

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; Köyhäjoki, Anna; Margaritis, Mirjami; Korpi, Hilikka; Honkanen, Sari; Ilves, Outi; Sjögren, Tuulikki; Häkkinen, Arja

Title: Robotit ja virtuaalitodellisuus näyttöön perustuvassa lääkinällisessä kuntoutuksessa

Year: 2022

Version: Published version

Copyright: © 2022 Kansaneläkelaitos

Rights: In Copyright

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

Please cite the original version:

Aartolahti, E., Köyhäjoki, A., Margaritis, M., Korpi, H., Honkanen, S., Ilves, O., Sjögren, T., & Häkkinen, A. (2022). Robotit ja virtuaalitodellisuus näyttöön perustuvassa lääkinällisessä kuntoutuksessa. In O. Ilves, H. Korpi, S. Honkanen, & E. Aartolahti (Eds.), *Robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuus ja merkityksellisyys lääkinällisessä kuntoutuksessa : järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset* (pp. 11-31). Kansaneläkelaitos. *Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia*, 159. <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022052037517>

1 Robotit ja virtuaalitodellisuus näyttöön perustuvassa lääkinnällisessä kuntoutuksessa

Eeva Aartolahti, Anna Köyhäjoki, Mirjami Margaritis, Hilikka Korpi, Sari Honkanen, Outi Ilves, Tuulikki Sjögren ja Arja Häkkinen

1.1 Näyttöön perustuva kuntoutus

Näyttöön perustuva toiminta pohjautuu luotettavaan ja ajantasaiseen tutkimustietoon ja sen harkittuun käyttöön päätöksenteossa. Esimerkiksi kuntoutukseen liittyvän asiantuntijoiden laatiman suosituksen tulee perustua tutkimusnäyttöön kuntoutusmenetelmien vaikuttavuudesta ja merkityksellisyydestä, mutta se ottaa huomioon myös menetelmien käyttökelpoisuuden ja tarkoituksenmukaisuuden (Jordan 2019). Arvioitaessa kuntoutuksen vaikuttavuustutkimuksen sovellettavuutta ja siirrettävyyttä käytäntöön on huomioitava vaikuttavuusnäytön lisäksi kuntoutujan omat tavoitteet, siirrettävyys Suomen järjestelmään, kustannusvaikuttavuus, soveltuvuus asiakkaan tilanteeseen, kuntoutusjärjestelmän tuki menetelmän käytölle sekä käytönoton ympäristölle asettamat vaatimukset (Autti-Rämö ym. 2016). Kuntoutusalan ammattilaiset arvostavat näyttöön perustuvaa käytäntöä, ja alaan liittyvän tiedon tuottamista pidetään merkittävänä asiana (Piirainen ja Sjögren 2016). Tässä tutkimuksessa selvitetään tutkimusnäyttöä robottien, virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden vaikuttavuudesta ja merkityksellisyydestä lääkinnällisessä kuntoutuksessa. Vaikka tutkimus kohdistuu kuntoutusmenetelmien vaikuttavuuteen ja merkityksellisyyteen liittyvään tutkimusnäyttöön, tuottaa monimenetelmäisyys tietoa myös näiden menetelmien käyttökelpoisuuden ja tarkoituksenmukaisuuden arvioinnissa hyödynnettäväksi.

Kuntoutuksen uudistamiskomitean (2017) määrittelemänä ”kuntoutus on kuntoutujan tarpeista ja tavoitteista lähtevä, suunnitelmallinen prosessi, jossa kuntoutuja ylläpitää ja edistää toiminta- ja työkykyään ammattilaisten tuella. Kuntoutukseen kuuluu kuntoutujan toimintaympäristöjen kehittäminen. Kuntoutus tukee kuntoutujan ja hänen lähipiirinsä voimavaroja, itsenäistä elämää, työllistyvyyttä ja sosiaalista osallisuutta. Kuntoutus on osa hyvinvointipalvelujärjestelmää ja edellyttää useiden toimijoiden oikea-aikaisia ja saumattomia palveluja ja etuuksia.” Toisaalta kuntoutus-käsitettä käytetään laajasti ja sen olemuksen täydellistä tiivistämistä yhden käsitteen alle on pidetty ehkä mahdottomana (Rajavaara ja Lehto 2013). On esitetty, että kuntoutusta on jopa se, mitä eri tahot kulloisessakin yhteydessä kuntoutukseksi kutsuvat (Rajavaara ja Lehto 2013).

Tämän tutkimuksen tarkastelunäkökulma kuntoutukseen on lääkinnällinen kuntoutus, jolla pyritään ”parantamaan ja ylläpitämään kuntoutujan fyysistä, psyykkistä ja sosiaalista toimintakykyä sekä edistämään ja tukemaan hänen elämäntilanteensa hallintaa ja hänen itsenäistä suoriutumistaan päivittäisissä toiminnoissa” (Kuntoutuskomitea 2017). Muita kuntoutusjärjestelmän alueita ovat sosiaalinen, ammatillinen ja kasvatuksellinen kuntoutus (STM 2021). Näiden osa-alueiden rajojen määrittely ei

ole yksiselitteistä ja eri osa-alueiden teorioihin, viitekehyksiin ja malleihin liittyvästä käsitteistöä ei ole yksimielisyyttä (Salminen ym. 2016). Kuntoutuksen osa-alueiden välinen yhteistyö ja kehittyminen kaipaavat yhteistä tietoperustaa, kuten yhteistä kuntoutuksen teoriaa ja yhteisiä teoreettisia käsitteitä (Piirainen ja Sjögren 2016).

Kuntoutuskäsitteen ja -järjestelmän monitulkintaisuuden sekä yleisimmin ulkomaisessa kontekstissa tuotetun tutkimustiedon takia tätä tutkimusta ei toteuteta tiukasti suomalaisen lääkinnällisen kuntoutuksen järjestämisvastuuseen rajautuen. Sen sijaan tässä tutkimuksessa pyritään kuntoutujalähtöisesti esittämään tutkimusnäyttö, joka koskee lääkinnällisen kuntoutuksen tarpeessa olevia kuntoutujaryhmiä riippumatta siitä, missä kontekstissa ja kenen järjestämänä kuntoutus on toteutettu.

Vaikuttavuus yhtenä näyttöön perustuvan kuntoutuksen lähtökohtana tarkoittaa sitä, että kuntoutusammattilainen käyttää tutkimuksissa vaikuttavaksi todettuja kuntoutusmuotoja- ja menetelmiä. Kuntoutuksen vaikuttavuutta arvioidaan suhteessa johonkin kuntoutujan toimintakyvyn kannalta keskeiseen tekijään. Maailman terveysjärjestön (WHO) kansainvälinen toimintakyvyn ja terveyden luokitusjärjestelmä (ICF) kuvaa toimintakykyä ja toimintarajoitteita (WHO 2001). ICF antaa kuntoutukselle käsitteellisen mallin, jossa kuntoutus voidaan nähdä eri osa-alueita yhdistävässä biopsykososiaalisessa viitekehyksessä (Salminen ym. 2016). ICF kuvaa terveydentilan vaikutuksia yksilön toimintaan hänen omassa ympäristössään. ICF-luokitus tarjoaa mahdollisuuden siirtää terveysjärjestelmien huomiota kuolleisuudesta ja sairastavuudesta kohti väestön toimintakykyä ja kuntoutustarpeita (Stucki ym. 2018). Tässä tutkimuksessa vaikuttavuusnäyttöä arvioidaan ensisijaisesti suhteessa ICF-luokituksen suoritusten ja osallistumisen osa-alueen tulosmuuttujiin.

Tutkimusnäytön puuttuminen jonkin tarkastelun kohteena olevan kuntoutusmenetelmän vaikuttavuudesta ei tarkoita sitä, etteikö kuntoutus voisi olla vaikuttavaa. Esimerkiksi vaikeavammaisten kuntoutuksessa näytönaste voi jäädä heikoksi siksi, että asetelmiltaan ja menetelmiltään korkeatasoisia tutkimuksia on saatavilla niukasti tai tutkimustiedon sovellettavuus kuntoutujan yksilölliseen tilanteeseen on huono. Tällöin kuntoutusammattilaisen on käytettävä teorialähtöistä lähestymistapaa sekä kokemusperäistä tietoa (Paltamaa ym. 2011).

Vaikuttavuustutkimuksen ohella on näyttöön perustuvassa toiminnassa tärkeää huomioida kuntoutujien ja heidän perheidensä sekä ammattilaisten kokemukset ja käsitteet kuntoutusmenetelmistä. Merkityksellisyyteen perustuvan tutkimuksen tavoitteena on luoda uutta ja monipuolista ymmärrystä kuntoutukseen ja kuntoutumiseen, tässä tutkimuksessa uusiin kuntoutusteknologioihin liittyvistä kokemuksista. Merkityksellisyyttä tarkastellaan tässä tutkimuksessa erilaisten laadullisten alkuperäistutkimusten avulla laaja-alaisesti, rajaamatta laadullisten tutkimusten lähestymistapaa.

