & Harders 2012, 1-2). VR sovellutuksien kuvaillaan kykenevän tuottamaan immersion kokemuksen tietokoneen simuloimassa ympäristössä hyödyntämällä vuorovaikutteista teknologiaa, joka lähettää ja vastaanottaa informaatiota ja jota voidaan pukea päälle esimerkiksi laseina tai virtuaalitodellisuuslaseina, hanskoina tai pukuna. Läsnaolon kokemusta voidaan tukea liikettä tunnistavien anturien avulla, jotka lähettävät käyttäjän paikkatietoa edelleen käsiteltäväksi. Tietoa voidaan hyödyntää esimerkiksi yhdistämällä ja muokattamalla näytöllä olevan hahmon liikkeitä käyttäjän liikkeisiin reaaliajassa (Riener & Harders 2012, 1-2).

Virtuaalitodellisuuden voidaan ajatella olevan olemassa jatkumolla ei-immersiivisestä täysin immersiiviseen. Ei-immersiivisessä VR:ssa voidaan hyödyntää reaali maailmaa simuloivia pelillistettyjä ympäristöjä tai kehonseurantateknologiaa, joka siirtää liikettä esimerkiksi avatariin (Gumaa & Youssef 2019; Tack 2021) erilliselle näytölle. Liikettä voidaan siirtää myös muuhun virtuaaliseen objektiin (Gumaa & Youssef 2019). Avatarilla tarkoitetaan tyypillisesti käyttäjää kuvaavaa hahmoa (Riener & Harders 2012, 108), mutta sillä voidaan myös tarkoittaa käyttäjän hahmon osaa tai muuta objektia (Riener & Harders 2012; 108, 167). Läsnaolon kokemusta ja immersion tasoa voidaan vahvistaa hyödyntämällä korkean virkistystaajuuden ja resoluution teknologioita, jotka mahdollistavat autenttisten, reaali maailmaa läheisesti simuloivien keinotekoisien ympäristöjen reaaliaikaisen hyödyntämisen huomioimalla samanaikaisesti useita aistijärjestelmiä (Gumaa & Youssef 2019; Riener & Harders 2012, 2; Tack 2021). Virtuaalisen läsnaolon kokemuksen, sekä teknologian mahdollisen analgeettisen vaikutuksen voidaan ajatella vahvistuvan, jos käyttäjä kokee avatarin osan tai kokonaisuuden osana omaa itseään (Dascal ym. 2017; Gumaa & Youssef 2019) ja eristämällä kokemus ympäröivästä reaali maailmasta (Gumaa & Youssef 2019).

Korkean immersion teknologioita ovat esimerkiksi HMD-lasit (HMD, head mounted display) ja puettavat haptiset teknologiat (Riener & Harders 2012, 52; Tack 2021) ja kohtalaisen immersion teknologioita suuret kuvapinta-alat mahdollistavat CAREN (CAREN, computer assisted rehabilitation technology) tai CAVE (CAVE, automatic virtual environment) -teknologiat (Demeco ym. 2023; Kalron ym. 2016; Riener & Harders 2012, 50). Alhaisen immersion teknologioissa yhdistyvät tyypillisesti pienempien näyttöjen, liikkeentunnistusteknologian ja erilaisten kädessä pidettävien ohjainten hyödyntäminen (Tack 2021). Virtuaalitodellisuuden eri tasot on kuvattu osana virtuaalisuuden jatkumoa kuviossa 1.



KUVIO 1. Virtuaalitodellisuus virtuaalisuuden jatkumona ja immersion eli uppoutumisen tasoina (Aartolahti ym. 2022, 25).

### 3.2 Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen alaselkävivun kuntoutuksessa

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä harjoittelun avulla voi olla mahdollista lieventää yleisesti kipua vaikuttamalla kipustimulusviemällä huomiota pois kivun kokemuksesta ja vähentämällä kivulle kohdistettua huomiota (Ahern ym. 2020; Trost ym. 2015). Virtuaalitodellisuutta

hyödyntäviä menetelmien on osoitettu olevan vaikuttavia kivun kuntoutuksessa akuuteissa kiputilanteissa (Garrett ym. 2014), palovammakuntoutujille (Morris ym. 2009; Voon ym. 2016) ja kokeellista kipua kokevilla (Malloy & Milling 2010).

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkävun hoidossa aikuisilla on myös aiemmin tutkittu. Tämän pro gradu -tutkielman taustakirjallisuudessa aiempaa tutkimusnäyttöä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta alaselkäkipuun aikuisilla selvitettiin seulomalla ROVA-hankkeessa tuotetun aineiston (Ilves ym. 2022a, 96) joukosta tämän tutkielman taustaksi soveltuvat järjestelmälliset katsaukset. ROVA-hankkeen järjestelmällisten katsausten järjestelmällinen haku oli tehty huhti- kesäkuussa 2020 Ovid MEDLINE-, Cinahl-, PsycINFO- ja ERIC-tietokantoihin. Tätä pro gradu -tutkielmaa varten tehtiin lisäksi järjestelmällisten katsausten päivityshaku Ovid MEDLINE-tietokantaan kesäkuussa 2023 tämän tutkielman kirjoittajan toimesta. Päivityshaun hakustrategia on kuvattu liitteessä 1 ja PRISMA-vuokaavio järjestelmällisten katsausten valintaprosessista on liitteessä 2. Vuokaaviossa on kuvattuna ROVA-hankkeen järjestelmällisen tiedonhaun sekä tämän pro gradututkielman tiedonhaun osuudet.

Tämän pro gradu -tutkielman järjestelmällisten katsausten sisäänottokriteerit olivat:  $\geq 18$ -vuotiaat henkilöt (P), joilla oli alaselkäkipua, interventiona (I) virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu, vertailuryhmänä (C) muuta harjoittelua, tavanomaista hoitoa ja/tai ohjausta saanut ryhmä, tulomuuttujana (O) kipu ja tutkimuksen (S) tuli olla järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus, joka sisälsi tai ei sisältänyt meta-analyysin. ROVA-hankkeen kirjallisuushaun 284 viitteen joukosta seulottiin tähän pro gradu -tutkielmaan soveltuvat järjestelmälliset katsaukset. Otsikko- ja abstraktitason seulonnassa karsiutui 275 viitettä, ja kokotekstin soveltuvuutta arvioitiin siten yhdeksän viitteen joukosta, joista mukaan valikoitui 3 järjestelmällistä katsausta (Ahern ym. 2020; Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019), joista yksi oli kolmen satunnaistetun kontrolloidun alkuperäistutkimuksen tuloksia yhdistävä alaselkäkipua koskeva meta-analyysi (Gumaa & Youssef 2019). Päivityshaku tuotti 62 viitettä, joista otsikko ja abstraktitason arviointiin päätyi 2020-2023 välille asetetun aikarajauksen jälkeen 37 viitettä. Otsikko- ja abstraktitason seulonnassa karsiutui 30 viitettä ja soveltuvuutta kokotekstin perusteella arvioitiin seitsemän viitteen osalta. Kolme viitettä karsiutui pois kokotekstiarvion perusteella. Kahden viitteen osalta kokotekstiä pyydettiin tutkijoilta kerran, mutta artikkeleita ei saatu ajoissa. Päivityshaku tuotti siten kaksi lisäviitettä (Brea-Gómez ym. 2021; Grassini 2022), joissa oli kahdeksan virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta aikuisten

alaselkäkipuun selvittävää meta-analyysiä. Katsauksista poimittiin tietoja edellä kuvatun PICOS-asetelman ohjaamana. Lisäksi poimittiin meta-analyysien määrä, päätulokset ja raportoidut haittatapahtumat. Mukaan otettujen järjestelmällisten katsausten yhteenveto on kuvattuna taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Yhteenveto järjestelmällisistä kirjallisuuskatsauksista.

Järjestelmällinen katsaus ja rekisteröinti	Tutkimuksen tavoite	Hakujen aikajaus	Kohde-ryhmä (P)	Interventio (I)	Vertailuryhmä (C)	Tulosmuuttajat (O)	Alkuperäistutkimukset, tutkittavien määrä ja meta-analyysit (huomioidusta tulomuuttujasta)	Päätulokset (huomioiduista tulomuuttujista)	Haittapahtumat	AMST AR 2
Ahern ym. 2020 CRD 420180972 53	Selvittää, onko virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen vaikuttavaa selkärangan alueen kivuista kärsivillä henkilöillä.	2013-2019	12–80-vuotiaat, joilla subakuutti tai krooninen selkärangan alueen kipu. Kipualueena kaularanka tai lanne-ranka.	Aktiiviseen harjoitteluteraapiaan perustuva, virtuaalisessa ympäristössä tapahtuvat kuntoutukset. Simulaatiot, simuloitun ympäristön teknologiat, HMD-lasit, liikesensorit, tasapainolauta Nintendo Wii.	Tavanomainen proprioseptiivinen harjoittelu tai liikeharjoittelu, tavanomainen stabiiliteettiharjoittelu, muu harjoitteluteraapia.	Kivun intensiteetti	4 RCT n = 145 Meta-analyysit = 0	VR edisti kivun lievittymistä subakuutissa ja kroonisessa alaselkävauriossa verrattuna alaselän stabiiliteettiharjoitukseen lyhyellä aikavälillä.	NI	Heikko
Brea-Gómez ym. 2021 CRD 420202221 29	Selvittää, onko virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen vaikuttavaa kroonisesta alaselän alueen kivuista kärsivillä henkilöillä.	-2021	Yli 18-vuotiaat, joilla oli krooninen alaselän alueen kipu.	Virtuaalisessa ympäristössä tapahtuvat kuntoutukset, joiden kesto oli vähintään 4vk. Nintendo Wii, muu videopeli ja liikkeen tunnistusteknologia, HMD.	Tavanomainen hoito, hoidon jättäminen, ei-VR interventiot, sokkoutetut hoidot ja kipulääkitys.	Kivun intensiteetti.	14RCT n = 569 Meta-analyysit = 4	VR edisti kivun lievittymistä kroonisessa alaselkävauriossa verrattuna hoitoon, jossa ei hyödynnetty virtuaalitodellisuutta lyhyellä aikavälillä sekä 6kk seurannassa.	Huimaus (1RCT) Pahoinvointi ja liikepahoinvointi (1RCT) Ei haittavaikutuksia (2RCT)	Erittäin heikko

NI  
10RCT

Collado-Mateo ym. 2017 Ei rekisteröity	Selvittää, onko pelillistetyn harjoittelun hyödyntäminen vaikuttavaa tuki- ja liikuntelinkivuista kärsivillä henkilöillä.	-2016	Tuki- ja liikuntelinkivuista kärsivät henkilöt.	Vuorovaihteiset ja aktiiviseen pelillistettyyn harjoitteluun perustuvat kuntoutukset ja fysikaaliset hoidot. Nintendo Wii.	Tavanomainen hoito, tavanomainen keskivartalon stabiiliteetti, fysikaaliset hoidot.	Kivun intensiteetti.	3RCT n = 84 Meta-analyysit = 0	VR edisti kroonisen alaselkävun lievittymistä, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä.	NI	Erittäin heikko
Grassini 2022 Ei rekisteröity	Selvittää, onko virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen vaikuttavaa alaselän alueen kivuista kärsivillä henkilöillä.	2016-2021	Kroonisesta selkärangan alueen kivusta kärsivät henkilöt.	Virtuaalisessa ympäristössä tapahtuvat kuntoutukset, pelillistetty harjoittelu, videon katselu. Liikkeen tunnistusteknologia, Microsoft Kinect.	Tavanomainen hoito, tavanomainen fysioterapia, tavanomainen keskivartalon stabiiliteetti.	Kivun intensiteetti.	6 RCT n = 348 Meta-analyysit = 4	VR edisti kroonisen alaselkävun lievittymistä, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä.	NI	Erittäin heikko
Gumaa & Youssef 2019 CRD 420170721 32	Selvittää, onko virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen vaikuttavaa tuki- ja liikuntelinkivuista kärsivillä henkilöillä.	-2018	Yli 18-vuotiaat, joilla oli ortopedinen oire.	Virtuaalisessa ympäristössä tapahtuvat kuntoutukset ja fysikaaliset hoidot. Nintendo Wii, liikkeen tunnistusteknologia.	Tavanomainen hoito, tavanomainen keskivartalon stabiiliteetti, fysikaaliset hoidot.	Kivun intensiteetti.	3 RCT n = 115 Meta-analyysit = 1	VR edisti kroonisen alaselkävun lievittymistä, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä.	NI	Erittäin heikko

Lyhenteet: HMD = head mounted display, NI = no information, RCT = randomized controlled trial, VR = virtual reality

Katsausten laatua ja luotettavuutta arvioitiin kriittisesti järjestelmällisten katsausten arviointiin tarkoitettulla AMSTAR2 -työkalulla (Shea ym. 2017). Laadunarviointi toteutettiin kahden henkilön toimesta kolmen tutkimuksen osalta (Ahern ym. 2020; Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019), joista toinen oli tämän pro gradu -tutkielman kirjoittaja. Laadunarviointi toteutettiin yhden henkilön (tämän pro gradu -tutkielman kirjoittaja) toimesta päivityshaussa tunnistetun kahden tutkimuksen (Brea-Gómez ym. 2021; Grassini 2022) osalta. Tutkimusten laatu luokiteltiin heikoksi (Ahern ym. 2020) tai erittäin heikoksi (Brea-Gómez ym. 2021; Collado-Mateo ym. 2018; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019). Yhteenveto AMSTAR2 -arvioista on kuvattu liitteessä 3.

Kaikissa katsauksissa selvitettiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkäkipuun aikuisilla. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta ainoastaan krooniseen alaselkäkipuun aikuisilla tutkittiin kahdessa katsauksessa (Brea-Gómez ym. 2021; Grassini 2022), yhdessä katsauksessa tuki- ja liikuntaelimestön kipujen (Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019) ja yhdessä katsauksessa selkärangan alueen kipujen kontekstissa (Ahern ym. 2020). Kaikissa katsauksissa alkuperäistutkimusten interventiot sisälsivät virtuaalisessa ympäristössä toteutettua, aktiiviseen liikkeeseen perustuvaa terapeutista harjoittelua. Interventioihin yhdistettiin myös fysikaalisia hoitoja (Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019). Yleisimmät VR-teknologiat olivat Nintendo Wii (Ahern ym. 2020; Brea-Gómez ym. 2021; Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019), liikeseensorit tai liikkeen tunnistus (Ahern ym. 2020; Brea-Gómez ym. 2021; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019), HMD-lasit (Ahern ym. 2020; Brea-Gómez ym. 2021).

Vertailuryhmien saama hoito oli katsauksissa heterogeenistä. Vertailuryhmien hoitoina oli tavanomaista proprioseptiivistä harjoittelua (Ahern ym. 2020), liikeharjoittelua (Ahern ym. 2020), tavanomaista stabilaatioharjoittelua (Ahern ym. 2020; Collado-Mateo ym. 2018; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019) ja muuksi luokiteltua tavanomaista harjoitteluterapiaa (Ahern ym. 2020). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua verrattiin myös hoidotta jättämiseen (Brea-Gómez ym. 2021) sekä tavanomaiseen hoitoon ja fysioterapiaan (Brea-Gómez ym. 2021; Collado-Mateo ym. 2018; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu edisti kroonisen alaselkäkipun lievittymistä verrattuna hoitoon, jossa ei hyödynnetty virtuaalitodellisuutta lyhyellä aikavälillä sekä 6kk seurannassa (Brea-Gómez ym. 2021) sekä subakuutin ja kroonisen alaselkäkipun lievittymistä verrattuna alaselän stabilaatioharjoitteisiin lyhyellä aikavälillä ja verrattuna tavanomaiseen fysioterapiaan 4 viikon



seurannassa (Ahern ym. 2020). Kolmessa katsauksessa (Collado-Mateo ym. 2018; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019) virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelun oli vertailuryhmää parempi lievittämään alaselkikipua, mutta tulos ei ollut tilastollisesti merkitsevä.

Sisällytetyt alkuperäistutkimukset olivat mukaan hyväksytyjen tutkittavien ryhmien sekä interventio- ja vertailuryhmien osalta melko hyvin kuvattuina kaikissa katsauksissa ja laadunarviointi oli sisällytetty Gumaa & Youssef (2009) tutkimusta lukuun ottamatta kaikkiin katsauksiin. Alkuperäistutkimusten harhan riski arvioitiin korkeaksi kaikkien sisällytettyjen tutkimusten osalta (Ahern ym. 2020), keskimääräiseksi tai epäselväksi (Brea-Gómez ym. 2021; Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019) tai pääosin alhaiseksi (Grassini 2022). Kahdessa katsauksessa, joihin oli sisällytetty meta-analyysit (Brea-Gómez ym. 2021; Grassini 2022), ei ollut pohdittu yksittäistutkimusten harhan riskin mahdollisia vaikutuksia meta-analyysin tuloksiin. Gumaa & Youssef (2019) pohti, mutta tutkimuksessa ei ollut tehty asianmukaista tilastollista analyysiä vaikuttavuuden selvittämiseksi. Heterogeenisyyden alkuperää pohdittiin kolmessa katsauksessa (Ahern ym. 2020; Brea-Gómez ym. 2021; Gumaa & Youssef 2019). Julkaisuharhaa ei pohdittu ja alkuperäistutkimusten rahoitusten lähdettä raportoitu yhdessäkään katsauksessa. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävään harjoitteluun yhdistetyistä haittavaikutuksista raportoitiin kahdessa katsauksessa (Ahern ym. 2020; Brea-Gómez ym. 2021). Haittavaikutuksia olivat huimaus (IRCT), pahoinvointi tai liikepahoinvointi (IRCT), ei haittavaikutuksia raportoitiin kahden alkuperäistutkimuksen osalta ja kymmenessä ei selvitetty haittavaikutuksia (Brea-Gómez ym. 2021). Ahern ym. (2020) katsauksessa raportoitiin, ettei alkuperäistutkimuksissa ollut selvitetty haittavaikutuksista.

#### 4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli tuottaa järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin keinoin ajantasaista tietoa, ja selvittää, mikä on virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus koettuun kivun intensiteettiin alaselkäkipuisilla aikuisilla, verrattuna muuhun harjoitteluun, tavanomaiseen hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen. Tarkoituksena oli myös selvittää, mikä on virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun näytön aste GRADE-luokituksen mukaan (Atkins ym. 2004; Guyatt ym. 2008; Guyatt ym. 2011a; Schünemann ym. 2003; Schünemann ym. 2006), onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu turvallista ja liittyykö siihen raportoituja haittavaikutuksia.

Tutkimuskysymykset:

1. Onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttavampaa kuin muu harjoittelu, tavanomainen hoito ja ohjaus tai hoidotta jättäminen alaselkä kivun kuntoutuksessa aikuisilla?
2. Mikä on aikuisilla toteutetun virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun näytönaste (GRADE) alaselkä kivun kuntoutuksessa?
3. Liittyykö virtuaalitodellisuutta hyödyntävään harjoitteluun haittavaikutuksia?

## 5 MENETELMÄT

Tämä pro gradu -tutkielma oli osa Kelan rahoittamaa ja Jyväskylän yliopistossa toteutettua ROVA (Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa) -tutkimusta, joka toteutettiin 2019-2021 välillä (Ilves ym. 2022). ROVA-hankkeen tarkoituksena oli selvittää laadullisten tutkimusten perusteella ”kuntoutujien, heidän läheistensä sekä näitä kuntoutusteknologioita käyttävien ammattilaisten kokemuksia ja käsityksiä robotteja, virtuaalitodellisuutta sekä lisättyä todellisuutta hyödyntävästä kuntoutuksesta” ja määrällisten tutkimusten perusteella ”robottien sekä virtuaalitodellisuuden tai lisätyn todellisuuden avulla tapahtuvan kuntoutuksen vaikuttavuutta toiminta- ja työkykyyn, elämänlaatuun sekä toimijuuteen lääkinällisen kuntoutuksen tarpeessa olevilla henkilöillä” (Aartolahti ym. 2022, 31).

Tämän pro gradu -tutkielman aineisto järjestelmällisistä katsauksista ja RCT-tutkimuksista oli järjestelmällisten katsausten päivityshakua lukuun ottamatta muodostettu ROVA-hankkeessa kerätystä aineistosta. Lisäksi tämän pro gradu -tutkielman järjestelmällisten katsausten ja RCT-tutkimusten aineiston seulonnassa, laadun- ja harhan riskin arvioinnissa hyödynnettiin yhte-neväisesti ROVA-hankkeessa hyödynnettyjä työkaluja sekä tiedon käsittelyn digitaalisia alustoja. Muilta osin tämä pro gradu -tutkielma menetelmiseen, tuloksineen ja johtopäätöksineen oli muodostettu itsenäisesti tämän työn kirjoittajan toimesta. Tämän pro gradu -tutkielman kirjoittaja ei ollut osallisena ROVA-hankkeen tiedonhaun muodostamisessa, mutta osallistui teknisenä avustajana virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden aineiston soveltuvuuden ja laadun arviointiin, näytönastekatsausten sekä hankkeen loppuraportin kirjoittamiseen.

Tämän pro gradu -tutkielman tutkimusmenetelminä oli järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Laadukkaasti suunnitellun ja tuotetun järjestelmällisen katsauksen ja meta-analyysin avulla on mahdollista muodostaa korkeatasoista näyttöä tutkimustiedon hierarkiassa (Furlan & Irvin 2022). Tämän tutkielman suunnittelussa ja kirjoittamisessa hyödynnettiin Cochrane-verkoston järjestelmällisten katsausten käsikirjan verkkoversiota (Higgins ym. 2022) sekä järjestelmällisille katsauksille laadittua PRISMA-raportointiohjeistusta (PRISMA, Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), joka sisältää PRISMA-tarkistuslistan ja PRISMA-vuokaavion (Liberati ym. 2009, Page ym. 2021). Työtä ja kirjoitusprosessia ohjasivat myös tutkimuseettisen neuvottelukunnan hyvän tieteellisen käytännön oh-

jeistus (Keiski ym. 2023) sekä Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan kirjoitusohjeet. Työssä ei käsitellä henkilötietoja ja tutkimuseettisen neuvottelukunnan ennakoarviointia ei siten tarvittu (Kohonen ym. 2019).

## 5.1 Aineiston hankinta

Tämän järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin aineisto on muodostettu ROVA-hankkeen aineistosta (Ilves ym. 2022). Hankkeen virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta koskeva järjestelmällinen kirjallisuushaku oli suoritettu RCT-tutkimusten osalta syyskuussa 2020 ja päivityshaku maaliskuussa 2022. Haut oli tehty Ovid MEDLINE-, Cinahl-, PsycINFO- ja ERIC- tietokantoihin ilman aika- ja kielirajoituksia. Tietokantahaun ulkopuolelle mahdollisesti jääneitä lähdeviitteitä oli paikannettu myös aiemmin julkaistujen järjestelmällisten katsausten lähdeviitteistä (Aartolahti ym. 2022, 32). Myös päivityshaun aineisto oli käytettävissä tämän tutkielman aineiston valinnassa. Alkuperäistutkimusten soveltuvuutta oli arvioitu kahden tutkijan toimesta itsenäisesti ja konsensuksen muodostamiseksi pyydettiin tarvittaessa kolmannen tutkijan mielipide (Ilves ym. 2022b, 35). Valitut tietokannat sisältävät tutkimustietoa laaja-alaisesti terveydenhuollon merkittävistä osa-alueista; biomedikaalisilta, hoitotieteiden ja yhdistettyjen tieteiden sekä psyykkisten, sosiaalisten ja käyttäytymistieteiden tutkimusaloilta ja sisältävät yhteensä yli 40 miljoonaa julkaisua (Eric 2019; Furlan & Irvin 2022; Ilves ym. 2022). Esimerkki RCT-tutkimusten hakustrategiasta on esitetty liitteessä 4.

## 5.2 Aineiston valinta

Tämän tutkielman aineiston valinta muodostettiin ROVA-hankkeen aineistosta, seulomalla tutkimusten joukosta tutkielman PICOS-asetelmaan population (P), intervention (I), comparison (C), outcome (O), study design (S) soveltuva aineisto (Furlan & Irvin 2022, McKenzie ym. 2022a). ROVA-hankkeessa “kuntoutujaryhmänä (P) olivat lääkinnällistä kuntoutusta tarvitsevat lapset ja aikuiset ilman ikärajoituksia ja kuntoutusinterventiossa (I) hyödynnettiin kuntoutusrobotteja tai virtuaalitodellisuutta. Vertailuryhmän interventiona (C) hyväksyttiin tavanomainen hoito, kuntoutusta odottava ryhmä ja erilainen kuntoutuksen toteutustapa. Lopputulosmuuttujina (O) käytettiin ICF-luokituksen mukaisia ruumiin/kehon toimintoja ja rakenteita,

suorituksia ja osallistumista sekä elämänlaatua, fyysisistä ja psyykkistä hyvinvointia, avuntarvetta sekä opiskelu- ja työkykyä” (Aartolahti ym. 2022, 32, WHO 2002).

Tämän pro gradu -tutkielman mukaanotto- ja poissulkukriteereitä ohjaava PICOS-asetelman (Taulukko 2) mukaan tutkittavan kuntoutujaryhmän (P) tuli olla vähintään 18-vuotiaita henkilöitä, joilla on atraumaattinen akuutti, pitkittynyt tai krooninen alaselkäkipu, kuntoutusinterventiona (I) oli virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu, vertailuryhmä (C) sai muuta harjoittelua ja/tai tavanomaista hoitoa ja ohjausta, lopputulosmuuttujana (O) oli alaselkäkipu ja tutkimusasetelmana (S) satunnaistettu kontrolloitu tutkimus, joiden raportointikielenä oli englanti tai suomi.

TAULUKKO 2. Pro gradu -tutkielman PICOS-asetelma.

