



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Tomi Salo

# Röntgenlaitteiden käyttökoulutus virtuaalilasien avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

Insinöörityö

14.4.2020

Tekijä Otsikko	Tomi Salo Röntgenlaitteiden käyttökoulutus virtuaalilasien avulla
Sivumäärä Aika	40 sivua + 1 liite 14.4.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Tieto- ja viestintätekniikka
Ammatillinen pääaine	Hyvinvointi- ja terveysteknologia
Ohjaajat	Yliopettaja Mikael Soini, Metropolia Ammattikorkeakoulu Yksikön päällikkö Teemu Rantanen, Customer Services, Siemens Healthineers
<p>Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, miten virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää ammattikorkeakoulun harjoitusluokissa tapahtuvissa röntgenlaitteharjoituksissa ennen röntgenhoitaja (AMK) -koulutukseen kuuluvia työharjoitteluja sekä mitä hyötyjä siitä olisi opiskelijoille. Työssä pyrittiin vertaamaan Siemens Healthineersin uutta virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) -koulutusta nykyiseen röntgenlaitteharjoitteluun ja fyysisen laitteen käyttöön. Tutkimus tehtiin perehtymällä virtuaalitodellisuuden ja röntgenlaitteiden teoriaan sekä haastattelella röntgenhoitajia.</p> <p>Haastattelututkimus oli alun perin määrä toteuttaa Turun ammattikorkeakoulun röntgenhoitajaopiskelijoille, mutta muuttuneiden tilanteiden jälkeen tutkimukseen osallistui kolme röntgenhoitajaa ja yksi röntgenhoitajaopiskelija. Tästä huolimatta haastattelututkimus onnistui, ja tuloksena saatiin kvalitatiivista tietoa liittyen VR-koulutuksen mahdollisuuksiin. Työn tavoitteiden mukaisesti saatiin selvitettyä VR-käyttökoulutuksen hyötyjä opiskelijoille sekä miten rinnastettavissa uusi koulutus on nykyiseen röntgenlaitteharjoitteluun. Hyödyllisimmiksi asioiksi VR-koulutuksessa opiskelijoiden kannalta koettiin mahdollisuus harjoitusten toistoon, mahdollisimman stressitön harjoitteluympäristö sekä paremmat valmiudet työharjoitteluun.</p> <p>Tulosten perusteella VR-käyttökoulutus ei ole täysin verrattavissa perinteiseen käyttökoulutukseen fyysisillä laitteilla, koska oikean röntgenlaitteen käsittely on huomattavasti raskaampaa ja stressaavampaa. Röntgenlaitteet ovat isoja ja suhteellisen painavia. Lisäksi kouluissa käytetyt laitteet ovat yleensä vanhoja.</p> <p>Tutkimuksen perusteella röntgenlaitteiden VR-koulutus toisi merkittävästi lisäarvoa röntgenhoitajaopiskelijoiden koulutukseen. Virtuaalitodellisuus ei kuitenkaan kokonaan voi korvata nykyistä röntgenlaitteiden käyttökoulutusta, koska virtuaalitodellisuudella ja todellisuudella on liian paljon eroavaisuuksia. Ideaalitalanne olisi yhdistää molemmat käyttökoulutukset, sillä kummassakin on omat puutteensa ja VR-koulutuksella saataisiin minimoitua perinteisen koulutuksen puutteet. Tällöin virtuaalitodellisuusharjoittelua voisi olla esimerkiksi noin puolet koulussa tapahtuvasta röntgenlaitteharjoittelusta.</p>	
Avainsanat	Virtuaalitodellisuus, röntgenlaite, käyttökoulutus

Author Title	Tomi Salo X-Ray User Training with Virtual Reality Glasses
Number of Pages Date	40 pages + 1 appendix 14 April 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Information and communication technology
Professional Major	Health technology
Instructors	Mikael Soini, Principal Lecturer Teemu Rantanen, Head of Customer Services
<p>The purpose of the study was to find out how virtual reality (VR) can be utilized in X-ray equipment exercises in degree program education before internships included in the radiography study program, and what benefits it would have for the students. The aim was to compare the new VR training system by Siemens Healthineers to the traditional X-ray device training with physical X-ray devices. The research was done by reviewing the theory of virtual reality and X-ray devices as well as by interviewing radiographers.</p> <p>The interview study was originally intended for radiographer students at Turku University of Applied Sciences, but under the altered circumstances, three X-ray nurses and one radiographer student eventually participated in the study. Nevertheless, the interview survey was successful and resulted in qualitative information on the potential of VR training. In accordance with the aims of the study, the benefits of VR training for students and its comparability with the current user training were found out. The most useful things in the VR training from the student's perspective were reported to be the possibility for repeated training, a training environment as stress free as possible, and a better preparation for practical training in hospitals.</p> <p>Based on the results, VR training is not fully comparable to traditional training with physical equipment, since the handling of the real X-ray equipment is significantly more difficult and stressful. X-ray machines are large and relatively heavy. In addition, the equipment used in educational institutions is generally old.</p> <p>According to the study, VR training of X-ray equipment would bring significant added value to the training of radiography students. However, virtual reality cannot completely replace the current X-ray training because there are too many differences between virtual reality and reality, eventually. The ideal situation would be to combine the both training systems, as each has its own shortcomings and VR training could minimize the shortcomings of traditional training.</p>	
Keywords	Virtual reality, user training, X-ray

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työn tilaaja	2
3	Virtuaalitodellisuus	3
3.1	Yleistä virtuaalitodellisuudesta	3
3.2	Virtuaalitodellisuuden hyödyt	7
3.3	Virtuaalitodellisuuden haasteet	9
3.4	Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen koulutuksissa	10
3.5	Siemensin virtuaalitodellisuusharjoittelumoduuli	11
4	Röntgenlaitteet	16
5	Nykyinen radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma	20
6	Tutkimuksen toteuttaminen	23
6.1	Lähtökohdat	23
6.2	Menetelmät	24
7	Tulokset ja analyysi	25
7.1	Haastattelututkimus	25
7.2	VR-järjestelmä verrattuna tosielämään	32
7.3	Järjestelmän käyttö	33
7.4	Käyttökoulutuksen muoto	34
8	Yhteenveto	35
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelukysymykset	

## Lyhenteet

3D	Three dimensional. Kolmiulotteinen.
MR	Mixed Reality eli yhdistetty todellisuus.
VR	Virtual reality. Virtuaalitodellisuus.

## 1 Johdanto

Röntgenlaitteita käytetään erilaisissa tutkimuksissa ja vammojen kuvantamisessa. Suomessa röntgenlaitteita käyttävät röntgenhoitajat, joilla on ammattikorkeakoulutasoinen röntgenhoitajakoulutus (AMK). Koulutus on jo vuosikymmeniä toteutettu pitkälti samalla tavalla, ja kouluissa käytävissä olevat röntgenlaitteet, joilla röntgenhoitajaopiskelijat harjoittelevat, ovat pääsääntöisesti vanhoja. Tällä hetkellä koulun röntgenlaitteilla tehtävissä harjoituksissa käytetään fantomeja, jotka pyrkivät jäljittelemään ihmisen rakenteita.

Nykypäivän koulussa tapahtuvan röntgenlaitteharjoittelun haasteet liittyvät suurimmilta osin siihen, että harjoituksissa ei saada oikeanlaisia olosuhteita eivätkä opiskelijat pääse harjoittelemaan erilaisten vammojen kuvaamista. Lisäksi harjoittelulaitteet ovat usein vanhempia versioita, eivätkä niiden päivitykset ole ajan tasalla. Haasteiden vuoksi insinööriydessä lähdetään selvittämään virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) -harjoitteluympäristön mahdollisuuksia koskien röntgenhoitajakoulutuksen teoriaosuuteen kuuluvaa simuloitua oppimisympäristössä tapahtuvaa röntgenlaitteharjoittelua.

Insinööriyden tavoitteena on hyödyntää virtuaalitodellisuutta koulun röntgenlaitteharjoituksissa ennen koulutukseen kuuluvia työharjoitteluja ja selvittää siitä koituvia hyötyjä opiskelijoille. Työn tarkoituksena on myös selvittää, miten röntgenhoitajat kokevat Siemens Healthineersin uuden VR-harjoittelumoduulin verrattuna nykyiseen röntgenlaitteharjoitteluun ja fyysisen laitteen käyttöön, ja tämän perusteella pohtia, minkä verran VR-käyttökoulutuksella on mahdollista korvata nykyistä koulussa tapahtuvaa röntgenlaitteharjoittelua.

Tutkimus toteutetaan haastattelemalla jo valmistuneita röntgenhoitajia sekä röntgenhoitajaopiskelijaa. Tutkimuksen tuloksia voidaan hyödyntää ammattikorkeakouluissa, joissa voidaan ottaa harkintaan VR-järjestelmän hankkiminen uusien röntgenlaitteiden sijasta sekä alkaa suunnittelemaan muutoksia radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelman, josta röntgenhoitajaksi valmistutaan, opetussuunnitelmaan. Lisäksi työn tuloksia voidaan hyödyntää Siemens Healthineersin VR-järjestelmän markkinoinnissa.

## 2 Työn tilaaja

Siemens Healthineers on saksalainen suuri terveysteknologian yritys. Sen tavoitteena on digitalisoida terveydenhuolto, minkä ansiosta mahdollistetaan terveydenhuollon palveluille tarkempia diagnooseja, sekä parantaa potilaiden palveluja ja olosuhteita. Yrityksen tunnetuimmat tuotteet ovat magneettikuvantamislaitteet, esimerkiksi Magnetom Vida tai Magnetom Aera. Pääsääntöisesti Siemens Healthineers -tuotteet koostuvat kuvantamislaitteista ja laboratoriolaitteista. Kuvantamislaitteet koostuvat erilaisista modali-teeteista, jotka ovat magneettikuvantaminen, röntgenkuvaus, tietokonetomografia, angiografia eli verisuonten varjoainekuvaus, ultraäänikuvantaminen ja molekyylien kuvantaminen. Laboratoriolaitteet jaetaan automaatioon, kemiaan ja immunokemiaan, hematologiaan, erikoiskemiaan, hyytymisanalytiikkaan ja verikaasulaitteisiin. Kuvantamislaitteet ovat tällä hetkellä ja tulevaisuudessa kasvavassa roolissa terveydenhuollon kannalta, sillä syövät ovat yleistyneet viime vuosikymmenten aikana huomattavasti. Siksi onkin erityisen tärkeää, että kuvantamislaitteiden avulla sairaudet löydetään paljon aikaisemmin kuin ennen, jolloin hoidoistakin tulee tehokkaampia, kun ne voidaan aloittaa heti diagnoosin jälkeen. [1; 2.]

Siemens Healthineers on erkaantunut Siemens-osakeyhtiöstä vuonna 2001. Yrityksen ensimmäinen nimi oli Siemens Medical Solutions, jonka jälkeen se uudelleen nimettiin vuonna 2008 Siemens Healthcare Oy:ksi. Vuonna 2016 yritys nimettiin Siemens Healthineers -nimiseksi. Yrityksellä työskentelee noin 50 000 ihmistä yli 70 eri maassa ja markkina-alueet ovat ympäri maailmaa. Suomessa Siemens Healthineersin asiakaina toimivat erilaiset sairaalat, sekä terveydenhuollon toimipisteet. Yritys on yksi suurimmista terveysteknologia-alan yrityksistä tällä hetkellä ja sillä on alasta yli 120 vuoden kokemus. Parhaillaan noin 5 miljoonaa ihmistä hyötyy Siemens Healthineersin tarjoamista laitteista ja palveluista ympäri maailmaa. [1.]

### 3 Virtuaalitodellisuus

#### 3.1 Yleistä virtuaalitodellisuudesta

Virtuaalitodellisuudessa usein luodaan kokonaan kuvitteellinen maailma tai ympäristö, jonka tarkoituksena on simuloida oikean elämän tilanteita. Yleensä virtuaalimaailma perustuu visuaaliseen kuvaan, joka näkyy VR-lasien kautta, mutta välillä, kun virtuaalimaailmasta halutaan saada mahdollisimman aidontuntuinen kokemus, voidaan siihen lisätä muita aistiärsyksiä. Tuntoaistia ja kuuloaistia ärsyttävät tehosteet ovat yleisimmät tehosteet, joilla kokemusta saadaan aidommaksi. Pelit tai erilaiset viihdekokemukset tavoittelevat usein todentuntoisia virtuaalitodellisuuselämyksiä aistiärsykkeiden avulla. [3.]

Nykypäivänä virtuaalitodellisuutta hyödynnetään myös erilaisissa koulutuksissa ja harjoituksissa, joissa tarkoituksena ei aina ole näyttävä kokemus, vaan luoda mahdollisimman laadukas harjoittelu ympäristö. Tämän tavoitteena on säästää resursseja, kun aikaa ja rahaa ei kulu paikoista siirtymiseen ja kalliisiin harjoittelulaitteisiin. Hyvänä esimerkkinä toimii röntgenlaitteiden uusi käyttökoulutus, koska uusien röntgenlaitteiden ostaminen vain harjoittelukäyttöön on kallis investointi verrattuna virtuaaliharjoitteluun.

Virtuaalitodellisuus sai alkunsa 1960-luvulla, jolloin tehtiin ensimmäinen laite, joka tarjosi katsojille laajakuvafilmejä 3D-ruudulta (kolmiulotteinen ruutu). Lisäksi laitteeseen oli liitetty erilaisia efektejä tuomaan realistisen kokemuksen katsojalle. Nämä olivat muun muassa stereoäänet, tuulettimet ja erilaiset tuoksut. Laitteen nimeksi annettiin Sensorama, eikä se päässyt koskaan markkinoille saakka. Vasta 1990-luvulla ihmisiä alkoi uudestaan kiinnostaa virtuaalitodellisuus. [3.]

Virtuaalitodellisuus on keinotekoinen maailma, joka on tehty tietokoneella. Keinotekoisesti luotua maailmaa pääsee käyttäjä katsomaan VR-lasien kautta, jossa virtuaalitodellisuusmaailma näkyy usein 3D-kuvana. Virtuaalimaailma näyttää ja tuntuu aidolta lasien käyttäjälle, sillä perspektiivi syvyysvaikutelma sekä erilaiset korkeudet vaikuttavat aivan samalta kuin oikeassakin maailmassa. Usein virtuaalitodellisuusmaailma koostuu joko 360-videoista tai tietokoneella luodusta maailmasta.



