



AIVOVERENKIERTOIHÄI- RIÖPOTILAAN YLÄRAAJA- PAINOTTEINEN ROBOTTI- AVUSTEINEN TERAPIA

Kirjallisuuskatsaus

Koulutusala Sosiaali-, terveys- ja liikunta-ala	
Koulutusohjelma Fysioterapian koulutusohjelma	
Työn tekijä Lassi Romo	
Työn nimi Aivoverenkiertohäiriöpotilaan yläraajapainotteinen robottivusteinen terapia- kirjallisuuskatsaus	
Päiväys	5.11.2014
Sivumäärä/Liitteet	40
Ohjaaja Tuija Sairanen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Suomen aivotutkimus- ja kuntoutuskeskus Neuron	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Aivoverenkierron häiriöt ovat maailmanlaajuisesti kolmanneksi yleisin kuolinsyy, ja Suomen yhteiskunnalle kolmanneksi kallein kansansairaus. Aivoverenkierron häiriöiden seurauksena potilaan toimintakyky voi laskea, mikä on peruste kuntoutusprosessin aloittamiselle. Robottivusteiset laitteet pyrkivät tehostamaan neurologisten potilaiden kuntoutusta ja tarjoamaan kustannus- ja resurssitehokkaamman vaihtoehdon perinteisille kuntoutusmuodoille.</p> <p>Suomen aivotutkimus- ja kuntoutuskeskus Neuron toivoi minun tekevän heille kirjallisuuskatsauksen yläraajoihin keskittyvien robottivusteisten kuntoutuslaitteiden vaikutuksesta aivoverenkierron häiriöiden kuntoutuksessa.</p> <p>Tutkimuskysymykseksi asetin " Mitä vaikutusta yläraajapainotteisella robottivusteisella terapialla on aivoverenkiertohäiriöpotilaan kuntoutuksessa?" Suoritin tutkimushaun PubMed:n ja PEDro:n tietokannoissa elo-syyskuussa 2014, käyttäen hakusanoja "stroke", "rehabilitation", "robot" ja "upper limb". Tutkimusten tuli olla vuonna 2011 julkaistuja tai tuoreempia ja tyypiltään RCT- tutkimuksia tai kirjallisuuskatsauksia. Hakuni tuotti 23 osumaa. Sisäänottokriteereiksi asetin että tutkimuksessa käytetty laite oli ohjelmoitavissa oleva, kolmiulotteisessa työtilassa toimiva automatisoitu laite.</p> <p>Karsinnan jälkeen kirjallisuuskatsaukseeni jäi viisi RCT-tutkimusta, joita analysoin perehtyen koeryhmän kokoon ja ikäjakaumaan, käytettyyn laitteeseen, arvioinnin mittareihin, tuloksiin ja tekijöiden taustoihin. Näiden tietojen pohjalta muodostin johtopäätökseni yläraajapainotteisen robottivusteisen terapian vaikutuksesta aivoverenkiertopotilaan kuntoutuksessa. Robottivusteisella terapialla saadaan parannettua halvaantuneen käden käytön laatua ja määrää. Käden hallinta parani ja mitattu spastisuus pieneni interventioiden seurauksesta. Itsekoetussa elämänlaadussa huomattiin kohenema, joka on havaittavissa vielä puoli vuotta harjoittelun päättymisen jälkeen.</p> <p>Työn tilaaja kuntoutuskeskus Neuron sai kirjallisuuskatsauksestani kaipaamaansa tilannekatsauksen yläraajapainotteisen robottivusteisen terapian tuloksista ja tämänhetkisestä tilanteesta.</p>	
Avainsanat Aivoverenkierron häiriöt, robottivusteinen, kuntoutus, yläraaja, neuroplastiikka	

Field of Study Social Services, Health and Sports			
Degree Programme Degree Programme of Physiotherapy			
Author Lassi Romo			
Title of Thesis Robotic assisted therapy after stroke, upper extremity- review			
Date	5.11.2014	Pages/Appendices	40
Supervisor Tuija Sairanen			
Client Organisation /Partners The Finnish Brain Research and Rehabilitation Center Neuron			
<p>Abstract</p> <p>Stroke-related problems are the third most common reason for sudden deaths worldwide, and the third most expensive national disease in Finland. Stroke may lower the patient's ability of functioning and coping with daily tasks, which is a basis for the start of rehabilitation. Robotic-assisted equipment in rehabilitation aims at improving the rehabilitation of neurological patients and to offer a cost- and resource efficient choice for more traditional rehabilitation methods.</p> <p>The Finnish Brain Research and Rehabilitation Center Neuron wished that I would do them a literature review about the robotic assisted rehabilitation for upper limb in rehabilitation after a stroke.</p> <p>For my research question, I stated the following: "what kind of an effect does the upper extremity robotic assisted therapy hold for recovering stroke patients?" I did my search in PubMed and PEDro databases in August-September 2014, and used search- words: "stroke", "rehabilitation", "robot" & "upper limb". Studies I would include in my review would have to have been published in 2011 or later, and they had to be RCT- or review based studies. My search brought me 23 hits. As for include-criteria, I chose that the robot had to be able to work in a 3D-workspace and that it was an individually programmable automated system.</p> <p>After the elimination, my review was left with five RCT-studies, which I analysed focusing on the size and age-distribution of the sample group, the therapeutic machine that was used, the evaluation tools that had been used, the results and the backgrounds of the people who carried the study. Based on these pieces of information, I drew my conclusions regarding the effects of robotic assisted upper limb therapy on patients, who are recovering from stroke. Using robotic assisted therapy, one can improve their amount and quality of use on paralyzed hand. The control over hand improved and the estimated spasticity lowered during the intervention. Self-evaluated quality of life increased on test subjects and the change was still visible six months after the intervention had ended.</p> <p>Client organization, rehabilitation center Neuron found the information they were looking for from my review regarding the status of upper limb robotic rehabilitation.</p>			
Keywords Robotic-assisted, rehabilitation, Stroke, Upper extremity, neuroplasticity			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	5
2	AIVOVERENKIERTOHÄIRIÖ JA KUNTOUTUS	6
2.1	Aivoverenkiertohäiriöt	6
2.2	Aivoverenkiertohäiriöiden yleisyys	7
2.3	Aivoverenkierron häiriöiden kustannukset	7
2.4	Aivoverenkierron häiriöiden kuntoutus ja neuroplastikka	8
3	ROBOTTIAVUSTEINEN KUNTOUTUS	10
4	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	12
5	KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS	13
5.1	Kirjallisuuskatsaus	13
5.2	Aineiston hankinta	14
5.3	Aineistonhaun toteutus & aineiston analysointi	15
6	YLÄRAAJAPAINOTTEINEN ROBOTTIAVUSTEINEN KUNTOUTUS	16
6.1	Arviointimittarit	16
6.2	Kirjallisuuskatsauksessa esiintyneet robottiaivusteiset laitteet	19
6.3	Tutkimukset	21
7	POHDINTA	29
7.1	Tulosten tarkastelua	29
7.2	Luotettavuus ja eettisyys	29
7.3	Fysioterapian asiantuntijana kasvaminen	31
	LÄHTEET	33

1 JOHDANTO

Robotiikka on jatkuvasti kehittyvä tekniikan ala, ja sen hyödynnettävyys on laaja. Teollisuudessa jo kauan käytetyistä liukuhihnaroboteista on edetty pikkutarkkaa työtä vaativiin leikkausrobotteihin, jotka helpottavat kirurgien työtä (Medlineplus 2011). Lisäksi on kehitetty niin kutsuttuja ulkoisia tukirankoja eli exoskeletoneja. Tukirankoja on käytetty lähinnä logistiikan ongelmien ratkaisemiseksi: ihmisen päälle puettu ranka mahdollistaa raskaitten kuormien siirron vaivattomasti ja ergonomisesti. Exoskeletoneja on myös kokeiltu terveydenhoidossa muunmuassa potilassiirtoihin (Gilhooly 2012). Aivoverenkierron häiriöiden kuntoutuksessa on viime aikoina käytetty robottivälineitä, jotka ovat toimintatavoiltaan hyvin samankaltaisia ulkoisten tukirankojen kanssa. Laitteita on testattu kävelyn (Diaz, Gil ja Sanchez 2011) -ja yläraajojen hallinnan uudelleenopettelussa.

Aivoverenkierron häiriöt ovat kolmanneksi yleisin kuolemansyy ja maailman suurin kotona yksin selviytymisen rajoittaja. Aivoverenkierron häiriöt asettavat siten merkittävän taakan potilaan ja tämän perheen lisäksi yhteiskunnalle. (Carr, Shepherd 2010, 248.)

Aivoverenkiertohäiriöpotilaan kuntoutuksessa on tärkeää uusien hermoratojen muodostamisen edistäminen eli niin kutsutut neuroplastiset muutokset (Medterms 2012). On havaittu, että toistoon perustuva harjoittelu edesauttaa tätä kuntoutumista (Takeuchi ja Izumi 2013).

Tavoitteenani on tuottaa kirjallisuuskatsaus siitä, millaisia vaikutuksia yläraajaan kohdistuvalla robotivälineillä kuntoutuksella on ja esitellä aihetta luotettavasti käsitteleviä tutkimuksia. Tavoitteena on löytää mahdollisimman tuoreita ja objektiivisiä tutkimuksia.

Koska robottivälineinen kuntoutus on vielä verrattain uusi kuntoutusmenetelmä Suomessa, työstäni saa tiivistetysti käsityksen käsiteltävän kuntoutusmetodin tuloksista. Alaraajojen harjoittamiseen tarkoitettuja laitteita on Suomessa jo jonkin verran käytetty aivohalvauspotilaiden harjoittelussa. Yläraajoihin keskittyviä robotteja ei ole tiedettävästi vielä systemaattisesti käytetty. (Vehkala 2013-11-4.). Kenties jatkossa robotit yleistyvät myös suomalaisessa terveydenhuollossa, sillä ne säästävät hoitoresursseja. Oletettavaa on, että yleistymistä tapahtuu aluksi ainakin yksityisellä sektorilla.

Työn tilaaja, Suomen aivotutkimus- ja kuntoutuskeskus Neuron on yksityinen, aivohalvaus- ja muiden neurologisten potilaiden hoitoon ja tutkimiseen keskittynyt kuntoutusyksikkö. Neuronin toimintaa ohjaa potilaiden kuntouttaminen ja tutkimus. Kuntoutuskeskuksessa pyritään lisäksi kehittämään uusia kuntoutusmenetelmiä ja arvioimaan niiden tehoa.

2 AIVOVERENKIERTOHÄIRIÖ JA KUNTOUTUS

2.1 Aivoverenkiertohäiriöt

Aivoverenkierron häiriöt ovat seurausta aivojen verenkierron poikkeavuudesta. Tukos tai repeämä aivovaltimoissa estää normaalin verenkierron aiheuttaen hapenpuutteesta ja paineen kasvusta johtuvaa vahinkoa. (National Stroke Association 2014). Aivot ovat ratkaisevassa osassa ihmisen toiminnan kannalta. Tästä johtuen aivoverenkiertohäiriöillä, eli AVH:lla, on merkittävät vaikutteet sairastuneen fyysiseen, psyykkiseen ja sosiaaliseen toimintakykyyn. Vaurioalueen koko, sijainti ja henkilön yksilölliset tekijät määrittelevät oirekirjon ja tekevät kustakin sairaskertomuksesta ainutlaatuisen. Oireet ilmenevät tuntopuutoksina, häiriönä kielellisissä toiminnoissa, halvausoireina tai vaikeuksina henkisissä suorituksissa. Oireet voivat olla pysyviä tai ohimeneviä. (Aivoliitto 2014a.)

Aivoverenkierron häiriöt on yleisnimitys, joka voidaan jakaa alakategorioihin. Alakategoriat eroavat toisistaan sairastumisen syiden ja jossain määrin oireiden laadun perusteella.

Yleisin syy aivoverenkiertohäiriöille on aivovaltimon veritulppa, eli infarkti. Valtimo tukkeutuu äkillisesti, estäen verenkierron ja hapensaannin aivoihin. Tämä johtaa aivokudoksen osittaiseen kuolioon paikallisesti. Tukkeuma on usein seurausta verihyytymästä joka vähitellen muodostuu ahtautuneeseen valtimeen. Tukkeuma voi olla seurausta myös emboliasta, eli verenkierron mukana muualta elimistöstä kulkeutuvasta verihyytymästä, joka lopulta kiillautuu johonkin aivovaltimon haaroista. (Atula 2012a.)

Aivovaltimon repeämä aiheuttaa noin 15 % aivoverenkierron häiriöistä (Terveyskirjasto 2012). Valtimon revetessä verta pääsee vuotamaan aivoaineeseen tai lukinkalvon alaiseen tilaan aiheuttaen verenkierron vähenemistä aivoissa ja kudonsvauriota paineen kasvaessa (Aivoliitto 2014a).

Ohimenevä aivoverenkiertohäiriö eli TIA (Transient Ischemic Attack) on lyhytvaikutteinen kohtaus, jossa aivoverenkiertohäiriön oireet menevät ohitse viimeistään vuorokauden sisällä. Ensimmäinen TIA-kohtaus tulisi ottaa vakavuudella, sillä yhdellä kymmenestä se on varoitussignaali varsinaisesta aivohalvauksesta. (Atula 2012b.)

Terveelliset elämäntavat ovat ennaltaehkäiseviä keinoja aivoverenkierron häiriöitä vastaan. Tupakointi, runsas alkoholin käyttö, korkea verenpaine, sydänsairaudet, tyypin 2 diabetes, korkea kolesterolipitoisuus, ylipaino, korkea ikä, miessukupuoli, perinnölliset tekijät, vaihdevuosien ilmaantuminen ja vähäinen aktiivisuus lisäävät riskiä sairastua aivoverenkierron häiriöihin. Aivoverenkierron häiriön taustalla vaikuttavatkin monen eri tekijän pitkäaikainen vaikutus. (Aivoliitto 2014b.)

2.2 Aivoverenkiertohäiriöiden yleisyys

Aivoverenkiertohäiriöt ovat kolmanneksi yleisin kuolinsyy maailmanlaajuisesti. Vuosittain 25 000 suomalaista sairastuu aivoverenkierron häiriöön; tämä tekee 68 tapausta päivittäin. Vuonna 2009 aivoverenkiertohäiriötä arvioitiin olevan Suomessa n. 82 000. (Aivoliitto 2014c.) AVH on neljänneksi suurin kuolemansyy Suomessa sepelvaltimotaudin, syöpäsairauksien ja dementian jälkeen (Käypähoito 2014a). AVH:n seurauksena menetetään enemmän laatu- kuin elinvuosia kuin minkään muun sairauden seurauksena. (Karppi 2014.)