Päätöksenteon tueksi tarvitaan sekä kuntoutujien kokemuksiin liittyvän eli laadullisen että vaikuttavuuteen liittyvän eli määrällisen tutkimusnäytön huomioimista. Monimenetelmäisessä tutkimuksessa yhdistetään useampia aineistoja, teorioita tai menetelmiä samaan tutkimuskokonaisuuteen. Monimenetelmäisyys sopii hyvin tutkimuksiin, joiden tavoitteena on tuottaa erityyppistä tietoa käytännön päätöksenteon tueksi (Sormunen ym. 2013; Sjögren ym. 2019). Tässä tutkimuksessa tutkimusmetodologia on monimenetelmäinen ja määrällisellä ja laadullisella tutkimuksella on yhtäläinen asema.

Järjestelmälliset katsaukset kokoavat aiempaa tutkimustietoa suunnitelmallisesti, kattavasti ja tarkoituksenmukaisesti sekä huomioivat tulosten yhteenvedossa tutkimustiedon luotettavuuden. Kuntoutusalalla on tarve uusiin kuntoutusteknologioihin liittyvien ilmiöiden laaja-alaiseen ja syvälliseen tarkasteluun. Kuntoutusmenetelmien vaikutuksia ja vaikuttavuutta arvioidaan määrällisten alkuperäistutkimusten avulla ja tieto tiivistetään näytönastekatsauksiin. Laadullisten tutkimusten metasynteessissä puolestaan otetaan huomioon ilmiön tiedon käsitteet, ilmiöstä nousevat erilaiset tilat, tavoitteet ja ilmiön kohde (Sandelowski ja Barroso ym. 2007, 241–243). Lisäksi metasynteessissä voidaan huomioida erilaiset ilmiöistä nousevat tekijät, joiden yhteyttä voidaan tarkastella laadullisista alkuperäistutkimuksista nousseiden teemojen kautta (Sandelowski ja Barroso 2007, 244–245). Monimenetelmäisyys voi järjestelmällisessä katsauksessa toteutua tutkimuskysymyksestä riippuen joko yhdistämällä lähestymistavat jo aineiston hankinnasta alkaen tai yhdistämällä erillisten määrällisten ja laadullisten synteessien tulokset kuvaamaan ilmiötä laaja-alaisesti (Lizarondo ym. 2020). Tässä tutkimuksessa tutkimustulokset vaikuttavuudesta ja merkityksellisyydestä on analysoitu eri tieteenfilosofian periaatteiden mukaan. Tulosten kokoavassa yhteenvedossa on tehty synteesi määrällisten ja laadullisten tutkimuskysymysten tuloksista.

Eri lähestymistavoilla toteutettujen järjestelmällisten katsausten tuottamat tutkimusnäytöt voivat tukea toisiaan tai tuoda esille myös aiheeseen liittyviä ristiriitaisuuksia (Lizarondo ym. 2020). Laadullinen näyttö voi auttaa ymmärtämään kuntoutusintervention taustalla olevia tekijöitä, jotka saattaisivat edistää tai estää vaikuttavuutta. Laadullinen näyttö voi myös auttaa ymmärtämään vaikutuksen suuruuden tai suunnan eroja näytönastekatsauksiin sisällytetyissä yksittäisissä tutkimuksissa. Ilmiön ymmärtämisen ja jatkotutkimustarpeiden tunnistamiseksi on tärkeää tarkastella myös, mitä määrällisen tutkimuksen tutkimuskohteita ei ole lähestytty laadullisin menetelmin, ja vastaavasti, mitä laadullisen näytön esiin tuomia näkökulmia ei ole huomioitu määrällisissä tutkimuksissa. Laadullinen tutkimus voi nostaa esille ilmiöitä, joiden tarkastelu voidaan tunnistaa tärkeäksi myös määrällisessä lähestymistavassa, esimerkiksi valitsemalla kuntoutujalle merkityksellisiä tulosmuuttujia tutkimukseen.

Vuosittain raportoidaan useita määrällisten tutkimusten järjestelmällisiä katsauksia erilaisten robotteja ja virtuaalitodellisuutta hyödyntävien kuntoutusmenetelmien vaikuttavuudesta lääkinnällisessä kuntoutuksessa erilaisilla kuntoutujaryhmä- ja tu-

losmuuttujarajauksilla. Uuden tutkimustiedon kertyessä ja teknologian kehittyessä ovat päivityskatsaukset ajankohtaisia. Mikäli laadukkaita järjestelmällisiä katsauksia on riittävästi, voidaan interventioiden vaikuttavuutta selvittää myös katsausten katsauksella eli niin sanotulla sateenvarjokatsauksella (Aromataris ym. 2015).

Laadullisten tutkimusten järjestelmällisiä kirjallisuuskatsauksia robottien ja virtuaaliodellisuuden käytöstä kuntoutuksessa on tehty vähän, eikä laaja-alaista merkityksellisyyteen liittyvää katsausta ole aikaisemmin julkaistu kuntoutujien, läheisten ja ammattilaisten näkökulmasta. Laadullisia kuntoutusrobotteja (Abbott ym. 2019) ja virtuaaliodellisuutta (Hamilton ym. 2019) tarkastelevia katsauksia on tehty esimerkiksi ikääntyneiden ja neurologisten kuntoutujien kohdalla sekä avustavan teknologian käytöstä ikääntyneiden kotona asumisen tukena (Sriram ym. 2019).

Näissä aikaisemmissa katsauksissa teknologiasta koettiin olevan hyötyä sosiaalisiin suhteisiin, elämänlaatuun, turvallisuuteen, autonomiaan, toimintakykyyn ja yksinäisyyteen (Hamilton ym. 2019, Sriram ym. 2019, Abbott ym. 2019). Se tarjosi sosiaalisia ja kilpailullisia elementtejä, turvallisen harjoitteluympäristön, kognitiivisia haasteita ja nautinnollisen ja hauskan tavan harjoitella (Hamilton ym. 2019). Terapeutin rooli nähtiin tärkeänä teknologiaa hyödyntävän harjoittelun ohjauksessa, turvallisuuden varmistamisessa sekä oikeiden harjoitusten valitsemisessa (Hamilton ym. 2019).

Robotteihin, virtuaaliodellisuuteen ja lisättyyn todellisuuteen liittyvää, laadullisten alkuperäistutkimusten järjestelmälliset kirjallisuuskatsaukset ja määrällisten tutkimusten näytönastekatsaukset yhdistävää tutkimusta ei tiettävästi ole aiemmin tehty lääkinnällisen kuntoutuksen alalta.

Lähteet

Abbott R, Orr N, McGill P ym. How do "robopets" 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.

Aromataris E, Fernandez R, Godfrey C, Holly C, Khalil H, Tungpunkom P. Summarizing systematic reviews. *Int J Evid Healthc* 2015; 13 (3): 132–140. DOI: 10.1097/XEB.0000000000000055.

Autti-Rämö I, Poutiainen E, Pohjolainen T, Kehusmaa S. Kuntoutuksen vaikutusten arviointi. Julkaisussa: Autti-Rämö I, Salminen A, Rajavaara M, Ylinen A, toim. Kuntoutuminen. Helsinki: Duodecim, 2016: 91–107.

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. PMID: 29513052.

ICF, International Classification of Functioning Disability and Health. Geneve: Maailman terveysjärjestö (WHO), 2001.

Jordan Z, Lockwood C, Munn Z, Aromataris E. The updated Joanna Briggs Institute model of evidence-based healthcare. *Int J Evid Healthc* 2019; 17 (1): 58–71. DOI: 10.1097/XEB.000000000000155

Kuntoutuksen uudistamiskomitea. Kuntoutuksen uudistamiskomitean ehdotukset kuntoutusjärjestelmän uudistamiseksi. Helsinki: STM, Sosiaali- ja terveysministeriön raportteja ja muistioita 14, 2017.

Lizarondo L, Stern C, Carrier J ym. Chapter 8. [Mixed methods systematic reviews](#). Julkaisussa: Aromataris E, Munn Z, toim. JBI Manual for Evidence Synthesis. JBI, 2020. Viitattu 9.1.2021.

Paltamaa J, Karhula M, Suomela-Markkanen T, Autti-Rämö I, toim. Hyvän kuntoutuskäytännön perusta. Käytännön ja tutkimustiedon analyysistä suosituksiin vaikeavammaisten kuntoutuksen kehittämishankkeessa. Helsinki: Kela, 2011.

Piirainen A, Sjögren T. Laaja-alainen ja monikerroksinen kuntoutuksen osaaminen. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, Terveyden edistämisen tutkimuskeskus, Julkaisuja 6, 2016.

Rajavaara M, Lehto J. Kuntoutusjärjestelmä tutkimuksen kohteena. Kuntoutusjärjestelmä vai epäjärjestelmä? Julkaisussa: Ashorn U, Autti-Rämö I, Lehto J, Rajavaara M, toim. Kuntoutus muuttuu – entä kuntoutusjärjestelmä? Helsinki: Kela, Teemakirja 11, 2013: 6–16.

Salminen A, Järvikoski A, Härkäpää K. Teoriat, viitekehykset ja mallit kuntoutusta ohjaamassa. Julkaisussa: Autti-Rämö I, Salminen A, Rajavaara M, Ylinen A, toim. Kuntoutuminen. Helsinki: Duodecim, 2016: 20–36.

Sandelowski M, Barroso J. Handbook for synthesizing qualitative research. New York, NY: Springer, 2007.

