

# Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen kirurgia- alan koulutuksissa

Mikael Salmela & Pietari Tavela



<b>Tekijät</b> Mikael Salmela, Pietari Tavela	
<b>Koulutusohjelma</b> Tietojenkäsittely	
<b>Raportin/Opinnäytetyön nimi</b> Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen kirurgia- alan koulutuksessa	<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b> 49 + 4
<p>Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia virtuaalitodellisuuden eli VR:n tilannetta Suomessa, millaisessa käytössä se on tällä hetkellä, ja mitä hyötyjä siitä voisi olla kirurgiakoulutuksessa. Virtuaalitodellisuus on erittäin tuore aihe ja suurilta osin vielä kehittymässä, joten sen tutkiminen on hyödyllistä.</p> <p>Teoriaosuudessa kerromme virtuaalitodellisuudesta, sen historiasta ja tulevaisuuden mahdollisuuksista, sekä hyödyistä ja haitoista. Sivuutamme myös lisättyä todellisuutta eli AR:ää ja sen käyttömahdollisuuksia kirurgiassa. Teoriaosuudessa pureudumme tarkemmin myös VR:n nykyiseen käyttöön kirurgiassa ja miten se vaikuttaa siihen.</p> <p>Tutkimusosiossa kerromme tutkimusmenetelmästä, joka on kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä, eli tutkimuksemme toteutettiin pääosin kirjallisen tutkimuksen pohjalta, sekä haastattelujen pohjalta. Haastattelimme kuutta eri henkilöä, joista neljä olivat kirurgian kouluttajia ja kaksi oli VR-ohjelmistokehittäjiä.</p> <p>Johtopäätöksissä käymme läpi tekemiämme haastatteluja ja tuomme esille päätelmämme niistä. Puhumme myös laitteiden hinnoista ja hankintojen realistisuudesta. Lisäksi kerromme VR-laitteiden kannattavuudesta ja vastaamme kysymykseen, ovatko simulaatiot todella hyödyllisiä esimerkiksi kirurgien kouluttamisessa.</p> <p>Opinnäytetyömme on hyödyllinen niille ihmisille, jotka ovat kiinnostuneita VR:n kehittämisestä tai haluavat tietoa liittyen VR:n kannattavuuteen kirurgia-alalla.</p>	
<b>Asiasanat</b> Virtuaalitodellisuus, VR, AR, kirurgia, koulutus	

# Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Mitä on virtuaalitodellisuus .....	2
2.1	Mitä on immersio.....	3
2.2	Mitä on lisätty todellisuus .....	4
2.3	Virtuaalitodellisuuden historia.....	5
2.4	Virtuaalitodellisuus ja simulaatiot armeija-alalla.....	7
2.5	Miten virtuaalitodellisuus toimii.....	9
2.6	VR-Teknologian saatavuus .....	11
2.7	Haptiikka ja sen saatavuus .....	14
2.8	Mitä hyötyjä virtuaalitodellisuudesta voi olla .....	16
2.9	Mitä haittoja virtuaalitodellisuudessa on .....	17
2.10	Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet tulevaisuudessa .....	17
3	Virtuaalitodellisuus kirurgiakoulutuksessa .....	23
3.1	Virtuaalitodellisuuden vaikutus kirurgiaan.....	23
3.2	Precision VR .....	24
3.3	SuRgical Planner .....	25
3.4	CAE Healthcare .....	25
3.5	Lisätty todellisuus kirurgia-alalla.....	27
4	Tutkimus .....	29
4.1	Tutkimusmenetelmät.....	30
4.2	Tutkimuskysymykset.....	30
4.3	Haasteet .....	31
4.4	Aikataulu .....	31
4.5	Haastattelut.....	31
4.6	Haastattelukysymykset .....	32
5	Tutkimustulokset .....	33
5.1	Kuinka tuttu VR on kirurgiakouluttajille aiheena.....	33
5.2	Kirurgiakouluttajien asenteet VR-simulaatioihin.....	33
5.3	Kirurgiakouluttajien vaatimukset simulaatioille .....	34
5.4	VR-kehittäjien kokemus kirurgiaohjelmistoista.....	34
5.5	VR-kehittäjien mielipiteet laitteistosta .....	35
5.6	Kehittämisen haasteet VR-kehittäjän näkökulmasta.....	35
6	Johtopäätökset.....	36
6.1	Jatkotutkimus.....	41
6.2	Tutkimuksen luotettavuus .....	41
6.3	Omat kokemukset .....	42
	Lähteet .....	43



# 1 Johdanto

Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality eli VR) on tänä päivänä hyvin puhuttu aihe. Virtuaalitodellisuuteen perustuvat pelit ovat viime vuosina nousseet suosioon, kun niiden pelaamiseen vaadittavat VR-lasit kuten Oculus Rift tai HTC Vive ovat tulleet myyntiin kuluttajille. Monille voi kuitenkin lehtiartikkeleita ja uutisia lukiessa jäädä epäselväksi, mitä virtuaalitodellisuudella tarkoitetaan ja miksi sen tapaisen peliteknologian pitäisi kiinnostaa heitä.

Virtuaalitodellisuudella on kuitenkin monia muita käyttötarkoituksia kuin pelit, kuten koulutus, markkinointi ja terveydenhuolto. Esimerkiksi IKEA on julkaissut IKEA VR Experience-ohjelman, jonka avulla voit käyttää VR-laseja oman keittiösi suunnitteluun (Steam 2016). Virtuaalitodellisuutta on käytetty terveydenhoidon alalla esimerkiksi post-traumaattisen stressin hoitamiseen.

Armeijassa on käytetty alkeellisia simulaatioita muun muassa lentäjien kouluttamiseen jo pitkään. Korkeatasoista immersiota tarjoavaa VR-teknologiaa on kuitenkin päästy hyödyntämään näissä koulutusohjelmissa vasta viime vuosina. Lääketieteen ja kirurgian alalla tilanne on samanlainen – vaikka virtuaalitodellisuutta hyödyntäviä työkaluja on ollut opetuksen apuna jo vuosia, todellista immersiota on voitu hyödyntää vasta vähän aikaa. (U.S. Army 2012.)

Opinnäytetyömme tavoitteena on tutkia VR:n hyötyjä kirurgiakoulutukselle ja miten virtuaalitodellisuutta käytetään tällä hetkellä kirurgien kouluttamisessa ja muissa ohjelmissa. Tutkimme myös millä tavalla VR-teknologiaa käytetään Suomessa, miten sitä voisi kohentaa ja mitä vaatimuksia VR:n pitäisi täyttää, jotta se otettaisiin käyttöön koulutuksiin.

Tutkimuksemme toteutettiin pääosin kirjallisen tutkimuksen pohjalta. Suuressa roolissa olivat myös haastattelut, joita teimme kuusi kappaletta. Haastattelujen tarkoituksena oli täydentää niitä osa-alueita mitkä olivat meille tuntemattomia, kuten esimerkiksi kirurgia ja kirurgien kouluttaminen. VR-ohjelmistokehittäjiltä saimme vastauksia kirurgien esittämiin vaatimuksiin mahdollisiin VR-sovelluksiin liittyen.

## 2 Mitä on virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus eli Virtual Reality (VR) on nimensä mukaisesti virtuaalinen keinotekoinen maailma, johon käyttäjä pääsee käsiksi VR-tekniikan avulla. Virtuaalitodellisuus on pelien tavoin useimmiten kolmiulotteinen mutta huomattavasti immerssiivisempi ympäristö, tehden siitä erittäin aidon oloisen kokemuksen. (Yle uutiset 2016.)

Virtuaalitodellisuuteen pääsee, kun ostaa virtuaalitodellisuuslasit, eli lyhyesti VR-headsetin, joista yleisimpiä esimerkkejä ovat mm. Oculus Rift (Kuva 1) ja HTC Vive. Näitä laseja käytetään sen jälkeen niille tarkoitettujen sovellusten kuten pelien yhteydessä. Kyseiset laitteet ovat silmien eteen pantavia visiirejä, joiden kautta käyttäjä näkee toiseen maailmaan. Molemmat omaavat 110-asteen näkökentän ja rekisteröivät käyttäjän pään liikkeitä erittäin tarkasti, huijaten muitakin aisteja kuin näköaistia, joka taas vaikuttaa immersioon. Jos esimerkiksi käännät päätäsi oikealle, niin avatarisi virtuaalimaailmassa kääntää myös päänsä samaan aikaan oikealle. Jos nojaat eteenpäin kotituolissasi, niin avatarisi myös nojaa eteenpäin, ja tällä tavalla voit esimerkiksi tutkia mitä kallonkielekkeen alapuolelta löytyy virtuaalimaailmassa.



*Kuva 1: Oculus Rift käytössä. (Oculus 2016)*

Virtuaalitodellisuudelle on monia määritelmiä, joista jotkin ovat hyvin laajoja ja käsittävät kaiken mahdollisen todellisuuden simuloimisen. Useimpien määritelmien mukaan virtuaalitodellisuuden luomiseen ja kokemiseen tarvitaan kuitenkin elektronista laitteistoa. Esimerkiksi Oxford Living Dictionaries määrittelee virtuaalitodellisuuden seuraavanlaisesti:

“The computer-generated simulation of a three-dimensional image or environment that can be interacted with in a seemingly real or physical way by a person using special electronic equipment, such as a helmet with a screen inside or gloves fitted with sensors (Oxford Living Dictionaries).” Teemme tämän opinnäytetyön tutkimuksen käyttäen tätä määritelmää.

## 2.1 Mitä on immersio

Immersio tarkoittaa sitä, että käyttäjä tuntee olevansa oikeasti virtuaalitodellisuusmaailmassa. Immersiota luodaan ja syvennetään tekemällä VR-ohjelmiin niin realistista grafiikkaa ja äänisuunnittelua, että käyttäjä voi näin oikeasti uskoa olevansa luodussa maailmassa. Lisää immersiota voidaan luoda ottamalla mukaan muitakin aisteja, kuten erinäisiä hajuja tai vaikka tuulettimia käyttämällä. Virtuaalitodellisuus, käytettiin sitä sitten pelimaailmojen tai koulutusohjelmien tekemiseen, on riippuvainen immersioista, koska ilman immersiota virtuaalitodellisuusteknologia ei toimi käytännössä ollenkaan. Immersio, eli virtuaalisen maailman tai tilanteen uskottavuus tekee sen, että myös käyttäjä ottaa tilanteen vakavammin ja reagoi eri tavalla. Esimerkiksi kirurgiasimulaatiossa jossa immersion taso on heikkoa, ei pelaaja/oppilas todennäköisesti ota tilannetta samalla tavalla vakavasti kuin vastaavassa simulaatiossa jonka immersio on korkeatasoisempaa. (The Psychology of video games 2010.)

Toinen tapa selittää mitä immersio tarkoittaa on käyttäen termiä presence (suomeksi olemus/läsnäolo). Presence on paljon käytetty termi VR:n immersioista puhuttaessa. Kyseiselle sanalle ei ole varsinaista selitystä tässä kontekstissa, mutta siitä puhuttaessa ymmärretään, että se liittyy VR-headsetin käyttäjän kokemukseen ja hänen yhteyteensä virtuaalimaailmaan, eli kuinka vahvasti koetaan olevamme osa peliä tai simulaatiota. Asian voi myös ajatella niin, että kuinka käyttäjä unohtaa olevansa virtuaalimaailmassa. Edellisessä kappaleessa oli tuotu esille asioita mitkä vaikuttavat immersion. Näiden lisäksi siihen vaikuttaa voimakkaasti VR-headsetin oma resoluutio, näkökentän laajuus, sekä ruudun päivitystaajuus. Amerikkalainen yritys AMD, joka kehittää prosessoreita ja muita komponentteja tietokoneille julkaisi oman näkemyksensä siitä, kuinka saavuttaa täydellinen immersio (kuva 2). (Tomshardware 2015.)



Kuva 2: AMD:n suunnitelma täydellisen presencen saavuttamiseksi. (Tomshardware 2015)

## 2.2 Mitä on lisätty todellisuus

Lisätty todellisuus (Augmented Reality tai AR) on termi, jota usein käytetään yhdessä virtuaalitodellisuuden kanssa ja joskus myös sekoitetaan siihen. Ero virtuaalitodellisuuden ja lisätyn todellisuuden välillä on se, että AR-laitteiden läpi näkee käyttäjän oikean ympäristön virtuaaliympäristön sijaan, ja ne näyttävät ympäristöön lisättyjä virtuaalielementtejä. Lisättyä todellisuutta voi käyttää sekä sitä varten suunnitelluilla lasilla, että tavallisilla kameran omaavilla käyttölaitteilla kuten älypuhelimilla. Esimerkkejä AR-laseista ovat vaikka julkisuutta saanut Google Glass, jonka ensimmäinen versio vedettiin pois markkinoilta tietoturvaongelmien vuoksi, tai Microsoftin kehittämä Microsoft HoloLens (Kuva 3) (Tom's Guide 2015). Muilla laitteilla toimivista AR-sovelluksista taas hyvä esimerkki on vuoden 2016 kesällä suosiota kerännyt peli Pokémon Go (Kuva 4), jossa pelissä kerättävät hahmot eli Pokémonit näkyvät puhelimen näytöllä käyttäjän oikeassa ympäristössä (Recode 2016).





Kuva 3: Demonstraatio Microsoft Hololensin käyttömahdollisuuksista. (Nanovalor 2016)



Kuva 4. Pokémon Gon hahmo AR.ympäristössä. (Mac rumors 2016)

### 2.3 Virtuaalitodellisuuden historia

Itse termi "Virtual Reality" syntyi vuonna 1987 ja sen keksi tietojenkäsittelytieteilijä Jaron Lanier (Virtual Reality Society). Pyrkimyksiä luoda virtuaalitodellisuutta on ollut kuitenkin jo paljon aikaisemmin. Erään laajemman virtuaalitodellisuuden määritelmän mukaan virtuaalitodellisuutta on se, että luodaan illuusio siitä, että katsoja on jossain missä hän ei

oikeasti ole. Tämän määritelmän mukaan ensimmäiset yritykset luoda virtuaalitodellisuutta ovat panoraama-maalaukset, kuten Franz Roubaudin Borodinon taistelu. Tämän kaltaisilla koko huoneen ympäröivillä maalauksilla yritettiin alkeellisesti luoda tunnetta siitä, että katsoja olisi tapahtumien keskellä. Termi panoraama kehitettiin 1700-luvun lopulla, mutta konsepti tällaisista maalauksista on syntynyt jo luolamaalauksien aikaan. Tämän jälkeen on kehitetty paljon muita tapoja luoda immersiota katsojalle, kuten stereoskooppiset valokuvat, joissa kahta hieman eri kuvakulmista otettua valokuvaa katsottiin stereoskoopin läpi. Hyvin samanlaista menetelmää käytetäänkin myös nykypäivän VR-laseissa. (Virtual Reality Society.)

Ensimmäinen edellä mainitun laajennetun määritelmän mukaista virtuaalitodellisuutta hyödyntävä koulutusapuväline syntyi vuonna 1929, kun Edward Link kehitti ensimmäisen lentokonesimulaattorin, jota kutsuttiin nimellä Link Trainer. Kyseinen simulaattori oli pieni lentokoneen ohjaamon kokoinen laatikko, joka liikkui hydrauliiikan avulla käyttäjän ohjauksen mukaan. Toisen maailmansodan aikana tällä koulutettiin yli 500,000 pilottia. Kyseinen laite on ensimmäinen armeijan käyttämä simulaattori. (ASME International 2000.)

Vuonna 1930 julkaistiin Stanley G. Weinbaumin tarina Pygmalion's Spectacles jossa ennustettiin virtuaalitodellisuus. Siinä kuvailtiin lasit, joiden läpi niiden käyttäjä pystyi kokemaan uskottavan fiktiivisen maailman, kuten nykypäivän virtuaalitodellisuuslasien kautta-kin voi (Virtual Reality Society). 1950-luvulla Morton Heilig kehitti laitteen, jolle hän antoi nimeksi Sensorama. Sen avulla pystyi kokemaan lyhytelokuvia, jotka stimuloivat kaikkia aisteja muun muassa stereokaiuttimien, näytön, tuulettimien ja jopa hajujen avulla. Ensimmäiset varsinaiset virtuaalitodellisuuslasit Helig kehitti 1960-luvulla. Niissä ei kuitenkaan ollut minkäänlaista interaktiivisuutta tai liikkeenseurantaa. Konsepti kehittyi vuosien varrella, ja siihen lisättiin näiden puuttuvien ominaisuuksien lisäksi muun muassa liitäntä tietokoneeseen monien muiden kehittäjien toimesta. (Virtual Reality Society.)

1990-luvulla ensimmäiset samankaltaiset laitteet alkoivat ilmestyä kuluttajien käyttöön. Vuonna 1991 Virtuality Group julkaisi sarjan pelihallikoneita jotka toimivat virtuaalilasien avulla reaaliaikaisesti. Vuonna 1995 Nintendo julkaisi ensimmäisen kotikäyttöön tarkoitetun VR-pelikonsolin, jonka nimi oli Nintendo Virtual Boy (Kuva 5). Konsolin mainostettiin olevan ensimmäinen, joka pystyi näyttämään aitoa 3D-grafiikkaa. Virtual Boy vedettiin kuitenkin markkinoilta seuraavana vuonna vähäisen suosion vuoksi. Laite oli käyttäjien mukaan epämieluisa käyttää, aiheutti päänsärkyä ja räsitystä silmille, ja sen pelit eivät olleet juuri erilaisia verrattuna muihin markkinoilla oleviin tai Nintendon edellisiin konsoleihin (Techspot 2015). Virtual Boy'n ja muiden ajan laitteiden epäonnistumisten

takia virtuaalitodellisuuden suosio laski nopeasti, sillä ajan teknologialla ei päästy lähellekään sitä mitä kuluttajat odottivat ja toivoivat. (Virtual Reality Society.)



