

**Teemu Metsäranta**

**Virtuaalitodellisuuden käyttö fyysisessä kuntoutuksessa:  
Systemaattinen kirjallisuuskartoitus**

Tietotekniikan pro gradu -tutkielma

8. toukokuuta 2020

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

**Tekijä:** Teemu Metsäranta

**Yhteystiedot:** teanmets@student.jyu.fi

**Ohjaaja:** Antti-Jussi Lakanen

**Työn nimi:** Virtuaaliodellisuuden käyttö fyysisessä kuntoutuksessa: Systemaattinen kirjallisuuskartoitus

**Title in English:** Use of Virtual Reality in Physical Rehabilitation: A Systematic Mapping Study

**Työ:** Pro gradu -tutkielma

**Opintosuunta:** Pelit ja pelillisuus

**Sivumäärä:** 64+5

**Tiivistelmä:** Virtuaalilaitteet ja virtuaaliodellisuus ovat tänä päivänä kuluttajien ja muiden erilaisten toimialojen saatavilla, sekä aiheesta tehtyä tutkimusta löytyy tällä hetkellä runsaasti. Virtuaaliodellisuus mahdollistaa interaktion erilaisissa virtuaalisissa ympäristöissä, mikä herättelee herättelee pohtimaan sitä, minkälaista kuntoutukseen liittyvää tutkimusta on tehty. Voidaanko kuntoutus näissä ympäristöissä suunnitella niin, että erilaiset kuntoutukselliset voidaan kokea miellyttävimpinä, selkeämpinä, sekä pystytäänkö niiden seuranta parantamaan virtuaalitekniologioiden avulla?

Tässä pro gradu- tutkielmassa toteutettiin systemaattinen kirjallisuuskartoitus, jonka tarkoituksena oli kartoittaa satunnaisia vertailukokeita, joissa tutkitaan virtuaalitekniologian käyttöä kuntouttavassa hoidossa.

Pyrittiin selvittämään kirjallisuuskartoituksen ydinaineiston perusteella mitä tutkimuksissa on saatu tulokseksi, miten virtuaalitekniologiaa on tutkimuksissa hyödynnetty, sekä tarkastella sitä, minkälainen vaikutus virtuaalitekniologialla on ollut tämän tyyppisissä vertailukokeissa. Kartoituksessa pyrittiin myös pohtimaan kerättyä aineistoa sekä niiden tuloksia, ja myös kartoittamaan kokonaiskuvaa virtuaaliodellisuuden ja virtuaaliodellisuuslaitteisiin liittyvästä tutkimuksesta.

Virtuaalitodellisuuden määritelmä käsitellään kuntoutustutkimuksissa hyvin laajana, mutta iso osa hyödynnetyistä teknologioista vaikutti kuntoutukseen positiivisesti. Yleensä parantaa kuntoutuksen motivaatiota tai joissain tapauksissa jopa parempina kuntoutustuloksina. Monessa tutkimuksessa kuitenkin otoskoot olivat pieniä, ja osassa muutoksia perinteisiin menetelmiin ei havaittu.

**Avainsanat:** Pro gradu -tutkielmat, virtuaalitodellisuus, vr, vr teknologia, kuntoutus

**Abstract:** Virtual Devices and Virtual Reality are these days available for consumers and other industries, and there are currently plenty of research on the subject. Virtual reality enables interaction in different virtual environments, which makes you think about what kind of rehabilitation research has been done on the subject. Can rehabilitation in these environments be designed so that the physical rehabilitation is more enjoyable and clearer. Also can the monitoring be improved for those using virtual technologies?

In this thesis a systematic mapping study was implemented, which aimed to map studies that use randomized controlled studies to research virtual reality for rehabilitation and well-being.

The purpose was to find out what the results of the studies were, how virtual technology is researched, and to look into the impact of virtual technology in these studies. The obtained data and result was studied and according to that, the overall picture mapped on the effects of virtual reality and virtual reality devices.

The definition of virtual reality is treated very broadly in rehabilitation studies, but a large proportion of the technologies utilized had a positive effect on rehabilitation. Usually improving rehabilitation motivation or in some cases resulting even in better rehabilitation outcomes. However, in many studies, sample sizes were small, and in some, no changes to traditional methods were observed.

**Keywords:** Master's Theses, virtual reality, vr, vr technology, rehabilitation

## **Kuviot**

Kuvio 1. Milgramin todellisuus-virtuaalisuus jatkuvuus .....	5
Kuvio 2. Systemaattisen kirjallisuuskartoituksen prosessikuvaus .....	11
Kuvio 3. Systemaattisen kirjallisuuskartoituksen hakuprosessi .....	14
Kuvio 4. Käytetyt teknologiat .....	18
Kuvio 5. Koeryhmien ikäjakauma .....	19
Kuvio 6. Fyysisen kuntoutuksen kohde .....	20
Kuvio 7. Artikkeleissa korostetut tulosten tyypit .....	21
Kuvio 8. Esiin nostetut vaikutustyypit.....	22

## Sisältö

1	JOHDANTO .....	1
2	VIRTUAALITODELLISUUS .....	3
2.1	Virtuaalitodellisuuden määritelmä ja käsitteitä .....	3
2.2	Mikä on virtuaalitodellisuus? .....	6
2.3	Virtuaalitodellisuus ja fyysinen kuntoutus .....	8
3	PROTOKOLLA JA TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	10
3.1	Systemaattinen kirjallisuuskartoitus .....	10
3.2	Tausta ja tutkimuskysymykset .....	11
3.3	Tietolähteet ja hakutermit .....	12
3.4	Valintakriteerit .....	12
3.5	Aineiston hallinta ja luokittelu .....	13
3.6	Pilotointi .....	14
3.7	Tutkimuksen toteutus .....	14
4	TULOKSET JA ANALYYSI.....	17
4.1	Asetelma, teknologiat ja kuntoutustyypit .....	18
4.2	Vaikutukset ja tulokset .....	21
5	POHDINTA .....	28
	LÄHTEET .....	30
	HYVÄKSYTYT ARTIKKELIT .....	32
	HYLÄTYT ARTIKKELIT .....	39
	LIITTEET.....	60
	A Pilotointi .....	60

# 1 Johdanto

Kiinnostus uusien tekniikoiden, kuten virtuaalitodellisuuden, käytöstä on lisääntynyt erilaisissa kuntoutuksissa (Karasu, Batur ja Karatas 2018). Virtuaalitodellisuuden on todettu olevan innovatiivinen lähestymistapa potilaiden motivointiin harjoitusten aikana ja sen tehokkuudesta yläraajojen toiminnan uudelleen koulutuksessa on lupaavia todisteita (Bergmann ym. 2018). Virtuaalitodellisuus on teknologia joka usein mielletään 3D -tietokonegraafikan luonnolliseksi jatkeeksi ja joka sisältää sille ominaisia kehittyneitä laitteita (Jayaram, Conacher ja Lyons 1997). Tämä teknologia on kehittynyt sen verran, että sille on olemassa uskottavia ja kehittyneitä tekniikan sovelluksia ja jonka tarkastelu vaikutti ajankohtaiselle sekä kiinnostavalle. Tämän tutkielman tarkoituksena on tarkastella miten virtuaalitodellisuusteknologioita on käytetty ja mitä niiden tuloksiksi on saatu kuntoutustutkimuksissa. Kuntoutustapojen edistäminen on tärkeää, sillä erilaiset teknologioiden toivotaan parantavan kuntoutukseen liittyviä haasteita, kuten potilaiden kuntoutustuloksia, osallistumishalukkuutta, sekä vähentää niihin liittyviä kustannuksia (Micarelli ym. 2017). Tutkielmassa tarkastellaan löytyneitä satunnaistettuja vertailukokeita virtuaalitodellisuusteknologioiden käytöstä kuntoutustutkimuksissa, sekä pyrittiin vastaamaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Kuinka paljon virtuaalitodellisuudesta ja/tai virtuaalilaitteista on tehty satunnaistettuja vertailukokeita?
- Minkälaisia teknologioita ja menetelmiä niissä on mahdollisesti käytetty?
- Onko virtuaalitodellisuusteknologioilla ollut vaikutusta tutkimustuloksiin ja minkälaisiin lopputuloksiin on päädytty?

Tutkielma koostuu johdannosta sekä neljästä luvusta. Luvussa 2 tarkastellaan virtuaalitodellisuutta käsitteenä ja minkälaisia teknologioita mielletään virtuaalitodellisuudeksi, sekä mitä muuta käsitteistöä siihen läheisesti liittyy. Luvussa 3 käydään läpi tutkielman protokolla ja tapa millä se on toteutettu. Se sisältää taustat, tutkimuskysymykset, käytetyt hakutermit sekä tietolähteet, miten kirjallisuuskartoitus on toteutettu ja miten aineisto on ylläpidetty. Luvussa 4 esitellään kartoituksen tulokset ja analysoidaan ydinaineiston artikkeleja, niiden tuloksia ja havaintoja. Tämä luku sisältää myös tuloksiin liittyviä kuvioita ja kaavioita. Luku 5 sisäl-

tää saatujen tulosten pohdintaa, sekä yhteenvedon siitä, mitä artikkeleista ja niiden tuloksista voidaan päätellä, mitä rajoitteita tässä tutkielmassa oli ja miten tutkimusta aiheeseen voitaisiin jatkaa.

## 2 Virtuaalitodellisuus

Tässä luvussa käydään läpi virtuaalitodellisuuteen, teknologiaan ja termistöön liittyviä virtuaalitodellisuuden käsitteitä ja konsepteja, sekä avataan yleisesti virtuaalitodellisuuteen ja virtuaalilaitteisiin liittyviä kysymyksiä. Koska virtuaalitodellisuuteen liittyy paljon erilaisia käsitteitä, tässä käydään läpi tieteellisissä artikkeleissa ja kirjoissa esitettyjä määritelmiä käsitteen avaamiseen. Tässä luvussa tarkastellaan myös virtuaalitodellisuuden roolia fyysisessä kuntoutuksessa ja miksi sitä kannattaa tutkia.

### 2.1 Virtuaalitodellisuuden määritelmä ja käsitteitä

Sherman ja Craig (2019, 5) esittävät että "ihmiskunnan historiaa leimaa median edistymisen ideoiden välittämisessä ja kokemisessa ja yksi viimeisimpiä askelia tässä edistymisessä on virtuaalitodellisuus". Viime vuosina kiinnostus uusien tekniikoiden käyttöön on lisääntynyt, kuten virtuaalitodellisuuden käyttö esimerkiksi erilaisten aivohalvausten kuntoutuksessa (Karasu, Batur ja Karatas 2018). Virtuaalitodellisuuden vaikutuksista aivohalvauksen kuntoa koskevissa tutkimuksissa on saatu positiivisia tuloksia, mutta niiden metodologiset näkökohdat ovat rajalliset (C.W. Yin ym. 2014). Sitä mukaa kun virtuaalitodellisuus kehittyy, erilaisilla ihmisillä ja ihmisryhmillä on erilaisia mielikuvia ja näkemyksiä siitä, mitä virtuaalitodellisuus pitää sisällään. Mutta mitä tarkoitetaan termillä virtuaalitodellisuus, mitä käsitteitä siihen sisältyy ja mikä on sen rooli fyysisessä kuntoutuksessa?

Jotta virtuaalitodellisuus tuntuu autenttiselta, sen täytyy reagoida käyttäjän toimiin (Sherman ja Craig 2019). Tämän perusteella voidaan päätellä, että tärkeä komponentti virtuaalitodellisuuden määritelmässä on interaktiivisuus. Kyky vaikuttaa tietokonepohjaiseen maailmaan kuvailee yhtä interaktiivisuuden muotoa. Toinen interaktiivisuuden muoto on kyky muuttaa havaintonäkymää maailman sisällä (Sherman ja Craig 2019). Virtuaalitodellisuus on yleisimmin assosioitu käyttäjän kykynä liikkua fyysisesti virtuaalimaailmassa ja vaihtamalla siellä perspektiiviä esimerkiksi pään liikkeillä.

"Monet assosioivat virtuaalitodellisuuden pelkästään niin, että siihen käytetään vain päässä pidettäviä laitteita tai laseja. Vaikka näitä metodeja voidaan käyttää,



ne eivät ole ainoa tapa kokea virtuaalitodellisuutta (Sherman ja Craig 2019, 16)."

Virtuaalitodellisuuskokemukset vaativat jonkin teknologisen alustan sen tueksi. On olemassa paljon erilaisia tapoja, miten näitä kokemuksia voidaan toteuttaa:

- **Päähän perustuvat:** HMD (Head Mounted Display) on päähine tai esimerkiksi lasit, joiden kautta käyttäjälle näytetään kuvaa näyttöruudun tai näyttöruutuparien avulla. Liikesensorit kertovat tietokonejärjestelmälle minne käyttäjä katsoo (tai ainakin missä hänen silmänsä ovat). Järjestelmä näyttää videokuvaa tämän tiedon perusteella, mikä mahdollistaa virtuaalimaailmaan "katsomisen" käyttäjän näkökulmasta.
- **Kiinteä:** Kiinteissä järjestelmissä käyttäjä ei pidä yllään tai liikuta virtuaalitodellisuusjärjestelmää, vaan käyttäjät menevät siihen tilaan johon järjestelmä on asetettu. Yleensä tämän tyylliset järjestelmät sisältävät projektoreita tai suuria näyttöjä jotka tarjoavat kokemuksen visuaalisen informaation.
- **Käsiin perustuva:** Käyttäjät pitelevät jonkinlaista laitteistoa käsissään, kuten ohjain tai älypuhelin.

Tämä laitteiden tai lasien vaatimusten joukko ei ole standardi, vaan tutkijat saattavat nimitää VR:ksi varsin monenlaisia teknologioita. Burdea ja Coiffet (2003, 3) kirjan määritelmän mukaan virtuaalitodellisuus on simulaatio, jossa tietokonegrafiikkaa hyödyntämällä luodaan realistisia maailmoja. Maailma ei ole staattinen, vaan reagoi käyttäjän liikkeisiin ja syötteisiin. Tämänkin määritelmän mukaan virtuaalitodellisuuden määritelmän avaintekijä on reaaliaikainen interaktiivisuus.

Virtuaalitodellisuuden historiasta löytyy määritelmä (Bryson 1996), joka jaottelee virtuaalitodellisuuden komponentit seuraavasti:

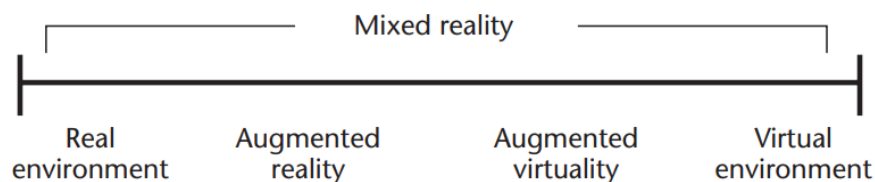
- Pään seuranta, yleensä stereoskooppinen näyttö, joka edustaa virtuaalimaailmaa ja tarjoaa käyttäjälle näkymän hänen nykyisestä sijainnista, mukaan lukien tarvittavat visuaaliset vihjeet jotta virtuaalimaailma koetaan johdonmukaisesti käyttäjän liikkuesssa.
- Suorituskykyinen tietokonegrafiikkajärjestelmä, joka tuottaa ja käsittelee virtuaalimaailman
- Kolmiulotteiset syöttölaitteet, joiden avulla käyttäjä liikkuu järjestelmässä kolmessa ulottuvuudessa.

Jayaram, Connacher ja Lyons (1997) mukaan virtuaalitodellisuus voidaan määritellä synteettiseksi tai virtuaaliseksi ympäristöksi, jotka antavat vaikutelman ympäröivästä ympäristöstä tai todellisuudesta. Tähän määritelmään sisältyvät ympäristöt jotka antavat käyttäjälle tunteen "siellä olemisesta". Virtuaalitodellisuudet ovat yleensä tietokoneella luotuja ympäristöjä.

Virtuaalitodellisuus määritelläänkin siis interaktiivisena, yleensä tietokoneella luotuna ympäristönä, joka voidaan kokea tai tarkastella erilaisten teknologisten laitteen tai alustan avulla. Nämä määritelmät ovat melko laajoja ja väljiä, sekä osa määritelmistä ovat melko vanhoja, mikä tarkoittaa että varsinkin tässä tutkielmassa tarkasteltujen lääketieteellisten artikkelien virtuaalitodellisuuden määritelmillä ei ole yhtä yleisesti hyväksyttyä tarkkaa määritelmää.

### **Augmented Reality (AR)**

AR-järjestelmä täydentää todellista maailmaa virtuaalisella (tietokoneella luoduilla) esineillä, jotka näyttävät virtuaalisen ympäristön rinnakkain samassa tilassa todellisen maailman kanssa (Azuma ym. 2001). Sekä laajennetussa virtuaalisuudessa (augmented virtuality), että virtuaaliympäristöissä (virtual environment) todelliset objektit asetetaan virtuaaliseen maailmaan. Ympäröivä ympäristö on näissä virtuaalinen, kun taas AR:ssä ympäröivä ympäristö on todellinen (kuvio 1).



Kuvio 1. Milgramin todellisuus-virtuaalisuus jatkuvuus. (Azuma ym. 2001)

Jotkin VR järjestelmät on suunniteltu yhdistämään virtuaaliset ympäristöt fyysisen maailman kanssa. Lisätyssä todellisuudessa virtuaalisia esineitä ja asioita voidaan esittää osaksi fyysisistä tilaa. Tällainen virtuaalinen kuvaus mahdollistaa sellaisen informaation antamisen jota ei pystytä pelkästään ihmisaisteilla havaitsemaan (Sherman ja Craig 2019, 22)". Lisätyssä todellisuudessa teknologia mahdollistaa siis informaation näyttämisen käyttäjälle, joka on havaittavissa osana fyysisistä maailmaa tai osana/lisänä sitä.

- **Lisätty todellisuus:** Väline, jolla reaaliaikainen interaktiivinen digitaalinen informaatio asetellaan fyysiseen maailmaan, joka on ajallisesti ja tilallisesti havaittavissa fyysisessä maailmassa (Sherman ja Craig 2019, 23)

"Telepresenssi (Telepresence) hyödyntää hyvin samankaltaisia teknologioita kuten VR:ssä on käytetty. Sen muuntimena toimivat esimerkiksi videokamerat ja mikrofonit, jotka toimivat jonkin osallistujan korvikkeena. Osallistujan on mahdollista nähdä, kuulla ja havaita muita henkilöitä näiden teknologioiden avulla. Osallistuja voi myös interaktoida etäjärjestelmän kanssa järjestelmän omassa päässä (Sherman ja Craig 2019, 24)". Telepresenssi eroaa virtuaalitodellisuudesta edustamalla fyysistä maailmaa, eikä maailmaa joka on kokonaan tietokoneella luotu.

- **Telepresenssi:** kyky interaktoida suoraan tai tietokoneen välityksellä fyysisesti todellisen etäympäristön kanssa, ilman käyttäjän käskyjen suorittamiseen etäpaikassa käytettävän laitteen sijaintia tai kokoa koskevia rajoituksia (Sherman ja Craig 2019, 25).