Keinotekoiset maailmat ovat usein pelejä, joissa pelaaja voi itse hallita omia liikkeitään peliohjaimien avulla. 360-videoiden avulla taas simuloidaan oikean elämän tilanteita tarkkojen kuvien avulla. Tässä VR-lasien käyttäjä ei yleensä itse pysty hallitsemaan liikkeitään, mutta voi katsoa ympärilleen. VR-lasit koostuvat useimmiten näytöstä, josta kuva näkyy käyttäjälle, sekä kahdesta ohjaimesta, joiden avulla käyttäjä pystyy hallitsemaan liikkeitään pelin sisällä, kuten kuvassa 1 näkyy. Usein tähän kokonaisuuteen kuuluu myös kuulokkeet, jotka tekevät ääniefektien avulla kokemuksesta entistä aidomman tuntuksen. [3; 4.]



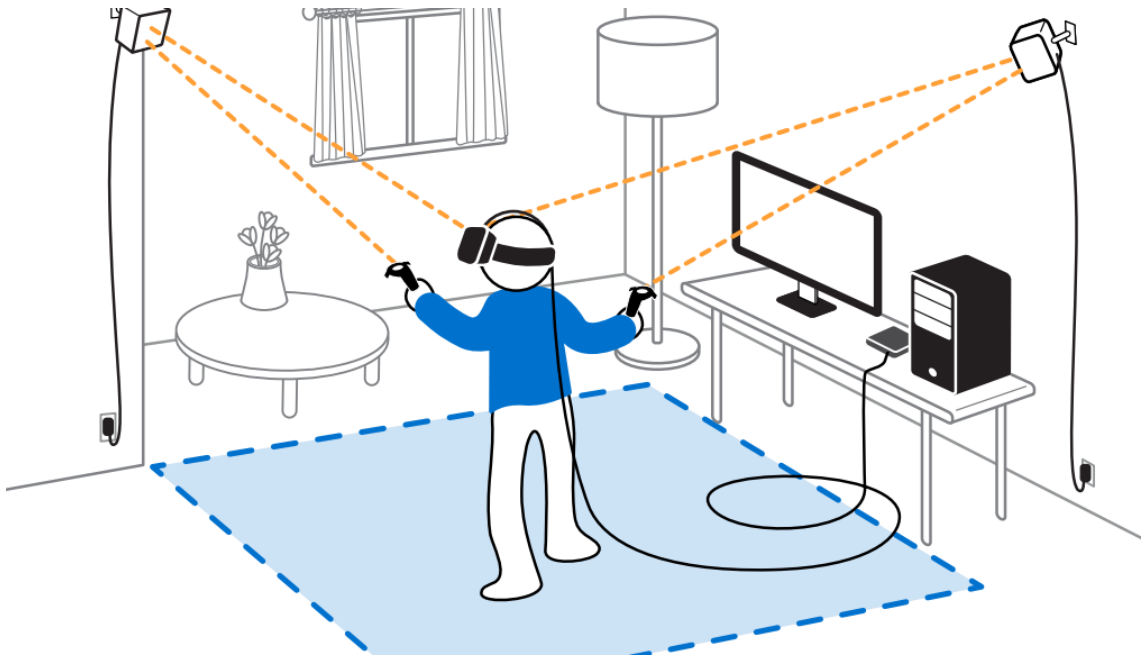
Kuva 1. HTC Vive VR -lasit [5].

Tällä hetkellä VR-lasien suurimmat valmistajat ovat Oculus Rift, jonka Facebook osti vuonna 2014 1,7 miljardilla eurolla, sekä HTC, jonka yksi tunnetuimmista tuotteista on kuvassa 1 esitetyt HTC Vive VR -lasit. Lasien hintaluokka vaihtelee 500 – 1500 euron välillä riippuen valmistajasta ja ominaisuuksista. Nykyään markkinoilla on myös edullisempia vaihtoehtoja, joissa on virtuaalilasit ilman näyttöä ja ohjaimia. Näiden lasien tarkoituksena on liittää käyttäjän oma älypuhelin kiinni laseihin, jolloin lasit jakavat älypuhelimien näytön kahteen osaan. Tämän tarkoituksena on esittää silmille hieman erilaista kuvaa, mikä tekee virtuaalimaailmasta aidomman näköisen. Tällaisten lasien, joihin on tarkoituksena liittää älypuhelin, hinta vaihtelee 15–100 euron välillä. Tällä hetkellä markkinoiden suosituimmat älypuhelimelle tarkoitetut VR-lasit ovat Samsungin Gear VR -virtuaalilasit, joiden hinta on noin 100 euroa. [3; 4.]

Virtuaalitodellisuuden vaikutelma syntyy kahdesta eri näytöstä, jotka esittävät samaan aikaan kuvaa molemmille silmille. Tämän tarkoituksena on luoda virtuaalimaailmasta kolmiulotteinen, ja saada aikaan syvyyttä näkymään kuten oikeassakin maailmassa. Kolmiulotteinen vaikutelma saadaan aikaan huijaamalla ihmisten aivoja. Huijauksen mahdollistaa lasien näytöt, sillä ihmisen stereoskooppinen näkö eli syvyytnäkö perustuu siihen, että silmät näkevät kohteensa kahdesta eri kulmasta. VR-lasien käyttäjä voi myös vapaasti katsoa eri suuntiin virtuaalitodellisuudessa kääntämällä vain päätään. Sen mahdollistaa laseihin rakennetut kiihtyvyyssanturit, joiden ideana on rekisteröidä pään liikkeitä. Lisäksi Facebook suunnittelee tällä hetkellä Oculus Quest -laseille käsientunnistusominaisuutta. Tämä toimisi laseihin asennettujen kameroiden avulla, jotka tunnistavat käyttäjän kätet. Sen myötä VR-lasien kanssa ei tarvitsisi käyttää enää erillisiä ohjaimia, koska ohjaimina toimivat käyttäjän omat kätet. [3; 6.]

Virtuaalitodellisuudessa on tarkoituksena yhdistää VR-lasien tekniikkaa sekä ihmisen fysiologiaa. Tärkeimmät aistit, joita virtuaalitodellisuus huijaa, ovat näkö-, kuulo-, ja tasapainoaisti. Huijauksen tehtävänä on luoda käyttäjälle kokemus, jossa hän luulee olevansa virtuaalisessa maailmassa, ja samalla, kun käyttäjä uppoutuu virtuaalitodellisuuteen, hän helposti unohtaa ympäröivän oikean maailman, mikä luo kokemuksesta entistä aidomman tuntuksen. Virtuaalitodellisuus saattaa olla välillä niin aidontuntuinen, että käyttäjän aivot ja keho uskovat sen olevan todellista. Tämä on helposti tunnistettavissa kehon fyysisistä reaktioista, joista yleisimmät ovat sykkeen kohoaminen ja kämmenten hikoilu. [7.]

Uudessa HTC Vive -laitteistossa käyttäjä pystyy itse liikkumaan vapaasti parikymmentä neliömetrin laajuisella alueella (kuva 2). Laitteiston tarjoamasta virtuaalikokemuksesta tekee hyvin todentuntuksen tämän lisäksi se, että käyttäjällä on mahdollisuus käyttää omia käsiään hahmon liikuttamiseen virtuaalitodellisuuden sisällä. [8.]



Kuva 2. HTC Vive -laitteiston asettelu [9].

Kuvassa 2 näkyy HTC vive -laitteiston optimaalinen asettelu normaalissa huoneessa. [8.] Tällä keinolla voidaan myös välttää huonovointisuutta, koska käyttäjää ei ole sidottu mihinkään kiinni. Tätä samaa VR-laitteiston asettelua tullaan käyttämään myös röntgenlaitteiden käyttökoulutuksessa.

Mixed Reality (MR) eli yhdistetty todellisuus on yhdistelmä oikeasta maailmasta sekä virtuaalisista efekteistä. MR-järjestelmän ideana on nähdä ruudun läpi normaalit todellisen elämän tilanteet, johon lisätään virtuaalisia elementtejä. Tämä saa virtuaalielementit tuntumaan entistä aidommalta, koska fyysiset ja digitaaliset esineet esiintyvät rinnakkain ja ovat vuorovaikutuksessa reaaliajassa. Näin katsoja voi nähdä vaikkapa virtuaalisen karhun istumassa omalla kotisohvallaan. [10.]

Nykypäivänä yhdistettyä todellisuutta on hyödynnetty muun muassa metsätieteissä. Siellä on käytetty mixed reality -laseja apuna metsien suunnittelussa. Yhdistetyn todellisuuden avulla opiskelijoilla ja työntekijöillä on mahdollisuus suunnitella metsien istutuksia etänä. Tämä myös mahdollistaa parempien mittausmenetelmien käytön sekä mittasuureiden havainnollistamisen, joita ovat esimerkiksi lehtipinta-alaindeksi, latvuspeittävyys ja puunkokojakauma. Kaikki tämä parantaa datan laatua ja opiskelijat voivat harjoitella tarjouksien tekemistä sekä hakkuuvaurioarvioita datan perusteella. [11.]

### 3.2 Virtuaalitodellisuuden hyödyt

Uusien asioiden oppimisen kannalta virtuaalitodellisuusharjoittelu on tehokas tapa omaksua ja muistaa opeteltavia asioita. Tämä toimii erityisesti koulutuksissa, joissa käyttäjä pääsee konkreettisesti tekemään ja harjoittelemaan opittavia asioita. Jos tekemiseen yhdistetään tämän lisäksi opittavasta asiasta puhuminen virtuaalitodellisuusharjoittelun jälkeen, mahdollistetaan optimaalinen oppiminen. Kaikista tehokkain oppimistapa on asioiden tekeminen ja niistä puhuminen, vaikka opettaminen opitusta aiheesta. [12.]

Tutkimuksen mukaan suurin osa ihmisistä, jotka yrittävät oppia jotain uutta, muistaa 10 % siitä, mitä he ovat lukeneet, 20 % siitä he ovat kuulleet sekä 30 % siitä, mitä he ovat nähneet. Nähdystä ja kuulluista asioista on mahdollista muistaa 50 %. Itse puhutuista asioista muistetaan yleensä 70 % ja itse tehdyistä ja puhutuista asioista 90 %. [12.] Tämän tutkimuksen pohjalta voidaan olettaa, että virtuaalitodellisuudessa harjoiteltavat asiat jäävät hyvin mieleen, koska siinä yhdistyvät opittavan asian näkeminen, kuuleminen ja tekeminen. Jos tähän vielä lisätään harjoittelusta aiheesta keskustelu, voidaan optimoida oppiminen.

Nykypäivän tietokone- ja konsolipelien grafiikat kehittyvät huimaa vauhtia ja pelimaailmoista tulee joka vuosi entistä aidomman näköisiä. VR-lasien yhdistäminen pelaamiseen saa pelikokemuksen tuntumaan realistisemmalta, koska pelaaja pääsee itse pelin sisään. Tämä on mahdollistanut virtuaalitodellisuuden käytön hyödyntämisen myös koulutuksissa, terveydenhuollossa, teollisuudessa sekä erilaisten asioiden suunnittelussa. [13.]

Virtuaalitodellisuuksien hyötyjä ovat myös rahan ja ajan säästäminen, kun kouluttamiset ja osa terveydenhuollosta voidaan hoitaa siellä, missä itse VR-järjestelmä sijaitsee. Hyvänä esimerkkinä toimivat erilaiset altistumishoidot, joita käytetään muun muassa fobioiden hoitamisessa. Virtuaalitodellisuudessa ihmiset voidaan altistaa pelottaville tilanteille, missä heillä on mahdollisuus käsitellä omia pelkojaan. Fobiaa kärsiville ihmiselle voidaan luoda realistinen pelkokokemus, esimerkiksi korkean paikan kammoisille voidaan luoda tilanne korkeasta paikasta, tai hämähäkkikammoisille luoda huone, jossa on

runsaasti hämähäkkejä. Tämän tarkoituksena on, että fobiasta kärsivät ihmiset pääsevät käsittelemään pelkotilojaan turvallisessa ympäristössä, ja heillä on mahdollisuus päästä tilanteesta pois halutessaan ottamalla lasit pois päästä. Tutkimuksesta on käynyt ilmi, että virtuaalimaailmassa koetut pelkotilanteet aiheuttavat jopa keskivaikeita ahdistusoireita, mikä todistaa sen, että kokemukset vaikuttavat aidoilta. [13.]

Virtuaalitodellisuutta voidaan myös hyödyntää neurologisessa kuntoutuksessa potilailla, jotka ovat kärsineet esimerkiksi aivoverenkiertohäiriöistä. Välillä potilailla on vaikeuksia muistaa tuttuja asioita verenkiertohäiriön jälkeen. Virtuaalitodellisuusmaailmasta voidaan luoda potilaalle tuttu kotiympäristö, jossa hän voi harjoitella erilaisten asioiden nimeämistä tai etsimään tiettyjä esineitä aikarajan sisällä. [13.]

Nykypäivänä virtuaalitodellisuutta hyödynnetään myös esimerkiksi rakennusten, kuten sairaaloiden, suunnittelua koskevissa projekteissa. Tästä on runsaasti hyötyä, koska rakennusta päästään näkemään visuaalisesti jo suunnitteluvaiheessa, minkä ansiosta myös asiakkaalla on mahdollisuus vaikuttaa tilojen suunnitteluun. Lisäksi tutkimuksissa on saatu selville, että virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää esimerkiksi kivun lievittämiseen ja halvaantuneen kuntouttamiseen. Kivunlievittäminen perustuu siihen, että potilas keskittyy virtuaalitodellisuudessa tapahtuviin asioihin ja osittain unohtaa kivun. Halvaantuneiden kuntoutusta voidaan tehostaa virtuaalitodellisuuden avulla, mikä perustuu potilaan liikkuvuuden liioitteluun virtuaaliympäristössä. Tällä on ollut tutkimuksen perusteella positiivisia vaikutuksia potilaan kuntoutuksen kanssa. [13.]