*Kuva 5: Virtual Boy. (Tomodachi life wikia)*

Virtuaalitodellisuuden suosio pysyi lähes olemattomana noin 20 vuotta. Kuitenkin nykypäivänä aihe on erittäin suosittu. Tämä sai alkunsa Oculus Riftin vuonna 2012 aloitetusta Kickstarter-rahoituskampanjasta. Kampanja oli hyvin suosittu ja Oculus Rift sai rahoitettua ensimmäiset modernit virtuaalitodellisuuslasit. Kampanjan suosio huomattiin ja Facebook osti Oculus Riftin vuonna 2014. Tämän jälkeen myös muun muassa Sony, Samsung ja Google ovat alkaneet kehittää omaa virtuaalitodellisuusteknologiaansa.

## **2.4 Virtuaalitodellisuus ja simulaatiot armeija-alalla**

Virtuaalitodellisuutta on käytetty laajasti jo melko pitkään muiden alojen koulutukseen, esimerkiksi armeijassa. Kuten virtuaalitodellisuuden historia-kappaleessa kerrottiin, armeijassa on käytetty simulaatioita apuna jo vuodesta 1929. Suomessa on hiljattain otettu käyttöön uusi simulaatio nimeltään Virtual Battlespace 3 (Kuva 6), tai kuten sitä nimitetään puolustusvoimien sisällä, Virtuaalinen Koulutusympäristö eli VKY. Se on tavallisen sotapelin oloinen, mutta mallinnettu Suomen armeijan varusteiden ja ympäristöjen mukaisesti. Simulaatio on myös tavallista sotapeliä realistisempi, eikä siinä voi esimerkiksi selvittää useammasta luodin osumasta. Virtual Battlespace-sarjan

simulaattoreita on ollut käytössä muissa maissa, esimerkiksi Yhdysvalloissa ja joissain Nato-maissa jo vuosituhannen alusta. Ohjelmisto ei perustu virtuaalitodellisuuteen, mutta kuten saman kaltaiset sotapelit, sen voisi mahdollisesti soveltaa toimimaan myös virtuaalitodellisuuskaskeilla. (Nyt 2017.)



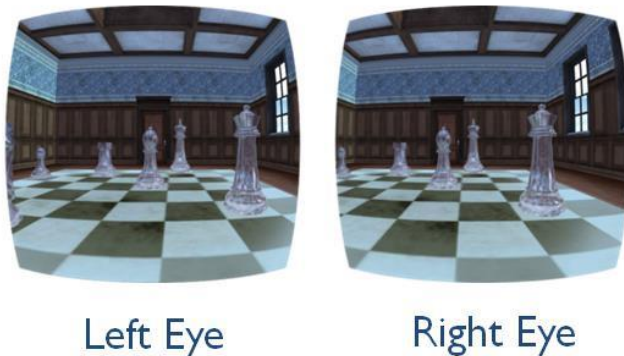
*Kuva 6: Virtuaalinen Koulutusympäristö käytössä. (Nyt 2017)*

Yhdysvaltojen armeijassa on viime vuosina otettu käyttöön ensimmäinen täydellisen immersion tarjoava simulaatio-ohjelma sotilaiden kouluttamiseen. Tällä ohjelmalla käytännön harjoituksen riskit kuten loukkaantumisvaara minimoidaan, mutta harjoitusympäristö pidetään silti realistisena ja immerssiivisenä (simulaatioiden kehittyessä jopa oikeita sotaharjoituksia immerssiivisempinä). Tämän lisäksi kouluttajat voivat monitoroida harjoitusten etenemistä huomattavasti helpommin, sillä simulaatiosta pystyy valita haluamansa tiedot tai näkökulmat näytölle. (U.S. Army 2012.)

Armeija-alan koulutuksella on useita tärkeitä yhteneväisyyksiä kirurgia-alan koulutukseen, kuten se, että käytännön koulutus on haastavaa, kallista ja mahdollisesti jopa vaarallista. Tämä on todennäköisesti suurin syy siihen miksi armeijassa etsitään jatkuvasti uusia simulaatoratkaisuja. Samaan aikaan kirurgian koulutuksessa simulaatioita ei ole kehitetty yhtä ahkerasti.

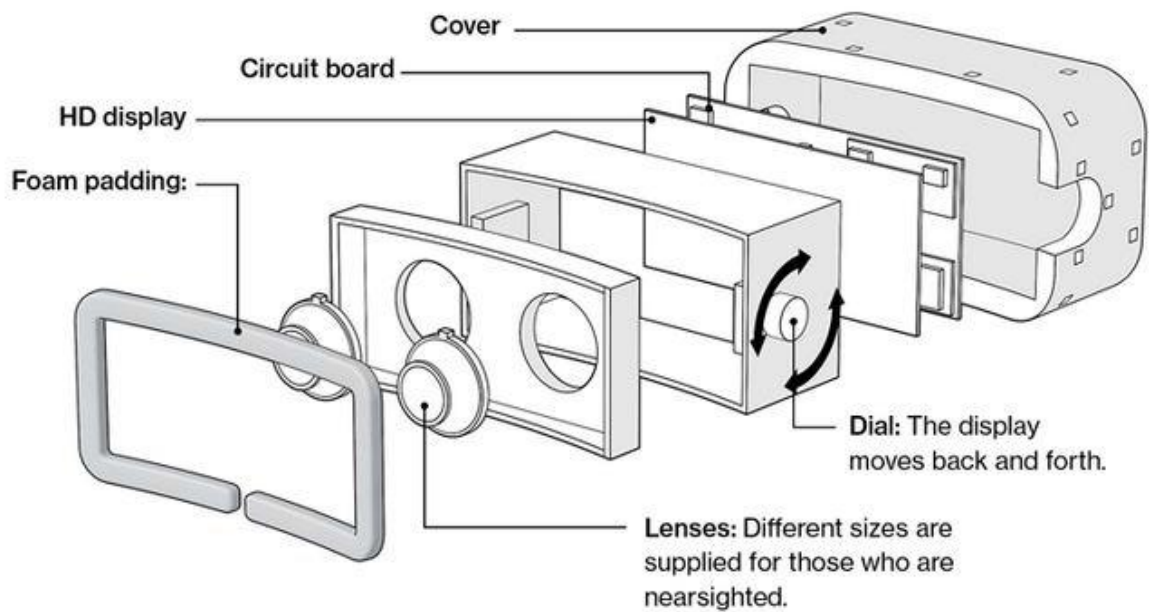
## 2.5 Miten virtuaalitodellisuus toimii

Virtuaalilasit omaavat kaksi näyttöä, jotka on tarkoitettu erikseen molemmille silmille. Ne näyttävät samaa kuvaa hieman eri kulmasta, joka tuo kuvalle syvyyttä ja kolmiulotteisen vaikutelman (Kuva 7). Se, mikä mahdollistaa virtuaalimaailmassa ympärilleen katsomisen on laitteessa oleva kiihtyvyyssanturi, jonka tehtävänä on seurata pään liikkeitä ja toistaa liikkeitä samaan aikaan virtuaalimaailmassa. Nämä asiat yhdessä huijaavat aistejamme niin hyvin, että aivot uskovat meidän katsovan oikeata kolmiulotteista maisemaa, vaikka käyttäjä tietäisikin, että kyseessä ei ole aito maisema. (Tieteen kuvalehti 2016.)



*Kuva 7: Ulkopuolisen perspektiivi, VR-headsetin käyttäjän näkymästä. (Android Authority 2015)*

Virtuaalitodellisuuslasit, kuten esimerkiksi aikaisemmin mainittu Oculus Rift koostuvat useasta eri osasta (Kuva 8). Aloittaen ulkokuoresta päällimmäisenä on suojakotelo, joka suojaaa herkkiä sisuksia. Kotelon alta paljastuu piirilevy, josta löytyy prosessori, ohjaussiru LED:lle ja monimutkaisimpana ominaisuutena Oculus Riftin erikseen kehittämä Adjacent Reality Tracker, joka sisältää kiihtyvyyssanturin, gyroskoopin sekä magnetometrin, jotka yhdessä muodostavat kokonaisuuden jonka avulla laite seuraa tarkasti kolmiulotteisessa tilassa käyttäjän liikkeitä. Tämä tapahtuu itseasiassa niinkin tarkasti, että vaikka käyttäjä rullaluistelisi maanjäristyksen aikaan, niin silti laite pystyisi seuraamaan pienimpiäkin pään liikkeitä. Piirilevyn alla on HD- näyttö, jonka resoluutio on 2160x1200 (1080x1200 per silmä) ja ruudunpäivitystaajuus 90Hz. Näyttö itse sijaitsee omassa kotelossaan ja sitä voi vipua säätämällä tuoda lähemmäs silmiä tai viedä kauemmas silmistä. Käyttäjän perspektiivistä näytön edessä on linssit, jotka toimivat suurennuslaseina joiden ansiosta näyttö vaikuttaa peittävän suurimman osan katselijan näkökentästä. Viimeisenä asiana lähimpänä käyttäjän kasvoja on vaahtomuovipehmustus, joka tekee käyttökokemuksesta mieltäisemmän. (Wearable 2016.)



Kuva 8: Havainnekuva Oculus Riftin rakenteesta. (Virtualrealitysb 2014)

Virtuaalimaailman uskottavuutta voi vielä parantaa huijaamalla muitakin aisteja, kuten haju- ja tuntoaistia. Malliesimerkkinä tästä on Yhdysvalloissa, Utahissa sijaitseva virtuaaliareena nimeltään The Void. Kyseinen yritys on rakentanut itse omat langattomat virtuaalilasit sisäänrakennetuilla kuulokkeilla sekä haptiset liivit. Tätä kokonaisuutta he kutsuvat Rapture Geariksi. Haptiset liivit toimivat antamalla käyttäjälleen fyysistä palautetta pienellä tönäisyllä, kun virtuaalipelissä saa esimerkiksi osuman aseesta. The Voidista tekee erikoisen se, että he ovat rakentaneet virtuaaliareenan virtuaalitodellisuuspelin teeman mukaisesti. Areena on täynnä tuulettimia, kosteuden säätäjiä, hajuja ja muita tehosteita, jotka huijaavat asiakkaan aisteja tämän kävellessä kokemuksen läpi. Kyseinen tila on rakennettu aina tiettyä teemaa ajatellen ja voi olla mitä tahansa kerrostalohuoneistojen ja labyrintin välillä.

The Void perustuu osittain myös aistiharhoihin ja illuusioihin. Eräs The Voidin perustajista on Curtis Hickman, jonka ammattina yli kymmenen vuoden ajan oli taikuri. Tätä kautta hänelle on tullut tutuksi illusioiden suunnittelu, aistien harhaanjohtaminen, sekä taikatempujen teoria. Näitä kaikkia käytetään myös The Voidissa. Yksi hyvä esimerkki edellä mainittujen asioiden käytöstä on suoran käytävän illuusio. Kun asiakas käyttää Rapture Gearia ja kävelee käytävää eteenpäin, hän kokee, että käytävä on suora, vaikka se todellisuudessa ei ole, vaan kaartuu lievästi jompaankumpaan suuntaan. Tämä perustuu siihen, että vaikka virtuaalitodellisuudessa asiakas näkee käytävän päähän, niin matkan varrella on hienoisia vihjeitä alitajunnalle, joka ohjaa asiakkaan kehoa

kääntymään lievästi tarvittavaan suuntaan. Toinen hyvä esimerkki olisi virtuaalitodellisuudessa kallionkieleke, joka todellisuudessa on vain matala koroke. Kyseinen koroke on kuitenkin juuri tarpeeksi korkea saadakseen käyttäjän aistit hälyttämään, jos hän yrittää laskea jalkansa siitä alas. (Polygon, 2017.)

Liitteessä 1 omakohtainen arvostelu The Voidista.

## 2.6 VR-Teknologian saatavuus

Korkeimman luokan VR- laseja on kuluttajille tarjolla tällä hetkellä kolme kappaletta: Oculus Rift, HTC Vive (Kuva 9) ja Playstation VR (Kuva 10). Oculus Rift ja HTC Vive ovat tehoiltaan melko samanlaisia, mutta Vivessä on tuki seisten pelaamiselle ja pienellä alueella liikkumiselle, siinä missä Oculuksella ei. Molemmille on saatavilla myös käsiohjaimet, joilla virtuaaliympäristöä voi manipuloida, mutta ainoastaan Viven peruspaketissa ne tulevat mukana. Oculus Rift- virtuaalilasiperuspaketti maksaa Verkkokauppa.com:ssa 749,90€ ja HTC Vive- virtuaalilasiperuspaketti maksaa samassa kaupasta 979,90€. Oculus Rift painoi vähemmän laitteiden julkaisussa ja näin ollen oli mukavampi käyttää kuin Vive, mutta ajan kuluessa HTC on onnistunut laskemaan laitteen painoa 15%, eli 82 grammaa. Tällä hetkellä Vive painaa 468 grammaa ja Rift painaa 470 grammaa. VR-headsettien paino ei kuitenkaan takaa sen mukavuutta. Playstation VR painaa 610 grammaa ja monet sanovat, että se on mukavin näistä kolmesta, vaikka se onkin myös painavin. Syy johtunee muotoilusta ja muista ergonomiaan vaikuttavista tekijöistä. (Road to VR 2017.)

Ongelmana Riftissä ja Vivessä on kuitenkin hinnan lisäksi myös se, että ne tarvitsevat tehokkaan tietokoneen niiden ohjelmistojen suorittamiseksi. Oculus julkaisi lokakuussa 2016 uudet järjestelmän minimivaatimukset Riftille, ja niiden mukaisen tietokoneen hankkiminen maksoi tuolloin noin 500 dollaria (Polygon 2016). Minimivaatimukset takaavat kuitenkin vain sen että Rift-järjestelmä toimii, mutta eivät sitä, että ohjelmat tai pelit toimisivat hyvin ja sulavasti. Suositellut järjestelmävaatimukset Oculus Riftille ovatkin korkeammat, ja niiden mukaisen tietokoneen hankkiminen maksaa jo noin 800 dollaria. Tätäkin korkeammalle voi päästä, ja tietokoneenrakennussivusto Logical Increments suositteleeikin hyvätasoiseen VR-kokemukseen Oculus Riftillä tai HTC Vivellä vähintään 1200 dollarin tietokonetta. (Logical Increments 2017.)

Playstation VR-virtuaalilasit ovat paljon halvemmat 448,90€ hintaisina, mutta ne omaavat hieman heikommat ominaisuudet, kuten pienemmän resoluution ja aavistuksen kapeamman näkökentän. Tämän lisäksi ne toimivat ainoastaan Playstation 4-

pelijärjestelmän kanssa, kun taas Oculus Rift ja HTC Vive toimivat millä tahansa (tarpeeksi tehokkaalla) PC:llä. Playstation 4 maksaa Verkkokauppa.com:ssa halvimmillaan 300 euroa, joka tekee siitä kuitenkin huomattavasti halvemman kuin Oculus Riftin tai HTC Viven käyttämiseen sopiva tietokone.



*Kuva 9: HTC Vive. (Roadtovr 2017)*



*kuva 10: Playstation VR. (Playstation)*



Jos halvalla haluaa päästä, on myös olemassa Google Cardboard (kuva 11), mikä on nimensä mukaisesti valmistettu pahvista ja omaa pienet linssit joiden läpi katselet puhelintasi minkä siihen saa kiinni. Puhelimiin voi hankkia näitä laseja varten ohjelmia tai videoita joissa näyttö on jaettu kahteen osaan laseja varten. Clas Ohlsonilta vastaavan saa noin kymmenellä eurolla. Näissä variaatioissa kiihtyvyyssmittarin, gyroskoopin ja magnetometrin korvaa puhelimen kyky seurata pään liikkeitä sen omilla sisäänrakennetuilla vastaavilla toiminnoilla, jotka ovat tavallisesti huomattavasti korkeamman luokan VR-laseja heikkommat.

Samsungin tuottama Samsung Gear VR (Kuva 12) on hyvin samankaltainen Google Cardboardiin verrattuna siinä mielessä, että sekin käyttää älypuhelinia joka kiinnitetään VR-laseihin. Se tarjoaa kuitenkin Google cardboardia parempaa ergonomiaa ja sisältää IMU- nimisen laitteen (inertial measurement unit), jonka tehtävänä on seurata pään liikkeitä. Kyseinen laite on kalibroitu Samsung Gearia varten ja on huomattavasti tehokkaampi kuin puhelimen oma IMU-laite. Samsung Gear VR:n hinta on Verkkokauppa.com:ssa 150 euroa. Se on kuitenkin yhteensopiva vain Samsung Galaxy S7 ja S8-mallisten älypuhelimien kanssa. Tämänkaltaiset älypuhelinpohjaiset VR-lasit tarjoavat esimerkiksi Oculus Riftiin tai HTC Viveen verrattuna heikompaa immersiota, sillä älypuhelimien tehot eivät yllä lähellekkään samoja tasoja kuin hinnakkaampien VR-lasien. Älypuhelinpohjaiset lasit ovat kuitenkin melko suosittuja niiden alhaisen hinnan takia. (Virtual Reality Times 2015; Virtual reality society.)