"Erilaiset teknologiat mahdollistavat kyvyn kommunikoida muiden ihmisten kanssa ikään kuin he olisivat samassa tilassa. Tämän seurauksena on syntynyt virtuaalinen tila: kyberavaruus (Sherman ja Craig 2019, 21)". VR-teknologioita voidaan käyttää kyberavaruudessa, mutta se ei ole välttämätöntä, sillä tekstillä, äänellä tai videolla on mahdollista luoda kyberavaruus (sosiaaliset mediat, keskustelupalstat/foorumit, verkkopelit jne.)

- **Kyberavaruus:** Sijainti, joka on olemassa osallistujien mielessä tekniikan tuloksena, ja joka mahdollistaa maantieteellisesti kaukana olevien ihmisten välisen vuorovaikutuksen (Sherman ja Craig 2019).

## 2.2 Mikä on virtuaalitodellisuus?

Sherman ja Craig (2019) mukaan virtuaalitodellisuuden havainnointi tapahtuu osallistujien mielessä. Tästä johtuen jokainen VR-kokemus on jokaiselle osallistujalle omanlaisensa ja henkilökohtainen. Jokainen osallistuja tuo kokemukseen mukaan omat kykynsä, tulkintansa, taustansa, historiansa ja kokemuksensa virtuaalitodellisuuteen omalla tavallaan. Toinen avainelementti Sherman ja Craig (2019) mukaan on henkilö tai tiimi joka suunnittelee ja

implementoi sovelluksen ja järjestelmän osallistujien koettavaksi. Virtuaalitodellisuuden kehittäjillä on iso vaikutus siihen, miten käyttäjä virtuaalitodellisuuden kokee. Virtuaalimaailmaan sisältyy varsinainen virtuaalitodellisuuden sisältö. Se voi olla olemassa kokonaan kehittäjän mielessä tai se voidaan välittää sellaisella tavalla, että muut ihmiset pystyvät myös kokemaan sen (Sherman ja Craig 2019). Virtuaalimaailma voi siis olla olemassa vaikka sitä ei näytettäisi virtuaalitodellisuusjärjestelmän kautta.

"Virtuaalitodellisuusteknologian kehittyessä eri ihmisillä ja ryhmillä on erilainen käsitys sekä näkemys siitä, mitä virtuaalitodellisuus käsitteenä pitää sisällään (Sherman ja Craig 2019)".

- **Virtuaalitodellisuus:** "Viestin, joka koostuu interaktiivisista tietokonesimulaatioista, jotka aistivat käyttäjän tilan sekä toimet, ja korvaavat tai laajentavat yhden tai useamman aistin palautetta, antaen immersion tai olemuksen tunteen simulaatiossa (virtuaalilympäristössä) olemisesta."

"Tämä määritelmä on tarpeeksi tarkka, jotta monet harhaanjohtavat termit voidaan sivuuttaa, sekä tarpeeksi laaja, jotta se sisältää suuren määrän erilaisia laitteita ja teknologioita joita tässä mediassa käytetään (Sherman ja Craig 2019, 16)". Määritelmä mukaan virtuaalitodellisuus perustuu vahvasti käyttäjän kokemukseen ja aistimukseen tilasta ja ympäristöstä.

"Virtuaalitodellisuus (VR) on joko todellisen tai metaforisen järjestelmän tietokonesimulaatio, jonka avulla käyttäjä voi suorittaa toimintoja simuloidussa järjestelmässä ja nähdä vaikutukset reaaliajassa (Wang 2002)".

"Virtuaalitodellisuus on käyttöliittymämalli, joka käyttää tietokoneita sekä ihmisen ja tietokoneen välistä rajapintaa luomaan kolmiulotteisen maailman vaikutelman, jossa käyttäjä on suorassa vuorovaikutuksessa virtuaalisten esineiden kanssa (Bryson 1996)".

Avain virtuaalitodellisuuden määrittelyyn inhimillisen kokemuksen näkökulmasta teknologisten laitteiden sijaan on Steuer (1992) mukaan läsnäolon konsepti. Hänen mukaansa läsnäolo voidaan ajatella henkilön fyysisenä ympäristön havainnointina, missä ei välttämättä ajatella oikeaa ympäröivää fyysistä maailmaa, vaan mielen sisäisten prosessien kontrolloimaa ja havainnoimaa ympäristöä.

Kuten tässä luvussa on havaittu, virtuaalitodellisuuden määritelmälle on paljon erilaisia näkökulmia ja koska virtuaalitodellisuus on terminä laaja, abstraktianalyysissä läpipäässeistä artikkeleissa hyväksytään analyysivaiheessa myös esimerkiksi enemmän AR-tyyppiset (Augmented Reality, lisätty todellisuus) teknologiat.

Muutamia artikkeleita päätyi varsinaisessa kartoituksessa hylätyiksi epämääräisen virtuaalitodellisuuden määritelmän, syyn tai maininnan puutteen vuoksi. Esimerkkinä Freiburger ym. (2012) artikkeli tuli hakutuloksissa vastaan, mutta varsinaisessa artikkelissa ei ollut mainintaa virtuaalitodellisuuden käytöstä. Joidenkin artikkelien virtuaalitodellisuuden määritelmät olivat aikaisemmissa kappaleissa käytyjen määritelmien rajamailla, ja niiden sisällyttäminen katsottiin artikkelikohtaisesti miten virtuaalitodellisuus oli niissä käsitetty ja minkälaista teknologiaa hyödynnetty. Yksi tällaisista esimerkeistä on Szturm ym. (2011) artikkeli, joka jätettiin pois, koska siinä käytettiin vain yhden akselin tasapainopeliä joko vaaka- tai pystysuunnassa. Näytelaitteina tässä toimi tietokoneen näyttöruutu tai "ruutukuvakaappaukset kolmesta pelistä"(Szturm ym. 2011), mikä täyttää kyllä interaktiivisuuden määritelmän, mutta ei oikeastaan korvaa tai laajenna mitään käyttäjän aistimusta. Toisena esimerkkinä oli Rendon ym. (2012) artikkeli, jossa oli hyödynnetty Wii Fit -tasapainolautaa, kuten osassa hyväksytyissä artikkeleissa, mutta virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä ei oltu perusteltu tai käsitettä juurikaan avattu miksi virtuaalitodellisuutta on tässä artikkelissa käytetty. Artikkelissa virtuaalitodellisuudesta mainittiin lähinnä, että virtuaalitodellisuus pelaaminen on nouseva tekniikka, jota käytetään ikääntyvän väestön hoitomenetelmissä.

### **2.3 Virtuaalitodellisuus ja fyysinen kuntoutus**

Fyysinen kuntoutus valittiin tarkasteltavaksi kohteeksi siksi, koska teknologia on suhteellisen uusi ja sille löytyy tutkimuksia sekä tuloksia. J.H. Kim ym. (2016) esittää että "VR:llä on kyky simuloida virtuaalista kuntoutusta, jossa harjoituksen voimakkuutta ja aistinvaraisista palautetta voidaan systemaattisesti manipuloida ekologisen ja potilaskohtaisen motorisen uudelleen koulutuksen aikaansaamiseksi". Perinteiset kuntoutusohjelmat ovat olleet olemassa vuosikymmenien ajan, mutta tavanomaiset kuntoutustekniikat perustuvat toistoihin, jotka potilaat voivat kokea päämäärättöminä ja tylsinä, mikä vähentää motivaatiota (Malik ja Masood 2017). Esimerkiksi lapset eivät usein miellä tällaista terapiaa motivoivaksi (El-Shamy

2018). Tämän seurauksena he eivät välttämättä saa kuntoutusta jonka kesto ja intensiteetti ovat riittävät, mikä saattaa johtaa terapeuttisten vaikutusten vähentymiseen (El-Shamy 2018). "Ottaen huomioon potilaiden huonon suostuvaisuuden aikaa vievissä ja toistuvissa kuntoutuksissa, parempia ja kustannustehokkaampia virtuaalitodellisuuspohjaisia hoitoja harkittiin potentiaalisena vaihtoehtona (Micarelli ym. 2017)". Virtuaalitodellisuudella on se etu, että se tarjoaa rikasta aistinvaraista palautteita harjoituksiin (W.-C. Yang ym. 2016) ja se antaa terapeuteille mahdollisuuden luoda tarkasti hallittavan ympäristön, mikä mahdollistaa tehtävän helpon ja oikeanlaisen muokkaamisen, jotta haaste saadaan jokaiselle osallistujalle sopivaksi (Ma ym. 2011).

Vaikka virtuaalitodellisuuden tehoa aivohalvauksen kuntoa koskevissa tutkimuksissa on saatu positiivisia tuloksia ja niihin liittyvien hyötyjen on raportoitu olevan kohtalaista tai jopa suuria, iso osa tutkimuksista on pieniä tapausserieja ja niissä ei ole kontrolliryhmää (C.W. Yin ym. 2014). Siksi tutkielmassa tarkastellaan myös virtuaalitodellisuuskoulutuksen hyötyjä ja tapoja joilla ne on suoritettu, jotta nähdään minkälainen vaikutus kuntoutuksilla on ollut, miten ne on suoritettu, mihin vaivaan ne on kohdistettu ja mitä muita havaintoja on mahdollisesti saatu. McEwen ym. (2014) mukaan "Harjoittelu virtuaalitodellisuuden avulla on parantanut tasapainoa traumaattisia aivovaurioita saaneilla aikuisilla ja vanhemmilla aikuisilla". Tarkkoja satunnaistettuja tutkimuksia kuntoutuksen tehokkuudesta, turvallisuudesta ja sovellettavuudesta kuitenkin puuttuu (McEwen ym. 2014). Tutkijat ovat siis esittäneet että tutkimusta tarvitaan lisää ja tämä tutkielma pyrki tuomaan esiin mitä virtuaalitodellisuuden kuntoutuksessa on tutkittu, mitä mahdollisia puutteita niissä on ollut, sekä vetämään näitä havaintoja yhteen.

## 3 Protokolla ja tutkimuksen toteutus

### 3.1 Systemaattinen kirjallisuuskartoitus

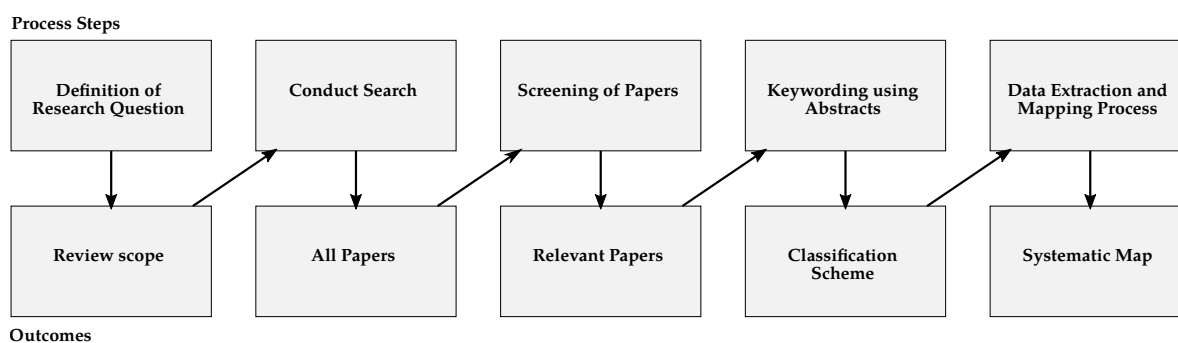
Systemaattinen kirjallisuuskatsaus on keino tunnistaa, arvioida ja tulkita käytettävissä olevia tutkimuksia, jotka liittyvät tiettyyn tutkimuskysymykseen, aihepiiriin tai kiinnostavaan ilmiöön (Petersen, Vakkalanka ja Kuzniarz 2015). Tässä tutkielmassa toteuttiin systemaattinen kirjallisuuskartoitus. Prosessi on kartoituksessa hyvin samantyylinen kuin systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa. Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa tarkoituksena on tarkastella tutkittavasta aiheesta julkaistuja primääritutkimusraportteja ja pyrkiä muodostamaan kokonaiskuva siitä, mitä aiheesta jo tiedetään. Systemaattisessa kirjallisuuskartoituksessa tavoitteena on selvittää tutkimuskirjallisuuden nykytila, jonka tuloksena saadaan eräänlainen kartta tutkimuskirjallisuuteen. Se on laaja katsaus tietyllä aihealueella suoritetuista perustutkimuksista, joiden tarkoituksena on tunnistaa mitä todisteita aiheesta on saatavilla. (Keele ym. 2007)

Kartoituksessa tutkimuskysymykset eivät kohdistu reaaliin maailmaan vaan tutkimuskirjallisuuteen. Tarkoituksena on selvittää mikä on aiheesta tehtyjen tutkimusten määrä, minkälaisia menetelmiä aiheesta tehdyissä tutkimuksissa on käytetty ja mitä interventioita aihepiirin tutkimuksissa on tutkittu. Systemaattiseen kirjallisuuskartoituksen protokollaan kuuluvat Kitchenham ja Charters (2007, 11) mukaan seuraavat vaiheet:

1. Tausta
2. Tutkimuskysymykset
3. Hakustrategia
4. Valintakriteerit
5. Valintakäytänteet
6. Laatuarvioinnin suunnitelma
7. Tiedonkeruun suunnitelma
8. Synteesin suunnitelma
9. Julkaisusuunnitelma
10. Aikataulu

Tämän takia tässä tutkielmassa kirjallisuuskartoitus on jaettu seuraaviin alalukuihin:

- 3.2 Tausta ja tutkimuskysymykset (tausta, tutkimuskysymykset)
- 3.3 Tietolähteet ja hakutermit (hakustrategia)
- 3.4 Valintakriteerit (valintakriteerit, valintakäytänteet)
- 3.5 Aineiston hallinta (laatuarvioinnin suunnitelma)
- 3.6 Aineiston luokittelu (laatuarvioinnin suunnitelma)
- 3.7 Pilotointi (tiedonkeruun suunnitelma)
- 3.8 Systemaattinen kirjallisuuskartoitus (tiedonkeruun suunnitelma, synteesin suunnitelma, julkaisun suunnitelma, aikataulu)



Kuvio 2. Systemaattisen kirjallisuuskartoituksen prosessikuvaus (Petersen ym. 2008).

Systemaattisen kartoitustutkimuksen tärkeimmät prosessivaiheet ovat tutkimuskysymysten määrittely, asiaankuuluvien artikkelien etsiminen, artikkelien seulonta, tiivistelmien ja tietojen avainsanat poimiminen ja kartoitus (katso kuvio 2). (Petersen ym. 2008).

## 3.2 Tausta ja tutkimuskysymykset

Tässä tutkimuksessa jokainen kartoituksen osa dokumentoitiin ja sen tekemiseen käytettiin olemassaolevaa suunnitelmaa (protokollaa). Tavoitteena on, että lukija voisi päätyä samoja vaiheita noudattamalla samanlaisiin tai hyvin samankaltaisiin lopputuloksiin. Protokolla pilotoitiin (ks. luku 3.6) ensin pienemmällä aineistolla.

Satunnaistetussa vertailukokeessa koehenkilöt jaetaan satunnaisesti kokeelliseen ryhmään ja kontrolliryhmään. Tämän tarkoituksena on varmistaa, että kaikki potentiaaliset erottavat tekijät jakautuvat tasaisesti eri ryhmiin. Nämä tekijät ovat ominaisuuksia, jotka voivat vaikut-



tavat tutkittavaan henkilöön, kuten esimerkiksi paino, ikä ja sukupuoli. Ainoastaan jos ryhmät ovat rakenteellisesti samanarvoisia, voivat eroavaisuudet johtua hoitotehosta pikemminkin kuin harhauttavien tekijöiden vaikutuksesta. Jos harhauttavat tekijät tiedetään, ryhmien rakenteellinen vastaavuus voidaan saavuttaa osittaisen satunnaistuksen avulla.

Kliinisessä tutkimuksessa satunnaistetut vertailukokeet ovat standardi osoittamaan hoidon tehokkuutta ja turvallisuutta. Satunnaistettujen kontrolloitujen kokeiden avulla ei voida antaa luotettavaa tietoa, ellei niitä suunnitella, suoriteta ja analysoida tavalla, joka on metodologisesti järkevä ja soveltuva tarkasteltavaan kysymykseen. Menetelmät poikkeamien välttämiseksi, kuten satunnaistaminen ja sokeuttaminen, voivat auttaa estämään tutkimustulosten vääristymiä. Satunnaistetun kontrolloidun tutkimuksen laatu riippuu ratkaisevasti paitsi metodologisten standardien noudattamisesta, myös tutkimusta koskevan protokollan noudattamisesta. (Kabisch ym. 2011)

### **3.3 Tietolähteet ja hakutermit**

Koehaut ja varsinaiset haut suoritettiin Scopus-, ja Google Scholar -tietokantoihin. Hakutermin perustana pilotoinnissa käytettiin hakulauseita: virtual reality, wellbeing, rehabilitation, health, randomized controlled trial, RCT. Pilotoinnin haut tehtiin 4.9.2019. Haut varsinaisessa tutkimuksessa tehtiin 13.10.2019. Avainsanat kirjallisuuskartoituksessa ovat tapa vähentää luokittelun määrittelyyn menevää aikaa ja ottaa aikaisemmat julkaisut huomioon (Petersen ym. 2008). Tutkimuksessa suoritettiin pilotointi, jossa avainsanat rajattiin ja määriteltiin varsinaista kartoitusta varten. Pilotoinnin tuloksena saadut avainsanat toimivat siis kartoituksen hakujen pohjana.

### **3.4 Valintakriteerit**

Valintakriteerit määriteltiin aluksi pilotointia varten ja niitä säädettiin sen aikana varsinaista kartoitusta varten, jotta niiden perusteella voitiin johdonmukaisesti perustella artikkelien luokittelut mahdollisimman avoimesti ja rehellisesti. Valintakriteerit määrittivät mitkä artikkelit otettiin osaksi tutkimusta ja jos ne eivät täytyneet, ne jätettiin tarkastelusta pois.

Valintakriteerit olivat:

- Akateeminen artikkeli
- Artikkelit on kirjoitettu englannin kielellä
- Artikkelissa on maininta virtuaalitodellisuudesta
- Artikkelissa on maininta satunnaistetusta vertailukokeesta
- Artikkelit on digitaalisessa muodossa
- Artikkelit on saatavilla kokonaisuudessaan

Tutkimusaineiston avulla pyritään vastaamaan edellä mainittujen tutkimuksen tavoitteista johdettuihin tutkimuskysymyksiin, jotka tässä tutkielmassa ovat:

- Kuinka paljon virtuaalitodellisuudesta ja/tai virtuaalilaitteista on tehty satunnaistettuja vertailukokeita?
- Minkälaisia teknologioita ja menetelmiä niissä on mahdollisesti käytetty?
- Onko virtuaalitodellisuusteknologioilla ollut vaikutusta tutkimustuloksiin ja minkälaisiin lopputuloksiin on päädytty?

