jamk.fi

Visuaalisen palautteen käyttö amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa

Opinnäytetyö

Iina Flyktman

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2020
Sosiaali- ja terveysala
Fysioterapeutti (AMK)

Jyväskylän ammattikorkeakoulu
JAMK University of Applied Sciences

jamk.fi

Kuvailulehti

Tekijä(t)	Julkaisun laji	Päivämäärä
Flyktman, Iina	Opinnäytetyö, AMK	Maaliskuu 2020
	Sivumäärä 48	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x

Työn nimi
Visuaalisen palautteen käyttö amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa

Tutkinto-ohjelma
Fysioterapeutti (AMK)

Työn ohjaaja(t)
Kuukkanen Tiina, Mäki-Natunen Pirjo

Toimeksiantaja(t)

Tiivistelmä

Muun muassa raajavammojen ja pahanlaatuisten kasvainten uudet hoitomenetelmät ovat vähentäneet viime vuosina etenkin yläraaja-amputaatioiden tarvetta. Kuitenkin alaraaja-amputaatioista suurin osa on seurausta verenkiertohäiriöistä sekä diabetekseen liittyvistä komplikaatioista ja on arvioitu, että seuraavien 20-30 vuoden kuluessa alaraaja-amputaatioiden ilmaantuvuus kaksinkertaistuu. Amputaation jälkeisestä aavekivusta kärsii arviolta 50-80 % amputaatiopotilaista. Aavekivun suuren esiintyvyyden sekä kroonisesta kivusta aiheutuvan elämänlaadun heikkenemisen vuoksi aavekivun lievittämiseen on pyritty löytämään vaikuttavia ja kustannustehokkaita hoitomuotoja.

Tämän kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena oli lisätä tietoa visuaalisen palautteen käytöstä raaja-amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa. Tavoitteena oli kerätä tietoa siitä, millaista terapeuttista harjoittelua aavekivun hoitoon on käytetty ja millaisia tuloksia harjoittelulla on saatu aikaan. Kirjallisuuskatsauksen aineisto kerättiin neljästä Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkossa saatavilla olevasta sähköisestä tietokannasta: Academic Search Elite, Cinahl, PEDro ja PubMed. Sisäänottoprosessissa käytiin läpi yhteensä 300 tutkimusta, joista kirjallisuuskatsaukseen valittiin 10 tutkimusta sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti.

Tutkimuksista viisi käsitteli peiliterapiaa, neljä virtuaalitodellisuutta terapiamuotona ja yksi näiden yhdistelmää. Kaikissa tutkimuksissa havaittiin alenemaa aavekivun intensiteetissä harjoittelujaksojen tuloksena. Visuaalisen palautteen käyttö terapiamuotona oli muihin terapiamuotoihin verrattuna tehokkaampaa sekä lyhensi merkittävästi yhtenäisten kipujaksojen kestoa ja esiintyvyyttä. Käsiteltyjen tutkimusten tulokset antavat viitteitä, että visuaalisen palautteen käyttö aavekivun leivittämisessä on vaikuttavaa, kun siihen yhdistetään amputoidun raajan mielikuvaharjoittelu ja kun harjoittelu on säännöllistä. Virtuaalitodellisuuden käytöstä terapiamuotona on tällä hetkellä vielä rajallisesti tutkimustietoa. On kuitenkin viitteitä, että sen avulla voidaan tulevaisuudessa tehostaa visuaalisen palautteen hyötyjä mahdollistamalla monipuolisempi harjoittelu. Lisäksi esimerkiksi pelillisten ominaisuuksien kautta voidaan tehokkaammin sitouttaa ja motivoida potilaita harjoitteluun.

Avainsanat (asiasanat)
Aavekipu, amputaatio, kivunhoito, peiliterapia, virtuaalitodellisuus, visuaalinen palaute, mielikuvaharjoittelu, fysioterapia

Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)

jamk.fi

Description

Author(s) Flyktman, Iina	Type of publication Bachelor's thesis	Date March 2020
		Language of publication: Finnish
	Number of pages 48	Permission for web publication: x

Title of publication

Visual feedback in the treatment of phantom limb pain

Degree programme

Degree Programme in Physiotherapy

Supervisor(s)

Kuukkanen Tiina, Mäki-Natunen Pirjo

Assigned by

Abstract

During the past years, new treatment methods for limb lesions and malign tumors have reduced the number of limb amputations. However, most lower limb amputations are due to disturbances in blood circulation and complications related to diabetes. It is estimated that during the following 20-30 years, the incidence of lower limb amputations will double. 50-80 % of amputees suffer from phantom limb pain. Due to the high prevalence of the pain and its impacts on the quality of life, it is important to find efficient and cost-effective treatments for phantom limb pain.

The purpose of this descriptive literature review was to increase awareness of the use of visual feedback in the treatment of phantom limb pain. The aim was to collect information about the therapeutic exercise methods used in the treatment of phantom limb pain and their effects. The material was collected from four databases provided by JAMK University of Applied Sciences: Academic Search Elite, Cinahl, PEDro and PubMed. The search resulted in 300 studies, and based on the inclusion and exclusion criteria, ten studies were selected for the review.

Five of the studies addressed mirror therapy, four virtual reality and one the combination of both therapies. A decrease in the intensity of phantom limb pain was observed in all studies. Compared to other interventions, visual feedback was more effective and decreased the duration and frequency of continuous pain. The results suggest that visual feedback is an efficient therapy when it is combined with mental imagery and regular training. There is still limited research available addressing the utilisation of virtual reality as an exercise method. However, there are promising results that the advantages of visual feedback can be enhanced with virtual reality training.

Keywords/tags (subjects)

Phantom limb pain, PLP, amputation, pain management, mirror therapy, virtual reality, visual feedback, mental imagery, physiotherapy

Miscellaneous (Confidential information)

Sisältö

1 Johdanto ... 3

2 Raaja-amputaatio ja kipu ... 4

2.1 Raaja-amputaatioiden syyt ... 4

2.2 Raaja-amputaatio toimenpiteenä ... 6

2.3 Amputaation jälkeinen aavekipu ... 7

3 Terapeuttinen harjoittelu aavekivun hoidossa ... 9

3.1 Mielikuvaharjoittelu ... 9

3.2 Peiliterapia ... 10

3.3 Virtuaalitodellisuus ... 11

4 Tarkoitus ja tavoite ... 12

5 Tutkimuksen toteutus ... 13

5.1 Tutkimusmenetelmä ... 13

5.2 Aineiston hankinta ja valinta ... 14

5.3 Aineiston analyysi ... 17

5.4 Eettisyys ja luotettavuus ... 17

6 Aineiston kuvaus ... 18

7 Tulokset ... 22

7.1 Terapeuttisen harjoittelun kuvaus ... 22

7.2 Terapeuttisen harjoittelun tulokset ... 29

7.3 Yhteenveto tuloksista ... 35

8 Pohdinta ... 37

Lähteet ... 44

Taulukot

Taulukko 1. Opinnäytetyön sisäänottokriteerit 15
Taulukko 2. Opinnäytetyön poissulkukriteerit 15
Taulukko 3. Sisäänottoprosessi 16
Taulukko 4. Aineiston kuvaus 19
Taulukko 5. Terapeuttisen harjoittelun kuvaus 23
Taulukko 6. Terapeuttisen harjoittelun tulokset 30

1 Johdanto

Raaja-amputaatiolle on useita syitä. Suomessa jopa 80 % alaraaja-amputaatioista on seurausta verenkiertohäiriöistä sekä diabetekseen liittyvistä komplikaatioista. (Määttänen & Pohjolainen 2015.) Alaraaja-amputaatiot ovat yleinen kirurginen toimenpide ja on arvioitu, että niiden ilmaantuvuus kaksinkertaistuu seuraavien 20-30 vuoden kuluessa (Kauhanen & Juutilainen 2018). Yläraaja-amputaatioista runsaassa 60 %:ssa syynä ovat tapaturmat ja suurin osa yläraaja-amputaatioista liittyy sormiin. Ranteen tai sitä ylemmän tason raaja-amputaatioita tehdään vuosittain vain noin 20-30 kappaletta. Muita syitä raaja-amputaatiolle ovat muun muassa infektiot, sarkoomat sekä komplisoituneet murtumat. (Määttänen & Pohjolainen 2015.)

Amputaation jälkeisestä puuttuvan raajan aavekivusta arvioidaan kärsivän 50-80 % potilaista. Aavekipu ilmenee erilaisina tuntemuksina puuttuvasta raajasta, esimerkiksi pistelynä, jyskytyksenä, poltteluna tai iskevänä tunteena. Usein aavekipua koetaan voimakkaimmin muutamana ensimmäisenä viikkona amputaation jälkeen, jonka jälkeen kivun voimakkuus ja esiintymistiheys voivat vähentyä. Varsinaisen kiputuntemuksen lisäksi kipu voi aiheuttaa sekundaarisia vaikutuksia, kuten masennusta, elämänlaadun heikkenemistä sekä häiriöitä päivittäisissä toimissa. (Aternali & Katz 2019, 3.)

Aavekivun patofysiologiaa tai etiologiaa ei ole vielä pystytty täysin osoittamaan. On erittäin todennäköistä, että sen syntyyn vaikuttavat muutokset ääreis- ja keskushermostossa, psykososiaaliset tekijät sekä näiden osatekijöiden vuorovaikutus. (Luo & Anderson 2016, 124-125.) Aavekivun lievittämiseen on etsitty ratkaisua lääkehoidosta, eri terapiamuodoista sekä leikkaushoidoista viimeisen 50 vuoden aikana. Hoitomuodot kohdistuvat usein vain yhteen kipumekanismiin, eikä vielä ole pystytty osoittamaan tiettyä interventiota, joka olisi yhdenmukaisesti vaikuttava. (Aternali & Katz 2019, 3.) Aavekivun suuren esiintyvyyden vuoksi, sekä kroonisen kivun aiheuttaman elämänlaadun heikkenemisen vuoksi, aavekivun hoitoon pyritään löytämään tehokkaita sekä kustannustehokkaita hoitomuotoja (Külünkoğlu, Erbahçeci & Alkan 2019, 3).

Visuaalinen palaute perustuu terapiamuotona aivojen plastisuuteen sekä amputaation jälkeisten muutosten hillitsemiseen ja kumoamiseen keskushermostossa (Dunn, Yeo, Moghaddampour, Chau & Humbert 2017, 596). Visuaalista palautetta hyödyntävät terapiamuodot mahdollistavat visuaalisen illuusion puuttuvan raajan liikkeistä ja yhdistävät raajan aktiviteetin seuraamiseen mielikuvaharjoitteluun. Tämän avulla pyritään aktivoimaan amputoidun raajan aivoalueita ja palauttamaan niiden normaaleja edustusalueita ja inhiboivia prosesseja sekä vähentämään poikkeavaa aktiivisuutta. (Aternali & Katz 2019, 7.) Visuaalinen palaute voidaan toteuttaa esimerkiksi peileillä, virtuaalitodellisuudella tai videokuvalla. (Colmenero, Marmol, Martí-García, Zaldivar, Haro, Sánchez & Aguilar-Ferrándiz 2018.)

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan visuaalisen palautteen käyttöä amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa. Työssä keskitytään aavekivun hoitoon peiliterapian tai virtuaalitodellisuuden avulla. Opinnäytetyön tavoitteena on kerätä tietoa siitä, millaista terapeuttista harjoittelua aavekivun hoitoon on käytetty ja millaisia tuloksia harjoittelulla on saatu aikaan. Työn tarkoituksena on lisätä tietoa visuaalisen palautteen käytöstä amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa ja työn tulokset voivat toimia teoriaperustana yksilöllisen fysioterapian suunnittelussa.

2 Raaja-amputaatio ja kipu

2.1 Raaja-amputaatioiden syyt

Suomessa alaraaja-amputaatioista jopa 80 % tehdään verenkiertohäiriöiden ja diabeteksen takia. Infektioiden ja vaikeiden murtumien osuus alaraaja-amputaatioista on 5 % ja muut syyt, kuten embolia ja sarkooma, ovat selvästi harvinaisempia. Alaraaja-amputoidut ovat pääosin iäkkäitä ja monisairaita. (Määttänen & Pohjolainen 2015.) Yläraajan iskeemiset amputaatiot ovat harvinaisia, koska yläraajassa on alaraajaan verrattuna hyvä kollateraalinen verenkierto (Kauhanen & Juutilainen 2018). Yläraaja-amputaatioista runsaassa 60 %:ssa syynä ovat tapaturmat. Yläraaja-amputoiduista noin 80 % on alle 60-vuotiaita työikäisiä ja lähes 90 % on miehiä.

Raajavammojen, pahanlaatuisten kasvainten ja osteomyeliitin uudet hoitomenetelmät ovat vähentäneet viime vuosina etenkin yläraaja-amputaatioiden tarvetta. (Määttänen & Pohjolainen 2015.) Kuitenkin suurin osa amputaatioista tehdään verenkiertosairauden takia ja on arvioitu, että amputaatioiden ilmaantuvuus kaksinkertaistuu tulevien 20-30 vuoden kuluessa (Kauhanen & Juutilainen 2018).

Alaraajojen tukkivassa valtimotaudissa ateroskleroosista johtuvat muutokset ahtauttavat alaraajan valtimoita (Venermo 2016). Valtimoverenkierron riittämättömyys aiheuttaa kudoksissa hapenpuutetta ja lopulta kudosvaurioita tai kuolion (Venermo 2010). Akuutissa iskemiassa raajan valtimoverenkierto tukkeutuu äkillisesti. Akuutti iskemia voi johtua muun muassa sydänperäisestä emboliasta, paikallisesta ateroskleroottisesta suonesta tai valtimosiirteen tukkeumasta. (Venermo 2016.) Vaikka raajaan olisi saatu hyvä verenkierto kriittisen iskemian jälkeen, amputaatio joudutaan usein toteuttamaan hallitsemattoman infektion vuoksi. (Kauhanen & Juutilainen 2018.) Joka toisella kriittistä iskemiaa sairastavalla on diabetes (Alaraajojen tukkiva valtimotauti 2010).

Joka toinen sääri- tai reisiamputaatio tehdään Suomessa diabeetikolle (Alaraajojen tukkiva valtimotauti 2010). Diabetesta sairastavilla onkin 10-15 -kertainen riski joutua alaraajan amputaatioon. Amputaatiota edeltää usein jalkahaava ja jokin diabetekseen liittyvä komplikaatio, kuten iskemia tai neuropatia, joka altistaa haavalle. Diabeetikoilla voi olla tukkeuman tai kapillaaritason muutosten vuoksi heikentynyt verenkierto jaloissa, mikä heikentää hapen siirtymistä verenkierrosta kudokseen. Tämä voi johtaa herkästi infektoituvien iskeemisten haavaumien syntyyn. Lisäksi neuropatia heikentää diabeetikon tuntoaistia, joka voi altistaa jalan virheasennoille, hankaumille ja painaumille. Neuropatian vuoksi jalan haavauma voi jäädä huomaamatta ja hidaskulkuinen infektio pääsee etenemään syviin kudoksiin, kuten luuhun. (Anttila & Kanerva 2011.)

2.2 Raaja-amputaatio toimenpiteenä

Vaikka amputaatio on luonteeltaan lopullinen ja peruuttamaton, se on usein välttämätöntä potilaan kokonaishoidon kannalta. Amputaatiopäätös tehdään aina yksilöllisesti ottaen huomioon potilaan toive sekä kliininen tilanne. Amputaatiokirurgian tavoitteena on vaurioituneen tai sairaan osan poistaminen niin, että kuntoutukselle luodaan mahdollisimman hyvät edellytykset. Amputaation välittöminä tavoitteina on elinkelvottoman kudoksen poistaminen, kivun lievittäminen, amputaatiotason paraneminen sekä proteesin kannalta hyvän tyngän muovaaminen. (Kauhanen & Juutilainen 2018.)