*Kuva 11: Google Cardboard. (Googleusercontent)*



*Kuva 12: Samsung Gear VR. (Android Central)*

## **2.7 Haptiikka ja sen saatavuus**

Virtuaalitodellisuuden avulla pystyy simuloimaan oikeita tilanteita tehokkaasti, mutta ohjaimina useimmiten käytetään Microsoftin Xbox-ohjainta, näppäimistöä ja hiirtä, tai vastaavia ratkaisuja jotka saattavat vaikuttaa hieman kömpelöiltä itse peli- tai simulaatiotilanteessa. Tähän saattaa löytyä kuitenkin ratkaisu haptiikasta. Haptisen laitteen tarkoituksena on tuoda realistinen tuntuma siihen tilanteeseen mihin kyseinen laite on rakennettu. Esimerkkinä Geomagicin rakentama Geomagic Touch (kuva 13). Kyseinen laite on rakennettu esimerkiksi piirtäjiä ja kuvanveistäjiä varten, jotka taidetta tehdessään tuntevat realistisesti vastuksen samalla tavalla kuin esimerkiksi oikeata veistosta tehdessä, mutta tämä kaikki todellisuudessa tapahtuu 3D-ympäristössä tietokoneohjelman kautta. Geomagicin Geomagic Touch-tuotteet on tarkoitettu yrityksille ja näin ollen hinnatkin ovat hieman korkeammat. Laitteen voi tilata täyttämällä sivustolta löytyvän lomakkeen avulla. (Geomagic; What Is 2016.)



*Kuva 13: Geomagic Touch 3D Stylus (3D Systems)*

Geomagic Touchin lisäksi on olemassa useita muitakin haptisia välineitä kuten esimerkiksi Simball Boxin ohjaimet ja Novint Falcon (kuva 14). Jälkimmäinen on tarkoitettu enemmän kuluttajakäyttöön, mutta sen valmistus on lopetettu, joten sen pystyy ostamaan esimerkiksi Amazonista alle 300€:n hintaan tai Haptichouse.comista. Novint Falconiin on olemassa ohjain joka muistuttaa käsiaseen kahvaa, jonka voi kiinnittää itse laitteeseen. Jos pelaaja ampuu tällä ohjaimella, hän tuntee aseensa rekylin haptisen laitteen ansiosta. Simball Box on haptinen laite, jolla koulutetaan kirurgeja simulaatiokoulutuksissa, mutta saatavilla ovat myös Simball joystickit jotka liitetään koneen USB-porttiin, jonka jälkeen ne toimivat ilman erillisiä asennuksia ja kalibrointeja. Simball-tuotteet on kaikki kuitenkin tarkoitettu ainoastaan kirurgien kouluttamiseen, eikä niitä voi sellaisenaan käyttää muihin tarkoituksiin. (Haptics House; G-coder.)



*Kuva 14: Novint Falcon (Haptics House)*

## **2.8 Mitä hyötyjä virtuaalitodellisuudesta voi olla**

Virtuaalitodellisuudelle on paljon muitakin hyötyjä kuin viihde-alan peliteollisuus. Myös elokuvat ovat osassa digitaalista evoluutiota. Tulevaisuudessa katsellessasi elokuvaa olet kirjaimellisesti keskellä kaikkea tapahtumaa. Pystyt kääntyilemään sohvallasi ja katsoa taaksesi, sivuille, ylös ja alas. Elokuva tapahtuu ympärilläsi. Tämän mahdollistaa mm. 360° kamera, joka kuvaa kaiken sen ympärillä tapahtuvan, jotta käyttäjä pystyy katselemaan tuotettua viihdettä VR- headsetillä.

Kuten edellisessä kappaleessa tuotiin esille, virtuaalitekniologiaa voidaan käyttää myös kirurgien koulutuksessa. Nykyään on jo olemassa virtuaalitodellisuuslaitteita ulkomailla, joiden avulla koulutetaan kirurgeja operoimaan potilaita. Virtuaalitodellisuudella on myös yllättäviä hyötyjä, kuten kroonisen kivun lievittyminen. On havaittu, että esimerkiksi haavoittuneiden sotilaiden tai vakavia palovammoja saaneiden ihmisten kivut ovat helpottuneet pelaamalla virtuaalitodellisuuspelejä. On myös huomattu, että tietynlaiset pelit helpottavat kipuja enemmän kuin toiset. Kyseisen asian tutkiminen on tuonut ilmi, että kun ihminen pelaa hänen aivonsa käsittelevät kipua eri tavalla, koska hän keskittyy täysin pelaamiseen eikä anna niinkään huomiota enää vammalle. Näin ollen kyseinen henkilö "unohtaa" kipunsa. (Tieteen kuvalehti 2016.)

## 2.9 Mitä haittoja virtuaalitodellisuudessa on

Pahoinvointi ja päänsärky ovat melko tavallisia joillakin yksilöillä VR-pelejä pelatessa. Asiasta on myös tehty dokumentaatioita ja esimerkiksi Joseph LaViolan vuonna 2000 tekemässä tutkimuksessa on käynyt ilmi, että virtuaalitodellisuudessa vieraileminen VR-headsetillä tuo käyttäjälle samoja oireita mitä matkapahoinvointikin tuo. Ainoa ero on, että ihmisen käyttäessä VR:ää hän ei oikeasti liiku vaan liike on pelkkää aistiharhaa. Silti kyseinen käyttäjä saattaa saada matkapahoinvoinnin kaltaisia oireita mitä yleensä tulee, kun henkilö on esimerkiksi liikkuvassa kulkuvälineessä. (LaViola 2000.)

Syytä tähän on jo jonkin aikaa tutkittu ja on käynyt ilmi, että kyseinen matkapahoinvointi eli ”kyberheikotus” (englanniksi: cybersickness) johtuu aisteissa tapahtuvista ristiriitaisista viesteistä. Ihmisen aivot ovat tottuneet siihen, että asiat korreloivat ja jos näin ei ole, syntyy ongelmia. Esimerkiksi virtuaalitodellisuudessa, jos käyttäjä liikkuu kovaa vauhtia ja kaartaa käännöksessä jyrkästi, ovat aistit kyseisessä käännöksessä mukana ja keho valmistautuu liikkeeseen. Korvassa oleva vestibulaarijärjestelmä (tasapainoelin) kertoo kuitenkin, että ollaan paikallaan eikä liikuta, joka tuo konfliktin aistien välillä ja se johtaa nimenomaiseen kyberheikotukseen. Mayank Mehtan toteuttamassa tutkimuksessa käytiin läpi hiirten aivotoimintaa, kun ne olivat virtuaalitodellisuusympäristössä. Normaalisti hiirten aivot kartoittavat ympäristöään samaan aikaan kun ne liikkuvat oikeassa maailmassa, mutta virtuaalitodellisuudessa hiirten aivot eivät kartoittaneet mielessään mitään. Hippokampuksessa aivojen osio joka vastaa yksilön ympäristön kartoittamisesta ei hiirillä toiminut kunnolla virtuaalitodellisuudessa. 60% neuroneista oli sammunut tässä tilanteessa ja useat muut käyttäytyivät epänormaalisti, mutta näistä asioista huolimatta ei pitkäaikaisvaikutuksista tiedetä mitään. Testi tehtiin hiirillä, mutta Mehta arvelee, että ihmisten aivot käyttäytyvät samankaltaisesti ainakin jollakin asteella. (Livescience 2015.)

## 2.10 Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet tulevaisuudessa

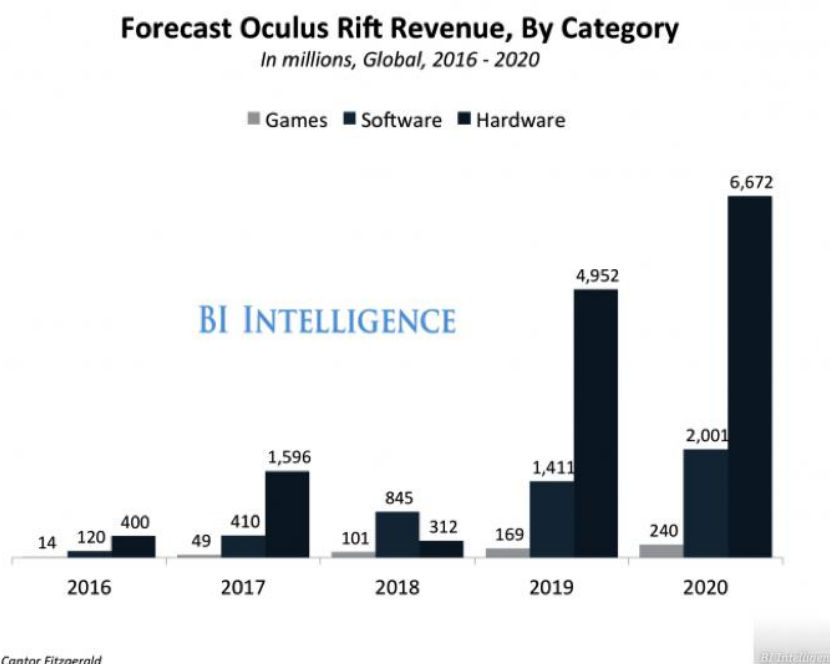
Virtuaalitodellisuuden mahdollisuudet tulevaisuudessa ovat päätä huimaavat ja tällä hetkellä katsottuna vaikuttaa enemmän tieteisfantasialta kuin todellisuudelta. Koska immersio on niin tärkeässä osassa virtuaalitodellisuusympäristön luomisessa, erinäiset tutkijat ovat selvittäneet erilaisia tapoja parantaa sitä. Jos käyttäjä voisi tuntea, haistaa, maistaa ja kuulla täysin samalla tavalla kuin oikeassa maailmassa, olisi hän käytännössä ”oikeasti” siellä. Tämä on luonut kysymyksiä siitä, mitä todellisuus on ja voiko virtuaalitodellisuudesta tulla todellista. Pohdinnoissa on tuotu esille mm. The Matrix-nimisestä elokuvasta Morpheus-hahmon tunnettu kysymys: ”What is real? How do you define real? If you're talking about what you can hear, what you can smell, taste and feel,

then real is simply electrical signals interpreted by your brain”. Lainauksesta tulee hyvin esille se, että todellisuus ei ole yksiselitteinen. Kaikkien aivot käsittelevät- ja tulkitsevat asioita eri tavalla tehden jokaisen todellisuudesta hieman erilaisen, mutta yhden ihmisen todellisuus ei välttämättä tee toisen ihmisen todellisuudesta vähemmän oikeaa, ja virtuaalimaailma on yhdenlainen todellisuus, joten sitä ei voi välttämättä sanoa vähemmän oikeaksi kuin tämänhetkistä maailmamme. (Declara 2017.)

Oculus Rift ja HTC Vive ovat tällä hetkellä parhaimpia VR- teknologian tuotoksia normaalikuluttajille, mutta se ei tarkoita sitä, että kehitys pysähtyisi siihen. Facebookin (joka omistaa Oculuksen) yksi perustajista Mark Zuckerberg ilmoitti vuoden 2016 alussa, että seuraava versio on jo kehitteillä ja esitteli prototyyppiä Oculus Rift CV2:sta, joka näytti lähes identtiseltä ensimmäiseen Oculus Riftiin verrattuna. Suurin ero oli langattomuus, joka on jo itsessään iso hyppy eteenpäin. Monista arvosteluista kävi ilmi, että johdot tulivat välillä tielle ja rajoittivat kokemusta, joten tämä muutos vaikuttaa paljonkin käyttäjäkokemukseen. Vaikka mitään muita ominaisuuksia ei ole vielä demonstroitu tai vahvistettu, julkistuksesta saa silti odotuksia siitä, mitä muita ominaisuuksia Oculus Rift CV2:ssa voisi olla. (VR Discussion 2016.)

Facebook osti hiljattain yhtiön nimeltä The Eye Tribe, jonka tavoitteena on luoda silmänseurantaohjelmisto, joka nimensä mukaan seuraa käyttäjän silmän liikkeitä ja reagoi niihin. Tämän ostoksen perusteella monet spekuloiivat, että Facebook olisi mahdollisesti suunnittelemassa silmänseurantaa seuraavalle Oculus Rift-laitteelle. Mikäli tämä pitäisi paikkansa se voisi vaikuttaa ilmiömäisesti VR- teknologiaan. Ihmisen aivot säästävät monissa asioissa, etteivät ne ylikuumenisi. Yksi näistä asioista on näkö. Kun ihminen katselee esimerkiksi maisemaa, kaikki näyttää tarkalta, mutta todellisuudessa ihminen näkee vain pienen alueen tarkkana ja kaiken muun epätarkkana. Tätä kompensoi silmän jatkuva liikehdintä, joka kartoittaa tehokkaasti katsottua aluetta antaen illusion siitä, että näemme kaiken tarkasti. Tämä käyttäytyminen säästää aivojamme ja ehkäisee niiden ylikuumentamista. Mikäli silmänseurannasta saadaan tarpeeksi tarkka, voi se myös säästää esimerkiksi Oculus Rift CV2:n tehoa. Sen sijaan, että laite pitää korkearesoluutioisena koko näyttöä jatkuvasti, se voisi pitää vain yhtä aluetta tarkkana ja muuta aluetta epätarkkana, aivan kuten ihmisen oma silmä. Tämä luultavasti myös parantaisi immersiotakin sen lisäksi että prosessointitehoa säästyisi. Tästä kompromissista johtuen olisi laitteella enemmän tehoa käytettävissään muihin asioihin, esimerkiksi kyseinen pienempi tarkka alue jonka käyttäjä näkee, voisikin olla huomattavasti korkeampi resoluutioltaan kuin muuten mahdollista. (Kaku M. 2014; VR Discussion 2016.)

Facebookin julkaiseman tuloennusteen pohjalta on ennustettu, että Oculus Rift CV2 todennäköisesti julkaistaan vuonna 2019, koska ennusteessa näkyy jyrkkä nousu kyseisen vuoden kohdalla nimenomaan laitteiston puolelta (kuva 15). Mikäli tämä pitää paikkansa on Facebookilla vielä kaksi vuotta aikaa kehittää teknologiaa heidän uuteen tuotteeseensa. Tämän asian huomioon ottaen voimme olettaa, että resoluutio myös mitä luultavimmin nousee teknologian kehittyessä. Suurin osa puhelimesta ei tällä hetkellä tue 4K-pelaamista, joten jos Facebook haluaa tuotteellaan todella erottua joukosta huomattavasti parempana vaihtoehtona, olisi loogista nostaa uuden Oculus Rift CV2:n resoluutio 4K:n, jonka resoluutio olisi 3840 x 2160 per silmä, joka taas puolestaan olisi huomattava nousu nykyisestä 1080 x 1200 per silmä. (IR.net Independent Reporter 2016.)



Kuva 15: Facebookin tuloennuste. (Businessinsider 2016)

Mark Zuckerberg kävi Oculuksen tutkimuslaboratoriossa Redmondissa, Washingtonissa tutustumassa kehitteillä oleviin uusiin teknologioihin, joihin kuului mm. silmänseurantaa ja VR-hanskat. Jälkimmäisestä teknologiasta Mark kirjoitti vielä päivityksen Facebookiin missä hän mainitsee, että he ovat työstämässä hanskoja joita voi hyödyntää sekä VR-että AR-ympäristössä. Näillä hanskoilla pystyisi käyttämään esimerkiksi virtuaalista näppäimistöä tai ampumaan seittiä kuin Spider-Man, kuten Mark näyttää tekevän julkaisussaan (kuva 16).

**Mark Zuckerberg** about 3 months ago

I just visited our Oculus Research lab in Redmond, Washington where some of the best scientists and engineers in the world are pushing the boundaries of virtual and augmented reality.

The team is led by Michael Abrash and focuses on things like advanced optics, eye tracking, mixed reality and new ways to map the human body. The goal is to make VR and AR what we all want it to be: glasses small enough to take anywhere, software that lets you experience anything, and technology that lets you interact with the virtual world just like you do with the physical one.

Oculus Rift is already the best VR experience you can buy -- and the technology being built in this lab right now makes me want the future to get here a lot sooner.

172K 4.8K 7.3K

*Kuva 16: Mark Zuckerbergin julkaisu Facebookissa, jossa näkyy mm. VR- hankojen testausta. (Mark Zuckerberg 2016)*

Oculus Rift CV2:n spekulatiot eivät lopu kuitenkaan VR- hanskoihin. Huhut ovat myös tuoneet esille, että tulevat VR- headsetit luultavasti omaavat Intelin RealSense



teknologiaa joka on rakennettu liikkeiden tunnistusta varten, jotta käyttäjä voisi helpommin olla vuorovaikutuksessa virtuaalimaailman kanssa. (VR Discussion 2016.)