### **3.5 Aineiston hallinta ja luokittelu**

Aineiston hallintaan käytettiin BibSonomy kirjanmerkkien- ja julkaisujen hallintajärjestelmää, jossa voitiin myös jakaa julkaisuja. BibSonomyä käytettiin tässä tutkimuksessa lähteiden ja artikkelien hallintaan sekä arkistointiin. Järjestelmään kerättiin pilotoinnissa ja varsinaisessa tutkimuksessa löydetty artikkelit, jotka järjestettiin tunnisteiden avulla hyväksytyihin/hylättyihin artikkeleihin, luettuihin/lukemattomiin teksteihin, sekä artikkelien luokitteluun aihealueittain. Tunnisteita päivitettiin tutkielman aikana sitä mukaa kun niitä käytiin läpi. Kaikki BibSonomyyn kerätyt tekstit liitettiin mukaan osaksi tutkielmaa BibTeX-muodossa. Kun löytynyt ydinaineisto käytiin läpi, havaitut tulokset ja luokittelut kirjattiin ylös taulukonhallintaohjelmaan käsittelyä ja tarkastelua varten. Artikkelien avainsanoitus antoi yleiskäsityksen artikkelien sisällöstä.

### 3.6 Pilotointi

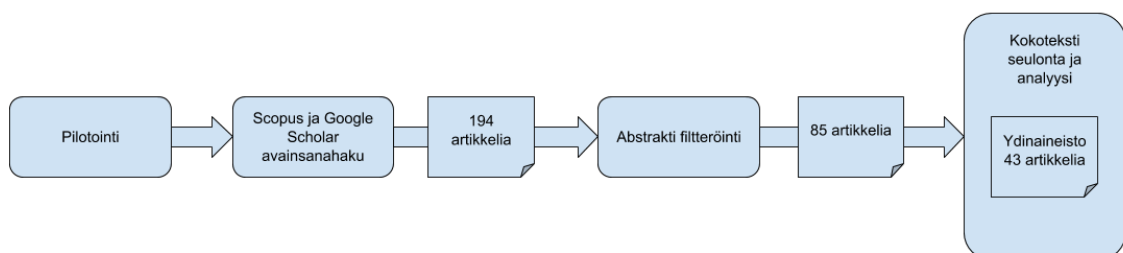
Protokolla pilotoitiin ennen varsinaisen kartoituksen tekoa. Tarkoituksena oli tehdä tutkimus kertaalleen protokollan mukaisesti pienemmällä aineistolla. Tehtiin hakuja erilaisilla hakusanoilla, joilla pyrittiin saamaan osumien määrä sopivan kokoiseksi. Kun sopivia osumia alkoi löytyä sopiva määrä, päätettiin pilotointi ja siirryttiin tekemään varsinaista kartoitusta. Pilotoinnissa kirjattiin ylös esiintyneet ongelmat ja korjattiin tarvittaessa protokollaa. Pilotointi suoritettiin 4.9.2019.

Kun pilotointi aloitettiin, haussa ei ollut muita rajoituksia kuin avainsanat. Pilotointi kohdistettiin Scopus -järjestelmään ja pilotointi aloitettiin suorittamalla hakuja kohdistamalla ne geneerisiin "health", "wellbeing" ja "rehabilitation" avainsanoihin. Tarkoituksena oli löytää satunnaistettuja vertailukokeita. Yksityiskohtainen pilotoinnin raportti on tutkielman liitteenä

Pilotoinnin tuloksena saatiin löytyneitä artikkeleita 99 kappaletta.

Todettiin että tämä on sopiva määrä löytyneitä artikkeleita tutkielman laajuus huomioon ottaen, jonka hakulauseke täyttää protokollan vaatimukset.

### 3.7 Tutkimuksen toteutus



Kuvio 3. Systemaattisen kirjallisuuskartoituksen hakuprosessi.

Tutkimuksessa toteutettiin kirjallisuuskartoitus pilotoinnissa määritellyn protokollan mukai-

sesti. Kirjallisuuskartoitus suoritettiin kahteen järjestelmään: Scopus ja Google Scholar. Pro gradu -tutkielman laajuuden kannalta tähdättiin määrällisesti noin 100 artikkeliin.

Kartoitus Scopus -järjestelmään tehtiin seuraavalla hakulauseella:

<b>Kartoitus (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "physical rehabilitation") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2010 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )	100

Viimeisin haku antoi 100 osumaa. Haku tehtiin 20.10.2019.

Tulokset:

- **Hyväksytyt artikkelit:** 43 kappaletta
- **Hylätyt artikkelit:** 57 kappaletta

Hylkäämiskriteerit käytiin artikkeleille järjestyksessä läpi ja ensimmäisen hylkäävän kriteerin kohdalla otettiin artikkeli ylös Bibsonomyyn hylättyjen artikkelien listaan ja merkittiin mitä kriteeriä hylkäys koski.

Huomattiin että suurimmassa osassa hylätyissä artikkeleissa ei tekstissä ollut mainintaa satunnaistetusta vertailukokeesta. Satunnaistettu vertailukoe saattoi olla tutkimuksen kohteena tai vertailukokeita oli mainittuna tutkimuksen lähdeluettelossa.

Kartoitus suoritettiin Google Scholar -järjestelmään seuraavilla hakuehdoilla:

<b>Kartoitus (Google Scholar)</b>	
<b>Hakuehto</b>	<b>Arvo</b>
Find articles with all of the words	"virtual reality physical rehabilitation randomized controlled trial"
Where my words occur	"anywhere in the article"
Return articles dated between	"2010 - 2019"

Käytiin läpi 100 ensimmäistä Google Scholar -osumaa, joista kirjattiin ylös hyväksytyt ja hylätyt artikkelit, sekä jos löytynyt hyväksytty artikkeli löytyi myös Scopus haun tuloksista. Haku ja tulokset tarkasteltu 25.11.2019 - 8.12.2019 välillä.

Tulokset:

- **Hyväksytyt artikkelit:** 42 kappaletta
- **Hylätyt artikkelit:** 52 kappaletta
- **Tulokset jotka löytyivät myös Scopus haulla:** 6 kappaletta

Hylättyjen artikkelien teksteissä ei ollut mainittu satunnaistettuja vertailukokeita, tai ne eivät käsitelleet virtuaalitodellisuutta, ei mainintaa virtuaalitodellisuudesta tai määritelmä ja termin käyttö olivat epämääräisiä.

Scopus ja Scholar hakujen tuloksena hyväksytyjä artikkeleita on 85 kappaletta.

## 4 Tulokset ja analyysi

Työssä suoritettiin pilotointi, jossa määritettyä protokollaa noudattaen kartoitettiin artikkelien määrää, ja jonka perusteella suoritettiin kirjallisuuskartoitus. Kartoituksen ja abstraktiseulonnan tuloksena saatiin 85 artikkelia tarkasteltavaksi kokotekstiseulontaa varten, jonka tuloksena päädyttiin 43 artikkelin ydinaineistoon.

Hylätyissä artikkeleissa oli toteutettu jokin muu tutkimus kuin satunnaistettu vertailukoe, vaikka niiden abstraktissa tai avainsanoissa niistä saattoi olla maininta. Osassa artikkeleissa ei myöskään oltu perustelut virtuaaliteknologioiden käyttöä.

Kokotekstiseulonnan aikana hyväksytyistä artikkeleista otettiin ylös tutkimusten liittyviä ominaisuuksia, kuten niissä käytetyt teknologiat, koehenkilöiden ikäjakauma, kuntoutuksen kohde, vaikutukset ym.

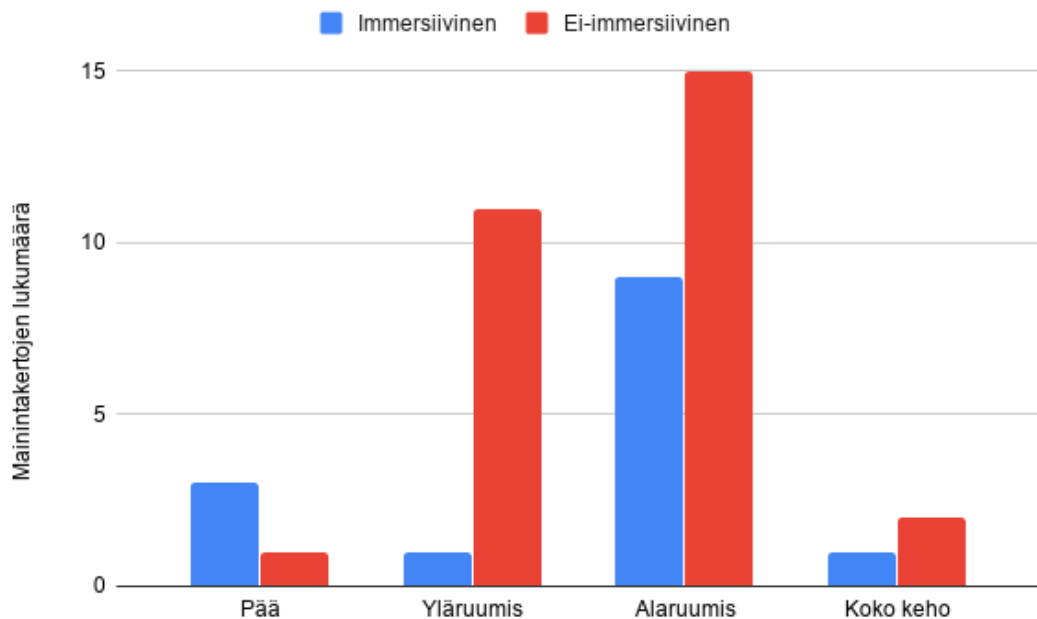
<b>Tunniste</b>	<b>Kuvaus</b>
Käytetyt teknologiat: Immersiiviset ja Ei-immersiiviset	<i>Immersiiviset:</i> Korkea virtuaalisessa ympäristössä olemisen tunne. Aistimuksia korvattu. Esimerkiksi näköaistimus virtuaalimaailmasta tai haptinen palaute. <i>Ei-Immersiiviset:</i> Matala virtuaalisessa ympäristössä olemisen tunne. Aistimuksia tehostettu. Esimerkiksi liikkeen näkyminen ruudulla.
Ikäjakauma	Koehenkilöiden jakaminen 10 vuoden ikäryhmiin.
Kuntoutustyyppit	Jaottelu kuntoutustyypeihin. Liittyykö tapaturmaan, sairauteen, kehitysviiveeseen ym.
Kuntoutuskohde	Mihin ruumiinosaan kuntoutukset kohdistuvat.
Vaikutustyyppit (Tulokset)	Tulokset joko positiivisia, neutraaleja tai negatiivisia.

Tässä luvussa käydään läpi ja raportoidaan artikkeleiden tietoja ja tuloksia, sekä esitellään ne tekstinä ja kuvioina.

Seuraaviin kappaleisiin on kerätty esimerkkejä artikkeleista ja niissä käytetyistä teknologiois-

ta, ikäjakaumista, tulosten tyypeistä, tutkimuksen vaikutuksista, sekä kuntoutuksen kohteista.

#### 4.1 Asetelma, teknologiat ja kuntoutustyypit

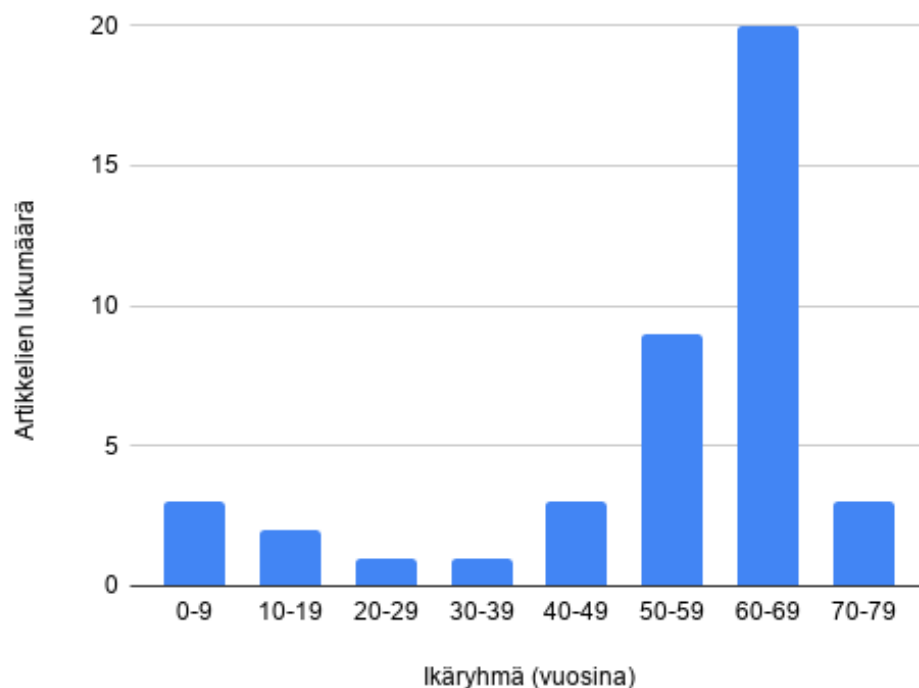


Kuvio 4. Käytetyt teknologiat (Immersiiviset ja ei-immersiiviset)

Käytettyjä teknologioita oli artikkeleissa paljon erilaisia. Osa oli kaupallisia laitteita, kuten erilaiset tasapainolaudat, liikkeentunnistuskamerat, sekä päässä pidettävät HMD -laitteet. Osa taas juuri tiettyä kuntoutusta ja tutkimusta varten suunniteltua tai hankittua laitetta, kuten erilaiset tukirangat, kokonaiset VR-järjestelmät ja sensorit sekä liikeohjaimet. Teknologioiden suuren määrän vuoksi ne tässä tutkielmassa jaoteltiin tutkittavan kohteen ja immersiiivisyyden mukaan (Kuvio 4). Immersiivisyydellä tässä jaottelussa tarkoitetaan jonkin aistimuksen korvaavaa teknologiaa. Esimerkiksi päähän kohdistuvassa immersiiivisessä näköaistimuksen korvaaminen tai pään liikkeiden yksi yhteen siirtäminen virtuaalimaailmaan. Raajoihin kohdistuvasta immersiiivissä teknologiassa liikkeiden seuraamisen lisäksi laite tai järjestelmä saattoi tuottaa esimerkiksi tuntoaistimusta tai fyysistä vastusta liikkeelle. Ei-immersiivisissä teknologioissa aistimusta on tehostettu. Esimerkiksi virtuaalisten objektien näyttäminen oikeassa maailmassa, tai ruumiin tai kehonosan liikkeen seuraaminen kameralla

tai sensorilla.

Rezaei ym. (2019) artikkelissa tarkoituksena oli verrata virtuaalitodellisuuskuntoutuksen ja tavallisten asentoaistien kuntoutusten vaikutuksia potilaille joilla on niskakipuja. Virtuaalitodellisuusryhmä pelasi videopeliä nimeltä Cervigame. Silmien ja pään liikkeiden seurantaan käytettiin päähän kiinnitettäviä merkkejä, josta näyttöruutuun yhteydessä ollut sensori havaitsi pään liikkeet ja välitti tiedon ruudulle. Bergmann ym. (2018) tutkimuksessa taas käytettiin robottivälineistä tukirunkoa, jossa on ohjaus lonkan sekä polvien nivelissä ja joka auttoi liikkumista juoksumatolla ohjaamalla tutkittavan jalat ennalta määritellyä rataa pitkin. Tarkoituksena oli arvioida robotti-avustetun kävelyharjoituksen käytettävyyttä VR:n kanssa sekä ilman sitä, ja tarkastella menetelmien toteutettavuutta suuremman satunnaistetun kontrolloidun tutkimuksen ohjaamiseksi.

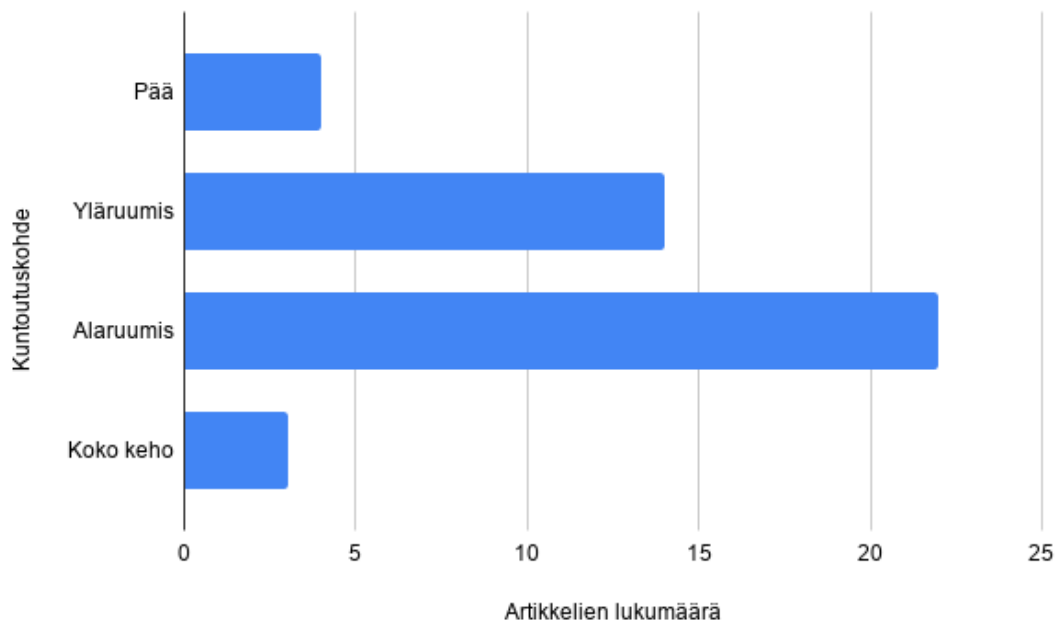


Kuvio 5. Koeryhmien ikäjakauma.

Ma ym. (2011) artikkelissa käytettiin kolmiulotteista sähkömagneettista liikkeenseurantajärjestelmää (Patriot) liikkeiden kinematiikan tallentamiseen. Järjestelmään kuului kaksi anturia: toinen kiinnitettiin rintalastaan ja toinen oikean käden selkäpintaan. Viziano ym. (2019)



tutkimuksessa taas yhteensä 47 potilasta jaettiin kahteen ryhmään. Ensimmäiselle ryhmälle (n = 24) tehtiin tavanomainen vestibulaarinen kuntoutus ja toinen ryhmä (n = 23) toteutti tämän lisäksi päässä pidettävän HMD-laitteen kotiharjoituksia, 20 minuuttia päivässä yhden kuukauden ajan.