WHO:n vuonna 2002 toteuttaman World Health Report:n mukaan maailmanlaajuisesti aivoverenkierron häiriöt aiheuttavat 15 miljoonaa sairastumista vuosittain. Yksi kolmannes sairastuneista kuolee, ja toiselle kolmannekselle jää pysyviä haittoja. (Strokecenter 2014.)

Carr: ja Shepherd:n (2010, 248) mukaan aivoverenkierron häiriöiden aiheuttamia kuolemia ilmeni maailmanlaajuisesti vuonna 2008 5,5 miljoonaa, joista kaksi-kolmasosa tapahtui vähemmän kehittyneissä maissa. Aivoverenkierron häiriöiden todellista lukumäärää on vaikea arvioida, koska osa potilaista menehtyy pian oireiden ilmettyä ja monille potilaista ei synny sairauden mukana tulevia rajoitteita.

2.3 Aivoverenkierron häiriöiden kustannukset

Aivoverenkierron häiriöiden kulut ovat merkittävät. Ne ovat kolmanneksi kallein kansantautimme mielenterveyshäiriöiden ja dementian jälkeen. Ensimmäisen vuoden hoitokustannukset tekevät potilaskohtaisesti noin 21 000 euroa, joista kolmasosa kuluu akuuttihoitoon. Elinikäiset kulut yhteiskunnalle potilasta kohden ovat noin 86 000 euroa. Tämä tekee vuodessa yhteensä sairastuneiden osalta 1,1 miljardia euroa. Aivoverenkierron häiriöt aiheuttavatkin 7 % terveydenhuollon kokonaismenoista. Hoitopäiviä kuluu 260 000 erikoissairaanhoidossa ja perusterveydenhuollossa 1 500 000. Tämä johtaisi vuoteen 2020 mennessä siihen, että pelkästään AVH-potilaille tarvittaisiin 100 uutta vuodeosastoa, elleivät ennaltaehkäisy, akuuttihoito ja varhaisvaiheen kuntoutus tehostu. Konkreettisten kulu- jen lisäksi neljäsosa sairastuneista on työikäisiä, joista edelleen neljäsosa jää työkyvyttömyyseläkkeelle; luku on suurempi kuin sepelvaltimotaudissa. (Aivoliitto 2014c.)

2.4 Aivoverenkierron häiriöiden kuntoutus ja neuroplastiikka

Akuuttivaiheessa ja sitä seuraavina kuukausina noin 45 % sairastuneista tarvitsee lääkinnällistä kuntoutusta. Arvioiden mukaan noin 30 000 potilasta on kuntoutuksen tarpeessa. Tähän lukuun sisällytetään myös toimintakykyä ylläpitävä kuntoutus. Kuntoutus on riippuvainen aivoverenkiertohäiriön vaikeusasteesta ja tyypistä, sairastumisen mukana tulleista oireista, potilaan terveydellisestä taustasta ja yksilötekijöistä, sairastumista edeltäneestä toimintakyvystä, ammatin ja työn tuomista vaatimuksista, sosiaalisista verkoista ja kuntoutujan omasta motivaatiosta.

(Aivoliitto 2014c.)

Varhaisvaiheen kuntoutus sisältää sekä akuutin, että subakuutin kuntoutuksen. Akuutti kuntoutus tarkoittaa tilannetta, jossa potilaan tila ei ole vielä stabiili sairastumisen jälkeen. Potilaan tilan vakiinnuttua siirrytään kuntoutuksen subakuuttiin vaiheeseen, jolloin potilas aloittaa intensiivisen harjoittelun toimintakyvyn parantamiseksi ja aivoverenkierron häiriön mukana tulleiden haittojen vähentämiseksi. Subakuutti vaihe kestää kolmesta kuuteen kuukautta. (Käypähoito 2014b)

Kolme ensimmäistä kuukautta kuntoutuksessa ovat tärkeitä, sillä niiden aikana harjoittelusta saatu hyöty on suurin. Intensiivisen kuntoutusjakson jälkeen siirrytään ylläpitävään vaiheeseen, joka voi olla elinikäinen jos potilaalle jää neurologisia puutosoireita. (Kaste 2007.) Kuntoutuksen päätavoitteena on vähentää mahdollisia vajaatoimintoja potilaan toimintakyvyssä, ja tukea tämän sopeutumista sairastumisen jälkeiseen tilaan. (Pohjasvaara, Ylikoski, Hietanen, Kalska ja Erkinjuntti 2002)

Carr ja Shepherd toteavat oppaassaan "Stroke Rehabilitation" (2003, 264-265) että aivoverenkierron jälkeisen fysioterapian tarkoitus on optimoida potilaan toimintakyky, parantaa fyysistä suoriutumista, kohottaa potilaan mielialaa, motivaatiota ja mielenterveyttä. Tärkeää on myös ehkäistä fyysisen inaktiivisuuden mukanaantuomia haittoja kuten neuromuskuloskeletaaliset ja verenkierronnalliset häiriöt. Oppaan mukaan toiminnallisilla harjoitteilla ja lihasvoimaharjoittelulla olisi lupaavia tuloksia aivoverenkierron jälkeisessä kuntoutuksessa. Kuntoutuksessa perehdytään lisäksi perusliikkumisen, asennonhallinnan ja arkielämässä vaadittavien taitojen uudelleen opetteluun. (Ninds 2014)

Aivoverenkierron häiriöiden kuntoutuksessa pääpaino on usein heikentyneiden ja inaktiivisten lihasten harjoittamisessa (Carr & Shepherd). 30- 60 % AVH-potilaista menettää kyvyn käyttää yläraajaansa sairastumista seuraavan pareesin vuoksi. Vain 5-20 %:lla tästä joukosta käden toiminta palaa normaaliksi. Vaikka toimintakyvyn takaisin palautuminen onkin nopeinta ensimmäisten kuntoutuskuukausien aikana, yläraajan toiminta voi parantua jopa vuosia sairastumisen jälkeen. (Karppi 2014.)

Suunniteltaessa kuntoutujan harjoitteluohjelmaa, tulisi kiinnittää huomiota konkreettisten, toiminnallisten harjoitteiden tekemiseen. Annettaessa tehtävälle jokin tarkoitus, kuten esineen nostaminen hyllykölle pelkän käden noston ja kurottamisen sijaan, tehtävästä suoriutuminen on ollut laaduk-

kaampaa. Selitykseksi on esitetty saadun informaation suurempi määrä konkreettisissa tehtävissä: konkreettinen tehtävä voi sisältää auditoorista, visuaalista ja taktiilista informaatiota. (Carr & Shepherd 2010, 38-39.) Monissa arkipäivän toiminnoissa tarvitaan kuitenkin molempien käsien koordinoitua yhteistyötä. Siksi olisi tärkeää sisällyttää kuntoutukseen bilateraalisia harjoitteita. (Carr & Shepherd 2003, 160.)

Yksi aivoverenkierron häiriöiden kuntoutuksen merkittävimmistä haasteista on standardisoidun kuntoutussuunnitelman ja -rungon puuttuminen. Monissa aihetta käsittelevistä tutkimuksista kohderyhmä on ollut heterogeeninen, joten tarkkojen johtopäätöksiä tekeminen on haasteellista. Tulevaisuuden tutkimuksissa tulisi kiinnittää enemmän huomiota koehenkilöiden luokitteluun aivoverenkiertohäiriön vaikeusasteen mukaan. (Carr & Shepherd 2003, 24.)

Neuroplastiikka (neuroplasticity) on hermokudoksen korjautumista, uudelleen muovautumista ja uusien hermoyhteyksien rakentumista erinäisten stimulaatioiden seurauksena. Hermokudokselle tuotetaan ärsykettä liikkeen, fysiologisten hoitojen, välittömän palautteen taikka lääkityksen avulla. Tämä stimulaatio ikäänkuin kiihdyttää hermoston luontaista korjautumista, aksonien ja dendriittien haaroittumista ja uusien synapsien muodostumista sekä vanhojen yhteyksien vahvistumista. (Cheng, Hou & Mattson 2010.)

Neuroplastiikalla voi olla toimintakyvyn kannalta niin positiivisia kuin negatiivisiakin vaikutuksia kuntoutujalle. Uusien hermoyhteyksien muodostuminen voi toisaalta parantaa toimintakykyä ja auttaa päivittäisten toimintojen uudelleen oppimisessa, mutta se voi myös altistaa muunmuassa epilepsialle, kouristuksille ja selittämättömille kiputiloille. Neuroplastiikkaa ei tulisi kuitenkaan sotkea kehon liikeketjun toiminnan muutoksissa ilmentyviin kompensatioihin. (Cramer ym. 2011.)

Neuroplastiikan toimintaperiaatteet ja arvioitavuus on vielä kyseenalaista. Haasteita tuovat laajan potilaskirjon mukanaantuomat yksilölliset oirekuvat, mistä johtuen on vaikea muodostaa yleispätevää hoitolinjaa ja ohjeistusta kuntoutukselle. Eläinkokeista saadut tulokset ovat myös kyseenalaisia, sillä kuntoutuminen on kokonaisvaltainen prosessi, jossa vaikuttavat ihmisen anatomisten ominaisuuksien lisäksi yksilötekijät, ympäristö, terapian määrä, motivaatio, tautihistoria, sosiaalinen tuki ja verkostot ynnä muut tekijät, jotka erottavat ihmisen testieläimistä. (Cramer ym. 2011.)

3 ROBOTTIAVUSTEINEN KUNTOOUTUS

Robottiavusteisessa kuntoutuksessa hyödynnetään automaatiota ja sen tuomia etuja muun muassa aivoverenkierron häiriön mukanatulleiden toimintakyvyn häiriöiden hoidossa. Automatisoidulla, potilaskohtaisesti säädettävällä ja ohjelmoitavalla laitteella voidaan saada esimerkiksi sairauden inaktiivoinen raaja suorittamaan vaadittuja, monivaiheisia liikkeitä ja liikesarjoja ja toistaa näitä väsymättä, mikä on neuroplastiikan kannalta tärkeää. (Takeuchi ja Izumi, S. 2013.)

Yläraajojen robottiavusteisessa kuntoutuksessa pääpaino on laitteesta riippuen käsien yksi- tai molempipuoleisessa harjoittamisessa. Harjoituksilla haetaan usein halvaantuneen puolen olka- ja/tai kyynärnivelen liikettä, mutta markkinoille on ilmaantunut myös malleja, joilla on mahdollista harjoittaa rannetta ja kättä. Moniin nykyisistä robottiavusteisen kuntoutuksen malleista sisältyykin mahdollisuus harjoittaa lähes koko raajaa ja asettaa haluttu määrä vastusta, tai raajan ollessa inaktiivinen, tukea. (Nykänen 2010.)

On löydetty vahvaa näyttöä, että virtuaalimaailman ja pelien hyväksikäyttö ja yhdistäminen robottiavusteiseen kuntoutukseen tukisi metodin vaikuttavuutta ja täten tarjoaisi parempaa hoitovastetta (Kwakkel, Kollen & Krebs 2008).

Robottiavusteiset laitteet mahdollistavat potilaille lukemattomien toistojen suorittamisen, mikä tavanomaisesti mobilisoimalla vaatii fysioterapeutilta huomattavasti aikaa ja energiaa. Robotiikan avulla hoitohenkilökunnan rooli vaihtuu fyysisen työn tekijästä strategisempaan, hoidon edistymistä valvovaan suuntaan. (Krebs, Volpe, Aisen & Hogan 2000)

Vuonna 2013 julkaisemassa artikkelissaan Poli, Morone, Rosati ja Masiero nostavat esille haittapuolia robotiikan käytöstä kuntoutuksessa. Robottiavusteinen kuntoutus on pohjimmiltaan tehtävälähtöistä. Laitteilla pystytään tuottamaan monivaiheisia liikkeitä, jotka kuitenkin ovat hyvin hankalia sovittaa arkielämässä vaadittaviin toimintoihin. Robottiavusteisilla kuntoutuslaitteilla pystytään mittaamaan tarkasti potilaan edistymistä, mutta nämä tulokset eivät ole vertailukelpoisia nykyisten, perinteisten arviointimenetelmien kanssa. Myös potilaan ja hoitohenkilökunnan suostumus automaation käytöstä kuntoutuksessa nostetaan esille: ei-ihmislähtöinen terapia voidaan kokea luotaan poistyöntäväksi ja jopa pelottavaksi.

Robotiikan yleistyminen kuntoutusmetodinä on lisännyt tarvetta erilaisille laitteille täyttämään kunkin kuntoutujan vaatimukset. Yläraajoille soveltuvilla laitteilla harjoitetaan ranteen fleksiota ja ekstensiota, pronaatio-supinaatio liikettä, kyynärnivelen koukistamista ja ojentamista sekä olkanivelen liikuttamista.

Robottiavusteisia laitteita muistuttavilla painonkevennys-exoskeletoilla on saatu myös lupaavia tuloksia. Painonkevennyslaitteiden toimintaperiaate perustuu halvaantuneen käden liikuttamiseen vaa-

dittavan voiman minimointiin kaapeleiden, pneumatiikan, automaation tai kuminauhojen avulla. Laitte ikään kuin tekee osan potilaan työstä kättä liikuttaessa. Potilaalla tulee täten olla jonkintasoinen kyky aktivoida halvaantunutta kättä. Osassa Kirjallisuuskatsaukseni sisällyttämiä laitteita on myös painonkevennystä muistuttavia ominaisuuksia.

Colomer, Baldovi, Torrome Navarro, Moliner, Ferri ja Noe (2012) testasivat kokeessaan Armeo® Spring (aiemmin tunnettu tuotenimellä T-WREX (Amerihealthvipcare 2014)) nimistä painonkevennyslaitetta 23:lla aivoverenkiertohäiriö potilaalla. Koe kesti 36 terapiasession ajan. Käytetyt mittarit olivat Fugl-Meyer, Modified Ashworth Scale, MI, Manual Function Test, Motor Assesment Scale ja Wolf Motor Function. Tulokset todistivat että Armeo® Spring:lla harjoittelu edesauttoi aivoverenkierronhäiriön jälkeistä kuntoutusta lievissä ja keskivaikeissa tapauksissa.

