

Lisätty todellisuus

Hyödyntäminen terveydenhuollossa

LAB-ammattikorkeakoulu

Tradenomi (AMK), tietojenkäsittely

2023

Jaakko Kauhala & Samuli Tirronen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Jaakko Kauhala Samuli Tirronen	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika 2023
	Sivumäärä 27	
Työn nimi Lisätty todellisuus Hyödyntäminen terveydenhuollossa		
Tutkinto ja koulutusala Tradenomi (AMK), tietojenkäsittely		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli lisätyn todellisuuden hyödyntäminen. Työn tavoitteena oli selvittää lisätyn todellisuuden käyttöä terveydenhuollossa työ- ja opetusvälineenä sekä tarkastella mahdollisia ongelmakohtia jatkoa varten.</p> <p>Teoriaosuus koostuu lisätyn todellisuuden määrittelemisestä, käytetystä laitteistosta, kuluttajille ja terveydenhuollon henkilöstölle suunnatuista ohjelmistoista sekä ongelmakohtista teknologiaan liittyen.</p> <p>Työ toteutettiin kirjallisuuskatsauksena tutustumalla olemassa oleviin tutkimuksiin, artikkeleihin sekä muihin julkaisuihin teknologiasta. Lähteiden oikeellisuus pyrittiin todentamaan muiden lähteiden kautta.</p> <p>Työn päätelmänä päädyttiin lopputulokseen, että lisätty todellisuus ei vielä yksinään pysty syrjäyttämään työssä sekä opetuksessa käytettäviä menetelmiä. Terveystieteiden huollossa sekä teknologian kehityksessä tulisi ottaa huomioon työn aikana huomioituja ongelmakohtia.</p>		
Asiasanat Lisätty todellisuus, teknologia, terveydenhuolto		

Abstract

Author(s) Jaakko Kauhala Samuli Tirronen	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2023
	Number of Pages 27	
Title of Publication Augmented reality Utilization in healthcare		
Degree, Field of Study Bachelor's Degree Programme in Business Information Technology		
<p>Abstract</p> <p>The subject of the thesis was usability of augmented reality. The objective of the work was to find out usage of augmented reality in healthcare as a work and teaching tool and examine possible problems for continuation of the technology.</p> <p>Theory section consists of defining augmented reality, used hardware in the technology, software aimed at consumers and personnel of the healthcare and problems of the technology.</p> <p>Thesis was implemented as literature review by looking at already published research, articles and other sources of the technology. Validity of used sources were tried to confirm from other similar sources.</p> <p>As the conclusion of the work, it shows that augmented reality as alone is not yet able enough to replace the methods used in work and teaching in the healthcare and the technology development should review the problems discovered in the technology during the work.</p>		
Keywords Augmented reality, technology, healthcare		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Lisätty todellisuus	2
2.1	Määritelmä.....	2
2.2	Paikantaminen.....	2
2.2.1	Merkitty AR.....	2
2.2.2	Merkitön AR.....	3
2.3	AR-tekniologian nykytila	3
2.4	AR käyttökohteita kuluttajille	4
2.4.1	Ikean AR-aplikaatio.....	4
2.4.2	AR yhdistetty navigointiin.....	5
2.5	AR-laitteet.....	7
2.5.1	Applen AR-headset.....	7
2.5.2	XREAL AR-lasit	8
2.5.3	Microsoftin AR-headset	10
3	AR ja terveydenhuolto.....	13
3.1	AR opetusvälineenä.....	13
3.1.1	HoloHuman AR oppimisen applikaatio.....	13
3.1.2	Anatomy 4D AR oppimisen applikaatio	14
3.1.3	AR osana ensihoidon opetusta	15
3.2	AR käyttökohteet terveydenhuollossa	16
3.2.1	AR terapiassa.....	16
3.2.2	AR kuntoutuksessa.....	17
3.2.3	Autismin hoito.....	18
3.2.4	AR-tekniologia kirurgiassa	18
4	Ongelmakohdat ja tulevaisuus	20
4.1	Tämänhetkisiä laitteisto ongelmia	20
4.2	AR-tekniologian tulevaisuus terveydenhuollossa	20
5	Päätelmä	22
	Lähteet	24

Käsitteet

AR – Augmented Reality (suom. lisätty todellisuus) on tapahtuma, jossa virtuaalisia asioita lisätään oikeaan maailmaan

GPS – Global Positioning System (suom. globaali paikannusjärjestelmä)

MR – Mixed Reality (suom. sekoitettu todellisuus) on tapahtuma, jossa AR ja VR ominaisuudet ovat yhdistettynä

Headset – Päässä pidettävä kuuloke- ja mikrofoni-järjestelmä

VR – Virtual Reality (suom. virtuaalitodellisuus) on tapahtuma, jossa luodaan kokonaan uusi maailma virtuaalisesti

Älylasit – Päähän puettavat, tietotekniikkaa sisältävät lasit näyttölaitteilla

1 Johdanto

Maailmamme kehittyy jatkuvasti teknologiapainotteiseen suuntaan uusien innovaatioiden seurauksena teknologian saralla. Yhtenä osa-alueena toimii lisätty todellisuus, jonka jotkin ihmiset saattavat sekoittaa virtuaalisen todellisuuteen.

Lisätyn ja virtuaalisen todellisuuden teknologioilla on kuitenkin pieni ero, joka saattaa olla haasteellinen ymmärtää. Siinä missä virtuaalitodellisuudessa käyttäjä uppoutuu kokonaan uuteen immersioon eli käytännössä tietokoneavusteisesti luotuun täysin uuteen maailmaan älylasien avustuksella, lisätyssä todellisuudessa luodaan teknologian avulla virtuaalitodellisuutta oikean maailman päälle. Lisätystä todellisuudesta puhutaan AR-teknologiana, joka on lähennetty englannista Augmented Reality. Virtuaalitodellisuudesta puolestaan VR-teknologiana. On olemassa myös kolmas teknologia, joka lyhennetään MR-teknologiana ja tulee sanoista Mixed Reality. MR-teknologiassa yhdistyy niin AR- kuin VR-teknologiat.

Lisätyn todellisuuden käyttö on lisääntynyt vuosien varrella vähitellen ja sen käyttöä kuluttaja puolella näkyy esimerkiksi markkinoinnissa sekä viihdekäytössä. Markkinointipuolella toimivat esimerkiksi avustavat ohjelmat sisustamisessa, sekä viihdekäytössä esimerkiksi mobiilipelit, kuten suureen suosioon noussut Pokémon GO. Lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää myös muun muassa terveydenhuollossa, johon tässä tekstissä keskitytään.

Lisätyn todellisuuden vaikutuksia terveydenhuollon saralla tässä tekstissä on tutkittu kirjallisuuskatsauksena. Kirjallisuuskatsauksemme käy läpi sitä, miten AR-teknologiaa on hyödynnetty ja miten sitä hyödynnetään tällä hetkellä. Työmme keskittyy enemmän terveydenhuoltoon, mutta tekstissä käsitellään myös muita käyttökohteita, jotta eri ominaisuuksien esille tuominen onnistuisi paremmin. Terveydenhuollossa AR-teknologian hyödyntäminen on saanut yllättävän paljon huomiota varsinkin apuvälineenä leikkauksien suunnittelussa.

Tekstissä käsitelty aihe ja siihen liittyvät muut osat ovat valikoituneet omasta mielenkiinnosta aihetta kohtaan sekä sen saaman huomion takia, joita Applen julkaisemat älylasit Apple Vision Pro on tuonut. Tekstimme tavoitteena on ymmärtää sekä saada vastauksia lisätyn todellisuuden nykytilasta niin kuluttajien kuin terveydenhuollon puolelta ja ottaa huomioon mahdolliset kehityskohdat jatkoa ajatellen.

Tutkimuskysymyksemme tueksi tälle tekstille olivat; mikä on AR-teknologian nykytilanne, miten AR-teknologiaa hyödynnetään terveydenhuollossa ja mitkä ovat sen tulevaisuuden näkymät sekä minkälaiset ovat AR-teknologian ongelmakohdat tällä hetkellä. Halusimme keskittyä AR laitteistoon ja siihen millaista se tällä hetkellä on. Nämä tutkimuskysymykset myös auttoivat meitä saavuttamaan hyvän ymmärryksen siitä, miten AR-teknologiaa on hyödynnetty tällä hetkellä ja miten sitä saatetaan hyödyntää tulevaisuudessa.

