

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Aartolahti, Eeva; Ilves, Outi; Honkanen, Sari; Korpi, Hilikka; Häkkinen, Arja; Sjögren, Tuulikki

Title: Kohti näyttöön perustuvaa robotteja ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävää kuntoutusta : yhteenveto vaikuttavuudesta ja merkityksistä

Year: 2022

Version: Published version

Copyright: © Kirjoittajat ja Kela

Rights: In Copyright

Rights url: <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

Please cite the original version:

Aartolahti, E., Ilves, O., Honkanen, S., Korpi, H., Häkkinen, A., & Sjögren, T. (2022). Kohti näyttöön perustuvaa robotteja ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävää kuntoutusta : yhteenveto vaikuttavuudesta ja merkityksistä. In O. Ilves, H. Korpi, S. Honkanen, & E. Aartolahti (Eds.), *Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinnällisessä kuntoutuksessa : järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset* (pp. 193-206). Kansaneläkelaitos. Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia, 159. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022052037517>

7 Kohti näyttöön perustuvaa robotteja ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävää kuntoutusta – yhteenvedo vaikuttavuudesta ja merkityksistä

Eeva Aartolahti, Outi Ilves, Sari Honkanen, Hilikka Korpi, Arja Häkkinen ja Tuulikki Sjögren

Tämä tutkimus koostuu yhteensä kuudesta järjestelmällisestä kirjallisuuskatsauksesta. Kuntoutusrobottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuuden näytönastetta selvitettiin aiemmin julkaistujen järjestelmällisten katsausten ja satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten ja niiden kriittisen arvioinnin avulla. Merkityksellisyyttä virtuaalitodellisuuden ja robottien hyödyntämisestä kuntoutuksessa selvitettiin alkuperäistutkimusten järjestelmällisillä katsauksilla ja yhteenvedolla aiemmasta laadullisesta tutkimuksesta. Pohdinnassa tutkimusten tulosten ja niiden luotettavuuden tarkastelu yhdistää tämän tutkimuksen osat eli tutkimusnäytön sekä vaikuttavuudesta että merkityksellisyydestä. Tässä luvussa tarkastellaan erikseen robottivälineistä kuntoutusta ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävää kuntoutusta.

Laadullisten alkuperäistutkimusten yhteenvedoissa on huomioitu kaikki PICos-kriteerien perusteella mukaan valitut alkuperäistutkimukset. Siten laadullinen tutkimusnäyttö robottien ja virtuaalitodellisuuden merkityksellisyydestä antaa tässä tutkimuksessa kattavamman ja mahdollisesti ajantasaisemman kuvan kuntoutujaryhmistä ja käytetyistä teknologioista kuin määrälliset näytönastekatsaukset. Tutkimusaiheen ja aineiston laajuuden takia vaikuttavuuden osalta näytönastekatsauksissa keskityttiin kunkin kuntoutujaryhmän kannalta yleisimpiin ja keskeisimpiin tulomuuttujiin. Kuntoutuksen vaikuttavuuden vertailu tehtiin ensisijaisesti suhteessa tavanomaiseen hoitoon.

Näytönasteen arviointi rajautuu aiheisiin, joista oli julkaistu suhteellisen ajankohtaisia järjestelmällisiä katsauksia ja joissa erityisesti tulososan raportointi oli selkeää, järjestelmällistä ja läpinäkyvää. Lisäksi katsauksista tuli olla erotettavissa näyttö kuntoutusrobotti- tai virtuaalitodellisuusinterventioiden vaikuttavuudesta selkeästi määritellylle kuntoutujaryhmälle. Esimerkiksi virtuaalitodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuus syöpäsairauksien, palovammojen, amputaation sekä sydän- ja verisuonisairauksien yhteydessä arvioitiin epäluotettavaksi aiemmin julkaistujen järjestelmällisten katsausten kuntoutujaryhmien ja interventioiden heterogeenisyyden perusteella. Kirjallisuusviitteet kaikkiin tässä tutkimuksessa toteutettujen määrällisten katsausten hakutuloksiin ovat saatavilla kuntoutujaryhmittäin luokiteltuna (liitteet 3, 5, 10 ja 11).

7.1 Robottien vaikuttavuus ja merkityksellisyys kuntoutuksessa

7.1.1 Kuntoutujaryhmät ja kuntoutusrobotit

Tarkasteltaessa robottivälineisyyteen liittyvää tutkimustietoa on aivohalvauskuntoutujien yläraaja- ja kävelykuntoutus tutkituin ilmiö sekä määrällisellä että laadullisella lähestymistavalla tarkasteltuna. Eniten oli raportoitu aivohalvauskuntoutujiin liitty-

viä vaikuttavuustutkimuksia ja näytönastekatsaukset kuvasivat pääasiassa robottiavusteisen kävely- ja yläraajakuntoutuksen vaikuttavuutta. Aiempi tutkimusnäyttö robottiavusteisuuden vaikuttavuudesta lääkinnällisessä kuntoutuksessa kohdistui lisäksi yleisimpiin neurologisiin kuntoutujaryhmiin (aivohalvauskuntoutujat, multippliskleroosia sairastavat, Parkinsonin tautia sairastavat, CP-vammaiset, aivovamman saaneet ja selkäydinvammaiset). Myös laadulliset tutkimukset kohdistuivat yleisimmin neurologisten kuntoutujaryhmien kokemuksiin robottiavusteisuudesta yläraaja- ja kävelykuntoutuksessa.

Tutkimustiedon robottiavusteisuuden vaikuttavuudesta rajoittuessa lähes yksinomaan liikunnalliseen kuntoutukseen on laadullisen lähestymistavan avulla tutkittu laajemmin erilaisia kuntoutusrobotteja useammilla kuntoutujaryhmillä sekä heidän läheisiään ja ammattilaisia. Sosiaalisten robottien vaikuttavuutta on tutkittu muistisairautta sairastavilla henkilöillä. Tämä kuntoutujaryhmä oli yleisin kohderyhmä myös laadullisissa, sosiaalisten kuntoutusrobottien merkityksellisyyteen liittyvissä tutkimuksissa. Lisäksi kokemuksia ja käsityksiä sosiaalisia robotteja hyödyntävästä kuntoutuksesta oli tutkittu ikääntyneillä henkilöillä, mielenterveyskuntoutujilla ja erilaisilla vammaisryhmillä. Kokemuksia ja käsityksiä avustavista roboteista on tutkittu ikääntyneillä ja neurologisilla kuntoutujilla. Lisäksi laadulliset alkuperäistutkimukset tarkastelivat vaikeasti liikuntavammaisten ja autismikirjon lasten sekä heidän vanhempiensa ja ammattilaisten käsityksiä ja kokemuksia roboteista lasten terapiassa sekä erityisopetuksessa.

