

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintätekniikan insinööri

2020

Niko Laaksonen

VR-LAITTEIDEN KÄYTTÖ JA SOVELTAMINEN TERVEYDENHUOLLOSSA



Niko Laaksonen

VR-LAITTEIDEN KÄYTTÖ JA SOVELTAMINEN TERVEYDENHUOLLOSSA

Terveydenhuollossa VR-teknologiaa on käytössä erilaisissa kuntoutusterapioissa sekä koulutuksessa. Nykypäivän VR-tekniikka avaa myös paljon mahdollisuuksia erilaisiin tutkimus- ja koulutustarpeisiin terveydenhuollon ulkopuolellakin. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia VR-laitteiden käyttöä ja sovelluksia terveydenhuollossa. Lisäksi tarkasteltiin VR-teknologian muita käyttömahdollisuuksia. Työssä tarkasteltiin terveydenhuollon sovelluksia ja laitteita sekä VR-teknologian tulevaisuutta niin terveydenhuollossa kuin muillakin aloilla. Työ aloitettiin tutkimalla VR-tekniikkaa, jotta saataisiin parempi käsitys siitä, miten teknologia toimii ja mitä laitteita tällä hetkellä on saatavilla. VR-lasien lisäksi löytyi monia virtuaalikokemusta entisestään parantavia laitteita ja tekniikkaa, kuten esim. VR-puvut ja katseenseurantateknologia. Työn kautta saatiin käsitys VR-teknologian kapasiteetista sekä terveydenhuollossa käytettävistä sovelluksista. Terveydenhuollossa VR-teknologiaa käytetään eniten erilaisissa terapia hoidoissa, joihin kuuluu mm. virtuaalinen altistusterapia ja motoristen toimintojen kuntoutus. Huomattiin VR-teknologialla olevan monia vaikutuksia ihmisen mieleen ja kehoon. Ennustuksien mukaan VR-teknologian käyttö tulee kasvamaan niin terveydenhuollossa kuin muillakin aloilla ja käyttö yleistyy jokapäiväisessä elämässä.

ASIASANAT: virtuaalitodellisuus, VR, terveydenhuolto, terveysteknologia

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Bachelor of Engineering, Information and Communications Technology

2020 | 25 pages

Niko Laaksonen

THE USE OF VR EQUIPMENT AND SOLUTIONS IN HEALTHCARE

The goal of this thesis was to research the technology and use of VR equipment focusing on healthcare but also studying the other possibilities of VR technology. The research was carried out by going through different articles and studies about VR technology. The work was started by researching the tech behind VR to get a better understanding of the capabilities of VR and what kind of equipment is available today. In addition to the usual VR headset, technologies such as the VR suit and eye tracking technology were found. These technologies improve the VR experience making it more immersive. In healthcare the biggest areas that use VR technology are rehabilitation and education. Many VR solutions for rehabilitation and therapy were found and studied in this thesis, for example the virtual reality exposure therapy (VRET) and the Diego-rehabilitation system. The education purposes of VR in healthcare was also studied and reviewed. In the final theory part, the future of VR technology in healthcare and in general was researched on. The future of VR seems to be very bright and the usage of the technology is predicted to grow. The thesis reveals the many possibilities of VR technology in healthcare and the effects that VR has on the mind and body.

KEYWORDS: virtual reality, VR, healthcare, healthtech

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	6
2 VR-TEKNOLOGIA	7
2.1 VR-tekniikka	7
2.2 Katseenseuranta teknologia	9
2.3 VR-puvut	10
2.4 VR-teknologia ei ole pelkästään viihdettä varten	11
2.5 VR-teknologian vaikutukset	12
2.6 VR/AR-teknologiaa hyödynnetään myös markkinoinnissa	12
3 VR-TEKNOLOGIA TERVEYDENHUOLLOSSA	14
3.1 Virtuaalinen altistusterapia	14
3.2 Motoristen toimintojen terapia	15
3.3 Kirurgia ja koulutus	15
3.4 Näön parannusta IrisVisionin avulla	16
3.5 Empaattisuuden oppimista VR-teknologian avulla	17
3.6 Diego kuntoutusjärjestelmä	17
3.7 Terveyspelit	18
4 MILTÄ VR-TEKNOLOGIAN TULEVAISUUS NÄYTTÄÄ	20
4.1 VR-teknologian kehitys ennustuksia	20
4.2 VR-teknologian tulevaisuus terveys- ja avustuspalvelujen saralla	21
5 POHDINTAA	22
LÄHTEET	23

KÄYTETYT LYHENTEET

VR	Virtuaalitodellisuus
VRET	Virtuaalinen altistusterapia
Haptinen	Kosketukseen tai aistiin perustuva informaation välitys
Afasia	Aivoperäinen puhehäiriö
AR	Lisätty todellisuus

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on VR-tekniikan käyttö ja sovellukset terveydenhuollossa. Valitsin aiheen omien kiinnostuksieni pohjalta ja VR-laitteiden kasvavan käytön takia. Kiinnostus VR-tekniikkaan syventyi ammattiharjoitteluni aikana Turku Health Tech Labissa ja kokonaisvaltainen käsitys sen kapasiteetista hyödyntäisi sekä minua että terveysalan tuotekehittäjiä ja toimijoita. Työn tarkoituksena on löytää terveydenhuollon puolelta jo käytössä olevia VR-tekniikan käyttökohteita ja tarkastella niitä. Ennen terveydenhuollon sovelluksiin tutustumista tarkastellaan nykypäivän VR-tekniikkaa yleisellä tasolla tutkien eri laitteita ja tekniikkaa. Laitteistoon ja tekniikkaan tutustumisen jälkeen siirrytään terveydenhuollon sovelluksiin ja tarkastellaan niitä. Kolmannessa ja viimeisessä teoriassa osassa tutkitaan VR-tekniikan tulevaisuutta terveydenhuollossa ja muilla aloilla. Pohdinta osiossa tarkastellaan tehtyä työtä niin terveydenhuollon sovelluksien kuin muidenkin VR-tekniikan käyttökohteiden kannalta. Työ tehdään kirjallisuuskatsauksena käyttäen aiheesta aiemmin julkaistuja artikkeleita ja tutkimuksia.

2 VR-TEKNOLOGIA

VR on lyhene sanoista "Virtual Reality" eli suomeksi virtuaalitodellisuus.

Virtuaalitodellisuus käsitettä on ensimmäisen kerran käytetty jo vuonna 1938, mutta vasta 2010-luvulla kiinnostuivat markkinoiden suurimmat toimijat VR-teknologiasta. Oculus Rift oli vuonna 2014 VR-lasien johtava kehittäjä, jonka Facebook päätti ostaa 1,7 miljardilla eurolla. Oculus Riftin lisäksi markkinoiden suuriin tekijöihin kuuluivat tuolloin mm. HTC VIVE, Samsung Gear, Google Cardboard ja Playstation VR. (Arvanaghi & Skytt 2016.)