Sjögren T, Anttila M-R, Kivistö H, Haapaniemi V, Paajanen T, Piirainen A. [Innovatiiviset etäkuntoutuspalvelut](#). Julkaisussa: Salminen A-L, Hiekkala S, toim. Kokemuksia etäkuntoutuksesta. Kelan etäkuntoutushankkeen tuloksia. Helsinki: Kela, 2019: 206–227. Viitattu 15.1.2021.

Sormunen M, Saaranen T, Tossavainen K, Turunen H. Monimenetelmä tutkimus terveystieteissä. *Sos Laaketiet Aikak* 2013; 50: 312–312.

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. PMID: 31196003.

STM. [Kuntoutus](#). Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö. Viitattu 25.3.2021.

Stucki G, Bickenbach J, Gutenbrunner C, Melvin J. Rehabilitation. The health strategy of the 21st century. *J Rehabil Med* 2018; 50 (4): 309–316. DOI: 10.2340/16501977-2200.

1.2 Robotit kuntoutuksessa

Robottitekniikka on useita eri elämänalueita koskettava teknologia ja sen merkityksen arvellaan tulevaisuudessa kasvavan entisestään (Rousku ym. 2017). On myös olemassa laaja konsensus siitä, että väestön ikääntymisen myötä roboteilla tulee olemaan entistä suurempi rooli ihmisten tarpeisiin vastaamisessa erityisesti terveydenhuollossa (Salmi ym. 2014; SPARC: The Partnership for Robotics in Europe 2014, 16, 59, 61; Andersson ja Kaivo-oja 2016, 46, 60; Ventä ym. 2016).

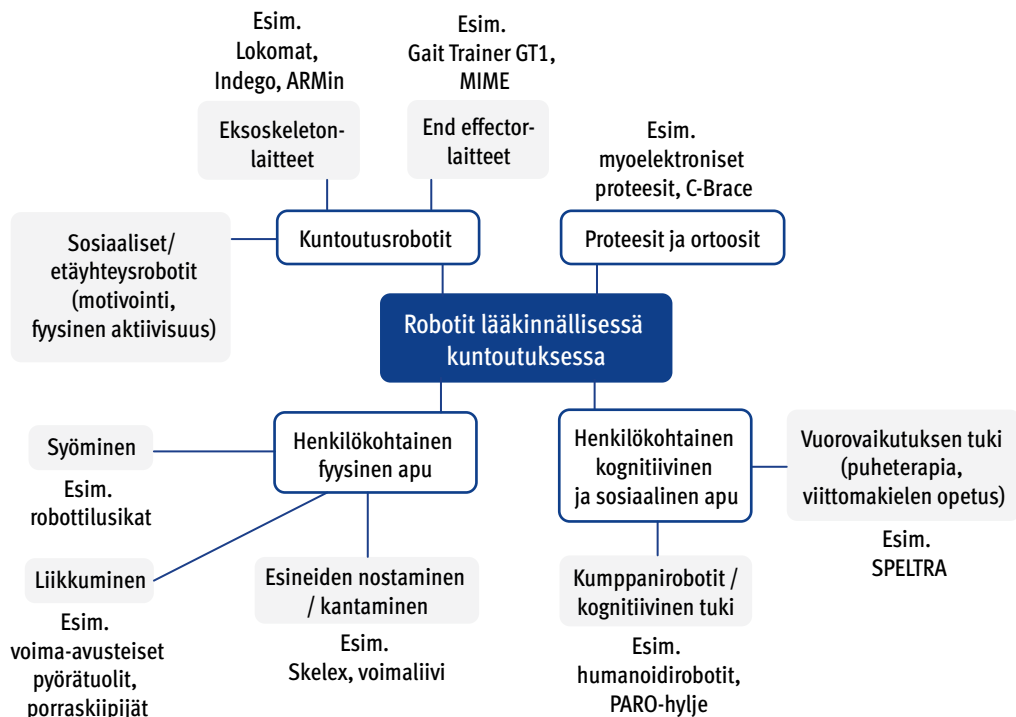
Laajojen käyttömahdollisuuksiensa ansiosta robotteja on määritelty ja luokiteltu monin eri tavoin. Virallisissa määritelmissä robottia on pidetty muun muassa tietokoneohjattuna, mekaanisena ihmistoimintojen suorittajana, ei pelkästään teollisuudessa vaan nykyään myös esimerkiksi bioelektroniikkaa hyödyntävissä keinotekoisissa elimissä (U.S. National Library of Medicine 2020). Sitä on luonnehdittu jossain määrin autonomiseksi, ohjelmoitavissa olevaksi, vähintään kahden akselin mekanismiksi, joka liikkuu omassa ympäristössään suorittaen tiettyjä tehtäviä (ISO 2012). Robotisaation, automaation ja toisaalta autonomisuuden tuovat esille myös Linturi ja Kuittinen (2016, 67), jotka korostavat robottien vuorovaikutuksellista, autonomista kykyä suorittaa erilaisia tehtäviä, ei pelkästään saman, yksitoikkoisen tehtävän toistamista. Robotisaation on myös katsottu tarkoittavan ilmiötä, jossa robotit kykenevät hoitamaan yhä laajempaa tehtäväkenttää ja korvaavat ihmisen työsuorituksen yhä useammassa työssä (Andersson ja Kaivo-oja 2016, 44–45). Erityisesti modernit robotit on ohjelmoitavissa tekemään monia monimutkaisiakin liikeratoja ja ne ovat lisäksi kykeneviä yhä autonomisempaan toimintaan, havainnointiin, oppimiseen ja päätöksentekoon (Andersson ja Kaivo-oja 2016, 44–45). Moderni robotti on näin ollen ihmisen kaltainen toimija, joka kykenee muuttamaan digitaalisen tiedon fyysisiksi teoiksi ja tulevaisuudessa yhä enenevässä määrin myös fyysistä ympäristöä digitaaliseen muotoon (Andersson 2017, 47).

Robotit voidaan luokitella niiden käyttötarkoituksen mukaan teollisuusroboteihin ja palveluroboteihin, joista jälkimmäisen määritelmään kuuluu nimenomaan ihmisille hyödyllisten tehtävien suorittaminen (ISO 2012). Palvelurobotit jakautuvat vielä henkilökohtaisiin (mm. kotitalousrobotit, automatisoidut pyörätuolit) ja ammattilaisten käyttämiin roboteihin (julkisten tilojen siivousrobotit, jakelurobotit, kuntoutusrobotit ja leikkausrobotit) (ISO 2012). Tähän kahtiajakoon on esitetty lisättäväksi myös hoivarobotit (Salmi ym. 2014). Robotit voidaan kategorisoida lisäksi esimerkiksi robottien markkinoiden mukaan (kuluttajat, julkinen ja yksityinen sektori, liikenne ja logistiikka, puolustus- tai sotilassovellukset, valmistus, maatalous ja terveydenhuolto) tai robottien ominaisuuksien mukaan (toimintaympäristö, vuorovaikutuksen taso käyttäjän kanssa, fyysinen malli, toiminta) (SPARC: The Partnership for Robotics in Europe 2014). Robotti ja robottinen laite (*robotic device*) on myös erotettu toisistaan siten, että robottisesta laitteesta puuttuvat joko ohjelmoitavat akselit tai autonominen ominaisuus (ISO 2012). Robottisiin laitteisiin voidaan näin ollen sisällyttää myös voima-avusteiset laitteet (*power-assist device*), kuten sähköavusteiset pyörätuolit.

Hyvinvointi- ja terveystalveissa robotit voidaan jakaa seuraaviin sovellusalueisiin: lääketieteellinen hoito (robottikirurgia), laitosympäristön robotit (sairaala-apteekki, lääkkeiden kuljetus, potilaiden nostaminen), kuntoutus ja proteesit (robottimaiset kuntoutuslaitteet, proteesit, kehon ulkopuoliset tuet), henkilökohtainen fyysinen apu (mm. syöminen, liikkuminen, esineiden nostaminen ja kantaminen, siivous) sekä henkilökohtainen kognitiivinen ja sosiaalinen apu (itsehoidon tuki, kumppanirobotit, vuorovaikutuksen tuki, kognitiivinen tuki) (Kyrki ym. 2015; Hennala ym. 2017, 16). Hoivarobotit on lisäksi luokiteltu käyttökotekstinsa (koti, hoivalaitos, sairaala, apteekki), käyttäjänsä (ikääntynyt, omaiset, hoitohenkilökunta) sekä käytetyn teknologian (autonomisesti navigoivat robotit, sosiaalisesti interaktiiviset humanoidit, liikkumista avustavat eksoskeletoit eli ulkoiset tukirangat, proteesit ja ortoosit, robotitiset käsittelylaitteet, etäohjatut robotit, monikäyttöiset avustavat robotit) mukaan (Kyrki ym. 2021, 11–14). Tässä tutkimuksessa keskitytään lääkinällisessä kuntoutuksessa hyödynnettäviin robotteihin (kuvio 1, s. 18). Euroopassa markkinoilla olevissa lääkinällisissä laitteissa, kuten roboteissa, tulee olla CE-merkintä, joka on tuotteen valmistajan vakuutus siitä, että tuote täyttää lainsäädännön erityisesti turvallisuuteen, riskien minimointiin ja suorituskyvyn säilymiseen asettamat vaatimukset (Fimea 2021).