Patient	Intervention	Control group	Outcome	Study design
≥18-vuotiaat alaselkäkipuiset	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu	Muu harjoittelu, tavanomainen hoito ja/tai ohjaus	Alaselkäkipu	Satunnaistettu kontrolloitu tutkimus

Tutkielmaan ei sisällytetty tutkittavia ryhmiä, joissa tutkittavilla henkilöillä oli vakavia vammoja tai sairauksia (murtumat, kasvaimet, selkäydinvauriot, palovammat, aivohalvaus, selkäydinkanavan ahtauma). Tutkielmaan ei myöskään sisällytetty tutkimusasetelmia, joissa lopputulosmuuttujaa käsittelevä tieto ei ollut tunnistettavissa tai eristettävissä yleisestä toimintakyvystä. McKenzie ym. (2022b) mukaan katsauksiin tavallisimmin sisällytetään myös tutkimukset, vaikka ne eivät raportoisikaan lopputulosmuuttujien tietoja, mutta merkityksellisten lopputulosmuuttujien puuttuminen tai tutkittavan ilmiön mittaamisen puuttuminen voi myös toimia perustellusti poissulkukriteerinä. Sekä omatoimista, että valvottua virtuaalitodellisuutta hyödyntäviä menetelmiä sisältävät interventiot huomioitiin. Virtuaalitekniologioiden immersion eri tasot huomioitiin, mutta intervention oli perustuttava vuorovaikutteisen teknologian hyödyntämiseen. Lopputulosmuuttujia arvioitiin vertaamalla alkutilannetta intervention lopputilanteeseen. Tämän pro gradu -tutkielman PICOS-asetelma muodostui siten sekä ROVA-hankkeessa (Ilves ym. 2022) muodostetun PICOS-asetelman, että tälle tutkielmalle laaditun PICOS-asetelman pohjalta.

### 5.3 Aineiston ja tiedon käsittely

Alkuperäistutkimuksista huomiointiin tutkielman kannalta oleellinen tieto (Li ym. 2022) tutkittavista henkilöistä, interventioista sekä tutkielmalle merkityksellisistä tulosmuuttujista sekä niiden alku- ja loppumittausten tiedoista. Alkuperäistutkimuksien osalta kerättiin tieto tutkimusten kohdemaasta ja rekisteröinnistä, tutkimuksen toteutustavasta, artikkelin julkaisuvuodesta, rahoituksesta ja tutkimuksen aikana mahdollisesti esiintyneistä haittavaikutuksista. Tietojen puuttuessa, tutkijoihin oltiin yhteydessä sähköpostitse kahdesti noin viikon välein.

Tutkittavien osalta huomiointiin tutkittavien henkilöiden ikä, naisten ja miesten lukumäärä sekä suhteellinen osuus, alaselkävun mahdollinen alaluokittelu sekä ajallinen kesto ja kivun intensiteetti/voimakkuus. Interventiosta ja vertailuryhmästä kerättiin tieto osallistuneiden lukumäärästä, hyödynnetyistä teknologioista ja immersioista sekä saadusta hoidosta sen sisällön, tiheyden, keston, kuormittavuuden, progression sekä hoitokertojen osalta. Työssä pyrittiin kuvaamaan tarkasti tutkimuksissa hyödynnetyt teknologiat, teknologioiden mahdollistama immersion taso ja interventioryhmien sekä vertailuryhmien saaman hoidon sisältö sekä pohtimaan tutkimustulosten merkitystä suhteessa saatuun hoitoon.

Tutkimusaineiston hallinnassa, seulonnassa ja arvioinnissa hyödynnettiin erillistä muokattavaa yhteiskäyttöön perustuvaa verkkoalustaa sekä Cochrane-verkoston järjestelmällisten katsausten laatimiseksi tarkoitettua Covidence (Covidence 2023) -ohjelmaa. Aineistojen käsittelyssä pyrittiin huolellisuuteen ja läpinäkyvyyteen sekä analysoinnissa tarkkuuteen, tunnistamalla etukäteen yleisimpiä tiedon mahdollisen vääristymisen vaiheita (Furlan & Irvin 2022). Aineisto on seulottu sekä laatuarvioitu ajantasaisilla ja kriittisillä arviointityökaluilla (Higgins ym. 2022b) ja laadunarviot on tehty pääosin kahden henkilön toimesta, joista toinen oli tämän pro gradu -tutkielman kirjoittaja.

### 5.4 Mittarit

Tässä pro gradu -tutkielmassa alkuperäistutkimusten VAS ja NRS-mittareiden arvoja hyödynnettiin yhtenevästi. Hjermstad ym. (2011) katsauksessa VAS ja NRS yhdistämisen todettiin käyttökelpoiseksi metodiksi tiedon syntetisoinniksi. Myös vastakkaisiin päätelmiin on päädytty

(Williamson & Hoggart 2005). Mittareiden paremmuudesta ei ole olemassa selvää prioriteettia, ne kuvaavat yhtä luotettavasti alaselkäkkipua, sekä niiden tuottamat tulokset korreloivat vahvasti keskenään (Chiarotto ym. 2018a; Hayden ym. 2021; Shafshak & Elnemr 2021), mikä osaltaan puoltaa niiden tasavertaista kohtelua tiedon välittämisen instrumentteina. Tämän pro gradu -tutkielman tiedon synteessissä ja tulosten analysoinnissa pyritään hyödyntämään tietoa mittareiden kyvystä tunnistaa kliinisesti merkitseviä eroja kahden mittauspisteen välillä. Tiedon analysoinnissa merkityksellisen muutoksen (MCID) rajana pidetään NRS osalta kahta pistettä (Farrar ym. 2001) ja VAS osalta 1,5 pistettä (Hayden ym. 2021; Hägg ym. 2003; Kovacs ym. 2007). Tässä työssä käytettiin kliinisen merkitsevyyden alarajana 1,5 pistettä, jotta tulosten syntetisointi oli mahdollista.

## **5.5 Analyysimenetelmät**

### **5.5.1 Harhan riskin arviointi**

Tässä pro -gradu -tutkielmassa alkuperäistutkimusten harhan riskiä arviointiin Cochrane Risk of Bias (RoB2) -harhan arvioinnin menetelmällä ja työkalulla (Higgins ym. 2022b). RoB2-työkalu on jaettu harhan riskiä mahdollisesti ilmentäviin osioihin ja sitä hyödynnetään tyypillisesti satunnaistettujen vertailukokeiden asetelmien arviontiin, yhtä muuttujaa kohden kerrallaan. Tässä tutkielmassa hyödynnetään Rob2-työkalun hoitoaikkeen mukaisen analyysin (ITT, intention to treat) arviointitapaa, joka on ensisijaisesti suositeltu tapa arvioida intervention harhan riskiä (Higgins ym. 2022b).

RoB2 -sisältää viisi harhan riskiä arvioivaa osiota: satunnaistamisen prosessi, poikkeamat suunnitellusta interventiossa, puuttuva aineisto, tulosuuttujan mittaaminen ja raportoitujen tulosten valikointi. Harhan riskiä arvioidaan tulosuuttujan osalta jokaista erillisosiota kohden, sekä yhteenvedona kaikkien osien yhteisarviona. Harhan riski ilmoitetaan liikennevaloperiaatteella: vihreä kuvaa matalaa riskiä, keltainen epäselvää riskiä ja punainen korkea riskiä. Mikäli vähintään yhdellä osa-alueella harhan riski arvioitiin korkeaksi tai usea osa-alue epäselväksi tai kohtalaiseksi harhan riskiksi, määritettiin kokonaisarvio harhan riskistä korkeaksi (Higgins ym. 2022b). Harhan riskiä arvioi erikseen kaksi tutkijaa, joista toinen oli tämän pro gradu -tutkielman kirjoittaja. Mahdolliset konfliktit ratkaistiin keskustelemalla tai kolmannen osapuolen lisäarvion avulla. Mahdollista julkaisuharhaa arvioitiin suppilokuvion (Egger ym. 1997) avulla.

Julkaisuharhan arviointi on tärkeää, sillä tutkimusnäytön perusteella suuremman efektikoon tutkimukset julkaistaan herkemmin. Myös positiivisiin tuloksiin päätyneet tutkimukset julkaistaan herkemmin ja pienimmät tilastollisesti ei-merkitsevät tutkimukset saattavat jäädä julkaisematta mikä johtaa edelleen tiedon kumuloituvaan vääristymiseen tiedon jatkokäsittelyssä ja mahdollisessa syntetisoinnissa muun näytön kanssa (Borenstein ym. 2009, 277-280, Sterne ym. 2011).

### 5.5.2 Meta-analyysi

Meta-analyysiin sisällytettiin tutkimukset, joista oli saatavilla riittävä aineisto. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta selvitettiin Cochrane Review Manager-ohjelman versiolla 5.4.1. Alkuperäistutkimusten heterogeenisyyden vuoksi käytettiin satunnaisvaikutusten mallia (random effects model). Satunnaisvaikutusten mallissa oletetaan yhdistettävän erilaisten, mutta samankaltaisten interventioiden tuloksia (Borenstein ym. 2009, 61-65; Deeks ym. 2022). Tutkielman kiinnostuksen kohteena oleva kipu on jatkuva tulosmuuttuja ja meta-analyysissä interventioiden vaikuttavuutta kuvattiin tutkittavien ryhmien keskiarvoerotuksella, 95 % luottamusvälillä (LV). Keskiarvoerotukseen perustuvaa mallia voidaan hyödyntää, sillä tulosmuuttujan mittaamisessa on hyödynnetty samaa asteikkoa. Kipua mittaavat asteikot ovat tyypillisesti saman suuntaisia, pienempi lukema kuvaa pienempää kivun intensiteettiä. Meta-analyysiin valikoituneiden tutkimusten kaikki tulokset olivat yhteisasteikollisia (0-10), joten tuloksien yhdenmukaistamista ei tarvinnut tehdä. Asteikon muuntaminen tiedon yhtenäistämiseksi on myös hyväksyttävää, muuntamisesta aiheutuva ero on pieni ja satunnaisesti jakautunut (Wewege ym. 2022).

Alkuperäistutkimusten tilastollista heterogeenisyyttä tarkasteltiin tilastollisen testisuureen ( $I^2$ ) avulla. Deeks ym. (2022) mukaan heterogeenisyyttä tulkitaan: ei liene merkittävää (0 – 40 %), lienee kohtalaista (30 – 60 %), lienee merkittävää (50 – 90%) tai huomattavaa (75 – 100%). Tilastollista heterogeenisyyttä pyrittiin tarkastelemaan sensitiivisyys- ja alaryhmäanalyysien avulla. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta pyrittiin kuvaamaan alaryhmäanalyysien avulla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen sekä intervention seuranta-ajan mukaan. Tulosten pitävyyttä tarkasteltiin arvioimalla yksittäisten alkuperäistutkimusten vaikutusta analyysiin. Mikäli alkuperäistutkimuksissa oli useita vertailuryhmiä, erotettiin vertailuryhmät ja osallistujamäärältään jaettu interventioryhmä erillisiksi ver-



tailupareiksi (Higgins ym. 2022a, Higgins ym. 2022c). Tällä tavoin saatiin vältettyä analyysiyksiköiden kaksinkertainen huomiointi analyysissä. Metodi mahdollistaa tulosten heterogeenisyyden paremman arvioitavuuden ja vertailtavuuden ja sen myötä tutkittavien kokonaismäärä kaiken kaikkiaan säilyy analyysissä oikeana (Deeks ym. 2022; Higgins ym. 2022a, Higgins ym. 2022c). Tulosten sensitiivisyyttä testattiin poistamalla analyysistä poikkeaviin tuloksiin päätyneitä tutkimuksia. Poikkeaviksi tai epätodennäköisiksi tuloksiksi arvioitiin sellaiset tulokset, joissa minkä tahansa vertailuryhmien minkä tahansa mittauspisteiden absoluuttisten tulosten välillä oli enemmän kuin 3/10 pistettä eroa (Hayden ym. 2021). Meta-analyysiä varten tutkimuksista tuli ensisijaisesti olla saatavilla tiedot tutkittavien ryhmien loppumittausten keskiarvoista (mean) sekä keskihajonnoista (SD, standard deviation) (Borenstein ym. 2009, 25). Meta-analyysin teossa käytettiin RevMan 5.4.1 -ohjelmistoa ja analyysin asetuksina oli jatkuvaan muuttujaan käänteiseen varianssiin, satunnaismuuttujien malliin ja keskiarvoerotukseen pohjautuva tilastollinen malli, jonka luottamusväli oli 95 %. Keskiarvoerotuksen malli oli tässä tutkielmassa mahdollinen, sillä päätemuuttujaa arvioivat mittarit olivat samalla asteikolla ja vertailukelpoisia.

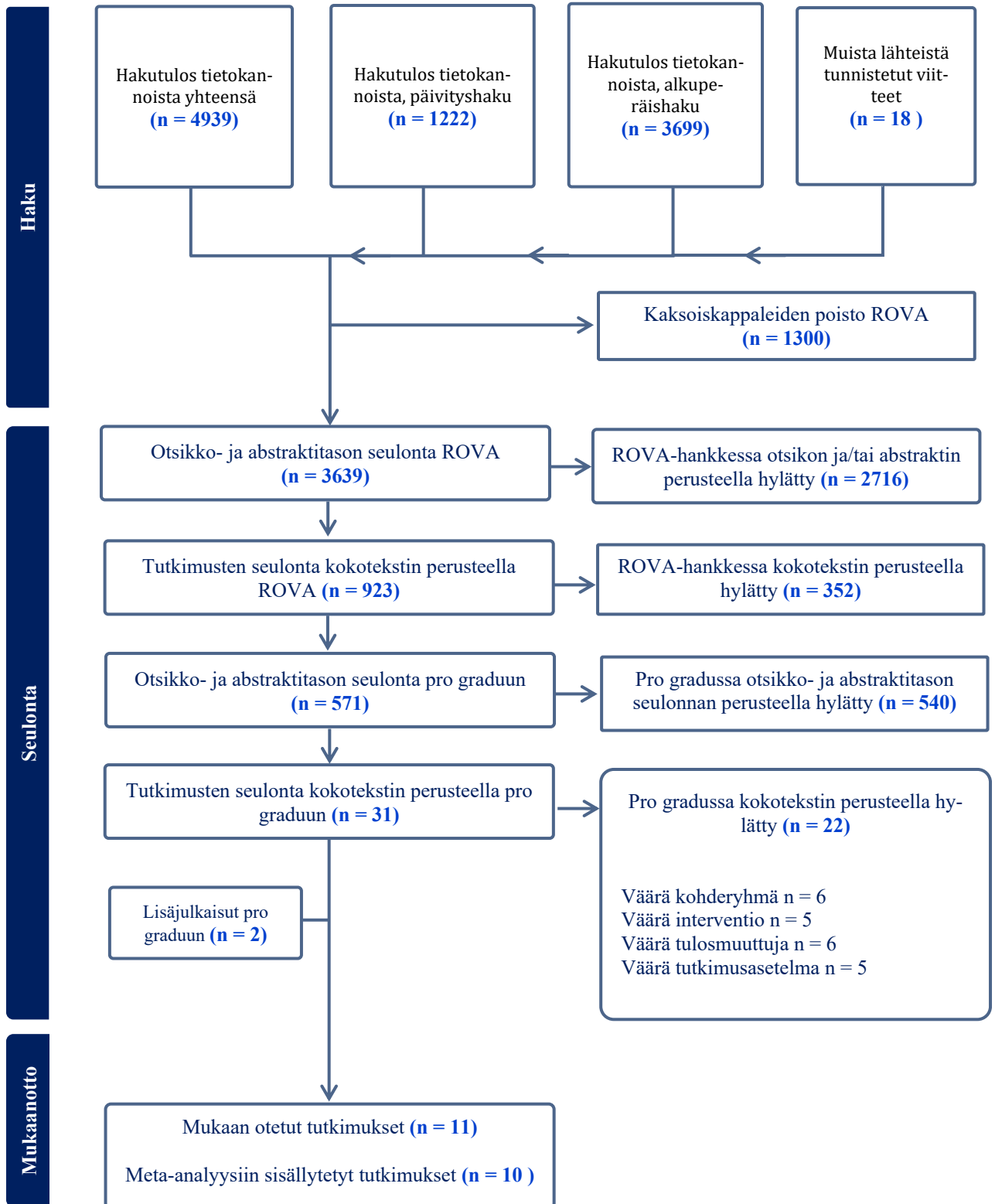
### **5.5.3 GRADE näytönasteen arviointi**

Virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun näytönastetta arvioitiin GRADE-luokituksen mukaan (GRADE, Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation) (Atkins ym. 2004; Guyatt ym. 2008; Guyatt ym. 2011a; Schünemann ym. 2003; Schünemann ym. 2006) ja hoitosuositusryhmien käsikirjan avulla (Honkanen ym. 2023). GRADE-luokituksen tarkoituksena on helpottaa tutkimusnäytön yhteenvedoa ja ohjata tutkimusnäytön raportoinnista kohti suosituksia tai päätöksiä. GRADE-luokitus on samalla työkalu, jolla arvioidaan tutkimuksen menetelmiin liittyviä harhan lähteitä (risk of bias), tulosten epäyhtenäisyyttä (inconsistency), tulosten epäsuoruutta (indirectness), tulosten epätarkkuutta (imprecision) ja julkaisuharhaa (publication bias). Arviointi johtaa neliportaiseen näytönasteen arvoitukseen, yhtä tulosmuuttuja kohden kerrallaan. Näytön aste voidaan kuvata vahvaksi, kohtalaiseksi, heikoksi tai hyvin heikoksi (Honkanen ym. 2023). RCT:t saavat lähtökohtaisesti korkean näytön asteen (Guyatt ym. 2011a, Schünemann ym. 2022).

## 6 TULOKSET

ROVA-hankkeen järjestelmällinen kirjallisuushaku satunnaistetuista kontrolloiduista alkuperäistutkimuksista (RCT) tuotti 4939 viitettä, joista kaksoiskappaleiden poiston ja otsikko- ja tiivistelmätason seulonnan jälkeen 923 siirrettiin kokotekstin arvioinnin ja lopullisen mukaanoton soveltuvuuden vaiheeseen. Lopullinen hakutulos oli 571 satunnaistettua kontrolloitua alkuperäistutkimusta. Soveltuvuutta arvio itsenäisesti kaksi tutkijaa, ja konsensuksen muodostamiseksi konsultoitui tarvittaessa kolmatta tutkijaa.

Tähän pro gradu -tutkielmaan seulottiin tutkimuksia 571 alkuperäistutkimuksen joukosta tämän pro gradu -tutkielman kirjoittajan toimesta. Otsikko- ja abstraktitason seulonnassa hylättiin 540 viitettä ja kokotekstin perusteella soveltuvuutta arvioitiin 31 viitteen osalta. Kokotekstin arvioinnin perusteella hylättiin 22 viitettä. Kahden lisäjulkaisun mukaan ottamisen myötä alkuperäistutkimuksia sisällytettiin tutkielmaan yhteensä yksitoista (Afzal ym. 2022; Kim ym. 2014; Li ym. 2021; Meinke ym. 2022; Monteiro-Junior ym. 2015; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2019). Kaksi lisäjulkaisua (Kim 2014, Yoo ym. 2014) tunnistettiin tähän tutkielmaan sisältyneistä järjestelmällisistä katsauksista. Seulontaprosessi on kuvattu PRISMA-vuokaavion (Page ym. 2021) avulla kuviossa 2. Valintaprotokollan läpinäkyvyyden lisäämiseksi, tutkielmasta kokotekstin perusteella poissuljettujen alkuperäistutkimusten listaus ja poissulkuun johtaneet päätökset ovat listattuna liitteessä 5.



KUVIO 2. PRISMA-vuokaavio satunnaistettujen kontrolloitujen alkuperäistutkimusten valintaprosessista.

## 6.1 Mukaan otettujen tutkimusten kuvaus

Tähän pro gradu -tutkielmaan sisällytettiin yhteensä 11 RCT-tutkimusta vuosilta 2013 – 2022, joista seitsemän identifioitiin alkuperäisessä haussa (Kim ym. 2014; Monteiro-Junior ym. 2015; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2019) ja päivityshaun myötä aineisto täydentyi neljällä RCT-tutkimuksella (Afzal ym. 2022; Li ym. 2021; Meinke ym. 2022; Yalfani ym. 2022). Tutkimukset oli tehty Etelä-Koreassa (3RCT), Saudi-Arabiassa (2RCT), Australiassa (1RCT), Brasiliassa (1RCT), Iranissa (1RCT), Kiinassa (1RCT), Pakistanissa (1RCT) sekä Sveitsissä (1RCT). Yksi tutkimus oli pilotti-RCT (Meinke ym. 2022) ja yksi esiselvitystutkimus (Li ym. 2021). Viiden tutkimuksen tutkimusprotokollat oli rekisteröity ennalta. Seitsemän alkuperäistutkimuksen tutkimusasetelma oli muodostettu kahden ryhmän vertailuna ja neljässä alkuperäistutkimuksessa oli kolme tutkittavaa ryhmää. Tutkittavia ryhmiä oli siten 26 joissa oli yhteensä 458 tutkittavaa.

Yhdestätoista mukaan valikoituneesta RCT-tutkimuksesta meta-analyysiin sisällytettiin 10 tutkimusta ja yksi (Yoo ym. 2014) poissuljettiin, koska satunnaistetut ryhmät erosivat alkutilanteessa tulomuuttujan osalta merkittävästi. Meta-analyysiin sisällytettävissä alkuperäistutkimuksissa oli siten yhteensä 24 tutkittavaa ryhmää ja 411 tutkittavaa. Sisällytettyjen alkuperäistutkimusten yksityiskohtaisempi kuvailu on esitetty taulukossa 3. Yhteenveto sisällytettyjen tutkimusten mittareista, mittauspisteistä ja tuloksista on liitteessä 6.

TAULUKKO 3. Yhteenveto mukaan otetuista RCT-tutkimuksista.

Tutkimus	Kohderyhmä (P)	Interventio (I)	Vertailuryhmä (C)	Tulosmuuttujat (O)	Hyödynnetty teknologia ja immersion aste	Päätulokset (huomioiduista tulosmuuttujista)	Rahoitus	Haitat
Afzal ym. 2022 Pakistan RCT Iranian Registry of Clinical Trials: IRCT20200330046895N1	Epäspesifistä kroonisesta alaselkävusta (CNSLBP, >12vk) kärsivät, 25-50v n=84 (90 satunnaistettu, 84 analysoitu)  I: 38.2±11.8 C: 37.5±12.5 56 N / 28 M (67%/33%)	VR-harjoittelu ja tavanomainen fysioterapia, 12 kertaa, 3x/vko 4 viikkoa  n=42	Tavanomainen fysioterapia, 12 kertaa, 3x/vko 4 viikkoa  n=42	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnistusjärjestelmä (Microsoft® Kinect V2) ja LCD-näyttö  Matala immersio	Sekä VR-harjoittelu, että tavanomainen fysioterapia edistivät kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi. VR-harjoittelu yhdistettynä tavanomaiseen fysioterapiaan osoittautui tehokkaammaksi	Ei ulkopuolista rahoitusta	NI
Kim ym. 2014 Etelä-Korea RCT Rekisteröimätön	Kroonisesta alaselkävusta (CLBP, >8vk) kärsivät n=30 (N/A satunnaistettu, N/A analysoitu)  I: 44.33± N/A C: 50.46± N/A 30 N / 0 M (100%/0%)	VR-harjoittelu (jooga), 12 kertaa, n.3x/vko 4 viikkoa  n=15	Tavanomainen stabiiliteetti- ja liikeharjoittelu, 12 kertaa, n.3x/vko, 4 viikkoa  n=15	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnistusjärjestelmä ja Wii – tasapainolauta (Nintendo®, Kioto, Japani)  Matala immersio	Sekä VR-harjoittelu, että tavanomainen stabiiliteetti- ja liikeharjoittelu edistivät kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi, VR-harjoittelu osoittautui tehokkaammaksi	NI	NI
Li ym. 2021 Kiina RCT Rekisteröimätön	Epäspesifistä kroonisesta alaselkävusta (CNSLBP, >12vk) kärsivät, 18-40v n=34 (34 satunnaistettu, 34 analysoitu)	VR-harjoittelu ja magneettiterapia, 10 kertaa 2 viikkoa 5x/vko	MCE: keskivartalon stabiiliteetti- ja magneettiterapia CG: magneettiterapia,	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnistusjärjestelmä ja LCD-näyttö, Kinect	Sekä VR-harjoittelu yhdistettynä magneettiterapiaan, keskivartalon stabiiliteetti-harjoittelu yhdistettynä magneettiterapiaan, että pelkkä magneettiterapia vä-	National Natural Science Foundation of China, Guangdong Province Medical Science Technology tutkimusapuraha,	NI

	I: 21:91 ± 2:43 C: 23:75 ± 4:09 (MCE) C: 25:36 ± 3:72 (CG) 25 N / 9 M (74%/26%)	n=11	10 kertaa, 5x/vko 2 viikkoa  n=12 (MCE) n=11 (CG)		Xbox 360 (Microsoft®)  Matala immer- sio	hensi kipua tilastollisesti merkit- sevästi. Ryhmien välillä ei ollut eroa tilastollisesti	Guangdong Basic and Applied Basic tutkimusrahoitus, Guang-zhou Sci- ence and Technol- ogy Program, Non-Profit Cen- tral Research In- stitute Fund of Chinese Academy of Medical Sci- ences	
Meinke ym. 2022 Sveitsi RCT NCT043642 43	Epäspesifistä alasel- kävivusta (NSLBP) kärsivät, >18v n=27 (27 satunnaistettu, 21 analysoitu)  I: 40.85±15.15 C: 40.14±12.38 17 N / 10 M (63%/37%)	VR-harjoittelu ja omatoimi- nen harjoittelu ohjatusti 10 kertaa, 3 viikkoa ja vapaasti valit- tuna 6 viikkoa, yhteensä 9vk  n=13	Ei interven- tiota  n=14	NRS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnis- tussjärjestelmä ja LCD-näyttö tai tablettitiet- tokone, Va- ledo Pro - Home (Ho- coma AG)  Matala immer- sio	VR-harjoittelu ei vähentänyt ki- pua verrattuna ryhmään, joka ei saanut hoitoa, ryhmien välillä ei ollut eroa tilastollisesti	Swiss National Science Founda- tion, rahoitusnu- mero 167302. Lahjoitettu Va- ledo Pro laitteisto Hocoma AG toi- mesta	Haitta- vaiku- tuksia ei il- mennyt
Monteiro- Junior ym. 2015 Brasilia RCT NCT015032 03	Epäspesifistä krooni- sesta alaselkävivusta (CNSLBP) kärsivät, 68 ± 4v n=34 (34 satunnaistettu, 30 analysoitu)  I: 66±13 C: 69±4 30 N / 0 M (100%/0%)	VR-harjoittelu ja tavanomai- nen harjoittelu 24 kertaa 8 viikkoa  n=16	Tavanomainen keskivartalon stabilisaatiohar- joittelu sekä voima- ja kes- tävyysarjoit- telu 24 kertaa 8 viikkoa  n=14	NRS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnis- tussjärjestelmä ja, Nintendo Wii Fit Plus: Wii-motion ja Wii- tasapai- nolauta (Nin- tendo®, Kioto, Japani)	Sekä VR-harjoittelu yhdistet- tynä tavanomaiseen harjoitte- luun, että tavanomainen harjoit- telu edistivät kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi, ryh- mien välillä ei ollut eroa tilastol- lisesti	NI	NI

