

Heidi Olkkonen

# Työnkulun suunnitelma intraoperatiiviseen magneettiyksikköön turvallisuusnäkökulmasta

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Sosiaali- ja terveysalan palveluiden johtaminen

YAMK

Opinnäytetyö

3.5.2023

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Turvallisuus magneettitutkimuksissa	2
2.1	Turvallisuus magneettitutkimuksissa	2
2.2	Magneettityöskentelyä ohjaavat lait ja suositukset	5
2.3	Potilasturvallisuus magneettitutkimuksissa	6
2.4	Henkilökunnan turvallisuus magneettikuvauksissa	7
3	Intraoperatiivinen magneettitutkimus	8
3.1	Työnkulun suunnittelu magneettitutkimuksissa	11
3.2	Työnkulku intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	11
3.3	Tarkistuslistat	13
3.4	Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	14
4	Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus	15
5	Toimintaympäristö	15
6	Tutkimusaineisto ja menetelmät	16
6.1	Tutkimusasetelma	16
6.2	Kirjallisuushaku	17
6.3	Verkkokysely	20
6.3.1	Tiedonkeruuväline	20
6.4	Aineiston analysointi	22
7	Tulokset	23
7.1	Huomioon otettavat turvallisuuteen liittyvät asiat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	23
7.2	Normaalista magneettitutkimuksesta poikkeavat huomiot intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	30
7.3	Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	33
7.4	Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuuden toteutumisen seuranta toimenpiteen aikana	36
7.5	Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulku kahdessa eurooppalaisessa sairaalassa	39
7.5.1	Taustatiedot	39

7.5.2	Ympäristö	39
7.5.3	Potilas	40
7.5.4	Käytännöt	41
7.6	Koulutus	41
7.7	Turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	43
8	Pohdinta	47
8.1	Opinnäytetyön eettisyys	47
8.2	Opinnäytetyön menetelmien luotettavuus	48
8.3	Potilaan turvallisuuden tukeminen intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa	49
9	Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset	51
	Lähteet	55
	Liitteet	
	Liite 1. Verkkokyselylomake	
	Liite 2 Informed Consent	
	Liite 3 Scoping katsauksen tulokset	

Tekijä(t) Otsikko	Heidi Olkkonen Työnkulun suunnitelma intraoperatiiviseen magneettiyksikön turvallisuusnäkökulmasta
Sivumäärä Aika	54 sivua + 3 liitettä 3.5.2023
Tutkinto	Röntgenhoitaja YAMK
Koulutusohjelma	Sosiaali- ja terveysalan palvelujen johtaminen
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Eija Metsälä, Dosentti, FT, RH Osastonhoitaja Katja Paukkunen
<p>Meilahden Siltasairaalassa alkaa intraoperatiivinen magneettikuvaustoiminta, jossa potilas siirtyy kesken leikkauksen leikkaussalin yhteydessä olevaan magneettikuvaushuoneeseen. Jatkuvasti päällä oleva staattinen magneettikenttä aiheuttaa turvallisuusriskin. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa. Opinnäytetyön tavoitteena oli potilaan turvallisuuden tukeminen intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa.</p> <p>Opinnäytetyössä käytettiin mixed method lähestymistapaa. Scoping katsausta käytettiin teoreettisen viitekehyksen muodostamiseen ja runkona verkkokyselylomakkeelle. Scoping katsauksen pohjalta valituista kansainvälisistä julkaisuista nousseet intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvalliseen työnkulkuun liittyvät aiheet analysoitiin sisällön erittelyllä ja niiden pohjalta muodostettiin vastauksia tutkimusongelmiin. Verkkokyselylomake lähetettiin kolmeen eurooppalaiseen sairaalaan. Scoping katsauksen ja verkkokyselyn pohjalta laadittiin malli työnkulkuun intraoperatiivisessa magneettiyksikössä.</p> <p>Toiminta jaettiin neljään osaan turvallisen intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulun mallissa: ennen leikkausta, ennen peittelyä, ennen magneettitutkimusta ja magneettitutkimus. Ennen leikkausta -osio koostui tilasuunnittelusta, henkilökunnan koulutuksesta, esitietolomakkeesta ja potilaan haastattelusta. Ennen peittelyä -osioon kuului esitiedot/kontraindikaatiot, potilaan valmistelu toimenpiteeseen ja anestesiaan, magneettiyhteensopivat välineet sekä ennen peittelyä tarkistuslista. Ennen magneettitutkimusta -osio koostui aikataulutuksesta, magneettikuvaushuoneen valmistelusta, henkilökunnan kontraindikaatioista magneettikuvaukselle sekä ennen magneettitutkimusta tarkistuslistasta. Magneettitutkimuksen aikana -osioon kuului magneettiyhteensopivat laitteet, hätätilanteet sekä kulunvalvonta ja kulunrajaaminen. Röntgenhoitajan roolina oli huolehtia magneettiturvallisuudesta, olla läsnä, kun tarkistuslistoja käydään läpi sekä varmistaa että potilas ja henkilökunta ovat soveltuvia magneettikuvaushuoneeseen.</p> <p>Opinnäytetyön tulokset ovat sovellettavissa vastaavien toimintaympäristöjen suunnittelussa, ja sitä voidaan hyödyntää potilaalle turvallisemman työnkulun suunnittelussa intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin. Opinnäytetyön tuloksia ja turvallisen työnkulun mallia voidaan hyödyntää Siltasairaalan intraoperatiivisen magneettitutkimuksen toimintaohjeita tehdessä sekä simulaatioiden suunnittelussa.</p>	
Avainsanat	intraoperatiivinen magneettitutkimus, iMRI, ioMRI, työnkulku, turvallisuus

Author(s) Title Number of Pages Date	Heidi Olkkonen Workflow plan for intraoperative magnetic resonance imaging unit from safety perspective 54 pages + 3 appendices 3 May 2023
Degree	Master of Health Care
Degree Programme	Master's Degree Programme in Social and Health Care Services
Specialisation option	Management of Social and Health Care Services
Instructor(s)	Eija Metsälä, Docent, PhD, RT, Principal Lecturer Katja Paukkunen, Head Nurse
<p>Intraoperative magnetic resonance imaging, where the patient is transferred to the magnetic resonance imaging (MRI) room connected to the operating room in the middle of the operation, starts at Meilahti Bridge Hospital. A static magnetic field that is constantly on creates a safety risk. The purpose of this thesis was to produce a safe model for the workflow in intraoperative magnetic imaging. The aim of the thesis was to support patient safety in intraoperative magnetic resonance imaging.</p> <p>A mixed method approach was used in the thesis. The scoping review was used to create a theoretical framework and as the frame for the internet survey. On the basis of the scoping review, topics related to the safe workflow of intraoperative MRI, which emerged from selected international publications, were analyzed using content analysis, and answers to the research problems were formed based on them. An internet survey was sent to three European hospitals. Based on the scoping review and the internet survey, a workflow model was created for the intraoperative MRI unit.</p> <p>In the workflow model for the intraoperative MRI, the activity was divided into four sections: before surgery, before draping, before MRI, and during MRI. The before surgery section included design of the space, staff training, the patient screening form and patient interview. The before draping section included patient screening/contraindications, patient preparation for the procedure and anesthesia, MRI compatible equipment, and the Before draping - checklist. The before MRI section included scheduling, preparation of the MRI room, staff contraindications for MRI and the Before MRI -checklist. The during MRI section included MRI compatible devices, emergency situations, and access control and access restriction. The role of the radiographer was to take care of MRI safety, to be present when the checklists are reviewed and to ensure that the patient and staff are suitable for the MRI room.</p> <p>The results of the thesis can be applied in the planning of similar imaging environments and it can be used in the planning of a safer workflow for the patient for intraoperative magnetic examinations. The results of the thesis and the safe workflow model can be used when making instructions for intraoperative MRI at Meilahti Bridge Hospital and planning simulations.</p>	
Keywords	intraoperative magnetic resonance imaging, intraoperative MRI, iMRI, ioMRI, workflow, safety

## 1 Johdanto

Suomessa todetaan vuosittain noin 900 aivokasvainta ja aivokasvainten määrä on vuosittain lisääntynyt. Lapsilla aivokasvaimet ovat toiseksi yleisin syöpä ja niitä todetaan vuosittain noin 50. Aivokasvaimet pyritään aina poistamaan kokonaan tai osittain, riippuen kasvaimen tyypistä, pahanlaatuisuudesta, sijainnista, kasvutavasta ja kasvunopeudesta. Magneettitutkimusta käytetään useimmissa tapauksissa kasvaimen diagnosointiin ja seurantaan. (Kaikki syövästä 2017.) Maailmalla on jo pari vuosikymmentä hyödynnetty magneettitutkimusta intraoperatiivisesti aivokasvainleikkauksissa. (Henrichs - Walsh 2014.)

Meilahden sairaala-alueella on valmistunut uuden päivystyssairaalan, Siltasairaalan, rakennustyöt ja sairaala avattiin 1.2.2023. Siltasairaala on Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin (HUS) suurin rakennusinvestointi. (Siltasairaala, 2017.) Uuteen sairaalaan tuli uutta tekniikkaa ja uusia laitteita. HUS Diagnostiikkakeskuksen puolelle tuli myös uusia työskentelytapoja (Siltasairaala hankesuunnitelma, 2016), kuten intraoperatiivinen magneettiyksikkö.