Reikensmeyer , Wolbrecht, Chan, Chou, Cramer ja Bobrow (2012) toteuttivat satunnaiskontrolloidun kokeen, jossa verrattiin PNEU-Wrex:a (T-Wrex:n pneumatiikalla toimiva versio) perinteiseen fysioterapiaan. 27 kokeeseen osallistuneesta koehenkilöstä yksi jätti kokeen kesken. Kahden kuukauden ajan kestäneessä kokeessa kukin testihenkilö suoritti 24 tunnin mittaista harjoittelusessiota. Mittareina käytettiin Fugl-Meyer:a, Rancho Functional Test for the Hemiplegic/Paretic Upper Extremity:a, MAL:a, Box and Blocks test:a, puristusvoimatestiä ja NSA:a. Kehityksen ollessa verrattain pientä molemmissa testi- sekä kontrolliryhmissä, testiryhmä sai hivenen parempia tuloksia.

4 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Robottivusteisen kuntoutuksen merkitys korostuu tulevaisuudessa sen kustannustehokkuuden, monipuolisuuden ja ennen kaikkea kuntoutuksen tuomien tulosten vuoksi. Tarkoitukseni on koota tietoa robottivusteisesta kuntoutuksesta, sen toteuttamisesta ja hyödyistä aivohalvauspotilaan kuntoutuksessa. Kirjallisuuskatsauson tavoitteena on antaa kattavan kuvan kuntoutusmenetelmästä. Kirjallisuuskatsaus pohjautuu luotettaviin tutkimuksiin, jotka on kerätty useasta eri tietokannasta. Toimeksiantaja Neuron tarjosi aihetta minulle, sillä kuntoutus- ja tutkimuskeskus on harkinnut yläraajan robottivusteisen laitteen hankintaa. Tavoitteenani on siten myös tuottaa heille taustatietoa investointipäätöksen tueksi.

Tutkimuskysymys, eli tutkimusongelma käsittää kysymyksen taikka joukon kysymyksiä, joihin opinnäytetyöllä haetaan vastauksia. Kysymysten tulisi olla mahdollisimman yksiselitteisiä, jotta vastauksien löytyminen niihin olisi helpompaa. Tutkimusongelman tulisi määrittää, millaista aineistoa tutkimuksen toteutuksessa tarvitaan, ja millä menetelmillä sitä analysoidaan. Tutkimuskysymysten aseteluun vaikuttavat käsillä olevat aineistot ja niiden saatavuus sekä käytössä olevat resurssit. Myös opinnäytetyön tyyppi ja siinä käytettävien tiedonkeruumenetelmät vaikuttavat kysymysten aseteluun. (Kajaanin Ammattikorkeakoulu 2014.)

Tutkimuskysymykseksi asetan: "Mitä vaikutusta yläraajapainotteisella robottivusteisella terapialla on aivoverenkiertohäiriöpotilaan kuntoutuksessa?"

Tavoitteeni oli että työni edistäisi tämän uuden kuntoutusmenetelmän kehittämistä ja käyttöönottoa. Kootusta tiedosta on mahdollisesti hyötyä kuntoutusmenetelmän jalostamisessa ja sen hyödyntämisessä. Itse opinnäytetyön tekijänä kartutan omaa tietämystäni tästä kuntoutusmenetelmästä sekä edistän omaa ammatillista osaamistani, tutkijantaitojani, kriittisyyttäni jo tehtyjä tutkimuksia kohtaan ja raportointitaitojani.

5 KIRJALLISUUSKATSAUKSEN TOTEUTUS

5.1 Kirjallisuuskatsaus

Tutkimukseni oli luonteeltaan kirjallisuuskatsaus. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on kehittää jo olemassa olevaa teoriaa, arvioida sitä, antaa kokonaiskuva siitä ja tunnistaa mahdollisia ongelmia ja kuvailla kehityshistoriaa. Yksi yleisimmistä kirjallisuuskatsauksen tyypeistä on kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Tällä katsaustyyppillä ei ole tiukkoja ja tarkkoja määritelmiä. Käytetty aineisto on laaja, ja huolimatta tarkkojen metodimääritelmien puutteesta, aihetta pystytään kuvaamaan laaja-alaisesti ja ominaisuuskohtaisesti. (Salminen 2011.) Kuntoutuskeskus Neuron toivoi minun tuottavan heille kirjallisuuskatsauksen yläraajan robottivusteisista laitteista aivoverenkierronhäiriöiden hoidossa.

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus jaetaan vielä kahteen lohkoon, joista toinen on narratiivinen, ja toinen integroiva. Kirjallisuuskatsaukseni oli luonteeltaan narratiivinen, eli ikään kuin kuvasin aivohalvauspotilaiden robottivusteisen kuntoutuksen kehityskulkua ja perehdytin lukijan tutkimuksiin ja niistä saatuihin tuloksiin. Narratiivinen kuvaileva kirjallisuuskatsaus on helppolukuinen, epäyhtenäistä tietoa järjestävä tuotos. (Salminen 2011.) Kirjallisuuskatsaukseni oli luonteeltaan yleiskatsaus aiheeseen. Tämä tarkoittaa sitä, että tiivistin aiemmin tehtyjä tutkimuksia, ja loppuanalyyseistä tuli kuvaileva yhteenveto. Tällä tavoin sain myös vastauksen asettamalleni tutkimuskysymykselle.

Suunnittelin Neuronin yhteyshenkilön kanssa kirjallisuuskatsaukseni sisältöä ja rajasimme tutkimuskysymystä. Neuron on kiinnostunut yläraajojen kuntoutukseen tarkoitetuista robottivusteisista laitteista. Päätimme, että opinnäytetyöni käsittelee tätä aihetta. Allekirjoitimme henkeistamissopimukset opinnäytetyöstä 23.9.2013. Sovimme että mahdollisten kysymysten tai ongelmatilanteiden synnyessä voisin ottaa yhteyttä yhteyshenkilöni Neuronissa.

5.2 Aineiston hankinta

Kirjallisuuskatsauksessa tutkija kerää ja tuo tutkittua tietoa johtopäätösten tueksi ja niitä varten. Näiden tutkimustulosten pohjalta ja niitä yhdistämällä tehdään yhteenveto. Tätä metodologia Salminen (2011) nimittää näyttöön perustuvaksi päätöksenteoksi.

Aloitin kirjallisuuskatsaukseni tekemisen perehtymällä aiheen teoriasisältöön: etsin tietoa aivoverenkierron häiriöistä, niiden kuntoutuksesta ja kuluista, neuroplastiikasta ja robottivusteisesta kuntoutuksesta. Saatuaani opinnäytetyöni teoriaosuuden valmiiksi aloitin tutkimushakuni.

Kirjallisuuskatsauksessani käytin hyväksi PubMed:n ja PEDro:n tietokantoja. PubMed sisältää yli 24 miljoonaa sitaattia erinäisistä lääketiedettä ja terveydenhoitoa käsittelevistä lähteistä. Tietokannasta löytyy linkkejä alkuperäisiin julkaisuihin sekä tekstejä kokonaisuudessaan. Tietokannan ylläpidosta vastaa NCBI (National Center for Biotechnology Information). (PubMed 2014.) PEDro (Physiotherapy Evidence Database) on ilmainen, yli 28 000 fysioterapia-artikkelia, tutkimusta ja raporttia sisältävä tietokanta. Tietokannan tarkoitus on edesauttaa laadullisen fysioterapian toteutumista. PEDro:n ylläpidosta vastaa Centre for Evidence-Based Physiotherapy. (PEDro 2014.)

Tutkimuksien tulee olla suomen- tai englanninkielisiä. PEDro:n tietokannassa tutkimukset on luokiteltu asteikolla 1-10 laatunsa mukaan. Asetin haussani kriteeriksi laatuluokka 7 tai isompi. Koska halusin löytää tutkimuksia yläraajapainotteisista robottivusteisista laitteista, käytettynä aivoverenkierronhäiriöiden kuntoutuksessa, valitsin hakusanoiksi ”stroke”, ”rehabilitation”, ”robot”, ”upper limb”. Suoritin hakuni elo- syyskuussa 2014.

Jotta tarkasteltavat tutkimukset olisivat luotettavia, otin tarkasteltavaksi vain satunnaiskontrolloituja tutkimuksia (RCT) ja kirjallisuuskatsauksia (review) aiheesta. Tutkimuksien tuli olla tuoreita, vuonna 2011 tai myöhemmin toteutettuja. Näin ajattelin saavani kerättyä ajankohtaista, luotettavaa ja tutkimuskysymykseeni vastaavaa tietoa robottivusteisen terapian tehosta yläraajan kuntoutuksessa.

Rajausta suunnitellessamme Neuron toivoi että tutkimuksissa esiintyvät laitteet ovat automatisoituja, passiivisen liikkeen tuottavia ja ohjelmoitavia robotteja. Laitteen tulisi pystyä toimimaan XYZ-tasossa, kolmiulotteisesti, fasilitoiden monipuolisesti koko raajaa.

5.3 Aineistonhaun toteutus & aineiston analysointi

Suoritin tutkimushaun PubMed:ssa ja PEDro:ssa. Hakuni PubMed:ssa tuotti 46 tutkimusta joista poimin tarkempaan tarkasteluun 19. PEDro tuotti 4 osumaa. Kaiken kaikkiaan otin tarkasteltavaksi siis 23 tutkimusta. Näistä tutkimuksista karsin pois 18 kpl. Syinä karsintaan oli soveltumattomuus omaan opinnäytetyöhöni tai vääränlainen laite.

Monessa karsituista tutkimuksista käytettynä laitteena oli BI-Manu-Track, joka ei ominaisuuksiltaan täytä asetettuja hakukriteereitä. Näissä tutkimuksissa todettiin kuitenkin pääsääntöisesti, että robottiavusteisella kuntoutuksella on vähintään yhtä suuri vaikutus kuin tavanomaisella fysioterapialla. Karsinnan jälkeen minulle jäi viisi tutkimusta, joiden tarkastelun pohjalta rakensin kirjallisuuskatsaukseni analyysin. Yhdessä valitsemistani tutkimuksista, "Effect on arm function and cost of robot-assisted group therapy in subacute patients with stroke and a moderately to severely affected arm: a randomized controlled trial", käytettiin neljää terapia-välinettä, jotka harjoittavat käden eri toimintoja, ja BI-Manu-Track oli yksi näistä. Tämän tutkimuksen kohdalla hyväksyin BI-Manu-Trackin, sillä se oli osa isompaa kokonaisuutta, joka kuntoutti monipuolisesti harjoitettavaa yläraajaa.

Toteutettuani kirjallisuushaun ja tutkimuskarsinnan, aloitin aineiston analysoinnin. Tärkeää oli selvittää tutkimuksen tarkoitus: mitä kokeella haluttiin selvittää, mikä oli sen tarkoitus. Mikä oli tutkimusasetelma ja miten koe toteutettiin. Halusin saada selville osallistuneiden koehenkilöiden lukumäärän, arvioinnin mittarit, intervention pituuden ja siinä käytetyn laitteen. Tutkimuksen lopputulokset kertoivat, mitä robottiavusteisella kuntoutuksella on saatu aikaan ja onko se tehokkaampaa kuin perinteiset kuntoutusmenetelmät. Samalla kun luin tutkimuksia läpi, suoritin laadullista arviointia. Perehdyin tutkimusten tekijöiden taustoihin, julkaisun alkuperäislähteisiin, selvitin onko tekijöillä yhteyttä laitevalmistajaan ja havainnoin raportoinnin objektiivisuutta; noudattiko tutkimus hyvää tutkijaetiikkaa.

6 YLÄRAAJAPAINOTTEINEN ROBOTTIAVUSTEINEN KUNTOUTUS

6.1 Arviointimittarit

Kirjallisuuskatsauksessani esiintyneissä tutkimuksissa esiintyi kansainvälisesti käytettyjä arvioinnin mittareita. Näillä mittareilla arvioidaan käytettyjen hoitometodien tehokkuutta ja hoitovastetta. Tässä esittelen lyhyesti käytössä olevat arviointimittarit, jotta kirjallisuuskatsaus on helpommin ymmärrettävissä.

Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke (FMA) arvioi aivoverenkierron jälkeistä kuntoutumista hemiplegisillä potilailla. Testi on jaettu viiteen lohkoon ja edelleen useampaan osioon, jotka arvioivat kuntoutujan motorisia toimintoja, sensorista vastetta, tasapainoa, nivelten liikeratoja ja niissä koettua kipua. Pisteytys kunkin lohkon pienemmissä osioissa tapahtuu asteikolla 0-2. Testi on suosittu, sillä se on sovellettavissa vaikka testitilanteessa ei käytettäisi kuin osaa lohkoista. (Rehabmeasures 2014a.)

Action Research Arm Test (ARAT) arvioi käden hieno- ja karkeamotorisia toimintoja. Testin 19 tehtävää on jaettu neljään lohkoon. Testit on pisteytetty 0-3. Jos testihenkilö saa lohkon ensimmäisestä tehtävästä täydet pisteet, arvioija merkitsee lohkon kaikkiintehtäviin täydet pisteet, ja testihenkilö voi siirtyä seuraavaan lohkoon. Jos Testihenkilö taasen epäonnistuu lohkon ensimmäisessä, ja toisessa tehtävässä, ja saa molemmista 0 pistettä, arvioija merkitsee lohkon kokonaistulokseksi 0 ja testihenkilö siirtyy seuraavaan lohkoon. ARAT on soveltuva aivoverenkierronhäiriö-, MS-, ja aivo-
vammapotilaille. (Rehabmeasures 2014b.)

Motor Activity Log (MAL) on aivoverenkierronhäiriöstä kuntotuville suunnattu arviointilomake, jossa testihenkilö arvioi omatoimisesti liikkeen laatua ja määrää päivittäisissä toiminnallisissa askareissa. Lomakkeesta on olemassa kolme versiota: alkuperäinen MAL, jossa arvioidaan 30 toiminnallista tehtävää, MAL28, jossa tarkastelun kohteena on 28 tehtävää sekä MAL14, jossa arvioitavien tehtävien määrä on 14. Pisteytys tapahtuu välillä 0-5/tehtävä. (Rehabmeasures 2014c.)

Euro-QOL (EQ-5D) on monikäyttöinen kyselylomake, joka on sovelias nivelrikon, keuhkohtaumataudin, ärtyneen vatsan, kivun ja aivoverenkierronhäiriön tuomien haittojen arvioinnissa. Lomakkeen aihepiirit pureutuvat testattavan liikkuvuuteen, yksin pärjäämiseen, arjen toimintoihin, kipuun, ahdistukseen ja masennukseen. (Rehabmeasures 2014d.)