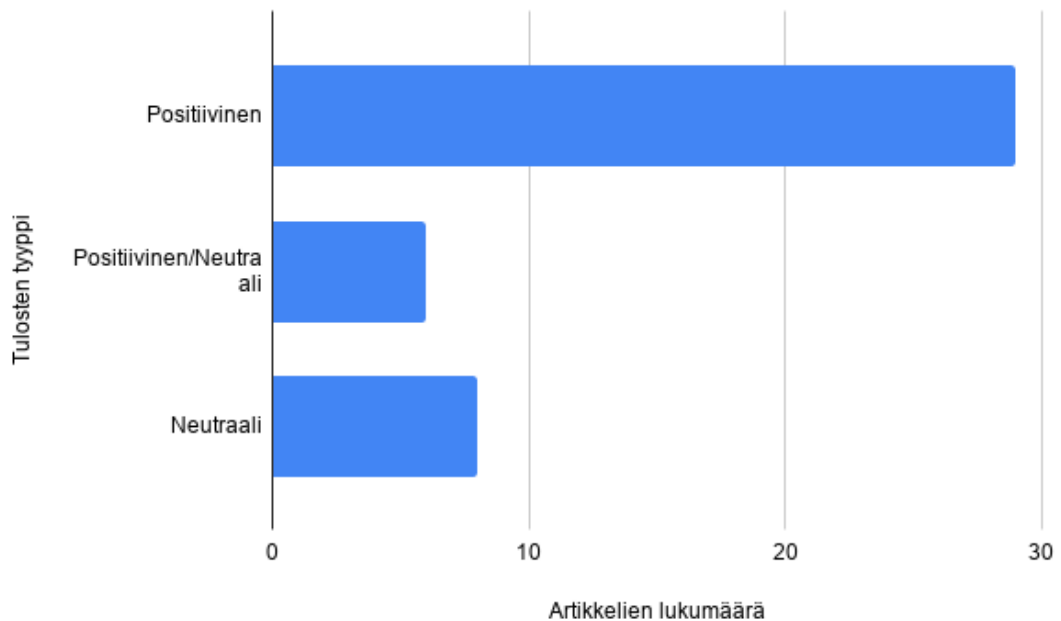


Kuvio 6. Fyysisen kuntoutuksen kohde.

Suurin osa tutkimusten henkilöistä oli vanhemmasta päästä (Kuvio 5), mutta myös tutkimuksia nuorten ja lapsien kuntoutuksesta löytyi. El-Shamy (2018) tutkimuksessa potilaiden ikäjakauma oli 6-8 vuotta. Tarkoituksena oli selvittää Armeo-robotihoidon tehokkuutta verrattuna tavanomaiseen terapiaan aivohalvauspotilaiden yläraajojen toiminnassa. Armeo antoi yläraajoille painovoimatukea jousimekanismin avulla.

Artikkeleista huomattiin, että iso osa fyysisistä kuntoutuskohteista kohdistui ylä- ja alaruumiin, kuten Kuviosta 6 on havaittavissa. Pienempi osuus kohdistui pelkän pään tai ylä- ja alaruumiin kuntoutukseen. Erilaisia teknologioita oli suuri määrä. HMD-laitteita, tukirankoja, sensoreita, VR-järjestelmiä, tasapainolautoja, liikkeenseurantalaitteita, laseja ja liikeohjaimia. Artikkeleissa virtuaalitodellisuus käsitteenä oli hyvin laaja, mikä osaltaan voi selittää erilaisten teknologioiden kirjoa.

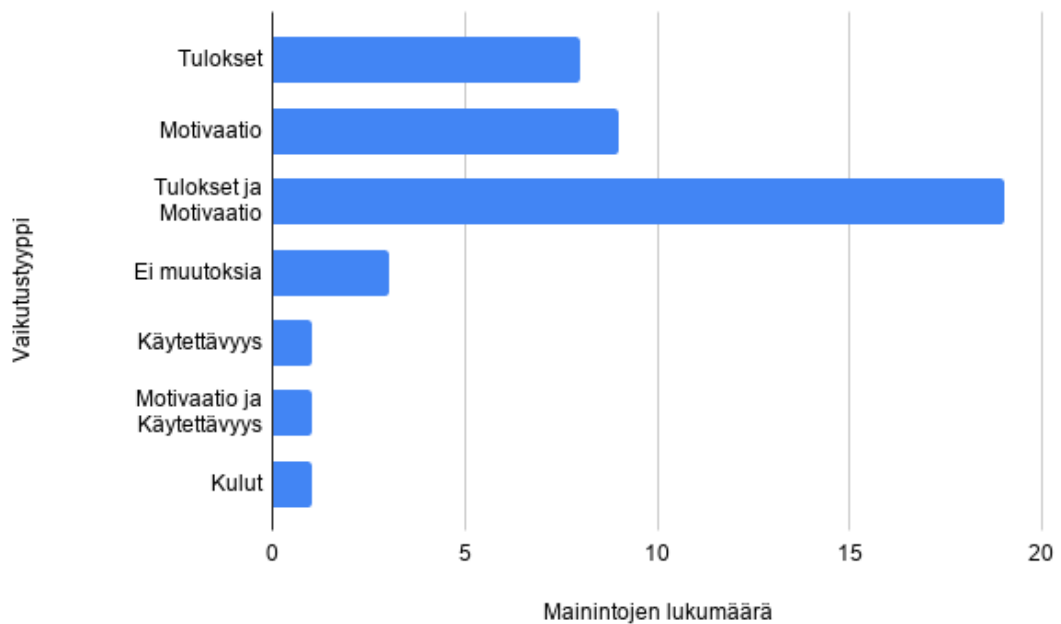
## 4.2 Vaikutukset ja tulokset



Kuvio 7. Artikkeleissa korostetut tulosten tyypit.

Tässä osiossa käydään läpi tutkimusten tuloksia. Onko havaittu VR-kuntoutuksessa eroavaisuuksia tavanomaisiin kuntoutustyyppihin (Kuvio 7) ja minkä tyyppisiä mahdolliset vaikutukset olivat (Kuvio 8). Tällaisia positiivisia vaikutuksia olivat esimerkiksi tulokset saattoivat olla parempia verrattuna kontrolliryhmään tai potilaat olivat motivoituneempia. Kuntoutus saatettiin kokea virtuaalitodellisuusteknologioiden ansiosta uutena ja jännittävänä kokemuksena. VR-laitteet saattoivat myös mahdollistaa kuntoutuksen itsenäisen suorittamisen tai se saattoi tehdä kuntoutuksen toteutuksesta tehokkaamman selkeämmän palautteen ja tavoitteiden ansiosta. Esimerkkejä raportoiduista positiivisista vaikutuksista:

Calabrò ym. (2017) kertovat tutkimuksessaan, että "Koordinaatio ja tasapaino voivat olla heikentyneet vakavasti MS-potilailla. Tämä vaikuttaa potilaan päivittäiseen elämään, psykologiseen tilaan ja elämänlaatuun. Tästä syystä MS-potilaat voivat hyötyä robotti-kuntoutuksesta ja virtuaalitodellisuus harjoitteluista". Heidän tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida virtuaalitodellisuusjärjestelmällä varustetun robotti-avustetun kävelyharjoituksen (RAGT) tehokkuutta MS-potilailla joilla on kävelyvaikeuksia. Tulokset osoittivat, että RAGT yhdistettynä VR:ään on tehokas terapeuttinen vaihtoehto MS-potilaiden hoitoon verrattuna RAGT:hen



Kuvio 8. Artikkeleissa korostetut vaikutukset.

ilman VR:ää. VR voi vahvistaa RAGT:ä aktivoimalla eri aivoalueita, jotka osallistuvat mootoriikkaan ja oppimiseen (Calabrò ym. 2017). Toinen asiaankuuluva havainto tutkimuksessa oli, että VR voi myös parantaa psykologisia tuloksia. VR:ää käyttävillä potilailla havaittiin positiivisempaa asennetta ja ratkaisukykyä heidän kliinisiin haasteisiin.

"VR edustaa kelvollista työkalua toistuvan harjoituksen lisäämiseksi ja se parantaa motivaatiota kestää harjoittelua. Se myös edistää visuaalista-, ääni- ja tuntopalautetta, motorista oppimista, sekä tarjoaa palautetta suorituksista (Calabrò ym. 2017)".

Tutkimuksen otoskoko oli pieni (40 potilasta) ja seurantajakso oli lyhyt. Vaikutuksen todettiin olevan psykologinen, positiivinen vaikutus motivaatioon.

S. Yang ym. (2011) mukaan "Virtuaalitodellisuutta (VR) on sovellettu neurologiseen kuntoutukseen. Se tarjoaa turvallisemman ympäristön ja motivoivan kontekstin taitoharjoitteluun". Tutkimuksen tavoitteena oli arvioida virtuaalitodellisuuden vaikutuksia juoksumattoharjoituksissa aivohalvauksen saaneilla potilailla. VR-järjestelmä koostui juoksumatosta ja pöytä-tietokoneesta, jota käytettiin VR-ohjelman ja kuva näyttämiseen.

"VR-juoksumattoharjoittelu paransi tasapainotaitoja sivuakselisuunnassa paremmin kuin perinteiset harjoitukset. VR-juoksumattoharjoittelu paransi myös tasapainotaitoja istualta seisoalteen siirtymien aikana ja raajojen osallistumista kävelyyn enemmän kuin perinteiset harjoitukset (S. Yang ym. 2011)".

Tutkimuksen haasteina mainittiin pieni otoskoko ja harjoitusohjelmien puutteellinen toistojen määrä koulutusohjelmassa.

Grewal ym. (2015) tutkimuksessa tutkittiin anturipohjaisen interaktiivisen tasapainoharjoituksen vaikutusta posturaaliseen vakauteen ja päivittäiseen fyysiseen aktiivisuuteen vanhemmilla aikuisilla joilla on diabetes.

"Tämän satunnaistetun kontrolloidun tutkimuksen tulokset osoittavat, että DPN-potilaat voivat parantaa huomattavasti posturaalista tasapainoaan diabetekseen liittyvällä, räätälöityllä, anturipohjaisella liikuntaharjoituksella (Grewal ym. 2015)".

Koulutuksella oli motivaatiota edistävä vaikutus potilaisiin mielenterveyskomponenttien muutosten perusteella. Tutkimuksen rajoitteena mainittiin että otoskoko oli pieni.

Joissakin tutkimuksissa havaittiin että kontrolliryhmän ja interventioryhmän tulosten välillä ei ollut juurikaan eroavaisuuksia. Motivaatio saattoi kuitenkin olla parempi interventiossa, mutta se ei vaikuttanut tuloksiin. Esimerkkejä osittain positiivisista vaikutuksista (Positiiviset/Neutraalit):

Zocolillo ym. (2015) tutkimuksessa havaittiin, että "Aikaisemmat tutkimukset antoivat kiistanalaisia tuloksia videopelien tehokkuudesta aivohalvauksen saaneiden lasten neurorehabilitaatiotuloksissa". Ensisijaisena tavoitteena oli tutkia videopelisiin perustuvan terapian tehokkuutta tavanomaiseen terapiaan nähden yläraajojen motoristen tulosten parantamisessa. Toissijainen tavoite oli kvantifioida, ohjaako terapia lapsia suorittamaan enemmän liikkeitä. Tulokset osoittivat, että videopelipohjainen terapia oli tehokkaampi parantamaan erityisesti yläraajojen taitojen laatua merkittävästi, mutta tavanomainen terapia paransi tehokkaammin manuaalisia kykyjä, jotka liittyvät päivittäisen elämän toimintoihin. Lasten osallistumishalu sekä kiinnostus ja yhteistyökyky oli korkea videopelien käyttämiseen hoidon aikana. Tutkimuksen päärajoitus oli satunnaistettuun kontrollointiin otettu pieni otoskoko, johtuen myös

suuresta keskeytysprosentista tutkimuksen aikana. Tutkimuksessa käytettiin videopelipohjaista liikkeenseurantakameraa.

"Virtuaalitodellisuustekniikan käyttöönotto kuntoutusprosessissa voi tarjota terapeuteille uusia ja tehokkaita työkaluja aivohalvauksen hoitoon ja objektiivisten tietojen arviointiin (Lloréns ym. 2015b)". Tutkimuksessa tutkittiin virtuaalitodellisuuden perustuvan intervention kliinistä tehokkuutta ja käytettävyyttä tavanomaiseen fysioterapiaan verrattuna kroonisen aivohalvauksen saaneiden henkilöiden tasapainon palautumisessa. Tuloksena havaittiin että virtuaalitodellisuusinterventiot voivat olla tehokas resurssi parantamaan tasapainon paranemista potilailla, joilla on krooninen aivohalvaus.

"Otoskoko oli pieni, mikä oli rajoitteena myös muissa samankaltaisissa tutkimuksissa. Koska tutkimus ei sisällä seurantatietoja, virtuaalikoulutuksen tarjoamien etujen pysyvyyttä ei voida arvioida (Lloréns ym. 2015b)".

Koeryhmän osallistujat osoittivat tilastollisesti merkitseviä parannuksia tasapainoasteikossa ja kävelykokeessa verrattuna tavanomaiseen ryhmään. Virtuaaliset tehtäväkeskeiset harjoitukset voivat olla nautinnollisia ja motivoivia.

Tämän tutkielman viimeinen kategorisoitu vaikutustyyppi oli, että merkittäviä muutoksia ei tutkimuksissa havaittu. Niissä ei siis havaittu tulosten, motivaation, tehokkuuden tai muun mittarin perusteella merkittäviä muutoksia. Esimerkkejä tällaisista neutraaleista vaikutuksista:

"Yläraajojen motorinen vajavuus vaikuttaa potilaiden elämänlaatuun ja yläraajojen toiminnan parantaminen on edelleen tärkeä osa kuntoutusta aivohalvauspotilaiden keskuudessa. Siksi tätä tarkoitusta varten on kehitetty erilaisia interventioita ja virtuaalitodellisuutta on hiljattain kuvailtu lupaavana kuntoutuksen työkaluna (Shin, Park ja Jang 2015)".

Shin, Park ja Jang (2015) tutkimuksessa pyrittiin selvittämään, voisiko peliin perustuva virtuaalitodellisuuden kuntoutus yhdistettynä tavanomaiseen terapiaan parantaa terveyteen liittyvää elämänlaatua ja yläraajojen toimintaa. Tulokset osoittivat, että pelipohjaisella VR-kuntoutuksella on jotain parantavia vaikutuksia terveyteen potilailla, joilla on krooninen

hemipareettinen aivohalvaus. Suoraa vertailua pelipohjaisesta VR-kuntoutuksesta ja tavanomaisesta kuntoutuksesta ei pystytty suorittamaan, mikä saattaa vääristää pelipohjaisen VR:n vaikutuksia. Rajoitteena tutkimuksessa oli myös pieni otoskoko.

Karasu, Batur ja Karatas (2018) esittävät: "Viime vuosina kiinnostus uusien tekniikoiden, kuten virtuaalitodellisuuden käytöstä aivohalvauksen kuntoutuksessa on lisääntynyt". Tutkimuksessa tarkasteltiin Nintendo Wii Fit -pohjaisen tasapainotutkimuksen tehokkuutta verrattuna tavanomaiseen kuntoutukseen aivohalvauspotilailla. Tuloksena havaittiin, että virtuaalitodellisuusharjoitukset Nintendo Wii -järjestelmällä voisivat olla hyödyllinen lisäterapia perinteiselle hoidolle staattisen ja dynaamisen tasapainon parantamiseksi.

"Koeryhmän potilaat mukautuivat helposti tähän harjoittelumenetelmään ja kaikki potilaat osoittivat innokkuuttaan jatkaa harjoitteluohjelmaa (Karasu, Batur ja Karatas 2018)".

Testitulosten muutos ei ollut merkitsevä ja tämä voi johtua tehtävistä, joita ei käsitellä Wii Fit -sovelluksella suoritetuilla harjoituksilla. Tutkimuksen otoskoko oli pieni ja seurantajakso lyhyt harjoitteluohjelman päättymisen jälkeen.

Subramanian ym. (2013) tutkimuksessa verrattiin aivohalvauspotilaiden kinemaattisia ja kliinisiä tuloksia yläraajojen harjoituksissa virtuaalisessa- ja fyysisessä ympäristössä.

"Huolimatta mielenkiinnosta virtuaaliympäristöissä halvauksen jälkeisen käsi- varsikuntoutuksen suhteen, VR:än etuja fyysisen ympäristön harjoitteluun verrattuna ei ole vielä osoitettu. Tulokset vahvistavat aikaisemmat havainnot, että jopa potilailla joilla on lievä yläraajojen vajaatoiminta, on liikuntavajeita, joita ei aina voida tunnistaa käyttämällä yleisiä kliinisiä toimenpiteitä. Heillä on mahdollisuus jatkaa elpymistä, jos heille annetaan asianmukainen tehtäväkäytäntö ja palaute (Subramanian ym. 2013)".

Virtuaaliympäristöt paransivat motivaatiota ja interaktiivisuutta. Osallistujat pystyivät seuraamaan kuntoutuksen kulkua. Molemmilla ryhmillä oli sama harjoitteluintensiteetti, mutta VR-ryhmällä oli hieman parempia muutoksia kohdaraajoissa, mutta vaikka ryhmien välillä oli eroja, ne olivat pieniä.

Yen ym. (2011) tutkimuksen tavoitteet olivat: (1) tutkia VR-lisätyn tasapainoharjoituksen vaikutuksia ja (2) verrata tuloksia tavanomaisen tasapainoharjoituksen ryhmän tuloksiin ja kontrolliryhmään Parkinsonin tautia sairastavilla. VR- ja CB-ryhmien välillä ei ollut merkittäviä eroja tasapainopisteissä tai VRT-arvoissa. Merkittäviä tasapainoarvojen parantumisia ei havaittu. Tutkimuksen otoskoko oli pieni (Yen ym. 2011)

"Virtuaalitodellisuuden tehokkuudesta Wii:n käytön suhteen kehityshäiriöisillä lapsilla on rajoitetusti näyttöä (Salem ym. 2012)". Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää edullisen pelijärjestelmän toteutettavuutta ja alustavaa tehokkuutta kehityksellisen viiveen omaavilla pienillä lapsilla. Tulokset osoittivat, että Wii-harjoittelu tuotti huomattavia parannuksia joihinkin mitattuihin tuloksiin ja suuntauksia parannuksiin kaikissa toimenpiteissä.

"Tämä tutkimus tukee Wii:n käyttöä toteutettavana, turvallisena ja potentiaalisti tehokkaana terapeutisena välineenä kehityksen viivästyneiden pienten lasten kuntoutuksen parantamiseksi (Salem ym. 2012)".

Vaikka muutokset muissa tulostittareissa eivät olleet merkittäviä tutkimusryhmien välillä, kokeellisissa ryhmissä havaittiin suurempia parannuksia verrattuna kontrolliryhmään.

