

Cleveland Carita, Heinonen Sofia, Lahtimies Juulia ja Mikkonen Sari

# Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa

Verkko-opetusmateriaali röntgenhoitajaopiskelijalle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja AMK

Radiografia ja sädehoito

Opinnäytetyö

12.5.2016

Tekijät Otsikko Sivumäärä Aika	Carita Cleveland, Sofia Heinonen, Juulia Lahtimies ja Sari Mikkonen Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa 48 sivua + 3 liitettä 12.5.2016
Tutkinto	Röntgenhoitaja AMK
Koulutusohjelma	Radiografia ja sädehoito
Ohjaajat	Lehtori Anne Kangas Lehtori Marjo Mannila
<p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa verkko-opetusmateriaalia potilasturvallisuudesta magneettikuvantamisympäristössä Metropolia Ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelman magneettiopetukseen ja näin ollen kehittää opetusta. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä opiskelijoiden tietoisuutta magneettiturvallisuudesta ja opastaa heitä turvalliseen työskentelyyn. Tavoitteena oli myös tuottaa laadukas ja opiskelijaystävällinen verkko-opetusmateriaali.</p> <p>Työ rajattiin potilasturvallisuuteen, koska se koettiin yhdeksi tärkeimmistä osa-alueista magneettikuvantamisessa. Sisältöä rajattiin myös koskemaan vain keskeisimpiä asioita.</p> <p>Opinnäytetyö tehtiin kehitysprojektina, jonka avulla kehitettiin Metropolia Ammattikorkeakoulun magneettikuvantamisen opetusta. Työn pohjana käytettiin luotettavia kansainvälisiä ja suomalaisia tieteellisiä tutkimuksia, kirjoja, lehtiartikkeleita ja julkaisuja sekä Metropolian Ammattikorkeakoulun lehtorien haastattelua. Lähteiden perusteella rakennettiin tuotokselle teoreettinen viitekehys. Teoreettisessa viitekehyksessä tarkasteltiin oppimisprosessia, verkko-oppimista, magneettikuvantamista ja erityisesti siihen liittyviä turvallisuustekijöitä. Turvallisuuden näkökulmasta käsiteltiin magneettikenttien vaikutuksia, magneettikuvantamisen tiloja ja laitteistoa, magneettitehosteaineita ja eri potilasryhmiä.</p> <p>Opinnäytetyön tuotoksena on Moodle-palvelussa toimiva verkko-opetusmateriaali. Kurssi-alueella on esitetty potilasturvallisuutta magneettikuvantamisessa aihealueittain. Jokaisesta aihealueesta on rakennettu diasarja, joka tiivistää aiheen tärkeimmät osa-alueet. Näiden lisäksi kurssi-alueella on kaksi opetusvideota. Verkkoympäristö ohjaa opiskelijat myös testaamaan tietojaan erilaisissa Älypää-visoissa ja tehtävissä. Tuotos on suunniteltu vastaamaan tuotteen tilaajan, Metropolia Ammattikorkeakoulun, tarpeita. Opinnäytetyöhön sisältyy tuotoksen lisäksi projektiraportti tehdystä työstä.</p> <p>Tuotosta tullaan käyttämään osana magneettikuvantamisen opetusta Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Tuotosta voidaan käyttää osana monimuotototeutusta tai lähiopetusta tarpeen mukaan. Verkkoympäristössä tarjolla oleva materiaali on helpommin saatavilla, eikä rajoita opiskelua aikaan tai paikkaan.</p>	
Avainsanat	potilasturvallisuus, magneettikuvantaminen, verkko-opetusmateriaali

Authors	Carita Cleveland, Sofia Heinonen, Juulia Lahtimies ja Sari Mikkonen
Title	Patient Safety in Magnetic Resonance Imaging
Number of Pages	48 pages + 3 appendices
Date	12 May 2016
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Radiography and Radiotherapy
Instructors	Lecturer Anne Kangas Lecturer Marjo Mannila
<p>The purpose of the thesis was to produce an e-learning environment about patient safety in a magnetic resonance imaging (MRI) environment for Metropolia University of Applied Sciences to apply in their MRI education and consequently to improve education. The goal of the thesis is to increase knowledge on MRI safety among students and to guide them into safe ways of working. The goal was also to produce a student friendly quality e-learning environment.</p> <p>The thesis is limited to patient safety because we regarded it as one of the most important aspects of magnetic resonance imaging. The content was also limited to pertain only pivotal subjects.</p> <p>The thesis was executed as a development project to enhance the education of MRI at Metropolia University of Applied Sciences. Trustworthy international and Finnish scientific studies, books, articles and publications were used as the basis of the thesis. Interviews with lecturers at Metropolia University of Applied Sciences were also utilized. A theoretical framework for the e-learning environment was built based on the information gathered from our sources. The theoretical framework surveys the learning process, e-learning, magnetic resonance imaging and especially the safety aspects of it. The safety portion of the framework addresses subjects such as the affects of magnetic fields, the required facilities and machinery, contrast agents used in MRI as well as different patient material.</p> <p>The product of the thesis is a e-learning platform located in Moodle. The learning material about patient safety in MRI is divided into different categories. In each category there is a written presentation on the subject which summarizes the most important aspects of field. In addition there are two teaching videos. The e-learning environment guides students into testing their knowledge with different kind of quizzes and assignments. The product is designed for the needs of the customer; Metropolia University of Applied Sciences. A written report of the procession of the development project is included in the thesis.</p> <p>The product will be used as a part of the education of MRI in Metropolia University of Applied Sciences. The product can be used as a part of a blended learning program or in a classroom program according to demand. Material in an e-learning environment is more easily accessible and doesn't confine studying to a specific time and place.</p>	
Keywords	patient safety, magnetic resonance imaging, e-learning material

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Oppiminen verkkoympäristössä	2
2.1	Oppiminen	3
2.2	Verkko-opetus	5
3	Opinnäytetyön lähtökohdat	8
3.1	Kehittämislähtökohdat	9
4	Magneettikuvantamisen toimintaympäristö työelämässä	11
4.1	Magneettikuvantamistilojen turvallisuus	11
4.2	Magneettikuvauslaitteiston turvallisuus	12
4.3	Magneettikuvantaminen	14
4.4	Röntgenhoitajan turvallinen työskentely magneettikuvantamisessa	15
5	Magneettikenttien vaikutukset turvallisuuteen	16
5.1	Biologiset ja fysiologiset efektit	16
5.1.1	Staattisen magneettikentän vaikutukset potilaan turvallisuuteen	17
5.1.2	Gradienttikenttien vaikutukset potilaan turvallisuuteen	17
5.1.3	Radiotaajuisen magneettikentän vaikutukset potilaan turvallisuuteen	18
5.2	Erialaisten esineiden turvallisuus magneettikentässä	20
6	Magneettitehosteaineet	24
6.1	Gadoliniumpohjaiset tehosteaineet	25
6.2	Gadoliniumpohjaisten tehosteaineiden haittavaikutukset	26
6.2.1	Munuaisten vajaatoiminta ja NSF	26
6.2.2	NSF riskiluokitus	27
6.2.3	Raskaana olevien potilaiden ja lasten turvallisuus	28
6.3	Potilasturvallisuus kanyloitaessa	29
7	Eri potilasryhmien turvallisuus	30
8	Magneettikuvantamisen opetus Metropolia Ammattikorkeakoulussa	32
9	Opinnäytetyön toteutuksen ja menetelmien tarkastelu	34

10	Pohdinta	36
	10.1 Opinnäytetyön toteutuksen tarkastelu	37
	10.2 Opinnäytetyöryhmän tarkastelu	39
	10.3 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus	40
	10.4 Opinnäytetyön hyödynnettävyys	41
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1. Opinnäytetyön aikataulus	
	Liite 2. Opinnäytetyön arviointi	
	Liite 3. Tiedonhaku	

## 1 Johdanto

Magneettikuvauslaitteiden määrä kasvaa Suomessa vuosittain muutamalla laitteella Säteilyturvakeskuksen mukaan. Ensimmäinen magneettikuvauslaite otettiin käyttöön vuonna 1984. Vuoteen 2012 mennessä laitteita oli käytössä 117 kappaletta, joilla tehtiin noin 260 000 kuvausta. (STUK.) Vuosien 2008 - 2011 välillä kuvausten määrä kasvoi 37 %. (Helasvuo 2013.) Uudet magneettikuvauslaitteet ja lisääntyvät käyttömahdollisuudet kasvattavat röntgenhoitajien magneettiosaamisen tarvetta. Siksi jo opiskelun aikana on muodostettava kattava tietoperusta turvallisuudesta.

Magneettikuvaus on yksi turvallisimmista kuvantamismenetelmistä. Sen avulla saadaan etenkin kehon pehmytosista tarkkoja leikekuvia. Magneettikuvantaminen perustuu voimakkaiseen magneettikenttiin, ja kehossa olevien vetyatomien pyörimiseen. Siinä ei käytetä ionisoivaa säteilyä, kuten natiivikuvantamisessa ja tietokonetomografiassa, mutta voimakas staattinen magneettikenttä, muuttuvat gradienttikentät ja radiotaajuinen RF-kenttä saattavat aiheuttaa kehoon toistaiseksi vielä tuntemattomia haittavaikutuksia (Huurto – Toivo 2000). Magneettikuvantamisessa käytettävä sähkömagneettinen säteily ei ole energialtaan tarpeeksi korkea irrottaakseen elektroneja ytimen vetovoimasta, kuten korkeaenerginen röntgensäteily (Hartwig 2015: 681).

Opinnäytetyömme aiheena on potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa verkko-opetusmateriaalia potilasturvallisuudesta magneettikuvantamisympäristössä Metropolia Ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelman magneettiopetukseen ja näin ollen kehittää opetusta. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä opiskelijoiden tietoisuutta magneettiturvallisuudesta ja opastaa heitä turvalliseen työskentelyyn. Tavoitteenamme oli myös tuottaa laadukas ja opiskelijaystävällinen verkko-opetusmateriaali. Halusimme olla mukana kehittämässä Metropolia Ammattikorkeakoulun magneettiopintoja tarjoamalla monipuolisen virtuaalisen oppimisympäristön. Opinnäytetyön työelämäyhteys on hyödyksi kaikille osapuolille ja tekee opinnäytetyöprosessista mielekäästä. Pääsimme opinnäytetyötä tehdessämme kehittämään ammatillista osaamistamme ja saimme kokemusta työelämää kehittävästä projektista. (Falenius – Leino – Leinonen – Lumme – Sundqvist 2006.)

Verkko-opetuslustoille on lisääntyvää kysyntää, korkeakoulun laajentaessa tarjontaa etäopintoihin ympäri Suomea. Myös lähiopetuksessa virtuaalisten opintojen liittäminen

tarjontaan on ollut lisääntyvä trendi. Metropolia Ammattikorkeakoulu tarjoaa tällä hetkellä päivätoteutuksena ja monimuotototeutuksena magneettiopintojaan. Toteutustavoissa hyödynnetään virtuaaliopintojen mahdollisuutta, esimerkiksi käyttämällä Moodle opetus-alustaa kokoamaan materiaalia ja oppimistehtäviä opiskelijalle. Verkossa tarjolla oleva materiaali on helpommin saatavilla, eikä rajoita opiskelua aikaan tai paikkaan. Magneetikuvantamisen potilasturvallisuuteen keskittyvää virtuaalista oppitilaa ei kuitenkaan ole vielä tarjolla ja tällaisen palvelun halusimme opinnäytetyöllämme tarjota.

Röntgenhoitajan on osattava toimia oikein voimakkaan magneettikentän vaikutusalueella, jotta voidaan taata mahdollisimman vaaraton kuvaus sekä potilaille että henkilökunnalle. Magneettikentän vaikutukset voivat helposti yllättää, jos niihin ei kiinnitetä aktiivisesti huomiota. Yksi tärkeimmistä asioista johon täytyy osata kiinnittää huomiota, on että magneettikenttä on aina päällä. Suprajohtavuutensa takia magneetti on aktiivinen niin kauan kunnes koneen jäähdytys puretaan. Röntgenhoitajan on hyvä huomioida, että magneetti on päällä myös sähkökatkon aikana. (Ott 2015: 179.) Haluamme herättää opiskelijoissa turvallisuusomattunutta, jotta he osaavat työelämässä kiinnittävät huomiota epäkohtiin.

Opinnäytetyössämme käsittelemme ensin oppimista verkkoympäristössä ja oppimista yleisesti sekä magneetikuvantamisen toimintaympäristöä työelämässä. Esittelemme projektin lähtökohdat, tavoitteet ja tarkoituksen. Teoreettisessa viitekehyksessä tarkastellaan magneetikuvantamista ja erityisesti siihen liittyviä turvallisuusaspekteja. Turvallisuuden näkökulmasta käsittelemme magneettikenttien vaikutuksia, magneetikuvantamisen tiloja ja laitteistoa, magneettitehosteaineita ja erilaisia potilasryhmiä. Olemme käsitelleet magneetikuvantamisen opetusta Metropolia Ammattikorkeakoulussa ja kertooneet projektimme toteutuksesta. Raportin lopussa pohdimme työn onnistuneisuutta, laadua ja eettisyyttä.

## **2 Oppiminen verkkoympäristössä**

Opetus ja opiskelu ovat kokeneet vallankumouksen tietokoneiden yleistymisen ja internetin tuomien uusien mahdollisuuksien myötä. Elektroniikan hyödyntäminen kuuluu nykyään jokaisen opettajan ja kurssin perus opetustyökaluihin. Perinteisen luokkaopetuksen ja verkko-opetuksen yhdistäminen on arkipäivää. Myös kokonaan verkossa tapah-

tuva opiskelua kohtaa yhä enemmän. Verkko-opiskelu luo uudenlaisia haasteita materiaalin luojille. Opetusmateriaalin laadukkuus on aina ollut tärkeää hyvien oppimistulosten maksimoimiseksi, materiaalin laadukkuus korostuu etenkin opettajan aktiivisen läsnäolon puuttuessa.

Verkko-opetusmateriaalin luominen ei ole aina niin yksinkertaista kuin pelkän analogisen materiaalin muuntaminen digitaaliseksi. Materiaalia luodessa pitää huomioida, ettei oppimateriaali ole ainoa joka siirtyy verkkoon, vaan myös opetus ja opiskeluprosessin ohjaus pitää tietoisesti organisoida verkko-opinnoissa. Vuorovaikutteisuuden huomioiminen, tekijänoikeudet ja käyttöoikeudet korostuvat myös eritavalla kuin luokkaopetuksessa. (Houtsonen ym. 2006.) Verkko-opetuksen kriteerit osittain eroavat perinteisen opetuksen kriteereistä. On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että jokaisen oppimateriaalin tavoitteena on saada aikaan oppiminen, joka on tärkein myös verkkomateriaalin kriteereistä. (Houtsonen ym. 2006.)

## 2.1 Oppiminen

Oppimiseen tarvitaan metakognitiivisia taitoja, reflektointikykyä, sitoutumista, motivaatiota ja itseohjautuvuutta. Metakognitiolla tarkoitetaan yksilön tietoisuutta kognitiivisista toiminnoistaan eli siitä minkälainen hän on oppijana. Oppiminen tehostuu, kun oppija tuntee yksilöllisen oppimistyyliinsä. Reflektiivisyyteen voidaan liittää tasot, joiden mukaan oppiminen etenee. Ensimmäisellä tasolla yksilö oppii oppimaan. Tällä tarkoitetaan yksilön oppimista tarkastelemaan ja havainnoimaan omia ajatuksiaan ja tapojaan. Toisella tasolla opetellaan kehittymään. Kyseisessä vaiheessa korostetaan oppijan itsearviointia kehittymisen apuvälineenä. Tarkoituksena olisi, että yksilö kehittyi tunnistamiensa tavoitteiden suuntaisesti. Kolmannella tasolla yksilö oppii kehittämään. Tällä tasolla itsearviointiin liitetään kriittinen reflektio ja oppimansa kyseenalaistaminen. Kyseiseen vaiheeseen eteneminen riippuu paljon siitä, millaiset metakognitiiviset taidot oppijalla on. Itseohjautuvuudella tarkoitetaan oppijan valmiuksia oppia itsenäisesti. Jokaisella yksilöllä on vastuu omasta oppimisestaan. Itseohjautuva oppija laatii oman aikataulunsa ja vastaa tavoitteiden saavuttamisesta. Vastuu liittyy myös omien ajatusten arviointiin kriittisesti. Itseohjautuvalla oppijalla on omatoimisuutta, tietynlaista itsenäisyyttä, reflektiivisyyttä, sitoutumis- ja sopeutumistaitoja.



Vesterinen kuvaa työssään kuinka oppimiseen projektityössä tarvitaan sitoutumista ja motivaatiota, mutta nämä osa-alueet voidaan liittää myös yleisesti oppimiseen. Sitoutuminen oppimiseen näkyy oppijan työtavoissa. Yksilö työskentelee oppimisensa eteen ja on sitoutunut itselleen asettamissa tavoitteissa. Sitoutuminen ja motivaatio kulkevat käsi kädessä. Motivoitunut yksilö on sitoutuneempi työskentelijä ja näin ollen oppii tehokkaammin. Motivaatio voidaan jakaa sisäiseen ja ulkoiseen. Ulkoisten motivaattoreiden ohjauksessa oppijan toimintaa, pyrkii hän esimerkiksi olemaan parempi kuin muut tai tavoitukseen palkintoja. Sisältä lähtevä motivaatio ohjaa oppijaa ryhtymään toimeen tämän itsensä vuoksi. (Vesterinen 2001: 54–59.)

Oppimisen prosessi lähtee tavoitteista. Opiskelija voi kysyä itseltään mitä hän haluaa saavuttaa tai tavoitella. Kurssin suunnittelun pohjana tulisi pitää tavoitteiden määrittelyä, joiden pohjalta sisältö rakentuu. Opetus koostuu tiivistetysti tavoitteista, toteutuksesta ja arvioinnista. (Löfström - Kanerva - Tuuttila - Lehtinen - Nevgi 2010: 36.) Pyrimme pohjaamaan opinnäytetyömme verkko-oppimisympäristön sisällön jo olemassa oleville "Potilas magneettitutkimuksessa"-opintojakson tavoitteille, jotka ovat listattuina Metropolian opinto-oppaassa. Tavoitteisiin liittyy vahvasti myös arviointi. Tavoitteet motivoivat opiskelijaa eteenpäin ja arviointi mittaa opiskelijan yltämistä kyseisiin tavoitteisiin. Jo kurssin suunnitteluvaiheessa olisi hyvä miettiä tavoitteita vastaavia laadukkaan arvioinnin keinoja. (Löfström ym. 2010: 36.) Loimme verkko-opetusmateriaalin opintojakson sisällön tavoitteiden pohjalta, mutta jätämme opiskelijan osaamisen arvioinnin opettajalle. Testien ja tehtävien palautteen avulla opiskelija pystyy arvioimaan omaa oppimistaan ja kehittymistään.

Opetusmateriaalin sisältö tulisi perustua mahdollisimman uudelle ja luotettavalle tutkimustiedolle (Löfström ym. 2010: 37). Olemme pyrkineet täyttämään tämän kriteerin opinnäytetyössämme. Ohjaamme myös verkko-oppimisympäristöämme käyttäviä opiskelijoita tutustumaan lisämateriaaliin, jotka koemme aihealueista tärkeiksi. Sisältöä luodessa olisi hyvä miettiä tulevaa kohderyhmää eli opiskelijoita. Mitkä ovat heidän aikaisemmat tiedot ja taidot aiheesta. (Löfström ym. 2010: 38.) Lähdimme rakentamaan sisältöä verkko-oppimisympäristöön siltä pohjalta, että kurssilla opiskelevat opiskelijat ovat tekemisissä aiheen kanssa ensimmäistä kertaa.