2 Lisätty todellisuus

2.1 Määritelmä

Augmented reality eli lisätty todellisuus tarkoittaa asioiden lisäämistä oikeaan maailmaan käyttämällä esimerkiksi visuaalisia tai äänellisiä elementtejä teknologian avulla. Poiketen virtuaalitodellisuudesta, jossa luodaan kokonaan uusi ympäristö, AR-teknologian käyttäjät näkevät lisättyjä asioita oikean maailman päälle. (Hayes 2020; Gillis 2022.)

AR voidaan tuoda nykyisellään käyttäjille esimerkiksi älypuhelimien, tablettien tai älylasien välityksellä. Lisätyn todellisuuden tuominen tarvitsee toimiakseen erilaisia laitteiston komponentteja. Näitä ovat prosessori, jolla ohjelmistoa voidaan ajaa, näyttö, johon voidaan näyttää kuvaa, syöttölaite kuten kamera ja erilaisia sensoreita, joiden avulla voidaan tarkkailla ympäristöä. Kyseisiä komponentteja on jo valmiiksi aiemmin mainituissa laitteissa, joten niiden avulla lisätyn todellisuuden käyttö on jo mahdollista. (Gillis 2022.)

Lisätyn todellisuuden tarvitsee ymmärtää ympäristöään, jotta sillä osataan esittää oikeanlaista tietoa loppukäyttäjälle. Ympäristön ymmärtämiseen on tällä hetkellä muutamia tapoja olemassa, merkitty, merkitön ja GPS-pohjaiset ratkaisut. (Zvejnieks 2022.)

2.2 Paikantaminen

2.2.1 Merkitty AR

Merkityssä ratkaisussa lisättyä todellisuutta hyödyntävä järjestelmä osaa tunnistaa kohteen merkistä tämän tietokannan. Siitä voidaan saada tietoa muun muassa mikä kohde on, missä se sijaitsee ja minkälaista tietoa siitä halutaan esittää loppukäyttäjälle. Merkityt kohteet yleensä ovat uniikkeja jollain tapaa eikä samanlaista kohdetta välttämättä ole toista olemassa. Merkityn kohteen tietokanta voi olla loppukäyttäjän omalla laitteella tai se voi sijaita ohjelmiston palvelimella, mutta kohteen tunnistus kuitenkin tapahtuu loppukäyttäjän laitteella. (Zvejnieks 2022.)

Esimerkkinä voisi olla taidegalleria, jolla voisi olla oma applikaatio puhelimeen, jonka avulla voisi tehdä kierrosta taidegallerian sisällä. Applikaation voitaisiin merkitä taidegalleriassa esillä olevat teokset ja AR kyseisessä applikaatiossa voisi tunnistaa nämä teokset automaattisesti, kun niiden läheisyyteen tullaan. Kun applikaatio tunnistaa teokset, se näyttäisi loppukäyttäjälle teoksesta muun muassa teoksen nimen, tekijän ja pienen kuvauksen itse teoksesta.

2.2.2 Merkitön AR

Merkitön ratkaisu on kasvusuunnassa ja se todennäköisesti tulee korvaamaan merkityn ratkaisun lisätyn todellisuuden saralla. Merkitön AR osaa tunnistaa omasta ympäristöstään minkälaisia kohteita siellä on. Tämä on mahdollistettu jatkuvasti kehittyvällä uudella teknologialla esimerkiksi kameroiden, sensorien ja algoritmien avulla. (Schechter 2014.)

Merkitöntä lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää sellaisissa ympäristöissä, jossa tapahtumia ei pystytä etukäteen ennakoimaan ja ympäristö sekä olosuhteet muuttuvat (Fusco 2022). Luonnossa tapahtuvat asiat muun muassa hyödyntävät tätä menetelmää, jolloin ohjelmisto osaa tunnistaa luonnosta esimerkiksi joen sen äänen, muodon ja olemuksen perusteella.

Suurimmat hyödyt merkittömästä ratkaisusta tulevat sen joustavista käyttökohteista ja ratkaisuista. Merkitön AR ei ole paikkaan sidonnaista ja lisätyn todellisuuden kokeminen on laajempaa. (Schechter 2014.)

2.3 AR-teknologian nykytila

AR näkyy kuluttajille esimerkiksi mobiiliapplikaatioissa, joista hyvänä esimerkkinä on vuonna 2016 suosioon noussut Pokémon GO -mobiilipeli. Pelissä hyödynnetään puhelimen kameraa näkemään puhelimen näytöllä Pokémoneja oikeassa maailmassa ja pyydystämään niitä alla olevan kuvan 1 mukaan.



Kuva 1 Kuvakaappaus Pokémon GO -mobiilipelistä (Brar, J. 2016)

Lisätyn todellisuuden käyttöä on myös yhdistetty monesti kuluttajien ostokokemuksiin. Esimerkiksi huonekalukaupat voivat hyödyntää teknologiaa antamalla asiakkailleen mahdollisuuden nähdä kaupan tuotteita asiakkaiden omassa ympäristössään suunnitellessaan sisustusta. (Hayes 2020)

2.4 AR käyttökohteita kuluttajille

2.4.1 Ikean AR-aplikaatio

Sisustaessa ihmiset saattavat törmätä ongelmiin huonekalujen sijoittelun kanssa, kun huonekalulle sijoitettu paikka ei ole ollutkaan mieleinen tai se ei ole sopinut yhteen viereisten huonekalujen kanssa. Tätä on huonekaluliike IKEA yrittänyt muuttaa tuomalla markkinoille heidän kehittämänsä IKEA Place ohjelmiston, joka on saatavissa virallisesti tällä hetkellä vain iOS pohjaisille laitteille. (IKEA.)

Ohjelmisto on rakennettu hyödyntäen Applen kehittämää lisätyn todellisuuden työkalua, joka kulkee nimellä ARKit. Ohjelmiston avulla käyttäjä voi suunnata oman mobiililaitteensa osoitettuun tilaan ja vetää IKEA:n omasta tuotevalikoimasta tuotteen mukaan omaan sisustukseen. Tuotetta voi sommitella mobiililaitteen näytöltä, miten käyttäjä itse haluaa ja pyrkiä tätä kautta suunnittelemaan kotinsa sisustusta. Tuotteen ollessa osana sisustusta käyttäjä

pystyy kävelemään mobiililaitteensa kanssa asunnossaan ja tarkastelemaan valittua tuotetta myös eri kuvakulmista. (Designrush.)

Designrush väittää ohjelmiston olevan helppokäyttöinen eikä vaatisi käyttäjältä sen kummempaa teknistä osaamista. Ohjelmisto sisältää käyttäjää avustavia elementtejä minkä avulla ohjelmiston käyttöä ohjataan ja käyttäjää opastetaan, mikäli ohjelmiston käytössä esiintyy haasteita (Designrush).

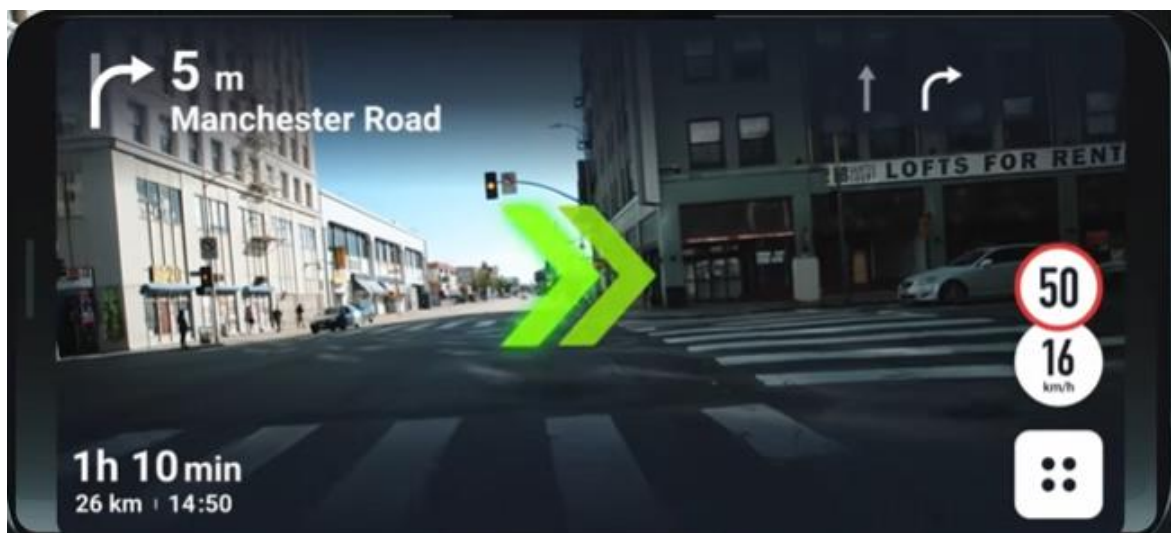
IKEA Place sisältää myös sosiaalisen median integraation. Integraation avulla käyttäjä pystyy jakamaan suoraan sosiaalisen median kautta esimerkiksi kuvankaappauksen sisustuksesta IKEA:n tuotekuvaston avulla. (Designrush.)