Amputaatio pyritään tekemään terveiden kudosten alueelle, jolla varmistetaan tyngän nopea paraneminen. Tyngän pituutta määritettäessä arvioidaan myös protetisoinnin edellytykset. Proteesin käyttö vaatii riittävän pitkän tyngän sekä riittävän kontaktipinnan. Toisaalta myös pitkä tynkä voi hankaloittaa proteesin valmistusta ja käyttöä. Reisityngissä pyritään säästämään noin kaksi kolmasosaa ja säärityngissä noin yksi kolmasosaa tai puolet alkuperäisen raajan pituudesta. (Määttänen & Pohjolainen 2015.) Amputaation taso määräytyy myös raajan verenkierron, kuntoutustavoitteiden sekä potilaan toiveiden perusteella. Tavoitteena on sopivan pituinen, kivuton ja toiminnallisesti hyvä tynkä. (Kauhanen & Juutilainen 2018.)

Amputaatiossa raajan luut katkaistaan sopivalta tasolta ja luiden reunat sekä terävät ulokkeet pyöristetään. Hermot katkaistaan amputaatiotason yläpuolelta terävästi, välttäen liiallista venytystä. Raajan lihakset katkaistaan ja katkaisupintojen verenvuoto tyrehdytetään. (Kauhanen & Juutilainen 2018.) Lapsilla amputaatiossa on huomioitava jäljellä oleva kasvu. Amputaatio nivelen tasolta mahdollistaa amputaatiotyngän normaalin kasvun jatkamisen sekä estää tyngän liikakasvun. (Määttänen & Pohjolainen 2015.)

Amputaation jälkeiset varhaiset komplikaatiot ovat usein haavan paranemisongelmia. Välittömästi leikkauksen jälkeen esiintyy yleisesti aavetuntemuksia menetetystä raajasta, mutta ne häviävät tai lievittyvät merkittävästi suurimmalla osalla potilaista. Potilailla esiintyy usein myös aavekipua, joka voi olla hyvin kivuliasta. Aavekipu on

yleisintä tapaturmaisissa amputaatioissa. Amputaation myöhäiset komplikaatiot liittyvät usein pahentuneeseen iskemiaan, proteesin huonoon istuvuuteen tai huonoon kuntoutumiseen. Amputaation jälkeen tyngän distaaliosien katkaistuihin hermoihin voi kehittyä arpineuroomia, jotka aiheuttavat voimakasta arkuutta tyngässä. (Kauhanen & Juutilainen 2018.)

2.3 Amputaation jälkeinen aavekipu

Amputaation jälkeisellä aavekivulla on suuri esiintyvyys ja siitä arvioidaan kärsivän 50-80 % amputaatiopotilaista. Kiputuntemuksen lisäksi kroonisesta aavekivusta voi seurata masennusta, elämänlaadun heikkenemistä sekä vaikeuksia päivittäisissä toimissa. (Aternali & Katz 2019, 3.) Aavekivun tarkka patofysiologia on edelleen epäselvä, mutta nykyisen käsityksen mukaan sen syntyyn vaikuttavat muutokset ääreishermostossa ja keskushermostossa sekä psykososiaaliset tekijät. Aavekipu voi olla myös seurausta näiden osatekijöiden monimutkaisesta vuorovaikutuksesta. (Luo & Anderson 2016, 124-125.)

Amputaation jälkeen ääreishermostossa voi muodostua katkenneisiin hermoihin laajentuneet hermopäätteet, neuroomat. Neuroomista on havaittu välittyvän spontaania hermoaktivaatiota, joka on usein yhteydessä amputaation jälkeen koettavaan tynkäkipuun. Aavekipua esiintyy kuitenkin myös ilman tynkäkipua, eikä neuroomien kirurgisella poistolla ole pystytty eliminoimaan aavekipua. (Luo & Anderson 2016, 125-126.)

Keskushermostossa tapahtuu ääreishermoston vaurion jälkeen uudelleenjärjestäytymistä selkäytimessä, talamuksessa sekä aivokuorella. Selkäytimessä tapahtuva rakenteellisen uudelleenjärjestäytymisen myötä tyngästä saapuva mekaaninen tieto voi muuttua keskushermostossa vahingolliseksi aistimukseksi, kivuksi. Selkäytimessä voi tapahtua myös hermoston herkistymistä, joka aiheuttaa hyperalgesiaa. (Luo & Anderson 2016, 126-127.) Tällöin kevytkin kosketus voi aktivoida kipuneuroneita, joilla on normaalisti korkea aktivoitumiskynnys (Ramachandran & Altschuler 2009, 1696).

Amputaation jälkeen raajasta menetetään keskushermostoon saapuva palaute, minkä on osoitettu muuttavan aivokuoren edustusalueita. Aivokuorella tapahtuvassa uudelleenorganisoitumisessa muut aivoalueet voivat laajentua niille alueille, jotka ovat aikaisemmin edustaneet amputoitua raajaa. (Luo & Anderson 2016, 126-127.) Ramachandran, Rogers-Ramachandran ja Stewart (1992) osoittivat tutkimuksessaan, että kasvojen stimulaatio voi tuoda esiin aavetuntemuksia yläraaja-amputoiduilla potilailla. Tuntemuksen paikallistumiseen amputoidun raajan alueella vaikutti stimuloinnin paikka kasvoissa ja lisäksi tuntemus vastasi stimuloinnin modaliteettia (esimerkiksi lämpö, kipu). Oletuksena oli, että kasvojen edustusalue oli ottanut käyttöönsä yläraajan edustusta somatosensorisella aivokuorella. Aglioti, Bonazzi ja Cortese (1994) osoittivat vastaavan yhteyden genitaalialueiden ja alaraaja-amputaation osalta. Myöhemmin muun muassa Flor, Elbert, Knecht, Wienbruch, Pantev, Birbaumer, Larbig ja Taub (1995) vahvistivat tätä teoriaa aivokuvantamisella ja osoittivat tutkimuksellaan, että uudelleenorganisoitumisen laajuus oli yhteydessä aavekivun intensiteettiin.

Vastaavaa uudelleenorganisoitumista on todettu tapahtuvan myös motorisella aivokuorella. Lotze, Flor, Grodd, Larbig ja Birbaumer (2001) osoittivat tutkimuksessaan fMRI-kuvantamisen avulla huulten aktiivisten liikkeiden aktivoivan amputoidun käden edustusta motorisella aivokuorella potilailla, jotka kokevat aavekipua. Sensorisen ja motorisen aivokuoren uudelleenorganisoitumisen uskotaan olevan merkityksellisessä roolissa aavekivun kehittymisessä ja ylläpysymisessä (Luo & Anderson 2016, 127).

Aavekivun ilmenemiseen ja ylläpysymiseen uskotaan vaikuttavan myös ristiriidan somatosensorisen palautteen ja visuaalisen sekä taktiilisen palautteen välillä. Normaalisti, jos keskushermostolle saapuvassa sensorisessa palautteessa on epävarmuutta tai ristiriitaa, tuntemusta voidaan tarkentaa näön ja kosketuksen perusteella. Amputaation jälkeen puuttuvasta raajasta ei kuitenkaan saada näitä palautteita, jolloin myöskään kipuaistimusta ei pystytä tarkentamaan. Lisäksi aavekipua voi voimistaa kipua inhiboivien mekanismien häiriö. Amputaation seurauksena menetetään tärkeitä kipua inhiboivia menetelmiä, kuten kivun hallitseminen katsomalla tai koskettamalla kipeää aluetta. (Aternali & Katz 2019, 7.)

Yksi teoria aavekivun esiintymiseen on niin sanottu kipumuisti. Erityisesti ennen amputaatiota esiintyvä krooninen kipu voi aiheuttaa muutoksia somatosensorisella aivokuorella, jotka voivat aktivoitua amputaation jälkeen viereisille aivoalueille saapuvan palautteen perusteella. Tämän ei uskota kuitenkaan aiheuttavan aavekipua yksittäisenä mekanismina. (Flor 2003, 69.)

On myös havaittu, että aavekivun syntyyn vaikuttavat useat psykososiaaliset tekijät, kuten stressi, masennus sekä selviytymisstrategioiden puute (Luo & Anderson 2016, 127). Aavekivun syntyä ei voidakaan selittää vain yhdellä teorialla, vaan kipumekanismi sisältää useita hermostollisia ja psykososiaalisia tekijöitä sekä näiden vuorovaikutusta.

3 Terapeuttinen harjoittelu aavekivun hoidossa

3.1 Mielikuvaharjoittelu

Mielikuvaharjoittelussa amputaatiopotilas kuvittelee tuottavansa motorisella käskyttämisellä amputoidun raajan liikkeitä. Terapiamuoto perustuu samojen hermoratojen ja aivoalueiden aktivoimiseen mielikuvaharjoittelulla, jotka osallistuvat varsinaisen aktiivisen liikkeen tuottamiseen. Tämän, sekä aivojen plastisuuden myötä, pystytään vaikuttamaan aivojen somatosensorisen ja motorisen aivokuoren uudelleenorganisoitumiseen, jota esiintyy aavekivun yhteydessä. (Aternali & Katz 2019, 6.) Mielikuvaharjoittelun vaikutusta on tutkittu runsaasti etenkin halvauspotilaiden kuntoutuksessa. Amputaatiokipuun liittyen muun muassa Lotze ja muut (2001), Diers, Christmann, Koeppe, Ruf ja Flor (2009) sekä MacIver, Lloyd, Kelly, Roberts ja Nurmikko (2008) ovat osoittaneet tutkimuksissaan fMRI-kuvantamisen avulla, että aavekipuun yhteydessä olevat aivoalueet aktivoituvat amputoidun raajan liikkeiden mielikuvaharjoittelun yhteydessä.

Mielikuvaharjoittelun vaikutuksista aavekipuun on useita tutkimuksia rohkaisevilla tuloksilla. Muun muassa MacIver ja muut (2008) raportoivat mielikuva- ja rentoutusharjoitteiden tuloksena aavekivun intensiteetin laskeneen yli 50 % yhdeksällä tutkittavalla (n=13). Vastaavasti Beaumont, Mercier, Michon, Malouin ja Jackson (2011) raportoivat tutkimuksessaan aavekivun alenemisen 43 %:lla osallistujista kahdeksan viikon harjoittelun jälkeen, kun mielikuvaharjoittelu toteutettiin seuraamalla ensin todellisia liikkeitä videolta.

Mielikuvaharjoittelulla terapiamuotona on useita etuja, kuten sen edullisuus. Harjoitteet ovat yleensä helposti opittavissa ja niiden toteuttaminen on yksinkertaista. Mielikuvaharjoitteet voi toteuttaa missä ja milloin vain, eikä terapiaan tarvita erillisiä välineitä. (Beaumont ym. 2011, 297.)

3.2 Peiliterapia

Peiliterapiassa peilin avulla tuotetaan näköaistimus amputoidusta raajasta. Amputoitu raaja asetetaan peilin taakse tai peililaatikkoon niin, että peili on potilaan keskilinjassa. Potilas näkee peilistä heijastuksen omasta terveen puolen raajastaan, joka luo visuaalisen illuusion amputoidun raajan tilalle. Peiliterapiassa potilas tuottaa motorisia käskyjä raajoihin bilateraalisesti, vaikka aktiivista liikettä tapahtuu vain terveessä raajassa. Potilas saa peilin kautta visuaalisen vaikutelman, että amputoitu raaja noudattaa tuotettuja käskyjä. (Ramachandran & Altschuler 2009, 1697.)

Peiliterapia perustuu keskushermoston uudelleenorganisoitumisen hillitsemiseen sekä aivokuoren muutosten kumoamiseen yhdistämällä visuaalinen palaute mielikuvaharjoitteluun (Dunn ym. 2017, 596). Peiliterapian avulla voidaan aktivoida amputoitua raajaa vastaavia aivoalueita ja palauttaa niiden normaaleja edustusalueita, inhiboivia prosesseja sekä vähentää näiden alueiden poikkeavaa aktiivisuutta. (Aternali & Katz 2019, 7.)

Lisäksi peiliterapian avulla saadaan potilas keskittymään amputoituun raajaan, jolloin parannetaan käsitystä raajasta itsestään (Colmenero ym. 2018, 289). Peilin avulla potilaan on mahdollista nähdä, että kipuaistimusta ei aiheuta mikään ulkoinen lähde.

Näin peilikuvan avulla voidaan myös palauttaa kipuaistimuksen ristiriitaa visuaalisen palautteen avulla. Pelkän peilikuvan katsomisen vaikutuksesta aavekipuun ei kuitenkaan ole tutkimusnäyttöä. (Ramachandran & Altschuler 2009, 1698.)

Diers ja muut (2009) osoittivat tutkimuksessaan fMRI-kuvantamisella, että peiliterapian aikana sekä motorisen- että somatosensorisen aivokuoren aktivaatio amputoidun raajan aivoalueilla on alentunut aavekivusta kärsivillä potilailla verrattuna oireettomiin potilaisiin. Tutkimuksessa havaittiin peiliterapian tuottavan suurimman aktivaation verrattuna pelkkään peilikuvan havainnointiin tai mielikuvaharjoitteluun. Chan, Witt, Charrow, Magee, Howard, Pasquina, Heilman ja Tsao (2007) osoittivat vastaavasti tutkimuksellaan, että peiliterapian avulla aavekipu lievittyi merkittävästi enemmän kuin pelkästään liikettä havainnoimalla terveestä raajasta tai mielikuvaharjoittelulla. Peiliterapiaa, jossa visuaalinen illuusio amputoidusta raajasta yhdistetään potilaan tuottamaan motoriseen käskyyn, voidaankin pitää perinteisistä visuaalisen palautteen menetelmistä tehokkaimpana.

3.3 Virtuaalitodellisuus

Peilin käyttö terapiassa mahdollistaa visuaalisen palautteen saamisen puuttuvasta raajasta, mutta terapian aikana potilaan on pysyttävä paikallaan tietyssä asennossa nähdäkseen heijastuksen terveestä raajasta (Colmenero ym. 2018, 289). Lisäksi peiliterapiaa voidaan hyödyntää vain unilateraalisen amputaation yhteydessä (Dunn ym. 2017, 596). Peiliterapiassa visuaalisen illuusion lisäksi oleellista on potilaan tehokas mielikuvaharjoittelu, jonka avulla potilas tuottaa amputoituun raajaan motorisia käskyjä. Perinteisessä peiliterapiassa ei kuitenkaan saada varmuutta mielikuvaharjoittelun tehokkuudesta ja siitä, aktivoiko potilas täsmällisiä alueita aivokuorelta. (Ortiz-Catalan, Guðmundsdóttir, Kristoffersen, Zepeda-Echavarria, Caine-Winterberger, Kulbacka-Ortiz, Widehammar, Eriksson, Stockselius, Ragnö, Pihlar, Burger & Hermansson 2016, 2887.)