Intraoperatiivisia magneettikuvauksia tehdään lähinnä aivokasvainpotilaille, joille intraoperatiivista magneettikuvausta voidaan käyttää mm. leikkausalueen laajuuden ja onnistumisen arviointiin. Vuonna 2011 Senfit ym. tekivät tutkimuksen, jossa vertailtiin kahta ryhmää, joista toisen ryhmän gliomaleikkauksissa käytettiin intraoperatiivista magneettitutkimusta apuna (n= 24) ja toisen ryhmän ei (n=25). Intraoperatiivisesti kuvatussa ryhmässä tuumorit saatiin kokonaan poistettua 96 prosentilta, kun taas verrokkiryhmässä 68 prosentilta. Resektion laajuus vaikuttaa suoraan potilaan selviytymisasteeseen. (Senfit ym. 2011, 997–1003.)

Haasteena intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa on toiminnan suunnittelu turvallisuuden kannalta. Turvallisuudella tässä työssä tarkoitetaan magneettiturvallisuutta, joka sisältää potilasturvallisuuden ja henkilöstön turvallisuuden. Potilasturvallisuuteen liittyvät magneettitutkimuksen turvallinen toteuttaminen, yleinen potilasturvallisuus, anestesiatoiminnan turvallisuus magneettikuvaushuoneessa ja aseptiikka. Työnkulkua

tässä työssä kuvataan kuvantamisyksikön näkökulmasta, huomioiden magneettitutkimukseen liittyvä potilasturvallisuus. (Potilasturvallisuussanasto 2006: 6; Huurto – Toivo 2000: 68-69.)

Työyhteisö intraoperatiivisissa magneettiyksiköissä on moniammatillinen. Kirurgisen tiimin, anestesiatiimin ja radiologisen tiimin tulee toimia saumattomasti yhteen. Röntgenhoitajilla on iso rooli turvallisuudesta huolehtimisessa magneettitutkimuksissa. Toiminnan suunnittelun tekee haastavaksi magneettitutkimuksen kontraindikaatioiden selvittäminen ennen anestesiaa, turvallisuus leikkaussalista magneettihuoneeseen siirryttäessä, anestesiavälineistöstä huolehtiminen, henkilöstön kulku magneettiin ja missä vaiheessa näitä koskevat asiat selvitetään. Turvallisten toimintatapojen suunnittelu ennakoon on tärkeää. (Työterveyslaitos 2015: 9-11.)

Tässä opinnäytetyössä on tavoitteena selvittää, kuinka potilaan turvallisuutta voidaan tukea intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa. Tarkoituksena on tuottaa turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa.

## **2 Turvallisuus magneettitutkimuksissa**

### **2.1 Turvallisuus magneettitutkimuksissa**

Magneettitutkimusta pidetään haitattomana, koska siinä ei käytetä röntgentutkimusten tapaan ionisoivaa säteilyä. Potilas kuitenkin altistuu magneettitutkimuksessa sekä staattiselle että muuttuville magneetikentille ja radiotaajuiselle kentälle eli RF-kentälle. Magneetikentän aiheuttamia fysiologisia haittavaikutuksia voidaan välttää seuraamalla kansainvälisiä ja kansallisia standardeja ja suosituksia. Myös henkilökuntaa altistuu staattiselle magneetikentälle, etenkin anestesiahenkilökunta valvoessaan potilasta magneetikentän läheisyydessä. (Huurto – Toivo 2000: 9.) Tässä työssä keskitytään haittavaikutuksiin korkeakenttä magneettilaitteilla, koska Siltasairaalaan valittiin 1,5 T laite, jolla intraoperatiiviset magneettitutkimukset tehdään.

Staattisella magneetikentällä ei ole haittavaikutuksia fysiologiaan, käyttäytymiseen tai alkionkehitykseen. Staattisen magneetikentän voimakkuutta muutetaan magneettitutkimuksen aikana käyttämällä kolmea eri magneetikenttää. Magneetikenttien suunta on sama kuin staattisessa kentässä, mutta niiden voimakkuus muuttuu kiilamaisesti X-, Y-

ja Z-suunnassa. Kuvauksen aikana gradientteja kytketään pois ja päälle monimutkaisina sarjoina, jolloin syntyy pulssimaisesti muuttuva magneettikenttä. Muuttuva magneettikenttä aiheuttaa kehossa sähköisiä induktiokenttiä- ja virtoja, jotka voivat aiheuttaa esimerkiksi hermo- ja lihassolujen stimulaatiota. Radiotaajuista kenttää (RF-kenttä) käytetään niin sanottuina virituspulsseina magneettikuvauslaitteissa. Biologisessa kudoksessa RF-kentän energia aiheuttaa lämpöabsorptiota. Lämmöksi absorboituvasta tehosta käytetään termiä SAR (specific energy absorption rate). Kehon lämmönsäätelyjärjestelmä kompensoi lämpöabsorptiota haihduttamalla lämpöä ympäristöönsä. Osassa kudoksia voi esiintyä lämmön nousua. On arvioitu, että haittavaikutuksia ei esiinny, jos pään lämpötila ei ylitä 38 astetta, vartalon 39 astetta ja raajojen 40 astetta. (Huurto – Toivo 2000: 11-12.)

Sähköisesti tai magneettisesti aktiivisten implanttien kuten sydämentahdistimen toiminta voi häiriintyä magneettikentän vaikutuksesta. Lisäksi ferromagneettisia metalleja sisältävät verisuonipuristimet, klipsit ja kirurgiset istutukset voivat irrota magneettikentän vaikutuksesta. Myös esimerkiksi lonkkaproteesit voivat kuumeta magneettikuvauksen vaikutuksesta. (Huurto – Toivo 2000: 11-12; Kanal ym. 2013: 512.) HUS:illa on henkilökunnalle omat fyysikoiden laatimat ja usein päivittyvät menettelyohjeet magneettiturvallisuuksiin koskien, sisältäen muun muassa ohjeistuksen kehonsisäisten vierasesineiden osalta (HUS-Kuvantaminen 2023).

Magneettikuvauslaitteen staattiset magneettikentät vetävät puoleensa ferromagneettisia esineitä. Tämä voi aiheuttaa vaaratilanteita ja vahinkoja, koska magneettikentän liikkeeseen vetämä esine voi aiheuttaa pahaakin vahinkoa ihmisille ja laitteille. (Huurto – Toivo 2000: 11-12.) Näin ollen magneettikentän läheisyydessä käytettävien laitteiden kuten potilasmonitorien, respiraattoreiden ja tipanlaskijoiden tulee olla magneettiyhteensopivia tai muuten järjestettävissä niin, että ne eivät aiheuta vaaraa (Hiatt 2018: 144).

Magneettikentän läheisyydessä käytettävien laitteiden ja välineiden turvallisuutta arvioitaessa tulee ensisijaisesti noudattaa laitevalmistajan antamaa luokitusta. Magneettikuvauslaitteen läheisyyteen tuotavien esineiden merkitsemisestä on tehty standardi. Luokituksia on kolme: MR-safe eli MK-turvallinen, MR-conditional eli MK-ehdollinen ja MR-unsafe eli MK-vaarallinen (Kuva 1). Mikäli huoneeseen on vietävä laitteita tai esineitä, jotka eivät ole MK-turvallisia, tulee niiden olla jatkuvasti magneettiyksikön henkilökunnan valvonnan alla ja tarvittaessa kiinnitettävä niin, etteivät ne pääse liikkumaan magneettikentästä johtuen. (Työterveyslaitos 2015: 11.)

Magneettikentän voimakkuus ilmoitetaan tesloina (T) erittäin voimakkaiden magneettikenttien osalta ja gausseina (G) vähemmän voimakkaiden magneettikenttien osalta. 1 T vastaa 10 000 gaussia (G), eli 1.5T magneetti on 15 000 gaussia. Magneettikentän voimakkuus vähenee kauemmas laitteesta mentäessä. Magneettilaitteen kohdalla, sisältäen potilaan ja tutkimuspöydän alueen, magneettikentän voimakkuus 50 gaussia. 5 gaussin alueen sisäpuolella staattinen magneettikenttä on heikompi kuin laitteen kohdalla, mutta se vaikuttaa edelleen ferromagneettisiin esineisiin. 5 gaussin alueen sisäpuolella MK- ehdollisia (MK-conditional) laitteita, kuten tiettyjä anestesia-laitteita, voidaan kuitenkin käyttää. 5 gaussin alueen ulkopuolella staattinen magneettikenttä ei vaikuta elektromagneettisiin ja ferromagneettisiin esineisiin, joten myös muita kuin MK-safe ja MK-conditional välineitä voidaan käyttää. Magneettikentän voimakkuudet voidaan merkitä lattiaan viivoin tai eri värisin lattioin, jotta ne ovat helposti henkilökunnan erotettavissa. (Childs – Bruch 2015: 225-226; Porteous 2014: 14-15; Hemingway – Kilfoyle 2013: 519; Hiatt 2018 141-143; Kanal ym. 2013: 509.)