Virtuaalitodellisuutta voidaan myös hyödyntää erilaisissa myyntitilaisuuksissa varsinkin, jos myytävä kohde sijaitsee jossain kauempana, kuin itse myyjä ja ostaja. Esimerkki tällaisista kaupoista voi olla metsäalueiden tai mökkitonttien myynnit, joissa maanomistaja ja asiakas asuvat pääkaupunkiseudulla, ja myytävänä oleva metsäpalsta tai tontti sijaitsee Keski- tai Pohjois-Suomessa. Virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää kauppojen sopimisen apuna, sillä kiinnostunut ostaja voi tutustua etänä metsään virtuaalisessa todellisuudessa, jolloin kummankaan osapuolen ei tarvitse turhaan matkustaa toiselle puolelle Suomea sopimaan kauppaa. Virtuaalisen metsän luominen voi onnistua pelkästään nykyisten verkkoaineistojen avulla. [14.]

Virtuaalitodellisuuden avulla pystytään nykypäivänä myös tukemaan ikäihmisten kognitiivisia kykyjä ja auttaa heitä pysymään aktiivisina. Kognitiivisella toimintakyvyllä tarkoitetaan ihmisen tiedonkäsittelyä, kuten muistia, tarkkaavaisuutta ja oppimiskykyä. Moni ihminen oppii parhaiten visuaalisten opetuskeinojen kautta. Virtuaalisessa maailmassa käyttäjä eläytyy tilanteeseen, mikä mahdollistaa nopean oppimisen. Ikäihmiset voivat harjaannuttaa virtuaalitodellisuudessa kognitiivisia taitojaan kunnosta riippumatta, eikä heidän tarvitse siirtyä palvelukodista pois harjoittelemaan. Lisäksi virtuaalitodellisuudessa voidaan aktivoida ikäihmisiä kevyeen liikuntaan, jolla on positiivisia vaikutuksia fyysiseen ja sen myötä myös henkiseen terveyteen. [14.]

### 3.3 Virtuaalitodellisuuden haasteet

Virtuaalitodellisuuteen liittyy myös monia haasteita, josta yksi tunnetuimmasta on ihmisille koitua pahoinvointi. Virtuaalikokemukset jaetaan usein kolmelle eri tasolle, jotka ovat sopiva, keskitaso ja intensiivinen. Näiden asteikkojen avulla on tarkoitus antaa käyttäjän varautua tulevaan virtuaalikokemukseen. Esimerkiksi ihmisen, joka sairastaa helposti matkapahoinvointia tai tulee huonovointiseksi huvipuistojen laitteista, kannattaisi ehdottomasti välttää intensiivisiä virtuaalikokemuksia. Suurinta pahoinvointia aiheuttavat virtuaalikokemukset, joissa pelaaja ei itse voi vaikuttaa omaan liikkumiseensa, vaan pysyy koko ajan paikoillaan. Hyvänä esimerkkinä toimivat yleiset vuoristoratasimulaatiot virtuaalitodellisuudessa, jossa pelaaja istuu vain paikallaan simuloidussa vuoristoradan vaunun kyydissä. [4.]

Pahoinvoinnin lisäksi VR-lasien käyttäjille esiintyy usein myös tasapainohäiriöitä sekä päänsärkyä. Virtuaalitodellisuuden aiheuttama huonovointisuus on hyvin samanlaista kuin liikepahoinvointi ja merisairaudet. Tämä johtuu siitä, että käyttäjän tasapainoaisti ja visuaaliset ärsykkeet ovat ristiriidassa. Virtuaalikokemuksiin liittyy myös usein paljon erilaisia liikkeitä. Yleisimmät näistä ovat pään intensiivinen liikuttaminen, koska virtuaalimaailmassa ympäristön tarkkailu vaatii jatkuvaa pään kääntelyä. Lisäksi virtuaalitodellisuudessa käyttäjä joutuu usein hyppimään tai väistämään erilaisia kohteita, joita peleissä usein esiintyy. Näiden lisäksi huonovointisuutta aiheuttaa myös virtuaalimaailman nopea liikkuminen käyttäjän ympärillä. Huonovointisuus johtuu yleensä siitä, että virtuaalitodellisuuden näkökentässä on pientä viivettä, johon aivot eivät osaa varautua. [7.]

Pahoinvointia voi myös välttää muuttamalla VR-lasien asetuksia; esimerkiksi lasien näytön kuvantarkkuutta, virkistystaajuutta sekä liikeseurannan tarkkuutta säätämällä optimaaliseksi voi ennaltaehkäistä pahoinvointia. Rauhallinen virtuaalikokemuksen sisältö on myös hyvä tapa välttää pahoinvointia. Virtuaalimaailman on tavoitteena olla myös mahdollisimman todentuntuinen, jotta pahoinvointia voitaisiin välttää, sillä VR-lasien pitäisi vastata ihmisen tulkinta- sekä näkökyvyn asettamia edellytyksiä. [7.]

VR-lasien haasteisiin kuuluu myös huono resoluutio, sillä se tekee virtuaalitodellisuudesta epätarkan, joka usein häiritsee käyttäjiä. Tämä saattaa mahdollisesti heikentää esimerkiksi pelien ja käyttökoulutuksien laatua. [13.] VR-lasien käyttöä haittaa myös ihmisten eri kokoiset päät sekä käyttäjät, joilla on silmälasit, sillä lasit saattavat olla tiellä tai haitata kokemusta. Haasteena tulee olemaan mahdollisesti myös VR-laitteiston kallis hinta ja laitteiston vaatiman tilan puute.

#### 3.4 Virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen koulutuksissa

Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää nykypäivänä erilaisissa koulutuksissa, joista tunnetuimmat ovat sotilaiden koulutukset, joissa hyödynnetään VR-laseja, liikeantureita ja ohjaimia. Tämä tekee taisteluharjoituksista todentuntuisia, ja kustannukset ovat paljon pienemmät verrattuna oikeisiin taisteluharjoituksiin. Toisena tunnettuna VR-koulutuksen kohteena toimii lääkäriopiskelijat, sillä heillä on mahdollisuus harjoitella leikkauksia virtuaalisessa todellisuudessa, johon on luotu todenmukainen leikkaussali. Tästä opiskelija saavat paljon hyvää leikkauskokemusta oikean elämän työtilanteisiin varten. Lisäksi virtuaalitodellisuudessa ei ole riskiä, että oikealle potilaalle sattuu mitään vahinkoja, kun opiskelijat vasta harjoittelevat leikkaustilanteita. [3.]

Hyvä esimerkki virtuaalikoulutuksen hyödyntämisestä on Puolustusvoimat, joka otti virtuaalikoulutuksen käytäntöön vuonna 2017. Varusmiehet pääsevät harjoittelemaan taktisia perustaitoja virtuaalikoulutusympäristössä, johon on valittu ohjelmistoksi Virtual Battle Space 3. Virtuaaliharjoituksen tarkoituksena on säästää resursseja, kun taisteluharjoituksiin ei tarvitse käyttää ajoneuvoja sekä paukkupatruunoita, eikä aikaa kulu erilaisiin siirtymisiin. Lisäksi virtuaaliympäristössä tehtyjä harjoituksia voidaan toteuttaa määränä paljon enemmän kuin oikeita maastoharjoituksia, ja virtuaalimaailmassa opittuja taitoja voidaan soveltaa maastossa toteutettaviin harjoituksiin. Tämä lisää myös

varusmiesten motivaatiota taisteluharjoituksia kohtaan, kun ei tarvitse mennä huonoissa sääolosuhteissa ulos harjoittelemaan. [15.]

### 3.5 Siemensin virtuaalitodellisuusharjoittelumoduuli

Siemensin harjoittelumoduuli koostuu virtuaalitodellisuudessa suoritetuista harjoituksista sekä teoriaosuudesta. Harjoittelumoduulin tarkoituksena on tehostaa röntgenhoitaja-opiskelijoiden oppimista ja ammattitaitoista osaamista. Jokaisella opiskelijalla on mahdollisuus kirjautua moduuliin omilla tunnuksillaan. Kirjautuminen tapahtuu tietokoneella, kännykällä tai tabletilla. Kirjautumisen jälkeen he voivat suorittaa erilaisia harjoituksia ja kysymyksiä. Moduulissa on yhteensä yli 800 kysymystä liittyen 58 eri ruumiinosaan, ja jokaisesta ihmisen ruumiinosasta löytyy oma harjoittelusimulaatio virtuaalitodellisuudessa. Tämän lisäksi opiskelijat voivat moduulissa seurata omia tuloksiaan ja tietotaitojensa kehittymistä. [16.]

VR-lasien avulla opiskelijat voivat harjoitella ja tutkia eri ruumiinosia virtuaalitodellisuudessa. Käyttäjä pystyy liikuttelemaan osia mielensä mukaan ja tutkimaan niitä huomattavasti tarkemmin kuin normaalilla tietokoneen näytöllä. Virtuaalimaailmassa voidaan simuloida oikeanlaista työtilannetta potilaan kanssa, missä opiskelijat pääsevät testaamaan omia tietojaan ja taitojaan laitteen kanssa. Tästä on odotetusti hyötyä ajatellen tulevaisuuden työtilanteita, kun realistinen potilaskuvaus tulisi hyvin tutuksi jo virtuaalitodellisuudessa. Tämän myötä uusia työntekijöitä ei tarvitsisi perehdyttää niin paljoa, minkä ansiosta kokeneiden työntekijöiden aikaa säästyisi enemmän potilaiden hoitamiseen. [16.]

Virtuaalimaailmassa käyttäjä näkee röntgenhuoneen ja itse laitteen, jossa potilas on kuvattavana. Opiskelijan tarkoituksena on asettaa laite suoraan kuvattavan kohteen yläpuolelle ja asettaa kuvalevy kuvattavan kohteen taakse sekä säätää asetukset oikein ennen kuvan ottamista. Tämän jälkeen siirrytään erilliseen kontrollihuoneeseen, jossa on tarkoitus ottaa kuvat. Huoneessa kuvaaja on suojassa säteilyltä, ja sieltä on aina hyvä näköyhteys potilaaseen sekä laitteeseen. VR-harjoituksen jälkeen opiskelija saa omaan sähköpostiinsa tulokset, joista hän voi tarkastella ottamiaan röntgenkuvia, laitteen asetuksia sekä kuvauksen tietoja. Harjoitusmoduulin vaiheet on esitetty kuvassa 3. [16.]





Login



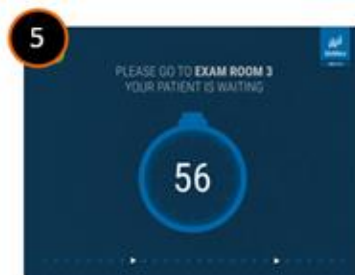
Select practice case



Select body component



Select VR room



Go to VR



VR practice



Exam Report sent on email

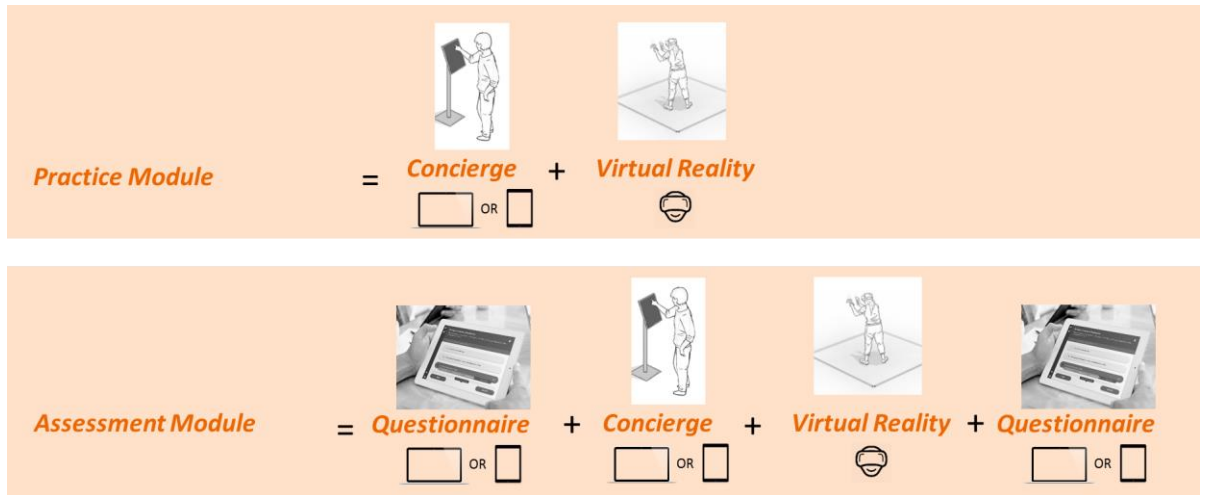
Kuva 3. Harjoitusmoduulin vaiheet [16].

Kuvassa 3 näkyy harjoittelumoduulin eri vaiheet sekä se, missä järjestyksessä opiskelijan tulisi suorittaa ne. Ensiksi, kun opiskelija aloittaa virtuaalikoulutuksen, hän lukee läpi tietolomakkeen, jossa on ohjeet kirjautumista varten. Tämän jälkeen kerrotaan alustavista kysymyksistä sekä annetaan ohjeita siitä, millainen VR-huone on ja millainen itse testi on. Sen luettuaan opiskelija kirjautuu järjestelmään (kuva 3 kohta 1), minkä jälkeen hän valitsee haluamansa koulutusaiheen. Kun päätös koulutusaiheesta on tehty, laite ehdottaa käyttäjälle mahdollisia potilaita ja kertoo heidän ikänsä, sukupuolensa ja oireensa sekä missä ruumiinosassa oireet ovat (kuva 3 kohta 2 ja 3). Tämän jälkeen opiskelija valitsee vapaan VR-huoneen ja siirtyy valittuun huoneeseen, jossa harjoitus suoritetaan (kuva 3 kohta 4). Huoneessa opiskelija asettaa VR-lasit päähänsä ja ottaa ohjaimet käteen (kuva 3 kohta 5 ja 6). [16.]