Kuva 1. Virtuaalilasit (Vašek n.d.).

2.1 VR-tekniikka

VR-tekniikan päätehtävä on simuloida näköämme yhdellä tai kahdella ruudulla eliminoi-
den vuorovaikutuksen oikean maailman kanssa. VR-laitteissa on yleisesti käytössä kaksi

automaattisesti tarkentavaa linssiä, jotka reagoivat silmien liikkeisiin ja paikkoihin. Renderöinti tapahtuu joko älypuhelimella tai tietokoneeseen liitetyllä HDMI-kaapelilla. (How VR works? The technology behind virtual reality 2018.)

VR-kokemuksen laatuun vaikuttavat kuva- ja virkistystaajuudet sekä näkökentän koko. Kuva- ja virkistystaajuuksien tulisi olla vähintään 60 fps ja 60 Hz. Näkökentässä tulisi pyrkiä 180°:seen. Jos näistä jokin ei toimi standardien mukaan, saattaa käyttäjä kokea viivettä liikkuaan VR-maailmassa. Huijataksemme aivoja luulemaan olevansa virtuaalimaailmassa tulee vasteajan olla vähemmän kuin 20 ms. (How VR works? The technology behind virtual reality 2018.)

VR-teknologia hyödyntää 3D-ääniteknologiaa, joka saa virtuaalimaailmat tuntumaan entistä todellisimmilta. Binauraalinen 3D-ääni on autenttisempi korvillemme kuin kaksiulotteinen stereo. Teknologian tarkoitus on päästä mahdollisimman lähelle oikean elämän tilannetta ja replikoida äänen vastaanottamista luonnollisessa tilassa. Käyttäjä kykenee paikantamaan äänten etäisyydet ja paikat itseensä verrattuna. (Wesemann 2017.)

VR-lasien lisäksi käytetään erilaisia ohjaimia, millä vaikutetaan virtuaaliseen maailmaan tai sen objekteihin (Kuva 2). Esimerkiksi HTC Viven ohjaimet käyttävät apuna infrapuna tekniikkaa, jolla pystytään tarkasti sijoittamaan ohjain juuri siihen paikkaan virtuaalimaailmassa, missä käyttäjä sitä pitää kädessään. Tukiasemat lähettävät infrapunasihtimelejä ja useat sensorit ohjaimessa havaitsevat ja lähettävät ne takaisin tukiasemalle. Näin pystytään päättelemään ohjaimen etäisyys ja paikka tukiasemaan verrattuna. (Brown 2016.)



Kuva 2. Ohjaimet mahdollistavat käyttäjän vuorovaikutuksen VR-sisällön kanssa (RAEng Publications n.d.).

2.2 Katseenseuranta teknologia

Useimmat mobiili VR-lasit, kuten Oculus Go, tukevat vain pyörimisliikkeen seurantaa (3DoF, 3 Degrees of Freedom). Lasit eivät siis tunnista käyttäjän kyykkyyntä tai pään liikkumista lateraalisesti tai vertikaalisesti. 3DoF VR-lasit ja -ohjaimet sopivat istuttaessa käytettäviin virtuaalisovelluksiin, missä et voi liikkua itse fyysisesti. Tietokoneella käytettävillä hieman tehokkaammilla VR-laseilla käytetään sijaintiin perustuvaa seurantaa (6DoF, 6 Degrees of Freedom). Tämä mahdollistaa lateraalisen ja vertikaalisen liikkeen seurannan ja käyttäjä pystyy fyysisesti liikkumaan virtuaalimaailmassa. Kun samaa tekniikkaa käytetään ohjaimissa, pystyy käyttäjä vuorovaikuttamaan virtuaaliympäristöön myös käsillään. (Heaney 2019.)

Osaan VR-laseista on lisätty katseenseuranta teknologiaa. Markkinoilla olevaan HTC VIVE Pro Eye VR-laseihin on sisäänrakennettu katseenseuranta teknologiaa. Katseenseuranta teknologiasta vastaa laseissa Tobii, joka on maailmanlaajuisesti tunnetuin katseenseuranta teknologian tuottaja. Katseenseuranta paljastaa mihin käyttäjän huomio milläkin hetkellä kohdistuu ja mitkä elementit tai tapahtumat aktivoivat käyttäjän reagoimaan tietyllä tavalla. Katseenseuranta dataa voidaan kerätä 360-asteen sisällöstä kuten videoista ja kuvista tai 3D-virtuaalimaailmoista. VR-teknologia yhdessä katseenseuranta teknologian kanssa laajentaa eri tutkimusmahdollisuuksia. (Virtual Reality – Why combine eyetracking with VR? 2020.)

Katseenseuranta teknologia mahdollistaa käyttäjätutkimusten tekemisen nopeammin ja halvemmin kuin ennen. Erilaiset kampanjat ja mainokset voidaan testata VR-teknologian ja katseenseurannan avulla, jotta saadaan selville mainoksen tehokkuus ja oikean viestin välittyminen kuluttajalle. Saadun katseenseuranta datan avulla voidaan esimerkiksi sijoittaa tuotteet kaupassa eri tavalla, jotta kuluttajan huomio keskittyisi enemmän tuotteisiin mitä halutaan myydä. (Virtual Reality – Why combine eyetracking with VR? 2020.)

Tällä hetkellä katseenseurantaa tukevia VR-laseja on vielä vähän. Näihin kuuluvat jo edellä mainitun HTC VIVE Pro Eyn lisäksi Varjo VR-1 -lasit, Pico Neo 2 Eye -lasit sekä Nrealin Light -lasit. Varjon laseissa on sekä katseen- että käsienseurantateknologiaa ja heidän mukaansa heillä on kehittynein kahden silmän seurantateknologia, mitä VR-laseissa on käytössä. Varjon VR-laseja voi myös käyttää, vaikka silmälasit tai kontakti-linsit olisivat päässä. Picon Neo 2 Eye on toinen Tobiiin katseenseuranta teknologialla in-

tegroitu VR-paketti, joka tukee 4k kuvaa ja langatonta striimausta VR-valmiilta tietokoneelta. Nrealin lightit ovat sekä virtuaalista- että lisättyä todellisuutta tukevat lasit. Yhteistyössä 7invensunin kanssa he lisäsivät lasihin katseenseurannan, jonka avulla voidaan seurata katsetta reaaliaikaisesti. (Friedman 2020.)

2.3 VR-puvut

VR-puvut ovat päälle puettavia laitteita, jotka eristävät käyttäjän kehon ulkomaailmasta. Puvut sisältävät sensoreita, joiden avulla erilaisia aistikokemuksia välitetään käyttäjälle. Puvuissa on myös liiketunnistimia sekä lämpötilansäätely teknologiaa. Nämä tuntoaistiin perustuvat puvut ovat useimmiten takkeja tai liivejä, mutta jotkut puvuista sisältävät myös housut takin lisäksi. (Dybsky 2017.)