Kuva 1. U.S. Food & Drug Administration, FDA. ASTM F2503-13 standardi lääketieteellisten ja muiden laitteiden turvallisuusmerkitsemiseen magneettikuvantamisympäristöön.

Magneettiturvallisuutta voidaan myös edistää rajoittamalla pääsyä kuvaushuoneeseen, kouluttamalla henkilökuntaa ja tekemällä simulaatioharjoitteita poikkeustilanteiden varalta (Childs – Bruch 2015: 227; Hemingway – Kilfoyle 2013: 517; Porteous 2014: 19-20; Kanal ym. 2013: 501, 505.) Usein magneettitutkimustilat on jaettu turvallisuusvyöhykkeisiin, joiden avulla pystytään helpommin valvomaan magneettiturvallisuuden toteutumista. Vyöhykkeet voidaan jakaa seuraavasti:

Vyöhyke 1: Kattaa kaikki alueet, joihin myös henkilökunnan ulkopuolisilla on pääsy, kuten käytävät ja odotustilat lähellä magneettiyksikköä.

Vyöhyke 2: Siirtymätila vyöhykkeeltä 1, tiukasti kontrolloiduille vyöhykkeille 3 ja 4. Tällä vyöhykkeellä potilas haastatellaan ja hän vaihtaa vaatteensa magneettitutkimusta varten.

Vyöhyke 3: Tälle vyöhykkeelle pääsyä on rajoitettu. Vain magneettihenkilökunnan toimesta henkilöt, jotka on haastateltu magneetin kontraindikaatioiden osalta voivat tulla tälle alueelle. Tälle alueelle pääsyä tulisi rajoittaa lukituin ovin. Vyöhyke 3 ympäröi vyöhykettä 4.

Vyöhyke 4: 5 gaussin rajan sisällä oleva alue. Alue tulisi olla aina selkeästi merkitty. Vyöhykkeellä 4 on todella voimakas sähkömagneettinen kenttä. 5 gaussin linja kulkee aina magneettilaitteen välittömässä läheisyydessä. Liikkuminen alueella tapahtuu aina magneetin henkilökunnan valvonnassa. (Kanal ym. 2013: 503-505, 518.)

Magneettikuvauksen ollessa käynnissä, kuvaushuoneessa olevat potilaat ja henkilökunta altistuvat melulle. Valtionneuvoston meluasetuksessa päivittäisen melualtistuksen raja-arvoksi on määritelty 87 dB. Magneettitutkimuksissa kuulovammaa aiheuttavaa melua syntyy vain laitteen välittömässä läheisyydessä kuvauksen ollessa käynnissä. Kuulonsuojaimia tulee aina käyttää, kun kuvaus on käynnissä ja ollaan magneettilaitteen vieressä tai sisällä. (Työterveyslaitos 2015: 17.)

## 2.2 Magneettityöskentelyä ohjaavat lait ja suositukset

Magneettikuvauslaite on voimakkaimpia magneettikentän lähteitä, joille ihminen voi altistua, siksi niiden käytön turvallisuudelle on ollut suosituksia jo 1990-luvun alusta alkaen. Keskeisimmät magneettityöskentelyä ohjaavat potilasturvallisuutta koskevat turvallisuusstandardit ovat Kansainvälisen sähköalan standardointiorganisaatio International Electrotechnical Commissionin (IEC) ja Kansainvälisen ionisoimattoman säteilyn komitean

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protectionin (ICNIRP) laatimat. Henkilökunnan työskentelyä koskevat ohjeistukset perustuvat EU:n sähkö- ja magneettikenttiä koskevaan työsuojeludirektiiviin 2013/35/EU. (Sähkömagneettiset kentät 2006:411-412.) Staattisen magneettikentän osalta voimassa on ICNIRP:n suositus vuodelta 2009 (ICNIRP Guidelines on limits of exposure to static magnetic field 2009). Suomessa Säteilyturvakeskus (Stuk) julkaisee näihin kansainvälisiin suosituksiin perustuvia magneettikuvauslaitteiden käyttöä ja turvallisuutta koskevia ohjeita (Sähkömagneettiset kentät 2006: 411-412).

IEC on maailmanlaajuinen standardisointiorganisaatio, johon kuuluvat kaikki kansalliset toimikunnat. IEC:n päämääränä on edistää kansainvälistä yhteistyötä. Magneettikuvauslaitteiden ja niiden käyttöpaikan on täytettävä standardissa IEC60601-2-33 esitetyt turvallisuusvaatimukset. Standardissa on ohjeistus muun muassa magneettikuvauslaitteen varoitusmerkkintöihin ja -kilpiin sekä magneettikuvaushuoneeseen pääsyn valvontaan. (IEC standardi magneettikuvauslaitteiden turvallisesta käytöstä IEC60601-2-33.) ICNIRP puolestaan tarjoaa tietoa magneettikentän terveysvaikutuksista diagnostisessa käytössä ja menettelyohjeita terveysriskien minimoimiseen potilailla (ICNIRP on medical magnetic resonance (MR) procedures: Protection of patients 2004). IEC:n ja ICNIRP:n ohjeistuksia noudatetaan maailmanlaajuisesti. EU-maiden osalta ohjeistus sähkömagneettisille kentille altistuvan henkilökunnan terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista on kirjattu EU direktiiviin 2013/35/EU.

### 2.3 Potilasturvallisuus magneettitutkimuksissa

Magneettikuvauksessa käytetään erittäin voimakkaita sähkömagneettisia kenttiä, joten potilasturvallisuutta magneettikuvauksessa tulee miettiä ennen tutkimuksen suorittamista. Tutkimukseen lähettävän yksikön tulisi selvittää potilaan kontraindikaatiot magneettikuvaukselle jo ennen määräyksen kirjoittamista. Lisäksi nykyisen käytännön mukaan magneettikuvausyksikön hoitaja haastattelee potilaan ennen kuvauksen aloitusta. Jos mahdollisia vasta-aiheita ilmenee, selvitetään ne ennen kuvaushuoneeseen menoa. (Työterveyslaitos 2015: 12; Kanal ym. 2013: 505.)

HUS-kuvantamisella on omat menettelyohjeet kontraindikaatioita koskien. Kontraindikaatiot jaetaan ehdottomiin ja mahdollisiin kontraindikaatioihin. Ehdottomia kontraindikaatioita ovat metalliset sirpaleet silmässä, Swan-Ganz-keuhkovaltimokatetrit ja Urotech

Magnetic Black Star ureterstentit (poistettava ennen kuvausta). Osa mahdollisista kontraindikatioista on kuvattavissa vain erityisohjeiden mukaan. Mahdollisia kontraindikatioita ovat muun muassa sydämentahdistimet, neurostimulaattorit, suntit, aneurysmaklipit, sisäiset ortopediset proteesit, stentit, sydämen keinoläpät, raskaus ja kuume. (HUS-kuvantaminen 2023.)

Ennen magneettikuvaushuoneeseen menoa potilaan tulee poistaa kaikki irti lähtevät metalliesineet; kuten korut, kellot, matkapuhelimet ja lääkelaastarit keholtaan ja vaatteet, jotka sisältävät metalliosia esimerkiksi vetoketjuja. Lisäksi mahdollisten kontraindikaatioiden osalta tulee tehdä tarvittavat selvitykset magneettiyhteensopivuuden osalta. (Kanal ym. 2013: 506.)

#### 2.4 Henkilökunnan turvallisuus magneettikuvauksissa

Henkilökunta altistuu lähinnä jatkuvasti päällä olevalle staattiselle magneettikentälle, jolla ei ole todettu olevan pitkäkestoisia terveysvaikutuksia. Gradientti- ja RF-kentät ovat päällä vain kuvauksen aikana ja ne ovat heikkoja laitteen ulkopuolella. Henkilökunnalta tulee kuitenkin selvittää, onko heillä vasta-aiheita magneettikuvaushuoneessa työskentelylle. (Työterveyslaitos 2015: 16; Henrichs – Walsh 2011: 74; Kanal ym.2013: 505.) Työterveyslaitoksen oppaassa Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimintatavat magneettikuvaustyössä (2015) suositellaankin, että kaikille magneetin toiminta-alueella työskenteleville tulisi tehdä työhöntulotarkastus, jossa varmistetaan heidän turvallisuutensa magneettitoimintaympäristössä. Potilaiden esitarkastuslistojen lisäksi myös henkilökunnalle voi oppaan mukaan tehdä oman tarkastuslistan. (Työterveyslaitos 2015: 12.) Henkilökunnan jäsenen ollessa raskaana suositellaan, ettei hän työskentele magneettikuvaushuoneessa magneettikuvauksen ollessa käynnissä, mutta muuten tutkimusten suorittamiselle ei ole estettä missään raskauden vaiheessa (Kanal ym. 2013: 511, HUS-Kuvantaminen 2023).

Työterveyslaitoksen oppaassa painotetaan, että kaikkien magneetin toiminta-alueella liikkuvien turvallisuuskouluttaminen ja perehdyttäminen ovat turvallisen työympäristön edellytys. Turvallisuuskoulutus voidaan räätälöidä henkilökunnan työtehtävien mukaan, mutta kaikkien tulisi saada vähintään perehdytys staattisen magneettikentän riskeihin ja työyksikön toimintatapoihin. (Työterveyslaitos 2015: 14.)