7.1.2 Robottien käytön hyötyjä kuntoutuksessa

Kuntoutusrobottien vaikuttavuutta tarkasteltaessa tulosmuuttajat sijoittuvat ICF-luokituksen mukaisesti pääosin suoritusten tasolle; erityisesti liikkumiskykyyn, muutamissa kuntoutujaryhmissä myös itsenäiseen päivittäistoiminnoista suoriutumiseen. Dementian yhteydessä oli arvioitu myös sosiaalisten robottien käyttöön ja sen kustannusvaikuttavuuteen liittyvää tutkimusnäyttöä. Yleisesti ottaen tässä tutkimuksessa esitetyissä näytönastekatsauksissa robottiavusteinen kuntoutus on todettu joko vaikuttavammaksi tai yhtä vaikuttavaksi kuin tavanomainen kuntoutus. Näytönaste on arvioitu vahvimmillaan tasolle B (taulukko 1). Laadullinen kuntoutuksen merkityksellisyyteen liittyvä tutkimus toi esille erilaisia kuntoutujille merkityksellisiä, toimintakykyyn ja elämänlaatuun liittyviä hyötyjä. Fyysiseen toimintakykyyn, itsenäisyyteen ja arjen toimintoihin liittyvien myönteisten kokemusten lisäksi kuntoutujat kuvasivat mm. yleisterveyteen liittyviä tekijöitä, psyykkisiä hyötyjä sekä itseluottamukseen ja motivaatioon liittyviä positiivisia kokemuksia. Samanlaisia kokemuksia on raportoitu myös aiemmissa lemmikkirobotteja ja avustavaa teknologiaa käsittelevissä katsauksissa (Abbott ym. 2019; Sriram ym. 2019). Robottien hyödyntäminen avasi myös uudenlaisia mahdollisuuksia ja kokemuksia kuntoutujille ja roboteilla nähtiin olevan erilaisia rooleja kuntoutumisen tukijana. Myös kotona asumisen nähtiin olevan tulevaisuudessa pidempään mahdollista robottien avulla.

7.1.3 Robottien käytön haittoja, haasteita ja kehittämistarpeita kuntoutuksessa

RCT-tutkimuksissa robottivusteisen harjoittelun yhteydessä ilmeni harvoin haittavaikutuksia ja ne olivat lieviä. Haittatapahtumat liittyivät intervention aikaan alaselkä- ja polvikipuun, verenpaineen laskuun tai pieniin hiertymiin alaraajoissa. Laadullisissa tutkimuksissa kuntoutujien esiin tuomien käyttökokemusten vaihtelu oli suurta sisältäen myös vastakkaisia mielipiteitä. Menetelmät eivät soveltuneet kaikille kuntoutujille ja niiden käyttö vaati harjoittelua ja ammattilaisten tukea varsinkin alkuvaiheessa. Myös Abbottin ym. (2019) katsaus lemmikkorobottien käytöstä tukee näitä käsityksiä. Nämä käyttökelpoisuuteen liittyvät kokemukset ovat voineet osaltaan rajoittaa robottivusteisuuden vaikuttavuutta RCT-tutkimuksissa. Laadullisissa tutkimuksissa ei nähty mahdolliseksi, että robotti voisi korvata ihmisen tuen kuntoutumisprosessissa, koska se ei pysty ymmärtämään ihmisen emotionaalista puolta. Sen nähtiin voivan kuitenkin hyvin täydentää muita kuntoutusmenetelmiä. Lisäksi haasteiksi koettiin mm. laitteiden saatavuus, korkeat kustannukset, ammattilaisten kouluttaminen ja teknisen tuen saatavuus.

7.2 Virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys kuntoutuksessa

7.2.1 Kuntoutujaryhmät

Myös virtuaalitodellisuutta hyödyntävää kuntoutusta tarkasteltaessa on aivohalvauskuntoutujat eniten tutkittu kuntoutujaryhmä ja liikunnallinen kuntoutus tutkituin ilmiö sekä määrällisellä että laadullisella lähestymistavalla tarkasteltuna. Valtaosa määrällisistä vaikuttavuustutkimuksista on kohdistunut erilaisiin neurologisten sairauksia sairastavien kuntoutujien ryhmiin, mutta myös tuki- ja liikuntaelinsairaiden, hengityselinsairaiden, lastentauteja sairastavien, muistisairaiden, mielenterveyshäiriöitä sairastavien, neuropsykiatrisia sairauksia sairastavien kuntoutuksen ja ikäihmisten kohdalla oli vaikuttavuusnäyttöä mahdollista arvioida aiempien katsausten perusteella.

Virtuaalitodellisuuden merkityksellisyyttä oli laadullisissa tutkimuksissa tarkasteltu yleisimmin fyysisen harjoittelun yhteydessä ja vastaavilla neurologisilla kuntoutujaryhmillä kuin vaikuttavuustutkimuksissa. Yksittäiset tutkimukset toivat esille myös amputaatio-, fibromyalgia-, sydän- ja syöpäkuntoutujien sekä kuntoutusammattilaisten kokemuksia ja näkemyksiä virtuaalitodellisuuden käytöstä liikunnallisessa kuntoutuksessa. Virtuaalitodellisuutta oli monipuolisesti käytetty myös psykososiaalisiin tavoitteisiin liittyvässä kuntoutuksessa, esimerkiksi mielenterveyskuntoutujilla, afasiakuntoutujilla, ikääntyneillä ja muistisairailla.

7.2.2 Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus kuntoutuksessa

Järjestelmällisten katsausten perusteella arvioitu tutkimusnäyttö painottui virtuaalitodellisuutta hyödyntävien interventioiden vaikuttavuuteen. Lisättyä todellisuutta

hyödyntäviä interventioita ei tullut esille katsauksiin sisällytetyissä alkuperäistutkimuksissa. Yleisimmin näytönastekatsauksiin sisältyneissä kuntoutusinterventioissa oli kyse yhdistetystä todellisuudesta, jossa toimintaan uppoutuminen eli immersio oli alhaisella tasolla. Poikkeuksena tähän olivat traumaperäisen stressihäiriön hoito sekä fobioiden hoito virtuaalisen altistusterapian avulla, joissa uppoutuminen oli vahvempaa. Altistushoidossa hyödynnettiin esimerkiksi virtuaalilaseja (HMD) ja kuvien heijastamista seinille (CAVE-teknologia). Näihin yhdistettiin myös kuuloon tai kosketukseen perustuvia aistielämyksiä, jotta kuntoutujan kokemus tilanteesta on mahdollisimman aidontuntuinen. Virtuaaliodellisuuden eduksi kuntoutuksessa on nähty jo pidempään kuntoutujan osallistumisen ja aktiviteettien toteuttamisen mahdollistaminen turvallisessa ympäristössä ilman todellisen maailman tuomia rajoitteita (Wilson ym. 1997). Tällainen tarve on fobioiden hoitoon liittyvässä altistusterapiassa, jos pelon aiheuttaja on muuten vaikeasti toteutettavissa.