Jokaisella oppijalla on oma tapansa rekisteröidä uutta tietoa ja prosessoida sitä. Näitä eri tapoja kutsutaan oppimistyyleiksi. (Koponen - Hämäläinen 2010: 5.) Erilaiset oppijat tulisi ottaa huomioon oppimislähtöisen opetuksen saavuttamiseksi (Löfström ym. 2010:

60). Oman oppimistyylin tiedostaminen tarkoittaa käytännössä opiskelun kohdistamista ja tehostamista juuri oikealla tavalla parhaan mahdollisen oppimistuloksen aikaansaamiseksi. Haasteita opetukselle luovat ryhmät, joiden sisällä on erilaisia oppimistyyliä. Monipuolinen verkko-oppimisympäristö luo mahdollisuuksia erilaisille oppijoille. (Koponen - Hämäläinen 2010: 5.)

Ihminen oppii uutta hyödyntämällä kaikkia aistejaan oppimisympäristössä, mutta usein yksi aisti on toisia dominoivampi (Koponen - Hämäläinen: 2010: 5; Jyväskylän yliopiston kielikeskus). Kolme aistikanavaa, joiden kautta useimmiten opimme, ovat kinestetiikka, auditiivisuus ja visuaalisuus. Visuaalinen oppija ei opi pelkästään havainnoidessaan näköaistilla, mutta hän painaa asiat parhaiten muistiin näkemällä ja katselemalla. Visuaalinen oppija pitää esimerkiksi hiljaa lukemisesta. Kuitenkaan aina parhaat oppimistulokset eivät tule verbaaliseen ilmaisuun perustuvalla materiaalilla, vaan tarvitaan esimerkiksi kuvia, kuvaajia tai taulukoita havainnollistamaan aihealuetta. Auditiivinen oppija muistaa parhaiten kuulemansa asiat. Auditiiviselle oppijalle hyviä oppimisen keinoja ovat ääneen lukeminen, äänitteiden kuunteleminen ja videoiden katselu. Erityisesti aihealueesta keskustelu ryhmässä tehostaa oppimista. Kinesteettinen tai taktiili oppija oppii tekemällä ja muistamalla kehon liikkeitä. Tällaiselle oppijalle hyviä keinoja ovat esimerkiksi tehtävien tekeminen, mallien rakentaminen ja piirtäminen. (Koponen – Hämäläinen 2010: 6–7; Jyväskylän yliopiston kielikeskus.) Verkko-opetusmateriaalissamme pyrimme ottamaan huomioon kaikki nämä oppijat yhdistämällä kuvaa, ääntä, tekstiä ja tehtäviä.

## 2.2 Verkko-opetus

Digitaalisuus tarkoittaa kaikkien ilmiöiden, kuten esineiden, tiedon ja tapahtumien, käsittelyä muodossa, jossa ihmisen ei välttämättä tarvitse osallistua käsittelyyn. Ilmiöistä tulee numeroita, jolloin prosessorit pystyvät käsittelemään niitä ilman humaania osallistamista. Toisin sanoen reaali maailman ilmiöt siirretään tietokoneiden maailmaan. (Jungner 2015: 7–10.)

Digitalisaatio on tulevaisuuden mahdollisuus ja toiminnan siirtyminen verkkoon lähinnä velvoite kehityksen kannalta modernisoituvassa yhteiskunnassa. Digitalisoituminen avaa laajan verkossa toimimisen mahdollisuuden, missä ennen vaikeilta tuntuvien esteiden takana olevat kontaktit ja toiminnot ovat nyt helposti saavutettavissa ja koottavissa vain millisekuntien päässä. Digitalisaation myötä esimerkiksi opetuksen mahdollistami-

nen yli maantieteellisten rajojen käy helpommaksi. Analogisessa muodossa olevan informaation saatavuus ja käsittely käy haasteellisemmaksi maailman digitalisoituessa. Digitaalisuus vaikuttaa myös merkittävästi tiedon pakkaustehokkuuteen. Tietoa pystytään säilyttämään ja käyttämään analogista tietoa pienemmässä tilassa. (Jungner 2015: 7–10.)

Jungner mainitsee artikkelissaan kuinka digitaalisuus on markkinavaltti globaalissa taloudessa. Digitaaliset innovaatiot ja kehitykset ovat mielekkäitä, tehokkaita ja jatkuvasti edullisempia. Samoin voimme ajatella digitaalisuuden lisäävän kilpailukykyä oppilaitosten välisessä vertailussa. Digitaalisuudesta on tullut eräänlainen mittari, jonka perusteella tehdään jopa päätelmiä paremman ja huonomman palvelun välillä. (Jungner 2015: 7–10.) Virtuaaliselle opetusmateriaalille on tarvetta, sillä oppimismuodot monipuolistuvat ja verkko-opiskelu nostaa suosiotaan lisääntyvissä määrin. Lisäksi rajalliset säilytysmahdollisuudet puhuvat digitaalisen opetusmateriaalin puolesta.

Fyysisesti verkko-opetus voidaan keskittää tiettyyn keskukseseen ja tästä keskuksesta lähetetään oppimateriaalia ympäri maan. Opiskelija voi käydä tarvitsemaansa kurssia toisella puolella Suomea, oman aikataulunsa mukaisesti ja kykenee etenemään omaan tahtiinsa. Verkko-opinnot tuovat myös uudenlaisia haasteita opetukseen, keskustelun muuttuessa kasvokkain käytävästä erilaisten laitteiden välityksellä käytäväksi viestinnäksi. Verkossa opiskelemalla voidaan saavuttaa suurta hyötyä verrattuna tavanomaiseen opetukseen. Tämän edun ei ole niinkään todettu syntyneen käytössä olevasta viestintätavasta, vaan riittävän laadukkaasti tuotetuista opetusmateriaaleista. (Clark 1983: 447.)

Verkko-opiskelussa materiaalista saadaan toimivaa, jos se on opiskelijalle mielekästä ja merkityksellistä. Oppijan on saatava harrastaa aktiivista toimintaa, jossa itse työstetään opiskeltavaa asiaa. Opiskelussa pyritään yhdistämään aiemmin opittu ja uudet asiat mielekkääksi kokonaisuudeksi. (Nevgi – Löfström – Evälä 2005: 47.) Tämän on toimittava myös verkossa. Hyödyntämällä erilaisia aktivoivia menetelmiä, esimerkiksi tehtäviä, esseitä ja testejä, voidaan ohjata opiskelijaa jäsentämään oppimaansa. Verkko-oppimisympäristöä luodessa tulisi ottaa huomioon opiskelijoiden aiemmat kokemukset ja taidot verkko-opiskelusta. Olisi hyvä miettiä etukäteen minkälaista tukea opiskelijat voivat kaivata tai minkälaisiin esteisiin he saattavat törmätä kurssin suorituksen aikana. On hyvä muistaa, että oppijoita on monenlaisia ja laadukas verkko-opetusmateriaali tulisi olla ta-

sapuolisesti kaikkien käytettävissä. Näin ollen verkko-oppimisympäristö on hyvä rakentaa selkeäksi ja helppokäyttöiseksi. Verkko-oppimisympäristössä tulisi ottaa huomioon sen perimmäinen tarkoitus, saattaa informaatiota sitä tarvitsevalle. Tärkeää on, että tekniset valinnat tehdään pedagogisista lähtökohdista ja näin ollen ne tukevat opetuksellista sisältöä eikä päinvastoin. (Löfström ym. 2010: 38-41.)

Verkko-opiskelu voi olla parhaimmillaan erinomainen keino sovittaa opinnot erilaisten ja eri ympäristöissä olevien ihmisten elämään, kunhan huomioidaan myös tämän viestinnän muodon tuomat uudet haasteet. Opiskelijaa ei saa jättää liian passiiviseksi osapuoleksi, vaan haastaa hänet mukaan soveltamaan uusia tietojansa. Verkko-opetusmateriaalin laatuun vaikuttavat opetusmateriaalin sisällön rajaus, kohderyhmän tuntemus, didaktinen lähestymistapa, sisällöntuottajien asiantuntemus sekä viestinnän ja ilmaisun hallinta. Muita tärkeitä ominaispiirteitä verkko-opetusmateriaalille ovat päivitettävyyys, vuorovaikutteisuus ja yhteisöllisyys. Laadukkuutta voidaan tarkkailla neljällä eri tavalla: pedagoginen laatu, käytettävyys, esteettömyys ja tuotannon laatu. Pedagoginen laadukkuus tarkoittaa oppimateriaalin soveltuvuutta opiskelu- ja opetuskäytäntöön. Käytettävyydellä taas tarkoitetaan materiaalin helppokäyttöisyyttä ja sujuvuutta. Esteettömyys on oppimateriaalin saavutettavissa olevuutta ja käytettävyyttä. Tuotannon laadulla tarkoitetaan että sen sisältö perustuu tiedollisiin, taidollisiin ja oppimista ohjaaviin tavoitteisiin ja sen toteutuksen tulee olla hallittua ja dokumentoitua. (Houtsonen ym. 2006.)

Digitaalista oppimisympäristöä hyödynnetään molemmissa Metropolian tarjoamissa toteutusmuodoissa (Metropolia Ammattikorkeakoulu 2015). Tämä mahdollistaa entistä paremmin yksilöllisen opintopolun suunnittelun tarjoamalla ajasta ja paikasta riippumatonta opetusta. Verkko-opetus kuitenkin vaatii onnistuakseen opiskelijoiden ohjaukseen panostamista, koska opiskelu siirtyy opiskelijan määräämään paikkaan ja aikaan. Jos ohjaukseen ei panosteta riittävästi, oppimistulokset voivat heikentyä laadullisesti. Suurella osalla tämän päivän opiskelijoista on tietokoneen lisäksi älylaite, jonka kautta he pääsevät verkkoon missä vain ja milloin vain. Tämä avaa uusia mahdollisuuksia vapaalle opiskelulle. Opetusmateriaalin sijaitseminen verkossa on kustannustehokkaampaa, helpottaa niiden saatavuutta ja päivittämistä. (Kauppi – Nokelainen – Säntti 2013: 5–7.)

Moodle on vuodesta 2001 asti toiminnassa ollut ilmainen avoimella lähdekoodilla toimiva alusta, joka tarjoaa mahdollisuuden järjestää kurseja verkossa. Se on modulaarinen systeemi, joka perustuu kokonaisuuksiksi yhdisteltäviin liitännäisiin. Erilaisten liitännäisten avulla Moodlea voi muokata opintojen tarjoajien omia tarpeita vastaavaksi. Australian

Perthistä käsin toimiva yksityinen yritys toimii yhteistyökumppaneiltaan saamalla rahoituksella. Moodle Partners -nimityksellä kulkevat sertifioidut yhteistyötasot tarjoavat eri puolilla maailmaa Moodlen käyttäjille tukea, konsultointia, sekä räätälöityjä palveluita maksua vastaan. Tuotoistaan he antavat 10% Moodlen rahoitukseen. (Moodle Overview. 2016.)

Moodlen toimintafilosofiana on sosiaalinen konstruktivistinen pedagogiikka (Philosophy. 2016). Opetustapa pohjautuu teoriaan, jossa ihminen järkeistää kokemuksiaan luomalla malleja sosiaalisesta maailmasta ja jakamalla sekä havainnollistamalla näitä malleja kielten avulla. Moodlen soveltaman pedagogiikan perustana ovat ajatukset ihmisen tarpeesta rakentaa uutta tietoa jo olemassa olevan tietoperustansa päälle, ihmisen taipumuksesta oppia paremmin luomalla muille materiaalia ja oppimisympäristön tarpeesta olla joustava ja muokattava (Pedagogy. 2016). Moodle harjoittaa tätä toimintafilosofiaa antamalla käyttäjille muokattavan verkkoympäristön, jossa on valittavana monia yhteisöllisiä ja aktivoivia liitännäisiä, esimerkiksi tehtäviä, visoja, chat, sanakirja, ynnä muita. Valitsimme Moodlen alustaksi verkko-opetusmateriaalimme, sillä se on Metropolian opiskelijoille jo entuudestaan tuttu ja näin ollen helppokäyttöinen.

### **3 Opinnäytetyön lähtökohdat**

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli tuottaa verkko-opetusmateriaalia potilasturvallisuudesta magneettikuvantamisympäristössä Metropolia Ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelman magneettiopetukseen. Opinnäytetyön tavoitteena on lisätä opiskelijoiden tietoisuutta magneettiturvallisuudesta ja opastaa heitä turvalliseen työskentelyyn. Tavoitteenamme oli myös tuottaa laadukas ja opiskelijaystävällinen verkko-opetusmateriaali.

Opinnäytetyön tekeminen alkoi syksyllä 2015 tuotoksen ideoinnilla ja aiheen jäsentämisellä. Opinnäytetyö toteutettiin kehitysprojektina, jonka avulla oli tarkoitus kehittää Metropolia Ammattikorkeakoulun magneettikuvantamisen opetusta. Lähtökohtana opinnäytetyöllemme oli magneettikuvantamisen silloinen opetus. Halusimme tuoda päivä- sekä monimuoto-opetukseen entistä monipuolisemman ja opiskelijalähtöisemmän verkko-opetusmateriaalin, joka aktivoi opiskelijaa itsenäiseen työskentelyyn. Saimme hyvin nopeasti selville ajatuksen lopullisesta tuotoksesta ja lähdimme rakentamaan työlle teo-

reettista viitekehystä. Opinnäytetyön tuotoksen suunnitelman hyväksyimme tuotteen tilaajalla, Metropolian ammattikorkeakoulun edustajalla Anne Kankaalla. Työn edistymisen vaiheita olemme kuvanneet liitteessä 1.

Opinnäytetyömme tuotoksen ”Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa – Verkko-opetusmateriaali röntgenhoitajaopiskelijalle” tärkein kohderyhmä on Metropolia Ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon koulutusohjelman opiskelijat. Oppilaat saavat käyttöönsä paljon tietoa magneettikuvantamisen potilasturvallisuudesta, sekä aktiivisia tehtäviä ja videoita. Hyödynsääjiä ovat koulutusohjelman opettajat, jotka ovat tilanneet opetuskäyttöön materiaalia magneettikuvantamisesta virtuaaliseen oppimisympäristöön. Hyödynsääjiksi voidaan katsoa myös tulevat työnantajat, työtoverit ja potilaat, sillä turvallisten työskentelytapojen omaksuminen jo koulutuksen aikana ehkäisee vaaratilanteiden syntyä työelämässä. Luemme myös itsemme hyödynsääjiksi, koska opinnäytetyötä tehdessämme opimme paljon uutta tietoa magneettikuvantamisesta ja etenkin siihen liittyvistä turvallisuusasioista.

### 3.1 Kehittämislähtökohdat

Miettiessämme magneettiturvallisuusopetukseen käytettävän materiaalin sisältöä ja rajausta halusimme materiaalin vastaavan Metropolia Ammattikorkeakoulun opetussuunnitelman vaatimia osaamistavoitteita sekä opintojen sisältöä. Otimme opintosuunnitelmassa esitellyt magneettiturvallisuutta koskevat osa-alueet osaksi oppimateriaaliamme. Tällä tavalla halusimme varmistaa, että oppimateriaali vastaisi tilaajamme tarpeita ja olisi hyödyllinen käytössä. Metropolian opetussuunnitelmaa on käsitelty kappaleessa kahdeksan, Magneettikuvantamisen opetus Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Haluamme antaa röntgenhoitajaopiskelijoille mahdollisimman hyvät eväät tulevalle työuralle, joten koimme tärkeäksi ottaa huomioon, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin, osaamiskriteerit magneettikuvantamisessa työskenteleville röntgenhoitajille. Huomioimme myös opiskelijoiden oman näkemyksen materiaalin käyttökelpoisuudesta antamalla Moodle oppimisympäristön opiskelijoiden käyttöön ja pyytämällä heitä täyttämään luomamme arviointikaavakkeen. Näin vastausten perusteella pystyimme vielä muokkaamaan materiaalia opiskelijoille mieleiseksi.

Metropolian Ammattikorkeakoulu toimii Uudenmaan alueella ja useimmat Metropolia Ammattikorkeakoulusta valmistuneet röntgenhoitajat työllistyvät myös tälle alueelle. Suurin yksittäinen röntgenhoitajien työllistäjä Uudellamaalla on Helsingin ja Uudenmaan

sairaanhoidon piirille (HUS) kuvantamispalveluita tuottava HUS-kuvantaminen. Koska halusimme tuottaa röntgenhoitajaopiskelijalle tulevaisuuden kannalta mahdollisimman hyödyllisen opiskelumateriaalin, otimme huomioon materiaalia työstäessämme myös HUS-kuvantamisen vaatimukset magneettikuvantamisessa työskentelevälle röntgenhoitajalle. Saimme HUS:lta luvan käyttää heidän perehtyville röntgenhoitajilleen tarkoitettuja Röntgenhoitajan perehdytyslomakkeita, joissa on kohta kohdalta lueteltu minkälaisia asioita röntgenhoitajan tulee osata ja tietää työskennellessään magneettikuvantamisessa. Näistä poimimme turvallisuutta koskevat osa-alueet ja varmistimme että kyseiset osa-alueet käsiteltäisiin myös opetusmateriaalissamme.

HUS:n perehdytyslomakkeiden mukaan röntgenhoitajan on osattava huomioida magneettikuvantamisessa esille tulevat turvallisuusaspektit ja harjoittaa turvallisia käytäntöjä magneettikuvantamisyksikössä. Ensimmäisinä perustietoina hoitajan tulee tietää laitteen voimakkuus ja tiedostaa ettei kuvaushuoneessa ole yleistä turvarajaa jonka ulkopuolella olisi turvallista säilyttää esimerkiksi magnetoituvia esineitä, sekä mitä voi seurata jos ferromagneettinen esine lentää kuvauslaitteeseen. Hätätilanteiden varalta röntgenhoitajan on tiedettävä miten kuvaus keskeytetään, laite ajetaan sähköttömäksi ja miten magneetikenttä ajetaan alas. (HUS-kuvantaminen.)

Magneetikenttien aiheuttamat fysiologiset ja fysikaaliset vaikutukset on osattava ja näitä tietoja pystyttävä soveltamaan toiminnassaan, minimoidakseen mahdolliset haittavaikutukset ja vaaratilanteet. Mainittuihin fysiologisiin ja fysikaalisiin vaikutuksiin kuuluu staattisen magneetikentän, gradientti- ja radiotaajuuskenttien (RF) vaikutukset, kuten hermo- ja lihassoluärsytys, kuvausääni, sekä kudosten ja vierasesineiden lämpeneminen. RF-kehojen turvallinen käyttö ja niiden mahdollisesti aiheuttamien vaaratilanteiden tiedostaminen kuuluvat röntgenhoitajan ammattitaitoon. Toimiakseen turvallisesti magneettikuvantamisessa ja osatakseen ennalta ehkäistä vaaratilanteita on tiedostettava kuvauksen hyödyt ja haitat, sekä kontraindikaatiot kuvaukselle. Perehdytyslomakkeissa on haluttu myös kiinnittää huomiota erityisryhmien kuvantamiseen ja näissä kuvauksissa esiintyviin haasteisiin, kuten lapsipotilaisiin, raskaana oleviin, anestesiassa oleviin potilaisiin sekä vuode- ja pyörätuolipotilaisiin. Myös klaustrofobisen tai kuvausta pelkäävän potilaan huomioiminen ja ohjeistaminen kuuluu röntgenhoitajan ammattitaitoon. (HUS-kuvantaminen.)

