

**VIRTUAALITODELLISUUTTA HYÖDYNTÄVÄN HARJOITTELUN
VAIKUTTAVUUS KROONISESTI SAIRAIDEN LASTEN TASAPAINOON JA
KARKEAMOTORISIIN TAITOIHIN**
Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi

Elina Rannila

Fysioterapian pro gradu -tutkielma
Liikuntatieteellinen tiedekunta
Jyväskylän yliopisto
Kevät 2021

TIIVISTELMÄ

Rannila, E. 2021. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin: järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto, fysioterapian pro gradu -tutkielma, 63 s., 4 liitettä.

Krooniset sairaudet ovat syrjäyttäneet infektiotaudit lasten ja nuorten yleisimmistä sairauksista. Liikunta on erittäin tärkeää kroonisten sairauksien hoidossa ja kuntoutuksessa, mutta suurin osa kroonisesti sairaista lapsista ei liiku päivän aikana riittävästi. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu (VR-harjoittelu) on yleistynyt viime vuosina myös kuntoutuksessa ja se on noussut suosioon erityisesti lasten ja nuorten keskuudessa. Aikaisemman tutkimustiedon perusteella virtuaaliodellisuutta hyödyntävällä harjoittelulla on potentiaalia kroonisten sairauksien kuntoutuksessa, mutta tulokset ovat osittain ristiriitaisia. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tuottaa lisätietoa virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin.

Tämän järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen aineistona hyödynnettiin ROVA- tutkimushankkeen ("Virtuaalikuntoutus, lisätty todellisuus ja robotiikka") aineistoa. Järjestelmällinen kirjallisuushaku suoritettiin tammikuussa 2019 OVID Medline, Cinahl, PsychINFO ja ERIC- tietokantoihin. Mukaan otettavat tutkimukset rajattiin PICOS- strategian mukaisesti: (P) kroonisesti sairaita alle 18- vuotiaat lapset, (I) virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu, (C) tavanomainen hoito tai muu kuntoutuksen toteutustapa, (O) tasapaino ja karkeamotoriset taidot ja (S) RCT-tutkimukset. Tutkimusten valinta ja tutkimustiedon kerääminen suoritettiin yhden henkilön toimesta ja harhan riskiä arvioitiin Cochrane Risk of Bias 2- työkalun avulla kahden henkilön toimesta. Lisäksi näytön varmuutta arvioitiin GRADE- työryhmän ohjeiden mukaisesti. Tutkimuksen meta-analyysi suoritettiin Review Manager 5.4.1- ohjelmalla. Meta-analyysiin hyväksyttiin mukaan 14 tutkimusta PICOS- lausekkeen sisäänotto- ja poissulkukriteereiden mukaisesti. Tutkittavia oli yhteensä 384 ja tutkittavien keski-ikä oli 9,6 vuotta. Yhteensä 192 tutkittavaa kuului koeryhmiin ja 192 kontrolliryhmiin. Kahdeksassa tutkimuksessa VR-harjoittelua verrattiin muuhun tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun ja kuudessa virtuaaliodellisuutta hyödyntävää harjoittelua oli tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaisen kuntoutukseen.

Meta-analyysin tulosten perusteella virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ilmeisesti parantaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa (SMD -0,51, 95% LV -0,87 – -0,16; p=0,005) ja karkeamotorisia taitoja (SMD -0,41, 95% LV -0,82 – -0,00; P=0,05) verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Näytön varmuus kohtalaista tasapainon osalta ja alhaista karkeamotoriikan osalta, jolloin tuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa olla vaikuttavampaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon tavanomaisen kuntoutuksen lisänä kuin tavanomainen harjoittelu yksinään (SMD -0,53, 95% LV -1,14 – 0,09; p=0,09), mutta luotettava tutkimusnäyttö puuttuu. Lisäksi VR-harjoittelu saattaa olla yhtä vaikuttavaa kroonisesti sairaiden lasten karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä kuin tavanomainen kuntoutus yksinään (SMD -0,41, 95% LV -1,14 – 0,23; p=0,19). Näyttö on kuitenkin tämän osalta epävarmaa.

VR-harjoittelu voi olla hyvä vaihtoehto tavanomaiselle aktiiviselle harjoittelulle, kun halutaan parantaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa ja karkeamotorisia taitoja. VR-harjoittelu on turvallinen ja motivoiva harjoittelumuoto, jonka käytössä kroonisesti sairaiden lasten kuntoutuksessa ei ole ilmennyt haittoja.

Asiasanat: virtuaaliodellisuus, tasapaino, karkeamotoriset taidot, krooniset sairaudet, järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus, meta-analyysi.

ABSTRACT

Rannila, E. 2021. Effectiveness of virtual reality training on balance and gross motor skills on children with chronic illnesses: systematic literature review and meta-analysis. Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä, Master's thesis, 63 pages, 4 appendices.

Chronic illnesses have displaced infectious diseases from the most common diseases in children and adolescents. Exercise is seen as a major component in the treatment and rehabilitation of chronic illnesses, but most chronically ill children do not exercise enough on daily basis. Training that utilizes virtual reality (VR training) has become more common in rehabilitation in recent years and it has become very popular among children and adolescents. According to previous research evidence, VR training has potential in the rehabilitation of chronically ill children, but the results are partly contradictory. The purpose of this study is to provide additional information on the effectiveness of virtual reality training on the balance and gross motor skills of chronically ill children.

The material of this systematic literature review is part of the ROVA research project ("Virtual rehabilitation, augmented reality and robotics"). A systematic literature search was conducted in January 2019 on the OVID Medline, Cinahl, PsychINFO and ERIC databases. The studies to be included were delineated according to PICOS strategy: (P) chronically ill children under 18 years of age, (I) virtual reality training, (C) standard rehabilitation or other conventional training, (O) balance and gross motor skills, and (S) RCT studies. The selection of studies and the collection of study data were performed by one person and the risk of bias was assessed by two persons using the Cochrane Risk of Bias 2 tool. In addition, the reliability of the evidence was assessed according to the guidelines of the GRADE Working Group. A meta-analysis of the study was performed using Review Manager 5.4.1. Fourteen studies were accepted for meta-analysis according to the inclusion and exclusion criteria of the PICOS strategy. There was a total of 384 subjects and the mean age of the subjects was 9.6 years. A total of 192 subjects belonged to the intervention groups and 192 to the control groups. In eight studies, virtual reality training was compared to other conventional active training, and in six, virtual reality training was an adjunct to conventional rehabilitation compared to conventional rehabilitation alone.

According to the results of the meta-analysis, VR training appears to improve the balance of chronically ill children (SMD -0.51, 95% CI -0.87 – -0.16; $p=0.005$) and gross motor skills (SMD -0.41, 95% CI -0.82 – -0.00; $P=0.05$) compared to conventional active training. The reliability of the evidence was moderate in terms of balance and low in terms of gross motor skills, therefore the results should be viewed critically. Virtual reality training may be more effective in the balance of chronically ill children in addition to conventional rehabilitation than conventional rehabilitation alone (SMD -0.53, 95% CI -1.14 – 0.09; $p=0.09$), but there is no reliable research evidence. In addition, VR training may be as effective on the gross motor skills in chronically ill children as an adjunct to conventional rehabilitation as conventional rehabilitation alone (SMD -0.41, 95% CI -1.14 – 0.23; $p=0.19$). However, the evidence is uncertain in this regard.

VR training can be a good option compared to conventional training when aiming to improve the balance and gross motor skills of chronically ill children. Virtual reality is a safe and motivating form of training that has not shown any harms or adverse effects in the rehabilitation of chronically ill children.

Key words: virtual reality, balance, gross motor skills, chronic illness, systematic review, meta-analysis.

KÄYTETYT LYHENTEET

ASD	Autism spectrum disorder, autismikirjon häiriöt
BOT-2	Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, second edition
CI	confidence interval, luottamusväli
CP	Cerebral palsy, cp-vamma
DCD	Developmental coordination disorder, kehityksellinen koordinaatiohäiriö
FAB	Fullerton Advanced Balance Scale
FMS	Functional Mobility Scale
GMFCS	Gross Motor Function Classification
GMFM	Gross Motor Function Measurement
MABC-2	Movement ABC, second edition
PBS	Pediatric Balance Scale
RCT	randomized controlled trial, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus
SMD	standardized mean difference, standardoitu keskiarvojen erotus
TUG	Timed Up and Go- testi
VR	Virtual reality, virtuaalitodellisuus
WHO	World Health Organization, Maailman terveysjärjestö

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 LASTEN KROONISET SAIRAUDET	3
3 KARKEAMOTORISET TAIDOT JA TASAPAINO	6
4 VIRTUAALITODELLISUUS	8
4.1 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu kuntoutuksessa	10
4.2 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutukset kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan.....	11
5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET.....	18
6 MENETELMÄT	19
6.1 Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi tutkimusmenetelmänä	19
6.2 Alkuperäistutkimusten järjestelmällisen kirjallisuushaun toteutus	21
6.3 Tutkimusten valinta.....	22
6.4 Tutkimustietojen kerääminen.....	25
6.5 Harhan riskin arviointi.....	28
6.6 Aineiston tilastollinen analysointi.....	29
6.7 GRADE näytön varmuuden arviointi.....	30
7 TULOKSET.....	31
7.1 Tutkimusten osallistujat.....	31
7.2 Interventio- ja kontrolliryhmien kuvaus	31
7.3 Harhan riski.....	33

7.4	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun.....	34
7.5	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä	37
7.6	Haitat virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun yhteydessä	40
7.7	Näytön varmuuden arviointi GRADE mukaan.....	40
7.8	Meta-analyysin ulkopuolelle jääneet tutkimukset.....	44
8	POHDINTA.....	47
8.1	Alkuperäistutkimusten heterogeenisuus	48
8.2	Alkuperäistutkimusten harhan riski.....	50
8.3	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun käytännön sovellettavuus.....	51
8.4	Tutkimuksen eettisyys	52
8.5	Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	53
9	JOHTOPÄÄTÖKSET	54
	LÄHTEET	55
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Krooniset sairaudet ovat viime vuosikymmenien aikana syrjäyttäneet infektioaudit lasten ja nuorten yleisimmistä sairauksista (Wiljaars ym. 2016). Jotta sairauden katsotaan olevan krooninen, tulee sen olla lääkärin diagnosoima, kestänyt vähintään kolme kuukautta ja sen hoitovaste on huono tai siihen ei ole olemassa parannuskeinoa (Mokkink ym. 2007; Wijlaars ym. 2016). Yleisimpiä kroonisia sairauksia lasten parissa ovat hengitystie-elinten sairaudet, synnynnäiset sydänsairaudet, metaboliset sairaudet, autoimmuunisairaudet sekä erilaiset syövät. Myös erilaiset kehitysvammat, epilepsia, neurologiset kehityshäiriöt ja cp-vammat ovat yleisiä (Wijlaars ym. 2016).

Maailman terveysjärjestön (WHO 2020) suositusten mukaan lasten tulisi liikkua päivittäin vähintään 180 minuuttia, josta 60 minuuttia tulisi olla tehokkuuden suhteen vähintään kohtalaista. Tutkimusten mukaan suurin osa kroonisesti sairaista lapsista ei liiku päivän aikana riittävästi (Burghard ym. 2018; Haapala ym. 2018). Liikunta on kuitenkin erityisen tärkeää juuri kroonisesti sairaiden lasten kohdalla, sillä sen on todettu olevan tehokasta sairauden hoidossa ja kuntoutuksessa.

Virtuaalitodellisuusteknologia on viime vuosikymmeninä kehittynyt kiihtyvällä tahdilla ja alentuneet käyttökustannukset ovat tuoneet sen yhä useamman ulottuville (Powell ym. 2017; Riener & Harders 2012, 2). Virtuaalitodellisuus määritellään tietokoneen luomaksi simulaatioksi todellisesta tai kuvitteellisesta ympäristöstä (Holden 2005). Virtuaalitodellisuudesta puhuttaessa exergaming eli pelillistetty harjoittelu on merkittävässä osassa. Pelillistetty harjoittelu tapahtuu yleensä virtuaalitodellisuusympäristössä ja siinä ohjaaminen tapahtuu kehon liikkeillä ohjainten sijaan (Best 2013). Kehon liikkeet voidaan muuttaa virtuaaliympäristössä tapahtuvaksi pelaamiseksi ja pelihahmon liikkeiksi esimerkiksi kiintyvyysantureiden toimintaan perustuvien ohjainten, kehon painopisteen muutokseen reagoivan tasapainolaudan tai liikettä tunnistavan kameran avulla.

Myös kuntoutuksessa virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen on yleistynyt, erityisesti kivunhallinnassa sekä kognitiivisessa ja fyysisessä kuntoutuksessa (Powell ym. 2017). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen etuna nähdään erityisesti yksilöllisyys, mukautumiskyky ja motivoiva vaikutus (Benzing & Schmidt 2018; Holden 2005). Virtuaalitodellisuus ja pelillistetty harjoittelu ovat nousseet suosioon erityisesti lasten ja nuorten parissa (Benzing & Schmidt 2018). Vaikka virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua on tutkittu vielä melko vähän, ovat tulokset lupaavia. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa olla motivoiva ja tehokas harjoittelumuoto, jonka on todettu tavoittavan erityisen hyvin vähän liikkuvat ja tekniikkaan myönteisesti suhtautuvat henkilöt (Benzing & Schmidt 2018).

Tämän järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tarkoituksena on tutkia virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan. Tässä katsauksessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua verrataan tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Lisäksi tarkastellaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen. Tarkoituksena on myös arvioida virtuaalitodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen yhteydessä esiin tulleita haittoja.

2 LASTEN KROONISET SAIRAUDET

Viimeisen vuosisadan aikana erityisesti kehittyneissä maissa krooniset sairaudet ovat syrjäyttäneet infektioaudit lasten ja nuorten yleisimmistä sairauksista (Wijlaars ym. 2016). Tähän kehitykseen ovat vaikuttaneet erityisesti vastasyntyneiden ja lasten hoidon kehittyminen sekä mahdollinen neuvolatoiminta. Nykyään yhä useampi lapsi selviää aikaisemmin tappavina pidetyistä taudeista ja olosuhteista (Mokkink ym. 2007; Wijlaars ym. 2016).

Sairauden katsotaan olevan krooninen, kun se on lääkärin diagnosoima, siihen ei ole (vielä) olemassa hoitokeinoa tai sillä on huono hoitovaste (Mokkink ym. 2007; Wijlaars ym. 2016). Lisäksi sairauden tulee olla kestänyt kolmesta kuuteen kuukautta ja sen myös odotetaan kestävän vielä vähintään kolme kuukautta tai oireet ovat esiintyneet vähintään kolme kertaa edellisen vuoden aikana (Mokkink ym. 2007; Wiljlaars ym. 2016). Krooniset sairaudet ovat melko yleisiä; joidenkin arvioiden mukaan 13-27 prosenttiin lapsista vaikuttaa jokin pitkäaikainen sairaus tai vamma (Wijlaars ym. 2016).

Yleisimmät krooniset sairaudet lapsilla ovat hengitystie-elinten sairaudet (esimerkiksi kystinen fibroosi ja astma), synnynnäiset sydänsairaudet, metaboliset sairaudet (esimerkiksi ylipaino ja tyypin 2 diabetes), autoimmuunisairaudet (esimerkiksi lastenreuma) sekä erilaiset syövät (West ym. 2019). Edellä mainittujen sairauksien lisäksi yleisiä ovat erilaiset kehitysvammat, epilepsia sekä neurologiset kehityshäiriöt (esimerkiksi autismikirjon häiriöt ja cp-vamma) (Wiljlaars ym. 2016).

Cp-vammaa pidetään yhtenä yleisimpänä lapsuuden aikana diagnosoiduista kroonisista ja kuntoutusta vaativista sairauksista (Suomen cp-liitto 2020). Suomessa vuosittain noin 100-120 lapsella diagnosoidaan cp-vamma. Cp-vamma johtuu sikiökauden, synnytyksen tai varhaislapsuuden aikaisesta aivovauriosta, joka on syntynyt aivojen liikettä ja tasapainoa säätelevissä osissa (Rosenbaum & Rosenbloom 2012, 4; Suomen cp-liitto 2020). Siitä käytetään usein termiä cp-oireyhtymä, sillä oireiden kirjo voi vaihdella hyvinkin paljon eri henkilöiden kohdalla. Osalla oireet ovat erittäin vähäisiä ja huomaamattomia, toiset taas

tarvitsevat koko elämänsä ajan apua päivittäisissä toiminnoissa. Aivovaurio, joka aiheuttaa cp-vamman, on pysyvä, mutta kuntoutuksen avulla oireita pystytään lievittämään (Rosenbaum & Rosenbloom 2012, 4; Suomen cp-liitto 2020).

Neurologisiin kehityshäiriöihin katsotaan kuuluvaksi myös autismikirjon häiriöt (Autism spectrum disorder, ASD) (Lang ym. 2012). Autismikirjon häiriöön liittyvät oireet ovat erittäin monimuotoisia ja esiintyvät yksilöllisesti. Yleisinä oireina pidetään kommunikaatioon ja sosiaaliseen kanssakäymiseen liittyviä oireita, mutta motoriset kehityksen häiriöt ovat myös yleisiä (Lang ym. 2010). Lisäksi neurologisiin kehityshäiriöihin lasketaan kuuluvaksi myös kehityksellinen koordinaatiohäiriö (Barnhart ym. 2003). Kehityksellinen koordinaatiohäiriössä (Developmental coordination disorder, DCD) lapsella esiintyy motoristen taitojen heikkenemistä, jonka etiologia tai syy ei ole selvillä. Aikaisemmin tällaisia lapsia on kutsuttu kömpelöiksi tai motorisesti heikentyneiksi (Barnhart ym. 2003). Kehityksellinen koordinaatiohäiriö diagnosoidaan yleensä viimeistään kouluiässä ja se esiintyy hieman yleisemmin pojilla kuin tytöillä. Kehityksellisen koordinaatiohäiriön yhteydessä kuntoutus on ensisijaisen tärkeää, koska sillä on mahdollista estää oireiden kasaantumista (Barnhart ym. 2003)

Maailman terveysjärjestön (WHO 2020) mukaan lasten tulisi liikkua eri tavoin vähintään 180 minuuttia päivässä, josta 60 minuuttia tulisi olla tehokkuudeltaan vähintään kohtalaista. Fyysinen aktiivisuus on merkittävässä osassa normaalia kasvua ja kehitystä ajatellen. Se tukee muun muassa erilaisten elinjärjestelmien kehittymistä sekä vaikuttaa positiivisesti kehon koostumukseen, mielialaan ja elämänlaatuun (Haapala ym. 2018). Suurin osa kroonisesti sairaista lapsista ei kuitenkaan liiku päivän aikana riittävästi (Burghard ym. 2018; Haapala ym. 2018). Kuitenkin myös kroonisesti sairaiden lasten kohdalla fyysinen aktiivisuus ja liikunta ovat tärkeä osa hoitoa ja kuntoutusta, minkä lisäksi sen on todettu olevan tehokasta ja turvallista useimpien kroonisten sairauksien kohdalla (Haapala ym. 2018; West ym. 2019). Fyysisen aktiivisuuden on todettu estävän uusien kroonisten sairauksien syntyä, helpottavan oireiden hallintaa sekä jopa suoraan vaikuttavan kroonisen sairauden vakavuuteen (Burghard ym. 2019; Haapala ym. 2018; West ym. 2019).

Syinä kroonisesti sairaiden lasten vähäiseen liikkumiseen nähdään usein itse sairaus ja siitä johtuvat liikkumisen rajoitukset tai kivut (Haapala ym. 2018). Lisäksi vanhempien ylisuojelevuus ja pelko mahdollisista haitoista saattavat vaikuttaa liikunnan harrastamisen vähäisyyteen. Kroonisesti sairaiden ja kehitysvammaisten lasten kohdalla liikuntaharrastusten saavutettavuus on usein huonompi kuin terveillä ja normaalisti kehittyneillä lapsilla (Burghard ym. 2018). Esteenä liikuntaharrastukselle voi olla sosiaaliset syyt tai sairauksiin ja kehityshäiriöihin liittyvien tukitoimien puute. Lisäksi kroonisesti sairaat tai kehitysvammaiset lapset käyttävät aktiivisia kulkumuotoja huomattavasti vähemmän kuin terveet ja normaalisti kehittyneet ikätoverit (Burghard ym. 2018).

3 KARKEAMOTORISET TAIDOT JA TASAPAINO

Motoristen taitojen katsotaan olevan perusta kaikelle ihmisen liikkumiselle ja ne ovat usein ensimmäisiä suoraan havaittavia mukautuvan toiminnan elementtejä imeväisillä (Marrus ym. 2018; Robinson 2010). Motorinen kehitys jatkuu koko ihmisen eliniän ollen nopeinta lapsuuden aikana. Timo Jaakkola (2017) jakaa motorisen kehityksen viiteen eri vaiheeseen, jotka ovat refleksitoimintojen vaihe (alle 1 v), alkeellisten taitojen vaihe (2-3 v), motoristen perustaitojen vaihe (3-8 v), erikoistuneiden taitojen oppimisen vaihe (8-15 v) sekä viimeisenä opittujen taitojen hyödyntämisen vaihe (yli 15 v). Motoristen perustaitojen vaihe nähdään erittäin tärkeänä vaiheena myöhempien taitojen oppimisen kannalta (Jaakkola 2017).

Motorisia taitoja voidaan luokitella usealla eri tavalla, joista hyvin yleinen tapa on jakaa ne karkea- ja hienomotorisiin taitoihin (Marrus ym. 2018; Robinson 2010). Karkeamotorisilla taidoilla tarkoitetaan kehon suurilla lihasryhmillä tehtäviä liikkeitä ja näiden katsotaan olevan edellytys kehittyneemmälle liikkumiselle. Hienomotoriset liikkeet puolestaan saadaan aikaan kehon pienemmillä lihaksilla ja ne ovat tärkeitä tarkkuutta vaativassa toiminnassa (Marrus ym. 2018; Robinson 2010). Motorisiin taitoihin kuuluvat myös tasapainotaidot, liikkumistaidot sekä välineen käsittelytaidot (Jaakkola 2017). Liikkumistaitoja ovat esimerkiksi käveleminen, juokseminen ja kiipeäminen, ja näiden avulla henkilö pystyy liikkumaan paikasta toiseen. Välineen käsittelytaitoja ovat puolestaan esimerkiksi heittäminen, kiinniottaminen ja pomputteleminen. Lisäksi monet arkipäivän toiminnoista vaativat välineen käsittelytaitoja, oli sitten kyse kirjoittamisesta, syömisestä tai hampaiden pesemisestä (Jaakkola 2017).

Tasapainotaidot nähdään erittäin tärkeänä motoristen taitojen osa-alueena, sillä kaikki liikkuminen vaatii tasapainoa. Tasapainotaidot jaetaan yleensä kahteen eri ryhmään, dynaamiseen ja staattiseen tasapainoon (Jaakkola 2017; Pollock ym. 2000). Staattiseen tasapainoon liittyy henkilön kyky ylläpitää asentoa ja se liitetään usein asennonhallintaa vaativiin suorituksiin. Dynaamista tasapainoa puolestaan tarvitaan liikkeen aikana, esimerkiksi juostessa tai portaita kulkiessa (Jaakkola 2017; Pollock ym. 2000). Pollock ym.

(2000) pitävät asennonhallintaa merkittävänä osana tasapainotaitoja. Asennonhallinta tarkoittaa heidän mukaansa henkilön kykyä ylläpitää, saavuttaa tai palauttaa tasapaino. Asennonhallinnan strategiat voivat olla joko ennakoivia tai reaktiivisia ja ne tapahtuvat eri aistijärjestelmien välisessä yhteistyössä (Pollock ym. 2000).

Motorinen kehitys ei tapahdu irrallisena lapsen muusta kehityksestä. Motorinen kehitys vaikuttaa esimerkiksi hyvin vahvasti kognitiiviseen kehitykseen ja kognitiivinen kehitys puolestaan motorisiin taitoihin (Jaakkola 2017). Lisäksi motorinen kehitys on yhteydessä myös lasten sosioemotionaaliseen kehitykseen (Jaakkola 2017). Häiriöt motorisissa taidoissa ja tasapainossa vaikuttavat kroonisesti sairaiden lasten sosiaaliseen kanssakäymiseen; henkilön tapa istua, seisoa ja liikkua vaikuttaa vahvasti siihen, millaisena heidät nähdään (Hadders-Agra & Carlberg 2008; Jaakkola 2017).