Vaikuttavuustutkimusten interventioista valtaosa oli liikunnallista kuntoutusta, jossa oli hyödynnetty erilaisia pelillistetyä harjoittelun sovelluksia. Pelillistetty liikunta-harjoittelu oli keskeinen osa myös laadullisten tutkimusten tarkastelemissa VR-kuntoutusinterventioita. Valtaosassa tutkimuksista virtuaaliodellisuutta oli hyödynnetty samaan tapaan kuin vaikuttavuustutkimuksissa, tasoltaan alhaisen uppoutumisen toimintaa yhdistetyssä todellisuudessa. Mukana kuitenkin oli myös immersioisempia toteutuksia, kuten virtuaalimaailmat, -käsineet tai -lasit.

7.2.3 Virtuaaliodellisuuden hyötyjä kuntoutuksessa

Virtuaaliodellisuuden vaikuttavuutta selvittävässä tutkimuksissa tulomuuttujista valtaosa sijoittuu ICF-luokituksen suoritusten tasolle: erityisesti liikkumiskykyyn, muutamissa kuntoutujaryhmissä myös päivittäistoiminnoista suoriutumiseen. Myös vaikutuksia kuntoutujaryhmän kannalta keskeisiin oireisiin, kuten kipuun, on huomioitu näytönastekatsauksissa. Tutkimusnäytön mukaan virtuaaliodellisuutta hyödyntävä kuntoutus on todettu joko vaikuttavammaksi tai yhtä vaikuttavaksi kuin tavanomainen kuntoutus. Yleisimmin näytönaste on tasolla C tai D, jolloin luotettava tutkimusnäyttö vaikuttavuudesta puuttuu.

Laadullisissa tutkimuksissa tuli esiin erilaisia kuntoutujille merkityksellisiä myönteisiä kokemuksia virtuaaliodellisuuden avulla toteutuneessa kuntoutuksessa. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävällä kuntoutuksella koettiin olevan useita rooleja ja sen nähtiin täydentävän tavanomaisia kuntoutusmenetelmiä, mutta sen ei kuitenkaan nähty korvaavan perinteisiä menetelmiä tai olevan riittävää ainoana kuntoutusmuotona. Merkitykselliseksi virtuaaliodellisuutta hyödyntävässä kuntoutuksessa koettiin esimerkiksi tiedon saaminen sairaudesta, tavoitteellinen kuntoutus, myönteiset vaikutukset arkielämään ja osallisuuteen, fyysisen toimintakyvyn parantuminen, elämänlaadun sekä psyykkisen ja kognitiivisen toimintakyvyn parantuminen, vuorovaikutuksen ja kommunikaation mahdollistuminen tai parantuminen sekä ilo, virkistys ja innostuneisuus uudenlaisista asioista. Aiemmassa kirjallisuuskatsa-

uksessa esimerkiksi Hamilton ym. (2019) raportoivat vastaavia tuloksia terapeuttien kokemuksista virtuaaliodellisuuden hyödyntämisestä neurologisten kuntoutujien ja ikääntyneiden henkilöiden kuntoutuksessa.

7.2.4 Virtuaaliodellisuuden haittoja, haasteita ja kehittämistarpeita kuntoutuksessa

RCT-tutkimuksissa virtuaaliodellisuutta hyödyntävässä harjoittelussa ei ollut esiintynyt haittavaikutuksia lainkaan tai niitä ilmeni vain harvoin tai yhtä usein kuin kontrolliryhmissä. Joitakin lieviä haittatapahtumia raportoitiin harjoittelun aikana tai sen jälkeen, kun kuntoutujat olivat kokeneet lievää kipua, päänsärkyä, selkäsärkyä, huimausta, pahoinvointia tai väsymystä. Samoja kielteisiä käyttökokemuksia tuli esille myös laadullisissa tutkimuksissa, joissa oli kuitenkin suurta yksilöllistä vaihtelua kuntoutujien välillä. Toiset kokivat virtuaaliodellisuuden sopivan heille erityisen hyvin, kun toiset taas eivät välttämättä pitäneet siitä. Virtuaaliodellisuuden soveltuvuus henkilökohtaisesti jokaisen kuntoutujan tarpeisiin nähtiinkin tärkeänä. Vaatimustaso harjoittelussa saattoi olla vääränlainen ja motivaatio myös intervention aikana saattoi vähentyä. Virtuaaliodellisuuden katsottiin soveltuvan monille kuntoutujaryhmille, mutta ei kaikille kuntoutujille. Yksilölliset tavoitteet ja toimintakyvyn huomioiminen korostuivat.

Terapeutin ammattitaito, tekninen osaaminen, laitteiden helppokäyttöisyys ja soveltuvuus kuntoutukseen nähtiin tärkeinä tekijöinä kuntoutuksen onnistumisen kannalta. Myös Hamiltonin ym. (2019) katsaus ikääntyneiden ja neurologisten kuntoutujien virtuaaliodellisuutta hyödyntävästä kuntoutuksesta tukee näitä käsityksiä. Käyttäjien osallistuminen esimerkiksi virtuaaliodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen suunnitteluun koettiin hyväksi. Virtuaaliodellisuutta hyödyntävässä kuntoutuksessa pidettiin tärkeänä teknistä tukea sekä laitteiden ja järjestelmien käytönohjausta.

Virtuaaliodellisuutta ja lisättyä todellisuutta hyödyntävien kuntoutussovellusten käyttökelpoisuuteen liittyvät laadullisissa tutkimuksissa esiin nousseet kokemukset voivat auttaa ymmärtämään vaikuttavuuden taustalla olevia tekijöitä satunnaistetuissa kontrolloiduissa tutkimuksissa. Laadullisissa tutkimuksissa esiin nousseet haasteet saattavat korostua etenkin omatoimisessa harjoittelussa, kuten etäkuntoutuksessa, jossa kuntoutusammattilaisten ja asiakkaiden on todettu tarvitsevan tukea ja ohjausta heidän käyttäessään uutta teknologiaa (Sjögren ym. 2019). Virtuaaliodellisuuden käyttöön nähtiin liittyvän myös turvallisuutta ja eettisyyttä koskevia kysymyksiä, joita on tuotu esille myös aiemmassa kirjallisuudessa (Hamilton ym. 2019).