Halusimme muodostaa opetusmateriaalimme hyvin perustellulle pohjalle. Koimme saavamme mahdollisimman laadukkaan materiaalin ottamalla huomioon tilaajamme, Metropolia Ammattikorkeakoulun, vaatimukset materiaalille ja opiskelijoille osoitetut oppimistavoitteet, hyödyntämällä mahdollisen tulevan työnantajan (HUS) perehdytysmateriaalin sisältöä, sekä testaamalla opetusmateriaaliamme röntgenhoitajaopiskelijoilla ja ottamalla heidän kehitysehdotuksensa huomioon. Näille perusteille kehitimme materiaalimme ja lähdimme rakentamaan teoreettista viitekehystä etsien tietoa kansainvälisistä tutkimuksista sekä tieteellisistä artikkeleista ja lehdistä materiaalimme.

## **4 Magneettikuvantamisen toimintaympäristö työelämässä**

Opinnäytetyönä toteuttamamme virtuaalisen opetusmateriaalin perusta pohjautuu magneettikuvantamiseen todellisessa elämässä, johon liittyy osa-alueet: magneettikuvantamistilat, magneettikuvantamislaitteisto, magneettikuvaus ja röntgenhoitajan työ magneettikuvantamisessa.

### **4.1 Magneettikuvantamistilojen turvallisuus**

Magneettikuvantamistilojen rakenne vaihtelee toimintayksiköittäin, mutta jokaisessa yksikössä on odotustila, erillinen huone magneettikuvauslaitteelle, säätöhuone hoitajien ja lääkärin monitorityöskentelyä varten, hoitotilat sekä pukuhuone. Hoitotiloissa valmistellaan potilas kuvaukseen antamalla esimerkiksi tehosteainetta tai muuta lääkitystä. (Hornak 1996.) Magneettikuvauslaite täytyy suojata ulkoisilta häiriöiltä, kuten radiotaajuisilta aalloilta, jotka voivat aiheuttaa haittaa signaalin tulkintaan ja täten artefakteja eli kuvavääristymiä. Laitteen suojaaminen onnistuu Faradayn häkillä, joka ei päästä sisälleen ulkoisia radioaaltoja ja näin ollen vähentää niiden aiheuttamia artefakteja. (Jurvelin – Nieminen 2005: 68.) Faradayn häkki koostuu magneettihuoneen seinien sekä säätötilan ja magneettihuoneen välisen ikkunan kuparisuojauksesta. Lisäksi magneettihuoneen ovesa ja ovenkarmissa on kupariset pykälät, jotka asettuvat lomittain oven sulkeutuessa. (Westbrook – Roth – Talbot 2011: 336–337.) Magneettikuvantamistilat jaetaan neljään turvallisuusvyöhykkeeseen:



**Vyöhyke 1:** Tällä alueella ei turvatoimia tarvitse ottaa huomioon. Vyöhyke 1 kattaa alueen varsinaisen magneettikuvantamisalueen ulkopuolelta. Potilaat, hoitajat ja muu sairaalan henkilökunta saa liikkua vapaasti tällä vyöhykkeellä.

**Vyöhyke 2:** Tämä vyöhyke toimii kulkuväylänä valvotun (vyöhykkeet 3 ja 4) ja vapaan liikkumisen (vyöhyke 1) vyöhykkeiden välillä. Potilas kulkee vyöhykkeen 2 läpi henkilökunnan valvonnassa. Tyypillisesti tällä alueella suoritetaan potilaan haastattelu ja selvitetään tämän soveltuvuus tutkimukseen.

**Vyöhyke 3:** Tämä alue sisältää säätö- ja hoituhuoneen. Tällä alueella saavat liikkua ainoastaan henkilöt, jotka ovat tarkastettu ja todettu että heidän on turvallista liikkua kyseisellä vyöhykkeellä. Vyöhykkeen 3 liikkeen valvonnasta vastaavat magneettikuvauslaitteella työskentelevä henkilökunta. Tämän vyöhykkeen turvavarotoimiin kuuluu sen erottaminen muista vapaan liikkumisen tiloista esimerkiksi lukoilla tai kulkupassi-järjestelmillä. Erotusjärjestelmän tarkoituksena on erotella magneettikuvantamisen henkilökunta muusta sairaalan henkilökunnasta, joilla ei tulisi olla vapaata pääsyä magneettikuvantamistiloihin.

**Vyöhyke 4:** Tämä vyöhyke kattaa magneettikuvauslaitteen huoneen. Vahvan magneetikentän vuoksi alue tulisi rajata ja merkata tarkoin mahdollisten vaaratilanteiden välttämiseksi. Magneettikuvauslaitteisto tulisi asettaa huoneeseen niin, että magneettikuvantamisen henkilökunta pystyy työskentelemään säätöhuoneessa kuvauksen aikana ja heillä on selkeä näköyhteys potilaaseen. Vyöhykkeen 4 ulkopuolella tulisi olla varoitusvalot, jotka ilmaisevat milloin magneettikuvauslaite on toiminnassa. Tämä vyöhyke sisältyy vyöhykkeeseen 3 ja näin taataan muun henkilökunnan valvottoman pääsy mahdollisesti vaaralliselle alueelle vyöhykkeen 3 erotusjärjestelmän avulla. (Kanal ym. 2002: 1336–1337.)

#### 4.2 Magneettikuvauslaitteiston turvallisuus

Magneettikuvauslaitteen voimakas magneetikenttä luodaan suurella suprajohtavasta johtimesta valmistetulla kelalla. Voimakkaan magneetikentän luomiseen tarvitaan paljon virtaa. Johtimissa kulkeva suuri virtamäärä kuumentaisi johtimia niin paljon, että ilman tehokasta jäähdytystä ne hapettuisivat tai sulaisivat. Virta kulkee johtimissa vastuksetta kun lämpötila on  $-269\text{ °C}$ . Johtimia jäähdytetään kryogeenillä, joka on pääsääntöisesti nestemäistä heliumia. Kryogeeniä on magneettikuvauslaitteessa tyypillisesti 1500 litraa.

Jos nestemäinen helium purkautuu laitteesta, laajenee se 748 kertaiseksi kaasuuntuesa-  
saan. Kaasuuntunutta heliumia on purkautuessa siis yli 1 000 000 litraa. Tätä heliumin  
purkautumista kutsutaan quenchiksi. (Westbrook – Roth – Talbot 2011: 353–354.)

Säätöhuoneessa tulee olla hätäpainike, jolla helium saadaan hallitusti ohjattua putkea  
pitkin ulkoilmaan hätätilanteessa. Laiteviasta tai muusta ongelmasta johtuen helium  
saattaa kuitenkin purkautua väärin ja päätyä huoneilmaan. Kaasuuntunut helium syrjäyt-  
tää hapen ja näin ollen voi aiheuttaa tukehtumisen sisätiloissa. Helium myös jäähdyttää  
ilmaa purkautuessaan huoneilmaan, mikä saattaa synnyttää nestemäistä happea, joka  
on herkästi syttyvää. Kaikissa kuvaushuoneissa tulee olla happimonitori, joka hälyttää  
happitasen laskiessa liian alas. Quench voi aiheuttaa väärin purkautuessaan paljon tu-  
hoa laitteistolle, kiinteistölle ja ihmisille. Laitteen saaminen taas toimintakuntoon kryo-  
geenin purkamisen jälkeen on hyvin kallista, joten heliumin vapautuspainiketta saa pai-  
naa vain henkeä uhkaavassa tilanteessa. (Westbrook – Roth – Talbot 2011: 353–354.)

Magneettikuvauksessa radiotaajuus (RF) pulssien lähettämiseen ja vastaanottamiseen  
tarvitaan keloja. Keloja on olemassa kolmea eri tyyppiä, lähettäviä, vastaanottavia sekä  
keloja joissa on kumpikin ominaisuus. Lähettävät kelat lähettävät radioaaltoja kuvatta-  
vaan kohteeseen riittävällä energialla, luoden vaihe-eroja ja kääntäen joitakin spinejä  
matalaenergisistä korkeaenergiseksi. Vastaanottavat kelat puolestaan vastaanottavat  
kuvattavasta kohteesta palaavaa signaalia. On olemassa pääkeloja, vartalokeloja sekä  
raajakeloja. Kela valitaan kuvattavan kohteen mukaan ja asetellaan sen ympärille. Kelo-  
jen käyttämisellä on suora vaikutus magneettikuvan laatuun. (Westbrook – Roth – Tal-  
bot 2011: 330–331.)

Kelojen oikeaoppinen käyttö on tärkeää sekä kuvan laadun, että potilasturvallisuuden  
takia. Kelat kytketään magneettikuvauslaitteeseen kaapelilla, mitä pitkin RF tehot siirre-  
tään kelaan ja signaali voidaan lähettää kuvaprosessorille. Kaapeleilla on täten kyky siir-  
tää kuvauksen aikana esiintyvää lämpöä. Joissain tapauksissa kaapeli saattaa polttaa  
potilasta, tai kaapelin eristävää materiaalia. Välttyäkseen tältä, tulee kaapeli asetella niin  
että siihen ei muodostu silmukoita, se ei ole kosketuksissa potilaan paljaalle iholle, eikä  
magneettiputkeen. Kaapelia ei saa myöskään asetella muiden johtojen tai kaapelien lä-  
helle, esimerkiksi EKG johdot. (Westbrook – Roth – Talbot 2011: 336.) Samantapaista  
kuumenemista saattaa esiintyä, jos potilaan keho muodostaa silmukoita. Esimerkiksi, jos  
potilaan kädet tai paljaat jalkaterät ovat kosketuksissa toisiinsa. Eristävää materiaalia

tulee laittaa kelojen ja potilaan ihon väliin sekä potilaan ruumiinosien väliin. Myös kelojen eheys tulee tarkistaa ennen käyttöä. (Shellock 2015: 166.)

#### 4.3 Magneettikuvantaminen

Magneettikuvantamisessa käytetään kolmea erilaista magneettikenttää kuvien muodostamiseksi:

- Staattinen magneettikenttä
- Gradientit magneettikentät
- Radiotaajuinen sähkömagneettinen aalto (RF-pulssi, radiofrequency-pulssi)

Magneettikuvantamisen lähtökohtana ovat vetyatomien magneettiset ominaisuudet. Atomilla on magneettinen liikemäärämomentti, jos sen protonien ja neutronien lukumäärä ei ole parillinen. Tällainen atomi pystyy vuorovaikuttamaan ulkoisen magneettikentän kanssa. Staattinen magneettikenttä vaikuttaa vety-ytimien pyörimisen suuntaan ja saa aikaan nettomagnetisaatiovektorin, joka ilmaisee kehon protonitiheyden. Staattisen magneettikentän voimakkuus vaikuttaa ytimien pyörimistaajuuteen eli nopeuteen. Voimakkaassa ulkoisessa magneettikentässä ytimet pyörivät suuremmalla taajuudella, kun taas heikossa magneettikentässä ne pyörivät matalammalla taajuudella. (Hartwig ym. 2009: 1781; Jurvelin – Nieminen 2005: 58–61.)

Radiotaajuinen sähkömagneettinen aalto toimii niin sanottuna vityspulssina, joka muuttaa nettomagnetisaatiovektoria poikittain ulkoiseen magneettikenttään nähden. Yksittäisessä vety-ytimessä muutos nähdään ytimen virittymisenä, jolloin sen pyörimissuunta muuttuu. Viritystila purkautuu vähitellen aineelle ominaisella nopeudella ja samalla nettomagnetisaatiovektori palautuu alkuperäiseen pituuteensa. Tällöin muuttuva magneettikenttä muodostaa vaihtovirta-signaalia (Free Induction Decay -signaali, FID-signaali). Signaalin voimakkuus riippuu lähettävän aineen magneettisista ominaisuuksista ja protonitiheydestä. FID-signaali tulkitaan vastaanottokelalla ja tätä informaatiota käytetään apuna kuvan kontrastien muodostuksessa. Ytimet palautuvat tasapainotilaansa pitkittäisenä- ja poikittaisena palautumisena. Pitkittäinen magneettikentän suuntainen vektori palautuu alkuperäiseen mittaansa relaksaatioajalla  $T_1$  ja magneettikenttää vastaan oleva poikittainen vektori relaksaatioajalla  $T_2$ . Palautumisaikoihin vaikuttavat aineiden raken-

teet, niiden vuorovaikutusominaisuudet ympäristönsä kanssa ja ulkoinen magneettikenttä. Eri aineilla on erilaiset palautumisajat ja tämä vaikuttaa merkittävästi magneettikuvan kuduskontrasteihin. (Hartwig ym. 2009: 1781; Jurvelin – Nieminen 2005: 58–61.)

Gradientit magneettikentät auttavat paikallistamaan leikkeen ja signaalin paikan kehossa. Tutkimusalueella on kolme toisiaan kohtisuorassa (x-, y- ja z-suunnissa) olevaa gradienttia magneettikenttää. Leikepaikka valitaan gradienttikentän ja RF-pulssin avulla. Gradientin kentän avulla määritellään ytimien pyörimistaajuus samaksi kuin RF-pulssin taajuus vain siinä kohtaa kehoa, mistä leike halutaan saada. Signaalin paikka leikkeen sisällä saadaan määritettyä kahden muun gradienttikentän avulla niin sanotuilla vaihe- ja taajuuskoodauksilla. Jokainen kuva-alkio saa omanlaatuisen pyörimistaajuuden ja -vaiheen. Yhdistämällä tämä informaatio ja gradienttien taajuuskaistat saadaan tietää signaalin koordinaatit kuvassa. (Hartwig ym. 2009: 1781; Jurvelin – Nieminen 2005: 58–61.)

#### 4.4 Röntgenhoitajan turvallinen työskentely magneettikuvantamisessa

Röntgenhoitajan tehtävissä voi toimia vain henkilö, joka on saanut koulutuksen kyseiseen ammattiin ja jolla on Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston myöntämä lupa harjoittaa ammattiaan. Tällainen henkilö omaa näin ollen riittävät taidot varmistaakseen potilasturvallisuuden ja terveydenhuollon palvelujen laadukkuuden. (Laki terveydenhuollon ammattihenkilöistä 559/1994 § 1, 5.)

Magneettikuvantamisessa työskentelevän röntgenhoitajan työn osa-alueita ovat potilaan hoito, kuvantaminen, terveydenhuollon toimintaympäristön palvelut ja turvallisuudesta vastaaminen (Sorppanen 2006: 109). Röntgenhoitajan yksi tärkeimmistä tehtävistä on huolehtia turvallisuudesta magneettikuvauksen aikana. Laitteella työskentelevä vakiohenkilökunta on vastuussa siitä, ettei magneettikentän vaikutusalueelle pääse sinne sopimattomia esineitä. Ennen kuvausta jokaisen potilaan kanssa käydään läpi mahdolliset kontraindikaatiot eli vasta-aiheet kuvausta varten. Haastattelun tekevän henkilön tulisi olla terveydenhuollon ammattilainen, jolla on erityistä osaamista magneettikuvantamisesta ja joka tunnistaa mahdolliset vaaratilanteet ja riskit jotka liittyvät kuvaukseen. (Shellock – Crues 2004: 638–639.) Potilaan sopivuutta magneettikuvaukseen kartoitetaan kyselylomakkeen, haastattelun ja joissain yksiköissä metallinpaljastimen avulla (Orchard 2015: 249).

Röntgenhoitaja on nimikkeensä mukaisesti hoitavassa suhteessa potilaaseen. Hoitotyön katsotaan olevan potilaan kanssa kosketuksissa olevaa työtä, joka on merkittävä osa kuvauksen kulkua. (Sorppanen 2006: 109.) Röntgenhoitajan työhön liittyy vahvasti tekninen osaaminen ja hän on kliinisen kuvantamisen asiantuntija. Röntgenhoitajan vastuulla onkin kuvantamistutkimuksen tekninen suorittaminen ja riittävän kuvanlaadun varmistaminen. (Suomen Röntgenhoitajaliitto ry; Sorppanen 2006: 109.) Röntgenhoitaja ei työskentele vain kuvantamisyksikössään, vaan on laajan palveluketjun yksi osa. Saamaton yhteistyö muiden yksiköiden ja tahojen kanssa kuuluu röntgenhoitajan työnkuvaan. Röntgenhoitajan tulee olla tietoinen tai selvittää potilaan hoitoketju hyvän hoidon takaamiseksi. Röntgenhoitajan työssä siis yhdistyy tekninen ja hoidollinen osaaminen, joka tekee siitä ainutlaatuisen terveydenhuollon ammatin. (Sorppanen 2006: 109.)

## **5 Magneettikenttien vaikutukset turvallisuuteen**

Magneettikentät aiheuttavat biologisia ja fysiologisia efektejä potilaassa. Tämän lisäksi voimakas staattinen magneettikenttä vetää ferromagneettisia aineita puoleensa ja voi häiritä elektronisten laitteiden toimintaa aiheuttaen mahdollisia vaaratilanteita magneettikuvaushuoneessa oleskeleville henkilöille tai laitteistolle. Magneettikenttien aiheuttamat vaaratilanteet voidaan jakaa suoriin ja epäsuoriin tekijöihin. Magneettikenttien aiheuttamat biologiset ja fysiologiset efektit ovat suoria vaaran aiheuttajia, kun taas magneetin vetovoimasta tapahtuva ferromagneettisen esineen liikkuminen tai magneettikentän aiheuttama elektronisen laitteen häiriö ovat epäsuoria vaaranaiheuttajia potilaalle. (Orchard 2015: 248.)

### **5.1 Biologiset ja fysiologiset efektit**

Magneettikuvantamisessa käytettävät kolme magneettikenttää, staattinen, radiotaajuinen ja gradientti, vaikuttavat jokainen ihmiskehoon eri tavalla. Näiden kolmen yksittäisen magneettikentän vaikutukset ovat paljon tutkittuja, mutta niiden yhteisvaikutuksista ei ole vielä varmaa tietoa. (Hartwig ym. 2009: 1782.)

### 5.1.1 Staattisen magneettikentän vaikutukset potilaan turvallisuuteen

Nakahara, Yaguchi, Yoshida ja Miyakoshi (2002) esittävät tutkimuksessaan kuinka edes hyvin voimakas staattinen magneettikenttä (10 T) ei vaikuta solujen biologisiin toimintoihin, kuten kasvuun tai jakautumiseen. Tämä ei kuitenkaan poissulje fysiologisia efektejä, joita tapahtuu staattisen magneettikentän vaikutuksessa.

Staattinen magneettikenttä vaikuttaa kehossa liikkuviin sähköisesti varautuneisiin atomeihin tai molekyyliin eli ioneihin vastustamalla niiden liikettä (Huurto – Toivo 2000). Esimerkiksi veri sisältää elektrolyyttejä, jotka ovat sähköisesti varautuneita (Sane 2015: 1150). Näin ollen staattinen magneettikenttä voi aiheuttaa pientä verenpaineen nousua. Verenpaineen nousun riski kasvaa magneettikentän voimakkuuden kasvaessa. (Chakeres – de Vocht 2005: 258.) Pään liikkeet magneettikentässä voivat aiheuttaa pahoinvointia, huimausta tai päänsärkyä. Magneettikentän suuntaisesti tai kohtisuorassa sitä vastaan liikkussa ihmiskehoon indusoituu sähkövirtoja, jolloin hampaiden metallisista täyteistä saattaa liueta elektrolyysin seurauksena metallia suuhun ja tämä havaitaan ohimenevänä metallinmakuna suussa. (Chakeres – de Vocht 2005: 260–261.) Staattinen magneettikenttä voi myös aiheuttaa harvoin havaittuja ja harmittomia valonvälähdyksiä silmissä eli magnetofosfeeneja. Magnetofosfeenit aiheutuvat sauvasolujen stimuloituessa pään liikkussa magneettikentässä. (Chakers – de Vocht 2005: 260; Hurto – Toivo 2000.)