Normaali motorinen kehitys etenee aina tietyssä järjestyksessä, mutta nopeudessa on havaittavissa yksilöllisiä eroja (Jaakkola 2017). Nämä erot johtuvat usein perimästä, kehitysvaiheesta tai biologisesta iästä, mutta myös elintavoilla ja ympäristöllä on vaikutusta. Lapsen ympäristön tulisikin tarjota edellytyksiä ja virikkeitä motorisen kehityksen varmistamiseksi (Jaakkola 2017). Motorinen kehitys on häiriintynyt usean kroonisen sairauden ja kehityshäiriön yhteydessä (Hadders-Algra & Carlberg 2008). Tämä vaikuttaa moneen arjen toimintaan, koska motoriset taidot ja tasapaino ovat edellytyksiä kaikelle liikkumiselle. Lasten neurologista kehitystä seurataankin valtakunnallisesti neuvolatoiminnan yhteydessä ja poikkeukset kehityksessä pyritään havaitsemaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa (Herrgård & Renko 2000).

4 VIRTUAALITODELLISUUS

Virtuaalitodellisuusteknologia on kehittynyt viime vuosikymmeninä kiihtyvällä tahdilla (Powell ym. 2017; Riener & Harders 2012, 2). Tekniikan kehittyminen ja laitteistojen yleistyminen ovat alentaneet käyttökustannuksia ja tuoneet virtuaalitodellisuuden yhä useamman saataville (Powell ym. 2017). Erityisesti langattoman teknologian ja liikkeentunnistuksen kehittyminen ovat vaikuttaneet laitteistojen yleistymiseen kotikäytössä (Best 2013).

Virtuaalitodellisuuden käsite yleistyi 1980-luvun loppupuolella (Riener & Harders 2012, 1). Alusta alkaen käsitteen määrittäminen on ollut haastavaa, ja siihen onkin yhdistetty tarkempia kuvaavia termejä. Yleisimpiä virtuaalitodellisuutta (virtual reality, VR) kuvaavia termejä ovat tekotodellisuus, lumetodellisuus tai keinotodellisuus. Näiden lisäksi aiheesta puhuttaessa yleinen käsite on lisätty todellisuus (augmented reality, AR), jossa tietokoneen avulla tuotettua virtuaalista kuvaa lisätään näkymään todellisesta ympäristöstä (Powell ym. 2017). Virtuaalitodellisuuden voidaan siis ajatella olevan oma erillinen ympäristönsä ja lisätyn todellisuuden yhdistävän virtuaalitodellisuutta ja todellista ympäristöä.

Virtuaalitodellisuus nähdään tietokoneen luomana simulaationa todellisesta tai kuvitteellisesta maailmasta, jonka käyttäjä voi kokea erilaisten käyttöliittymien avulla (Holden 2005). Riener ja Harders (2012, 2) pitävät tärkeinä immersiota ja läsnäolon tunnetta, kun puhutaan virtuaalitodellisuusympäristöistä. Läsnäolon tunne eroaa pelkästä virtuaalisen ympäristön havainnoimisesta siinä, että henkilö kokee olevansa niin sanotusti sisällä virtuaalisessa tilanteessa. Immersio puolestaan liittyy läheisesti läsnäolon käsitteeseen, mutta sen katsotaan viittaavan enemmänkin ominaisuuteen, joka kuvaa järjestelmien kykyä luoda keinotekoisia ympäristöjä mahdollisimman todellisella tavalla (Riener & Harders 2012, 2). Immersiiviset järjestelmät hyödyntävät usein monipuolisesti muun muassa reaaliaikaista vuorovaikutusta, useita tai puettavia näyttöjä sekä korkeaa kuvataajuutta (Riener & Harders 2012, 2). Läsnäolon tunteen ja immersion lisäksi tärkeitä virtuaalitodellisuuden elementtejä ovat vuorovaikutus ja sensorinen palaute (Sherman & Graig 2003). Vuorovaikutuksella tarkoitetaan virtuaalitodellisuusympäristön reagointia käyttäjän toimiin. Käyttäjän tulee voida

esimerkiksi liikkua ympäristössä tai muulla tavalla kommunikoida ympäristön kanssa. Sensorinen palaute liittyy yleensä visuaaliseen aistiin, mutta markkinoilla on myös järjestelmiä, jotka mahdollistavat haptisen eli tuntoaistiin perustuvan palautteen (Sherman & Graig 2003).

Virtuaalitodellisuusympäristö voidaan toteuttaa useiden laitteiden avulla. Useimmiten virtuaalitodellisuuden luomiseen ja kokemiseen tarvitaan tietokone, näyttö sekä laitteisto, joka mahdollistaa liikkeen seuraamisen ja palautteen antamisen. Tämän lisäksi tarvitaan ohjelmisto, jonka ansiosta edellä mainitut osa-alueet toimivat yhteistyössä ja muodostavat virtuaalitodellisuuskokemuksen (Holden ym. 2005). Yksinkertaisimmillaan virtuaalitodellisuus voidaan nähdä kaksiulotteisena kuvana esimerkiksi tietokoneen näytöllä, kun taas immersiivisempi ympäristö voidaan havainnoida kolmiulotteisena ja jossa läsnäolon tunne on suurempi (Holden ym. 2005). Immersiivisempiä ympäristöjä ovat esimerkiksi päähän puettavat näytöt (HMD, head mounted display) sekä kiinteät kokoonpanot, jotka voivat koostua useasta suuresta näytöstä tai projektoreista (Sherman & Graig 2003).

Virtuaalitodellisuudesta puhuttaessa merkittävässä asemassa on niin sanottu pelillistetty harjoittelu eli exergaming (Best 2013). Pelillistetty harjoittelu on interaktiivista pelaamista, jossa pelaaminen tapahtuu kehon toiminnoilla nappuloiden tai ohjainten sijaan ja pelaaja pystyy liikkeidensä avulla ohjaamaan hahmoa virtuaalisessa ympäristössä (Best 2013). Yleisimpiä ja käytetyimpiä laitteita ovat muun muassa Nintendo Wii sekä Microsoft Kinect (Microsoft 2014; Nintendo 2013). Nintendo Wii hyödyntää laitteissaan langattomia kädessä pidettäviä ohjaimia, joiden toiminta perustuu kiihtyvyysantureihin. Osa Nintendo Wii-peleistä on pelattavissa myös tasapainolaudan avulla (Nintendo 2013). Tasapainolaudan toiminta perustuu kehon painopisteen muutokseen, ja sen avulla peliä voidaan ohjata kehon liikkeiden avulla. Microsoft Kinectin (2014) toiminta puolestaan perustuu optisiin sensoreihin ja liikkeentunnistukseen. Sen avulla pelatessa ei tarvita ohjaimia, vaan peliä ohjataan koko kehon liikkeillä. Edellä mainittujen teknologioiden avulla kehon karkeamotoriset liikkeet voidaan muuttaa virtuaaliympäristöissä tapahtuvaksi pelaamiseksi ja avatarin eli pelihahmon liikkeiksi.

4.1 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu kuntoutuksessa

Myös kuntoutusalalla virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen on viime vuosikymmeninä lisääntynyt ja sen käyttö onkin yleistä esimerkiksi kivun hallinnan yhteydessä sekä kognitiivisessa ja fyysisessä kuntoutuksessa (Powell ym. 2017). Lisäksi virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu (VR-harjoittelu) yksinään tai yhdistettynä robotiikkaan mahdollistaa kuormittavien kuntoutusessioiden helpottumisen fysioterapeutin kannalta (Riener & Harders 2012, 164). Tästä hyvänä esimerkkinä voidaan mainita kävelyrobotin käyttö kuntoutuksessa. Kävelyrobotit koostuvat yleensä juoksumatosta sekä valjaista ja ulkoisesta tukirangasta, joiden ansiosta liikuntarajoitteinen henkilö pystyy harjoittelemaan kävelyä pystyasennossa (Riener & Harders 2012, 164). Fysioterapian lisäksi virtuaalitodellisuutta hyödynnetään esimerkiksi psykoterapiassa, missä sitä käytetään erityisesti pelkotilojen ja traumojen yhteydessä (Riener & Harders 2012, 161).

Usein kuntoutuksen yhteydessä pohditaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun merkitystä. Esiin voi nousta kysymyksiä, joissa pohditaan miksi hankkia kalliita laitteita, kun samoja harjoitteita voi tehdä todellisessa ympäristössä edullisemmin. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun on kuitenkin todettu olevan useassa yhteydessä helpompaa, yksilöllisempää ja turvallisempaa (Holden 2005). Motoristen taitojen oppimisen yhteydessä tärkeimpinä seikkoina pidetään toistoa, palautetta ja motivaatiota (Holden 2005). Pelkkä liikkeen toistaminen ei vielä mahdollista oppimista, vaan siihen täytyy yhdistyä palaute liikkeen onnistumisesta. Jotta henkilö jaksaa harjoitella liikettä yhä uudelleen, tulee hänen olla myös motivoitunut harjoittelemaan. Virtuaalitodellisuus nähdään oivallisenä työkaluna, joka tarjoaa käyttäjälle kaikkia edellä mainittuja elementtejä (Di Tore & Raiola 2012; Holden 2005). Lisäksi virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu nähdään helppona ja turvallisena vaihtoehtona tavanomaiselle harjoittelulle. Virtuaalitodellisuusympäristössä liikkeiden harjoittelu on usein vähemmän lannistavaa, koska epäonnistumisella on pienemmät seuraukset (Holden 2005). Tämänhetkisen ymmärryksen mukaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun yhteydessä omaksutut motoriset taidot ovat siirrettävissä myös todelliseen ympäristöön ja toimintaan (Di Tore & Raiola 2012; Holden 2005).

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ja pelillistetty harjoittelu ovat nousseet erityiseen suosioon lasten ja nuorten parissa (Benzing & Schmidt 2018; Best 2013). Vaikka virtuaalitodellisuutta hyödyntävään harjoitteluun liittyy paljon positiivisia seikkoja, on esiin noussut myös epätietoisuutta erityisesti lasten vanhempien keskuudessa. Virtuaalitodellisuusympäristössä tapahtuvan harjoittelun positiivisina puolina ja vahvuuksina nähdään sen yksilöllisyys, mukautumiskyky ja skaalautuvuus (Benzing & Schmidt 2018). Sen on myös todettu lisäävän motivaatiota ja tämän myötä fyysistä aktiivisuutta (Benzing & Schmidt 2018; Best 2013; Riener & Harders 2012, 5). Viime vuosina on myös herännyt kiinnostusta VR-harjoittelun vaikutuksista lasten ja nuorten kognitioon. Vaikka aiheesta on vielä suhteellisen vähän tutkimusta, ovat tulokset tämän suhteen lupaavia (Best 2013). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun ja pelillistetyn harjoittelun on myös todettu tavoittavan erityisen hyvin tietyt väestöosat, erityisesti tekniikan ja teknologian kehitykseen myönteisesti suhtautuvat. Tämän ajatellaan olevan erityisen tärkeää sellaisten lasten kohdalla, jotka liikkuvat vähän ja käyttävät runsaasti aikaa videopelien parissa (Benzing & Schmidt 2018).

4.2 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutukset kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan

Aiempaa tutkimusnäyttöä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta kroonisesti sairaiden lasten ja nuorten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin selvitettiin järjestelmällisen tiedonhaun keinoin hakemalla aiemmin julkaistut järjestelmälliset katsaukset aiheesta. Järjestelmällinen katsausten haku tehtiin huhtikuussa 2021 Cinahl- tietokantaan hakusanoilla meta-analysis OR meta analysis OR systematic review AND virtual reality OR vr OR augmented reality OR video gam* OR exergam* OR serious gam* AND children OR adolescents OR youth OR child OR teenager (AND chronic OR chronic illness) AND balance OR gross motor OR motor OR motor function. ROVA-hankkeen järjestelmällisten katsausten haku tehtiin kesäkuussa 2020 Medline, Cinahl, PsycInfo ja Eric- tietokantoihin, jota tämä pro gradu- tutkielmaa varten tehty haku täydensi. Esimerkki ROVA- hankkeen järjestelmällisten katsausten hausta liitteenä (liite 1). Haun PICOS- strategiana pidettiin seuraavaa: (P) alle 18-vuotiaat kroonisesti sairaat lapset, (I) virtuaalitodellisuutta tai pelillistettyä harjoittelua hyödyntävät interventiot, (C) tavanomainen hoito, kuntoutusta odottava ryhmä ja erilainen

kuntoutuksen toteutustapa, (O) tasapaino ja karkeamotoriset taidot sekä (S) järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus tai meta-analyysi. Haku rajattiin koskemaan ainoastaan englanninkielisiä artikkeleita. Haulla löytyi yhteensä 30 artikkelia, joista mukaan otettiin 3 artikkelia. Poissulkusyynä oli väärä populaatio (3), väärä interventio (8), väärä tulosmuuttuja (5) tai tutkimus esiintyi jo ROVA-hankkeen järjestelmällisessä katsausten haussa (11). Mukaan valittiin katsaukset, jotka on tehty aikaisintaan vuonna 2015, koska virtuaalitodellisuusteknologian nopeatahtisen kehittymisen vuoksi haluttiin saada mahdollisimman ajantasaista tietoa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutuksista. ROVA-hankkeen järjestelmällisten katsausten haun tuloksista valikoitiin tämän tutkimuksen kannalta oleelliset tutkimukset edellä mainitun PICO- lausekkeen ja muiden ehtojen mukaan. ROVA-hankkeen järjestelmällisistä katsauksista mukaan valikoitui yhdeksän katsausta. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorikkaan käsiteltiin yhteensä 12 katsauksessa, mukaan lukien täydennyshaun katsaukset. Katsauksia haettiin ROVA-hankkeen katsauksista ja järjestelmällisesti Cinahl- tietokannasta, manuaalista tiedonhakua ei suoritettu.

Mukaan valittujen katsauksien laatua arvioitiin AMSTAR 2- laadunarviointityökalun avulla (Shea ym. 2017). Katsauksien laatu oli kohtalaista seitsemän tutkimuksen osalta (Cavalvante Neto ym. 2019; Lopes ym. 2020; Mentiplay ym. 2019; Pin 2019; Ravi ym. 2017; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019). Kolmen tutkimuksen osalta katsauksien laatu puolestaan oli heikkoa (Cooper & Williams 2017; Holtz ym. 2018; Wu ym. 2019) ja kahden osalta kriittisen heikkoa (Chen ym. 2018; Page ym. 2017). Laatua heikensi monen katsauksen kohdalla ennakkorekisteröinnin puuttuminen ja puutteellisesti raportoitu alkuperäistutkimusten valinta sekä tutkimustietojen kerääminen. Vain Chen ym. (2018) katsauksessa raportoitiin kokotekstivaiheessa poispudonneet ja eriteltiin poispuotoamisen syyt. Lisäksi yhdessäkin katsauksessa ei ollut raportoitu alkuperäistutkimusten rahoitusta. AMSTAR- laadunarviointi on esitetty liitteenä (liite 2).

Mukaan valituista katsauksista yhdessä (Holtz ym. 2018) tutkittavat olivat kroonisesti sairaita, kahdeksassa (Chen ym. 2018; Cooper & Williams 2017; Lopes ym. 2020; Pin 2019; Ravi ym. 2017; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019) cp-vammaisia lapsia, minkä lisäksi Lopes ym. (2020) tutkittavien joukossa oli myös Downin syndroomaa sairastavia lapsia.

Lisäksi kahdessa tutkimuksessa (Cavalcante Neto ym. 2019; Mentiplay ym. 2019) tutkittavilla oli diagnosoitu kehityksellinen koordinaatiohäiriö ja yhdessä (Page ym. 2017) laajemmin erilaiset kehityshäiriöt. Kaikki tutkittavat olivat alle 18- vuotiaita lapsia. Seitsemässä katsauksessa (Cavalcante Neto ym. 2019; Chen ym. 2018; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019) mukaan hyväksytyt alkuperäistutkimukset olivat satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, viidessä katsauksessa (Cooper & Williams 2017; Lopes ym. 2020; Page ym. 2017; Pin 2019; Ravi ym. 2017) tutkimusasetelmaa ei ollut rajattu. Neljän katsauksen yhteydessä oli suoritettu myös meta-analyysi (Chen ym. 2018; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019). Tarkempi kuvaus mukaan valituista katsauksista taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Järjestelmälliset katsaukset aiheesta virtuaalidellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan.

Tutkimus	Tutkittavat (diagnoosi), n (tutkimukset/tutkittavat)	Tutkimusasetelma	Interventio, (kesto, frekvenssi, harjoituskeran kesto)	Kontrolli	Tulosmuut-tujat	Mukaan otetut tutkimukset	Tulokset/Johtopäätökset
Holtz ym. 2018	Krooniset sairaudet, 18/968	Järjestelmällinen katsaus	VR- harjoittelu kaupallisella tai ei-kaupallisella pelikonsolilla, (1-20 vko, 1-5krt/vko, 40min)	Muu harjoittelu	Terveys-vaikutukset, motoriset taidot	RCT- tutkimukset	Tulokset olivat ristiriitaisia niissä yhdeksässä tutkimuksessa, jotka mittasivat motorisia taitoja. Virtuaalidellisuutta hyödyntävällä harjoittelulla on potentiaalia, mutta tulevat tutkimukset tulee suunnitella huolella.
Lopes ym. 2020	CP & Downin syndrooma, 5/NA	Järjestelmällinen katsaus	VR- harjoittelu Nintendo Wii Fit, vr cycling home training, Gesture Tek GX, (6-24 vko, 2-3 krt/vko, 20-60 min)	Ei harjoittelua tai muu harjoittelu	Motoriset taidot	RCT- tutkimukset	Virtuaalidellisuutta hyödyntävä harjoittelu yksinään tai yhdistettynä tavanomaiseen motoriseen harjoitteluun parantaa motorisia taitoja. Virtuaalidellisuutta hyödyntävä harjoittelu lupaava hoitomuoto cp-vammaisten tai Downin syndroomaa sairastavien kuntoutuksessa.
Pin 2019	CP, 21/332	Järjestelmällinen katsaus	Interaktiivinen tietokone-pelaaminen (interactive computer play, ICP) joko ainoana terapiana tai tavanomaisen lisänä, (3-20	Ei harjoittelua tai muu harjoittelu	Tasapaino ja asennonhallinta	Kaikki tutkimus-asetelmat hyväksytyt	ICP vaikuttaisi parantavan cp-vammaisten lasten tasapainoa ja asennon hallintaa paremmin kuin tavanomainen kuntoutus.

			vko, 1-7 krt/vko, 25-90 min)				
Ren & Wu 2019	CP, 7/234	Järjestelmällinen katsaus ja meta-analyysi	VR- harjoittelu Nintendo Wii, Eloton SimCycle, Xbox Kinect tai ei-kaupallinen peli, (4-9 vko, 2-7krt/vko, 20-40 min)	Ei harjoittelua tai tavanomainen kuntoutus	Karkea-motoriikka	RCT-tutkimukset	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa parantaa cp-lasten karkeamotorisia taitoja (SMD 0,37).
Warnier ym. 2019	CP, 26/420	Järjestelmällinen katsaus ja meta-analyysi	VR- harjoittelu Nintendo Wii, Xbox 360 Kinect, Playstation tai ei-kaupallinen, (1-20 vko, 2-7 krt/vko, 15-90 min)	Ei harjoittelua tai tavanomainen kuntoutus	Tasapaino ja kävely	RCT-tutkimukset	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttavaa tasapainon suhteen (SMD= 0,89), lupaava harjoittelumuoto cp-lasten kuntoutuksessa.
Wu ym. 2019	CP, 11/313	Järjestelmällinen katsaus ja meta-analyysi	VR-harjoittelu Nintendo Wii, Xbox Kinect, ei-kaupallinen, (4-12 vko, 2-7 krt/vko, 15-45 min)	Ei harjoittelua tai aktiivinen harjoittelu	Tasapaino	RCT-tutkimukset	VR- harjoittelu saattaa parantaa cp-lasten tasapainoa (Hedge's g= 0,29).
Chen ym. 2018	CP, 19/504	Järjestelmällinen katsaus ja meta-analyysi	VR- harjoittelu Nintendo Wii, Eloton SimCycle, Playstation, ei-kaupallinen, (4-20 vko, 1-6 krt/vko, 20-90 min)	Ei harjoittelua tai aktiivinen harjoittelu	Motoriset taidot	RCT-tutkimukset	Kokonaisvaikutus VR:n hyväksi (d=0,861).
Cooper & Williams 2017	CP, 6/90	Järjestelmällinen katsaus	Nintendo Wii-harjoittelu, (3-12 vko, 2-5 krt/vko, 25-50 min)	N/A	Tasapaino	Kaikki tutkimusasetelmat hyväksytyt	Kaikissa paitsi yhdessä tutkimuksessa tulokset paranivat vähintään yhdessä tasapainon osa-alueessa.
Ravi ym. 2017	CP, 31/369	Järjestelmällinen katsaus	VR- harjoittelu kaupallinen tai ei-kaupallinen konsoli, (3-26 vko, 1-5 krt/vko, 20-90 min)	N/A	Tasapaino ja motoriset taidot	Kaikki tutkimusasetelmat hyväksytyt	Tulosten perusteella vr-harjoittelu on lupaava harjoittelumenetelmä parantamaan cp-lasten tasapainoa ja motorisia taitoja.
Cavalcante Neto ym. 2019	DCD, 12/NA	Järjestelmällinen katsaus	VR- harjoittelu Nintendo Wii, Microsoft Kinect tai Playstation, (5-16 vko, 1-5 krt/vko, 10-60 min)	Ei harjoittelua, tavanomainen kuntoutus tai muu aktiivinen harjoittelu	Motoriset taidot	RCT-tutkimukset	66% prosenttia tutkimuksista positiivisia vaikutuksia VR:llä. Vain kolmessa DCD-lapset verrokkeina, muissa normaalisti kehittyneet.
Mentiplay ym. 2019	DCD, 15/426	Järjestelmällinen katsaus	VR- harjoittelu Nintendo Wii, Microsoft Kinect, tai Playstation, (4-16 vko, 1-5krt/vko, 10-60 min)	Ei harjoittelua, tavanomainen kuntoutus tai muu aktiivinen harjoittelu	Motoriset taidot	Kaikki tutkimusasetelmat hyväksytyt	Tulokset ristiriitaisia motoristen taitojen suhteen. Motivaation ja harjoitteluun sitoutumisen suhteen positiivisia huomioita.
Page ym. 2017	Erilaiset kehityshäiriöt, 19/NA	Järjestelmällinen katsaus	VR- harjoittelu kaupallinen tai ei-kaupallinen konsoli, (1-24 vko, 1-4	N/A	Motoriset taidot ja tasapaino	Kaikki tutkimusasetelmat hyväksytyt	Tulokset lupaavia tasapainon suhteen. Erityisesti cp-lapset hyötyivät vr-harjoittelusta.

RCT: randomized controlled trial, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus; CP: cerebral palsy; DCD: developmental coordination disorder; ICP: interactive computer play; SMD: standardized mean difference

Katsauksissa mukana olevien tutkimusten interventiot vaihtelivat sekä virtuaaliodellisuusteknologian, harjoittelukertojen tiheyden ja määrän, että keston suhteen. Interventioiden toteutuksessa oli käytetty useimmiten kaupallisia pelikonsoleita sekä jonkin verran erityisesti kuntoutustarkoitukseen kehitettyjä pelejä ja ohjelmistoja. Käytetyistä kaupallisista pelikonsoleista yleisin oli Nintendo Wii (Nintendo 2013), joka oli mukana kaikissa katsauksissa. Myös Microsoft Kinect for Xbox 360 (Microsoft 2014) ja Playstation move ja EyeToy (Playstation 2012) esiintyivät useammassa tutkimuksessa. Kontrolliryhmän kuvaus oli puutteellista useassa katsauksessa ja kolmessa (Cavalcante Neto ym. 2019; Cooper & Williams 2017; Ravi ym. 2017) kontrolliryhmää ei ollut kuvattu lainkaan. Interventioiden kestot vaihtelivat yhdestä harjoittelukerrasta 26 viikkoon ja frekvenssi vaihteli yhdestä harjoituskerrasta seitsemään kertaan viikossa. Yhden harjoittelukerran kesto oli keskimäärin 40 minuuttia vaihdellen 10 minuutista jopa 90 minuuttiin.

Virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten karkeamotorisiin taitoihin ja tasapainoon vaihteli suuresti katsauksien välillä. Osassa katsauksista tulokset olivat ristiriitaisia (Cavalcante Neto ym. 2019; Holtz ym. 2018; Mentiplay ym. 2019), eikä virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun voitu katsoa yksiselitteisesti parantavan karkeamotorisia taitoja tai tasapainoa. Holtzin ym. (2018) katsauksessa tarkasteltaessa motorisia taitoja neljässä tutkimuksessa raportoitiin merkittäviä positiivisia tuloksia, neljässä ei-merkittäviä positiivisia tuloksia ja yhdessä tutkimuksessa raportoitiin jopa motoristen taitojen heikkenemistä. Cavalcante Neton ym. (2018) katsauksessa huomioitiin, että vain kolmessa tutkimuksessa myös kontrolliryhmänä oli kehityksellisen koordinaatiohäiriö- diagnoosin saaneita, muissa tutkimuksissa käytettiin verrokkeina terveitä lapsia. Tämän vuoksi tulokset eivät olleet verrattavissa, ja tulosten synteessissä olikin huomioitu vain näiden kolmen tutkimuksen tulokset. Vaikka Mentiplayn ym. (2019) katsauksessa tulokset olivat ristiriitaisia motoristen taitojen suhteen, raportoitiin useassa arvioidussa tutkimuksessa korkea motivaation taso ja sitoutuminen harjoitteluun.

Yhdeksässä katsauksessa huomioitiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavan positiivisesti koehenkilöiden tasapainoon tai karkeamotorisiin taitoihin (Chen ym. 2018; Cooper & Williams 2017; Lopes ym. 2020; Page ym. 2017; Pin 2019; Ravi ym. 2017; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019). Niissä katsauksissa, joissa oli suoritettu myös meta-analyysi, virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu oli vaikuttavaa (Chen ym. 2018; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019). Vaikutuksen suuruus vaihteli pienestä kohtalaiseen. Chen ym. (2018) katsauksessa kokonaisvaikutuksen suuruus oli suurta virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun hyväksi ($d = 0,861$). Page ym. (2017) katsauksessa oli huomioitu sekä tasapainoa että karkeamotorisia taitoja kuvaavia tulosmuuttujia, ja tulokset olivat lupaavia erityisesti tasapainon suhteen.

Interventioiden kestossa oli tutkimusten välillä suurta vaihtelua. Lyhyimmillään interventiot olivat yhden harjoittelukerran tai viikon mittaisia, pisimmillään jopa puoli vuotta. Myös harjoittelufrekvenssi ja yhden harjoittelukerran kesto vaihtelivat suuresti. Cooper ja Williams (2017) havainnoivat, että myös lyhyemmät interventiot voivat olla tehokkaita, mikäli harjoittelufrekvenssi on tarpeeksi korkea. Tutkijoiden mukaan sopiva frekvenssi on useamman kerran viikossa, mutta tarkempia lukuja heillä ei ollut esittää. Myös Pagen ym. (2017) katsauksessa tutkijat havainnoivat, että pidempi intervention kesto ei tuottanut parempia tuloksia. Samoin tutkijat huomioivat, että kotona tehtävä ja etäyhteydellä ohjattu interventio ei tuottanut niin hyviä tuloksia kuin henkilökohtaisesti kuntoutushenkilökunnan kanssa toteutetut interventiot.

Aikaisempi tutkimusnäyttö virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutuksista kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan on ristiriitaista. Vaikka tulokset ovat varovaisen positiivisia virtuaalitodellisuuden hyödyntämisen suhteen, tarvitaan aiheesta vielä tarkempaa tutkimustietoa. Aiemmista katsauksista ainoastaan seitsemässä (Cavalcante Neto ym. 2019; Chen ym. 2018; Holtz ym. 2018; Lopes ym. 2020; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019) alkuperäistutkimukset olivat satunnaistettuja kontrolloituja tutkimuksia, muissa oli hyödynnetty metodologisesti hyvinkin erilaisten tutkimusten tuloksia. Ainostaan neljän katsauksen (Chen ym. 2018; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019) yhteydessä oli suoritettu myös meta-analyysi. Aiheesta tarvitaankin lisää katsauksia, jotka keskittyvät erityisesti satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten

tuottaman tiedon luotettavaan arviointiin ja meta-analyysiin. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutuksen arvioiminen on haastavaa erityisesti alkuperäistutkimusten heterogeenisyyden vuoksi. Sekä interventiot että osallistujien lähtötasot vaihtelevat usein suuresti, samoin käytetyt tulosmuuttajat. Myös kontrolliryhmät ovat tutkimuksissa hyvin erilaisia ja useassa tutkimuksessa verrataan virtuaalitodellisuudessa tapahtuvaa harjoittelua ryhmään, joka ei saa minkäänlaista kuntoutusta tai harjoittelua. Nykyisin on jo hyvin tiedossa, että terapeuttinen harjoittelu on tehokasta monen eri sairauden tai oireyhtymän hoidossa (Smitd ym. 2005) ja harjoittelun voidaan olettaa olevan tehokkaampaa kuin ei-harjoittelu. Tarvitaan tietoa siitä, onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu tehokkaampaa tai yhtä tehokasta kuin tavanomainen harjoittelu sekä onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttavaa tavanomaisen kuntoutuksen lisänä.

5 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin tarkoituksena on selvittää virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa lisätietoa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun hyödyistä ja mahdollisista haitoista tavanomaisen kuntoutuksen lisänä sekä verrattuna vastaavaan aktiiviseen harjoitteluun.

Tutkimuskysymykset ovat:

- 1) Mikä on virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun?
- 2) Mikä on virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin tavanomaisen kuntoutuksen lisänä?
- 3) Mikä on näytön varmuus virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan?
- 4) Onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä harjoittelulla raportoitu haittoja?

6 MENETELMÄT

Tämän järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin aineistona hyödynnettiin soveltuvien osin ROVA- tutkimushankkeen (”Virtuaalikuntoutus, lisätty todellisuus ja robotiikka”) aineistoa. ROVA- hanke on Kelan rahoittama ja se on toteutettu Jyväskylän yliopiston Liikuntatieteellisessä tiedekunnassa vuosina 2019-2021. Hankkeen tarkoituksena oli selvittää robotiikan ja virtuaalitodellisuuden tai lisätyn todellisuuden avulla tapahtuvaa kuntoutusta ja sen vaikuttavuutta kuntoutujien toiminta- ja työkykyyn, elämänlaatuun ja toimijuuteen. Tämä pro gradu- tutkielma on toteutettu ja raportoitu PRISMA Checklist (Moher ym. 2009) ohjeisiin perustuen ja se perustuu ennalta määriteltyyn tutkimussuunnitelmaan.

6.1 Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi tutkimusmenetelmänä

Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset ja meta-analyysit ovat muodostuneet yhä tärkeämmiksi terveydenhuoltoalalla perustutkimuksen lisääntyneen määrän vuoksi (Moher ym. 2009). Perustutkimuksen määrä lisääntyy kiihtyvällä tahdilla, minkä vuoksi terveydenhuoltoalan ammattilaisten on mahdotonta arvioida kaikkea uusinta tietoa päätöksenteon yhteydessä. Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset ja meta-analyysit pyrkivätkin kokoamaan ja tiivistämään yhteen uusimman tutkimustiedon, mikä mahdollistaa tämän tiedon käyttämisen käytännön kliinisessä työssä ja päätöksenteossa (Lasserson ym. 2021). Järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset pyrkivät vastaamaan tiettyyn tutkimuskysymykseen keräämällä tutkimustietoja, jotka sopivat ennalta määriteltyihin kriteereihin (Lasserson ym. 2021; Moher ym. 2009). Nämä pyrkivät myös minimoimaan harhanriskiä käyttämällä selkeitä ja järjestelmällisiä menetelmiä, jotka myös on määritelty ja raportoitu etukäteen (Lasserson ym. 2021).

Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen onnistumiselle on tärkeää, että tutkimuskysymys on muotoiltu huolellisesti (Lasserson ym. 2021). Tutkimuskysymyksen muodostamisessa käytetään usein apuna PICO-lauseketta, jossa P (Population) määrittelee tutkittavan

kohderyhmän, I (Intervention) kohderyhmän saavan intervention, C (Comparison) kontrolliryhmän sekä O (Outcome) tulosmuuttujat, joiden suhteen muutosta tarkastellaan (Lasserson ym. 2021; Moher ym. 2009). Tutkimusten sisäänotto- ja poissulkukriteerit määritellään PICOS- strategian avulla ja sen tulee olla ennalta määritelty (Lasserson ym. 2021).

Meta-analyysissä järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen tulokset esitetään tilastollisia menetelmiä hyödyntäen (Deeks ym. 2021; Moher ym. 2009). Siinä yhdistetään kahden tai useamman alkuperäistutkimuksen tuloksia, jolloin tutkittavaa asiaa voidaan havainnoida suuremmalla kohdejoukolla. Tämän myötä tutkittavasta asiasta voidaan tehdä varmempia johtopäätöksiä (Deeks ym. 2021; Moher ym. 2009).

Meta-analyysiä tehdessä voidaan näyttää joko kiinteiden vaikutusten mallia (fixed-effect) tai satunnaisvaikutusten mallia (random-effects) (Deeks ym. 2021; Higgins ym. 2009; Rice ym. 2018). Kiinteiden vaikutusten mallia käytetään, kun oletetaan, että kaikkien interventioiden vaikutukset ovat samanlaisia (Deeks ym. 2021; Rice ym. 2018). Satunnaisvaikutusten malli puolestaan on käytössä, kun oletetaan, että tutkimuksissa selvitetään erilaisia, mutta toisiinsa liittyviä interventiovaikutuksia. Tällöin vaikutus ei ole täysin sama kaikissa tutkimuksissa (Deeks ym. 2021; Higgins ym. 2009). Satunnaisvaikutusten mallia pidetään epävarmempana kuin kiinteiden vaikutusten mallia, mutta sen etuna nähdään parempi yleistettävyyys tutkittavaan populaatioon (Deeks ym. 2021). Meta-analyysiä tehdessä käytetään usein myös käänteisen varianssin menetelmää (inverse-variance method), jossa suuremmille tutkimuksille, joilla on pienemmät keskivirheet, annetaan suurempi painoarvo kuin pienemmille tutkimuksille, joiden keskivirheet ovat suuremmat. Tämä kompensoi satunnaisvaikutusten malliin liittyvää pienten tutkimusten suurempaa painoarvoa (Deeks ym. 2021).

Deekin ym. (2021) mukaan meta-analyysiin liittyy väistämättä heterogeenisyyttä, koska tutkimukset poikkeavat aina jonkin verran toisistaan. Kliininen heterogeenisyys tarkoittaa koehenkilöihin liittyvää vaihtelua. Tutkimusten toteutukseen, harhan riskiin ja lopputulosmuuttujiin liittyvää vaihtelua puolestaan liittyy metodologiseen heterogeenisyyteen

ja intervention vaikutusten vaihtelu tilastolliseen heterogeenisyyteen (Deeks ym. 2021). Tilastollinen heterogeenisuus on usein seurausta metodologisesta ja/tai kliinisestä heterogeenisyydestä. Se on myös korkeampaa kuin sattuman aiheuttama vaihtelu. Usein kirjallisuudessa tilastolliseen heterogeenisyyteen viitataan pelkästään heterogeenisyytenä (Deeks ym. 2021). Heterogeenisyyttä voidaan arvioida meta-analyysissä I²- testisuureen avulla, joka ilmaisee prosenttiosuutena vaikutuksen vaihtelun, joka johtuu todennäköisemmin heterogeenisyydestä kuin sattumasta. Mikäli heterogeenisuus on huomattavaa (>50%), tulisi tulokset esittää myös alaryhmäkohtaisesti, sekä arvioida laadullisesti metsäkuvioita ja suppilokuvioita (Deeks ym. 2021).

6.2 Alkuperäistutkimusten järjestelmällisen kirjallisuushaun toteutus

ROVA- hankkeen laaja järjestelmällinen kirjallisuushaku toteutettiin tammikuussa 2019 neljään eri tietokantaan. Haut suoritettiin The National Library of Medicine (OVID Medline), Cumulative Index to Nursing and Allied Health Literature (Cinahl), Psychological Information Database (PsychINFO) ja Education Resources Information Center ERIC - tietokantoihin. Haut tehtiin ilman kielirajoituksia sekä aikarajaa. Esimerkki hakusanastrategiasta nähtävissä liitteessä 1 (liite 1).

ROVA- hankkeeseen mukaan otettavat tutkimukset rajattiin PICOS- lausekkeen mukaan seuraavasti: (P) lääkinnällistä kuntoutusta tarvitsevat lapset ja aikuiset ilman ikärajoituksia, (I) kuntoutusrobotiikkaa tai virtuaalitodellisuutta hyödyntävät interventiot, (C) tavanomainen hoito, kuntoutusta odottava ryhmä ja erilainen kuntoutuksen toteutustapa sekä (O) ICF- luokituksen mukaiset kehon toiminnot ja rakenteet, suoritukset sekä elämänlaatu, fyysinen ja psyykinen hyvinvointi, avuntarve sekä opiskelu- ja työkyky. Tutkimusasetelmaksi hyväksyttiin satunnaistetut, kontrolloidut tutkimukset (RCT) sekä näihin liittyen parallel- ja cross-over- asetelmia hyödyntävät RCT- tutkimukset. Katsauksen ulkopuolelle rajattiin tutkimukset, joissa osallistujat olivat perusterveitä tai heillä ei ollut kuntoutumiseen vaadittavaa sairautta tai vammaa. Katsauksesta suljettiin pois myös yksittäisen interventiokerran välittömiä vaikutuksia selvittävät tutkimukset, koska tarkoituksena oli selvittää interventioiden vaikuttavuutta toimintakykyyn.

Virtuaalitodellisuuteen liittyviä satunnaistettuja kontrolloituja alkuperäistutkimuksia löytyi yhteensä 3717, joista kaksoiskappaleiden poiston jälkeen mukaan jäi 2840 viitettä. Tämän jälkeen tutkimukset seulottiin otsikon ja tiivistelmän perusteella kahden itsenäisen tutkijan toimesta, jolloin koko tekstin arviointiin siirtyi yhteensä 881 tutkimusta. Lopullinen hakutulos oli 531 alkuperäistutkimusta.

6.3 Tutkimusten valinta

ROVA- hankkeen kirjallisuushaun sisäänotto- ja poissulkukriteerit vastaavat tämän tutkimuksen kriteereitä muuten kuin potilasryhmän, kontrolliryhmän ja päälopputulosuuttujien osalta. Aineisto tähän tutkimukseen seulottiin ROVA-hankkeen hakutuloksesta rajaamalla aineisto koskemaan tämän tutkimuksen tarkoitusta ja tutkimuskysymyksiä. Tähän tutkimukseen mukaan otettava potilasryhmä on alle 18-vuotiaat kroonisesti sairaat lapset ja lopputulosmuuttujista huomioidaan tasapaino ja karkeamotoriikka. Kontrolliryhmistä mukaan otettiin tavanomainen hoito tai muu kuntoutuksen toteutustapa, koska tutkimuksen tarkoituksena on verrata virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen harjoitteluun sekä selvittää, onko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttavaa tavanomaisen aktiivisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen aktiiviseen kuntoutukseen. Taulukossa 2 on nähtävissä tämän tutkimuksen PICOS- strategia (Taulukko 2).

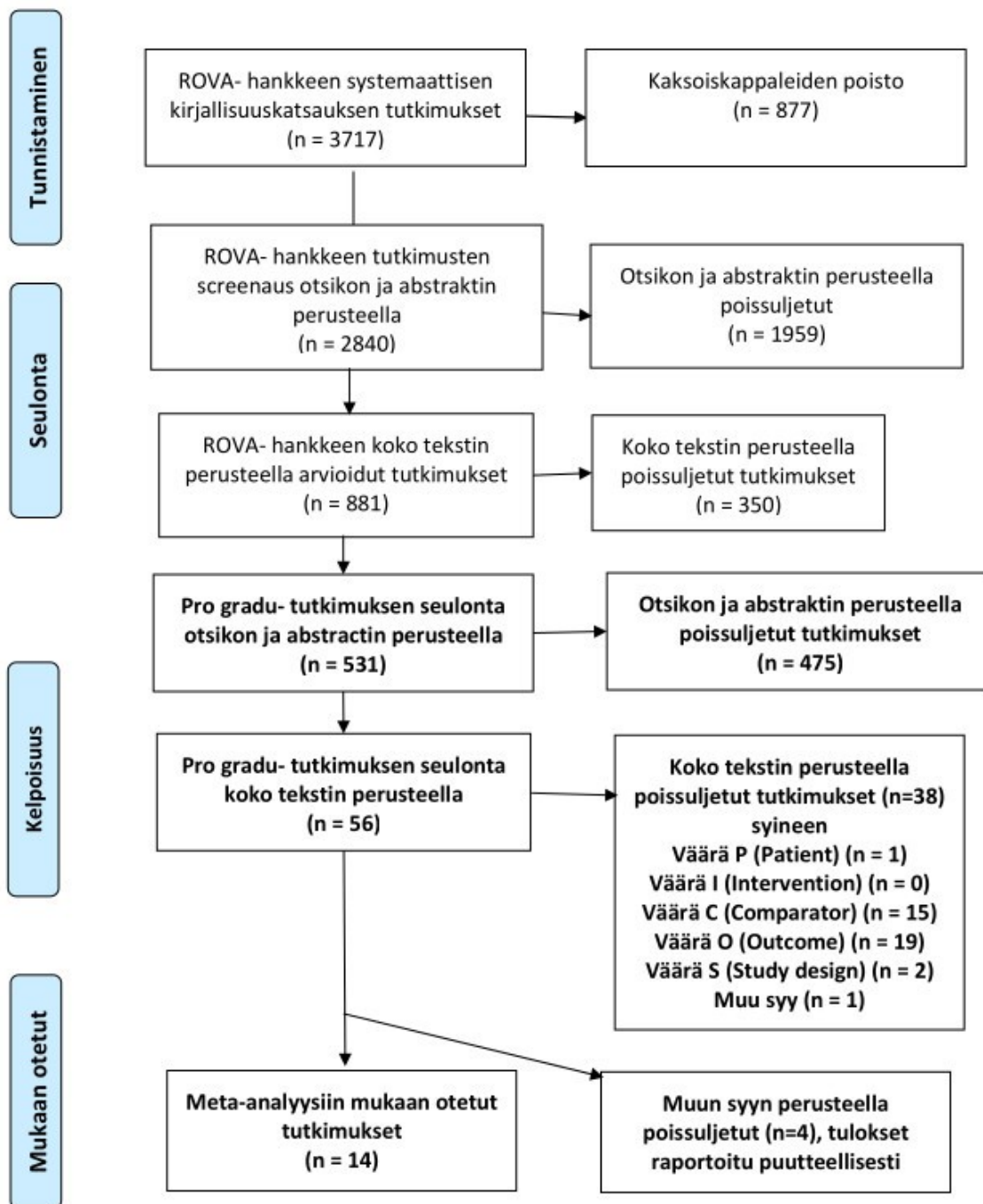
TAULUKKO 2. PICOS-strategia.

Patient	Intervention	Control	Outcome	Study design
< 18- vuotiaat kroonisesti sairaat lapset	Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu	Tavanomainen hoito tai muu kuntoutuksen toteutustapa	Tasapaino, karkeamotoriset taidot	RCT (randomized controlled trial, satunnaistettu kontrolloitu tutkimus)

ROVA- hankkeen 531 alkuperäistutkimuksesta otsikon ja abstraktin perusteella poissuljettiin 475, jolloin koko tekstin arviointiin siirtyi 56 tutkimusta. Tämän jälkeen koko tekstin perusteella poissuljettiin yhteensä 38 tutkimusta, jotka eivät täyttäneet PICOS- kriteereitä. Lisäksi neljässä tutkimuksessa tulokset oli raportoitu puutteellisesti ja nämä jäivät meta-analyysin ulkopuolelle. Meta-analyysiin päätyi lopulta mukaan 14 alkuperäistutkimusta. Tutkimusten valinta suoritettiin yhden tutkijan toimesta. Kuviossa yksi on nähtävissä tutkimuksen sisäänottokriteereiden mukaisten tutkimusten vuokaavio (kuvio 1).



PRISMA 2009 Vuokaavio



KUVIO 1. Tutkimuksen sisäänottokriteereiden mukaisten tutkimusten vuokaavio (Moher ym. 2009)

6.4 Tutkimustietojen kerääminen

Tutkimusten valinnan jälkeen suoritettiin katsauksen kannalta oleellisten tietojen kerääminen yhden tutkijan toimesta. Kerättyihin tietoihin kuuluivat koehenkilöiden lukumäärä, ikä ja diagnoosi. Lisäksi kerättiin tiedot interventioiden ja kontrolliharjoitteluiden tyypistä, kestosta ja frekvenssistä sekä tulosmuuttujat. Oleellisten tulosmuuttujien tulokset kerättiin alku- ja lopputilanteiden välisten muutosten keskiarvoina (mean) ja keskihajontoina (SD).

Alkuperäistutkimuksista esiintyneistä tulosmuuttujista katsaukseen valittiin mukaan ne, jotka kuvaavat karkeamotorisia taitoja ja tasapainoa. Lopputulosmuuttujia arvioidessa kiinnitettiin huomiota niiden luotettavuuteen ja toistettavuuteen. Lisäksi tärkeänä tekijänä pidettiin mittarin kykyä arvioida tasapainoa tai karkeamotorisia taitoja monipuolisesti. Lopputulosmuuttujien valintaan liittyvä prioriteettilistaus on esitetty taulukossa 3.

TAULUKKO 3. Lopputulosmuuttujien prioriteettilistaus.

Tasapaino				Karkeamotoriikka		
	Mittari	Muuttujan tyyppi	Paranemisen suunta	Mittari	Muuttujan tyyppi	Paranemisen suunta
1.	Fullerton Advanced Balance Scale (FAB)	Jatkuva	↑	Gross Motor Function Measurement (GMFM)	Jatkuva	↑
2.	Pediatric Balance Scale (PBS)	Jatkuva	↑	Movement ABC second edition (MABC-2)	Jatkuva	↑
3.	Berg Balance Scale (BBS)	Jatkuva	↑	Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency 2nd edition (BOT-2)	Jatkuva	↑
4.	Timed Up and Go (TUG)	Jatkuva	↓	Developmental Assessment for Individuals with Severe	Jatkuva	↑

				Disabilities, second edition (DASH-2)		
5.	Pediatric Reach Test	Jatkuva	↑	Gross Motor Function Classification System (GMFCS)	Jatkuva	↑
6.	Functional Reach Test	Jatkuva	↑	Functional Mobility Scale (FMS)	Jatkuva	↑
7.	Dynaaminen tasapainotesti voimalevyllä (CoP sway)	Jatkuva	↓			

Tasapainoa mittaavista testeistä ensisijaiseksi valikoitui Fullerton Advanced Balance Scale (FAB), koska kyseinen testi mittaa tasapainoa monipuolisesti ja ottaa huomioon sekä dynaamisen että staattisen tasapainon. Lisäksi testin on todettu havaitsevan herkästi muutoksia tasapainossa, erityisesti motorisesti paremmin toimivien lasten kohdalla (Kim 2018). Toiseksi ja kolmanneksi valikoitui Pediatric Balance Scale (PBS) ja Bergin tasapainotesti (BBS). Molemmat testit ovat paljon käytettyjä ja niiden psykometriset ominaisuudet ovat hyvin tiedossa. Bergin tasapainotesti on alun perin kehitetty vanhusten tasapainon arviointiin, mutta sen on todettu soveltuvan myös neurologisesti sairaiden lasten tasapainon arviointiin (Suomi 2005). Pediatric Balance Scale (PBS) on muokattu Bergin tasapainotestistä nimenomaan lapsia vasten ja se on tarkoitettu erityisesti neurologisesti sairaiden lasten tasapainon testaamiseen (Chen ym. 2013). Timed Up and Go (TUG) testi on paljon tutkittu ja luotettava (ICC= 0,89-0,99), mutta kyseinen testi kuvaa vain dynaamista tasapainoa. TUG- testi on kehitetty vanhemman väestön tasapainon mittaamiseen, mutta se soveltuu hyvin myös lapsille ja korreloi muiden mittareiden kanssa (Nicolini-Panisson & Donaldio 2013). Pediatric Reach Test on tutkittu ja luotettava mittari ja sitä voidaan käyttää sekä terveillä että kehityshäiriöisillä lapsilla (Bartlett & Birmingham 2003). Tämä testi kuitenkin mittaa melko suppeasti vain yhtä toiminnallisen tasapainon osaa, joten tämän testin tulokset huomioidaan, mikäli monipuolisempaa tasapainotestiä ei ole käytetty.

Prioriteettilistan viimeiseksi testiksi tasapainon osalta määriteltiin voimalevyllä suoritettu dynaaminen tasapainotesti. Dynaaminen tasapainotesti on todettu melko luotettavaksi ja tarkaksi mittariksi (Verbecque ym. 2016). Lasten kohdalla huojunnan määrän on todettu vähenevän iän myötä normaalistikin, jolloin huojuntaa kuvaavat testit eivät ole kaikkein tarkoituksenmukaisempia (Bourelle ym. 2017; Figura & Guidetti 1991; Verbecque ym. 2016).