### 3 Intraoperatiivinen magneettitutkimus

Intraoperatiivinen vaihe on osa perioperatiivista ajanjaksoa. Termiä perioperatiivinen käytetään kuvaamaan ajanjaksoa, joka sisältää leikkauksen kolme vaihetta: preoperatiivinen eli leikkausta edeltävä vaihe, intraoperatiivinen eli leikkauksen aikainen vaihe ja postoperatiivinen eli leikkauksen jälkeinen vaihe. Preoperatiivisella vaiheella tarkoitetaan ajanjaksoa, joka alkaa päätöksestä tehdä leikkaus ja päättyy siihen, kun potilas viedään leikkaussaliin. Intraoperatiivinen vaihe sisältää leikkauksen alkaen siitä, kun potilas tuodaan leikkaussaliin ja päättyen siihen, kun potilas viedään pois leikkaussalista. Postoperatiivisella vaiheella tarkoitetaan ajanjaksoa välittömästi leikkauksen jälkeen. Postoperatiivinen vaihe voi kestää tunneista kuukausiin. (Whitlock 2018.) Intraoperatiivisella magneettitutkimuksella tarkoitetaan siis magneettikuvausta, joka tapahtuu leikkauksen aikana.

Ensimmäinen intraoperatiivinen magneettikuvaus tehtiin 1980- ja 90-luvun taitteessa Bostonissa Brigham and Women's Hospitalissa (Childs – Bruch 2015: 225; Gandhe – Bhave 2018: 411). Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen toteuttamistapoja on useampia, mutta kaikissa niissä potilaalle tehdään magneettitutkimus kesken leikkauksen tai välittömästi leikkauksen päätyttyä. Intraoperatiivisia magneettitutkimuksia voidaan tehdä matalakenttä avomagneettilaitteella tai korkeakenttälaitteella, joka on joko sijoitettu leikkaussalin yhteyteen tai magneettijärjestelmällä, jonka magneettiputki on mahdollista liikuttaa leikkaussaliin (IMRIS™). (Gandhe- Bhave 2018: 412; Hemingway – Kilfoyle 2013: 508-509.)

Aiemmin intraoperatiiviset magneettikuvaukset ja muut invasiiviset magneettitutkimukset, kuten biopsiat, on tehty alle 1 Teslan matalakenttälaitteilla. Matalakenttälaitteet ovat yleensä avomagneetteja, joissa on joko vertikaalisesti tai horisontaalisesti aukko, joka mahdollistaa jatkuvan pääsyn potilaaseen tarjoten lähes reaaliaikaista kuvaa halutusta kohteesta. Matalakenttälaitteet ovat yleensä hinnaltaan edullisempia. Huonoina puolina matalakenttälaitteissa on rajoitettu magneettikentän vahvuus, laitteiden huono saataavuus ja magneettiyhteensopivan leikkausvälineistön hankinta, koska leikkaus tapahtuu magneettilaitteen välittömässä yhteydessä. (Gandhe – Bhave 2018: 412; Kent – Jensen 2014: 2.)

Nykyisten magneettilaitteiden kehitys on mahdollistanut korkeakenttä magneettilaitteiden, 1.5 ja 3 Teslaa, käytön intraoperatiivisissa tutkimuksissa (Childs – Bruch 2015: 225). Korkeakenttälaitteet ovat yleensä avoimen sijaan suljettuja kartion mallisia putkia, joten potilaan luokse ei ole jatkuvaa pääsyä. Korkeakenttälaitteilla on korkeammat hankintakustannukset kuin matalakenttälaitteilla ja ne tarvitsevat oman huoneen, joka on suojattu laitteen vaatimalla tavalla. (Gandhe – Bhave 2018: 412.) Korkeampi kentän vahvuus kuitenkin mahdollistaa paremman signaalin keräyksen ja näin myös tarkemman kuvanlaadun (Hemingway – Kilfoyle 2013; Gandhe - Bhave 2018: 412).

Kanadalainen neurokirurgi Garnette Sutherland kehitti magneettijärjestelmä IMRIS:in (The intraoperative MR imaging system IMRIS™), jossa magneettiputkella on oma säilytystilansa, josta se voidaan kattokiskoja pitkin siirtää leikkaussaliin. Magneettiputkea säilytetään useimmiten kahden eri leikkaussalin välillä, joista kumpaankin menee kattokiskot. Käyttämällä IMRIS -järjestelmää potilasta ei tarvitse liikutella leikkauksen aikana ja se lisää potilaan turvallisuutta. Leikkaussalit on suunniteltu magneettilaitetta silmällä pitäen siten, että kaikki tavarat on sijoitettu turvallisen etäisyyden päähän magneettiputkesta. (Childs- Bruch 2015: 226; Gandhe - Bhave 2018: 412, Hiatt 2018: 143; Henrichs – Walsh 2011: 73) Tällaisesta järjestelmästä puhutaan hybridileikkaussalina (hybrid operating room (OR)) (Hiatt 2018: 141).

Kiskoilla kulkevat magneettilaitteet ovat erittäin kalliita hankintoja ja niiden käyttö rajoittuu vain leikkauksiin. Vaihtoehtona on rakentaa kaksi viereistä huonetta, joista toisessa suoritetaan leikkaus ja toisessa sijaitsee kiinteä magneettikuvauslaite. Magneettikuvauslaitetta voidaan hyödyntää leikkausten ulkopuolella muiden potilaiden kuvaamiseen. (Azmi – Gibbons – DeVito – Schlesinger – Kreitner – Freguletti – Banovic – Ferrell – Horton – Pierce – Roth 2019: 101.)

Aivokasvainten leikkauksessa tarkoituksena on poistaa epänormaali kudos kokonaan samalla minimoimalla riskit pysyvistä neurologisesta haitasta. Nykyään leikkaus tehdään preoperatiivista tietokonetomografiaa ja magneettitutkimusta hyödyntämällä, jotta tuumorin sijainti tiedetään kallon sisällä. Ongelmana on, että kallon avaamisen jälkeen aivoissa voi tapahtua siirtymää, jonka takia tuumori ei enää olekaan samalla paikalla kuin preoperatiivisissa kuvissa. Myös tuumorin resektio ja dissektio voivat siirtää kohteena olevaa kudosta kallon sisällä. (Henrichs – Walsh 2011: 71-72; Abernethy – Avula – Hughes – Wright – Malucci 2012: 154-155) Useissa tutkimuksissa on raportoitu, että

magneettitutkimuksen tekeminen leikkauksen aikana parantaa resektion laajuutta merkittävästi.

Kent ja Jensen (2014:2) esittelevät narratiivisessa kirjallisuuskatsauksessaan seuraavia johtopäätöksiä:

Chicoine ym. tutkimuksen mukaan gliomaleikkauspotilailla resektion laajuus oli 93 %, jos käytettiin intraoperatiivista magneettitutkimusta ja 65 %, kun magneettia ei käytetty. Senfitin ym. kokeellisella asetelmalla tehdyssä tutkimuksessa intraoperatiivisen magneettitutkimuksen avulla saatiin gliomaa resekoitua enemmän kuin vertailuryhmällä. Bergsneider ym. tulokset olivat hyvin samankaltaisia kuin Senfitin ym. Kuhnt ym. tulivat tutkimuksessaan tulokseen, jonka mukaan intraoperatiivisen magneettitutkimuksen avulla saatiin parempia resektiotuloksia ilman korkeampaa postoperatiivisten komplikaatioiden määrää. Vaikka kirurgi on mielestään saanut poistettua tuumorin leikkauksen aikana, usein intraoperatiivinen magneettitutkimus kuitenkin paljastaa vielä jäljellä olevaa maligniteettia. Liang ja Schulder raportoivat, että intraoperatiivinen magneettitutkimus auttaa kirurgia saavuttamaan maksimaalisen resektiolaajuuden. Bergsneider ym. totesivat, että intraoperatiivisen magneettitutkimuksen käyttö parantaa reliabiliteettia ja tuumorin resektion laajuutta (91 %) verrattuna perinteiseen neuronavigaatio-ohjattuun leikkaukseen (76 %). Hatiboglu ym. raportoivat resektiolaajuuden mediaanin nousseen 76 prosentista 96 prosenttiin. Kentin ja Jensenin katsauksen johtopäätös oli, että resektion laajuus paranee intraoperatiivisen magneettitutkimuksen myötä. (Kent – Jensen 2014: 2.)

Intraoperatiivisten magneettitutkimusten käyttö on lisääntynyt voimakkaasti myös muun muassa Moyamoyan ja valtimolaskimoepämuodostumien (AVM) uudelleensuonituksessa, syväelektrodien asennuksessa sekä hematoomien poistossa. Neurokirurgisten leikkausten lisäksi intraoperatiivista magneettitutkimusta on alettu hyödyntämään myös selkärangan tuumorien poistossa sekä haiman ja maksan alueen leikkauksissa. (Henrichs - Walsh 2014:448.)