Medical Outcomes Study Short Form 36 (SF-36) on testihenkilön itsetäytettävä kyselylomake, jossa täyttäjät vastaa terveyttään ja elämänlaatuaan koskeviin kysymyksiin kuluneen neljän viikon ajalta. Testi on sovelias nivelrikkoisille, sydänvaivaisille, vanhuksille, MS- ja kipupotilaille, selkäydin- ja aivo-
vammapotilaille ja aivoverenkiertohäiriöstä kuntotuville. (Rehabmeasures 2014e.)

Ashworth Scale/Modified Ashworth (AS/MAS) arvioi lihasten spastisuutta CP-, MS-, selkäydinvamma-, aivoverenkierto-, ja traumaattisen aivovamman saaneilla potilailla passiivisessa liikkeessä. Ero alkuperäisen Ashworthin ja modifioidun version välillä on siinä, että modifioitu mittaristo huomioi osittaisenkin spastisuuden liikkeen aikana, ja täten antaa laajemman pisteytysvälin. (Rehabmeasures 2014f.)

Motricity Index (MI) arvioi aivoverenkierronhäiriöstä kärsivän henkilön ylä- ja alaraajojen voimaa. Yläraajoissa voimaa testataan nipistysotteella, kyynärnivelen fleksiolla ja olkanivelen abduktiolla. Alaraajoissa testattavana ovat nilkan dorsifleksio, polven ekstensio ja lonkan fleksio. (Sale, Franceschini, Mazzoleni, Palma, Agosti & Posteraro 2012.)

Box and Blocks test (BBT) testaa henkilön yläraajan karkeamotorista taitoa. Testihenkilö siirtää testin aikana minuutissa niin monta palikkaa laatikon toisesta osasta toiseen kun kerkeää, ja tämä pisteytetään. Kerralla useamman palikan siirtäminen, palikan kimpoaminen tai putoaminen pois laatikosta lasketaan myös yhdeksi pisteeksi. (Rehabmeasures 2014g.)

Chedoke McMaster Stroke Assessment of the Arm and Hand (CMSA) arvioi fyysistä rajoittuneisuutta aivoverenkiertohäiriö- ja muilla neurologisilla potilailla. Chedoke Arm and Hand Activity Inventory (CAHAI-7) on CMSA:n lyhyempi versio. (Rehabmeasures 2014h)

Functional Independence Measure (FIM) arvioi henkilön rajoittuneisuutta ja avun tarvetta päivittäisissä askareissa ja toiminnoissa. Testi koostuu 18 osiosta, joista 13 testaa motorisia- ja 5 kognitiivisia taitoja. Pisteytys tapahtuu välillä 0(ei toimintoa)-7(täysin omatoiminen). (Rehabmeasures 2014i)

Wolf Motor Function Test (WMFT) arvioi yläraajan motorisia taitoja ajastettujen ja toiminnallisten tehtävien avulla. Alkuperäinen testi koostuu 21 tehtävästä, mutta testistä on yleisemmin käytetty versio jossa on vain 17 tehtävää. (Rehabmeasures 2014j)

Motor Power (MP) testaa testihenkilön olkapään ja kyynärpään lihasten voimaa teettämällä eristettyjä, manuaalista työtä vaativia tehtäviä. Testiin kuuluvia liikkeitä ovat skapulaarinen abduktio ja ylärotaatio, skapulan elevaatio, adduktio, adduktio/depressio, adduktio ja alarotaatio, extensio, fleksio, abduktio, horisontaalinen adduktio ja abduktio, ulkoinen- ja sisäinen rotaatio sekä kyynärnivelen ekstensio ja fleksio. (Burgar, Lum, Scremin, Garber, Van Der Loos, Kenney & Shor 2011)

Medical Research Council scale (MRC) arvioi lihaksen supistuskykyä asteikolla 0(ei aktivaatiota)-5(normaali supistus). Mittari ei kuitenkaan huomioi liikeradan laajuutta taikka vastusta, joka lihaksen on ylitettävä jotta liike saadaan aikaiseksi. (Paternostro-Sluga, Grim-Stieger, Posch, Schuhfried, Vaccariu, Mittermaier, Bittner, Fialka-Mosser 2008)

Barthel Index (BI) arvioi neuromuskulaarisista- tai muskuloskeletaalisista häiriöistä kärsivän henkilön kykyä pitää huolta itsestään. Testattava suorittaa arkisia toiminnallisia tehtäviä, joista suoriutuminen arvioidaan. (Rehabmeasures 2014k)

6.2 Kirjallisuuskatsauksessa esiintyneet robottivusteiset laitteet

Analysoimissani artikkeleissa esiintyi kaiken kaikkiaan kahdeksan erilaista robottivusteista laitetta. Seuraavassa osiossa on kuvattu laitteiden toimintaperiaatteet ja käyttö.

HapticMaster

HapticMaster on alankomaisen MOOG:n valmistama robottivusteinen laite, joka mahdollistaa työkentelyn kolmiulotteisessa koordinaatistossa. Laite on potilaskohtaisesti ohjelmoitavissa, ja laitteessa on mahdollisuus aktiiviseen sekä passiiviseen harjoitteluun. Potilaan kyetessä aikaansaamaan tarvittava liike aluilleen, HapticMaster toimii ikään kuin liikkeen valvojana ja asettaa selkeän liikeradan, jota pitkin yläraajaa tulee liikuttaa. Poiketessa tältä liikeradalta potilaan käsi ikään kuin törmää seinään. Pysyttäessä määrättyllä liikeradalla liike on sulavaa. Jos potilaan lihashallinta ja -aktivaatio ei mahdollista omatoimista liikettä, laite voidaan ohjelmoida toteuttamaan ennalta tallennettua liikeraata. Haluttaessa laitteella pystytään harjoittamaan myös potilaan lihasvoimaa. (Timmermans, Ryanne, Lemmens, Monfrance, Geers, Bakx, Smeets & Seelen 2014)(Van der Linde, Lammertse, Frederiksen, Ruiters 2008.)

MIT-Manus/Inmotion

MIT-Manus/Inmotion on kyynärvarren ja olkapään kuntoutukseen kehitetty robottivusteinen laite, jossa yhdistyy virtuaaliharjoittelu. Potilas istuu näyttöpäätteen eteen, käsi tuettuna ja kiinnitettyinä laitteessa olevaan kyynärvarsitukeen. Näyttö ilmoittaa potilaalle tehtävän joka tämän tulee suorittaa, esimerkiksi kurottaa kohti virtuaalista esinettä. Jos liikettä ei tapahdu, laite siirtää potilaan kättä. Liikkeen ollessa omatoimista laite mukauttaa annetun tuen ja avustuksen määrän tilanteen mukaan. Laite harjoittaa olkanivelen abduktiota ja adduktiota sekä kyynärnivelen fleksio-ekstensio liikettä. (Sale ym. 2014;) (Thomson 2000.)

Mirror Image Movement Enabler (MIME)

MIME mahdollistaa bi- ja unilateraalisen harjoittelun hemipareettisen yläraajan kuntoutuksessa. Laite toimii kolmiulotteisessa koordinaatistossa ja sillä on mahdollista toteuttaa yhden taikka kahden käden terapiaa. Yhden käden terapiassa halvaantunut käsi pääsee toteuttamaan joko passiivista, aktiivi-passiivista tai aktiivi-rajoitettua terapiaa. Kahden käden terapiassa potilaan molemmat kädet kiinnitetään laitteeseen, ja potilas ikäänkuin ohjaa terveellä kädellä halvaantunutta kättä. MIME seuraa terveen käden liikeraata ja siirtää halvaantunutta kättä peilikuvana tämän perässä. (Burgar ym.2011.)

BI-Manu-Track, Reha-Digit, Reha-Slide & Reha-Slide duo

BI-Manu-Track, Reha-Digit, Reha-Slide ja Reha-Slide Duo ovat saksalaisen Reha-Stim:n valmistamia robottivusteisia laitteita. BI-Manu Track harjaannuttaa kuntoutujan ranteen fleksio-ekstensio ja pronaatio-supinaatio liikkeitä sekä metacarpaalinivelen ojennusta ja koukistusta. Laitteesta löytyy neljä terapia-asetusta ja mahdollisuus aktiiviseen taikka passiiviseen liikkeeseen. (Reha-Stim 2014a) Reha-Digit on halvaantuneiden sormien fasilitointiin tarkoitettu laite, joka koukistaa ja suoristaa potilaan sormia, samalla tuottaen stimulaatiota värähtelyn avulla. (Reha Stim 2014b) Reha-Slide ja Reha-Slide Duo ovat suunniteltu olkapään, kyynärvarren ja ranteen kuntoutukseen; kuntoutuja pitää kiinni kahdesta kahvasta, ja tekee säädettävää vastusta vastaan neliskulmaista liikettä kaltevilla tasoilla. Reha-Slide Duo eroaa Reha-Slide:a siinä, että kahvat kulkevat vain edestakaisin, mutta ne voivat mennä joko samaa- taikka eri tahtia. (Reha-Stim 2014c&d)

Asetin vaatimukseksi yläraajan kuntoutuslaitteelle sen, että se on ohjelmoitavissa toimimaan kolmiulotteisessa koordinaatistossa, fasilitoiden koko yläraajaa. Bi-Manu-Track, Reha-Digit, Reha-Slide ja Reha-Slide Duo harjoittavat vain tiettyä osaa kädestä, eivätkä ne juurikaan ole ohjelmoitavissa. Reha-Stimin laitetarjonta ei täten täytä kirjallisuuskatsaukseni kriteereitä. Siitä huolimatta päätin ottaa yhden tutkimuksen mukaan kirjallisuuskatsaukseni, sillä tutkimuksessa käytetään koetilanteessa koko tuoteperhettä, harjoittaen monipuolisesti koko yläraajaa.

Yksi tutkimuksissa esiintynyt laite on modifioitu versio teollisuusrobotista. Guelphin yliopistossa muokattu laite on varustettu liiketunnistimilla, turvaohjelmilla, kolmiulotteissensoreilla ja palautteenanto-ohjelmilla. Laitteeseen on asennettu neljä terapiamuotoa (passiivinen, aktiivinen, aktiivisesti avustettu ja aktiivisesti rajoitettu), mikä mahdollistaa monipuolisen harjoittelun. Laitteella toteutetut harjoitteet mukailevat arkielämän toiminnallisia tehtäviä. (Abdullah, Tarry, Lambert, Barreca & Allen 2011.)

6.3 Tutkimukset

Tutkimuksen nimi	Tutkimuksen tarkoitus & kohderyhmä	Tutkimuksen rakenne & käytetty laite	Arviointimenetelmät	Tulokset
<p>Effects of task-oriented robot training on arm function, activity, and quality of life in chronic stroke patients: a randomized controlled trial. TIMMERMANS, Annick, LEMMENS, Ryanne, MONFRANCE, Maurice, GEERS, Richard, BAKX, Wilbert, SMEETS, Rob SELEN, Henk. 2014.</p>	<p>Tutkia haptisen, robottiväesteen kuntoutuslaitteen tehoa ja yhdistämistä toiminnalliseen harjoitteluun kroonisten aivohalvauspotilaiden hoidossa. Kohderyhmä ikäväliltä 18-85 – vuotiaat (keskiarvo 59,3 vuotta), ≥ 8 kk sairastumisesta (keskiarvo 3,25 vuotta).</p>	<p>Satunnaiskontrolloitu koe, testiryhmä n: 11, kontrolliryhmä n:11. 2x30 min/pv, 4 krt/vk, 8:n viikon ajan. Haptic Master.</p>	<p>FMA, ARAT, MAL Toissijaiset: EQ-5D, SF-36.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Halvaantuneen käden käytön määrä ja käytön laatu parantuivat molemmissa ryhmissä • Itsekoetun elämänlaadun parantuminen molemmissa ryhmissä • ARAT:n tulos parantui merkittävästi testiryhmällä • FMMA:n tulos parantui molemmissa ryhmissä
<p>Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients. SALE, Patrizio, FRANCESCHINI, Marco, MAZZOLENI, Stefano, PALMA, Enzo, AGOSTI, Maurizio, POSTERARO, Federico. 2014</p>	<p>Määrittää, lyhytaikaisen, intensiivisen robottiväesteen terapian tehoa verrattuna perinteiseen fysioterapiaan aivoverenkierron häiriöiden kuntoutuksen subakuutissa vaiheessa. Kohderyhmä ikäväliltä 67,7-73 vuotta, sairastumisesta 30 ±7 päivää.</p>	<p>Satunnaiskontrolloitu koe, testiryhmä n: 26 kontrolliryhmä n: 27. Molemmat ryhmät saivat päivittäin 3 h fysioterapiaa + 30 sessiota joko robottiväestöistä terapiaa tai perinteistä fysioterapiaa (45minx5/vk, 6:n viikon ajan.) MIT-Manus/Inmotion 2.</p>	<p>FMA, MAS-S(shoulder), MAE-E(elbow), MI, Olka- ja kyynärnivelen passiivinen liikkuvuus.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • FMA parani molemmilla ryhmillä merkittävästi • MI:n parannus testiryhmällä intervention alussa, ero kontrolliryhmän kanssa tasoittui loppua kohden • Olkanivelen passiivinen liikkuvuus parani merkittävästi testiryhmällä

Tutkimuksen nimi	Tutkimuksen tarkoitus & kohderyhmä	Tutkimuksen rakenne & käytetty laite	Arviointimetelmät	Tulokset
<p>Results of Clinicians Using a Therapeutic Robotic System in an Inpatient Stroke Rehabilitation Unit. ABDULLAH, Hussein, TARRY, Cole, LAMBERT, Cynthia, BARRECA, Susan, ALLEN, Brian. 2011.</p>	<p>Esitellä robottivusteisen terapian vaikutusta aivoverenkiertohäiriö-potilaan pareettisen käden hoidossa ja verrata sitä perinteiseen fysioterapiaan. Kohderyhmä ikäväliltä 41-86 vuotta (keskiarvo 72,63), sairastumisesta aikaa 1-8 viikkoa (keskiarvo 4,34 viikkoa).</p>	<p>Satunnaiskontrolloitu koe, testiryhmä n:8 (alun perin 9, mutta 1 testihenkilö jätti kokeen kesken), kontrolliryhmä n:11. Testiryhmä sai 45 min x 3/vk, 8-11 viikon ajan robottivusteista kuntoutusta. Kontrolliryhmä sai saman verran perinteistä fysioterapiaa. Koetta varten modifioitu teollisuusrobotti.</p>	<p>CAHAI-7, CMSA.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Molemmissa ryhmissä käden ja yläraajan hallintaa parantuivat CAHAI-7 mukaan testiryhmä paransi tuloksiaan 62% ja kontrolliryhmä 30% CMSA parantui molemmissa ryhmissä
<p>Robot-assisted upper-limb therapy in acute rehabilitation setting following stroke: Department of Veterans Affairs multisite clinical trial. BURGAR, Charles, LUM, Peter, SCREMIN, Erika, GARBER, Susan, VAN DER LOOS, Machiel, KENNEY, Deborah, SHOR, Peggy. 2011.</p>	<p>Selvittää MIME- robottivusteisen terapiarobotin soveltuvuutta aivoverenkierron häiriöiden akuutissa kuntoutuksessa. Kohderyhmä ikäväliltä 56,3-71,4 (keskiarvo 63 vuotta) sairastumisesta aikaa 9,4-20 päivää (keskiarvo 14,8 päivää).</p>	<p>Satunnaiskontrolloitu koe. Kolme ryhmää: testiryhmä 1 (n:19), testiryhmä 2 (n:17) ja kontrolliryhmä (n: 18). Kukin ryhmä sai tavanomaisen fysioterapian lisäksi ryhmäkohtaista terapiaa: testiryhmät 1 & 2 saivat 15 & 30 h robottivusteista kuntoutusta ja kontrolliryhmä sai 15 h perinteistä fysioterapiaa. MIME.</p>	<p>FMA, FIM, WMFT, Motor Power & Asworth.</p>	<ul style="list-style-type: none"> FM ja FIM parantuivat kaikissa kolmessa ryhmässä Testiryhmä 2:n mitatussa lihas-tonuksessa nousu