Moduulin tarkoituksena on lisätä laadukkaampaa oppimista, sillä opiskelijat pääsevät harjoittelemaan useammin uusien laitteiden käyttöä virtuaalitodellisuudessa. Useiden VR-harjoitusten myötä opiskelijoista tulee ammattitaitoisempia. Lisäksi työnkulku tulee tutuksi jo opintojen aikana, mikä helpottaa tulevissa työpaikoissa perehtymistä. Moduulin avulla pysytään myös kouluttamaan samaan aikaan suuria määriä opiskelijoita ilman, että opetuksen laatu kärsii. Keskimäärin noin kahdeksan ihmistä pystyy samanaikaisesti tekemään VR-harjoituksia, joissa simuloidaan kuvaustilanteita potilaan kanssa. Samanaikaisten harjoitusten määrä riippuu VR-huoneiden määrästä. Samalla, kun osa opiskelijoista tekee VR-harjoituksia lasien kanssa, toiset voivat tehdä ennakkokysymyksiä tabletilla tai tietokoneella. Harjoitusten suorittaneet taas voivat täyttää opettajan kanssa harjoitusten jälkeisen kyselyn sekä suorittaa tulosten analysoinnin, joka kattaa tiedot siitä, miten opiskelija pärjäsikin VR-harjoituksessa (kuva 3 kohta 7).

Järjestelmä koostuu harjoittelumoduulista ja arviointimoduulista (kuva 4). Harjoittelumoduuli keskittyy enemmän pelkkään virtuaalitodellisuusharjoitteluun, jossa otetaan röntgenlaitteella kuvia potilaasta. Harjoittelumoduuli alkaa kirjautumisvaiheesta, jonka jälkeen opiskelija valitsee kuvattavan alueen. Tämän jälkeen järjestelmä ehdottaa opiskelijalle potilasta, jolla on satunnainen vaiva kuvattavan alueen kohdassa. Opiskelijan tehtäväksi tulee kuvata potilaan raajan kohta, jossa vaiva sijaitsee, ja suorittaa kuvaus mahdollisimman oikeaoppisesti ja tarkasti sekä samalla olla varovainen potilaan kanssa, ettei hän loukkaannu enemmän kuvausasetojen aikana. Kuvauksen jälkeen opiskelijan on tarkoitus selvittää kuvista, mikä potilasta vaivasi eli oliko kivun lähteenä esimerkiksi

murtunut luu. Lisäksi opiskelijan tulee arvioida, pitääkö potilas viedä jatkotutkimuksiin, mikäli röntgenkuvista ei ole havaittavissa vaivan syytä. Esimerkiksi tulehtunut kudος voi olla yhtä kipeä kuin hiusmurtuma, mutta ei näy röntgenkuvissa lainkaan.



Kuva 4. Järjestelmän laitteistot harjoittelu- ja arviointimoduuleille [16].

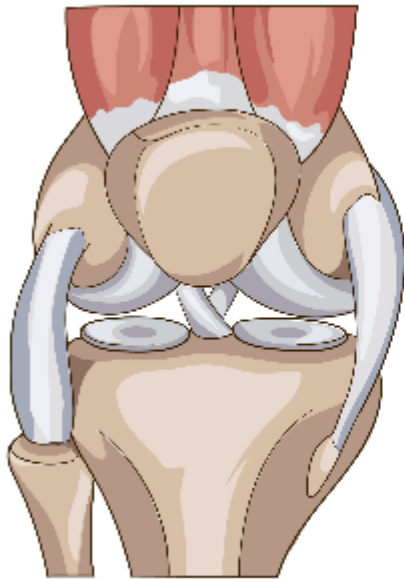
Arviointimoduuli perustuu enemmän teorian harjoitteluun, mutta sisältää myös VR-harjoituksia. Arviointiosuus alkaa kirjautumisen jälkeen teoriaosuudella, josta on erilaisia kysymyksiä liittyen aiheeseen, jonka oppilas on valinnut. Kysymysten jälkeen tulee VR-harjoitteluosuus, joka liittyy teoriaosuuden sekä kysymysten aiheeseen, ja lopuksi virtuaalitodellisuusharjoittelun jälkeen on itse arviointivaihe, jossa opiskelija saa tulokset tehtävistä ja VR-harjoituksesta. Tulosten saannin jälkeen opiskelijalla on mahdollisuus käydä tehtävien tulokset ja otetut röntgenkuvat läpi opettajan kanssa. Opettajan tarkoituksena on antaa palautetta tehdystä harjoituksesta ja selventää opiskelijalle kehityskohde, joita kannattaa harjoitella lisää jatkossa. Tämän kaiken tavoitteena on tehostaa oppimista sekä ammattitaitoista osaamista tulevia työharjoitteluja tai työpaikkoja varten. Opetuksen tehostaminen tulee odotetusti vähentämään työtilanteissa sattuvia virheitä, joissa kohteena on oikea potilas.

Virtuaalitodellisuudessa opiskelija on sisällä kuvaahuoneessa, jossa odottaa potilas, jonka luurangon anatomia jäljittelee tarkasti oikeaa ihmistä. Huoneessa on myös potilas-pöytä, röntgenlaite sekä kuvalevy, jotka näkyvät kuvassa 5. Opiskelijat voivat harjoitella osaamistaan erilaisilla kuvausskenaarioilla, jotka voidaan valita halutusti ennen harjoittelun aloittamista. [16.]



Kuva 5. Kuvaustilanne virtuaalitodellisuudessa [16].

Opiskelijat voivat seurata opittuja tietoja ja taitoja järjestelmästä sekä analysoida otettuja röntgenkuvia harjoituksen jälkeen. Virtuaalitodellisuudessa otetut röntgenkuvat vastaavat oikeasta ihmisestä otettuja röntgenkuvia, vaikka virtuaalipotilas ei vastaa ulkomuoltaan täysin oikean ihmisen ulkonäköä. Otetuista kuvista opiskelijat voivat harjoitella ja tunnistaa eri luita sekä nähdä, onko kuva kohdistettu oikeaan kohtaan. Lisäksi opiskelijat voivat harjoitella teoriaa moduulin harjoitustehtävillä (kuva 6).



The patella articulates with the  and the

\_\_\_\_\_.

Continue

Kuva 6. Esimerkkitehtävä teoriaharjoittelusta [16].

Kuvassa 6 on esimerkkitehtävä, jossa pitää täydentää puuttuvat sanat liittyen polven anatomiaan. Tehtävien avulla opiskelijat voivat arvioida omaa osaamistaan, minkä avulla on samalla mahdollisuus nähdä, missä osa-alueissa on vielä puutteita. [16.]

#### 4 Röntgenlaitteet

Röntgenkuvauksen toiminta perustuu ihmisten kudosten läpäisevään säteilyyn. Röntgenkuvan muodostuessa tiheimmät kudokset erottuvat valkoisena selkeimmin, koska niistä pääsee kaikista vähiten röntgensäteilyä lävitse. Hyvänä esimerkkinä tästä ovat luut (kuva 7), kun taas ilmaa sisältävät keuhkot päästävät säteilyn läpi melkein kokonaan, minkä vuoksi keuhkot näyttävät kuvissa pelkästään tummana alueena. Röntgenkuvaus on todettu huonoksi kuvaustavaksi kuvata ihmisen pehmeitä kudoksia, koska ne eivät erotu hyvin kuvissa hyvän läpäisykykynsä vuoksi. Esimerkiksi ihmisen sisäelimet, kuten maksa tai suolet, eivät erotu röntgenkuvissa juuri lainkaan. Samoin aivoja ei voi röntgenkuvata lainkaan, koska ihmisen kallo näkyy kuvissa selkeästi, kun taas aivot ovat liian pehmeää kudosta näkyäkseen kuvissa. Kuva 7 on esimerkki röntgenkuvasta, jossa on potilaan jalkaterä ja siinä näkyvä murtuma isovarpaan tyvinivelessä. [17.]



Kuva 7. Röntgenkuva oikean jalan jalkaterästä.

Röntgenkuvauksessa laite käyttää röntgensäteilyä kuvauksessa. Röntgensäteily on sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituus on noin 0,01 – 10 nanometriä. Sen hyödyllisiin ominaisuuksiin kuuluu suuri läpäisykyky, sillä se läpäisee monia esineitä, joita esimerkiksi valo ei pysty läpäisemään. Ionisoiva säteily on säteilyä, jota muun muassa röntgenlaitteet tuottavat. Röntgenkuvauksessa röntgensäteilyä käytetään ihmisen ruumiinosien kuvaamiseen. Kuvaus pohjautuu säteilyn absorptioon ja kuvankehittämiseen. Kuva muodostuu, kun kuvattavan ruumiinosan lävitse kulkee vain osa säteilystä kuvauksen aikana. Läpi päässyt säteily muodostaa digitaalisen tai analogisen kuvan röntgenfilmille. Röntgenkuva on vaimennetun säteilyn tekemä kaksikulotteinen varjokuva. [18; 19.]

Röntgenkuvauksessa hoitaja ottaa potilaasta kuvat vähintään kahdesta eri kulmasta ja suoraan kohdasta, jossa vaivan epäillä olevan. Kuvaus kestää muutaman minuutin, ja sen aikana potilaan täytyy olla täysin paikoillaan. Yksi yleisimmistä tutkimuksista, jota kuvataan röntgenlaitteella, ovat luiden murtumat, jotka ovat aiheutuneet usein erilaisista tapaturmista. Röntgenkuvantamista käytetään myös usein, kun tutkitaan erilaisia vaivoja tai sairauksia. Näistä yleisimmät sairaudet ovat tuki- ja liikuntaelimestön, vatsan, virtsateiden, hengityselimestön sekä sydän- ja verenkiertoelimestön sairaudet. [19.]

Röntgentutkimus on kaikista hyödyllisin, kun on tarkoitus kuvata potilaan luita tai keuhkoja, koska ne erottuvat kuvista selkeimmin. Luut näkyvät kuvissa valkoisena, josta on helposti tunnistettavissa nivelet, kaikki luiden osat sekä mahdolliset murtumat, niin kuin kuvassa 7. Keuhkot ja luut erottuvat hyvin kudosten ympäriltä sekä keuhkoissa olevat kaasut näkyvät selkeästi tummana alueena keuhkojen sisällä. Suurin osa röntgentutkimuksista on natiiviröntgentutkimuksia. Natiiviröntgentutkimus eroaa muista röntgentutkimuksista sillä, että siinä ei koskaan käytetä varjoainetta, toisin kuin esimerkiksi tietokonetomografiassa. [20.]

Tietokonetomografia on tutkimus, jota kutsutaan myös nimellä viipalekuvaus. Sen tarkoituksena on ottaa poikkileikkauskuvia tutkittavasta kohdasta, jossa vaivan epäillä olevan. Kuvaus voidaan suorittaa kaikista ihmisen ruumiin osa-alueista eli päästä, kaulasta, vartalosta sekä raajoista. Tietokonetomografian ominaisuuksiin kuuluu yksityiskohtien erittely leikekuvista. Näitä ovat muun muassa luut, rasva, ilma, sisäelimet ja verisuonet. Kuvista voidaan myös tehdä kolmiulotteisia malleja, kun riittävän ohuet leikekuvat kasaataan yhteen. Laite on donitsin muotoinen rengas, jonka suuaukon koko on noin 80 cm. Kuvassa 4 on Siemensin Somatom Force -tietokonetomografialaite. [20.]





Kuva 8. Siemens Somatom Force [21].

Kuvassa 8 näkyvä potilaspöytä liikkuu renkaan sisälle potilaan ollessa kyydissä täysin liikkumattomana. Kuvauksen kesto on muutamia minuutteja, mutta riippuen kuvattavasta kohteesta potilaalle saatetaan antaa varjoainetta suun kautta tai kanyylin kautta suoraan laskimoon. Varjoaineen tarkoituksena on parantaa verisuonien näkyvyyttä tai suoliston erottuvuutta. Röntgentutkimuksille varatun huoneen pitää olla tilava, koska laitteet ovat yleensä massiivisen kokoisia, ja huoneen katossa täytyy olla tilaa kiskoille, joissa röntgenputken teline ja kuvalevy ovat kiinni, kuten kuvasta 9 näkyy. [20.]



Kuva 9. Siemens Multitom Rax -röntgenlaite [22].



Lisäksi röntgenlaitteen huoneella pitää olla säteilysuojelulliset vaatimukset, sillä kuvauksen aikana röntgenputkesta tulee säteilyä huoneeseen, minkä takia huoneessa ei saa kuvauksen aikana olla muita kuin itse potilas. Tämän takia laitteen kontrolli tapahtuu erillisestä huoneesta, josta röntgenhoitaja ohjaa laitetta. Kontrollihuoneesta on aina näköyhteys kuvaushuoneeseen. [23; 24.]

Kuvassa 9 näkyy Siemens Healthineersin uusin röntgenlaite Multitom Rax. Lisäksi kuvauksen aikana potilaan ei tarvitse liikkua yhtään, vaikka kuvia otettaisiin eri kulmista, sillä skanneria voi liikuttaa potilaan ympärillä vapaasti. Tästä on huomattavasti hyötyä potilaan kannalta, koska usein kuvattavalla potilaalla on erilaisia kipuja esimerkiksi murtumien takia. Kun potilaan ei tarvitse liikkua lainkaan kuvauksen aikana, pystytään sillä välttämään mahdolliset kivut sekä liikkumisesta koituvat riskit loukkaantua vielä enemmän. Jotkut röntgenkuvaukset ovat haastavia jopa terveille ihmisille, puhumattakaan vanhuksista tai reumapotilaista. Esimerkiksi polven sivuröntgenkuvassa jalkaa täytyy pitää hankalassa asennossa täysin liikkumattomana. Asento aiheuttaa sen, että kuvattava henkilö voi helposti liikahtaa tai heilahtaa sillä aikaa, kun röntgenhoitaja järjestee ja hoitaa kuvauksen. Tästä voi koitua potilaalle kipuja tai pahimmassa tapauksessa pahentaa vaivaa. [24.]