Aistien herättämisessä useimmin käytetty teknologia on värinä. Väriseviä moottoreita asetetaan pukuun niihin kohtiin, missä käyttäjän VR-maailmassa koettu kosketus tapahtuu. Toinen yleisesti käytetty teknologia on "Force Feedback", mikä tarkoittaa ulkoisen tukirangan käyttöä. Kun käyttäjä kohtaa esteen VR-maailmassa tukiranka reagoi siihen vaikeuttamalla käyttäjän liikettä tiettyyn suuntaan. Samaa sensaatiota ei saada aikaan millään muulla teknologialla. (Dybsky 2017.)

Kolmas tapa herättää aistikokemuksia on ultraääni. Ultraäänit antavat käyttäjälle tarkan näkemyksen virtuaalisessa maailmassa olevasta objektista. Ultraäänien käytössä huonoja puolia on kuitenkin sen iso energian tarve ja ultraääniaaltojen tuottoon käytettävän oheislaitteen pakollisuus. Neljäs ja viimeinen tapa herättää aistikokemuksia on sähköinen stimulaatio. Sähköistä stimulaatiota on kahta eri tyyppiä: EMS (Electrical Muscle Stimulation) eli sähköinen lihasstimulaatio ja TENS (Electrical nerve stimulation) eli sähköinen hermostimulaatio. Molempien stimulaatio tekniikojen käyttö yhdessä mahdollistaa eri aistien aktivoimista ja esimerkiksi erot kovan ja pehmeän välillä on helppo tunnistaa. Stimulaation avulla pystytään imitoimaan jopa sateen tippumista iholle. (Dybsky 2017.)

Liiketunnistusteknologian tarkoitus on paikantaa VR-maailmassa olevan henkilön tämänhetkinen paikka ja seurata eri kehonosien liikkeitä. Liikkeentunnistusteknologioihin kuuluu mm. gyroskooppinen systeemi, optinen seuranta sekä ns. hybridi systeemi, joka yhdistää gyroskooppisen ja optisen seurannan. Gyroskooppisessa seurannassa pukuun on asennettu sensoripiiri, joka lähettää tietoa käyttäjän paikasta ja liikkeistä virtuaaliseen

maailmaan. Optinen seuranta on tarkempi kuin gyroskooppinen seuranta, mutta paljon kalliimpaa. Seurantajärjestelmä koostuu yleensä joukosta optisia kameroita, joita on aseteltu huoneen ympärille missä VR-pukua pitävä henkilö liikkuu. Hybridi-liikkeenseuranta systeemi yhdistää optisen- ja gyroskooppisen seurannan, minkä seurauksena saadaan kaikista tarkin paikka- ja liiketieto virtuaaliseen maailmaan. (Dybsky 2017.)

Peltier-elementti on vastuussa VR-puvun lämpötilan vaihtelusta. Peltier-elementin toiminta perustuu lämpötilan vaihteluun, kun sen läpi kulkee sähkövirta. Lämpötilaa voidaan vaihdella 10-40 asteen välillä. Peltier-elementti ei tarvitse kaasuja tai nesteitä, mutta se kuluttaa paljon energiaa, jonka takia VR-puvussa tulee olla iso ja tehokas akku. (Dybsky 2017.)

2.4 VR-teknologia ei ole pelkästään viihdettä varten

VR-teknologialla on potentiaalia muuttaa ihmisten ja yritysten kanssakäymistä. Työhaastattelu voikin olla virtuaalitodellisuudessa tehtävä testi. Työnantaja voi käyttää simuloituja tilanteita oikean henkilön palkkaamisen apuna. VR-teknologiaa voidaan myös käyttää jo olemassa olevien työntekijöiden tehokkuuden parantamiseen ja uusiin tilanteisiin valmistautumiseen. Virtuaaliympäristöt mahdollistavat uusien ideoiden testaamisen, ennen kuin niistä tehdään oikeaan maailmaan sovelluksia. Tämä auttaa projektien suunnittelussa ja mahdollisten ongelmatilanteiden huomaamisessa. (Garbade 2018.)

Insinöörin töissä tarvitaan usein prototyyppejä, mitkä ovat mahdollisesti hyvinkin kalliita rakentaa. 3D-mallinnustekniikan yhdistäminen virtuaalitodellisuuden kanssa on halvempi vaihtoehto ja auttaa myös ymmärtämään projekteja paremmin jo ennen tuotantovaihetta. Arkkitehtuurissa käytetään myös VR-teknologiaa apuna samaan tapaan kuin insinöörinkin töissä. Tulevasta rakennuksesta luodaan suunnitelmien pohjalta valmis rakennus virtuaalimaailmaan, jossa asiakas voi tutustua paikkoihin. Sisätilojen sisustuksen suunnittelu tai virtuaaliset asunonäytöt ovat myös mahdollisia VR-teknologian avulla. (10 Business applications of virtual reality (VR) technology 2020.)

VR-teknologiaa voidaan käyttää myös matkailualalla. Virtuaaliset matkat erilaisiin oikean elämän kohteisiin voivat potentiaalisesti vaikuttaa asiakkaan lomapaikan valintaan. Myös hotellit voivat käyttää VR-teknologiaa apunaan näyttämällä asiakkaille millaista palvelua hotellissa tulee saamaan. (10 Business applications of virtual reality (VR) technology 2020.)

2.5 VR-teknologian vaikutukset

Barcelonan yliopistossa tutkijat testasivat, miten VR-teknologia voi vaikuttaa ihmiseen. Tutkittaville asetettiin päähän VR-lasit ja puettiin seurantapuku. Virtuaalimaailmassa testattavat elivät Albert Einsteinin kehossa vaihtaen oman olemuksensa hyvin älykkääseen fyysikkoon. Käyttäjät, joilla oli huono itsetunto, onnistuivat paremmin kognitiivisissa testeissä, kun huomasivat olevansa Albert Einstein. Tutkimuksessa huomattiin myös testattavien ennakkoluulojen vanhempia ihmisiä kohtaan vähenevän. Tutkimus todistaa VR-teknologian vaikuttavan neurologisiin toimintoihin. (Guillette 2019.)

VR-teknologialla on myös haittavaikutuksia. Isoin ongelma on virtuaalisentodellisuuden aiheuttama pahoinvointi. Virtuaalilaseja käyttäessä on todettu joidenkin ihmisten kokevan pahoinvointia samaan tapaan kuin esimerkiksi laivalla matkustaessa. Tämä johtuu sisäkorvassa sijaitsevan tasapainoelimen reagoinnista näkemäämme virtuaalisäältöön. Joillakin huono olo tulee jo 30 minuutin sisällä, kun taas muilla voi mennä monta tuntia ennen kuin huomaa huonoa olotilaa. Virtuaalitodellisuudesta johtuvaa pahoinvointia kutsutaan myös kyber pahoinvoinniksi. (How does virtual reality affect us? 2017.)