Virtuaalitodellisuus perustuu terapiamuotona peiliterapian tavoin aivojen plastisuuteen, eli somatosensorisen ja motorisen aivokuoren muutosten kumoamiseen ja hillitsemiseen amputaation jälkeen. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan päästä yli

edellä kuvatuista peiliterapian rajoitteista. Sen avulla voidaan saavuttaa todellisempi kuva puuttuvasta raajasta, sen käytöstä ja liikkeistä suhteessa ympäristöön. Virtuaalitodellisuuden avulla on myös mahdollista saavuttaa asymmetrisiä raajojen liikkeitä, joita on suurin osa päivittäisissä toiminnoissa käytettävistä liikkeistä. (Colmenero ym. 2018, 289.) Lisäksi virtuaaliympäristöön voidaan tuottaa amputoidun raajan liikkeitä mittaamalla myoelektrisillä sensoreilla tyngässä jäljellä olevaa lihastoimintaa. Lihastoiminnan mittaamisella voidaan saavuttaa täsmällinen ja reaaliaikainen visuaalinen palaute potilaan tuottamista motorisista käskyistä. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös mielekkäiden ja monipuolisten terapeuttisten harjoitteiden kehittämisen, kuten pelaamisen, mikä edistää terapiaan sitoutumista ja harjoitteisiin keskittymistä. (Ortiz-Catalan ym. 2016, 2886.)

Virtuaalitodellisuuden käyttömahdollisuuksia on aikaisemmin rajoittanut tarvittavien laitteistojen heikko saatavuus, kalliit kustannukset sekä laitteiden ja ohjelmien käytön hankaluus. Viihdeteollisuuden kiinnostus virtuaalitodellisuuteen on kuitenkin mahdollistanut tekniikan nopean kehittymisen sekä hintojen alenemisen viime vuosina. (Chau, Phelan, Ta, Humbert, Hata & Tran 2017, 4.)

4 Tarkoitus ja tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä tietoa visuaalisen palautteen käytöstä amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa. Työssä keskitytään aavekivun hoitoon peiliterapian tai virtuaalitodellisuuden avulla ylä- tai alaraaja-amputaation jälkeen.

Työn tavoitteena on kerätä kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla tietoa siitä, millaista terapeuttista harjoittelua aavekivun hoitoon on käytetty ja millaisia tuloksia harjoittelulla on saatu aikaan. Työn tulokset voivat toimia teoriaperustana yksilöllisen fysioterapian suunnittelussa.

Työn tutkimuskysymykset ovat:

- Millaista terapeuttista harjoittelua on käytetty raaja-amputaation jälkeisen aavekivun hoitoon peiliterapian tai virtuaalitodellisuuden avulla?
- Millaisia tuloksia terapeuttisella harjoittelulla on saatu aikaan?

5 Tutkimuksen toteutus

5.1 Tutkimusmenetelmä

Opinnäytetyön tutkimusmenetelmä on kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus kuvaa aikaisemmin tiettyyn aihealueeseen kohdistunutta tutkimusta sekä sen laajuutta, syvyyttä ja määrää (Stolt, Axelin & Suhonen 2009, 9). Sen avulla pyritään antamaan laaja kuva käsiteltävästä ilmiöstä sekä järjestämään olemassa olevaa tutkimustietoa jatkuvaksi tapahtumaksi. Lisäksi kuvaileva kirjallisuuskatsaus auttaa ajantasaistamaan aikaisemmin tehtyä tutkimustietoa ja luo siitä helppolukuisen lopputuloksen. (Salminen 2011, 6-8.) Tässä kirjallisuuskatsauksessa kuvataan aiemmin tehtyjen tutkimusten pohjalta, millaista terapeuttista harjoittelua on käytetty aavekivun hoidossa peiliterapian sekä virtuaalitodellisuuden avulla ja millaisia tuloksia harjoittelulla on saatu aikaan.

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen ensimmäisenä vaiheena muodostetaan tutkimuskysymykset, jotka ohjaavat koko tutkimusprosessia. Tutkimuskysymysten laajuudella vaikutetaan myös ilmiön tarkastelun laajuuteen. Aineiston valinta tehdään tieteellisistä tietokannoista ja tieteellisistä julkaisuista niin, että aineistoa yhdistelemällä ja vertailemalla saadaan kuvailevat vastaukset asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Tutkimusprosessin lopuksi tarkastellaan keskeisiä tuloksia suhteessa laajempaan asiayhteyteen sekä tutkimusmenetelmien eettisyyttä ja luotettavuutta. (Kangasniemi, Utriainen, Ahonen, Pietilä, Jääskeläinen & Liikanen 2013, 291-298.)

5.2 Aineiston hankinta ja valinta

Aineiston hakuun käytettiin Jyväskylän ammattikorkeakoulun verkossa saatavilla olevia sähköisiä tietokantoja. Haku suoritettiin seuraavista tietokannoista: Academic search elite (EBSCO, National Library of Medicine, USA), Cinahl (EBSCO, Plus with full text), PEDro (Physiotherapy Evidence Database) ja PubMed (United States National Library of Medicine NLM).

Hakusanat valittiin alustavien hakujen perusteella löydettyjen amputaation jälkeistä aavekipua käsittelevien tutkimusten sekä kirjallisuuskatsausten termien perusteella. Haku tehtiin edellä listatuista tietokannoista yhdistämällä seuraavat hakusanat ja komennot hakulausekkeiksi:

Phantom limb pain / PLP

&

mirror therapy / visual feedback / mirror visual feedback / virtual reality / augmented reality

Tutkimukset valittiin taulukoissa 1 ja 2 kuvattujen sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti. Valittujen tutkimusten tuli olla artikkelin muodossa ja saatavilla englannin- tai suomenkielisenä julkaisuna. Aineiston valintaan vaikutti ensisijaisesti tutkimuksen vastaaminen tutkimuskysymyksiin. Lisäksi sisäänottokriteeriksi määritettiin, että tutkimuksessa kipua ja sen muutosta on arvioitu jollain mittarilla. Opinnäytetyön tarkoituksena on kuvata aavekivun hoitoa viimeisimmän tutkimustiedon pohjalta, joten aikarajaukseksi asetettiin viimeiset 5 vuotta. Poissulkukriteeriksi asetettiin single case -tutkimukset sekä tutkimukset, joissa aavekivun aiheuttajana oli plexus prachialiksen vaurio ilman amputaatiota.

Taulukko 1. Opinnäytetyön sisäänottokriteerit

Sisäänottokriteerit
Tutkimus käsittelee raaja-amputaation jälkeisen aavekivun hoitoa
Tutkimus vastaa tutkimuskysymyksiin
Tutkimus on julkaistu vuosina 2015-2019
Tutkimus on saatavilla kokonaisena (engl. full text)
Tutkimus on saatavilla englannin- tai suomenkielisenä julkaisuna
Tutkimus on vertaisarvioitu (engl. peer reviewed)
Tutkimuksessa kipua ja sen muutosta on arvioitu mittarilla

Taulukko 2. Opinnäytetyön poissulkukriteerit

Poissulkukriteerit
Tutkimusmenetelminä single case -tutkimukset
Plexus brachialiksen vaurio ilman amputaatiota

Aineiston valinnassa tutkimuksia tarkasteltiin sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti aluksi otsikko- ja tiivistelmätasolla. Lisäksi suljettiin pois kaksoiskappaleet. Tämän jälkeen tarkasteluun otettiin koko tutkimuksen sisältö. Sisäänottoprosessissa käytiin läpi yhteensä 300 artikkelia, joista kirjallisuuskatsaukseen valikoitui 10 tutkimusta. Sisäänottoprosessi on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Sisäänottoprosessi

Sähköisen haun kokonaistulos 300			
Academic Search Elite 98	Cinahl 33	PEDro 24	PubMed 145
Tutkimus on julkaistu vuosina 2015-2019			
60	19	21	71
Tutkimus käsittelee amputaation jälkeistä aavekipua			
49	17	18	62
Tutkimus vastaa tutkimuskysymyksiin			
33	16	18	55
Tutkimus on saatavilla kokonaisena (engl. full text)			
27	11	17	52
Tutkimus on saatavilla englannin- tai suomenkielisenä julkaisuna			
24	11	12	52
Tutkimus on vertaisarvioitu (engl. peer reviewed)			
24	11	12	52
Tutkimuksessa kipua ja sen muutosta on arvioitu mittarilla			
24	11	12	52
Poissulku: single case -tutkimukset			
8	5	3	12
Poissulku: plexus brachialiksen vaurio ilman amputaatiota			
6	3	3	10
Kaksoiskappaleet poistettu			
6	1	0	2
Valittu aineisto yhteensä 10			

Sisäänottokriteeriksi määritetty viiden vuoden aikaväli rajasi kymmeniä tutkimuksia pois aineiston valinnasta, mutta viimeaikaisia tutkimuksia jäi silti käsiteltäväksi 171 kappaletta. Tämä kertoo siitä, että amputaation jälkeinen kipu on ajankohtainen aihe ja kiinnostanut tutkijoita runsaasti viime vuosina. Iso osa hakusanoilla valikoituneista tutkimuksista ei kuitenkaan välttämättä käsitellyt täsmällisesti amputaation jälkeistä aavekipua, vaan käsitteli esimerkiksi amputaatioraajan motorista harjoittelua tai visuaalisen palautteen käyttöä muun kroonisen kivun hoidossa. Tutkimukset, jotka eivät vastanneet asetettuihin tutkimuskysymyksiin olivat pääasiassa kirjallisuuskatsauksia. Lopuksi yhteensä 50 tutkimusta suljettiin pois jatkotarkastelusta, koska ne

olivat joko single case -tutkimuksia tai tutkimusryhmä koostui sekä amputaatiopotilaista että potilaista, joilla oli plexus brachialiksen vaurio ilman raaja-amputaatiota.

5.3 Aineiston analyysi

Aineiston sisällön analyysin tarkoituksena on järjestää käsitelty aineisto selkeään muotoon ja tuottaa kuvaus tutkittavasta ilmiöstä. Sisältöä voidaan analysoida kolmella eri tavalla, joita ovat aineistolähtöinen, teorialähtöinen ja teoriaohjaava analyysi. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 103-121.)

Tämän opinnäytetyön analyysimenetelmänä käytetään teorialähtöistä sisällönanalyysiä. Teorialähtöinen analyysi perustuu olemassa olevaan teoriaan tai malliin, jonka avulla tutkittava ilmiö määritellään. Tutkittavaa aineistoa käsitellään tutkimuksen teoreettisessa osassa hahmoteltujen teemojen pohjalta. Teemojen avulla aineistoa pilkotaan ja ryhmitellään eri aihepiirien mukaisesti. (Tuomi & Sarajärvi 2018, 111.)

Tässä opinnäytetyössä teoreettisen osan pohjalta ja tutkimuskysymysten perusteella pääteemaksi muodostui terapeuttisen harjoittelun menetelmä, jonka perusteella aineisto jaettiin joko peiliterapiaa tai virtuaalitodellisuutta hyödyntävään ryhmään. Alakategorioiksi muodostuivat harjoittelun ohjaus ja toteutus, harjoittelun sisältö, kesto sekä tulokset. Opinnäytetyössä aineiston teemojen käsittelyä on helpotettu taulukoimalla tutkimusten sisältöä.

5.4 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyössä noudatetaan opetus- ja kulttuuriministeriön tutkimustieteellisen neuvottelukunnan määrittelemiä hyviä tieteellisiä käytäntöjä. Hyvän tieteellisen tutkimuksen lähtökohtiin perustuen opinnäytetyössä noudatetaan rehellisyyttä, yleistä huolellisuutta ja tarkkuutta sekä käytetään eettisesti kestäviä tiedonhankinta-, tutkimus- sekä arviointimenetelmiä. Työssä kunnioitetaan tutkijoiden tekemää työtä sekä viitataan julkaisuihin asianmukaisella tavalla. Tuloksia julkaistaessa noudatetaan avoimuutta. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) 2012.)

Opinnäytetyö toteutetaan fysioterapeuttien maailmanjärjestön WCPT:n eettisissä ohjeissa (2017) sekä Suomen fysioterapeuttien eettisissä ohjeissa (2014) kuvatun hyvän fysioterapiakäytännön mukaisesti, jossa noudatetaan näyttöön perustuvaa toimintaa parhaan saatavilla olevan tutkimustiedon avulla.

Eettisyys ja luotettavuus ovat sidoksissa toisiinsa ja niitä voidaan parantaa läpinäkyvällä sekä johdonmukaisella etenemisellä koko tutkimusprosessin ajan. Tutkimuksen luotettavuuden kannalta on keskeistä, että tutkimuskysymykset esitetään selkeästi ja niiden teoreettiset perustelut eritellään. Luotettavuuden arvioinnissa on oleellista myös aineiston valinnan kuvaus ja raportointi sekä analysoitujen tutkimusten tulosten liittäminen teoreettiseen taustaan. (Kangasniemi ym. 2013, 297-298.) Opinnäytetyössä tutkimuskysymykset muodostetaan ohjaamaan uuden tiedon hankintaa olemassa olevan tutkimuksen pohjalta. Aineiston haku- ja sisäänottoprosessit raportoidaan yksityiskohtaisesti ja aineisto valitaan perustellen sisäänotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti. Opinnäytetyössä aineistoa analysoidaan kriittisesti sekä tarkastellaan objektiivisesti ja saadut tulokset esitetään totuudenmukaisesti.

6 Aineiston kuvaus

Sisäänottoprosessin mukaisesti valitun kymmenen tutkimuksen aineisto on kuvattu taulukossa 4, jossa on esitetty tutkimusten julkaisutiedot, tutkimus- ja vertailuryhmien koot, tutkimusryhmien sisäänottokriteerit sekä kuvattu lyhyesti tutkimusten tarkoitusta. Taulukossa on esitetty ensin peiliterapiaa käsittelevät tutkimukset ja sen jälkeen virtuaalitodellisuutta käsittelevät tutkimukset. Taulukossa käytetyt lyhenteet: PLP (engl. phantom limb pain) = aavekipu, VR (engl. virtual reality) = virtuaalitodellisuus, MT (engl. mirror therapy) = peiliterapia.

Taulukko 4. Aineiston kuvaus

Tutkijat	**Julkaisu-vuosi**	**Tutkimus**	**n** (tutki-mus/vertailu)	**Sisäänottokriteerit**	**Tutkitaan**
Tutkimus 1. MT Külünkoğlu, Erbahçeci & Alkan	2019, Turkki	A comparison of the effects of mirror therapy and phantom exercises on phantom limb pain	40 (20+20/0)	Post-traumaattinen unilateraalinen transtibiaalinen amputaatio. PLP viikoittaista, intensiteetti VAS ≥ 40/100.	Arvioidaan ja verrataan peiliterapian sekä haamuharjoitteiden vaikutusta alaraaja-amputoitujen kokemaan aavekipuun, elämänlaatuun sekä psykososiaaliseen tilaan.
Tutkimus 2. MT Ramadugu, Nagabushnam, Katuwal & Chatterjee	2017, Intia	Intervention for phantom limb pain: a randomized single crossover study of mirror therapy	60 (32/28)	Amputaatiopotilaat (ikä 15-75 v), joilla esiintyy aavekipua. Kommunikointi englannin tai hindin kielellä.	Arvioidaan aavekivun laatua ja voimakkuutta laajalla joukolla sekä arvioidaan peiliterapian vaikuttavuutta aavekivun lievittämisessä pitkällä aikavälillä.
Tutkimus 3. MT Anghelescu, Kelly, Steen, Wu, Wu, DeFeo, Scobey, & Burgoyne	2016, USA	Mirror therapy for phantom limb pain at a pediatric oncology institution	18 (9/9)	Raaja-amputaatio, jonka jälkeen aavekipua. Potilaat lapsia, murrosikäisiä ja nuoria aikuisia (enintään 24 vuotiaita).	Tutkitaan eroa aavekivussa potilaiden välillä, jotka saavat peiliterapiaa tai tavanomaista lääkehoitoa.
Tutkimus 4. MT Yildirim & Kanan	2016, Turkki	The effect of mirror therapy on the management of phantom limb pain	15 (15/0)	Unilateraalinen raaja-amputaatio ja aavekipua. Ikä vähintään 18 vuotta. Kommunikointi turkin kielellä.	Peiliterapian vaikutus aavekivun hoidossa.
Tutkimus 5. MT Tilak, Isaac, Fletcher, Vasanthan, Subbaiah, Babu, Bhide & Tharion	2015, Intia	Mirror therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation for management of phantom limb pain in amputees - A single blinded randomized controlled trial	25 (12 + 13/0)	Unilateraalinen raja-amputaatio ja aavekipua. Ikä 18-60 vuotta.	Verrataan peiliterapian sekä kontralateraalisen TENS-hoidon vaikutusta aavekivun hoidossa.