"Liikekyvyn vajaatoiminta on yleisin oire MS-taudissa. Siksi on otettu käyttöön useita uusia kuntouttamisstrategioita, kuten esimerkiksi robottikuntoutusharjoituksia (Russo ym. 2018)". Heidän tutkimuksessa tavoitteena oli selvittää, voisiko intensiivinen robottikävelyharjoittelu (edeltäen perinteistä kuntouttavaa hoitoa) parantaa ja tehostaa liikesuorituskykyä MS-potilailla. Hypoteesina oli, että intensiivinen RAGT yhdistettynä kaksiulotteiseen virtuaalitodellisuuteen, joka edeltää perinteistä kuntouttavaa hoitoa, voisi olla hyödyllinen motorisen suorituskyvyn parantamisessa ja tehostamisessa toimimalla 'induktiivisena kuntouttavana terapiana'. Sekä perinteisellä että robotti-kuntouttavalla lähestymistavalla oli positiivinen vaikutus MS-potilailla. (Russo ym. 2018) mukaan VR edustaa kelvollista työkalua toistuvan harjoituksen ja harjoittelumotivaation lisäämiseen. Näiden lupaavien havaintojen vahvistamiseksi olisi tehtävä tulevaisuuden tutkimuksia suuremmilla otoskooilla ja pitkäaikaisilla seurantajaksoilla, mukaan lukien myös vakavasti vammaisilla MS-tautipotilailla.

"Ottaen huomioon potilaiden huono motivaatio aikaa vievissä ja toistuvissa kuntoutuksissa, parempia ja kustannustehokkaampia virtuaalitodellisuusperäisiä hoitoja harkittiin potenti-

aalisena kuntoutusvaihtoehtona (Micarelli ym. 2017)". Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia mahdollisia parannuksia potilailla, jotka käyttävät päähän kiinnitettävää laitetta (HMD) yhdistettynä klassiseen kuntoutusprotokollaan. Virtuaalitodellisuuden hyödyllisyyttä vestibulaarisessa kuntoutuksessa tulisi tutkia enemmän, mutta tässä tutkimuksessa havaittiin etuja liittyen HMD:llä toteutettaviin kuntoutuksiin. HMD-ryhmä osoitti yleistä parannusta hoidoissa verrattuna tavanomaiseen kuntoutusryhmään. Otoskoko oli pieni.



## 5 Pohdinta

Tuloksista käy ilmi, että virtuaalitodellisuusteknologiat ovat vertailukelpoisia ns. tavanomaisiin kuntoutusmenetelmiin verrattuna. Tutkimuksessa saadut tulokset VR:n hyödyllisyydestä olivat suurimmaksi osaksi positiivisia. Suurimpina positiivisina vaikutuksina mainittiin motivaation, ja sen jälkeen tulosten paraneminen, tai joissain tapauksissa molempien positiivinen muutos. Jos muutoksia varsinaisissa tuloksissa ei havaittu, osassa tutkimuksissa mainittiin kuitenkin mahdollinen kuntoutuksen mielekkyyden paraneminen. Esimerkiksi C.W. Yin ym. (2014) tutkimuksessa tarkasteltiin virtuaalitodellisuuskuntoutuksen vaikutusta yläraajojen suorituskykyyn varhaisen aivohalvauksen saaneilla potilailla. Tuloksena havaittiin, että ryhmien välillä ei ollut merkittäviä eroja, mutta suurin osa osallistujista piti VR-koulutusta mielekkäänä ja nautinnollisena. Vaikka lisä VR-koulutus ei ollut parempi kuin pelkästään tavanomainen terapia, tutkimus osoitti VR-koulutuksen hyvän toteutettavuuden aivohalvauksen kuntoutuksissa. Muita positiivisia vaikutuksia olivat kuntoutuksen kulujen väheneminen virtuaalitodellisuuslaitteiden ansiosta. Lloréns ym. (2015b) tutkimuksessa arvioitiin aivohalvauksen jälkeistä tasapainon palautumista, mutta tulosten lisäksi siinä vertailtiin subjektiivisia kokemuksia ja kustannuksia. Interventioiden havaittiin vähentävän kustannuksia, mutta niiden suuruus vaihtelee riippuen skenaariosta.

Suuressa osassa tutkimuksia rajoitteina oli mainittu niiden pienet otoskoot. Monessa mainittiin tarve jatkotutkimuksille ja joukossa oli myös jonkin verran alustavia satunnaisteittuja vertailukokeita. Virtuaalitodellisuus käsitteenä on myös hieman epämääräinen, mikä näkyi suurena määränä hyvin erilaisia teknologioita. Tulosten fokus oli teknologioiden osalta suhteellisen laaja. Kaikki kontrolliryhmät eivät myöskään olleet tavanomaisia. Havainnot eivät siis edusta täysin kaikkia tutkittavien ryhmien populaatioita, mutta useat positiiviset tulokset antavat kuitenkin suuntaa sille, että interventioilla on ollut pääsääntöisesti positiivinen vaikutus.

Tämän tutkielman rajoittavat tekijät ja haasteet olivat tutkielman laajuus ja tutkielman tekijän rajalliset resurssit. Jotta pro-gradu tutkielma ei paisuisi liian suureksi, tuli tutkittavien artikkeleiden määrä rajata sellaiseksi, että ne pystytään tutkielman puitteissa käymään sopivassa ajassa ja riittävän tarkasti läpi. Tutkielman tekijän rajalliset resurssit osaltaan vaikut-

tivat siis tutkielman laajuuteen ja rajoittivat aiheen syvällisemmän tarkastelun. Tutkielmassa myös keskityttiin tarkastelemaan fyysisiä kuntoutuksia rajoitetuin hakutermein ja haut rajoituivat kahteen järjestelmään: Scopus ja Google Scholar. Tutkimuksesta olisi tullut parempi, jos tutkielman tekijä olisi pystynyt keskittymään täysipäiväisesti tutkimuksen tekoon. Tutkimuksesta olisi pyritty tekemään laajempi, mutta myös tarkempi.

Kuinka paljon virtuaalitodellisuudesta ja/tai virtuaalilaitteista on siis tehty satunnaistettuja vertailukokoeita? Tutkimuksia ja artikkeleita virtuaalitodellisuusteknologioiden käytöstä fyysisessä kuntoutuksessa löytyy ja aihetta on tutkittu, mutta tutkimusten otoskoot ovat suurimmaksi osaksi edelleen pieniä ja jatkotutkimusta aiheeseen kaivataan. Tämä vastaa ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Toisena tutkimuskysymyksenä oli: Minkälaisia teknologioita ja menetelmiä niissä on mahdollisesti käytetty? Teknologioiden kirjo oli suuri. Erilaisia immersiiivisiä ja ei-immersiivisiä aisteja korvaavia sekä tehostavia teknologioita on käytetty, mutta virtuaalitodellisuus terminä on hyvin laaja ja väljä, mikä varmasti osaltaan johti erilaisten teknologioiden ja käytänteiden suureen määrään. Viimeisenä tutkimuskysymyksenä pohdittiin tutkimustulosten vaikutuksia ja minkälaisiin lopputuloksiin on päädytty. Katsauksen tuloksena on havaittavissa, että virtuaalitodellisuusteknologioilla voi olla oikein toteutettuna ja suunniteltuna positiivinen vaikutus sekä tuloksiin, että motivaatioon. Tämän lisäksi teknologioiden käyttö kuntoutuksessa voi laskea sen kustannuksia ja mahdollistaa (edellyttäen kunnollista ja riittävää ohjeistusta) myös kuntoutuksen toteutuksen itsenäisemmin.

## Lähteet

- Azuma, R., Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier ja B. MacIntyre. 2001. "Recent advances in augmented reality". *IEEE Computer Graphics and Applications* 21, numero 6 (marraskuu): 34–47. ISSN: 0272-1716. doi:10.1109/38.963459.
- Bryson, Steve. 1996. "Virtual reality in scientific visualization". *Communications of the ACM* 39 (5): 62–71.
- Burdea, Grigore C, ja Philippe Coiffet. 2003. *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons.
- Jayaram, Sankar, Hugh I Connacher ja Kevin W Lyons. 1997. "Virtual assembly using virtual reality techniques". *Computer-aided design* 29 (8): 575–584.
- Kabisch, M, C Ruckes, M Seibert-Grafe ja M Blettner. 2011. "Randomized controlled trials: part 17 of a series on evaluation of scientific publications". *Dtsch Arztebl Int* 108, numero 39 (syyskuu): 663–668. doi:10.3238/arztebl.2011.0663.
- Keele, Staffs, ym. 2007. *Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering*. Tekninen raportti. Technical report, Ver. 2.3 EBSE Technical Report. EBSE.
- Kitchenham, Barbara, ja Stuart Charters. 2007. "Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering".
- Krijn, M, P.M.G Emmelkamp, R.P Olafsson ja R Biemond. 2004. "Virtual reality exposure therapy of anxiety disorders: A review". *Clinical Psychology Review* 24 (3): 259–281. ISSN: 0272-7358. doi:<https://doi.org/10.1016/j.cpr.2004.04.001>.
- Petersen, Kai, Robert Feldt, Shahid Mujtaba ja Michael Mattsson. 2008. "Systematic Mapping Studies in Software Engineering". Teoksessa *Proceedings of the 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering*, 68–77. EASE'08. Italy: BCS Learning & Development Ltd. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2227115.2227123>.

Petersen, Kai, Sairam Vakkalanka ja Ludwik Kuzniarz. 2015. "Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update". *Information and Software Technology* 64:1–18. ISSN: 0950-5849. doi:<https://doi.org/10.1016/j.infsof.2015.03.007>.

Rothbaum, Barbara O, Larry F Hodges, David Ready, Ken Graap ja Renato D Alarcon. 2001. "Virtual reality exposure therapy for Vietnam veterans with posttraumatic stress disorder." *The Journal of clinical psychiatry* 62 (8): 617–622.

Sherman, William R., ja Alan B. Craig. 2019. "Chapter 1 - Introduction to Virtual Reality". Teoksessa *Understanding Virtual Reality (Second Edition)*, Second Edition, toimittanut William R. Sherman ja Alan B. Craig, 4–58. The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics. Boston: Morgan Kaufmann. ISBN: 978-0-12-800965-9. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800965-9.00001-5>.

Steuer, Jonathan. 1992. "Defining Virtual Reality: Dimensions Determining Telepresence". *Journal of Communication* 42 (4): 73–93. doi:10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1460-2466.1992.tb00812.x>.

Wang, G Gary. 2002. "Definition and review of virtual prototyping". *J. Comput. Inf. Sci. Eng.* 2 (3): 232–236.

## Hyväksytyt artikkelit

Baur, K., F. Speth, A. Nagle, R. Riener ja V. Klamroth-Marganska. 2018. "Music meets robotics: A prospective randomized study on motivation during robot aided therapy". Cited By 0, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 15 (1). doi:10.1186/s12984-018-0413-8.

Bergmann, J., C. Krewer, P. Bauer, A. Koenig, R. Riener ja F. Müller. 2018. "Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke: A pilot randomized controlled trial". Cited By 6, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 54 (3): 397–407. doi:10.23736/S1973-9087.17.04735-9.

Calabrò, R.S., M. Russo, A. Naro, R. De Luca, A. Leo, P. Tomasello, F. Molonia, V. Dattola, A. Bramanti ja P. Bramanti. 2017. "Robotic gait training in multiple sclerosis rehabilitation: Can virtual reality make the difference? Findings from a randomized controlled trial". Cited By 18, *Journal of the Neurological Sciences* 377:25–30. doi:10.1016/j.jns.2017.03.047.

Choi, Y.-H., ja N.-J. Paik. 2018. "Mobile game-based virtual reality program for upper extremity stroke rehabilitation". Cited By 1, *Journal of Visualized Experiments* 2018 (133). doi:10.3791/56241.

De Melo, G.E.L., A.F.R. Kleiner, J.B.P. Lopes, A.J.L. Dumont, R.D. Lazzari, M. Galli ja C.S. Oliveira. 2018. "Effect of virtual reality training on walking distance and physical fitness in individuals with Parkinson's disease". Cited By 3, *NeuroRehabilitation* 42 (4): 473–480. doi:10.3233/NRE-172355.

Fung, Vera, Aileen Ho, Jennifer Shaffer, Esther Chung ja Manuel Gomez. 2012. "Use of Nintendo Wii Fit™ in the rehabilitation of outpatients following total knee replacement: a preliminary randomised controlled trial". *Physiotherapy* 98 (3): 183–188.

Grewal, Gurtej Singh, Michael Schwenk, Jacqueline Lee-Eng, Saman Parvaneh, Manish Bharara, Robert A Menzies, Talal K Talal, David G Armstrong ja Bijan Najafi. 2015. “Sensor-based interactive balance training with visual joint movement feedback for improving postural stability in diabetics with peripheral neuropathy: a randomized controlled trial”. *Gerontology* 61 (6): 567–574.

Kalron, Alon, Ilia Fonkatz, Lior Frid, Hani Baransi ja Anat Achiron. 2016. “The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system: a pilot randomized controlled trial”. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 13. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0124-y>.

Karasu, A.U., E.B. Batur ja G.K. Karatas. 2018. “Effectiveness of Wii-based rehabilitation in stroke: A randomized controlled study”. Cited By 3, *Journal of Rehabilitation Medicine* 50 (5): 406–412. doi:10.2340/16501977-2331.

Kim, J.H., S.H. Jang, C.S. Kim, J.H. Jung ja J.H. You. 2016. “Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: A double-blind, randomized controlled study”. Cited By 105, *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 88 (9): 693–701. doi:10.1097/PHM.0b013e3181b33350.

Kiper, Paweł, Michela Agostini, Carlos Luque-Moreno, Paolo Tonin ja Andrea Turolla. 2014. “Reinforced feedback in virtual environment for rehabilitation of upper extremity dysfunction after stroke: preliminary data from a randomized controlled trial”. *BioMed research international* 2014.

Kipping, Belinda, Sylvia Rodger, Kate Miller ja Roy M Kimble. 2012. “Virtual reality for acute pain reduction in adolescents undergoing burn wound care: a prospective randomized controlled trial”. *Burns* 38 (5): 650–657.

Lee, M.M., K.J. Lee ja C.H. Song. 2018. “Game-based virtual reality canoe paddling training to improve postural balance and upper extremity function: A preliminary randomized controlled study of 30 patients with subacute stroke”. Cited By 2, *Medical Science Monitor* 24:2590–2598. doi:10.12659/MSM.906451.

Lee, Sook Joung, ja Min Ho Chun. 2014. “Combination transcranial direct current stimulation and virtual reality therapy for upper extremity training in patients with subacute stroke”. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 95 (3): 431–438.

Lin, Hsiu-Ching, ja Yee-Pay Wuang. 2012. “Strength and agility training in adolescents with Down syndrome: a randomized controlled trial”. *Research in developmental disabilities* 33 (6): 2236–2244.

Lloréns, Roberto, José-Antonio Gil-Gómez, Mariano Alcañiz, Carolina Colomer ja Enrique Noé. 2015a. “Improvement in balance using a virtual reality-based stepping exercise: a randomized controlled trial involving individuals with chronic stroke”. *Clinical rehabilitation* 29 (3): 261–268.

Lloréns, Roberto, Enrique Noé, Carolina Colomer ja Mariano Alcañiz. 2015b. “Effectiveness, Usability, and Cost-Benefit of a Virtual Reality–Based Telerehabilitation Program for Balance Recovery After Stroke: A Randomized Controlled Trial”. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 96 (3): 418–425.e2. ISSN: 0003-9993. doi:<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.10.019>.

Luciana, Barcala, André Collange Grecco Luanda, Colella Fernanda, Roberto Garcia Luca-reli Paulo, Shiguemi Inoue Salgado Afonso ja Santos Oliveira Claudia. 2013. “Visual Bio-feedback Balance Training Using Wii Fit after Stroke: A Randomized Controlled Trial”. *Journal of Physical Therapy Science* 25 (8): 1027–1032. doi:10.1589/jpts.25.1027.

Ma, H.-I., W.-J. Hwang, J.-J. Fang, J.-K. Kuo, C.-Y. Wang, I.-F. Leong ja T.-Y. Wang. 2011. “Effects of virtual reality training on functional reaching movements in people with Parkinson’s disease: A randomized controlled pilot trial”. Cited By 22, *Clinical Rehabilitation* 25 (10): 892–902. doi:10.1177/0269215511406757.

Malik, A.N., ja T. Masood. 2017. “Virtual reality training improves turning capacity and functional reach in stroke patients”. Cited By 0, *Rawal Medical Journal* 42 (2): 158–161. <https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85020099899&partnerID=40&md5=9185154d6c73c2166c0e4406687cf012>.

McEwen, Daniel, Anne Taillon-Hobson, Martin Bilodeau, Heidi Sveistrup ja Hillel Finestone. 2014. “Virtual reality exercise improves mobility after stroke: an inpatient randomized controlled trial”. *Stroke* 45 (6): 1853–1855.

Meldrum, Dara, Susan Herdman, Roisin Vance, Deirdre Murray, Kareena Malone, Douglas Duffy, Aine Glennon ja Rory McConn-Walsh. 2015. “Effectiveness of conventional versus virtual reality-based balance exercises in vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular loss: results of a randomized controlled trial”. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 96 (7): 1319–1328.

Micarelli, A., A. Viziano, I. Augimeri, D. Micarelli ja M. Alessandrini. 2017. “Three-dimensional head-mounted gaming task procedure maximizes effects of vestibular rehabilitation in unilateral vestibular hypofunction: A randomized controlled pilot trial”. Cited By 7, *International Journal of Rehabilitation Research* 40 (4): 325–332. doi:10.1097/MRR.0000000000000244.

Park, D.-S., D.-G. Lee, K. Lee ja G. Lee. 2017. “Effects of Virtual Reality Training using Xbox Kinect on Motor Function in Stroke Survivors: A Preliminary Study”. Cited By 14, *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 26 (10): 2313–2319. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.05.019.

Rajaratnam, BS, J Gui Kaien, K Lee Jialin, Kwek SweeSin, S Sim FenRu, Lee Enting, E Ang YiHsia, Ng KeatHwee, Su Yunfeng, W Woo YingHowe ym. 2013. “Does the inclusion of virtual reality games within conventional rehabilitation enhance balance retraining after a recent episode of stroke?” *Rehabilitation research and practice* 2013.

Rand, D., N. Givon, H. Weingarden, A. Nota ja G. Zeilig. 2014. “Eliciting upper extremity purposeful movements using video games: A comparison with traditional therapy for stroke rehabilitation”. Cited By 34, *Neurorehabilitation and Neural Repair* 28 (8): 733–739. doi:10.1177/1545968314521008.



Rezaei, I., M. Razeghi, S. Ebrahimi, S. Kayedi ja Z.A. Rezaeian. 2019. “A novel virtual reality technique (Cervigame®) compared to conventional proprioceptive training to treat neck pain: A randomized controlled trial”. Cited By 0, *Journal of Biomedical Physics and Engineering* 9 (3): 355–366. <https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85069432423&partnerID=40&md5=611d7294497634e5f9e7bf7a46ba3217>.

Russo, M., V. Dattola, M.C. De Cola, A.L. Logiudice, B. Porcari, A. Cannavò, F. Sciarrone ym. 2018. “The role of robotic gait training coupled with virtual reality in boosting the rehabilitative outcomes in patients with multiple sclerosis”. Cited By 2, *International Journal of Rehabilitation Research* 41 (2): 166–172. doi:10.1097/MRR.0000000000000270.