2.4.2 AR yhdistetty navigointiin

Navigointi applikaatiot ovat yleensä suosiossa, kun ollaan liikkeellä tuntemattomassa ympäristössä. Kyseiset applikaatiot helpottavat muun muassa autoilijoiden sekä turistien elämää. Navigaatiota onkin lähdetty parantamaan lisätyn todellisuuden avulla. (Vakhnenko 2022.)

AR mahdollistaa navigointi sen, että applikaatiot antavat käyttäjälle tarkempia tietoja muun muassa ympäristön rakennuksista, mitä ne ovat ja missä sijaitsevat hyödyntäen laitteen kameraa sekä muita sensoreita. Teknologian tuonti markkinoille onkin hieman haasteellista teknisten toteutuksien suhteen kuten miten ympäristön kohteet tunnistetaan. Navigointiin kaupungeissa on tehty jo muutamia erilaisia applikaatioita kuten Applen AR navigointi, AR-City, Yahoo maps sekä Sygic. (Vakhnenko 2022.)

Sygic on hyvin samanlainen kuin monille tuttu Google Maps. Ohjelma kuitenkin osaa hyödyntää jonkinlaista AR-teknologiaa kuten opasteiden heijastamista laitteen näytöllä oikean maailman päälle kuten kuvassa 2. Ohjelmaan on rakennettu myös kehittäjän mukaan mahdollisuus tunnistaa liikennemerkkejä ja antaa käyttäjälle ajotietoja niiden avulla. Ohjelmalla on myös mahdollista heijastaa auton tuulilasille navigaatiotietoja sekä nopeuteen liittyviä tietoja kuten kuvassa 3. (Sygic a.)



Kuva 2 Kuvankaappaus Sygic ohjelmistosta (Sygic a.s.)



Kuva 3 Kuvankaappaus Sygic ohjelmistosta (Sygic b)

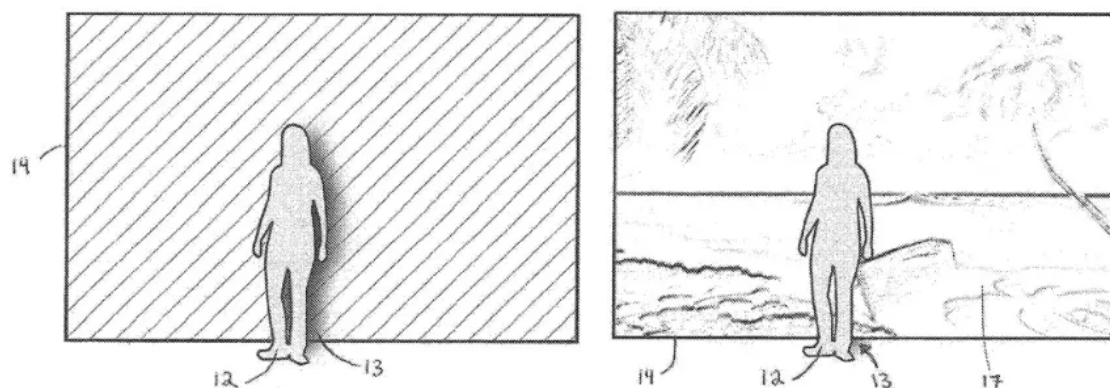
2.5 AR-laitteet

2.5.1 Applen AR-headset

Apple Vision Pro on ensimmäisen sukupolven Apple laite. Tätä laitetta ohjataan täysin äänellä, silmillä ja käsillä ilman mitään muuta. Tämä mahdollistetaan useilla kameroilla ja infrapunavalon heijastimilla. Osa kameroista on tosisyvyyskameroita. Nämä ovat vain kamerat mitkä ovat lasien ulkopuolella, mutta kameran sisällä on myös useita kameroita mitkä ovat vain tarkoitettu silmien seuraamiseen. On myös tärkeää huomauttaa, että ennen kuin voit ottaa lasit käyttöön on tehtävä käyttöönotto valmistelu. Käyttöönotto valmistelu tapahtuu siten, että käyttäjän kasvot mitataan tosisyvyyskameralla mitä käytetään luomaan kustomoitu malli laseista sinulle. Navigointi tapahtuu katselemalla sitä mitä haluat klikata ja, kun laitat etusormen ja peukalon yhteen, niin se on klikkaamista. Kirjoittamisen voi joko tehdä klikkailemalla tai puhumalla. Headsetissä on myös optic-id, joka toimii samalla tavalla kuin sormenjälkitunnistus mutta silmille. Lasit eivät ole läpinäkyvät vaan niissä on OLED-ruudut, jotka näyttävät mitä kummallakin puolella on. (Brownlee 2023.)

Laite ei ole tehty massoille ja se on ensimmäisen sukupolven laite, joten se on todella kallis. Headsetissä on kyllä paljon ominaisuuksia mitä ei löydy mistään muusta laitteesta. Ominaisuuksiin kuuluu esimerkiksi Facetime ja Macbook Pro:n kuvan heijastaminen näytölle. Laitteen kyky seurata liikkeitä mitä käyttäjä tekee, on myös tällä hetkellä markkinoiden paras. (Brownlee 2023.)

Applella on myös kehityksessä todelliset AR-lasit, joiden tarkoitus olisi toimia puhelimen tavoin, mutta lasien muodossa. Toimintamalli olisi siis se, että lasit yhdistyvät Applen puhelimeen ja sitä kautta tuovat puhelimesta tietoa suoraan laseihin ja käyttäjä voi hyödyntää tätä tietoa samanlailla kuin Apple Vision Pro headsetin kanssa, eli silmien ja sormien avulla. Laseja käyttäessä on käyttäjällä valitettavasti oltava eräänlaiset rinkulat sormissa mitkä jäljittävät niiden liikettä. Patenteja seuraamalla voimme epäillä, että lasit pystyisivät pitämään katsotun kohteen koko ajan tarkkana korvaten tavalliset silmälasit. Epäillään myös, että tämä teknologia mikä tarkoittaa kohteen silmille vähentää myös silmien väsymystä. Tämä on tällä hetkellä ongelma eri AR-lasien kanssa. Patenteista voidaan myös ajatella, että nämä lasit voivat korvata katsotun kohteen taustan kuten kuvassa 4 demonstroidaan. Tätä ominaisuutta voidaan myös käyttää muun muassa Googlen Maps Street Viewin kanssa. Lasit ovat vielä kehityksessä, mutta sanotaan että ne tulisivat markkinoille 2026. (Kozuch 2023.)



Kuva 4 Apple lasien taustan vaihto. (Kozuch, K. 2023)

2.5.2 XREAL AR-lasit

XREAL on tuonut markkinoille aurinkolasimaiset lisätyn todellisuuden lasit. Laseja heillä on tällä hetkellä kahdet, jotka kulkevat nimillä Air ja Light. Kuvassa 5 ovat heidän Air mallin lasit. Lasit mahdollistavat lisätyn todellisuuden hyödyntämisen ilman perinteistä headsetin tapaista järjestelmää. Käyttöä laseilla rajoittaa akun puuttuminen, jolloin ne täytyvät olla liitettyinä käyttämäänsä laitteeseen, joka toimii lasien virtälähteenä. Lasit voidaan liittää esimerkiksi puhelimeen, tablettiin, tietokoneeseen tai pelikonsoleihin USB-C kaapelin avulla. (Andersen 2023.)



Kuva 5 XREAL Air lisätyn todellisuuden lasit (Xrai Glass)

Nämä lasit sisältävät 1920x1080 resoluutioiset näytöt, jotka mahdollistavat hyvälaatuisen kuvan käyttäjälle. Lasien linssit eivät itsessään ole näyttöjä, vaan lasien linssien takana on erilliset monitorit, joista AR elementit näkyvät käyttäjälle kuten kuvassa 6. Laseissa on itsessään kaiuttimet, jotka sijaitsevat molempien korvien läheisyydessä. (Andersen 2023.)