Tutkimus 6. MT & VR Rothgangel, Braun, Winkens, Beurskens & Smeets	2018, Alankomaat	Traditional and augmented reality mirror therapy for patients with chronic phantom limb pain (PACT study): results of a three-group, multicentre single-blind randomized controlled trial	75 (25+26+24/0)	Unilateraalinen alaraaja-amputaatio. PLP keskimäärin VAS ≥ 3/10, vähintään yksi PLP-jakso viikossa. Riittävät kognitiiviset valmiudet ja kommunikaatiotaidot mobiililaitteen käyttöön.	Verrataan perinteisen peiliterapian, potilaskeskeisen mobiiliterapian sekä terveen raajan liikeharjoitteiden vaikutusta aavekipuun.
Tutkimus 7. VR Rutledge, Velez, Depp, McQuaid, Wong, Jones, Atkinson, Giap, Quan & Giap	2019, USA	A virtual reality intervention for the treatment of phantom limb pain: development and feasibility results	Yksi käyttökerta: 14 Harjoittelujakso: 4	Englantia puhuvat veteraanit, joilla ylä- tai alaraaja-amputaatio. PLP vähintään 6 kk ajan, intensiteetti VAS ≥ 4/10. Kykeneviä käyttämään VR-laitteistoa opastuksen jälkeen. Proteesi käytössä tai mahdollisuus proteesin käyttöön.	Arvioidaan VR-terapian käytettävyyttä. Arvioidaan VR-terapiaa PLP:n intensiteetin sekä haamutuntemusten vähentämisessä yhden käyttökerran ja pidemmän harjoittelujakson jälkeen.
Tutkimus 8. VR Perry, Armiger, Wolde, McFarland, Alphonso, Monson, Pasquina & Tsao	2018, USA	Clinical trial of the virtual integration environment to treat phantom limb pain with upper extremity amputation	8 (8/0)	Yläraaja-amputaatio 18kk sisällä. Sisäänoton aikaan vähintään kolme PLP-jaksoa viikossa, muuten normaali neurologinen tutkimus.	Arvioidaan tutkimuksessa kehitettyä virtuaalitodellisuusalustaa terapiamuotona aavekivun hoidossa.
Tutkimus 9. VR Zanfir, Georgescu, Turturica, Eczedi & Mironiuc	2017, Romania	Immersive VR in phantom limb pain therapy of amputee patients due to critical limb ischemia	20 (10/10)	Raaja-amputaatio ja aavekipua amputoidussa raajassa.	Arvioidaan virtuaalitodellisuuden avulla toteutetun harjoittelun vaikuttavuutta aavekivun lievittämisessä.
Tutkimus 10. VR Ortiz-Catalan, Guðmundsdóttir, Kristoffersen, Zepeda-Echavarria, Caine-Winterberger, Kulbacka-Ortiz, Widehammar, Eriksson, Stockselius, Ragnö, Pihlar, Burger & Hermansson	2016, Ruotsi ja Slovenia	Phantom motor execution facilitated by machine learning and augmented reality as treatment for phantom limb pain: a single group, clinical trial in patients with chronic intractable phantom limb pain	14 (14/0)	Tutkittavilla yläraaja-amputaatio ja aavekipua, jota hoidettu vähintään yhdellä hoitotavalla ilman vastetta. Amputoidusta raajasta jäljellä vähintään hallittava osuus biceps- ja triceps-lihaksia.	Arvioidaan uudenlaisen terapiamuodon, joka aktivoi sekä sentraalisia että perifeerisiä mekanismeja, vaikutusta aavekipuun.

Viidessä tutkimuksessa (Külünkoğlu ym. 2019; Ramadugu ym. 2017; Anghelescu ym. 2016; Yildirim ym. 2016; Tilak ym. 2015) tutkittiin peiliterapian vaikutusta aavekipuun. Näistä tutkimuksista Ramadugu ym. (2017) sekä Anghelescu ym. (2016) tutkimuksissa oli tutkimusryhmän lisäksi kontrolliryhmä. Külünkoğlu ym. (2019) sekä Tilak ym. (2015) tutkimuksissa verrattiin kahta erillistä harjoitteluryhmää.

Rothgangel ym. (2018) tutkimuksessa oli kolme erillistä tutkimusryhmää, joista yksi ryhmä toteutti harjoittelua peiliterapialla ja yksi ryhmä peiliterapiaa sekä virtuaalitodellisuutta hyödyntäen. Tämän lisäksi neljässä tutkimuksessa (Rutledge ym. 2019; Perry ym. 2018; Zanfir ym. 2017; Ortiz-Catalan ym. 2016) käsiteltiin aavekivun hoitoa virtuaalitodellisuuden avulla. Virtuaalitodellisuutta käsittelevistä tutkimuksista vain Zanfir ym. (2017) tutkimuksessa oli tutkimusryhmän lisäksi kontrolliryhmä. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa yhden käyttökerran ryhmässä oli mukana alkumittauksiin ja ensimmäiseen harjoittelukertaan osallistuneet tutkittavat. Harjoittelujakson tutkittavat osallistuivat alkumittauksiin sekä jatkoivat tämän jälkeen tutkimusta pidemmälle.

Kaikkien tutkimusten sisäänottokriteereinä olivat raaja-amputaatio ja aavekivun esiintyminen. Aavekivun intensiteetille ja esiintymisen kestolle oli asetettu sisäänottokriteerit neljässä tutkimuksessa (Rutledge ym. 2019; Külünkoğlu ym. 2019, Rothgangel ym. 2018, Perry ym. 2018). Kolmessa tutkimuksista (Külünkoğlu ym. 2019; Rothgangel ym. 2018; Zanfir ym. 2017) tutkittavilla oli alaraaja-amputaatio ja kahdessa tutkimuksessa (Ortiz-Catalan ym. 2016; Perry ym. 2018) yläraaja-amputaatio. Muissa tutkimuksissa tutkittavilla oli sekä ylä- että alaraaja-amputaatioita. Peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksissa tutkittavilla oli unilateraaliset amputaatiot. Virtuaalitodellisuutta käsittelevissä tutkimuksissa tutkittavilla oli bilateraalisia amputaatioita Perry ym. (2018) tutkimuksessa yhdellä tutkittavalla (n=8) ja Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa kahdella tutkittavalla (n=14).

Anghelescu ym. (2016) tutkimus käsitteli lapsia, teini-ikäisiä ja nuoria aikuisia, joilla amputaatio on liittynyt syöpään. Külünkoğlu ym. (2019) tutkimuksessa tutkittavilla amputaatio oli traumasta johtuva. Muissa tutkimuksissa tutkittavia ei rajattu amputaatioon johtaneiden syiden perusteella.

Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa sisäänottokriteerinä oli proteesin käyttö tai mahdollisuus sen käyttöön, mikä oli välttämätöntä tutkitun virtuaalitodellisuusmenetelmän käyttämiseksi. Samasta syystä Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa sisäänottokriteerinä oli vähintään osittainen tahdonalainen kontrolli yläraajan jäljellä oleviin triceps- ja biceps-lihaksiin. Kahdessa virtuaalitodellisuutta käsittelevässä tutkimuksessa (Rutledge ym. 2019; Rothgangel 2018) sisäänottokriteeriksi oli määritetty kyky käyttää laitteita itsenäisesti ohjeistuksen jälkeen.

7 Tulokset

Tässä luvussa käsitellään terapeuttista harjoittelua sekä harjoittelulla aikaansaatuja tuloksia. Luku 7.1 vastaa aineiston perusteella tutkimuskysymykseen ”Millaista terapeuttista harjoittelua on käytetty raaja-amputaation jälkeisen aavekivun hoitoon peiliterapian tai virtuaalitodellisuuden avulla”. Luku 7.2 vastaa analysoidun aineiston perusteella tutkimuskysymykseen ”Millaisia tuloksia terapeuttisella harjoittelulla on saatu aikaan?”.

7.1 Terapeuttisen harjoittelun kuvaus

Tarkastellun aineiston terapeuttisen harjoittelun ohjaus ja toteutus, sisältö sekä harjoittelujakson ja jälkiseurannan kesto on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Terapeuttisen harjoittelun kuvaus

Tutkimus	Tutkimusryhmien terapiamuoto	Vertailuryhmien terapiamuoto	Terapian ohjaus ja toteutus	Terapian sisältö	Kesto ja jälkiseuranta
Tutkimus 1. MT Külünkoğlu ym. 2019	MT-ryhmä: peiliterapia PE-ryhmä: haamuharjoitteet	Ei vertailuryhmää	Harjoitteiden näyttö ja ohjaus kerran hoitolaitoksella, tämän jälkeen omatoiminen harjoittelu	MT-ryhmä: Synkroniset alaraajan liikkeet peilistä terveen puolen liikkeitä havainnoiden. 1 krt/pvä, 15 min/krt. PE-ryhmä: Varpaiden, nilkkojen, polvien ja lonkkien liikkeet mielikuvaharjoitteina. 15 toistoa tai vähemmän jos PLP poistuu. PLP:n esiintyessä, vähintään päivittäin.	Harjoittelujakson kesto 4 viikkoa. Jälkiseuranta 3 kk ja 6 kk.
Tutkimus 2. MT Ramadugu ym. 2017	Peiliterapia	Terveen raajan aktiiviset liikkeet, peiliterapia	Tutkijan ohjaamat harjoitteet.	Tutkimusryhmällä amputoidun raajan liikkeiden visualisointi peilin avulla, 15 min/pvä 4 vkon ajan. Kontrolliryhmällä 4 vkon ajan terveen raajan liikkeet peili keskilinjassa, mutta peitettynä (ei heijastusta) 15 min/pvä. Tämän jälkeen peiliterapiaa 4 vkoa.	Tutkimusryhmän harjoittelujakso 4 vkoa, vertailuryhmän 8 vkoa. Jälkiseuranta 16 vkoa harjoittelujakson jälkeen.
Tutkimus 3. MT Anghelescu ym. 2016	Peiliterapia	Tavanomainen hoito	Alkukäynti, jolla peiliterapian ohjaus, tämän jälkeen omatoiminen harjoittelu.	Yksinkertaiset raajan nivelten liikkeet peilistä terveen puolen liikkeitä havainnoiden. Kannustettu amputoidun raajan mielikuvaharjoitteluun. Harjoitteiden tekeminen kivun ilmetessä niin pitkään, kunnes kipu lievittyy tai poistuu.	Niin kauan, kuin aavekipua ilmenee. Seuranta enintään 6 kk.
Tutkimus 4. MT Yildirim & Kanan 2016	Peiliterapia	Ei vertailuryhmää	Alkukäynnillä vaikutusmekanismin opetus, harjoitteiden ohjaus ja kysymyksiin vastaaminen.	Raajan nivelten liikkeet peilistä terveen puolen liikkeitä havainnoiden. Omavalintaiset harjoitteet ohjatuista liikkeistä. Harjoittelua vähintään 1 krt/pvä, 20 min/krt.	Harjoittelujakso 4 vkoa. Ei jälkiseurantaa.
Tutkimus 5. MT Tilak ym. 2015	MT-ryhmä: peiliterapia TENS-ryhmä: kontralateraalinen TENS	Ei vertailuryhmää	Terapia terapeutin ohjaamaa.	Molemmilla ryhmillä harjoittelua 1 krt/pvä, 4 pvän ajan, 20 min/krt. MT-ryhmä: Yksinkertaiset raajan liikkeet peilistä terveen puolen liikkeitä havainnoiden. TENS-ryhmä: Burst-TENS aavekivun sijainnin kohdalle kontralateraaliseen raajaan. Intensiteetti voimakas, mutta ei havaita lihassupistusta.	Harjoittelujakson kesto 4 pvä. Ei jälkiseurantaa.

Tutkimus 6. MT & VR Rothgangel ym. 2018	Ryhmä A: peili- ja virtuaaliterapia Ryhmä B: peiliterapia Ryhmä C: liikeharjoittelu terveellä raajalla	Ei vertailuryhmää	Neljän viikon ajan harjoittelu terapeutin ohjauksella. Tämän jälkeen terapeutin ohjeistus omatoimiharjoitteluun seuraavalle kuudelle viikolle.	Kaikilla ryhmillä ensimmäiset 4 vkoa 10 ohjattua harjoittelua, kesto 30 min. 6 vkon jälkeen harjoittelu niin usein kuin tarve. Peiliterapiassa motorisia harjoitteita, sensorista stimulaatiota ja mielikuvaharjoittelua. Mobiililaitteella VR-terapia, ohjattu mielikuvaharjoittelu, kommunikointi terapeutin kanssa sekä taustatietoa eri aiheista. Ryhmän C harjoitteissa vain terveen raajan liikkeiden tarkkailu.	Kokonaiskesto 10 vkoa: 4 vkoa ohjattuaharjoittelua ja 6 vkoa omatoimista harjoittelua. Jälkiseuranta 6 kk.
Tutkimus 7. VR Rutledge ym. 2019	Virtuaalitodellisuus	Ei vertailuryhmää	Alkukäynnillä laitteiston asetusten ja käytön ohjataus. Toteutus kotona tai laboratoriossa.	Polkeminen pyörällä tai käsipyörällä virtuaalilasit päässä. Proteesiin kiinnitetty anturi, joka mahdollistaa raajan tarkkailun ja käytön testattavan valitsemassa virtuaaliympäristössä.	Harjoittelujaksolla yhteensä 57 harjoittelukertaa. Ei jälkiseurantaa.
Tutkimus 8. VR Perry ym. 2018	Virtuaalitodellisuus	Ei vertailuryhmää	Alkukäynnillä lyhyt perehdytys laitteistoon. Harjoittelu ohjattuina.	Virtuaalisen hahmon yläraajan liikkeiden havainnointi näytöltä ja mielikuvaharjoittelu amputoidulla raajalla. Tyngän EMG-mittauksella varmistetaan aktiivinen osallistuminen. Kunkin liikkeen kesto 2 min, yhteensä 30 min/krt, jonka jälkeen mahdollisuus omatoimiseen harjoitteluun.	Yhteensä 20 harjoittelukertaa 1-2 kk aikavälillä. Ei jälkiseurantaa.
Tutkimus 9. VR Zanfir ym. 2017	Virtuaalitodellisuus	Perinteinen fysioterapia	Tutkimusryhmä perehdytettiin aluksi laitteistoon. Kontrolliryhmällä fysioterapeutin ohjaus.	Tutkimusryhmä: Kolme 30 min VR-harjoittelukertaa, joissa kolmenlaisia pelillisiä alaraajaharjoitteita 3D-ympäristössä virtuaalilasit päässä. Kontrolliryhmä: Kolme 30 min harjoittelukertaa fysioterapiaa, jossa asento- ja lihasvoimaharjoitteita.	Harjoittelukertojen välillä 1-2 päivää. Loppumittaukset 1-3 päivää viimeisen harjoittelukerran jälkeen.
Tutkimus 10. VR Ortiz-Catalan ym. 2016	Virtuaali-/laajennettu todellisuus	Ei vertailuryhmää	Terapeutin ohjaus ja harjoittelu klinikalla.	Amputoitu raaja ja sen tahdonalaiset liikkeet tuotettu virtuaalitodellisuuteen (näyttökuva) tynkään kiinnitettyjen elektrodien avulla. Harjoitteet kasvavalla vaikeustasolla (kilpa-autolla ajaminen ja raajan asentojen tuottaminen). Yhteensä 12 kertaa, 2 tuntia/krt, 2 krt/vko tai päivittäin.	Yhteensä 12 harjoittelukertaa. Seuranta 1, 3 ja 6 kk viimeisen harjoittelukerran jälkeen.

Peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksessa (Külünkoğlu ym. 2019; Ramadugu ym. 2018; Anghelescu ym. 2016; Yildirim ym. 2016; Tilak ym. 2015) terapeuttisen harjoittelun sisältö oli samankaltainen. Kaikissa näissä tutkimuksissa peiliterapia sisälsi yksinkertaisia terveen raajan nivelten liikkeitä, joita havainnoitiin peilin kautta. Liikkeet kannustettiin suorittamaan samanaikaisesti mielikuvaharjoitteluna amputoidulla raajalla.

Tarkat ohjeistukset peiliterapian harjoittelumäärään ja yhden harjoituskerran kestoon oli annettu kolmessa tutkimuksessa: Külünkoğlu ym. (2019) ja Ramadugu ym. (2018) kerran päivässä 15 minuutin ajan sekä Tilak ym. (2015) kerran päivässä 20 minuutin ajan. Myös Yildirim ym. (2016) tutkimuksessa peiliterapiaa ohjeistettiin tekemään vähintään kerran päivässä, mutta lisäksi aina silloin, kun aavekipua esiintyi päivän aikana. Yhden harjoittelukerran suositeltiin kestävän vähintään 20 minuuttia. Muihin tutkimuksiin poikkeavasti Anghelescu ym. (2016) tutkimuksessa tutkittavia ohjeistettiin toteuttamaan peiliterapiaa vain aavekivun esiintyessä ja jatkamaan yhtä harjoituskertaa niin pitkään, kunnes kipu helpottuu.

Kolmessa peiliterapiaa käsittelevässä tutkimuksessa (Külünkoğlu ym. 2019; Ramadugu ym. 2018; Yildirim ym. 2016) harjoittelujaksot kestivät neljä viikkoa. Tilak ym. (2015) tutkimuksessa harjoittelua kesti neljä päivää. Anghelescu ym. (2016) tutkimuksessa terapeuttista harjoittelua ohjeistettiin jatkamaan niin pitkään, kunnes aavekipua ei enää esiinny. Peiliterapia oli terapeutin ohjaamaa Ramadugu ym. (2018) sekä Tilak ym. (2015) tutkimuksissa. Muissa tutkimuksissa harjoitteet ohjattiin alkukäynnillä, jonka jälkeen tutkittavat jatkoivat harjoittelua omatoimisesti. Yildirim ym. (2016) tutkimuksessa tutkittaville selitettiin alkukäynnillä myös peiliterapian toimintatapaa sekä hyötyjä ja tutkittavia kannustettiin esittämään kysymyksiä terapiaan liittyen.

Virtuaalitodellisuutta käsittelevistä tutkimuksista Rothgangel ym. (2018) tutkimus yhdisti peiliterapian ja virtuaalitodellisuuden avulla toteutettavan etäterapian. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävä tutkimusryhmä toteutti neljän viikon ajan ohjattua peiliterapiaa, jonka jälkeen he jatkoivat omatoimista harjoittelua kuuden viikon ajan mobii-

lilaitteen kanssa. Mobiililaitteen avulla oli mahdollista seurata aavekivun esiintymistä, harjoittaa peiliterapiaa valmiin ohjelman avulla tai virtuaaliterapiaa laitteen kameran välityksellä, suorittaa ohjattua mielikuvaharjoittelua, pitää yhteyttä terapeuttiin ja muihin potilaisiin sekä perehtyä eri aihealueisiin.

Virtuaalitodellisuutta käsittelevistä tutkimuksista Perry ym. (2018) sekä Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksissa hyödynnettiin tyngän lihastoiminnan mittaamista. Perry ym. (2018) tutkimuksessa tyngän lihasaktivaatiota mitattiin EMG-antureilla, joiden avulla varmistettiin, että tutkittavat tuottavat amputoituun raajaan motorisia käskyjä mielikuvaharjoittelun avulla. Mittaustulokset eivät kuitenkaan vaikuttaneet harjoittelun etenemiseen, vaan harjoittelun aikana tutkittavat toistivat virtuaalihahmon esittämiä raajan liikkeitä mielikuvaharjoitteluna. Kutakin liikettä toistettiin 2 minuutin ajan. Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa tutkittavien tuottamia motorisia käskyjä seurattiin tyngästä myoelektrisillä antureilla ja toisin kuin Perry ym. (2018) tutkimuksessa, harjoittelu eteni antureilla havaitun lihasaktivaation kautta. Tutkittavat saivat harjoittelun aikana reaaliaikaisen visuaalisen palautteen mielikuvaharjoittelun onnistumisesta näyttöruudulta. Terapeuttinen harjoittelu sisälsi kolmenlaisia harjoitteita: yläraajan yksinkertaisia liikkeitä, raajan asentojen tuottamista visuaalisen mallin mukaisesti sekä kilpa-autolla ajamista. Toteutettavien harjoitteiden vaikeusaste kasvoi vaiheittain yläraajan liikkeen vapausasteita lisäämällä. Ortiz-Catalan ym. (2016) terapeuttisessa harjoittelussa oli mukana siis myös pelillinen ominaisuus. Molempien tutkimusten harjoitukset vaativat, että potilailla on tyngässä jäljellä osittaista tahdonalaista lihastoimintaa. Lisäksi harjoittelu oli suunnattu yläraaja-amputoiduille.

Rutledge ym. (2019) sekä Zanfir ym. (2017) tutkimuksissa terapeuttinen harjoittelu toteutettiin virtuaalilasien avulla havainnoiden amputoidun raajan toimintaa 3D-ympäristössä. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa tutkittavat polkivat polkupyörällä tai käsipyörällä ohjaten pyörää valitsemassaan virtuaaliympäristössä. Raajan liikkeestä tuotettiin reaaliaikainen visuaalinen kuvaus mittaamalla proteesiin kiinnitetyn liikeanturin avulla todellista polkemisnopeutta. Harjoittelun toteuttaminen vaati proteesin käytön. Zanfir ym. (2017) tutkimuksessa tutkittavat seurasivat mielikuvaharjoittelun avulla virtuaalitodellisuudessa ohjattuja harjoitteita. Harjoitteissa amputoidun alaraajan virtuaalinen esitys asetettiin rajatulle alueelle, sillä potkaistiin palloa sekä

kosketettiin viivaa nostamalla raajaa 45°. Harjoitteissa oli visuaalinen kohde raajan liikuttamiselle, mutta tutkittavan keskittymistä tai mielikuvaharjoittelun onnistumista ei varmistettu millään menetelmällä.

Peiliterapiaa käsittelevien tutkimusten harjoituskertoihin verrattuna virtuaalitodellisuutta hyödyntävät harjoituskerrat olivat kestoltaan pidempiä ja harjoittelussa tuli ottaa huomioon myös laitteiston valmisteluun ja asetusten tarkastamiseen vaadittava aika. Kahdessa virtuaalitodellisuutta käsittelevässä tutkimuksessa harjoituskerran kesto oli tarkasti määritelty. Perry ym. (2018) tutkimuksessa yksi harjoittelukerta kesti 30 minuuttia, jonka jälkeen tutkittavalla oli mahdollisuus jatkaa samojen harjoitteiden tekemistä omatoimisesti niin, että virtuaalihahmon liikkeitä ohjasi EMG-mittauksen avulla mitatut käskyt. Harjoittelukertoja oli 1-2 kuukauden aikavälillä yhteensä 20. Vastaavasti Zanfir ym. (2017) tutkimuksessa yksi harjoittelukerta kesti 30 minuuttia. Harjoittelukertoja oli kuitenkin vain kolme niin, että niiden välillä oli 1-2 päivää. Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa yksi harjoittelukerta kesti 2 tuntia, mikä sisälsi harjoittelun lisäksi muun muassa elektrodien asettamisen ja asetusten tarkastamisen. Harjoittelujakso sisälsi yhteensä 12 terapiakertaa ja tutkittavat harjoittelivat pääsääntöisesti kaksi kertaa viikossa. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa ei ollut määritetty yhden harjoittelukerran kestoa etukäteen. Seurantatuloksista selvisi, että yksi käyttökerta oli kestänyt tutkittavilla 40-60 minuuttia. Jatkuvan käytön ryhmällä harjoituskertoja oli yhteensä 57, mutta tutkimuksessa ei kerrottu mille aikavälille harjoituskerrat jakaantuivat. Rothgangel ym. (2018) tutkimuksessa ensimmäiset neljä viikkoa sisälsivät 10 kertaa ohjattua peiliterapiaa, jotka kestivät 30 minuuttia. Neljän viikon jälkeen tutkittavia kannustettiin käyttämään mobiililaitetta ja tekemään harjoitteita niin usein, kuin he halusivat.

Peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksissa tutkittavat pystyivät suurimassa osassa tutkimuksia toteuttamaan harjoittelun kotona alkuohjauksen jälkeen. Virtuaalitodellisuutta käsittelevistä tutkimuksista vain Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa kaikki tutkimusryhmäläiset käyttivät itsenäisesti tutkimuksessa hyödynnettyä mobiililaitetta. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa tutkittavien oli mahdollista jatkaa harjoittelua kotilaitteistolla, mikäli heillä oli tietokone, johon virtuaalilasien ohjelmisto voitiin

asentaa. Muissa tutkimuksissa harjoittelu suoritettiin hoitolaitoksella tai laboratoriossa.

Harjoittelujaksojen jälkeen jälkiseurantaa oli kolmessa peiliterapiaa käsittelevässä tutkimuksessa: Külünkoğlu ym. (2019) 3 ja 6 kuukautta harjoittelujakson jälkeen, Ramadugu ym. (2018) 16 viikkoa harjoittelusta sekä Anghelescu ym. (2016) enintään 24 viikkoa harjoittelusta. Jälkiseuranta oli lisäksi kahdessa virtuaalitodellisuutta käsittelevässä tutkimuksessa: Rothgangel ym. (2018) 6 kuukautta harjoittelujakson jälkeen ja Ortiz-Catalan ym. (2016) 1, 3 ja 6 kuukautta viimeisestä harjoituskerrasta.

Yhteensä viidessä tutkimuksessa (Külünkoğlu ym. 2019; Rothgangel ym. 2018; Zanfir ym. 2017; Ramadugu ym. 2016; Anghelescu ym. 2016) oli tarkasteltu varsinaisen tutkimusryhmän lisäksi rinnakkaisia tutkimusryhmiä tai kontrolliryhmiä. Sekä peiliterapiaa, että virtuaalitodellisuutta käsittelevien tutkimusten rinnakkaiset ryhmät tai kontrolliryhmät toteuttivat harjoittelua vastaavan määrän ja ajan kuin varsinainen tutkimusryhmä. Peiliterapiaa käsittelevistä tutkimuksista Ramadugu ym. (2018) tutkimuksen kontrolliryhmä toteutti peiliterapiaryhmän harjoitteita neljän viikon ajan peili peitettynä, jonka jälkeen harjoittelua jatkettiin toiset neljä viikkoa peilin kanssa. Tilak ym. (2015) tutkimuksessa rinnakkaisen ryhmän terapia sisälsi TENS-hoitoa terveeseen raajaan sille alueelle, jolla aavekipua esiintyi amputoidussa raajassa. Anghelescu ym. (2016) tutkimuksen kontrolliryhmän potilaat saivat tutkimuksen hoitolaitoksen käytäntöjen mukaista tavanomaista lääkehoitoa.

Rothgangel ym. (2018) tutkimuksessa oli kolme rinnakkaista tutkimusryhmää. Ryhmä B toteutti ensimmäiset neljä viikkoa ohjattua peiliterapiaa ryhmän A kanssa. Tämän jälkeen, kun ryhmä A jatkoi harjoittelua mobiililaitteen kanssa, ryhmä B jatkoi omatoimista peiliterapiaa kotona. Ryhmä C toteutti terveen raajan liikeharjoittelua ilman peiliä ja ilman amputoidun raajan mielikuvaharjoittelua.

Virtuaalitodellisuutta käsittelevistä tutkimuksista Zanfir ym. (2017) tutkimuksessa kontrolliryhmän perinteinen fysioterapia sisälsi ohjattuja asento- ja lihaskuntoharjoitteita. Külünkoğlu ym. (2019) tutkimuksessa rinnakkainen ryhmä suoritti haamuharjoitteita ilman peiliä, mutta hyödyntäen mielikuvaharjoittelua.

7.2 Terapeuttisen harjoittelun tulokset

Tutkimuksissa käytetyt mittarit, mittaustulokset sekä terapeuttisen harjoittelun tulokset on esitetty taulukossa 6. Taulukossa on esitetty mittaustulokset niistä mittareista, joilla tutkimuksissa arvioitiin aavekivun intensiteettiä.

Taulukko 6. Terapeuttisen harjoittelun tulokset

Tutkimus	**Käytetty mittari**	**Mittaustulokset**			**Tulos**
Tutkimus 1. MT Külünkoğlu ym. 2019	VAS (0-100) Alkumittaus, jonka jälkeen ensimmäiset 4 vkoa päivittäinen arvio harjoittelun jälkeen. Seurantakäynneillä yksittäinen arvio.	Alkumittaus 4 vko 3 kk kontr. 6 kk kontr.	*MT-ryhmä* 70,5 7,5 2,0 0,0	*PE-ryhmä* 67,5 22,0 12,0 6,5	Kivun intensiteetissä tapahtui tutkimuksen aikana tilastollisesti erittäin merkitsevää lievenemistä molemmissa ryhmissä (p<0.001). Ryhmien välillä kivun intensiteetin alenemisessa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa (p>0.05), kuitenkin MT-ryhmän kivun aleneminen oli jokaisessa mittausvaiheessa suurempi PE-ryhmään verrattuna (p=0.004).
Tutkimus 2. MT Ramadugu ym. 2017	VAS (0-10) Tutkimusryhmä: Alkumittaus ja arviot 4, 8, 12 ja 16 vkon jälkeen. Kontrolliryhmä: Alkumittaus ja arviot 4, 8, 12, 16 ja 20 vkon jälkeen.	4 vko 8 vko 12 vko kontr. 16 vko kontr. 20 vko kontr.	*Tutkimus-ryhmä* 1,755 2,795 3,299 3,491	*Kontrolli-ryhmä* 0,140 1,054 1,593 2,036 2,283	Tutkimusryhmällä PLP:ssä tilastollisesti merkitsevä alenema 4 vkon harjoittelujakson jälkeen (p<0.001). Alenema tilastollisesti merkitsevää myös kontrollimittauksissa 8, 12 ja 16 vkon jälkeen. Kontrolliryhmällä PLP:ssä ei alenemaa ensimmäisen 4 vkon aikana peili peitettynä (p=0.103). Peiliterapiaan siirryttyä 8 vkon mittauksessa PLP:n alenema tilastollisesti merkitsevä (0<0.001) ja edelleen merkitsevää kontrollimittauksissa 12, 16, ja 20 vkon jälkeen.
Tutkimus 3. MT Anghelescu ym. 2016	NRS (0-10) Tieto kerätty potilaskertomuksista 1-6 päivinä postoperatiivisesti, lisäksi 2 ja 4 vkoa leikkauksesta sekä 2 ja 6 kk leikkauksesta.	vko 1 vko 2 vko 3 vko 4 vko 8	*Tutkimus-ryhmä* 2,93 2,92 3,00 2,38 0	*Kontrolli-ryhmä* 2,45 1,75 2,55 2,00 0,34	NRS-asteikolla tutkimusryhmän ja kontrolliryhmän välillä ei esiintynyt missään mittauspisteessä tilastollisesti merkitsevää eroa PLP:n voimakkuudessa (p=1.0). Tutkimusryhmän NRS=0 vko 8 eteenpäin, kontrolliryhmän NRS=0 vko 16 eteenpäin.
Tutkimus 4. MT Yildirim & Kanan 2016	Numeric pain intensity scale (0-10) Arvio päivittäin ennen ja jälkeen harjoittelun	vko 1 vko 2 vko 3 vko 4	*Ennen* 5,09 4,29 3,98 3,23	*Jälkeen* 3,49 2,31 1,93 1,46	Aavekivun alenema tilastollisesti merkitsevää kaikilla mittauksilla (vko 1 p<0.002, vko 2-4 p<0.001). Potilaat, jotka eivät käyttäneet proteesia, hyötyivät proteesia käyttäviä potilaita enemmän peiliterapiasta (p<0.05).