Nambi ym. 2020 Saudi-Arabia RCT Rekisteröimätön	Kroonisesta alaselkävaurasta (CLBP, >12vk) kärsivät, >v n=45 (45 satunnaistettu, 45 analysoitu)  I: 21.25 ± 1.2 C: 20.23 ± 1.6 (IKT) C: 20.78 ± 1.6 (CG) 0 N / 45 M (0%/100%)	VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot 20 kertaa 4 viikkoa, seuranta 8 viikkoa ja 6 kuukautta  n=15	Tavanomainen keskivartalon stabiilaatioharjoittelu (CG) ja isokineettinen harjoittelu (IKT), fysikaaliset hoidot (IKT ja CG) 20 kertaa 4 viikkoa +seurannat  n=15 (CG) n=15 (IKT)	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnistusjärjestelmä ja LCD-näyttö, ProKin system PK 252 N Technobody®, Dalmine, Italia  Matala immersio	VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot, isokineettinen harjoittelu ja fysikaaliset hoidot sekä tavanomainen keskivartalon stabiilaatioharjoittelu ja fysikaaliset hoidot edistivät kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi. VR-harjoittelun yhdistettynä fysikaalisiin hoitoihin osoitettiin tilastollisesti paremmaksi	Princess Nourah Bint Abdulrahman yliopisto (Fast track Research Funding Program)	NI
Nambi ym. 2021 Saudi-Arabia RCT Rekisteröimätön	Kroonisesta alaselkävaurasta (CLBP, >12vk) kärsivät, n=54 (54 satunnaistettu, 54 analysoitu)  I: 22.3±1.6 C: 21.4±1.8 (CPR) C: 21.9±1.8 (CG) 0 N / 54 M (0%/100%)	VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot 20 kertaa 4 viikkoa, seuranta 6 kuukautta	Tavanomainen keskivartalon kehonpainostabiilaatioharjoittelu (CG) ja tavanomainen keskivartalon stabiilaatioharjoittelu terapia-pallolla (CPR, combined physical rehabilitation) ja fysikaaliset hoidot (CG, CPR) 20 kertaa 4 viikkoa + seurannat	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeentunnistusjärjestelmä ja LCD-näyttö, ProKin system PK 252 N Technobody®, Dalmine, Italia  Matala immersio	Sekä VR-harjoittelu, että tavanomainen harjoittelu (CG, CPR) yhdistettynä fysikaalisiin hoitoihin edistivät kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi, VR-harjoittelu osoitettiin tehokkaammaksi	Ei ulkopuolista rahoitusta. Prince Sattam Bin Abdulaziz yliopisto tukenut julkaisun rahoitusta	NI

		n=18	n=18 (CPR) n=18 (CG)					
Park ym. 2013 Etelä-Korea RCT Rekisteröimätön	Kroonisesta alaselkävauriasta (CLBP, >12vk) kärsivät n=24 (N/A satunnaistettu, N/A analysoitu)  I: 44.12±5.48 C: 43.37±5.42 C: 45.50±5.34 (CG) N / M (%/%) N/A	VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot 24 kertaa 8 viikkoa	Tavanomainen keskivartalon stabiiliteettiharjoittelu (LSE, lumbar exercise group) ja vertailuryhmä (CG) sekä fysikaaliset hoidot (LSE, CG) 24 kertaa 8 viikkoa	VAS, RAND-36	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeitunnistusjärjestelmä ja LCD-näyttö, (Nintendo® Wii, Kioto, Japani)	Sekä VR-harjoittelu, että tavanomainen keskivartalon stabiiliteettiharjoittelu (LSE) yhdistettynä fysikaalisiin hoitoihin edistivät kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi VAS-mittarilla verrattuna fysikaalisia hoitoja saaneeseen ryhmään.	Soonchunhyang yliopiston tutkimusrahoitus, rahoitusnumero 20110695	NI
		n=8	n=8 (LSE) n=8 (CG)		Matala immersio	QoL-mittarilla (RAND-36) kipulievittyi tilastollisesti merkitsevästi kaikilla ryhmillä.		
						Ryhmien välisiä eroja ei tarkasteltu.		
Yalfani ym. 2022 Iran RCT Iranian Registry of Clinical Trials: IRCT20200204046368N5	Kroonisesta alaselkävauriasta (CLBP) kärsivät n=25 (N/A satunnaistettu, N/A analysoitu)  I: 68±2.94 C: 67.08±2.9 25 N / 0 M (100%/0%)	VR-harjoittelu 24 kertaa, 3x/vko 8 viikkoa  n= 13	Ei interventiota   n=12	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen liikkeitunnistusjärjestelmä, HTC Vive HMD-lasit (HTC®, Taoyuan, Taiwan ja Valve®, Bellevue Washington)	VR-harjoittelu edisti kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi verrattuna vertailuryhmään, joka ei saanut hoitoa	Ei ulkopuolista rahoitusta	Haittavaikutuksia ei ilmennyt
Yoo ym. 2014 Etelä-Korea RCT	Kroonisesta alaselkävauriasta (CLBP, >12vk) kärsivät, 20-30v	VR-harjoittelu 24 kertaa 8 viikkoa	Ei interventiota	VAS	Reaaliaikainen interaktiivinen ratsastussimulaattori ja	VR-harjoittelu edisti kivun lievittymistä tilastollisesti merkitsevästi verrattuna vertailuryhmään, joka ei saanut hoitoa	Sahmyook yliopiston tutkimusapuraha	NI





### 6.1.1 Tutkittavien henkilöiden kuvaus

Tutkittavia oli yhdessätoista RCT-tutkimuksessa yhteensä 458, joista naisia oli 212 (49 %) ja miehiä 221 (51 %). Yhdestä tutkimuksesta puuttui osallistujien sukupuolta kuvaava tieto (Park ym. 2013), jota ei yhteydenotoista huolimatta tutkijoilta saatu. Vain naisia tutkivia tutkimuksia oli kolme, vain miehiä tutkivia kolme ja sekä miehiä että naisia tutkivia neljä. Tutkittavat olivat iältään 18–69-vuotiaita, ja heillä oli ollut alaselkäkipua yli kahdeksan (Kim ym. 2014) tai kahdentoista (Afzal ym. 2022; Li ym. 2021; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2019) viikon ajan. Tutkimuksissa kroonisuus määriteltiin yleisimmin yli 12 viikkoa kestäneeksi, yhdessä tutkimuksessa kroonisuuden oli määritelty yli 8 viikkoa kestäväksi (Kim ym. 2014).

Kolmessa tutkimuksessa ei alaselkäkipua ollut luokiteltu oireiden keston mukaan ja kipu määriteltiin epäspesifiksi (Meinke ym. 2022), krooniseksi (Yalfani ym. 2022) tai epäspesifiksi krooniseksi (Monteiro-Junior ym. 2015). Yhtä tutkimusta lukuun ottamatta (Meinke ym. 2022), kaikki muut tutkimukset tutkivat kroonista alaselkäkipua. Meinke ym. (2022) tutkimuksessa tutkittavien raportoima kivun voimakkuus oli keskimäärin alhainen verrattuna muiden tutkimusten tutkittavien alkumittauksiin, ja on mahdollista, että tutkimuksen tutkittavat eivät sovi kroonisuuden luokittelun piiriin. Viidessä tutkimuksessa kipu määriteltiin epäspesifiksi (NSLBP, non-specific low back pain), mutta tutkimusten sisäänottokriteereiden tarkastelun perusteella on mahdollista, että kaikki kymmenen kroonista alaselkäkipua käsittelevää tutkimusta oli myös epäspesifiä alaselkäkipua koskevia tutkimuksia. Kivun voimakkuus lähtötilanteessa oli tutkittavilla keskimäärin 6.1 (5,4 – 6,7, 95 % LV) asteikolla 0-10.

Kahdeksassa alkuperäistutkimuksista tutkittiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkäkipuun nuoremmilla aikuisilla (Afzal ym. 2022; Kim ym. 2014; Li ym. 2021; Meinke ym. 2022; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013; Yoo ym. 2014) ja kolmessa yli 60-vuotiailla (Monteiro-Junior ym. 2015; Yalfani ym. 2022; Zadro ym. 2019).

## 6.1.2 Tutkimusten interventio- ja vertailuryhmien kuvaus

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua toteutettiin yksinään viidessä tutkimuksessa (Kim ym. 2014; Meinke ym. 2022; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2019), yhdistettynä fysikaalisiin hoitoihin neljässä tutkimuksessa (Li ym. 2021; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013), yhdistettynä tavanomaisen fysioterapiaan (Afzal ym. 2022) ja muuhun tavanomaiseen harjoitteluun (Monteiro-Junior ym. 2015). VR-harjoittelu oli pääosin usean kehon osan liikkeiden monipuolista yhdistämistä tehtäväkeskeisellä toiminta-ajatuksella. Harjoittelu muodostui virtuaalisen hahmon tai avatarin ohjaamisesta virtuaalisessa ympäristössä ja se sisälsi wake-lautailua, frisbeen heittoa, vesiurheilua, kanootin ohjaamista, jousiammuntaa, pallopelejä, lentävien hedelmien halkomista ja pommien väistelyä, syvähengitystä, kalastusta tai nyrkkeilyä, ratsastusta ratsastussimulaattorilla, joogalle tyypillisten asentojen hallinnan harjoittelua sekä virtuaalisten objektien väistämistä keskivartalon liikkeitä samalla rajoittamalla. Tarkempi kuvaus interventioryhmien saamasta hoidosta on liitteessä 7.

Vertailuryhmiä oli yhteensä 15. Vertailuryhmät saivat muuta tavanomaista harjoittelua yksistään (2 vertailuryhmää), harjoittelua yhdistettynä fysikaalisiin hoitoihin (7 vertailuryhmää) tai pelkkiä fysikaalisia hoitoja (2 vertailuryhmää). Neljässä tutkimuksessa vertailuryhmä ei saanut mitään hoitoa, lisäksi yhdessä tutkimuksessa toinen vertailuryhmä sai hoitoa. Kaikki yhdeksästä harjoittelua saaneesta vertailuryhmästä sai keskivartaloon kohdistettua harjoittelua, pienillä nyansseilla. Harjoittelumuotoina oli pääasiassa sekä dynaamisia, että keskivartalon stabiloimiseksi tarkoitettuja harjoitteita kehonpainoa hyödyntäen. Yhdessä tutkimuksessa käytettiin isokineettistä, vakioitua kulmakihtyvyyttä hyödyntävää keskivartalon vahvistamiseen tarkoitettua laitetta ja yhdessä pyrittiin parantamaan harjoittelun spesifisyyttä ja tehokkuutta yhdistämällä harjoitteluun reaaliaikaista ultraääniohjausta lihasaktivaation edistämiseksi. Tarkempi kuvaus vertailuryhmien saamasta hoidosta on liitteessä 7.

Tutkittavien ryhmien koko vaihteli 8 – 42 tutkittavan henkilön välillä. Interventioiden kesto oli keskiarvoltaan kuusi viikkoa (2 – 8 viikkoa). Neljässä tutkimuksessa oli seurannat, joiden kesto alkumittauksesta oli 9 viikkoa (Meinke ym. 2022), 8 ja 24 viikkoa (Nambi 2020), 24 viikkoa (Nambi 2021) sekä 12 ja 24 viikkoa (Zadro ym. 2019). Frekvenssi oli joko kolmesti viikossa (8 RCT) tai viidesti viikossa (3 RCT). Hoitokertojen määrä vaihteli 10 viikon ja 24 kerran välillä, keskiarvon olleen 19 kertaa. Yksilöllistä hoitoa pyrittiin tarjoamaan 8/11 interventioryhmälle, harjoittelun intensiteetti ja/tai asteittaisuus huomioiden. Vertailuryhmistä yksilöllistettyä

hoitoa tarjottiin neljälle vertailuryhmälle, kuuden vertailuryhmän osalta hoitoa ei ollut yksilöllistettyä tai tietoa ei ollut saatavilla ja viisi vertailuryhmää ei saanut hoitoa. Harjoittelun intensiteettiä seurattiin esimerkiksi RPE-asteikolla, intensiteettiä muokattiin yksilöllistämällä palautumisaikoja harjoitesarjojen välillä ja kuormitustason asteittaisuutta pyrittiin vakioimaan 5–10 % viikoittaiseen nostoon. Joissain interventioissa virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoitteluohjelma oli suunniteltu asteittain eteneväksi tai ohjelmisto kykeni muokkaamaan vaikeustasoa ja kuormittavuutta tutkittavan suoriutumisen mukaan.

### **6.1.3 Tulosuuttujaa kuvaavat mittarit**

Tutkielmaan mukaan valikoituneista alkuperäistutkimuksista kivun intensiteettiä mitattiin VAS-kipujanalla tai NRS-asteikolla. BPI-mittaria ei mukaan otetuissa tutkimuksissa käytetty. VAS-kipujanaa käytettiin kahdeksassa tutkimuksessa (Afzal ym. 2022; Kim ym. 2014; Li ym. 2021; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014) ja NRS-asteikkoa kolmessa tutkimuksessa (Meinke ym. 2022; Monteiro-Junior ym. 2015; Zadro ym. 2019). Yhdessä tutkimuksessa ei hyödynnetty molempia. Kim (2014) tutkimuksessa tutkijoiden mukaan vertailussa hyödynnettiin VAS-asteikkoa, mutta kuntoutujia ohjeistettiin osoittamaan arvo 1 cm välein, joka liittyy NRS-asteikon metodologiaan. Yhdessä tutkimuksessa kipua arvioitiin NRS-mittarin ohella laadullista tietoa keräävällä PSEQ-mittarilla (Pain Self-Efficacy Questionnaire) (Zadro ym. 2019) ja yhdessä tutkimuksessa VAS-mittarin ohella RAND-36 elämänlaatumittarilla, josta oli eristetty kipua mittaavan osuuden tulokset (Park ym. 2013).

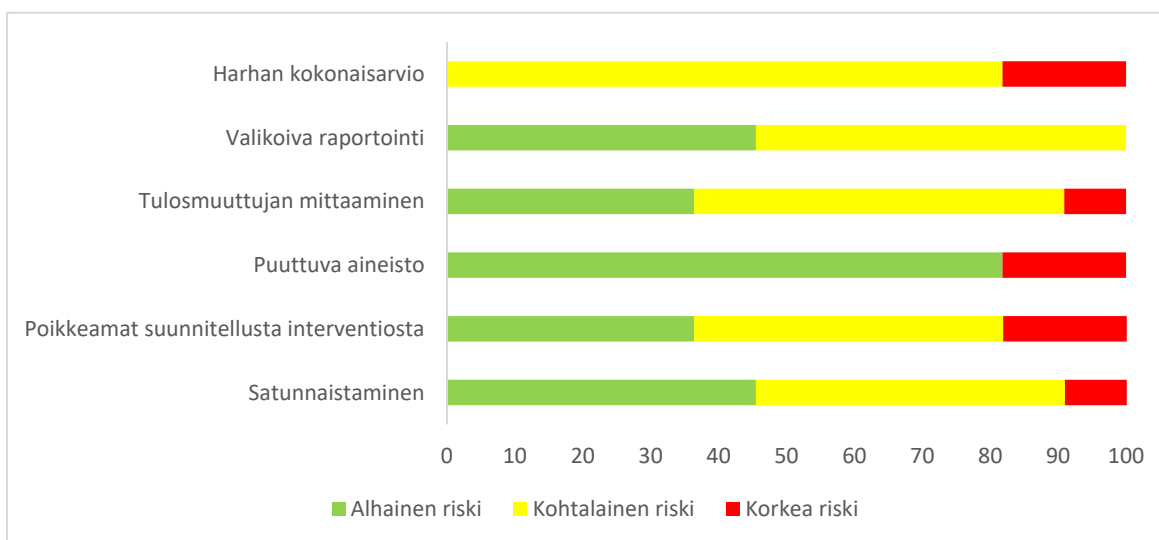
### **6.1.4 Tutkimuksissa hyödynnettyjen teknologioiden kuvaus**

Kymmenessä alkuperäistutkimuksessa hyödynnettiin matalan immersion teknologiaa ja yhdessä korkea immersion teknologiaa (Yalfani ym. 2022). Korkea immersion mahdollistama teknologia oli HTC® Vive-virtuaalilasit (HTC 2023). Kohtalaisen immersion teknologiaa, esimerkiksi CAVE-teknologiaa (Riener & Harders 2012, 50) ei sisällynyt mukaan otettuihin tutkimuksiin. Kaikissa tutkimuksissa hyödynnetty virtuaalitodellisuuden teknologia yhdisti virtuaalisen ympäristön ja vuorovaikutteisen sekä reaaliaikaisen hahmon tai avatarin ohjaamisen. Hyödynnettyjä laitteistoja oli Nintendo® Wii (4 RCT) ja Nintendo® Wii-tasapainolauta (3

RCT), Microsoft® Kinect (2 RCT), Tecnobody® ProKin (2 RCT), Hocoma® Valedo Pro (1 RCT), HTC® Vive HMD -virtuaalilasit (1 RCT) ja ratsastussimulaattori (1 RCT).

### 6.1.5 Tutkimusten harhan riskin arviointi

Tähän pro gradu -tutkielmaan sisällytettyjen alkuperäistutkimusten harhan riski (kuvio 3) oli joko epäselvä (9 RCT, 81 %) tai korkea (2 RCT, 18 %). Korkean harhan riski oli satunnaistamisessa yhden tutkimuksen (9 %), poikkeamissa suunnitelluista interventioista kahden tutkimuksen (18 %), puuttuvan aineiston kahden tutkimuksen (18 %) ja tulosmuuttujan mittaamisessa yhden tutkimuksen (9 %) osalta. Kohtalainen harhan riski oli valikoivassa raportoinnissa ja tulosmuuttujan mittaamisessa 55 % tutkimuksista ja poikkeamissa suunnitelluista interventioista ja satunnaistamisessa 46 % tutkimuksista. Tutkimusaineisto oli pääosin hyvin saatavilla, alhaisen harhan riskin arvion puuttuvasta aineistosta sai 82 % tutkimuksista. Puuttuvia tietoja pyydettiin tutkijoilta tarvittaessa. Yoo ym. (2014) ja Monteiro-Junior ym. (2015) tietoja saatiin täydennettyä puuttuvien vuokaavioiden ja tutkittavien demografiatietojen osalta. Tutkittavien satunnaistamista ja hoitoaieanalyysin valintaa koskevia tietoja jäi puuttumaan kolmesta tutkimuksesta (Kim ym. 2014; Park ym. 2013; Yalfani ym. 2022), joita ei saatu pyynnöistä huolimatta. Kokonaisharhan riski ei ollut matala yhdessäkään alkuperäistutkimuksessa. Harhan riskin arviot on esitetty tutkimuskohtaisesti metsäkuviossa (kuvio 4). Tutkimuskohtaiset arvioinnit ovat myös erikseen kuvattuna liitteessä 8a.



KUVIO 3. Yhteenveto alkuperäistutkimusten harhan riskin arvioinnista.

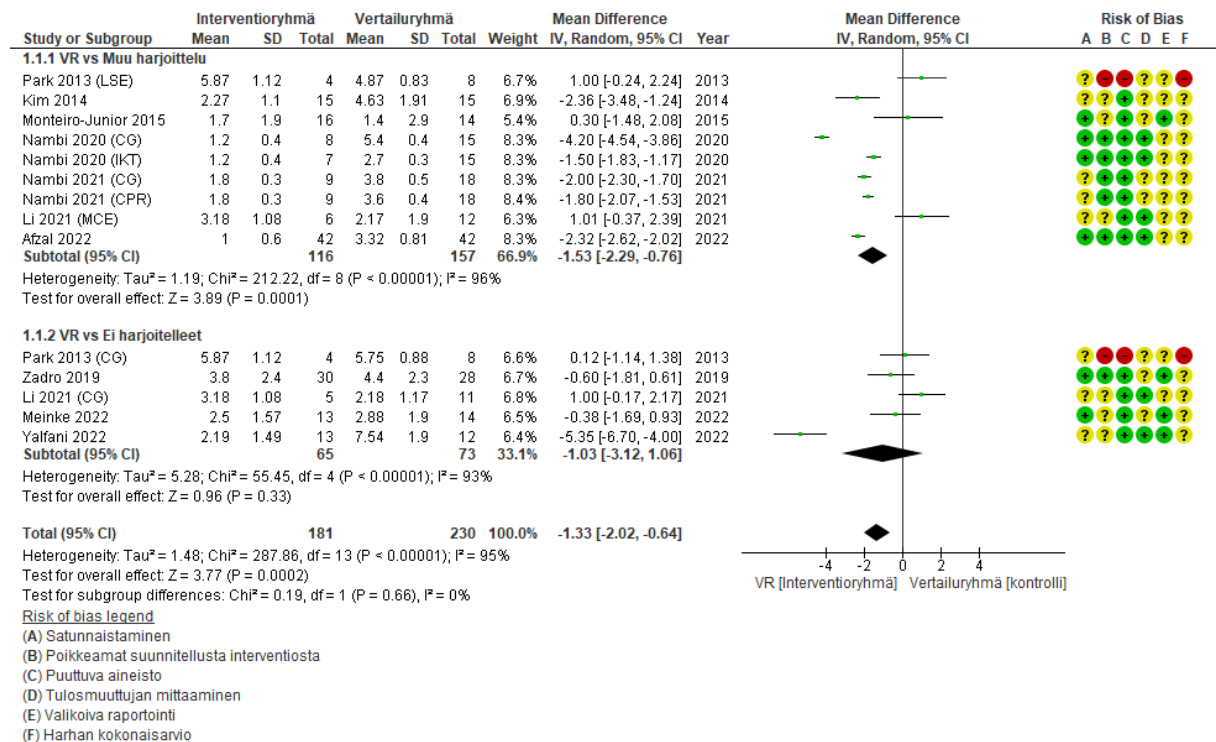
Tutkimusprotokolla oli julkaistu viidessä alkuperäistutkimuksessa. Yhdeksässä tutkimuksessa raportoitiin rahoituksesta, viisi tutkimusta oli saanut ulkopuolista rahoitusta ja neljässä ilmoitettiin, ettei ulkopuolista rahoitusta ollut. Kahdessa tutkimuksessa rahoituksesta ei ollut mainintaa. Kahdessa tutkimuksessa raportoitiin, että tutkimuslaitteistoa oli saatu lahjoituksena tutkimuksen tekoa varten.

## **6.2 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus aikuisten alaselkäkipuun**

VR-harjoittelu osoittautui vertailuryhmää tehokkaammaksi alaselkäkipun lievityksessä aikuisilla viidessä tutkimuksessa (Afzal ym. 2022, Kim ym. 2014, Nambi ym. 2021, Yalfani ym. 2022, Yoo ym. 2014), neljässä tutkimuksessa VR-harjoittelun ja vertailuryhmän välillä ei ollut eroa (Li ym. 2021, Meinke ym. 2022, Monteiro-Junior 2015 ja Zadro 2019), yhdessä tutkimuksessa, jossa oli kaksi vertailuryhmää, VR-harjoittelu oli parempi verrattuna vain toiseen vertailuryhmään (Nambi ym. 2020) ja yhdessä tutkimuksessa, jossa oli kaksi vertailuryhmää, ryhmien välistä vertailua ei ollut tehty (Park ym. 2013). Siten tähän tutkielmaan sisällytetyistä alkuperäistutkimuksista VR oli vertailuryhmää tilastollisesti tehokkaampi 7/15 vertailuissa, 6/15 ryhmien välillä ei ollut eroa ja kahdessa vertailua ei ollut tehty. Park ym. (2013) ryhmien välistä vertailua ei ollut tehty. Zadro ym. (2019) VR-harjoitteluryhmän tulokset olivat paremmat PSEQ-mittarilla 12 viikon ja 24 viikon seurannassa, muttei kahdeksan viikon seurannassa. Huomioitavaa tässä tutkimuksessa on kuitenkin se, että kummankaan tutkittavan ryhmä tulokset eivät parantuneet seuranta-aikana.

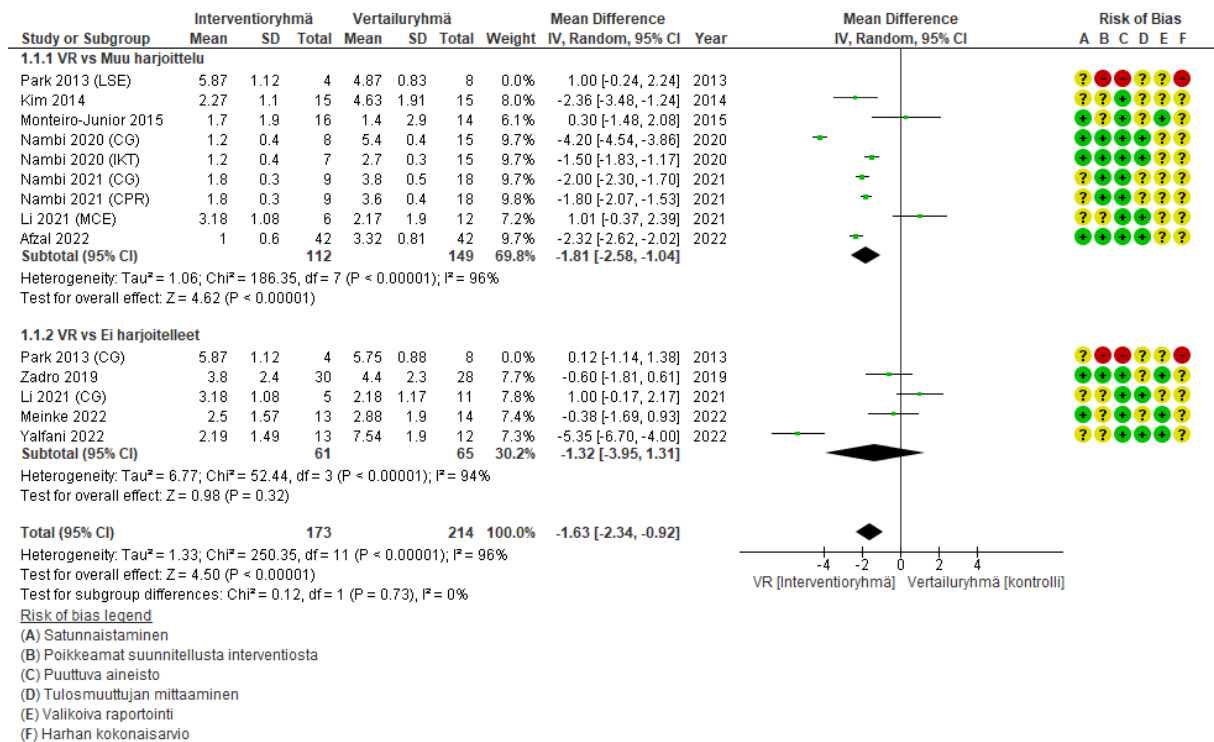
Perustuen kymmeneen alkuperäistutkimukseen, 14 vertailuryhmään ja 411 tutkittavaan, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu lievitti alaselkäkipua aikuisilla, 0-10 asteikolla arvioituna, tilastollisesti merkitsevästi verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen ja hoidotta jättämiseen ( $-1,33$ , 95 % LV  $[-2,02; -0,64]$ ,  $p = 0,0002$ ). Tilastollinen heterogeenisyys ( $I^2$ ) oli huomattavaa (95 %) (Deeks ym. 2022). Perustuen yhdeksään vertailuryhmään ja 273 tutkittavaan, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu lievitti alaselkäkipua aikuisilla tilastollisesti merkitsevästi verrattuna muuhun harjoitteluinterventioon ( $-1,53$ , 95 % LV  $[-2,29; -0,76]$ ,  $p < 0,001$ ). Tilastollinen heterogeenisyys ( $I^2$ ) oli 96 % huomattavaa (96 %) (Deeks ym. 2022). Perustuen viiteen alkuperäistutkimukseen ja 138 tutkittavaan, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ei lievittänyt alaselkäkipua aikuisilla tilastollisesti merkitsevästi verrattuna

hoidotta jättämiseen ja interventioon, joka ei sisältänyt harjoittelua (-1,03, 95 % LV [-3,12; 1,06], p = 0,33). Tilastollinen heterogeenisuus oli huomattavaa (93 %). Analyysin päätulos on kuvattuna kuviossa 4. Analyysiryhmien perään on sulkeisiin asetettu ryhmää kuvaava lyhenne. Lyhenteiden merkitykset on kuvattu aiemmin esitetystä taulukosta (Taulukko 3: Yhteenveto mukaan otetuista RCT-tutkimuksista).