### 5.1.2 Gradienttikenttien vaikutukset potilaan turvallisuuteen

Muuttuvat magneettikentät indusoivat potilaaseen sähkövirran, joka voi stimuloida hermoja ja lihaksia (Hartwig ym. 2009: 1785). Sydän on pääosin lihaskudosta (Kettunen – Hassinen – Peuhkurinen – Kupari 2008), joten gradienttikentät voivat mahdollisesti stimuloida sydäntä ja aiheuttaa jopa kammiovärinä. Tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet sydämen stimulaation erittäin harvinaiseksi. Ääreishermoston stimulaatio saattaa aiheuttaa potilaalle epämiellyttävän olon. Riippuen voimakkuudestaan, tämä voi aiheuttaa potilaassa liikettä ja voi jopa johtaa kuvauksen keskeytykseen. (Hartwig ym. 2009: 1785–1786.) Induktiovirtauksiin kehossa vaikuttavat magneettikentän muutoksen nopeus ja sen tehokkuus sekä gradienttikentän suunta kehoon nähden. Induktiovirta on suurimmillaan magneettikentän ollessa kohtisuorassa vartalon pituusakseliin nähden. (Huurto – Toivo 2000). Induktion voimistuessa sen aiheuttamat riskit tulevat todennäköisemmiksi.

Gradienttikenttien päälle ja pois kytkeminen aiheuttaa voimakasta meluhaittaa magneettikuvauksen aikana. Kovat äänet syntyvät kun virta muuttuu nopeasti gradienttikeloissa voimakkaan staattisen magneettikentän vaikutuksessa. Äänet ovat erilaisia ja kuullaan yleensä naputtavana, koputtavana tai sirkuttavana äänenä. Kovat äänet vaikuttavat potilaaseen monin tavoin ja voivat ilmetä potilaassa esimerkiksi hermostuneisuutena, pelokkuutena tai ahdistuneisuutena. Kova melutaso kuvauksen aikana voi myös johtaa röntgenhoitajan ja potilaan kommunikaatiovajeeseen, sillä melun yli on hankala kuulla kuvauksen aikana mahdollisia mikrofonin kautta annettavia ohjeita. Vakavimpana vaikutuksena on potilaan kuulovaurion riski. Kovat äänet kuvauksessa voivat aiheuttaa hetkellistä kuulon alentumaa tai jopa pysyviä kuulovaurioita. (Shellock – Crues 2004: 636–637.) Työterveyslaitoksen (2013) mukaan alle 80 dB:n altistuksessa ei synny kuulovaurioita, mutta melutason noustessa 110 dB:iin on altistusaika alle 1,5 min, jotta kuulovaurioita ei syntyisi. Magneettikuvauksen melutaso vaihtelee n. 80 ja 100 dB:n välillä. Kuitenkin tietyissä kuvauksissa, joissa gradienttikeloja kytketään samanaikaisesti päälle monimutkaisina sarjoina, voi taso nousta jopa 130 dB:iin. (Shellock 2015: 252.)

Matalataajuiset gradienttikentät ovat luokiteltu mahdollisesti karsinogeeniseksi ihmiselle mahdollisen lapsuusiän leukemian vuoksi (Hartwig ym. 2009: 1785). Useat tutkimukset ovat osoittaneet yhteyden magneettikenttien ja lapsuusiän syöpien välillä. Altistusajat ovat kuitenkin näissä tutkimuksissa olleet huomattavasti pidempiä kuin magneettikuvauksessa, joten ei voida suoranaisesti sanoa magneettikuvauksessa tapahtuvan altistuksen lisäävän lapsuusiän syöpää. (Calvente – Fernandez – Villalba – Olea – Nuñez 2010: 3066.)

### 5.1.3 Radiotaajuisen magneettikentän vaikutukset potilaan turvallisuuteen

Radiotaajuisen magneettikentän energia absorboituu potilaaseen ja muuttuu lämpöenergiaksi eli lämmittää kudosta (Huurto – Toivo 2000). Absorboitumisen aiheuttamaan lämmön nousuun vaikuttaa monta eri asiaa: kudoksen ominaisuudet, sähkömagneettisen aallon taajuus ja pulssiteho sekä altistusaika. Kudokset, joissa perfuusio eli nesteen läpivirtaus on vähäistä, ovat erityisen herkkiä lämmön nousulle. Tällaisia kudoksia ovat esimerkiksi kivekset ja silmä. Perfuusion ollessa vähäistä, lämpö ei ehdi tasaantua yhtä nopeasti kuin kudoksissa, joissa nesteen läpivirtaus on tehokkaampaa, aiheuttaen niin sanottuja kuumia pisteitä keholle.

Tatuoinnit, kestopigmentointi ja kosmetiikka, joissa on käytetty rautaoksideja voivat myös lämmentä magneettikuvauksen aikana ja aiheuttaa lieviä palovammoja potilaille. (Huurto – Toivo 2000; Hartwig ym. 2009: 1786, 1789.) Kestopigmentoinnin on todettu harvoin aiheuttavan haittaa magneettikuvauksessa, eikä se ole este magneettikuvaukselle. Potilaalta kannattaa kysyä mahdollisista tatuoinneista ym. ennen kuvausta. Pieni osa potilaista voi kokea lämmöntunnetta, joten heille on hyvä kertoa riskeistä ja mahdollisista tuntemuksista etukäteen. Potilasta myös ohjeistetaan ilmoittamaan tuntemuksista välittömästi röntgenhoitajalle. Varotoimenpiteenä voi myös käyttää kylmäkäärettä tatuoinnin päällä ehkäisemässä liiallista lämpenemistä. Tatuoinnit ja meikit voivat aiheuttaa myös kuva-artefakteja, jotka ilmenevät tatuoinnin ym. välittömässä läheisyydessä. Tatuoinnit eivät yleensä estä diagnostisesti riittävän kuvamateriaalin saamista, ellei kiinnostuksen kohteena oleva alue ole tatuoinnin kohdalla ja ihon pinnan lähellä. Esimerkiksi silmän kuvauksissa vahva silmämeikki voi aiheuttaa huomattavaa kuva-artefaktia ja meikkien poistaminen on tässä tilanteessa tarpeellista. (Shellock 2015: 228.)

Potilasturvallisuuden takaamiseksi on otettu käyttöön mittayksikkö SAR (specific energy absorption rate), jolla voidaan arvioida kudoksen lämmön nousua, sillä potilaan lämpötilaa on haasteellista mitata kuvauksen aikana. Magneettikuvauslaite tarkkailee SAR-arvoa kuvauksen aikana ja keskeyttää automaattisesti kuvauksen, jos kehon lämpötila nousee liian korkeaksi. Tarkoituksena kuvauksissa olisi, ettei aikuisen ihmisen lämpötila nousisi yli 1 °C eikä niillä, joiden lämmönsäätelykyky on alentunut (raskaana olevat naiset, vanhuksat, lapset ja kuumeiset potilaat), yli 0,5 °C. (Huurto – Toivo 2000; Hartwig ym. 2009: 1787.)

Korkea kuume voi olla haitaksi tai jopa esteenä kuvaukselle. Potilaan kehon lämpötilan on oltava alle 38 °C ennen kuvauksen aloitusta. Potilaan lämpötilan ollessa 38–39,5 °C voidaan kuvaus sallia radiologin suostumuksella. Jos lämpötila ylittää 39,5 °C, kuvausta ei suositella lainkaan. (HUS-Kuvantaminen 2016.) IEC (International Electrotechnical Commission) on asettanut SAR:n maksimiarvot eri kehonosille ja keskimääräisen arvon koko keholle, joiden alapuolella pysyttelemällä ei synny vaaratilanteita. Koko kehon keskiarvo normaalissa käytössä on 1,5W/kg ja valvotussa käytössä 4W/kg. Päälle kyseinen arvo on 3W/kg, vartalolle 8W/kg ja raajoille 12W/kg. (Huurto – Toivo 2000.)

Magneettikuvaus voidaan toteuttaa kolmella eri tasolla. Turvallisin kuvantamisen taso on Normal mode, jota käytetään erityisen herkissä kehon osien kuvantamisissa tai kun



potilas ei itse pysty kertomaan mahdollisista lämmön tuntemuksista. Siirryttäessä First level -tasolle, saattaa kuvaus aiheuttaa potilaalle fysiologista rasitusta. First levelillä voi kuvata vain hyväkuntoisia potilaita. Second levelillä kuvantamiseen tarvitaan eettisen toimikunnan lupa, sillä siitä saattaa aiheutua merkittävä riski potilaalle. (Lehtinen – Rinta–Kiikka – Ryymin 2008.)

## 5.2 Erilaisten esineiden turvallisuus magneettikentässä

Ferromagneettisia alkuaineita ovat rauta, koboltti, nikkeli ja gadolinium. Ferromagneettiset aineet magnetoituvat joutuessaan ulkoiseen magneettikenttään, ollen näin alttiita veto- tai vääntövoimille. Ferromagneettiset aineet säilyttävät magneettisuutensa vaikka aine poistetaan ulkoisesta magneettikentästä. (Westbrook – Roth – Talbot 2011: 311, 376; Kankaanpää: 7.) Huomattavin magneettikuvantamiseen liittyvä riski on ferromagneettisten esineiden joutuminen magneettikentän vaikutusalueelle (Hartwig ym. 2009: 1781). Tällaiset tilanteet ovat aiheuttaneet vakavia vammoja potilaille ja magneettikuvantamisessa työskentelevälle henkilökunnalle sekä jopa kuolintapauksia. Kuolintapaukset liittyvät potilaiden kuvantamiseen, joilla on ollut aneurysmaklipsi tai sydämentahdistin, sekä voimalla magneettikuvantamislaitetta kohti lentävien esineiden aiheuttamiin tuhoihin ihmiskehossa. (Orchard 2015: 248.) Kuolintapaukset havainnollistavat harmillisen hyvin näkymätöntä vaaraa, joka on läsnä magneettikuvauslaitteen käytössä. Jokaisen esineen kohdalla turvallisuus on arvioitava erikseen, sillä aineiden ferromagneettiset ominaisuudet kasvavat mitä suuremmassa magneettikentässä ne ovat (Shellock 2015: 227). Ferromagneettisten esineiden joutumista magneettikenttään pyritään estämään henkilökunnan hyvällä koulutuksella, esitietolomakkeilla, haastattelulla ja metallinpaljastimella (Orchard 2015: 249). Kuvauksen aikana välttämättömiä, mutta magneettiyhteensopimattomia esineitä on pyritty korvaamaan magneettiyhteensopivilla materiaaleilla. Esimerkiksi magneettiyhteensopivia happipulloja valmistetaan alumiinista. (Shellock 2015: 223.) Esimerkkejä ferromagneettisista esineistä:

- Sakset
- Paperiliittimet
- Suonenpuristimet
- Happipullo
- Potilassänky

(Tunninen – Ryymin – Kauppinen 2008: 17–18; Huurto – Toivo 2000; Shellock 2015: 223.)

Elektronisesti toimivien laitteiden, kuten sydämentahdistimen, toiminta voi häiriintyä magneettikentän vaikutuksesta (Huurto – Toivo 2000). Tahdistimet ovatkin olleet vuosia kontraindikaatioina magneettikuvaukselle. Tahdistimet voivat aiheuttaa haittaa potilaalle liikkumalla tai värisemällä, muuttamalla toimintaansa magneettikentän vaikutuksesta, käynnistymällä tai aktivoitumalla, lämpenemällä, johtamalla sähkövirtoja johtoja pitkin ja elektromagneettisen häiriintymisen seurauksena (RF-pulssi vaikuttaa sähkövirtapiiriin). (Shellock 2015: 167.) Tänä päivänä on kuitenkin kehitetty sydämentahdistimia, jotka ovat testatusti yhteensopivia magneettiympäristön kanssa. Magneettikuvausten lisääntyessä tulevaisuudessa on arvioitu, että 50–75%:lla tahdistinpotilaista on indisoitu syy MRI-tutkimukseen. Kehityksestä huolimatta FDA:lla (U.S. Food and Drug Administration) on vielä lukuisia tahdistinsysteemejä, joita se ei hyväksy käytäntöön. (Gold ym. 2015: 2582; Kalin – Stanton 2005: 326.)

Tahdistinpotilaan kuvantaminen ei ole siis suoraviivaista, sillä osa käytössä olevista tahdistimista ovat magneettiyhteensopivia, kun toiset taas eivät. HUS:n (Helsingin ja Uudenmaan Sairaanhoidopiiri) käytäntöjen mukaan sydämentahdistinpotilaat kuvataan 1,5 T:n laiteella ja kuvaus tapahtuu vain kardiologin erikoisluvalla (HUS-kuvantaminen 2015). Magneettikuvauksessa olleilla sydäntahdistinpotilailla on todettu haittavaikutuksia. Huomion arvoista on, että lähes kaikki kuolemantapaukset näissä tilanteissa ovat tapahtuneet potilaan mentyä magneettikuvantamisympäristöön ilman henkilökunnan tietoa sydämentahdistimesta. Monitoroiduissa olosuhteissa tapahtuneissa tahdistinpotilaan kuvauksissa taas ei ole raportoitu peruuttamattomia vahinkoja tai kuolemantapauksia. (Shellock 2015: 167.) Potilaan esihaastattelun tärkeys korostuu taas. Jos potilaalla on aiemmin ollut sydämentahdistin, joka on poistettu, pitää huomioida myös paikalle jääneiden sydämentahdistimen johtojen mahdollisuus. Joissain tilanteissa näistä johdoista voi muodostua suurempi riski kuin itse tahdistimesta. (Ott 2015: 180.)

Kuulolaitteet kuuluvat elektronisesti toimivien laitteiden kategoriaan, jotka voivat vahingoittaa tai joiden toiminta voi muuttua magneettikentän vaikutuksesta. Ulkoiset kuulolaitteet on helppo poistaa kuvauksen ajaksi. Sisäkorvaimplantit voivat olla kontraindikaatioita magneettikuvaukselle, koska kuvaus voi aiheuttaa vahinkoa sekä potilaalle että laitteelle. Yleisesti ottaen sisäkorvaimplantit eivät sovi magneettikuvantamisympäristöön ja

ne tulee poistaa ennen kuvausta, mutta viimeaikoina jotkin laitteet ovat saaneet ehdollisen hyväksynnän yhteensopivuudesta. (Shellock 2015: 170.)

Erilaisia potilaiden kehossa olevia implantteja tai esineitä on tutkittu vuosien varrella ja pyritty erottamaan mitkä ovat magneettiyhteensopivia. On havaittu että katetrit, joissa on käytetty johtavaa metallilankaa materiaalina, ovat vaarallisia magneettikuvantamisympäristössä. Kyseiset katetrit kuumenevat kuvauksen aikana ja saattavat jopa sulaa. Huomiota on myös kiinnitetty katetriin pituuteen ja muotoon, sillä virta indusoituu helposti silmukan muotoiseen katetriin. Tutkimusten perusteella metallia sisältävien katetriin viemistä magneettikenttään ei suositella. (Shellock 2015: 168.)

Useimmat virtsakatetrit ovat yhteensopivia magneettikuvantamisympäristöön, koska ne eivät sisällä metallisia osia. Joissain virtsakatetreissa on kuitenkin sisäänrakennettuna sensorit mittaamassa potilaan virtsan lämpötilaa. Monet näistä katetreista eivät ole magneettiyhteensopivia, koska ne sisältävät lämpömittarin ja katetrin pituisen johdon joka voidaan yhdistää monitoriin. Näissä katetrin osissa on metallia, joka reagoi magneettikentässä lämpenemällä ja voi aiheuttaa potilaalle palovammoja. (Shellock 2015: 177.) HUS mainitsee erikseen ehdottomiksi kontrastindikaatioiksi Swan-Ganz-keuhkovaltimo-katetrit, ARROW-epiduraalikatetrit ja COVIDIEN Mon-a-therm –virtsakatetrit (HUS-kuvantaminen 2016).

Insuliinipumppu voi myös olla ehdoton kontraindikaatio. Insuliinipumppuja on kahdenlaisia, ulkoisia ja sisäisiä. Molemmat näistä voivat aiheuttaa vaaratilanteen magneettikuvaukseen tulevalle potilaalle. Hyvin vahva magneettikenttä voi magnetoida pumpun insuliinia annostelevan osan ja näin vahingoittaa laitetta. Ulkoiset pumput pitää poistaa ennen tutkimusta. Jos insuliinipumppu joutuu vahingossa magneettikuvantamisympäristöön, pitää se välittömästi sammuttaa ja ottaa yhteyttä lääkäriin. (Shellock 2015: 271.)

Aivovaltimon pullistuman hoitoon käytettävät aneurysmaklipsit ovat usein ehdoton kontraindikaatio. Magneetin vaikutuksesta ferromagneettisista aineista tehdyt aneurysmaklipsit voivat siirtyä pois paikaltaan, joka voi aiheuttaa vakavia seurauksia potilaalle. Magnetisoimattomista materiaaleista tehtyjä klipsejä on onnistuttu kuvaamaan ilman haittoja. (Shellock 2015: 221.)

Useimmat sisäiset ortopediset proteesit tehdään ferromagnetoitumattomista materiaaleista, eivätkä näin ole ehdoton kontraindikaatio magneetikuvaukselle. Tällaisetkin proteesit voivat kuitenkin aiheuttaa vaaran muodostamalla johtavan silmukan. (Shellock 2015: 189.) Myös proteesit, jotka eivät ole ferromagneettisista materiaaleista tehtyjä voivat aiheuttaa huomattavia artefaktoja muodostuviin kuviin ja näin haitata kuvasta. Usein pienemmät esineet, kuten johdot ja metallilangat voivat aiheuttaa suuremman riskin lämpenemällä, kuin ortopediset proteesit. (Ott 2015: 180.)

Eksternien fiksaattoreiden magneettiyhteensopivuus arvioidaan aina tapauskohtaisesti riippuen muun muassa fiksaattorin materiaalista, kuvattavasta alueesta, staattisen kentän voimakkuudesta, fiksaattorin pituudesta ja muodosta. Suurin huoli eksternien fiksaattoreiden kanssa on niiden lämpeneminen. (Shellock 2015: 268.) Hammaspoteesit ja -raudat voivat aiheuttaa merkittäviä artefaktoja kuviin ja pilata esimerkiksi pään kuvauksen kokonaan. Niitä on hyvä ohjeistaa ottamaan pois, jotta kuvaus onnistuisi mahdollisimman hyvin. Proteeseja pyydetään ottamaan pois enemmänkin kuva-artefaktosten takia kuin potilasturvallisuuden. (Ott 2015: 180.) Ferromagneettisista aineista tehdyt kiinnitetyt hammaspoteesit ovat yleisesti hyvin paikallaan pysyviä ja vastavoimat estävät niiden liikkumisen ja irti lähtemisen (Shellock 2015: 174).

Potilaisiin, joilla on ihoa lävistäviä koruja voi törmätä useasti magneetikuvauksyksikössä työskennellessä. Pääsääntönä olisi hyvä poistaa korut potilaalta, koska ne saattavat sisältää ferromagneettisia tai sähköä johtavia materiaaleja, jotka voivat vahingoittaa potilasta. Jos koruja ei saa pois tai potilas ei niitä halua poistaa, häntä informoidaan mahdollisista riskeistä. Ferromagneettista materiaalia olevat korut kannattaa yrittää stabiloida esimerkiksi käyttämällä teippiä tai sideharsoa estämään liiallista liikettä ja paikaltaan siirtymistä. Johtavasta materiaalista tehtyjä koruja voi yrittää eristää kehosta teipein, sitein ja laastarein. (Shellock 2015: 239.)