Tutkimus 5. MT Tilak ym. 2015	VAS (0-10) Arvio ennen ja jälkeen harjoittelun.		*MT-ryhmä*	*TENS-ryhmä*		Peiliterapialla tilastollisesti merkitsevä vaikutus PLP:n alenemaan (p=0.003). Myös TENS-hoidon vaikutus PLP:n alenemaan tilastollisesti merkitsevä (p=0.001). Yhden harjoittelukerran mittauksilla ennen ja jälkeen harjoittelun ei havaittu tilastollisestimerkitsevää eroa (p=0.956).
		alkumittaus	5,46	5,00		
		loppumittaus	2,08	2,08		
Tutkimus 6. MT & VR Rothgangel ym. 2018	NRS (0-10) Arvio puhelinsoitolla mittausajankohtana.		*A-ryhmä*	*B-ryhmä*	*C-ryhmä*	Hieman alenemaa PLP:ssä, ryhmien välillä ei tilastollisesti merkitseviä eroja. Ryhmien A ja B terapian (peiliterapia) vaste suhteessa C-ryhmään 4 viikon jälkeen p=0.054. Ryhmän A vaste terapiaan suhteessa B-ryhmään 10 viikon jälkeen p=0.735 ja seurannassa 6 kuukauden jälkeen p=0.159.
		Alku	5,7	5,7	5,8	
		4 vko	4,2	4,2	5,4	
		10 vko	4,6	3,6	4,1	
		6 kk kontr.	4,1	2,7	4,5	
Tutkimus 7. VR Rutledge ym. 2019	PLPQ (0-10) Arvio harjoittelun jälkeen.		*Yhden käytön ryhmä*	*Harjoittelujaksoryhmä*		Yhden käyttökerran perusteella PLP:n alenema oli tilastollisesti melkein merkitsevää (p=0.02). Harjoittelujaksolla havaittiin vastaavaa PLP alenemaa. 44% harjoittelukerroista osallistujat raportoivat PLP >0 ennen harjoittelua ja näistä 18% raportoi PLP >0 harjoittelun jälkeen. Näiden harjoittelukertojen alkumittaukset olivat keskimäärin PLPQ 3,2 ja loppumittaukset PLPQ 0,88.
		alkumittaus	1,2	1,5		
		loppumittaus	0,5	0,4		
Tutkimus 8. VR Perry ym. 2018	VAS (0-100) Harjoittelun jälkeen kolme arviota: senhetkinen PLP sekä pahin ja keskimääräinen PLP 24 tunnin ajalta.	Tutkimuksessa esitetty osallistujien VAS-pisteytykset pahimman PLP:n osalta viivakaaviona. Kokonaisuudessaan PLP aleni seitsemällä tutkittavalla (88%, n=8).				Pahimman koetun PLP:n alenema merkitsevää (p=0.015), senhetkisen PLP:n alenema merkitsevää (p=0.042). Keskimääräisen PLP:n alenema ei tilastollisesti merkitsevää (p=0.078).
Tutkimus 9. VR Zanfir ym. 2017	MPQ Alkumittaukset ja loppumittaukset.	Mittaustuloksia ei esitetty tutkimuksessa.				MPQ-kyselyllä mitattuna aavekivun aleneminen oli tilastollisesti erittäin merkitsevää ennen- ja jälkeen harjoittelun jälkeen (p<0.001) molemmilla ryhmillä. Aavekipu alentui testiryhmällä enemmän kontrolliryhmään verrattuna, mutta ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä (p=0.464).
Tutkimus 10. VR Ortiz-Catalan ym. 2016	NRS (0-10) Arviot aina ennen harjoittelua.	NRS-pisteytykset esitetty tutkimuksessa kaaviona. PLP:n alenema ensimmäisen ja viimeisen harjoittelukerran välillä 32%.				Kivun alenema 12 harjoittelukerran välillä tilastollisesti merkittävä (p=0.007).

Aavekivun intensiteettiä mitattiin neljässä tutkimuksessa (Külünkoğlu ym. 2019; Perry ym. 2018; Ramadugu ym. 2017; Tilak ym. 2015) VAS-asteikolla (engl. Visual Analogue Scale). VAS-asteikko on 10 cm mittainen jana, jonka toisessa päässä on arvio ”ei kipua” ja toisessa päässä arvio ”sietämätön kipu”. Tutkittavat merkitsevät janalle arvion kiputuntemuksestaan ja arvio pisteytetään mittaamalla matka janan alkupäästä senttimetreinä (VAS 0-10) tai millimetreinä (VAS 0-100). (Külünkoğlu ym. 2019 ja Tilak ym. 2015.) Numeerista asteikkoa 0-10 käytettiin aavekivun intensiteetin arviossa viidessä tutkimuksessa (Rutledge ym. 2019; Rothgangel ym. 2018; Ortiz-Catalan ym. 2016; Anghelescu ym. 2016; Yildirim & Kanan 2016). Zanfir ym. (2017) tutkimuksessa aavekivun intensiteettiä arvioitiin MPQ- kyselyllä (engl. McGill Pain Questionnaire). MPQ-kyselyssä tutkittavat arvioivat kipua eri kysymysten osalta asteikolla 1-5, jolla 1 on lievä ja 5 sietämätön (Zanfir ym. 2017).

Kaikissa tutkimuksissa, jotka käsittelivät ensisijaisesti peiliterapiaa, havaittiin terapeuttisen harjoittelun tuloksena aavekivun intensiteetin alenemaa. Külünkoğlu ym. (2019) tutkimuksen koehenkilöt kokivat saaneensa peiliterapian avulla nopean lievityksen aavekipuun verrattuna tutkittavien aikaisemmin käyttämiin hoitomuotoihin. Tutkittavat kertoivat, että kipu lievittyi jo ensimmäisestä harjoituskerrasta. Ramadugu ym. (2018) tutkimuksessa havaittiin, että kivun intensiteetin alenemisen lisäksi peiliterapia lyhensi kipujaksojen kestoa: kahdeksanteen viikkoon mennessä jatkuva ja jaksottainen kipu oli hävinnyt ja kuudennellatoista viikolla vain muutamalla tutkittavalla esiintyi enää lyhyitä kipujaksoja. Kipua ei myöskään koettu niin usein, kuin ennen harjoittelujaksoa. Tutkimuksessa havaittiin muutosten kivun intensiteetissä, kestossa sekä esiintymistiheydessä jatkuvan vielä 12 viikkoa harjoittelujakson loppumisesta.

Yildirim ja Kanan (2016) havaitsivat tutkimuksessaan, että ne tutkittavat, joilla ei ollut proteesia käytössä, saivat peiliterapiasta merkittävämmän hyödyn ($p<0.05$). Tutkittavien käyttämät proteesit olivat kosmeettisia proteeseja, jotka olivat käytössä jatkuvasti. Tutkimuksessa havaittiin myös, että peiliterapian vaikutus ei riippunut raajan liikkeiden toistomäärästä harjoittelun aikana tai harjoittelukerran keston pidentämisestä yli 20 minuutin.

Aavekivun intensiteetin arvio annettiin sekä ennen peiliterapiaa että harjoittelun jälkeen Yildirim ja Kanan (2016) tutkimuksessa ja Tilak ym. (2015) tutkimuksissa. Kummassakaan tutkimuksessa ei havaittu tilastollisesti merkitsevää eroa aavekivun intensiteetissä heti harjoittelun jälkeen verrattuna kivun intensiteettiin ennen harjoittelun aloittamista (Yildirim ja Kanan (2016) $p>0.05$, Tilak ym. (2015) $p=0.956$), vaikka molempien tutkimusten kokonaistuloksissa aavekivun aleneminen oli harjoittelujakson jälkeen tilastollisesti merkitsevää.

Ramadugu ym. (2018) tutkimuksessa verrattiin peiliterapiaryhmän tuloksia kontrolliryhmään. Peiliterapiaryhmällä havaittiin tilastollisesti merkitsevää alenemaa aavekivussa neljän viikon harjoittelun jälkeen ($p<0.001$). Kontrolliryhmä suoritti ensimmäiset neljä viikkoa terveen raajan liikkeitä peili peitettynä ja ilman mielikuvaharjoittelua, jonka jälkeen aavekivussa ei havaittu merkitsevää alenemaa ($p=0.103$). Kontrolliryhmä jatkoi toiset neljä viikkoa perinteistä peiliterapiaa, jonka jälkeen aavekivussa tapahtui peiliterapiaryhmän kaltaisesti tilastollisesti merkitsevää alenemaa. Molemmilla ryhmillä positiivinen muutos aavekivun intensiteetissä jatkui kontrollimittauksilla, joita toteutettiin 12 viikkoa harjoittelun päättymisestä ($p<0.001$).

Muissa peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksissa, joissa tuloksia verrattiin rinnakkaiseen harjoitteluryhmään, havaittiin merkitsevää alenemaa aavekivun intensiteetissä molemmilla ryhmillä. Külünkoğlu ym. (2019) tutkimuksessa sekä peiliterapiaryhmällä, että haamuterapiaryhmällä tapahtui alenemaa aavekivussa ja havaittiin positiivisia muutoksia elämänlaadussa sekä psykososiaalisessa tilassa. Peiliterapiaryhmällä muutokset olivat suurempia jokaisella osa-alueella ja kaikissa mittauskohdissa. Anghelescu ym. (2016) tutkimuksessa peiliterapiaa verrattiin hoitolaitoksen tavanomaiseen lääkehoitoon. Peiliterapiaryhmän tutkittavat arvioivat aavekivun intensiteetin vastaavan nollaa kahdeksannesta viikosta eteenpäin, kun vastaavasti lääkehoidollisen ryhmän potilaat arvioivat intensiteetin nollaksi 12. viikosta eteenpäin. Lisäksi vuoden seurantajaksolla peiliterapiaryhmän tutkittavat olivat kokeneet vähemmän aavekipua, kuin kontrolliryhmän jäsenet. Kontrolliryhmän jäsenillä aavekipua oli esiintynyt keskimäärin 541 päivää ja peiliterapiaryhmällä 246 päivää ($p=0.08$). Tilak ym. (2015) tutkimuksessa sekä TENS-ryhmällä, että peiliterapiaryhmällä havaittiin ale-

nemaa aavekivun intensiteetissä ja molemmat terapiamuodot todettiin yhtä tehokkaiksi aavekivun alentamisessa. TENS-terapian oletetaankin vaikuttavan peiliterapian tavoin amputoidun raajan edustukseen aviokuorilla kontralateraalisen raajan hermoratojen kautta (Tilak ym. 2015).

Rothgangel ym. (2018) tutkimus käsitteli sekä peiliterapiaa, että virtuaalitodellisuutta. Samoin kuin muissa peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksissa, neljän viikon peiliterapian myötä aavekivun intensiteetissä havaittiin alenemaa, mutta yhtäläistä muutosta havaittiin myös haamuharjoitteita suorittaneella kontrolliryhmällä. Neljän viikon peiliterapiajakson jälkeen tutkimusryhmä A jatkoi harjoittelua mobiililaitteen kanssa. Kuuden viikon mobiililaitteen käyttö ei tuonut merkittävää hyötyä verrattuna omatoimisesti toteutettuun peiliterapiaan tai haamuharjoitteisiin ($p>0.3$). Omatoimisella peiliterapiaharjoittelulla havaittiin olevan merkittävää vaikutusta yhtenäisten aavekipujaksojen kestoon kuuden kuukauden seurantajaksolla verrattuna mobiililaitetta käyttäneeseen ryhmään sekä haamuharjoitteita toteuttaneeseen ryhmään.

Samoin kuin peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksissa, aavekivun alenemaa havaittiin myös virtuaalitodellisuutta hyödyntäneissä tutkimuksissa. Perry ym. (2018) tutkimuksessa 88 % tutkittavista koki aavekivun alenemaa, joka oli tilastollisesti melkein merkitsevää arvioitaessa mittauksen hetkistä aavekipua ($p=0.042$) sekä pahinta kipua viimeisen 24 tunnin aikana ($p=0.015$). Samat seitsemän tutkittavaa ($n=8$) kokivat terapeuttisen harjoittelun myötä helpotusta myös tynkäkipuun. Yksi tutkittava koki sekä aavekivun, että tynkäkivun pahenevan tutkimuksen aikana. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa havaittiin vastaavasti alenemaa sekä aave- että tynkäkivussa. Zanfir ym. (2017) tutkimuksessa havaittiin aavekivun lievittymisen olevan merkittävämpää virtuaalitodellisuuden avulla harjoiteltaessa kuin perinteisen fysioterapian keinoin ($p<0.001$). Molemmilla ryhmillä havaittiin kivun lievittymisen lisäksi masennuksen ja ahdistuksen vähentymistä. Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa kivun alenema oli tasaista jokaisen 12 harjoittelukerran jälkeen ja alenema säilyi myös 6 kuukauden seurantajaksolle. Yhdeksällä potilaalla kivun intensiteetti aleni noin 50 % ($n=14$, $p=0.004$). Lisäksi tutkittavista 62 % raportoi harjoittelujakson jälkeen pienemmistä

häiriöistä päivittäisissä toiminnoissa ja 85 % vähentyneistä unen häiriöistä. Yksi tutkittava (n=14) ei havainnut harjoittelujaksolla olleen positiivista vaikutusta aavekipuun.

Peiliterapiaa käsittelevistä tutkimuksista poiketen Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa aavekivun alenema oli tilastollisesti melkein merkitsevää (p=0.02) jo yhden harjoittelukerran jälkeen ja aavetuntemuksissa havaittiin merkitsevää alenemaa (p=0.001).

Tutkimuksissa, joissa arvioitiin aavekivun lisäksi virtuaalitodellisuuden käytettävyyttä ja käyttökokemuksia, tutkittavien kokemukset harjoittelusta olivat pääsääntöisesti positiivisia. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa harjoittelujaksolle osallistuneet tutkittavat arvioivat virtuaalitodellisuusharjoittelun erittäin tehokkaaksi avuksi aavekipuun (6.5/7). Tutkittavilla ei ilmennyt juurikaan negatiivisia vaikutuksia, kuten huimausta tai väsymystä, harjoittelun aikana ja tutkittavista suurin osa arvioi harjoittelun hauskaksi (yhden käytön ryhmä 64 %, harjoittelujakso 68 %). Ortiz-Catalan ym. (2016) tutkimuksessa 13 tutkittavaa (n=14) havaitsi harjoittelujaksolla olleen positiivista vaikutusta aavekipuun verrattuna aikaisemmin kokeiltuihin hoitomuotoihin.