Läkinällisessä kuntoutuksessa robottiteknikkaa hyödynnetään usein liikunnallisessa kuntoutuksessa. Se määritellään toiminnaksi, joka sisältää esimerkiksi terapeuttista harjoittelua ja fyysistä aktiivisuutta sekä muuta vapaa-ajalla tapahtuvaa toimintaa, kuten liikunnallisiin harrastuksiin osallistumista, sekä moniammatillista kuntoutustoimintaa (Sjögren ym. 2017). Liikunnallisessa kuntoutuksessa yleisimmin käytetyt robotit ovat niin sanottuja kuntoutusrobotteja, ja ne voidaan jakaa kahteen tyyppiin: end effector- ja eksoskeletoit-tyyppiisiin laitteisiin, jotka liikuttavat nimenomaan kuntoutujan raajoja. End effector -tyyppisissä laitteissa (esim. Gait Trainer, 3DCaLT, REAPlan, MIME, InMotion2, NJIT-RAVR) mekaaniset voimat kohdistuvat raajojen distaaliosiin (Gilliaux ym. 2015; Chen ja Howard 2016; Wu ym. 2017). Yläraajan kuntoutuksessa tämä tarkoittaa sitä, että vain kuntoutujan käsi on laitteessa kiinni muun raajan ollessa vapaana. Alaraajojen osalta esimerkiksi vain jalkapohjan alla on levy, joka liikkuu tietyllä liikeradalla liikuttaen näin koko alaraajaa. Eksoskeletoitissa (esim. Lokomat, Indego, ARMin, Armeo Power) puolestaan laitteen akselit tai nivelet asennetaan kuntoutujan raajojen nivelten kohdalle, jolloin laite kontrolloi ja ohjailee koko raajan liikerataa (Jung ym. 2019). Molemmat laitetypit voivat joko liikuttaa raajaa passiivisesti, avustaa raajan liikettä tai vastustaa sitä. (Mehrholtz ym. 2017.)

Kuvio 1. Robotit lääkinällisessä kuntoutuksessa.



Lähteet: Kyrkiä ym. (2015) ja Hennalaa ym. (2017) mukailleen.

Robottien koko voi vaihdella pelkästään yhtä raajaa tai jopa yhtä niveltä liikuttavasta laitteesta isoon kävelyrobottiin, jossa on mukana kävelymatto ja valjaat. Robotteja voidaan liikunnallisessa kuntoutuksessa käyttää joko yksistään tai yhdistettynä muihin terapiamuotoihin, kuten virtuaalitodellisuuteen (Bergmann ym. 2018), aivojen magneettistimulaatioon (Kim ym. 2018), aivojen tasavirtastimulaatioon (Dehem ym. 2018; Edwards ym. 2019), aivokäyttöliittymien (Chowdhury ym. 2018) ja lihassähkökäyrän (EMG) (Balasubramanian ym. 2018; Cheung ym. 2019) kautta saatuun palautteeseen tai muuhun tavanomaiseen kuntoutukseen (mm. Calabro ym. 2018; Erbil ym. 2018; Adomaviciene ym. 2019).

Liikunnalliseen kuntoutukseen voidaan jossain määrin lukea myös tietyt sosiaaliset robotit. Sosiaalisia robotteja ovat ihmiselle kumppaniksi tarkoitettut laitteet, joita ei millään tavalla kiinnitetä kuntoutujaan mutta jotka voivat esimerkiksi muistuttaa tai motivoida kuntoutujaa lähtemään liikkeelle tai ohjata liikuntatuokion (mm. Broadbent ym. 2018). Myös etäyhteysrobotin (esim. BEAM Telepresence) kautta on periaatteessa mahdollista esimerkiksi ohjata kuntoutujalle liikeharjoituksia (Suitable Technologies 2021).

Tekniikan kehittyessä myös perinteisiin kehon osia tukeviin tai kehon osan liikkumista helpottaviin ortooseihin on alettu lisätä elektroniikkaa. Esimerkiksi C-Brace-ortoosi vastaanottaa palautetta kuntoutujan liikkeistä ja mahdollistaa näin alaraajan nivelten liikkeen sääntelyn ja kontrollin käyttöympäristön mukaan (Ottobock 2020). C-Brace-ortoosin ero liikunnallisessa kuntoutuksessa käytettäviin robotteihin on ainakin se, että kyseinen ortoosi on tarkoitettu lähinnä helpottamaan ja mahdollistamaan normaalimpaa kävelyä arjessa. Ortoosin käyttö edellyttää kävelykykyä, mitä esimerkiksi valjailla varustettu kävelyrobotti ei vaadi. Osa eksoskeleto-n-kävelyroboteista, esimerkiksi Indego, ovat tosin jo melko pieniä ja haarniskamaisia, joten teknologian edelleen kehittyessä rajanveto eksoskeleto-n-robotin ja ortoosin välillä voi entisestään hämärtyä. Myös oman raajan korvaavissa, moderneimmissa proteeseissa on jo robottimaisia piirteitä. Esimerkiksi yläraajan myoelektroniset proteesit toimivat jäljellä olevan raajanosan lihassupistukseen reagoivan elektrodin avulla, mikä ohjaa sormia ja nyrkkiä liikuttavia sähkömoottoreita (Össur 2019).

Muista liikkumisen apuvälineistä robottisiksi laitteiksi voidaan lukea esimerkiksi erilaiset voima-avusteiset pyörätuolit, kuten sähköpyörätuolit, sähköiset kelauksen keventäjät ja muut kelausavut sekä pyörätuolissa istuvan henkilön kuljettamiseen tarkoitetut porraskiipijät. On olemassa myös sosiaalisen robotin ja perinteisen kävelyn apuvälineen yhdistelmä (esim. LEA-hoivarobotti), joka voi sekä antaa tukea liikkumiseen että muistuttaa tulevista päivän tapahtumista (Peltonen 2016). Henkilökohtaisen fyysisen avun roboteista esimerkkinä voidaan puolestaan mainita robottilusikka. Robottisten laitteiden rajamailla ovat eksoskeleto-neiksi kutsutut, lähinnä työergonomiaa parantamaan kehitetyt laitteet, joista Skelex (Skelex 2021) avustaa ja keventää yläraajoilla tehtävää työtä ja voimaliivi (Sosiaali- ja terveydenhuoltoalan ergonomiaverkosto 2019) esimerkiksi potilassiirroissa. Robottisten laitteiden rajamaille edellä mainitut laitteet sijoittuvat siksi, että ne toimivat kaasujousella ilman moottoreita ja antureita eli ne ovat niin sanottuja passiivisia eksoskeleto-neja eivätkä siis ainakaan tiukan, vähintään ohjelmoitavuutta korostavan määritelmän mukaan ole robotteja.

Liikunnallisen kuntoutuksen lisäksi robotteja voidaan käyttää myös muissa lääkinällisen kuntoutuksen terapioiden kanssa. Tällöin on kyse sosiaalisista roboteista, joissa robotit voivat ottaa erilaisia muotoja. Esimerkiksi interaktiiviset tai sosiaaliset robotit ovat tyypillisesti ulkonäöltään ihmisenkaltaisia eli niin sanottuja humanoidirobotteja (esim. Pepper-, CosmoBot- ja NAO-robotit) ja ne ovat vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa muun muassa ohjaus-, viihdyttämis- ja/tai terapeuttisessa tarkoituksessa (David ym. 2014; Chen ja Howard 2016). On olemassa kuitenkin myös eläimiä jäljitteleviä kumppanirobotteja (esim. PARO-hylje, Ollie the baby otter) (Obias 2015). Sosiaalisissa roboteissa on käytetty usein hyväksi myös tekoälyä, jotta robotti kykenee vuorovaikutukseen ihmisen kanssa (Fiske ym. 2019).

Myös psykoterapiassa ja kliinisessä psykologiassa voidaan käyttää hyödyksi mekaanisia robotteja esimerkiksi autististen ja/tai kehitysvammaisten lasten vuorovaikutustaitojen harjoittelussa, sillä on havaittu, että lapset kiinnittävät paremmin huomiota robottiin, jolloin keskittyminen myös muihin tehtäviin paranee robotin läsnä ollessa (David ym. 2014; Weir 2015; Helsingin opetusvirasto 2016; Waltz 2018; Fiske ym. 2019). Samassa huoneessa oleva robotti on lisäksi saattanut edistää lapsen vuorovaikutusta myös terapeutin kanssa (Weir 2015; Waltz 2018). Myös vanhusten terveyden edistämiseen on käytetty esimerkiksi vuorovaikutukseen kannustavaa PARO-hyljerobottia (Fiske ym. 2019). PARO-hyljerobotista on esitetty olleen apua dementiaa sairastavien neurokognitiivisiin oireisiin, kuten apatiaan, masennukseen ja levottomuuteen (Demange ym. 2018).

Puheterapiassa robotteja on käytetty erityisesti lapsiasiakkaiden kanssa. Robotissa on tekoäly, joka reaaliaikaisesti seuraa harjoitusta, luo tehtäviä ja antaa palautetta (esim. SPELTRA) (Robles-Bykbaev ym. 2016; Buddy 2019). Kyseiset robotit voivat olla ihmisen kaltaisia tai eläimen muotoisia. Robotteja on käytetty myös viittomakielen opetuksessa (Axelsson 2018) sekä kielten opetuksessa yleisesti (Grönlund ym. 2019). Myös etäläsnäolorobotin avulla voitaneen järjestää puheterapiaa.