Metallikappaleet, -sirut ja luodit saattavat olla kontraindikaatioita kuvaukselle. Kappaleet voivat aiheuttaa vakavaa haittaa liikkumalla, lähtemällä irti tai kuumenemalla. Vieraskappaleen vaarallisuus riippuu sen materiaalista, koosta ja geometriasta sekä staattisen magneettikentän ja gradienttien voimakkuuksista. Kappaleen sijainti suhteessa kehon tärkeisiin elimiin, hermoihin ja suoniin vaikuttaa paljon mahdollisuuteen suorittaa magneetikuvauks. Silmässä olevat metallisirut ovat ehdoton kontraindikaatio. Jos vierasesineen tarkasta sijainnista ei ole tietoa, voidaan sen paikallistamiseksi tehdä natiivikuvauks.

(Shellock 2015: 183; HUS-kuvantaminen 2012.) Alumiinifoliota tai muita metallisia komponentteja sisältävät lääkelaastarit saattavat kuumeta magneettikuvauksen aikana ja aiheuttaa potilaalle palovamman (Shellock 2015: 198).

## 6 Magneettitehosteaineet

Patologisessa kudoksessa on usein paljon vettä, jonka vety-ytimet eli protonit tuottavat korkean signaalin T2 painotteiseen kuvaan. Yleisesti T2 painotteisuutta käytetäänkin arvioitaessa poikkeavuuksia kudoksissa. (Westbrook – Roth – Talbot 2011: 372.) Patologisella kudoksella ja normaalilla kudoksella voi kuitenkin olla samat T1 ja/tai T2 ajat, eivätkä niiden lähettämät magneettikuvan muodostavat signaalit silloin erotu toisistaan.

Tehosteainetta käyttämällä saadaan lisättyä signaalien eroja aineen vaikuttaessa ympäröivän kudoksen vety-ytimien relaksaatioaikoihin ja näin parantamaan poikkeavuuksien näkyvyyttä. Magneettikuvissa näkyvät siis vain tehosteaineen vaikutukset, ei itse tehosteaine. Tehosteaineet jaetaan yleensä T1 tai T2 aineisiin, riippuen siitä kumpaa relaksaatioaikaa ne ensisijaisesti lyhentävät. Tällä hetkellä suurin osa suonensisäisesti annettavista tehosteaineista on T1 relaksaatioon vaikuttavia aineita. Nämä tehosteaineet koostuvat yhdestä tai useammasta paramagneettisesta metalli-ionista.

Metalli-ionit ovat yhdistetty kelaatteihin, jotka toimivat kuljetusaineina ja suojaavat elimistöä metalli-ionien myrkyllisyydeltä. (Brown – Semelka 2010: 205–206.) Paramagneettisella aineella on ulkoista magneettikenttää vahvistava vaikutus. Jos alkuaineella on pariton määrä elektroneja, protoneja tai neutroneja, se on paramagneettinen. Tehokkaimmin kudoksen paikallista magneettikenttää muuttaa alkuaine, jonka ulkokuorella on pariton määrä elektroneja, koska elektronien magneettinen momentti, eli niiden sisäisen pyörimisen, spinin aiheuttama magneettikenttä, on huomattavasti suurempi kuin protonien. (Paajanen – Kormanen 1986.)

Gadolinium on eniten tehosteaineissa käytetty paramagneettinen metalli-ioni. Se luokitellaan T1 tehosteaineisiin, mutta sitä käytetään myös T2, etenkin T2\* relaksaatioajan lyhentämiseen. T2\* poikkeaa T2:sta siten, ettei siinä korjata magneettikentän epähomogeenisuuksien aiheuttamaa spinien epävaiheistusta. Käytössä on ollut myös muun muassa superparamagneettisia rautaoksideoita, muttei niiden käyttö ole enää tavallista.

(Westbrook ym. 2011: 31–34, 377.) Jätämme harvinaisempiin tehosteaineisiin perehtymisen pois opinnäytetyöstämme ja keskitymme yleisimmin käytettyjen gadoliniumpohjaisten suonensisäisten tehosteaineiden ominaisuuksiin ja haittavaikutuksiin potilasturvallisuuden näkökulmasta.

## 6.1 Gadoliniumpohjaiset tehosteaineet

Gadoliniumpohjaiset tehosteaineet ovat hyväksytyt parenteraaliseen eli suoliston ulkopuoliseen käyttöön 1980-luvun lopulla (Shellock 2015: 245). Niitä käytetään magneettikuvantamisessa muun muassa aivojen, selkäytimen ja selkärangan alueen patologisten tilojen kuvantamiseen. Esimerkiksi diagnosoitaessa kasvaimia, nikamavälilevyjen prolapseja ja infektiosairauksia. Tehosteaineita hyödynnetään myös magneettiangiografiassa ja koko kehon magneettikuvauksiin, kuten diagnosoimaan vatsan, lantion ja rinnan alueen kasvaimia ja sairauksia, sekä sydän-, tuki- ja liikuntaelimestön patologioita (Guerbet 2014.)

Gadoliniumilla on seitsemän elektronia, mikä tekee siitä vakaimman paramagneettisen metalli-ionin. Lisäksi gadoliniumin elektroninen relaksaatio on melko hidas, mikä vaikuttaa sen tehokkuuteen magneettikuvauksen tehosteaineena. (Helm – Merbach – Toth 2013: 25.) Gadolinium on myrkyllinen ferromagneettinen alkuaine, mutta ruumiinlämpöisenä se on paramagneettinen ja yhdistettynä kelaattiin sitä voidaan käyttää turvallisesti (Westbrook ym. 2011: 373–378).

Gadoliniumkelaatit vaikuttavat T1 relaksaatioaikaan lyhentäen sitä ja tämän seurauksena leesiot eli vammat, vauriot ja häiriöt näkyvät kirkkaana magneettikuvassa. Gadoliniumin merkitys T2 relaksaatioaikaan on vähäisempi, mutta sitä hyödynnetään kuitenkin esimerkiksi aivojen verenkierron tutkimiseen. Aiemmin markkinoilla olleista gadoliniumpohjaisista tehosteaineista suurimmalla osalla on ollut hyvin samankaltaiset relaksaatioon vaikuttavat ominaisuudet. Uusia tehokkaampia gadoliniumkelaatteja on kuitenkin tullut markkinoille, joiden relaksaatiovaikutukset ovat kaksinkertaiset samalla annoksella. Näiden avulla voidaan joko parantaa patologian näkyvyyttä ja/tai vähentää annosta. Gadoliniumtehosteaineet eroavat toisistaan kelaattien ominaisuuksien perusteella. Gadoliniumkelaattien molekyyli rakenne on joko lineaarinen tai makrosyklinen, ioninen tai ei-ioninen. (Westbrook ym. 2011: 373–378.)

## 6.2 Gadoliniumpohjaisten tehosteaineiden haittavaikutukset

Gadoliniumkelaatit ovat erittäin hyvin siedettyjä valtaosalle potilaista. Akuutit haittavaikutukset ovat harvinaisempia, kuin käytettäessä jodipitoisia varjoaineita. Gadoliniumkelaattien puoliintumisaika on noin kaksi tuntia ja poistuminen elimistöstä tapahtuu pääsääntöisesti munuaisten kautta 24 tunnissa. (Shellock 2015: 245.) Suositeltu annostus on 0.1 millimoolia painokiloa kohti eli 0.2ml/kg (Westbrook ym. 2011: 379).

Kaikkien gadoliniumista aiheutuvien akuuttien haittavaikutusten määrä 0,1 mmol/kg tai 0,2 mmol/kg annoksella vaihtelee 0,07 % – 2,4 %. Suurin osa haittavaikutuksista ovat lieviä, kuten kylmyyden tunne, pahoinvointi tai oksentelu, päänsärky, lämmön tai kivun tunne pistokohdassa, kihelmöinti, kutina tai huimaus. Vielä harvinaisemmista haittavaikutuksista 0,004 % – 0,7 % yleisimpänä ovat nokkosihottuma ja hyvin harvoin bronkospasmi eli keuhkoputkikouristus. Anafylaktiset tai ei-allergiset anafylaktiset reaktio ovat erittäin harvinaisia esiintyvyydellä 0,001 % – 0,01 % ja kuolemaan johtavat reaktiot äärimmäisen harvinaisia. Akuuttien haittavaikutusten esiintyminen on kahdeksan kertaa suurempi potilailla, jotka ovat aiemmin saaneet reaktion gadoliniumpohjaisista tehosteaineista. Toisella kerralla reaktio voi olla voimakkaampi kuin ensimmäisellä kerralla. Henkilöillä joilla on astma ja useita muita allergioita, on suurempi riski saada reaktio. (Shellock 2015: 245.)

FDA:n (2015) raportin mukaan gadoliniumpohjaisista tehosteaineista jää jäämiä aivoihin pitkäksi aikaa, kun tehosteainetta on käytetty potilaalle neljä kertaa tai enemmän. Jopa niillä yksilöillä joilla munuaisten toiminta on normaalia. Tämän hetkisten tietojen pohjalta ei pystytä sanomaan vaikuttavatko jäämät terveyteen, ovatko ne vaarallisia terveydelle tai myötävaikuttavatko ne joidenkin muiden terveysongelmien syntyyn, vaan tutkimustietoa tarvitaan lisää. FDA suosittelee, että gadoliniumin mahdollisten vaikutuksien vähentämiseksi gadoliniumpohjaisia tehosteaineita käytettäisiin pelkästään tapauksiin joissa aineen tuoma tieto on välttämätön. (FDA 2015.)

### 6.2.1 Munuaisten vajaatoiminta ja NSF

Nefrogeeninen systeeminen fibroosi (NSF), joka tunnetaan myös nimellä munuaisperäinen fibrosoiva ihosairaus eli nefrogeeninen fibrosoiva dermopatia (NFD) on vakava ja hengenvaarallinen tauti, johon liittyy sidekudoksen muodostuminen ihoon aiheuttaen ihon paksuuntumisen, karheuden ja kovettumisen. Joskus tila voi

johtaa kontraktuurien ja nivelten vaikeiden liikerajoitusten syntyyn. Nefrogeenisistä systeemistä fibroosia sairastaville potilaille voi kehittyä muiden elinten systeemisiä muutoksia, kuten keuhko-, maksa-, lihas- ja sydänmuutoksia. (Fimea.)

Gadoliniumkelaatteja pidetään turvallisina potilaille joilla on normaali munuaisten toiminta, koska gadoliniumin ja kelaatin välinen sidos on erittäin vahva ja poistuminen kehosta nopeaa. On kuitenkin olemassa pieni riski, että sidos purkautuu ja gadolinium vapautuu elimistöön. (Cowper 2013.) Gadoliniumia sisältävien tehosteaineiden yhteys NSF:n kehittymiseen munuaisten vajaatoimintaa sairastavilla potilailla havaittiin ensimmäisen kerran vuonna 2006 (Westbrook ym. 2011: 382).

NSF on hyvin harvinainen mutta vaarallinen haittavaikutus gadoliniumpohjaisesta tehosteaineesta, eikä siihen ole toistaiseksi parannuskeinoa. Erityisen suuri riski saada NSF on käytettäessä vanhempia lineaarisia gadoliniumkelaatteja suurina annoksina ja etenkin munuaisten vajaatoimintaa sairastavilla, koska tehosteaineen poistuminen elimistöstä on hidastunut. (Haapisto 2013.) Näillä potilailla kasvaa riski gadoliniumin kerääntymiselle elimistöön, jos dialyysiä ei suoriteta nopeasti ja tehokkaasti. FDA:n ja Euroopan lääkeviraston antamien varoitusten jälkeen NSF tapausten esiintyvyys näyttää lähteneen laskuun. NSF:ää ei ole raportoitu potilailla, joilla ei ole akuuttia munuaisten vajaatoimintaa. (Cowper 2013.)

### 6.2.2 NSF riskiluokitus

Euroopan lääkeviraston lääkevalmistekomitea (CHMP) on luokitellut yhdeksän Euroopassa myyntiluvan saanutta gadoliniumia sisältävää tehosteainetta korkeaan, kohtalaiseen ja matalaan riskiin sairastua nefrogeeniseen systeemiseen fibroosiin. (Fimea).

<b>Korkea riski</b>	<b>Kohtalainen riski</b>	<b>Matala riski</b>
Omniscan® (gadodiamidi)	MultiHance® (gadobeenihappo)	Gadovist® (gadobutroli)
Optimark® (gadoversetamidi)	Primovist® (gadoksetiinihappo)	ProHance® (gadoteridoli)
Magnevist® (gadopenteettihappo)	Vasovist® (gadofosveseetti)	Dotarem® (gadoteerihappo)

Taulukko 1. CHMP:n luokittelemat tehosteaineet (Fimea).



Matalanriskin tehosteaineet kuuluvat makrosyklisiin tehosteaineisiin, joista ProHance® on ei-ioninen. Korkean ja kohtalaisen riskin aineet taas kuuluvat lineaarisiin tehosteaineisiin, joista Omniscan® ja Optimark® ovat ei-ionisia. (Westbrook ym. 2011: 372–393.) Fimean julkaisemien ohjeiden mukaan korkean riskin tehosteaineita käytettäessä kaikilta potilailta tulee määrittää munuaisten toiminta. Erittäin tärkeää se on yli 65 vuotiailta, koska munuaisten toiminta heikkenee ikääntyessä. Vasta-aiheet korkean riskin tehosteaineille:

- Potilaat joilla on vaikea munuaisten vajaatoiminta (GFR < 30 ml/min/1.73m<sup>2</sup>).
- Perioperatiiviset maksansiirtopotilaat, koska heillä munuaisten vajaatoiminta on yleistä.
- Alle neljän viikon ikäiset vastasyntyneet, koska heidän munuaisten toiminnan kehitys on vielä kesken.

Keskivaikean munuaisten vajaatoiminnan (GFR 30–59 ml/min/1.73m<sup>2</sup>) ja pikkulasten kohdalla yksittäisen annoksen tulee olla pienin mahdollinen, eikä sitä tulisi uusia ainakaan 7 päivän aikana. Rintaruokinta tulee keskeyttää vähintään 24 tunniksi korkean riskin ryhmään kuuluvan tehosteaineen käytön jälkeen. (Guerbet 2014; Fimea.)

Kohtalaisen ja matalan riskin tehosteaineita käytettäessä suositellaan kaikkien potilaiden munuaisten toiminnan määrittämistä. Näidenkin aineiden kohdalla sen määrittäminen on erityisen tärkeää yli 65 vuotiailta. Potilailla, joilla on vaikea munuaisten vajaatoiminta ja maksansiirtopotilailla tulee käyttää pienintä mahdollista yksittäistä annosta, jos käyttö on välttämätöntä, eikä sitä tulisi uusia ainakaan seuraavan 7 päivän aikana. (Fimea.)

Vastasyntyneillä ja pikkulapsilla tulee käyttää pienintä mahdollista yksittäistä annosta, eikä sitä tulisi uusia ainakaan 7 päivän aikana. Imetyksen keskeyttämistä 24 tunniksi harkitaan tarkasti imettävän äidin kanssa. Kohtalaisen riskin tehosteaineiden käyttöä koskevat varoitukset tulee tulkita matalan riskin varoituksia tiukemmin. (Fimea.)

### 6.2.3 Raskaana olevien potilaiden ja lasten turvallisuus

Tutkittua tietoa gadoliniumin vaikutuksista alkioon tai sikiöön on vähän. On kuitenkin osoitettu että standardi gadoliniumipohjainen tehosteaine kulkeutuu istukan läpi ja pää-

tyy sikiön virtsan kautta lapsiveteen. Näin on mahdollista että pieni määrä imeytyy nieltynä sikiön suolistoon. Oletuksena on, että kaikki gadoliniumpohjaiset tehosteaineet käyttäytyvät samalla lailla. Haittavaikutuksista ei ole kuitenkaan tähän mennessä raportoitu. NSF:n riski on kuitenkin olemassa, koska on katsottu mahdolliseksi että vapaata gadoliniumia voisi kerääntyä lapsiveteen. (Shellock 2015: 247.) Fimean julkaisemien ohjeiden mukaan tehosteaineen käyttöä raskauden aikana ei suositella, ellei tilanne sitä ehdottomasti vaadi.

Kuten on jo todettu, tehosteaine poistuu elimistöstä lähinnä munuaisten kautta ja sen käyttöä pidetään turvallisena, kun munuaisten toiminta on normaalia. Vastasyntyneillä ja imeväisillä munuaisten toiminnan kehitys on kuitenkin vielä kesken, mikä hidastaa gadoliniumkelaattien poistumista elimistöstä (Guerbet 2014). Luun häviäminen on mahdollinen vakava seuraus ei-ionisen lineaarisen tehosteaineen käytöstä sikiölle ja lapselle, joten niitä ei tulisi käyttää näille potilasryhmille (Brown ym. 2010: 217). Kaksi Euroopassa myyntiluvan saanutta tehosteainetta kuuluu näihin, Fimean ohjeistuksen mukaan ne ovat kuitenkin vasta-aiheisia vain lapsille, jotka ovat alle neljä viikkoisia ja pikkulapsille. Näitä tehosteaineita tulisi käyttää mahdollisimman pienellä annoksella, eikä annosta tulisi uusia ainakaan 7 päivän aikana. (Shellock 2015: 246.)

Tehosteainetta saaneen äidin maitoon erittyvästä gadoliniumista valtaosa on vakaassa ja kelatoituneessa muodossa ja hyvin pieni osa siitä imeytyy lapsen suolistoon. On kuitenkin olemassa mahdollisuus että gadoliniumia olisi myös vapaassa muodossa. Mahdolliset riskit lapselle ovat myrkytys ja allergiset herkistymiset tai reaktiot, mutta mitään näistä ei ole raportoitu. Koska gadoliniumkelaattien poistuminen tapahtuu normaalisti 24 tunnissa, ei imetystä ole tarpeellista keskeyttää pidemmäksi aikaa. (Shellock 2015: 246.)

### 6.3 Potilasturvallisuus kanyloitaessa

Kuvantamistutkimuksissa ja –toimenpiteissä käytettävien suonensisäisten tehosteainesten antaminen on osa röntgenhoitajan tehtäviä. Kanylointilupa edellyttää röntgenhoitajan osaamisen varmistamista, tarvittaessa lisäkoulutusta sekä toimintayksikön lääkärin myöntämää kirjallista toimintalupaa. (Turvallinen lääkehoito 2006: 49.) Suonensisäisen lääkehoidon mahdollisia komplikaatioita potilaalle vähentävät oikea kanylointitekniikka,

aseptiikka ja hyvät välineet. Esimerkiksi turvakanyylin käyttö ehkäisee neulanpistotapa-turmilta ja verikontakteilta. Kanyloinnista johtuva yleisin komplikaatio potilaalle on laski-motulehdus, jonka syy voi olla mekaaninen, kemiallinen tai bakteriologinen.

Mekaanista ärsytystä voidaan ehkäistä valitsemalla mahdollisimman pieni kanyyli, sekä kiinnittämällä se hyvin paikoilleen, ettei kanyyli pääsisi liikkumaan edestakaisin suo-nessa. Kanyloitavaksi suoneksi kannattaa valita suuri ja suora suoni, jossa on hyvä vir-taus. Näin vähennetään suonen puhkeamisen riskiä ja kemiallista laskimotulehdusta. Kädet tulee desinfioida ennen ja jälkeen pistokohdan tunnustelua, sekä ennen kanyloin-tia sairaalan ohjeiden mukaisesti. Potilaan iho puhdistetaan myös huolellisesti vähintään kiinnityssiteen kokoiselta alueelta. (Lyhytkestoisen iv-terapian käsikirja 2008: 2–18.) Huolellisella käsihygienialla ja aseptisellä toiminnalla ehkäistään bakteerien pääsy ve-reen. Iholla elävä *Staphylococcus aureus* on useimmiten syynä kanyloinnin aiheutta-maan bakteerien esiintymiseen veressä eli bakteremiaan. Pahimmillaan infektiosta on seurauksena verenmyrkytys. (Saano – Taam-Ukkonen 2013: 260.)