Virtuaalitodellisuutta hyödyntäneistä tutkimuksista Rutledge ym. (2019) tutkimuksen alkuperäisestä tutkimusjoukosta (n=14) kymmenen jättäytyi pois. Terapeuttisen harjoittelun lopettaneista kahdeksan jättäytyi pois, koska he asuivat liian kaukana käydäkseen säännöllisesti klinikalla harjoittelemassa laitteistolla tai heillä ei ollut kotona pääsyä internettiin, mikä vaadittiin kotilaitteiston käyttöön. Muissa tutkimuksissa alkuperäisestä tutkimusjoukosta lopetti yksittäisiä tutkittavia esimerkiksi mittausaikatauluihin liittyvistä syistä tai sairastumisten vuoksi.

7.3 Yhteenveto tuloksista

Opinnäytetyössä käsiteltyjen tutkimusten perusteella peiliterapialla sekä virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä terapialla on mahdollista lievittää amputaation jälkeistä aavekipua. Ero aavekivun intensiteetissä arvioituna ennen ja jälkeen yhden harjoittelukerran ei välttämättä osoita tilastollisesti merkitsevää muutosta, mutta peiliterapian

osalta säännöllisellä päivittäisellä harjoittelulla on pidemmän harjoittelujakson tuloksena havaittu tilastollisesti erittäin merkitsevää aavekivun alenemaa. Vastaavia tuloksia on saatu myös virtuaalitodellisuutta hyödyntävissä tutkimuksissa, joissa harjoittelumäärät ovat peiliterapiaa käsitteleviin tutkimuksiin verrattuna pienempiä ja harjoittelua on toteutettu harvemmin. Niiden tutkimusten perusteella, joissa toteutettiin jälkiseurantaa, vaikuttaa siltä, että positiiviset muutokset aavekivun intensiteetissä jatkuvat jopa kuusi kuukautta harjoittelujakson jälkeen.

Suurimmassa osassa peiliterapiaa käsittelevistä tutkimuksista peiliterapiaa toteutettiin 15-30 minuuttia kerrallaan, vähintään kerran päivässä ja neljän viikon ajan. Yildirim ja Kanan (2017) tutkimuksessa havaittiin, ettei peiliterapian vaikutus riippunut raajan liikkeiden toistomäärästä harjoittelun aikana tai harjoittelukerran keston pidentämisestä yli 20 minuutin. Aavekivun alenemaa havaittiin kuitenkin jo neljä päivää kestäneen harjoittelujakson jälkeen. Virtuaalitodellisuutta käsittelevissä tutkimuksissa harjoitteluajat olivat peiliterapiaan verrattuna pidempiä, kestoltaan 30 minuutista kahteen tuntiin. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä terapialla saavutettiin rohkaisevia tuloksia harjoittelulla, jota toteutettiin muutamia kertoja viikossa muutaman kuukauden ajan sekä tiiviimmällä terapiajaksolla, jossa harjoittelua toteutettiin kolme kertaa runsaan viikon aikana.

Käsiteltyjen tutkimusten tulokset antavat viitteitä, että visuaalisen palautteen käyttö aavekivun leivittämisessä on vaikuttavaa, kun siihen yhdistetään amputoidun raajan mielikuvaharjoittelu ja kun harjoittelu on säännöllistä. Aineiston perusteella visuaalista palautetta hyödyntävä terapeuttinen harjoittelu on muihin terapiamuotoihin verrattuna tehokkaampaa aavekivun intensiteetin alentamisessa. Lisäksi visuaalisen palautteen käyttö lyhentää muihin terapiamuotoihin verrattuna merkittävästi yhtenäisten kipujaksojen kestoa ja esiintyvyyttä. Terapeuttisen harjoittelun avulla voidaan vaikuttaa myös kivun sekundaarisiin vaikutuksiin, kuten vähentää masennusta ja ahdistusta sekä lievittää koettuja häiriöitä päivittäisissä toiminnoissa ja unessa.

8 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli lisätä tietoa visuaalisen palautteen käytöstä raaja-amputaation jälkeisen aavekivun hoidossa. Opinnäytetyö toteutettiin kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Tavoitteena oli kerätä tietoa siitä, millaista terapeuttista harjoittelua aavekivun hoitoon on käytetty ja millaisia tuloksia harjoittelulla on saatu aikaan. Kirjallisuuskatsauksen vaiheiden mukaisesti työn alussa muodostettiin tutkimuskysymykset, jotka ohjasivat koko tutkimusprosessia. Aineiston valinta toteutettiin niin, että aineiston avulla pystyttiin muodostamaan kuvailevat vastaukset asetettuihin tutkimuskysymyksiin. Omakohtainen motivaatio opinnäytetyön aiheeseen nousi kiinnostuksesta kroonisen kivun hoitoon ja neurologiseen fysioterapiaan sekä virtuaalitodellisuuden ajankohtaisuudesta terapeuttisen harjoittelun menetelmänä.

Tulosten tarkastelu

Opinnäytetyön sisäänottoprosessissa käytiin läpi yhteensä 300 artikkelia, joista kirjallisuuskatsaukseen valikoitui sisäänotto- ja poissulkukriteerien perusteella kymmenen tutkimusta, jotka oli julkaistu vuosina 2015-2019. Tutkimuksista viisi käsitteli peiliterapiaa, neljä virtuaalitodellisuutta terapiamuotona ja yksi näiden yhdistelmää.

Opinnäytetyössä analysoitujen tutkimusten perusteella peiliterapialla sekä virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä terapialla on mahdollista lievittää amputaation jälkeistä aavekipua. Aavekivun intensiteetin lisäksi visuaalista palautetta hyödyntävällä terapeuttisella harjoittelulla voidaan lyhentää yhtenäisten kipujaksojen kestoa, harventaa kivun esiintymistiheyttä, vähentää masennusta ja ahdistusta sekä lieventää koettuja häiriöitä päivittäisissä toiminnoissa ja unessa. Tutkimuksissa, joissa toteutettiin jälkiseurantaa harjoittelujakson jälkeen, havaittiin positiivisten muutosten jatkuvan ja säilyvän jopa puolen vuoden päähän harjoittelun päättymisestä.

Suurimmassa osassa peiliterapiaa käsittelevistä tutkimuksista peiliterapiaa toteutettiin 15-30 minuuttia kerrallaan säännöllisesti, vähintään kerran päivässä neljän viikon ajan. Enimmäkseen harjoittelujakson kesto oli vähintään neljä viikkoa, mutta Tilak ja

muut (2015) havaitsivat tutkimuksessaan aavekivun alenemaa jo neljän päivän harjoittelujakson tuloksena. Yildirim ja Kanan (2017) havaitsivat tutkimuksessaan, että peiliterapian vaikutus ei riippunut harjoittelun aikana toistettujen liikkeiden määrästä eikä harjoittelukerran keston pidentäminen yli 20 minuutin tuonut merkittävää lisähyötyä tutkittaville. Muista tutkimuksista poiketen Anghelescu ym. (2016) tutkimuksessa terapeuttisen harjoittelun toteutukselle ei annettu tarkkaa aikataulua, vaan tutkittavia ohjeistettiin suorittamaan harjoittelua kivun ilmetessä ja jatkamaan yhtä harjoituskertaa niin pitkään, että kipu lievittyy. Harjoittelun säännöllisyyttä ei määritetty, eikä itsenäistä harjoittelua dokumentoitu. Vaikka tutkittavilla havaittiinkin aavekivun alenemaa harjoittelun tuloksena, kivun intensiteetin alenema ei eronnut merkittävästi kontrolliryhmästä, joka seurasi tavanomaista lääkehoitoa. Peiliterapia ei myöskään vähentänyt tutkimusryhmän potilaiden lääkehoidon tarvetta. Näiden tulosten perusteella peiliterapian vaikuttavuudelle oleellista on harjoittelun säännöllisyys.

Virtuaalitodellisuutta käsittelevissä tutkimuksissa harjoitteluajat olivat peiliterapiaan verrattuna pidempiä, kestoltaan 30 minuutista kahteen tuntiin. Virtuaalitodellisuutta hyödyntäessä harjoitteluajassa tuli ottaa huomioon laitteiston valmistelu ja asetusten tarkastaminen. Virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä terapialla saavutettiin peiliterapian kaltaisia tuloksia harjoittelujaksoilla, joissa harjoittelua toteutettiin muutamia kertoja viikossa muutaman kuukauden ajan. Zanfir ja muut (2017) osoittivat tutkimuksessaan harjoittelun olevan vaikuttavaa myös tiiviimmällä harjoittelujaksolla, jossa harjoittelua toteutettiin kolme kertaa runsaan viikon aikana. Käsiteltyjen tutkimusten perusteella vaikuttaa siltä, että virtuaalitodellisuutta hyödyntävällä terapeuttisella harjoittelulla saadaan aikaan aavekivun intensiteetin alenemaa pienemmillä harjoittelumäärillä, kuin peiliterapialla.

Aavekivun intensiteetin yleisestä alenemisesta huolimatta muutamissa tutkimuksissa raportoitiin eroista tutkittavien vasteessa harjoittelulle. Yildirim ja Kanan (2016) havaitsivat, että ne tutkittavista, joilla ei ollut proteesia käytössä, saivat peiliterapiasta merkittävämmän hyödyn. Tutkittavien käyttämät proteesit olivat jäykkiä kosmeettisia proteeseja. Muun muassa Ramachandranin ja Altschulerin (2009) mukaan peiliterapian vaikutus aivoalueiden muokkaamisessa perustuu visuaaliseen vaikutelmaan

siitä, että amputoitu raaja noudattaa tuotettuja motorisia käskyjä. Kosmeettisen proteesin jatkuva käyttö antaa suurimman osan ajasta käyttäjälle visuaalisen kuvan liikkumattomasta, halvaantuneesta raajasta, mikä voi heikentää merkittävästi peiliterapian tehoa aivokuoren uudelleenorganisoitumisen osalta. Ortiz-Catalanin ja muiden (2016) tutkimuksessa yksi tutkittavista ei kokenut saaneensa harjoittelujaksosta helpotusta aavekipuun. Tutkittava kuitenkin raportoi stressaavasta elämäntilanteesta tutkimuksen aikana. Luon ja Andersonin (2016) mukaan aavekivun syntyyn ja ylläpysymiseen liittyvät todennäköisesti useat hermostolliset tekijät, mutta lisäksi psykososiaaliset tekijät sekä näiden vuorovaikutus. Tämän yksittäisen tutkittavan tapauksessa stressi on voinut vaikuttaa terapeuttisen harjoittelun vastaanottoon ja vaikuttavuuteen. Terapeuttista harjoittelua toteutettaessa on huomioitava kroonisen kivun eri syntymekanismit ja ihmisen psykofyysinen kokonaisuus.

Vaikka visuaalista palautetta hyödyntävän terapeuttisen harjoittelun vaikutukset aavekipuun ovat rohkaisevia, vastaavia muutoksia aavekivussa havaittiin myös rinnakkaisilla tutkimus- ja kontrolliryhmillä, jotka hyödynsivät harjoittelujaksoissaan haamuharjoitteita ilman peiliä, lääkehoitoa tai kontralateraalista TENS-terapiaa. Külünkoğlu ym. (2019) tutkimuksessa peiliterapialla saavutettiin kuitenkin tehokkaampi vaikutus haamuharjoitteita suorittaneeseen ryhmään verrattuna, mikä tukee Chanin ja muiden (2007) tutkimuksen tulosta siitä, että peiliterapian avulla aavekipua voidaan lievittää merkittävästi tehokkaammin kuin pelkällä mielikuvaharjoittelulla. Lisäksi Anghelescu ym. (2016) ja Ramadugu ym. (2018) tutkimuksissa peiliterapian havaittiin lyhentävän merkittävästi yhtenäisten kipujaksojen kestoa verrattuna rinnakkaisiin harjoitteluryhmiin. Anghelescu ym. (2016) tutkimuksessa peiliterapiaryhmän tutkittavat kokivat myös vähemmän aavekipua vuoden seurantajaksolla verrattuna kontrolliryhmään.

Ramadugun ja muiden (2018) tutkimuksessa rinnakkainen harjoitteluryhmä toteutti neljän viikon ajan terveen raajan liikkeitä ilman amputoidun raajan mielikuvaharjoittelua. Harjoittelujakson jälkeen aavekivun intensiteetissä ei havaittu merkittävää alenemaa. Samalla tutkimusryhmällä aavekivun intensiteetti aleni tilastollisesti merkitsevästi seuraavan neljän viikon aikana peiliterapian tuloksena. Muissa tutkimuksissa,

joissa vertailuryhmän tutkittavat olivat suorittaneet terveen yläraajan liikkeitä, harjoitteluun oli yhdistetty amputoidun raajan mielikuvaharjoittelu ja näiden harjoittelujaksojen tuloksena aavekivussa havaittiin alenemaa. Tutkimusten tulokset antavat viitteitä siitä, että mielikuvaharjoittelun yhdistäminen visuaalisen palautteen avulla toteutettuun harjoitteluun on oleellista terapeuttisen harjoittelun vaikuttavuuden kannalta.

Tulosten hyödyntäminen fysioterapiassa

Amputaation jälkeisen aavekivun laajan esiintyvyyden sekä kroonisesta kivusta seuraavan elämänlaadun heikkenemisen vuoksi aavekivun hoito on osa fysioterapian kokonaisuutta raajan menetyksen jälkeen. Aavekivun hoitoon on käytetty perinteisesti lääkehoitoa, TNS-hoitoa, akupunktiota ja PENS-hoitoa (Alaraaja-amputoidun hoitoketju 2015). Amputaation jälkeisessä kivunhoidossa on kuitenkin huomioitava laajaalaisesti kivun syntyyn ja ylläpysymiseen vaikuttavat mekanismit, joista osaan pystytään vaikuttamaan terapeuttisella harjoittelulla visuaalista palautetta hyödyntäen. Tämä kirjallisuuskatsaus jäsentää viimeaikaisen tutkimustiedon visuaalisen palautteen käytöstä aavekivun hoidossa helppolukuiseksi kokonaisuudeksi, jota voidaan hyödyntää teoriaperustana yksilöllistä fysioterapiaa suunniteltaessa.

Kirjallisuuskatsauksen tulokset antavat viitteitä siitä, että visuaalisen palautteen käyttö aavekivun leivittämisessä on vaikuttavaa, kun siihen yhdistetään amputoidun raajan mielikuvaharjoittelu ja kun harjoittelu on säännöllistä. Aineiston perusteella visuaalista palautetta hyödyntävä terapeuttinen harjoittelu on muihin terapiamuotoihin verrattuna tehokkaampaa aavekivun intensiteetin alentamisessa ja lisäksi visuaalisen palautteen käyttö lyhentää muihin terapiamuotoihin verrattuna merkittävästi yhtenäisten kipujaksojen kestoa ja esiintyvyyttä. Terapeuttisen harjoittelun avulla voidaan vaikuttaa myös kivun sekundaarisiin vaikutuksiin, kuten vähentää masennusta ja ahdistusta sekä lievittää koettuja häiriöitä päivittäisissä toiminnoissa ja unessa.