Karkeamotorisia taitoja mittaavien testien suhteen ensisijaiseksi valikoitui Gross Motor Function Measurement (GMFM), koska tämän katsotaan olevan monipuolinen, luotettava ja toistettava (ICC=0.99) (Russell ym. 2000; Russell ym. 1989). Prioriteettilistan toiseksi valikoitui Movement ABC second edition (MABC-2), koska myös tämä testi mittaa karkeamotorisia taitoja monipuolisesti (Brown & Lalor 2009). Movement ABC on yleistettävissä eurooppalaiseen väestöön ja sen katsotaan olevan herkempi, kuin Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency second edition (BOT-2) (Brown & Lalor 2009). Kuitenkin myös BOT-2- testillä katsotaan olevan hyväksyttävä luotettavuus ja toistettavuus (ICC= 0.80) (Gharaei ym. 2019). Developmental Assessment for Individuals With Severe Disabilities second edition (DASH-2) on viisiosainen mittari, joka sisältää myös karkeamotoristen taitojen arvioinnin (Matson ym. 1996). Testin osioita on mahdollista käyttää myös yksinään, ja tämän tutkimuksen yhteydessä huomioitiin tulokset, jotka kuvaavat karkeamotorisia taitoja. Alkuperäistutkimuksissa karkeamotorisia taitoja on arvioitu myös Gross Motor Function Classification (GMFCS)- ja Functional Mobility Scale (FMS)- luokittelujärjestelmillä. Kyseessä on kuitenkin karkeat luokittelujärjestelmät, jotka eivät ole herkkiä toimintakyvyn muutoksille (Harvey ym. 2010; Palisano ym. 2008). Näiden tuloksia käytetään vain, mikäli muita karkeamotoriikkaa kuvaavien testien tuloksia ei ole saatavilla.

Tulokset kerättiin prioriteettilistan mukaisesti keskiarvona (mean) sekä keskihajontana (SD). Kahdesta tutkimuksesta (Arnoni ym. 2019; Hammond ym. 2014) oli saatavilla kaikkien tutkittavien alku- ja loppumittausten tulokset, joista laskettiin keskiarvo ja keskihajonta kahden tutkijan toimesta. Neljässä tutkimuksessa (Decavele ym. 2020; Gatica-Rojas ym. 2017; Hsu 2016; Ökmen ym. 2019) tulokset oli raportoitu puutteellisesti tai sellaisina arvoina, joita ei voitu muuttaa keskiarvoiksi ja keskihajonnoiksi. Näiden tutkimusten osalta tutkijoilta pyydettiin tulokset sähköpostitse. Vastauksia ei kuitenkaan saatu kohtuullisen ajan kuluessa, joten nämä tutkimukset jäivät meta-analyysin ulkopuolelle.

6.5 Harhan riskin arviointi

Mukaan otettujen alkuperäistutkimusten laatua arvioitiin Cochrane Risk of Bias 2- työkalun avulla kahden itsenäisen tutkijan toimesta (Higgins ym. 2021b). Kyseinen työkalu arvioi alkuperäistutkimusten laatua ja harhan riskiä monipuolisesti. Työkalu on jaettu eri osa-alueisiin, jotka käsittelevät satunnaistamisprosessista, suunnitellusta interventiosta poikkeamisesta, puuttuvasta lopputulosmuuttujien datasta ja mittausmenetelmistä sekä valikoivasta raportoinnista aiheutuvaa harhan riskiä (Higgins ym. 2021b). Näiden osa-alueiden perusteella muodostetaan kokonaisarvio tutkimuksesta. Ennen harhan riskin arviointiin ryhtymistä tulee valita lopputulosmuuttuja, jota arviointi koskee (Higgins ym. 2021b). Koska samassa tutkimuksessa on usein kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin kannalta useita oleellisia lopputulosmuuttujia, suosittelee Higgins ym. (2021b) suorittamaan harhan riskin arvioinnin jokaiselle tulosmuuttujalle erikseen, mikäli se tutkimuksen teon kannalta on mahdollista. Tämän tutkimuksen yhteydessä harhan riski arvioitiin tasapainoa ja karkeamotorisia taitoja kuvaaville tulosmuuttujille erikseen, mikäli samassa tutkimuksessa oli käytetty molempia. Arvioinnin toteutettuun kahden itsenäisen tutkijan toimesta. Mikäli arvioissa esiintyi eroja, arvioista keskusteltiin, kunnes konsensus löytyi.

Cochrane Risk of Bias 2- työkalun jokainen osa-alue sisältää kysymyksiä, joiden perusteella osa-alueesta muodostetaan harhan riskin arviointi (Higgins ym. 2021b). Arvio voi olla joko matala harhan riski, kohtalainen tai epäselvä harhan riski tai korkea harhan riski. Tutkimuksen kokonaisarvio muodostetaan osa-alueiden arvion perusteella. (Higgins ym. 2021b). Tutkimus saa matalan harhan riskin arvion, mikäli jokainen osa-alue saa matalan harhan riskin arvion ja tutkimus on raportoitu yksiselitteisesti ja kattavasti. Mikäli yhden tai useamman osa-alueen harhan riski on arvioitu kohtalaiseksi, myös kokonaisarvio tutkimukselle on kohtalainen. Tällaisiksi määritellään usein sellaiset tutkimukset, joiden raportointi on ollut niukkaa, eikä niistä ole voinut määritellä tutkimusta korkean tai matalan riskin luokkaan (Higgins ym. 2021b). Korkean harhan riskin tutkimuksessa yksi tai useampi osa-alue on saanut korkean harhan riskin arvion. Lisäksi korkean harhan riskin arvion voi saada tutkimus, jolla on kohtalaista harhan riskiä useassa osa-alueessa tavalla, joka heikentää huomattavasti tuloksen luotettavuutta (Higgins ym. 2021b).

Meta-analyysiin valittujen tutkimusten systemaattisen harhan riskin lisäksi tulee huomioida itse meta-analyysin tekemiseen liittyvä harhan riski (Higgins ym. 2021b). Tähän liittyy sekä mukaan valittujen tutkimusten harhan riski että analyysistä tai synteesisistä poisjääneiden tutkimusten vaikutus. Raportointiharhan mukaan sellaisilla tutkimuksilla, joissa ei ole saatu tilastollisesti merkitseviä tuloksia, on pienempi todennäköisyys tulla julkaistuksi ja tämän vuoksi tulokset jäävät huomiotta (Higgins ym. 2021b). Lisäksi meta-analyysissä tulee ottaa huomioon julkaisuharha, jossa tulokset, jotka eivät ole merkitseviä, jäävät helposti julkaisematta. Nämä voivat johtaa siihen, että meta-analyysissä intervention vaikutukset arvioidaan liian suuriksi tai pieniksi. Myös rahoitukseen liittyvät eturistiriidat voivat vaikuttaa tulosten puolueellisuuteen ja tämä tulee meta-analyysia tehtäessä ottaa huomioon (Higgins ym. 2021b).

6.6 Aineiston tilastollinen analysointi

Tutkimukseen tuleva meta-analyysi suoritettiin Review Manager 5.4.1.- ohjelmalla. Käytössä oli satunnaisvaikutusten malli, koska oletetaan, että interventiot ja tulosmuuttujat vaihtelevat alkuperäistutkimusten kesken ja lopputulosmuuttujat ovat jatkuvia (Deeks ym. 2021). Negatiivisella mitta-asteikolla olevat tutkimukset (TUG, CoP sway) muunnettiin positiivisiksi kertomalla nämä -1:llä. Alkuperäistutkimusten tilastollista heterogeenisyyttä arvioitiin I^2 -testisuureen, metsäkuvioiden ja suppilokuvioiden avulla (Deeks ym. 2021). I^2 -testisuureen tulkinnan tukena käytettiin Deeks ym (2021) määrittelemiä raja-arvoja. Näiden raja-arvojen perusteella < 40 % tarkoittaa ei merkitsevää heterogeenisyyttä, 30-60 % voi edustaa kohtalaista heterogeenisyyttä ja 50-90% voi edustaa huomattavaa heterogeenisyyttä ja 75-100 % huomattavaa heterogeenisyyttä. Standardoitua keskiarvojen erotusta (SMD) käytetään meta-analyysissä, kun kaikissa tutkimuksissa mitataan samaa asiaa, mutta mittarit ovat erilaisia (Higgins ym. 2021a). Vaikutuksen suuruuden arviointiin on olemassa raja-arvoja ja tässä tutkimuksessa käytettiin seuraavia Cohenin (1988) mukaan: 0,2 pieni vaikutus, 0,4-0,7 kohtalainen vaikutus ja yli 0,7 suuri vaikutus.

Analyysi tehtiin hyödyntäen interventioiden alku- ja lopputilanteiden välisten muutosten keskiarvoa (mean) ja keskihajontaa (standard deviation SD). Mikäli karkeamotoriikkaa

mittaavasta testistä ei ollut saatavilla kokonaistulosta, huomioitiin haastavimman osion tulos. CoP- huojunnassa huomioitiin vain silmät auki tehdyn testin tulokset.

6.7 GRADE näytön varmuuden arviointi

Tämän pro gradu- tutkielman meta-analyysin näytön varmuutta arvioitiin GRADE-työryhmän luokituksen mukaan (Komulainen ym. 2016; Schünemann ym. 2013). GRADE-luokituksen tarkoituksena on tarjota jäsenneily ja selkeä prosessi, joka auttaa arvioimaan, kuinka luotettava tutkimusten tuloksiin perustuva arvio vaikutuksen suuruudesta on (Komulainen ym. 2016). Näytönasteen ilmoittamisessa käytetään neliportaista asteikkoa, jossa taso A kertoo vahvasta näytönasteesta, B kohtalaisesta, C heikosta ja D hyvin heikosta näytönasteesta (Komulainen ym. 2016; Schünemann ym. 2013).

Näytönastetta arvioidaan GRADE- työryhmän ohjeiden mukaan viiden eri osa-alueen mukaan (Schünemann ym. 2013). Nämä osa-alueet ovat tutkimuksiin sisältyvät harhan lähteet, tulosten epäyhtenäisyys, epäsuoruus, epätarkkuus sekä julkaisuharha. Harhan riskiä arvioidessa tulee huomioida, että alkuperäistutkimuksissa potilaiden jako ryhmiin on salattu, hoitomuoto tai mittaushenkilöstö on sokkoutettu, tulokset on analysoitu niissä ryhmissä, mihin tutkittavat satunnaistettiin ja tuloksia ei ole raportoitu valikoivasti (Komulainen ym. 2016; Schünemann ym. 2013). Tulosten epäyhtenäisyys, esimerkiksi osatutkimusten hyvin erilaiset tulokset, heikentävät näytönastetta. Samoin tulosten epäsuoruus ja epätarkkuus vaikuttavat näytönasteeseen alentavasti (Komulainen ym. 2016; Schünemann ym. 2013). Julkaisuharha puolestaan voi vääristää tuloksia, koska tutkimuksia, joiden tulokset eivät ole merkitseviä, julkaistaan epätodennäköisemmin ja hoidon vaikutus näyttäytyy tällöin tehokkaampana kuin se todellisuudessa on (Komulainen ym. 2016; Schünemann ym. 2013).

GRADE- työryhmän mukaisesti näytönasteen arviointi tulisi tiivistää PICO-kysymyksen mukaiseen tiivistelmätauluktoon (summary of findings) (Schünemann ym. 2013). Lisäksi näytönasteen raportoinnin tulee olla selkeää ja läpinäkyvää ja arviointiin vaikuttavat tekijät tulee selittää tarkasti (Komulainen ym. 2016; Schünemann ym. 2013).

7 TULOKSET

7.1 Tutkimusten osallistujat

Mukaan valittujen alkuperäistutkimusten osallistujamäärä oli 384 tutkittavaa. Näistä 192 tutkittavaa kuului interventioryhmiin ja 192 kontrolliryhmiin. Interventio- ja kontrolliryhmien koot vaihtelivat viidestä osallistujasta 30 osallistujaan. Tutkittavien keski-ikä oli 9,6 vuotta, koeryhmissä keski-ikä oli 9,4 vuotta ja kontrolliryhmissä 9,7 vuotta. Suurimmassa osassa tutkimuksia osallistujat olivat sekä tyttöjä että poikia, mutta yhdessä tutkimuksessa kaikki osallistujat olivat poikia (Vukićević ym. 2019) ja yhdessä tyttöjä (Bonney ym. 2017). Kahden tutkimuksen osalta osallistujien sukupuolta ei ollut ilmoitettu (Cho ym. 2016; Sharan ym. 2012).

Suurimmalla osalla tutkimukseen osallistuneista oli diagnosoitu cp-vamma (Arnoni ym. 2019; Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Cho ym. 2016; Hsieh 2018; Pin & Butler 2019; Sahin ym. 2020; Sajan ym. 2017; Sharan ym. 2012; Tarakci ym. 2016). Lisäksi kolmessa tutkimuksessa osallistujilla oli kehityksellinen koordinaatiohäiriö (DCD) (Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Hammond ym. 2014), yhdessä autismikirjon häiriö (Vukićević ym. 2019) sekä yhdessä kehityksen viivästymä (Salem 2012).

7.2 Interventio- ja kontrolliryhmien kuvaus

Interventioiden kesto oli keskimäärin kahdeksan viikkoa, vaihdellen kolmesta viikosta 14 viikkoon. Myös interventioiden frekvenssi vaihteli tutkimusten kesken yhdestä kerrasta viikossa jopa kuuteen kertaan viikossa. Kahdeksassa tutkimuksessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua verrattiin muuhun vastaavaan aktiiviseen harjoitteluun ja kuudessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua oli tavanomaisen kuntoutuksen lisänä. Kaikissa tutkimuksissa harjoittelu tapahtui valvottuna. Yhdessä tutkimuksessa (Pin & Butler 2019) osallistujia oli pyydetty välttämään aktiivisten videopelien pelaamista intervention ajaksi. Lisäksi Bonneyn ym. (2017) tutkimuksessa mainittiin, että osallistujat eivät pelanneet interventiossa käytettyjä pelejä vapaa-ajalla. Arnonin ym. (2019) tutkimuksen

poissulkukriteerinä oli kotona tai terapiassa käytössä olevat aktiiviset videopelit. Muissa tutkimuksissa intervention ulkopuolella tapahtuvaa pelikonsolien tai aktiivisten videopelien käyttöä ei oltu seurattu tai sitä ei oltu raportoitu. Harjoittelun progressiivisuus oli kuvattu kuudessa tutkimuksessa (Arnoni ym. 2019; Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Bonney ym. 2017; Cho ym. 2016; Pin & Butler 2019; Sajan ym. 2017). Näistä Arnoni ym. (2019) ja Sajan ym. (2017) tutkimuksissa harjoittelun taso pysyi samana koko intervention ajan, muissa vaikeusastetta tai harjoittelun tehoa nostettiin edistymisen mukaan.

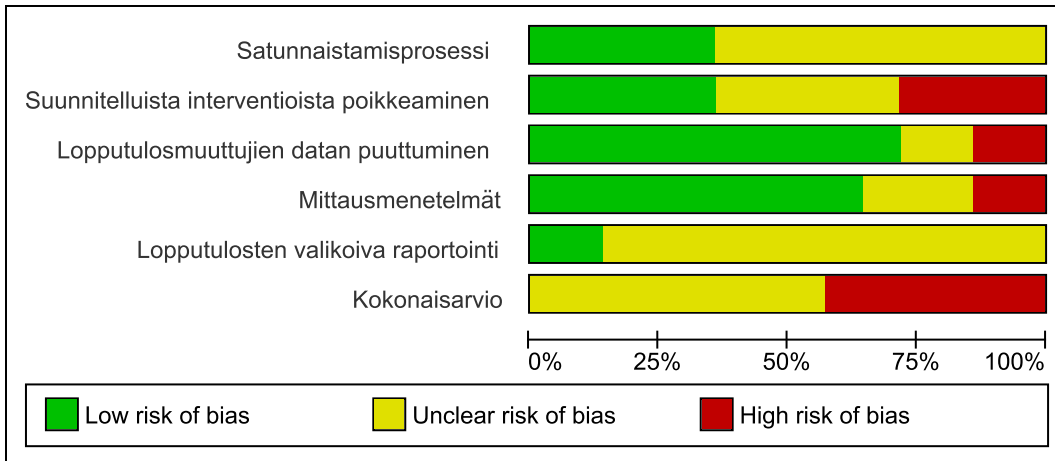
Interventioiden toteutuksessa oli käytetty useimmiten kaupallisia pelikonsoleita, joista yleisin oli Nintendo Wii (Nintendo 2013). Nintendo Wii oli käytössä yhdeksässä tutkimuksessa (Atavasun Uysal & Baltaci 2016; Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Hammond ym. 2014; Sahin ym. 2020; Sajan ym. 2017; Sharan ym. 2012; Tarakci ym. 2016). Kahdessa tutkimuksessa (Arnoni ym. 2019; Sahin ym. 2020) oli käytössä Microsoft Kinect for Xbox 360 (Microsoft 2014). Yhdessä tutkimuksessa (Vukićević ym. 2019) VR-pelit olivat varta vasten kuntoutuskäyttöön suunniteltuja pelejä, joiden pelaamiseen hyödynnettiin Microsoft Kinectin laitteistoa. Nintendo Wii- pelejä ohjataan käsissä pidettävien ohjaimien avulla tai tasapainoalustalla, joka reagoi pelaajan painopisteen muutoksiin (Nintendo 2013). Microsoft Kinectin toiminta puolestaan perustuu liikkeentunnistimeen (Microsoft 2014). Molemmat pelikonsolit mahdollistavat liikunnalliset pelit, joita ohjataan vartalon liikkeillä. Lisäksi kahdessa tutkimuksessa (Pin & Butler 2019; Hsieh 2018) käytössä oli tietokone ja sillä pelattavat aktiiviset pelit, joita pelattiin kehon liikkeillä ohjattavan alustan avulla.

Kuudessa tutkimuksessa (Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Arnoni ym. 2019; Pin & Butler 2019; Sajan ym. 2017; Sharan ym. 2012; Vukićević ym. 2019) kontrolliryhmät saivat samaa tavanomaista kuntoutusta kuin interventioryhmät. Kahdeksassa tutkimuksessa (Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Hammond ym. 2014; Hsieh 2018; Sahin ym. 2020; Salem ym. 2012; Tarakci ym. 2016) virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua verrattiin muuhun aktiiviseen harjoitteluun, joka oli verrattavissa interventioryhmän saamaan harjoitteluun. Esimerkiksi Cavalcante Neto ym. (2020) tutkimuksessa interventioryhmä pelasi Nintendo Wii- alustalla pelejä, joihin kuului muun muassa frisbeen heittoa, keilausta ja tasapainoilua. Tutkimuksen kontrolliryhmä puolestaan harjoitteli samoja pelejä ilman

virtuaaliodellisuusympäristöä. Tutkimuksen mahdollinen rahoitus oli raportoitu neljässä tutkimuksessa (Arnoni ym. 2019; Cavalcante Neto ym. 2020; Pin & Butler 2019; Vukićević ym. 2019) ja kyseessä oli kaikissa valtion myöntämä apuraha. Kahdeksassa tutkimuksessa (Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Bonney ym. 2017; Cho ym. 2016; Hammond ym. 2014; Sahin ym. 2020; Sajan ym. 2017; Salem ym. 2012; Tarakci ym. 2016) oli mainittu, että tutkimus ei ollut saanut ulkopuolista rahoitusta tai tutkijoilla ei ollut eturistiriitaa. Kahdessa tutkimuksessa rahoitusta tai muita eturistiriitoja ei ollut mainittu (Hsieh 2018; Sharan ym. 2012). Tarkempi kuvaus tutkimuksista sekä interventio- ja kontrolliryhmien toiminnasta on kuvattu taulukossa liitteessä 3 (liite 3).

7.3 Harhan riski

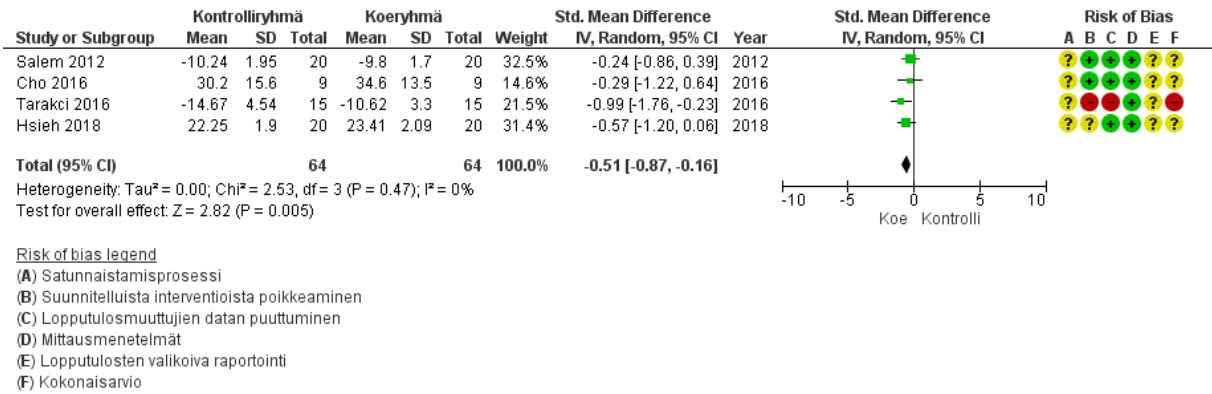
Alkuperäistutkimusten harhan riski arvioitiin Cochrane Risk of Bias 2- työkalun avulla kahden tutkijan toimesta (Kuvio 2). Mukaan otetuista tutkimuksista korkean harhan riskin tutkimuksia oli kuusi (Arnoni ym. 2019; Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Hammond ym. 2014; Pin & Butler 2019; Sharan 2012; Tarakci ym. 2016;). Loput kahdeksan tutkimusta (Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Hsieh 2018; Sahin ym. 2020; Sajan ym. 2017; Salem ym. 2012; Vukićević ym. 2019) arvioitiin kohtalaisen tai epäselvän harhan riskin tutkimuksiksi. Yksikään mukaan otetuista tutkimuksista ei saanut matalan harhan riskin arviota. Eniten harhan riskiä aiheutti suunnitelluista interventioista poikkeaminen sekä lopputulosmuuttujien datan puuttuminen. Lisäksi mittausmenetelmät olivat epäsoivia tasapainon osalta kahdessa tutkimuksessa (Arnoni ym. 2019; Pin & Butler 2019). Ennakkorekisteröinnin puute vaikutti useassa tutkimuksessa lopputulosten valikoivan raportoinnin arviointiin, sillä vain kaksi tutkimusta (Cavalcante Neto ym. 2020; Pin & Butler 2019) oli ennakkorekisteröity.



KUVIO 2. Harhan riskin osa-alueet prosentteina kaikissa mukana olevissa tutkimuksissa

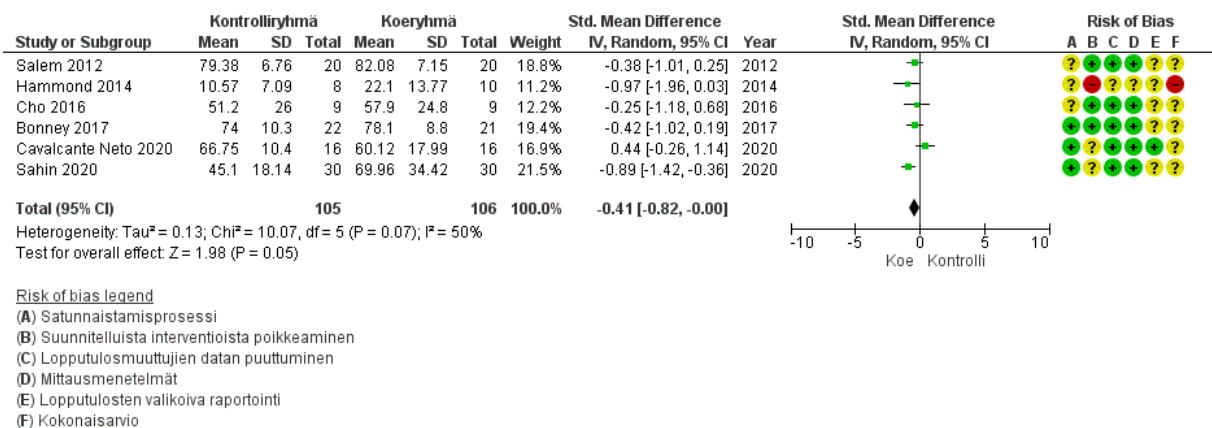
7.4 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun

Tasapaino. Kuvioissa 3 on nähtävissä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutukset kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon verrattuna kontrolliryhmään, joka suoritti tavanomaista aktiivista harjoittelua. Meta-analyysin perusteella VR-harjoittelu näyttää parantavan kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa enemmän, kuin tavanomainen aktiivinen harjoittelu. Vaikutuksen voimakkuus on kohtalainen (SMD -0,51, 95 % LV -0,87 – -0,16 ja $p=0,005$) ja tuloksissa ei ole havaittavissa heterogeenisyyttä ($I^2= 0\%$).