Ohjaus, harjoittelupalaute ja reflektiomahdollisuus koettiin tärkeiksi. Kuntoutuksen yksilöllisen annostelun ja ohjauksen sekä objektiivisen mittaamisen mahdollistamista liiketunnistuksen avulla ja edelleen virtuaaliympäristön tarkkaa hallintaa mittaus-tiedon perusteella on pyritty pidemmän aikaa kehittämään kuntoutuksen tarpeisiin (Weiss ym. 2004). Virtuaaliodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen on esitetty edistävän motorista oppimista muun muassa hallittujen, asteittain etenevien liikevariaa-

tioiden, suuren toistomäärän, palautteen sekä harjoittelumotivaation myötä (Levin ja Demers 2020).

7.3 Sovellettavuus

Tässä tutkimuksessa esitetty tutkimusnäyttö perustuu pääosin kansainväliseen tutkimustietoon, jonka takia rajausta ei tehty järjestämisvastuun näkökulmasta vaan kuntoutujalähtöisesti pyrittiin tunnistamaan ne tutkimuksen osallistujaryhmät, jotka voisivat olla lääkinällisen kuntoutuksen tarpeessa. Kuntoutuskäsitteen ja -järjestelmän monitulkintaisuus jossain määrin haastaa tutkimusnäytön selvittämistä ja rajaamista johonkin kuntoutusjärjestelmän osaan, kuten tässä tutkimuksessa lääkinälliseen kuntoutukseen. Laadullisten tutkimusten hakustrategioissa huomioitiin kuntoutusalan ammattiryhmiä kattavasti (liitteet 1 ja 2). Sen lisäksi määrällisten PICOs- ja laadullisten PICOs-kriteerien käytössä kuntoutuksen tarpeessa olevien henkilöiden (P) perusteella aineistoa valittaessa toimittiin inklusiivisesti.

Vaikuttavuustulokset ovat sovellettavissa sairaudeltaan, toimintakyvyltään ja iältään vastaavaan kuntoutujaryhmään, jota näytönastekatsaus käsittelee. On kuitenkin huomioitava, että alkuperäistutkimukset oli toteutettu muualla kuin Suomessa, jolloin kulttuuriset erot hoitokäytännöissä ja kuntoutuksen toteutuksessa voivat olla suuriakin. Etenkin tavanomaisen kuntoutuksen toteutuksessa, johon tässä tutkimuksessa ensisijaisesti vaikuttavuutta verrattiin, on eroja kansainvälisesti. Laadulliset tutkimukset oli toteutettu myös eri puolilla maailmaa. Tutkimustraditioissa ilmenevät kulttuuriset erot tulivat esille mm. niin, että samansuuntaisista asioista puhuttiin hie-man eri käsitteillä. Suomalaisessa kuntoutusjärjestelmässä on osin omanlaisia kuntoutusammattilaisten ryhmiä ja esimerkiksi joissakin kulttuureissa hoitaja-termiä voidaan käyttää muistakin kuin koulutuksen saaneista ammattilaisista.

Vaihteleva taso alkuperäistutkimusten interventioiden raportoinnissa vaikeuttaa osaltaan sovellettavuuden arviointia suomalaiseen väestöön. On huomioitava myös, että teknologia kehittyy nopeasti, jolloin myös teknologia-avusteisten kuntoutuskäytäntöjen tutkimustieto ja -näyttö voivat vanheta nopeasti, kun uusi teknologia korvaa vanhan. Uuden tutkimusnäytön käytäntöön sovellettavuuteen liittyy myös tehokkaaksi havaitun kuntoutusmenetelmän saatavuus eli se, onko teknologiaa kuntoutusammattilaisten käytettävissä ja heidän osaamisensa sen käyttöön riittävää.

Virtuaaliodellisuuden ja pelillistetyn harjoittelun mahdollisuudet tulevaisuudessa voivat olla laajat, sillä tarvittavia laitteita on kotikäytössä enenevästi. Toisaalta virtuaaliodellisuuden käyttöön voi liittyä myös haasteita, joita käyttäjät eivät itse tunnista tai joita ei tutkimuksissa raportoida. Terveydellisestä näkökulmasta tällainen haaste voi olla esimerkiksi virtuaaliodellisuusnäytön tai -lasien sinisen valon aiheuttama unen laadun ja siten yleisen vireystason heikkeneminen, jollaista on tutkimuksessa todettu luettaessa kirjoja älylaitteilta (Cheng ym. 2015).

Robottien osalta teknologian saatavuus voi olla suurempi haaste, sillä esimerkiksi end effector -kävelyrobotit ovat suurikokoisia, jolloin kuntoutuja ei voi harjoitella niillä itsenäisesti arjessa, vaan robottia käytetään useimmiten kuntoutuslaitoksessa terapeutin avustuksella. Teknologia-avusteiseen kuntoutukseen liittyy aina myös tietoturvallisuuteen liittyviä haasteita ja huolia, joita ilmeni tämänkin katsauksen aiheistossa. Tietoturvakysymykset, kuten kertyvän datan säilyttäminen, siirto ja yhdistäminen tietojärjestelmiin, on ennakoitava huolellisesti. Luotettava iso datamäärä voi kuitenkin tekoälyratkaisujen kehittyessä olla hyödynnettävissä kuntoutuksen suunnittelussa, toteutuksessa ja seurannassa.

7.4 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Järjestelmällisten katsausten kriittinen arviointi toteutettiin AMSTAR2-työkalun avulla. Arviointi ohjaa tutkijoita siinä, miten luotettavana aiempien katsausten tuloksia voi pitää vai liittykö niihin epävarmuutta. Tässä tutkimuksessa vaikuttavuuden näytönastetta arvioitaessa huomioitiin myös katsauksissa raportoitu alkuperäistutkimusten harhan riski. Tällöin on mahdollista, että laadultaan heikommin toteutetun katsauksen perusteella lausuttu näyttö on vahvempaa kuin laadukkaammin toteutetun katsauksen perusteella. Järjestelmällisessä kirjallisuushaussa mukaan valittujen katsausten laajat PICOs-kriteerit sekä AMSTAR2-arvioinnissa esiin tulleet puutteet etenkin alkuperäistutkimusten kuvailussa ja harhan riskin arvioinnissa yhdessä tulosten narratiivisen yhteenvedon kanssa rajasivat joidenkin katsausten käyttöä tämän tutkimuksen näytönastekatsauksissa. Vastaavia puutteita järjestelmällisten katsausten toteutuksessa havaittiin eksoskeleto-robottien käyttöä hiljattain selvittäneessä sateenvarjokatsauksessa (Dijkers ym. 2021). Keskeisenä puutteena aiemmissä katsauksissa havaittiin riittämätön osallistujien ja interventioiden kuvailu. Lisäksi analyyseissä on huomioitu vain harvoin, että samojen tutkittavien tuloksia on voitu raportoida useissa katsaukseen sisällytetyissä alkuperäistutkimuksissa (Dijkers ym. 2021).