2.6 VR/AR-teknologiaa hyödynnetään myös markkinoinnissa

Huikkeen pelaajamäärän saavuttanut Pokemon GO julkaistiin vuonna 2016 ja oli yksi ensimmäisistä virtuaalitodellisuutta hyödyntävistä mobiilipeleistä. Pelin idea on kävellä kaupungilla ja etsiä Pokemoneja, jotka näkyvät puhelimen kameran läpi oikeassa maailmassa. Kun peli julkaistiin, käytettiin sitä enemmän kuin muita sen ajan suosituimpia sovelluksia. Pelin suurta käyttäjämäärää käytettiin hyväksi marketoinnissa. Pelin sisällä ostettavissa olevan ”houkuttimen” eli luren avulla pokemoneja ilmaantuu enemmän tiettyillä Pokestopilla. Omaa yritystä käytettiin Pokestoppina ja houkuttimien avulla asiakasmäärä nousi. Yritykset mainostivat myös sosiaalisessa mediassa mm. kellonaikoja milloin houkuttimet olivat aktiivisia, mikä houkutteli pelin pelaajia paikan päälle. (Patel 2020.)

VR-teknologian avulla voidaan tarkastella käyttäjän katseen liikeitä ja näin saada selville, mikä virtuaalisessa mainoksessa kiinnittää käyttäjän huomion. Mainostajien tulee olla entistä kekseliäimpiä luodessaan mainoksia virtuaalimaailmaan ja niiden vuorovaikutus

käyttäjän kanssa tulee olla luonnollista ja sujuvaa. VR-mainokset eivät saa olla päällekkäisiä, tylsiä kokemuksia koska se voi pilata käyttäjän VR-kokemuksen. Hyvin tehty VR-mainos tarjoaa käyttäjälle enemmän mahdollisuuksia olla vuorovaikutuksessa sisältöön. (Matia 2020.)

3 VR-TEKNOLOGIA TERVEYDENHUOLLOSSA

VR-teknologiaa on ollut suomalaisten käytössä jo monen vuoden ajan. Vaativien hoitotilojen ja leikkausosastojen mallinnus olivat ensimmäisiä VR-teknologian sovelluksia Suomessa. VR-mallit ovat auttaneet tunnistamaan ongelmia jo tilojen suunnitteluvaiheessa. Potilasvirrat ja vaativien hoitotilojen erityispiirteet on VR-mallinnuksella huomioitu paremmin ja tiloista on saatu käyttäjätarpeita vastaavampia. (Virtuaalitodellisuudessa voi tehdä mitä tahansa, terveydenhuollossakin 2017.)

VR-teknologiaa hyödynnetään myös terapiassa. Virtuaaliympäristöissä voidaan simuloida tilanteita mm. arkielämän haasteista. Tämä mahdollistaa potilaan tutustumisen haasteisiin rauhassa ilman ulkomaailman hankaluuksia. Virtuaalimaailmat ovat hyvin paljolti muokattavissa kullekin potilaalle ja kun edistystä tapahtuu, voidaan haasteita lisätä. (Virtuaalitodellisuudessa voi tehdä mitä tahansa, terveydenhuollossakin 2017.)

Virtuaalitodellisuuden avulla pystytään vähentämään kipusignaaleja potilailla. Voimakasta kipua pystytään lievittämään hyvinkin merkittävästi VR-teknologiaa hyödyntäen. Kivun lievennys hoidetaan pääasiassa lääkkeillä, jotka ovat mahdollisesti riippuvuutta aiheuttavia potilaalle. Lääkkeetön virtuaaliterapia toimii vaihtoehtona tietyille kiputyypeille. (Ries 2019.) Lukuiset tutkimukset tukevat VR-teknologian kykyä lieventää kipua erilaisissa toimenpiteissä tai niiden jälkeen (Mallari ym. 2019).

3.1 Virtuaalinen altistusterapia

VRET eli virtuaalisen altistusterapian tarkoitus on auttaa potilaita, jotka kärsivät ahdistushäiriöistä tai fobioista. Altistusterapian tarkoituksena on vähentää potilaan ahdistusta tai pelkoa tietyissä tilanteissa. Potilas oppii terapian avulla käsittelemään pelon tai ahdistuksen tunnetta ja näin parantamaan elämänlaatuaan. Joskus tilanteiden kohtaaminen oikeassa elämässä voi olla vaikeaa. Virtuaalinen altistusterapia toimii ensimmäisenä askeleena ahdistuksen tai pelon lieventämisessä ilman ulkomaailman haasteita. (Tull 2020.)

Potilas viedään VR-lasien avulla virtuaaliseen ympäristöön, jossa sijaitsee pelon tai ahdistuksen aiheuttaja. Potilas saa näin rauhassa tottua tilanteeseen tietäen sen olevan simulaatio. (Tull 2020.) Simuloiduilla ympäristöillä on monia muitakin etuja. Terapeutilla

on täysi kontrolli tilanteesta ja ohjelman voi sammuttaa missä kohtaa tahansa. Oikeassa maailmassa tilanteen nopea purkamisen ei aina ole mahdollista. Esim. potilas, joka pelkää lentämistä ei voi mennä lentokoneesta ulos ja takaisin, joten simulaatio voikin olla ainoa vaihtoehto vähentää pelon tunnetta. Potilasta voi ahdistaa myös ulkomaailmassa hänelle tutun henkilön näkeminen tai sosiaaliset tilanteet, minkä vaara poistuu VRET:n avulla. Terapia sessiot ovat myös lyhyempiä, koska tilanteita simuloidaan yhdessä paikassa eikä terapeutin toimipisteeltä tarvitse lähteä muualle. Nopea toisto on myös mahdollista potilaan fobiaansa tottumisen mukaan. (Using virtual reality therapy for phobias 2020.)

3.2 Motoristen toimintojen terapia

Joukko tutkijoita Etelä-Carolinan yliopistolta parantavat aivoinfarktista selvinneiden potilaiden motorisia kykyjä VR-tekniikan ja aivokäyttöliittymien avulla. Potilaille näytetään hahmo heidän ylemmistä raajoistaan ja visualisoidaan yritetty liike virtuaalisesti. EEG-sensori tarkkailee aivojen toimintaa ja EMG-sensori lihasten toimintaa. Sensorien tietojen avulla potilas kykenee suorittamaan tehtävän virtuaalisessa maailmassa, minkä on todistettu parantavan potilaan kykyä suunnitella ja kuvitella tulevia liikkeitä sekä edesauttavan ylempien raajojen motoristen kykyjen parantumista. (Marchionne 2019.)

Meditoivan VR-terapian on myös huomattu auttavan askelluksen parantamisessa aivoinfarktista saaneilla potilailla. Juoksumatolla ja päässä olevilla VR-laseilla pystytään simuloimaan askellustapahtuma virtuaalisessa ympäristössä. Potilaan kehitystä seurataan inertiamittausyksiköillä (IMU) sekä voima- ja EMG-sensoreilla. EMG-sensorien avulla mitataan potilaan lihasten aktivoitumista, dynamiikkaa ja liikettä. Terapeutit saavat sensoreista reaaliaikaista tietoa potilaasta, mikä antaa mahdollisuuden analysoida ja korjata mahdollisia virheitä. (Marchionne 2019.)