Kanyylin sijainti varmistetaan aina ennen tehosteaineen antoa fysiologisella keittosuo-lalla huuhtelemalla. Infuusio tulee keskeyttää heti, jos epäillään tehosteaineen kulkeutu-mista ihonalaiseen kudokseen. Suonensisäiseen lääkehoitoon liittyy aina myös ilmaem-bolian riski, vaikkakin perifeeristen laskimoiden kanyloinnissa riski on pieni. Kanyloidessa ja tehosteainetta antaessa tulee siis huolehtia, ettei ilmaa pääse veren-kiertoon. Hematooman muodostuminen joko kanyylin epäonnistuneen laitton tai kanyylin poiston yhteydessä lisää infektioriskiä. Hematooman välttämiseksi suonta tulee painaa kanyyliä poistaessa 3 - 4 minuutin ajan. Raajan kohottamisesta on myös hyötyä.

Potilaalla voi olla kuvaukseen tullessa jo valmiiksi kanyyli. Jos kanyyli on tukkeutunut, sitä ei saa yrittää aukaista huuhtelemalla, vaan se poistetaan ja uusi kanyyli asetetaan mieluiten toiseen kohtaan. Kanyyliin muodostunut verihyytymä voi irrotessaan kulkeutua verenkierron mukana keuhkoverenkiertoon aiheuttaen tromboemolian. (Lyhytkestoisen iv-terapian käsikirja 2008: 2–18.)

## **7 Eri potilasryhmien turvallisuus**

Potilas voi kärsiä magneettikuvauslaitteen ahtaudesta johtuvasta klaustrofobiasta tai ku-vauksesta johtumattomasta psyykkisestä häiriöstä. Tällaisista ongelmista kärsivä potilas

tarvitsee erityistä tukea ja ohjausta kuvauksen aikana. Kuvauksen keskeytykset potilaan klaustrofobian vuoksi ovat harvinaisia, mutta ahtaanpaikankammon aiheuttama ahdistuksen tunne on vakavasti otettava pelkotila joillain potilailla. Kuvattaessa päätä, kaulaa ja rintakehää, kohdataan usein klaustrofobisia reaktioita potilailla. Kaikissa magneettikuvauksissa asetellaan kuvattava kohde keskelle magneettiputkea, jolloin kyseisissä kuvauksissa potilaan ylävartalo sijaitsee magneetin keskiössä. Tällöin näkökenttä rajoittuu vain magneettikuvauslaitteeseen ja voi aiheuttaa ahdistuksen ja pelon tunnetta potilaalla. Klaustrofobisten potilaiden kuvantamista on pyritty helpottamaan kehittämällä magneettikuvauslaitteita potilasystävällisemmiksi. Magneettikuvauslaitteen putken halkaisijaa on suurennettu ja pituutta lyhennetty, jolloin suurempi osa potilaasta jää putken ulkopuolelle. Vaikeissa tapauksissa klaustrofobinen potilas voidaan kuvata avoimessa magneettikuvauslaitteessa. Niiden saatavuus on kuitenkin huonompi kuin suljetun magneettisysteemin. (Munn – Moola – Lisy – Riitano – Murphy 2015: e60-e62.)

Klaustrofobisten potilaiden reaktiot magneettikuvauksesta voivat vaihdella lievästä ahdistuksesta jopa paniikkikohtaukseen, jonka rauhoittamiseen tarvitaan lääkäriä tai lääkitystä. Fyysisiä psyykkisen häiriön aiheuttamia reaktioita ovat pahoinvointi, parestesia eli pistelyn tunne iholla, sydämentykytykset, rintakivut, pyörtyminen, huimaus, hengenahdistus, kuristava tunne, hikoilu ja vapina. Jos potilaalla on etukäteen tiedossa oleva psyykinen ongelma, tulisi häntä tarkkailla tarkemmin kuvauksen aikana. (Shellock 2015: 253.) Dementiapotilaiden kuvantamisessa tulisi kiinnittää erityistä huomiota potilaan taustojen ja sairaushistorian selvittämiseen, sillä potilas ei välttämättä itse osaa kertoa mahdollisista kontraindikaatioista magneettikuvaukselle.

Tutkimuksia magneettikuvantamisen ja -ympäristön turvallisuudesta raskaana oleville potilaille on olemassa vähän. Riskejä on vaikea arvioida, koska tutkimuksia tehdään erilaisissa kenttävoimakkuuksissa, vaihtelevilla parametreilla ja laitteet sekä ohjelmistot kehittyvät jatkuvasti. Turvallisuuskysymykset liittyvät mahdollisiin biologisiin haittavaikutuksiin staattiselle magneetikentälle altistumisesta, sekä gradienttikenttien ja radiotaajuusenergioiden aiheuttamiin haittavaikutuksiin. Useimmat laboratoriotutkimukset eivät ole löytäneet todisteita että magneettikuvaus aiheuttaisi haittaa tai vahinkoa sikiölle. Kuitenkin muutamassa tutkimuksessa on havaittu haittavaikutuksia aiheutuvan koe-eläimille. Se voiko eläinkokeiden tuloksia yleistää ihmisiin, on kyseenalaista. (Shellock 2015: 195.) Suosituksena on, ettei magneettikuvausta suoriteta potilaalle raskauden ensimmäisen kolmanneksen aikana, ellei potilaan tila sitä vaadi. Kuvattaessa raskaana olevaa

potilasta pyritään vähentämään potilaan altistumista käyttämällä kevyempiä sekvenssejä sekä välttämään tehosteaineen käyttöä. (Huurto ym. 2000.)

Lasten magneettikuvantamista suositaan, koska tutkimus ei tuota lapselle säderasitusta. Lapset tarvitsevat erityistä tukea ja ohjeistusta kuvantamisen aikana, sillä lapsi voi olla levoton tai hänen on vaikea ymmärtää annettuja ohjeita. Useimmiten lapsella on mukanaan vanhempi tai saattaja. Magneettikuvaus kestää puolesta tunnista jopa puoleen toista tuntiin vaatiessa täyttä liikkumattomuutta ja on näin ollen vaikea kuvaus lapsipotilaalle. Laite pitää myös kovaa ääntä joka saattaa pelottaa lasta. Pienet ja levottomat lapset kuvataan anestesiassa. Nukutus kuitenkin sisältää pienen riskin, sillä kommunikatio potilaan kanssa katkeaa ja potilas ei voi ilmaista mahdollisista välittömistä haittavaikutuksista kuvauksen aikana. Anestesia lääkäri on koko kuvauksen ajan nukutetun potilaan vierellä ja tarkkailee tämän vointia. (Pohjois-Pohjanmaan Sairaanhoidopiirin Kuntayhtymä 2012.)

## **8 Magneettikuvantamisen opetus Metropolia Ammattikorkeakoulussa**

Magneettikuvantamisen opetus tapahtuu Metropolia Ammattikorkeakoulussa radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmassa päivätoteutuksena tai monimuotototeutuksena. Molemmat toteutukset sisältävät samat opintokokonaisuudet, mutta eroavat toteutustavaltaan toisistaan. Päivätoteutukselle ominaisia piirteitä ovat läsnäolo tunneilla, ryhmässä oppiminen, erinäiset ryhmätyöt, itsenäinen työskentely ja oppiminen digitaalisen opetusmateriaalin avulla. Päivätoteutus soveltuu parhaiten niille, joilla ei ole aiempaa ammattitutkintoa tai kokemusta terveydenhuollon alalta. Monimuotototeutus sopii taas parhaiten niille, jotka omaavat aiempaa työkokemusta tai heillä on ammattitutkinto terveydenhuollon alalta. Monimuotototeutus voidaan toteuttaa yksilöllisesti oppilaan aieman osaamisen pohjalta ja se painottuu itsenäiseen työskentelyyn mahdollistaen esimerkiksi työssä käymisen yhtäaikaisesti opintojen kanssa. Monimuotototeutuksessa hyödynnetään myös paljon digitaalista opetusmateriaalia. (Metropolia Ammattikorkeakoulu 2015.)

Opinnäytetyön tuotosta tullaan käyttämään Metropolia Ammattikorkeakoulun "Potilas magneettitutkimuksessa" -opintojakson opetusmateriaalina. Opintojakso kuuluu "Röntgenhoitaja kliinisen radiografia- ja sädehoitotyön toimijana" - opintokokonaisuuteen, joka

on laajuudeltaan 60 opintopistettä. Opintojakson sisältö kattaa magneettikuvauksen teknisen suorittamisen, laitteiston esittelyn, turvallisuuden, tehosteaineet sekä erilaiset potilastyypit ja sen laajuus on 5 opintopistettä. Opintojakson jälkeen röntgenhoitajaopiskelijan tulisi olla tietoinen magneettikuvantamisen käytön perusteista ja sen käyttöalueista, osata työskennellä turvallisuusohjeiden mukaisesti vaarantamatta potilasturvallisuutta ja tähän liittyen tunnistaa magneettikuvantamisen vasta-aiheet, hallita käytettävien tehosteaineiden käyttö, tietää kuvanmuodostuksen fysikaaliset perusteet ja osata työskennellä erilaisten potilasryhmien kanssa magneettikuvantamisympäristössä. (Metropolia Ammattikorkeakoulu.) Olemme perustaneet virtuaalisen opetusmateriaalimme näille Metropolia Ammattikorkeakoulun asettamille tavoitteille.

Opintojaksoa opetetaan Metropolian Ammattikorkeakoulussa lähiopetuksena Metropolian toimipisteessä sekä verkko-opetuksena muualla Suomessa. Verkko-opetus tapahtuu pääosin opettajan järjestäminä virtuaaliluentoina verkossa. Lähiopetuksen toteutus on monipuolisempi ja se koostuu luennoista, vierailukäynneistä ja vierailevista luennoitsijoista, seminaarityöskentelystä sekä oppimispäiväkirjan ylläpitämisestä. Työelämäyhteistyö on noussut merkittävään rooliin opintojakson toteutuksessa. Opiskelijat tutustuvat erilaisiin työelämän mahdollisuuksiin jo opiskeluvaiheessa ja saavat käytännönläheisen kuvan magneettikuvantamisesta työskentelystä. (Törnroos - Blomqvist 2016.)

Opintojakso arvioidaan seminaarityön, oppimispäiväkirjan sekä laiteopin ja magneettifysiikan tentin perusteella asteikolla 0-5, jossa 0 on hylätty ja 5 kiitettävä suoritus. Seminaarityöt toteutetaan pienryhmissä, jossa jokainen ryhmä perehtyy heitä kiinnostavaan aihealueeseen. Työt esitellään seminaarilaisuudessa opintojakson lopussa. Oppimispäiväkirjan tarkoituksena on reflektoida ja jäsentää opiskelijan oppimista. (Törnroos - Blomqvist 2016.) Tuottamamme verkko-opetusmateriaali soveltuu hyvin molempien opetusformaattien tueksi tarjoten opiskelijoille pieniä tehtäviä, esimerkiksi kotitehtäväksi, sekä yhtenäisen alustan, jossa opintojaksolla käytyt asiat yhdistyvät kokonaisuudeksi. Opetus jakautuu kolmen opettajan kesken, jotka vastaavat kukin omasta vastuu-alueestaan. Pääosin opetus jakautuu laitetekniikkaan ja fysikaalisiin perusteisiin, turvallisuuden sekä magneettikuvantamisprosessiin. (Törnroos - Blomqvist 2016.)

## 9 Opinnäytetyön toteutuksen ja menetelmien tarkastelu

Opinnäytetyön toteutuksessa hyödynsimme menetelmiä, jotka hallitsimme ja sellaisia työtapoja, jotka olivat meille mielekkäitä. Alkuperäinen suunnitelma erosi jonkin verran lopullisesta tuotoksesta, sillä ideat kehittyivät prosessin edetessä. Päätimme keskittyä siihen minkä koimme itse hyödylliseksi opiskelijan näkökulmasta, ja luovuimme teknillisistä hienouksista, jotka eivät välttämättä edistäisi opiskelua. Pyrimme pitämään koko prosessin ajan mielessä verkko-opetusmateriaalin laadukkuuden ja keskittymään tähän.

Viitekehystä lähdimme rakentamaan hakemalla tietoa eri tietokannoista kuten Ebsco, Cinahl, Medic ja ScienceDirect sekä internetin hakukoneita Googlea ja Google Scholaria. Hakusanoina käytimme mm. "verkko-opinnot", "online learning", "blended learning", "gadolinium", "MRI contrast agents", "NSF gadolinium" "oppimistyyli", "magneettitutkimukset", "mri", virtuaaliopiskelu", "verkko-oppiminen", "mri AND safety", "ferromagnetic materials", "acoustic noise MRI", "biological effects MRI", "physiological effects MRI", "veren koostumus". Hyödynsimme myös muita samankaltaisia opinnäytetöitä ja tehtyjä tutkimuksia tutkimalla niiden lähdeluetteloita. Tiedonhakua olemme kuvanneet liitteessä 3.

Rakensimme virtuaalisen oppimisympäristön Moodle-pohjalle ja nimesimme sen aihealueen mukaan. Työtilan nimi on Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa. Olemme jakaneet työtilassa pienemmät aihealueet eri välilehdille, koska koimme sen selkeyttävän ulkoasua ja jäsentävän oppimista. Kurssialue jakautuu magneettikenttien vaikutuksiin, tehosteaineiden turvalliseen käyttöön, tutkimustilojen ja laitteiston turvallisuuteen sekä erilaisiin potilasryhmiin. Jokaiselle välilehdelle on upotettu diasarja, joka johdattaa opiskelijan kyseisen aihealueen teoriaan. Tiivistelmän lisäksi välilehdiltä löytyy tarkempi katsaus aiheeseen sekä aiheeseen pohjaavia tieteellisiä lähteitä, jos opiskelija on kiinnostunut syventämään osaamistaan. Joihinkin aihealueisiin olemme myös liittäneet videon tai Älypää-visan. Työtilasta löytyy myös itsenäinen tehtävä-välilehti, jolta löytyy keskitetysti koko aihealuetta kokoavia tehtäviä. Perehdyimme Moodle-ympäristön muokkaamiseen katsomalla YouTube-videoita, joissa ohjeistettiin monipuolisen ja visuaalisesti rikkaan Moodle-pohjan luomisessa.

Opinnäytetyön tuotoksen tietoperusta nojautuu luotettaviin lähteisiin kuten tutkimuksiin, oppikirjoihin, tieteellisissä lehdissä julkaistuihin artikkeleihin ja laadukkaisiin verkkodokumentteihin. Keräämämme tiedon pohjalta kokosimme PowerPoint -esityksiä jokaisesta

aihealueesta. PowerPoint -esityksiin liitimme itse ottamiamme havainnollistavia kuvia ja rakensimme esitykset niin, että ne ovat mahdollisimman selkeitä ja helppolukuisia. Hyödynsimme valmista Metropolian PowerPoint-pohjaa, jotta tuotos palvelisi tuotteen tilaajaa sekä ulkoasu diasarjoissa olisi yhtenäinen.

Video- ja kuvamateriaalin opinnäytetyöhön tuotimme yhteistyössä Omasairaalan ja Metropolian ammattikorkeakoulun kanssa. Päätettyämme halutun kuvamateriaalin muodon mietimme mahdollisuutta kuvata video oikeassa magneettikuvantamisympäristössä. Toiveissamme oli löytää hyvä yhteistyökumppani työelämästä, jolta saisimme luvan tuottaa kuvamateriaalia heidän tiloissaan. Ollessamme koulun opintojen puolesta yhteydessä Omasairaalaan, esittelimme heidän kuvantamisen tiiminvetäjälleen ideamme videoista opinnäytetyöhömme. Kohtasimme Omasairaalaan innostusta opinnäytetyötämme kohtaan ja myöhemmin esittelimme tarkemman suunnitelman videoillemme ja muulle kuvamateriaalille sekä sovimme kuvausaikeista. Saimme kuvan- ja videonkäyttöoikeudet sillä ehdolla että hyväksytämme materiaalin ennen käyttöä Omasairaalan kuvantamisen tiiminvetäjällä. Koko kuvausprosessi, ensimmäisestä yhteydenotosta kuvamateriaalin liittämiseen opinnäytetyöhömme, sujui helposti ja ongelmitta. Teimme kaksi ohjeistavaa videopätkää magneettikuvantamisen turvallisuuteen liittyen. Videon potilaan esivalmisteluista ja turvallisesta asettelusta kuvasimme Omasairaalan tiloissa ja kanylointivideon Metropolia Ammattikorkeakoulun hoitotyön harjoittelun tiloissa.

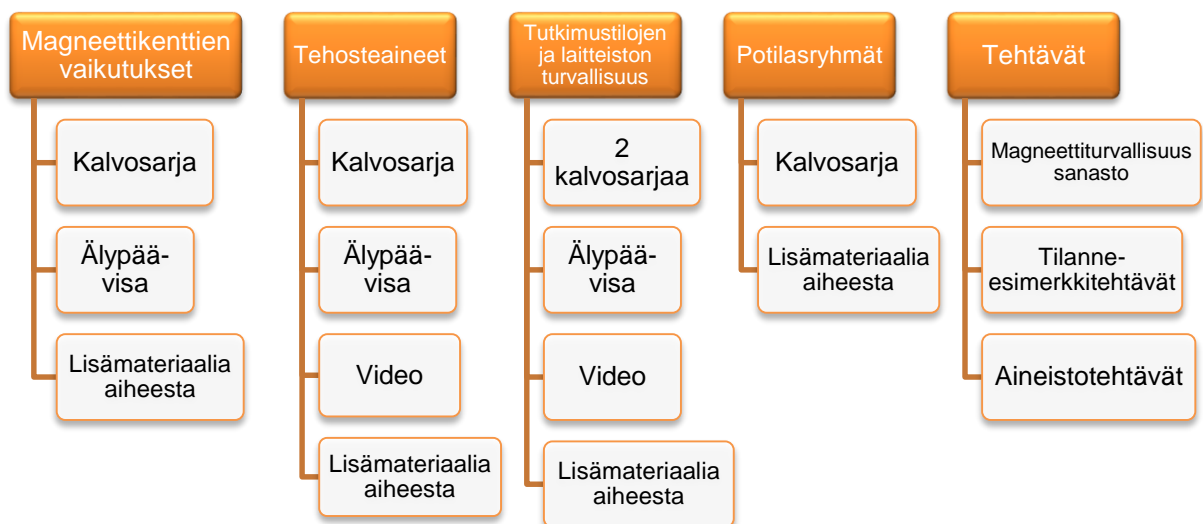
Koimme videoiden osallisuuden opinnäytetyössämme tärkeäksi, sillä ne havainnollistavat tilanteita tosielämässä ja tukevat näin opittua teoriapohjaa. Videot kuvattiin järjestelmäkameralla, jonka tuottaman laadun arvioimme käyttötarkoitukseen riittäväksi. Videopätkät editoimme valmiiksi MacBook Pro:n iMovie-ohjelmalla. Kuvaamista Omasairaalan tiloissa oli valvomassa Omasairaalan kuvantamisen työntekijä. Musiikin olemme valinneet videoihin Soundcloud internet-palvelusta, jossa kuka tahansa voi julkaista tekemäänsä musiikkia. Valitsemiemme kappaleiden tekijä Marcus Neely on antanut luvan Soundcloud profiilissaan tekemänsä musiikin ilmaiseen lataamiseen ja käyttämiseen.