Tutkimuksen nimi	Tutkimuksen tarkoitus & kohderyhmä	Tutkimuksen rakenne & käytetty laite	Arviointimetelmät	Tulokset
<p>Effect on arm function and cost of robot-assisted group therapy in sub-acute patients with stroke and a moderately to severely affected arm: a randomized controlled trial. HESSE, Stefan, HEB, Anke, WERNER, Cordula, KABBERT, Nadine, BUSCHFORT, Rüdiger. 2014</p>	<p>Vertailla robottivusteisen terapian tehoa ja kustannuksia tavanomaiseen, toiminnalliseen fysioterapiaharjoitteluun. Kohderyhmä ikävälillä 34-85 (keskiarvo 70,55) aikaa sairastumisesta 4,5 viikkoa.</p>	<p>Satunnaiskontrolloitu koe. Testiryhmälle (n:25) annettiin 30 min robotivusteista kuntoutusta + 30 min toiminnallista fysioterapiaharjoittelua. Kontrolliryhmälle (n:25) annettiin yhteensä 60 min toiminnallista fysioterapiaharjoittelua. Molemmat ryhmät harjoittelivat 5pv/vk, neljän viikon ajan. BI-Manu-track, Reha digit, Reha-slide & Reha-slide Duo.</p>	<p>FMA, ARAT, BBT, MRC, ASG, BI.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • FMA parantui molemmilla ryhmillä merkittävästi • ARAT, BBT, MRC, ASG ja BI parantuivat molemmilla ryhmillä jonkin verran • Testiryhmän terapia todettiin kustannustehokkaammaksi

Timmermans, Lemmens, Monfrance, Geers, Bakx, Smeets ja Seleen vertasivat vuonna 2014 julkaisussa tutkimuksessaan **”Effects of task-oriented robot training on arm function, activity, and quality of life in chronic stroke patients: a randomized controlled trial”** toiminnallista robottivusteista yläraajan kuntoutusta ei-robottivusteiseen toiminnalliseen yläraajan kuntoutukseen. Tutkimuksen asetelma oli satunnaiskontrolloitu ja siihen otti osaa 22 koehenkilöä, jotka jaettiin testi-(n:11) ja kontrolliryhmään (n:11). Tutkimuksen kesto oli kahdeksan viikkoa, jonka aikana molemmat ryhmät harjoittelivat neljänä päivänä viikossa. Harjoittelupäiviin sisältyi kaksi 30 minuutin harjoitusta, joiden välissä pidettiin puolesta tunnista tuntiin lepoa. Testiryhmän käyttämä laite oli Haptic Master, ja tutkimuksessa käytettiin T-TOAT –metodia, jossa toiminnalliset suoritteet pilkottiin pienempiin osiin pyrkien kuitenkin säilyttämään alkuperäisen suoritteen tarkoitus mukana. Kontrolliryhmällä toteutettu harjoittelu oli muuten samankaltainen kuin testiryhmällä, ero ilmeni vain robotivusteisen laitteen puuttumisessa, jolloin harjoitteesta tuli selvitä omin fyysisin avuin. Harjoittelujakson alussa kukin koehenkilö sai valita neljästä ennalta määrätystä harjoitteesta vähintään kaksi toiminnallista tehtävää, joita tutkimuksen aikana harjoittelisi. Näin harjoittelusta pyrittiin tekemään tavoitteellista ja siten mielekkäämpää. Ennen harjoitteiden aloittamista koehenkilöt orientoitiin toiminnallisen harjoittelun periaatteisiin ja tehtävät harjoitteet selitettiin ennalta nauhoitetuilla videoilla. Harjoittelutilanteita valvoi joko fysioterapeutti, toimintaterapeutti tai kinesiologian asiantuntija.

Tehtävien vaikeusastetta nostettiin pikkuhiljaa siten, että koehenkilöt selvisivät niistä juuri ja juuri ilman ei-haluttua kompensatiota. Arvioinnin työkaluina käytettiin FMA:ta, ARAT:a, MAL:a, EQ-5D:a ja SF-36:a. Mittauksia intervention etenemisestä suoritettiin jakson alussa, puolivälissä, lopussa ja puoli vuotta intervention päättymisen jälkeen.

Tutkimuksen lopuksi todettiin että testi- ja koeryhmien välillä ei ilmennyt suuria eroja tuloksissa. Ainoastaan ARAT osoitti testiryhmän parantaneen tuloksiaan siinä määrin, että se oli tilastollisesti merkittävää. Tämän epäiltiin johtuvan Haptic Masterin antamasta haptisesta palautteesta harjoittelutilanteiden aikana. Kontrolliryhmä osoitti MAL:n mukaan kehitystä sekä halvaantuneen käden käytön määrässä sekä käytön laadussa testiryhmän parantaessa ainoastaan käytön laatua. SF-36:n mukaan molempien ryhmien kokema elämänlaatu parani testin aikana, joskin tulokset jatkoivat kehitystä ainoastaan testiryhmällä puoli vuotta harjoittelun päätyttyä; kontrolliryhmän kohdalla huomattiin selvä laadun alenema. Tutkimuksen toteuttajat toteavat raporttinsa lopussa, että kokeeseen osaan otteiden henkilöiden toimintakyky oli verrattain hyvä, joten on vaikea sanoa miten vaikeammin vammautuneet koehenkilöt olisivat pärjänneet. Lisäksi tekijät tuovat esille mahdollisuuden että molemmissa ryhmissä esiintynyt kehityksen samankaltaisuus olisi harjoitteiden toiminnallisen luonteen, eikä niinkään robottivusteisen terapian ansiota. Tekijät kuitenkin toteavat, että eroavaisuudet ARAT:n tuloksissa ryhmien välillä itsessään osoittaisi robottivusteisen terapian tehokkuutta verrattuna perinteisiin terapiamuotoihin.

Tutkimus on mielestäni luotettava. Tekijät toteavat raportin lopuksi ettei heillä ole minkäänlaista yhteyttä laitevalmistajaan tai että he hyötyisivät raportista taloudellisesti. Tutkimuksessa käytettiin viittä eri mittaria, jotka ovat kansainvälisesti käytettyjä ja hyväksytyjä ja saaduista tuloksista ilmoitettiin todennäköisyydestä kertova p-luku. Ryhmäkohtainen kehitys ilmoitettiin kvartiiliväliä hyväksikäyttäen, mikä mielestäni antaa hyvän kuvan tulostulovaihtelusta. Tuloksia tarkastellaan objektiivisesti ja ne raportoidaan sellaisinaan. Selvitin internet-haun avulla tutkimuksen tekijöiden taustoja: sain selville että kaikki tutkimuksen tekoon osallistuneet ovat kokeneita tutkijoita kuntoutuksen, neurologisten vammojen ja teknologian aloilla. Tutkimus julkaistiin alun perin Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation- sivustolla, joka on biomekaniikkaa, neuro- ja liikuntatieteitä ja kuntoutusta käsitteleviä tutkimuksia julkistava ja sisältävä tietokanta. Tutkimukset arvioidaan ennen niiden julkaisemista. (Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 2014.) Sivusto on alkuperäislähteenä mielestäni luotettava, mikä nostattaa tutkimuksen tieteellistä luotettavuutta.

“Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients” (SALE, FRANCESCHINI, MAZZOLENI, PALMA, AGOSTI, POSTERARO 2014) tutki intensiivisen robottivusteisen terapian tehoa verrattuna perinteiseen fysioterapiaan kuntoutuksen subakuutissa vaiheessa. 53 koehenkilöä jaettiin satunnaisesti MIT-Manus/Inmotion 2- robotilla terapiaa toteuttavaan testiryhmään (n:26) tai perinteistä fysioterapiaa saavaan kontrolliryhmään (n:27). Kumpikin ryhmä sai päivittäin kolme tuntia kuntoutusta, minkä lisäksi kaikille koehenkilöille annettiin viitenä päivänä viikossa 45 minuuttia ryhmäkohtaista terapiaa. Interventio kesti kaiken kaikkiaan kuusi viikkoa. Testiryhmän robottivusteisella laitteella toteutettava harjoittelu sisälsi tavoitteellista kurottelua

vaativia tehtäviä, jotka harjoittivat olka- ja kyynärnivelen liikettä. Kontrolliryhmän saama terapia sisälsi fysioterapeutin valvomaa avustettua venyttelyä, olkapään ja käden harjoitteita sekä kurottelua vaativia toiminnallisia tehtäviä.

Harjoittelun tuomaa hyötyä arvioitiin FMA:n, MAS-S:n, MAS-E:n, MI:n ja olka- ja kyynärnivelen passiivisten liikeratojen mittausten (pROM) avulla. Mittaukset toteutettiin intervention alussa, puolessa välissä ja lopussa. FMA- tulokset olivat testiryhmällä ensimmäisestä mittauksesta $26,81 \pm 11,43$, puolessa välissä $34,15 \pm 12,49$ ja intervention lopussa $35,46 \pm 12,24$. Kontrolliryhmällä arvot olivat $20,33 \pm 16,01$, $22,30 \pm 16,52$ ja $23,96 \pm 17,51$.

Molemmat ryhmät osoittivat kehitystä FMA:ssa ja MI:ssa. Testiryhmä osoitti kehitystä pROM:ssa kontrolliryhmän tuloksien pysyessä samana. Intervention alussa testiryhmä sai parempaa hoitovastetta FMA:n, MI:n, MAS-S:n, MAS-E:n ja passiivisten liikeratojen mittausten perusteella. MAS:n ja pROM:n tulosanalyysin perusteella tutkijat toteavat, että testiryhmän spastisuus väheni huomattavasti. Intervention päättyessä nämä erot ryhmien välillä kuitenkin tasoittuivat jonkin verran. Raportin tekijät tekivät johtopäätöksen, että robottivusteisella kuntoutuksella saadaan aikaan parempi hoitovaste verrattuna perinteiseen kuntoutukseen vain hoidon alkuvaiheessa. Tekijät huomauttavat lisäksi että testiryhmän kohdalla spastisuus väheni enemmän kuin kontrolliryhmällä. Raportti ehdottaakin, että intensiivistä robottivusteista kuntoutusta tulisi tarjota nimenomaan aivoverenkiertopotilaan hoidon alkaessa. Tutkimuksen tekijät kokivat puutteelliseksi sen, että siinä käytetyt mittarit mittaavat lähinnä fyysisten rajoitteiden määrää ja vaikeutta, eikä niinkään potilaan päivittäisistä toiminnoista selviytymistä, minkä parantuminen on kuntoutuksen perimmäinen tavoite.

Tutkimus on mielestäni luotettava. Tekijöillä ei ole raportin mukaan taloudellisia intressejä tai yhteyksiä laitevalmistajaan. Viisi erilaista käytettyä mittaria ovat yleisesti hyväksytyjä, ja saaduista tuloksista on ilmoitettu p-arvo. Tulokset on ilmoitettu selkeästi ja niiden tarkastelu on objektiivista. Koin mielenkiintoiseksi sen, että robottivusteinen terapia antoi intervention aluksi paremman hoitovasteen, mutta erot ryhmien välillä tasoittuivat intervention päättyessä. Lisäksi tutkimuksen lopussa todettu spastisuuden väheneminen testiryhmän kohdalla on kiintoisa: tutkijat toteavat, että tämä havainto sotii aikaisemmin esitettyä hypoteesia, joka ehdottaa robottivusteisen terapian lisäävän spastisuutta. Raportin tekijät ovat kuntoutuksen, neurologian ja biomekaniikan asiantuntijoita ja kyseisten alojen tutkijoita. Alkuperäinen julkaisupaikka on Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation-sivusto.

Vuonna 2011 valmistunut tutkimus "**Results of Clinicians Using a Therapeutic Robotic System in an Inpatient Stroke Rehabilitation Unit**" (ABDULLAH, TARRY, LAMBERT, BARRECA, , ALLEN.) vertaa robottivusteisen kuntoutuksen tehoa perinteiseen kuntoutukseen parettisen käden hoidossa aivoverenkierron häiriön jälkeen. 20 koehenkilöä jaettiin satunnaisesti testi- (n:9 kokeen alussa, yksi koehenkilö jättäytyi pois ennen intervention loppua) ja kontrolliryhmään (n:11). Tutkimuksessa käytetty laite oli teollisuusrobotti, joka modifioitiin testiin sopivaksi. Testiryhmä harjoitteli ainoastaan robottivusteista laitetta käyttäen, 45 minuuttia kolmesti viikossa. Kontrolliryhmän harjoi-

tusohjelmaan kuului valikoima toiminnallisia tehtäviä sekä aktiivisia, passiivisia ja vastusta vastaan tehtäviä harjoitteita. Intervention pituus oli noin 8-11 viikkoa.

Tutkimuksen tuloksia arvioitiin käyttäen Chedoke McMaster Stroke Assessment of the Arm and Hand- sekä Chedoke Arm and Hand Activity Inventory- testipattereita. Tutkimuksen toteuttajien mukaan ryhmät olivat hyvin samankaltaisia vamman asteen näkökulmasta. Molempien ryhmien harjoittelu oli tuloksellista intervention aikana. CAHAI-7:n mukaan testiryhmän toimintakyky parani keskimäärin 62 % ja kontrolliryhmän 30 %. CMSA:nkin mukaan testiryhmä koki suurempaa kehitystä verrattuna kontrolliryhmään.