3.3 Kirurgia ja koulutus

Kesällä 2017 tehtiin ensimmäinen VR/AR-tekniikkaa hyödyntävä leikkaus Suomessa. Virtuaalilaseja käytetään todellisuuden apuna leikkaussalissa. Laseissa näkyy sekä oikea tilanne että suunnitelma hologrammikuvana. Anatomiset rakenteet näkyvät kolmiulotteisena hologrammikuvassa. Virtuaalilasien läpi sovitettu hologrammikuva auttaa

paikantamaan esimerkiksi syöpäkudoksia ja niiden poistaminen onnistuu nyky menetelmiä tarkemmin. Sovellus kykenee hienojakeisiin laskelmiin ja syöpäkudoksen etäisyys anatomisista rakenteista pystytään mittaamaan tarkasti. VR/AR-tekniikan käyttö mahdollistaa yksilöllisemmän, tarkemman ja nopeamman hoidon ja leikkausten laatu paranee, mikä johtaa nopeampaan toipumiseen. Tekniikan käyttö helpottaa myös dokumentointia, mitä voidaan hyödyntää opetuksessa. (Tilander 2018.)

Virtuaalitodellisuuden käyttö kirurgian opetuksessa on vielä suhteellisen vähäistä Suomessa, mutta se soveltuu hyvin eri toimenpiteiden harjoitteluun. Kirurgien koulutuksessa on päästy hyviin tuloksiin virtuaalitodellisuuden avulla ja harjoittelu tapahtuu ilman riskiä oikealle potilaalle. Virtuaalitodellisuustekniikan avulla on mahdollista toteuttaa hyvin realistinen toimenpidetilanne, jossa näkyy potilaan anatomia ja toiminnallisuus. (Takala 2017.)

3.4 Näön parannusta IrisVisionin avulla

IrisVision auttaa huononäköisiä potilaita näkemään paremmin. Makularappeumasta, glaukoomasta (silmänpainetauti) tai diabeettisesta retinopatiasta kärsivien potilaiden näköä pystytään parantamaan IrisVisionin avulla. IrisVision käyttää apunaan älypuhelinta yhdessä VR-päähineen kanssa. Laite auttaa käyttäjän aivoja tunnistamaan silmästä alueet, jotka toimivat vielä normaalisti, ja täyttää sitten ”tyhjät aukot” luoden kokonaisen kuvan älypuhelimien ruudulle. IrisVision käyttää eri algoritmeja eri silmäsairauksille. (Strietelmeier 2019)

Käyttäjä pystyy IrisVisionin avulla tarkentamaan katsettaan esineisiin, mikä mahdollistaa esimerkiksi kirjojen lukemisen tai television katsomisen. Laitetta ei tosin ole suunniteltu käytettävän kävellessä tai autoa ajaessa. IrisVision on tehty yhteistyössä John Hopkins yliopiston, Stanfordin yliopiston ja UPMC Pittsburgin kanssa. IrisVision on FDA 1 luokan lääkinällinen laite. (Strietelmeier 2019)

IrisVisionin tekemällä videolla esitellään Ronald Sandin tapaus ja miten IrisVisionin avulla hän pystyi parantamaan elämänlaatuaan. 77-vuotiaana hän huomasi toisen silmänsä näön sumenevan pikkuhiljaa. Ronald kävi lääkärissä mutta siellä kerrottiin kyseessä olevan makularappeuma ja että häntä ei voitu auttaa. Ronald masentui huonon näön takia ja hänen poikansa huomasi tämän. Poika etsi internetistä jotain, mikä voisi

auttaa Ronaldia ja löysi IrisVisionin. Laitte poisti näkökentän sumentuneen alueen ja Ronald pystyi IrisVisionin ansioista harrastamaan taas lempi harrastuksiaan. (IrisVision 2018.)

3.5 Empaattisuuden oppimista VR-tekniikan avulla

New Englandin (UNE) yliopistossa Mainessa on luotu VR-projekti, jonka avulla opetetaan ensimmäisen vuoden lääketieteen opiskelijoille empaattisuutta potilaita kohtaan. VR-ohjelman avulla opiskelijat kokevat millaista on olla 74-vuotias potilas, joka kärsii silmänpohjan ikärappeumasta ja huonosta kuulosta. Projektin päämäärä on parantaa opiskelijoiden kykyä samaistua vanhempiin potilaisiin ja saada parempi käsitys siitä millaista on olla vanhempi aikuinen. (Meacham 2017.)

Projektin nimi on We Are Alfred ja virtuaalinen kokemus luodaan käyttämällä VR-päähinettä, kuulokkeita ja käsienseuranta laitetta. Tarina sisältää 6 osiota, joista jokainen kestää noin 7 minuuttia. Osioiden sisällöt vaihtelevat syntyäreistä lääkärikäynteihin ja esimerkiksi synttäriosiossa käyttäjä näkee keskellä näkökenttää ison mustan alueen, joka simuloi makularappeumasta kärsivän potilaan kokemusta. Toisenlaisessa osiossa käyttäjä viedään tilanteeseen, jossa lääkäri haluaa potilaan tekemän kognitiivisen testin. Käyttäjällä on vaikeuksia suorittaa testi koska ei kuule mitä lääkäri simulaatiossa sanoo. (Wanshel 2016.)

3.6 Diego kuntoutusjärjestelmä

Diego-kuntoutusjärjestelmä poistaa maan vetovoiman vaikutukset yhteen tai molempiin käsiin. IGC eli Intelligent Gravity Compensation auttaa käyttäjää tekemään päivittäisissä askareissa tarvittavia liikkeitä simuloitusti. Kättä voidaan hoitaa joko yhtä aikaa tai yksi kerrallaan. Terapia käytössä Diegolla on monia eri vaihtoehtoja. Interaktiiviset pelit antavat käyttäjälle haptisen ja visuaalisen palautteen, minkä avulla liike suoritetaan virtuaalitodellisuudessa. VR-maailmasta saatu tieto motivoi käyttäjää tekemään useita toistoja ja parantaa näin käyttäjän neuroplastisuutta. (Robot-assisted arm rehabilitation with Diego 2018.)

Terapia moduulit sisältävät eri vaikeustasoja, mikä mahdollistaa kuntoutusjärjestelmän käytön kaikissa kuntoutuksen vaiheissa. Diego-kuntoutusjärjestelmän avulla käyttäjä

pystyy seuraamaan omaa kehitystään ja tuloksia pystytäänkin tarkastelemaan missä kohtaa tahansa. Diego-kuntoutusjärjestelmä tekee käsien kuntouttamisesta monipuolisempaa ja motivoivaa. (Robot-assisted arm rehabilitation with Diego 2018.)