Salem, Y., S.J. Gropack, D. Coffin ja E.M. Godwin. 2012. “Effectiveness of a low-cost virtual reality system for children with developmental delay: A preliminary randomised single-blind controlled trial”. Cited By 51, *Physiotherapy (United Kingdom)* 98 (3): 189–195. doi:10.1016/j.physio.2012.06.003.

Saposnik, Gustavo, Robert Teasell, Muhammad Mamdani, Judith Hall, William McIlroy, Donna Cheung, Kevin E. Thorpe, Leonardo G. Cohen ja Mark Bayley. 2010. “Effectiveness of Virtual Reality Using Wii Gaming Technology in Stroke Rehabilitation”. *Stroke* 41, numero 7 (heinäkuu): 1477–1484. doi:10.1161/strokeaha.110.584979.

El-Shamy, S.M. 2018. “Efficacy of Armeo® Robotic Therapy Versus Conventional Therapy on Upper Limb Function in Children with Hemiplegic Cerebral Palsy”. Cited By 6, *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation* 97 (3): 164–169. doi:10.1097/PHM.0000000000000852.

Shin, Joon-Ho, Si Bog Park ja Seong Ho Jang. 2015. “Effects of game-based virtual reality on health-related quality of life in chronic stroke patients: A randomized, controlled study”. *Computers in biology and medicine* 63:92–98.

Silva Cameirão, Mónica da, Sergi Bermudez i Badia, Esther Duarte ja Paul FMJ Verschure. 2011. “Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system”. *Restorative neurology and neuroscience* 29 (5): 287–298.

Sin, HyeonHui, ja GyuChang Lee. 2013. “Additional virtual reality training using Xbox Kinect in stroke survivors with hemiplegia”. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 92 (10): 871–880.

Subramanian, Sandeep K, Christiane B Lourenço, Gevorg Chilingaryan, Heidi Sveistrup ja Mindy F Levin. 2013. “Arm motor recovery using a virtual reality intervention in chronic stroke: randomized control trial”. *Neurorehabilitation and neural repair* 27 (1): 13–23.

Wang, Z.-R., P. Wang, L. Xing, L.-P. Mei, J. Zhao ja T. Zhang. 2017. “Leap Motion-based virtual reality training for improving motor functional recovery of upper limbs and neural reorganization in subacute stroke patients”. Cited By 8, *Neural Regeneration Research* 12 (11): 1823–1831. doi:10.4103/1673-5374.219043.

Viana, R.T., G.E.C. Laurentino, R.J.P. Souza, J.B. Fonseca, E.M. Silva Filho, S.N. Dias, L.F. Teixeira-Salmela ja K.K. Monte-Silva. 2014. “Effects of the addition of transcranial direct current stimulation to virtual reality therapy after stroke: A pilot randomized controlled trial”. *NeuroRehabilitation* vol. 34 (no. 3): pp. 437–446. [https://www.researchgate.net/profile/Luci\\_Teixeira-Salmela/publication/259959648\\_Effects\\_of\\_the\\_addition\\_of\\_transcranial\\_direct\\_current\\_stimulation\\_to\\_virtual\\_reality\\_therapy\\_after\\_stroke\\_A\\_pilot\\_randomized\\_controlled\\_trial/links/552bc7f70cf2e089a3aa6eca/Effects-of-the-addition-of-transcranial-direct-current-stimulation-to-virtual-reality-therapy-after-stroke-A-pilot-randomized-controlled-trial.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Luci_Teixeira-Salmela/publication/259959648_Effects_of_the_addition_of_transcranial_direct_current_stimulation_to_virtual_reality_therapy_after_stroke_A_pilot_randomized_controlled_trial/links/552bc7f70cf2e089a3aa6eca/Effects-of-the-addition-of-transcranial-direct-current-stimulation-to-virtual-reality-therapy-after-stroke-A-pilot-randomized-controlled-trial.pdf).

Viziano, A., A. Micarelli, I. Augimeri, D. Micarelli ja M. Alessandrini. 2019. “Long-term effects of vestibular rehabilitation and head-mounted gaming task procedure in unilateral vestibular hypofunction: a 12-month follow-up of a randomized controlled trial”. Cited By 2, *Clinical Rehabilitation* 33 (1): 24–33. doi:10.1177/0269215518788598.

Yang, Saiwei, Wei-Hsung Hwang, Yi-Ching Tsai, Fu-Kang Liu, Lin-Fen Hsieh ja Jen-Suh Chern. 2011. “Improving balance skills in patients who had stroke through virtual reality treadmill training”. *American journal of physical medicine & rehabilitation* 90 (12): 969–978.

Yang, W.-C., H.-K. Wang, R.-M. Wu, C.-S. Lo ja K.-H. Lin. 2016. “Home-based virtual reality balance training and conventional balance training in Parkinson’s disease: A randomized controlled trial”. Cited By 24, *Journal of the Formosan Medical Association* 115 (9): 734–743. doi:10.1016/j.jfma.2015.07.012.

Yen, Chang-Yi, Kwan-Hwa Lin, Ming-Hsia Hu, Ruey-Meei Wu, Tung-Wu Lu ja Chia-Hwa Lin. 2011. “Effects of Virtual Reality–Augmented Balance Training on Sensory Organization and Attentional Demand for Postural Control in People With Parkinson Disease: A Randomized Controlled Trial”. *Physical Therapy* 91, numero 6 (kesäkuu): 862–874. ISSN: 0031-9023. doi:10.2522/ptj.20100050. eprint: <http://oup.prod.sis.lan/ptj/article-pdf/91/6/862/17503830/ptj0862.pdf>.

Yin, C.W., N.Y. Sien, L.A. Ying, S.F.-C.M. Chung ja D. Tan May Leng. 2014. “Virtual reality for upper extremity rehabilitation in early stroke: A pilot randomized controlled trial”. Cited By 43, *Clinical Rehabilitation* 28 (11): 1107–1114. doi:10.1177/0269215514532851.

Zoccolillo, L., D. Morelli, F. Cincotti, L. Muzzioli, T. Gobbetti, S. Paolucci ja M. Iosa. 2015. “Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: A cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity”. Cited By 16, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 51 (6): 669–676. <https://www2.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84958163129&partnerID=40&md5=7bdd0e1f22284e73583213283bf5892f>.

## Hylätyt artikkelit

Abdulsatar, F., R.G. Walker, B.W. Timmons ja K. Choong. 2013. “"wii-Hab" in critically ill children: A pilot trial”. Cited By 19, *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine* 6 (4): 193–202. doi:10.3233/PRM-130260.

Aminabadi, Naser Asl, Leila Erfanparast, Azin Sohrabi, Sina Ghertasi Oskouei ja Armaghan Naghili. 2012. “The impact of virtual reality distraction on pain and anxiety during dental treatment in 4-6 year-old children: a randomized controlled clinical trial”. *Journal of dental research, dental clinics, dental prospects* 6 (4): 117.

An, C.-M., ja Y.-H. Park. 2018. “The effects of semi-immersive virtual reality therapy on standing balance and upright mobility function in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: A preliminary study”. Cited By 0, *Journal of Spinal Cord Medicine* 41 (2): 223–229. doi:10.1080/10790268.2017.1369217.

Anderson-Hanley, C., N.M. Barcelos, E.A. Zimmerman, R.W. Gillen, M. Dunnam, B.D. Cohen, V. Yerokhin ym. 2018. “The Aerobic and Cognitive Exercise Study (ACES) for community-dwelling older adults with or at-risk for mild cognitive impairment (MCI): Neuropsychological, neurobiological and neuroimaging outcomes of a randomized clinical trial”. Cited By 9, *Frontiers in Aging Neuroscience* 10 (MAY). doi:10.3389/fnagi.2018.00076.

Anderson, Page L, Matthew Price, Shannan M Edwards, Mayowa A Obasaju, Stefan K Schmertz, Elana Zimand ja Martha R Calamaras. 2013. “Virtual reality exposure therapy for social anxiety disorder: A randomized controlled trial.” *Journal of consulting and clinical psychology* 81 (5): 751.

Arias, P., V. Robles-García, G. Sanmartín, J. Flores ja J. Cudeiro. 2012. “Virtual reality as a tool for evaluation of repetitive rhythmic movements in the elderly and Parkinson’s disease patients”. Cited By 17, *PLoS ONE* 7 (1). doi:10.1371/journal.pone.0030021.

- Arienti, C., S.G. Lazzarini, A. Pollock ja S. Negrini. 2019. “Rehabilitation interventions for improving balance following stroke: An overview of systematic reviews”. Cited By 0, *PLoS ONE* 14 (7). doi:10.1371/journal.pone.0219781.
- Arlati, S., D. Spoladore, S. Mottura, A. Zangiacomi, G. Ferrigno, R. Sacchetti ja M. Sacco. 2019. “Analysis for the design of a novel integrated framework for the return to work of wheelchair users”. Cited By 0, *Work* 61 (4): 603–625. doi:10.3233/WOR-182829.
- Bao, X., Y.R. Mao, Q. Lin, Y.H. Qiu, S.Z. Chen, L. Li, R.S. Cates, S.F. Zhou ja D.F. Huang. 2013. “Mechanism of Kinect-based virtual reality training for motor functional recovery of upper limbs after subacute stroke”. Cited By 37, *Neural Regeneration Research* 8 (31): 2904–2913. doi:10.3969/j.issn.1673-5374.2013.31.003.
- Barcala, Luciana, Luanda André Collange Grecco, Fernanda Colella, Paulo Roberto Garcia Lucareli, Afonso Shiguemi Inoue Salgado ja Claudia Santos Oliveira. 2013. “Visual bio-feedback balance training using wii fit after stroke: a randomized controlled trial”. *Journal of physical therapy science* 25 (8): 1027–1032.
- Barry, Gillian, Brook Galna ja Lynn Rochester. 2014. “The role of exergaming in Parkinson’s disease rehabilitation: a systematic review of the evidence”. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 11 (1): 33.
- Behrendt, F., ja C. Schuster-Amft. 2018. “Using an interactive virtual environment to integrate a digital Action Research Arm Test, motor imagery and action observation to assess and improve upper limb motor function in patients with neuromuscular impairments: A usability and feasibility study protocol”. Cited By 1, *BMJ Open* 8 (7). doi:10.1136/bmjopen-2017-019646.
- Brown, Nadia J, Roy M Kimble, Sylvia Rodger, Robert S Ware ja Leila Cuttle. 2014. “Play and heal: randomized controlled trial of Ditto™ intervention efficacy on improving re-epithelialization in pediatric burns”. *Burns* 40 (2): 204–213.
- Brunner, Iris, Jan S Skouen, Håkon Hofstad, Liv I Strand, Frank Becker, Anne-Marthe Sanders, Hanne Pallesen, Tove Kristensen, Marc Michielsen ja Geert Verheyden. 2014. “Virtual reality training for upper extremity in subacute stroke (VIRTUES): study protocol for a randomized controlled multicenter trial”. *BMC neurology* 14 (1): 186.

Brütsch, K., A. Koenig, L. Zimmerli, S. Mérillat-Koeneke, R. Riener, L. Jäncke, H.J.A. Van Hedel ja A. Meyer-Heim. 2011a. “Virtual reality for enhancement of robot-assisted gait training in children with neurological gait disorders”. Cited By 55, *Journal of Rehabilitation Medicine* 43 (6): 493–499. doi:10.2340/16501977-0802.

Brütsch, Karin, Alexander Koenig, Lukas Zimmerli, Susan Mérillat-Koeneke, Robert Riener, Lutz Jäncke, Hubertus JA van Hedel ja Andreas Meyer-Heim. 2011b. “Virtual reality for enhancement of robot-assisted gait training in children with neurological gait disorders”. *Journal of rehabilitation medicine* 43 (6): 493–499.

Cairolli, F.F., G.M.G. Bonuzzi, G.C.D.S. Palma, M.A.A. Soares, J.E. Pompeu, C.D.C. De Morais Faria ja C. Torriani-Pasin. 2017. “Development and preliminary research on the measure properties of a perceptual and motor demands assessment protocol for virtual reality systems”. Cited By 1, *Motricidade* 13 (1): 50–58. doi:10.6063/motricidade.8711.

Cappa, P., A. Clerico, O. Nov ja M. Porfiri. 2013. “Can force feedback and science learning enhance the effectiveness of neuro-rehabilitation? An experimental study on using a low-cost 3D joystick and a virtual visit to a zoo”. Cited By 14, *PLoS ONE* 8 (12). doi:10.1371/journal.pone.0083945.

Cernich, Alison N, Shira M Kurtz, Kristen L Mordecai ja Patricia B Ryan. 2010. “Cognitive rehabilitation in traumatic brain injury”. *Current Treatment Options in Neurology* 12 (5): 412–423.

Cesa, Gian Luca, Gian Mauro Manzoni, Monica Bacchetta, Gianluca Castelnuovo, Sara Conti, Andrea Gaggioli, Fabrizia Mantovani, Enrico Molinari, Georgina Cárdenas-López ja Giuseppe Riva. 2013. “Virtual reality for enhancing the cognitive behavioral treatment of obesity with binge eating disorder: randomized controlled study with one-year follow-up”. *Journal of medical Internet research* 15 (6): e113.

Chang, Chien-Yen, Belinda Lange, Mi Zhang, Sebastian Koenig, Phil Requejo, Noom Somboon, Alexander A Sawchuk ja Albert A Rizzo. 2012. “Towards pervasive physical rehabilitation using Microsoft Kinect”. Teoksessa *2012 6th international conference on pervasive computing technologies for healthcare (PervasiveHealth) and workshops*, 159–162. IEEE.

Chen, Jing, Wei Jin, Xiao-Xiao Zhang, Wei Xu, Xiao-Nan Liu ja Chuan-Cheng Ren. 2015. “Telerehabilitation Approaches for Stroke Patients: Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials”. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases* 24 (12): 2660–2668. ISSN: 1052-3057. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.09.014>.

Chen, X., F. Liu, Z. Yan, S. Cheng, X. Liu, H. Li ja Z. Li. 2018. “Therapeutic effects of sensory input training on motor function rehabilitation after stroke”. Cited By 0, *Medicine (United States)* 97 (48). doi:[10.1097/MD.00000000000013387](https://doi.org/10.1097/MD.00000000000013387).

Cheung, J., M. Maron, S. Tatla ja T. Jarus. 2013. “Virtual reality as balance rehabilitation for children with brain injury: A case study”. Cited By 10, *Technology and Disability* 25 (3): 207–219. doi:[10.3233/TAD-130383](https://doi.org/10.3233/TAD-130383).

Choi, Y.-H., J. Ku, H. Lim, Y.H. Kim ja N.-J. Paik. 2016. “Mobile game-based virtual reality rehabilitation program for upper limb dysfunction after ischemic stroke”. Cited By 17, *Restorative Neurology and Neuroscience* 34 (3): 455–463. doi:[10.3233/RNN-150626](https://doi.org/10.3233/RNN-150626).

Connelly, Lauri, Yicheng Jia, Maria L Toro, Mary Ellen Stoykov, Robert V Kenyon ja Derek G Kamper. 2010. “A pneumatic glove and immersive virtual reality environment for hand rehabilitative training after stroke”. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 18 (5): 551–559.

Corbetta, Davide, Federico Imeri ja Roberto Gatti. 2015. “Rehabilitation that incorporates virtual reality is more effective than standard rehabilitation for improving walking speed, balance and mobility after stroke: a systematic review”. *Journal of physiotherapy* 61 (3): 117–124.

Crocetta, T.B., L.V. de Araújo, R. Guarnieri, T. Massetti, F.H.I.B. Ferreira, L.C. de Abreu ja C.B. de Mello Monteiro. 2018. “Virtual reality software package for implementing motor learning and rehabilitation experiments”. Cited By 5, *Virtual Reality* 22 (3): 199–209. doi:[10.1007/s10055-017-0323-2](https://doi.org/10.1007/s10055-017-0323-2).

- Crosbie, J.H., S. Lennon, M.C. McGoldrick, M. McNeill ja S.M. McDonough. 2012. “Virtual reality in the rehabilitation of the arm after hemiplegic stroke: A randomized controlled pilot study”. Cited By 56, *Clinical Rehabilitation* 26 (9): 798–806. doi:10.1177/0269215511434575.
- Dantas, I.V., J.C. Leal, L.S. Hilgert, A.L.C. Allegretti ja F.A. Dos Santos Mendes. 2018. “Training healthy persons and individuals with Parkinson’s disease to use Xbox Kinect games: A preliminary study”. Cited By 0, *International Journal of Therapy and Rehabilitation* 25 (6): 280–290. doi:10.12968/ijtr.2018.25.6.280.
- Darter, Benjamin J, ja Jason M Wilken. 2011. “Gait training with virtual reality–based real-time feedback: improving gait performance following transfemoral amputation”. *Physical Therapy* 91 (9): 1385–1394.
- Dascal, J, M Reid, W W IsHak, B Spiegel, J Recacho, B Rosen ja I Danovitch. 2017. “Virtual Reality and Medical Inpatients: A Systematic Review of Randomized, Controlled Trials”. *Innov Clin Neurosci* 14, not. 1-2 (tammikuu): 14–21. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5373791/>.
- De Bruin, ED, D Schoene, G Pichierri ja Stuart T Smith. 2010. “Use of virtual reality technique for the training of motor control in the elderly”. *Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie* 43 (4): 229–234.
- Dockx, K., L. Alcock, E. Bekkers, P. Ginis, M. Reelick, E. Pelosin, G. Lagravinese ym. 2017. “Fall-Prone Older People’s Attitudes towards the Use of Virtual Reality Technology for Fall Prevention”. Cited By 9, *Gerontology* 63 (6): 590–598. doi:10.1159/000479085.
- Dockx, Kim, Esther MJ Bekkers, Veerle Van den Bergh, Pieter Ginis, Lynn Rochester, Jeffrey M Hausdorff, Anat Mirelman ja Alice Nieuwboer. 2016. “Virtual reality for rehabilitation in Parkinson’s disease”. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, numero 12.
- Elor, A., M. Teodorescu ja S. Kurniawan. 2018. “Project Star Catcher: A novel immersive virtual reality experience for upper limb rehabilitation”. Cited By 1, *ACM Transactions on Accessible Computing* 11 (4). doi:10.1145/3265755.



Faber, Albertus W, David R Patterson ja Marco Bremer. 2013. “Repeated use of immersive virtual reality therapy to control pain during wound dressing changes in pediatric and adult burn patients”. *Journal of Burn Care & Research* 34 (5): 563–568.

Faria, Ana Lúcia, Andreia Andrade, Luéisa Soares ja Sergi Bermúdez i Badia. 2016. “Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients”. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 13 (1): 96.

Fluet, Gerard G, ja Judith E Deutsch. 2013. “Virtual reality for sensorimotor rehabilitation post-stroke: the promise and current state of the field”. *Current physical medicine and rehabilitation reports* 1 (1): 9–20.