## 5 Nykyinen radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Suomessa röntgenhoitajaksi voi opiskella ammattikorkeakoulussa, jolloin tutkintonimike on röntgenhoitaja (AMK), ja koulutus kestää keskimäärin 3,5 vuotta eli on laajuudeltaan 210 opintopistettä. Koulutusta on tällä hetkellä tarjolla kuudessa eri suomenkielisessä ammattikorkeakoulussa. [26.] Opintojen sisältö eroaa hieman ammattikorkeakoulun mukaan, mutta pääpiirteissään opinnot koostuvat teoreettisesta osuudesta, joka kattaa tarvittavat tiedot matematiikasta, luonnontieteistä, anatomiasta sekä fysiologiasta, radiografia- ja sädehoitotyön opinnoista, kliinisen hoitotyön opinnoista, röntgenhoitajan ammattiin perehdyttävistä opinnoista, työharjoitteluista, vapaavalintaisista opinnoista sekä opinnäytetyöstä. Harjoittelut ovat laaja ja olennainen osa röntgenhoitajaopiskelijan opintoja, ja niitä onkin yleensä useampi jokaisena lukuvuonna. [27; 28.]

1990-luvulta lähtien opetuksessa on käytetty koulujen harjoitusluokissa olevia röntgenlaitteita, joiden avulla voidaan simuloida tutkimustilanteita ja kuvata fantomeja, jotka ovat kiinteitä tai nestemäisiä materiaaleja, joiden röntgensäteilyyn liittyvät vaimennus- ja siirontaominaisuudet ovat samanlaisia kuin ihmiskudosten. Ennen potilaiden kanssa työskentelyä röntgenhoitajaopiskelija harjoittelee perusröntgentutkimuksia ja säteilyturvallista työskentelyä simuloidussa oppimisympäristössä röntgentutkimusluokassa. Simuloitu oppimisympäristö tarkoittaa tyypillisesti sitä, että opiskelijat harjoittelevat koulun röntgenlaitteilla kuvauslaitteiden asettelua sekä toisillaan natiivitutkimusprojektien asettelua ja potilaan ohjausta. Lisäksi tähän kuuluu kuvaustilanteiden harjoittelu fantomeilla. [27; 29.]

Työharjoittelut ovat siis eri asia kuin simuloidussa oppimisympäristössä röntgentutkimusluokassa harjoittelu, joka sijoittuu röntgenhoitajakoulutuksessa ennen työharjoittelua oleviin opintoihin. Tässä työssä ei puututa työharjoitteluihin tai niissä käytettäviin menetelmiin sairaaloissa, vaan koulun röntgentutkimusluokassa tapahtuvaan perusröntgentutkimuksiin ja säteilyturvalliseen työskentelyyn liittyvään harjoitteluun, jonka korvaamisen mahdollisuutta VR-koulutuksella insinööriyössä tutkitaan.

Kuten sanottu, koulussa tehtävissä harjoituksissa käytetään erilaisia fantomeja kuvauskohteina. Fantomien käyttö auttaa opiskelijaa oppimaan oikeanlaiset anatomiset asettelu- ja valotustekniikat, joiden todenmukaisuutta opiskelija pääsee arvioimaan myöhemmin osallistuessaan potilaskuvauksiin työharjoittelussa kliinisessä sairaalaympäristössä. Oikean ihmiskudoksen jäljittelevyys on yksi fantomien käyttämisen tuoma etu. Kokovartalofantomi (kuva 10) sisältää ihmisen luuston, joten sitä voidaan hyödyntää realistisen harjoittelutilanteen jäljittelemisessä. Lisäksi fantomeja on saatavilla erinäisistä ihmisen osista, kuten esimerkiksi pelkästä päästä, joten simuloidussa oppimisympäristössä voidaan käyttää kevyempää tai raskaampaa fantomia tarpeen mukaan. Tutkimusten mukaan opiskelijat suhtautuvat myönteisesti tällaisiin simuloituihin oppimisympäristöihin, sillä niissä on mahdollista harjoitella käytännön toimintoja omaan tahtiin potilasturvallisuutta vaarantamatta. [29; 30.]



Kuva 10. Kokovartalofantomi [31].

Fantomien haittapuoliin kuuluu, että se ei liiku kuten oikea potilas, joten 70-kiloisen kokovartalofantomien liikuttamiseen eri asentoihin tarvitaan aina useampi opiskelija. Fantomin nivelpinnat on yhdistetty joustavalla kumiliitoksella, mistä aiheutuu se, että nivelet eivät vastaa oikeaa niveltä. Lisäksi fantomi on jäykkä, koska sen kaikkien nivelten liikkeet eivät vastaa ihmisen nivelten liikkeitä. Jäykkyyden ja liikuttelun haastavuuden vuoksi oppimisympäristössä on apuvälineitä, kuten kiiloja ja tukityynyjä, jotka auttavat kokovartalofantomien asettelussa ja paikallaanpysymisessä. Fantomilla tehtävien kuvausharjoitusten haasteena on myös keskisäteen kohdistaminen, joka epäonnistuu toisinaan. Tämä johtuu siitä, että normaalisti keskisäteen kohdistamista varten palpoidaan ihminen, mutta fantomia ei voi palpoida samaan tapaan kuin ihmistä. [29.]

## 6 Tutkimuksen toteuttaminen

### 6.1 Lähtökohdat

Insinööriyössä on tarkoituksena tutkia, kuinka hyvin virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen soveltuu röntgenhoitajaopiskelijoiden röntgenlaitteiden käyttökoulutukseen, mitä hyötyjä tästä VR-laitteistosta on sekä kuinka paljon virtuaalilaitteen käyttäminen voi korvata oikean laitteen käyttämistä. Tutkimuksessa tarkoituksena on myös selvittää, kuinka paljon VR-koulutus pystyy korvaamaan oikean laitteen koulutusta koulun röntgenharjoittelutiloissa.

Moduulin yksi odotetuista hyödyistä on röntgenhoitajaopiskelijoiden akateemisen koulutautumisen tukeminen, koska se mahdollistaa koulutuksen usealle eri kohderyhmälle samanaikaisesti, mikä ei ole koulujen röntgenlaiteresursseilla mahdollista. Lisäksi VR-koulutuksessa opiskelijat pääsevät käyttämään uusinta mallia röntgenlaitteesta. Tämän oletetaan olevan suuri etu, sillä usein kouluissa olevat röntgenlaitteet ovat vanhoja malleja, eikä niihin ole päivitetty uusimpia päivityksiä.

Toisena odotettuna hyötynä on itse röntgenlaitteen käytön lisääntyminen. Koulutuksessa opiskelijoiden on tarkoitus päästä tekemään enemmän käytännön töitä, sillä VR-lasit mahdollistavat laitteen runsaamman käytön arkipäiväisessä opetuksessa. Virtuaalitodellisuudessa röntgenlaitteen käyttö tulee tutuksi potilaan kanssa, mikä samalla valmistaa opiskelijoita tuleviin työtilanteisiin, joissa kuvattavana on aina oikea potilas.

VR-koulutus ei oletettavasti kokonaan pysty korvaamaan itse laitteen käyttöä, mutta se toimii erinomaisena lisäharjoitteluna tulevia työtehtäviä varten. VR-koulutuksella on myös paljon hyviä puolia, joita oikean röntgenlaitteen koulutus ei välttämättä pysty tarjoamaan. Lisäksi VR-järjestelmä ei vie niin paljon tilaa kuin oikea röntgenlaite, eikä hinta ole yhtä kallis.

## 6.2 Menetelmät

Tutkimusmenetelmänä käytetään puolistrukturoitua haastattelumuotoa eli teemahaastattelua, jota hyödynnetään harjoittelumoduulin arvioinnissa. Tarkoituksena on suunnitella haastattelukysymykset tarkasti ennen itse haastattelua, jolloin haastattelut voidaan suorittaa mahdollisimman tehokkaasti. Haastattelu on vapaamuotoisempi kuin esimerkiksi strukturoitu haastattelu eli jokaiselle haastateltavalle esitetään samat kysymykset, mutta niissä ei ole esittämisjärjestystä eikä valmiita vastausvaihtoehtoja.

Haastattelututkimuksessa käytetään puolistrukturoitua haastattelumenetelmää, jossa kysymykset mietitään tarkasti valmiiksi, mutta valmiit vastaukset puuttuvat. Puolistrukturoitua haastattelumenetelmää käytetään usein, kun tutkitusta aiheesta tiedetään suhteellisen vähän. Siitä huolimatta haastattelun aiheella on tarkat raamit, jotta aihe ja vastaukset olisivat mahdollisimman tarkkoja. [32.]

Haastattelu oli tarkoitus järjestää Turun ammattikorkeakoululla, koska VR-järjestelmä asennetaan koululle todennäköisesti tulevaisuudessa. Ideana oli, että opiskelijat olisivat päässeet kokeilemaan harjoittelumoduulia useampaan kertaan, minkä jälkeen haastattelut olisi suoritettu vapaaehtoisten opiskelijoiden kanssa kasvotusten.

Demotilaisuutta ja haastattelua ei loppujen lopuksi saatu onnistumaan Turun ammattikorkeakoulun kanssa, joten tutkimusta tuli niiltä osin muuttaa. Aikataulu- ja muiden rajoitusten puitteissa demo- sekä haastattelutilaisuutta toisen korkeakoulun kanssa ei pystytty järjestämään. Lopulliseen haastatteluun onnistuttiin saamaan kolme jo työssäkäyvää röntgenhoitajaa sekä yksi röntgenhoitajaopiskelija, jotka olivat vapaaehtoisia haastatteluun ja joiden yhteystiedot saatiin Siemens Healthineersiltä. Haastattelut pidettiin noin 15 minuutin mittaisissa osioissa, joissa haastateltiin aina yhtä röntgenhoitajaa kerrallaan. Näin haastatteluiden pituudet pysyivät aikataulussa, eivätkä muiden mielipiteet vaikuttaneet toisten sanomisiin. Tämä auttoi saamaan yhtenäistä dataa, jota on helppo käsitellä.

Haastattelut sisälsivät yhteensä kaksitoista kysymystä liittyen virtuaaliseen käyttökoulutukseen, vanhaan käyttökoulutukseen fyysisen laitteen kanssa sekä siihen, mikä voisi olla optimaalisin harjoitteluympäristö, kun on kyse laitteiden koulutuksesta.

Haastattelukysymykset on esitetty liitteessä 1. Haastattelut suoritettiin kahden kesken haastateltavan henkilön kanssa, ja haastatteluista tehtiin kirjalliset muistiinpanot. Kysymyksiin vastattiin vapaalla sanalla kasvotusten, joka oletetusti mahdollisti yksityiskohtaisemmat vastaukset verrattuna strukturoituun haastatteluun, jotka ovat yleensä haastattelulomakkeita. Haastattelulomakkeilla on mahdollista saada määrällisesti enemmän haastatteluja, mutta tässä tutkimuksessa suunnitellut ja käytetyt kysymykset soveltuivat paremmin vapaan sanan vastauksiin, jotka ovat usein harkitumpia kuin lomakemuotoiset vastaukset.

## 7 Tulokset ja analyysi

### 7.1 Haastattelututkimus

Haastattelut sisälsivät 12 kysymystä, jotka käsittelivät koulun röntgenlaitteharjoituksia, Siemens Healthineersin VR-harjoittelumoduulia sekä näiden mahdollista yhdistämistä. Tässä luvussa käydään läpi haastattelutulokset kunkin kysymyksen osalta.

#### *Virtuaalipotilas verrattuna oikeaan potilaaseen*

Ensimmäinen haastattelukysymys käsitteli virtuaalitodellisuuden potilasta ja sen käyttäytymistä verrattuna oikeaan potilaaseen. Kävi ilmi, että virtuaalitodellisuudessa käsiteltävää potilasta ei oikein voi verrata oikean elämän potilaaseen, koska virtuaalipotilas on kuvauksen aikana kiltisti paikoillaan eikä hengitä lainkaan eli kuvaus on huomattavasti helpompi suorittaa virtuaalitodellisuudessa. Virtuaalipotilas ei tottele puhekäskyjä ollenkaan, joten aina kun potilaan asentoa halutaan vaihtaa, joutuu käyttäjä itse siirtämään potilasta. Tämä antaa haastateltavien mukaan myös vähän vääristyneen kuvan potilaan liikuttelusta, sillä virtuaalipotilas ei paina mitään ja sitä voi mielivaltaisesti liikutella, miten käyttäjä tahtoo, kun taas oikeaa potilasta ei voi vain siirrellä yhdellä kädellä mielensä mukaan. Potilaaseen on luotava aito kontakti, ja hoitajan tulee pyytää tätä vaihtamaan asentoa tai auttaa vaihtamaan asentoa, jos tarve vaatii. Virtuaalitodellisuudessa potilaan kanssa vuorovaikutus antaa siis vääristyneen kuvan oikean elämän työtilanteista, mutta on silti haastateltavien mukaan huomattavasti parempi harjoitteluväline verrattuna esimerkiksi kokovartalofantomiin, jonka siirtämiseen tarvitaan aina useampi opiskelija.

### *Voiko VR-järjestelmä korvata fyysisen laitteen harjoittelun?*

Toisessa kysymyksessä käytiin läpi mielipiteitä siitä, pystyisikö VR-järjestelmä korvaamaan kokonaan fyysisen laitteen harjoittelun koulussa. Tämä kysymys jakoi mielipiteitä yllättävän paljon. Kaksi hoitajaa oli sitä mieltä, että järjestelmä ei voi kokonaan korvata fyysisen laitteen harjoittelua, mutta varmasti tulee olemaan hyvä lisä koulutukseen. Esimerkiksi kaksi haastateltavaa oli sitä mieltä, että järjestelmä toimisi erinomaisesti röntgenlaitteiden esiharjoittelussa, jonka jälkeen opiskelijoiden olisi helpompaa siirtyä harjoittelemaan oikeilla laitteilla, kun laitteet ja kuvaukset ovat tulleet tutuiksi virtuaalitodellisuudessa. Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että järjestelmä tulee auttamaan opiskelijoita saamaan hyvän pohjan laitteiden harjoitteluun.