KUVIO 4. Meta-analyysi virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta alaselkäkipuun aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen ja hoidotta jättämiseen.

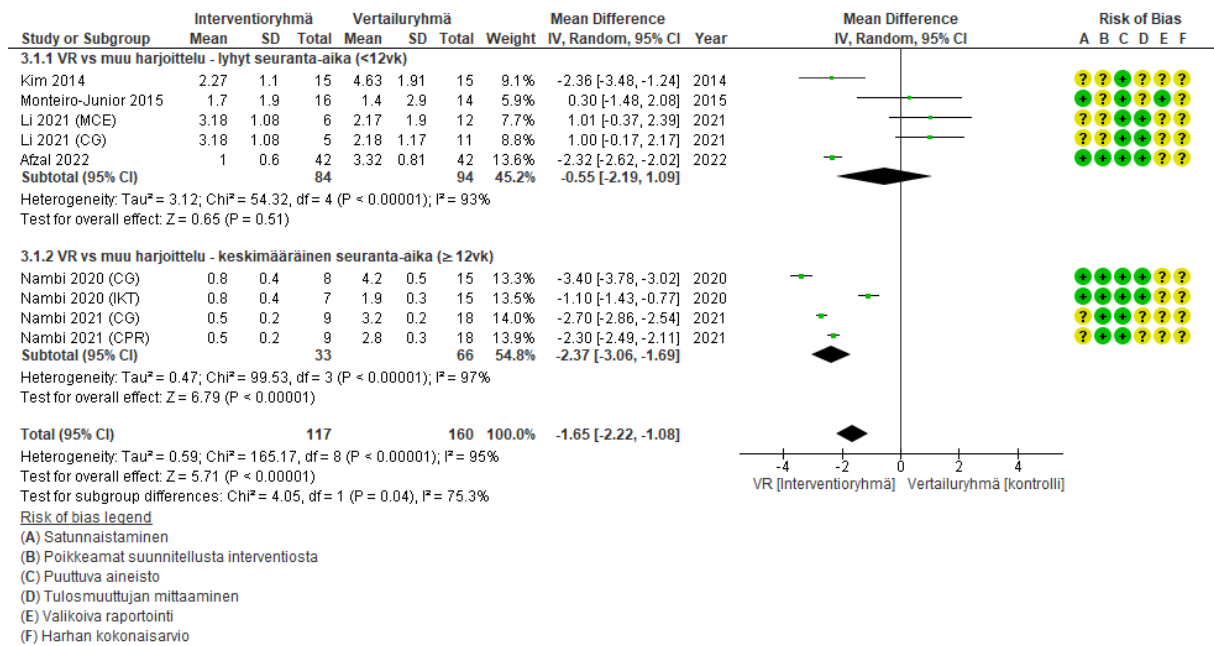
Poistamalla analyysistä yksi korkean harhan tutkimus (Park ym. 2013), parani virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus aikuisten alaselkäkipuun lievittämiseksi hieman, verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon tai ohjaukseen ja hoidotta jättämiseen (-1,63, 95 % LV [-2,34; -0,92], p<0,001, I<sup>2</sup> = 96 %), verrattuna muuhun harjoitteluun (-1,81, 95 % LV [-2,58; -1,04], p<0,001, I<sup>2</sup> = 96 %) ja ei harjoitelleisiin (-1,32, 95 % LV [-3,95; 1,31], p = 0,32, I<sup>2</sup> = 94 %). Vertailu ei-harjoitelleisiin ei ollut tilastollisesti merkitsevä (kuvio 5).



KUVIO 5. Meta-analyysi virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta alaselkäkipuun aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen tai hoitotta jättämiseen, korkean harhan riskin tutkimus poistettuna.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkäkipuun aikuisilla arvioitiin myös suhteessa alkuperäistutkimusten interventioiden seuranta-aikaan. Lyhyeksi seuranta-ajaksi luokiteltiin alle 12 viikkoa kestäneet, ja kohtalaiseksi seuranta-ajaksi 12-47 viikkoa kestäneet interventiot (Hayden ym. 2021). Pitkiä, yli 47 viikkoa kestäneitä seuranta-aikoja ei ollut. Perustuen viiteen tutkimukseen ja 178 tutkittavaan, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ei lieventänyt alaselkäkipua aikuisilla tilastollisesti merkitsevästi verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun (-0,55, 95 % LV [-2,19; 1,09], p = 0,51, I<sup>2</sup> = 93 %) lyhyellä seuranta-ajalla. Perustuen neljään vertailuryhmään kahdesta tutkimuksesta, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu lievensi alaselkäkipua aikuisilla tilastollisesti merkitsevästi verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun (-2,37, 95 % LV [-3,06; -1,69], p<0,001, I<sup>2</sup> = 97 %) keskimääräisellä seuranta-ajalla (kuviokuva 6).





KUVIO 6. Meta-analyysi virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta alaselkäkipuun aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen tai hoitotta jättämiseen seuranta-ajan keston mukaan.

Analyysiä vertailuryhmien sisältämän harjoitemuodon välillä ei voitu tehdä. Harjoittelua sisältävät interventiot jaettiin sekä dynaamisia että keskivartalon stabiilaatiota sisältävään harjoitteluun ja vain stabiilaatioharjoitteita sisältävään harjoitteluun (Liite 7). Sekä dynaamisia, että stabiilaatiota sisältäviä harjoitusmuotoja oli tutkittu seitsemässä alkuperäistutkimuksessa ja vain stabiilaatioharjoitteita sisältäviä harjoitteita kahdessa tutkimuksessa, joista toinen karsiutui pois alaryhmäanalyysistä korkea kokonaisharhan riskin tutkimuksena. Alaryhmäanalyysiin olisi siten jäänyt vain yksi stabiilaatiota harjoitemuotona hyödyntänyt tutkimus. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua verrattiin harjoitemuotojen perusteella sekä dynaamisia että stabiilaatiota sisältäviin harjoitusmuotoihin. Perustuen seitsemään tutkimukseen ja 238 tutkittavaan, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu lievensi aikuisten alaselkäkipua tilastollisesti merkitsevästi verrattuna sekä dynaamisia, että stabiilaatiota sisältäviin harjoitusmuotoihin (-1,64, 95 % LV [-2,08; -1,20], p<0,001). Heterogeenisuus laski (84 %) hieman verrattuna pääanalyysiin, mutta pysyi edelleen huomattavana (Liite 9a).

Vertailua tutkittavien iän perusteella ei voitu myöskään tehdä. Kolmessa tutkimuksessa (Monteiro-Junior ym. 2015; Yalfani ym. 2022; Zadro ym. 2019) tutkittavat olivat vanhempia aikuisia mutta niistä kahdessa vertailuryhmä ei saanut hoitoa. Muuta harjoittelua sisältävään alaryhmäanalyysiin, jossa olisi huomioitu vanhemmista aikuisista (yli 60-vuotiaat) koostuvat ryhmät,

olisi siten jäänyt vain yksi alkuperäistutkimus. Alaryhmäanalyysi muodostettiin siten koostuen aineistosta, jossa tutkittavina oli ainoastaan nuorempia aikuisia. Perustuen 7 tutkimukseen ja 231 tutkittavaan, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu lievensi nuorempien aikuisten alaselkäkipua tilastollisesti merkitsevästi verrattuna muuhun harjoitteluun ( $-2,00$ , 95 % LV  $[-2,79; -1,21]$ ,  $p < 0,001$ ). Heterogeenisyys oli huomattavaa (97 %) (Liite 9b).

### **6.2.1 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun yhteydessä ilmenneet haittavaikutukset**

Kolmessa tutkimuksessa raportoitiin haittavaikutuksista (Meinke ym. 2022; Yalfani ym. 2022; Zadro ym. 2019). Meinke ym. (2022) ja Yalfani ym. (2022) raportoivat, ettei haittavaikutuksia ilmennyt ja Zadro ym. (2019) raportoivat harjoittelua seuraavina päivinä ilmenneestä lievästä lihasarkuudesta, mikä ei estänyt interventioon osallistumista. Kahdessa tutkimuksessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu oli toteutettu kotiharjoitteluna (Meinke ym. 2022; Zadro ym. 2019). Meinke ym. (2022) tutkimuksessa raportoitiin, ettei haittavaikutuksia ilmennyt, mutta joillain tutkittavilla oli ollut ongelmia tutkimuslaitteiston kalibroinnissa ja oikeiden valikoiden löytämisessä. Zadro ym. (2019) tutkimuksessa tutkittaville järjestettiin yksilölliseen tarpeeseen perustuva koulutustilanne, jolla varmistettiin riittävät taidot tutkimuslaitteiston käyttämiseksi.

Joidenkin alkuperäistutkimusten sisäänottokriteereissä ja interventiossa huomioitiin ja mahdollisesti ennakoitiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun fyysisiä ja kognitiivisia edellytyksiä painottamalla tutkimuksen poissulkukriteereissä normaaleja aistitoimintoja ja tasapainoa (Meinke ym. 2022, Yalfani ym. 2022) sekä huomioimalla harjoittelun riittävä tauotus haittavaikutusten estämiseksi (Monteiro-Junior ym. 2015). Erityisesti virtuaalitodellisuuden hyödyntämiseen liittyvä turvallisuusnäkökulma huomioitiin kiinnittämällä peliohjaimet tutkittavien käsiin sekä käyttämällä turvaköysiä harjoittelun alkuvaiheessa kaatumistapahtumien estämiseksi. Samassa tutkimuksessa VR-harjoittelu oli tauotettu silmäterveys-suositusten mukaisesti (Yalfani ym. 2022). Zadro ym. (2019) tutkimuksessa interventio toteutettiin siten, että kivun lisääntyessä intervention aikana yli kaksi pistettä 0–10-asteikolla, kipua lisäävän harjoittelun intensiteettiä laskettiin.

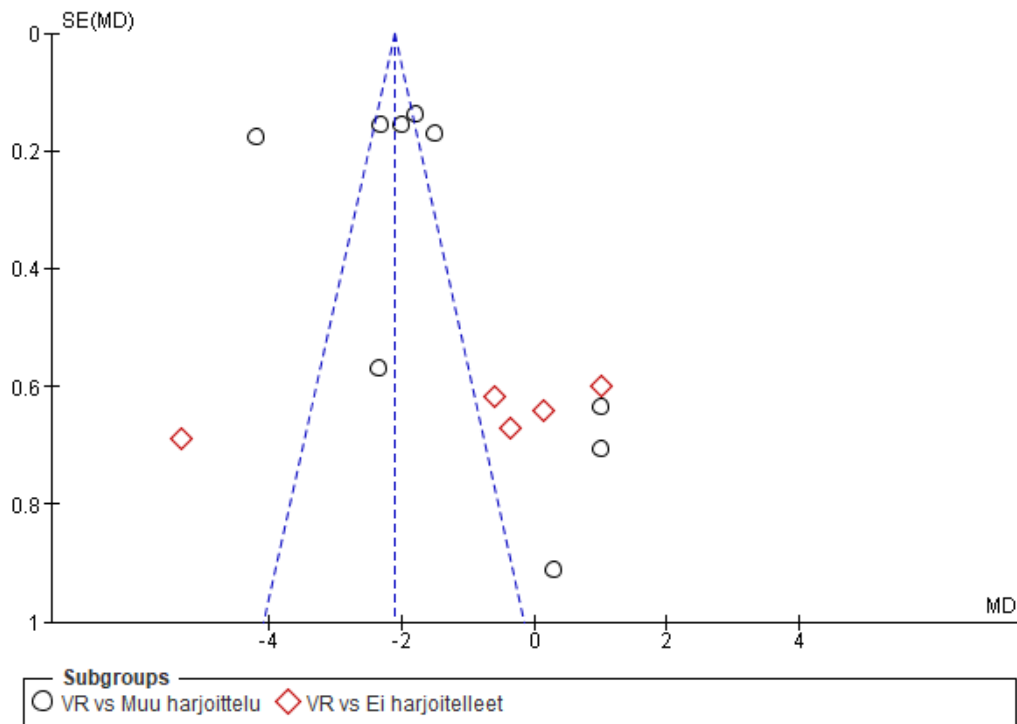
## 6.2.2 Sensitiivisyyden analysointi ja julkaisuharha

Sensitiivisyyttä tarkasteltiin poistamalla tuloksista poikkeavia tuloksia. Poistamalla pääanalyysistä Yalfani ym. (2022) tutkimus, läheni virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun tilastollisesti ei-merkittävä ero verrattuna hoidotta jättämiseen, aikuisten alaselkäkivussa, kohti nollaa (0,06, 95 % LV [-0,66; 0,78],  $p = 0,88$ ). Heterogeenisyys oli enää 26 %, mikä viittaa alhaiseen tilastolliseen heterogeenisyyteen (4 RCT, 113 tutkittavaa). Poistamalla pääanalyysistä Nambi ym. (2020) VR vs. CG-vertailuryhmä, laski pääanalyysin kokonaistulos (-1,14, 95 % LV [-1,68, -0.59],  $p < 0,001$ ) sekä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus verrattuna muuhun harjoitteluun hieman (-1,35, 95 LV [-1,85, -0.84],  $p < 0,001$ ) aikuisten alaselkäkivussa. Tulokset säilyivät tilastollisesti merkitsevinä. Poistamalla molemmat poikkeaviin tuloksiin päätyneet tutkimukset, huononi pääanalyysin kokonaistulos, virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus verrattuna muuhun hoitoon, harjoitteluun tai hoidotta jättämiseen edelleen (-0,89, 95 % LV [-1,40, -0,38],  $p = 0.0006$ ) aikuisten alaselkäkivussa, mutta säilyi tilastollisesti merkitsevä. Heterogeenisyys pysyi huomattavana (88 %).

Tuloksien pitävyyttä testattiin poistamalla Nambi ym. (2020) virtuaalitodellisuutta tavanomaiseen keskivartalon harjoitteluun vertaava vertailu (VR vs. CG). Nuorempia aikuisia sisältävän alaryhmäanalyysin tulokset (-1,75, 95 % LV [-2,17, -1,33],  $p < 0,001$ ) ja heterogeenisyys laski hieman (84 %). Seuranta-ajat huomioivan alaryhmäanalyysin keskimääräisen seuranta-ajan vaikuttavuus laski jonkin verran (-2,05, 95 % LV [-2,79, -1,31],  $p < 0,001$ ), heterogeenisyys ei vähentynyt (95 %). Verrattaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta aikuisten alaselkäkipuun muuhun harjoitteluun harjoittelumuodon perusteella, sensitiivisyystesteillä ei ollut vaikutusta tulokseen. Tulosten pitävyyttä ja yksittäisten tutkimusten vaikutusta kokonaistulokseen testattiin poistamalla kaikista analyyseistä tutkimuksia yksitellen. Testaus ei johtanut minkään analyysin tulosten merkittävään muutokseen tai heterogeenisyyden selkeään vähenemiseen.

Julkaisuharhaa tarkasteltiin suppilokuvion avulla (kuvio 7). Analyysi on asetettu siten, että tutkittavan ilmiön paraneminen merkitsee tutkimuksen sijoittumista vasemmalle, ja tyhjä tila oikealla alhaalla merkitsisi tilastollisesti ei-merkittävien pienten tutkimusten julkaisuharhaa. Pienempien tutkimusten tulisi jakautua alas tasaisesti suurempien tutkimusten lähentyvän kohti keskiviivaa ja kuvion yläosaa (Sterne ym. 2011). Kuvion perusteella ei ole viitteitä, että kuvion epäsymmetrisyys johtuisi ei-merkittävien tulosten julkaisemattomuudesta, mutta tuloksiin on

saattanut julkaisuharha vaikuttaa, sillä sisällytetyn aineiston tulokset eivät jakaudu suppilokuviolle tasaisesti.



KUVIO 7. Julkaisuharhan arvioiminen suppilokuvailla (Egger ym. 1997).

### 6.3 GRADE-näytönaste

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkäkipuun aikuisilla arvioitiin näytön asteen näkökulmasta, GRADE-työryhmän ohjeistuksen ja luokituksen (Atkins ym. 2004; Guyatt ym. 2008; Guyatt ym. 2011a; Schünemann ym. 2003; Schünemann ym. 2006) mukaisesti hoitosuositusryhmien käsikirjan avulla (Honkanen ym. 2023). Näytönastetta arvioitiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta alaselkäkipuun aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen -analyysin perusteella sellaisten tutkimusten osalta, joissa kokonaisharhan riski ei ollut korkea (Schünemann ym. 2022) (Liite 8b). Analyysissä oli yhdeksän alkuperäistutkimusta, 12 vertailuparia ja yhteensä 387 tutkittavaa. Julkaisuharhaa arvioitiin neljäntoista meta-analyysin mukaan otettujen vertailuparien osalta.

*Tutkimusten menetelmiin liittyvät harhan lähteet.* Näytön astetta laskettiin alkuperäistutkimusten menetelmiin liittyvien harhan lähteiden vuoksi yhdellä asteella. Kuudessa tutkimuksessa oli harhan riskiä lisääviä tekijöitä useammassa kuin yhdessä osa-alueessa. Tutkimusten tiedot oli raportoitu kattavasti, satunnaistaminen ja satunnaistamisen salaaminen oli järjestetty pääosin hyvin ja lopputulosmuuttujan mittaaminen ja hyödynnetyt mittarit asianmukaista, mutta tutkijoita tai arvioijia tai tutkittavia ei ollut tutkimuksissa yleensä sokkoutettu. Hoitoaineanalyysi ei ollut käytössä kolmessa tutkimuksessa ja valikoivan tulosten raportoinnin osalta harhan riski oli epäselvä viidessä tutkimuksessa.

*Tulosten epäyhtenäisyys.* Arviota laskettiin yhdellä asteella tuloksien piste-estimaattien vaihtelun johdosta. Tulosten vaikutuksen suunta oli epäyhtenäinen ja tilastollinen heterogeisuus oli huomattavaa, jota sensitiivisyys- ja alaryhmäanalyysit eivät merkittävästi alentaneet.

*Tulosten epäsuoruus.* Interventoryhmien toteutustapa oli jokseenkin yhteneväinen, vertailuryhmien saama hoito vaihteli enemmän. Interventoryhmien saama hoito perustui pääosin harjoitteluun. Vertailuryhmien saama hoito oli seitsemässä vertailuparissa muuta harjoittelua sisältävää ja neljässä vertailuparissa hoidotta jättämiseen tai passiiviseen hoitoon perustuvaa. Vaikka analyysissä ilmenee aina jonkin verran epäsuoruutta, vastaa tulosten analysointi ja interventioiden toteutustapa hyvin tutkimuskysymyksiä ja PICOS-asetelmaa. Kiinnostuksen kohteena olevaa ilmiötä kuvaavat mittarit olivat yhteneväisiä, mutta intervention kesto oli keskimäärin melko lyhyt. Epäsuoruuden arviota ei nähty tarpeelliseksi laskea.

*Tulosten epätarkkuus ja julkaisuharha.* Arviota ei laskettu tulosten epätarkkuuden perusteella. Analyysin osallistujamäärä (n = 387) oli kokonaisuudessaan kelvollinen ja tulosten luottamuskvälit eivät olleet erityisen laajoja. Arviota ei laskettu tulosten julkaisuharhan perusteella. Tulokseen ei liene vaikuttaneen merkittävä julkaisuharha ei-merkitsevien tulosten julkaisemattomuudesta.

Alkuperäistutkimuksissa oli vakaviksi arvioituja ongelmia kahdessa GRADE-luokituksen (Atkins ym. 2004; Guyatt ym. 2008; Guyatt ym. 2011a; Schünemann ym. 2003; Schünemann ym. 2006) osa-alueessa. Näytönastetta virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta aikuisten alaselkäkipuun laskettiin kahdella pisteellä. Näytönaste arvioitiin alhaiseksi (näytönaste C). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa vähentää alaselkäkipua aikuisilla. Uudet tutkimukset todennäköisesti vaikuttavat arvioon vaikutuksen suuruudesta ja

mahdollisesti sen suunnasta (Honkanen ym. 2023). Näytönaste on GRADE-työryhmän (Atkins ym. 2004; Guyatt ym. 2008; Guyatt ym. 2011a; Schünemann ym. 2003; Schünemann ym. 2006) suositusten mukaan kuvattuna taulukossa 4.

Taulukko 4. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus alaselkäkipuun aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen.

**Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus alaselkäkipuun aikuisilla verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen**

**Tutkittavat:** Aikuiset, joilla atraumaattinen subakuutti tai krooninen alaselkäkipu

**Paikka:** Sairaala / kuntoutusosasto / kotiharjoittelu

**Interventio:** Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu

**Vertailuryhmä:** Tavanomainen harjoittelu, hoito ja ohjaus tai hoidotta jättäminen

<b>Tulosmuuttuja</b>	<b>Arvioitu vaikutus (95 % LV)</b>	<b>Näytönaste</b>	<b>Kommentit</b>
<b>Tutkittavien määrä (tutkimukset)</b>		<b>(GRADE)</b>	
Alaselkäkipu, kivun intensiteetti (0-10; 0 = ei kipua) 387 tutkittavaa (9 RCT)	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu lievensi alaselkäkipua aikuisilla (-1,63, 95 % LV [-2,34; -0,92])	⊕⊕○○ Alhainen <sup>a</sup>	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa vähentää alaselkäkipua aikuisilla.

Lyhenteet: LV = luottamusväli (Confidence Interval), RCT = randomized controlled trial

<sup>a</sup> = Näytön astetta alennettiin kahdella asteella. Astetta alensivat vakava tutkimusmenetelmiin liittyvä harhan riski sekä vakava ongelma tulosten yhtenäisyydessä.

## 7 POHDINTA

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena oli selvittää, onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelu vaikuttavampaa koettuun kivun intensiteettiin alaselkäkipuisilla aikuisilla, verrattuna muuhun tavanomaiseen tai aktiivista harjoittelua sisältävään interventioon tai hoidotta jättämiseen. Tarkoituksena oli myös selvittää, mikä on virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun näytön aste, sekä onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu turvallista ja liittykö siihen haittavaikutuksia. Tämän pro gradu -tutkielman lähtökohtana oli, että valtaosa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuuden tutkimuksesta koskee neurologisia sairauksia sairastavia sekä mielenterveyskuntoutujia (Ahern ym. 2020; Ilves ym. 2022a, 97) ja tuki- ja liikuntaelinsairauksiin liittyvää tutkimusta on tuotettu vähemmän. Tätä pro gradu -tutkielmaa aloitettaessa, yhtään asianmukaista meta-analyysin sisältävää järjestelmällistä katsausta virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta koetun kuvun intensiteettiin alaselkäkipuisilla aikuisilla ei ollut kirjoittajan tietojen mukaan julkaistu. Kirjoitusprosessin aikana päivityshaun yhteydessä tunnistettiin kaksi aihetta käsittelevää järjestelmällistä katsausta lisää (Brea-Gómez ym. 2021; Grassini 2022). Tämän pro gradu -tutkielman tuloksia pohdittiin myös suhteessa kyseisiin julkaisuihin.

### 7.1 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus alaselkäkipuun aikuisilla

Tämän pro gradu -tutkielman pääanalyysin mukaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu oli vaikuttavampaa ja tilastollisesti merkitsevää koetun kivun intensiteetin alentamiseksi verrattuna muuhun harjoitteluun, hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen aikuisilla, joilla oli subakuutti tai krooninen alaselkäkipu. Akuutista alaselkäkivusta kärsiviä ei alkuperäistutkimusten joukossa ollut. Tulos jäi alle 1,5 pisteen kliinisen merkitsevyyden rajan, kun analyysiin sisällytettiin kaikki meta-analyysin mukaan päässeet tutkimukset. Tulos ylitti kliinisen merkitsevyyden rajan, kun analyysistä oli poistettu yksi korkean kokonaisharhan tutkimus GRADE-työryhmä näytönasteen arvioinnin ohjeistuksen mukaisesti (Schünemann ym. 2022). Tätä tulosta käytettiin tutkielman GRADE-näytönasteen arvioinnissa. Poistamalla analyysistä poikkeaviin tuloksiin päätyneet tutkimukset (Nambi ym. 2020; Yalfani ym. 2022), aleni vaikuttavuus pääanalyysissä merkittävästi.