Kuva 6 Kuvankaappaus XREAL lisätyn todellisuuden näkymästä käyttäjälle (ShortCircuit 2021)

XREAL on kehittänyt myös oman Nebula -applikaation, jonka kautta pääsee käsiksi ikään kuin lasien omaan applikaatiokauppaan. Jotkin applikaatiot toimivat lasien kanssa normaalisti kuten Youtube, mutta käyttö on myös rajoitettu Nebulasta löytyviin applikaatioihin. Nebulasta löytyvistä applikaatioistakin löytyy myös ongelmia, kuten jotkin applikaatiot toimivat huonosti tai eivät ollenkaan. (Andersen 2023; ShortCircuit 2021.)

2.5.3 Microsoftin AR-headset

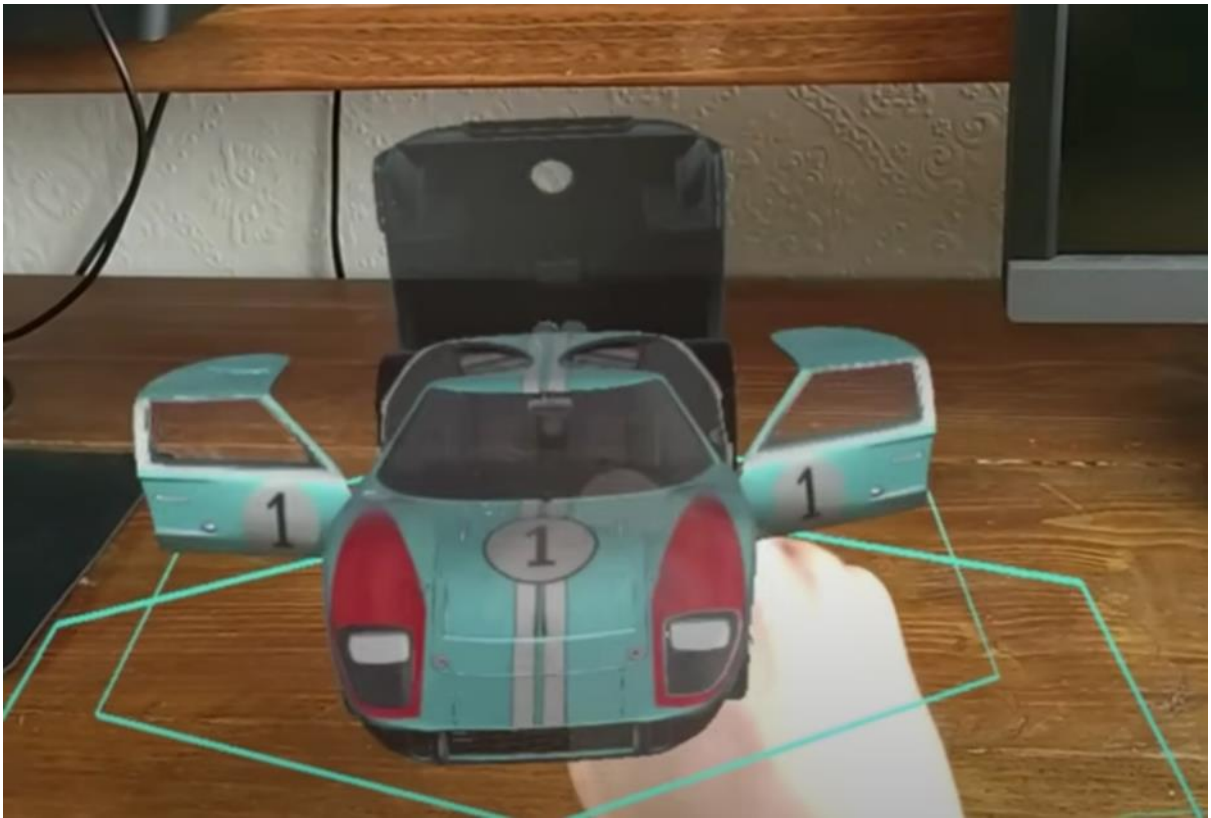
Microsoft on brändännyt tämän laitteen MR headsetiksi, mutta VR ominaisuudet puuttuvat täysin minkä takia me pidämme tätä AR laitteena. HoloLens headsetissä on läpinäkyvät lasit, jotka voidaan taittaa ylös helpottaakseen muuta toimintaa, kun laite on päässä. HoloLens myös mahdollistaa UI-elementtien kiinnittämisen paikoilleen näköpiirissä mikä mahdollistaa sen, että nämä elementit eivät seuraa katsetta, jos vaikka päätä kääntää. Hololenssin yksi suurin huonopuoli on sen pystysuuntainen näkökenttä. Näkökenttä pystysuunnassa on vain 43 astetta, mikä on huomattavasti pienempi verrattuna ihmissilmän 180-asteeseen. Tämä rajoitettu näkökenttä on todella harmi, koska muuten Hololenssin käsien seuranta ja muut ominaisuudet ovat hyviä. Ilman näppäimistöä voit kirjoittaa sisäistä UI-elementtiä käyttäen, mutta vain etusormillasi. Tätä käyttöä ei myöskään helpota se, että käsien mitat AR

ympäristössä eivät ole 1:1, joten asioiden liikuttaminen ja käsittely voi tuntua todella vaikealta ja työläältä. Laseissa akun kesto on noin 2–3 tuntia riippuen siitä miten aktiivisesti laseja käyttää. Kuvassa 7 on tämänhetkinen kuluttajamalli Hololenseistä. (UploadVR 2021; Microsoft 2023.)



Kuva 7 Microsoft Hololens 2 henkilön päässä (Microsoft 2022)

Vaikkakin Hololens 2 on todella kallis ja rajoitetun käyttöympäristön kanssa, on sille luotu hyvät soveltuvuus selvitysohjelmat. Ne vaikuttavat todella lupaavilta ja niille olisi helppo löytää käyttökohteita. Näihin kuuluvat "räjähdyskuvat" laitteista, osista tai esineistä. Kuvassa 8 on demonstraatiota siitä, miten AR esineitä voi käsitellä kädellä. (UploadVR 2021.)



Kuva 8 Microsoft Hololens 2 heijastaa kuvan kädelle (UploadVR 2022)

3 AR ja terveydenhuolto

3.1 AR opetusvälineenä

AR-teknologiaa hyödynnetään myös terveydenhuollossa esittämään niin opiskelijoille kuin jo alan ammattilaisille osia ihmisestä, sekä muuta informaatiota käyttäjälle, jonka avulla pyritään havainnollistamaan ihmisen kehoa paremmin. Lisätyn todellisuuden avulla muun muassa pystytään auttamaan ihmisten sairauksien hoidossa, leikkauksissa havainnollistamaan leikattavaa kohdetta leikkaushenkilöstölle sekä mahdollisesti havainnollistamaan potilaalle sellaista tietoa, joka voisi olla muuten vaikeasti ymmärrettävissä hyödyntäen AR elementtejä. (Dhar ym. 2021.)

AR-teknologian kohokohdat terveydenhuollossa Salehahmadin ja Hajjaliasgarin (2019) mukaan ovat seuraavat:

- Helpottaa haastavan informaation esittämistä käyttäjälle tai toiselle osapuolelle
- Helpottaa käyttäjän ymmärrystä ja kommunikaatiotaitoja
- Helpottaa asioiden ymmärtämistä esittämällä virtuaalisia asioita oikean maailman päällä
- Helpottaa suurten tietokantojen ja terveystietojen läpikäyntiä
- Heijastaa lääketieteellisiä tietoja esimerkiksi leikkausoperaation yhteydessä
- Helpottaa oikean maailman hahmottamista virtuaalitodellisuuden avulla

3.1.1 HoloHuman AR oppimisen applikaatio

Opetustarkoitukseen on luotu muun muassa HoloHuman ohjelmisto GigXR toimesta. HoloHuman ohjelmistolla on mahdollista heijastaa ihmisen keho käyttäjälle tai käyttäjäryhmälle kuten kuvassa 9. Ohjelmisto mahdollistaa käyttäjiä tutustumaan AR avulla ihmisen kehon eri osiin ilman fyysistä kontaktia. (Dhar ym. 2021; GigXR a.)