Yhden haastateltavan mielestä järjestelmä voisi kokonaan korvata fyysisen laitteen kanssa harjoittelun kouluissa, koska röntgenlaitteet ovat lähes kaikissa kouluissa todella vanhoja eikä niiden käyttöä harjoitella tarpeeksi. Lisäksi fyysisten laitteiden käyttö kouluissa ei harjaannuta tarpeeksi käsittelemään ja kommunikoidaan potilaiden kanssa, sillä vanhassa käyttökoulutuksessa potilaan korvasi painava ja kömpelö kokovartalofantomi.

### *VR-järjestelmän hyvät ja huonot puolet*

Kolmannessa haastattelukysymyksessä kysyttiin virtuaalitodellisuusjärjestelmän hyviä ja huonoja puolia. Hyväksi puoleksi mainittiin se, kun järjestelmässä voi kokeilla erilaisia kuvaustilanteita niin monta kertaa kuin itse haluaa. Yksi haastateltava piti erityisen hyvänä asiana sitä, että järjestelmä ei ole niin toimipisteriippuvainen, koska sitä on paljon helpompi liikuttaa paikasta toiseen verrattuna painavaan fyysiseen röntgenlaitteeseen. Esimerkiksi tilanteissa, joissa koulutusta pidetään jossain muualla kuin koulun tiloissa, on VR-järjestelmän siirtäminen uuteen paikkaan huomattavasti helpompaa, kertoi eräs haastateltava.

Yksi röntgenhoitaja pohti, että näiden lisäksi virtuaalitodellisuudessa harjoittelu on vähemmän stressaavaa, mikä mahdollistaa huolellisemmat lopputulokset. Järjestelmän myötä opiskelijat tulevat olemaan taitavampia röntgenlaitteiden käyttäjiä, sillä VR-koulutus mahdollistaa useiden toistojen tekemisen erilaisista ja harvinaisista kuvauksista.

Kertausta laitteen käytöstä tulee siis paljon enemmän kuin perinteisessä koulutuksessa, mikä mahdollistaa virheistä oppimisen ja röntgenhoitajan ammattitaidon tehokkaan kehittämisen. Opiskelijat tulevat myös olemaan valmiimpia koulutukseen kuuluviin työharjoitteluihin röntgenhoitajan arvion mukaan.

Järjestelmän huonona puolena pidettiin sitä, että virtuaalipotilas ei käyttäydy samalla tavalla kuin oikea potilas. Virtuaalipotilasta joutuu esimerkiksi aina itse siirtämään eikä se tottele käskyjä. Oikean elämän työtilanteissa potilaat saattavat olla ennalta-arvaamattomia käytöksensä puolesta, kun taas virtuaaliodellisuudessa kaikki on ennalta-arvattavaa, minkä vuoksi tilanteet ovat hyvin samankaltaisia kaikissa kuvauksissa. Tämä antaa hieman vääristyneen kuvan oikeasta työtilanteesta, mutta silti kyseinen huono ominaisuus ei ole kovin merkittävä. Lisäksi yhden haastateltavan mukaan käsittämä laitteisiin tuntuu hiukan oudolta, koska käyttäjä ei itse pysty koskemaan mihinkään fyysiseen pintaan, vaan kädet näyttävät menevän vain läpi virtuaalisesta röntgenlaitteesta, jos sitä koskee.

#### *VR-järjestelmän laitteiden eroavaisuus sairaaloiden laitteista*

Neljännessä kysymyksessä käsiteltiin, miten VR-koulutuksessa käytetyt laitteet eroavat fyysisistä laitteista. Vastauksissa kävi ilmi, että virtuaaliodellisuuden laitteita on vähän outo käyttää, koska ei tunne asioiden painoa ollenkaan eli joutuu käsittelemään asioita, joita ei oikeasti ole olemassa. Kun esimerkiksi joutuu siirtämään laitetta, käsittelemään sitä tai väistämään eri asioita, ei oikeasti joudu väistämään tai käsittelemään mitään, koska asioita ei tunne ollenkaan.

#### *Vanhan käyttökoulutuksen laitteiden eroavaisuus sairaaloiden laitteista*

Viidennessä kysymyksessä kysyttiin kokeneilta röntgenhoitajilta, eroavatko kouluissa käytetyt laitteet sairaaloiden laitteista. Tämä riippuu varmasti paljon koulusta, mutta yleensä sairaaloissa on paljon uudemmat versiot laitteista kuin kouluissa. Pienissä terveyskeskuksissa voi sen sijaan olla yhtä vanhoja laitteita kuin kouluissa. Kaksi haastatelluista röntgenhoitajista oli käynyt Metropolian röntgenhoitajakoulutuksen ja yksi oli käynyt Turun ammattikorkeakoulun röntgenhoitajakoulutuksen. Turussa opiskellut henkilö kertoi, että koulun röntgenlaitteet olivat paljon vanhempia kuin sairaalassa käytetyt.



Tämän lisäksi Turun ammattikorkeakoulussa osa laitteista puuttui kokonaan, jolloin niistä oli vain kuvia. Puuttuvien laitteiden käyttöä tuli tällöin harjoitella vain teoriassa.

#### *Virtuaaliodellisuuslaitteiden vertaaminen fyysisiin laitteisiin*

Kuudennessa kysymyksessä kysyttiin, voisiko virtuaaliodellisuuslaitteita verrata oikeisiin laitteisiin. Kaikki haastateltavat henkilöt olivat sitä mieltä, että niin kauan, kun tavoitteena on harjoitella vain teoriaa tai käyttöliittymäkokemusta, VR-järjestelmän laitetta voi verrata oikeaan laitteeseen. Jos kuitenkin tarkoituksena on harjoitella työskentelyä potilaiden kanssa tai laitteen liikuttelua oikeisiin paikkoihin, on hyvä olla oikeat laitteet koulutuksessa mukana. Varsinkin oikean potilaan kanssa työskentely vaatii oikeat työolosuhteet työharjoittelussa, jotta sitä pystyy kunnolla harjoittelemaan.

#### *Vanhan käyttökoulutuksen vertaaminen uuteen koulutukseen*

Seitsemännessä kysymyksessä verrattiin koulujen vanhaa käyttökoulutusta tähän uuteen VR-käyttökoulutukseen. Haastatteluissa kävi ilmi, että koulujen aiemmat käyttökoulutukset eivät ole olleet oppimisen kannalta optimaalisia, koska kouluissa on usein ollut vanhoja malleja laitteista ja niitäkin on ollut aivan liian vähän. Tämän lisäksi haastateltavien laitteita on käytetty liian harvoin. Kaikkien haastateltujen mielestä VR-koulutus tulee olemaan erinomainen lisä koulutukseen, koska opiskelijat pääsevät harjoittelemaan useammin laitteiden käyttöä sekä saavat mahdollisuuden harjoitella erilaisia malleja laitteista. Koulutuksen voidaan siis uskoa tehostavan oppimista.

Nykyisen eli vanhan käyttökoulutuksen keskiössä on fantomien käyttäminen, mikä tuli myös esille haastatteluissa. Erityisesti kokovartalofantomi on hyvin vaikeaa pitää pystyssä, koska se painaa niin paljon, ja fantomin kuvaaminen onnistuu vain makuu- tai istuma-asennossa. Fantomin ollessa makuuasennossa kuvaukset ovat helpoin suorittaa. Röntgenhoitajat toivat ilmi, että fantomilla ei myöskään ole mitään vaivoja, joita harjoituskuvauksissa opiskelija voisi tutkia.

Haastateltavat kertoivat, että nuken suurimpana haasteena on se, että kuvaukset seisoma-asennossa ovat mahdottomia, koska jonkun ihmisen pitäisi olla sitä tukemassa, eikä kuvaushuoneessa saa olla ketään kuvauksen aikana. Yksi haaste on myös fantomin

tukeminen oikeaan asentoon oikeaoppista röntgenkuvausta varten. Esimerkiksi polven sivukuvassa polven tulee olla hieman koukussa siten, että polven nivelrako on auki. Tätä varten fantominukke tulee asetella makuuasentoon ja yrittää tukea sen jalka oikeanlaiseen kulmaan sellaisilla välineillä tai materiaaleilla, jotka eivät näy röntgenkuvassa, minkä haastateltu röntgenhoitajaopiskelija koki erityisen haastavaksi. Fantomin hyvä puoli haastattelujen perusteella on, että sitä voi käännellä haluttuihin asentoihin ilman ongelmia, ja lisäksi röntgenkuvaukset on helppo suorittaa, koska se ei liiku kuvausten aikana, ellei sitä ole tuettu huonosti.

Kun verrattiin käyttökoulutuksia, röntgenhoitajien mielipide oli, että erillisinä koulutuksina molemmissa on puutteita, mutta yhdessä nämä koulutukset täydentävät toisiaan sekä mahdollistavat ammattitaitoisempaa opetusta ajatellen tulevia työharjoitteluita ja työelämän tilanteita, joissa ollaan kanssakäymisessä oikeiden potilaiden kanssa.

#### *VR-järjestelmän kuvaustilanteet*

Kahdeksannessa kysymyksessä käytiin läpi, onko VR-järjestelmän kuvaustilanteet tosielämää vastaavia; joutuuko käyttäjä esimerkiksi menemään virtuaalitodellisuudessa kontrollihuoneeseen kuvauksen ajaksi. Röntgenhoitaja, jolla oli aikaisempaa kokemusta uudesta käyttökoulutuksesta, kertoi, että virtuaalitodellisuudessa myös käyttäjän piti mennä erikseen kontrollihuoneeseen ottamaan kuvat, koska säteilytysnappulaa ei ole laitteessa kiinni lainkaan. Kuvia ei siis voi ollenkaan ottaa potilaasta, jos käyttäjä on itse kuvaushuoneen sisällä. Tämä on hänen mukaansa turvallisuuden kannalta hyvin suunniteltu, sillä se luo pienemmän riskin todellisuudessa, että röntgenhoitaja altistuisi säteilylle.

Hoitajat kertoivat, että vaikka virtuaalitodellisuus luo aidontuntoisen käyttäjäympäristön, kuvaustilanteet virtuaalitodellisuudessa ovat silti huomattavasti vähemmän stressaavia kuin oikeissa olosuhteissa, koska ei ole riskiä, että oikealle potilaalle sattuisi hoitovirheitä tai röntgenhoitaja altistuisi säteilylle. Oikeissa tilanteissa joutuu olemaan paljon tarkempi ja huolellisempi, kun käsittelee laitteita ja potilaita. Sairaaloissa ollaan erityisen tiukkoja siitä, että röntgenhoitaja ei saa altistua ylimääräiselle röntgensäteilylle. Tämän vuoksi esimerkiksi potilaan omaisten täytyy olla pitämässä potilasta paikoillaan, jos hän rimpui-lee.

### *Tuleeko järjestelmä lisäämään laitteiden harjoittelua?*

Yhdeksännessä kysymyksessä kysyttiin, tulisiko järjestelmä lisäämään laitteiden harjoittelua tulevissa käyttökoulutuksissa. Röntgenhoitajilla oli yhteinen mielipide siitä, että VR-järjestelmä tulisi ehdottomasti lisäämään laitteiden käyttöä, koska oikeiden laitteiden kanssa ei harjoitella tarpeeksi. Järjestelmä olisi erinomainen tapa harjoitella laitteiden käyttöä ennen kuin opiskelijat pääsevät käyttämään oikeita laitteita. Tässä pitää ottaa huomioon, että virtuaaliodellisuushuoneita ja -laitteita täytyy olla riittävä määrä, jotta kaikilla opiskelijoilla on mahdollisuus päästä harjoittelemaan uudessa järjestelmässä.

### *Miten VR-järjestelmä vaikuttaa oppimiseen?*

Kymmenennessä kysymyksessä kysyttiin, miten koet uuden järjestelmän vaikuttavan oppimiseen. Kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että järjestelmä tulee vaikuttamaan oppimiseen positiivisesti, koska uusi koulutus tulee lisäämään laitteiden harjoittelua ja samalla lisäämään opiskelijoiden mielenkiintoa laitteiden käytön opiskeluun. Virtuaaliodellisuudessa harjoittelu ympäristö potilaan kanssa on odotetusti huomattavasti mielenkiintoisempi kuin vanha käyttökoulutus kokovartalofantomien kanssa. Röntgenhoitajat uskovat tämän motivoivan opiskelijoita opiskelemaan sekä olemaan harjoituksissa tarkempia.

Kahdelta röntgenhoitajalta sai vinkkejä, miten järjestelmää voisi hyödyntää työharjoittelujen ja tulevaisuuden työelämän kannalta. Esimerkiksi opiskelijat voisivat harjoitella VR-järjestelmässä tietyillä laitteilla tulevan työn mukaan, sillä jossain työpaikoissa on tiettyjä Siemensin röntgenlaitteita, joita ei ole kouluissa lainkaan. Näin opiskelijat voisivat ennen työharjoittelua harjoitella juuri kyseisen laitteen käyttöä. Tämä tulisi vähentämään perehdytykseen kuluva aikaa huomattavasti, ja opiskelija pääsisi nopeammin käyttämään laitteita työharjoittelussa. Perehdytys olisi mahdollista aloittaa siis jo koulussa, sillä tulevassa työssä käytettävät laitteet tulisivat opiskelijoille tutuiksi jo ennen työharjoittelua.

### *Virtuaalipotilaan valinta*

Haastattelukysymyksessä 11 pohdittiin, voiko VR-järjestelmässä käyttäjä itse valita potilaan ja sen vaivat. Röntgenhoitaja, joka oli aikaisemmin käyttänyt vastaavaa VR-

koulutusjärjestelmää, kertoi, että hänen käyttämänsä järjestelmä oli automaattisesti antanut potilaan ja sen vaivan. Tämä antaisi realistisemman kuvan työelämän tilanteista, koska työssäkään ei ole mahdollisuutta valita potilasta tai vaivoja. Harjoittelumielessä olisi röntgenhoitajan mielestä hyvä, jos opettaja voisi valita potilaat ja vaivat opiskelijan heikkouksien mukaan, jolloin opiskelija saisi harjoitusta juuri niistä asioista, joissa hän sitä tarvitsee eniten.