Käsiteltyjen tutkimusten perusteella peiliterapian hyötyinä voidaan pitää sen edullisuutta ja yksinkertaisuutta. Asiakkaalle voidaan opettaa omatoiminen harjoittelu,

jonka toteuttamiseen tarvitaan vain peili. Tutkimusten perusteella peiliterapian avulla harjoiteltaessa vaikuttavaa on jo 20 minuuttia kestävä terapeuttinen harjoittelu, jota toteutetaan säännöllisesti. Haasteeksi voi kuitenkin muodostua asiakkaan motivaation ylläpysyminen säännölliseen, jopa päivittäiseen, harjoitteluun. Lisäksi peiliterapian rajoitteena ovat harjoitteiden yksipuolisuus sekä visuaalisen palautteen rajallisuus.

Virtuaalitodellisuuden etuna on sen loputtomat mahdollisuudet kehittää erilaisia mielekkäitä harjoitteita sekä monipuolisia ympäristöjä terapeuttiselle harjoittelulle. Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös pelillisten harjoitteiden kehittämisen ja harjoittelijan haastamisen progressiivisesti vaikeutuvilla harjoitteilla. Lisäksi virtuaalitodellisuus mahdollistaa lihasaktivaation mittauksen avulla reaaliaikaisen visuaalisen palautteen potilaan tuottamista motorisista käskyistä. Rutledge ym. (2019) tutkimuksessa tutkittavat raportoivat harjoittelun virtuaalitodellisuuden avulla olevan hauskaa ja rentouttavaa. Käsiteltyjen tutkimusten perusteella virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen terapeuttisessa harjoittelussa lievittää aavekipua pienemmillä harjoittelumäärillä, kuin peiliterapia. Peiliterapiaan verrattuna virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen vaatii kuitenkin teknistä osaamista ja asetusten ymmärrystä sekä harjoittelijalta että terapeutilta. Monet laitteistoista vaativat myös runsaasti tilaa sekä tietokoneen ja internetyhteyden toimiakseen. Tutkimuksissa käsitellyistä harjoittelumuodoista suurin osa oli sellaisia, joita tutkittavat eivät pystyneet toteuttamaan kotona itsenäisesti. On kuitenkin odotettavissa, että viihdeteollisuuden kiinnostuttua virtuaalitodellisuudesta laitteistot tulevat edelleen kehittymään ja hinnat laskemaan niin, että ne ovat yhä useammalle saavutettavissa ja helpommin mukana kuljetettavissa.

Vaikka visuaalisen palautteen hyödyntäminen terapeuttisessa harjoittelussa antaa kirjallisuuskatsauksen perusteella rohkaisevia tuloksia aavekivun alentamisessa, terapiaa suunniteltaessa ja toteuttaessa on aina huomioitava asiakkaan kokonaistilanne. Erilaisten psykososiaalisten tekijöiden vuoksi, kuten masennuksen ja ahdistuksen vuoksi, terapeuttista harjoittelua ei välttämättä pystytä toteuttamaan tarkoituksenmukaisesti eikä harjoittelu ole vaikuttavaa. On myös huomioitava aavekivun syntyyn vaikuttavat eri kipumekanismit, joihin ei välttämättä pystytä vaikuttamaan ainoastaan terapeuttisella harjoittelulla ja visuaalisella palautteella.

Jatkotutkimusaiheet

Käsiteltyjen tutkimusten perusteella virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen terapeuttisessa harjoittelussa lievittää aavekipua pienemmillä harjoittelumäärillä, kuin peiliterapia, eli olisi näin ollen tehokkaampi terapiamuoto. Yhdessäkään tutkimuksessa ei kuitenkaan verrattu virtuaalitodellisuuden avulla toteutetun terapian ja peiliterapian vaikuttavuutta keskenään. Tutkimuksista jäi epäselväksi, voisiko peiliterapia olla yhtä tehokasta myös harvemmin toteutettuna. Toisaalta vastausta ei saatu myöskään siihen, olisiko virtuaalitodellisuutta hyödyntävä terapia merkittävästi peiliterapiaa vaikuttavampaa, jos sitä pystyttäisi toteuttamaan useammin ja säännöllisemmin.

Peiliterapian vaikuttavuudesta on saatavilla runsaasti tutkimuksia viimeisen 20 vuoden ajalta erilaisilla vertailu- ja kontrolliryhmillä. Virtuaalitodellisuuden avulla toteutettu terapeuttinen harjoittelu on kuitenkin vielä uusi terapiamuoto, ja virtuaalitodellisuuden hyödyntämisestä visuaalisen palautteen muotona tarvitaan jatkotutkimusta.

Luotettavuus

Opinnäytetyön tutkimusaineisto oli laaja. Peiliterapiaa käsittelevissä tutkimuksissa harjoittelun sisältö oli samankaltaista, mutta harjoittelumäärät ja kesto erosivat tutkimusten välillä, mikä vaikeutti tutkimusten vertailua. Virtuaalitodellisuutta käsittelevissä tutkimuksissa myös terapian sisältö ja toteutusmenetelmät olivat keskenään erilaisia, mikä vaikuttaa vertailun luotettavuuteen. Virtuaalitodellisuutta käsittelevistä tutkimuksista vain kahdessa verrattiin tutkimusryhmää rinnakkaiseen harjoitteluryhmään, eikä yhdessäkään tutkimuksessa verrattu tuloksia kontrolliryhmään. Tutkimusten tulosten luotettavuuteen vaikuttaa myös tutkimusten pieni otoskoko (n). Vain kahdessa tutkimuksessa tutkimusryhmän otoskoko oli yli 20.

Lisäksi tutkimusten vertailuun vaikuttaa erot harjoittelun ohjaamisessa ja harjoittelun toteuttamisen seuraamisessa. Joissain tutkimuksissa ensimmäisen ohjauskäynnin sisältö oli eritelty yksityiskohtaisesti, mutta useissa tutkimuksissa ohjauskäynnin sisältöä ei kerrottu. Yhdessä tutkimuksessa peiliterapian ohjauskäynnillä kerrottiin tera-

pian vaikutusmenetelmistä ja tutkittavia kannustettiin kysymään kysymyksiä harjoitteluun liittyen. Missään tutkimuksista ei kuitenkaan otettu kantaa terapeuttisen harjoittelun mahdolliseen lumevaikutukseen.

Opinnäytetyön luotettavuutta saattaa alentaa se, että työn tekijöitä on yksi. Työssä on kuitenkin pyritty käsittelemään aineistoa mahdollisimman objektiivisesti ja kriittisesti sekä tutkimuskysymyksiin nojautuen. Kirjallisuuskatsauksen eri vaiheet ja tiedonhankinta on kuvattu täsmällisesti ja järjestelmällisesti luotettavuuden lisäämiseksi. Kirjallisuuskatsauksen tuloksia on tarkasteltu taustateoriaan perustuen ja suhteessa laajempaan asiayhteyteen opinnäytetyön pohdintaosassa.

Lähteet

Aglioti, S., Bonazzi, A. & Cortese, F. 1994. Phantom lower limb as a perceptual marker of neural plasticity in the mature human brain. Proceedings of the Royal Society, 225, 1344, 273-278.

Alaraaja-amputoidun hoitoketju. 2015. Keski-Suomen sairaanhoitopiiri. Viitattu 9.2.2020. https://www.ksshp.fi/tules-kartta/Alaraaja-amputoidun%20hoito-ketju%20ksshp.pdf.

Alaraajojen tukkiva valtimotauti. 2010. Käypä hoito -suositus. Suomalainen Lääkäri-seura Duodecim. Viitattu 20.1.2020. https://www.kaypahoito.fi/hoi50083#read-more.

Anghelescu, D., Kelly, C., Steen, B., Wu, J., Wu, H., DeFeo, B., Scobey, K. & Burgoyne, L. 2016. Mirror therapy for phantom limb pain at a pediatric oncology institution. Re-habilitation Oncology, 34, 3, 104-110.

Anttila, V.-J. & Kanerva, M. 2011. Diabeetikon jalkainfektiot. Julkaisussa Infektiosai-raudet. Kustannus Oy Duodecim.

Aternali, A. & Katz, J. 2019. Recent advances in understanding and managing phan-tom limb pain. F1000 Research, 8, 1167.

Beaumont, G., Mercier, C., Michon, P.-E., Malouin, F. & Jackson, P. 2011. Decreasing phantom limb pain through observation of action and imagery: a case series. Pain Medicine, 12, 2, 289-299.

Chan, A., Bilger, E., Griffin, S., Elkis, V., Weeks, S., Hussey-Anderson, L., Pasquina, P., Tsao, J. & Baker, C. 2019. Visual responsiveness in somatosensory cortex is increased following amputation and reduced after mirror therapy. NeuroImage: Clinical, 23, 1-11.

Chan, B., Witt, R., Charrow, A., Magee, A., Howard, R., Pasquina, P., Heilman, K. & Tsao, J. 2007. Mirror therapy for phantom limb pain. The New England Journal of Medicine, 357, 21, 2206.

Chau, B., Phelan, I., Ta, P., Humbert, S., Hata, J. & Tran, D. 2017. Immersive virtual reality therapy with myoelectric control for treatment-resistant phantom limb pain: case report. Innovations in Clinical Neuroscience, 14, 7-8, 3-7.

Colmenero, L. Marmol, J., Martí-García, C., Zaldivar, M., Haro, R., Sánchez, A. & Aguilar-Ferrándiz, M. 2018. Effectiveness of mirror therapy, motor imagery, and virtual feedback on phantom limb pain following amputation: A systematic review. International society for prosthetics and orthotics, 42, 3, 288-298.

Diers, M., Christmann, C., Koeppe, C., Ruf, M. & Flor, H. 2010. Mirrored, imagined and executed movements differentially activate sensorimotor cortex in amputees with and without phantom limb pain. PAIN - The Journal of the International Association for the Study of Pain, 149, 2, 296-304.

Dunn, J., Yeo, E., Moghaddampour, P., Chau, B. & Humbert, S. 2017. Virtual and augmented reality in the treatment of phantom limb pain: A literature review. Neuro Rehabilitation, 40, 4, 595-601.

Ethical responsibilities of physical therapists and WCPT members. 2017. World Confederation for Physical Therapy. Viitattu 4.1.2020.
https://www.wcpt.org/sites/wcpt.org/files/files/resources/policies/2017/PS_Ethical_responsibilities_of_physical_therapists_and_WCPT_members_FINAL.pdf.

Flor, H. 2003. Cortical reorganization and chronic pain: implications for rehabilitation. Journal of Rehabilitation Medicine, 41, 66-72.

Flor, H., Elbert, T., Knecht, S., Wienbruch, C., Pantev, C., Birbaumer, N., Larbig, W. & Taub, E. 1995. Phantom-limb pain as a perceptual correlate of cortical reorganization following arm amputation. Nature, 375, 6531, 482-484.

Fysioterapeuttien eettiset ohjeet. 2014. Suomen Fysioterapeutit - Finlands Fysioterapeuter ry. Viitattu 4.1.2020. https://www.suomenfysioterapeutit.fi/wp-content/uploads/2018/01/Fysioterapeutin_Eettiset_Ohjeet_2014.pdf.

Kangasniemi, M., Utriainen, M., Ahonen, S.-M., Pietilä, A.-M., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. Hoitotiede.

Kauhanen, P. & Juutilainen, V. 2018. Amputaatiot alaraajan tukkivassa valtimotaudissa. Julkaisussa Kirurgia. Kustannus Oy Duodecim.

Külünkoğlu, B., Erbahçeci, F. & Alkan, A. 2019. A comparison of the effects of mirror therapy and phantom exercises on phantom limb pain. Turkish Journal of Medical Sciences, 49, 1, 101-109.

Lotze, M., Flor, H., Grodd, W., Larbig, W. & Birbaumer, N. 2001. Phantom movements and pain: An fMRI study in upper limb amputees. Brain, 124, 11, 2268-2277.

Luo, Y. & Anderson, T. 2016. Phantom limb pain: a review. International anesthesiology clinics, 54, 2, 121-139.

MacIver, K., Lloyd, D., Kelly, S., Roberts, N. & Nurmikko, T. 2008. Phantom limb pain, cortical reorganization and the therapeutic effect of mental imagery. Brain, 131, 8, 2181-1291.

Määttänen, M. & Pohjolainen, T. 2015. Raaja-amputaatiot, proteesit ja kuntoutus. Julkaisussa Fysiatria. Kustannus Oy Duodecim.

Ortiz-Catalan, M., Guðmundsdóttir, R., Kristoffersen, M., Zepeda-Echavarria, A., Caine-Winterberger, K., Kulbacka-Ortiz, K., Widehammar, C., Eriksson, K., Stockselius, A., Ragnö, C., Pihlar, Z., Burger, H. & Hermansson, L. 2016. Phantom motor execution facilitated by machine learning and augmented reality as treatment for phantom limb pain: a single group, clinical trial in patients with chronic intractable phantom limb pain. The Lancet, 388, 10062, 2885-2894.

Perry, B., Armiger, R., Wolde, M., McFarland, K., Alphonso, A., Monson, B., Pasquina, P. & Tsao, J. 2018. Clinical trial of the virtual integration environment to treat phantom limb pain with upper extremity amputation. Frontiers in neurology, 9, 770, 1-9.

Ramachandran, V. & Altschuler, E. 2009. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function. Brain, 132, 7, 1693-1710.

Ramachandran, V., Rogers-Ramachandran, D. & Stewart, M. 1992. Perceptual correlates of massive cortical reorganization. Science, 258, 5058, 1159-1160.

Ramadugu, S., Nagabushnam, S., Katuwal, N. & Chatterjee, K. 2017. Intervention for phantom limb pain: a randomized single crossover study of mirror therapy. Indian journal of psychiatry, 59, 4, 457-464.

Rothgangel, A., Braun, S., Winkens, B., Beurskens, A. & Smeets, R. 2018. Traditional and augmented reality mirror therapy for patients with chronic phantom limb pain (PACT study): results of a three-group, multicentre single-blind randomized controlled trial. Clinical Rehabilitation, 32, 12, 1591-1608.

Rutledge, T., Velez, D., Depp, C., McQuaid, J., Wong, G., Jones, W., Atkinson, J., Giap, B., Quan, A. & Giap, H. 2019. A Virtual Reality Intervention for the Treatment of Phantom Limb Pain: Development and Feasibility Results. Pain Medicine, 20, 10, 2051-2059.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasa: Vaasan yliopiston julkaisuja.

Stolt, M., Axelin, A. & Suhonen, R. 2009. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turun yliopisto: hoitotieteen laitoksen julkaisuja.

Tilak, M., Isaac, S., Fletcher, J., Vasanthan, L., Subbaiah, R., Babu, A., Bhide, R. & Tharion, G. 2015. Mirror therapy and transcutaneous electrical nerve stimulation for management of phantom limb pain in amputees - A single blinded randomized controlled trial. Physiotherapy Research International, 21, 2, 109-115.

Timms, J. & Carus, C. 2015. Mirror therapy for the alleviation of phantom limb pain following amputation: A literature review. International Journal of Therapy and Rehabilitation.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK). 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje.

Venermo, M. 2016. Ääreisvaltimoiden sairauksien akuutit tilanteet. Julkaisussa Kardiologia. Kustannus Oy Duodecim.

Venermo, M. 2010 Kroonisen alaraajaiskemian määritelmä. Käypä hoito. Suomalainen Lääkäriseura Duodecim.

Yildirim, M. & Kanan, N. 2016. The effect of mirror therapy on the management of phantom limb pain. The journal of the Turkish Society of Algology, 28, 3, 127-134.

Zanfir, A.-M., Georgescu, D., Turturica, S., Eczedi, M. & Mironiuc, A. 2017. Immersive VR in phantom limb pain therapy of amputee patients due to critical limb ischemia. Acta Medica Marisiensis, 63, 3, 115-120.