Satunnaistettujen kontrolloitujen tutkimusten kriittisessä arvioinnissa harhan riski jäi suurimmassa osassa tutkimuksista epäselväksi, usein heikon raportoinnin takia. Harhan riskiä lisäävää epäselvyyttä ilmeni kaikissa Cochrane Risk of Bias 2 -menetelmän (RoB2) arviointikohteissa. Yleisin harhan riskiä nostava tekijä RCT-tutkimuksissa oli tulosten valikoivan raportoinnin mahdollisuus ennakkorekisteröinnin puuttuessa. Harhan riskiä lisäsivät myös mahdolliset poikkeamat suunnitellusta interventiosta ja epäselvyydet satunnaistamisprosessissa ja ryhmiin sijoittamisen salaamisessa sekä osallistujien sekä terapeuttien sokkouttamisen puute. Näitä vastaavia puutteita huomattiin myös järjestelmällisten katsausten raportoinnissa alkuperäistutkimuksissa, mikä huomioitiin näytönasteen määrittelyssä. Kriittisesti arvioitiin myös alkuperäistutkimusten otoskokoja ja meta-analyyysien sisältämää heterogeenisyyttä. Usein tutkimukset on toteutettu pienillä otoksilla ja niitä on vain vähän, jolloin tarpeeksi samankaltaisia tutkimuksia riittävin otoksin ei riitä meta-analyyseissä luotet-

tavasti yhdistettäväksi. Tulosten yleistettävyyttä heikentää heterogeenisyys RCT-tutkimusten koe- ja kontrolliryhmien interventioissa.

Myös laadullisten alkuperäistutkimusten raportoinnissa oli puutteita ja esimerkiksi analysointimenetelmiä ei ollut kuvattu kaikissa tutkimuksissa. Tutkimusten kriittinen arviointi Joanna Briggs -instituutin arviointikriteereiden mukaan auttoi tunnistamaan metodologisesti laadukkaat tutkimukset, mutta heikompi tasoisia tutkimuksia ei suljettu pois laatuksien perusteella. Kriittisessä arvioinnissa puutteellisimpina nousivat esiin tieteenfilosofisten ja tutkijoiden kulttuuristen lähtökohtien kuvaaminen. Alkuperäistutkimuksissa oli jonkin verran mixed methods -tyyppisiä tutkimuksia, joista merkityksellisyyttä tutkittaessa huomioitiin ainoastaan laadullisen tutkimuksen osuus. Tutkimusaineistoa käsiteltiin aineistolähtöisesti.

Laadullisen tutkimuksen molemmat aineistot (kuntoutusrobotit ja VR) ovat huomattavan laajoja ja rikkaita. Laajan laadullisen aineiston analyysissä alkuperäistutkimusten sitaattien hyödyntäminen oli haastavaa, koska sitaatteja oli runsaasti ja tutkimuksia oli toteutettu eri konteksteissa. Oleelliset sitaatit kuitenkin etsittiin huolellisesti ja yhteenveto onnistui jakamalla aineistot käytettyjen robottien ja virtuaaliodellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen tavoitteen mukaan. Englanninkielisten sitaattien tulkitsemisessä pyrittiin tarkasti oikean merkityksen löytämiseen ja edelleen suomennosvaiheessa merkityksen säilyttämiseen.

Pyrkimys sisällyttää tämän tutkimuksen katsauksiin kaikki lääkinnällisen kuntoutuksen tarpeessa olevat kuntoutujaryhmät luo kattavan kokonaiskuvan kuntoutusrobottien, virtuaaliodellisuuden ja lisätyn todellisuuden käytön mahdollisuuksista ja haasteista. Samalla tämän tutkimuksen aineisto muodostui laajaksi. Näytönaste arvioitiin ensisijaisesti aiempien järjestelmällisten katsausten perusteella. Kuntoutujaryhmistä aivohalvauskuntoutajat ovat eniten tutkittu ryhmä, ja alkuperäistutkimusten julkaisutahti aivohalvauskuntoutuksesta on nopea. Tässä tutkimuksessa eniten tutkitussa aivohalvauskuntoutujien ryhmässä näyttö perustuu tuoreimpiin saatavilla olleisiin Cochrane-katsauksiin. Näitä näytönastekatsauksia ei ole täydennetty uudemmilla RCT-tutkimuksilla, joten aiemman ja uudemman tiedon yhdistämistä meta-analyysillä on tarpeellista tutkia jatkossa. Esimerkiksi aivohalvauskuntoutujien robottivälineistä yläraajaharjoittelua koskeva näytönastekatsaus perustuu Cochrane-katsauksen viimeisimpään päivitykseen (Mehrholtzin ym. 2018). Tämän tutkimuksen RCT-tutkimusten haku tuotti 15 uudempaa satunnaistettua, kontrolloitua alkuperäistutkimusta, joissa on selvitetty robottivälineisen yläraajaharjoittelun vaikutuksia aivohalvauskuntoutujien päivittäistoiminnoista selviytymiseen, yläraajan toimintakykyyn ja lihasvoimaan (Ellis ym. 2018; Daunoraviciene ym. 2018; Hsieh ym. 2018; Lee ym. 2018; Wright ym. 2018; Calabrò ym. 2019; Dehem ym. 2019; Gandolfi ym. 2019; Hsu ym. 2019; Hung ym. 2019a; Hung ym. 2019b; Iwamoto ym. 2019; Rodgers ym. 2019; Straudi ym. 2019; Tsuchimoto ym. 2019). Kyseiset tutkimukset saattavat tuoda uutta tietoa robottivälineisistä interventioista ja niiden vaikutuksista,

kun seuraava päivitys kyseiseen Cochrane-katsaukseen meta-analyyseineen julkaistaan.