Tutkimuksen tekijät toteavat, ettei heillä ole yhteyttä laitevalmistajaan, taikka että he olisivat saavuttaneet taloudellista hyötyä raportin tekemisestä. Tekijät ovat kuntoutuksen, neurologian ja teknologian asiantuntijoita ja tutkijoita. Mietin, miksi intervention tulosten mittaamiseen oli valittu vain kaksi arviointimittaria, CMSA ja CAHAI-7. Tekijät toteavat että FMA on yleisesti aivoverenkierronhäiriön aiheuttamaa halvausta arvioiva mittari. He päättivät kuitenkin käyttää CMSA:ta ja CAHAI-7:a koska kokivat ne tutuimmaksi itselleen. Lisäksi he perustelivat valintaansa jättää FMA käyttämättä vetoamalla Gowland:n ym. (1993) tekemään tutkimukseen, jonka mukaan CMSA:n ja FMA:n tulosten välillä on korkea korrelaatio ($p=0,95$). Mielestäni ottamalla FMA:n mukaan arvioinnin mittariksi tutkimus olisi ollut vertailukelpoisempi muiden robottivusteista terapiaa tutkivien kokeiden kanssa. Tutkimus julkaistiin Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation-kannassa.

Burgar, Lum, Scremin, Garber, Van Der Loos, Kenney ja Shor (2011) tutkivat MIME- laitteen soveltuvuutta AVH:n hoidossa tutkimuksessaan "**Robot-assisted upper-limb therapy in acute rehabilitation setting following stroke: Department of Veterans Affairs multisite clinical trial.**" Kolme ryhmää muodostettiin satunnaisesti 54:n koehenkilön joukosta, testiryhmä 1 (n:19) ja testiryhmä 2 (n:17) saivat robottivusteista kuntoutusta kontrolliryhmän (n:18) suorittaessa pareettisen käden toimintakykyä edistäviä harjoitteita ja saadessa yksilöllistä, koehenkilökohtaista hoitoa. Tutkimukseen osaaottaneet henkilöt saivat intervention aikana normaalia kuntoutusta, joka koostui fysio-, toiminta- ja puheterapiasta. Testiryhmä 1:en kuuluville henkilöille annettiin normaalin kuntoutuksen lisäksi 15 tuntia terapiaa MIME- laitteella, testiryhmä 2:n saadessa 30 tuntia. Kontrolliryhmä suoritti sille räätälöityä ohjelmaa yhteensä 15 tuntia. Intervention pituus oli kolme viikkoa.

Harjoittelutilanteita valvoi joko fysio- tai toimintaterapeutti. Intervention arviota suoritti kussakin ryhmässä ulkopuolinen terapeutti, jolla ei ollut ennakkotietoja testin asettelusta. Arviointi suoritettiin ennen intervention aloitusta, lopussa ja puoli vuotta sen jälkeen. Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke, Functional Independence Measure, Wolf Motor Function Test, Motor Power ja modifioitu Ashworth toimivat arvioinnin mittareina. FMA ja yläraajan FIM olivat merkittävimmät arvioinnin mittarit. Vain 37 koehenkilöä 54 koehenkilön ryhmästä palasi puoli vuotta harjoittelun jälkeen arvioitavaksi.

FMA:n lähtöarvo (maksimiarvo 66 pistettä) oli testiryhmä 1:lla $26,7 \pm 5,0$, testiryhmä 2:lla $19,0 \pm 3,7$ ja kontrolliryhmällä $24,2 \pm 4,8$ pistettä. Kuusi kuukautta intervention päätyttyä arvot olivat nousseet

ryhmäkohtaisesti yhteensä testiryhmä 1:lla $15,9 \pm 3,5$, testiryhmä 2:lla $23,6 \pm 5,8$ ja kontrolliryhmällä $15,3 \pm 4,9$ pistettä. Yläraajan FIM lähtöarvo (maksimi 63 pistettä) oli testiryhmä 1:lla $28,4 \pm 2,6$, testiryhmä 2:lla $27,9 \pm 1,7$ ja kontrolliryhmällä $26,9 \pm 2,0$ pistettä. Puoli vuotta intervention jälkeen arvot olivat nousseet testiryhmä 1:lla $24,2 \pm 2,9$, testiryhmä 2:lla $27,5 \pm 3,0$ ja kontrolliryhmällä $26,8 \pm 3,1$ pistettä.

Tuloksista huomattiin että testiryhmä 2 sai suurimman hyödyn interventiosta FMA:n ja FIM:n mukaan. Tekijät huomauttavat kuitenkin, että ryhmäkohtaisen harjoittelun määrä oli testiryhmä 2:lla kaksinkertainen verrattuna testiryhmä 1:een ja kontrolliryhmään. Lihastonus oli testiryhmä 2:lla muita ryhmiä korkeampi kuusi kuukautta intervention jälkeen, mikä tutkijoiden mukaan normaalisti haittaisi suoriutumista päivittäisistä askareista. Kuitenkin testiryhmä 2 pärjäsi FIM:n mukaan toiminnallista kykyä mittaavissa tehtävissä yhtä hyvin kuin muutkin ryhmät. Saman verran terapiaa saaneiden testiryhmä 1:n ja kontrolliryhmän FMA-tulosten pohjalta tutkijat tekivät päätelmän, että robottivusteinen kuntoutus oli hivenen tuloksellisempaa, mutta vain puoli vuotta intervention jälkeen. Saatujen tulosten pohjalta tutkijat tekivät kolme päätelmää: 1) MIME:n sisältämät ominaisuudet terapiavälineenä soveltuvat parhaiten muuhun ajankohtaan kuin terapian akuuttiin vaiheeseen, 2) kehitystyöllä systeemissä piilee mahdollisuus merkittäviin toimintakykyä parantaviin ominaisuuksiin ja 3) optimaalisen terapia-annoksen kesto ja koko vaikuttaisi suuremmalta kuin tutkimuksessa käytetty määrä.

Raportin tekijöillä ei ole yhteyttä laitevalmistajaan. Tutkimus oli mielestäni luotettava, tuloksia arvioidaan viidellä eri arviointimittarilla ja niiden pohjalta kerätyt havainnot esitellään selkeästi ja p-lukua käyttäen. Raportin tekstillinen ilmaisu on objektiivista ja täten noudattaa hyvää tutkijaetiikkaa. Tekijät omasivat terveydenhuollon, biomekaniikan ja tekniikan alan taustan. Tutkimus julkaistiin alun perin Journal of Rehabilitation Research & Development (*JRRD*)-sivustolla, joka sisältää kuntoutuksen alaa hyödyttäviä tutkimuksia biomekaniikan ja tekniikan aloilta. (Journal of Rehabilitation Research & Development 2014) Koin alkuperäislähteen luotettavaksi, mikä nostattaa arvioidun tutkimuksen luotettavuutta.

“Effect on arm function and cost of robot-assisted group therapy in subacute patients with stroke and a moderately to severely affected arm: a randomized controlled trial.”

(HESSE, HEß, WERNER, KABBERT, BUSCHFORT.) tutki robottivusteisen terapian vaikutusta ja kustannustehokkuutta verrattuna normaaliin terapiaan. Vuonna 2014 julkaistussa tutkimuksessa käytettiin neljää eri laitetta: BI-Manu-Track, Reha-digit, Reha-slide ja Reha-slide Duo. Tutkimukseen otti osaa 50 koehenkilöä, jotka jaettiin osittain robottivusteista terapiaa saavaan testiryhmään (n:25) ja tavanomaista, toiminnallista terapiaa saavaan kontrolliryhmään (n:25). Interventio kesti neljä viikkoa, ja harjoituksia oli viitenä päivänä viikossa 60 minuuttia kerrallaan. Testiryhmän harjoittelukerrat koostuivat kahdesta puolen tunnin sessiosta: 30 minuuttia robottivusteista kuntoutusta ja 30 minuuttia toiminnallista terapiaa. Kontrolliryhmä harjoitteli yhteensä 60 minuuttia toiminnallisia harjoitteita ja tehtäviä. Interventioon sisältyneiden harjoitteiden lisäksi koehenkilöt saivat muita kuntoutus palveluita muun muassa liikeratoja harjoittavaa fysioterapiaa ja apuvälineitten käytön harjoittelua. He kävivät tarvittaessa myös puheterapeutin ja neuropsykologin vastaanotolla.

Testiryhmä jaettiin kolmeen pienempään ryhmään halvauksen vaikeuden mukaan. Ryhmä I, joka ei osoittanut minkäänlaista palpoitavaa liikettä ranteissa tai sormien ekstensoreissa, ja joka kykeni korkeintaan liikuttamaan olkaniveltä ja/tai kyynärniveltä synergisesti, harjoitteli BI-Manu-Track:lla ja Reha-digit:lla. Ryhmä II, jonka jäsenet olivat toimintakyvyltään jonkin verran parempia, käyttivät BI-Manu-Track:a ja Reha-slide:a. Ryhmä III, joka oli toimintakyvyltään testiryhmän paras, käytti Bi-Manu-Track:a ja Reha-slide Duo:a. Kokiessaan mahdollista sormien jäykkyyttä, ryhmien II ja III jäsenet saivat lämmitellä Reha-digit:lla.

Intervention mittaukset tehtiin sen alussa, lopussa ja kolme kuukautta päättymisen jälkeen. Käytetyt arvioinnin työkalut olivat FMA, ARAT, BBT, MRC, ASG ja BI. Lisäksi arvioitiin terapian kulut huomioiden laitteiden hinnat, työntekijöiden palkat ja hoidettujen henkilöiden lukumäärät. FMA:n tulokset nousivat molemmilla ryhmillä merkittävästi ja eroa näiden välillä ei juuri ollut. FMA:n tulokset testiryhmällä olivat intervention alussa $14,6 \pm 9,4$, lopussa $25,7 \pm 16,5$ ja kolme kuukautta intervention päättymisen jälkeen $31,3 \pm 21,2$. Kontrolliryhmällä arvot olivat $16,5 \pm 9,8$, $31,1 \pm 19,1$ ja $36,7 \pm 21,8$.

ARAT:n mukaan kontrolliryhmä edistyi käden kuntoutumisessa testiryhmää paremmin. ARAT:n tulokset (maksimi 56 pistettä) oli testiryhmällä intervention alussa $4,9 \pm 6,9$, sen lopussa $14,1 \pm 15,5$ ja kolme kuukautta intervention päättymisen jälkeen $18,3 \pm 20,2$. Kontrolliryhmällä luvut olivat $7,3 \pm 6,8$, $20,3 \pm 15,4$ ja $28,2 \pm 20,5$. BBT:n mukaan testiryhmästä 11/25 koehenkilöä sai minimikriteerit täyttävän tuloksen kolme kuukautta intervention päättymisen jälkeen. Kontrolliryhmällä vastaava luku oli 15/25. Tutkimuksen alussa luvut olivat testiryhmällä 2/25 ja kontrolliryhmällä 7/25. Testiryhmässä tulosta paransivat siis 9 henkilöä ja kontrolliryhmässä 8. Eroa ryhmien välillä ei täten ollut. Samankaltaisia tuloksia saatiin myös BI:a ja MRC:a. Kuluja laskettaessa tutkijoille selvisi, että yhden robottiavusteisen hoitosession hinnaksi tuli 4,15 euroa potilasta kohden ja perinteisen terapian hinnaksi 10 euroa. Molemmat hoitometodit todettiin tulosten valossa yhtä tehokkaiksi. Robottiavusteisen kuntoutus osoittautui siis kustannustehokkaammaksi vaihtoehdoksi.

Tutkimus on minusta mielenkiintoinen. Useamman terapialaitteen käyttö samassa tutkimuksessa sai minut ottamaan tämän tutkimuksen mukaan raporttiini, vaikka mikään näistä laitteista yksinään käytettynä ei täytä asettamiani tutkimuskriteerejä. Yhdellä tutkimuksen tekijöistä on yhteys laitevalmistajaan perhesiteiden kautta. Tutkimuksen tekijät kieltävät että tällä tekijällä olisi ollut mitään vaikutusta tutkimukseen ja raportointiin. Tekijöillä oli neurokuntoutuksen, kuntoutuksen ja geriatrian tutkimuksen taustaa. Tutkimuksessa on käytetty monipuolisesti mittareita, ja tulokset on esitelty hyvin havainnollistettuna lukijalle. Se, että tutkimuksessa selvitettiin robottiavusteisen kuntoutuksen hintaa, on mielestäni mielenkiintoista - joskin laitevalmistaja-yheyden olemassaolon takia kululaskennan tuloksia tulee tarkastella kriittisesti. Alkuperäislähde on Clinical Rehabilitation- sivusto, joka julkaisee kuntoutusta käsitteleviä tutkimuksia. Clinical Rehabilitation on osa Committee of Publication Ethics-yhteisöä, joka toimii hyvän tutkimusetiikan valvojina ja neuvonantajina. (Clinical Rehabilitation 2014)

7 POHDINTA

7.1 Tulosten tarkastelua

Kirjallisuuskatsauksessani käyttämistäni tutkimuksista selviää, että robottivusteisella kuntoutuksella saadut tulokset aivoverenkierron häiriöiden hoidossa ovat verrattavissa perinteisiin hoitometodeihin. Sale ym. mukaan mitattu spastisuus väheni heidän toteuttamansa intervention aikana robottivusteista kuntoutuslaitetta käyttäneellä testiryhmällä. "Results of Clinicians Using a Therapeutic Robotic System in an Inpatient Stroke Rehabilitation Unit" osoitti robotiikkaa hyödyntäneen testiryhmän parantaneen toimintakykyään 62 % kontrolliryhmällä luvun ollessa 30 %. Timmermans ym. raportoivat itsekoetun elämänlaadun kohentumisen sekä testi- että kontrolliryhmillä. Tämä elämänlaadun parantumisen kokemus säilyi tosin vain robottivusteista kuntoutusta saaneella testiryhmällä puoli vuotta harjoittelun jälkeen. Hesse:n, Heß:n, Werner C:n, Kabbert:n ja Buschfort:n tutkimuksen mukaan robottivusteinen kuntoutus on lisäksi halvempaa kuin perinteinen kuntoutus.

Kirjallisuuskatsauksessa analysoimani tutkimukset osoittavat, että robottivusteisella kuntoutuksella pystytään parantamaan yksilön parettisen yläraajan hallintaa sekä lieventämään liikeratojen alenemaa ja lihasten spastisuutta. Lisäksi harjoittelujaksoilla voidaan kohentaa aivoverenkiertohäiriöpotilaan tuntemusta koetusta elämänlaadusta. Koen, että aihetta tulee tutkia lisää.