KUVIO 3. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon verrattuna tavanomaiseen harjoitteluun.

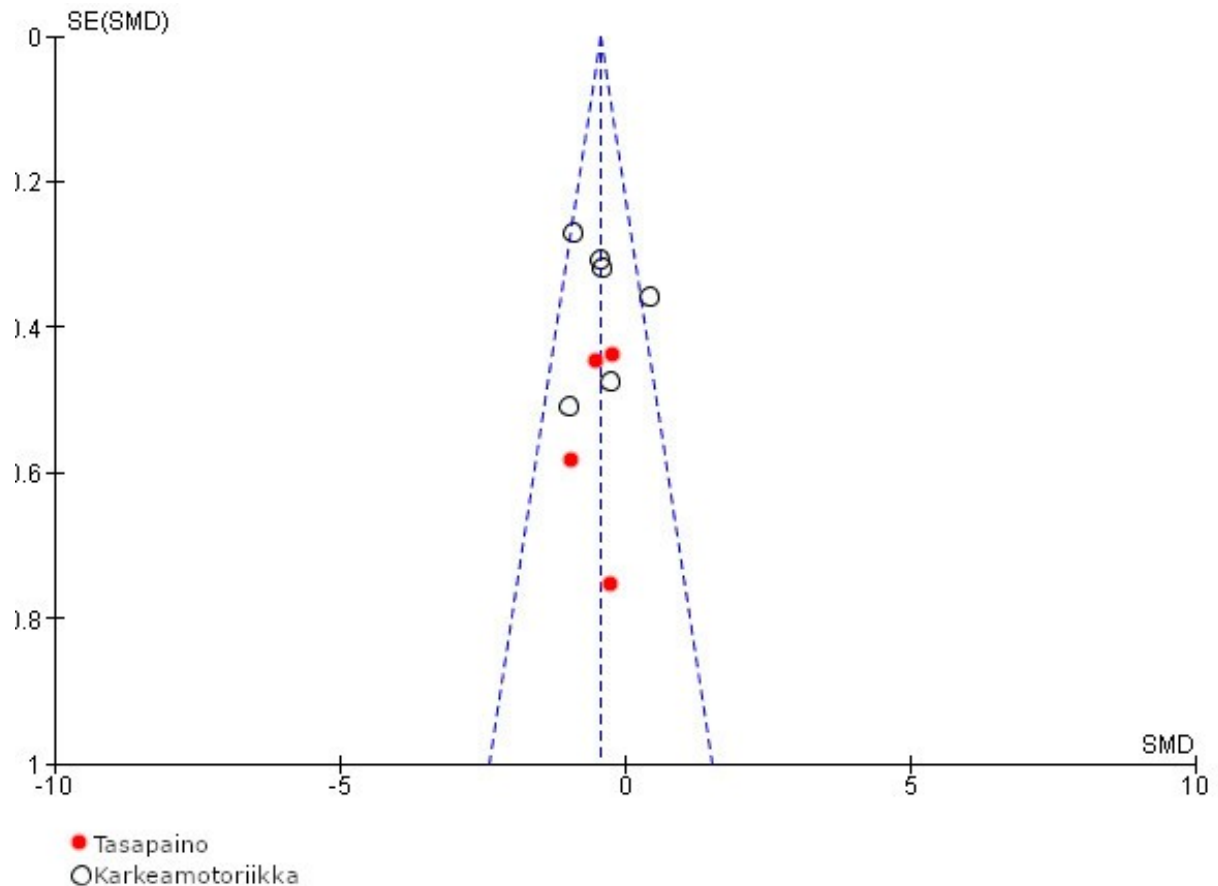
Karkeamotoriikka. Kuvioissa 4 on nähtävissä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutukset kroonisesti sairaiden lasten karkeamotoriikkaan verrattuna kontrolliryhmään, joka suoritti tavanomaista aktiivista harjoittelua. VR-harjoittelu näyttää parantavan kroonisesti sairaiden lasten karkeamotorisia taitoja enemmän verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Vaikutuksen voimakkuus on kohtalainen (SMD -041, 95% LV -0,82 – -0,00 ja p=0,05). Karkeamotoriikkaa kuvaavia tulosmuuttujia tarkastellessa heterogeenisuus on kohtalaista (I²= 50 %).



KUVIO 4. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten karkeamotoriikkaan verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun.

Sensitiivisyysanalyysi. Meta-analyysille tehtiin sensitiivisyysanalyysi, jossa poistettiin korkean harhan riskin tutkimukset. Verrattaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun efektin koko pieneni hieman ollen kuitenkin edelleen kohtalaista (tasapaino: SMD -0,38, 95 % LV -0,78 – 0,02 ja $p=0,06$ ja karkeamotoriikka: SMD -0,34, 95 % LV -0,78 – 0,10 ja $p=0,13$). Sensitiivisyysanalyysillä ei ollut vaikutusta heterogeisyyteen, I^2 - testisuureen arvo oli 0% tasapainon osalta ja 55% karkeamotoriikan osalta. Suppilokuviota (kuvio 5) tarkasteltaessa nähdään, että yksi tutkimus on selkeästi muista poikkeava ja aiheuttaa tilastollista heterogeisyyttä. Tämän tutkimuksen poistamisen jälkeen heterogeisyyttä ei ole havaittavissa ($I^2= 0\%$). Myös vaikutuksen voimakkuus kasvoi (SMD -0,59, 95% LV -0,90 – -0.29 ja $p= 0.0001$) ollen kuitenkin edelleen kohtalaista.

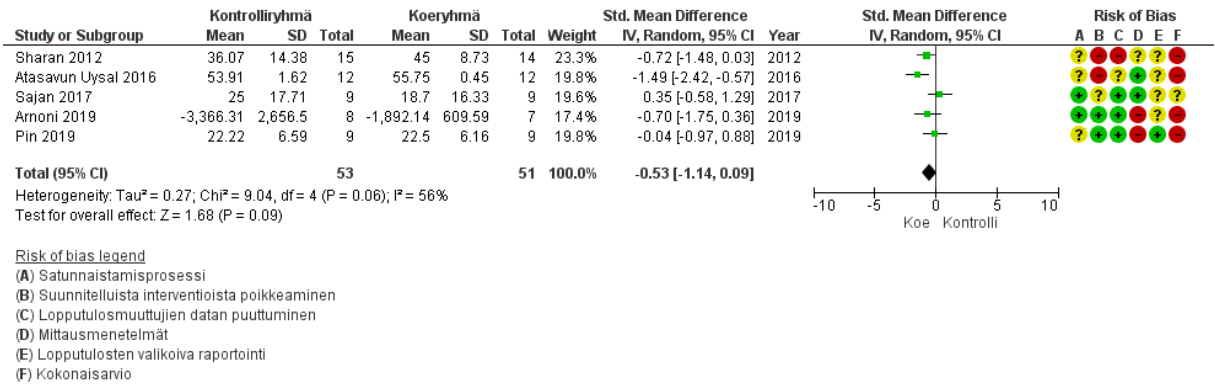
Julkaisuharha. Julkaisuharhaa arvioitiin suppilokuvion avulla (kuvio 5). Kuvion avulla voidaan nähdä, että tutkimukset jakautuvat symmetrisesti. Kuitenkin kuvion perusteella voidaan päätellä, että analyysistä voi mahdollisesti puuttua pieniä ja ei-merkittäviä tuloksia saaneita tutkimuksia. Tutkimuksia näyttää kuitenkin puuttuvan sekä koe- että kontrolliryhmän osalta, jolloin kyse ei välttämättä ole julkaisuharhasta. Täysin suppilokuvion ulkopuolelle jää vain yksi tutkimus (Cavalcante Neto ym. 2020).



KUVIO 5. Suppilokuvio virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun.

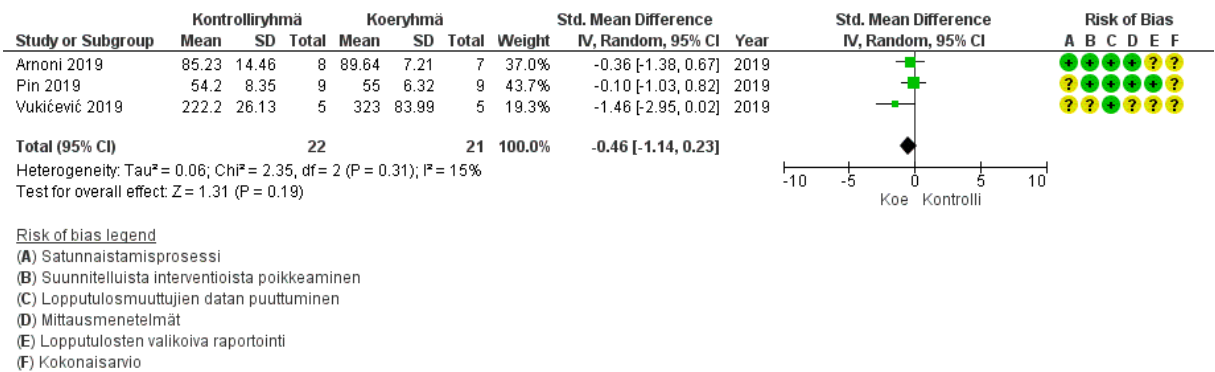
7.5 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä

Tasapaino. Kuvioissa 6 on esitetty virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutukset kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkää tavanomaista kuntoutusta saaneeseen vertailuryhmään. Tasapainoa kuvaavien tulosuuttujien suhteen efektin koko on kohtalainen, mutta ei tilastollisesti merkitsevä (SMD -0,53, 95 % LV -1,14 – 0,09 ja $p=0,09$). Tuloksissa on havaittavissa kohtalaista heterogeenisyyttä ($I^2=56\%$).



KUVIO 6. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen.

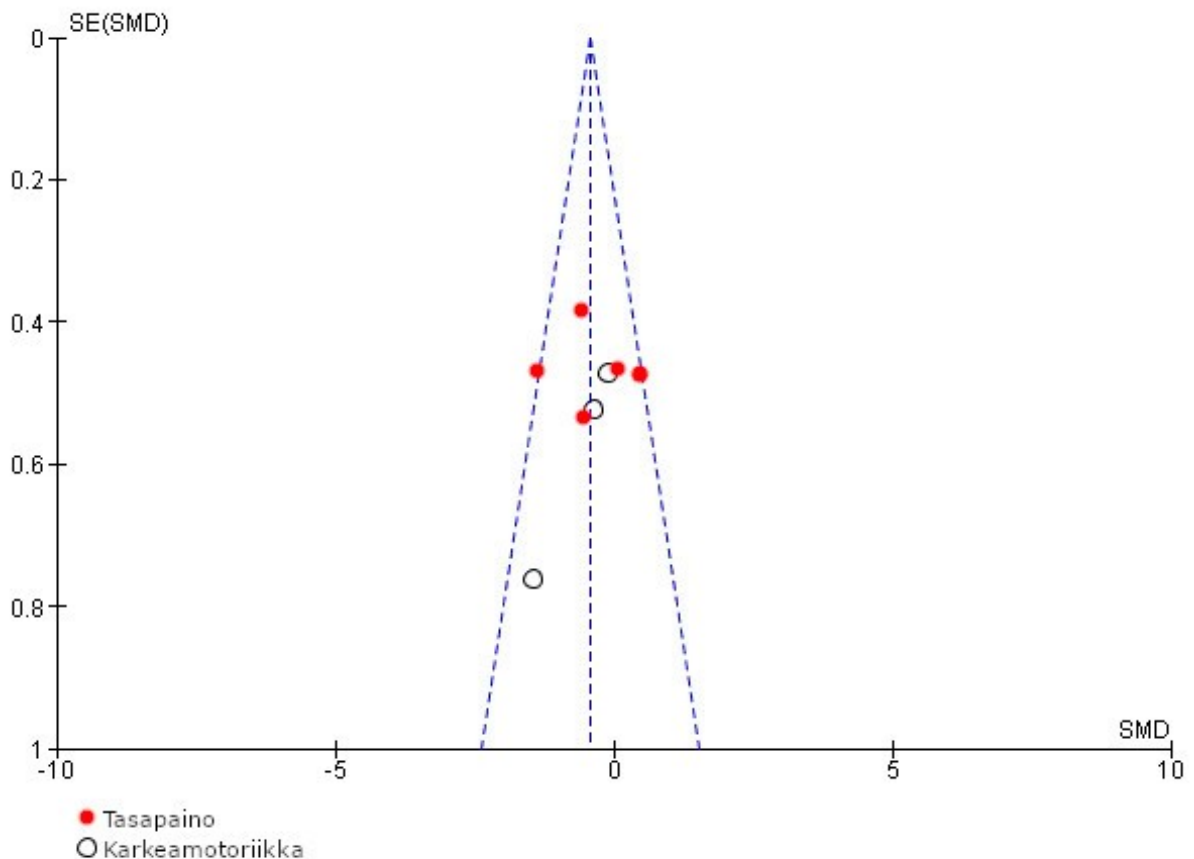
Karkeamotoriikka. Kuvioissa 7 on nähtävissä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutukset kroonisesti sairaiden lasten karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkää tavanomaista kuntoutusta saaneeseen vertailuryhmään. Karkeamotoriikan osalta efektin koko on kohtainen, mutta ei tilastollisesti merkitsevä (SMD -0,46, 95 % LV -1,14 – 0,23 ja p=0,19). Heterogeenisyys on pientä (I²=15 %).



KUVIO 7. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen.

Sensitiivisyysanalyysi. Tasapainon suhteen neljä viidestä tutkimuksesta oli korkean riskin tutkimuksia, jolloin näiden poistaminen sensitiivisyysanalyysissä ei ollut mahdollista, koska meta-analyysiin olisi tällöin jäänyt vain yksi tutkimus. Suppilokuviota (kuvio 8) tarkasteltaessa yksi tutkimus (Sajan ym. 2017) on muista poikkeava ja aiheuttaa analyysiin tilastollista heterogeenisyyttä. Tämän tutkimuksen poistaminen lisäsi tasapainon osalta vaikutuksen voimakkuutta kohtalaisesta suureksi ja tilastollisesti merkitseväksi (SMD -0,74, 95% LV -1,19 – 0,29, $p=0,001$) sekä vähensi heterogeenisyyttä ($I^2=37\%$). Karkeamotoriikan suhteen meta-analyysissä ei ollut poikkeavia tai korkean riskin tutkimuksia, joten sensitiivisyysanalyysia ei suoritettu.

Julkaisuharha. Julkaisuharhaa arvioitaessa kuvion 8 perusteella voidaan nähdä, että tutkimukset jakautuvat melko symmetrisesti. Myös tämän analyysin yhteydessä pienet ja ei-merkitseviä tuloksia saaneet tutkimukset puuttuvat. Yksi tutkimus (Sajan ym. 2017) jää suurimmilta osin suppilokuvion ulkopuolelle.



KUVIO 8. Suppilokuvio virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä.

7.6 Haitat virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun yhteydessä

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun yhteydessä ilmenneitä mahdollisia haittoja oli huomioitu alkuperäistutkimuksissa heikosti. Ainostaan neljässä tutkimuksessa (Arnoni ym. 2019; Pin & Butler 2019; Sajan ym. 2017; Salem ym. 2012) haitat oli huomioitu ja raportoitu. Näiden neljän tutkimuksen mukaan haittoja ei ollut ilmennyt ja harjoittelu oli ollut mieluisaa ja motivoivaa. Kymmenessä tutkimuksessa (Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Hammond ym. 2014; Hsieh 2018; Sahin ym. 2020; Sharan ym. 2012; Tarakci ym. 2016; Vukićević ym. 2019) mahdollisia haittoja ei ollut raportoitu lainkaan, eikä ollut tiedossa, oliko mahdollisia haittoja kysely. Kuitenkin näistä viidessä (Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Hsieh 2018; Sahin ym. 2020; Sharan ym. 2012; Vukićević ym. 2019) oli tuotu esiin harjoittelun mieluisuus ja korkea motivaatio. Sharanin ym. (2012) tutkimuksessa oli huomioitu, että interventioryhmän motivaatio ja osallistuminen oli suurempaa kuin kontrolliryhmän.

7.7 Näytön varmuuden arviointi GRADE mukaan

Näytön varmuutta arvioitiin GRADE- työryhmän ohjeiden mukaisesti (Schünemann ym. 2013) ja arvioinnissa otettiin huomioon kaikki viisi osa-aluetta. Kyseiset osa-alueet ovat harhan lähteet, tulosten epäyhtenäisyys, epäsuoruus, epätarkkuus ja julkaisuharha. Mikäli tutkimuksissa ja tuloksissa esiintyi näytön astetta laskevia tekijöitä, laskettiin arviota yhden tai kahden tason verran ohjeiden mukaan (Schünemann ym. 2013). Koska tutkimuskysymyksiä perusteella verrattiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun ja selvitettiin sen vaikuttavuutta tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen sekä huomioitiin kaksi erilaista tulosmuuttujaa, tehtiin näytön varmuuden arviointi molemmille tutkimuskysymyksille ja tulosmuuttujille erikseen.

Harhan riski. Meta-analyysiin valitut tutkimukset saivat joko korkean tai epäselvän harhan riskin arvion. Verrattaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun, suurin osa tutkimuksista oli epäselvän harhan riskin tutkimuksia sekä tasapainon että motoriikan suhteen. Tällöin arvion laskemiselle ei ollut tarvetta (Schünemann. ym. 2013). Arvioitaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaisen kuntoutuksen lisänä, suurin osa tutkimuksista oli korkean riskin tutkimuksia tasapainon suhteen ja epäselvän riskin tutkimuksia karkeamotoriikan suhteen. Tämän vuoksi arviota laskettiin yhdellä tasolla tasapainon osalta.

Epäyhtenäisyys. Tulosten epäyhtenäisyyttä arvioitaessa huomioitiin heterogeenisyys, luottamusvälien päällekkäisyys ja tulosten saman suuntaisuus. Verrattaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun olivat tulokset saman suuntaisia yhtä lukuun ottamatta yhtä tutkimusta motoriikan suhteen. Luottamusvälit menevät päällekkäin kaikissa niissä tutkimuksissa, joissa vaikutuksen suunta on sama. Tulosten epäyhtenäisyyttä voi selittää potilasryhmien vaihteleva lähtötaso ja heterogeenisyys. Heterogeenisyys oli kohtalaista ($I^2= 50\%$) tarkasteltaessa karkeamotorisia taitoja, kun taas tasapainon suhteen heterogeenisyyttä ei esiintynyt ($I^2= 0\%$). Tulokset olivat saman suuntaisia tarkastellessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaisen kuntoutuksen lisänä, eli vaikutuksen suunta oli sama lukuun ottamatta yhtä tutkimusta tasapainoa kuvaavassa meta-analyysissa. Myös näiden analyysien yhteydessä luottamusväleissä oli päällekkäisyyttä saman suuntaisten tulosten kesken ja heterogeenisyys oli kohtalaista ($I^2= 56\%$) tasapainon suhteen ja pientä ($I^2= 15\%$) karkeamotoristen taitojen suhteen. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi näytön varmuuden astetta lasketaan yhdellä tasolla, kun verrataan virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen harjoitteluun karkeamotoriikkaa kuvaavien tulosmuuttujien osalta sekä yhdellä tasolla tasapainoa kuvaavien tulosmuuttujien osalta, kun tarkastellaan virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaisen kuntoutuksen lisänä. Muiden tulosmuuttujien osalta ei ole tarvetta laskea arviota.

Epäsuoruus. Tulosten epäsuoruus vaikuttaa heikentävästi tulosten yleistettävyyteen ja sovellettavuuteen. Meta-analyysiin valituissa tutkimuksissa esiintyy jonkin verran vaihtelua, erityisesti kohderyhmän lähtötason ja lopputulosmuuttujien suhteen. Tutkimukset on

kuitenkin valittu tarkkan PICO- lausekkeen mukaan ja lopputulosmuuttajat ovat potilasryhmän kannalta oleellisia. Tämän vuoksi ei ole tarvetta laskea näytön astetta minkään tulosmuuttujan tai tutkimuskysymyksen osalta.

Epätarkkuus. Tulosten epätarkkuutta arvioidessa huomiota kiinnitettiin luottamusvälien suuruuteen, tutkimusten kokoon sekä siihen, leikkaavatko luottamusvälit viivan, joka kuvaa vaikutuksen suuntaa. Luottamusvälit eivät olleet tutkimuksissa erityisen suuria, mutta tutkimukset olivat melko pieniä ja tutkittavia oli yksittäisissä tutkimuksissa melko vähän. Lisäksi usean tutkimuksen kohdalla luottamusvälit leikkaavat hoidon vaikutuksen suuntaa kuvaavan viivan. Edellä mainittujen seikkojen vuoksi näytön astetta lasketaan yhdellä tasolla jokaisen tulosmuuttujan ja tutkimuskysymyksen osalta.

Julkaisuharha. Julkaisuharhaa arvioitiin suppilokuvioden avulla (kuviot 5 ja 8). Suppilokuvioden arvion perusteella riski julkaisuharhalle ei ole suuri, jolloin näytön varmuutta ei ole tarpeen laskea minkään lopputulosmuuttujan osalta.

Edellä mainittuihin osa-alueisiin perustuen muodostettiin arvio näytön vahvuudesta. Näytön asteeksi muodostui D eli hyvin alhainen, kun arvioitiin tasapainoon liittyviä tulosmuuttujia ja verrattiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaisen kuntoutuksen lisänä ja pelkkää tavanomaista kuntoutusta. Näytön asteeksi arvioitiin C eli alhainen, kun verrattiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun ja tarkasteltiin karkeamotoriikkaa kuvaavia tulosmuuttujia. Näytön aste B eli kohtalainen arvioitiin sekä tasapainoa kuvaavien tulosmuuttujien osalta verrattaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun että karkeamotoriikan tulosmuuttujien osalta, kun tarkasteltiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaisen kuntoutuksen lisänä. Alla olevissa taulukoissa (taulukko 4; taulukko 5) on nähtävissä yhteenveto tuloksista sekä GRADE näytön varmuuden arviointi. Yhteenvedon perusteella virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ilmeisesti parantaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa verrattaessa tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun ja karkeamotorisia taitoja tavanomaisen kuntoutuksen lisänä. Lisäksi virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa parantaa kroonisesti sairaiden lasten karkeamotorisia taitoja

verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa parantaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa tavanomaisen kuntoutuksen lisänä, mutta luotettava näyttö puuttuu.

TAULUKKO 4. Yhteenveto virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikutuksista kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun.

Populaatio: Kroonisesti sairaat lapset

Paikka: Kuntoutustilat

Interventio: Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu

Kontrolli: Tavanomainen aktiivinen harjoittelu

Lopputulospuuttajat	Arvioitu vaikutus	Otoskoko	Tutkimustyyppi	Näytön varmuus	Kommentit	
Tasapaino	-0,51 (95% LV -0,87; -0,16)	128 (4)	RCT	Harhan riski	-	0,2 pieni vaikutus, 0,4-0,7 kohtalainen vaikutus, yli 0,7 suuri vaikutus.
				Tulosten epäyhtenäisyys	-	
				Tulosten epäsuoruus	-	
				Tulosten epätarkkuus	↓	
				Julkaisuharha	-	
				Kokonaisarvio	Kohtalainen ⊕⊕⊕○	
				Karkea-motoriikka	-0,41 (95% LV -0,82; -0,00)	
Tulosten epäyhtenäisyys	↓					
Tulosten epäsuoruus	-					
Tulosten epätarkkuus	↓					
Julkaisuharha	-					
Kokonaisarvio	Alhainen ⊕⊕○○					

LV: luottamusväli; RCT: randomized controlled trial (satunnaistettu kontrolloitu tutkimus)

TAULUKKO 5. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuus kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen.