Tämän tutkimuksen menetelmällisenä vahvuutena on huolellinen järjestelmällisen katsauksen metodologian noudattaminen kattavista tietokantahauista läpinäkyvään raportointiin asti. Kahden tutkijan itsenäisenä arviointina ja yhteisenä konsensuskseen toteutettu tutkimusten valinta laajoista hakutuloksista sekä tutkimusten kriittinen arviointi lisäävät tämän tutkimuksen luotettavuutta. Yhteinen ymmärrys siitä, hyödynsikä kulloinkin arvioinnin kohteena oleva interventio kuntoutusrobotteja tai virtuaaliodellisuutta, varmistettiin yhteisen käsitteenmäärittelyn ja keskustelujen avulla. Isojen katsausaineistojen luotettavaa hallintaa tuki Covidence-ohjelman käyttö. Mahdollinen julkaisuharha, jossa vaikuttavuustulos vinoutuisi sen takia, että hyötyjä osoittavia tutkimuksia suosittaisiin julkaisemisessa, on huomioitu osana aiempien järjestelmällisten katsausten AMSTAR2-arviointia. Julkaisuharhan käsite ei ole vastaavasti käytössä laadullisissa järjestelmällisissä kirjallisuuskatsauksissa. Laadullisessa tutkimuksessa tavoitteena on ymmärtää ja kuvata ilmiötä mahdollisimman laajasti ja/tai syvällisesti esimerkiksi erilaisten käsitysten ja kokemusten kautta, riippumatta niiden määrästä. Aineistossamme toteutui laaja-alaisuus, sillä käsityksiä ja kokemuksia kuvaavissa tuloksissa oli havaittavissa laajaa variaatiota hyvin myönteisistä hyvin kriittisiin kokemuksiin.

Laadullinen ja määrällinen tutkimusnäyttö täydentävät tuloksissa toisiaan. Tutkimusaiheeseen liittyviä laadullisia alkuperäistutkimuksia oli julkaistu useista kuntoutujaryhmistä. Koko laadullinen katsausaineisto tiivistettiin tämän tutkimuksen laadullisiin yhteenvetoihin. Laadullisen katsauksen luotettavuutta lisää analyysiprosessin järjestelmällinen kuvaus, jolloin se on toistettavissa ja siirrettävissä toiseen kontekstiin (Kylmä ym. 2003; Sandelowski ja Barroso 2007, 227–229). Tutkimusryhmä on työskennellyt tiiviissä yhteistyössä, mikä nostaa tutkimuksen uskottavuutta (Kylmä ym. 2003; Sandelowski ja Barroso 2007, 227–229). Tutkimuksen tulokset ovat hyödynnettävissä käytännön työhön ja työn kehittämiseen (Sandelowski ja Barroso 2007, 227–229).

7.5 Jatkotutkimus- ja kehittämistarpeet

Robotti ja virtuaaliodellisuus ovat käsitteinä laajoja ja eri asiantuntijaryhmät käyttävät niitä hieman eri merkityksissä. Kuntoutusteknologia kehitty nopeasti ja ajantasaisen tiedon saanti menetelmien vaikuttavuudesta on haasteellista (Wang ym. 2021). Jatkossa on tärkeää kuvata läpinäkyvästi käytetty kuntoutusteknologinen ratkaisu, esimerkiksi virtuaaliodellisuuteen uppoutumisen taso ja vuorovaikutuksen toteutuminen virtuaalisessa ympäristössä. Kuntoutusinterventioiden arvioinnin ja toistettavuuden kannalta on ensiarvoisen tärkeää raportoida tarkasti intervention sisältö, mukaan lukien käytetyt teknologiat sekä intervention kuormittavuus ja sen mahdollinen nousujohteisuus. Lisäksi harjoittelun kuvaaminen pelillistetyissä VR-interventioissa tulisi olla yksityiskohtaisempaa. Pelkkä viittaus tasapainoharjoitteluun tai pelin ni-

meen rajoittaa intervention arviointia ja vaikutusmekanismien tarkastelua, jos jää epäselväksi, millaista liikeharjoitusta pelattaessa lopulta tehtiin.

Vaikuttavuusnäyttö perustui pääosin osallistujamäärältään pieniin RCT-tutkimuksiin ja lisää metodologisesti laadukkaita alkuperäistutkimuksia tarvitaan näytönasteen vahvistamiseksi. Vaikuttavuustulosten säilymisen arvioimiseksi tarvitaan jatkossa pidempiä tutkimusten seuranta-aikoja RCT-tutkimuksissa. Myös järjestelmällisten katsausten ja meta-analyysien toteutuksessa ennakkorekisteröinti, sensitiivisyysanalyysit, harhan riskin huomioiminen ja näytönasteen määrittely parantaisivat läpinäkyvyyttä ja tutkimusnäytön varmuutta. Aineistojen heterogeenisyys puolestaan kuvaa edelleen asetelmallisesti ja menetelmällisesti laadukkaiden alkuperäistutkimusten tarvetta.

Tämän tutkimuksen järjestelmälliset laadulliset kirjallisuuskatsaukset osoittivat, että suomalaisia korkeatasoisia laadullisia tutkimuksia robottien ja virtuaalitodellisuuden käytöstä kuntoutuksessa ei ole julkaistu. Kuntoutusammattilaisten ja lähettävien tahojen kokemukset menetelmien käytöstä Suomen kuntoutusjärjestelmässä toisivat lisää tärkeää ymmärrystä esimerkiksi menetelmien sovellettavuudesta. Laadullinen tutkimus on painottunut tiettyihin kuntoutujaryhmiin, ja monien kuntoutujaryhmien kokemukset ovat jääneet vähemmälle huomiolle tutkimuksissa. Esimerkiksi tuki- ja liikuntaelinvaivojen ja kipukuntoutuksen osalta laadullista tutkimusta ei juuri näytä olevan, vaikka virtuaalitodellisuutta näidenkin kuntoutujaryhmien kuntoutuksessa käytetään. Kokemukset pidempiaikaisesta teknologioiden käytöstä kuntoutuksessa voivat antaa erilaisen kuvan niiden merkityksellisyydestä kuntoutujille ja ammattilaisille.