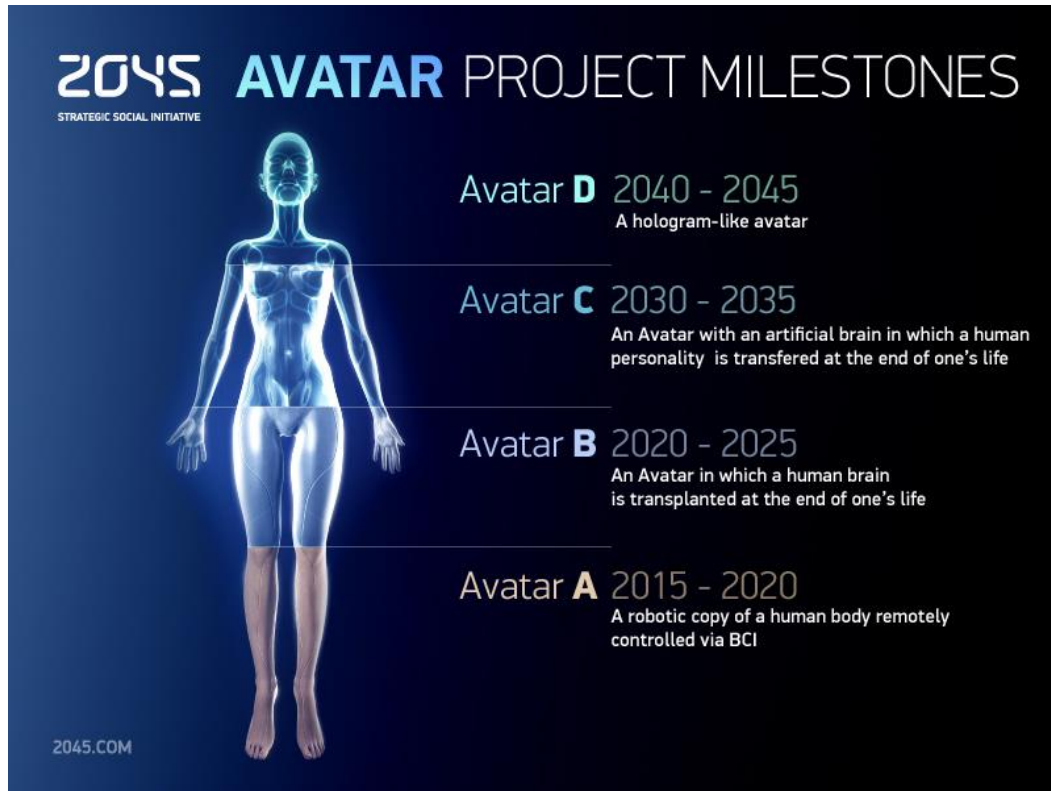
Kommunikaation parantamisen lisäksi VR- maailmassa piilee myös toinen mahdollisuus: kuolemattomuus. On jo pitkään väitelty siitä olisiko ihmisen mielen siirtäminen virtuaaliseen maailmaan mahdollista tulevaisuudessa. Mooren lain mukaan transistorien määrä piireissä tuplaantuu n. joka toinen vuosi. Tämän teorian perusteella tietokoneet lähitulevaisuudessa ovat tarpeeksi tehokkaita ihmisen mieltä varten. Aivojen ja tietoisuuden simuloiminen tietokoneympäristössä on yksi asia, mutta yksittäisen ihmisen omien ajatusten, kokemusten ja tietoisuuden siirtäminen sinne on asia erikseen. Tässä tapauksessa kyseinen ihminen jättäisi fyysisen kehonsa taakseen ja siirtyisi tietokoneluoituun avatariin ja eläisi virtuaalitodellisuusmaailmassa. Maailmassa jossa kipu, nälkä ja kuolema eivät ole enää huolena ja jossa et ikäänny sekä voisit teoriassa elää ikuisesti. Siellä tuntisit nurmikon jalkojesi alla, haistaisit luonnon monet hajut ja voisit maistaa tekemäsi retkievää aivan yhtä hyvin kuin ”oikeassa” elämässä. (2045.)

Mikäli ihmisen mielen siirtäminen tietokoneeseen on mahdollista, on näin ollen kyseisen mielen suorituskyvyn parantaminenkin mahdollista. Tämä ei tarkoita sitä, että henkilöstä tulee älykkäämpi, vaan että hänen ajatuksenkulustaan tulee huomattavasti nopeampaa. Tällaista kutsutaan heikoksi superälykkyudeksi, kun taas vahva superälykkyys tarkoittaa täysin keinotekoisia tekoälyä. (Beyond I am 2015.)

Ihmisen yksi vanhimmista kommunikaatiotavoista on puhe. Kyseinen kommunikaatiotapa ei välttämättä ole kuitenkaan ideaali, koska se on karkea ja hidas tapa viedä haluttu viesti perille. Asian selittämässä josta toinen ei tiedä menee yleensä suhteellisen paljon aikaa. VR-maailmassa kyseistä kommunikaatiotapaa voisi parantaa telepatian kaltaiseen kommunikaatioon, missä voisimme näyttää tarkoittamamme asiat tai kokemukset esimerkiksi kuvina toisen mielessä. (Kaku M. 2014.)

Googllella työskentelevä insinööri ja visionääri Ray Kurzweil ennusti vuonna 2013, että 32 vuoden kuluttua ihmiset voivat ladata aivonsa tietokoneisiin ja osa heidän sisäelimistään tullaan korvaamaan koneilla. Kurzweil teki tämän väittämän puheessaan New Yorkissa Global Futures 2045- tapahtumassa (MailOnline 2013). Kyseisen tapahtuman järjesti venäläinen multimiljonääri Dmitry Itskov, joka on myös perustanut 2045- aloitteen, jonka ideana on luoda teknologioita jotka mahdollistavat yksilön persoonallisuuden siirtämisen ei- biologiseen mekaaniseen kehoon, jota kautta ihmisen elinikää pystyisi pidentämään tai tehdä yksilöstä peräti kuolematon. Tätä projektia kutsutaan Avatar- projektiksi. Aikataulussa (Kuva 17) pääideana on saada kaikki tämä aikaiseksi vuoteen 2045

mennessä. (2045.)



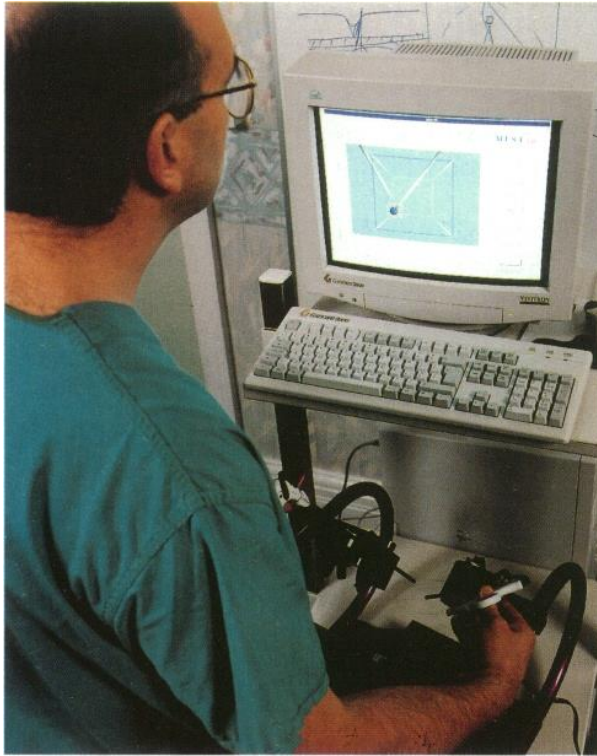
Kuva 17: 2045 Avatar projektin suunniteltu aikataulu. (2045)

### **3 Virtuaalitodellisuus kirurgiakoulutuksessa**

Kirurgian haasteena on ollut jo pitkään käytännön koulutuksen hankaluus. Alan opiskelu vaatii paljon teknisten taitojen ja alan teorian opiskelua, mutta kuten kaikilla aloilla, käytännön koulutus on myös merkittävä osa opiskelusta. Siinä opiskelijan täytyy yhdistää näitä taitoja monimutkaisiksi operaatioiksi, ja varsinkin ensimmäistä kertaa harjoitellessa epäonnistumisia on odotettavissa. Perinteisesti koulutus on toteutettu siten, että harjoittelija seuraa kokeneempien kirurgien toimintaa käytännön leikkauksissa ja toteuttavan itse leikkauksia näiden valvonnan alla, ja joitain operaatioita voidaan toteuttaa myös ruumiille. Kuitenkin haastavampien leikkausten harjoittelu oikeissa leikkauksissa voi olla vaarallista suurien epäonnistumisen riskien takia, tai ruumiiden kanssa mahdotonta esimerkiksi veren hyytymisen takia. (Dargar, Kennedy, Lai, Arikatla & De, 2015.)

#### **3.1 Virtuaalitodellisuuden vaikutus kirurgiaan**

Virtuaalitodellisuuspohjaisen simulaation avulla oppilaat voisivat korvata osan käytännön harjoittelusta realistisella simulaatiolla, ja täten valmistautua paremmin käytännön leikkauksiin. Seymourin ym. (2002) tekemässä tutkimuksessa ilmenee, että simulaatioharjoituksella valmistautuneet opiskelijat menestyivät merkittävästi paremmin leikkauksessa, jota toteuttivat ensimmäistä kertaa käytännössä. Tutkimuksessa käytettiin MIST VR (Minimally invasive surgical trainer) - simulaatio-ohjelmaa (Kuva 18), joka ei luo realistista työympäristöä vaan harjoittelu toteutetaan yksinkertaisilla geometrisillä muodoilla. Realistisempien simulaatioiden avulla tulokset voisivat olla mahdollisesti vielä huomattavammat, sillä todellisen tuntuinen ympäristö ja immersio voisi saada tehdyt operaatiot tallentumaan lihasmuistiin paremmin.



*Kuva 18: Koordinaation ja tarkkuuden harjoittelua MIST VR:llä. (PMC 1997)*

Yksi virtuaalitodellisuuden suurista hyödyistä on sen joustavuus. Harjoitusympäristön voi luoda käytännössä tyhjästä, ja kaikille oppilaille voi luoda täysin identtisen harjoituksen, mikä ei oikeassa käytännön harjoittelussa olisi mahdollista. Monet tutkimukset, kuten edellä mainittu Seymourin ym. tutkimus, käyttävät aktiivisia ja passiivisia kontrolliryhmiä tulosten vertailuun. Tällaisissa tutkimuksissa on erittäin hyödyllistä tietää, että kaikilla testattavilla on identtiset testiolosuhteet. (Foreman & Korralo, 2.)

Joitakin kokeellisia tai pienessä levityksessä olevia VR-koulutusympäristöjä on jo kehitteillä tai jopa saatavilla. Koulutussimulaatioita, jotka eivät välttämättä perustu virtuaalitodellisuuteen, on ollut olemassa jo pitkään. Esimerkki tällaisesta simulaatiosta on aikaisemmassa Seymourin ym. (2002) tekemässä tutkimuksessa käytetty MIST VR, joka ei tarjoa varsinaista immersiota vaan perustuu yksinkertaisten geometrinen muotojen käsittelyyn erityisillä ohjaimilla tietokoneen näytöltä katsottuna.

### **3.2 Precision VR**

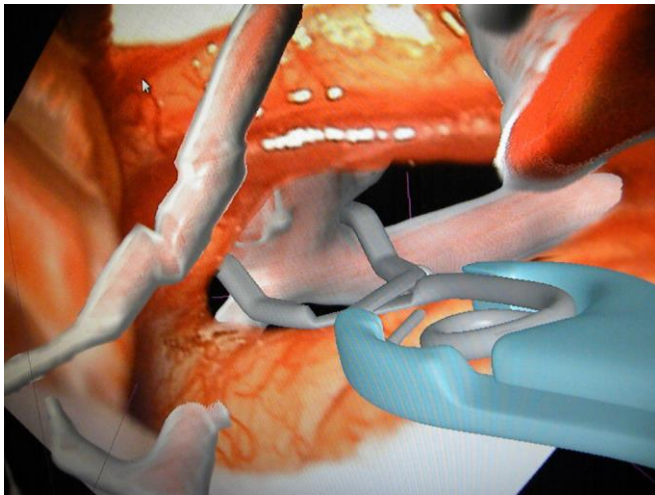
Precision VR on amerikkalaisen Surgical Theater-yhtiön kehittämä VR-sovellus, joka on suunniteltu hyödynnettäväksi kirurgisissa operaatioissa. Lyhyesti selitettynä ohjelmisto tekee 3D-mallin potilaasta esimerkiksi CT-skannausten (useista eri kuvakulmista otettujen röntgenkuvien) avulla. Tämän jälkeen mallia voi tarkastella VR-ympäristössä Oculus Riftillä tai HTC Vivellä. Sovellusta esittelevällä videolla aivosyöpäpotilaan päästä on tehty

3D-malli, ja kirurgit voivat sovelluksen avulla tarkastella kasvainta kuvakulmista jotka eivät ole normaalisti nähtävissä (UCLA Health 2015). Sovelluksesta on olemassa myös VR Studio-niminen useita yhtäaikaista käyttäjiä tukeva ratkaisu, joka on tarkoitettu esittelyihin ja koulutukseen. (Surgical Theater 2017.)

Precision VR ei kuitenkaan tarjoa 3D-mallien tarkastelun lisäksi paljoa. Mallinnettuja ruumiinosia ei esimerkiksi voi käsitellä VR-ympäristössä. Ohjelmisto kuitenkin antaa hyvän kuvan siitä, millaiselle tasolle VR-teknologiassa voidaan päästä kirurgia-alalla.

### 3.3 SuRgical Planner

Toinen Surgical Theaterin kehittämä alan sovellus on SuRgical Planner, vanhemmalta nimeltään Surgical Rehearsal Platform ja lyhyesti SRP. Tämä sovellus mallintaa Precision VR:n tapaan mallin potilaan kehosta tai ruumiinosasta esimerkiksi CT-kuvien avulla, mutta tässä sovelluksessa mallille voi toteuttaa realistisia leikkausmenetelmiä virtuaalisessa ympäristössä. Surgical Theaterin verkkosivuilla näytetään esimerkiksi, kuinka sovelluksessa pihdeillä puristetaan verisuonta (kuva 19). Sovellusta ohjataan Geomagic Touch-ohjaimilla. SRP:n hinta on 250 – 350 tuhatta dollaria riippuen erilaisista vaihtoehdoista, joista ostaja voi valita (medGadget 2012). Sovellus toimii kuitenkin vain näytöltä katsottuna, eikä siinä ole tukea VR-laseille. (Surgical Theater 2017.)



*Kuva 19: Demonstraatio SuRgical Plannerin toiminnasta. (Surgical Theater 2017)*

### 3.4 CAE Healthcare

Amerikkalainen yhtiö CAE Healthcare on kehittänyt simulaatiokonesarjan, johon sisältyvät tuotteet NeuroVR (kuva 20), EndoVR ja LapVR. Näillä simuloidaan vastaavasti aivokirurgialeikkauksia, endoskooppisia tutkimuksia (kehon sisäistä tutkimusta tähystintä

käyttäen), ja laparoskooppisia eli avaimenreikäleikkauksia (joissa kehon sisäiset leikkaukset tehdään pienen reiän kautta).



*Kuva 20: CAE Healthcaren rakentama NeuroVR. (CAE Healthcare)*

Nämä koulutuslaitteet ovat itsenäisiä järjestelmiä eikä niiden käyttämiseen tarvitse esimerkiksi erillistä tietokonetta. Laitteissa on käytössä haptinen palaute, joka tekee sisäänrakennettujen harjoitustyökalujen käyttämisestä realistisempaa. Ainoastaan NeuroVR:ssa on mukana VR-lasit, sillä sekä endoskooppisissa tutkimuksissa että avaimenreikäleikkauksissa käytetään tähystintä, jonka johdosta myös käytännön tilanteissa käytetään ainoastaan näytöltä tulevaa kuvaa. (CAE Healthcare, 2017.)

NeuroVR:n sisäänrakennetut VR-lasit näyttävät edessä olevan näytön kuvan simulaatiosta stereoskooppisesti, ja simuloivat jopa realistista linssien sumentumista tavalla, joka ei vastaa mitään muuta levityksessä olevaa simulaatiota (Blanford, 2016). NeuroVR julkaistiin Healthcare Training and Educationin mukaan vuoden 2016 alussa ja otettiin silloin käyttöön 15 eri sijainnissa, joista ei kuitenkaan ole tarkempaa tietoa (Healthcare Training and Education, 2016). CAE Healthcarelle tekemämme hintatiedustelun mukaan NeuroVR:n hintaluokka heidän sanojensa mukaan ”pieni kuusinumeroinen luku”. Tarkempaa hintaa he eivät voineet kuitenkaan paljastaa.

### 3.5 Lisätty todellisuus kirurgia-alalla

Lisätyllä todellisuudella voi olla monia käyttötarkoituksia kirurgian alalla. Yhtenä esimerkkinä kirurgi voisi tarkastella leikattavan potilaan sisäelimiä. Tässä skenaariossa kirurgi tietäisi tarkalleen missä leikattava alue olisi ja mikä voisi olla paras tapa päästä siihen käsiksi. Lisätyssä todellisuudessa potilaan erillinen sisäelin leijuu ilmassa ja kirurgi voi käsien eleillä kääntää maksaa tarvittavaan suuntaan. Tätä nimenomaista tilannetta varten Oslo Intervention Center on onnistunut kehittämään teknologian, joka toimii Microsoftin Hololensillä. Sen tarkoituksena on harjaannuttaa kirurgeja tulevia operaatioita varten mallintamalla elimiä, jotta niitä voidaan myöhemmin tarkastella. Teknologian demovideossa esitellään, miten kirurgi tarkastelee potilaan maksaa AR-ympäristössä. (Oslo University Hospital 2017.)

Leikkaussaleissa on tiukat säännöt hygieniasta ja tämän tähden kirurgien täytyy pitää steriloituja vaatteita päällä joissa ei ole mitään mikro-organismeja, jotta infektion riski olisi mahdollisimman pieni. Tämä asia mielessä VR-headsettien tuominen leikkaussaliin voi olla riskialtista toimintaa koska kyseinen laite ei ole steriloitu, eikä kirurgi itse sitä voi käsitellä saastuttamatta käsiään. Asian voisi kiertää, jos salissa olisi ei-steriloitu operaattori joka on ainoastaan vastuussa VR-headsetin käsittelystä. Lisäksi, jos kirurgi haluaisi operaation aikana tarkastella mallinnusta uudestaan, niin pitäisi operaattorin taas laittaa laite kirurgin tai kirurgien päähän ja pois. (medGadget 2015.)