3.7 Terveyspelit

Suomalainen Peili Vision tekee terveyspelejä ja he hyödyntävät peleissään VR-tekniikkaa. Yksi heidän tekemistään virtuaalipeleistä auttaa potilaita, jotka kärsivät afasiasta. Pelin on tarkoitus tukea puheen ja kielen kuntoutusta. Potilas asettaa päähänsä virtuaalilasit ja pelimaailmassa tulee vastaan eri esineitä. Potilaan tehtävä on yhdistää oikea sana ja tavara tai lausua ääneen asioiden nimiä. Potilaan suoritukset ja reaktioajat tallentuvat ja puhe terapeutti pystyy muokkaamaan peliä potilaan tarpeiden mukaan. Joonas Pöllän mukaan on palaute pelistä ollut innostunutta ja kuntoutujan näkökulmasta hyvin motivoivaa. (Vehmanen 2016.)

Peili Visionilla on 8 muokattavaa harjoitustyyppiä, joissa on 100 valmista harjoituspohjaa ja 16 ympäristöä sekä satoja esineitä. Pelejä voidaan suorittaa kotona, sairaalassa tai kuntoutuskeskuksessa ja pelejä on kehitetty puheterapiaan, neuropsykologiaan, toimintaterapiaan sekä fysioterapiaan. Harjoitusmuotoihin kuuluvat mm. muistipeli, tienylitys ja ruokakauppa. Terapeutti suunnittelee yksilöllisesti jokaiselle potilaalle harjoitteen ja potilaan omainen saa ohjeet harjoittelusta tabletille etänä. Potilaan harjoittelu tapahtuu VR-lasit silmillä ja omainen auttaa harjoitusten suorittamisessa. Harjoittelun data tallennetaan pilvipalveluun, josta terapeutti voi tarkastella harjoitusten tuloksia ja harjoitteluhistoriaa. (Harjoitusmuodot 2019.)

Grace Andruszkiewiczin mukaan virtuaaliset maailmat ja pelit voivat antaa vanhuksille mahdollisuuden sosialisoitua ja osallistua aktiviteetteihin mihin ei iän myötä enää muuten pystyisi. Andruszkiewiczin yritys Rendever tarjoaa VR-kokemuksia yli 30 osavaltiossa helpottaen vanhuksien yksinäisyyttä. Rendever keskittyy vanhuksien elämien parantamiseen virtuaaliodellisuuden avulla. Rendeverin työntekijät ohjeistavat VR-laitteiden käytössä. Rendeverin toiminta perustuu virtuaalikokouksiin, joita pidetään ryhmissä. Ryhmässä olevien vanhusten virtuaalilasit ovat yhteydessä toisiinsa. Tämä luo yhteisöllisyyden tunnetta ja käyttäjät voivat keskustella virtuaalimaailman tapahtumista reaaliajassa. (Capital Senior Living. 2020.)

Andruszkiewicz kertoo esimerkki tapauksen dementia potilas Mickeystä. Siirryttyään hoitokotiin oli Mickey yksi positiivisimmista asukeista. Pian kuitenkin dementia vaikutti Mickeyyn ja ensimmäiset oireet näkyivät Brocan afasian muodossa. Mickey hävitti taitonsa kommunikoida ja hänet siirrettiin muistiosastolle. Virtuaalitodellisuuden avulla Mickeyn tuttu persoonallisuus saatiin kuitenkin esiin viemällä hänet huoneeseen, joka oli täynnä kultaisenoutajan pentuja. VR-teknologia auttoi Mickeyä myös kommunikoidaan hoitajilleen hänen olotilastaan ja vielä 6 kuukauden jälkeenkin Mickey oli edelleen jatkanut kommunikointia hoitajiensa kanssa VR-teknologian ansiosta. (Virtual reality allows seniors to experience a whole new world right at their fingertips 2020.)

Rendeverin palvelujen ansiosta vanhukset voivat palauttaa mieleensä entisiä perheen tapahtumia 360-asteen videoiden avulla. Matkat eri maailman kohteisiin kuten Pariisiin on mahdollista virtuaalisesti VR-lasien kautta. VR-teknologian avulla vanhukset myös saavat liikuntaa huomaamatta sitä edes itse. Tätä varten Rendever on kehittänyt Balloon Popper-pelin, jossa käyttäjät puhkaisevat virtuaalisia palloja nenällään saadakseen parhaan tuloksen. (Virtual reality allows seniors to experience a whole new world right at their fingertips 2020.)

4 MILTÄ VR-TEKNOLOGIAN TULEVAISUUS NÄYTTÄÄ

4.1 VR-tekniologian kehitys ennustuksia

RS Components on ennustanut VR-tekniologian kehittymisen vaiheita lähivuosista aina vuoteen 2050 asti. Sen ennustuksien mukaan 5G tekniologia tulee parantamaan VR-kokemusta nopeimpien yhteyksien ansiosta. Nopeat yhteydet mahdollistavat pienemmät viiveet video materiaalissa ja paremman yhteyden virtuaalisäältöön ylipäättänsä. Virtuaalitekniologian ennustetaan myös siirtyvän entistä enemmän kädessä pidettäviin laitteisiin kuten kelloihin tai puhelimiin, ja VR-lasit muistuttaisivat enemmän aurinkolaseja nykyisen ison koon sijasta. (The future of virtual reality 2018.)

Yksi RS Componentsin ennustuksista on jo käynyt toteen, sillä erilaisia pelkotiloja hoidetaan jo VR-laitteiden avulla. Sen ennustuksessa siihen pystyttäisiin vasta 2030-luvulla. RS Components ehdottaa tulevaisuuden työnhakuun neutraaleja virtuaalisia hahmoja, jotta palkkaus tapahtuisi vain henkilön taitojen perusteella. Ostoksien tekemisen ennustetaan siirtyvän kotioloihin virtuaaliodellisuuden muodossa, jossa ostaja kokeilee päälleen vaatteita VR-laitteen avulla. RS Components ennustaa nettishoppailun mullistumisen tapahtuvan viimeistään vuonna 2050. (The future of virtual reality 2018.)

Jay Latta ennustaa päivittäisen työmatkan muuttuvan personalisoiduksi virtuaaliseksi ympäristöksi, jossa on mahdollista työskennellä tai rentoutua vaikka oman lempi televisiosarjan parissa. Täysin autonomisia kulkuvälineitä on jo pyritty kehittämään niin Googlen, Uberin kun start-up projektienkin toimesta. (Peyton 2018.)

You-VR:n perustaja Cyril Tuschi ennustaa kevyiden virtuaalilasien olevan tulevaisuudessa jokapäiväinen varuste. Virtuaalilasien tarkoitus olisi vähentää aikaa ruutujen edessä. Tuschi ennustaa myös ruutu-aikaan liitettyjen negatiivisten vaikutusten pienenemistä. Lasien myötä monia nykypäivän laitteita kuten puhelimia tai kelloja, ei enää tarvittaisi. (Peyton 2018.)