Freiberger, Ellen, Lothar Häberle, Waneen W Spirduso ja Gertrude A Rixt Zijlstra. 2012. “Long-term effects of three multicomponent exercise interventions on physical performance and fall-related psychological outcomes in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial”. *Journal of the American Geriatrics Society* 60 (3): 437–446.

Fridin, M., ja M. Belokopytov. 2014. “Embodied Robot versus Virtual Agent: Involvement of Preschool Children in Motor Task Performance”. Cited By 11, *International Journal of Human-Computer Interaction* 30 (6): 459–469. doi:10.1080/10447318.2014.888500.

Fritz, Stacy L, Denise M Peters, Angela M Merlo ja Jonathan Donley. 2013. “Active video-gaming effects on balance and mobility in individuals with chronic stroke: a randomized controlled trial”. *Topics in stroke rehabilitation* 20 (3): 218–225.

Gaggioli, Andrea, Federica Pallavicini, Luca Morganti, Silvia Serino, Chiara Scaratti, Marilena Briguglio, Giulia Crifaci, Noemi Vetrano, Annunziata Giulintano, Giuseppe Bernava ym. 2014. “Experiential virtual scenarios with real-time monitoring (interreality) for the management of psychological stress: a block randomized controlled trial”. *Journal of medical Internet research* 16 (7): e167.

García-Rudolph, A., D. Sánchez-Pinsach, E.O. Salleras ja J.M. Tormos. 2019. “Subacute stroke physical rehabilitation evidence in activities of daily living outcomes: A systematic review of meta-analyses of randomized controlled trials”. Cited By 0, *Medicine* 98 (8): e14501. doi:10.1097/MD.00000000000014501.

Gatica-Rojas, V., ja G. Méndez-Rebolledo. 2014. “Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases”. Cited By 29, *Neural Regeneration Research* 9 (8): 888–896. doi:10.4103/1673-5374.131612.

Gerber, S.M., M.-M. Jeitziner, P. Wyss, A. Chesham, P. Urwyler, R.M. Müri, S.M. Jakob ja T. Nef. 2017. “Visuo-acoustic stimulation that helps you to relax: A virtual reality setup for patients in the intensive care unit”. Cited By 5, *Scientific Reports* 7 (1). doi:10.1038/s41598-017-13153-1.

Giggins, Oonagh M, Ulrik McCarthy Persson ja Brian Caulfield. 2013. “Biofeedback in rehabilitation”. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 10 (1): 60.

Gonsalves, L., A. Campbell, L. Jensen ja L. Straker. 2015. “Children with developmental coordination disorder play active virtual reality games differently than children with typical development”. Cited By 12, *Physical Therapy* 95 (3): 360–368. doi:10.2522/ptj.20140116.

Goršič, M., I. Cikajlo, N. Goljar ja D. Novak. 2017. “A multisession evaluation of an adaptive competitive arm rehabilitation game”. Cited By 11, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 14 (1). doi:10.1186/s12984-017-0336-9.

Hoffman, Hunter G, Gloria T Chambers, Walter J Meyer III, Lisa L Arceneaux, William J Russell, Eric J Seibel, Todd L Richards, Sam R Sharar ja David R Patterson. 2011. “Virtual reality as an adjunctive non-pharmacologic analgesic for acute burn pain during medical procedures”. *Annals of Behavioral Medicine* 41 (2): 183–191.

Hoffman, Hunter G, Walter J Meyer III, Maribel Ramirez, Linda Roberts, Eric J Seibel, Barbara Atzori, Sam R Sharar ja David R Patterson. 2014. "Feasibility of articulated arm mounted Oculus Rift Virtual Reality goggles for adjunctive pain control during occupational therapy in pediatric burn patients". *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking* 17 (6): 397–401.

Howard, M.C. 2019. "Virtual Reality Interventions for Personal Development: A Meta-Analysis of Hardware and Software". Cited By 1, *Human-Computer Interaction* 34 (3): 205–239. doi:10.1080/07370024.2018.1469408.

Imam, Bitu, ja Tal Jarus. 2014. "Virtual reality rehabilitation from social cognitive and motor learning theoretical perspectives in stroke population". *Rehabilitation research and practice* 2014.

James, Sarah, Jenny Ziviani, Robert S Ware ja Roslyn N Boyd. 2015. "Randomized controlled trial of web-based multimodal therapy for unilateral cerebral palsy to improve occupational performance". *Developmental Medicine & Child Neurology* 57 (6): 530–538.

Jelsma, J., M. Pronk, G. Ferguson ja D. Jelsma-Smit. 2013. "The effect of the Nintendo Wii Fit on balance control and gross motor function of children with spastic hemiplegic cerebral palsy". Cited By 67, *Developmental Neurorehabilitation* 16 (1): 27–37. doi:10.3109/17518423.2012.711781.

Johansson, BB. 2011. "Current trends in stroke rehabilitation. A review with focus on brain plasticity". *Acta Neurologica Scandinavica* 123 (3): 147–159.

Johnson, L., M.-L. Bird, M. Muthalib ja W.-P. Teo. 2018. "Innovative Stroke Interactive Virtual Therapy (STRIVE) online platform for community-dwelling stroke survivors: A randomised controlled trial protocol". Cited By 2, *BMJ Open* 8 (1). doi:10.1136/bmjopen-2017-018388.

Jung, J., J. Yu ja H. Kang. 2012. "Effects of virtual reality treadmill training on balance and balance self-efficacy in stroke patients with a history of falling". Cited By 26, *Journal of Physical Therapy Science* 24 (11): 1133–1136. doi:10.1589/jpts.24.1133.

Kang, Hyung-Kyu, Young Kim, Yijung Chung ja Sujin Hwang. 2012. "Effects of treadmill training with optic flow on balance and gait in individuals following stroke: randomized controlled trials". *Clinical rehabilitation* 26 (3): 246–255.

Kassee, C., C. Hunt, M.W.R. Holmes ja M. Lloyd. 2017. "Home-based Nintendo Wii training to improve upper-limb function in children ages 7 to 12 with spastic hemiplegic cerebral palsy". Cited By 4, *Journal of Pediatric Rehabilitation Medicine* 10 (2): 145–154. doi:10.3233/PRM-170439.

Keller, J.W., ja H.J.A. Van Hedel. 2017. "Weight-supported training of the upper extremity in children with cerebral palsy: A motor learning study". Cited By 8, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 14 (1). doi:10.1186/s12984-017-0293-3.

Kho, Michelle E, Abdulla Damluji, Jennifer M Zanni ja Dale M Needham. 2012. "Feasibility and observed safety of interactive video games for physical rehabilitation in the intensive care unit: a case series". *Journal of critical care* 27 (2): 219–e1.

Kilbride, C., D.J.M. Scott, T. Butcher, M. Norris, J.M. Ryan, N. Anokye, A. Warland ym. 2018. "Rehabilitation via home based gaming exercise for the upper-limb post stroke (rhombus): Protocol of an intervention feasibility trial". Cited By 1, *BMJ Open* 8 (11). doi:10.1136/bmjopen-2018-026620.

Kim, Jungjin, Jaebum Son, Nayeon Ko ja BumChul Yoon. 2013. "Unsupervised virtual reality-based exercise program improves hip muscle strength and balance control in older adults: a pilot study". *Archives of physical medicine and rehabilitation* 94 (5): 937–943.

Kiper, P., A. Szczudlik, E. Mirek, R. Nowobilski, J. Opara, M. Agostini, P. Tonin ja A. Turolla. 2013. "The application of virtual reality in neuro-rehabilitation: Motor re-learning supported by innovative technologies". Cited By 3, *Rehabilitacja Medyczna* 17 (4): 29–36. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85009123062&partnerID=40&md5=2e4f303518c9b91953c7ffff2a17504a>.

Kong, K.-H., Y.-J. Loh, E. Thia, A. Chai, C.-Y. Ng, Y.-M. Soh, S. Toh ja S.-Y. Tjan. 2016. "Efficacy of a virtual reality commercial gaming device in upper limb recovery after stroke: A randomized, controlled study". Cited By 10, *Topics in Stroke Rehabilitation* 23 (5): 333–340. doi:10.1080/10749357.2016.1139796.

- Kosutzka, Z., A. Kusnirova, M. Hajduk, I. Straka, M. Minar ja P. Valkovic. 2019. “Gait disorders questionnaire—promising tool for virtual reality designing in patients with parkinson’s disease”. Cited By 0, *Frontiers in Neurology* 10 (SEP). doi:10 . 3389 / fneur . 2019 . 01024.
- Kumar, D., A. González, A. Das, A. Dutta, P. Fraisse, M. Hayashibe ja U. Lahiri. 2018. “Virtual reality-based center of mass-assisted personalized balance training system”. Cited By 1, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 5 (JAN). doi:10 . 3389 / fbioe . 2017 . 00085.
- Kwon, Jae-Sung, Mi-Jung Park, In-Jin Yoon ja Soo-Hyun Park. 2012. “Effects of virtual reality on upper extremity function and activities of daily living performance in acute stroke: a double-blind randomized clinical trial”. *NeuroRehabilitation* 31 (4): 379–385.
- Lange, Belinda S, Philip Requejo, Sheryl M Flynn, Albert A Rizzo, FJ Valero-Cuevas, Lisa Baker ja Carolee Winstein. 2010. “The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability”. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics* 21 (2): 339–356.
- Lange, Belinda, Sebastian Koenig, Eric McConnell, Chien-Yen Chang, Rick Juang, Evan Suma, Mark Bolas ja Albert Rizzo. 2012. “Interactive game-based rehabilitation using the Microsoft Kinect”. *Teoksessa 2012 IEEE Virtual Reality Workshops (VRW)*, 171–172. IEEE.
- Larsen, Lisbeth H, Lone Schou, Henrik Hautop Lund ja Henning Langberg. 2013. “The physical effect of exergames in healthy elderly—a systematic review”. *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications* 2 (4): 205–212.
- Larson, Eric B, Maia Feigon, Pablo Gagliardo ja Assaf Y Dvorkin. 2014. “Virtual reality and cognitive rehabilitation: a review of current outcome research”. *NeuroRehabilitation* 34 (4): 759–772.
- Laver, K, S George, S Thomas, JE Deutsch ja M Crotty. 2012. “Cochrane review: virtual reality for stroke rehabilitation.” *European journal of physical and rehabilitation medicine* 48 (3): 523–530.

- Laver, Kate, Stacey George, Julie Ratcliffe ja Maria Crotty. 2011. "Virtual reality stroke rehabilitation—hype or hope?" *Australian Occupational Therapy Journal* 58 (3): 215–219.
- Laver, Kate, Stacey George, Susie Thomas, Judith Deutsch ja Maria Crotty. 2015. "Virtual reality for stroke rehabilitation: an abridged version of a Cochrane review."
- Levac, Danielle E, ja Jane Galvin. 2013. "When is virtual reality "therapy"?" *Archives of physical medicine and rehabilitation* 94 (4): 795–798.
- Levin, Mindy F, Osnat Snir, Dario G Liebermann, Harold Weingarden ja Patrice L Weiss. 2012. "Virtual reality versus conventional treatment of reaching ability in chronic stroke: clinical feasibility study". *Neurology and therapy* 1 (1): 3.
- Levin, Mindy F, Patrice L Weiss ja Emily A Keshner. 2015. "Emergence of virtual reality as a tool for upper limb rehabilitation: incorporation of motor control and motor learning principles". *Physical therapy* 95 (3): 415–425.
- Lewis, Gwyn N, ja Juliet A Rosie. 2012. "Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: how do we meet the needs and expectations of the users?" *Disability and rehabilitation* 34 (22): 1880–1886.
- Li, Angela, Zorash Montaña, Vincent J Chen ja Jeffrey I Gold. 2011. "Virtual reality and pain management: current trends and future directions". *Pain management* 1 (2): 147–157.
- Li, R., N. Peterson, H.J. Walter, R. Rath, C. Curry ja T.A. Stoffregen. 2018. "Real-time visual feedback about postural activity increases postural instability and visually induced motion sickness". Cited By 0, *Gait and Posture* 65:251–255. doi:10.1016/j.gaitpost.2018.08.005.
- Lo, W.L.A., Y.R. Mao, L. Li, A.H. Lin, J.L. Zhao, L. Chen, Q. Lin, H. Li ja D.F. Huang. 2017. "Prospective clinical study of rehabilitation interventions with multisensory interactive training in patients with cerebral infarction: Study protocol for a randomised controlled trial". Cited By 2, *Trials* 18 (1). doi:10.1186/s13063-017-1874-y.

Lohse, Keith R, Courtney GE Hilderman, Katharine L Cheung, Sandy Tatla ja HF Machiel Van der Loos. 2014. “Virtual reality therapy for adults post-stroke: a systematic review and meta-analysis exploring virtual environments and commercial games in therapy”. *PloS one* 9 (3): e93318.

Lozano-Quilis, Jose-Antonio, Hermenegildo Gil-Gómez, Jose-Antonio Gil-Gómez, Sergio Albiol-Pérez, Guillermo Palacios-Navarro, Habib M Fardoun ja Abdulfattah S Mashat. 2014. “Virtual rehabilitation for multiple sclerosis using a kinect-based system: randomized controlled trial”. *JMIR serious games* 2 (2): e12.

Lupinacci, G., G. Gatti, C. Melegari ja S. Fontana. 2018. “Interactive design of patient-oriented video-games for rehabilitation: concept and application”. Cited By 0, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 13 (3): 234–244. doi:10.1080/17483107.2017.1306592.

Man, D.W.K., W.S. Poon ja C. Lam. 2013. “The effectiveness of artificial intelligent 3-D virtual reality vocational problem-solving training in enhancing employment opportunities for people with traumatic brain injury”. Cited By 21, *Brain Injury* 27 (9): 1016–1025. doi:10.3109/02699052.2013.794969.

Maris, A., K. Coninx, H. Seelen, V. Truyens, T. De Weyer, R. Geers, M. Lemmens ym. 2018. “The impact of robot-mediated adaptive I-TRAVLE training on impaired upper limb function in chronic stroke and multiple sclerosis”. Cited By 5, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology* 13 (1): 1–9. doi:10.1080/17483107.2016.1278467.

Martínez-Pernía, D., J. Núñez-Huasaf, Á. del Blanco, A. Ruiz-Tagle, J. Velásquez, M. Gomez, C. Robert Blesius, A. Ibañez, B. Fernández-Manjón ja A. Slachevsky. 2017. “Using game authoring platforms to develop screen-based simulated functional assessments in persons with executive dysfunction following traumatic brain injury”. Cited By 6, *Journal of Biomedical Informatics* 74:71–84. doi:10.1016/j.jbi.2017.08.012.

Mazzoleni, S., C. Duret, A.G. Grosmaire ja E. Battini. 2017. “Combining Upper Limb Robotic Rehabilitation with Other Therapeutic Approaches after Stroke: Current Status, Rationale, and Challenges”. Cited By 9, *BioMed Research International* 2017. doi:10.1155/2017/8905637.

McNish, R.N., P. Chembrammel, N.C. Speidel, J.J. Lin ja C. López-Ortiz. 2019. “Rehabilitation for children with dystonic cerebral palsy using haptic feedback in virtual reality: Protocol for a randomized controlled trial”. Cited By 0, *Journal of Medical Internet Research* 21 (1). doi:10.2196/11470.

Mehrholz, J., M. Pohl, J. Kugler, J. Burridge, S. Mückel ja B. Elsner. 2015. “Physical rehabilitation for critical illness myopathy and neuropathy: An abridged version of Cochrane Systematic Review”. Cited By 4, *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine* 51 (5): 655–661. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84945968119&partnerID=40&md5=555cffbebe06a8bb1e2ec181020539cb>.

Meldrum, Dara, Aine Glennon, Susan Herdman, Deirdre Murray ja Rory McConn-Walsh. 2012. “Virtual reality rehabilitation of balance: assessment of the usability of the Nintendo Wii® Fit Plus”. *Disability and rehabilitation: assistive technology* 7 (3): 205–210.

Meyer-Heim, A., ja H.J.A. van Hedel. 2013. “Robot-assisted and computer-enhanced therapies for children with cerebral palsy: Current state and clinical implementation”. Cited By 29, *Seminars in Pediatric Neurology* 20 (2): 139–145. doi:10.1016/j.spn.2013.06.006.

Miller, Kimberly J, Brooke S Adair, Alan J Pearce, Catherine M Said, Elizabeth Ozanne ja Meg M Morris. 2013. “Effectiveness and feasibility of virtual reality and gaming system use at home by older adults for enabling physical activity to improve health-related domains: a systematic review”. *Age and ageing* 43 (2): 188–195.

Mirelman, Anat, Inbal Maidan ja Judith E Deutsch. 2013. “Virtual reality and motor imagery: promising tools for assessment and therapy in Parkinson’s disease”. *Movement Disorders* 28 (11): 1597–1608.

Mirelman, Anat, Lynn Rochester, Inbal Maidan, Silvia Del Din, Lisa Alcock, Freek Nieuwhof, Marcel Olde Rikkert, Bastiaan R Bloem, Elisa Pelosin, Laura Avanzino ym. 2016. “Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME): a randomised controlled trial”. *The Lancet* 388 (10050): 1170–1182.



Mirelman, Anat, Lynn Rochester, Miriam Reelick, Freek Nieuwhof, Elisa Pelosin, Giovanni Abbruzzese, Kim Dockx, Alice Nieuwboer ja Jeffrey M. Hausdorff. 2013. "V-TIME: a treadmill training program augmented by virtual reality to decrease fall risk in older adults: study design of a randomized controlled trial". *BMC Neurology* 13 (1). <https://doi.org/10.1186/1471-2377-13-15>.

Mitchell, Louise, Jenny Ziviani, Stina Oftedal ja Roslyn Boyd. 2012. "The effect of virtual reality interventions on physical activity in children and adolescents with early brain injuries including cerebral palsy". *Developmental Medicine & Child Neurology* 54 (7): 667–671.

Molina, Karina Iglesia, Natalia Aquaroni Ricci, Suzana Albuquerque de Moraes ja Monica Rodrigues Perracini. 2014. "Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults: a systematic review". *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 11 (1): 156.

Morone, Giovanni, Marco Tramontano, Marco Iosa, Jacob Shofany, Antonella Iemma, Massimo Musicco, Stefano Paolucci ja Carlo Caltagirone. 2014. "The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial". *BioMed research international* 2014.

Mottura, S., L. Fontana, S. Arlati, A. Zangiacomì, C. Redaelli ja M. Sacco. 2015. "A virtual reality system for strengthening awareness and participation in rehabilitation for post-stroke patients". Cited By 6, *Journal on Multimodal User Interfaces* 9 (4): 341–351. doi:10.1007/s12193-015-0184-5.

Ng, Y.S., E. Chew, G.S. Samuel, Y.L. Tan ja K.H. Kong. 2013. "Advances in rehabilitation medicine". Cited By 8, *Singapore Medical Journal* 54 (10): 538–551. doi:10.11622/smedj.2013197.