AR-headset näyttää päähän laitettavilta laseilta ja lasien läpi voi luonnollisesti nähdä kaiken normaalisti. AR-lasit voisivatkin olla hyvä ratkaisu edellisessä kappaleessa mainittuun ongelmaan, koska esimerkiksi Microsoftin Hololensissä on eleiden tunnistus jonka avulla kirurgi voi saastuttamatta käsiään kontrolloida lasien ominaisuuksia ja joitain ohjelmia, kuten Oslo Intervention Centerin tekemä sisäelinten mallinnusohjelma. Tämä ratkaisu tuo kuitenkin mukanaan muita kompastuskiviä kuten sen, että operaatiosalissa on kohtalaisen yleistä, että nestettä roiskuu operoijan kasvoille tai tässä tapauksessa lasihin. Mikäli AR-laseilla on eleiden tunnistus itse laitteessa, saattavat roiskeet peittää tärkeitä sensoreita lasista jolloin eleiden tunnistus kärsii tai mahdollisesti lakkaa toimimasta kokonaan, ellei roiskeita pyyhitä pois. Ongelman voisi taas kiertää erillisellä operaattorilla, mutta silloin AR:n hyöty VR-laseihin verrattuna laskisi. Muita ratkaisuja voisi olla erilliset liikkeentunnistusvälineet, kuten käteen laitettava panta joka seuraa kyseisen käden liikkeitä ja lähettää tiedon lasille, mutta tämä teknologia on vielä alkuvaiheissa. Toisia ratkaisuja voisi olla steriloitu ohjain jolla manipuloidaan lasien näyttämiä kuvia tai lattialle laitettavat pedaalit joita painetaan jaloilla, tässä tapauksessa pedaalien ei tarvitsisi olla steriloituja. (Med Gadget 2015.)

Havaintojen, artikkelien ja haastattelujen perusteella maailma vaikuttaisi menevän siihen suuntaan, että VR-laitteet tulevat tarjoamaan erinomaiset mahdollisuudet erilaisiin koulutuksiin ja elämyksiin, siinä missä AR-laitteet tulevat tarjoamaan korvaamattomia apuja oikeisiin tilanteisiin kuten leikkausoperaatioihin.



## 4 Tutkimus

Virtuaalitodellisuus aiheena kiehtoo meitä molempia, ja olimme jo opintojen aikana ottaneet siitä paljon selvää joka jo itsessään helpottaa tutkimustamme.

Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen muihin tarkoituksiin kuin peliteknologiaan on askarruttanut meitä jo pitkään. Päätimme keskittyä tutkimukseemme virtuaalitodellisuusteknologian hyödyntämiseen kirurgiakoulutuksessa, sillä kyseisestä aiheesta tulee olemaan tulevaisuudessa huomattavasti hyötyä. Valitsemamme tutkimusaihe on laaja, ja itse tutkimustyö sisältää monia asioita kuten kirjallista tutkimista, haastattelujen sopimista, taustatyötä haastatteluja varten, itse haastatteluja, haastattelujen purkua ja niiden kirjoittamista puhtaaksi itse tutkimukseen.

Simulaatiot ovat tutkitusti tehokas tapa opetella käytännön aiheita kuten kirurgiaa. Tämän lisäksi mitä parempaa simulaation immersio on, sitä helpompi simulaatioissa opetetut taidot on tuoda käytännön haasteisiin. Näin ollen korkeatasoista immersiota tarjoavan virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen koulutussimulaatioissa tuntuu luonnolliselta ratkaisulta. Kuitenkin virtuaalitodellisuutta käytetään kirurgiakoulutuksessa hyväksi varsin vähän. Varsinkin Suomessa tämä tilanne on lähes olematon. Olemme päättäneet tässä tutkimuksessa selvittää onko Suomessa ollut ylipäättänsä tämän kaltaista teknologiaa käytössä, ja jos ei niin mitä pitäisi tehdä, että sellaista saataisiin käyttöön

Virtuaalitodellisuusohjelmia on ollut suunnitteilla (ainakin ideatasolla) jo pitkään, mutta sellaisia ei ole ilmestynyt vielä yleiseen levitykseen. Olemme miettineet voiko tämä johtua siitä, että nykyteknologialla ei pysty tuottamaan tarpeeksi tarkkoja ohjelmia. Esimerkiksi kirurgian koulutukseen VR-ohjelman pitäisi olla erittäin tarkka, jotta sillä voitaisiin simuloida oikeaa leikkaustilannetta. Kysyntää tämänlaisille ohjelmille varmasti olisi ja pohjatutkimuksen perusteella kyseenlaisten ohjelmien kehitys on pysähtynyt teknologian rajoitteisiin. Olemmekin päättäneet selvittää kuinka suuret rajoitteet ovat ja millaista teknologiaa niiden ylitsepääsemiseen tarvittaisiin, jotta pääsisimme optimaaliseen tilanteeseen.

Vaikka tämänlaisia koulutusohjelmistoja onkin jo jollain asteella olemassa, niiden tarkkuus ei ole vielä tarpeeksi riittävä, jotta niitä pidettäisiin parempana vaihtoehtona oikealle harjoittelulle, tai niiden saatavuus on liian heikkoa.

Mietimme myös millaista harppausta kuluttajille tarkoitettuihin VR-laitteisiin pitäisi saada, jotta saisimme esimerkiksi luotettavan kirurgiasimulaattorin niin, että jokaisella yliopistolla tai muulla alaa opettavalla koululla olisi varaa tarpeeksi moneen yksikköön.

Tietääksemme Suomeen ei ole tuotu mitään vastaavanlaista teknologiaa yleiseen käyttöön koulutustarkoituksiin ja sen takia mietimme, että millaisia harppauksia tarvittaisiin, jotta kyseessä olevaa teknologiaa saataisiin käyttöön myös Suomen kouluihin. Pohdimme myös kysymyksiä kuten se, liittykö virtuaalitodellisuuslaitteiden käyttämättömyys koulutusympäristöissä kulttuuriin vai vastentahtoisuuteen? Ovatko kouluttajat sitä mieltä, että jos nykyinen koulutussuunnitelma toimii moitteetta, niin ei siihen tarvitse VR-laitteita sotkea? Onko vastentahtoisuus kuitenkin liitoksissa hintaan? Jos VR- koulutuslaitteiden hinta on liian korkea, eikä yrityksellä ole niihin varaa tai kokevat ettei tämän kaltainen hankinta edistä yrityksen tuottoa niin mitä asialle voisi tehdä? Auttaisiko jos VR- koulutuslaitteet olisivat hieman halvempia? Muuttaisiko se tilannetta?

#### 4.1 Tutkimusmenetelmät

Valitsimme tutkimusmenetelmäksi kvalitatiivisen eli laadullisen tutkimusmenetelmän. Tutkimuksemme täytyy toteuttaa pääosin kirjallisen tutkimuksen ja haastattelujen avulla, joten kyseinen menetelmä tuntui luonnolliselta valinnalta. Kvalitatiivisessa tutkimuksessa on tyypillistä, että lähteitä (tässä tapauksessa haastatteluja) on vain vähän mutta ne ovat laadukkaita, ja teimme haastattelut osaaville alan ammattilaisille. Tyypillistä on myös, ettei tutkimusmenetelmässä muodosteta hypoteeseja tutkimuskysymyksiin. (Tech Society 2009.)

#### 4.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymyksissä pohdimme, että mitä hyötyjä virtuaalitodellisuudesta voisi olla kirurgiakoulutuksessa ja miten se vaikuttaisi siihen, onko missään vielä tämän kaltaista teknologiaa käytössä ja jos ei niin miksi. Keskityimme nimenomaan tilanteeseen Suomessa ja tutkimme miten tilannetta voisi täällä parantaa. Jotta tämän hetkinen tilanne kohentuisi, meidän täytyy tietää mitä vaatimuksia kirurgirintamalla on virtuaalitodellisuusteknologian käyttöönottoa varten. Tutkimuskysymyksemme ovat seuraavanlaiset:

- *Mitä hyötyä virtuaalitodellisuudesta voi olla kirurgiakoulutuksessa?*
- *Millaisessa käytössä virtuaalitodellisuus on tällä hetkellä kirurgiakoulutuksessa ja muissa ohjelmissa?*
- *Millaisessa käytössä virtuaalitodellisuusteknologia on Suomessa ja miten tilannetta voisi kohentaa?*
- *Mitkä ovat vaatimukset virtuaalitodellisuusteknologian käyttöönottoon nykypäivän koulutustarkoituksiin?*

### **4.3 Haasteet**

Koska kokemuksemme ohjelmistokehityksestä ja varsinkin kirurgiasta on niin suppeaa, meidän piti tehdä paljon taustatyötä haastatteluja edeltävää teoriaa varten, sekä selvittää keitä haastattelempa. Ensimmäisiin haasteisiin kuului esimerkiksi se, mistä löydämme tarvitsemamme haastattelut, miten valmistaudumme niihin ja minkälaisia kysymyksiä laadimme. Yhdeksi haasteeksi ilmeni myös se, mistä löydämme tarvittavia lähteitä, jotka ovat kuitenkin uskottavia. Nykyaikainen virtuaalitodellisuusala on vielä laajuudeltaan varsin pieni, ja siihen liittyviä tutkimuksia tai kirjallisuutta löytyy suhteellisen vähän.

### **4.4 Aikataulu**

Työmme ajankohta on kevät 2017. Aloitimme opinnäytetyön heti aloituskokouksen jälkeen tekemällä taustatyötä ja teoriaa. Samaan aikaan taustatyötä tehdessä koitimme varata haastatteluja kirurgeilta ja VR- kehittäjiltä. Näihin meni aikaa kaksi kuukautta. Seuraavaksi suunnittelimme haastattelukysymykset ja toteutimme itse haastattelut, joista suurin osa oli sovittu huhtikuulle. Haastattelujen purku tapahtui samalla haastatteluille varatulla ajalla, joka on noin yksi kuukausi. Viimeiselle kirjoitustyölle, missä kaikkien haastattelujen sisältö ja opeteltu teoria laitetaan itse opinnäytetyöhön, on varattu aikaa noin yksi kuukausi. Lopullinen opinnäytetyö on valmis vajaassa neljässä kuukaudessa aloituksesta.

### **4.5 Haastattelut**

Varasimme haluamamme haastatteluajat heti tutkimustyön alussa. Haastattelujen osalta päädyimme olemaan yhteydessä Helsingin Lääketieteelliseen Tiedekuntaan, josta saimme asiakasneuvojalta numeroita lukuisille kirurgeille. Päädyimme soittamaan neljälle kirurgille, joilta saimme ajat heti sovittua. Toisena haasteena haastatteluihin liittyen oli VR-ohjelmistokehittäjien haastattelu. Henkilökohtaisia kontakteja käyttämällä kävi ilmi, että lähipiirissä on VR-ohjelmistokehittäjiä, joten sitä kautta saimme kaksi haastatteluaikaa. Tavoitteenamme oli saada varattua noin 4 haastattelua kirurgiakoulutuksen ammattilaisille ja 2-3 virtuaalitodellisuusalan ammattilaisille johon pääsimme.

Päätimme haastatella kirurgikouluttajia, koska heiltä löytyy paljon kokemusta itse kirurgian harjoittamisesta sekä kouluttamisesta. Päädyimme siihen, että haastattelempa vähintään neljää eri kouluttajaa, jotta saamme mahdollisimman laajat vastaukset sekä mahdollisesti eriäviä näkökulmia. Kaksi heistä ovat miehiä ja kaksi naisia. Haastatteluihin valitsemiimme henkilöihin kuuluu nuorempia henkilöitä, jotka ovat juuri saaneet paperit kouluttajaksi, sekä kokeneita henkilöitä jotka ovat olleet alalla jo vuosikaudet. Uskomme saavamme heiltä tarvitsemamme vastaukset liittyen tutkimukseemme ja tutkimuskysymyksiimme. VR-

ohjelmistokehittäjiltä saamme konkreettisia vastauksia nykyteknologian valmiuksiin, ohjelmistojen valmiuksiin, sekä niiden kehittämisen haasteisiin kirurgikouluttajien ja lääketieteen vaatimuksiin liittyen.

Jokaisessa haastattelussa oli mukana muistiinpanovälineet, sekä puhelin jolla nauhoitimme koko haastattelun. Tätä seurasi haastattelun purku, jossa kävimme läpi kaikki tärkeät asiat haastatteluista ja kirjasimme ne ylös. Teimme tämän asian kaikkien haastattelujen jälkeen ja vasta silloin kirjoitimme tulokset puhtaaksi ja lisäsimme itse opinnäytetyöhön. Haastattelut pidettiin huhtikuun aikana. Tarkat päivämäärät olivat 28.3, 4.4, 5.4, 19.4 ja 25.4. Kaikki haastattelut kestivät noin tunnin.

#### **4.6 Haastattelukysymykset**

Seuraavana haasteena oli haastattelukysymysten tekeminen, joka vaati taustatutkimusta toteutusta varten. Suunnittelimme haastattelukysymykset maaliskuun aikana. Teimme yhdet erilaiset kysymykset molempien alojen ammattilaisille. Otimme huomioon esim. Kirurgien tapauksissa, että he eivät kaikki välttämättä ole tuttuja virtuaalitodellisuuden kanssa, joten näissä tapauksissa keromme lyhyesti mitä se on, näin ollen ensimmäisiin kysymyksiin kuuluu, että kuinka hyvin kyseinen henkilö tuntee VR:n aiheena. Mietimme haastattelukysymysten rakennetta, järjestystä, sekä sisältöä jotta itse haastattelu sujuisi moitteetta. Emme kuitenkaan toteuttaneet haastatteluja suoraan kysymällä kysymyksiä ja kirjoittamalla vastauksia ylös, vaan avoimen keskustelun tyyliin jossa kysymykset olivat pääosin suuntaa antavia. Täydensimme kysymyslistaa myös haastattelujen myötä, kun itse haastattelutilanteissa ilmeni uusia asioita.

Haastattelukysymykset löytyvät liitteestä 2.

## 5 Tutkimustulokset

Toteutimme tutkimuksessa yhteensä 6 haastattelua. Kaksi haastateltavista olivat VR-alan ohjelmistokehittäjiä: Tuukka Takala FIVR:ltä ja Juha Petteri Niemi mFabrikilta. Neljä olivat taas kirurgia-alan kouluttajia: Robert Björkenheim ja Nina Lindfors Töölön sairaalasta sekä Pekka Kejo ja Johanna Louhimo Meilahden sairaalasta.

Haastatteluissa ilmeni myös paljon asioita mistä haastattelukysymyksissä ei kysytty. Näitä aiheita käsitellään Johtopäätökset-osiossa.

### 5.1 Kuinka tuttu VR on kirurgiakouluttajille aiheena

Kysyimme haastatteluissa kirurgiakouluttajilta sitä, onko VR heille tuttua millään tasolla, ja onko heillä tietoa VR:n käyttämisestä koulutustarkoituksiin Suomessa. Björkenheimille ja Lindforsille VR oli aiheena ainakin jollain tasolla tuttu, mutta vain Lindfors oli kuullut VR-pohjaisten koulutussovellusten käytöstä, joskaan ei Suomessa. Hän oli tutustunut norjalaisen Oslo Intervention Centren koulutussovelluksiin eräässä tapahtumassa. Esitimme myös kysymyksen siitä, ovatko haastateltavat kuulleet puhetta VR-tekniikan käyttöönotosta Suomessa, mutta kukaan ei ollut kuullut tästä.

### 5.2 Kirurgiakouluttajien asenteet VR-simulaatioihin

Kysyimme kouluttajien asenteista VR-pohjaisiin simulaatioihin mm. seuraavanlaisilla kysymyksillä: *Voisitteko koskaan nähdä tätä kyseistä teknologiaa käytettävän koulutusohjelmisnne? Jos koulutusohjelmienne laatu todistetusti nousisi käyttäessänne VR- teknologiaa, näkisittekö tämän koulun/yrityksen investoivan siihen jossain vaiheessa? Investoisitteko Te itse tähän, jos Teillä olisi päätäntävalta? Olisitteko Te valmiita tai innokkaita käyttämään virtuaalitodellisuutta koulutusohjelmisnne?*

Yleinen vastaus jonka saimme kaikilta haastateltavilta oli, että jos tämänkaltaiset simulaatiot toisivat tutkitusti koulutukseen lisäarvoa, he olisivat valmiita ottamaan sellaisia käyttöön. Björkenheim ja Lindfors olivat avoimempia VR:n käyttöönotolle ja pitivät hyvinkin mahdollisena, että tämän kaltaisia simulaatioita otettaisiin käyttöön kun niitä tulee laajempaan levitykseen ja niiden hyödyllisyyttä tutkitaan ja todennetaan paremmin. Louhimo ja Kejo olivat pessimistisempiä asian suhteen. Kejo ei nähnyt, että VR-simulaatioiden taso voisi päästä tarpeeksi korkealle, jotta sillä voisi todentuntuisesti simuloida oikeita leikkaustilanteita, kun taas Louhimo piti hintaa suurimpana kompastuskivenä. Louhimon mukaan esimerkiksi CAE Healthcaren NeuroVR, jonka hinta liikkuu useissa sadoissa tuhansissa dollareissa, olisi aivan liian kallis. Hänen mukaansa

joidenkin kymmenien tuhansien eurojen arvoiset hankinnat olisivat harkittavissa.