Yksi haastatelluista oli sitä mieltä, että järjestelmässä tulisi ehdottomasti olla molemmat ominaisuudet eli potilaan automaattinen syöttö sekä se, että potilas ja sen vaiva on itse mahdollista päättää. Kolmas haastateltava taas kertoi, että olisi parempi, jos potilaan ja sen vaivan voisi itse päättää. Silloin opiskelija saisi parempaa harjoitusta vaikeammista ja harvinaisimmista kuvauksista.

#### *Optimaalisin harjoitteluympäristö*

Viimeisessä haastattelukysymyksessä kysyttiin röntgenhoitajien mielipidettä optimaalisesta harjoitteluympäristöstä. Ideaali harjoitteluympäristö koulussa olisi kahden röntgenhoitajan mukaan sellainen, joka sisältää niin VR-järjestelmän, fyysiset laitteet kuin työharjoittelutkin. Yksi haastateltavista oli sitä mieltä, että virtuaalitodellisuudessa harjoittelu olisi paras harjoittelutapa, jos fyysiset laitteet ovat hyvin vanhoja tai laitteita puuttuu kokonaan. Haastateltavan mielestä on turhaa harjoitella laitteilla, joita kukaan ei enää käytä työelämässä, koska tällöin laitteet eroavat liian paljon toisistaan.

Röntgenhoitaja, jolla oli kokemusta virtuaalitodellisuuskoulutuksesta, kertoi, että optimaalisin harjoitteluympäristö röntgenhoitajaopiskelijoille on ehdottomasti sairaala. Työelämässä on paljon erilaisia ja haastavampia kuvaustilanteita kuin koulussa tehdyissä harjoituksissa. Koulussa harjoiteltuja tilanteita ei voi oikeastaan verrata työelämän tilanteisiin ollenkaan, koska laitteet ovat uudempia sairaaloissa ja potilaat käyttäytyvät eri tavalla verrattuna fantomiin tai VR-potilaaseen.

Yksi haastateltavista oli sitä mieltä, että opiskelijoille tehokkain käyttökoulutus olisi, jos kouluilla olisi uudet fyysiset röntgenlaitteet, jotta ne vastaisivat sairaaloiden laitteita. Tämän lisäksi VR-järjestelmä olisi erinomainen lisä käyttöliittymäkokemuksen ja teorian harjoittelun kannalta.

## 7.2 VR-järjestelmä verrattuna tosielämään

Röntgenhoitajien yksi tärkeimmistä työtehtävistä on käsitellä potilaita mahdollisimman tarkasti ja oikeaoppisesti, jotta hoitovirheiltä vältyttäisiin. Lisäksi potilaiden kanssa pitää osata kommunikoida hyvin, koska röntgenhoitajien työ on jatkuvaa kanssakäymistä potilaiden kanssa, mitä on koulussa lähes mahdotonta harjoitella. Potilas ei esimerkiksi aina itse ole kykeneväinen kävelemään kuvauspaikalle tai hänellä voi olla vaikeuksia pysyä kuvausasenoissa paikoillaan. Tämä edellyttää röntgenhoitajalta sujuvaa kanssakäymistä potilaan kanssa. Voi myös olla, että potilas ei suostu kuvattavaksi eli rimpuilee vastaan. Tällöin jonkun ihmisen on oltava pitelemässä potilasta paikoillaan kuvauksen aikana, mutta näissä ääritapauksissa pitelemässä on usein potilaan läheinen. Raskaan potilaan kääntely ja nostaminen kuvausasentoon saattaa myös olla haastavaa työssä, joka vaatii työkokemusta ja harjoittelua.

Haastatteluissa kävi ilmi, että virtuaalitodellisuuden potilaskäsittely on huomattavasti erilaista, kun sitä verrataan potilaiden käsittelyyn tosielämässä, koska virtuaalipotilasta ei ole mahdollista liikuttaa muuten kuin itse siirtämällä. Käyttäjä voi ohjaimien avulla nostaa potilaita mielivaltaisesti ja vaihtaa potilaan asentoa kuvausasennon mukaan. Tämä tekee kuvauksesta selkeästi helpompaa verrattuna oikeaan kuvaukseen, koska virtuaalipotilas ei hengitä eikä paina mitään, jolloin potilaan asento pysyy täysin paikoillaan. Oikean potilaan kuvaaminen on haastavampaa siitäkin huolimatta, että potilas tottelee usein käskyjä toisin kuin virtuaalipotilas. Tosielämän tilanteessa potilaaseen on luotava aito kontakti, ja hoitajan tulee pyytää tätä vaihtamaan asentoa tai auttaa vaihtamaan asentoa, jos tarve vaatii.

Haastatteluissa kävi ilmi, kun verrattiin fyysisiä laitteita ja virtuaalitodellisuuden laitteita, että ainoa merkittävä ero niiden käytössä on painoero. Tämä ero oli jo ennen haastatteluja tiedossa. Virtuaalitodellisuudessa käsiteltävien esineiden painoa ei voi käyttäjä itse tuntea, kun taas sairaalassa käytetyt röntgenlaitteet ovat raskaampia käyttää ja siirrellä. Tästä huolimatta se ei tule opiskelijoiden kannalta olemaan ongelma, sillä koulutuksessa ei ole tarkoitus kokonaan luopua fyysisten laitteiden harjoittelusta, joten raskaampien laitteiden käsittely ja siirtely tulee varmasti tutuksi koulutuksen aikana. Kaikki haastateltavat olivat yhtä mieltä siitä, että varsinkin, jos verrataan vain käyttöliittymän harjoittelua, virtuaalilaitteen ja fyysisen laitteen välillä ei ole suuria eroja.

Haastatteluissa vertailtiin myös virtuaalitodellisuuden ja tosielämän kuvaustilanteita. Haastateltujen mielestä kuvaustilanteiden välillä ei ole isoja eroja, mikä on opiskelijoiden koulutuksen kannalta positiivinen huomio. Ainoa ero kuvaustilanteiden välillä on, että aidon kuvaustilanteen aiheuttama stressi tekee oikeasta tilanteesta hiukan haastavamman. Stressi yleensä syntyy hoitovirheiden mahdollisuuksista, mutta tähän liittyvä stressi tulee vähentymään tai muuttamaan muotoaan kokemuksen myötä.

Kaiken kaikkiaan VR-koulutuksen käyttöliittymä ja kuvaustilanteet vastaavat kohtuullisen hyvin todellisuutta, vaikka potilaat ja röntgenlaitteiden liikuttelu osoittautuivatkin virtuaalitodellisuudessa todellista helpommaksi. Haastateltavien röntgenhoitajien mielestä virtuaalipotilaan kanssa työskentely uudessa käyttökoulutuksessa tulee kuitenkin olemaan opiskelijoiden koulutuksen kannalta tehokkaampaa, kun ajatellaan tulevia työharjoitteluja.

### 7.3 Järjestelmän käyttö

Haastatteluista selvisi, että järjestelmän ominaisuuksissa on hyvä olla mahdollisuus sekä valita potilas vaivoineen että automaattinen potilaan syöttäminen. Näin opiskelijat saavat monipuolisemman harjoitteluympäristön, koska oikeissa työtilanteissa röntgenhoitajalla ei ole mahdollisuutta vaikuttaa potilaaseen tai vaivaan. Tämä tekee töissä tehdyistä kuvauksista haastavampaa, sillä jokainen kuvaustilanne on keskenään hiukan erilainen. Sen vuoksi on olennaista, että opiskelijoilla on mahdollisuus harjoitella myös satunnaisia työtilanteita ja tapauksia.

Opiskelijan on myös tärkeää harjoitella kuvaustilanteita, joissa opiskelija tai opettaja voi itse päättää potilaan ja vaivan. Näin opiskelijalle tulee tutuksi harvinaisemmat kuvaustilanteet, ja sitä kautta voi myös saada harjoitusta osa-alueista, joissa on selkeitä heikkouksia. Näin opiskelija saa mahdollisimman kattavan harjoitteluympäristön tulevaa työelämää ajatellen. Tätä pidettiin yhtenä VR-käyttökoulutuksen parhaista puolista.

Odotetut hyödyt, joita oli pohdittu aikaisemmin tässä työssä, pitivät lähes kaikki paikkansa. Röntgenhoitajien mielestä laitteiden harjoittelu uudemmilla laitteilla tulee varmasti lisääntymään, sillä järjestelmän myötä yhä useampi opiskelija voi harjoitella laitteiden käyttöä samaa aikaan, koska järjestelmässä on useita VR-huoneita.

Haastatteluiden perusteella VR-käyttökoulutuksen parhaita puolia on lisäksi se, että järjestelmä ei ole toimipisteriippuvainen, sekä se, että virtuaalitodellisuudessa harjoittelu vähentää harjoitteluun liittyvää stressiä. Myöskin mahdollisuutta useisiin toistoihin röntgenkuvausharjoittelun aikana pidettiin hyvänä asiana. Yhdeksi parhaista ominaisuuksista nimettiin lisäksi se, miten VR-käyttökoulutus valmistaa opiskelijoita opetussuunnitelmaan kuuluviin työharjoitteluihin.

Haastateltujen yhteinen mielipide järjestelmän huonoista puolista oli virtuaalipotilaan käytös, sillä se ei vastaa oikean potilaan käytöstä. Järjestelmän käyttäjä ei voi olla minikäänlaisessa puhekontaktissa virtuaalipotilaan kanssa. Käyttäjä joutuu itse kontrolloimaan potilaan asentoja siirtämällä sitä ohjaimien avulla. Tämä tekee kuvaustilanteista myös helpompia, koska potilas ei hengitä eikä liiku kuvauksen aikana ollenkaan. Opiskelijat eivät saa siten VR-järjestelmän kautta täysin samanlaista harjoittelukokemusta kuin sairaalassa työskenneltäessä oikean potilaan kanssa. Järjestelmän huonoihin puoliin ei paneuduta kuitenkaan tässä työssä enempää, sillä tavoitteena oli löytää mahdollisimman paljon hyötyjä, joita järjestelmän käytöstä koituisi opiskelijoille.

#### 7.4 Käyttökoulutuksen muoto

Insinöörityön tavoitteena oli myös pohtia, voiko VR-käyttökoulutus korvata kokonaan vanhan röntgenlaitetekoulutuksen. Tästä keskusteltiin haastatteluissa röntgenhoitajien kanssa. Kaksi kolmesta haastateltavasta hoitajasta olivat ehdottomasti sen kannalla, että virtuaalitodellisuusjärjestelmä tulee olemaan erinomainen lisä opiskelijoiden koulutuskokonaisuutta, mutta se ei itsessään voi korvata kokonaan fyysisten laitteiden harjoittelua eli vanhaa käyttökoulutusta.

Yksi hoitajista oli sitä mieltä, että uusi koulutusjärjestelmä voisi kokonaan korvata harjoittelun fyysisillä laitteilla koulussa, koska koulujen röntgenlaitteet ovat liian vanhoja verrattuna sairaaloissa käytettyihin laitteisiin. Opiskelijat joutuvat siis joka tapauksessa perehtymään huolella työharjoittelun aikana sairaaloiden laitteisiin, jotka eroavat opiskelijoiden koulussa käyttämistä laitteista. Uusien laitteiden käyttöliittymä tulisi tutuksi opiskelijoille virtuaalitodellisuuslaitteiden käytön myötä. Kaikissa työympäristöissä ei tietenkään ole Siemensin röntgenlaitteita, jolloin VR-harjoittelumoduulin laite ei vastaa täysin muun valmistajan röntgenlaitteita. Jokainen haastateltava oli kuitenkin ehdottomasti sen

kannalla, että uusi järjestelmä tulee olemaan suuri apu röntgenhoitajaopiskelijoiden koulutuksen kehittämisen kannalta samalla valmentaan opiskelijoita paremmin tuleviin työharjoitteluihin.

Haastatteluiden tulosten perusteella optimaalisin käyttökoulutuksen muoto on tulevaisuudessa yhdistää molemmat koulutukset. Näin opiskelijoilla on mahdollisuus saada kaikista kattavin harjoitteluympäristö, koska molemmissa käyttökoulutuksissa on omat heikkoutensa. VR-koulutuksen avulla opiskelijat pääsevät jo koulussa käyttämään uusien laitteiden käyttöliittymiä sekä tekemään useita toistoja niin yleisistä kuin myös harvinaisista kuvaustapauksista. VR-järjestelmän harjoitusten tulosten perusteella opiskelijoiden on helpompi seurata kehitystään, ja he pystyvät toistamaan kuvausharjoituksia, joissa he ovat pärjänneet huonommin. Fyysisillä laitteilla taas saadaan oikea tuntuma laitteen käsittelystä sekä siirtelystä, koska virtuaalitodellisuudessa laitteen käsittely tuntuu hieman oudolta painottomuuden vuoksi.

Kaikkien haastateltavien mielestä röntgenhoitajaopiskelijoiden koulutuksen laatu tulee parantumaan huomattavasti VR-koulutuksen myötä, sillä se tulee monipuolistamaan opetusta, mikä puolestaan varmasti motivoi opiskelijoita kehittymään ammattitaitoisemmiksi röntgenhoitajiksi. Motivaationlähteenä opiskelijoille uskotaan olevan etenkin se, että uuden VR-järjestelmän myötä opiskelijoilla on mahdollisuus paremmin seurata omaa kehitystään järjestelmän antamien tuloksien sekä opettajien antaman palautteen avulla.

## 8 Yhteenveto

Insinööriyön tavoitteena oli selvittää, miten virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää koulun röntgenlaiteharjoituksissa ennen koulutukseen kuuluvia työharjoitteluja sekä mitä hyötyjä siitä olisi opiskelijoille. Työssä pyrittiin vertaamaan Siemens Healthineersin uutta VR-koulutusta nykyiseen röntgenlaiteharjoitteluun ja fyysisen laitteen käyttöön ja tämän perusteella pohtimaan, minkä verran VR-käyttökoulutuksella on mahdollista korvata nykyistä koulussa tapahtuvaa röntgenlaiteharjoittelua. Selvitys tehtiin perehtymällä teoriaan virtuaalitodellisuudesta, röntgenlaitteista ja nykyisestä radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmasta sekä haastatteleamalla röntgenhoitajia.