Näiden lisäksi tuotimme pieniä testejä erilaisissa muodoissa tietoperustan pohjalta, jotta opiskelija voi mitata oppimaansa, saa tiedon oppimastaan reaaliaikaisesti ja tarpeen tullen voi harjoitella lisää. Joidenkin aihealueiden perästä löytyy Älypää-tietovisa, jonka kanssa voi testata juuri oppimaansa hausalla tavalla. Moodle-alustaan olemme tehneet useita lyhyitä essee-vastauksia vaativia tenttejä. Tilannetehtävissä on esitelty jokin mag-



neettikuvantamisessa mahdollisesti eteen tuleva tilanne ja pyydetty opiskelijaa kirjallisesti kertomaan miten he toimisivat kyseisessä tilanteessa tai mitä he ottaisivat huomioon. Halusimme auttaa opiskelijoita hyödyntämään oppimaansa tietoa tosielämän olosuhteita simuloivissa tehtävissä. Näin oppilas saa jo muutamia työkaluja joihin palata ollessaan työharjoittelussa tai töissä magneettikuvantamisessa.

Aineistotehtävillä halusimme tutustuttaa opiskelijan MRIsafety.com-sivustoon, joka on yleisesti hyväksytty ja käytetty magneettiturvallisuustietoa sisältävä verkkosivusto. Olemme pyytäneet oppilaita tutustumaan sivuston artikkeleihin ja niiden perusteella vastaamaan kysymyksiin. Näin sivuston käyttö tulee tutuksi ja kynnyksen sen käyttämiseen työelämässäkin alenee. MRI-turvallisuussanasto -tehtävässä opiskelija yhdistelee magneettiturvallisuudesta tutuksi tulevia sanoja niitä vastaaviin selityksiin. Näin tulee aktiivisesti kerrattua uutta sanastoa.



Taulukko 2. Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa-Moodle oppimisolun sisältö.

## 10 Pohdinta

Opinnäytetyömme lähti liikkeelle magneettikuvantamisen verkko-opetuksen kehitystarpeesta. Koimme, että magneettiturvallisuuden keskittyvästä verkko-opetusmateriaalista olisi opiskelijoille hyötyä ja sille olisi tarvetta, sillä tällaista verkkoympäristöä ei vielä ole

käytössä Metropolia Ammattikorkeakoulussa. Verkkomateriaalin kehittäminen on keskeistä maailman digitalisoitumisen vuoksi. Myös Metropolia Ammattikorkeakoulu on alkanut järjestää verkkokursseja muualle Suomeen, jolloin verkkomateriaali nousee tärkeäksi osaksi opetusta. Tämän vuoksi opinnäytetyömme kaltaiselle tuotokselle on kysyntää.

Lähdimme kehittämään verkko-opetusmateriaalia "Potilas magneettitutkimuksessa"-opintojakson opetussuunnitelman ja tavoitteiden ympärille. Koimme myös hyödylliseksi perustaa verkko-opetusmateriaalin sisältöä vastaamaan HUS:n magneettikuvantamissa työskentelevän röntgenhoitajan perehdytyslomakkeisiin, koska suuri osa Metropolia Ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon koulutusohjelman opiskelijoista työllistyy HUS:n palvelukseen.

### 10.1 Opinnäytetyön toteutuksen tarkastelu

Tiedostimme opinnäytetyöprosessin alussa, että opinnäytetyömme voi kohdata sekä ulkoisia että sisäisiä riskejä. Ulkoisten riskien toteutuminen ei johdu hankkeesta, mutta voi vaikuttaa toteutukseen ja tulokseen (Silfverberg 2007: 32). Opinnäytetyömme ulkoisia riskejä olisivat voineet olla esimerkiksi yksityisen sairaalan kanssa sopimamme magneettikuvauslaitteiston ja -ympäristön kuvausluvan peruuntuminen aikataulullisista tai joistakin muista syistä. Sisäiset riskit sitä vastoin johtuvat hankkeen toteuttamistavasta itsestään (Silfverberg 2007: 32). Sisäisiin riskeihin liittyi esimerkiksi opinnäytetyön eteneminen suunnitellusti, kun aikaa veivät myös muun muassa harrastukset, työt ja kouluun liittyvät muut velvoitteet. Pysyimme kuitenkin suunnittelemassamme aikataulussa ja saavutimme väliaikatavoitteet hyvissä ajoin, mihin vaikutti varmasti mielestämme hyvin onnistunut aiheenrajaus. Pidimme potilasturvallisuusnäkökulman punaisena lankana rakentaessamme virtuaaliselle oppimisympäristölle viitekehystä sekä itse toteutusta tehdessä.

Silfverbergin (2007: 35) mukaan projektin suunnittelu tulisi aloittaa tavoitteiden asettamisella ja mittarien määrittämisellä. Mittarien tarkoituksena on arvioida kuinka hyvin tuotos saavuttaa asetetut tavoitteet. Opinnäytetyömme ollessa varsin pieni projekti, käytimme työssämme hyvin yksinkertaisia mittareita, joilla seurasimme edistymistä. Käytännössä keskustelimme ryhmän keskuudessa mitkä ovat ne kriteerit mitä haluamme tuotoksesamme näkyvän. Eräänä arviointikriteerinä pidimme aiheen rajausta. Huolehdimme

opinnäytetyöprosessin edetessä ettei aihe laajenisi liian suureksi, jotta saisimme luotua tarpeeksi syväluotaavan katsauksen potilasturvallisuuteen magneettikuvantamisessa.

Verkko-opetusmateriaalin laadukkuus ja helppokäyttöisyys olivat myös tavoittelemiamme asioita virtuaalisen oppimisympäristön luomisessa. Pysähdyimme useaan otteeseen miettimään kurssialustaa opiskelijan näkökulmasta ja kehitimme sitä pohdintojemme perusteella mielenkiintoiseksi ja innostavaksi oppimisympäristöksi. Arvioimme myös tarkkaan tekemiemme videoiden ja ottamiemme kuvien laadukkuutta. Halusimme varmistaa, että video pysyisi mahdollisimman pitkään käyttökelpoisena teknologian kehittyessä pitämällä kuvanlaadun korkeana. Annoimme materiaalin myös opinnäytetyötämme ohjaaville opettajille sekä magneettiopetuksesta vastaaville lehtoreille arvioitavaksi. Palautteen perusteella teimme työmme kannalta hyödyllisiä muutoksia.

Tärkeimpänä mittarina opinnäytetyöllämme oli Moodle-opetusmateriaalin testiversion arviointi ulkopuolisella kohderyhmällä. Teimme röntgenhoitajaopiskelijoille kyselyn, jolla halusimme kartoittaa miten hyvin opinnäytetyömme tuotos palvelee kohderyhmäänsä (Liite 2). Palautetta saimme harmiksemme ainoastaan kahdeksalta opiskelijalta. Opiskelijat tutustuivat tekemäämme Moodle-ympäristöön ja tämän jälkeen täyttivät palautelomakkeen. Palautelomakkeessa kysyimme mitä hyötyä opiskelijat kokivat saaneensa tekemästämme opetusmateriaalista, oliko tietoa vaikea löytää Moodlesta, vastasiko Moodle-ympäristö heidän odotuksiaan, kokivatko he tämän tyyllisen opetuskanavan hyödylliseksi ja olisiko heillä kehitysehdotuksia.

Saamamme palaute oli kaikin puolin varsin positiivista. Vaikka opiskelijat olivat eri vaiheissa opiskelua, kokivat kaikki hyötyneensä materiaalistamme. Ja ne jotka olivat opiskelleet jo magneettikuvantamisen koulussa, toivoivat että materiaali olisi ollut jo silloin olemassa kun he opiskelivat kyseisiä asioita. Seitsemän opiskelijan mielestä tietoa oli helppo löytää oppimisympäristöstämme ja asiat oli selkeästi jaoteltu ja esitetty. Yksi opiskelijoista ei ymmärtänyt kysymystä. Puolet vastanneista kertoivat että opetusmateriaali vastasi heidän odotuksiaan. Loput vastasivat että se ylitti heidän odotuksensa. Koska palaute oli positiivista, saimme vahvistuksen sille, että opinnäytetyömme tuotos on tarpeellinen ja opiskelijajstäväallinen. Tässä muutamia esimerkkejä saamastamme palautteesta.

*"Vastasi ja ylittikin odotukset. Lisäksi videot olivat tasokkaita ja kuvat toivat elävyyttä ppt-dioihin."*

*"Hyödyllinen, oispa tämmönen ollut kun itse opiskelin magneetin turvallisuutta."*

*"Koska olen menossa keväällä MRI- harjoitteluun, koin että tiiviit ohjematskunne on helppo tulostaa mukaan."*

Saimme myös joitain kehitysehdotuksia opiskelijoilta ja muokkasimme tuotosta saamiemme palautteiden perusteella. Lisäsimme tuotokseemme ohjeistuksia esimerkiksi tehtäviin, korjasimme diasarjojen sisältöä täsmällisemmäksi, muokkasimme lisämateriaaliosioita ja piristimme työtilan ulkoasua. Saimme myös ehdotukseksi tehdä Moodle-tentin, mutta jätimme tämän toteuttamatta, koska koimme että harjoitustehtäviä ja testejä oli jo tuotoksessamme riittävästi. Tämän lisäksi tiedostimme, että kurssin opettaja tekee omanlaisensa tentin kurssin sisällöstä. Tässä joitain saamiemme kehitysehdotuksia, jotka toteutettiin.

*"Tyyliseikka: you tube linkki quenchingistä: selkeyden vuoksi alleviivaus, sininen väri tms niin tekee mieli klikata"*

*"Lisämateriaalin ja älypään voisi muutamalla sanalla esitellä, jolloin herättelisi käyttäjän mielenkiintoa."*

*"Ehdottomat kontraindikaatiot voisi listata selkeästi jos eivät jossain olleet"*

## 10.2 Opinnäytetyöryhmän tarkastelu

Opinnäytetyöryhmämme jäsenet olivat työskennelleet aikaisemmin yhdessä useiden eri tehtävien ja projektien parissa, joten ryhmäytyminen ja työtapojen etsiminen ei kuluttanut ryhmämme käytössä olevia resursseja. Työskentely sujui mutkattomasti eikä erimielisyyksiä juurikaan tullut. Ryhmässä on vallinnut vapaa ilmapiiri ja tämän vuoksi työn jatkuva arviointi on ollut mahdollista. Kirjoitimme projektiraporttia ja tuotimme osa-alueita verkko-opetusmateriaaliin Microsoft Office 365 Educationin OneDrive pilvipalvelussa verkossa yhdessä ja itsenäisesti. Yhteiskirjoittaminen vaati opettelua, jotta työskentely

olisi mahdollisimman tehokasta. Yhdessä kirjoittaessa tekstin arviointi tapahtui reaaliaikaisesti. Arvioimme ja kommentoimme myös jatkuvasti toistemme tuotoksia, kun kirjoittaminen tapahtui yksilöllisesti.

Prosessin alussa suunnittelimme aikataulun, jonka tarkoituksena oli saada työ etenevään halutussa tahdissa. Aikataulut elivät opinnäytetyön edetessä, mutta pysyimme hyvin suunnitelmassamme. Olemme olleet opinnäytetyön ohjaajamme Anne Kankaan kanssa yhteydessä koko opinnäytetyöprosessin ajan saaden ohjausta sekä parannusehdotuksia. Pyysimme myös sisällönohjaajaamme Päivi Blomqvistia arvioimaan tietopohjamme luotettavuutta ja sisällön kattavuutta.

Opinnäytetyöryhmämme jäsenillä ei ollut juurikaan kokemusta digitaalisen materiaalin käsittelystä. Olimme kuitenkin motivoituneita tekemään laadukkaan tuotoksen, joten käytimme hyödyksemme esimerkiksi Moodlen käytön helpottamiseksi tehtyjä ohjeistusvideopätkiä YouTube-palvelussa. Olimme positiivisesti yllättyneitä siitä kuinka pieniin ongelmiin lopulta törmäsimme. Videoiden editoimiseen käyttämämme iMovie-ohjelma oli helppokäyttöinen ja sen kanssa ei ilmennyt hankaluuksia.

### 10.3 Opinnäytetyön eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyömme eettisyyteen vaikuttavat muun muassa aiheenvalinta, onko työmme tarpeellinen ja hyödyllinen toteuttaa, sekä lähteiden luotettavuus ja niiden käyttö. Käyttämämme lähteet ovat luotettavista tietokannoista ja tieteellisesti merkittävien artikkelien lähdeluetteloista. Olemme lukeneet valikoidut lähteet huolella ja arvioineet niitä kriittisesti. Lähteiden valikoitumiseen on voinut vaikuttaa oma halumme kohdistaa aihe tiettyyn suuntaan. Esimerkiksi olemme voineet tahattomasti valita magneettiturvallisuutta käsittelevään opinnäytetyöhömme lähteitä, jotka korostavat vaaratilanteita magneettikuvantamisessa ja jättää vähemmälle huomiolle ne, jotka vähättelevät magneettikuvantamisesta aiheutuvaa vaaraa. Omat ennakkokäsityksemme ovat saattaneet myös vaikuttaa tiedonhaun eettisyyteen. Olemme voineet kohdistaa hakua vain niihin aihealueisiin, joiden tiedämme olevan olemassa, jolloin emme ole välttämättä löytäneet kaikkea keskeisintä tietoa opinnäytetyöhömme. Olemme pyrkineet käyttämään mahdollisimman uusia lähteitä ja näin lisäämään viitekehysten ajankohtaisuutta ja sitä kautta luotettavuutta. Koemme että olemme luoneet kattavan ja laajan viitekehysten opinnäytetyöllemme

käyttäen monipuolisesti ja runsaasti laadukkaita lähteitä. Olemme myös pyrkineet toteuttamaan hyvää tieteellistä käytäntöä merkitsemällä huolellisesti lähdeviitteet tekstiin, niin että tiedon alkuperä olisi lukijalle helposti ymmärrettävissä.

Opinnäytetyömme luotettavuuden edistämiseksi olemme kuvailleet eri työvaiheet tarkasti toteutus ja menetelmät osioon. Työssämme ei myöskään ole esillä omia johtopäätöksiä, vaan olemme pohjanneet esittämämme tiedon tieteelliseen näyttöön ja luotettaviin artikkeleihin. Virtuaalisessa oppimisympäristössä käyttämämme kuvamateriaalin olemme kuvanneet itse sekä Metropolian Ammattikorkeakoulun että Omasairaalan tiiloissa. Omasairaalan kuvamateriaalin olemme vielä hyväksyttäneet Omasairaalan kuvantamisen tiiminvetäjällä. Kuvamateriaalissa esiinnyimme itse hoitajina ja potilaina. Videopätkien loppuun lisäsimme myös videolla esiintyvät henkilöt ja kiitokset yhteistyötaidoille. Omasairaalassa kuvattuihin videoon ja kuviin laitoimme yrityksen logon näkyville. Kahteen PowerPoint - diasarjaan on käytetty vanhemman luvalla sukulaistytön kuvaa, niin ettei hän ole tunnistettavissa. Voimmekin siis turvallisesti todeta, ettei tekijänoikeuksia ole loukattu käyttämässämme materiaaleissa.

#### 10.4 Opinnäytetyön hyödynnettävyys

Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa verkko-opetusmateriaali hyödyttää ensisijaisesti Metropolia Ammattikorkeakoulun röntgenhoitajaopiskelijoita. Verkko-opetusmateriaali on helposti saatavilla ajankohdasta ja paikasta riippumatta. Näin se edesauttaa itsenäistä opiskelua ja kertaamista aiheesta magneettikuvantamisen opetuksen sekä työelämässä toteutettavan harjoittelun aikana. Verkko-opetusmateriaalia voi hyödyntää magneettikuvantamisen lähiopetuksen ja monimuotototeutuksen lisäksi myös tutkintoon liittyvässä lääkehoidon opetuksessa kanylointi materiaalin osalta. Video on pyritty tekemään mahdollisimman havainnollistavaksi ja opastavaksi niin että kanyloinnin eri vaiheet tulevat selkeästi esille.

Verkko-opetusmateriaalimme on rajattu koskemaan pelkästään potilasturvallisuutta magneettikuvantamisympäristössä. Jatkossa verkko-oppimisympäristöön olisi hyödyllistä tuoda magneettikuvantamisen opetukseen liittyvät muutkin aihealueet. Verkko-oppimisympäristöä on helppo päivittää ja muokata, joten sisältöä voi kasvattaa opettajien tarpeelliseksi katsomalla tavalla. Myös muihin radiografian ja sädehoidon modaaliteetteihin voisi käyttää vastaavaa Moodle-pohjaa yhtenäisen verkko-opetusmateriaalin rakentamiseksi.

Toteuttamamme verkko-opetusmateriaalin käyttöoikeudet jäävät Metropolia Ammatti-korkeakoululle, mutta materiaalia voisi hyödyntää myös opiskelijan ohjauksessa työelämässä. Opiskelijan huolelliseen perehdyttämiseen turvallisuusasioissa tulisi panostaa ja ohjata näin opiskelija heti alusta asti toimimaan vastuullisesti.

## Lähteet

Brown, Mark A. – Semelka, Richard C. 2010. MRI: Basic principles and applications. 4th edition. New Jersey: Wiley-Blackwell.

Calvente, I. – Fernandez, M.F. – Villalba, J. – Olea, N. – Nunez, M.I. 2010. Exposure to electromagnetic fields (non-ionizing radiation) and its relationship with childhood leukemia: A systematic review. *Science of the Total Environment* 408. 3062–3069.

Chakeres, Donald W. – de Vocht, Frank 2005. Static magnetic field effects on human subjects related to magnetic resonance imaging systems. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 87 (2005). 255–265.

Clark, Richard E. 1983. Reconsidering research on learning from Media. *Review of educational research* 53(4). 445–459. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.uky.edu/~gmswan3/609/Clark\\_1983.pdf](http://www.uky.edu/~gmswan3/609/Clark_1983.pdf)>. Luettu 7.9.2015.

Cowper, Shawn E. 2013. The International Center for Nephrogenic Systemic Fibrosis Research (ICNSFR). Verkkodokumentti. <<http://www.icnfr.org/>>. Luettu 10.10.2015.

Falenius, Mia – Leino, Mia – Leinonen, Rauni – Lumme, Riitta – Sundqvist, Leena 2006. Työelämäyhteyksien merkitys opinnäytetyössä. Virtuaali Ammattikorkeakoulu. Verkkodokumentti. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/030906/1113558655385/1154602490299/1154670209652/1154756067137.html>>. Luettu 8.9.2015.

FDA 2015. Gadolinium-based Contrast Agents for Magnetic Resonance Imaging (MRI): Drug Safety Communication - FDA Evaluating the Risk of Brain Deposits With Repeated Use. Verkkodokumentti. <<http://www.fda.gov/Safety/MedWatch/SafetyInformation/SafetyAlertsforHumanMedicalProducts/ucm456012.htm>>. Luettu 3.10.2015.

Fimea. Tiedote terveydenhuollon ammattilaisille - gadoliniumia sisältävät varjoaineet ja nefrogeenisen systeemisen fibroosin (NSF) riski. Verkkodokumentti. <[https://www.fimea.fi/documents/160140/765540/18192\\_GdCA\\_tiedote.pdf](https://www.fimea.fi/documents/160140/765540/18192_GdCA_tiedote.pdf)>. Luettu: 10.10.2015.

Guerbet 2014. Valmisteyhteenveto. Dotarem 279,3 mg/ml injektioneste. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://spc.fimea.fi/index/nam/html/nam/humspc/5/354215.pdf>>. Luettu 25.10.2015.

Gold, Michael R. – Sommer, Torsten – Schwitter, Juerg – Al Fagih, Ahmed – Albert, Timothy – Merkely, Béla – Peterson, Michael – Ciuffo, Allen – Lee, Sung – Landborg, Lynn – Cerkenik, Jeffrey – Kanal, Emanuel 2015. Full-Body MRI in Patients With an Implantable Cardioverter-Defibrillator. *Journal of the American College of Cardiology* 65 (24). 2581–2588.