Lindforsin mielestä kuitenkin kalliimmat hankinnat voisivat olla mahdollisia, mutta niiden täytyisi ensin olla erittäin laajasti testattuja ja hyödylliseksi todennettuja.

### **5.3 Kirurgiakouluttajien vaatimukset simulaatioille**

Kun kirurgiakouluttajilta kysyttiin vaatimuksia tai toiveita mitä heillä olisi VR-simulaatiolle, jos sellainen teoreettisesti oltaisiin ottamassa käyttöön, kaikki heistä vastasivat, että sen täytyisi olla hyvin helppokäyttöinen. Kirurgian koulutusohjelmissa on käytössä jo useita eri simulaattoreita ja koulutuslaitteita, ja näiden kaikkien käytön opetteluun kuluu aikaa. Varsinkin jos simulaattorissa on uusia tarvikkeita kuten VR-laseja tai ohjaimia, mitä helpommin uuden simulaattorin käytön opettelu onnistuu, sitä enemmän hyötyä siitä on. Sekä Louhimo, Kejo että Lindfors toivat esille myös sen, että simulaation pitäisi ottaa huomioon se, että ihmiskehon sisäinen variaatio eri ihmisten välillä voi olla hyvinkin suurta. Simulaatiossa pitäisi siis olla erimallisia ihmiskehoja joille toteuttaa harjoituksia. Björkenheim ja Louhimo toivat myös esille, että jos simulaatiota käytetään paljon, laitteiston ja varsinkin VR-lasien tulee olla ergonomisia. Louhimo piti myös tärkeänä, että tällaiselle simulaatiolle saisi asiakaspalvelua, päivityksiä ja teknistä tukea myös koko sen ajan, kun simulaatio on käytössä.

Louhimo, Kejo ja Lindfors toivat esille myös sen, että erikoistuneiden leikkausten simuloimisen hyödyt voivat jäädä pieniksi niiden harvinaisuuden takia, joten hyödyllisempää voisi olla ns. "anatomiasimulaation" kehittäminen, jossa olisi simuloituna ainoastaan realistinen ihmiskeho jolle voisi toteuttaa esimerkiksi leikkauksia tai realistisia ruumiinavauksia. Osasyynä tähän on se, että haastateltavat epäilivät nykyisten ohjainten tarkkuutta, ja olivat sitä mieltä, etteivät ne olisi tarpeeksi tarkkoja esimerkiksi aivokirurgian simuloimiseen. Anatomiaa tutkiessa ohjainten tarkkuus ei kuitenkaan olisi niin tärkeää. Lindfors oli sitä mieltä, että tämänlaisen simulaation täytyisi olla lähes fotorealistinen, että siitä olisi hyötyä, mutta muut haastateltavat olivat sitä mieltä, että realismisuus ei olisi tässä tapauksessa niin tärkeää, kunhan eri kehon osat erottuvat selkeästi toisistaan.

### **5.4 VR-kehittäjien kokemus kirurgiaohjelmistoista**

VR-kehittäjiä haastatelllessamme kysyimme heidän kokemuksestaan kirurgiasimulaatioista. Kumpikaan haastateltavista ei ole itse kehittänyt tämänkaltaisia ohjelmistoja, mutta he ovat kyllä kuulleet sellaisista. Niemi toi esille Oslo Intervention Centren AR-kirurgiasalisovellukset, sekä CAE Healthcaren, jotka hän oli nähnyt konferenssissa.

## 5.5 VR-kehittäjien mielipiteet laitteistosta

Kysyimme VR-kehittäjiltä olisiko nykyisillä kuluttajakäyttöisillä laitteilla kuten Oculus Riftillä, HTC Vivellä tai Microsoft Kinect-liikkeenseurantalaitteella mahdollista toteuttaa tarpeeksi tarkka kirurgiasimulaatio. Molemmat olivat sitä mieltä, että sekä Oculus Riftin ja HTC Viven headsetit ovat tarpeeksi tarkkoja, mutta ongelmana ovat ohjaimet. Sen lisäksi että näiden laitteistojen ohjaimet ovat hieman epätarkkoja ne eivät tarjoa minkäänlaista haptiikkaa. Takala toikin esimerkiksi paremmasta vaihtoehdosta Novint Falconin. Takala piti Microsoft Kinectiä huonona vaihtoehtona sen epäluotettavuuden ja epätarkkuuden takia haptisen palautteen puutteen lisäksi. Niemi piti Kinectiä kuitenkin tarpeeksi tarkkana, mutta oli samaa mieltä siitä, että haptisen palautteen takia se tai vastaavanlaiset liikkeentunnistussovellukset eivät sovellu sellaisenaan kirurgiasimulaatioihin.

## 5.6 Kehittämisen haasteet VR-kehittäjän näkökulmasta

Niemi toi esille, että VR-tekniikan käyttöönotto kirurgiasimulaatioissa on niin iso hanke, että sen tulisi tuoda erittäin huomattavaa lisäarvoa. Hän ei nähnyt, että nykyisellä VR-tekniikalla voisi tuoda koulutukseen vielä niin suurta lisäarvoa, että hanke olisi kannattavaa. Takala taas oli sitä mieltä, että suurin haaste tämänkaltaisen sovelluksen kehittämisessä on se, että VR-kehittäjät itse eivät tiedä esimerkiksi ihmisten anatomiasta tai kirurgiasta mitään, joten kehitys tulisi tehdä tiiviissä yhteistyössä kirurgian ammattilasten kanssa. Toiseksi haasteeksi hän mainitsi myös sen, että nykyään VR-sovelluksissa yleisimmin käytetyt moottorit Unity ja Unreal eivät tue ns. ”Soft Body”-fysiikkaa eli pehmeän kudoksen fysiikkaa, jota tarvittaisiin kudosten simuloimiseen.

Takala arvioi, että jos hän kehittäisi omissa yrityksessään kirurgiasimulaation, hän asettaisi sen hinnaksi noin 10 000 euroa sisältäen laitteet (Oculus Rift-lasit ja kaksi Novint Falcon-ohjainta). Hän perusteli hinta-arviotaan sillä, että tämänkaltaisen simulaation kehittäminen voisi viedä jopa vuosia, mutta sen markkinaosuus olisi joka tapauksessa varsin pieni sillä sitä myytäisiin vain yliopistoille ja muille koulutusyksiköille.

## 6 Johtopäätökset

Tekemissämme haastatteluissa ilmeni, että suurimpana esteenä virtuaalitodellisuus pohjaisten koulutussimulaatioiden käyttöönotolle Suomessa on raha. VR-pohjaisia simulaattoreita ei ole Suomessa käytössä pääosin siksi, että ratkaisuja ei ole kovin paljoa olemassa. Suurempana tekijänä on kuitenkin se, että niiden katsotaan tuovan hyvin vähän hyötyä niiden suuriin hintoihin verrattuna. Nykyään kirurgian koulutusohjelmissa on käytössä jo useita simulaattoreita, ja niidenkin kulut ovat Johanna Louhimon mukaan jo hyvin kalliita. Esimerkiksi ompelien teon harjoitteluun käytettävä simulaattori jota hän kutsui ”black boxiksi” on käytössä leasing-sopimuksella, ja se maksaa koulutusohjelmalle noin 10 000 euroa vuodessa. Louhimo oli sitä meiltä, että esimerkiksi CAE Healthcaren aikaisemmin mainitut ratkaisut kuten NeuroVR ovat aivan liian suuren hintaluokan ratkaisuja eivätkä tulisi kuuloonkaan. Hän arvioi, että kymmenissä tuhansissa euroissa liikkuva hinta olisi ehdoton yläraja tämäläisille hankinnoille. Robert Björkenheim ei osannut kertoa budjeteista yhtä tarkasti, mutta oli sitä mieltä, että NeuroVR:n kaltaisen satojen tuhansien hintaisen laitteen hankinta voisi olla teoriassa mahdollista. Tämän hintaluokan laitteen taustalla pitäisi kuitenkin olla huomattava määrä tutkimuksia ja testejä, joista voisi todeta laitteen tuovan merkittävää hyötyä. Hän itse olisi valmis tämänkaltaisen laitteen hankintaan, jos hän olisi päätäntävällässä, niillä edellytyksillä, että se sopisi budjettiin ja olisi tutkimuksien kautta todettu hyödylliseksi.

Koulutusohjelmissa on käytössä monenlaisia eri simulaattoreita. Esimerkiksi aikaisemmin Seymourin ym. (2002) tutkimuksessa mainittu MIST VR:ää muistuttava Simball Box (kuva 21) on ollut koulutuskäytössä jo pitkään. Simball Boxissa on käytössä patentoidut haptiset ohjaimet, joiden avulla totutellaan kirurgisten työkalujen käyttöön. Käytössä on myös Sectra-niminen ratkaisu, jossa pöydässä olevalla näytöllä voi tarkastella ihmiskehon eri osia ja kerroksia. Nina Lindforsin mielipide Sectrasta oli kuitenkin, että se ei tuo lisäarvoa koulutukseen. Hänen mukaansa se on ehkä hyvä jollekulle, joka opiskelee ihmisten anatomiaa ensimmäistä kertaa, mutta kirurgiaa opetteleville ei ole juurikaan hyötyä siitä, että ihmiskehon osia ja eri kudokset voi vain tarkastella.





*Kuva 21: Simball Box. (G-coder)*

Lindforsin mukaan paljon hyödyllisempi ratkaisu olisi sellainen, jossa näytöllä olevalle keholle voisi tehdä aidonlaisia leikkauksia. Esimerkiksi jos lihakseen tekisi ohjelmassa viillon, tämän viillon sisään pitäisi voida katsoa kuten oikeissakin leikkaustilanteissa. Tämä toisi uusia mahdollisuuksia ja vapauksia tutkia kehon ominaisuuksia joita oikeissa leikkaustilanteissa ei ole. Lindfors on kokeillut esimerkiksi Oslo Intervention Centren AR-Leikkaussovelluksia joissa eri elimiä voi AR-ympäristössä irrottaa kehosta ja tutkia niiden eri kerroksia, mutta hän ei näe, että tämänlaisesta ratkaisusta olisi hyötyä koulutustarkoitukseen, sillä kerrosten erottelu ei vastaa oikeanlaista leikkausta. Useissa haastatteluissa nousi myös esille, että erikoistuneiden leikkausten kuten neurologisten operaatioiden harjoitteluun sovellettu simulaattori ei välttämättä tulisi kovin suureen käyttöön, sillä tämänkaltaisia erikoistuneita leikkauksia opetellaan suhteellisen harvoin. Sekä Pekka Kejo, Louhimo että Lindfors toivat esille, että simulaatio jossa ihmiskehoa voisi tutkia ja leikellä realistisesti ja haluamallaan tavalla voisi olla huomattavasti hyödyllisempi. Jos tämänkaltaisen simulaation toteuttaisi siten että simulaatiossa oleva ihmiskehon malli olisi anatomisesti täysin realistinen, sillä voisi korvata erikoistuneet simulaatiot kokonaan.

Tämänkaltaiselle simulaatiolle on kuitenkin myös paljon vaatimuksia. Louhimo ja Lindfors toivat esille, että ihmiskehon sisäinen variaatio esimerkiksi elinten muodoissa ja verisuonistoissa on hyvin suurta, ja tämän täytyisi tulla esille myös tämänlaisessa anatomiasimulaatiossa. Tämän voisi toteuttaa esimerkiksi jonkinlaisella satunnaisgeneraatiolla. Lindfors oli myös sitä mieltä, että oikeisiin potilaisiin perustuvat harjoitusmallit ja 3D-mallit olisivat hyvä ratkaisu, sillä näin kehon sisäinen variaatio

toteutuisi ilman satunnaisgeneraatiota, ja koulutuksen lisäksi tällaista sovellusta voisi hyödyntää myös oikeiden potilaiden leikkauksiin valmistautumiseen.

Aikaisemmin mainittu Surgical Theaterin kehittämä SuRgical Planner onkin hyvin lähellä ideaa, jota Lindfors ehdotti. Tässä sovelluksessa harjoitusmallit luodaan oikeiden potilaiden CT-skannausten perusteella ja keholle voidaan tehdä oikeanlaisia toimenpiteitä haptisten ohjainten avulla. SuRgical Planner ei kuitenkaan tue virtuaalitodellisuutta, ja haastateltavista varsinkin Lindfors olikin juuri sitä mieltä, että virtuaalitodellisuussimulaattorit ovat osa tulevaisuutta. Näytöltä katsottava kuva ei tuo lähellekään saman tasoista immersiota kuin VR-ympäristö. Surgical Theater on kuitenkin kehittänyt myös aikaisemmin mainitun Presicion VR-sovelluksen joka hyödyntää Oculus Riftiä tai HTC Viveä. On todennäköistä, että näissä kahdessa sovelluksessa on käytetty huomattavan paljon samaa teknologiaa esimerkiksi 3D-mallien mallintamiseen CT-skannauksista, joten emme pidä epätodennäköisenä, että SuRgical Planneriin voisi tuoda myös tuen VR-laseille.

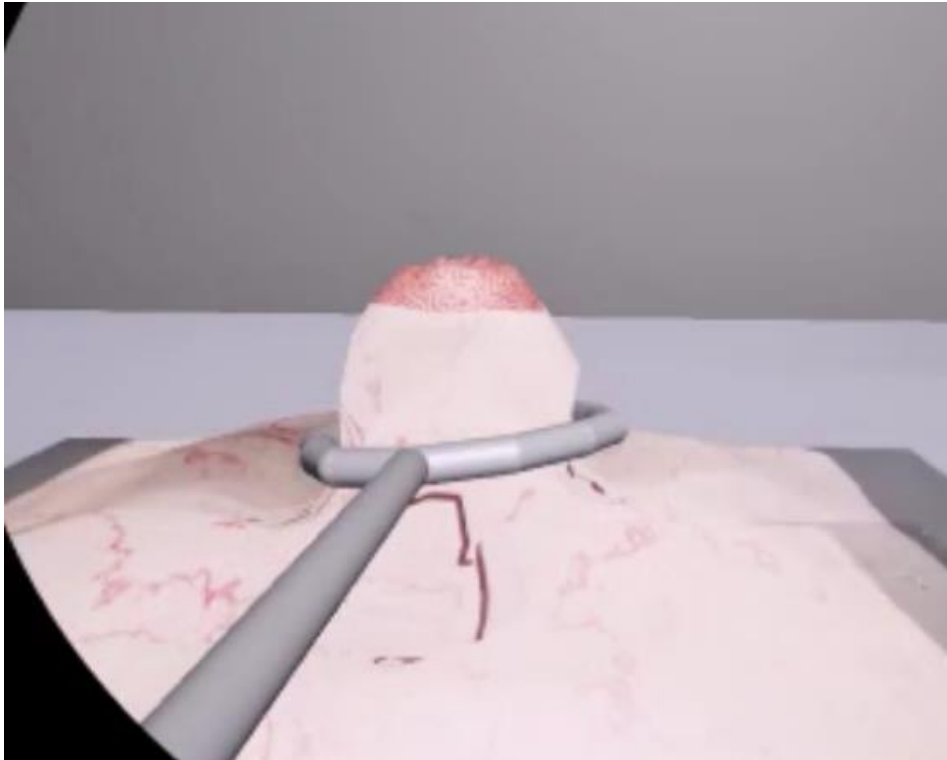
Käyttöön otettavassa VR-simulaattorissa visuaalista tarkkuuttakin tärkeämpää olisi realistinen haptinen palaute. Sekä Louhimo että Björkenheim olivat sitä mieltä, että realistinen tuntuma simulaatioissa on hyvin tärkeää. Björkenheim mainitsikin, että hänen mielestään Simball Box, jossa harjoitellaan koordinaatiotaitoja pelkkien yksinkertaisten geometrinen muotojen avulla (esimerkiksi pallojen pujottelu renkaan läpi) on jo tarpeeksi hyvä ratkaisu. Kejo ei katsonut, että VR-pohjaisesta kirurgiasimulaattorista olisi erityistä hyötyä juuri siksi, että avokirurgiassa oikea tuntuma on erittäin tärkeää. Avokirurgisissa leikkauksissa käytetään omia käsiä hyvin usein, eikä hän uskonut, että simulaattorilla voitaisiin toteuttaa aidonlaista tuntumaa juuri käsiin, vaikka instrumentteja jäljentävät ohjaimet voisivatkin olla hyvin tarkat. Hän arvelikin, että VR-teknologiasta olisi hyötyä pääosin anatomian opetteluun, jossa tarvetta haptiikalle ei juuri ole.

Tuukka Takala mainitsi haastattelussaan, että Novint Falcon voisi olla hyvä vaihtoehto, jos tavoitteena olisi tehdä simulaatio käyttäen kuluttajille suunnattua laitteistoa. Hänen mukaansa Novint Flacon tarjoaa varsin hyvätasoista haptista palautetta hintaansa nähden. Tässä ilmenee kuitenkin se ongelma, että Novint Technologies joka tuottaa kyseistä ohjainta on lopettanut toimintansa. Ohjaamia saa vielä ostettua muilta osapuolilta (esimerkiksi Amazonista), mutta simulaatiota ei voi kehittää siten, että se on riippuvainen tuotteesta jota ei enää valmisteta. Näin ollen Novint Falconin tilalle täytyisi etsiä jokin toinen vastaavanlainen ja vastaavan tasoinen ohjain (joita ei ilmeisesti ole tällä hetkellä olemassa) tai kehittää oma.