Haastattelututkimus oli alun perin määrä toteuttaa Turun ammattikorkeakoulun röntgenhoitajaopiskelijoille, mutta muuttuneiden tilanteiden jälkeen tutkimukseen osallistui kolme röntgenhoitajaa ja yksi opiskelija. Tästä huolimatta haastattelututkimus onnistui, ja tuloksena saatiin kvalitatiivista tietoa liittyen VR-koulutuksen mahdollisuuksiin. Työn tavoitteiden mukaisesti saatiin selvitettyä VR-käyttökoulutuksen hyötyjä opiskelijoille sekä miten rinnastettavissa uusi koulutus on nykyiseen röntgenlaitteharjoitteluun. Hyödyllisimmiksi asioiksi VR-koulutuksessa opiskelijoiden kannalta koettiin mahdollisuus harjoitusten toistoon, mahdollisimman stressitön harjoitteluympäristö sekä paremmat valmiudet työharjoitteluun.

Tulosten perusteella VR-käyttökoulutus ei ole täysin verrattavissa perinteiseen käyttökoulutukseen fyysisillä laitteilla, koska oikean röntgenlaitteen käsittely on huomattavasti raskaampaa ja stressaavampaa. Röntgenlaitteet ovat isoja ja suhteellisen painavia. Lisäksi kouluissa käytetyt laitteet ovat yleensä vanhoja, ja opiskelijat käyttävät harjoituskuvausissa oikean ihmisen kokoista kokovartalofantomia, joka painaa noin 80 kiloa. Perinteisessä käyttökoulutuksessa käytetään oikeaa röntgensäteilyä, joka voi aiheuttaa stressiä joillekin opiskelijoille. VR-järjestelmän virtuaalipotilaat eroavat myös käytöksellään ja liikkumattomuudellaan oikeista potilaista.

Tutkimuksen perusteella röntgenlaitteiden VR-koulutus toisi merkittävästi lisäarvoa röntgenhoitajaopiskelijoiden koulutukseen. Virtuaalidellisuus ei kuitenkaan kokonaan voi korvata nykyistä röntgenlaitteiden käyttökoulutusta, koska virtuaalidellisuudella ja todellisuudella on liian paljon eroavaisuuksia. Ideaalitalanne olisi yhdistää molemmat käyttökoulutukset, sillä kummassakin on omat puutteensa ja VR-koulutuksella saataisiin minimitua perinteisen koulutuksen puutteet. Tällöin virtuaalidellisuusharjoittelua voisi olla esimerkiksi noin puolet koulussa tapahtuvasta röntgenlaitteharjoittelusta.

Tämän työn tuloksia voidaan hyödyntää ammattikorkeakouluissa, joissa voidaan ottaa harkintaan VR-järjestelmän hankkiminen uusien röntgenlaitteiden sijasta sekä alkaa suunnittelemaan muutoksia radiografian ja sädehoidon opetussuunnitelmaan tähän tutkimukseen perustuen. Lisäksi työn tuloksia voidaan hyödyntää Siemens Healthineersin VR-järjestelmän markkinoinnissa. Tehtyä tutkimusta voitaisiin jatkaa esimerkiksi haastatteleamalla opiskelijoita laajemmalla otannalla sitten, kun VR-käyttökoulutus on otettu käyttöön, sillä tämänhetkiset tiedot perustuvat lähinnä olettamuksiin. Työssä keskityttiin

järjestelmän tuomiin hyötyihin, minkä vuoksi mahdolliset haasteet jätettiin vähemmälle tarkastelulle. Tämän vuoksi tutkimusta voitaisiin jatkaa myös kartoittamalla VR-harjoittelumoduulin kehityskohteita sekä haasteita esimerkiksi käyttäjäkokemuksen kautta. Tässä työssä järjestelmän huonoiksi puoliksi selvisivät virtuaalipotilaan käytös, joka ei vastaa tosielämää, sekä sosiaalisen kanssakäymisen puute kuvaustilanteessa, ja niitä voidaan käyttää lähtökohtana mahdollisessa jatkotutkimuksessa.

## Lähteet

- 1 About Siemens Healthineers. 2019. Verkkoaineisto. Siemens Healthineers. <<https://www.siemens-healthineers.com/about>>. Luettu 22.9.2019.
- 2 Joensuu, Heikki; Jyrkkö, Sirkku; Kellokumpu-Lehtinen, Pirkko-Liisa; Kouri, Mauri; Roberts, Peter J. & Teppo, Lyly. 2013. Mikä syöpä on? Verkkoaineisto. Kaikki syövästä. <<https://www.kaikkisyovasta.fi/tietoa-syovasta/mika-on-syopa/>>. Luettu 23.9.2019.
- 3 Virtuaalitodellisuus – tulavaisuus on täällä tänään. 2016. Verkkoaineisto. Tieku. <<https://tieku.fi/teknologia/vempaimet/virtuaalitodellisuus>>. Luettu 26.9.2019.
- 4 Vatanen, Panu. 2016. Tästä virtuaalitodellisuudesta on kyse. Verkkoaineisto. <<https://yle.fi/uutiset/3-9072959>>. Luettu 2.10.2019.
- 5 Vive products. 2019. Verkkoaineisto. Vive. <<https://www.vive.com/us/product/vive-pro-starter-kit/>>. Luettu 16.10.2019.
- 6 Heinonen, Tomi. 2019. Tässäkö on vr-tekniikan seuraava iso harppaus. Verkkoaineisto. <<https://tekniikanmaailma.fi/tassako-on-vr-tekniikan-seuraava-iso-harppaus-kasien-seuranta-on-tulossa-oculus-quest-laseille/>>. Luettu 17.10.2019.
- 7 Laine, Hannele & Dufva, Pilvi. 2018. 7 KYSYMYSTÄ VIRTUAALITODELLISUUDESTA. Verkkoaineisto. <<http://virtual.outdoorsfinland.com/2018/03/7-kysymysta-virtuaalitodellisuudesta/>>. Luettu 20.10.2019.
- 8 Kotilainen, Samuli. 2016. Jiiihaaa, virtuaalitodellisuus! Nyt mentiin! Verkkoaineisto. <<https://www.tivi.fi/uutiset/jiiihaaa-virtuaalitodellisuus-nyt-mentiin/815a84c2-55be-3d17-936e-1091cc9f8b56>>. Luettu 21.10.2019.
- 9 Allan, Darren. 2016. Thinking of getting an HTC Vive? Check that your room is this size first. Verkkoaineisto. <<https://www.techradar.com/news/wearables/thinking-of-getting-a-htc-vive-check-that-your-room-is-this-size-first-1314450>>. Luettu 16.10.2019.
- 10 Merimaa, Juha. 2017. Virtuaalimetsää myymässä. Verkkoaineisto. <<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/talous-yhteiskunta/virtuaalimetsaa-myymassa>>. Päivitetty 12.10.2017. Luettu 7.10.2019.
- 11 Holopainen, Jani. 2018. Metsätieteet digiloikkasi yhdistettyyn todellisuuteen. Verkkoaineisto. <<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/koulutus-kasvatus-ja-oppiminen/metsatieteet-digiloikkasi-yhdistettyyn-todellisuuteen>>. Päivitetty 30.5.2018. Luettu 7.10.2019.

- 12 Lee, Sang Joon & Reeves, Thomas C. 2018. EDGAR DALE AND THE CONE OF EXPERIENCE. Verkkoaineisto. <<https://lidtfoundations.pressbooks.com/chapter/edgar-dale-and-the-cone-of-experience/>>. Luettu 9.11.2019.
- 13 Suomalainen VR-lasien kehittäjä Varjo keräsi 7 miljoonan rahoituksen – Mullistava teknologia vie virtuaalilasit uuteen aikaan. 2017. Verkkoaineisto. Talouselämä. <<https://www.talouselama.fi/uutiset/suomalainen-vr-lasien-kehittaja-varjo-kerasi7-miljoonan-rahoituksen-mullistava-teknologia-vie-virtuaalilasit-uuteen-ai-kaan/f51098a7-76dd-3212-95b3-dd7eaedd3c6b>>. Luettu 7.10.2019.
- 14 Puolustusvoimat laajentaa virtuaalikoulutusta. 2017. Verkkoaineisto. <[https://puolustusvoimat.fi/artikkeli/-/asset\\_publisher/puolustusvoimat-laajentaa-virtuaalikou-lutusta](https://puolustusvoimat.fi/artikkeli/-/asset_publisher/puolustusvoimat-laajentaa-virtuaalikou-lutusta)>. Luettu 3.11.2019.
- 15 Rissanen, Virve. 2017. Virtuaalitodellisuus voi auttaa niin pelkoihin kuin aivojen kuntoutukseen. Verkkoaineisto. <<https://www.hs.fi/teknolo-gia/art2000005196401.html>>. Luettu 6.10.2019.
- 16 Education & Skill Management – VR Enabled X-Ray Training. 2019. Yrityksen sisäinen dokumentti. Siemens Healthineers.
- 17 Lautala, Elisa. 2017. Virtuaalitodellisuudesta apua kognitiiviseen heikentymiseen. Verkkoaineisto. <<https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/terveys/virtuaalitodellisuudesta- apua-kognitiiviseen-heikentymiseen>>. Päivitetty 5.4.2017. Luettu 7.10.2019.
- 18 Mustajoki, Pertti & Kaukua, Jarmo. 2008. Röntgenkuvaus. Verkkoaineisto. <[https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p\\_artik- keli=trg00003&p\\_teos=trg](https://www.terveyskirjasto.fi/terveyskirjasto/tk.koti?p_artik- keli=trg00003&p_teos=trg)>. Päivitetty 9.7.2008. Luettu 7.11.2019.
- 19 Lääketieteellinen röntgenkuvaus. 2019. Verkkoaineisto. <[https://fi.wikipe- dia.org/wiki/L%C3%A4%C3%A4ketieteellinen\\_r%C3%B6ntgenkuvaus](https://fi.wikipe- dia.org/wiki/L%C3%A4%C3%A4ketieteellinen_r%C3%B6ntgenkuvaus)>. Päivi- tetty 21.2.2019. Luettu 14.10.2019.
- 20 Jauhiainen, Juha. 2003. Röntgenkuvaus, digitaalinen kuvaus ja tietokonetomo- grafia. Verkkoaineisto. <<http://www.tekniikka.oamk.fi/~jjauhiain/opetus/mittalait- teet/mittalaitteet-v11.pdf>>. Luettu 16.10.2019.
- 21 Somatom Force. Verkkoaineisto. Siemens Healthcare GmbH. <<https://www.sie- mens-healthineers.com/computed-tomography/dual-source-ct/somatom-force>>. Luettu 4.12.2019.
- 22 Multitom Rax. Verkkoaineisto. Siemens Healthcare S.A. <<https://www.siemens- healthineers.com/fr-lu/robotic-x-ray/twin-robotic-x-ray/multitom-rax>>. Luettu 4.12.2019.

- 23 Röntgenkuvaus. Verkkoaineisto. Mehiläinen. <<https://www.mehilainen.fi/kuvantamistutkimukset/rontgen>>. Luettu 14.10.2019.
- 24 Venelampi, Eija. 2015. Mitä säteily on? Verkkoaineisto. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/ionisoiva-sateily>>. Päivitetty 14.5.2015. Luettu 14.10.2019.
- 25 Tuumasta toimeen - röntgenhoitajaksi? Verkkoaineisto. Suomen Röntgenhoitajaliitto. <<https://www.sorf.fi/index.php?k=8366>>. Luettu 24.3.2020.
- 26 Radiografia ja sädehoito. Verkkoaineisto. Metropolia opetussuunnitelmat. <<http://opinto-opas.metropolia.fi/fi/88094/fi/70311/SXM18S1/year/2018>>. Luettu 24.3.2020.
- 27 Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma. Verkkoaineisto. Tampereen ammattikorkeakoulu. <<https://opinto-opas-ops.tamk.fi/index.php/fi/167/fi/49594/19RH/year/2020>>. Luettu 24.3.2020.
- 28 Holmström, Anneli. 2012. Etnografinen tutkimus natiivitutkimusten oppimisesta röntgenhoitajaopiskelijoiden opinnoissa. Oulu: Oulun yliopisto.
- 29 Gurley, LaVerne Tolley & Callaway, William J. 2011. Introduction to Radiologic Technology. 7th ed. Missouri: Elsevier Mosby.
- 30 Whole Body Phantom Kyoto Kagaku PBU-50. 2019. Verkkoaineisto. Supertech, Inc. <<https://www.supertechx-ray.com/Anthropomorphic/FullBodyPhantoms/PBU-50.php>>. Luettu 23.2.2020.
- 31 Näpärä, Liisa. 2017. Haastattelun lajityypit. Verkkoaineisto. <<https://www.spoken.fi/2180>>. Luettu 2.2.2020.

## Haastattelukysymykset

1. Käyttäytyykö virtuaalipotilas kuvauksien aikana eri lailla kuin oikea potilas?
2. Koetko, että röntgenlaitteiden käytön harjoittelussa VR-järjestelmä pystyisi korvaamaan fyysisen laitteen?
3. Mitkä ovat hyvät ja huonot puolet järjestelmästä?
4. Eroavatko VR-koulutuksissa käytetyt laitteet sairaaloiden laitteista?
5. Eroavatko vanhan käyttökoulutuksen laitteet sairaaloiden laitteista?
6. Koetko, että virtuaalitodellisuuslaitteita voi verrata oikeisiin laitteisiin?
7. Miten vertaisit vanhaa käyttökoulutusta tähän uuteen?
8. Onko VR-järjestelmän kuvaustilanteet tosielämää vastaavia? (Esim. joutuuko käyttäjä menemään virtuaalitodellisuudessa kontrollihuoneeseen kuvauksen ajaksi?)
9. Koetko, että tämä uusi järjestelmä tulee lisäämään laitteiden harjoittelua?
10. Miten koet, että tämä uusi järjestelmä vaikuttaisi oppimiseen?
11. Voiko VR-järjestelmässä itse valita potilaan ja sen vaivat? (Vai antaako se ne automaattisesti?) → Onko tämä hyvä vai huono ominaisuus?
12. Mikä sinun mielestäsi olisi optimaalisin harjoitteluympäristö?