Populaatio: Kroonisesti sairaat lapset

Paikka: Kuntoutustilat

Interventio: Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu tavanomaisen kuntoutuksen lisänä

Kontrolli: Tavanomainen kuntoutus

Lopputulospuuttajat	Arvioitu vaikutus	Otoskoko	Tutkimustyyppi	Näytön varmuus	Kommentit	
Tasapaino	-0,53 (95% LV - 1,14;0,09)	106 (5)	RCT	Harhan riski	↓	0,2 pieni vaikutus, 0,4-0,7 kohtalainen vaikutus, yli 0,7 suuri vaikutus.
				Tulosten epäyhtenäisyys	↓	
				Tulosten epäsuoruus	-	
				Tulosten epätarkkuus	↓	
				Julkaisuharha	-	
				Kokonaisarvio	Hyvin alhainen ⊕○○○	
				Karkeamotoriikka	-0,46 (95% LV - 1,14;0,23)	
Tulosten epäyhtenäisyys	-					
Tulosten epäsuoruus	-					
Tulosten epätarkkuus	↓					
Julkaisuharha	-					
Kokonaisarvio	Kohtalainen ⊕⊕⊕○					

LV: luottamusväli; RCT: randomized controlled trial (satunnaistettu kontrolloitu tutkimus)

7.8 Meta-analyysin ulkopuolelle jääneet tutkimukset

Kaikista katsaukseen sisällytyistä RCT-tutkimuksista ei ollut saatavilla meta-analyysin tekemiseen tarvittavia tunnuslukuja. Puuttuvia tietoja pyydettiin sähköpostitse yhteensä neljään tutkimukseen (Decavele ym. 2020; Gatica-Rojas ym. 2017; Hsu 2016; Ökmen ym. 2019) liittyen. Decavelen ym. (2020) päättäjän sähköpostiosoite ei ollut enää käytössä, eikä vaihtoehtoista osoitetta ollut löydettävissä. Kolmeen muuhun tiedusteluun ei saatu vastausta, joten myös nämä jouduttiin jättämään meta-analyysin ulkopuolelle.

Decavelen ym. (2020) tutkimuksessa selvitettiin aktiivisten videopelien vaikuttavuutta cp-vammaisten lasten tasapainoon ja motoriikkaan sekä tavoitteen saavuttamiseen. Tutkimukseen osallistui yhteensä 32 cp-vammaista lasta, joista interventioryhmään satunnaistettiin 18 ja kontrolliryhmään 14. Sekä interventio- että kontrolliryhmä osallistui säännölliseen fysioterapiakuntoutukseen, minkä lisäksi interventioryhmä harjoitteli aktiivisten virtuaaliodellisuutta hyödyntävien videopelien avulla. Interventioryhmän käytössä oli erillinen kuntoutukseen suunniteltu ohjelmisto, jota oli mahdollista pelata useiden sensoreiden avulla. Tutkimuksessa näistä mainittiin muun muassa Kinect-sensori ja Nintendo Wii-tasapainolauta. Tutkimuksen tulosten mukaan interventioryhmän tulokset olivat paremmat kuin kontrolliryhmän erityisesti tasapainoa kuvaavien tulosmuuttujien suhteen. VR-harjoittelun mahdollisia haittoja ei ollut raportoitu.

Gatica-Rojasin ym. (2017) tutkimuksessa selvitettiin Nintendo Wii- tasapainolevyn avulla tapahtuvan harjoittelun vaikuttavuutta cp-vammaisten lasten tasapainoon verrattuna tavanomaiseen kuntoutukseen. Tutkittavia oli yhteensä 32, joista 16 kuului interventioryhmään ja 16 kontrolliryhmään. Interventioryhmä harjoitteli Nintendo Wii-tasapainolevyn avulla kolme kertaa viikossa 40 minuuttia kerrallaan, kun taas kontrolliryhmä suoritti tavanomaisia tasapaino- ja liikkuvuusharjoitteita samalla frekvenssillä. Tulosten perusteella interventioryhmän tulokset paranivat enemmän kuin kontrolliryhmän. Tutkijat huomioivat, että cp-vamman tyyppi vaikutti tuloksiin. Tasapainoharjoittelusta näyttivät hyötyvän enemmän ne, jotka sairastivat spastista hemiplegiaa verrattuna spastista diplegiaa sairastaviin. Mahdolliset haittavaikutukset oli tutkimuksessa raportoitu, eikä niitä ollut esiintynyt.

Hsun (2016) tutkimuksessa selvitettiin Nintendo Wii- tasapainoharjoittelun vaikutuksia motorisiin taitoihin nuorilla, joilla on diagnosoitu älyllinen kehitysvamma. Tutkittavia oli interventioryhmässä kahdeksan ja liikunnallisessa kontrolliryhmässä kahdeksan. Interventioryhmä harjoitteli Nintendo Wii pelejä tasapainolaudan avulla kaksi kertaa viikossa 40 minuuttia kerrallaan. Kontrolliryhmä osallistui liikuntakasvatukseen (Physical education, PE), frekvenssiä ei ollut mainittu. Tulosten perusteella interventioryhmän tulokset paranivat enemmän kuin kontrolliryhmän kaikkien tulosmuuttujien suhteen. Mahdollisia haittavaikutuksia ei ollut raportoitu.

Ökmenin ym. (2019) tutkimuksessa tarkasteltiin virtuaaliodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta cp-vammaisten lasten motoriseen ja toiminnalliseen kehitykseen. Tutkittavia oli yhteensä 41, joista interventioryhmään kuului 21 ja kontrolliryhmään 20 tutkittavaa. Molemmat ryhmät osallistuivat tavanomaiseen kuntoutukseen, minkä lisäksi interventioryhmä sai virtuaaliodellisuutta hyödyntävää kuntoutusta kolme kertaa viikossa. Käytössä oli Playstation EyeToy ja siihen liittyvät aktiiviset pelit. Tutkimusten tulosten perusteella interventioryhmän tulokset paranivat huomattavasti kontrolliryhmää enemmän kaikkien tulosmuuttujien osalta. Haittavaikutuksia ei ollut raportoitu.

Edellä mainittujen neljän tutkimuksen tulokset olivat samansuuntaisia meta-analyysin tulosten kanssa. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttaa olevan tehokas harjoittelumuoto kroonisesti sairaiden lasten kuntoutuksessa. Harjoittelun yhteydessä ei ollut esiintynyt haittavaikutuksia, tai niitä ei ollut raportoitu. Ökmenin ym. (2019) tutkimuksessa harjoittelun motivoiva vaikutus oli nostettu esiin. Toisaalta Decavelen ym. (2020) tutkimuksessa tutkijat eivät olleet havainneet eroa motivaatiossa ryhmien välillä. Tutkijat pitivät tätä tulosta yllättävänä, ja arvioivat sen johtuneen VR-pelien yksinkertaisuudesta. Tarkempi kuvaus meta-analyysistä poisjääneistä tutkimuksista nähtävissä liitteessä 4 (liite 4).

8 POHDINTA

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Lisäksi selvitettiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuutta tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen. Tarkoituksena oli myös arvioida edellä mainittujen interventioiden näytön astetta ja selvittää virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun mahdollisia haittoja. Katsauksen tulosten perusteella on havaittavissa, että VR-harjoittelu näyttää olevan tehokkaampaa kuin tavanomainen aktiivinen harjoittelu ja VR-harjoittelu saattaa olla tehokas hoitomuoto tavanomaisen kuntoutuksen lisänä verrattuna pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen. Tutkimuksen tulokset olivat kuitenkin tilastollisesti merkitseviä vain verrattaessa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun.

Aikaisempi tutkimusnäyttö VR-harjoittelun vaikutuksista kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotoriikkaan on samansuuntaista kuin tässä tutkimuksessa. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun on todettu olevan tehokasta kroonisesti sairaiden lasten kuntoutuksessa ja parantavan tasapainoa ja karkeamotorisia taitoja (Chen ym. 2018; Cooper & Williams 2017; Lopes ym. 2020; Page ym. 2017; Pin 2019; Ravi ym. 2017; Ren & Wu 2019; Warnier ym. 2019; Wu ym. 2019). Toisaalta osassa aiempia katsauksia tulokset olivat myös ristiriitaisia (Cavalcante Neto ym. 2019; Holtz ym. 2018; Mentiplay ym. 2019), eikä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun voitu yksiselitteisesti osoittaa olevan tehokkaampaa kuin tavanomaisen harjoittelun. Aiemmissä katsauksissa virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua oli verrattu usein myös kuntoutusta odottavaan tai fyysisesti passiiviseen ryhmään. Fyysisen harjoittelun on kuitenkin todettu olevan tarpeellinen ja tehokas kuntoutus- ja hoitomuoto myös kroonisesti sairaiden lasten osalta (Burghard ym. 2019; West ym. 2019). Tällöin tutkimukselle, jossa verrataan virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua aktiivisiin kontrolliryhmiin, oli selkeä tarve.

Virtuaalitodellisuusteknologia on kuitenkin viime vuosien aikana kehittynyt paljon, ja tutkimuksissa käytettyä teknologiaa ei nykyisin enää valmisteta. Voidaan siis ajatella, että tämän katsauksen alkuperäistutkimuksissa käytetty teknologia edustaa niin sanottua virtuaalitodellisuutta hyödyntävän pelaamisen ensimmäistä aaltoa, joka toi kyseisen tekniikan kuluttajien saataville. Sekä Nintendo Wiin että Microsoft Kinectin valmistus on jo loppunut ja tilalle on tullut uudenlaista teknologiaa hyödyntäviä laitteita. Esimerkiksi Nintendo on tuonut markkinoille Switch- tuoteryhmän, johon kuuluu myös kädessä pidettävät ohjaimet, jotka mahdollistavat liiketunnistusta hyödyntävien pelien pelaamisen. Verrattuna Wii-ohjaimiin, Switch- ohjaimet ovat aiempaa monipuolisemmat ja herkemmät (Louis 2020). Myös muut puettavat laitteet ovat yleistyneet ja niiden kustannukset ovat laskeneet huomattavasti. Laitteiden tehon ja kapasiteetin lisääntyessä puettavista laitteista ja liiketunnistuksesta on tullut entistä herkempiä. Tällä on vaikutusta pelaajan kokemaan palautteeseen, millä puolestaan on vaikutusta motoristen taitojen oppimisessa (Holden 2005). Koska jo vanhemmalla tekniikalla tulokset ovat lupaavia, olisi tulevaisuudessa tarpeellista tehdä tutkimusta uudempien laitteiden vaikutuksesta tasapainoon ja karkeamotoriikkaan.

8.1 Alkuperäistutkimusten heterogeenisyys

Aikaisempien katsauksien ongelmat ovat liittyneet pääosin tutkimusten heterogeenisyyteen. Tutkimukset ovat vaihdelleet suuresti sekä potilasryhmän, intensiteetin, keston että lopputulosmuuttujien osalta. Sama ongelma nousi esiin tämän tutkimuksen yhteydessä ja alkuperäistutkimukset ovat osittain jonkin verran heterogeenisiä. Tämän tutkimuksen meta-analyysin yhteydessä tilastollista heterogeenisyyttä esiintyi eniten tasapainoa kuvaavissa tulosmuuttujissa, kun verrattiin VR-harjoittelua tavanomaisen kuntoutuksen lisänä pelkkään tavanomaiseen kuntoutukseen ($I^2 = 56\%$). Samoin heterogeenisyys oli kohtalaista karkeamotoriikan osalta, kun verrattiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun ($I^2 = 50\%$). Tämän tutkimuksen yhteydessä alkuperäistutkimusten potilasryhmät itsessään olivat samankaltaisia ja suurimmassa osassa tutkimuksia kohderyhmän diagnoosit liittyivät johonkin neurologiseen häiriöön. Kliinistä heterogeenisyyttä ilmeni kuitenkin jonkin verran, sillä potilasryhmät olivat toimintakyvyltään hyvin erilaisia ja diagnoosin vaikeusaste vaihteli tutkimusten välillä. Tämä vaikeuttaa tarkempien päätelmien tekemiseen intervention vaikuttavuudesta. Esimerkiksi cp-vammaisilla

lapsilla vamman vaikeusaste vaikuttaa suuresti keskivartalon lihasten käyttäytymiseen (Hadders-Algra & Carlberg 2010). Lievää cp-vammaa sairastavilla kyky hienosäätää tiettyjä keskivartalon lihaksia on heikentynyt, kun heidän tasapainoan haastetaan. Vaikeasteisempaa cp-vammaa sairastavilla puolestaan reaktio tasapainon haastamiseen on tyypillisempi, esimerkkinä kaikkien lihasten aktivaatio ja keskivartalon jäykistäminen. Tällöin lievää cp-vammaa sairastavilla lapsilla saattaa olla luonnostaan paremmat edellytykset hyötyä keskivartalon hallintaa harjoittavista videopeleistä (Hadders-Algra & Carlberg 2010).

Alkuperäistutkimusten interventioissa käytetty teknologia oli kohtuullisen homogeenistä. Kaikista katsauksen tutkimuksista 12 (Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Gatica-Rojas ym. 2020; Hammond ym. 2014; Hsu 2016; Sajan ym. 2017; Salem ym. 2012; Sharan ym. 2012) hyödynsi Nintendo Wii- alustaa, kolme (Arnoni ym. 2019; Sahin ym. 2020; Tarakci ym. 2016; Vukićević ym. 2019) Microsoft Kinectiä, yksi (Ökmen ym. 2020) Playstation Eyetoy- järjestelmää. Lisäksi kolmessa tutkimuksessa (Decavele ym. 2020; Hsieh 2018; Pin & Butler 2019;) oli käytössä erillinen ohjelmisto, joka mahdollisti kuntoutuspelien pelaamisen. Näiden ohjelmistojen teknologia oli hyvin samanlaista kuin Nintendo Wiin ja Microsoft Kinectin. Kaiken kaikkiaan tutkimusten interventiot olivat sisällöltään samankaltaisia ja käytetyissä teknologioissa ei ollut merkittäviä eroja. Sen sijaan kontrolliryhmien toiminnassa ja sisällössä esiintyi vaihtelua. Kahdeksassa alkuperäistutkimuksessa (Bonney ym. 2017; Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Hammond ym. 2014; Hsieh 2018; Sahin ym. 2020; Salem ym. 2012; Tarakci ym. 2016) VR-harjoittelua verrattiin muuhun aktiiviseen harjoitteluun, ja näiden kontrolliryhmien sisältö oli vaihtelevaa. Esimerkiksi Cavalcante Neton ym. (2020) kontrolliryhmä pelasi samoja pelejä kuin interventioryhmä, mutta ilman virtuaalitodellisuutta. Hammondin ym. (2014) tutkimuksessa kontrolliryhmä puolestaan osallistui kansalliseen Jump Ahead- ohjelmaan, jonka sisällöstä ei ollut tarkempaa tietoa. Heterogeenisyyttä voidaan olettaa olevan myös tavanomaisen kuntoutuksen suhteen, sillä fysioterapian ja kuntoutuksen sisällöt voivat vaihdella eri maiden välillä.

Aiempien katsausten tavoin myös tässä tutkimuksessa heterogeenisyyttä esiintyi harjoittelun keston ja frekvenssin suhteen. Lisäksi harjoittelun intensiivisyydessä ja progressiivisuudessa oli erittäin paljon vaihtelua ja osassa tutkimuksia näitä ei ollut kuvattu lainkaan. Tämän

vuoksi on vaikea arvioida, minkälainen harjoittelun kesto tai intensiivisyys on riittävää, jotta optimaalisia tuloksia saadaan aikaan. Aikaisemmissa katsauksissa oli myös huomioitu interventioiden keston vaikutus tuloksiin. Esimerkiksi Pagen ym. (2017) katsauksessa tutkijat havainnoivat, että pidempi intervention kesto ei välttämättä tuottanut parempia tuloksia. Samoin Cooper ja Williams (2017) totesivat katsauksessaan, että myös lyhyemmällä interventioilla on mahdollista saavuttaa hyviä tuloksia, mikäli harjoittelufrekvenssi on tarpeeksi korkea. Kuitenkaan heillä ei ollut esittää tarkempia arvioita optimaalisesta harjoittelun frekvenssistä.

8.2 Alkuperäistutkimusten harhan riski

Tämän tutkimuksen yhteydessä alkuperäisten tutkimusten metodologinen laatu on myös huomion arvoista. Yksikään alkuperäistutkimuksista ei saanut harhan riskin arvioinnissa matalan harhan riskin arviota, jolloin tuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti. Eniten harhan riskiä aiheutti suunnitelluista interventioista poikkeaminen sekä lopputulosmuuttujien datan puuttuminen. Tämän tutkimuksen yhteydessä esiintyneet mittarit olivat luotettavia ja toistettavia sekä yleisesti käytössä. Kuitenkin erityisesti cp-vammaisten lasten kohdalla tasapainoa tarkastelevat mittarit saattavat olla epäluotettavia erityisesti edellä mainitun keskivartalon lihasten aktivaation vuoksi. Tämä nousi esiin erityisesti Pinin ja Butlerin (2019) tutkimuksessa, jossa tasapainoa oli mitattu Pediatric Reach Testin avulla. Myös Arnonin ym. (2019) tutkimuksessa käytetty dynaaminen tasapainotesti voimalevyn avulla ei ole lasten kohdalla kaikkein luotettavin, koska huojunnan määrä vähenee iän myötä luonnostaankin (Bourelle ym. 2017; Figura & Guidetti 1991 Verbecque ym. 2016).

Tämän katsauksen tulosten tulkinnan yhteydessä tulee myös ottaa huomioon mahdollinen julkaisuharha, jolloin pienet ja ei-merkitsevät tutkimukset ovat saattaneet jäädä analyysin ulkopuolelle. Lisäksi meta-analyysistä jäi pois neljä tutkimusta (Decavele ym. 2020; Gatica-Rojas ym. 2017; Hsu 2016; Ökmen ym. 2019), joiden tuloksilla olisi saattanut olla vaikutusta saatuihin tuloksiin. Pois jääneiden tutkimusten tulokset olivat kuitenkin saman suuntaisia meta-analyysin tulosten kanssa ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikutti olevan tehokkaampaa kuin tavanomainen harjoittelu. Meta-analyysiin sisältyneet tutkimukset olivat

otoskooltaan melko pieniä ja tutkittavia oli yhteensä suhteellisen vähän (n= 384). Mikäli pois jääneet neljä tutkimusta olisivat olleet meta-analyysissä mukana, olisi näiden tutkimusten osallistujat (n=121) muodostaneet neljäsosan kaikista tutkittavista.

8.3 Virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun käytännön sovellettavuus

Sekä aiempien katsauksien, että tämän tutkimuksen yhteydessä virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun motivoiva vaikutus nousi esille. Esimerkiksi Mentiplayn ym. (2019) katsauksessa oli havainnointu, että virtuaalitodellisuutta hyödyntävien interventioiden yhteydessä osallistuminen ja tyytyväisyys harjoitteluun oli korkeampaa interventioryhmien kuin kontrolliryhmien osalta. Saman kaltaisia huomioita tehtiin myös tämän tutkimuksen yhteydessä. Yhdeksän tutkimuksen (Arnoni ym. 2019; Atasavun Uysal & Baltaci 2016; Hsieh 2018; Pin & Butler 2019; Sahin ym. 2020; Sajan ym. 2017; Salem ym. 2012; Sharan ym. 2012; Vukićević ym. 2019) yhteydessä oli nostettu esille osallistujien korkea motivaatio. Alkuperäistutkimuksissa käytettyyn teknologiaan verrattuna nykyisin käytössä olevat VR-laitteet ovat kehittyneempiä ja immersion taso on korkeampi, jolloin sekä pelit että VR-ympäristöt ovat nykyisin huomattavasti todentuntuisempia.

Tämän tutkimuksen tulokset ovat samansuuntaiset aiemman tutkimustiedon kanssa. Tulokset antavat viitteitä siitä, että virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu on vaikuttavaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin. Tulokset eivät ole yksiselitteisiä ja niihin tulee suhtautua varauksella. Kuitenkin virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun helppo saavutettavuus ja erityisesti motivoiva vaikutus tulee huomioida. Virtuaalitodellisuusympäristössä tapahtuva harjoittelu saattaa tavoittaa hyvin etenkin vähän liikkuvat ja syrjäytymisvaarassa olevat lapset. Tutkimuksissa on todettu, että kroonisesti sairait lapset eivät liiku tarpeeksi, vaikka säännöllinen aktiivinen liikunta olisi ensiarvoisen tärkeää oireiden hoidon ja kuntoutuksen suhteen (Burghard ym. 2018; Haapala ym. 2018). Kroonisesti sairailta lapsilla liikuntaharrastuksen esteenä voi usein olla sosiaaliset syyt ja erilaisten tukitoimien puute (Burghard ym. 2018). Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ja aktiivinen pelaaminen voidaankin nähdä yhtenä ratkaisuna näihin ongelmiin. VR-harjoittelu on usein tavanomaista harjoittelua monipuolisempaa ja erityisesti

skaalautuvuus nähdään etuna kroonisesti sairaiden lasten kohdalla (Benzing & Schmidt 2018). Tällöin liikuntaharrastus voi olla osalle mahdollista virtuaalitodellisuusympäristössä, koska harjoituksen taso on helpommin muunnettavissa. Nykyisin useat liikunnalliset pelit ovat pelattavissa verkossa ja erilaisten pelien yhteyteen muodostuu usein hyvinkin tiiviitä yhteisöjä (Seay ym. 2004). Nämä yhteisöt saattavat muodostua hyvinkin tiiviiksi ja niillä on jäsenille usein suuri sosiaalinen merkitys. Sekä saavutettavuuden että sosiaalisen kanssakäymisen vuoksi virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu voidaan nähdä erittäin merkittävänä ja potentiaalisena harjoittelumuotona kroonisesti sairaiden lasten ja nuorten kohdalla.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa olla tehokasta kroonisesti sairaiden lasten kuntoutuksessa. Sen on todettu olevan myös turvallista ja motivoivaa, ja sillä on lupaavia vaikutuksia kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon ja karkeamotorisiin taitoihin. Tuloksiin tulee kuitenkin suhtautua varauksella, sillä tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä vain, kun verrattiin virtuaalitodellisuutta hyödyntävää harjoittelua tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Lisäksi näytön aste vaihteli tutkimusasetelmien ja tulosmuuttujien kesken ja analyysissa ei ollut mukana yhtään matalan harhan riskin tutkimusta.

Tulevaisuuden tutkimuksessa aiheeseen liittyen tulisi ottaa huomioon uudempi teknologia ja sen vaikuttavuus ja tutkimukset tulisi toteuttaa metodologisesti laadukkaasti. Myös harjoittelun frekvenssiin ja tehokkuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun optimaalinen annostus olisi selkeämpää.

8.4 Tutkimuksen eettisyys

Tämä tutkimus on suoritettu hyvän tieteellisen käytännön edellyttämällä tavalla ja koko prosessin ajan on noudatettu Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohjeita ja periaatteita (TENK 2012). Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK 2012) ohjeiden mukaan tutkimuksen tekemisessä tulee noudattaa rehellisyyttä, avoimuutta sekä vastuullisuutta. Tutkimuksen teossa on pyritty huolellisuuteen sekä raportoimaan tutkimuksen kaikki vaiheet läpinäkyvästi. Alkuperäisiin tutkimuksiin ja lähteisiin on viitattu asianmukaisesti.

8.5 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Työ on tehty PRISMA Checklist- ohjeiden mukaan (Moher 2009) ja se perustuu ennalta laadittuun tutkimussuunnitelmaan. Tutkimuksen reliabiliteettia on pyritty lisäämään suorittamalla alkuperäistutkimusten laadun arviointi kahden tutkijan toimesta. Tutkimuksen luotettavuuteen saattaa vaikuttaa heikentävästi yhden henkilön tekemä tutkimustietojen poiminta. Tutkimuksen teossa on pyritty objektiivisuuteen, sillä tutkijan omat subjektiiviset käsitykset saattaisivat heikentää tutkimuksen reliabiliteettia.

Tutkimuksen heikkoutena voidaan nähdä myös alkuperäistutkimusten suhteellisen pieni osallistujamäärä. Tutkimukset olivat hyvin heterogeenisiä sekä osallistujien, interventioiden että tulosuuttujien suhteen ja tämä vaikeuttaa tulosten yleistämistä ja suositusten laatimista. Lisäksi kontrolliryhmien saama tavanomainen kuntoutus vaihteli toimintaterapiasta fysioterapiaan ja tavanomaisen kuntoutuksen sisältö voi vaihdella maasta riippuen. Myös tavanomainen aktiivinen harjoittelu vaihteli tutkimuskohtaisesti. Osassa tutkimuksia (Cavalcante Neto ym. 2020; Cho ym. 2016; Hsieh 2018) harjoitteet oli pyritty saamaan vastaamaan virtuaaliodellisuudessa tapahtuvaan harjoitteluun mahdollisimman hyvin, joissakin tutkimuksissa taas harjoittelun sisältöä ei ollut kuvailtu kovinkaan tarkasti (Sahin ym. 2017; Salem ym. 2012; Tarakci ym. 2016). Alaryhmäanalyysien tekeminen osallistujien tai harjoittelun sisällön mukaan olisi kuitenkin voinut vaikuttaa heikentävästi tulosten yleistettävyyteen, sillä alkuperäistutkimuksia oli suhteellisen vähän. Tämän tutkimuksen luotettavuuteen vaikuttaa myös alkuperäistutkimusten metodologinen laatu, sillä yksikään alkuperäistutkimuksista ei saanut matalan harhan riskin arvioita.