Vaikka intraoperatiivisia magneettitutkimuksia on tehty jo 20 vuotta, on hoidon tuloksia tutkittu vähemmän, kuin leikkausten resektiolaajuuksia. Kentin ja Jensenin tekemän katsauksen perusteella kahdessakymmenessä artikkelissa oli arvioitu resektiolaajuuden vaikutusta potilaan selviytymiseen. Useat tutkimukset olivat sillä kannalla, että lisääntynyt resektiolaajuus on etu selviytymisen kannalta. (Kent – Jensen 2014: 2-3)

### 3.1 Työnkulun suunnittelu magneettitutkimuksissa

Magneettikuvaustyöskentelyä koskevat samat työturvallisuusvaatimukset ja -velvoitteet kuin muitakin työpaikkoja. Sen lisäksi jokaisessa magneettikuvantamisaikassa tulee olla käytössä magneettiturvallisuuskäytännöt. Turvallisuuskäytäntöjä tulee ylläpitää jatkuvasti ja päivittää aina kun työpisteessä tapahtuu merkittäviä muutoksia. Jokaisella kuvantamisaikalla tulee olla nimetty magneettivastuuhenkilö, joka vastaa magneettiturvallisuuskäytäntöjen, lakien ja asetuksissa annettujen määräysten toimeenpanosta. Hyviin magneettiturvallisuuskäytäntöihin kuuluvat mm. työntekijöiden koulutus, turvallisuusohjeet, valmistajan ohjeistuksen noudattaminen ja laitteiden asianmukainen huolto. (Työterveyslaitos 2015: 9.)

Kuvantamistilat on suunniteltava niin, että magneettikuvauslaitteiden käyttäminen ja alueella liikkuminen on kaikille henkilöryhmille turvallista. Toteutustapoja on esimerkiksi kulkuoikeuksien rajoittaminen ja vaaratilanteiden estäminen varoitusmerkein. Lisäksi esimerkiksi hätätilanteet tulee ottaa huomioon toimintaa suunniteltaessa. (Työterveyslaitos 2015: 9,12.)

### 3.2 Työnkulku intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Potilaalle tehdään leikkaukseen liittyen useita valmistelevia toimia. Tässä kappaleessa käsitellään potilaan valmistelua leikkaukseen ja intraoperatiiviseen magneettitutkimukseen magneettiturvallisuuden näkökulmasta, puuttumatta anestesiaa tai leikkausta koskeviin valmisteluihin, elleivät ne vaikuta suoraan magneettitutkimukseen.

Ennen leikkaussaliin tuloa potilaalta varmistetaan haastattelemalla, ettei hänellä ole mitään kontraindikaatioita magneettitutkimusta koskien (Childs – Bruch 2015: 228; Stienen – Fierstra – Pangalu – Regli – Bozinov 2018: 2). Potilas nukutetaan leikkauksen ajaksi ja hänen fyysisestä hyvinvoinnistaan sekä leikkauksen että magneettitutkimuksen aikana huolehtii anestesia- ja lääketieteellisten avustuksella. Potilaan elintoimintoja monitoroidaan ja häntä lääkittää leikkauksen lisäksi myös magneettikuvauksen aikana (Whitlock 2018). Kaikki magneettikuvaushuoneeseen vietävät monitorointi- ja lääkintälaitteet tulee olla magneettiturvallisiksi (MR-safe) tai ne tulee olla sijoitettuna turvallisuusalueen ulkopuolelle ja kiinnitettynä (Huurto – Toivo 2000: 11-12; Stienen ym. 2018: 2; Jan-

kovski ym. 2008: 416). Myös magneettikuvaushuoneen puolelle siirtyvä henkilökunta tulee huomioida turvallisuuden osalta. Heillä, kuten potilaallakaan, ei saa olla kontraindikaatioita magneettitutkimuksen osalta. Lisäksi henkilökunnan tulee jättää pois kaikki tavarat, joita ei saa viedä magneettikuvaushuoneeseen, kuten hiuspinnit, puhelimet, lompakot ja stetoskoopit. (Henrichs – Walsh 2011: 74-75; Abernethy ym. 2012: 149)

Potilaaseen kiinnitettävät monitorointilaitteiden johdot voivat aiheuttaa potilaalle palovammoja, joten anestesiavälineistön osalta ennen leikkauksen aloitusta tulee huolehtia, ettei johdot muodosta silmukoita tai ole suorassa kosketuksessa potilaan ihon kanssa. Jos EKG-seurantaa käytetään, tulee elektrodien olla magneettiyhteensopivia. (Gandhe - Bhave 2018: 412-413; Huurto – Toivo 2000: 12; Henrichs – Walsh 2011:75; Stienen ym. 2018: 3; Hiatt 2018:144; Kanal ym. 2013: 513.) Myöskään potilaan itsessään ei tulisi muodostaa silmukoita, joten kädet tai jalat eivät saa olla ristissä kuvauksen aikana. Paljas iho vasten paljasta ihoa on myös raporttien mukaan aiheuttanut palovammoja. (Kanal ym. 2013: 513.) Lisäksi potilaan kuulo tulee suojata magneettitutkimusta varten (Childs – Bruch 2015: 232; Stienen ym. 2018: 3). Potilaan asettelussa ennen leikkauksen alkua on omat haasteensa, koska magneettiputken koko rajoittaa potilaan sijoittelua leikkauspöydällä (Gandhe - Bhave 2018:414; Stienen ym. 2018: 3). Joissain sairaaloissa käytetään kuvausputken kokoista muovista testirengasta, jotta potilaan mahtuminen kuvausputkeen voidaan varmistaa (Hiatt 2018: 144; Abernethy ym.: 151).

Useissa laitteissa käytetään kuvauskelaa, joka kiinnitetään paikalleen osittain jo ennen leikkauksen aloitusta ja tähän asetteluvaiheeseen röntgenhoitaja usein osallistuu (Childs- Bruch 2015: 228; Stienen ym. 2018: 2). Lisäksi potilas asetellaan magneettiturvalliseen kallotelineeseen, jonka avulla potilaan pää saadaan aseteltua oikeaan asentoon leikkausta varten (Hiatt 2018: 142). Leikkauksessa voidaan myös käyttää potilaalle asetettavaa stereotaksia kehikkoa, joka on magneettiyhteensopiva (Henrichs – Walsh 2014: 449). Potilas peitellään steriilisti leikkausta varten, mutta ennen magneettikuvaushuoneeseen siirtymistä potilaasta kuvattava alue tulee peitellä uusilla steriileillä leikkausliinoilla tai steriilillä muovilla, jotta nämä liinat poistamalla leikkausta voidaan kuvauksen jälkeen jatkaa steriilisti (Childs- Bruch 2015: 231-232; Stienen ym. 2018: 3-4; Hiatt 2018:145).

Anestesiassa olevan potilaan siirtämisessä magneettikuvaushuoneeseen on haasteensa. Potilas täytyy kuljettaa mahdollisimman varovasti, että vältetään irrottamasta hengityspotkea tai potilaalle laitettua suoniyhteyttä. Potilaassa kiinni olevien katetrien ja

putkien tulisi olla magneettiyhteensopivia. Niiden vaihtaminen ennen magneettitutkimusta on vaikeaa, koska potilas on edelleen steriileillä liinoilla peiteltynä magneettikuvaushuoneeseen siirryttäessä. (Abernethy ym. 2012: 149.) Markkinoilla on leikkaussali-pöytiä, jotka voi liikuttaa magneettikuvaushuoneeseen ja pöytälevy on magneettitutkimuslaitteen kanssa yhteensopiva, joten potilasta ei tarvitse siirtää tasolta toiselle (Jan-kovski ym. 2008: 416-417).

Magneettiin liittyvien erityispiirteiden vuoksi henkilökunnan tulee myös osata toimia elvytystilanteessa, joka saa alkunsa magneettitutkimuksen aikana, heliumin purkautuessa magneettilaitteesta sekä muissa vaaratilanteissa. (Gandhe - Bhave 2018: 413; Kanal ym. 2013: 508.)