Tulos on jokseenkin linjassa aiempien aihetta käsittelevien, tähän pro gradu -tutkielmaan sisällytettyjen VR-harjoittelua ja aikuisten alaselkäkkipua käsittelevien katsausten kanssa, joissa havaittiin kliinisesti merkitseviä tuloksia (Ahern ym. 2020; Brea-Gómez ym. 2021). VR-harjoittelua puolsi myös kolmen muun tässä tutkielmassa käsitellyn katsauksen tulokset (Collado-Mateo ym. 2018; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019), mutta katsausten tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Ahern ym. (2020) katsauksen tulokset perustuivat tosin vain kahteen alkuperäistutkimukseen. Ahern ym. (2020) katsauksessa VR-harjoittelu edisti kivun lievittymistä kliinisesti merkitsevästi subakuutissa ja kroonisessa alaselkäkivussa verrattuna alaselän stabilaatioharjoitteisiin lyhyessä interventiossa sekä kroonisessa alaselkäkivussa (Brea-Gómez ym. 2021) verrattuna hoitoon, jossa ei hyödynnetty virtuaalitodellisuutta lyhyessä interventiossa sekä kuuden kuukauden seurannassa. Collado-Mateo ym. (2018) ja Gumaa & Youssef (2019) vertailivat virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomainen hoitoon, tavanomaiseen keskivartalon stabilaatioharjoitteluun ja fysikaalisiin hoitoihin, Gumaa & Youssef (2019) ja Grassini ym. (2022) tavanomaiseen hoitoon, tavanomaiseen keskivartalon stabilaatioharjoitteluun ja tavanomaiseen fysioterapiaan.

Aiempien katsauksien tuloksiin tulee suhtautua kriittisesti, sillä niiden laatu ja luotettavuus arvioitiin heikoksi (Ahern ym. 2020) tai erittäin heikoksi (Brea-Gómez ym. 2021; Collado-Mateo ym. 2018; Grassini 2022; Gumaa & Youssef 2019) tämän pro gradu -tutkielman Amstar 2 (Shea ym. 2017) -arvioinnissa. Katsausten sisältämät alkuperäistutkimukset arvioitiin niin ikään harhan riskiltään korkeaksi (Ahern ym. 2020) keskimääräiseksi tai epäselväksi (Collado-Mateo ym. 2018; Gumaa & Youssef 2019) tai pääosin alhaiseksi (Grassini 2022). Grassini katsauksen vertailukelpoisuutta tämän katsauksen kanssa heikentää se, että tutkimukseen oli sisällytetty alkuperäistutkimuksia, jotka tästä pro gradu -tutkielmasta suljettiin pois väärän intervention vuoksi (Matheve ym. 2020; Thomas ym. 2016; Yilmaz-Yelvar ym. 2017). Grassini (2022) tutkimus oli lisäksi tehty kokonaisuudessaan vain yhden tutkijan toimesta, mikä vähentää alkuperäistutkimusten harhan riskin arvioinnin ja tietojen purkamisen luotettavuutta.

## **7.2 Alaryhmäanalyysit**

VR-harjoittelu ei lievittänyt tilastollisesti merkitsevästi alaselkäkkipua aikuisilla, verrattuna pelkästään hoidotta jättämiseen ja ryhmään, joka ei harjoitellut. Sensitiivisyysanalyysissä poikkeaa-

van tutkimuksen tulokset poistettaessa (Yalfani ym. 2022) analyysin tilastollinen heterogeenisyys laski merkittävästä alhaiseksi, mikä viittaa tutkimusten parempaan yhteneväsyyteen. VR-harjoittelu oli tilastollisesti sekä kliinisesti merkitsevästi tehokkaampaa verrattuna muuta harjoittelua sisältäneeseen interventioon. Sensitiivisyysanalyysissä poikkeavan tutkimuksen tulokset poistettaessa (Nambi ym. 2020) kliinistä merkitsevyyttä ei enää havaittu.

VR-harjoittelu ei ollut tilastollisesti tehokasta verrattuna muuhun harjoitteluun lyhyellä alle 12 viikon seuranta-ajalla, mutta VR-harjoittelu oli muuta harjoittelua tehokkaampaa tilastollisesti merkitsevästi keskimääräisellä, vähintään kahdentoista viikon seuranta-ajalla. Tulos on looginen, sillä kroonisen alaselkävivun helpottuminen voi kestää useita kuukausia, jopa yli vuoden ja kivun intensiteetti voi fluktuoida runsaasti kipujakson sisällä (Maher ym. 2017) ja lyhyemmissä interventioissa ei positiivista vaikutusta ehdi välttämättä näkyä. Vertailuun vähintään 12 viikkoa kestäneiden interventioiden osalta tulee suhtautua kriittisesti, sillä alaryhmäanalyysi perustuu saman tutkijaryhmän kahdesta alkuperäistutkimuksesta muodostettuun neljään vertailupariin. Tutkimus oli lisäksi toteutettu nuorilla urheilijoilla, joilla saattaa olla paremmat edellytykset spontaanille paranemiselle (Maher ym. 2017). VR-harjoittelu osoittautui kliinisesti ja tilastollisesti merkitseväksi nuorempia aikuisia sisältäneessä alaryhmäanalyysissä sekä verrattuna dynaamisia harjoitteita sisältäneisiin vertailuinterventioihin.

Vertailua harjoitemuotojen välillä, tutkittavien iän perusteella, alaselkävivun keston tai teknologialähtöisen luokittelun perusteella ei voitu tehdä liian pienen tutkimusmäärän vuoksi. Alaryhmäanalyysiä mittareiden perusteella ei myöskään voitu tehdä. NRS-mittaria käytettiin kolmessa alkuperäistutkimuksessa (Meinke ym. 2022; Monteiro-Junior ym. 2015; Zadro ym. 2019) ja kahden ei-harjoitelleen ryhmän poistamisen jälkeen vertailuun olisi jäänyt vain yksi NRS-mittaria hyödyntänyt tutkimus (Monteiro-Junior ym. 2015).

### **7.3 Heterogeenisyys**

Tämän pro gradu -tutkielman tulosten yleistettävyyttä heikentää tulosten pääosin merkittävä tilastollinen heterogeenisyys, mikä ei kliinisistä lähtökohdista toteutettujen alaryhmäanalyysien hyödyntämisestä huolimatta alentunut merkitsevästi. Alimmillaan heterogeenisyys oli 26 %

vertailtaessa VR-harjoittelua ei-harjoitelleisiin, kun analyysistä oli poistettu poikkeavaan tulokseen päätnyt tutkimus. Kaikissa muissa analyyseissä heterogeenisuus arvioitiin ”lienee merkittävää” tai ”huomattavaa” -tasolle (84 – 95 %), pääanalyysin heterogeenisyyden ollen huomattava, 95 %. Poistamalla pääanalyysistä poikkeavat tulokset, heterogeenisuus laski 89 prosenttiin. Hieman alempi heterogeenisuus oli VR-harjoittelua ja muuta dynaamista harjoittelua sisältäneessä alaryhmäanalyysissä (84 %).

Kliinistä diversiteettiä tai heterogeenisuutta (Deeks ym. 2022) oli tutkittavien iän, alaselkäkivun intensiteetin lähtöarvon sekä oireen keston osalta, interventioiden sekä erityisesti vertailuryhmien saaman hoidon välillä. Kliinistä heterogeenisuutta on saattanut aiheuttaa myös muut tunnistamattomat tekijät, kuten kulttuuriin, sosioekonomisiin eroavaisuuksiin, tai muuhun demografiseen poikkeavuuteen liittyvät tekijät (Maher ym. 2017). Heterogeenisuutta metodologisesta näkökulmasta on saattanut lisätä tutkimusten erot otoskoossa, harjoittelun tavassa, intervention kestossa sekä harhan riskissä. Viiden tutkimuksen tutkimusprotokollat oli rekisteröity ennalta, siten kohonnut riski tulostuuttajien valikoivalle raportoinnille on olemassa kuuden alkuperäistutkimuksen osalta. Ongelmia alkuperäistutkimuksissa oli myös ryhmiin jakamisen salaamisen raportoinnissa ja tutkijoiden, tutkittavien sekä lopputulosmuuttujan mittaajien sokkouttamisessa. Tulosten heterogeenisyyteen alentavasti on voinut vaikuttaa, että sisällytetyt interventiot olivat jokseenkin samankaltaisia, kontrolloituja ja valvottuja ja niissä hyödynnettiin yhteneväisiä mittareita, joiden mittausasteikko oli vertailukelpoinen. Interventioissa on myös aina tietty määrä todellista varianssia ja interventioiden vaikutuskoko vaihtelee siksi jonkin verran (Deeks ym. 2022).

Tulosten yleistettävyyttä heikentää vertailuryhmien saaman hoidon erilaisuus ja interventioryhmien mahdolliset sekoittavat tekijät. Vertailuryhmät saivat tavanomaista harjoittelua (Kim ym. 2014; Li ym. 2021; Monteiro-Junior ym. 2015), tavanomaista harjoittelua ja fysikaalisia hoitoja (Afzal ym. 2022; Park ym. 2013), tavanomaista harjoittelua, fysikaalisia hoitoja ja kotiharjoittelua (Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021) tai vain fysikaalisia hoitoja (Li ym. 2021). Viidessä tutkimuksessa vertailuryhmä ei saanut mitään hoitoa (Meinke ym. 2022; Park ym. 2013; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2015). Yleisin vertailuryhmän harjoittelun muoto oli keskivartalon dynaaminen tai dynaaminen ja stabilaatioharjoittelu, joita hyödynnettiin seitsemässä tutkimuksessa. Interventioryhmän osalta virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua yhdistettiin tavanomaiseen fysioterapiaan (Afzal ym. 2022), fysikaalisiin hoitoihin (Li ym.

2021; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013) ja tavanomaiseen harjoitteluun (Monteiro-Junior ym. 2015). VR-harjoittelua toteutettiin yksistään viidessä tutkimuksessa (Kim ym. 2014; Meinke ym. 2022; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2019). Saadun hoidon kokonaismäärää on haastavaa luotettavasti tarkastella ja interventioiden heterogeenisyyden johdosta niiden suoraan vertailuun tulee suhtautua kriittisesti. Interventio- ja vertailuryhmien saaman hoidon frekvenssi ja intervention kesto oli tutkimuksissa sama, mutta on mahdollista, että VR-harjoittelun paremman vaikuttavuuden taustalla on myös se, että interventioryhmän tutkitavat saivat enemmän hoitoa.

Vaikka tässä pro gradu -tutkielmassa pyrittiin mahdollisimman tarkkaan luokittelemaan interventio- ja vertailuryhmien saama hoito alaluokkiin, perustuu luokittelu tämän tutkielman kirjoittajan tutkimusartikkelin tulkintaan ja arvioon tulee siten suhtautua kriittisesti. Interventioiden vertailukelpoisuutta heikentää myös hoitojen nimeämisen ja määrittelyjen poikkeavat käytännöt. Tähän työhön sisällytettyjen tutkimusten interventioiden vaikuttavuutta tarkasteltaessa tulee myös huomioida, että VR-harjoittelu perustui pääosin aktiiviseen ja monipuoliseen, useita vartalon osia huomioivaan liikkeeseen, kun taas vertailuryhmien saamaan hoitoon lukeutui usein keskivartalon stabiilaatioharjoitteita. Ryhmien saama hoito, sekä interventioryhmien, että vertailuryhmien osalta ei vastaa kovin hyvin hoitosuosituksia (Oliveira ym. 2018) epäspesifin kroonisen alaselkäkivun hoidosta, joissa painotetaan potilasohjausta vaivan hyvästä ennusteesta ja aktiivisena pysymisen tärkeydestä, psykososiaalisista interventioista ja aktiivisesta harjoittelusta, ottamatta kantaa harjoittelun tarkkaan muotoon.

#### **7.4 Haittavaikutukset**

Vain kolmessa tutkimuksessa raportoitiin haittavaikutuksista (Meinke ym. 2022; Yalfani ym. 2022; Zadro ym. 2019). Haittavaikutuksia ei joko ollut, tai ne olivat harjoittelulle tyypillistä tilapäistä lihasarkuutta. Tämän pro gradu -tutkielman aineiston perusteella ei kuitenkaan voida antaa suosituksia, onko VR-harjoittelu turvallista, sillä yhdeksässä alkuperäistutkimuksessa VR-harjoittelu oli toteutettu ohjatusti ja valvotusti, useimmiten sairaalan kuntoutusosastolla tai muussa kuntoutusyksikössä (Afzal ym. 2022; Kim ym. 2014; Li ym. 2021; Monteiro-Junior ym. 2015; Nambi ym. 2020; Nambi ym. 2021; Park ym. 2013; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014). Haittatapahtumien ilmenemistä saattoi myös rajoittaa interventioiden lyhyt kesto, haittatapahtumia ei mahdollisesti ehtinyt tapahtua. Kaikki sisällytetyt tutkimukset olivat RCT-

tutkimuksia, ei satunnaistetuissa havainnoivissa kokeissa saattaa nousta esiin haittavaikutuksia useammin (Schünemann ym. 2022). Tähän pro gradu -tutkielmaan sisällytettyjen tutkimusten perusteella haittoja ei juuri ole, mutta arvioon tulee suhtautua kriittisesti, sillä valtaosa interventioista oli valvottuja ja ohjattuja.

## **7.5 Virtuaalitekniikat ja jatkotutkimusehdotukset**

Tässä pro gradu -tutkielmassa alkuperäistutkimusten virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu oli toteutettu useimmiten pelillistetyn harjoittelun kaltaisesti. Hyödynnettyjä teknologioita olivat yleisessä käytössä olevat kaupallisten toimijoiden ratkaisut tai fyysiseen kuntoutukseen suunnitellut laitteistot. Toteutuneet harjoitteet ja liikkeet pyrkivät replikoimaan reaali maailman todellisia aktiviteetteja ja toimintoja ei-immersiivisessä, mutta vuorovaikutteisessa virtuaalissa ympäristössä, jossa ohjattiin reaaliajassa hahmoa, objektia tai avataria. Korkean immersion teknologiaa hyödyntäviä tutkimuksia oli vain yksi (Yalfani ym. 2022). Korkean immersion teknologian yleistymisen myötä myös virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun tutkimus aikuisten alaselkävivun hoidossa saattaa monipuolistua ja eritasoisen immersion asteen vaikutusten tutkiminen suhteessa koetun kivun intensiteettiin mahdollistuu.

Kuntoutuskäytössä virtuaalitodellisuuden olisi tärkeää olla yksilöllistettävissä ja kohdennettavissa kuntoutujan taitotason mukaisesti (Riener & Harders, 173). Tähän pro gradu -tutkielmaan sisällytetyissä tutkimuksissa VR-harjoittelun kohdentaminen ja progressio oli huomioitu pääosin hyvin. Peli- tai harjoitteluohjelmisto kykeni määrittämään harjoittelun vaikeustasoa joko automaattisesti (Meinke ym. 2022), tai progressiota määritettiin hyödynnetyn ohjelmiston kautta muulla tavoin (Nambi ym. 2020; Nambi 2021; Yalfani ym. 2022; Yoo ym. 2014; Zadro ym. 2019). Yksilöllisyys huomioitiin myös muulla tavoin, esimerkiksi palautumisaikoja mukauttamalla (Kim ym. 2014; Monteiro-Junior ym. 2015). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun osalta on hyvä tiedostaa, että immersion eri tasot voivat tarkoittaa kuntoutujille eri asioita ja kaikki kuntoutujat eivät välttämättä koe immersion astetta samalla tavalla. Siksi teknologia- tai asiantuntijalähtöinen immersion asteen määrittäminen voi olla ongelmallista. Tulevaisuudessa teknologioiden hyödynnettävyyttä ja immersion astetta tulisi määrittää myös käyttäjälähtöisesti. Kehitystyö edellyttää asiakas- ja kuntoutujaryhmien sekä terveystieteilijöiden ja terveysteknologian osaajien poikkitieteellistä yhteistyötä.

Kroonisen alaselkäkivun hoidossa tärkeitä hoidon elementtejä ovat aktiivisena pysyminen ja kuntoutujan yksilölliset ominaisuudet ja tarpeet huomioiva harjoittelu (Hayden ym. 2021; Oliveira ym. 2018;). Interventioissa hyödynnettyjen teknologioiden ja ohjelmistojen heterogeenisyydestä johtuen ei ole selvyyttä, millä tavoin toteutettu VR-harjoittelu on suositeltavaa. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta alaselkäkipuun aikuisilla tarvitaan lisää tutkimusnäyttöä. Tutkimusten on suositeltavaa huomioida toimintakykyä, tutkittaville itselleen merkityksellisiä muuttujia sekä kivun intensiteetin ohella liikkumisen pelkoon liittyviä tekijöitä. Liikkumisen tai kivun pelko ja pelkoon liittyvä välttämiskäyttäytyminen voivat myötävaikuttaa alaselkäkivun kroonistumiseen ja kivun pelon on osoitettu korreloivan kroonisen toiminnanhaitan kanssa (Cleland ym. 2008). On myös esitetty, että alaselkäkivun pelko saattaa olla merkittävämpi toimintakyvyn haittaa määrittävä tekijä kuin kipu itsessään (Crombez ym. 1999). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tulee myös pyrkiä tutkimaan teknologia-lähtöisesti, huomioiden samalla kuntoutujien kokemuksia harjoittelusta ja immersion asteesta. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun mahdollisia haittavaikutuksia tulee myös selvittää edelleen sekä tarkastella asetelmia, joissa harjoittelu ei tapahdu valvotusti.

## **7.6 Tutkielman rajoitteet ja vahvuudet**

Tämän pro gradu -tutkielman vahvuuksia metodologisesta näkökulmasta olivat sen järjestelmällinen toteutustapa, työn pohjautuminen vain RCT-tutkimukseen sekä tutkimustiedon luotettavuuden ja harhan riskin yksityiskohtaisten ja kriittisten arviointimenetelmien hyödyntäminen. Työn suunnittelussa ja kirjoittamisessa hyödynnettiin voittoa tavoittelemattoman, terveydenhuoltoalan korkeatasoisen tiedon välittämiseksi perustetun Cochrane-tutkimusjärjestön järjestelmällisen katsauksen ja meta-analyysin ohjeistusta (Higgins ym. 2022) sekä järjestelmällisten katsausten raportointiohjeistusta (Page ym. 2021). Työn vahvuutena oli myös tutkimusten laadun ja harhan riskin arvioinnin laatiminen kahden tutkijan toimesta sekä pyrkimys tutkittavan ilmiön ja sen mittaamisen huolelliseen kuvailuun. Työssä pyrittiin myös kuvaamaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun tapoja yksityiskohtaisesti, avoimesti ja kriittisesti sekä nostamaan neutraalilla tavalla virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun heikkouksia ja vahvuuksia esiin.

Tämän tutkielman rajoitteita metodologisesta näkökulmasta ovat soveltuvien tutkimusten seulonnan, tulomuuttujia koskevan tiedon ja muiden tutkielmalle tärkeiden tietojen purkaminen

alkuperäistutkimuksista vain tämän tutkielman kirjoittajan toimesta. Tutkielman rajoitteena oli myös taustakirjallisuuden vähyys alaselkävun kuntoutuksesta virtuaalitodellisuuden avulla, sekä soveltuvien alkuperäistutkimusten määrä ja pienet otoskoot. Tutkielmaa taustoittavia järjestelmällisiä katsauksia tunnistettiin vain viisi, ja niiden laatu arvioitiin heikoksi tai erittäin heikoksi. Tähän tutkielmaan soveltuvia alkuperäistutkimuksia oli vain yksitoista, joiden harhan riski oli joko korkea tai epäselvä. Tutkimuksissa oli tutkittavia henkilöitä yhteensä 458. Vaikka tarkkaa tutkittavien vähimmäislukumäärää meta-analyysin laatimiseksi ei ole, tulee alle neljänsadan tutkittavan otoksen tulosten mahdolliseen epätarkkuuteen esimerkiksi kiinnittää erityistä huomiota (Schünemann ym. 2022). Tutkittavien vähäistä määrää selittänee ilmiön tutkimisen fyysiset sekä resurssien rajoitteet. Interventiot järjestettiin pääosin valvotuissa olosuhteissa ja ne olivat melko lyhyitä. Hyödynnettyjä laitteistoja oli rajoitetusti käytössä, eikä niitä tarjottu yleensä tutkittaville kotikäyttöön. Vähäiseen tutkittavien määrään sekä myös interventioiden heterogeenisyyteen lienee vaikuttanut myös, ettei vielä ole kertynyt tietoa, millainen VR-harjoittelu on hyödyllisintä. Pienet tutkimukset usein myös edeltävät suurten tutkimusten julkaisua (Egger ym. 1997).

Tämän pro gradu -tutkielma rajoite oli myös tutkittavan ilmiön käsittelyn valittu näkökulma. Tutkielmassa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta aikuisten alaselkäkipuun selvitettiin vain kivun intensiteetin osalta. Alaselkäkipu on monisyinen ilmiö, ja sen arvioinnissa tulee huomioida kivun intensiteetin lisäksi muitakin yksilön elämänlaatua kuvaavia osa-alueita kuten toimintakykyä ja työkykyä (Stamm ym. 2019) ja huomioida kuntoutujien itsensä määrittämät merkittävät arvioitavat tekijät, joista yksi merkittävimmistä on koetun kivun intensiteetti (Chiarotto ym. 2018a). Tutkimusnäyttö yleisimpien alaselkäkipua kuvaavien mittareiden luotettavuudesta havaittiin yllättävän heikoksi ja mittareiden käytössä esiintyy risitiriitoja. NRS-asteikko on yleisimmin suositeltu alaselkävun intensiteettiä arvioiva mittari (Chiarotto ym. 2018a, Chiarotto ym. 2018b), mutta kliinisissä tutkimuksissa VAS-kipujanaa hyödynnetään useimmiten (Froud ym. 2016). On myös vahvaa näyttöä, että NRS-mittarin mitausvirhe on liian suuri (Chiarotto ym. 2018a). Vahva konsensus alaselkävun intensiteettiä parhaimmin kuvaavista mittareista vaikuttaa puuttuvan. Tämän pro gradu -tutkielman tuloksia tulkitessa, sekä VR-harjoittelun kliinistä hyödynnettävyyttä pohtiessa, tulee myös huomioida, että kivulla ja kivun intensiteetillä voi olla vaihtelevia merkityksiä kuntoutujille.

Tässä tutkielmassa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkäkipuun aikuisilla tarkasteltiin myös minimaalisen kliinisen merkityksellisen muutoksen (MCID)

kautta, minkä vähimmäisarvo arvioitiin 1.5 pisteeseen. Arvon määrittäminen on lähtöisin pyrkimyksestä kuvata kuntoutujalle merkityksellistä muutosta. Tuloksia tarkasteltaessa MCID-arvon kautta, tulee huomioida, että tutkimusten mukaan ohjearvot ovat viitteellisiä, ja arvot voivat vaihdella tutkittavien henkilöiden välillä (Ostelo & Vet 2005). Arvoja voidaan myös määrittää usealla tavalla, eikä yhden tavan paremmuudesta ole yksimielisyyttä (Ostelo & Vet 2005, Resnik & Dobrzykowski, 2003). Tutkimustietoa ei tiettävästi ole olemassa, onko merkityksellisen muutoksen arvioiminen meta-analyysin kaltaisessa vertailuasetelmassa mielekästä.



## 8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän pro gradu -tutkielman tulosten valossa virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu on vaikuttavaa, muttei kliinisesti merkitsevää, alaselkävun hoidossa, verrattuna muuhun harjoitteluun, tavanomainen hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen subakuutista ja kroonisesta alaselkävun kärsivillä aikuisilla. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu oli tilastollisesti ja kliinisesti merkitsevää koettuun alaselkäkipuun, verrattuna muuhun harjoitteluun, joka koostui keskivartalon dynaamisista ja stabiloivista tai vain stabiloivista harjoitteista. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa vähentää alaselkäkipua aikuisilla, verrattuna muuhun harjoitteluun, tavanomainen hoitoon ja ohjaukseen tai hoidotta jättämiseen subakuutista ja kroonisesta alaselkävun kärsivillä aikuisilla (näytön aste C). Uudet tutkimukset todennäköisesti vaikuttavat arvioon vaikutuksen suuruudesta ja mahdollisesti sen suunnasta

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelun yhteydessä ei esiintynyt tilapäistä lihasarkuutta vakavampia haittavaikutuksia, mutta suosituksia harjoittelun turvallisuudesta ei voida tämän pro gradu -tutkielman aineiston perusteella antaa. Haittavaikutuksia oli raportoitu alkuperäisissä tutkimuksissa heikosti ja VR-harjoittelu oli toteutettu pääosin ohjatusti ja valvotusti.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu voi olla yksi harjoittelun tapa aikuisten alaselkävun hoidossa muiden menetelmien ohella, kuntoutujan yksilölliset psykososiaaliset tarpeet ja lähtökohdat huomioiden. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta alaselkävun kuntoutuksessa aikuisilla tulee selvittää edelleen laadullisesti tasokkaissa tutkimuksissa, joissa on suurempi otoskoko, pidempi interventio- ja seuranta-aika sekä yhteneväisemmät vertailuryhmät. Lisäksi tarvitaan tietoa, millainen virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu on tehokkainta ja millaiset teknologiat ja interventiot edistävät kuntoutumista tehokkaimmin.