7.2 Luotettavuus ja eettisyys

Raportoinnin perusteella arvioidaan tuotetun tutkimuksen luotettavuutta ja uskottavuutta. Raportoinnin edellytys on, että tutkija on työskennellessään noudattanut raportointia ja tieteellistä kirjoittamista koskevia eettisiä periaatteita ja sääntöjä. Tutkijan tulee olla objektiivinen, rehellinen ja tarkka raportoinnissaan. (Oulun seudun ammattikorkeakoulu 2014.)

Opinnäytetyötä tehdessä opiskelija osoittaa ja kehittää valmiuksiaan soveltaa tietojaan ja taitojaan ammattipintojaan koskevissa asiantuntijatehtävissä. Työn tarkoitus on laajentaa alakohtaista näkemyksellisyyttä sekä koota ja syventää opintojen aikana kerättyä tietotaitoa. Opinnäytetyöprosessin aikana omat työhypoteesit ja ajattelutavat muuttuvat ja muovautuvat jatkuvasti. Siksi voisi todeta, ettei työ todellisuudessa ole valmis edes silloinkaan kun se luovutetaan arvioitavaksi. (Jyväskylän ammattikorkeakoulu 2014.)

Fysioterapeutin pääsääntöinen tehtävä on väestön terveyden, työ- ja toimintakyvyn ylläpitäminen ja edistäminen sekä sairauksien ehkäiseminen. Jotta terapeutti selviäisi tästä tehtävästä, hänen tulisi jatkuvasti kehittää ammattitaitoaan asiantuntijana. Jatkuva oppiminen on fysioterapeutin oikeus ja velvollisuus. (Suomen fysioterapeutit 2014a.)

Tieteenalana fysioterapian, ja siinä käytettävien hoitokäytäntöjen muodostumista ohjaavat tutkimuskysymykset: onko käytetyillä metodeilla vaikutusta ja miten niitä voisi kehittää. Terapiamenetelmien valinnan perustelu pohjautuu perustutkimuksista kerättyyn tietopohjaan ja niiden arviointiin. (Suomen fysioterapeutit 2014b.)

Käyttämälläni hakusanoilla ja rajauksilla kirjallisuuskatsaukseeni päätyi satunnaiskontrolloituja tutkimuksia vain viisi kappaletta, hakuni ei sisältänyt yhtään kirjallisuuskatsausta. Tekemieni johtopäätösten luotettavuus olisi ollut korkeampi, jos olisin saanut sisällytettyä raporttiini enemmän tutkimuksia. Toinen tutkimushaku erilaisilla hakusanoilla ja laajemmalla aikavälillä, käyttäen muita tietokantoja olisi voinut tuottaa enemmän käyttökelpoisia tuloksia.

Luotettavuutta olisi lisännyt myös kirjallisuuskatsaukseni sisältämien tutkimusten vertailu keskenään. Monissa näistä viidestä tutkimuksista käytettiin samoja arviointimittareita, koehenkilöt olivat suunnilleen samanikäisiä ja interventioiden kestot olivat suunnilleen samat; vertailu olisi siis ollut helppoa. Lisäksi olisin voinut suorittaa omien johtopäätösteni vertailua muihin aiheita käsitteleviin kirjallisuuskatsauksiin. Näin olisi voinut selvittää, että ovatko tulokseni ja tulkintani samalla linjalla muiden yläraajapainotteista robottiaivusteista terapiaa käsittelevien raporttien kanssa.

Suoritin kirjallisuuskatsauksen teon itsenäisesti, mikä helposti altistaa sokeutumiselle omaa tuotettua tekstiä kohtaan. Asioiden käsittely ja tarkastelu voi jäädä pintapuoleiseksi, ja asioista voi näin nähdä vain yhden näkökulman. Tiukan aikarajan sisällä työskentely altistaa myös virheiden tekemiseen ja huolimattomuuteen. Työskentely parin kanssa tai ryhmässä olisi voinut tarjota prosessin aikana uusia näkökantoja ja jalostaa työn aikana esille nousseita asioita. Toisaalta yksin työskennellessäni jouduin täysin itsenäisesti opettelemaan ja sisäistämään kaiken tiedon, tutkimuksista saadut tulokset ja niissä käytetyt menetelmät. Koen siis, että omatoiminen työskentely haittapuolistaan huolimatta rakennutti minulle vankan tietämyksen aiheesta ja työstäni.

Opinnäytetyöprosessini aikana omaa työskentelyäni ohjasivat ensinnäkin fysioterapeutin toiminta-, että tutkimusetiikka: opinnäytetyöni palvelee omaa ammatillista kasvuani ja oppimistani, sekä mahdollisesti kehittää jo olemassa olevaa fysioterapiatietoutta ja siinä käytettäviä käytäntöjä. Kaikki kirjallisuuskatsaukseeni valitsemani tutkimukset olivat luonteeltaan RCT eli satunnaiskontrolloituja tutkimuksia. Tutkimusten objektiivinen tarkastelu ja esittely mahdollistavat luotettavan aineiston tuoton. Varmistin tutkimusten toteuttajien taustat ja tutkimusten alkuperäislähteet internet-haun avulla. Jokaiselle väitteelle on luotettava lähde, ja omien näkemysteni tuominen ilmi on maltillista ja asianmukaista. Koen noudattaneeni hyvää tutkijaetiikkaa opinnäytetyö-prosessini aikana.

7.3 Fysioterapian asiantuntijana kasvaminen

”Opinnäytetyön tavoitteena on kehittää ja osoittaa opiskelijan valmiuksia soveltaa tietojaan ja taitojaan ammattiopintoihin liittyvissä käytännön asiantuntijatehtävissä sekä kehittää opiskelijan analysointi- ja perusteluvälmiuksia, kriittistä ajattelua ja eettistä harkintaa ” (Diakonia-ammattikorkeakoulu 2014).

Aivoverenkierron häiriöt ovat merkittävä toimintakykyä laskeva tekijä ympäri maailmaa. Kuntoutuksen panostettava työn määrä asettaa suuria vaatimuksia potilaan lisäksi terapeutille. Vaurioituneet hermokudokset vaativat valtavasti harjoittelua ja lukemattomia määriä toistoja, ennen kuin voidaan odottaa neuroplastisten muutosten johtavan konkreettisiin parannuksiin AVH- potilaan toimintakyvyssä. Aivoverenkierronhäiriö voi johtaa elinikäiseen terapian ja kuntoutuspalvelujen tarpeeseen. Potilaan selviytyminen arjessa vaadittavista tehtävistä tai päivätyön asettamista haasteista on merkittävässä määrin riippuvainen saadun terapian määrästä ja laadusta. Aivoverenkierronhäiriöiden huolestuttava lukumäärä ja ilmaantuvuus on todellinen haaste terveydenhuollon sektorille; jotain tulisi tehdä, sillä avun tarvitsijoita on kohta enemmän kuin sitä on mahdollista tarjota.

Robottivusteinen kuntoutus on metodina vielä keskeneräinen, mutta tulokset ovat lupaavia. Interventioilla on saatu vähintään samanlainen hoitovaste kuin perinteisillä aivoverenkierron häiriöiden hoidossa käytettävillä menetelmillä: tämä on pystytty todistamaan kansainvälisesti hyväksytyillä arvioinnin mittareilla. Potilaiden halvaantuneen käden käytön laatua ja määrää on kyetty parantamaan interventioiden avulla, mitattu spastisuus on vähentynyt ja itsekoettu elämänlaatu on kohonnut pysyvästi. Kokonaisvaltainen toimintakyvyn kohenema on todiste metodin lupaavista mahdollisuuksista.

Kenties jo lähitulevaisuudessa nämä terapialaitteet ovat kehittyneet siihen pisteeseen, että niitä on mahdollista viedä potilaan kotiin vaikkapa kuntoutuksen ylläpitävässä vaiheessa. Näin potilas kykenisi ikään kuin ottamaan isomman vastuun omalla kuntoutumispolullaan ja saadun terapian määrää voitaisiin nostaa huomattavasti. Mielenkiintoista oli huomata, että vaikka robottivusteinen laite voi vaikuttaa suureltaakin investoinnilta kuntoutuksen yksiköille, niin pitkää aikaväliä ja yksikön toimintastrategiaa ajatellen se voi olla taloudellisempi sijoitus kuin turvautuminen manuaaliseen, erikoisosaamista vaativaan terapiaan.

Tekniikan kehittyminen voi muovata myös terapeutin roolia kuntoutuksen kentällä ja osana moniammatillista työtiimiä. Automaation yleistyminen vähentää tarvetta manuaaliselle terapialle ja terapeutin fyysistä osallistumista terapian toteuttamiseen. Kuten Krebs, Volpe, Aisen & Hogan (2000) raportissaan toteavatkin, tekniikan ottaessa isomman vastuun potilaan hoidosta, fysioterapeutti keskittyy enemmän kuntoutuksen suunnitteluun ja terapian koordinointiin.

Robottivusteisen terapian kehittämistyössä tulee huomioida toiminnallisen harjoittelun tärkeys AVH-potilaiden kuntoutuksessa. Tehtävä, jolla on merkitys ja mahdollisesti yhteys arjessa vaadittaviin askareisiin, tarjoaa potilaalle mahdollisuuden harjoittaa kotona tarvittavia taitoja ja täten edesauttaa potilaan omatoimisuutta. Koen että olisi tärkeää tutkia myös potilaiden kokemuksia tekniikan yleistyemisestä hoidon toteutuksessa: koetaanko tekniikka pelottavaksi, onko toisen ihmisen toteuttamana terapiaa motivoivampaa vai onko kiehtovuus uutta metodologiaa kohtaan kannustava tekijä.

Kirjallisuuskatsausta tehdessäni pääsin tutustumaan kattavasti aivoverenkierronhäiriöihin, niiden kuntoutukseen, sekä tekijöihin, jotka mahdollistavat omatoimisuuden uudelleenoppimisen. Näen hyötyväni opinnäytetyö-prosessista, ja sen myötä keräämistäni tiedoista työelämässä osana moniammatillista kuntoutustiimiä. Neuroplastisuuden koin kiehtovaksi aihepiiriksi, josta tiedetään vielä suhteellisen vähän. Prosessin aikana opin paljon hyvästä tutkimusetiikasta ja tutkijana toimimisesta, sekä sen merkityksestä tieteenalan kehityksen näkökulmasta. Robottivusteinen terapia edustaa kuntoutuksen uusinta kärkeä, minkä vuoksi kehitys- ja tutkimustyötä käydään sen parissa jatkuvasti. Uskon, että tulevaisuudessa tämä hoitomenetelmä on merkittävässä roolissa suurentuvien potilasmäärien aiheuttaman hoitoresurssipulan ratkaisemisessa, sekä terveydenhuollon kustannusrakenteen joustavoittamisessa.

LÄHTEET

ABDULLAH, Hussein, TARRY, Cole, LAMBERT, Cynthia, BARRECA, Susan, ALLEN, Brian 2011 Results of Clinicians Using a Therapeutic Robotic System in an Inpatient Stroke Rehabilitation Unit [verkkajulkaisu] Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 8:50 [viitattu 2014-10-01]. Saatavissa:

<http://www.jneuroengrehab.com/content/8/1/50>

AIVOLIITTO 2014a. Aivoverenkiertohäiriö [verkkajulkaisu][viitattu 2014-6-25]. Saatavissa:

http://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio_%28avh%29/aivoverenkiertohairio

AIVOLIITTO 2014b. Aivoverenkiertohäiriö: Riskitekijät [verkkajulkaisu][viitattu 2014-6-25]. Saatavissa:

http://www.aivoliitto.fi/aivoverenkiertohairio_%28avh%29/aivoverenkiertohairio/riskitekijat

AIVOLIITTO 2014c . Aivoverenkiertohäiriöt (AVH) lukuina [verkkajulkaisu].[viitattu 2014-6-25]. Saatavissa:

http://www.aivoliitto.fi/files/1091/avh_lukuina2012_web.pdf

AMERIHEALTHVIP CARE 2014. Clinical Policy Title: Wilmington Robotic Exoskeleton Upper Extremity Orthosis [Verkkajulkaisu][viitattu 2014-09-29]. Saatavissa:

<http://www.amerihealthvipdc.com/pdf/provider/resources/clinical/policies/wrex.pdf>

ATULA, Sari 2012a. Aivohalvaus (aivoinfarkti ja aivoverenvuoto) [verkkajulkaisu] Terveyskirjasto [viitattu 2014-6-25]. Saatavissa:

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artikkeli=dlk00001&p_haku=aivoverenkiertoh%C3%A4iri%C3%B6

ATULA, Sari 2012b Ohimenevä aivoverenkiertohäiriö (TIA) [verkkajulkaisu] Terveyskirjasto [viitattu 2014-6-25].