### 3.3 Tarkistuslistat

Useissa paikoissa turvallisten toimintatapojen toteutumista edistetään käyttämällä tarkistuslistoja eli checklistejä (Gandhe – Bhave 2018:114; Hemingway – Kilfoyle 2013: 512; Porteous 2014: 14; Stienen ym 2018: 2). World Health organization eli Maailman terveysjärjestö (WHO) on julkaissut vuonna 2009 Surgical safety checklistin eli leikkaustiimin tarkistuslistan, jota se kannustaa muokkaamaan kunkin toimipisteen toimintaan sopivaksi. WHO:n tarkistuslista on jaettu kolmeen osioon: Ennen anestesiaa, Ennen viiltoa ja Ennen leikkaussalista poistumista tehtäviin tarkistuksiin ja listan läpikäyminen kestää noin 2-3 minuuttia. (Ikonen – Pauniahho 2010: 108; WHO 2009.) Cherkashin, Berezina ja Kuplavatsky julkaisivat European Congress of Radiologyssa (ECR) vuonna 2016 posterin, jossa kuvaavat tarkistuslistan käyttöä pietarilaisessa sairaalassa. Heidän käyttämänsä tarkistuslista on muokattu WHO:n tarkistuslistasta magneettiympäristöön sopivaksi lisäämällä kaksi lisäosiota WHO:n tarkistuslistaan: Ennen intraoperatiivista magneettitutkimusta ja Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen jälkeen. Ennen intraoperatiivista magneettitutkimusta kirurgi ja hoitajat tarkistavat, että kuvattava alue on valmiina kuvaukseen, ferromagneettisia työvälineitä tai laitteita ei ole operaatioalueella ja ei-magneettisten työvälineiden määrän. Anestesiologi tarkistaa, että potilas on valmiina siirtoon kuvaushuoneeseen ja vaihtaa potilaan ventilaattorin ei-magneettiseen sekä tarkistaa ettei ferromagneettisia laitteita ole käytössä. Radiologi tarkistaa kuvauskelan asettelun, kuvauskelan steriiliyden, huolehtii että henkilökunta ei tule tutkimushuoneeseen ja hoitaa magneettikuvauslaitteen käyttövalmiiksi. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen jälkeen radiologi sulkee magneettikuvauslaitteen ja poistaa kuvauskelan. Anestesiologi

varmistaa, että potilas on valmis leikkaussaliin siirtoon ja kytkee potilaan tavalliseen ventilaattoriin. Kirurgi ja hoitaja varmistavat ei-magneettisten työvälineiden määrän sekä aloittavat leikkauksen seuraavan vaiheen. (Cherkashin – Berezina – Kuplevatsky 2016: 8-9.) WHO:n tarkistuslista on käytössä yli 3900 sairaalassa 122 maassa (Cherkashin – Berezina – Kuplavatsky 2016: 3).

### 3.4 Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Röntgenhoitajan työ voidaan jakaa kolmeen osa-alueeseen: potilaan hoito ja palvelu, tekninen säteilynkäyttö ja säteilynsuojelu sekä terveydenhuollon toimintaympäristön palvelu. Potilaan hoidolla ja palvelulla tarkoitetaan niin sanottua potilastyötä eli työtä, joka tapahtuu potilaan kanssa kosketuksissa. Teknisellä säteilynkäytöllä ja säteilynsuojelulla tarkoitetaan säteilyä tai muuta energiaa hyödyntävien tutkimusten ja toimenpiteiden, kuten magneettitutkimus, teknistä suorittamista. Terveydenhuollon toimintaympäristön palvelulla tarkoitetaan potilaan kokonaisuhoitoa, hoitoketjun ja toisen terveydenhuoltoyksikön palvelemista. (Sorppanen 2006: 109.)

Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa vaihtelee sairaalakohteisesti. Tässä tulee myös huomioida, että eri maissa röntgenhoitajan rooli voi poiketa suomalaisen röntgenhoitajan roolista myös rutiinitutkimusten osalta. Potilaalta tulee selvittää rutiinisti, ennen leikkausta selvitettävien esitietojen lisäksi, mahdolliset kontraindikaatiot magneettitutkimukselle (Gandhe- Bhave 2018:413, Henrichs – Walsh 2011:75). Preoperatiivisen haastattelun magneettitutkimuksen kontraindikaatioita koskien voi hoitaa, sairaalasta riippuen, anestesia lääkäri tai röntgenhoitaja muun preoperatiivisen käynnin yhteydessä tai röntgenhoitaja ennen potilaan sairaalaan tuloa (Gandhe – Bhave 2018:114; Porteous 2014: 23; Stienen ym. 2018: 2; Hemingway – Kilfoyle 2013: 512). Röntgenhoitajan tehtäviin voi kuulua teknisestä laadunvarmistuksesta huolehtiminen ja kuvauslaitteen siisteydestä huolehtiminen (Hiatt 2018: 143; Hemingway – Kilfoyle 2013: 513). Röntgenhoitaja myös toimii usein turvallisuusvastaavana, huolehtien että magneettiturvallisuus toteutuu (Coperthwaite – Fearon 2017: 149; Hemingway – Kilfoyle 2013: 513).

## 4 Opinnäytetyön tavoite ja tarkoitus

Työn tavoitteena on potilaan turvallisuuden tukeminen intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa. Opinnäytetyön tarkoituksena on tuottaa turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa.

Tutkimusongelmat:

1. Mitä turvallisuuteen liittyviä asioita on otettava huomioon intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?
2. Mitä normaalista magneettikuvauksesta poikkeavaa tulee huomioida intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?
3. Mikä on röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?
4. Miten intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuuden toteutumista seurataan toimenpiteen aikana?

## 5 Toimintaympäristö

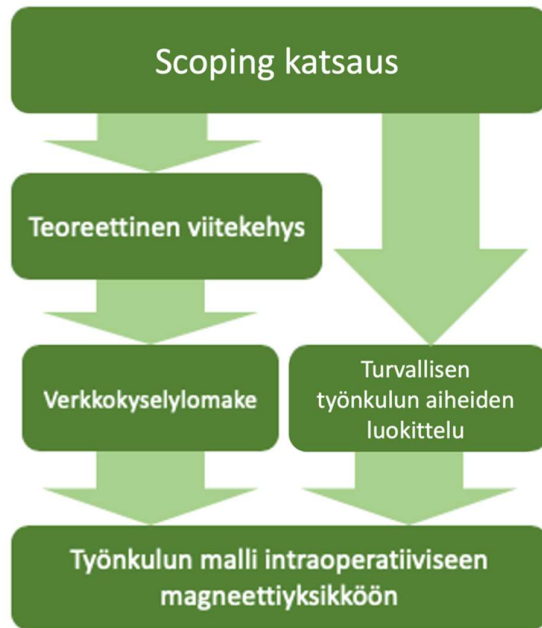
Uudenmaan erikoissairaanhoidosta vastaava HUS-yhtymä on Suomen suurin terveydenhuoltoalan toimija. HUS-yhtymä koostuu Helsingin kaupungista ja neljästä hyvinvointialueesta: Itä-Uusimaa, Keski-Uusimaa, Länsi-Uusimaa ja Vantaa-Kerava. HUS tuottaa erikoissairaanhoidon palveluja yli 1,7 miljoonalle asukkaalle, 26 kunnan alueella. Lisäksi HUS Helsingin yliopistollinen sairaala vastaa useiden harvinaisten ja vaativien sairauksien hoidosta ja tutkimuksesta koko maan väestön osalta. HUS:ssa hoidetaan lähes 700 000 potilasta vuodessa. (HUS Talousarvio 2023: 2-9, 13.) Aiemmin Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirinä tunnetun HUS-yhtymän suurimman rakennushankkeen Siltasairaalan rakentaminen käynnistyi Meilahden sairaala-alueelle keväällä 2018 (Siltasairaala 2017). Rakennus korvasi Töölön sairaalan ja osan Syöpätautien klinikkarakennusta. Siltasairaalaan valmistuivat tilat ortopedian, traumatologian, käsikirurgian, neurokirurgian, päivystyksellisen plastiikkakirurgian sekä vaativan suu- ja leukakirurgian toimintoille. Lisäksi Siltasairaalaan valmistui tilat osalle Syöpäkeskuksen poliklinikkatoimintoista ja vuodeosastohoitoa tarvitseville syöpäpotilaille. Siltasairaalan valmistumisen myötä Meilahden sairaala-alue kokoaa yhteen kaikkien erikoisalojen ympärivuorokautiset palvelut. (Siltasairaalan hankesuunnitelma 2016: 5-6.) Siltasairaalan päivystysalueelle ja kuvantamisosastoille tulee paljon uutta laitekantaa. Kuvantamistutkimuksista

myös magneettitutkimukset ovat nousseet ensilinjan kuvantamismenetelmiksi, koska yhdellä kuvauksella päästään täsmällisempään diagnoosiin ja hoitopäätökseen vähemmällä käynneillä. Magneettitutkimusten määrät ovat kasvaneet vuosittain 5-7%, mutta Siltasairaalan suunnittelussa magneettitutkimusten kysynnän kasvun lasketaan taittuvan vuoteen 2025 mennessä. Vuoden 2025 osalta HUS:n magneettitutkimusten määrän arvioidaan asettuvan hieman päälle 100 000 tutkimuksen tasolle. Kuvantamisosastolle sijoitetaan aluksi 3 uutta magneettilaitetta ja päivystysalueelle yksi. Päivystysalueen magneettilaitte on 1,5 T laite, joka palvelee pääosin päivystyksen potilaita. Laite sijaitsee leikkauksalin vieressä ja mahdollistaa neuro- ja leukakirurgisten potilaiden kuvauksen kesken leikkauksen. (Siltasairaalan hankesuunnitelma 2016: 42-44.)

## **6 Tutkimusaineisto ja menetelmät**

### **6.1 Tutkimusasetelma**

Opinnäytetyössä käytettiin mixed method lähestymistapaa (Tuomi – Sarajärvi 2018). Käytetyt tutkimusmenetelmät valittiin opinnäytetyön tutkimusongelmien pohjalta. Intraoperatiivista magneettitutkimusyksikköä ei vastaavalla tavalla ole toteutettu Suomessa aiemmin, joten työnkulun mallin toteuttamiseen haettiin tietoa kansainvälisistä julkaisuista sekä yksityiskohtaisempaa tietoa lähettämällä verkkokyselylomake kolmen eri ulkomaisen sairaalan edustajalle. Scoping katsausta käytettiin teoreettisen viitekehyksen muodostamiseen ja runkona verkkokyselylomakkeelle (Arkney – O'Malley 2007). Scoping katsauksen pohjalta valituista julkaisuista nousseet intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvalliseen työnkulkuun liittyvät aiheet analysoitiin sisällön erittelyllä ja niiden pohjalta muodostettiin vastauksia tutkimusongelmiin. Kirjallisuushaun ja verkkokyselyn pohjalta laadittiin malli työnkulkuun intraoperatiivisessa magneettiyksikössä (kuvio 1).