## LÄHTEET

- Aartolahti, E., Köyhäjoki, A., Margaritis, M., Korpi, H., Honkanen, S., Ilves, O., Sjögren, T. & Häkkinen, A. 2022. Robotit ja virtuaalitodellisuus näyttöön perustuvassa lääkinnällisessä kuntoutuksessa. Teoksessa Ilves, O., Korpi, H., Honkanen, S. & Aartolahti E. (toim.) *Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinnällisessä kuntoutuksessa. Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset*. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 159. <http://hdl.handle.net/10138/344398>
- Afzal, M. W., Ahmad, A., Mohseni-Bandpei, M. A., Gilani, S. A., Hanif, A. & Waqas, M. S. 2022. Effects of virtual reality exercises and routine physical therapy on pain intensity and functional disability in patients with chronic low back pain. *Journal of Pakistan Medical Association* 72 (3), 413-417. doi: 10.47391/JPMA.3424.
- Ahern, M. M., Dean, L.V., Stoddard, C. C., Agrawal, A., Kim, K., Cook, C. E. & Narciso-Garcia, A. 2020. The Effectiveness of Virtual Reality in Patients With Spinal Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Pain Practice* 20 (6), 656-675. doi: 10.1111/papr.12885.
- Alaselkäkipu. Käypä hoito -suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Fysioteri yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2017 (viitattu 13.01.2023). Saatavilla internetissä: [www.käypähoito.fi](http://www.käypähoito.fi).
- Atkins, D., Best, D., Briss, P. A., Eccles, M., Falck-Ytter, Y., Flottorp, S., Guyatt G. H., Harbour, R. T., Haugh, M. C., Henry, D., Hill, S., Jaeschke, R., Leng, G., Liberati, A., Magrini, N., Mason, J., Middleton, P., Mrukowicz, J., O'Connell, D., Oxman, A. D., Phillips, B., Schünemann, H. J., Edejer, T. T., Varonen, H., Vist, G. E., Williams, J. W. Jr. & Zaza, S. 2004. Grading quality of evidence and strength of recommendations. *British Medical Journal* 328 (7454), 1490. doi: 10.1136/bmj.328.7454.1490.
- Bijur, P. E., Silver, W & Gallagher, E. J. 2001. Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Academic Emergency Medicine* 8 (12), 1153–1157. doi: 10.1111/j.1553-2712.2001.tb01132.x.
- Bijur, P. E., Latimer, C. T. & Gallagher, E. J. 2003. Validation of a verbally administered numerical rating scale of acute pain for use in the emergency department. *Academic Emergency Medicine*. 10 (4), 390-392. doi: 10.1111/j.1553-2712.2003.tb01355.x.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J. P. T. & Rothstein, H. R. 2009. *Introduction to Meta-analysis*. Chichester: Wiley & Sons

- Brea-Gómez, B., Torres-Sánchez, I., Ortiz-Rubio, A., Calvache-Mateo, A., Cabrera-Martos, I., López-López, L. & Valenza, M. C. 2021. Virtual Reality in the Treatment of Adults with Chronic Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 18 (22), 11806. doi: 10.3390/ijerph182211806.
- Chiarotto, A., Deyo, R. A., Terwee, C. B., Boers, M., Buchbinder, R., Corbin, T. P., Costa, L. O., Foster, N.E., Grotle, M., Koes, B. W., Kovacs, F. M., Lin, C. C., Maher, C. G., Pearson, A. M., Peul, W. C., Schoene, M. L., Turk, D. C., van Tulder, M. W. & Ostelo, R. W. 2015. Core outcome domains for clinical trials in non-specific low back pain. *European Spine Journal*. (24), 1127-1142.
- Chiarotto, A., Maxwell L. J., Ostelo, R. W., Boers, M., Tugwell, P. & Terwee, C. B. 2018a. Measurement Properties of Visual Analogue Scale, Numeric Rating Scale, and Pain Severity Subscale of the Brief Pain Inventory in Patients With Low Back Pain: A Systematic Review. *Journal of Pain*. 20 (3), 245-263. doi: 10.1016/j.jpain.2018.07.009.
- Chiarotto, A., Boers, M., Deyo, R. A., Buchbinder, R., Corbin, T. P., Costa, L. O. P., Foster, N. E., Grotle, M., Koes, B. W., Kovacs, F. M., Lin, C. C., Maher, C. G., Pearson, A. M., Peul, W. C., Schoene, M. L., Turk, D. C., van Tulder, M. W., Terwee, C. B. & Ostelo, R. W. 2018b. Core outcome measurement instruments for clinical trials in nonspecific low back pain. *Journal of Pain*. 19 (3), 481-495. doi: 10.1097/j.pain.0000000000001117.
- Childs, J. D., Piva, S. R. & Fritz, J. M. 2005. Responsiveness of the Numeric Pain Rating Scale in patients with low back pain. *The Spine Journal*. 30 (11), 1331–1334.
- Choi, B. K., Verbeek, J. H., Tam, W. W. & Jiang, J. Y. 2010. Exercises for prevention of recurrences of low-back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 20 (1), CD006555. doi: 10.1002/14651858.CD006555.pub2.
- Chou, R. & Huffman, L. H. 2007. Nonpharmacologic therapies for acute and chronic low back pain: a review of the evidence for an American Pain Society/American College of Physicians clinical practice guideline. *Annals of Internal Medicine*. 147 (7), 492-504. doi: 10.7326/0003-4819-147-7-200710020-00007.
- Cleland, J., Fritz, J. & Childs, J. 2008. Psychometric Properties of the Fear-Avoidance Beliefs Questionnaire and Tampa Scale of Kinesiophobia in Patients with Neck Pain. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists*. 87 (2), 109-117. doi: 10.1097/PHM.0b013e31815b61f1.

- Cleeland, C. S. 2009. The Brief Pain Inventory - user guide. Viitattu 26.5.2023. [https://www.mdanderson.org/documents/Departments-and-Divisions/Symptom-Research/BPI\\_UserGuide.pdf](https://www.mdanderson.org/documents/Departments-and-Divisions/Symptom-Research/BPI_UserGuide.pdf)
- Clement, R. C., Welander, A., Stowell, C., Cha, T. D., Chen, J. L., Davies, M., Fairbank, J. C., Foley, K. T., Gehrchen, M., Hägg, O., Jacobs, W. C., Kahler, R., Khan, S. N., Lieberman, I. H., Morisson, B., Ohnmeiss, D. D., Peul, W. C., Shonnard, N. H., Smuck, M. W., Solberg, T. K., Stromqvist, B. H., Hooff, M. L., Wasan, A. D., Willems, P. C., Yeo, W. & Fritzell, P. 2015. A proposed set of metrics for standardized outcome reporting in the management of low back pain. *Acta Orthopaedica*. 86 (5), 523-33. doi: 10.3109/17453674.2015.1036696.
- Collado-Mateo, D., Merellano-Navarro, E., Olivares, P. R., García-Rubio, J. & Gusi, N. 2018. Effect of exergames on musculoskeletal pain: A systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 28 (3), 760-771. doi: 10.1111/sms.12899.
- Covidence 2023. Covidence systematic review software, Veritas Health Innovation, Melbourne, Australia. Viitattu 27.8.2023. [www.covidence.org](http://www.covidence.org).
- Crombez, G., Vlaeyen, J. W., Heuts, P. H. & Lysens, R. 1999. Pain-related fear is more disabling than pain itself: evidence on the role of pain-related fear in chronic back pain disability. *Journal of Pain*. 80 (1-2), 329-39. doi: 10.1016/s0304-3959(98)00229-2.
- Crossley, K. M., Bennell, K. L., Cowan, S. M. & Green, S. 2004. Analysis of outcome measures for persons with patellofemoral pain: which are reliable and valid? *The Archives of Physical Medicine and Rehabilitation on American Congress of Rehabilitation Medicine*. 85 (5), 815-22. doi: 10.1016/s0003-9993(03)00613-0.
- Dascal, J., Reid, M. & IsHak, W. W. 2017. Virtual reality and medical inpatients: a systematic review of randomized, controlled trials. *Innovations in Clinical Neuroscience*. 14 (1-2), 14–21.
- Deeks J, J., Higgins, J. P. T. & Altman, D. G. 2022. Analysing data and undertaking meta-analyses. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 (updated February 2022). [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook).
- Demeco, A., Zola, L., Frizziero, A., Martini, C., Palumbo, A., Foresti, R., Buccino, G. & Costantino, C. 2023. Immersive Virtual Reality in Post-Stroke Rehabilitation: A Systematic Review. *Sensors (Basel)*. 23 (3), 1712. doi: 10.3390/s23031712.

- Downie, A. S., Hancock, M. J., Rzewuska, M., Williams, C. M., Lin, C. C. & Maher, C. G. 2016. Trajectories of acute low back pain: a latent class growth analysis. *Journal of Pain*. 17 (1), 225-234. doi: 10.1097/j.pain.0000000000000351.
- Egger, M., Smith, G. D., Schneider, M. & Minder, C. 1997. Bias in meta-analysis detected by a simple, graphical test. *British Medical Journal* 315, 629–634. doi: 10.1136/bmj.315.7109.629.
- Eric Database - Education Resources Information Center. 2019. Eric Year in Review. Viitattu 30.05.2023, <https://eric.ed.gov/?multimedia-basics>
- Farrar, J. T., Young, J. P. & La Moreaux, L. 2001. Clinical importance of changes in chronic pain intensity measured on an 11-point numerical pain rating scale. *Journal of Pain*. 2(2), 149–158. doi: 10.1016/S0304-3959(01)00349-9.
- Ferraz, M. B., Quaresma, M. R., Aquino, L. R., Atra, E., Tugwell, P. & Goldsmith, C. H. 1990. Reliability of pain scales in the assessment of literate and illiterate patients with rheumatoid arthritis. *Journal of Rheumatology*. 17 (8), 1022–4.
- Furlan, A. D. & Irvin, E. 2022. Conducting a Systematic Review and Meta-analysis in Rehabilitation. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 101 (10), 965-974. doi: 10.1097/PHM.0000000000001933.
- Froud, R., Patel, S., Rajendran, D., Bright, P., Bjorkli, T., Buchbinder, R., Eldridge, S. & Underwood, M. A. 2016. Systematic Review of Outcome Measures Use, Analytical Approaches, Reporting Methods, and Publication Volume by Year in Low Back Pain Trials Published between 1980 and 2012: Respite, adspice, et prospice. *PLoS One*. 11 (10), e0164573. doi: 10.1371/journal.pone.0164573.
- Gallagher, E.J., Bijur, P. E., Latimer, C. & Silver, W. 2002. Reliability and validity of a visual analog scale for acute abdominal pain in the ED. *American Journal of Emergency Medicine* 20 (4), 287–290. doi: 10.1053/ajem.2002.33778.
- Garrett, B., Taverner, T., Masinde, W., Gromala, D., Shaw, C. & Negraeff, M. 2014. A rapid evidence assessment of immersive virtual reality as an adjunct therapy in acute pain management in clinical practice. *Clinical Journal of Pain*. 30(12), 1089-98. doi: 10.1097/AJP.0000000000000064.
- GBD 2018. Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 392 (10159), 1789-1858. doi: 10.1016/S0140-6736(18)32279-7.

- GBD 2023. Low Back Pain Collaborators. Global, regional, and national burden of low back pain, 1990-2020, its attributable risk factors, and projections to 2050: a systematic analysis of the Global Burden of Disease Study 2021. *Lancet Rheumatology*. 5 (6), e316-e329. doi: 10.1016/S2665-9913(23)00098-X.
- Grassini, S. 2022. Virtual Reality Assisted Non-Pharmacological Treatments in Chronic Pain Management: A Systematic Review and Quantitative Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19 (7), 4071. doi: 10.3390/ijerph19074071.
- Grooten, W. J. A., Boström, C. & Dederling, Å., Halvorsen, M., Kuster, R. P., Nilsson-Wikmar, L., Olsson, C. B., Rovner, G., Tseli, E. & Rasmussen-Barr, E. 2022. Summarizing the effects of different exercise types in chronic low back pain – a systematic review of systematic reviews. *BMC Musculoskeletal Disorders* 23 (1), 801. doi: 10.1186/s12891-022-05722-x.
- Gumaa, M. & Rehan-Youssef, A. 2019. Is Virtual Reality Effective in Orthopedic Rehabilitation? A Systematic Review and Meta-Analysis. *Physical Therapy & Rehabilitation Journal*. 99 (10), 1304-1325. doi: 10.1093/ptj/pzz093.
- Guyatt, G., Oxman, A., Vist, G., Kunz, R., Falck-Ytter, Y., Alonso-Coello, P. & Schünemann, H. 2008. GRADE: an emerging consensus on rating quality of evidence and strength of recommendations. *British Medical Journal*. 336 (7650), 924-926. doi: 10.1136/bmj.39489.470347.AD.
- 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. 2011a. GRADE guidelines: 1. Introduction-GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *Journal of Clinical Epidemiology*; 64 (4), 383-394. doi: 10.1016/j.jclinepi.2010.04.026.
- Hawker, G. A., Mian, S., Kendzerska, T. & French, M. 2011. Measures of adult pain: Visual Analog Scale for Pain (VAS Pain), Numeric Rating Scale for Pain (NRS Pain), McGill Pain Questionnaire (MPQ), Short-Form McGill Pain Questionnaire (SF-MPQ), Chronic Pain Grade Scale (CPGS), Short Form-36 Bodily Pain Scale (SF-36 BPS), and Measure of Intermittent and Constant Osteoarthritis Pain (ICOAP). *Arthritis Care & Research*. 63 (11), 240-252.
- Hayden, J. A., van Tulder, M. W., Malmivaara, A. & Koes, B. W. 2005. Exercise therapy for treatment of non-specific low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2005(3), CD000335. doi: 10.1002/14651858.CD000335.pub2.

- Hayden, J. A., Ellis, J., Ogilvie, R., Malmivaara, A. & van Tulder, M. W. 2021. Exercise therapy for chronic low back pain. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 9 (9), CD009790. doi: 10.1002/14651858.CD009790.pub2.
- Henschke, N., Maher, C. G., Refshauge, K. M., Herbert, R. D., Cumming, R. G., Bleasel, J., York, J., Das, A. & McAuley, J. H. 2009. Prevalence of and screening for serious spinal pathology in patients presenting to primary care settings with acute low back pain. *Arthritis Rheumatology*. 60 (10), 3072-80. doi: 10.1002/art.24853.
- Hjermstad, M. J., Fayers, P. M., Haugen, D. F., Caraceni, A., Hanks, G. W., Loge, J. H., Fainsinger, R., Aass, N. & Kaasa, S. 2011. European Palliative Care Research Collaborative (EPCRC). Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review. *Journal of Pain Symptom Management*. 41 (6), 1073-93. doi: 10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016.
- Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. 2022. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3* (updated February 2022). [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Higgins, J. P. T., Li, T. & Deeks, J. J. 2022a. Choosing effect measures and computing estimates of effect. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3* (updated February 2022). [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Higgins, J. P. T., Savović, J., Page, M. J., Elbers, R. G. & Sterne, J. A. C. 2022b. Assessing risk of bias in a randomized trial. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3* (updated February 2022). [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Higgins, J. P. T., Eldridge, S. & Li, T. 2022c. Including variants on randomized trials. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3* (updated February 2022). [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Hoy, D., Bain, C., Williams, G., March, L., Brooks, P., Blyth, F., Woolf, A., Vos, T. & Buchbinder, R. 2012. A systematic review of the global prevalence of low back pain. *Arthritis Rheumatology*. 64 (6), 2028-37. doi: 10.1002/art.34347.
- HTC. 2023. Viitattu 28.6.2023, <https://www.vive.com>

- Hägg, O., Fritzell, P. & Nordwall, A. 2003. Swedish Lumbar Spine Study Group. The clinical importance of changes in outcome scores after treatment for chronic low back pain. *European Spine Journal*. 12 (1), 12-20. doi: 10.1007/s00586-002-0464-0.
- Ilves, O., Korpi, H., Honkanen, S. & Aartolahti E. (toim.) 2022. Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa. *Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset*. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 159. <http://hdl.handle.net/10138/344398>
- Ilves, O., Margaritis, M., Punsár, T., Yli-Ikkela, R., Korhonen, BB., Köyhäjoki, A., Rintala, A., Sjögren, T., Häkkinen, A & Aartolahti, E. 2022a. Virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus kuntoutuksessa. Teoksessa Ilves, O., Korpi, H., Honkanen, S. & Aartolahti E. (toim.) *Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa*. *Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset*. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 159. <http://hdl.handle.net/10138/344398>
- Ilves, O., Korpi, H., Honkanen, S., Sjögren, T. & Aartolahti, E. 2022b. *Järjestelmällisten kirjallisuuskatsausten toteutus*. Teoksessa Ilves, O., Korpi, H., Honkanen, S. & Aartolahti E. (toim.) *Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa*. *Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset*. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 159. <http://hdl.handle.net/10138/344398>
- IOM 2011. Institute of Medicine, Committee on Advancing Pain Research, Care, and Education. *Relieving Pain in America: A Blueprint for Transforming Prevention, Care, Education, and Research*. Washington (DC): National Academies Press. DOI: 10.17226/13172.
- Itz, C. J., Geurts, J. W., van Kleef, M. & Nelemans, P. 2013. Clinical course of non-specific low back pain: a systematic review of prospective cohort studies set in primary care. *European Journal of Pain*. 17 (1), 5-15. doi: 10.1002/j.1532-2149.2012.00170.x.
- Jaeschke, R., Singer, J. & Guyatt, G. H. 1989. Measurement of health status. Ascertaining the minimal clinically important difference. *Controlled Clinical Trials*. 10 (4), 407–415. doi: 10.1016/0197-2456(89)90005-6.
- Honkanen, M., Jousimaa, J., Komulainen, J. & Kunnamo, I. Sipilä R, (toim.) 2023. *Duodecimin hoitosuositusryhmien käsikirja*. Päivitetty 11.01.2023. Viitattu 29.06.2023.
- 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*. 1 (13), 13. doi: 10.1186/s12984-016-0124-y.
- Karlsson, M., Bergenheim, A., Larsson, M. E. H., Nordeman, L., Tulder, M. & Bernhardsson, S. 2020. Effects of exercise therapy in patients with acute low back pain: a systematic review of systematic reviews. *Systematic Reviews*. 9 (1), 182. doi: 10.1186/s13643-020-01412-8.
- Keiski, R., Hämäläinen, K., Karhunen, M., Löfström, E., Näreaho, S., Varantola, K. & Spoof, S-K. (toim.) 2023. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan HTK-ohje 2023. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja (2)2023.
- Kent, P., Haines, T., O'Sullivan, P., Smith, A., Campbell, A., Schutze, R., Attwell, S., Caneiro, J. P., Laird R., O'Sullivan, K., McGregor, A., Hartvigsen, J., Lee, D. A., Vickery, A. & Hancock, M., RESTORE trial team. 2023. Cognitive functional therapy with or without movement sensor biofeedback versus usual care for chronic, disabling low back pain (RESTORE): a randomised, controlled, three-arm, parallel group, phase 3, clinical trial. *Lancet*. 401 (10391), 1866-1877. doi: 10.1016/S0140-6736(23)00441-5.
- Kim, S. S., Min, W. K., Kim, J. H. & Lee, B. H. 2014. The Effects of VR-based Wii Fit Yoga on Physical Function in Middle-aged Female LBP Patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 26 (4), 549-52. doi: 10.1589/jpts.26.549.
- Kohonen, A., Kuula-Luumi, A. & Spoof, S-K. (toim.) 2019. Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2019. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan julkaisuja (3)2019, 2.painos.
- Kovacs, F. M., Abairra, V., Royuela, A., Corcoll, J., Alegre, L., Cano, A., Muriel, A., Zamora, J., del Real, M. T., Gestoso, M. & Mufraggi, N. 2007. Minimal clinically important change for pain intensity and disability in patients with nonspecific low back pain. *Spine*. 32 (25), 2915-20. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815b75ae.
- Li, T., Higgins, J. P. T. & Deeks, J. J. (toim.) 2022. Collecting data. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022)*. [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Li, Z., Yu, Q., Luo, H., Liang, W., Li, X., Ge, L., Zhang, S., Li, L. & Wang, C. 2021. The Effect of Virtual Reality Training on Anticipatory Postural Adjustments in Patients with

- Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Preliminary Study. *Neural Plasticity*. 2021:9975862. doi: 10.1155/2021/9975862.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J. & Moher, D. 2009. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*. 62 (10), e1-34. doi: 10.1016/j.jclinepi.2009.06.006.
- Maher, C., Underwood, M. & Buchbinder, R. 2017. Non-specific low back pain. *Lancet*. 389 (10070), 736-747. doi: 10.1016/S0140-6736(16)30970-9.
- Malloy, K. M., Milling, L. S. 2010. The effectiveness of virtual reality distraction for pain reduction: a systematic review. *Clinical Psychology Review*. 30 (8), 1011–1018. doi: 10.1016/j.cpr.2010.07.001.
- McKenzie, J. E., Brennan, S. E., Ryan, R. E., Thomson, H. J., Johnston, R. V. & Thomas, J. 2022a. Defining the criteria for including studies and how they will be grouped for the synthesis. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022)*. [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- McKenzie, J. E., Brennan, S. E., Ryan, R. E., Thomson, H. J., Johnston, R. V. 2022b. Summarizing study characteristics and preparing for synthesis. Teoksessa Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions version 6.3 (updated February 2022)*. [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook)
- Mehra, M., Hill, K., Nicholl, D. & Schadrack, J. 2012. The burden of chronic low back pain with and without a neuropathic component: a healthcare resource use and cost analysis. *Journal of Medical Economics*. 15 (2), 245-52. doi: 10.3111/13696998.2011.642090.
- Meinke, A., Peters, R., Knols, R. H., Swanenburg, J. & Karlen, W. 2022. Feedback on Trunk Movements From an Electronic Game to Improve Postural Balance in People With Non-specific Low Back Pain: Pilot Randomized Controlled Trial. *JMIR Serious Games*. 10 (2), e31685. doi: 10.2196/31685.
- Meucci, R. D., Fassa, A. G. & Faria, N. M. 2015. Prevalence of chronic low back pain: systematic review. *Rev Saude Publica*. 49:1. doi: 10.1590/S0034-8910.2015049005874.
- van Middelkoop, M., Rubinstein, S. M., Kuijpers, T., Verhagen, A. P., Ostelo, R., Koes, B. W. & van Tulder, M. W. 2011. A systematic review on the effectiveness of physical and

- rehabilitation interventions for chronic non-specific low back pain. *European Spine Journal*. 20 (1), 19-39. doi: 10.1007/s00586-010-1518-3.
- Mokkink, L. B., Terwee, C. B., Patrick, D. L., Alonso, J., Stratford, P. W., Knol, D. L., Bouter, L. M. & de Vet, H. C. 2010. The COSMIN checklist for assessing the methodological quality of studies on measurement properties of health status measurement instruments: an international Delphi study. *Quality of Life Research*. 19 (4), 539-49. doi: 10.1007/s11136-010-9606-8.
- Mokkink, L. B., Prinsen, C. A., Bouter, L. M., Vet, H. C. & Terwee, C. B. 2016. The COnsensus-based Standards for the selection of health Measurement INstruments (COSMIN) and how to select an outcome measurement instrument. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 20 (2), 105-113. doi: 10.1590/bjpt-rbf.2014.0143.
- Monteiro-Junior, R. S., de Souza, C. P., Lattari, E., Rocha, N. B., Mura, G., Machado, S. & da Silva, E. B. 2015. Wii-Workouts on Chronic Pain, Physical Capabilities and Mood of Older Women: A Randomized Controlled Double Blind Trial. *CNS Neurol Disord Drug Targets*. 14 (9), 1157-64. doi: 10.2174/1871527315666151111120131.
- Morris, L. D., Louw, Q. A. & Grimmer-Somers, K. 2009. The effectiveness of virtual reality on reducing pain and anxiety in burn injury patients: a systematic review. *Clinical Journal of Pain*. 25 (9), 815-26. doi: 10.1097/AJP.0b013e3181aaa909.
- Nagpal, A. S., Raghunandan, A., Tata, F., Kibler, D. & McGeary, D. 2022. Virtual Reality in the Management of Chronic Low Back Pain: A Scoping Review. *Frontiers of Pain Research*. 3:856935. doi: 10.3389/fpain.2022.856935.
- Nambi, G., Abdelbasset, W. K., Elsayed, S. H., Alrawaili, S. M., Abodonya, A. M., Saleh, A. K. & Elnegamy, T. E. 2020. Comparative Effects of Isokinetic Training and Virtual Reality Training on Sports Performances in University Football Players with Chronic Low Back Pain-Randomized Controlled Study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2020:2981273. doi: 10.1155/2020/2981273.
- Nambi, G., Abdelbasset, W. K., Alsubaie, S. F., Saleh, A. K., Verma, A., Abdelaziz, M. A. & Alkathiry, A. A. 2021. Short-Term Psychological and Hormonal Effects of Virtual Reality Training on Chronic Low Back Pain in Soccer Players. *Journal of Sport Rehabilitation*. 30 (6), 884-893. doi: 10.1123/jsr.2020-0075.
- Oliveira, C. B., Maher, C. G., Pinto, R. Z., Traeger, A. C., Lin, C. C., Chenot, J. F., van Tulder, M. & Koes, B. W. 2018. Clinical practice guidelines for the management of non-specific low back pain in primary care: an updated overview. *European Spine Journal*. 27 (11), 2791-2803. doi: 10.1007/s00586-018-5673-2.