4.2 VR-tekniologian tulevaisuus terveyst- ja avustuspalvelujen saralla

Chimeren Peerbhain mukaan virtuaaliset avustuspalvelut kehittyvät niin pitkälle, että kotona on virtuaalinen ihmisen kaltainen avustaja. Tekoälyn ja koneoppimisen avulla voitaisiin jopa luoda virtuaalinen hahmo edesmenneestä puolisoista, joka käyttäytyisi samaan tapaan kuin eläessään. Olemme tällä hetkellä vielä kaukana realistisesta virtuaali-ihmisestä, mutta teknologioita kuten chat-botteja, robotteja ja ääniaktivoituja avustajia on jo olemassa. Tekoälyn kehittyessä niistäkin tulee koko ajan enemmän oikeaa ihmistä muistuttavia. (Peyton 2018.)

Tohtori Holly Richmondin mukaan 20 vuoden päästä seksuaalisuus ja siihen suhtautuminen muuttuu dramaattisesti. Ensimmäiset treffit ja seksuaaliset kokemukset tapahtuisivat virtuaalisesti. Yritykset kuten Tobii ja HardLight VR laajentavat virtuaalikokemusta entistä paremmaksi. Tobii kehittää katseenseuraus laitteita, mitkä Richmondin mukaan tekevät virtuaalikokemuksesta entistä intiimimmän. HardLight VR on kehittänyt päälle puettavan laitteen, jonka avulla voit tuntea virtuaalimaailmassa tapahtuvat kosketukset. (Peyton 2018.)

Tulevaisuudessa potilaan sairaalassa käynti voi alkaa laittamalla VR-lasit päähän. Lasit välittäisivät tietoa potilaan terveydestä samalla kun hän juttelee lääkärin kanssa. Lääkärillä käynti olisi enemmän tietoa sisältävä ja lääkärin kertomat asiat helpommin ymmärrettävissä. Virtuaaliodellisuuden avulla voitaisiin myös näyttää potilaille etukäteen mitä eri operaatioissa tehdään. Tämä voisi auttaa vähentämään potilaiden stressiä ennen operaatioita. (What is the future of AR and VR in healthcare? 2019.)

Lääkärissä käynti on joillekin vaikeaa tai jopa mahdotonta. Potilaat, jotka kärsivät kroonisista terveysongelmista saisivat helpotusta arkeensa AR- ja VR-tekniologioiden avulla. Terveysthuollon ammattilainen voi etäyhteyden avulla neuvoa ja antaa ohjeita ilman fyysistä paikalla oloa. Esimerkiksi uuden lääkkeen itselleen antaminen olisi mahdollista ohjeistaa hyvinkin yksityiskohtaisesti virtuaaliodellisuuden avulla. (What is the future of AR and VR in healthcare? 2019.)

5 POHDINTAA

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutustua VR-tekniikan terveydenhuollon sovelluksiin tutkien myös hieman VR-tekniikan käyttöä yleisesti. Työ aloitettiin tarkastelemalla VR-tekniikkaa, jotta saataisiin käsitys siitä, miten VR-tekniikka toimii. VR-tekniikasta löytyi tietoa paljon ja helposti, mikä auttoi tekniikan kapasiteetin ymmärtämisessä. Tämän tiedon avulla luotiin kokonaisvaltainen käsitys VR-tekniikasta yleisesti.

VR-tekniikan jälkeen siirryttiin terveydenhuollon sovelluksiin. Terveydenhuollosta löytyikin monia mielenkiintoisia sovelluksia. Löydetyt tiedot perusteella voidaan ennustaa VR-tekniikan käytön kasvavan tulevina vuosina erityisesti kuntoutus- ja fobiaterapiassa. Myös koulutus käytössä VR-tekniikalla tulee mahdollisesti olemaan hyvinkin iso rooli tulevaisuuden kirurgien harjoittamisessa.

Viimeisessä teorian osassa tarkasteltiin VR-tekniikan tulevaisuutta ja ennustuksia siitä mihin suuntaan tekniikka on kehittymässä. Ennustuksien mukaan VR-tekniikasta olisi tulossa jokapäiväinen väline, mikä löytyy jokaisesta kodista. VR-laitteiden koko pienentyisi ja käytettävyys parantuisi. Terveydenhuollossa suurimmat muutokset tapahtuisivat etähoidossa. VR-tekniikan avulla ei olisi välttämätöntä lähteä kotoaan saadakseen neuvontaa mikä helpottaisi kroonisista sairauksista kärsiviä potilaita.

LÄHTEET

- 10 Business applications of virtual reality (VR) technology. 2020. [Verkkoartikkeli]. Sendian Creations. [Viitattu 18.2.2020]. Saatavana: <https://www.sendiancreations.com/top-vr-applications/>
- Arvanaghi, B. & Skytt, L. 2016. Virtuaalitodellisuus – tulevaisuus on täällä tänään. [Verkkoartikkeli]. Tieteen Kuvalehti. [Viitattu 27.1.2020]. Saatavana: <https://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaalitodellisuus>
- Brown, M. 2016. Exploring the magic behind the HTC Vive controller. [Verkkoartikkeli]. VR Heads [Viitattu 10.3.2020]. Saatavana: <https://www.vrheads.com/exposing-magic-behind-htc-vive-controller>
- Dybsky, D. 2017. Virtual reality suit (VR suit). [Blogikirjoitus]. Teslasuit. [Viitattu 2.5.2020]. Saatavana: <https://teslasuit.io/blog/virtual-reality-suit/>
- Friedman, E. 2020. Look here: eye tracking in second-gen VR [Verkkoartikkeli]. BrainXchange [Viitattu 29.4.2020]. Saatavana: <https://www.brainxchange.com/blog/look-here-eye-tracking-in-second-gen-vr>
- Garbade, M. 2018. 10 amazing uses of virtual reality. [Verkkoartikkeli]. Readwrite. [Viitattu 12.2.2020]. Saatavana: <https://readwrite.com/2018/11/08/10-amazing-uses-of-virtual-reality/>
- Guillette, S. 2019. Virtual reality changes your brain. [Verkkoartikkeli]. Verizon. [Viitattu 24.4.2020]. Saatavana: <https://www.verizon.com/about/our-company/fourth-industrial-revolution/virtual-reality-changes-your-brain>
- Harjoitusmuodot. 2019. [Verkkoartikkeli]. Peili Vision. [Viitattu 29.4.2020]. Saatavana: <https://peilivision.fi/tuote>
- Heaney, D. 2019. How VR positional tracking systems work. [Verkkoartikkeli]. UploadVR [Viitattu 12.3.2020]. Saatavana: <https://uploadvr.com/how-vr-tracking-works/>
- How does virtual reality affect us?. 2017. [Verkkoartikkeli]. Virtual Reality Society. [Viitattu 24.4.2020]. Saatavana: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/how-does-it-affect-us.html>
- How VR works? The technology behind virtual reality. 2018. [Verkkoartikkeli]. Newgenapps [Viitattu 29.1.2020]. Saatavana: <https://www.newgenapps.com/blog/how-vr-works-technology-behind-virtual-reality>
- IrisVision. 2018. Ronald Sand, 82, uses IrisVision to overcome low vision. [Video]. YouTube [Viitattu 22.4.2020]. Saatavana: <https://www.youtube.com/watch?v=UUT7q2YSrIq>
- Mallari, B., Spaeth, E., Goh, H. & Boyd, B. 2019. Virtual reality as an analgesic for acute and chronic pain in adults: a systematic review and meta-analysis. [Verkkolehtiartikkeli]. Journal of pain research 12, 2053-2085. [Viitattu 10.2.2020]. Saatavana: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6613199/>
- Marchionne, F. 2019. Virtual reality rehabilitation – the future of physical therapy. [Verkkoartikkeli]. iMotions [Viitattu 3.3.2020]. Saatavana: <https://imotions.com/blog/virtual-reality-rehabilitation/>
- Matia, A. 2020. What the rise of virtual reality means for marketers. [Verkkoartikkeli]. Convince & Convert. [Viitattu 26.4.2020]. Saatavana: <https://www.convinceandconvert.com/digital-marketing/virtual-reality-for-marketers/>