Haapisto, Mikko 2013. Magneettivarjoaineiden aiheuttama nefrogeenisen systeemisen fibroosin riski. Käypähoito. DUODECIM. Verkkodokumentti. <<http://www.kaypa-hoito.fi/web/kh/suosituksset/suositus;jsessionid=67FCCA908877F5DF8764F9176C396661?id=nak08078>>. Luettu: 10.10.2015.

Hamberg, Leena – Aronen, Hannu 1992. Magneettikuvauksen perusteet ja tutkimusmenetelmät. *Lääketieteellinen aikakauskirja. DUODECIM.* 108 (8). 713. Luettavissa



myös sähköisesti osoitteessa: <[http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p\\_p\\_id=Article\\_WAR\\_DL6\\_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo20140&\\_dlehti-haku\\_view\\_article\\_WAR\\_dlehtihaku\\_p\\_auth=>](http://duodecimlehti.fi/web/guest/arkisto?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&viewType=viewArticle&tunnus=duo20140&_dlehti-haku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_auth=>)>. Luettu: 24.10.2015.

Hartwig, Valentina 2015. Engineering for safety assurance in MRI: analytical, numerical and experimental dosimetry. *Magnetic Resonance Imaging* 33. 681–689.

Hartwig, Valentina – Giovannetti, Giulio – Vanello, Nicola – Lombardi, Massimo – Landini, Luigi – Simi, Silvana 2009. Biological Effects and Safety in Magnetic Resonance Imaging: A Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 6. 1778–1798.

Helasvuo, Timo (toim.) 2013. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2011. Säteilyturvakeskuksen julkaisuja: STUK-B 161. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/123615/stuk-b161.pdf?sequence=1>>. Luettu 4.9.2015.

Helm, Lothar – Merbach, Andre S. – Toth, Eva 2013. *Chemistry of Contrast Agents in Medical Magnetic Resonance Imaging*. 2nd Edition. John Wiley & Sons.

Houtsonen, Lea – Ilomäki, Liisa – Koskinen, Kimmo – Leinonen, Anna-Mari – Mattsson, Otto – Nokelainen, Petri – Nummi, Tommi – Puro, Hanna – Rannikko, Seija – Salmio, Kaija – Sankila, Teuvo – Sirola, Riitta – Sumkin, Tuula – Von Nandelstadh, Mikael – Wulff, Anu – Kiesi, Ella – Hyötyniemi, Yrjö – Lind, Liisa 2006. *Verkko-oppimateriaalin laatukriteerit*. Edita Prima Oy, Helsinki. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.oph.fi/download/47132\\_verkko-oppimateriaalin\\_laatukriteerit.pdf](http://www.oph.fi/download/47132_verkko-oppimateriaalin_laatukriteerit.pdf)> Luettu 10.11.2015.

Hornak, J.P. 1996. *The Basics of MRI*. Chapter 14 - Your MRI Exam. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/chap-13/chap-13.htm>>. Luettu 14.10.2015.

HUS-kuvantaminen. Röntgenhoitajan perehdytyslomakkeet.

HUS-kuvantaminen 2012. Magneettitutkimukseen lähettäminen. Ohje lähettävälle yksikölle. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/MK%20%20LO/Magneettitutkimukseen%20%C3%A4hett%C3%A4minen.pdf>>. Luettu 10.11.2015.

HUS-kuvantaminen 2015. Tahdistinpotilaiden magneettikuvantaminen. Ohje lähettävälle yksikölle. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/MK%20%20LO/Tahdistinpotilaiden%20magneettikuvantaminen.pdf>>. Luettu 4.10.2015.

HUS-kuvantaminen 2016. Magneettikuvauksen kontraindikaatiot. Menettelyohje.

Huurto, Laura – Toivo, Tim 2000. *Terveydenhuollon laadunhallinta. Magneettitutkimukset ja niiden turvallisuus*. Lääkelaitoksen julkaisusarja 1/2000. Verkkodokumentti. <[https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2000-1\\_magneettitutkimukset.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2000-1_magneettitutkimukset.pdf)>. Luettu 7.9.2015.

Jungner, Mikael 2015. Otetaan digiloikka! – Suomi digikehityksen kärkeen. Elinkeinoelämän keskusliiton raportti. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://ek.fi/wp-content/uploads/Otetaan\\_digiloikka\\_net.pdf](http://ek.fi/wp-content/uploads/Otetaan_digiloikka_net.pdf)>. Luettu 30.10.2015.

Jurvelin, Jukka S. – Nieminen, Miika 2005. Teoksessa Soimakallio, Seppo – Kivisaari, Leena – Manninen, Hannu – Svedström, Erkki – Tervonen, Osmo – Stormi, Anu (toim.) 1. painos. Radiologia. Porvoo: WSOY.

Jyväskylän yliopiston kielikeskus. Oppimistyyliit. Verkkodokumentti. <<https://kielikompassi.jyu.fi/opioppimaan/oppimistyyliit.htm>>. Luettu 21.2.2016.

Kalin, Ron – Stanton, Marshall S. 2005. Current Clinical Issues for MRI Scanning of Pacemaker and Defibrillator Patients. *Pacing and Electrophysiology* 28. 326–328. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=2fb8bfba-e79f-41d3-8e3c-2611ee9decfd%40sessionmgr120&vid=4&hid=123>>. Luettu 10.11.2015.

Kanal, Emanuel – Borgstede, James P. – Borkovich, A. James – Bell, Charlotte – Bradley, William G. – Felmlee, Joel P. – Froelich, Jerry W. – Kaminski, Ellisa M. – Keeler, Elaine K. – Lester, James W. – Scoumis, Elizabeth A. – Zaremba, Loren A. – Zininger, Marie D. 2002. American College of Radiology White Paper on MR Safety. *American Journal of Roentgenology* 178 (6). 1335–1347.

Kankaanpää, Harri. Magneettiteknologiakeskus. Ferromagneettiset materiaalit. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.prizz.fi/sites/default/files/tiedostot/linkki2ID184.pdf>>. Luettu 18.1.2016.

Kauppi, Antti – Nokelainen, Petri – Sääntti, Risto 2013. Verkko-oppimisympäristöjen kehittäminen: miten tasapainoillaan kurssien massatuotannon ja laadukkaamman työelämän tarpeisiin suunnatun oppimisen välillä? *Ammattikasvatuksen aikakauskirja* 15 (3). 4–10. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.okka-saatio.com/aikakauskirja/pdf/Aikak\\_2013\\_3\\_paakirj.pdf](http://www.okka-saatio.com/aikakauskirja/pdf/Aikak_2013_3_paakirj.pdf)>. Luettu 30.10.2015.

Kettunen, Raimo – Hassinen, Ilmo – Peuhkurinen, Keijo – Kupari, Markku 2008. Sydänlihaksen rakenne ja toiminnot, sydän pumppuna. Kustannus Oy Duodecim. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/koti?p\\_artikkeli=kar00067&p\\_haku=syd%C3%A4nlihas](http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/dtk/oppi/koti?p_artikkeli=kar00067&p_haku=syd%C3%A4nlihas)>. Luettu 1.10.2015.

Koponen, Arja – Hämäläinen, Riitta 2010. Oppimistyyliit opetuksessa: monipuolisia opettamisen tapoja ja oman oppimisen tiedostamista. *LukSitKo* 1. 5–8. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.erilaistenoppijoidenliitto.fi/wp-content/uploads/2012/02/Oppimistyyliit-Opetuksessa-\\_LS1\\_2010\\_uusi.pdf](http://www.erilaistenoppijoidenliitto.fi/wp-content/uploads/2012/02/Oppimistyyliit-Opetuksessa-_LS1_2010_uusi.pdf)>. Luettu 4.9.2015.

Laki terveydenhuollon ammattihenkilöistä 559/1994. Annettu Helsingissä 28.6.1994.

Lehtinen, Tiina - Rinta-Kiikka, Irina - Ryymin, Pertti 2008. Turvallinen työskentely magneettikuvantamisessa. Pirkanmaan sairaanhoitopiirin julkaisuja 12/2008. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[file:///C:/Users/Sofia/Downloads/2008\\_12\\_internetiin%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/Sofia/Downloads/2008_12_internetiin%20(2).pdf)>. Luettu 26.1.2016.

Lyhytkestoisen iv-terapian käsikirja 2008. 2. painos. Brøndby: Oy Becton Dickinson. Moniste. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[https://www.google.fi/search?q=subkutaaninen&ie=utf-8&oe=utf-8&gws\\_rd=cr&ei=fb-](https://www.google.fi/search?q=subkutaaninen&ie=utf-8&oe=utf-8&gws_rd=cr&ei=fb-)

fVse-GcavygOtuJAAg#q=lyhytkestoisen+iv-terapian+k%C3%A4sikirja>. Luettu 20.1.2016.

Löfström, Erika - Kanerva, Kaisa - Tuuttila, Leena - Lehtinen, Anu - Nevgi, Anne 2010. Laadukkaasti verkossa. Verkko-opetuksen käsikirja Yliopisto-opettajalle. Helsinki: Yliopistopaino. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.helsinki.fi/julkaisut/aineisto/hallinnon\\_julkaisuja\\_71\\_2010.pdf](http://www.helsinki.fi/julkaisut/aineisto/hallinnon_julkaisuja_71_2010.pdf)>. Luettu 20.1.2016.

Metropolia Ammattikorkeakoulu 2015. AMK-tutkintoon johtavat koulutukset. Verkko-dokumentti. <<http://opinto-opas.metropolia.fi/fi/ohjelmat-ja-opetussuunnitelmat/amk-tutkintoon-johtavat-koulutukset/>>. Luettu 28.10.2015.

Metropolia Ammattikorkeakoulu. Radiografia ja sädehoito. Potilas magneettitutkimuksessa - opintojakso. Verkkodokumentti. <<http://opinto-opas.ops.metropolia.fi/index.php/fi/88094/fi/70311/SXM15K1/year/2014>>. Luettu 28.10.2015.

Moodle Overview. 2016. Moodle Pty Ltd. Verkkodokumentti. <<https://moodle.com/moodle-lms/>>. Luettu 31.1.2016.

Munn, Zachary – Moola, Sandeep – Lisy, Karolina – Riitano, Dagmara – Murphy, Fred 2015. Claustrophobia in magnetic resonance imaging: A systematic review and meta-analysis. Radiography 21. e59–e63.

Nakahara, Takehisa – Yaguchi, Hiroko – Yoshida, Masami – Miyakoshi, Junji 2002. Exposure of CHO-K1 Cells to 10-T Static Magnetic Field. Radiology 224 (3). 817–822.

Nevgi, Anne – Löfström, Erika – Evälä, Annika (toim.) 2005. Laadukkaasti verkossa. Kasvatustieteen laitoksen julkaisuja. Helsingin yliopisto. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.helsinki.fi/ktl/julkaisut/lv/laadukkaastiverkossa.pdf>>. Luettu 7.9.2015.

Orchard, L.J. 2015. Implementation of a ferromagnetic detection system in a clinical MRI setting. Radiography 21 (2015). 248–253.

Ott, Lora K. 2015. Shielding from harm: The MRI screening tool – The first line of defense in MRI safety. Journal of radiology nursing 34 (6). 179–182. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1546084315000759>>. Luettu 30.10.2015.

Paajanen, Hannu – Kormano, Martti 1986. Magneettikuvausvarjoaineet. DUODECIM. 102: 943–949. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.terveysportti.fi/dhtm/articles/1986\\_14\\_943-949.pdf](http://www.terveysportti.fi/dhtm/articles/1986_14_943-949.pdf)>. Luettu 18.10.2015.

Pedagogy. 2016. Moodle Pty Ltd. Verkkodokumentti. <<https://docs.moodle.org/28/en/Pedagogy>>. Luettu 31.1.2016.

Philosophy. 2016. Moodle Pty Ltd. Verkkodokumentti. <<https://docs.moodle.org/28/en/Philosophy>>. Luettu 31.1.2016.

Pohjois-Pohjanmaan Sairaanhoidopiirin Kuntayhtymä 2012. Lapsen magneettitutkimus nukutuksessa tai esilääkityksessä. Ohje Lapsipotilaalle. Luettavissa myös sähköisesti

osoitteessa <[https://www.ppshep.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/npp/embeds/6fe4130fb9d67e5f9af67c6bf643a1c07b98a379.pdf](https://www.ppshep.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/npp/embeds/6fe4130fb9d67e5f9af67c6bf643a1c07b98a379.pdf)>. Luettu 10.11.2015.

Saano, Susanna – Taam-Ukkonen Minna, 2013. Lääkehoidon käsikirja. 1.-2. painos. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Sane, Timo 2015. Vesitalouden karikoita. Duodecim 2015 (131). 1145–1152. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://www.terveysportti.fi.ezproxy.metropolia.fi/xmedia/duo/duo12315.pdf>>. Luettu 1.10.2015.

Shellock, Frank G. 2015. Safety Information Article List. MRISafety.com. Verkkodokumentti. <<http://www.mrisafety.com/SafetyInfog.asp>>. Luettu 30.10.2015.

Shellock, Frank G. – Crues, John V. 2004. MR Procedures: Biologic Effects, Safety, and Patient Care. Radiology 232 (3). 635–652.

Silfverberg, Paul 2007. Ideasta projektiksi. Projektinvetäjän käsikirja. Helsinki: Konsulttitoimisto Planpoint Oy. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.helsinki.fi/urapalvelut/materiaalit/liitetiedostot/ideasta\\_projektiksi.pdf](http://www.helsinki.fi/urapalvelut/materiaalit/liitetiedostot/ideasta_projektiksi.pdf)>. Luettu 30.11.2015.

Sorppanen, Sanna 2006. Kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohde. Käsiteanalyttinen tutkimus kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohdetta määrittävistä käsitteistä ja käsitteiden välisistä yhteyksistä. Oulun yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<http://hercules oulu.fi/isbn951428058X/isbn951428058X.pdf>>. Luettu 11.10.2015.

Suomen Röntgenhoitajaliitto ry. Röntgenhoitaja ammattina. Verkkodokumentti. <<http://www.suomenrontgenhoitajaliitto.fi/index.php?k=7268>>. Luettu 11.10.2015.

STUK. Magneettitutkimus. Verkkodokumentti. <<https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/magneettitutkimus>>. Luettu 4.9.2015.

Tunninen, Virpi – Ryymin, Pertti – Kauppinen, Tomi 2008. Magneetikuvauksen riskit ja vasta-aiheet. TABU 16 (5). 16–19. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[http://www.fimea.fi/instancedata/prime\\_product\\_julkaisu/fimea/embeds/fimeawwwstructure/16686\\_5\\_2008TABU.pdf](http://www.fimea.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/fimea/embeds/fimeawwwstructure/16686_5_2008TABU.pdf)>. Luettu 6.10.2015.

Turvallinen lääkehoito 2006. Valtakunnallinen opas lääkehoidon toteuttamisesta sosiaali- ja terveydenhuollossa. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2005:32. Helsinki: Yliopistopaino. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <[https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/113244/opp\\_0532\\_laakehoito\\_verkko\\_korjattu.pdf?sequence=1](https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/113244/opp_0532_laakehoito_verkko_korjattu.pdf?sequence=1)>. Luettu 19.1.2016.

Työterveyslaitos 2013. Kuuletko sinä hyvin, ymmärrätkö puheen selkeästi? Verkkodokumentti. <[http://www.ttl.fi/fi/toimialat/maatalous/tyoolot\\_ja\\_terveys/fysikaaliset\\_tekijat/melu/Sivut/default.aspx](http://www.ttl.fi/fi/toimialat/maatalous/tyoolot_ja_terveys/fysikaaliset_tekijat/melu/Sivut/default.aspx)>. Luettu 3.10.2015.

Törnroos, Sanna - Blomqvist, Päivi 2016. Lehtori. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Helsinki. Haastattelu 27.1.

Vesterinen, Pirkko 2001. Projektiopiskelu ja -oppiminen ammattikorkeakoulussa. Jyväskylän yliopisto. <<https://jyx.jyu.fi/dspace/bitstream/handle/123456789/13343/9513911691.pdf?sequence=1>>. Luettu 19.1.2016.

Westbrook, Catherine – Roth, Carolyn Kaut – Talbot, John 2011. MRI in Practice, 4th Edition. West Sussex: Wiley-Blackwell.

## Opinnäytetyön aikataulus

## OPINNÄYTETYÖN AIKATAULUTUS

LOKAKUU  
2015

- Tietoperusta Deadline11.10
- Tietoperustan arviointi 12–13.10.
- 2-osion kirjoittaminen Deadline 25.10.
- 2-osion arviointi 29–30.10.

MARRASKUU  
2015

- 3-osion kirjoitus
- PowerPointin teko suunnitelmavaiheen esitykseen 26.11.

JOULUKUU  
2015

- PowerPointin palautus 1.12.
- Suunnitelman palautus 1.12.

TAMMIKUU  
2016

- Kuvamateriaalin hankinta

HELMIKUU  
2016

- Kuvamateriaalin työstö
- PP-esitysten teko
- Testien/harjoitusten teko

MAALISKUU  
2016

- Tuotteen testaus opiskelijoilla
- Kirjallisen työn tuottaminen

HUHTIKUU  
2016

- Mahdolliset muutokset tuotteeseen
- Kirjallisen työn tuottaminen

TOUKOKUU  
2016

- Viimeistely
- Opinnäytetyön palautus ja seminaari 12.5.2016

## **Opinnäytetyön arviointi**

Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa - Virtuaalinen oppimisympäristö  
Carita Cleveland, Sofia Heinonen, Juulia Lahtimies ja Sari Mikkonen SR13S1

- 1. Mitä hyötyä koit saavasi materiaalista?**
- 2. Oliko tietoa vaikea löytää virtuaaliympäristöstä ja miksi?**
- 3. Vastasiko oppimisympäristö odotuksiasi?**
- 4. Koetko tämän tyylisen opetuskanavan hyödylliseksi vai hyödyttömäksi?**
- 5. Kehitysehdotuksia?**

## Tiedonhaku

TIEDONHAKU					
Tietokannat	Hakusana(t)	Osumat kpl	Luettu kpl	Lähteinä käytetty kpl	Lähdeluette- loa hyödyn- netty
<b>Ebsco</b>	mrissafety	376	3	1	
<b>Theseus</b>	MRI	413	1		2
<b>Medic</b>	veren koostumus	1 398	3	1	
<b>Ter- veysportti</b>	gadolinium	26	2	0	
<b>ScienceDi- rect</b>	MRI ANDsafety	39 524	7	3	6
	Ferromagneticmaterial	80 822	1	1	
	Staticmagneticfield	112 080	0	0	
	SAR AND MRI	3 181	3	0	
	AcousticnoiseMRI	4 470	2	0	
	electronic AND device* AND MRI	7 473	2	1	
	childhood leukemia AND electromagnetic field	773	1	1	
Hakukoneet	Hakusana(t)	Osumat kpl	Lu- ettu kpl	Lähteinä käytetty kpl	Lähdeluette- loa hyödyn- netty
<b>Google</b>	Dotarem	76 200	2	1	
	gadolinium	1 760 000	3	0	
	gadoliniumFDA	256 000	5	2	



	gadoliniumNSF	82 500	4	<b>1</b>	
	MRIcontrastagents	660 000	4	<b>0</b>	
	paramagneettinen	1 520	3	<b>0</b>	
	T2* relaksaatio	188	3	<b>0</b>	
	työelämän yhteys opin- näytetyössä	116 000	2	<b>1</b>	
	tahdistinpotilaan kuvan- taminen magneetti	2 070	2	<b>1</b>	
	MRI safety	33 500 000	1	<b>1</b>	
	laadukas verkko-oppima- teriaali	8 670	1	<b>1</b>	
	oppimistyylit	27 500	4	<b>1</b>	
<b>GoogleScholar</b>	mrifafetyzones	34 400	1	<b>1</b>	
	turvallisuus magneetti	1 100	1	<b>0</b>	<b>1</b>