- Ostelo, R. W. & de Vet, H. C. 2005. Clinically important outcomes in low back pain. *Best Practice & Research: Clinical Rheumatology*. 19 (4), 593-607.  
doi: 10.1016/j.berh.2005.03.003.
- Ostelo, R. W., Swinkels-Meewisse, I. J., Knol, D. L., Vlaeyen, J. W. & de Vet, H. C. 2007. Assessing pain and pain-related fear in acute low back pain: what is the smallest detectable change? *The International Journal of Behavioral Medicine*. 14 (4), 242-248.  
doi: 10.1007/BF03002999.
- Ostelo, R. W., Deyo, R. A., Stratford, P., Waddell, G., Croft, P., Von Korf, M., Bouter, L. M. & de Vet, H. C. 2008. Interpreting change scores for pain and functional status in low back pain: towards international consensus regarding minimal important change. *Spine*. 33 (1), 90-94. doi: 10.1097/BRS.0b013e31815e3a10.
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P. & Moher, D. 2021. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
- Park, J. H., Lee, S. H. & Ko, D. S. 2013. The Effects of the Nintendo Wii Exercise Program on Chronic Work-related Low Back Pain in Industrial Workers. *Journal of Physical Therapy Science*. 25 (8), 985-8. doi: 10.1589/jpts.25.985.
- Resnik, L. & Dobrzykowski, E. 2003. Guide to outcomes measurement for patients with low back pain syndromes. *The Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*. 33 (6), 307-18. doi: 10.2519/jospt.2003.33.6.307.
- Riener, R. & Harders, M. 2012. *Virtual Reality in Medicine*. Springer London.
- Roer, V. D., Ostelo, R. W., Bekkering, G. E, van Tulder, M. W. & de Vet, H. C. 2006. Minimal clinically important change for pain intensity, functional status, and general health status in patients with nonspecific low back pain. *Spine*. 31 (5), 578–582.
- Schünemann, H. J., Best, D., Vist, G., Oxman, A. D. & Group, G. W. 2003. Letters, numbers, symbols and words: how to communicate grades of evidence and recommendations. *Canadian Medical Association Journal*. 169 (7), 677-680.
- Schünemann, H. J., Jaeschke, R., Cook, D. J., Bria, W. F., El-Solh, A. A., Ernst, A., Fahy, B. F., Gould, M. K, Horan, K. L, Krishnan, J. A., Manthous, C. A, Maurer, J. R., McNicholas, W. T., Oxman, A. D., Rubinfeld, G., Turino, G. M. & Guyatt, G. An official ATS statement: grading the quality of evidence and strength of recommendations in ATS

- guidelines and recommendations. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. 174 (5), 605-614. doi: 10.1164/rccm.200602-197ST.
- Schünemann, H. J., Higgins, J. P. T., Vist, G. E., Glasziou, P., Akl, E. A., Skoetz, N. & Guyatt, G. H. 2022. Completing ‘Summary of findings’ tables and grading the certainty of the evidence. Higgins, J. P. T., Thomas, J., Chandler, J., Cumpston, M., Li, T., Page, M. J. & Welch, V. A. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions* version 6.3 (updated February 2022). [www.training.cochrane.org/handbook](http://www.training.cochrane.org/handbook).
- Searle, A., Spink, M., Ho, A. & Chuter, V. 2015. Exercise interventions for the treatment of chronic low back pain: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Clinical Rehabilitation*. 29 (12), 1155-67. doi: 10.1177/0269215515570379.
- Shafshak, T. S. & Elnemr, R. 2021. The Visual Analogue Scale Versus Numerical Rating Scale in Measuring Pain Severity and Predicting Disability in Low Back Pain. *Journal of Clinical Rheumatology*. 27 (7), 282-285. doi: 10.1097/RHU.0000000000001320.
- 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). doi: 10.1136/bmj.j4008.
- Stamm, T. A., Boesendorfer, A., Omara, M., Ritschl, V., Štefanac, S. & Mosor, E. 2019. Outcomes research in non-specific low back pain: Knowledge transfer in clinical practice. *Wien Klin Wochenschr*. 131 (21-22), 550-557. doi: 10.1007/s00508-019-1523-4.
- Steffens, D., Maher, C. G., Pereira, L. S., Stevens, M. L., Oliveira, V. C., Chapple, M., Teixeira-Salmela, L. F. & Hancock, M. J. 2016. Prevention of Low Back Pain: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Internal Medicine*. 176 (2), 199-208. doi: 10.1001/jamainternmed.2015.7431.
- 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:d4002. doi: 10.1136/bmj.d4002.
- Stratford, P. W., Binkley, J. M., Riddle, D. L. & Guyatt, G. H. 1998. Sensitivity to change of the Roland–Morris back pain questionnaire: part 1. *Physical Therapy* 78 (11), 1186–1196. doi: 10.1093/ptj/78.11.1186.
- Tack, C. 2021. Virtual reality and chronic low back pain. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*. 16 (6), 637-645. doi: 10.1080/17483107.2019.1688399.

- Terwee, C. B., Prinsen, C. A., Chiarotto, A., De Vet, H. C., Westerman, M. J., Patrick, D. L., Alonso, J., Bouter, L. M. & Mokkink, L. B. 2018. COSMIN methodology for evaluating the content validity of patient reported outcome measures: a Delphi study. *Quality of Life Research*. 27 (5), 1159-1170. doi: 10.1007/s11136-018-1829-0.
- Tortora, G. & Derrickson, B. 2014. *Principles of human anatomy and physiology*. 14<sup>th</sup> ed. Chichester: Wiley & Sons.
- Trost, Z., Zielke, M., Guck, A., Nowlin, L., Zakhidov, D., France, C. R. & Keefe, F. 2015. The promise and challenge of virtual gaming technologies for chronic pain: the case of graded exposure for low back pain. *Pain Management*. 5 (3), 197-206. doi: 10.2217/pmt.15.6.
- Valkeinen, H., Anttila, H. & Paltamaa, J. 2014. Opas toimintakyvyn mittarin arviointiin TOIMIA-verkostossa. Viitattu 26.5.2023. <https://thl.fi/fi/web/toimintakyky/etusivu/toimia-tietokanta/opas-toimintakykymittareiden-arviointiin>
- Von Korff, M., Jensen, M. P & Karoly, P. 2000. Assessing global pain severity by self-report in clinical and health services research. *Spine*. 25 (24), 3140–3151. doi: 10.1097/00007632-200012150-00009.
- Voon, K., Silberstein, I., Eranki, A., Phillips, M., Wood, F. M. & Edgar, D. W. 2016. Xbox Kinect™ based rehabilitation as a feasible adjunct for minor upper limb burns rehabilitation: A pilot RCT. *Burns*. 42 (8), 1797-1804. doi: 10.1016/j.burns.2016.06.007.
- Wewege, M. A., Jones, M. D., Williams, S. A., Kamper, S. J. & McAuley, J. H. 2022. Rescaling pain intensity measures for meta-analyses of analgesic medicines for low back pain appears justified: an empirical examination from randomised trials. *BMC Medical Research Methodology*. 22 (1), 285. doi: 10.1186/s12874-022-01763-x.
- WHO 2002. *Towards a common language for functioning, disability and health. ICF —The International Classification of Functioning, Disability and Health*. Geneva: WHO, 2002. Viitattu 30.5.2023. [www.who.int](http://www.who.int)
- Williamson, A. & Hoggart, B. 2005. Pain: a review of three commonly used pain rating scales. *Journal of Clinical Nursing*. 14 (7), 798-804. doi: 10.1111/j.1365-2702.2005.01121.x.
- Wu, A., March, L., Zheng, X., Huang, J., Wang, X., Zhao, J., Blyth, F. M., Smith, E., Buchbinder, R. & Hoy, D. 2020. Global low back pain prevalence and years lived with disability from 1990 to 2017: estimates from the Global Burden of Disease Study 2017. *Annals of Translational Medicine*. 8 (6), 299. doi: 10.21037/atm.2020.02.175.
- Yalfani, A., Abedi, M. & Raeisi Z. 2022. Effects of an 8-Week Virtual Reality Training Program on Pain, Fall Risk, and Quality of Life in Elderly Women with Chronic Low Back

- Pain: Double-Blind Randomized Clinical Trial. *Games Health Journal*. 11 (2), 85-92.  
doi: 10.1089/g4h.2021.0175. Erratum in: *Games Health J*. 2022 Aug;11(4):275.
- Yoo, J. H., Kim, S. E., Lee, M. G., Jin, J. J., Hong, J., Choi, Y. T., Kim, M. H. & Jee, Y. S.  
2014. The effect of horse simulator riding on visual analogue scale, body composition  
and trunk strength in the patients with chronic low back pain. *The International Journal  
of Clinical Practice*. 68 (8), 941-949. doi: 10.1111/ijcp.12414.
- Zadro, J. R., Shirley, D., Simic, M., Mousavi, S. J., Ceparnja, D., Maka, K., Sung, J. & Ferreira  
P. 2019. Video-Game-Based Exercises for Older People With Chronic Low Back Pain:  
A Randomized Controlledtable Trial (GAMEBACK). *Physical Therapy*. 99 (1), 14-27.  
doi: 10.1093/ptj/pzy112.

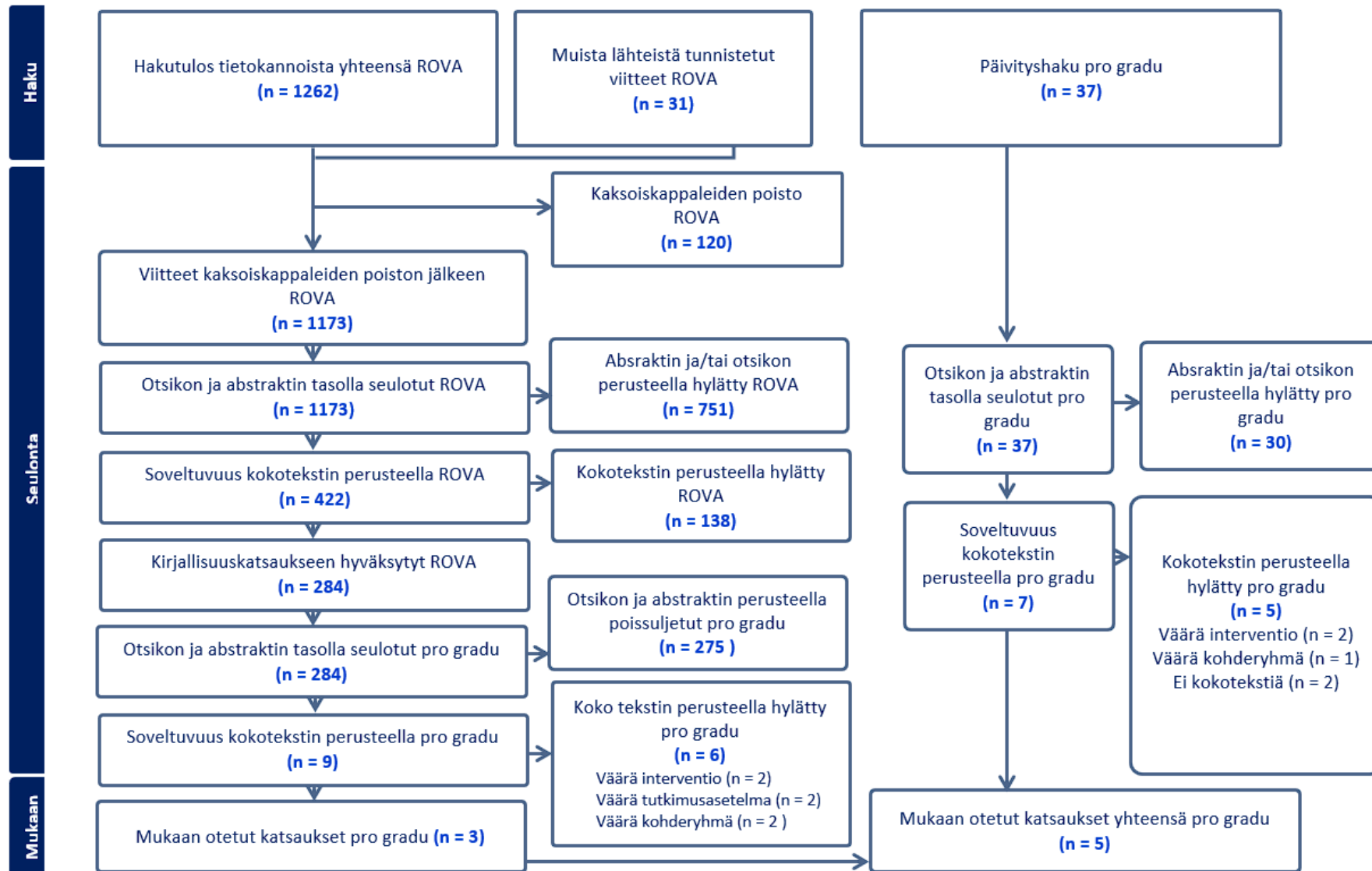
LIITE 1. ROVA-hankkeen hakustrategiaan pohjautuva haku järjestelmällisistä katsauksista, Ovid-MEDLINE

1	Meta-Analysis as Topic/	22393	42	exp Exercise therapy/ or exercise	65437
2	meta analy\$.tw.	269918	43	therapeutic exercise.mp.	1391
3	metaanaly\$.tw.	2568	44	(Physical therap* or Physio-	86478
4	Meta-Analysis/	182834	45	therap*).mp.	
5	(systematic adj (review\$1 or over-	289379	46	exp Physical Therapy Modalities/	178491
6	view\$1)).tw.		47	or physical therapy modalities.mp.	2585
7	exp Review Literature as Topic/	22618	48	physical rehabilitation.mp.	
8	or/1-6	453569	49	exp Occupational Therapy/ or occu-	23741
9	cochrane.ab.	133303	50	pational therap*.mp.	
10	embase.ab.	152940	51	exp "Rehabilitation of Speech and	11606
11	(psychlit or psyclit).ab.	917	52	Language Disorders"/	
12	(psychinfo or psycinfo).ab.	58314	53	exp Speech Therapy/ or speech	9628
13	(cinahl or cinhal).ab.	45792	54	therap*.mp.	
14	science citation index.ab.	3775	55	speech-language therap*.mp.	696
15	bids.ab.	665	56	logoped*.mp.	461
16	cancerlit.ab.	638	57	exp Audiology/ or audiolog*.mp.	13798
17	or/8-15	243947	58	exp Sign Language/	2509
18	reference list\$.ab.	22078	59	exp Psychotherapy/ or psycho-	235327
19	bibliograph\$.ab.	22479	60	therap*.mp.	
20	hand-search\$.ab.	8549	61	Neuropsychotherap*.mp.	17
21	relevant journals.ab.	1352	62	exp Neuropsychology/ or neuropsy-	137000
22	manual search\$.ab.	6018	63	chol*.mp.	
23	or/17-21	54319	64	(riding therap* or equine facilitated	264
24	selection criteria.ab.	36023	65	therap* or hippotherap* or horse	
25	data extraction.ab.	32264	66	ridingtherap* or horse back riding	
26	23 or 24	65624	67	therap*).mp.	
27	Review/	3167573	68	exp Dance Therapy/ or dance	541
28	25 and 26	34911	69	therap*.mp.	
29	Comment/	1011103	70	exp Music Therapy/ or music	5614
30	Letter/	1220313	71	therap*.mp.	
31	Editorial/	653582	72	exp Art Therapy/ or art therap*.mp.	2677
32	animal/	7291115	73	exp Optometry/ or optomed*.mp.	5755
33	human/	21319588	74	exp Orthoptics/ or orthoptic*.mp.	2721
34	31 not (31 and 32) {Including Re-	20664	75	orthotic*.mp.	9428
35	lated Terms}		76	orthopedic techn*.mp.	125
36	or/28-30,33	2188109	77	exp Podiatry/ or podiat*.mp.	4556
37	7 or 16 or 22 or 27	541761	78	exp "Physical Education and Train-	17544
38	35 not 34	521219	79	ing"/ or physical education*.mp.	
39	rehabilitee*.mp.	127	80	mobility special*.mp.	28
40	Therapist/ or therapist*.mp.	48938	81	Rehabilitation Nursing/ or rehabili-	2224
41	exp Disabled Persons/ or disabled	73510	82	tation nurs*.mp.	
	person.mp.		83	(practical nurs* or practice	11493
	exp Rehabilitation/ or rehab*.mp.	615088	84	nurs*).mp.	
	exp Exercise/ or exercise.mp.	492239	85	(asthma nurs* or respiratory	297
			86	nurs*).mp.	
			87	(diabetes nurs* or diabetes special-	590
			88	ist nurs*).mp.	
			89	(geriatric nurs* or gerontological	15022
			90	nurs* or gerontology nurs*).mp.	
			91	(sexual health therap* or sexual	141
			92	therap*).mp.	



74	exp Sexology/	10396	114	(video gam* or videogam*).mp.	10111
75	exp Nutritionists/ or nutrition- ist.mp.	3056	115	game technology.mp.	43
76	leisure activity.mp.	1115	116	gamification.mp.	1389
77	play therap*.mp.	1427	117	computer game.mp.	709
78	(drama therap* or psychodrama therap*).mp.	90	118	serious game.mp.	741
79	psychodram*.mp.	1247	119	exergam*.mp.	1253
80	creative art therap*.mp.	23	120	gamified.mp.	630
81	(expression skills or expressive art therap*).mp.	43	121	gaming console.mp.	32
82	(youth counselor or youth leader).mp.	9	122	interactive gaming.mp.	40
83	or/37-82	1484874	123	kinect*.mp.	1663
84	extended realit*.mp.	218	124	nintendo*.mp.	647
85	exp Augmented Reality/ or aug- mented realit*.mp.	4450	125	(play station* or playstation*).mp.	108
86	exp Virtual Reality/ or virtual re- alit*.mp.	18190	126	sony move*.mp.	1
87	exp Virtual Reality Exposure Ther- apy/	883	127	wii*.mp.	1233
88	virtual rehab*.mp.	198	128	xbox*.mp.	262
89	virtual environment.mp.	3187	129	avatar*.mp.	2038
90	exp User-Computer Interface/ or computer interface.mp.	44172	130	or/84-129	436406
91	exp Computer Simulation/ or com- puter simulation.mp.	300383	131	36 and 83 and 130	2008
92	exp Therapy, Computer-Assisted/	45575	132	exp pain/	457921
93	exp Smart Glasses/	188	133	exp back pain/	44848
94	(head mounted display or HMD).mp.	2087	134	exp low back pain/	26540
95	oculus rift.mp.	127	135	exp spine/	164751
96	virtual reality headset.mp.	123	136	exp sciatica/	5194
97	exp Wearable Electronic Devices/ or wearable devices.mp.	21818	137	exp sacrum/	10106
98	wearable computing.mp.	131	138	exp lumbago/	26540
99	immersive virtual environment.mp.	226	139	or/132-138	601961
100	immersive virtual reality.mp.	1176	140	131 and 139	74
101	intel realsense.mp.	32	141	exp children/	2148882
102	mixed reality.mp.	884	142	140 not 141	62
103	motion detection.mp.	1767			
104	motion sensor*.mp.	1335			
105	motion-controlled.mp.	81			
106	reality system.mp.	608			
107	simulation environment.mp.	932			
108	telepresence.mp.	439			
109	exp Telerehabilitation/ or telereha- bilitation.mp.	2254			
110	digital rehabilitation.mp.	44			
111	haptic*.mp.	7536			
112	webcam technology.mp.	5			
113	exp Video Games/	7291			

LIITE 2 PRISMA-vuokaavio järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset



### Liite 3: Järjestelmällisten katsausten AMSTAR2-arviot

1. Did the research questions and inclusion criteria for the review include the components of PICO?
2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?
3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?
4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?
5. Did the review authors perform study selection in duplicate?
6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?
7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?
8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?
9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?
10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?
11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?
12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?
13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?
14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?
15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?
16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?

Tutkimus	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	Tutkimuksen laatu
Ahern ym. 2020	+	+	-	?	+	+	+	+	+	-	x	x	+	+	-	+	Heikko
Brea-Gómez ym. 2021	+	+	+	?	+	+	+	?	+	-	+	-	-	+	-	+	Erittäin heikko
Collado-Mateo ym. 2017	-	-	-	?	+	+	-	+	?	-	x	x	-	-	-	+	Erittäin heikko
Grassini 2022	+	-	+	?	-	-	-	?	+	-	+	-	-	-	-	+	Erittäin heikko
Gumaa & Youssef 2019	+	?	-	-	+	-	-	+	-	-	-	+	+	+	-	+	Erittäin heikko

+ Kyllä, - Ei, ? Osittain kyllä, x Meta-analyysiä ei tehty

#### LIITE 4. ROVA-hankkeen VR-hakustrategia (RCT), Ovid-MEDLINE

1	Randomized Controlled trial.pt.	512982	28	Neuropsychotherap*.mp.	15
2	Controlled clinical trial.pt.	93835	29	exp Neuropsychology/ or neuro- psychol*.mp.	121929
3	Randomized.ab.	492471	30	(riding therap* or equine facili- tated therap* or hippotherap* or horse riding therap* or horse back riding therap*).mp.	207
4	Placebo.ab.	210989	31	exp Dance Therapy/ or dance therap*.mp.	436
5	clinical trials as topic.sh.	192884	32	exp Music Therapy/ or music therap*.mp.	4436
6	randomly.ab.	341045	33	exp Art Therapy/ or art therap*.mp.	2234
7	trial.ti.	225101	34	exp Optometry/ or op- tomet*.mp.	8042
8	1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7	1313441	35	exp Orthoptics/ or orthop- tic*.mp.	2554
9	rehabilitee*.mp.	107	36	orthotic*.mp.	8522
10	Therapist/ or therapist*.mp.	40208	37	orthopedic techn*.mp.	106
11	exp Disabled Persons/ or disa- bled person.mp.	65661	38	exp Podiatry/ or podiat*.mp.	4094
12	Caregivers/ or caregiver*.mp.	79240	39	exp "Physical Education and Training"/ or physical educa- tion*.mp.	15973
13	exp Rehabilitation/ or re- hab*.mp.	534844	40	mobility special*.mp.	21
14	exp Exercise/ or exercise.mp.	410366	41	Rehabilitation Nursing/ or reha- bilitation nurs*.mp.	2009
15	exp Exercise therapy/ or exer- cise therapy.mp.	52810	42	(practical nurs* or practice nurs*).mp.	9957
16	therapeutic exercise.mp.	1044	43	(asthma nurs* or respiratory nurs*).mp.	257
17	(Physical therap* or Physio- therap*).mp.	72093	44	(diabetes nurs* or diabetes spe- cialist nurs*).mp.	514
18	exp Physical Therapy Modali- ties/ or physical therapy modal- ities.mp.	154163	45	(geriatric nurs* or gerontologi- cal nurs* or gerontology nurs*).mp.	14433
19	physical rehabilitation.mp.	1993	46	(sexual health therap* or sexual therap*).mp.	125
20	exp Occupational Therapy/ or occupational therap*.mp.	20152	47	exp Sexology/	9902
21	exp "Rehabilitation of Speech and Language Disorders"/	10696			
22	exp Speech Therapy/ or speech therap*.mp.	8572			
23	speech-language therap*.mp.	470			
24	logoped*.mp.	421			
25	exp Audiology/ or audi- olog*.mp.	11587			
26	exp Sign Language/	2191			
27	exp Psychotherapy/ or psycho- therap*.mp.	210235			

48	Exp Nutritionists/ or nutrition- ist.mp.	2250	59	exp Video Games/	5510
49	leisure activit*.mp.	11234	60	(video gam* or videogam*).mp.	7686
50	play therap*.mp.	1326	61	serious gam*.mp.	837
51	(drama therap* or psychodrama therap*).mp.	61	62	exergam*.mp.	724
52	psychodram*.mp.	1189	63	kinect*.mp.	1253
53	creative art therap*.mp.	13	64	nintendo*.mp.	565
54	(expression skills or expressive art therap*).mp.	23	65	(play station* or playstation*).mp.	92
55	(youth counselor* or youth leader*).mp.	126	66	wii*.mp.	1071
56	OR/9-55	1357316	67	xbox*.mp.	195
57	exp Augmented Reality/ or aug- mented realit*.mp.	2194	68	avatar*.mp.	1326
58	exp Virtual Reality/ or virtual realit*.mp.	11178	69	OR/57-68	22792
			70	8 AND 56 AND 69	1672
			71	animal/	6664879
			72	human/	18698272
			73	71 NOT ( 71 AND 72 )	4700547
			74	70 NOT 73	1667

## LIITE 5. Tutkielman ulkopuolelle jääneet tutkimukset

Tutkimus	Otsikko	Syy poissulkuun
Barsasella 2020	Effects of Virtual Reality Sessions on the Quality of Life, Happiness, and Functional Fitness among the Older People: A Randomized Controlled Trial from Taiwan	Väärä kohderyhmä
Bolte 2016	Virtual Reality System for the Enhancement of Mobility in Patients with Chronic Back Pain	Väärä tutkimusasetelma
Collado-Mateo 2017	Effects of Exergames on Quality of Life, Pain, and Disease Effect in Women With Fibromyalgia: A Randomized Controlled Trial	Väärä tulosmuuttuja
Collado-Mateo 2017	Exergames for women with fibromyalgia: a randomised controlled trial to evaluate the effects on mobility skills, balance and fear of falling	Väärä kohderyhmä
Dahl – Popolizio 2014	Comparing outcomes of Kinect videogame-based occupational/physical therapy versus usual care	Väärä kohderyhmä
Ditchburn 2020	The effects of exergaming on pain, postural control, technology acceptance and flow experience in older people with chronic musculoskeletal pain: a randomised controlled trial	Väärä tulosmuuttuja
Gordon 2011	Interactive gaming reduces experimental pain with or without a head mounted display	Väärä interventio
Gulsen 2020	Effect of fully immersive virtual reality treatment combined with exercise in fibromyalgia patients: a randomized controlled trial	Väärä tulosmuuttuja
Hugli 2015	Adherence to home exercises in non-specific low back pain. A randomised controlled pilot trial	Väärä tulosmuuttuja
Jansen-Kostelink 2013	A serious exergame for patients suffering from chronic musculoskeletal back and neck pain: a pilot study	Väärä tutkimusasetelma
Jin 2016	A Virtual Reality Game for Chronic Pain Management: A Randomized, Controlled Clinical Study	Väärä kohderyhmä
Liston 2020	Investigating the feasibility and acceptability of the HOLOBalance system compared with standard care in older adults at risk for falls: study protocol for an assessor blinded pilot randomised controlled study	Väärä tutkimusasetelma Status: Recruiting, tarkistettu 14.2.2023
Matheve 2020	Virtual reality distraction induces hypoalgesia in patients with chronic low back pain: a randomized controlled trial	Väärä interventio
Rodriguez-Mansilla 2021	Effects of Non-Pharmacological Treatment on Pain, Flexibility, Balance and Quality of Life in Women with Fibromyalgia: A Randomised Clinical Trial	Väärä interventio
Sano 2015	Reliability of phantom pain relief in neurorehabilitation using a multimodal virtual reality system	Väärä kohderyhmä

Spyridonis 2012	Evaluating the usability of a virtual reality-based Android application in managing the pain experience of wheelchair users	Väärä tutkimusasetelma
Stamm 2022	Virtual reality exergame for supplementing multimodal pain therapy in older adults with chronic back pain: a randomized controlled pilot study	Väärä kohderyhmä
Thomas 2016	Feasibility and safety of a virtual reality dodgeball intervention for chronic low back pain: a randomized clinical trial.	Väärä interventio
Villafaina 2019	Benefits of 24-Week Exergame Intervention on Health-Related Quality of Life and Pain in Women with Fibromyalgia: A Single-Blind, Randomized Controlled Trial	Väärä tulosmuuttaja
Wiederhold 2014	Virtual Reality as a Distraction Technique in Chronic Pain Patients	Väärä tutkimusasetelma
Yilmaz Yelvar 2017	Is physiotherapy integrated virtual walking effective on pain, function, and kinesiophobia in patients with non-specific low-back pain?	Väärä interventio
Zadro 2020	Family History Influences the Effectiveness of Home Exercise in Older People With Chronic Low Back Pain: A Secondary Analysis of a Randomized Controlled Trial	Väärä tulosmuuttaja