Saatavissa:

http://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_haku=aivoverenkiertohäiriö&p_artikkeli=dlk00591

BURGAR, Charles, LUM, Peter, SCREMIN, Erika, GARBER, Susan, VAN DER LOOS, Machiel, KENNEY, Deborah, SHOR, Peggy 2011 Robot-assisted upper-limb therapy in acute rehabilitation setting following stroke: Department of Veterans Affairs multisite clinical trial [verkkajulkaisu] Journal of Rehabilitation Research & Development 48 (4): 445-458 [viitattu 2014-10-01]. Saatavissa: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/11/484/pdf/burgar484.pdf>

CARR, Janet, SHEPHERD, Roberta 2003. Stroke rehabilitation (7. Painos) Butterworth-Heinemann 24, 160, 264-265

CARR, Janet, SHEPHERD, Roberta 2010. Neurological Rehabilitation (2. painos) Churchill Livingstone Elsevier 38-39, 248

CHENG, Aiwu, HOU, Yan, MATTSON, Mark, P. 2010 Mitochondria and Neuroplasticity [verkkojulkaisu] ASN Neuro 2(5) [viitattu 2014-11-01]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2949087/>

CLINICAL REHABILITATION 2014 [verkkosivu][viitattu 2014-11-05]. Saatavissa: <http://cre.sagepub.com/>

COLOMER, C. BALDOVI, A. TORROME, S. NAVARRO, M. D. MOLINER, B. FERRI, J. NOE, E. 2012. Efficacy of Armeo® Spring during the chronic phase of stroke. Study in mild to moderate cases of hemiparesis [verkkojulkaisu] Neurologia 28(5)[viitattu 2014-09-29]. Saatavissa: <http://zl.elsevier.es/en/revista/neurologia-495/articulo/efficacy-of-armed-sup-spring-during-90209825>

CRAMER, Steven, C., MRIGANKA, Sur, DOBKIN, Bruce, H., O´BRIEN, Charles, SANGER, Terence, D., TROJANOWSKI, John, Q., RUMSEY, Judith, M., HICKS, Ramona, CAMERON, Judy, CHEN, Daofen, CHEN, Wen, G., COHEN, Leonardo, G., deCHARMS, Christopher, DUFFY, Charles, J., EDEN, Guinevere, F., FETZ, Eberhard, E., FILART, Rosemarie, FREUND, Michelle, GRANT, Steven, J., HABER, Suzanne, KALIWAS, Peter, W., KOLB, Bryan, KRAMER, Arthur, F., LYNCH, Minda, MAYBERG, Helen, S., McQUILLEN, Patrick, S., NITKIN, Ralph, PASCUAL-LEONE, Alvaro, REUTER-LORENZ, Patricia, SCHIFF, Nicholas, SHARMA, Anu, SHEKIM, Lana, STRYKER, Michael, SULLIVAN, Edith, V. ja VINOGRADOV, Sophia 2011. Harnessing neuroplasticity for clinical applications [verkkojulkaisu]. Oxford Journals 134 (6), 1591-1609 [Viitattu 2014-6-26] Saatavissa: <http://brain.oxfordjournals.org/content/134/6/1591>

DIAKONIA- AMMATTIKORKEAKOULU 2014 Opinnäytetyö [Verkkojulkaisu][Viitattu 2014-09-24] Saatavissa: <http://www.diak.fi/opiskelu/opinnaytetyo/Sivut/default.aspx>

DIAZ, Iñaki, GIL, Jorge Juan ja SÁNCHEZ, Emilio 2011. Lower-Limb Robotic Rehabilitation: Literature Review and Challenges [verkkojulkaisu] Journal of robotics [Viitattu 2014-6-18] Saatavissa: <http://www.hindawi.com/journals/jr/2011/759764/>

GILHOLLY, Rob 2012. Exoskeletons await in work/care closet [verkkojulkaisu] The Japan Times [viitattu 2014-10-30]. Saatavissa: <http://www.japantimes.co.jp/life/2012/06/17/general/exoskeletons-await-in-workcare-closet/#.VF12u8l0bbV>

GOWLAND, C., STRATFORD, P., WARD, M., MORELAND, J., TORRESIN, W., VAN HULLENAAR, S., SANFORD, J., BARRECA, S., VANSPALL, B. ja PLEWS, N. 1993. Measuring physical impairment and disability with the Chedoke-McMaster Stroke Assessment [verkkojulkaisu] Stroke 24(1), 58-63[viitattu 2014-10-16]. Saatavissa: <http://stroke.ahajournals.org/content/24/1/58.long>

HESSE, Stefan, HEß, Anke, WERNER, Cordula, KABBERT, Nadine, BUSCHFORT, Rüdiger 2014 Effect on arm function and cost of robot-assisted group therapy in subacute patients with stroke and a moderately to severely affected arm: a randomized controlled trial [verkkojulkaisu] Clinical Rehabilitation 28 (7) 637-647[viitattu 2014-10-01]. Saatavissa: <http://cre.sagepub.com/content/28/7/637>

JOURNAL OF NEUROENGINEERING AND REHABILITATION 2014 About [verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-05]. Saatavissa: <http://www.jneuroengrehab.com/about>

JOURNAL OF REHABILITATION RESEARCH & DEVELOPMENT 2014 JRRD Editorial Policies [verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-05]. Saatavissa: <http://www.rehab.research.va.gov/jour/jrredpolicy2010.pdf>

JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU 2014. Opinnäytetyö [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-15]. Saatavissa: <http://studyguide.jamk.fi/fi/opinto-opas-amk/Opiskelu/Opinnaytetyo/>

KAJAANIN AMMATTIKORKEAKOULU 2014 Tutkimusongelmat- ja tehtävät sekä hypoteesit [Verkkojulkaisu][Viitattu 2014-6-26] Saatavissa: <http://www.kamk.fi/opari/Opinnaytetyopakki/Teoreettinen-materiaali/Tukimateriaali/Tutkimusongelmat>

KARPPI, Sirkka-Liisa 2014. Lisää tietoa tarvitaan aivohalvauspotilaiden yläraajan fysioterapiasta. Fysioterapia 61 (1) 18-19

KASTE, Markku 2007 Aivoverenkierron häiriöt [Verkkojulkaisu] Therapia Fennica.fi [Viitattu 2014-6-26] Saatavissa: http://therapiafennica.fi/wiki/index.php?title=Aivoverenkierron_h%C3%A4iri%C3%B6t

KÄYPÄHOITO 2014a Aivoinfarkti-Kuolleisuus [verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-05]. Saatavissa: <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50051>

KÄYPÄHOITO 2014b Aivoinfarkti-Varhaisvaiheen kuntoutus [verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-05]. Saatavissa: <http://www.kaypahoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus?id=hoi50051>

KREBS, H.,I.,VOLPE, B.,T.,AISEN, M.,L.,HOGAN, N. 2000 Increasing productivity and quality of care: Robot-aided neuro-rehabilitation [verkkojulkaisu] Journal of Reahbilitation Research and Development 37(6), 639-652 [Viitattu 2014-6-25] Saatavissa:

http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0CDoQFjAC&url=http%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Fpublication%2F12015146_Increasing_productivity_and_quality_of_care_robot-aided_neuro-rehabilitation%2Flinks%2F0912f50634d85a98ce000000&ei=Adj6U4SBDI3jao3qgrAC&usq=AFQjCNGNILqGRSJLQMzpsLpq-a8veZNw&bvm=bv.73612305,d.d2s

KWAKKEL, Gert, KOLLEN, Boudewijn, J.,KREBS, Hermano, I. 2008 Effects of Robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A Systematic Review [Verkkojulkaisu] Neurorehabil Neural Repair 22(2): 111-121 [Viitattu 2014-08-25] Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2730506/>

MEDLINEPLUS 2011 Robotic surgery [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2014-6-18] Saatavissa: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/007339.htm>

MEDTERMS 2012. Definition of Neuroplasticity [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-6-25]. Saatavissa:

<http://www.medterms.com/script/main/art.asp?articlekey=40362>

NATIONAL STROKE ASSOCIATION 2014. Explaining Stroke [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-06]. Saatavissa:

<http://www.stroke.org/site/PageServer?pagename=explainingstroke>

NINDS 2014. Post-stroke rehabilitation fact sheet [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-6-26]. Saatavissa:

<http://www.ninds.nih.gov/disorders/stroke/poststrokerehab.htm>

NYKÄNEN, Kati 2010. The effectiveness of robot-aided upper limb therapy in stroke rehabilitation A systematic review of randomized controlled studies. Jyväskylän Yliopisto. Pro gradu- tutkielma. Fysioterapian koulutusohjelma. 25-26 [viitattu 2014-08-24]. Saatavissa:

https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/23001/URN_NBN_fi_jyu-201002281295.pdf?sequence=5

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU 2014. Tutkimuseettiset suositukset [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-15]. Saatavissa:

https://www.google.com/url?q=http://www.oamk.fi/sote/docs/tutkimuseettiset_suositukset&sa=U&ei=5j0-VO2OF5HW7QbRpYDoCA&ved=0CAUQFjAA&client=internal-uds-cse&usq=AFQjCNFAVgS47rvKhKpc9pjhwWDx1GDzyQ

PATERNOSTRO-SLUGA, Tatjana, GRIM-STIEGER, Martina, POSCH, Martin, SCHUHFRIED, Othmar, VACARIU, Gerda, MITTERMAIER, Christian, BITTNER, Christian, FIALKA-MOSER, Veronika 2008. Reliability and validity of the Medical Research Council (MRC) scale and a modified scale for testing muscle strength in patients with radial palsy [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-17]. Saatavissa:

<http://www.medicaljournals.se/jrm/content/?doi=10.2340/16501977-0235&html=1>

PEDro 2014. [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-16]. saatavissa: <http://www.pedro.org.au/>

POHJASVAARA, Tarja, YLIKOSKI, Raija, HIETANEN, Marja, KALSKA, Hely ja ERKINJUNTTI, Timo 2002. Aivoverenkierron häiriöiden jälkeiset kognitiiviset häiriöt [verkkojulkaisu] Duodecim 118(6), 593-599 [viitattu 2014-6-26].

Saatavissa:

http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo92847&dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=#s8

POLI, Patricia, MORONE, Giovanni, ROSATI, Giulio & MASIERO, Stefano 2013. Robotic Technologies and Rehabilitation: New Tools for Stroke Patients' Therapy [verkkojulkaisu] Hindawi Publishing Corporation [viitattu: 2014-08-24]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3852950/pdf/BMRI2013-153872.pdf>

PUBMED 2014. PubMed Help [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-16]. Saatavissa:

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK3827/#pubmedhelp.FAQs>

REHABMEASURES 2014a. Fugl-Meyer Assessment of Motor Recovery after Stroke [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa:

<http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=908&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2Frehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FPageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014b. Action Research Arm Test [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa:

<http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=951&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2Frehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FPageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014c. Motor Activity Log [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa:

http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=1215&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2Frehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FPaged%3DTRUE%26p_Title%3DGlasgow%2520Outcome%2520Scale%2520%252d%2520Extended%26p_ID%3D1096%26View%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared%26PageFirstRow%3D101

REHABMEASURES 2014d. Euro-QOL [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa:

<http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=1067&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2Frehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FView%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014e. Medical Outcomes Study Short Form 36 [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa:

http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=930&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2Frehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FPaged%3DTRUE%26PagedPrev%3DTRUE%26p_Title%3DRomberg%2520Test%26p_ID%3D1173%26View%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared%26PageLastRow%3D200

REHABMEASURES 2014f. Ashworth Scale/Modified Ashworth Scale [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa:

<http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=902&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2Frehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FView%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014g. Box and Blocks test [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=917&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2FRehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FView%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014h. Chedoke McMaster Stroke Assessment of the Arm and Hand [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=918&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2FRehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FView%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014i. Functional Independence Measure [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=889&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2FRehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FView%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared>

REHABMEASURES 2014j. Wolf Motor Function Test [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa: http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=927&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2FRehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FPaged%3DTRUE%26p_Title%3DRoll%2520Test%26p_ID%3D1158%26View%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared%26PageFirstRow%3D201

REHABMEASURES 2014k. Barthel Index [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-16]. Saatavissa: <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=916&Source=http%3A%2F%2Fwww.rehabmeasures.org%2FRehabweb%2Fallmeasures.aspx%3FView%3D%257b0C859D90%252d7478%252d4C9B%252d9575%252d784C4A9A2D85%257d%26PageView%3DShared>

REHA-STIM 2014. BI-Manu-Track [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-15]. Saatavissa: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=60>

REHA-STIM 2014a Bi-Manu-Track [verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-01] Saatavissa: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=60>

REHA-STIM 2014b Reha-Digit[verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-01] Saatavissa: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=109>

REHA-STIM 2014c Reha-Slide[verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-01] Saatavissa: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=59>

REHA-STIM 2014d Reha-Slide Duo[verkkojulkaisu][viitattu 2014-11-01] Saatavissa: <http://www.reha-stim.de/cms/index.php?id=58>

REIKENSMEYER, David, J., WOLBRECHT, Eric, T., CHAN, Vicky, CHOU, Cathy, CRAMER, Steven, C. & BOBROW, James, E. 2013. Comparison of 3D, Assist As Needed Robotic Arm/Hand Movement Training Provided With Pneu-WREX to Conventional Table Top Therapy Following Chronic Stroke [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-09-17]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3487467/>

REIKENSMEYER, J.D. WOLBRECHT, E.T. CHAN, V. CHOU, C. CRAMER, S.C BOBROW, J.E. 2012. Comparison of three-dimensional, assist-as-needed robotic arm/hand movement training provided with Pneu-WREX to conventional tabletop therapy after chronicstroke [verkkojulkaisu] Am J Phys Med Rehabil 91(11 0 3): 232-241[viitattu 2014-09-29]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3487467/>

SALE, Patrizio, FRANCESCHINI, Marco, MAZZOLENI, Stefano, PALMA, Enzo, AGOSTI, Maurizio, POSTERARO, Federico 2014 Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients [verkkojulkaisu] Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 11:104 [viitattu 2014-10-01]. Saatavissa: <http://www.jneuroengrehab.com/content/11/1/104>

SALMINEN, Ari 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyypeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin [verkkojulkaisu] Vaasan yliopiston julkaisuja 12-16 [viitattu 2014-7-7]. Saatavissa: http://www.uva.fi/materiaali/pdf/isbn_978-952-476-349-3.pdf

STROKECENTER 2014. Stroke Statistics [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-6-25]. Saatavissa: <http://www.strokecenter.org/patients/about-stroke/stroke-statistics/>

SUOMEN FYSIOTERAPEUTIT 2014a. Fysioterapeutin eettiset ohjeet [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-15]. Saatavissa: <http://www.suomenfysioterapeutit.fi/index.php/eettiset-ohjeet>

SUOMEN FYSIOTERAPEUTIT 2014b. Fysioterapian tutkimus [verkkojulkaisu][viitattu 2014-10-15]. Saatavissa: <http://www.suomenfysioterapeutit.fi/index.php/fysioterapian-tutkimus>

TAKEUCHI, Naoyuki, IZUMI, Shin-Ichi 2013. Rehabilitation with Poststroke Motor Recovery: A Review with a Focus on Neural Plasticity [verkkojulkaisu] [viitattu 2014-6-25]. Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3659508/>

THOMSON, Elizabeth, A., 2000. MIT-Manus robot aids physical therapy of stroke victims [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-18]. Saatavissa: <http://newsoffice.mit.edu/2000/manus-0607>

TIMMERMANS, Annick, LEMMENS, Ryanne, MONFRANCE, Maurice, GEERS, Richard, BAKX, Wilbert, SMEETS, Rob SEELEN, Henk. 2014 Effects of task-oriented robot training on arm function, activity, and quality of life in chronic stroke patients: a randomized controlled trial [verkkojulkaisu] Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation 11: 45 [viitattu 2014-10-01] Saatavissa: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3973831/>

VAN DER LINDE, R.Q., LAMMERTSE, P., FREDERIKSEN, E., RUITER, B. 2008. The HapticMaster, a new high-performance haptic interface [verkkojulkaisu][viitattu 2014-09-18]. Saatavissa: <http://people.cs.vt.edu/~wangr06/touch%20review%20organization/VanLFR02.pdf>

VEHKALA, Heli 2013-11-4. Ajankohtainen opinnäytetyö [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja: Lassi Romo