Laajimmissa määritelmissä myös mobiilisovellukset, joissa ollaan tekemisissä tekoälyä sisältävien interaktiivisten, virtuaalisten avatarien tai robotinkaltaisten hahmojen (*robotic agent*) kanssa, on määritelty roboteiksi (David ym. 2014). Sellaisista yksi esimerkki on neuvoja ja empatiaa tarjoavat, keskustelevaa tekoälyä sisältävät tekstiviestipohjaiset chatbotit (esim. Tess, Wysa, Woebot), joita on käytetty muun muassa psykoterapiassa ja kliinisessä psykologiassa parantamaan käyttäjiensä mielialaa ja helpottamaan ahdistusta (Fulmer ym. 2018; Fiske ym. 2019). Perinteisempään mekaanista laitetta korostavaan robotin määritelmään mobiilisovellus ei kuitenkaan sovi. Edellä mainitun kaltaiset chatbotit onkin määritelty enemmän tekoälyksi kuin varsinaiseksi robotiksi tai edes ohjelmistorobotiksi (Kääriäinen ym. 2018, 2). Tekoälyä voidaan Kääriäisen ym. (2018, 2) mukaan käyttää tehtävissä, joissa vaaditaan päättelyä. Ohjelmistorobotisaatio (*robotic process automation, RPA*) puolestaan soveltuu parhaiten manuaalisten rutiinitehtävien automatisointiin, jossa ohjelmistorobotti opetetaan käyttämään organisaation tietojärjestelmiä kuten ihminenkin niitä käyttäisi (Kääriäinen ym. 2018, 2, 8). Tällaisia työtehtäviä voivat olla muun muassa erilaisten raporttien ja yhteenvedojen kokoaminen järjestelmistä, järjestelmätestaukset tai tiedon siirtäminen (Kääriäinen ym. 2018, 10).

Tässä tutkimuksessa kuntoutusroboteina huomioitiin Hennalaa ym. (2017, 16) sekä Kyrkiä ym. (2015) mukailten kuntoutukseen ja proteeseihin (ylä- ja alaraajan kuntoutusrobotit, proteesit, kehon ulkopuoliset tuet) sekä henkilökohtaiseen fyysiseen, kognitiiviseen ja sosiaaliseen apuun tai opetukseen (mm. syöminen, liikkuminen, esineiden nostaminen ja kantaminen, siivous, itsehoidon tuki, kumppanirobotit, vuorovaikutuksen tuki, kognitiivinen tuki) liittyvät robotit.

Lähteet

Adomaviciene A, Daunoraviciene K, Kubilius R, Varzaityte L, Raistenskis J. Influence of new technologies on post-stroke rehabilitation. A comparison of Armeo Spring to the Kinect System. *Medicina (Kaunas)* 2019; 55 (4): 98.

Andersson C. [Kestävästi kehittyen kohti tulevaisuutta](#). Julkaisussa: Pilkahduksia tulevaisuuteen. Digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet. Helsinki: Valtiovarainministeriö, Julkaisuja 10, 2017. Viitattu 4.1.2021.

Andersson C, Kaivo-oja J. [Teknologiatiekartat ja suomalaisten yritysten kyvykkyydet](#). Julkaisussa: Robotiikkaselvitykset. Helsinki: liikenne- ja viestintäministeriö, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2, 2016. Viitattu 4.1.2021.

Axelsson M. [Myös robotti voi opettaa tukiviittomia](#). Helsinki: Autismiliitto, 2018. Viitattu 4.1.2021.

Balasubramanian S, Garcia-Cossio E, Birbaumer N, Burdet E, Ramos-Murguialday A. Is EMG a viable alternative to BCI for detecting movement intention in severe stroke? *IEEE Trans Biomed Eng* 2018; 65 (12): 2790–2797.

Bergmann J, Krewer C, Bauer P, Koenig A, Riener R, Muller F. Virtual reality to augment robot-assisted gait training in non-ambulatory patients with a subacute stroke. A pilot randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med* 2018; 54 (3): 397–407.

Broadbent E, Garrett J, Jepsen N ym. Using robots at home to support patients with chronic obstructive pulmonary disease. Pilot randomized controlled trial. *J Med Internet Res* 2018; 20 (2): e45.

Buddy. [Innovation makes speech therapy a fun activity for children](#). 2019. Viitattu 4.1.2021.

Calabro RS, Naro A, Russo M ym. Shaping neuroplasticity by using powered exoskeletons in patients with stroke. A randomized clinical trial. *J Neuroeng Rehabil* 2018; 15: 35.

Chen Y-P, Howard AM. Effects of robotic therapy on upper-extremity function in children with cerebral palsy. A systematic review. *Dev Neurorehabil* 2016; 19 (1): 64–71.

Cheung EYY, Yu KKK, Kwan RLC, Ng CKM, Chau RMW, Cheing GLY. Effect of EMG-biofeedback robotic-assisted body weight supported treadmill training on walking ability and cardiopulmonary function on people with subacute spinal cord injuries. A randomized controlled trial. *BMC Neurol*. 2019; 19 (1): 140.

Chowdhury A, Meena YK, Raza H ym. Active physical practice followed by mental practice using BCI-driven hand exoskeleton. A pilot trial for clinical effectiveness and usability. *IEEE J Biomed Health Inform* 2018; 22 (6): 1786–1795.

David D, Matu S-A, David OA. Robot-based psychotherapy. Concepts development, state of the art, and new directions. *Int J Cogn Ther* 2014; 7 (2): 192–210.

Dehem S, Gilliaux M, Lejeune T ym. Effectiveness of a single session of dual-transcranial direct current stimulation in combination with upper limb robotic-assisted rehabilitation in chronic stroke patients. A randomized, double-blind, cross-over study. *Int J Rehabil Res* 2018; 41 (2): 138–145.

Demange M, Lenoir H, Pino M, Cantegreil-Kailen I, Rigaud AS, Cristancho-Lacroix V. Improving well-being in patients with major neurodegenerative disorders. Differential efficacy of brief social robot-based intervention for 3 neuropsychiatric profiles. *Clin Interv Aging* 2018; 13: 1303–1311.

Edwards DJ, Cortes M, Rykman-Peltz A ym. Clinical improvement with intensive robot-assisted arm training in chronic stroke is unchanged by supplementary tDCS. *Restor Neurol Neurosci* 2019; 37 (2): 167–180.

Erbil D, Tugba G, Murat TH ym. Effects of robot-assisted gait training in chronic stroke patients treated by botulinum toxin-a. A pivotal study. *Physiother Res Int* 2018; 23 (3): e1718.

Fimea. [Lääkinnälliset laitteet](#). Viitattu 25.2.2021.

Fiske A, Henningsen P, Buyx A. Your robot therapist will see you now. Ethical Implications of embodied artificial intelligence in psychiatry, psychology and psychotherapy. *J Med Internet Res* 2019; 21 (5): e13216.

Fulmer R, Joerin A, Gentile B, Lakerink L, Rauws M. Using psychological artificial intelligence (Tess) to relieve symptoms of depression and anxiety. Randomized controlled trial. *JMIR Ment Health* 2018; 5 (4): e64.

Gilliaux M, Renders A, Dispa D ym. Upper limb robot-assisted therapy in cerebral palsy. A single-blind randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair* 2015; 29 (2): 183–192.

Grönlund M, Kaunissaari K, Kunnaton K. [Palvelurobotiikan käyttö palvelumuotoilussa Suomessa](#). Service Design Network Finland – SDN Finland, 2019. Viitattu 4.1.2021.

Helsingin opetusvirasto. [Humanoidirobotti vuorovaikutuksen oppimisen apuna](#). Helsinki: Helsingin opetusvirasto, 2016. Viitattu 4.1.2021.

Hennala L, Koistinen P, Kyrki V ym. [Robotics in care services. A Finnish roadmap](#). Tampere: Tampereen yliopisto, 2017. Viitattu 4.1.2021.

ISO. ISO-8373:2012. [Robots and robotic devices. Vocabulary](#). 2012. Viitattu 4.1.2021.

Jung JH, Lee HJ, Cho DY ym. Effects of combined upper limb robotic therapy in patients with tetraplegic spinal cord injury. *Ann Rehabil Med* 2019; 43(4): 445–457.

Kim SB, Lee KW, Lee JH, Lee SJ, Park JG, Lee JB. Effect of combined therapy of robot and low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation on hemispatial neglect in stroke patients. *Ann Rehabil Med* 2018; 42 (6): 788–797.

Kyrki V, Aaltonen I, Ainasoja A ym. [Robots in care](#). Julkaisussa: Niemelä M, Heikkinen S, Koistinen P, Laakso K, Melkas H, Kyrki V, toim. Robots and the future of welfare services. A Finnish roadmap. Espoo: Aalto-yliopisto, Aalto University publication series CROSSOVER 4, 2021. Viitattu 13.9.2021.

Kyrki V, Coco K, Hennala L ym. [Robotit ja hyvinvointipalvelujen tulevaisuus \(ROSE-konsortio\)](#). Helsinki: Suomen Akatemia, Tilannekuvaraportti, 2015. Viitattu 4.1.2021.