Novak, D., A. Nagle, U. Keller ja R. Riener. 2014. "Increasing motivation in robot-aided arm rehabilitation with competitive and cooperative gameplay". Cited By 72, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 11 (1). doi:10.1186/1743-0003-11-64.

O'Neil, O., C. Gatzidis ja I. Swain. 2014. "A state of the art survey in the use of video games for upper limb stroke rehabilitation". Cited By 3, *Intelligent Systems Reference Library* 68:345–370. doi:10.1007/978-3-642-54816-1\_18.

- Ossmy, O., ja R. Mukamel. 2016. “Neural Network Underlying Intermanual Skill Transfer in Humans”. Cited By 9, *Cell Reports* 17 (11): 2891–2900. doi:10.1016/j.celrep.2016.11.009.
- Palacios-Navarro, G., I. García-Magariño ja P. Ramos-Lorente. 2015. “A Kinect-Based System for Lower Limb Rehabilitation in Parkinson’s Disease Patients: a Pilot Study”. Cited By 27, *Journal of Medical Systems* 39 (9). doi:10.1007/s10916-015-0289-0.
- Paolini, G., A. Peruzzi, A. Mirelman, A. Cereatti, S. Gaukrodger, J.M. Hausdorff ja U.D. Croce. 2014. “Validation of a method for real time foot position and orientation tracking with microsoft kinect technology for use in virtual reality and treadmill based gait training programs”. Cited By 19, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 22 (5): 997–1002. doi:10.1109/TNSRE.2013.2282868.
- Park, Kyung-Min, Jeonghun Ku, Soo-Hee Choi, Hee-Jeong Jang, Ji-Yeon Park, Sun I Kim ja Jae-Jin Kim. 2011. “A virtual reality application in role-plays of social skills training for schizophrenia: a randomized, controlled trial”. *Psychiatry research* 189 (2): 166–172.
- Parsons, T.D., ja Z. Trost. 2014. “Virtual reality graded exposure therapy as treatment for pain-related fear and disability in chronic pain”. Cited By 7, *Intelligent Systems Reference Library* 68:523–546. doi:10.1007/978-3-642-54816-1\_25.
- Peruzzi, A., A. Cereatti, U. Della Croce ja A. Mirelman. 2016. “Effects of a virtual reality and treadmill training on gait of subjects with multiple sclerosis: A pilot study”. Cited By 24, *Multiple Sclerosis and Related Disorders* 5:91–96. doi:10.1016/j.msard.2015.11.002.
- Pietrzak, Eva, Stephen Pullman ja Annabel McGuire. 2014. “Using virtual reality and video-games for traumatic brain injury rehabilitation: a structured literature review”. *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications* 3 (4): 202–214.
- Proffitt, Rachel, ja Belinda Lange. 2015. “Considerations in the efficacy and effectiveness of virtual reality interventions for stroke rehabilitation: moving the field forward”. *Physical therapy* 95 (3): 441–448.

- Rahmani, Esmaeel, ja Suzanne Austin Boren. 2012. "Videogames and health improvement: a literature review of randomized controlled trials". *GAMES FOR HEALTH: Research, Development, and Clinical Applications* 1 (5): 331–341.
- Rand, D., H. Weingarden, R. Weiss, A. Yacoby, S. Reif, R. Malka, D.A. Shiller ja G. Zeilig. 2017. "Self-training to improve UE function at the chronic stage post-stroke: a pilot randomized controlled trial". Cited By 8, *Disability and Rehabilitation* 39 (15): 1541–1548. doi:10.1080/09638288.2016.1239766.
- Reger, Greg M, Patricia Koenen-Woods, Kimberlee Zetocha, Derek J Smolenski, Kevin M Holloway, Barbara O Rothbaum, JoAnn Difede, Albert A Rizzo, Amanda Edwards-Stewart, Nancy A Skopp ym. 2016. "Randomized controlled trial of prolonged exposure using imaginal exposure vs. virtual reality exposure in active duty soldiers with deployment-related posttraumatic stress disorder (PTSD)." *Journal of consulting and clinical psychology* 84 (11): 946.
- Rendon, Abel Angel, Everett B Lohman, Donna Thorpe, Eric G Johnson, Ernie Medina ja Bruce Bradley. 2012. "The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults". *Age and ageing* 41 (4): 549–552.
- Rhea, C.K., ja N.A. Kuznetsov. 2017. "Using visual stimuli to enhance gait control". Cited By 0, *Journal of Vestibular Research: Equilibrium and Orientation* 27 (1): 7–16. doi:10.3233/VES-170602.
- Riva, Giuseppe, Rosa M Baños, Cristina Botella, Fabrizia Mantovani ja Andrea Gaggioli. 2016. "Transforming experience: the potential of augmented reality and virtual reality for enhancing personal and clinical change". *Frontiers in psychiatry* 7:164.
- Saleh, S., M. Yarossi, T. Manuweera, S. Adamovich ja E. Tunik. 2017. "Network interactions underlying mirror feedback in stroke: A dynamic causal modeling study". Cited By 5, *NeuroImage: Clinical* 13:46–54. doi:10.1016/j.nicl.2016.11.012.

Sampson, P., C. Freeman, S. Coote, S. Demain, P. Feys, K. Meadmore ja A.-M. Hughes. 2016. "Using Functional Electrical Stimulation Mediated by Iterative Learning Control and Robotics to Improve Arm Movement for People with Multiple Sclerosis". Cited By 28, *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 24 (2): 235–248. doi:10.1109/TNSRE.2015.2413906.

Saposnik, Gustavo, Leonardo G Cohen, Muhammad Mamdani, Sepideth Pooyania, Michelle Ploughman, Donna Cheung, Jennifer Shaw, Judith Hall, Peter Nord, Sean Dukelow ym. 2016. "Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST): a randomised, multicentre, single-blind, controlled trial". *The Lancet Neurology* 15 (10): 1019–1027.

Saposnik, Gustavo, Mindy Levin ja Stroke Outcome Research Canada (SORCan) Working Group. 2011. "Virtual reality in stroke rehabilitation: a meta-analysis and implications for clinicians". *Stroke* 42 (5): 1380–1386.

Saposnik, Gustavo, Muhammad Mamdani, Mark Bayley, Kevin E Thorpe, Judith Hall, Leonardo G Cohen ja Robert Teasell. 2010. "Effectiveness of Virtual Reality Exercises in STroke Rehabilitation (EVREST): rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the Wii gaming system". *International Journal of Stroke* 5 (1): 47–51.

Schmitt, Y.S., H.G. Hoffman, D.K. Blough, D.R. Patterson, M.P. Jensen, M. Soltani, G.J. Carrougner, D. Nakamura ja S.R. Sharar. 2011. "A randomized, controlled trial of immersive virtual reality analgesia, during physical therapy for pediatric burns". Cited By 72, *Burns* 37 (1): 61–68. doi:10.1016/j.burns.2010.07.007.

Sheehy, L., A. Taillon-Hobson, H. Sveistrup, M. Bilodeau, D. Fergusson, D. Levac ja H. Finestone. 2016. "Does the addition of virtual reality training to a standard program of in-patient rehabilitation improve sitting balance ability and function after stroke? Protocol for a single-blind randomized controlled trial". Cited By 9, *BMC Neurology* 16 (1). doi:10.1186/s12883-016-0563-x.

Shin, J.-H., H. Ryu ja S.H. Jang. 2014. "A task-specific interactive game-based virtual reality rehabilitation system for patients with stroke: A usability test and two clinical experiments". Cited By 63, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 11 (1). doi:10.1186/1743-0003-11-32.

Simkins, M., N. Byl, H. Kim, G. Abrams ja J. Rosen. 2016. "Upper limb bilateral symmetric training with robotic assistance and clinical outcomes for stroke: A pilot study". Cited By 5, *International Journal of Intelligent Computing and Cybernetics* 9 (1): 83–104. doi:10.1108/IJICC-09-2014-0041.

Singh, Devinder KA, Bala S Rajaratnam, Vijayakumar Palaniswamy, Hannah Pearson, Vimal P Raman ja Pei Sien Bong. 2012. "Participating in a virtual reality balance exercise program can reduce risk and fear of falls". *Maturitas* 73 (3): 239–243.

Snider, Laurie, Annette Majnemer ja Vasiliki Darsaklis. 2010. "Virtual reality as a therapeutic modality for children with cerebral palsy". *Developmental neurorehabilitation* 13 (2): 120–128.

Straker, Leon M, Amity C Campbell, Lyn M Jensen, Deborah R Metcalf, Anne J Smith, Rebecca A Abbott, Clare M Pollock ja Jan P Piek. 2011. "Rationale, design and methods for a randomised and controlled trial of the impact of virtual reality games on motor competence, physical activity, and mental health in children with developmental coordination disorder". *BMC public health* 11 (1): 654.

Streicher, M.C., J.L. Alberts, M.H. Sutliff ja F. Bethoux. 2018. "Effects and feasibility of virtual reality system vs traditional physical therapy training in multiple sclerosis patients". Cited By 0, *International Journal of Therapy and Rehabilitation* 25 (10): 522–528. doi:10.12968/ijtr.2018.25.10.522.

Szturm, Tony, Aimee L Betker, Zahra Moussavi, Ankur Desai ja Valerie Goodman. 2011. "Effects of an interactive computer game exercise regimen on balance impairment in frail community-dwelling older adults: a randomized controlled trial". *Physical therapy* 91 (10): 1449–1462.

Tashjian, Vartan C, Sasan Mosadeghi, Amber R Howard, Mayra Lopez, Taylor Dupuy, Mark Reid, Bibiana Martinez, Shahzad Ahmed, Francis Dailey, Karen Robbins ym. 2017. “Virtual reality for management of pain in hospitalized patients: results of a controlled trial”. *JMIR mental health* 4 (1): e9.

Thielbar, K.O., T.J. Lord, H.C. Fischer, E.C. Lazzaro, K.C. Barth, M.E. Stoykov, K.M. Triandafilou ja D.G. Kamper. 2014. “Training finger individuation with a mechatronic-virtual reality system leads to improved fine motor control post-stroke”. Cited By 23, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 11 (1). doi:10.1186/1743-0003-11-171.

Trost, Z., ja T.D. Parsons. 2014. “Beyond Distraction: Virtual Reality Graded Exposure Therapy as Treatment for Pain-Related Fear and Disability in Chronic Pain”. Cited By 4, *Journal of Applied Biobehavioral Research* 19 (2): 106–126. doi:10.1111/jabr.12021.

Tsekleves, E., A. Warland, C. Kilbride, I. Paraskevopoulos ja D. Skordoulis. 2014. “The use of the nintendo wii in motor rehabilitation for virtual reality interventions: A literature review”. Cited By 2, *Intelligent Systems Reference Library* 68:321–344. doi:10.1007/978-3-642-54816-1\_17.

Tsu, A.P., G.M. Abrams ja N.N. Byl. 2014. “Poststroke upper limb recovery”. Cited By 5, *Seminars in Neurology* 34 (5): 485–495. doi:10.1055/s-0034-1396002.

Turolla, Andrea, Mauro Dam, Laura Ventura, Paolo Tonin, Michela Agostini, Carla Zucconi, Pawel Kiper, Annachiara Cagnin ja Lamberto Piron. 2013. “Virtual reality for the rehabilitation of the upper limb motor function after stroke: a prospective controlled trial”. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* 10 (1): 85.

Turon, M., S. Fernandez-Gonzalo, M. Jodar, G. Gomà, J. Montanya, D. Hernando, R. Bailón ym. 2017. “Feasibility and safety of virtual-reality-based early neurocognitive stimulation in critically ill patients”. Cited By 5, *Annals of Intensive Care* 7 (1). doi:10.1186/s13613-017-0303-4.

Ulaşlı, A.M., U. Türkmen, H. Toktaş ja T. Solak. 2014. “The complementary role of the kinect virtual reality game training in a patient with metachromatic leukodystrophy”. Cited By 4, *PM and R* 6 (6): 564–567. doi:10.1016/j.pmrj.2013.11.010.

Walker, Martha L, Stacie I Ringleb, George C Maihafer, Robert Walker, Jessica R Crouch, Bonnie Van Lunen ja Steven Morrison. 2010. “Virtual reality–enhanced partial body weight–supported treadmill training poststroke: feasibility and effectiveness in 6 subjects”. *Archives of physical medicine and rehabilitation* 91 (1): 115–122.

Venkataraman, V., P. Turaga, M. Baran, N. Lehrer, T. Du, L. Cheng, T. Rikakis ja S.L. Wolf. 2016. “Component-level tuning of kinematic features from composite therapist impressions of movement quality”. Cited By 3, *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics* 20 (1): 143–152. doi:10.1109/JBHI.2014.2375206.

Vieira, Á., J. Gabriel, C. Melo ja J. Machado. 2017. “Kinect system in home-based cardiovascular rehabilitation”. Cited By 8, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part H: Journal of Engineering in Medicine* 231 (1): 40–47. doi:10.1177/0954411916679201.

Vieira, Á.S.D.S., M. Cristina Damas Argel de Melo, S.P. Andreia Raquel Santos Noites, J.P. Machado ja M.M. Joaquim Gabriel. 2017. “The effect of virtual reality on a home-based cardiac rehabilitation program on body composition, lipid profile and eating patterns: A randomized controlled trial”. Cited By 2, *European Journal of Integrative Medicine* 9:69–78. doi:10.1016/j.eujim.2016.11.008.

Vieira, G.P., D.F.G.H. de Araujo, M.A.A. Leite, M. Orsini ja C.L. Correa. 2014. “Virtual reality in physical rehabilitation of patients with Parkinson’s disease”. Cited By 8, *Journal of Human Growth and Development* 24 (1): 31–41. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84897870723&partnerID=40&md5=88416a42140e60e9458f03ff83677a7f>.

Worthen-Chaudhari, L., C.N. Whalen, C. Swendal, M. Bockbrader, S. Haserodt, R. Smith, M.K. Bruce ja W.J. Mysiw. 2013. “A feasibility study using interactive graphic art feedback to augment acute neurorehabilitation therapy”. Cited By 5, *NeuroRehabilitation* 33 (3): 481–490. doi:10.3233/NRE-130981.

Yamato, T.P., J.E. Pompeu, S.M.A.A. Pompeu ja L. Hassett. 2016. “Virtual reality for stroke rehabilitation”. Cited By 4, *Physical Therapy* 96 (10): 1508–1513. doi:10.2522/ptj.20150539.

Yin, C., Y.-H. Hsueh, C.-Y. Yeh, H.-C. Lo ja Y.-T. Lan. 2016. “A virtual reality-cycling training system for lower limb balance improvement”. Cited By 7, *BioMed Research International* 2016. doi:10.1155/2016/9276508.

Zhang, S., Q. Fu, S. Guo ja Y. Fu. 2018. “Coordinative motion-based bilateral rehabilitation training system with exoskeleton and haptic devices for biomedical application”. Cited By 1, *Micromachines* 10 (1). doi:10.3390/mi10010008.



# Liitteet

## A Pilotointi

<b>Ensimmäinen pilottihaku (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
virtual reality AND health	55,861
virtual reality AND wellbeing	1,871
virtual reality AND rehabilitation	25,411
virtual reality AND randomized controlled trial	15,790
virtual reality AND rct	806

Osumia oli erittäin suuri määrä. Kavennettiin tulosten määrää suorittamalla tarkempia hakuja yhdistetyllä "virtual reality"lauseella. Suoritettiin tämä haku samoille hakusanoille.

<b>Toinen pilottihaku (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
("virtual reality") AND health	42,485
("virtual reality") AND wellbeing	1,270
("virtual reality") AND rehabilitation	23,177
("virtual reality") AND ("randomized controlled trial")	12,142
("virtual reality") AND rct	692

Huomattiin että osumien määrä on edelleen suuri. Tarkennettiin hakuja lisäämällä maininta satunnaistetuista vertailukokeista "randomized controlled trial", myös lyhennettynä "rct".

<b>Kolmas pilottihaku (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
("virtual reality") AND health AND rct	586
("virtual reality") AND wellbeing AND rct	42
("virtual reality") AND rehabilitation AND rct	429
("virtual reality") AND health AND ("randomized controlled trial")	9,234
("virtual reality") AND wellbeing AND ("randomized controlled trial")	354
("virtual reality") AND rehabilitation AND ("randomized controlled trial")	5,758

Osumien määrä oli pienempi kuin aiemmin. Huomattiin että lyhenne "rct" rajaa erittäin paljon hakutuloksia ja "Randomized controlled trial" tuotti enemmän tuloksia. Varmistettiin ja tarkennettiin hakulauseketta tekemällä haut määritellyn protokollan mukaisesti:

Virtuaalitodellisuus otsikossa, abstraktissa tai avainsanoissa, artikkeli, final publication, 2014 eteenpäin, Englanti

<b>Neljäs pilottihaku (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ("rehabilitation") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final") ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar") ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English") )	720
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ("rehabilitation") AND ( "rct") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final") ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar") ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English") )	38
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ("health") AND ( "rct") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final") ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar") ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English") )	49
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ("wellbeing") AND ( "rct") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final") ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar") ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English") )	2

Muokattiin protokollaa: todettiin että "rct"ei hyvä hakutermi, rajaa liikaa hakutuloksia, joten se jätettiin pois. Osumien määrä "randomized controlled trial"hakusanalla alkoi lähestyä järkevää määrää. Jatkettiin varioimalla tätä hakulauseketta sisällyttämällä siihen kuntoutukseen ja teknologioihin liittyviä termejä.

<b>Viides pilottihaku (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "wellbeing") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOC-TYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND NOT ( "augmented reality" )	25
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "health") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOC-TYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND NOT ( "augmented reality" )	954
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "rehabilitation") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND NOT ( "augmented reality" )	637
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "physical rehabilitation") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND NOT ( "augmented reality" )	61
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "physical rehabilitation") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2014 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) ) AND NOT ( "augmented reality" ) AND NOT ("mental")	39

Huomattiin virtuaalitodellisuuden määritelmän väljyys -> "health" ja pelkästään "rehabilitation" ovat termeinä liian laajoja (liian paljon hakutuloksia). Keskityttiin tutkimaan vain fyysisistä kuntoutusta. Myös "Augmented reality" ja "wellbeing" rajaavat hakuja liikaa (liian vähän

tuloksia).

Tehtiin muutokset näiden havaintojen perusteella ja laajennettiin hakua neljällä vuodella: 2014->2010.

<b>Kuudes pilottihaku (Scopus)</b>	
<b>Hakulause</b>	<b>Osumien määrä</b>
TITLE-ABS-KEY ( "virtual reality") AND ( "physical rehabilitation") AND ( "randomized controlled trial") AND PUBYEAR > 2010 AND ( LIMIT-TO ( PUBSTAGE , "final" ) ) AND ( LIMIT-TO ( DOCTYPE , "ar" ) ) AND ( LIMIT-TO ( LANGUAGE , "English" ) )	99

**Löytyneitä artikkeleita:** 99 kappaletta

Todettiin että tämä on sopiva määrä löytyneitä artikkeleita, jonka hakulauseke täyttää protokollan vaatimukset.