VR-Simulaatioiden kehittämisestä löytyy myös useita ongelmia. Tämänkaltaisen simulaation kehittämiseen tarvittaisiin jatkuvaa yhteistyötä alan ammattilaisten kanssa, sillä kehittäjät eivät voi tietää alalla tarvittavia vaatimuksia tarkasti. Johanna Louhimo kuitenkin arveli, että kirurgia-alan kouluttajien ja ammattilaisten irrottaminen työtehtävästään kokoaikaisesti tämänlaiseen kehitysprosessiin ei olisi mahdollista ainakaan Suomessa, sillä alalla on rajatusti henkilöstöresursseja.

Tuukka Takala toi haastattelussaan esille myös toisen, tällä kertaa teknisen ongelman. Hänen mukaansa nykypäivän yleisimmät VR-pelien ja ohjelmistojen kehittämiseen tarkoitetut pelimoottorit Unreal ja Unity ovat molemmat huonoja vaihtoehtoja kirurgiasimulaation kehittämiseen sen takia, että niissä on molemmissa käytössä ns. ”Rigid” eli jäykkä fysiikkamoottori. Tämän takia näillä pelimoottoreilla ei juurikaan pysty kehittämään realistista kudosta, sillä niissä pystytään toteuttamaan ainoastaan ”kiinteitä” ja venymättömiä objekteja. Näin ollen Unityyn tai Unrealiin täytyisi importoida toinen fysiikkamoottori (josta taas koituisi uusia haittoja kuten päällekkäisyysongelmia moottorin vanhojen osien kanssa) joka tukisi venyviä ja pehmeitä objekteja, tai luoda täysin uusi pelimoottori tätä varten.

Unrealille on tekeillä kolmannen osapuolen tuottama soft body-fysiikkaa tukeva plug-in nimeltään Tendr Dynamics. Sovellus on vielä keskeneräinen mutta demovideoiden perusteella se vaikuttaisi luovan juuri edellisessä kappaleessa mainittujen tarpeiden mukaisen fysiikkaympäristön. Sen tarkkuus ei ole kuitenkaan vielä lähelläkään sitä tasoa, mitä tarkkaan kirurgiasimulaatioon vaaditaan, sillä siinä esimerkiksi iho näyttää vielä varsin kulmikkaalta taipuessaan (Kuva 22). (Tendr Dynamics, 2014).



*Kuva 22: Soft body- fysiikan demo*

Aikaisemmin mainitun The Voidin teknologiaa voisi mahdollisesti käyttää hyväksi myös kirurgien tai lääkäreiden kouluttamisessa. Pitämissämme haastatteluissa kysimme haastateltavilta kirurgeilta sitä, kuinka he itse käyttäisivät Oculus Riftin tai HTC Viven kaltaista teknologiaa koulutuksissaan. Vaikka vastaus oli kaikilla hyvin erilainen, Björkenheim ehdotti, että niillä voisi mahdollisesti harjoittaa erilaisia tilanteita ja skenaarioita kuten kiireellisen potilaan viemistä leikkaussaliin. Tämänlaiset hätätilanteet ovat harvinaisia, joten henkilökunnalla ei ole niin vankkaa käsitystä ja kokemusta näistä tilanteista kuin voisi olla, jos heillä olisi tämänkaltainen teknologia käytettävissä.

Yllä olevaan tilanteeseen The Voidin teknologia olisi täydellinen, mutta kallis. Harjoitteluun tarvittaisiin nimittäin oma virtuaaliareena, joka rakennettaisiin tarvittavaa aihetta ajatellen. Jos kuitenkin teoreettisesti virtuaaliareena ja tarvittavat VR-laitteet olisivat toiminnassa, voisivat lääkärit realistisen oloisessa tilanteessa harjoitella harvinaisia, mutta vakavia tilanteita varten. Skenaariona voisi toimia esimerkiksi tajuton potilas, joka pitää kuljettaa nopeasti sairaalan pääovilta leikkaussaliin, jonka jälkeen hänet pitää operoida nopeasti ja tehokkaasti. Virtuaaliareena olisi voitu tehdä samanlaiseksi miltä oikeakin sairaala näyttää, ja mikäli leikkaussali on toisessa kerroksessa, on hissillä matkaaminen helppo simuloida areenaan. Tällaisissa tilanteissa lääkäreille on erittäin tärkeää se mitä kukakin tekee ja milloin. Myös näiden taitojen harjoittelu voi olla vaikeaa käytännössä sillä kiireellisiä tilanteita on harvoin. Harjoiteltaviin asioihin kuuluisi luultavasti myös potilaan tilan analysointi ja miten potilas pitäisi operoida.

Tämä tekniikka mitä luultavimmin helpottaisi kyseisten tilanteiden hoitamista ja nostaisi lääkäreiden itsevarmuutta huomattavasti. Ongelmana on kuitenkin hinta, ja yllä olevien tilanteiden harvinaisuus. Haastatteluissa kävi ilmi, että kyseisiä tilanteita on harvemmin, joten tämänkaltaisen simulaation hinta-hyötysuhde olisi varsin heikko erittäin korkean hinnan vuoksi. Mahdollisesti tulevaisuudessa, kun teknologian hinta laskee, voisimme nähdä tämänkaltaisia ratkaisuja lääkäreiden valmentamisessa.

## **6.1 Jatkotutkimus**

Haastatteluissa ilmeni monia eri aiheita, joihin virtuaalitodellisuutta voisi käyttää kirurgian ja lääketieteen aloilla. Kaikki haastattelemamme kirurgiakoulutuksen ammattilaiset olivat sitä mieltä, että anatomian opetteluun tarkoitettu simulaattori voisi olla hyödyllinen, ja itseasiassa jopa hyödyllisempi kuin erikoistuneiden leikkauksien kuten aivokirurgian opetteluun tarkoitettu simulaattori. Tutkimus, jossa selvitetään juuri tämänlaisen simulaation kehitysvaatimuksia ja kannattavuutta voisi olla hyödyllinen.

Täysin realistisen anatomiasimulaattorin kehittämisen esteeksi nousevat edellä mainitut ongelmat Unityn tai Unrealin käyttämisessä, ympäristön realismisuus ja ohjaimien tarkkuus. Soft Body-fysiikan kehittäminen kirurgiasimulaation tarkoituksiin voisikin olla toinen mielenkiintoinen tutkimuksen aihe.

Nina Lindfors mainitsi haastattelussaan, että hänen unelmasimulaattorissaan harjoitusmallit saataisiin mallinnettua oikeiden potilaiden kehojen mukaan. Tämänkaltaista teknologiaa olikin jo käytetty aiemmin mainituissa Surgical Theaterin sovelluksissa. Tämänlaisella teknologialla voisi olla mahdollisesti muitakin sovelluksia, ja se voisikin olla mahdollinen tutkimusaihe.

## **6.2 Tutkimuksen luotettavuus**

Haastattelut itsessään lisäävät luotettavuutta ja pyrimme haastattelukysymyksiä tehdessämme kirjoittamaan mahdollisimman neutraaleja ja ei-johdattelevia kysymyksiä uskottavuuden maksimoimiseksi. Haastateltavia ei ollut paljon, mutta saamamme informaatio vaikutti olevan sitäkin luotettavampaa. Tutkimus itsessään perustuu ajantasaisiin lähdemateriaaleihin, joita on pyritty mahdollisimman monipuolisesti käyttämään.

Ainoa luotettavuutta heikentävä asia oli oma kokemattomuus haastatteluihin liittyen. Pyrimme minimoimaan kokemattomuuden vaikutusta haastatteluihin vankalla teorian opiskelulla, jotta paremmin ymmärtäisimme aiheen mistä puhumme ja osaisimme kysyä oikeat kysymykset. Kuitenkin tutkimuksen valmistuttua huomasimme, että tutkimus olisi

hyötynyt, jos haastatteluja olisi ollut enemmän. Haastateltavien vastausten välillä ilmeni sen verran suuria eroavaisuuksia, että suuremmalla otannalla olisi voinut saada luotettavampia tuloksia. Tekemämme haastattelut olivat kuitenkin perinpohjaisia ja ne tehtiin ammattitaitoisille haastateltaville, joten meillä ei ole varsinaista syytä epäillä niiden todenperäisyyttä.

### **6.3 Omat kokemukset**

Virtuaalitekologiaan syventyminen oli palkitseva kokemus meille molemmille. Olemme jo kauan olleet kiinnostuneita VR:stä, näin ollen siitä kirjoittaminen oli mielekästä ja tiedon etsiminen ei tuntunut niinkään työltä vaan oman itsensä toteuttamiselta.

Virtuaalitodellisuus on myös ajankohtainen aihe, joten ei ollut tavatonta törmätä VR-uutisiin satunnaisesti omalla ajalla.

Teimme opinnäytetyön parityönä. Tämän ansiosta pystyimme heittelemään ideoita toisillemme ja keskustelemaan rakentavasti siitä, miten opinnäytetyöstä saisi paremman ja miten seuraavaksi kannattaisi edetä. Työn jakamisessa ei ilmennyt ongelmia ja yhdessä työskentely oli jouhevaa. Olimme lähes koko kouluajan työskennelleet yhdessä, joten yhteisen säveleen löytäminen ei ollut hankalaa.

Tutkimuksemme yksi mieleisimmistä asioista olivat haastattelut. Vaikka kokemuksemme haastattelemisesta oli olematonta, ne onnistuivat silti erinomaisesti. Tähän syynä luultavasti hyvä valmistautuminen, haastattelukysymyksien laatu, sekä haastattelun eläminen. Haastattelun elämisellä tarkoitamme sitä, että vaikka meillä oli paperilla kaikki tarvittavat kysymykset, saattoi uusia kysymyksiä nousta pintaan ja haastattelut etenivät keskustelumaisesti hyvällä ilmapiirillä. Haastattelut kestivät keskimäärin noin 30 minuuttia, missä ajassa ehdimme hyvin kysymään olennaisia, sekä syventäviä kysymyksiä. Koemme että haastattelut menivät erinomaisesti ja saimme tarvittavat vastaukset kysymyksiimme.

## Lähteet

2045. Ideology. Luettavissa: <http://2045.com/ideology/>. Luettu: 15.3.2017.

2045. File: milestones\_en.png. Luettavissa: [http://2045.com/images/milestones\\_en.png](http://2045.com/images/milestones_en.png).  
Luettu: 07.05.2017.

3D Systems. File: geomagic.png. Luettavissa:  
[http://www.geomagic.com/files/6114/3940/9416/Haptic\\_Device\\_brochure-8-2015-final.pdf](http://www.geomagic.com/files/6114/3940/9416/Haptic_Device_brochure-8-2015-final.pdf).  
Luettu: 17.06.2017.

Android Central. File: gear-vr\_supreme\_vr .jpg. Luettavissa:  
[https://www.androidcentral.com/sites/androidcentral.com/files/article\\_images/2016/09/gear-vr\\_supreme\\_vr.jpg](https://www.androidcentral.com/sites/androidcentral.com/files/article_images/2016/09/gear-vr_supreme_vr.jpg). Luettu: 10.05.2017.

Android Authority 2015. File: Is-VR-the-Next-Big-Thing-Fig3.jpg. Luettavissa:  
<http://cdn01.androidauthority.net/wp-content/uploads/2015/12/Is-VR-the-Next-Big-Thing-Fig3.jpg>. Luettu: 07.05.2017.

Beyond I Am 2015. Moving Consciousness From the Physical to Virtual World.  
Luettavissa: <http://beyondiam.com/moving-consciousness-from-the-physical-to-virtual-world/>. Luettu: 10.3.2017.

Blanford R, 2016. CAE Healthcare & NeuroVR at 84<sup>th</sup> AANS meeting. Luettavissa:  
<https://www.linkedin.com/pulse/cae-healthcare-neurovr-84th-aans-meeting-roxanne-blanford>. Luettu: 23.2.2017.

Business Insider 2016. File: unnamed (42).png. Luettavissa:  
[http://static2.businessinsider.com/image/56fe83c49105841c008ba206-700-525/unnamed%20\(42\).png](http://static2.businessinsider.com/image/56fe83c49105841c008ba206-700-525/unnamed%20(42).png). Luettu: 07.05.2017.

CAE Healthcare 2017. Virtual training promotes proficiency and confidence. Luettavissa:  
<https://caehealthcare.com/surgical-simulation>. Luettu: 22.2.2017.

CAE Healthcare. File: NeuroVR-Feature.jpg. Luettavissa:  
[https://caehealthcare.com/media/images/Gallery\\_Images/NeuroVR/NeuroVR-Feature.jpg](https://caehealthcare.com/media/images/Gallery_Images/NeuroVR/NeuroVR-Feature.jpg).  
Luettu: 08.05.2017.

Dargar S., Kennedy R., Lai W., Arikatla V. & De S. 2015. Towards immersive virtual reality (iVR): a route to surgical expertise. Luettavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4606894/>. Luettu: 14.2.2017.

Declara 2017. The future of virtual reality. Luettavissa: <https://declara.com/content/xgpQwW5J>. Luettu: 10.3.2017.

Foreman N. & Korralo L. 2014. Past and future applications of 3-D (Virtual reality) technology. Luettavissa: <http://ntv.ifmo.ru/file/article/11182.pdf>. Luettu: 21.2.2017.

G-coder. File: 1-e1407347913851-300x293.jpg. Luettavissa: <http://g-coder.com/wp-content/uploads/1-e1407347913851-300x293.jpg>. Luettu: 10.05.2017.

G-coder. File: FalconBlack-large\_1024x1024.jpg. Luettavissa: [https://cdn.shopify.com/s/files/1/1139/3770/products/FalconBlack-large\\_1024x1024.jpg?v=1453667398](https://cdn.shopify.com/s/files/1/1139/3770/products/FalconBlack-large_1024x1024.jpg?v=1453667398). Luettu: 17.05.2017.

G-coder. Simball joysticks. Luettavissa: <http://g-coder.com/simball-joysticks>. Luettu: 17.05.2017.

Geomagic. The Geomagic® Touch™ Haptic Device. Luettavissa: <http://www.geomagic.com/en/products/phantom-omni/overview>. Luettu: 17.05.2017.

Google user content. File: unnamed.png. Luettavissa: [https://lh3.googleusercontent.com/YtPm4pGocz\\_Nen6La3kCW9xI7-PMGajf6SpE9kjW7TJ-Q8hK8rgH2uP1ag-kHSUUnj0](https://lh3.googleusercontent.com/YtPm4pGocz_Nen6La3kCW9xI7-PMGajf6SpE9kjW7TJ-Q8hK8rgH2uP1ag-kHSUUnj0). Luettu: 07.05.2017.

Haptics House. Black Falcon 3D Touch Haptic Controller. Luettavissa: <https://haptichouse.com/collections/frontpage/products/black-falcon-3d-touch-haptic-controller>. Luettu: 17.05.2017.

Googleusercontent. File: unnamed.png. Luettavissa: [https://lh3.googleusercontent.com/YtPm4pGocz\\_Nen6La3kCW9xI7-PMGajf6SpE9kjW7TJ-Q8hK8rgH2uP1ag-kHSUUnj0](https://lh3.googleusercontent.com/YtPm4pGocz_Nen6La3kCW9xI7-PMGajf6SpE9kjW7TJ-Q8hK8rgH2uP1ag-kHSUUnj0). Luettu: 07.05.2017.

Healthcare Training and Education, 2016. CAE Healthcare launches world-class neurosurgery simulator in partnership with the national research council of Canada. Luettavissa: <https://www.healthcaretrainingandeducation.com/technology/cae-healthcare->



launches-world-class-neurosurgery-simulator-in-partnership-with-the-national-research-council-of-canada/. Luettu: 23.2.2017.

Kaku M. 2014. The Future Of The Mind. Luettu: 08.05.2017.

LaViola J. 2000. A discussion of cybersickness in virtual environments. Luettavissa: <http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=333329.333344#abstract>. Luettu: 22.02.2017

Live Science 2015. Samsung Gear VR: Virtual Reality Tech May Have Nasty Side Effects. Luettavissa: <http://www.livescience.com/49669-virtual-reality-health-effects.html>. Luettu: 19.05.2017.

Logical Increments 2017. Building a PC for Virtual Reality: Oculus Rift, HTC Vive, and VR Gaming. Luettavissa: <http://www.logicalincrements.com/articles/vrguide>. Luettu: 5.5.2017.

MacRumors 2016. File:pokemon-go-image.jpg. Luettavissa: <https://cdn.macrumors.com/article-new/2016/06/pokemon-go-image.jpg>. Luettu: 10.5.2017.

MailOnline 2013. We'll be uploading our entire MINDS to computers by 2045 and our bodies will be replaced by machines within 90 years, Google expert claims. Luettavissa: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2344398/Google-futurist-claims-uploading-entire-MINDS-computers-2045-bodies-replaced-machines-90-years.html>. Luettu: 15.3.2017.

medGadget 2012. Surgical Rehearsal Platform Makes Virtual Operations Possible (Interview). Luettavissa: <https://www.medgadget.com/2012/12/surgical-rehearsal-platform-makes-virtual-operations-possible-interview.html>. Luettu: 17.5.2017.

medGadget 2015. Controlling Augmented Reality in the Operating Room: A Surgeon's Perspective. Luettavissa: <https://www.medgadget.com/2015/10/controlling-augmented-reality-operating-room-surgeons-perspective.html>. Luettu: 17.05.2017.

Nanovalor 2016. File:microsoft-hololens.jpg. Luettavissa: <http://nanovalor.fr/wp-content/uploads/2016/05/Microsoft-hololens.jpg>. Luettu: 10.5.2017.