Kääriäinen J, Aihkisalo T, Halén M ym. [Ohjelmistorobotiikka ja tekoäly. Soveltamisen askelmerkkejä](#). Helsinki: Valtioneuvoston kanslia, Selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 65, 2018. Viitattu 4.1.2021.

Linturi R, Kuittinen O. [Digitaalinen tietopohja sekä robotisaation vaikutukset](#). Julkaisussa: Robotiikkaselvitykset. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö, Julkaisuja 2, 2016. Viitattu 4.1.2021.

Mehrholtz J, Thomas S, Werner C, Kugler J, Pohl M, Elsner B. Electromechanical-assisted training for walking after stroke (Review). *Cochrane Database Syst Rev* 2017; 5 (5): CD006185.

Obias R. [10 Therapy robots designed to help humans](#). NY: Mentall floss, 2015. Viitattu 4.1.2021.

Ottobock. [C-Brace® orthosis](#). Media information. 2020. Viitattu 4.1.2021.

Peltonen S. [Rollaattorista tehtiin robotti. Muistuttaa lääkkeitä ja hälyttää pyytämättä apua](#). Tekniikka & Talous, 9.5.2016. Viitattu 4.1.2021.

Robles-Bykbaev V, Ochoa-Guaraca M, Carpio-Moreta M ym. Robotic assistant for support in speech therapy for children with cerebral palsy. Conference Paper. IEEE International Autumn Meeting on Power, Electronics and Computing (ROPEC 2016) 2017. DOI: 10.1109/ROPEC.2016.7830603

Rousku K, Linturi R, Andersson C ym. [Pilkahduksia tulevaisuuteen. Digitalisaation ja robotisaation mahdollisuudet](#). Helsinki: Valtiovarainministeriö, Julkaisuja 10, 2017. Viitattu 7.1.2021.

Salmi T, Niemelä M, Heikkilä T. Robotiikka. Monien mahdollisuuksien tekniikkaa. *VTT Impulssi* 2014; 2: 40–44.

Sjögren T, Hakala S, Rintala A, Heinonen A. Järjestelmällisen kirjallisuuskatsauksen ja meta-analyysin lähtökohdat, tavoitteet ja toteutus. Julkaisussa: Rintala A, Hakala S, Sjögren T, toim. Etäteknologian vaikuttavuus liikunnallisessa kuntoutuksessa. Järjestelmällinen kirjallisuuskatsaus ja meta-analyysi. Helsinki: Kela, Sosiaali- ja terveysturvan tutkimuksia 145, 2017: 13–19.

Skelex. [The ultimate exoskeleton for overhead work](#). 2021. Viitattu 4.1.2021.

Sosiaali- ja terveydenhuoltoalan ergonomiaverkosto. [Onko voimaliiveistä kuormituksen vähentäjiksi potilassiirroissa?](#) Helsinki: Työturvallisuuskeskus, 30.9.2019. Viitattu 4.1.2021.

SPARC: The Partnership for Robotics in Europe. [Strategic Research Agenda for Robotics in Europe 2014-2020](#). euRobotics aisbl, 2014. Viitattu 4.1.2021.

Suitable Technologies. [Say hello to Beam](#). 2021. Viitattu 4.1.2021

U.S. National Library of Medicine. [Robotics MeSH descriptor data 2020](#). Viitattu 4.1.2021.

Ventä O, Lehtinen H, Lempiäinen J ym. [Robotiikkatiekartta](#). Julkaisussa: Robotiikkaselvitykset. Helsinki: Liikenne- ja viestintäministeriö, Julkaisuja 2, 2016. Viitattu 7.1.2021.

Waltz E. [Therapy robot teaches social skills to children with autism](#). IEEE Spectrum 2018. Viitattu 4.1.2021.

Weir K. Robo therapy. [A new class of robots provides social and cognitive support](#). Monitor on Psychology 2015; 46 (6): 42. Viitattu 4.1.2021.

Wu M, Kim J, Arora P, Gaebler-Spira DJ, Zhang Y. The effects of the integration of dynamic weight shifting training into treadmill training on walking function of children with cerebral palsy. A randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil* 2017; 96 (11): 765–772.

Össur. [Raajaproteesit](#). Helsinki: Össur, 2019. Viitattu 4.1.2021.

1.3 Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus kuntoutuksessa

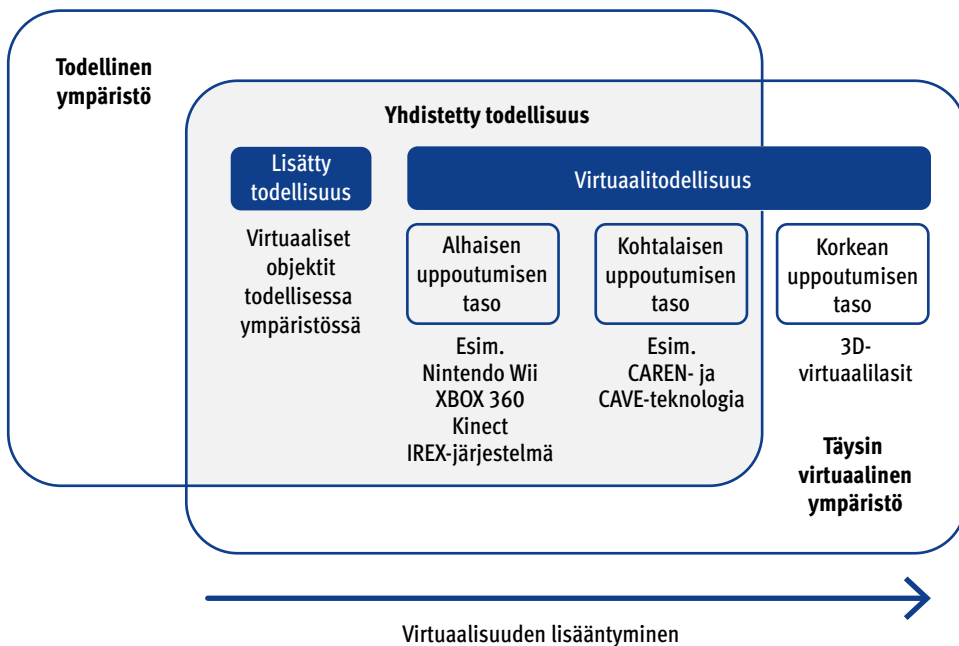
Virtuaalitodellisuus (*virtual reality*, VR) on tietokoneen simuloima ympäristö, jossa käyttäjä kokee olevansa läsnä ja reaaliaikainen vuorovaikutus virtuaalisen ympäristön kanssa on mahdollista (Wilson ym. 1997; Imam ja Jarus 2014; Kaplan ym. 2020). Virtuaalitodellisuudelle ovat ominaisia erilaiset visuaalisuuteen, kuuloon ja kosketukseen liittyvät aistielämykset (Galvin ja Levac 2011), jotka lisäävät uppoutumista virtuaaliseen ympäristöön. Uppoutumisen eli immersion aste vaihtelee korkeasta alhaiseen (Mujber ym. 2004) ja se riippuu ensisijaisesti siitä, kuinka paljon käyttäjä on eristetty fyysisestä todellisuudesta ja ympäröity virtuaalisella ympäristöllä (Henderson ym. 2007; Rizzo ja Koenig 2017).

Korkeimman asteen uppoutuminen voidaan kokea erilaisilla virtuaalilaseilla (*head-mounted display*, HMD), jotka mahdollistavat parhaimman mahdollisen aistiyhteyden ja uppoutumisen virtuaalisen todellisuuden ympäröidessä käyttäjänsä täysin (Ma ja Zheng 2011; Chan ym. 2019; Micarelli ym. 2019). Kohtalaisen uppoutumisen tarjoamassa virtuaalitodellisuudessa toimitaan käyttämällä laajaa kaartuvaa näyttöä CAREN-järjestelmän tapaan (Kalron ym. 2016) tai heijastamalla kuvaruudut seinille, kuten CAVE-teknologiassa (Cruz-Neira ym. 1993). Alhaisemman tason up-

poutumisessa teknologia rajautuu tyypillisesti perinteisen monitorin tai televisioruudun käyttöön, jolloin aistiyhteyden vahvuus jää selvästi edellisiä vähäisemmäksi (Ma ja Zheng 2011; Mirelman ym. 2016). Uppoutumisen astetta voidaan lisäksi tehostaa erilaisilla sensoreilla ja liiketunnistimilla (Rizzo ja Koenig 2017). Virtuaalitodellisuuden eri tasot osana virtuaalisuuden jatkumoa on kuvattu tarkemmin kuviossa 2 (s. 26).