Kuva 9 HoloHuman ohjelmiston demokuva (3D4Medical)

Sama yritys on luonut myös muita ohjelmistoja valmistautumaan potilastyöhön hyödyntäen AR-teknologiaa. Yhtenä on HoloPatient, jolla voidaan harjoitella standardisoituja potilasskenaarioita. Toisena HoloScenarios, joka simuloi oikeaa potilastyötä holograafisilla potilailla ja lääketieteellisillä työkaluilla. (GigXR b; GigXR c.)

3.1.2 Anatomy 4D AR oppimisen applikaatio

Kehitetty Anatomy 4D -ohjelmisto mahdollistaa käyttäjän irtautumisen perinteisten kirjojen parista, kun halutaan opiskella ihmisanatomiaa. Ohjelmisto mahdollistaa interaktiivisen kanssakäymisen ihmiskehon kanssa, jolla pystyy olemaan havainnollistavampi vaikutus oppimisen yhteydessä kuin kirjasta luettaessa. Tämä myös syrjäyttää tarpeen päästä käsiksi oikeaan menehtyneen ihmisen kudokseen, jonka hankkiminen voi itsessään olla hyvinkin aikaa vievää sekä kallista. (4D Anatomy c.)

Ohjelmistolla käyttäjä pystyy tuomaan todella tarkan mallinnuksen ihmisen kehosta tutkittavakseen eri kulmista liikkeessään mobiililaitteensa kanssa kehon ympärillä tai vaihtoehtoisesti kääntämällä sitä laitteellaan. Käyttäjällä on mahdollisuus tarkastella ihmiskehoa kerros kerrokselta niin yhdestä elimestä lähtien koko kehoon tai luusta ihoon saakka kuten kuvassa 10. (4D Anatomy a; 4D Anatomy c.)



Kuva 10 Ihmiskeho jaettuna eri osiin lisätyn todellisuuden avulla (Google Play)

Ohjelmisto sisältää yli miljoona kuvaa, 2000 rakenteellista nimeä ja 20 kehoa, jotka kattavat kaikki sukupuolet ja ikäryhmät. Kehittäjän mukaan ohjelmistossa mikään ei ole tietokone-generoitua materiaalia vaan kaikki on 100 % autenttista ihmisanatomiaa. (4D Anatomy b.)

Ohjelmistosta on saatavilla kaksi versiota, jotka ovat tarkoitettu yksittäisille henkilöille tai yhteisesti koululle opetusvälineenä. Molemmat versiot kuitenkin sisältävät aiemmin mainitut ominaisuudet, sekä yli 2000 kysymystä, joiden avulla käyttäjä pystyy testaamaan osaamistaan. Ohjelmisto pyörii pilvipalveluna, joten materiaalien päivittämisestä käyttäjien ei tarvitse erikseen huolehtia. Kouluille tarkoitetussa versiossa opettajilla on mahdollisuus itse rakentaa tietovisapaketteja sekä havainnollistaa akateemisia artikkeleita. (4D Anatomy c.)

3.1.3 AR osana ensihoidon opetusta

Monien alojen opetustarpeeseen sekä havainnollistamiseen Senar on tuottanut AR opetusympäristöjä, joiden avulla käyttäjät voivat oppia havainnollisemmin toimimaan oikein tietynlaisissa tilanteissa (Senar a). Yhtenä oppimisympäristönä heillä on terveydenhuollossa ensihoito, mutta heillä on myös oppimisympäristö hoitotarvikkeiden käsittelyyn (Senar b; Senar c).

Senarilla on tarjota ensihoitotarkoituksiin neljä erilaista oppimisympäristöä. Oppimisympäristöinä ovat haavan hoito, huonovointisuuden hoito ja kiinnostavimpina elvyttäminen sekä tukehtumisvaaran hoito. (Senar c.)

Elvytyksen oppimisympäristön tarkoituksena on tarjota opetusta tilanteisiin, jossa henkilön sydän lopettaa normaalin toiminnan, joihin kuuluu muun muassa sydämenpysähdykset ja häiriötoiminnot. Oppimisympäristö on tarkoitettu opetusvälineeksi pelastamaan ihmishenki ja sen kohderyhmänä ovat niin terveydenhuolto kuin muiden työpaikkojen ja heidän henkilökuntansa. Sen tarkoituksena on saada käyttäjä oppimaan elvytystaitoja sekä defibrillaattorin käyttöä tarjoten myös palautetta käyttäjän suorituksesta. (Senar d.)

Tukehtumisvaaran oppimisympäristössä käyttäjät oppivat auttamaan toista tukehtumisvaaran aikana 5–5 lähestymistavalla. 5–5 lähestymistavassa henkilön selkään lyödään viisi kertaa ensiksi ja sen jälkeen tehdään viisi Heimlichin liikettä niin kauan kuin tukos, joka tukehtumisen aiheuttaa häviää (Mayo Clinic 2022). Toimenpiteet saattavat kuitenkin vaihdella tukehtuvan henkilön iän mukaan. Kuten elvyttämisen oppimisympäristö, on tämäkin tarkoitettu opetusvälineeksi niin terveydenhuollon opiskelijoille kuin kenelle tahansa muulle ihmishengen pelastamiseksi. (Senar e.)

3.2 AR käyttökohteet terveydenhuollossa

3.2.1 AR terapiassa

Virtuaalitodellisuutta sekä lisätty todellisuutta on alettu hyödyntämään yleisten ahdistuneisuushäiriöiden terapiassa. Virtuaalitodellisuuden hyödyntämistä terapissa on tutkittu jo laajalti, mutta lisätyn todellisuuden hyötyjä ei vielä ole kunnolla tutkittu. (Debard ym. 2022.)

Lisätyn todellisuuden avulla voidaan auttaa potilasta käymään traumaattisia kokemuksia läpi interaktion avulla verrattuna perinteiseen keskusteluun terapeutin kanssa. Lisätyn todellisuuden avulla voidaan näyttää käyttäjälle esimerkiksi erilaisia eläimiä, joita kohtaan ihmisillä on pelkoja. Näitä ovat muun muassa käärmeet sekä hämähäkit (Cleveland Clinic). Lisätyn todellisuuden lisäämisellä terapiaan pyritään helpottamaan sekä nopeuttamaan trauman läpikäymistä. (Debard ym. 2022.)

Teknologiaa on lähtenyt hyödyntämään Arash Javanbakht yhdessä yrityksen CrossComm kanssa. He hyödyntävät kehittämässään ohjelmistossa Microsoftin HoloLens AR-laseja, sillä ne mahdollistavat läpinäkyvän visiirin ansiosta objektien luomisen oikean maailman päälle. (CrossComm.)

Javanbakhtin ja CrossCommin kehittämässä testiympäristössä keskityttiin hämähäkkifobiaan ja mahdollisen todenmukaisten hämähäkkien liikkeisiin ja olemuksiin, joilla pystyttiin laukaisemaan potilaan pelkotila kuten kuvassa 11. Hämähäkkien määrä, olemusta sekä muita attribuutteja pystytään hallinnoimaan terapeutin toimesta. (CrossComm.)



Kuva 11 Potilaan näkymä AR hämähäkeistä (CrossComm, Inc. 2020)

Tähän testiympäristöön osallistui 25 henkilöä, jotka kokivat hämähäkkifobiaa ja testiympäristön tarkoituksena oli nähdä lisätyn todellisuuden vaikutuksia terapiamielessä. Teetetyn testin mukaan jokainen osallistuja pystyi vain yhden hoitokerran jälkeen koskettamaan elävää tai purkitettua hämähäkkiä, johon he eivät aikaisemmin kyenneet. Yhden kuukauden jälkeen testiympäristöön osallistuvilla henkilöillä joko säilyi tai parantui ensimmäisen hoitokerran tulokset. (American Academy of Clinical Psychiatrists.)

3.2.2 AR kuntoutuksessa

Lisätyn todellisuuden hyödyntämistä on myös tutkittu fyysisen kuntoutuksen piirissä ja sen hyödyllisyys on väiteltävissä. Materiaalia tästä käytöstä on vähän, mutta se näyttää lupaavalta. Varsinkin tasapainossa, yläraajojen käytössä ja harjoitusten itsenäisessä tehokkuudessa. Nämä testien tulokset näkyvät parhaiten henkilöillä, jotka olivat kärsineet aivohalvauksesta. Tutkimuksessa mihin viittaamme tässä tekstissä käytettiin projektipohjaista AR-teknologiaa. (Gonzales-Medina 2021; Denche-Zamora ym 2023.)