Nyt 2017. File: 58fb184a108142e3bbb1a049d71f2aae.jpg. Luettavissa:  
<http://hs.mediadelivery.io/img/978/58fb184a108142e3bbb1a049d71f2aae.jpg>. Luettu:  
12.05.2017.

Nyt 2017. Tällainen on Suomen armeijan uusi videopeli – kokeilimme simulaattoria, jolla harjoittelevat pian kaikki varusmiehet. Luettavissa: <http://www.hs.fi/nyt/art-2000005157146.html>. Luettu: 8.5.2017.

Oculus 2016. File: riftblogpierre.jpg. Luettavissa:  
<https://s3.amazonaws.com/static.oculus.com/website/2016/01/riftblogpierre1.jpg>. Luettu:  
5.5.2017.

Oslo University Hospital 2017. Oslo University Hospital and Sopra Steria win the Microsoft 2017 Health Innovation Award. Luettavissa: <http://www.ivs.no/blog/oslo-university-hospital-and-sopra-steria-win-the-microsoft-2017-health-innovation-award/>. Luettu:  
17.05.2017.

Oxford Living Dictionaries. Definition of virtual reality in english. Luettavissa:  
[https://en.oxforddictionaries.com/definition/virtual\\_reality](https://en.oxforddictionaries.com/definition/virtual_reality) . Luettu: 15.3.2017.

Playstation. File: ps-vr-product-shots-screen-03-ps4-eu-14oct16.jpg. Luettavissa:  
<https://www.playstation.com/en-au/explore/playstation-vr/>. Luettu: 07.05.2017.

PMC 1997. File: annrcse01610-0019-a.jpg. Luettavissa:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2502952/figure/F1/>. Luettu: 12.05.2017.

Polygon 2016. Oculus Rift has a new monomum spec, \$499 entry-level PC. Luettavissa:  
<https://www.polygon.com/virtual-reality/2016/10/6/13189600/oculus-rift-minimum-spec>.  
Luettu: 5.5.2017.

Polygon 2016. The most promising virtual reality experience I've ever had. Luettavissa:  
<http://www.polygon.com/features/2016/5/5/11597482/the-void-virtual-reality-magician-tracy-hickman>. Luettu: 17.4.2017.

Road to VR 2017. File: htc-vive-pre-system-681x426 .jpg. Luettavissa:  
<http://www.roadtovr.com/wp-content/uploads/2016/01/htc-vive-pre-system-681x426.jpg>.  
Luettu: 10.05.2017.

Recode 2016. Why Pokémon Go's John Hanke says augmented reality is better than virtual reality. Luettavissa: <https://www.recode.net/2016/9/19/12965508/pokemon-go-john-hanke-augmented-virtual-reality-ar-recode-decode-podcast>. Luettu: 10.5.2017.

Seymour N., Gallagher A., Roman S., O'Brien M., Bansal V., Andersen D. and Satava R. 2002. Virtual reality training improves operating room performance. Luettavissa: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1422600/>. Luettu: 21.2.2017.

Steam 2016. IKEA VR Experience. Luettavissa: <http://store.steampowered.com/app/447270/?l=finnish>. Luettu: 23.2.2017.

Surgical Theater 2017. File: DSCN4283-1024x768.jpg. Luettavissa: <http://www.surgicaltheater.net/site/wp-content/uploads/2012/08/DSCN4283-1024x768.jpg>. Luettu: 17.5.2017.

Surgical Theater 2017. Services. Luettavissa: <http://www.surgicaltheater.net/services/>. Luettu: 15.5.2017.

Surgical Theater 2017. The Next Generation Neurosurgery Imaging Platform. Luettavissa: <http://www.surgicaltheater.net/site/products-services/surgical-rehearsal-platform-srp>. Luettu: 17.5.2017.

Techspot, 2015. Virtual Reality Then: A Look Back at the Nintendo Virtual Boy. Luettavissa: <http://www.techspot.com/article/1085-nintendo-virtual-boy/>. Luettu: 10.3.2017.

Tendr Dynamics 2014. Meet Tendr Dynamics. Luettavissa: <http://tendrdynamics.com/>. Luettu: 26.4.2017.

The psychology of video games 2010. The Psychology of Immersion in Video Games. Luettavissa: <http://www.psychologyofgames.com/2010/07/the-psychology-of-immersion-in-video-games/>. Luettu: 21.02.2017.

Tieteen kuvalehti 2016. Virtuaalitodellisuus – tulevaisuus on täällä tänään. Luettavissa: <http://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaalitodellisuus>. Luettu: 22.02.2017.

Tom's guide 2015. Augmented Reality Glasses: What You Can Buy Now (or Soon).  
Luettavissa: <http://www.tomsguide.com/us/best-ar-glasses,review-2804.html>. Luettu:  
10.5.2017.

Tomshardware 2015. AMD Determines That Absolute Immersion In VR Requires 128  
Megapixel Display. Luettavissa: <http://www.tomshardware.co.uk/amd-virtual-reality-resolution-presence,news-50987.html>. Luettu: 10.05.2017.

Tomshardware 2015. File: 1.png. Luettavissa:  
<http://media.bestofmicro.com/G/G/517696/original/1.PNG>. Luettu: 10.05.2017.

Tomodachi life wikia. File: Virtual\_Boy.jpg. Luettavissa:  
[http://tomodachi.wikia.com/wiki/Virtual\\_Boy?file=Virtual\\_Boy.jpg](http://tomodachi.wikia.com/wiki/Virtual_Boy?file=Virtual_Boy.jpg). Luettu: 07.05.2017.

U.S.Army 2012. Virtual reality used to train Soldiers in new training simulator. Luettavissa:  
<https://www.army.mil/article/84453/>. Luettu: 22.02.2017.

UCLA Health 2015. SURGICAL THEATER READY SURGEON ONE - 3D VR  
Neurosurgery. Luettavissa: <https://www.youtube.com/watch?v=AWYxvVsPcJg>. Luettu:  
15.5.2017.

Virtual Reality Society. Gear VR Virtual Reality Headset. Luettavissa:  
<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality-gear/head-mounted-displays/gear-vr.html>. Luettu:  
10.05.2017.

Virtual Reality Society. History of virtual reality. Luettavissa: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>. Luettu: 8.3.2017.

Virtual Reality Times 2015. In depth: Cheap versus premium VR headsets. Luettavissa:  
<https://virtualrealitytimes.com/2015/05/02/in-depth-cheap-versus-premium-vr-headsets/>.  
Luettu: 5.5.2017.

Virtualrealitysb 2014. File: internal-rift.png. Luettavissa:  
<https://virtualrealitysb.files.wordpress.com/2014/11/interal-rift.png>. Luettu: 07.05.2017.

VR Discussion 2016. Oculus Rift 2: What & When To Expect. Luettavissa:  
<https://www.vrdiscussion.com/blog/article/26-oculus-rift-2-what-when-to-expect/>. Luettu:  
08.05.2017.

Wearable 2016. How Oculus Rift works: Everything you need to know about the VR sensation. Luettavissa: <https://www.wearable.com/oculus-rift/how-oculus-rift-works>.  
Luettu: 07.05.2017.

What Is 2016. Haptics. Luettavissa: <http://whatis.techtarget.com/definition/haptics>. Luettu:  
17.05.2017.

Yle uutiset 2016. Tästä virtuaalitodellisuudessa on kyse – kymmenen kysymystä virtuaalilaseihin ja keinotodellisuuteen liittyen. Luettavissa: <http://yle.fi/uutiset/3-9072959>.  
Luettu: 21.02.2017.

Zuckerberg M. 2016. Facebook-päivitys. Luettavissa:  
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10103490859466441&set=pcb.10103490859636101&type=3>. Luettu: 07.05.2017.

## Liitteet

### Liite 1: The Void- arvostelu

Pietari Tavela

Opinnäytetyön työstämisen aikoihin kävin New Yorkissa, Madam Tussaudsilla, jossa oli The Void johon osallistuin heti saadessani mahdollisuuden, joten minulla on henkilökohtainen näkemys jaettavana asiasta. Siinä käyn läpi mitä kokemuksessa tapahtui, mitä ongelmia esiintyi ja miten ne voisi mahdollisesti korjata. Tekstissä myös tulee esille nykYTEknologian kyky toteuttaa tämänkaltaisia asioita, ja tuon myös esille, miten The Voidin kaltaista teknologiaa voisi käyttää kirurgien ja muiden lääkäreiden koulutuksessa.

Kokemus alkoi valitsemalla avatar miltä näytän. En ollut yksin vaan äitini oli mukana, joten hänkin valitsi luonnollisesti avatarin itselleen, jonka sitten näkisin hypätessämme itse peliin. Valittuamme avatarin, siirryimme laittamaan Rapture Gearit päällemme, eli VR-headsetin ja haptiset liivit. Kyseiset varusteet olivat kieltämättä helppo laittaa päälle (henkilökunta päätti silti auttaa meitä siinä) eivätkä näyttäneet hullummilta.

Kun olin täydessä varustuksessa, aloitin heti tietoisesti analyysin kaikesta, jonka takia luultavasti osa kokemuksesta meni ohi, koska optimaalisesti asiakas vaan ”hyppäisi kokemukseen” epäröimättä. Ensimmäinen asia minkä huomasin oli se, että VR-headset ei täysin istunut päälläni ja korvakupit eivät kokonaan peittäneet korviani. Tämän lisäksi pystyin siirtämällä katseeni alas näkemään oikean maailman virtuaalisen sijaan, joka mursi hieman immersiota. Nämä asiat luultavasti johtuvat siitä että omaan hieman keskivertoa isomman pään, mutta mielestäni asia oltaisiin voitu ottaa huomioon headsettiä suunniteltaessa. Tämän jälkeen oli aika aloittaa itse The Void- kokemus, joka oli Ghostbusters- teemainen. Se alkoi pienellä tiedotuksella, että mitä olemme tekemässä, jonka jälkeen menimme ovesta sisään ja peli alkoi.

Olimme pienessä neliön muotoisessa huoneessa. Rapun ovi mistä tulimme jäi taakse ja edessämme pään korkeudella oli seinään porattu taso missä oli kirjoja ja luultavasti reseptejä. Vasemmalla oli sohvaluoli, ja etuoikealla kulmassa oli lavuaari jossa nökötti pieni vihreä kummitus. Se vaikutti ihan kesyltä ja harmittomalta joten menimme tutkailemaan sitä lähemmäksi, saimme kuitenkin kuulokkeista komennon, että niitä ei saa päästää huonekalujen lähelle. Tämän kuultuamme käänähdimme ympäri katsoaksemme takanamme olevaa sohvaluolia ja siinä oli kuin olikin toinen pieni vihreä kummitus. Käsky

kävi ja avasimme tulen, saimme nopeasti poistettua kyseisen sohvakummituksen, mutta tilalle tuli lisää, ja aina kun listimme yhden tuntui tulevan kaksi lisää, ei mennyt kauaa kun huone oli täynnä pikku kummituksia joita koitimme nitistää. Tilanne oli mielenkiintoinen, koska niillä oli tapana lentää suoraan pelaajan läpi, joten aina kun näin kävi, antoi liivi haptista palautetta siitä kohtaa mistä kohtaa kummitus meni, joka kieltämättä oli hieno lisä ja auttoi immersiossa. Saimme kaikki kummitukset alas ja jatkoimme peliä, menimme toisesta ovesta ulos ja päädyimme rappuun, jossa kävelimme hissien luokse ja matkasimme sillä kerroksia ylöspäin. Hississä ollessamme huomasin kuinka uskottava hissimatka todellisuudessa oli. Ne pienet värähtelyt jalkojen alla ja visuaalinen anti sai minut uskomaan, että voisimme todella olla hississä. Aikani ihasteltuani immersiota, tulimme matkamme päähän ja hissi pysähtyi. Hissin ovena toimi pelkkä veräjä, joten näimme käytävälle ihan hyvin, ja huomasimmekin että siellä seisoivat pikkutyttöjen kummitukset pitkin hiuksineen. Valot välähti kerrostalon rapussa ja tyttö ilmestyi aivan veräjän eteen, ja käveli hitaasti sen läpi luoksemme hissiin. Tyttö käänsi päänsä, katsoi minua silmiin ja katosi. Tämän herttaisen kohtauksen jälkeen hissien veräjä aukesi ja pääsimme jatkamaan seikkailua. Kävi ilmi, että tyttö kummitus opasti meitä oikeaan suuntaan, joten seurasimme häntä ja metsästimme muita kummituksia.

Seikkailumme aikana päädyimme rakennuksen ulkopuolelle rakennustelineelle ampumaan ”eläviä” lentäviä patsaita, joita kutsutaan Gargoyleiksi. Tämä oli mielestäni hienoin hetki koko kokemuksessa, koska astuessani ulos, myös tunsin astuvani ulos tuulen puhaltaessa kasvoilleni ja rakennustelineen heiluessa jalkojeni alla. Kaikki aistini kertoi pysymään kaukana reunalta etten tipu, joka taas todistaa immersion voimakkuutta.

Kaiken kaikkiaan kokemus oli hieno ja immersio hyvää. Menisin uudestaan. Mutta eniten minua kokemuksessa häiritsi mm. Se kun äitini avatar saattoi vähän väliä nykiä ja teleportata pieniä matkoja ja hänen aseensa oli suurimman osan ajasta jossain muualla kun hänen kädessään eläen omaa elämäänsä. Toinen asia on teknologian kykeneväisyys. Vaikka seikkailumme oli uskottava ja hieno, niin VR- headsetin resoluutio on aika heikko kun sen näyttö laitetaan suoraan silmiemme eteen, kykenin nimittäin erottamaan Red Green Blue pisteet näytöltä, mikä ei mielestäni ole hyvä asia optimaalisen kokemuksen saavuttamiseksi.

## **Liite 2: Haastattelukysymykset**

*Kirurgeille:*

Missä olette yleensä hoitaneet koulutuksenne?

Miten kirurgian koulutusohjelman prosessi pääpiirteittäin menee?

Kuinka hyvin tunnet VR:n eli virtuaalitodellisuuden aiheena?

- Selitetään mitä VR on jos tarvitsee

Oletteko kuulleet VR:n käytöstä koulutuksessa?

- Mainitaan NeuroVR:stä
- Mainitaan armeijan käyttötarkoituksista

Onko Teillä koskaan ollut puhetta kyseisen teknologian käyttöönotosta koulutustarkoituksiin?

- Miksi kyllä/ei?

Voisitko koskaan nähdä tätä kyseistä teknologiaa käytettävän koulutusohjelmisnne?

- Esim. <listaus kolmesta eri VR- koulutuslaitteesta>

Tuleeko Teillä mieleen hyviä käyttötarkoituksia VR:lle koulutusohjelmisnne?

- Kerrotaan esimerkkejä mihin voisi VR:ää käyttää
- Kerrotaan mitä tutkittuja hyötyjä VR:stä olisi koulutuksessa

Jos koulutusohjelmienne laatu todistetusti nousisi käyttäessänne VR- teknologiaa, näkisittekö tämän koulun/yrityksen investoivan siihen jossain vaiheessa?

- Jos ei: Miksi ei?

Investoisitteko Te itse tähän jos Teillä olisi päätäntävalta?

- Miksi kyllä/ei?

Olisitteko Te valmiita tai innokkaita käyttämään virtuaalitodellisuutta koulutusohjelmisnne?

- Miksi kyllä/ei?

Näkisittekö että Oculuksella, Vivellä tai microsoft kinectillä pystyisitte kouluttamaan ihmisiä?

Jos neurologisen simulaation toteuttaisi, niin haittaisiko se oppimista, jos laitteisto olisi hieman epätarkkaa, ja liikkeissä olisi hieman viivettä tai heikompaa rekisteröintiä pienempien liikkeiden kannalta?

Jos olisitte vastuussa VR- laitteiston ja ohjelmiston hankkimisesta tänne, minkälaisia vaatimuksia ja kysymyksiä juuri nyt haluisitte esittää VR- kehittäjille?

*VR- ohjelmistokehittäjille*

Oletteko kauan olleet VR- alalla?

- jos on: Millaista oli työskennellä alalla ennen Oculus Riftin julkaisua

Minkälaista kokemusta Teillä on kyseisestä alasta?

Onko kokemusta kirurgia- ohjelmistojen tekemisestä?

Oletteko kuulleet tämän kaltaisten ohjelmistojen tekemisestä tai käyttämisestä muualla Suomessa?



Oletteko kuulleet Neuro-VR:stä, Endo-VR:stä tai Lap-VR:stä?

- Jos ei ole kuullut, selittää siitä

Pystyisikö tekemään vastaavanlaisen ratkaisun kuluttajakäyttöön esim. Oculus Riftillä, HTC Vivellä tai Microsoftin Kinectillä?

- Jos ei niin miksi → minkä asian/asioiden pitäisi muuttua, jotta olisi mahdollista?

Millä tarkkuudella edellä mainituissa laitteissa pystyttäisiin simuloimaan kirurgisia tilanteita?

Mitkä ovat suurimpia haasteita VR-ohjelmistojen kehittämisessä tämän kaltaisille laitteille? (kun tehdään kuluttajakäyttöön)

Missä määrin / miten edellä mainittuja laitteita voitaisiin käyttää kirurgian koulutuksessa?

Karkea hinta-arvio?

Miten näkisitte AR:n toimivan kirurgiakoulutuksessa?

- Mainitaan että ei ole pääaiheenamme mutta voimme sivuuttaa asiaa tutkimuksessamme