Aineiston kansaivälisyydestä huolimatta tämän tutkimuksen tulosten perusteella voidaan kehittää suomalaisia kuntoutuskäytänteitä näyttöön perustuen. Uusien teknologisten ratkaisujen, kuten robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden, hyödyntäminen kuntoutuksessa vaatii kuntoutusammattilaiselta uudenlaista osaamista (Glegg ja Levac 2018). Kuntoutusammattilaisten virtuaalitodellisuuden ja robottien käytön osaaminen tulisi varmistaa, jotta terapiamenetelmä ja terapian toteutus osattaisiin suunnitella ja muokata kullekin kuntoutujalle parhaaksi mahdolliseksi ja jotta terapia olisi mielekästä, vaikuttavaa ja kustannustehokasta. Tähän tarpeeseen tulisi vastata eri koulutusasteiden opetusohjelmissä sekä jatkuvaa oppimista mahdollistavassa koulutustarjonnassa. Robotteihin ja virtuaalitodellisuuteen liittyvää koulutusta tulisi sisällyttää kuntoutusalan perustutkintoihin sekä tarjota jo valmistuneille kuntoutusammattilaisille täydennyskoulutuksena. Teknologian jatkuva kehittyminen haastaa riittävän osaamisen ylläpitämisen, ja ammattilaisten koulutustarpeet on huomioitava kustannusvaikuttavuuden arvioinnissa.

Monialainen yhteistyö kuntoutusteknologioita kehittävien tekniikan alan ammattilaisten, palvelujärjestelmäasiantuntijoiden ja kuntoutusammattilaisten kesken on

keskeinen edellytys käyttökelpoisten, tarkoituksenmukaisten ja vaikuttavien kuntoutusmenetelmien kehittämiseksi ja käyttöönnotolle (Glegg ja Levac 2018). Kuntoutujien osallistaminen kuntoutusteknologian kehitystyöhön, heidän odotustensa ja kokemustensa huomioiminen ja yhdessä ideoiminen korostuvat kuntoutujien itsenäisesti käyttämien teknologioiden kohdalla (Hill ym. 2017). Esimerkiksi älykkäät eksoskeleketon-robotit voivat mahdollistaa alaraajavammutuneen henkilön itsenäisen kävelyn omassa elinympäristössään, jolloin liikkuminen ja harjoittelu ei ole sidottua kuntoutuslaitokseen ja kuntoutuja itse on teknologian loppukäyttäjä. Teknologian kehitys voi tulevaisuudessa mahdollistaa yhä laajemmin kuntoutujan itsenäisen harjoittelun ja jossain määrin vähentää tai muuttaa ammattilaisten roolia harjoitustilanteen ohjaamisessa, seurannassa ja arvioinnissa. Tämänkaltaisen kehityksen saattaminen parhaimmillaan lisää kuntoutusteknologian kustannusvaikuttavuutta ja kuntoutuksen saavutettavuutta.

7.6 Johtopäätökset

Robottivusteinen ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävä kuntoutus ovat vaikuttavampia tai yhtä vaikuttavia toimintakykyyn kuin tavanomainen harjoittelu tai muu kuntoutus laajasti eri lääkinnällisen kuntoutuksen kuntoutujaryhmillä tarkasteltuna. Näyttö painottuu neurologisten kuntoutujien liikunnalliseen harjoitteluun, mutta kyseisten teknologioiden käyttöä kuntoutuksessa on tutkittu useilla eri kuntoutujaryhmillä. Näytönaste on tarkastelukohtaisesti kohtalaista tai heikkoa, joten uudempi tutkimustieto voi muuttaa vaikutuksen suuruutta tai suuntaa. Kuntoutusrobottien tai virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen kuntoutuksessa lienee kuntoutujille turvallista: haittavaikutuksia ilmeni harvoin ja ne olivat lieviä. Lisää metodologisesti hyvälaatuisia ja otoskooltaan riittävän suuria tutkimuksia tarvitaan sekä toimintakykyyn kohdistuvien vaikutusten että kustannusvaikuttavuuden selvittämiseksi ja näytön vahvistamiseksi.

Kuntoutajat ja heidän läheisensä kokivat robotteja ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävästä kuntoutuksesta olevan monia heille merkityksellisiä fyysisiä ja psykososiaalisia hyötyjä kuntoutumiseen ja arjessa suoriutumiseen. Kokemuksissa oli kuitenkin laajaa variaatiota. Kuntoutusammattilaisen tulee huomioida kuntoutujien erilaiset valmiudet sekä odotukset ja asenteet kuntoutusteknologian hyödyntämisessä. Robottien ja virtuaalitodellisuuden ei nähdä korvaavan terapeutin osaamista ja vuorovaikutusta terapeutin kanssa. Välineissä ja sovelluksissa esiintyi teknisiä haasteita, ja ammattilaiset kokivat niiden sovellettavuuden kuntoutukseen olevan joissakin tilanteissa vaikeaa.

Robotit, virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus voivat tuoda lisämahdollisuuksia kuntoutuksen yksilöllisempään seurantaan ja toteutuksen suunnitteluun. Koulutuksella on varmistettava kuntoutusammattilaisten riittävä osaaminen kehittyvien teknologioiden hyödyntämiseen kuntoutuksessa. Kuntoutujien ja kuntoutusammattilaisten käyttökokemukset on tärkeää ottaa huomioon kuntoutusteknologian tutki-

mus- ja kehittämistoiminnassa. Kuntoutuksen digitalisaatio edellyttää kuntoutuksen ja tekniikan ammattilaisten yhteistyötä kuntoutusteknologian suunnittelussa sekä käytön teknistä tukea arjessa. Laitteiden ja sovellusten toimintavarmuus, yksilöllinen säädettävyys ja käyttökelpoisuus ammattilaisten ja kuntoutujien arjessa ovat edellytyksiä niiden tarkoituksenmukaiselle käytölle osana näyttöön perustuvaa ja kuntoutujille merkityksellistä kuntoutusta. Kuntoutujan tulee olla kuntoutusteknologian suunnittelussa ja käyttöönotossa keskiössä.

Lähteet

Abbott R, Orr N, McGill P. How do "robotpets" impact the health and well-being of residents in care homes? A systematic review of qualitative and quantitative evidence. *Int J Older People Nurs* 2019; 14 (3): e12239. DOI: 10.1111/opn.12239. PMID: 31070870; PMCID: PMC6766882.

Calabrò RS, Accorinti M, Porcari B ym. [Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial.](#) *Clin Neurophysiol* 2019; 130 (5): 767–780.

Cheng AM, Aeschbach D, Duffy JF, Czeisler CA. Evening use of light-emitting eReaders negatively affects sleep, circadian timing, and next-morning alertness. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2015; 112 (4): 1232–1237. DOI: 10.1073/pnas.1418490112.

Daunoraviciene K, Adomaviciene A, Grigonyte A, Griskevicius J, Juocevicius A. [Effects of robot-assisted training on upper limb functional recovery during the rehabilitation of poststroke patients.](#) *Technol Health Care* 2018; 26 (S2): 533–542.