Kuvio 1. Tutkimusasetelma opinnäytetyössä.

## 6.2 Kirjallisuushaku

Opinnäytetyötä varten tehtiin scoping katsaus kansainvälisiin julkaisuihin (Arkney – O’Malley 2007). Hakukoneina käytettiin seuraavia terveydenhuoltoalan tietokantoja: Cinahl (EBSCOhost), Pubmed, Science Direct ja Ovid. Haut tehtiin lokakuussa 2018 - tammikuussa 2019. Hakusanoiksi muodostui intraoperative MRI, intraoperative magnetic resonance imaging, iMRI ja safety syksyllä 2018 tehtyjen testihakujen jälkeen (taulukko 1).

Taulukko 1. Kirjallisuushaussa käytetyt hakusanat.

Hakusanat		
intraoperative MRI intraoperative magnetic resonance imaging iMRI	AND	safety

Saadut hakutulokset olivat: Cinahl 34 tulosta, Pubmed 440 tulosta, Science direct 47 tulosta ja Ovid 22 tulosta. Kirjallisuushakuja rajattiin seuraavasti:

### Sisäänottokriteerit

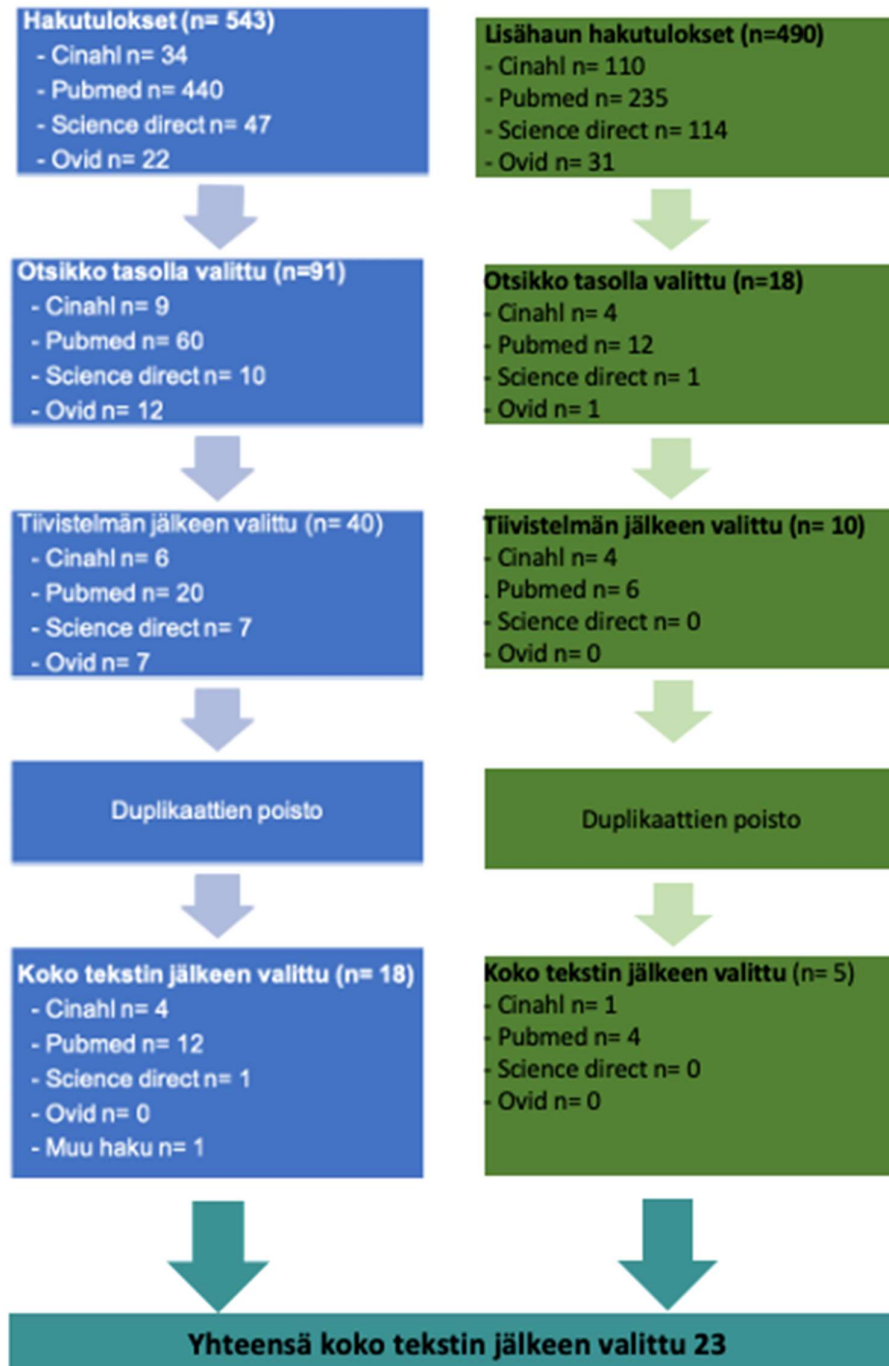
Aineisto vastaa tutkimuskysymyksiin  
 Aineiston julkaisukieli suomi tai englanti  
 Aineiston tulee olla tutkimusartikkeli, väitöskirja, artikkeli vertaisarvioidussa lehdessä  
 Aineisto tulee olla saatavilla Full text muodossa  
 Julkaisun lähdeluettelon tulee olla saatavilla

### Poissulkukriteerit

Aineisto ei vastaa tutkimuskysymyksiin  
 Julkaisukieli on muu kuin suomi tai englanti  
 Aineisto on muu kuin tutkimusartikkeli, väitöskirja tai artikkeli vertaisarvioidussa lehdessä  
 Aineistoa ei ole saatavilla Full text- muodossa  
 Julkaisun lähdeluettelo ei ole saatavilla  
 Julkaisussa käsitellään vain matalakenttämagneettilaitetta

Julkaisuajankohtaa ei rajoitettu, koska aineistoa, jossa käsitellään intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulkua, on hyvin rajoitetusti. Julkaisut luettiin otsikkotasolla ja niistä rajattiin pois ne, jotka eivät täyttäneet asetettuja kriteereitä. Otsikoiden luvun jälkeen julkaisuja oli yhteensä jäljellä 91. Otsikkotasolla hyväksytyistä julkaisuista luettiin tiivistelmät ja poistettiin duplikaatit. Koko tekstitasolla luettiin 40 julkaisua kirjallisuushaulla asetetut rajaukset ja tutkimuskysymykset huomioiden. Lopulta julkaisuista valikoitui opinnäytetyössä käytettäväksi 18 artikkelia, joista yksi löytyi luettujen julkaisujen lähdeviitteistä.

Lisähaku suoritettiin 15.9.2022. Lisähaussa käytettiin samoja hakukoneita ja hakusanoja, kuin aiemmassakin kirjallisuushaussa. Lisähaun tulokset olivat: Cinahl 110 tulosta, Pubmed 235 tulosta, Science direct 114 tulosta ja Ovid 31 tulosta. Sisäänottokriteerit olivat samat kuin aiemmassa kirjallisuushaussa. Julkaisuajankohta rajattiin vuosiin 2019-2022. Otsikkotasolla hyväksytyistä julkaisuista luettiin tiivistelmät ja poistettiin duplikaatit. Koko tekstitasolla luettiin 6 julkaisua, joista opinnäytetyössä käytettäväksi valittiin 5 aiemman 18 lisäksi. Yhteensä opinnäytetyössä käytettäväksi valikoitui 23 julkaisua. (Kuvio 2.)



Kuvio 2. Scoping katsauksen eteneminen.

### 6.3 Verkkokysely

Scoping katsauksen lisäksi kolmeen ulkomaiseen sairaalaan lähetettiin verkkokyselylomake. Verkkokyselylomaketta varten sairaalat valittiin tarkoituksenmukaisuus otannalla, koska otanta mahdollisesti valinnan kohdistuvan sairaaloihin, joissa on tehty jo paljon intraoperatiivisia magneettitutkimuksia ja ne muistuttivat toimintojen osalta Siltasairaalan intraoperatiivista magneettiyksikköä. (Kankkunen – Vehviläinen-Julkunen 2009: 83-85.)

Valitut sairaalat:

1. Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lille, Ranska  
Lillen sairaalasta on saatavilla kirjallista- ja videomateriaalia, jota on hyödynnetty Siltasairaalan intraoperatiivisen magneettiyksikön suunnittelussa.
2. Heidelberg University Hospital, Saksa
3. Hospital Charité – Universitätsmedizin Berlin, Saksa  
3T magneettikuvauslaite leikkaussalin vieressä suoralla sisäänkäynnillä.