Teknologiaalähtöinen luokittelu on tutkimuksissa usein tarpeen interventioiden suuren vaihtelun vuoksi. Kuitenkin käyttäjän fyysiset ja psyykkiset kokemukset (Steuer 1992; Sherman ja Craig 2003, 9) huomioiden jää luokittelu karkeaksi, eivätkä virtuaalitodellisuuden määrittelyn rajat ole siten täysin yksiselitteisiä. Kuntoutustutkimuksissa hyödynnettävän virtuaalitodellisuuden määrittely vaihtelee usein paljon (Keshner ym. 2019). Vaikka kolmiulotteisuus ja virtuaaliympäristöön uppoutuminen ovat virtuaalitodellisuudelle tyypillisiä ominaisuuksia, hyödynnetään kuntoutuksessa vielä paljon kaupallisia pelejä sekä vähäisemmän uppoutumisen mahdollistavia laitteita moderneimman VR-teknologian sijaan (Sapostnik ym. 2016; Laver ym. 2017). Osasyynä tähän on ollut modernimpien virtuaalilasien korkea hinta, vaikea saataavuus tai lasien käytöstä aiheutuva pahoinvointi (Holden 2005; Clifton ja Palmisano 2020).

Kuvio 2. Virtuaalisuuden jatkumo.



Lähde: Milgramia ja Kishinoa (1994) mukaillen.

Virtuaalitodellisuuden käyttäminen kuntoutuksessa on vähitellen lisääntynyt VR-teknologian kehittyessä (Sveistrup 2004; Keshner ym. 2019; Torner ym. 2019) ja sen tuoma hyöty liittyy kuntoutujan osallistumisen ja aktiviteettien toteuttamisen mahdollistamiseen turvallisessa ympäristössä ilman todellisen maailman tuomia rajoitteita (Wilson ym. 1997). Kuntoutuksen yksilöllistä annostelua ja ohjausta sekä objektiivista mittaamista on VR-ympäristössä usein mahdollista hallita tarkkaan (Weiss ym. 2004). Lisäksi VR-kuntoutus voi luoda uusia mahdollisuuksia oppimiselle muun muassa harjoittelun suuren toistettavuuden ja asteittaisen etenemisen sekä motivaation kasvamisen myötä (Keshner ym. 2004; Lange ym. 2010; Klinger ym. 2014; Brunner ym. 2016; Levin ja Demers 2020).

Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää monenlaisessa kuntoutuksessa, kuten neurologisten kuntoutujien motorisessa harjoittelussa (Galvin ja Levac 2011), CP-kuntoutujien askelharjoittelussa (Booth ym. 2018), tasapainoharjoittelussa (Booth ym. 2014; de Amorim ym. 2018; Wang ym. 2019) tai sydänkuntoutuksessa, jossa yhdistetään virtuaalitodellisuuden käyttö juoksumatto- ja pyöräergometriharjoitteluun (Bond ym. 2019). Lisäksi virtuaalitodellisuuden vaikuttavuutta on tutkittu muun muassa kipukokemusten käsittelyssä (Wittkopf ym. 2020) ja posttraumaattisen oireyhtymän hoidossa (Deng ym. 2019). Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen ulottuu niin liikunnalliseen kuin neuropsykologiseen (Castelnuovo ym. 2016) kuntoutukseen ja psykoterapiaan (Riva 2005). Virtuaalitodellisuutta käytetään myös erityisopetuksessa (Wilson ym. 1997).

Kuntoutusalan tutkimuksissa virtuaalitodellisuutta hyödyntävän teknologian käyttö saatetaan nimetä virtuaalitodellisuuden sijaan esimerkiksi hyötypelaamiseksi, pelillistetyksi harjoitteluksi tai liikekontrolloiduksi videopeliharjoitteluksi. Hyötypelaamisessa (*serious gaming*) lähtökohtana on pelien viihteellisyyden sijaan jokin muu tavoite, kuten oppimisen edistäminen, motivaation lisääminen harjoittelussa tai vaikutukset terveyskäyttäytymiseen (Ma ja Zheng 2011; Dörner ym. 2016). Suomenkielinen termi pelillistetty harjoittelu tarkoittaa minkä tahansa harjoittelun tai toiminnan pelillistämistä (*gamification*) (Hamari ym. 2014). Usein VR-teknologiaa hyödyntävä pelillistetty harjoittelu liittyy fyysiseen aktiivisuuteen perustuvaan harjoitteluun (*exergaming*) (Oh ja Yang 2010). Tämä voi olla liikekontrolloitua videopeliharjoittelua, jossa kehon liikkeillä ohjataan pelin kulkua. Tällaisessa VR-harjoittelussa hyödynnetään kehon liikkeitä tunnistavaa teknologiajärjestelmää esimerkiksi seuraavissa laitteissa: Nintendo Wii, PlayStation EyeToy tai Microsoft Kinect (Johansen ym. 2020). Vaikka virtuaalitodellisuus-, pelillistetty harjoittelu- ja hyötypeli-termien päällekkäisyys johtuu osin samaa teknologiaa hyödyntävän toiminnan kuvaamisesta, eivät termit ole täysin toistensa vastineita. Esimerkiksi pelillistetty harjoittelu ei edellytä selkeää uppoutumista virtuaaliseen ympäristöön, todellisen toiminnan simulointia ja läsnäolon kokemusta, toisin kuin täysin virtuaalinen ympäristö. Lisäksi pelillistetyssä harjoittelussa toimitaan lähtökohtaisesti aina pelimaailmassa, kun taas

virtuaalitodellisuutta hyödyntävä kuntoutus voi olla muutakin toimintaa kuin pelaamista (Matamala-Gomez ym. 2020).

Lisätty todellisuus (*augmented reality*, AR) tarkoittaa puolestaan virtuaalisten elementtien, esineiden tai kohteiden lisäystä todelliseen ympäristöön (Im ym. 2015; Caboni ja Hagberg 2019; Ku ym. 2019). Sen voidaan ajatella olevan myös yksi muoto niin sanottua yhdistettyä todellisuutta (*mixed reality*, kuvio 2, s. 26) (Milgram ja Kishino 1994). Todelliseen ympäristöön tuodaan virtuaaliympäristön komponentteja näyttölaitteiden, kuten puhelimen, tabletin, erillisen kypäränäytön tai lasien, avulla (van Krevelen ja Poelman 2010), ja lisätyn todellisuuden hyödyntäminen on mahdollista niin sisätiloissa kuin ulkonakin (Carmigniani ym. 2011). Lisätyn todellisuuden avulla henkilö käsittää todellista maailmaa lisätyn informaation kautta ja on siten AR-tekniikan avulla kuin toisessa todellisuudessa, jossa yhdistyvät sekä fyysinen että virtuaalinen maailma (Sherman ja Craig 2003, 18). Lisätty informaatio voi sisältää esimerkiksi graafisia elementtejä, animaatioita, 3D-malleja tai muistiinpanoja (Laine ja Suk 2015). Todellisen ja virtuaalisen maailman yhdistämisen lisäksi lisätty todellisuus määritellään reaaliaikaisesti vuorovaikutteiseksi, ja siinä hyödynnetään 3D-ulottuvuutta (Azuma 1997).

Tässä tutkimuksessa virtuaalitodellisuutta tai lisättyä todellisuutta hyödyntävät sellaiset kuntoutusinterventiot, joissa toteutuu reaaliaikainen vuorovaikutus virtuaalisen ympäristön kanssa, harjoittelu jäljittelee todellista toimintaa, tilaa tai ympäristöä ja virtuaalinen ympäristö mahdollistaa käyttäjälleen läsnäolon kokemuksen. Samanaikaisesti interventio voi olla pelillistettyä.

Lähteet

Azuma RT. A survey of augmented reality. *Presence* 1997; 6 (4): 355–385.

Bond S, Laddu DR, Ozemek C, Lavie CJ, Arena R. Exergaming and virtual reality for health. Implications for cardiac rehabilitation. *Curr Probl Cardiol* 2019; 100472. DOI: 10.1016/j.cpcardiol.2019.100472.

Booth V, Masud T, Connell L, Bath-Hextall F. The effectiveness of virtual reality interventions in improving balance in adults with impaired balance compared with standard or no treatment. A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2014; 28 (5): 419–431.

Booth ATC, Buizer AI, Meyns P, Oude Lansink ILB, Steenbrink F, van der Krogt MM. The efficacy of functional gait training in children and young adults with cerebral palsy. A systematic review and meta-analysis. *Dev Med Child Neurol* 2018; 60 (9): 866–883.

Brunner I, Skouen JS, Hofstad H ym. Is upper limb virtual reality training more intensive than conventional training for patients in the subacute phase after stroke? An analysis of treatment intensity and content. *BMC Neurol* 2016; 16 (1): 219.

Caboni F, Hagberg J. Augmented reality in retailing. A review of features, applications and value. *Int J Retail Distrib Manag* 2019; 47 (11): 1125–1140.

Carmigniani J, Furht B, Anisetti M, Ceravolo P, Damiani E, Ivkovic M. Augmented reality technologies, systems and applications. *Multimed Tools and Appl* 2011; 51 (1): 341–377.

Castelnuovo G, Giusti EM, Manzoni GM ym. Psychological treatments and psychotherapies in the neuro-rehabilitation of pain. Evidences and recommendations from the Italian Consensus Conference of pain in neurorehabilitation. *Front Psychol* 2016; 7: 115.

Chan ZYS, MacPhail AJC, Au IPH ym. Walking with head-mounted virtual and augmented reality devices. Effects on position control and gait biomechanics. *PLoS ONE* 2019; 14 (12): e0225972.

Clifton J, Palmisano S. Effects of steering locomotion and teleporting on cybersickness and presence in HMD-based virtual reality. *Virtual Real* 2020; 24 (3): 453–468.