Lisätyn todellisuuden käyttäminen myös helpottaa sitä, miten hoitaja voi seurata käyttäjän edistystä ilman säännöllisiä käyntejä. Harjoituksia voidaan myös tällöin muuttaa vastaamaan potilaan kehitystä sekä tehdä niistä myös enemmän puoleensavetävämpiä. Lisättyä todellisuutta tässäkin käyttötarkoituksessa rajoittaa sen tarkkuus, silmien väsymien ja laitteiston hinta varsinkin käyttöönoton aloitusvaiheessa. (Gonzalez-Medina 2021.)

3.2.3 Autismin hoito

Yhdysvalloissa jopa 80 % ihmisistä, joilla on autismiin viittaavia oireita ovat luokiteltu työtömiksi heidän haasteidensa vuoksi muun muassa keskittymisen ja kommunikaation saralla. Näitä ongelmia pyritään parantamaan Empowered Brain ohjelmiston avulla. (Sahin 2020.)

Brain Powerin kehittämä tuote Empowered Brain on suunniteltu auttamaan niin lapsia kuin aikuisia, joilla on autismiin viittaavia oireita. Tämä tuote pyrkii auttamaan näitä ihmisiä normaaliin elämiseen muun muassa auttamalla lukemisessa, keskustelutaidoissa ja pyrkii auttamaan käyttäjää vähentämään stressiä sekä vähentämään motoristista käyttäytymistä. (Brain Power.)

Ohjelmisto toimii päässä pidettävien älylasien kautta, joiden linseille heijastuu AR-tekniikka hyödyntäen esimerkiksi pelimäisiä hymiöitä ilmaisemaan ihmisten tunteita, joiden kanssa henkilö on käymässä keskustelua. Käyttäjä yrittää valita vaihtoehdoista oikeinlaisen emojiin käyttämällä oman kehon liikettä tai liikuttamalla katsettaan. Oikeilla vastauksilla käyttäjä kerää pisteitään itselleen ja näin ollen pystyy seuraamaan omaa suoritustaan. Näiden avulla käyttäjä pystyy kehittämään omia muun muassa sosiaalisia taitoja sekä tunteiden ymmärtämistä. (Businesswire.)

Empowered Brain ohjelmisto toimii niin Googlen kehittämillä älylaseilla kuin muillakin kilpailijoiden tuotteita, joita valmistavat esimerkiksi Intel ja Epson. Brain Power on yksi Googlen älylasien yhteistyökumppaneista, joka mahdollistaa heidän pääsynsä rajattuihin ominaisuuksiin. (Brain Power.)

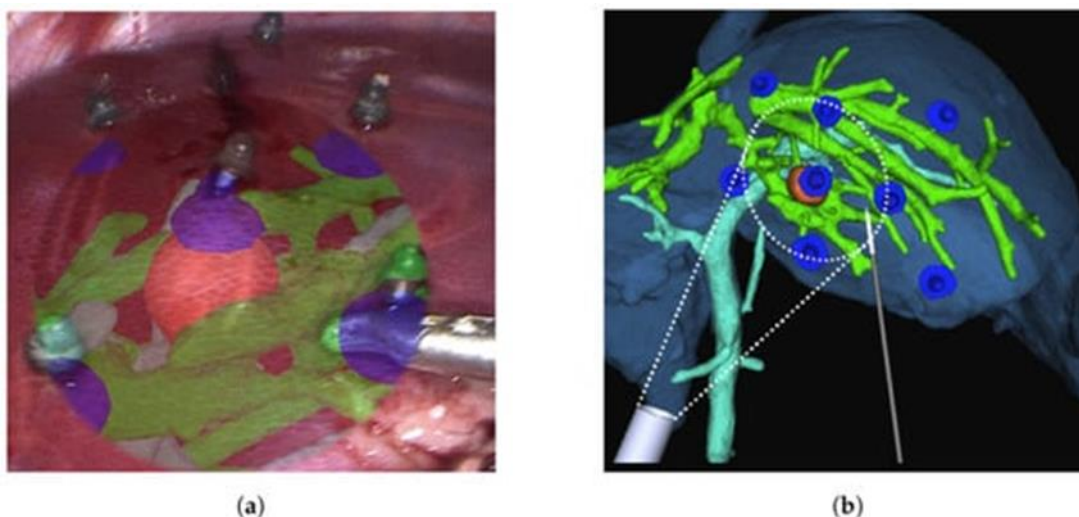
3.2.4 AR-tekniologia kirurgiassa

Tällä hetkellä monilla alueilla käytetään MR-tekniologiaa. MR-tekniologiaa käytetään pelkän AR- tai VR-tekniologian sijasta. Virtuaalitodellisuutta käytetään pääosin koulutukseen, kun taas lisättyä todellisuutta voidaan käyttää koulutukseen sekä operaatioiden suunnitteluun. AR-tekniologian käyttöön löytyy todella hyvä esimerkki hermokirurgian puolelta, koska se oli ensimmäinen puoli missä käytettiin AR avusteista navigointia ja se on liitetty osaksi normaalia käytäntöä. Lisätyn todellisuuden tuonti hermokirurgiaan on parantanut vastaalkajien työskentelyä, laskenut stressin tasoa suunnitteluvaiheessa ja operaatioiden lopputulokset ovat parantuneet. AR myös nopeutti työntekoa. Kirjallisuus tukee sitä näkemystä, että AR neurokirurgiassa on luotettavaa, monipuolista ja lupaavaa. (Malhotra ym 2023.)

Laparoskooppinen kirurgia on sitä, kun leikkaus tehdään pienen leikkaus aukon kautta käyttäen instrumentteja, joissa on kamerat mitkä heijastavat kuvaa näytölle kuten kuvassa 12.

Tämä on suosittu leikkausmenetelmä, vaikkakin tämä operointitapa on paljon vaikeampi ja fyysisesti vaativampi. Tämän operaation potilailla on lyhyemmät paranemisajat, ja leikkauksesta mahdollisesti tulevat komplikaatiot ovat harvempia. Operaatiossa leikkauksen tekijällä on paljon rajoitteita toimimisympäristössä ja syvyyšnäköä rajoittaa 2D-näyttö. Leikkauksen näkö on myös kohdistunut eri kohteeseen leikkauksesta, koska kamera on potilaan sisällä ja navigointi tapahtuu näytöltä. (Malhotra ym 2023.)

Näiden asioiden puutteessa voi nähdä miksi AR voi olla hyödyksi tämän tyyppisissä leikkauksissa. Se miten AR-teknologia on kehittynyt viime aikoina voisi korvata nykyisen 2D-ultraäänikuvauksen. AR-teknologia olisi vähemmän rasittavaa käyttää kuin nykyiset toimintamallit. Tällä hetkellä suurin haaste AR-teknologialle on tarkkuus sekä, miten tämä tarkkuuden puute vaatii validointimetodeja kuville.



Kuva 12 Maksan Lapraskopia (Malhotra ym. 2023)

Viimeisenä mainitsemme suukirurgiasta. Suukirurgiassa Tran ja Wang loivat lisätyn todellisuuden 3D-laitteen mikä heijastaa käyttäjän hampaat, suunnitellun poraussuunnan ja hermot. (Malhotra ym. 2023). Tätä laitetta kuitenkin vieläkin rajoittaa sen tarkkuus, mikä on tällä hetkellä laajempi ongelma lisätyn todellisuuden kanssa.

Tarkkuuden kanssa tulee myös toinen ongelma. Kun AR ympäristössä simuloidaan elinten toimintaa eikä simulointi välttämättä vastaa sitä, miten elimet normaalisti toimivat, voi tämä luoda lisää epätarkkuuksia. Eli laitteiden mitkä tarkkailevat näitä elimiä operaatioiden aikana pitää pystyä toimimaan elinten toiminnan perusteella, vaikka elinten toiminta olisi epänormaalia.

4 Ongelmakohdat ja tulevaisuus

4.1 Tämänhetkisiä laitteisto ongelmia

AR kiinnostaa niin kuluttajia kuin monia yrityksiä. Eri yritykset ovat halunneet lähteä lisätyn todellisuuden trendiin mukaan omalla laitteistollaan. Aiemmin tässä tekstissä on käsitelty kolmea eri laitetta, mutta laitteita on myös monilta eri toimijoilta, jotka kuitenkin toimivat lähes samalla periaatteella. Laitteistoja yhdistää kuitenkin tarkemmin tarkasteltuna tulevaisuuden kannalta muutamit asiat, joita tulee tarkastella, mikäli laitteet haluttaisiin osaksi jokapäiväistä elämää.