---

LIITE 6. Tulostaulukko, mittauspisteet ja tulosmuuttujien mittarit

Tutkimus	Mittari*	Interventio	Vertailuryhmä	p-arvo	MD (95 % CI)	Mittarin suunta (kivun lievittyminen)
Afzal ym. 2022	VAS (+)					VAS
Effects of virtual reality exercises and routine physical therapy on pain intensity and functional disability in patients with chronic low back pain	alku	MEAN±SD	6.50 ± 1.24	6.62 ± 1.04	p = 0.60	↓
	4 <sup>th</sup> s	MEAN±SD	4.78 ± 0.97	5.52 ± 0.97	p = 0.00	
	8 <sup>th</sup> s	MEAN±SD	3.10 ± 0.76	4.44 ± 0.90	p = 0.00	
	12 <sup>th</sup> s/4vk	MEAN±SD	1.00 ± 0.60	3.32 ± 0.81	p = 0.00	
N=84						
Kim ym. 2014	VAS (+)					VAS
The Effects of VR-based Wii Fit Yoga on Physical Function in Middle-aged Female LBP Patients	alku	MEAN±SD	7.00 ± 0.89	6.95 ± 0.79	p < 0.05	↓
	4vk	MEAN±SD	2.27 ± 1.10	4.63 ± 1.91		
N=30						
Li ym. 2021	VAS (0)					VAS
The Effect of Virtual Reality Training on Anticipatory Postural Adjustments in Patients with Chronic Nonspecific Low Back Pain: A Preliminary Study	alku	MEAN±SD	4.36 ± 1.36	4.58 ± 1.83 (MCE)	p = n.s	↓
	2vk	MEAN±SD	3.18 ± 1.08	2.17 ± 1.90 (MCE)		
	alku	MEAN±SD	4.36 ± 1.36	3.64 ± 1.36 (CG)		
	2vk	MEAN±SD	3.18 ± 1.08	2.18 ± 1.17 (CG)		
N=34						



Meinke ym. 2022	NRS (0)					NRS
Feedback on Trunk Movements From an Electronic Game to Improve Postural Balance in People With Nonspecific Low Back Pain: Pilot Randomized Controlled Trial	alku MEAN±SD	2.62 ± 1.04	2.57 ± 1.60			↓
	3vk MEAN±SD	2.50 ± 1.57	2.88 ± 1.90	p = n.s		
	9vk MEAN±SD	2.30 ± 1.49	3.20 ± 1.03	p = n.s		
N=27						
Monteiro-Junior ym. 2015	NRS (0)					NRS
Wii-Workouts on Chronic Pain, Physical Capabilities and Mood of Older Women: A Randomized Controlled Double Blind Trial	alku MEAN±SD	6.5 ± 1.1	6.6 ± 1.2			↓
	8vk MEAN±SD	1.7 ± 1.9	1.4 ± 2.9	p = 0.79		
N=30						
Nambi ym. 2020	VAS (+ / 0)					VAS
Comparative Effects of Isokinetic Training and Virtual Reality Training on Sports Performances in University Football Players with Chronic Low Back Pain-Randomized Controlled Study	alku MEAN±SD	7.1 ± 0.6	7.3 ± 0.5 (IKT)	p = 0.514		↓
	4vk MEAN±SD	3.9 ± 0.5	4.8 ± 0.4 (IKT)	p = 0.001		
	8vk MEAN±SD	1.2 ± 0.4	2.7 ± 0.3 (IKT)	p = 0.001		
	24vk MEAN±SD	0.8 ± 0.4	1.9 ± 0.3 (IKT)	p = 0.001		
	alku MEAN±SD	7.1 ± 0.6	7.3 ± 0.6 (CG)	p = 0.514		
	4vk MEAN±SD	3.9 ± 0.5	6.2 ± 0.4 (CG)	p = 0.001		
	8vk MEAN±SD	1.2 ± 0.4	5.4 ± 0.4 (CG)	p = 0.001		
	24vk MEAN±SD	0.8 ± 0.4	4.2 ± 0.5 (CG)	p = 0.001		
N=45						

Nambi ym. 2021	VAS (+ / +)					VAS
Short-Term Psychological and Hormonal Effects of Virtual Reality Training on Chronic Low Back Pain in Soccer Players	alku MEAN±SD	7.8 ± 0.6	7.5 ± 0.5 (CPR)	p = 0.204	-0.3 (-0.70; 0.10)	↓
	4vk MEAN±SD	1.8 ± 0.3	3.6 ± 0.4 (CPR)	p = 0.001	1.0 (1.47; 2.12)	
	24vk MEAN±SD	0.5 ± 0.2	2.8 ± 0.3 (CPR)	p = 0.001	2.3 (2.10; 2.49)	
	alku MEAN±SD	7.8 ± 0.6	7.6 ± 0.4 (CG)	p = 0.204	-0.2 (-0.60; 0.20)	
	4vk MEAN±SD	1.8 ± 0.3	3.8 ± 0.5 (CG)	p = 0.001	2.0 (1.67; 2.32)	
	24vk MEAN±SD	0.5 ± 0.2	3.2 ± 0.2 (CG)	p = 0.001	2.7 (2.50; 2.89)	
N=54						
Park ym. 2013	VAS (? / ?)					VAS RAND-36
The Effects of the Nintendo Wii Exercise Program on Chronic Work-related Low Back Pain in Industrial Workers	alku MEAN±SD	6.75±1.38	6.62±0.74 (LSE)	p > 0.05		↓ ↑
	8vk MEAN±SD	5.87±1.12	4.87±0.83 (LSE)	n / a		
	alku MEAN±SD	6.75±1.38	6.50±1.30 (CG)	p > 0.05		
	8vk MEAN±SD	5.87±1.12	5.75±0.88 (CG)	n / a		
N=24						
	RAND-36kipu (0 / 0)					
	alku MEAN±SD	32.50 ± 19.08	42.50 ± 19.82 (LSE)	p > 0.05		
	8vk MEAN±SD	40.00 ± 14.14	57.50 ± 12.81 (LSE)	n / a		
	alku MEAN±SD	32.50 ± 19.08	30.00 ± 14.14 (CG)	p > 0.05		
	8vk MEAN±SD	40.00 ± 14.14	36.25±10.60 (CG)	n / a		
Yalfani ym. 2022	VAS (+)					VAS
Effects of an 8-Week Virtual Reality Training Program	alku MEAN±SD	6.73 ± 2.42	6.79 ± 1.99			↓
	8vk MEAN±SD	2.19 ± 1.49	7.54 ± 1.9	p = 0.001		

on Pain, Fall Risk, and Quality of Life in Elderly Women with Chronic Low Back Pain: Double-Blind Randomized Clinical Trial

N=25

Yoo ym. 2014

VAS (+)

VAS

The effect of horse simulator riding on visual analogue scale, body composition and trunk strength in the patients with chronic low back pain	alku MEAN±SD	4.37 ± 2.13	1.50 ± 0.51	p > 0.05	↓
	8vk MEAN±SD	2.22 ± 2.15	1.00 ± 0.00	p < 0.05	
	VAS-yökipu				
	alku MEAN±SD	3.37 ± 2.04	1.10 ± 0.31	p > 0.05	
	8vk MEAN±SD	1.55 ± 1.85	0.90 ± 0.31	p < 0.05	

N=47

Zadro ym. 2019

NRS (0)

VAS

PSEQ

Video-Game-Based Exercises for Older People With Chronic Low Back Pain: A Randomized Controlledtable Trial (GAMEBACK)	alku MEAN±SD	5.2 ± 1.6	4.8 ± 1.7	p = 0.42	↓	↑	
	8vk MEAN±SD	3.8 ± 2.4	4.4 ± 2.3	p = 0.29			-0.66 (-1.90; 0.58)
	PSEQ (+ 12/24vk)						
	alku MEAN±SD	47.8 ± 10.3	44.6 ± 9.6	p = 0.23			3.20 (-2.04; 8.43)
N=58	8vk MEAN±SD	49.2 ± 12.1	43.1 ± 12.1	p = 0.04	6.06 (0.43; 11.69)		
	12vk MEAN±SD	48.8 ± 11.2	41.7 ± 11.2	p = 0.02	7.11 (1.34; 12.89)		
	24vk MEAN±SD						

CG = control group, CI = confidence interval, CPR = combined physical rehabilitation, IKT = isokinetic training, LSE = lumbar stabilisation exercise group, MCE = motor control exercise group, MD = Mean Difference, n.s = non-significant, NRS = Numeric Rating Scale, PSEQ = Pain Self-Efficacy Questionnaire, RAND-36 = elämänlaatumittari, s = session, SD = standar deviation, VAS = visual analogue scale; VR = virtual reality

\*Ryhmien välinen ero: “+” = merkitsevä ero interventoryhmän hyväksi, “0” = ei merkitsevää eroa ryhmien välillä, “-“ = merkitsevä ero vertailuryhmän hyväksi, “?” = ryhmien välistä eroa ei tarkasteltu.

## LIITE 7. Interventio- ja vertailuryhmien kuvaus

Tutkimus	Interventio (I)	Vertailuryhmä (C)	Intensiteetti, progressio*
Afzal ym. 2022	VR-harjoittelu ja tavanomainen fysioterapia  VR-harjoittelu: reaaliaikaiseen vuorovaikutteiseen pelaamiseen perustuva harjoittelu. Ensimmäinen harjoitusosio sisälsi virtuaalisten objektien väistelyä liikuttamalla kehoa, hyppimistä ja molempien yläraajojen yhdistettyä käyttöä yhteensä viiden minuutin ajan. Toinen osio koostui viiden minuutin mittaisesta, koko kehon käyttöä edellyttävästä pallopeliharjoittelusta. Osioiden välissä oli 30 sekunnin tauko.	Tavanomainen fysioterapia  10min lämpöpakkaus, takareiden passiiviset venytykset ja alaselän vahvistavat harjoitteet. Vahvistavat harjoitteet sisälsivät 10 toistoa kutakin harjoitetta: silta, jalan nosto päinmakuulla, vartalon kierto, polvi-rintaan, ristikkäisen jalan ja käden nosto vatsamakuulla.	I: NI  C:NI
Kim ym. 2014	VR-harjoittelu  Joogaan perustuva harjoittelu (Wii Fit Yoga), joka sisälsi syvähengitystä, sekä tyypillisiä asennonhallintaan ja liikkeeseen perustuvia joogaharjoitteita, yhteensä 7 harjoitetta (puolikuu-, soturi-, puu, polvi-rintaan-, tuoli- ja palmuasento). 3 minuuttia harjoittelua ja 1 minuutti lepoa, yhteensä 30 minuuttia/ harjoituskerta	Tavanomainen harjoittelu:  Stabilaatioharjoittelu (TrA, mf, RA) ja tavanomainen harjoittelu (stabilaatioon ja liikkeeseen perustuvia kehonpainoharjoitteita sekä tasapainoharjoitteita epätasaisella alustalla). 30min stabilaatioharjoittelu, 30min tavanomainen harjoittelu, 10 toistoa/liike	I: Pidempi palautumisaika tarvittaessa  C: NI
Li ym. 2021	VR-harjoittelu ja magneettiterapia  VR-harjoittelu: reaaliaikaiseen vuorovaikutteiseen pelaamiseen perustuva harjoittelu (Fruit Ninja), joka sisälsi virtuaalisten objektien väistämistä sekä käsien kohdistettua käyttöä. Tutkittavia ohjeistettiin välttämään keskivartalon taivutusta ja kiertoa. Harjoituksen kesto oli 3 minuuttia, jota seurasi 2 minuutin tauko, harjoituskerran kokonaiskesto oli noin 30 minuuttia	Muu harjoittelu tai hoito:  MCE: reaaliaikainen uä-ohjattu TrA/MF-harjoittelu ja konttiasennoissa tehtäviä harjoitteita, harjoituskerran kesto noin 30 minuutti. 10 harjoitetta, 10s per harjoite.  CG: magneettiterapia, 20 minuuttia/kerta (medium heat)	I: NI  C: (MCE): progressiivinen stabilaatioharjoittelu  C: NI
Meinke ym. 2022	VR-harjoittelu	Ei interventiota	I: Tutkittavat saivat jaksottaa harjoitteet vapaasti mittauksien

	<p>Vr-harjoittelu: kotiharjoitteluun perustuva vuorovaikutteinen peliharjoittelu, joka sisälsi avatar-hahmon ohjaamista vartalon liikkeillä virtuaalisessa maailmassa. Harjoituskeran kesto oli 20 minuuttia ja yksi harjoituskerta sisälsi 10 harjoitetta</p> <p>Harjoittelua kesti 3 viikkoa, jonka jälkeen tutkittavat saivat vapaasti hyödyntää menetelmää 6 viikon ajan itsenäisesti</p>	<p>Vertailuryhmään kuuluvat saivat hyödyntää VR-laitteistoa loppumittausten jälkeen.</p>	<p>välille. Harjoitteiden liikelaajuudet määritettiin yksilöllisesti, alussa asetetun käyttäjäprofiilin mukaisesti. Harjoittelua ohjaava ohjelma määritteli automaattisesti harjoittelun progressiota ja vaikeustasoa</p> <p>C: -</p>
<p>Monteiro-Junior ym. 2015</p>	<p>VR-harjoittelu ja tavanomainen harjoittelu</p> <p>VR-harjoittelu:</p> <p>Tavanoamisen harjoittelun lisäksi harjoitusohjelmaan sisällytettiin 8 Wii Fit Plus -harjoitetta. VR-harjoittelu sisälsi jooga-, tasapaino- ja kestävyysharjoitteita. Kestävyysharjoitteet painottuivat alaraajojen lihasvoiman kehittämiseksi.</p> <p>Harjoittelua toteutettiin 3/vko, yhteensä 8 viikon ajan, VR-harjoittelu kesti 90 minuuttia per kerta</p>	<p>Tavanomainen harjoittelu:</p> <p>Alaraajapainotteinen voima- ja kestävyysharjoittelu keuhkopainoharjoitteluna, jokaisesta harjoitteesta 10 toistoa, yhteensä 3 sarjaa.</p> <p>Keskivartalon stabiiliteettiharjoitteet, kestoaltaan 15-30 sekuntia per harjoite, yhteensä 3 sarjaa</p> <p>Harjoittelua toteutettiin 3/vko, yhteensä 8 viikon ajan</p>	<p>I: Harjoitteiden välissä oli 1-2 minuutin tauko, jonka aikana tutkittavat saivat istua. Tauon tavoitteena oli välttää haittapahtumia.</p> <p>C: Tutkittavia ohjeistettiin pitämään sopivan mittainen tauko voima- ja kestävyysharjoitteiden välissä. Intensiteetiksi ohjeistettiin asettamaan 5-6 (0-10 RPE -asteikolla). Kuormitusta ja vastusta pyrittiin korottamaan 5-10% /vko, kivun voimakkuus huomioitiin progressiossa.</p> <p>Stabiiliteettiharjoitteiden kesto oli lupa muokata yksilöllisesti, palautusajat harjoitteiden välillä</p>
<p>Nambi ym. 2020</p>	<p>VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot:</p>	<p>Harjoittelu ja fysikaaliset hoidot:</p>	<p>I: Yksilöllisesti mukautettu ja progressiivinen vaikeustaso</p>

	<p>Kehonpaino-ohjattu, liikkeen mukauttamiseen perustuva, istuen suoritettava, keskivartalon asentotuntoa kehittävä tasapainoharjoittelu. Harjoittelu sisälsi virtuaalisen hahmon ohjaamista ja esimerkiksi jousiammuntaa ja pallopelejä.</p> <p>Harjoittelua toteutettiin 5x/vko, yhteensä 4 viikon ajan. VR-harjoittelu kesti 30 minuuttia per kerta.</p> <p>Interventoryhmä sai lisäksi 20minuutin lämpöpakkaushoidon ja 5minuutin ultraäänihoidon.</p>	<p>Isokineettinen keskivartalon ojentajien ja koukistajien harjoittelu kolmella eri kulmakiiktyvyydellä (IKT), sisältäen minuutin lämmittelyn venyttämällä. Harjoituskerran kesto oli 15 toistoa, 3 sarjaa.</p> <p>Toinen kontroliryhmä (CG) keskittyi tavanomaisiin isometrisiin ja isotonisiin keskivartalon harjoitteisiin, tasapainoharjoitteisiin ja venyttelyyn, 10-15 toistoa/pv.</p> <p>Harjoittelua oli 5 kertaa viikossa, yhteensä 4 viikon ajan. Vertailuryhmät saivat lisäksi 20minuutin lämpöpakkaushoidon ja 5minuutin ultraäänihoidon.</p>	<p>C (IKT): Hitaaseen venyttämiseen pohjautuva alaselän valmistava harjoittelu, 30 sekunnin palautus sarjojen välillä, 60 sekunnin palautus harjoitusmuotojen välillä, progressiivinen kulmakiiktyvyys IKT-harjoittelussa</p> <p>C (CG): NI</p>
<p>Nambi ym. 2021</p>	<p>VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot:</p> <p>Kehonpaino-ohjattu, liikkeen mukauttamiseen perustuva, istuen suoritettava, keskivartalon asentotuntoa kehittävä tasapainoharjoittelu. Harjoittelu sisälsi virtuaalisen hahmon ohjaamista ja esimerkiksi jousiammuntaa ja pallopelejä.</p> <p>Harjoittelua toteutettiin 5x/vko, yhteensä 4 viikon ajan. VR-harjoittelu kesti 30 minuuttia per kerta.</p> <p>Interventoryhmä sai lisäksi 20minuutin lämpöpakkaushoidon ja 5minuutin ultraäänihoidon.</p> <p>Kaikille tutkittaville ohjattiin lisäksi alaselän kuntouttamisen kotiharjoitusohjelma (dynaamiset harjoitteet)</p>	<p>Tavanomainen harjoittelu ja fysikaaliset hoidot:</p> <p>Tavanomainen keskivartalon stabiiliteettiharjoittelu terapiapallolla (CPR). Yhden harjoitteen kesto oli 10 sekuntia. Harjoituskerran kesto oli 15 toistoa, 3 sarjaa. Harjoittelua oli 5 kertaa viikossa, yhteensä 4 viikon ajan.</p> <p>Toinen kontroliryhmä (CG) keskittyi tavanomaisiin isometrisiin ja isotonisiin kehonpainolla tehtyihin keskivartalon harjoitteisiin, tasapainoharjoitteisiin ja venyttelyyn, 10-15 toistoa/pv.</p> <p>Vertailuryhmät saivat lisäksi 20minuutin lämpöpakkaushoidon ja 5minuutin ultraäänihoidon.</p>	<p>I: Yksilöllisesti mukautettu ja progressiivinen vaikeustaso</p> <p>C (CPR): NI/Harjoitteiden välillä oli 3 sekunnin tauto</p> <p>C (CG): NI</p>

		Kaikille tutkittaville ohjattiin lisäksi alaselän kuntouttamisen kotiharjoitusohjelma (dynaamiset harjoitteet)	
Park ym. 2013	VR-harjoittelu ja fysikaaliset hoidot:  Nintendo Wii Sports peli, joka sisälsi wake-lautailua, frisbeen heittoa, vesiurheilua ja kanootin ohjaamista virtuaalisen hahmon avulla.  Yhden harjoituskerran kesto oli 30 minuuttia. 10 minuutin harjoittelua kohden oli kahden minuutin tauko. Harjoittelua toteutettiin 3x/vko, yhteensä 8 viikon ajan  Interventioryhmä sai lisäksi 30 minuutin lämpöpakkaushoidon, 5minuutin ultraäänihoidon ja 15 minuutin interferenssisähköhoidon	Tavanomainen harjoittelu ja fysikaaliset hoidot:  Stabilaatioharjoitteet (LSE) sisälsivät 7 erilaista tavanomaista keskivartalon stabilaatioharjoitetta. Yhden harjoitteen kesto oli 15 sekuntia, sarjoja oli 3.  Yhden harjoituskerran kesto oli 30 minuuttia. Harjoittelua oli 3 kertaa viikossa, yhteensä 8 viikon ajan  Toinen Vertailuryhmä (CG) ei harjoitellut.  Vertailuryhmät saivat 30 minuutin lämpöpakkaushoidon, 5minuutin ultraäänihoidon ja 15 minuutin interferenssisähköhoidon	I: -  C (LSE): NI C (CG): -
Yalfani ym. 2022	VR-harjoittelu:  VR-ympäristössä toteutettua, virtuaalisen hahmon ohjaamista, sisältäen kalastusta, nyrkkeilyä, jalkapalloa, keilausta, valomiekkailua ja laskettelu. Pelit edellyttivät ylä-, alaraajojen sekä keskivartalon samanaikaista hallintaa.  Harjoittelua edelsi lämmittely. Harjoittelua oli kolmesti viikossa, 30 minuuttia kerta, 8 viikon ajan.	Ei interventiota	I: RPE-seuranta lämmittelyn, 10 minuutin ja 20 minuutin harjoittelun jälkeen. RPE toteutunut keskiarvo 12.  Progressio pelien vaikeustasossa.  C: -
Yoo ym. 2014	VR-harjoittelu:	Ei interventiota	I: Progressiivinen vaikeustaso harjoittelussa sekä harjoittelun

VR-ympäristössä toteutettua virtuaalisen hevosen ohjaamista, ratsastamiseen keskittyvässä harjoittelusimulaatiossa. Harjoittelu sisälsi lämmittelyn, varsinaisen harjoittelun ja palautumista edistävän 10 minuutin venyttelyn. Harjoittelua oli kolmesti viikossa, 8 viikon ajan.

intensiteetissä ja kuormittavuudessa

C: -

Zadro ym. 2019

VR-harjoittelu:

Ei interventiota

VR-ympäristössä toteutettua virtuaalisen hahmon ohjaamista. Harjoitteet sisälsivät aerobista, liikkuvuutta ja lihasvoimaa sekä -kestävyyttä edistävää harjoittelua. Harjoitteet valittiin yksilöllisesti, mutta harjoitteiden tavoitteet pyrittiin standardoimaan. Harjoittelua oli 60 minuuttia kerrallaan, kolmesti viikossa, 8 viikon ajan.

I: Vähintään yksi lepopäivä harjoitepäivien välillä, mahdollisten oireiden ilmaantumisen perusteella muokattu harjoitepäivien ajoitus. Yli 2/10 kipua lisäävät harjoitteet poistettiin ohjelmasta

Tavoite harjoittelussa RPE 13, harjoitteiden vaikeutta ja kuormittavuutta oli mahdollisuus muokata yksilöllisesti.

C: -

---

Lyhenteet: CG= control group, CPR = combined physical rehabilitation, IKT = isokinetic training, mf = multifidus, LSE = lumbar stabilation excercise group, MCE = motor control excercise group, NI = no information, RA = rectus abdominis, RPE = rate of perceived exertion, TrA = transversus abdominis, uä = ultraääni, VR = virtual reality  
\*- = ryhmä ei saanut hoitoa



LIITE 8. Harhan riskin arviointi

8a) Harhan riskin arviointi tutkimuskohtaisesti

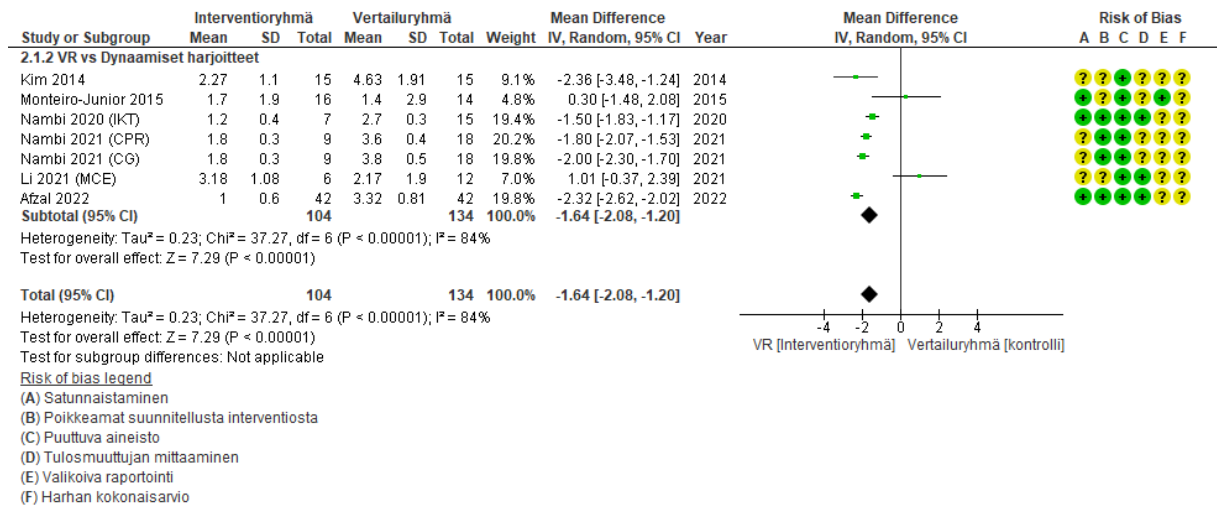
	Satunnaistaminen	Poikkeamat suunnitellusta interventiosta	Puuttuva aineisto	Tulosmuuttujan mittaaminen	Valkoiva raportointi	Harhan kokonaisarvio
Afzal 2022	+	+	+	+	?	?
Kim 2014	?	?	+	?	?	?
Li 2014 (CG)	?	?	+	+	?	?
Li 2014 (MCE)	?	?	+	+	?	?
Meinke 2022	+	?	+	?	+	?
Monteiro-Junior 2015	+	?	+	?	+	?
Nambi 2020 (CG)	+	+	+	+	?	?
Nambi 2020 (IKT)	+	+	+	+	?	?
Nambi 2021 (CG)	?	+	+	?	?	?
Nambi 2021 (CPR)	?	+	+	?	?	?
Park 2013 (CG)	?	-	-	?	?	-
Park 2013 (LSE)	?	-	-	?	?	-
Yalfani 2022	?	?	+	+	+	?
Yoo 2014	-	-	-	-	?	-
Zadro 2019	+	+	+	?	+	?

8b) Harhan arviot tutkimuskohtaisesti, korkean harhan tutkimukset poistettuna

	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>	<b>D4</b>	<b>D5</b>	<b>Overall</b>	
-							
Afzal 2022	+	+	+	+	!	!	+ Alhainen riski
Kim 2014	!	!	+	!	!	!	! Kohtalainen riski
Li 2021	!	!	+	+	!	!	- Korkea riski
Meinke 2022	+	!	+	!	+	!	
Monteiro-Junior 2015	+	!	+	!	+	!	D1 Satunnaistaminen
Nambi 2020	+	+	+	+	!	!	D2 Suunnitellusta interventiosta poikkeaminen
Nambi 2021	!	+	+	!	!	!	D3 Puuttuva aineisto
Yalfani 2022	!	!	+	+	+	!	D4 Tulosuuttujan mittaaminen
Zadro 2019	+	+	+	!	+	!	D5 Tulosuuttujien valikoiva raportointi

## LIITE 9. Alaryhmäanalyysit

### 9a) Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu verrattuna muuhun harjoitteluun - dynaamiset harjoitteet



### 9b) Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu verrattuna muuhun harjoitteluun – nuoremmat aikuiset