Dehem S, Gilliaux M, Stoquart G ym. [Effectiveness of upper-limb robotic-assisted therapy in the early rehabilitation phase after stroke. A single-blind, randomised, controlled trial.](#) *Ann Rehabil Med* 2019; 62 (5): 313–320.

Dijkers MP, Akers KG, Dieffenbach S, Galen SS. Systematic reviews of clinical benefits of exoskeleton use for gait and mobility in neurologic disorders. A tertiary study. *Arch Phys Med Rehabil* 2021; 102 (2): 300–313. DOI: 10.1016/j.apmr.2019.01.025.

Ellis MD, Carmona C, Drogos J, Dewald JPA. [Progressive abduction loading therapy with horizontal-plane viscous resistance targeting weakness and flexion synergy to treat upper limb function in chronic hemiparetic stroke. A randomized clinical trial.](#) *Front Neurol* 2018; 9: 71.

Gandolfi M, Vale N, Dimitrova EK ym. [Effectiveness of robot-assisted upper limb training on spasticity, function and muscle activity in chronic stroke patients treated with botulinum toxin. A randomized single-blinded controlled trial.](#) *Front Neurol* 2019; 10: 41.

Glegg SMN, Levac DE. Barriers, facilitators and interventions to support virtual reality implementation in rehabilitation. A scoping review. *PM R* 2018; 10 (11): 1237–1251.e1. DOI: 10.1016/j.pmrj.2018.07.004.

Hamilton C, Lovarini M, McCluskey A, Folly de Campos T, Hassett L. Experiences of therapists using feedback-based technology to improve physical function in rehabilitation settings. A qualitative systematic review. *Disabil Rehabil* 2019; 41 (15): 1739–1750. DOI: 10.1080/09638288.2018.1446187.

Hill D, Holloway CS, Morgado Ramirez DZ, Smitham P, Pappas Y. What are user perspectives of exoskeleton technology? A literature review. *Int J Technol Assess Health Care* 2017; 33 (2): 160–167. DOI: 10.1017/S0266462317000460.

Hsieh Y, Lin K, Wu C, Shih T, Li M, Chen C. [Comparison of proximal versus distal upper-limb robotic rehabilitation on motor performance after stroke. A cluster controlled trial.](#) *Sci Rep* 2018; 8 (1): 2091. Saatavissa: <>.

Hsu H, Chiu H, Kuan T, Tsai C, Su F, Kuo L. [Robotic-assisted therapy with bilateral practice improves task and motor performance in the upper extremities of chronic stroke patients. A randomised controlled trial.](#) *Aust Occup Ther J* 2019; 66 (5): 637–647.

Hung C, Lin K, Chang W ym. [Unilateral vs bilateral hybrid approaches for upper limb rehabilitation in chronic stroke. A randomized controlled trial.](#) *Arch Phys Med Rehabil* 2019a; 100 (12): 2225–2232.

Hung CS, Hsieh YW, Wu CY ym. Comparative assessment of two robot-assisted therapies for the upper extremity in people with chronic stroke. *Am J Occup Ther* 2019b; 73 (1): 1–9. DOI: 10.5014/ajot.2019.022368

Iwamoto Y, Imura T, Suzukawa T ym. [Combination of exoskeletal upper limb robot and occupational therapy improve activities of daily living function in acute stroke patients.](#) *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2019; 28 (7): 2018–2025.

Kylmä J, Vehviläinen-Julkunen K, Lähdevirta J. Laadullinen terveystutkimus; mitä, miten ja miksi? *Duodecim* 2003; 119 (7): 609–615.

Lee M, Lee J, Lee S. [Effects of robot-assisted therapy on upper extremity function and activities of daily living in hemiplegic patients. A single-blinded, randomized, controlled trial.](#) *Technol Health Care* 2018; 26 (4): 659–666.

Levin MF, Demers M. Motor learning in neurological rehabilitation. *Disabil Rehabil* 2020: 1–9. DOI: 10.1080/09638288.2020.1752317.

Mehrholtz J, Pohl M, Platz T, Kugler J, Elsner B. Electromechanical and robot-assisted arm training for improving activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2018; 9. Art. No.: CD006876. DOI: 10.1002/14651858.CD006876.pub5.

- Rodgers H, Bosomworth H, Krebs HI ym. [Robot assisted training for the upper limb after stroke \(RATULS\). A multicentre randomised controlled trial.](#) *Lancet* 2019; 394 (10192): 51–62.
- Sandelowski M, Barroso J. *Handbook for synthesizing qualitative research.* New York, NY: Springer, 2007.
- Sjögren T, Anttila M-R, Kivistö H, Haapaniemi V, Paaanen T, Piirainen A. Innovatiiviset etäkuntoutuspalvelut. Julkaisussa: Salminen A-L, Hiekkala S, toim. Kokemuksia etäkuntoutuksesta. Kelan etäkuntoutushankkeen tuloksia. Helsinki: Kela, 2019: 206–227.
- Sriram V, Jenkinson C, Peters M. Informal carers' experience of assistive technology use in dementia care at home. A systematic review. *BMC Geriatr* 2019; 19 (1): 160. DOI: 10.1186/s12877-019-1169-0.
- Straudi S, Baroni A, Mele S ym. [The effects of a robot-assisted arm training plus hand functional electrical stimulation on recovery after stroke. A randomized clinical trial.](#) *Arch Phys Med Rehabil* 2019; 101 (2): 309–316.
- Tsushima S, Shindo K, Hotta F, Hanakawa T, Liu M, Ushiba J. [Sensorimotor connectivity after motor exercise with neurofeedback in post-stroke patients with hemiplegia.](#) *Neuroscience* 2019; 416: 109–125.
- Wang RH, Kenyon LK, McGilton KS ym. The time is now. A FASTER approach to generate research evidence for technology-based interventions in the field of disability and rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2021; 102 (9): 1848–1859. DOI: 10.1016/j.apmr.2021.04.009.
- Weiss P, Rand D, Katz N, Kizony R. Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation tool. *J Neuroeng Rehabil* 2004; 1: 12. DOI: 10.1186/1743-0003-1-12.
- Wilson PN, Foreman N, Stanton D. Virtual reality, disability and rehabilitation. *Disabil Rehabil* 1997; 19 (6): 213–220.
- Wright ZA, Lazzaro E, Thielbar KO, Patton JL, Huang FC. [Robot training with vector fields based on stroke survivors' individual movement statistics.](#) *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2018; 26 (2): 307–323.