Ongelmakohtina itsellemme on noussut esiin laitteistojen kuvan laatu ja applikaatioiden interaktio johtuen käsien sekä silmien seurannasta. Käyttökokemukseen joidenkin laitteiden kohdalla negatiivisesti vaikuttaa myös interaktioiden vasteaika, jota tulisi saada pienemmäksi, jotta käyttökokemus tuntuisi luonnollisemmalta. Yhtenä isona miinuksena AR laitteissa on niiden käytön mahdollistaminen ilman ulkoista virtalähdettä, koska akkujen varusteho riippuu hyvin pitkälle akun fyysisestä suuruudesta, jota näissä laitteissa haluttaisiin välttää.

AR laitteet pystyvät toimimaan joko virtakaapelin päässä, joka itsessään rajoittaa liikkuvuutta käytettävän laitteen kanssa tai laitteet sisältävät akun, jonka koko määrittelee laitteen käytettävyyttä. Isommissa headsetin tapaisissa laitteissa on mahdollista käyttää isompia akkuja, kun laitteet ovat itsessään jo niin suuria. Akkujen kesto tällaisissa laitteissa on pisimmillään kolme tuntia, kun laitetta ei käytetä aktiivisesti. Aurinkolasimaisissa laitteissa akun kesto on huomattavasti pienempi. Oli laite kuitenkin minkälainen tahansa, on näissä laitteissa käytettävät akut sidonnaisia sen hetken akkutekniikkaan.

Toinen ongelma kohta on tarkkuus heijastetussa kuvassa. Tämä on ongelma varsinkin terveydenhuollossa, kun heijastettu kuva koskee ihmisen anatomiaa. Tämä ongelma esiintyy varsinkin, kun tehdään valmisteluja leikkaukseen ja koitetaan navigoida sen aikana. Virhemarginaalit eivät voi olla niin isoja kuin mitä tämänhetkinen AR pystyy lupaamaan.

4.2 AR-teknologian tulevaisuus terveydenhuollossa

AR fyysisen kuin mentaalisen kuntoutuksen suhteen näyttää lupaavalta tulevaisuuden kannalta. Varsinkin, jos katsotaan sitä, miten laajasti tulevaisuudessa voidaan hakea apua ja ei välttämättä tarvitse poistua kotoa erinäisiin tapaamisiin. Tämä voi varmasti helpottaa terveydenhuollolle keskittävää rasitusta ja vähentää ihmispaljoutta eri toimipisteillä.

Fyysisen sekä mentaalisen kuntoutuksen tuloksia lisätyn todellisuuden avulla onkin jo tutkittu jonkin verran. Lisätyn todellisuuden kehittyessä voisi olla aivan mahdollista huomata seuraavan vuosikymmenen aikana potilaan paranemisessa huomattaviakin tuloksia, jolloin hoitoaika myös lyhentyisi.

Lisätyn todellisuuden vaikutuksia on myös nähtävillä terveydenhuollon koulutuksen parissa. Mahdollista oppimisajan lyhentymistä suoraan kouluttautumisessa ei välttämättä tulla näkemään, mutta itse opetusprosessi ja opiskelijan oppimiskäyrä voivat parantua havainnollistamin avulla.

Lisätty todellisuus pystyy olemaan osana oppimisympäristöä, oppimisympäristö todennäköisesti tulee olemaan osa myös virtuaalitodellisuutta, jolloin opiskelija voi päästä muun muassa osaksi virtuaalista leikkausoperaatiota. AR sekä VR avustavaa oppimista uskomme näkyvän erityisesti kirurgisen terveydenhuollon saralla, mutta myös esimerkiksi sairaalaympäristöön tutustuessa.

5 Päätelmä

Tekstin tarkoituksena oli lähteä tarkastelemaan lisättyä todellisuutta kolmessa osassa. Ensimmäisessä osassa selvitettiin mitä lisätty todellisuus oikeastaan on sekä kartoitettiin sen nykytila käytetyn laitteiston sekä käyttökohteiden kannalta, jotka olivat enimmäkseen suunnattu kuluttajille. Tekstin toisessa osassa selvitettiin lisätyn todellisuuden vaikutuksia terveydenhuollossa olemassa tai tekeillä olevien ratkaisujen kannalta. Kolmas osa keskittyi ensimmäisessä osassa läpikäytyihin laitteiston ongelmiin sekä toisessa osassa käsiteltyihin terveydenhuollon ratkaisujen vaikutuksiin tulevaisuuden kannalta.

Tekstin aikana käy ilmi lisätyn todellisuuden monipuolisuus sekä miten siihen osittain liittyy myös VR. VR ominaisuuksien lisäys auttaa korvaamaan tiettyjä puutteita mitä lisätyssä todellisuudessa on. Käyttökohteita lisätyllä todellisuudella on hyvin monia, ja käyttökohteiden keksiminen ja toteuttaminen on yhtenä rajoittavana tekijänä. Toinen rajoittava tekijä on käytössä oleva laitteisto ja niihin liittyvä teknologia. Näistä halusimme korostaa akkujen kestoa, heijastettujen kuvien tarkkuutta ja interaktioiden vasteaikaa. Tekstin toisen osan jälkeen voidaan olettaa lisätyn todellisuuden olevan osana terveydenhuoltoa niin opetustyökaluna kuin työvälineenä.

Teksti osaa vastata tekstin tutkimuskysymyksiin hyvin. Ensimmäinen osa avaa lisätyn todellisuuden maailman sekä luo pohjan tuleville osille. Osiot kaksi ja kolme käsittelevät lisätyn todellisuuden hyödynnettävyyttä terveydenhuollossa sekä ottaa kantaa tulevaisuuden näkymiin lisätyn todellisuuden saralla. Tekstissä ei kuitenkaan päästy ottamaan tarkemmin kantaa lisätyn todellisuuden vaikutuksista terveydenhuollossa sen ollessa erittäin vähäisellä käytöllä Suomessa ja sen käyttöönotto vaatii vielä paljon testausta, jotta se on mahdollisimman turvallista. Tämän takia tekstissä jouduttiinkin turvautumaan aiheeseen jo perehtyneiden artikkelien sekä sivustojen kautta.

Tekstin tuloksena saatiin selvyttä lisätyn todellisuuden hyötykäytöstä terveydenhuollossa opetuksen apuvälineenä sekä hoitotyössä. AR ei kuitenkaan yksinään vielä pysty syrjäyttämään muun muassa muita opetuskeinoja tai hoitotapoja, mutta se voi edesauttaa oppimisprosessia tai nopeuttaa hoitoaikaa tämänhetkisten materiaalien perusteella. Terveydenhuollossa on selkeitä käyttökohteita lisätylle todellisuudelle vaikkakin se ei välttämättä itsessään riitä ja joudutaan tukeutumaan myös osittain virtuaalitodellisuuteen.

Vaikkakin teknologiaa on tällä hetkellä sekä sen kehittyminen on kasvussa, on lisätyn todellisuuden käytöllä muutamia rajoittavia tekijöitä, joita tulisi mahdollisuuksien mukaan ottaa huomioon jatkoa varten. Tämän hetken laitteistosta Applen kehittämä Apple Vision Pro näyttää lupaavimmilta, vaikka sekin enimmäkseen muistuttaa headsettiä ja voi olla

itsessään rajoittava tekijä joissain tilanteissa. Tätäkin laitetta koskee myös tekstissä huomioitunut ongelmakohdat, joita tulisi ottaa huomioon laitteistokehityksessä.