9 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän katsauksen ja meta-analyysin perusteella virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu ilmeisesti parantaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa ja karkeamotoriikkaa verrattuna tavanomaiseen aktiiviseen harjoitteluun. Vaikutuksen voimakkuus on kohtalaista. Näytön varmuus tasapainon suhteen on kohtalaista ja karkeamotoriikan suhteen alhaista, jolloin tuloksiin on syytä suhtautua kriittisesti.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu saattaa olla vaikuttavampaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoon tavanomaisen kuntoutuksen lisänä kuin tavanomainen kuntoutus yksinään, mutta luotettava tutkimusnäyttö puuttuu. Lisäksi VR-harjoittelu saattaa olla yhtä vaikuttavaa kroonisesti sairaiden lasten karkeamotoriikkaan tavanomaisen kuntoutuksen lisänä kuin tavanomainen kuntoutus yksinään. Näyttö on kuitenkin tämän osalta epävarmaa.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä harjoittelu vaikuttaa olevan turvallinen ja motivoiva harjoittelumuoto, eikä sen käytössä kroonisesti sairaiden lasten kuntoutuksessa ole raportoitu haittoja. Se voi olla hyvä harjoitusmenetelmä, kun halutaan parantaa kroonisesti sairaiden lasten tasapainoa ja karkeamotorisia taitoja. Tutkimustietoon perustuva näytön varmuus vaihtelee hyvin alhaisesta kohtalaiseen. Tämän vuoksi tämän tutkimuksen tulosten perusteella ei voida esittää selkeitä hoitosuosituksia.

Tarkempaa tutkimusta virtuaalitodellisuutta hyödyntävän harjoittelun vaikuttavuudesta kroonisesti sairaiden lasten kuntoutuksessa tarvitaan näytön asteen parantamiseksi. Tulevien tutkimusten tulisi olla metodologisesti laadukkaita ja otoskooltaan riittävän suuria, joissa huomioidaan myös uudempi teknologia ja harjoittelun intensiteetin ja frekvenssin vaikutukset.

LÄHTEET

- Arnoni, J., S., dos Santos Silva, F. & Rocha, N. 2019. Effects of virtual reality in body oscillation and motor performance of children with cerebral palsy: a preliminary randomized controlled clinical trial. *Complementary therapies in clinical practice* 35, 189-194. Doi: 10.1016/j.ctcp.2019.02.014
- Atasavun Uysal, S. & Baltaci, G. 2016. Effects of Nintendo Wii training on occupational performance, balance, and daily living activities in children with spastic hemiplegic cerebral palsy: a single-blind and randomized trial. *Games for health journal* 5 (5), 311-317. Doi: 10.1089/g4h.2015.0102
- Barnhart, R., Davenport, M. Epps, S. & Nordquist, V. 2003. Developmental coordination disorder. *Physical Therapy* 83 (8), 722-731.
- Bartlett, D. & Birmingham, T. 2003. Validity and reliability of Pediatric reach test. *Pediatric Physical Therapy* 15 (2), 84-90. Doi: 10.1097/01.PEP.0000067885.63909.5C
- Benzing, V. & Schmidt, M. 2018. Exergaming for children and adolescents: Strengths, weaknesses, opportunities and threats. *Journal of Clinical Medicine* 7 (422).
- Best, J. 2013. Exergaming in youth: Effects on physical and cognitive health. *Zeitschrift für Psychologie* 221 (2), 72-78. Doi: 10.1027/2151-2604/a000137
- Bonney, E., Ferguson, G. & Smits-Engelsman, B. 2017. The efficacy of two activity-based interventions in adolescents with Developmental Coordination Disorder. *Research in Developmental Disabilities* 71, 223-236. Doi: 10.1016/j.ridd.2017.10.013
- Bourelle, S., Dey, N., Sifaki-Pistolla, D., Berge, B., Gautheron, V., Cottalorda, J. & Taiar, R. 2017. Computerized static posturography and laterality in children. Influence of age. *Acta of Bioengineering and Biomechanics* 19 (2), 129-138. Doi: 10.5277/ABB-00672-2016-02
- Brown, T. & Lalor, A. 2009. The Movement Assessment Battery for Children—Second Edition (MABC-2): A Review and Critique. *Physical & occupational therapy in pediatrics* 29 (1), 86-103. Doi: 10.1080/01942630802574908
- Burghard, M., de Jong, N., Vlieger, S. & Takken, T. 2018. 2017 Dutch Report Card+: Results from the first physical activity report card plus for Dutch youth with a chronic disease or disability. *Frontiers in Pediatrics* 6(122).

- Cavalcante Neto, J., Steenbergen, B., Wilson, P., Zamuner, A. & Eloisa, T. 2020. Is Wii-based motor training better than task-specific matched training for children with developmental coordination disorder? A randomized controlled trial. *Disability and rehabilitation* 42 (18), 2611-2620. Doi: 10.1080/09638288.2019.1572794
- Cavalcante Neto, J., De Oliveira, C., Greco, A., Zamuner, A., Moreira, R. & Tudella, E. 2019. Is virtual reality effective in improving the motor performance of children with developmental coordination disorder? A systematic review. *European journal of physical and rehabilitation medicine* 55 (2), 291-300. Doi: 10.23736/S1973-9087.18.05427-8
- Cho, C., Hwang, W., Hwang, S. & Chung, Y. 2016. Treadmill training with virtual reality improves gait, balance, and muscle strength in children with cerebral palsy. *The Tohoku Journal of Experimental Medicine* 238 (3), 213-218. Doi: 10.1620/tjem.238.213
- Chen, Y., Fanchiang, H. & Howard, A. 2018. Effectiveness of virtual reality in children with cerebral palsy: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Physical therapy* 98 (1), 63-77. Doi: 10.1093/ptj/pzx107
- Chen, C., Shen, I., Chen, C., Wu, C., Liu, W. & Chung, C. 2013. Validity, responsiveness, minimal detectable change, and minimal clinically important change of Pediatric Balance Scale in Children with cerebral palsy. *Research in developmental disabilities* 34 (3), 916-922. Doi: 10.1016/j.ridd.2012.11.006
- Cohen, J. 1988. *Statistical power analysis for the behavioural sciences – second edition*. New York: Routledge.
- Cooper, T. & Williams, J. 2017. Does an exercise programme integrating the Nintendo Wii Fit Balance Board improve balance in ambulatory children with Cerebral Palsy? *Physical therapy reviews* 22 (5-6), 229-237. Doi: 10.1080/10833196.2017.1389810
- Decavele, S., Ortibus, E., Van Campenhout, A., Molenaers, G., Jansen, B., Omelina, L. & Franki, I. 2020. The effect of a rehabilitation-specific gaming software platform to achieve individual physiotherapy goals in children with severe spastic cerebral palsy: a randomized crossover trial. *Games for health journal* 9 (5), 376-385. Doi: 10.1089/g4h.2019.0097
- Deeks, J., Higgins, J. & Althman, D. 2021. Chapter 10: Analysing data and undertaking meta-analyses. Teoksessa J., Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, M. Page & V.

- Welch (toim.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 6.2. Viitattu 8.4.2021. www.training.cochrane.org/handbook
- Di Tore, P. & Raiola, G. 2012. Exergames in motor skill leaning. *Journal of Physical Education and Sport* 12 (3), 358-361. Doi: 10.7752/jpes.2012.03053
- Figura, L. & Guidetti, L. 1991. Assessment of static balance in children. *The Journal of sports medicine and physical fitness* 31 (2), 235-242.
- Gatica-Rojas, V., Méndez-Rebolledo, G., Guzman-Muñoz, E., Soto-Poblete, A., Cartes-Velásquez, R., Elgueta-Cancino, E. & Core Lizama, L. 2017. Does Nintendo Wii Balance Board improve standing balance? A randomized controlled trial in children with cerebral palsy. *European journal of physical and rehabilitation medicine* 53 (4), 535-544. Doi: 10.23736/S1973-9087.16.04447-6
- Gharaei, E., Shojaei, M. & Daneshfar, A. 2019. The validity and reliability of the Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency, 2nd edition brief form, in preschool children. *Annals of applied sport science* 7 (2), 3-12. Doi: 10.29252/aassjournal.7.2.3
- Haapala, E., Hamari, L., Bond, B., Takken, T., Vlachopoulos, D. & Ihalainen, J. 2018. Lasten ja nuorten liikuntalääketiede: tavoitteena terveyden edistäminen, sairauksien ehkäisy ja kuntoutus. *Liikunta ja tiede*, 55 (5), 2026.
- Hadders-Algra, M. & Carlberg, E. 2008. Introduction: Why bother about postural control? Teoksessa M. Hadders-Algra & E. Carlberg. 2010. *Postural Control: A key issue in developmental disorders*. Lontoo: Mac Keith.
- Hammond, J., Jones, V., Hill, E. & Male, I. 2014. An investigation of the impact of regular use of the Wii Fit to improve motor and psychosocial outcomes in children with movement difficulties: a pilot study. *Child: Care, Health and Development* 40 (2), 165-175. Doi: 10.1111/cch.12029
- Harvey, A., Morris, M., Graham, H., Wolfe, R. & Baker, R. 2010. Reliability of the Functional Mobility Scale for children with cerebral palsy. *Physical & occupational therapy on pediatrics* 30 (2), 139- 149. Doi: 10.3109/01942630903454930
- Herrgård, E. & Renko, R. 2000. Lasten neurologisen kehityksen seuranta; milloin on syytä huoleen? *Duodecim; lääketieteellinen aikauskirja* 116 (18), 2038-2045.
- Higgins, J., Li, T. & Deeks, J. 2021a. Chapter 6: Choosing effect measures and computing estimates of effect. Teoksessa J., Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, M.

- Page & V. Welch (toim.), Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Version 6.2. Viitattu 8.4.2021. www.training.cochrane.org/handbook
- Higgins, J., Savović, J., Page, M., Elders, R. & Sterne, J. 2021b. Chapter 8: Assessing risk of bias in a randomized trial. Teoksessa J., Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, M. Page & V. Welch (toim.), Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions. Version 6.2. Viitattu 10.4.2021. www.training.cochrane.org/handbook
- Higgins, J., Thompson, S. & Spiegelhalter, D. 2009. A re-evaluation of random-effects meta-analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)* 172 (1), 137-159. Doi: 10.1111/j.1467-985X.2008.00552.x
- Hocking, D., Farhat, H., Gavrilă, R., Caeyenberghs, K. & Shields, N. 2019. Do active video games improve motor function in people with developmental disabilities? A meta-analysis of randomized controlled trials. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 100 (4), 769-781. Doi: 10.1016/j.apmr.2018.10.021
- Holden, M. 2005. Virtual environments for motor rehabilitation: review. *Cyberpsychology & behaviour: the impact of the internet, multimedia and virtual reality on behaviour and society* 8 (3), 212-219. Doi: 10.1089/cpb.2005.8.187
- Holtz, B., Murray, K. & Park., T. 2018. Serious Games for Children with Chronic Diseases: A Systematic Review. *Games for health journal* 7 (5), 291-301. Doi: 10.1089/g4h.2018.0024
- Hsieh, H-C. 2018. Effects of a gaming platform on balance training for children with cerebral palsy. *Pediatric Physical Therapy* 30 (4), 303-308. Doi: 10.1097/PEP.0000000000000521
- Hsu, T-Y. 2016. Effects of Wii Fit balance game training on the balance ability of students with intellectual disabilities. *Journal of physical therapy science* 28 (5), 1422-1426. Doi: 10.1589/jpts.28.1422
- Jaakkola, T. 2017. Liikuntataitojen oppiminen. Teoksessa T. Jaakkola, J. Liukkonen & A. Sääkslahti (toim.) *Liikuntapedagogiikka. 2. uudistettu painos*. Jyväskylä: PS-kustannus, 147-169.
- Kim, G. 2018. Validation of the Fullerton Advanced Balance Scale in children with cerebral palsy. *International Journal of Therapy and Rehabilitation* 25 (9), 459-466. Doi: 10.12968/ijtr.2018.25.9.459

- Komulainen, J., Jousimaa, J. & Kunnamo, I. 2016. Hoitosuosituksen näytönasteen arviointi GRADE- työryhmän tapaan. Hoitosuositustyöryhmien käsikirja. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim. Viitattu 12.5.2021. <https://www.terveysportti.fi/dtk/khk/koti>
- Lang, R., Regester, A., Rispoli, M., Pimentel, S. & Camargo, H. Rehabilitation issues in autism spectrum disorders. *Developmental Neurorehabilitation* 13 (3), 153-155. Doi: 10.3109/17518421003607597
- Lasserson, T., Thomas, J. & Higgins, J. 2021. Part 2: Core methods. Chapter 1: Starting a review. Teoksessa J., Higgins, J. Thomas, J. Chandler, M. Cumpston, M. Page & V. Welch (toim.), *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. Version 6.2. Viitattu 8.5.2021. www.taining.cochrane.org/handbook
- Lopes, J., Duarte, N., Lazzari, R. & Oliveira, C. 2020. Virtual reality in the rehabilitation process for individuals with cerebral palsy and Down syndrome: A systematic review. *Journal of bodywork and movement therapies* 24 (4), 479-483. Doi: 10.1016/j.jbmt.2018.06.006
- Louis, A. 2020. Motion Controls: Wii versus Switch. Viitattu 24.5.2021. <https://www.reviewthis.com/motion-controls-wii-versus-switch/>
- Matson, J., Baglio, C., Smiroldo, B., Hamilton M. & Packlowskyj, T. 1996. Characteristics of Autism as Assessed by the Diagnostic Assessment for the Severely Handicapped-II (DASH-2). *Research in Developmental Disabilities* 17 (2), 135-143. Doi: 10.1016/0891-4222(95)00044-5
- Marrus, N., Eggebrecht, A., Todorov, A., Elison, J., Wolff, J., Cole, L., Gao, W., Pandey, J., Shen, M., Swanson, M., Emerson, R., Klohr, C., Adams, C., Estes, A., Zwaigenbaum, L., Botteron, K., McKinstry, R., Constantino, J., Evans, A., Hazlett, H., Dager, S., Paterson, S., Schultz, R., Styner, M., Gerig, G., Schlaggar, J. & Pruett Jr, J. 2018. Walking, gross motor development, and brain functional connectivity in infants and toddlers. *Cerebral Cortex*, 28 (2), 750-763.
- Mentiplay, B., Fitzgerald, T., Clark, R., Bower, K., Denehy, L. & Spittle, A. 2019. Do video game interventions improve motor outcomes in children with developmental coordination disorder? A systematic review using the ICF framework. *BMC Pediatrics* 19 (1). Doi: 10.1186/s12887-018-1381-7
- Microsoft. 2014. Kinect for Xbox 360. Viitattu 5.5.2021. <https://web.archive.org/web/20141003112836/https://www.xbox.com/en-US/kinect>

- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. & the PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *BMJ* 21 (339). Doi: 10.1136/bmj.b2535
- Mokkink, L., van der Lee, J., Grootenhuys, M., Offringa, M. & Heymans, H. 2007. Defining chronic diseases and health conditions in childhood (0-18 years of age): national consensus in the Netherlands. *European Journal of Pediatrics* 167, 1441-1447. Doi: 10.1007/s00431-008-0697-y
- Nicolini-Panisson, R. & Donaldio, M. 2013. Timed "up & go" test in children and adolescents. *Revista paulista de pediatria* 31 (3), 377-383. Doi: 10.1590/S0103-05822013000300016
- Nintendo. 2013. Nintendo Wii. Viitattu 5.5.2021. <https://web.archive.org/web/20130116144131/http://www.nintendo.com/wii>
- Page, Z., Barrington, S., Edwards, J. & Barnett, L. 2017. Do active video games benefit the motor skill development of non-typically developing children and adolescents: A systematic review. *Journal of science and medicine in sport* 20 (12), 1087-1100. Doi: 10.1016/j.jsams.2017.05.001
- Palisano, R., Rosenbaum, P., Bartlett, D. & Livingstone, M. 2008. Content validity of the expanded and revised Gross Motor Function Classification System. *Developmental Medicine & Child Neurology* 50 (10), 744-750. Doi: 10.1111/j.1469-8749.2008.03089.x
- Pin, T. 2019. Effectiveness of interactive computer play on balance and postural control for children with cerebral palsy: A systematic review. *Gait & Posture* 73, 126-139. Doi: 10.1016/j.gaitpost.2019.07.122
- Pin, T. & Butler, P. 2019. The effect of interactive computer play on balance and functional abilities in children with moderate cerebral palsy: a pilot randomized study. *Clinical Rehabilitation* 33 (4), 704-710. Doi: 10.1177/0269215518821714
- Playstation. 2012. Playstation Move motion controller. Viitattu 20.5.2021. <https://web.archive.org/web/20120821032252/http://au.playstation.com/psmove/>
- Pollock, A., Durward, B. & Rowe, P. 2000. What is balance? *Clinical Rehabilitation* 14 (4), 402-406.
- Powell, W., Rizzo, A., Sharkey, P. & Merrick, J. 2017. Virtual rehabilitation system design: recent advances. Teoksessa W. Powell, A. Rizzo, P. Sharkey & J. Merrick (toim.)

- Virtual Reality – Recent advances in virtual rehabilitation system design. New York: Nova Science Publishers, Inc., 3-7
- Ravi, D., Kumar, N. & Singhi, P. 2017. Effectiveness of virtual reality rehabilitation for children and adolescents with cerebral palsy: an updated evidence-based systematic review. *Physiotherapy* 103 (3), 245-258. Doi: 10.1016/j.physio.2016.08.004
- Ren, Z. & Wu, J. 2019. The Effect of Virtual Reality Games on the Gross Motor Skills of Children with Cerebral Palsy: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (20). Doi: 10.3390/ijerph16203885
- Rice, K., Higgins, J. & Lumley, T. 2018. A re-evaluation of fixed effect(s) meta-analysis. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (statistics in Society)* 181 (1), 205-227. Doi: 10.1111/rssa.12275
- Riener, R. & Harders, M. 2012. *Virtual Reality in Medicine*. Lontoo: Springer.
- Robinson, L. 2011. The relationship between perceived physical competence and fundamental motor skills in preschool children. *Child: Care, Health and Development*, 37 (4), 589-597.
- Rosenbaum, P. & Rosenbloom, L. 2012. *Cerebral palsy: From diagnosis to adult life*. First edition. Lontoo: Mac Keith Press.
- Russell, D., Avery, L., Rosenbaum, P., Raina, P., Walter, S. & Palisano, R. 2000. Improved Scaling of the Gross Motor Function Measure for Children With Cerebral Palsy: Evidence of Reliability and Validity. *Physical Therapy* 80 (9), 873-885.
- Russell, D., Rosenbaum, P., Cadman, D., Gowland, C., Hardy, S. & Jarvis, S. 1989. The Gross Motor Function Measure: a means to evaluate the effects of physical therapy. *Developmental Medicine & Child Neurology* 31 (3), 341-352.
- Sahin, S., Köse, B., Aran, O., Bahadır, A. & Kayıhan, H. 2020. The effects of virtual reality on motor functions and daily life activities in unilateral spastic cerebral palsy: a single-blind randomized controlled trial. *Games for health journal* 9 (1), 45-52. Doi: 10.1089/g4h.2019.0020
- Sajan, J., John, J., Grace, P., Sabu, S. & Tharion, G. 2017. Wii-based interactive games as a supplement to conventional therapy for rehabilitation of children with cerebral palsy: a pilot, randomized controlled trial. *Developmental neurorehabilitation* 20 (6), 361-367. Doi: 10.1080/17518423.2016.1252970

- Salem, Y., Gropack, S., Coffin, D. & Godwin, E. 2012. Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: a preliminary randomised single-blind controlled trial. *Physiotherapy* 98 (3), 189-195. Doi: 10.1016/j.physio.2012.06.003
- Schünemann, H., Brožek, J., Guyatt, G. & Oxman, A. GRADE Handbook. Handbook for grading the quality of evidence and the strength of recommendations using the GRADE approach. Viitattu 18.5.2021. <https://gdt.gradepro.org/app/handbook/handbook.html#h.svwngs6pm0f2>
- Seay, A., Jerome, W., Lee, K. & Kraut, R. 2004. Project massive: a study of online gaming communities. Konferenssijulkaisu. Doi: 10.1145/985921.986080
- Sharan, D., Ajeesh, p., Rameshkumar, R., Mathankumar, M., Paulina, R. & Manjula, M. 2012. Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy. *Work (Reading, Mass.)* 41 (1), 3612-3615. Doi: 10.3233/WOR-2012-0667-3612
- Shea, B., Reeves, B., Wells, G, Thuku, M., Hamel, C., Moran, J., Moher, D., Tugwell, P, Welch, V. Kristjansson, E. & Henry, D. 2017. AMSTAR 2: a critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 358. Doi: 10.1136/bmj.j4008
- Sherman, W. & Craig, A. 2003. Understanding virtual reality: interface, application, and design. San Francisco: Morgan Kaufmann. ISBN: 9780080520094 electronic bk
- Smidt, N., de Vet, H., Bouter, L. & Dekker, J. 2005. Effectiveness of exercise therapy: A best-evidence summary of systematic reviews. *Australian journal of physiotherapy* 51 (2), 71-85. Doi: 10.1016/S0004-9514(05)70036-2
- Sterne, J., Sutton, A., Ioannidis, J., Terrin, N., Jones, D., Lau, J. & Carpenter, J. 2011. Recommendations for examining and interpreting funnel plot asymmetry in meta-analyses of randomised controlled trials. *BMJ* 343. Doi: 10.1136/bmj.d4002
- Suomen cp-liitto ry. 2020. Cp- opas. Viitattu. 25.5.2021. <https://cp-liitto.fi/wp-content/uploads/2021/01/CP-opas-2021.pdf>
- Suomi, R. 2005. Validity of the Berg Balance Scale in children with mild to moderate disabilities. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 37 (5).