- Meacham, M. 2017. A new reality: learning empathy through virtual reality. [Verkkoartikkeli]. National network of libraries of medicine. [Viitattu 23.4.2020]. Saatavana: <https://news.nlm.gov/ner/2017/06/16/a-new-reality/>
- Patel, N. 2020. How VR will impact the future of marketing. [Blogikirjoitus]. Neilpatel. [Viitattu 25.4.2020]. Saatavana: <https://neilpatel.com/blog/future-marketing-virtual-reality/>
- Peyton, L. 2018. 10 Ambitious predictions for how VR/AR will shape our world. [Verkkoartikkeli]. Venturebeat. [Viitattu 9.4.2020]. Saatavana: <https://venturebeat.com/2018/06/02/10-ambitious-predictions-for-how-vr-ar-will-shape-our-world/>
- RAEng Publications. [Kuva]. Pixabay. [Viitattu 15.4.2020]. Saatavana: <https://pixabay.com/fi/photos/insin%C3%B6%C3%B6ri-suunnittelu-kokous-4904945/>
- Ries, J. 2019. Study finds virtual reality can help reduce severe pain. [Verkkoartikkeli]. Healthline. [Viitattu 10.2.2020]. Saatavana: <https://www.healthline.com/health-news/vr-can-help-treat-severe-pain>
- Robot-assisted arm rehabilitation with Diego. 2018. [Verkkoartikkeli]. Motionrehab. [Viitattu 28.4.2020]. Saatavana: <https://www.motionrehab.co.uk/intensive-neurological-rehabilitation-centre/diego/>
- Strietelmeier, J. 2019. IrisVision gives people with low vision problems the ability to see clearly again. [Verkkoartikkeli]. The Gadgeteer [Viitattu 21.4.2020]. Saatavilla: <https://the-gadgeteer.com/2019/10/16/irisvision-gives-people-with-low-vision-problems-the-ability-to-see-clearly-again/>
- Takala, T. 2017. Virtuaalitodellisuus tuo uusia työvälineitä terveydenhuoltoon. [Verkkoartikkeli]. Duodecim. [Viitattu 19.3.2020]. Saatavana: <https://www.duodecimlehti.fi/duo13741>
- The future of virtual reality. 2018. [Verkkoartikkeli]. RS Components. [Viitattu 8.4.2020]. Saatavana: <https://uk.rs-online.com/web/generalDisplay.html?id=did-you-know/future-of-vr>
- Tilander, A. 2018. Virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus kirurgin apuna. [Verkkoartikkeli]. Suomen Hammaslääkärilehti. [17.3.2020]. Saatavana: <https://www.hammaslaakarilehti.fi/fi/uutinen/virtuaalitodellisuus-ja-lisatty-todellisuus-kirurgin-apuna>
- Tull, M. 2020. Virtual reality exposure can help ptsd. [Verkkoartikkeli]. Verywell Mind. [Viitattu 25.2.2020]. Saatavana: <https://www.verywellmind.com/virtual-reality-exposure-therapy-vret-2797340>
- Using virtual reality therapy for phobias. 2020. [Verkkoartikkeli]. The center for treatment of anxiety and mood disorders. [Viitattu 27.2.2020]. Saatavana: <https://centerforanxietyorders.com/virtual-reality-therapy-for-phobias/>
- Vašek, J. N.d. [Kuva]. Pixabay [Viitattu 15.4.2020]. Saatavana: <https://pixabay.com/fi/photos/vr-virtuaalinen-virtuaalitodellisuus>
- Vehmanen, M. 2016. Tietokonepelit tulevat terveydenhuoltoon. [Verkkoartikkeli]. Potilaan lääkäri-lehti. [Viitattu 29.4.2020]. Saatavana: <https://www.potilaanlaakarilehti.fi/uutiset/tietokonepelit-tulevat-terveydenhuoltoon/>
- Virtuaalitodellisuudessa voi tehdä mitä tahansa, terveydenhuollossakin. 2017. [Verkkoartikkeli]. Sailab MedTech Finland. [Viitattu 3.2.2020]. Saatavana: <https://www.sailab.fi/tarinat/2017/10/virtuaalitodellisuudessa-voi-tehda-mita-tahansa-terveydenhuollossakin/>
- Virtual Reality – Why combine eyetracking with VR?. 2020. [Verkkoartikkeli]. Tobii AB. [Viitattu 29.4.2020]. Saatavana: <https://www.tobiipro.com/fields-of-use/immersive-vr-research/>

Virtual reality allows seniors to experience a whole new world right at their fingertips. 2020. [Verkkoartikkeli]. Capital Senior Living. [Viitattu 30.4.2020]. Saatavana: <https://www.capitalsenior.com/blog/virtual-reality-applications-senior-citizens/>

Wanshel, E. 2016. Virtual reality lets med students experience what it's like to be 74. [Verkkoartikkeli]. Huffpost. [Viitattu 23.4.2020]. Saatavana: https://www.huffpost.com/entry/we-are-alfred-embodied-labs-carrie-shaw-virtual-reality-medical-students-elderly-geriatric-care_n_57505bbce4b0c3752dccbeaa

Wesemann, E. 2017. Why 3D audio is the next big step for virtual reality. [Verkkoartikkeli]. Venturebeat. [Viitattu 2.2.2020]. Saatavana: <https://venturebeat.com/2017/07/21/3d-audio-is-the-next-big-step-for-virtual-reality/>

What is the future of AR and VR in healthcare?. 2019. [Verkkoartikkeli]. The Allure Group. [Viitattu 13.4.2020]. Saatavana: <https://www.allurecare.com/what-is-the-future-of-ar-and-vr-in-healthcare/>