Cruz-Neira C, Sadin DJ, DeFanti TA. Surround-screen projection-based virtual reality. The design and implementation of the CAVE. *Proceedings of the 20th Annual Conference and Exhibition on Computer Graphics and Interactive Techniques* 1993: 135–142. DOI: 10.1145/166117.166134.

Im DJ, Ku J, Kim YJ ym. Utility of a three-dimensional interactive augmented reality program for balance and mobility rehabilitation in the elderly. A feasibility study. *Ann Rehabil Med* 2015; 39 (3): 462–472.

de Amorim JSC, Leite RC, Brizola R, Yonamine CY. Virtual reality therapy for rehabilitation of balance in the elderly. A systematic review and meta-analysis. *Adv Rheumatol* 2018; 58: 18.

Deng W, Hu D, Xu S ym. The efficacy of virtual reality exposure therapy for PTSD symptoms. A systematic review and meta-analysis. *J Affect Disord* 2019; 257: 698–709.

Dörner R, Göbel S, Effelsberg W, Wiemeyer J. Introduction. What are serious games? Julkaisussa: Dörner R, Göbel S, Effelsberg W, Wiemeyer J, toim. [Serious games. Foundations, concepts and practice](#). Cham: Springer International Publishing, 2016: 1–4. Viitattu 6.1.2021.

Galvin J, Levac D. Facilitating clinical decision-making about the use of virtual reality within paediatric motor rehabilitation. Describing and classifying virtual reality systems. *Dev Neurorehabil* 2011; 14 (2): 112–122.

Hamari J, Koivisto J, Sarsa H. Does gamification work? A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences* 2014: 3025–3034. DOI: 10.1109/HICSS.2014.377.

Henderson A, Korner-Bitensky N, Levin M. Virtual reality in stroke rehabilitation. A systematic review of its effectiveness for upper limb motor recovery. *Top Stroke Rehabil* 2007; 14 (2): 52–61.

Holden MK. Virtual environments for motor rehabilitation. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8 (3): 187–211.

Imam B, Jarus T. Virtual reality rehabilitation from social cognitive and motor learning theoretical perspectives in stroke population. *Rehabil Res Pract* 2014; Art. ID.: 594540. DOI: 10.1155/2014/594540.

Johansen T, Strøm V, Simic J, Rike P-O. Effectiveness of training with motion-controlled commercial video games for hand and arm function in people with cerebral palsy. A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med* 2020; 52 (1): 1–10.

Kalron A, Fonkatz I, Frid L, Baransi H, Achiron A. The effect of balance training on postural control in people with multiple sclerosis using the CAREN virtual reality system. A pilot randomized controlled trial. *J Neuroeng Rehabil* 2016; 13 (1): 13.

Kaplan AD, Cruit J, Endsley M, Beers SM, Sawyer BD, Hancock PA. The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods. A meta-analysis. *Hum Factors* 2020. DOI: 10.1177/0018720820904229.

Keshner EA. Virtual reality and physical rehabilitation. A new toy or a new research and rehabilitation tool? *J Neuroeng Rehabil* 2004; 1: 8.

Keshner EA, Weiss PT, Geifman D, Raban D. Tracking the evolution of virtual reality applications to rehabilitation as a field of study. *J Neuroeng Rehabil* 2019; 16 (1): 76.

Klinger E, Sánchez J, Sharkey PM, Merrick J. Virtual reality based rehabilitation applications for motor, cognitive and sensorial disorders. Julkaisussa: Sharkey PM, Merrick J, toim. *Virtual reality. Rehabilitation in motor, cognitive and sensorial disorders*. New York, NY: Nova Science Publishers, 2014: 3–4.

van Krevelen DWF, Poelman R. A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. *Int J Virtual Real* 2010; 9 (2): 1–20.

Ku J, Kim YJ, Cho S, Lim T, Lee HS, Kang YJ. Three-dimensional augmented reality system for balance and mobility rehabilitation in the elderly. A randomized controlled trial. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2019; 22 (2): 132–141.

Laine TH, Suk HJ. Designing mobile augmented reality exergames. *Games Cult* 2015; 11 (5): 548–580.

Lange BS, Requejo P, Flynn SM ym. The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 2010; 21 (2): 339–356.

Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev* 2017; (11). Art. No.: CD008349. DOI: 10.1002/14651858.CD008349.pub4.

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

Ma M, Zheng H. Virtual reality and serious games in healthcare. Julkaisussa: Brahnam S, Jain LC, toim. *Advanced Computational Intelligence Paradigms in Healthcare 6. Virtual Reality in Psychotherapy, Rehabilitation, and Assessment*. Berlin, Heidelberg: Studies in Computational Intelligence Springer, 2011: 169–192.

Matamala-Gomez M, Malighetti C, Cipresso P ym. Changing body representation through full body ownership illusions might foster motor rehabilitation outcome in patients with stroke. *Front Psychol* 2020; 11: 1962. DOI: 10.3389/fpsyg.2020.01962.

Micarelli A, Viziano A, Micarelli B, Augimeri I, Alessandrini M. Vestibular rehabilitation in older adults with and without mild cognitive impairment. Effects of virtual reality using a head-mounted display. *Arch Gerontol Geriatr* 2019; 83: 246–256.

Milgram P, Kishino F. A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans Inf Syst* 1994; 77 (12): 1321–1329.

Mirelman A, Rochester L, Maidan I ym. Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME). A randomised controlled trial. *Lancet* 2016; 388 (10050): 1170–1182.

Mujber TS, Szecsi T, Hashmi MSJ. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *J Mater Process Technol* 2004; 155: 1834–1838.

Oh Y, Yang S. Defining exergames and exergaming. *Proceedings of Meaningful Play* 2010; 1–17.

Riva G. Virtual reality in psychotherapy. *Cyberpsychol Behav* 2005; 8 (3): 220–230.

Rizzo AS, Koenig ST. Is clinical virtual reality ready for primetime? *Neuropsychology* 2017; 31 (8): 877–899.

Saposnik G, Cohen LG, Mamdani M ym. Efficacy and safety of non-immersive virtual reality exercising in stroke rehabilitation (EVREST). A randomised, multicentre, single-blind, controlled trial. *Lancet Neurol* 2016; 15 (10): 1019–1027.

Sherman WR, Craig AB. [Understanding virtual reality. Interface, application, and design](#). San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2003. Viitattu 6.1.2021.

Steuer J. Defining virtual reality. Dimensions determining telepresence. *J Commun* 1992; 42 (4): 73–93.

Sveistrup H. Motor rehabilitation using virtual reality. *J Neuroeng Rehabil* 2004; 1: 10.

Torner J, Skouras S, Molinuevo JL, Gispert JD, Alpiste F. Multipurpose virtual reality environment for biomedical and health applications. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng* 2019; 27 (8): 1511–1520.

Wang B, Shen M, Wang Y, He Z, Chi S, Yang Z. Effect of virtual reality on balance and gait ability in patients with Parkinson's disease. A systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil* 2019; 33 (7): 1130–1138.

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.

Wilson PN, Foreman N, Stanton D. Virtual reality, disability and rehabilitation. *Disabil Rehabil* 1997; 19 (6): 213–220.

Wittkopf PG, Lloyd DM, Coe O, Yacobali S, Billington J. The effect of interactive virtual reality on pain perception. A systematic review of clinical studies. *Disabil Rehabil* 2020; 42 (26): 3722–3733.

1.4 Tutkimuksen tarkoitus

Tämän tutkimuksen ensimmäinen tarkoitus oli määrällisten tutkimusten perusteella selvittää robottien sekä virtuaalitodellisuuden tai lisätyn todellisuuden avulla tapahtuvan kuntoutuksen vaikuttavuutta toiminta- ja työkykyyn, elämänlaatuun sekä toimijuuteen lääkinnällisen kuntoutuksen tarpeessa olevilla henkilöillä. Toinen tarkoitus oli selvittää laadullisten tutkimusten perusteella kuntoutujien, heidän läheistensä sekä näitä kuntoutusteknologioita käyttävien ammattilaisten kokemuksia ja käsityksiä robotteja, virtuaalitodellisuutta sekä lisättyä todellisuutta hyödyntävästä kuntoutuksesta. Tutkimus on toteutettu ”Virtuaalikuntoutus, lisätty todellisuus ja robotiikka – vaikuttavuus ja merkityksellisyys” -tutkimushankkeessa (ROVA) Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisessä tiedekunnassa vuosina 2019–2021. Hankkeen rahoitti Kela kohdennetun tutkimusrahoitushaun aiheena.

1.5 Tutkimuskysymykset

1. Mitä ovat robotteja, virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta hyödyntävän kuntoutuksen vaikuttavuus, kustannusvaikuttavuus, hyödyt ja haitat sekä näytönaste kuntoutujien toimintakykyyn, työkykyyn ja elämänlaatuun sekä kuntoutujien koettuun toimijuuteen ja osallistumiseen?

2. Millaisia ovat robotteja, virtuaalitodellisuutta ja lisättyä todellisuutta hyödyntävään kuntoutukseen osallistuneiden kuntoutujien, heidän läheistensä ja ammattilaisten kokemukset ja käsitykset sekä merkityksellisyys näitä terapiamuotoja hyödyntävästä kuntoutuksesta?