- Tarakci, D., Huseyinsinoglu, B., Tarakci, E. & Ozdincler, A. 2016. Effects of Nintendo Wii-Fit video games on balance in children with mild cerebral palsy. *Pediatrics International* 58, 1042-1050. Doi: 10.1111/ped.12942
- TENK. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. ISBN: 978-952-5995-07-7
- Verbecque, E., Vereeck, L. & Hallemans, A. 2016. Postural sway in children: a literature review. *Gait & Posture* 49, 402-410. Doi: 10.1016/j.gaitpost.2016.08.003
- Vukićević, S., Đorđević, M., Glumbić, N., Bogdanović, Z. & Đurić Jovičić, M. 2019. A demonstration project for the utility of kinect-based educational games to benefit motor skills of children with ASD. *Perceptual and Motor Skills* 126 (6), 1117-1144. Doi: 10.1177/0031512519867521
- Warnier, N., Lambregts, S. & Van De Port, I. 2019. Effect of virtual reality therapy on balance and walking in children with cerebral palsy: a systematic review. *Developmental Neurorehabilitation* 23 (8), 502-518. Doi: 10.1080/1751823.2019.1683907.
- West, S., Banks, L., Schneiderman, J., Caterini, J., Stephens, S., White, G., Dogra, S. & Wells, G. 2019. Physical activity for children with chronic disease; a narrative review and practical applications. *BMC Pediatrics*, 19 (12). Doi: 10.1186/s12887-018-1377-3
- WHO World Health Organization. 2020. Physical activity. Viitattu 10.5.2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>.
- Wijlaars, L., Gilbert, R. & Hardelid, P. 2016. Chronic conditions in children and young people: learning from administrative data. *Archives of Disease in Childhood*, 101 (10), 881-885.
- Wu, J., Loprinzi, P. & Ren, Z. 2019. The rehabilitative effects of virtual reality games on balance performance among children with cerebral palsy: a meta-analysis of randomized controlled trials. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16 (21). Doi: doi:10.3390/ijerph16214161.
- Ökmen, B., Aslan, M., Yüzer, G. & Özgirgin, N. 2019. Effect of virtual reality therapy on functional development in children with cerebral palsy: a single-blind, prospective, randomized-controlled study. *Turkish Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 65 (4), 371-378. Doi: 10.5606/tftrd.2019.2388

LIITE 1: ROVA- hankkeen hakustrategiat

Esimerkki järjestelmällisten katsausten hakusanalausekkeesta Medline tietokantaan

1. Meta-Analysis as Topic/	17899
2. meta analy\$.tw.	172055
3. metaanaly\$.tw.	2069
4. Meta-Analysis/	115531
5. (systematic adj (review\$1 or overview\$1)).tw.	171002
6. exp Review Literature as Topic/	13781
7. or/1-6	301087
8. cochrane.ab.	83114
9. embase.ab.	91237
10. (psychlit or psyclit).ab.	917
11. (psychinfo or psycinfo).ab.	35581
12. (cinahl or cinhal).ab.	28303
13. science citation index.ab.	3124
14. bids.ab.	528
15. cancerlit.ab.	630
16. or/8-15	149495
17. reference list\$.ab.	17918
18. bibliograph\$.ab.	18112
19. hand-search\$.ab.	6922
20. relevant journals.ab.	1178
21. manual search\$.ab.	4450
22. or/17-21	43540
23. selection criteria.ab.	30311
24. data extraction.ab.	21050
25. 23 or 24	49054
26. Review/	2654840
27. 25 and 26	29287
28. Comment/	854161
29. Letter/	1082698
30. Editorial/	531609
31. animal/	6614738
32. human/	18511499
33. 31 not (31 and 32)	4672082
34. or/28-30,33	6456988
35. 7 or 16 or 22 or 27	362155
36. 35 not 34	343764
37. rehabilitee*.mp.	107
38. Therapist/ or therapist*.mp.	39291
39. exp Disabled Persons/ or disabled person.mp.	65011
40. exp Rehabilitation/ or rehab*.mp.	527583
41. exp Exercise/ or exercise.mp.	403429
42. exp Exercise therapy/ or exercise therapy.mp.	51805
43. therapeutic exercise.mp.	1014
44. (Physical therap* or Physiotherap*).mp.	70812
45. exp Physical Therapy Modalities/ or physical therapy modalities.mp.	152081
46. physical rehabilitation.mp.	1926
47. exp Occupational Therapy/ or occupational therap*.mp.	19853
48. exp "Rehabilitation of Speech and Language Disorders"/	10631
49. exp Speech Therapy/ or speech therap*.mp.	8497
50. speech-language therap*.mp.	460
51. logoped*.mp.	418
52. exp Audiology/ or audiolog*.mp.	11405

53. exp Sign Language/	2163
54. exp Psychotherapy/ or psychotherap*.mp.	207856
55. Neuropsychotherap*.mp.	15
56. exp Neuropsychology/ or neuropsychol*.mp.	120394
57. (riding therap* or equine facilitated therap* or hippo therap* or horse riding therap* or horse back riding therap*).mp.	199
58. exp Dance Therapy/ or dance therap*.mp.	419
59. exp Music Therapy/ or music therap*.mp.	4356
60. exp Art Therapy/ or art therap*.mp.	2545
61. exp Optometry/ or optomed*.mp.	5459
62. exp Orthoptics/ or orthoptic*.mp.	2545
63. orthotic*.mp.	8455
64. orthopedic techn*.mp.	106
65. exp Podiatry/ or podiat*.mp.	4056
66. exp "Physical Education and Training"/ or physical education*.mp.	15835
67. mobility special*.mp.	21
68. Rehabilitation Nursing/ or rehabilitation nurs*.mp.	1996
69. (practical nurs* or practice nurs*).mp.	9827
70. (asthma nurs* or respiratory nurs*).mp.	253
71. (diabetes nurs* or diabetes specialist nurs*).mp.	508
72. (geriatric nurs* or gerontological nurs* or gerontology nurs*).mp.	14384
73. (sexual health therap* or sexual therap*).mp.	126
74. exp Sexology/	9855
75. Exp Nutritionists/ or nutritionist.mp.	2191
76. leisure activity.mp.	859
77. play therap*.mp.	1307
78. (drama therap* or psychodrama therap*).mp.	57
79. psychodram*.mp.	1182
80. creative art therap*.mp.	12
81. (expression skills or expressive art therap*).mp.	22
82. (youth counselor or youth leader).mp.	8
83. OR 37-82	1269686
84. extended realit*.mp.	17
85. exp Augmented Reality/ or augmented realit*.mp.	2028
86. exp Virtual Reality/ or virtual realit*.mp.	10663
87. exp Virtual Reality Exposure Therapy/	612
88. virtual rehab*.mp.	134
89. virtual environment.mp.	2274
90. exp User-Computer Interface/ or computer interface.mp.	40080
91. exp Computer Simulation/ or computer simulation.mp.	242089
92. exp Therapy, Computer-Assisted/	63783
93. exp Smart Glasses/	24
94. (head mounted display or HMD).mp.	1411
95. oculus rift.mp.	94
96. virtual reality headset.mp.	47
97. exp Wearable Electronic Devices/ or wearable devices.mp.	12970
98. wearable computing.mp.	88
99. immersive virtual environment.mp.	162
100. immersive virtual reality.mp.	529
101. intel realsense.mp.	8
102. mixed reality.mp.	318
103. motion detection.mp.	1389
104. motion sensor*.mp.	967
105. motion-controlled.mp.	64
106. reality system.mp.	453
107. simulation environment.mp.	617
108. telepresence.mp.	298

109. exp Telerehabilitation/ or telerehabilitation.mp.	944
110. digital rehabilitation.mp.	14
111. haptic*.mp.	5943
112. webcam technology.mp.	4
113. exp Video Games/	5354
114. (video gam* or videogam*).mp.	7447
115. game technology.mp.	36
116. gamification.mp.	554
117. computer game.mp.	614
118. serious game.mp.	368
119. exergam*.mp.	681
120. gamified.mp.	227
121. gaming console.mp.	26
122. interactive gaming.mp.	30
123. kinect*.mp.	1230
124. nintendo*.mp.	559
125. (play station* or playstation*).mp.	91
126. sony move*.mp.	1
127. wii*.mp.	1061
128. xbox*.mp.	190
129. avatar*.mp.	1281
130. OR 84-134	369062
131. 36 AND 83 AND 134	1003

Esimerkki satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten (RCT) hakustrategiasta Medline- tietokantaan.

1. Randomized Controlled trial.pt.	512982
2. Controlled clinical trial.pt.	93835
3. (Randomized or Randomised).ab.	589666
4. Placebo.ab.	210989
5. clinical trials as topic.sh.	192884
6. randomly.ab.	341045
7. trial.ti.	225101
8. 1 or 2 or 3 or 4 or 5 or 6 or 7	1313441
9. rehabilitee*.mp.	107
10. Therapist/ or therapist*.mp.	40208
11. exp Disabled Persons/ or disabled person.mp.	65661
12. Caregivers/ or caregiver*.mp.	79240
13. exp Rehabilitation/ or rehab*.mp.	534844
14. exp Exercise/ or exercise.mp.	410366
15. exp Exercise therapy/ or exercise therapy.mp.	52810
16. therapeutic exercise.mp.	1044
17. (Physical therap* or Physiotherap*).mp.	72093
18. exp Physical Therapy Modalities/ or physical therapy modalities.mp.	154163
19. physical rehabilitation.mp.	1993
20. exp Occupational Therapy/ or occupational therap*.mp.	20152
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 audiolog*.mp.	11587
26. exp Sign Language/	2191
27. exp Psychotherapy/ or psychotherap*.mp.	210235
28. Neuropsychotherap*.mp.	15
29. exp Neuropsychology/ or neuropsychol*.mp.	121929

30. (riding therap* or equine facilitated therap* or hippotherap* or horse riding therap* or horse back riding therap*).mp.	207
31. exp Dance Therapy/ or dance therap*.mp.	436
32. exp Music Therapy/ or music therap*.mp.	4436
33. exp Art Therapy/ or art therap*.mp.	2234
34. exp Optometry/ or optomet*.mp.	8042
35. exp Orthoptics/ or orthoptic*.mp.	2554
36. orthotic*.mp.	8522
37. orthopedic techn*.mp.	106
38. exp Podiatry/ or podiat*.mp.	4094
39. exp "Physical Education and Training"/ or physical education*.mp.	15973
40. mobility special*.mp.	21
41. Rehabilitation Nursing/ or rehabilitation nurs*.mp.	2009
42. (practical nurs* or practice nurs*).mp.	9957
43. (asthma nurs* or respiratory nurs*).mp.	257
44. (diabetes nurs* or diabetes specialist nurs*).mp.	514
45. (geriatric nurs* or gerontological nurs* or gerontology nurs*).mp.	14433
46. (sexual health therap* or sexual therap*).mp.	125
47. exp Sexology/	9902
48. Exp Nutritionists/ or nutritionist.mp.	2250
49. leisure activit*.mp.	11234
50. play therap*.mp.	1326
51. (drama therap* or psychodrama therap*).mp.	61
52. psychodram*.mp.	1189
53. creative art therap*.mp.	13
54. (expression skills or expressive art therap*).mp.	23
55. (youth counselor* or youth leader*).mp.	126
56. OR/9-55	1357316
57. exp Augmented Reality/ or augmented realit*.mp.	2197
58. exp Virtual Reality/ or virtual realit*.mp.	11191
59. exp Video Games/	5510
60. (video gam* or videogam*).mp.	7686
61. serious gam*.mp.	837
62. exergam*.mp.	724
63. kinect*.mp.	1253
64. nintendo*.mp.	565
65. (play station* or playstation*).mp.	92
66. wii*.mp.	1071
67. xbox*.mp.	195
68. avatar*.mp.	1326
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	1720

LIITE 2: Järjestelmällisten katsauksien AMSTAR- arviot

TUTKIMUS	KYSYMYKSET																Overall
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
Holtz ym. 2018	Y	N	Y	PY	N	Y	N	N	N	N	X	X	Y	N	X	Y	Low quality
Lopes ym. 2020	Y	N	Y	PY	N	N	N	PY	Y	N	X	X	Y	N	X	Y	Moderate quality
Pin ym. 2019	Y	N	Y	PY	N	N	N	Y	Y	N	X	X	Y	Y	X	Y	Moderate quality
Ren ym. 2019	Y	N	N	PY	N	Y	N	Y	Y	N	Y	N	Y	Y	Y	Y	Moderate quality
Warnier ym. 2019	N	N	Y	PY	Y	Y	N	PY	Y	N	Y	N	Y	Y	N	Y	Moderate quality
Wu ym. 2019	Y	N	N	PY	Y	Y	N	PY	PY	N	Y	N	N	Y	Y	Y	Low quality
Chen ym. 2018	Y	N	Y	N	N	N	Y	PY	PY	N	Y	Y	N	Y	Y	Y	Critically Low quality
Cooper ym. 2017	Y	N	N	PY	N	N	N	PY	Y	N	X	X	N	N	X	N	Low quality
Kumar ym. 2017	Y	N	Y	PY	Y	Y	N	N	PY	N	X	X	Y	Y	X	Y	Moderate quality
Cavalcante Neto ym. 2019	Y	PY	Y	PY	N	N	N	PY	Y	N	X	X	Y	Y	X	Y	Moderate quality
Mentiplay ym. 2019	Y	PY	Y	PY	Y	Y	N	Y	PY	N	X	X	Y	N	X	Y	Moderate quality
Page ym. 2017	N	N	N	PY	N	Y	N	N	N	N	X	X	N	Y	X	N	Critically Low quality

YES

Y

PARTIAL YES

PY

NO

N

NO META-ANALYSIS CONDUCTED

X

1. Did the research question and inclusion criteria for the review include the components of PICO?
2. Did the report of the review contain an explicit statement that the review methods were established prior to the conduct of the review and did the report justify any significant deviations from the protocol?
3. Did the review authors explain their selection of the study designs for inclusion in the review?
4. Did the review authors use a comprehensive literature search strategy?
5. Did the review authors perform study selection in duplicate?
6. Did the review authors perform data extraction in duplicate?
7. Did the review authors provide a list of excluded studies and justify the exclusions?
8. Did the review authors describe the included studies in adequate detail?
9. Did the review authors use a satisfactory technique for assessing the risk of bias (RoB) in individual studies that were included in the review?

10. Did the review authors report on the sources of funding for the studies included in the review?
11. If meta-analysis was performed did the review authors use appropriate methods for statistical combination of results?
12. If meta-analysis was performed, did the review authors assess the potential impact of RoB in individual studies on the results of the meta-analysis or other evidence synthesis?
13. Did the review authors account for RoB in individual studies when interpreting/ discussing the results of the review?
14. Did the review authors provide a satisfactory explanation for, and discussion of, any heterogeneity observed in the results of the review?
15. If they performed quantitative synthesis did the review authors carry out an adequate investigation of publication bias (small study bias) and discuss its likely impact on the results of the review?
16. Did the review authors report any potential sources of conflict of interest, including any funding they received for conducting the review?

LIITE 3: Meta-analyysiin sisältyvät alkuperäistutkimukset

Tutkimus	Osallistujat	Interventio	Kontrolli	Huomioidut tulosmuuttujat	Päätulokset	Haitat
Cavalcante Neto ym. 2020, Brasilia	n (interventio/kontrolli): 32 (16/16) Diagnoosi: DCD Ikä: interventio 8.43(±0.81) kontrolli 8.12(±0.80)	Nintendo Wii-pelejä, 2 krt/vko, 60 min/krt Kesto 8 vko	Task-specific matched training (TST), 2krt/vko, 60 min/krt Kesto 8 vko	MABC-2	Molempien ryhmien tulokset paranivat merkitsevästi sekä motoriikan että tasapainon osalta. Kontrolliryhmän tulokset parempia tasapainon osalta, interventioryhmän manuaalisissa taidoissa.	Ei raportoitu
Sahin ym. 2020, Turkki	n (interventio/kontrolli): 60 (30/30) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 10.5 (±3.62) kontrolli 10.06 (±3.24)	Microsoft Kinect, kaupalliset pelit, 2 krt/vko, 45 min/krt Kesto 8 vko	Perinteinen toimintaterapia 2krt/vko, 45 min/krt Kesto 8 vko	BOT-SF	Molempien ryhmien tulokset paranivat 8 viikon jakson aikana. Interventioryhmän tulokset paranivat merkitsevästi enemmän kuin kontrolliryhmän (p<0.001)	Ei raportoitu
Arnoni ym. 2019, Brasilia	n (interventio/kontrolli): 15 (7/8) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 10.0 (±3.36) kontrolli 9.39 (±2.79)	Tavanomainen fysioterapia + Microsoft Kinect, kaupalliset pelit 2 krt/vko, 45 min/krt Kesto 8 vko	Tavanomainen fysioterapia 2krt/vko, 50 min/krt Kesto 8 vko	GMFM, Dynaaminen tasapainotesti	Interventioryhmän tulokset paranivat merkittävästi motoriikan suhteen. Kontrolliryhmän tuloksissa ei muutoksia jakson aikana.	Raportoitu: ei haittoja
Pin & Butler 2019, Hong Kong	n (interventio/kontrolli): 18 (9/9) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 8.92 (±2.25) kontrolli 9.59 (±1.87)	Tavanomainen fysioterapia + TYMO (TYROMOTION) 4 krt/vko, 20 min/krt Kesto 6 vko	Tavanomainen fysioterapia tavanomainen aikataulu Kesto 6 vko	Pediatric Reach Test, GMFM	Molempien ryhmien tulokset paranivat merkitsevästi motoristen taitojen suhteen. Ryhmien välillä ei tilastollisesti merkitsevää eroa.	Raportoitu: ei haittoja
Vukićević ym. 2019, Serbia	n (interventio/kontrolli): 10 (5/5) Diagnoosi: ASD Ikä: interventio 10.6 (±1.52) kontrolli 10.0 (±1.22)	Tavanomainen fysioterapia + Microsoft Kinectille kehitetty kuntoutuspeli Fruits 1 krt/vko, 10-20 min/krt Kesto 5 vko	Tavanomainen fysioterapia tavanomainen aikataulu Kesto 5 vko	DASH-2	Interventioryhmän tulokset paranivat merkitsevästi enemmän motoristen taitojen suhteen verrattuna kontrolliryhmään. Positiivisia tuloksia myös keskittymisen ja tunteiden hallinnan suhteen.	Ei raportoitu
Hsieh 2018, Taiwan	n (interventio/kontrolli): 40 (20/20) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 7.33 (±1.31) kontrolli 7.41 (±1.54)	PC- pelejä, joita pelattiin kehon liikkeillä ohjattavan alustan avulla 5 krt/vko, 40 min/krt Kesto 12 viikkoa	Samat PC-pelit, ohjaus hiiren avulla 5 krt/vko, 40 min/krt Kesto 5 vko	FAB	Interventioryhmän tulokset paranivat kontrolliryhmää enemmän tasapainon suhteen.	Ei raportoitu
Bonney ym. 2017, Etelä-Afrikka	n (interventio/kontrolli): 43 (21/22) Diagnoosi: DCD Ikä:	Nintendo Wii-harjoittelua 1 krt/vko, 45 min/krt Kesto 14 viikkoa	Tehtävälähtöinen toiminnallinen harjoittelu 1 krt/vko, 45 min/krt	MABC-2, BOT-2	Molempien ryhmien tulokset paranivat merkitsevästi lihasvoiman ja motoriikan suhteen. Ryhmien välillä ei merkitseviä eroja.	Ei raportoitu

		interventio 14.3 (± 1.10) kontrolli 14.4 (± 1.05)		Kesto 14 viikkoa		
Sajan ym. 2017, Intia	n (interventio/kontrolli): 20 (10/10) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 10.6 (± 3.78) kontrolli 12.4 (± 4.93)	Tavanomainen kuntoutus + Nintendo Wii- harjoittelua 6 krt/vko, 45 min/krt Kesto 3 viikkoa	Tavanomainen kuntoutus Tavanomainen aikataulu Kesto 3 viikkoa	PBS	Interventioryhmän tulokset paranivat yläraajan toiminnan suhteen enemmän kuin kontrolliryhmän. Sen sijaan tasapainon suhteen tuloksissa ei ollut merkitsevää eroa.	Raportoitu: ei haittoja
Atasavun Uysal & Baltaci 2016, Turkki	n (interventio/kontrolli): 24 (12/12) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 9.13 (± 2.57) kontrolli 10.11 (± 2.62)	Tavanomainen fysioterapia + Nintendo Wii- harjoittelua 2 krt/vko, 30 min/krt Kesto 12 viikkoa	Tavanomainen fysioterapia 2 krt/vko, 45 min/krt Kesto 12 viikkoa	PBS	Sekä interventio- että kontrolliryhmän tulokset paranivat päivittäistoimintojen ja tasapainon suhteen. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä tasapainon suhteen.	Ei raportoitu
Cho ym. 2016, Etelä- Korea	n (interventio/kontrolli): 18 (9/9) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 10.2 (± 3.4) kontrolli 9.4 (± 3.8)	Juoksumattoharjoitt elu + Nintendo Wii 3 krt/vko, 30 min/krt Kesto 8 viikkoa	Juoksumattoharjoit telu 3 krt/vko, 30 min/krt Kesto 8 viikkoa	GMFM, PBS	Kävely ja tasapaino kehittyivät enemmän interventio- kuin kontrolliryhmällä.	Ei raportoitu
Tarakci 2016, Turkki	n (interventio/kontrolli): 30 (15/15) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 10.46 (± 2.69) kontrolli 10.53 (± 2.79)	Nintendo Wii tasapainoharjoittelu 2 krt/vko, 20 min/krt Kesto 12 viikkoa	Tavanomainen tasapainoharjoittel u 2 krt/vko, 20 min/krt Kesto 12 viikkoa	TUG	Tasapaino ja päivittäiset toiminnot paranivat molemmissa ryhmissä merkitsevästi. Tasapaino parani interventioryhmässä kontrolliryhmää enemmän.	Ei raportoitu
Hammond ym. 2014, UK	n (interventio/kontrolli): 18 (10/8) Diagnoosi: DCD Ikä: interventio 8.53 (± 1.15) kontrolli 9.53 (± 1.42)	Nintendo Wii harjoittelu 3 krt/vko, 10 min/krt Kesto 4 viikkoa	Jump Ahead- ohjelma 1 krt/vko, 60 min/krt Kesto 4 viikkoa	BOT-2	Motoriset taidot ja emotionaalinen hyvin vointi paranivat molemmissa ryhmissä. Ryhmien välillä ei merkitsevää eroa.	Ei raportoitu
Salem ym. 2012, USA	n (interventio/kontrolli): 40 (20/20) Diagnoosi: DD Ikä: interventio 4.11 (± 0.47) kontrolli 4.0 (± 0.48)	Nintendo Wii harjoittelu 2 krt/vko, 30 min/krt Kesto 10 viikkoa	Tavanomainen harjoittelu 2 krt/vko, 30 min/krt Kesto 10 viikkoa	GMFM, TUG	VR-ryhmän tulokset paranivat kontrolliryhmää enemmän yhdellä jalalla seisomisen ja puristusvoiman suhteen. Vaikka muut tulokset eivät olleen merkitseviä, olivat VR-ryhmän tulokset parempia kuin verrokkien.	Raportoitu: ei haittoja
Sharan ym. 2012, Intia	n (interventio/kontrolli): 16 (8/8) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 8.88 (± 3.23) kontrolli 10.38 (± 4.41)	Tavanomainen kuntoutus + Nintendo Wii harjoittelu 3 krt/vko, NA min/krt Kesto 3 viikkoa	Tavanomainen kuntoutus NA Kesto 3 viikkoa	PBS	Tasapaino ja manuaaliset taidot paranivat molemmissa ryhmissä. Tasapainon suhteen interventioryhmän tulokset paranivat enemmän kuin	Ei raportoitu

kontrolliryhmän.

CP: Cerebral Palsy; DCD: Developmental Coordination Disorder; ASD: Autism Spectrum Disorder; GMFM: Gross Motor Function Measure; PBS: Pediatric Balance Scale; FMS: Functional Mobility Scale; GMFCS: Gross Motor Function Classification System; TUG: Timed Ups and Go; BOT: Bruininks–Oseretsky Test of Motor Proficiency; FAB: Fullerton Advanced Balance Scale; DASH: Developmental Assessment for Individuals with Severe Disabilities; MABC: Movement ABC.

LIITE 4: Meta-analyysistä pois jääneet tutkimukset

Tutkimus	Osallistujat	Interventio	Kontrolli	Tulosmuuttajat	Päätulokset	Haitat
Decavele ym. 2020, Belgia	n (interventio/kontrolli): 32 (18/14) Diagnoosi: CP Ikä: 10,00 (±2,56)	OpenFeasyo-ohjelma, terapeuttiset pelit, 2 krt/vko, 45 min/krt Kesto 12 vko	Perinteinen fysioterapia, 2krt/vko, 45 min/krt Kesto 12 vko	GMFM, PBS	Interventoryhmän tulokset paranivat kontrolliryhmään verrattuna enemmän sekä tasapainon että karkeamotoriikan suhteen.	Ei raportoitu
Gatica-Rojas ym. 2020, Chile	n (interventio/kontrolli): 32 (16/16) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 10,2 (±3,1) kontrolli 11,2 (±3,6)	Nintendo Wii-harjoittelu, 3 krt/vko, 40 min/krt Kesto 6 vko	Tavanomainen aktiivinen harjoittelu 3krt/vko, 40 min/krt Kesto 6 vko	Dynaaminen tasapainotesti voimalevyllä	Interventoryhmän tulokset paranivat enemmän kuin kontrolliryhmän. Tutkijat huomioivat, että cp-vamman tyyppi vaikutti tuloksiin ja spastista hemiplegiaa sairastavat hyötyivät harjoittelusta enemmän.	Raportoitu: ei haittoja
Hsu 2016, Taiwan	n (interventio/kontrolli): 16 (8/8) Diagnoosi: Älylliset kehitysvammat Ikä: interventio 17,5 (±0,7) kontrolli 17,4 (±0,5)	Nintendo Wii tasapaino-harjoittelu, 2 krt/vko, 40 min/krt Kesto 8 vko	Liikuntakasvatus (PE), N/A Kesto 8 vko	TUG, Dynaaminen tasapainotesti voimalevyllä	Molempien ryhmien tulokset paranivat merkittävästi interventiojakson aikana, interventoryhmän hieman enemmän.	Ei raportoitu
Ökmen ym. 2020, Turkki	n (interventio/kontrolli): 41 (21/20) Diagnoosi: CP Ikä: interventio 8,8 (±2,5) kontrolli 8,2 (±1,8)	Perinteinen kuntoutus + VR-harjoittelu (Sony Playstation), 3 krt/vko, 60 min/krt Kesto 4 vko	Perinteinen kuntoutus, N/A Kesto 4 vko	GMFCS, FMS	Interventoryhmän tulokset paranivat enemmän kaikkien tulosmuuttajien suhteen kuin kontrolliryhmän. VR- harjoittelu tavanomaisen kuntoutuksen lisänä saattaa olla tehokas hoitomuoto.	Ei raportoitu

CP: cerebral palsy; GMFM: Gross Motor Function Measure; PBS: Pediatric Balance Scale; FMS: Functional Mobility Scale; GMFCS: Gross Motor Function Classification System; TUG: Timed Ups and Go.