Lähteet

3D4Medical. Introducing HoloHuman. Vimeo. Viitattu 23.06.2023. Saatavissa

<https://vimeo.com/293951798>

4D Anatomy. a. 4D Interactive Anatomy. 4D Anatomy. Viitattu 27.07.2023. Saatavissa

<https://www.4danatomy.com/>

4D Anatomy. b. About. 4D Anatomy. Viitattu 27.07.2023. Saatavissa

<https://www.4danatomy.com/about>

4D Anatomy. c. Subscribe. 4D Anatomy. Viitattu 27.07.2023. Saatavissa

<https://www.4danatomy.com/subscribe>

American Academy of Clinical Psychiatrists. REAL-LIFE CONTEXTUALIZATION OF EXPOSURE THERAPY USING AUGMENTED REALITY: A PILOT CLINICAL TRIAL OF A NOVEL TREATMENT METHOD. American Academy of Clinical Psychiatrists. Viitattu 10.08.2023. Saatavissa https://www.aacp.com/article/buy_now/?id=718

Andersen, RJ. 2023. XREAL (formerly Nreal) Air AR glasses are so cool, but need some serious work. Viitattu 20.07.2023. Saatavissa <https://mashable.com/review/nreal-air-augmented-reality-glasses>

±

Brain Power. Vision & Mission. Brain Power. Viitattu 28.06.2023. Saatavissa

<https://www.brain-power.com/about/>

Brar, J. 2016. Viitattu 1.5.2023. Saatavissa

<https://www.flickr.com/photos/dcmot/28063044940/in/photostream/>

Brownlee, M. 2023. Apple Vision Pro Impressions!. Viitattu 3.8.2023. Saatavissa

<https://www.youtube.com/watch?v=OFvXuyITwBI>

Businesswire. Brain Power Releases First Augmented Reality Smartglasses to Help People with Autism Increase Social, School, and Job Success. Viitattu 03.07.2023.

Saatavissa <https://www.businesswire.com/news/home/20171107006113/en/Brain-Power-Releases-First-Augmented-Reality-Smartglasses-to-Help-People-with-Autism-Increase-Social-School-and-Job-Success>

Byrant, C & Clark, J. 2019. Augmented reality: Coming soon? Stuff you should know. Saatavissa 9.5.2023 Spotify

<https://open.spotify.com/episode/4rAmPR9Cn3fnlcCsP3LGNJ?si=dffc2b0d95544323>

Cleveland Clinic. Zoophobia (Fear of Animals). Cleveland Clinic. Viitattu 10.08.2023. Saatavissa <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/22727-zoophobia-fear-of-animals>

CrossComm. AR Exposure Therapy App. CrossComm. Viitattu 10.08.2023. Saatavissa <https://www.crosscomm.com/portfolio/ar-exposure-therapy-app/>

CrossComm, Inc. 2020. Exposure Therapy in Augmented Reality. Youtube. Viitattu 10.08.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=6wu-OLicGr8>

Debard, G., De Witte, N., Hermans, D., Scheveneels, S., Sels, R., & Van Daele, T. 2020. Augmenting Exposure Therapy: Mobile Augmented Reality for Specific Phobia. Frontiers. 10.08.2023. Saatavissa <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2020.00008/full>

Designrush. IKEA Place's App Uses AR Technology to Engage Users. Designrush. Viitattu 10.07.2023. Saatavissa <https://www.designrush.com/best-designs/apps/ikea-place>

Dhar, P., Rocks, T., Samarasinghe, R. & Stephenson, G. 2021. Augmented reality in medical education: students' experiences and learning outcomes. The National Center for Bio-technology Information. Viitattu 5.5.2023. Saatavissa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8281102/>

Fusco, M. 2022. What is Markerless AR and Examples. Kiber. Viitattu 20.6.2023. Saatavissa <https://www.kiber.tech/what-is-markerless-ar-examples>

GigXR. a. HOLOHUMAN. GigXR. Viitattu 23.06.2023. Saatavissa <https://www.gigxr.com/holohuman/>

GigXR. b. HOLOPATIENT. GigXR. Viitattu 23.06.2023. Saatavissa <https://www.gigxr.com/holopatient/>

GigXR. c. HOLOSCENARIOS: RESPIRATORY MODULE. GigXR. Viitattu 23.06.2023. Saatavissa <https://www.gigxr.com/holoscenarios-respiratory/>

Gillis, A. 2022. What is augmented reality (AR). Techtarget. Viitattu 1.5.2023. Saatavissa <https://www.techtarget.com/whatis/definition/augmented-reality-AR>

Gonzales-Medina, G. 2021. Augmented Reality in Physical Therapy: Systematic Review and Meta-analysis. Viitattu 16.8.2023. Saatavissa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8717132/>

Google Play. Human Anatomy 4D MR. Google Play. Viitattu 27.07.2023. Saatavissa https://play.google.com/store/apps/details?id=in.co.Irusu.HumanAnatomy&hl=en_US

Hayes, A. 2020. Augmented Reality (AR) Defined, with Examples and Uses. Investopedia. Viitattu 1.5.2023. Saatavissa <https://www.investopedia.com/terms/a/augmented-reality.asp>

IKEA. Say hej to IKEA Place. IKEA. Viitattu 10.07.2023. Saatavissa <https://www.ikea.com/au/en/customer-service/mobile-apps/say-hej-to-ikea-place-pub1f8af050>

Esposito, J. 2022. How Augmented Reality Could Revolutionize Rehabilitation For Neurologic Disorders. Viitattu 16.8.2023. Saatavissa <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/01/18/how-augmented-reality-could-revolutionize-rehabilitation-for-neurologic-disorders/>

Malhotra, S, Halabi, O., Dakua, S., Padhan, J., Paul, S. & Palliyali, W. 2023. Augmented Reality in Surgical Navigation: A Review of Evaluation and Validation Metrics. Viitattu 17.8.2023. Saatavissa <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/3/1629>

Mayo Clinic. 2022. Choking: First Aid. Mayo Clinic. Viitattu 03.08.2023. Saatavissa <https://www.mayoclinic.org/first-aid/first-aid-choking/basics/art-20056637>

Sahin, N. 2020. Evidence-Based Social-Emotional Therapy Using Augmented and Virtual Reality on Google Glass to Improve Employability and Job Skills in Adults with Autism. CDMRP. Viitattu 28.06.2023. Saatavissa https://cdmrp.health.mil/arp/research_highlights/20ned_sahin_highlight.aspx

Salehahmadi, F., Hajjaliasgari, F. 2019. Grand Adventure of Augmented Reality in Landscape of Surgery. The National Center for Bio-technology Information. Viitattu 23.6.2023. Saatavissa <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6620801/>

Schechter, S. 2014. The Ultimate Guide to Markerless Augmented Reality. Marxent. Viitattu 20.6.2023. Saatavissa <https://www.marxentlabs.com/what-is-markerless-augmented-reality-dead-reckoning>

Senar. a. About us. Senar. Viitattu 03.08.2023. Saatavissa <https://www.senar.io/first-ar-training-platform>

Senar. b. Healthcare training in AR (Augmented Reality). Senar. Viitattu 03.08.2023. Saatavissa <https://www.senar.io/ar-collections/healthcare-training>

Senar. c. CPR and First Aid Training in AR. Senar. Viitattu 03.08.2023. Saatavissa <https://www.senar.io/ar-collections/cpr-and-first-aid>

Senar. d. CPR and AED (Defibrillator) in Augmented Reality. Senar. Viitattu 03.08.2023. Saatavissa <https://www.senar.io/ar-training/cardiac-arrest>

Senar. e. First Aid Training in AR (Augmented Reality): Choking Hazard. Senar. Viitattu 03.08.2023. Saatavissa <https://www.senar.io/ar-training/choking>

ShortCircuit. 2021. ...And I LIKE it!!! - nreal Light AR Glasses. Youtube. Viitattu 20.07.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=ht8vSX82PyM>

Sygic. a. Sygic GPS Nagivation. Sygic. Viitattu 01.08.2023. Saatavissa <https://www.sygic.com/gps-navigation>

Sygic. b. Head-up Display (HUD). Sygic Viitattu 01.08.2023. Saatavissa <https://www.sygic.com/what-is/head-up-display-hud>

Sygic a.s. 2022. Real View Navigation in Sygic GPS Navigation & Maps. Youtube. Viitattu 01.08.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=qc-yaREGpIM>

UploadVR. 2021. Microsoft HoloLens 2 Review. Viitattu 10.8.2023. Saatavissa <https://www.youtube.com/watch?v=t0q8vWLjkyo>

Vakhnenko, H. 2022. Augmented Reality Navigation: Killer Feature for Your Mapping App. Agilie. Viitattu 08.08.2023. Saatavissa <https://agilie.com/blog/augmented-reality-navigation-killer-feature-for-your-mapping-app>

Xrai Glass. XREAL Air. Xrai Glass. Viitattu 20.07.2023. Saatavissa <https://xrai.glass/product/xreal-air/>

Zvejnieks, G. 2022. Marker-based vs markerless augmented reality: pros, cons & examples. Overlyapp. Viitattu 1.5.2023. Saatavissa <https://overlyapp.com/blog/marker-based-vs-markerless-augmented-reality-pros-cons-examples/>