Kahdesta sairaalasta saatiin vastaus verkkokyselylomakkeeseen.

#### 6.3.1 Tiedonkeruuväline

Valittuihin sairaaloihin lähetettiin verkkokyselylomake, jonka avulla selvitettiin, kuinka kyseisessä sairaalassa on toteutettu intraoperatiiviset magneettitutkimukset, miksi juuri kyseisellä tavalla ja onko käytössä potilasturvallisuutta edesauttavia menetelmiä kuten tarkistuslistat. Sairaaloista kerättiin tietoa strukturoituja, puolistrukturoituja ja avoimia kysymyksiä sisältävällä verkkokyselylomakkeella (liite 1). Kyselylomake toteutettiin englanninkielisenä Google Forms -lomakkeena. Kyselyyn pyydettiin vastaajaksi yhtä henkilöä, joka työskentelee intraoperatiivisessa yksikössä vastaavana hoitajana tai lääkärinä tai on osallistunut yksikön toiminnan suunnitteluun. (Kankkunen – Vehviläinen - Julkunen 2009: 93-98.) Kysymysten laadinnassa hyödynnettiin opinnäytetyötä varten tehdyn kirjallisuushaun materiaalia ja Siltasairaalan intraoperatiivisen magneettiyksikön suunnitteluun käytettyä Lillen sairaalasta saatua materiaalia.

Kyselylomakkeen osa-alueet olivat taustatiedot, työympäristö, potilas ja käytännöt intraoperatiivisessa magneettikuvaustoiminnassa. Taustatiedoissa oli kaksi kysymystä puolistrukturoituna ja yhdet kysymykset strukturoituna sekä avoimena. Taustatiedoilla selvitettiin, kuinka usein tutkimuksia tehdään, mitä tutkimuksia tehdään ja kuinka kauan niitä on haastateltavassa sairaalassa tehty. Kysymyksillä selvitettiin kyseisten tutkimusten yleisyyttä sairaalassa. Lisäksi selvitettiin, tehdäänkö potilaalle aina magneettikuvaus, kun leikkaus tehdään magneettikuvaushuoneen yhteydessä olevassa leikkaussalissa.

Työympäristöstä kyselylomakkeella oli neljä avointa kysymystä sekä yksi dikotominen ja yksi puolistrukturoitu kysymys. Kyselylomakkeella kysyttiin, onko siirtyminen leikkaussalista magneettikuvaushuoneeseen otettu jotenkin erityisesti huomioon. Tällä kysymyksellä haettiin tietoa, onko käytössä joitain erityisvälineitä, kuten esimerkiksi tutkimus- ja leikkauspöydän yhdistelmä, sekä selvitettiin, kuinka turvallisuusmerkintöjä on käytetty magneettiturvallisuuden parantamiseen (IEC standardi magneettikuvauslaitteiden turvallisuudesta IEC60601-2-33). Lisäksi kysyttiin, tekisivätkö he jotain toisin, jos työympäristöä suunniteltaisiin nyt. Kyselylomakkeessa kysyttiin myös, kuinka tutkimukseen siirtyminen on järjestetty ja kuka vastaa magneettiturvallisuudesta kuvaushuoneeseen siirryttäessä. Lisäksi kysyttiin, mikä kaikki välineistö on magneettiyhteensopivaa sekä ketkä henkilökunnan edustajat siirtyvät potilaan mukana magneettikuvaushuoneeseen (Huurto – Toivo 2000: 11-12; Työterveyslaitos 2015:11).

Potilasta koskien kyselylomakkeella oli yksi avoin, kaksi puolistrukturoitua ja yksi strukturoitu kysymys. Potilaan turvallisuuden osalta kiinnostuksen kohteena oli, kuinka potilaan haastattelu magneettitutkimuksen kontraindikaatioiden osalta suoritetaan ja tallennetaanko tiedot. Lisäksi kysyttiin, kuinka potilaan kuulo suojataan ja missä vaiheessa toimenpidettä (Työterveyslaitos 2015: 12, 17).

Intraoperatiivisen magneettiyksikön työskentely käytännöistä oli kolme avointa kysymystä ja yksi puolistrukturoitu kysymys. Kahdesta kysymyksestä oli vastauksesta riippuen jatkokysymys, joista toinen oli dikotominen ja toinen avoin. Käytännöistä haluttiin selvittää, käytetäänkö yksikössä tarkistuslistoja potilaan turvallisuuden parantamiseksi ja onko ne yhdistetty leikkaussalin tarkistuslistoihin (Hemingway – Kilfoyle 2013: 512). Koska opinnäytetyötä tehtiin magneettiturvallisuuden näkökulmasta ja ensisijaisesti magneettitutkimusten toiminnan suunnittelua varten, kysyttiin kyselylomakkeella rönt-

genhoitajan roolia prosessin aikana. Työterveyslaitoksen oppaassa *Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimintatavat magneettikuvaustyössä* painotetaan, että kaikki magneettitutkimusten toiminta-alueella liikkuvat tulee turvallisuus kouluttaa ja perehdyttää, joten kyselylomakkeella selvitettiin myös, millaista koulutusta henkilökunnalle tarjotaan tai vaaditaan intraoperatiivisessa magneettiyksikössä työskentelyä varten (Työterveyslaitos 2015: 14).

#### 6.4 Aineiston analysointi

Scoping katsauksen avulla valitut julkaisut luettiin uudelleen tarkkaan läpi ja analysoitiin sisällön erittelyllä hakemalla vastauksia opinnäytetyön tutkimusongelmiin: ”Mitä turvallisuuden liittyviä asioita on otettava huomioon intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?”, ”Mitä normaalista magneettikuvauksesta poikkeavaa tulee huomioida intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?”, ”Mikä on röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?” ja ”Miten intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuuden toteutumista seurataan toimenpiteen aikana?” Julkaisuista nousseet tutkimusongelmat koskevat ilmaisut kirjattiin luetteloksi kunkin tutkimusongelman alle. Aineiston ilmaisut redusointiin. Tämän jälkeen aineisto luokiteltiin niin, että saman teeman alle kuuluvat aiheet yhdistettiin alaluokiksi ja pääluokiksi. (Tuomi – Sarajärvi 2018: 193-196, 212-213). Sama toistettiin kaikkien tutkimusongelmien kohdalla. Kerätty aineisto kvantifioitiin tulosten esittämisen tueksi aiheen esiintyvyyden arviointiin (Tuomi – Sarajärvi 2018: 221-223, 225-226).

Verkkokyselylomakkeen aineiston strukturoidut ja puolistrukturoidut kysymykset analysoitiin kuvailevilla määrällisillä menetelmillä ja avoimet sisällönerittelyllä. Verkkokyselylomakkeiden aineiston analysointi aloitettiin lukemalla vastaukset läpi kahteen kertaan. Sisällönerittelyä käytettiin verkkokyselylomakkeen tulosten kuvaamiseen. Verkkokyselylomakkeella saadut tiedot yhdistettiin kirjallisuushaun kautta saadun aineiston kanssa samojen pääluokkien alle.

Kirjallisuushaun ja verkkokyselylomakkeen avulla saadusta aineistosta muodostettiin malli turvallisesta työnkulusta intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa. Työnkulun mallilla kuvataan, mitkä asiat tulisi huomioida intraoperatiivisen magneettitutkimustoiminnan alkaessa ja toimintaa suunnitellessa.

## 7 Tulokset

Scoping katsauksen avulla opinnäytetyöhön valikoitui 23 julkaisua. Julkaisut olivat kansainvälisiä julkaisuja, joista 14 oli tehty Yhdysvalloissa, kaksi Intiassa ja yhdet Kanadassa, Venäjällä, Isossa-Britanniassa, Belgiassa, Singaporessa ja Sveitsissä sekä yksi yhteistyönä Yhdysvalloissa ja Itävallassa. Julkaisuista kahdeksan oli asiantuntija-artikkeleita, yksi prospektiivinen havainnollistava tutkimus, yksi systemaattinen kirjallisuuskatsaus, 13 katsausartikkelia ja yksi turvallisuusraportti.

### 7.1 Huomioon otettavat turvallisuuteen liittyvät asiat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Scoping katsauksen pohjalta muodostui kolme intraoperatiivisen magneetin turvallisuuteen liittyvää pääluokkaa: *potilaan valmistelu ja anestesia, tilojen ja toiminnan suunnittelu* sekä *henkilökunnan toiminta*. Julkaisut luokiteltuna ja kvantifioituna löytyvät taulukosta 2. Tulokset kappaleessa ilmoitetaan niiden julkaisuiden määrä (n), joissa on mainittu käsiteltävä asia. Opinnäytetyöhön valikoitui yhteensä 23 julkaisua.

*Potilaan valmistelu ja anestesia* pääluokan alle muodostui kolme yläluokkaa: *kontraindikaatiot, potilaan valmistelu toimenpiteeseen ja anestesia*. Yläluokassa *kontraindikaatiot* yli puolessa julkaisuista mainittiin potilaan kehonsisäisten magneettiyhteensopimattomien implanttien ja muiden kontraindikaatioiden poissulkeminen (n=12) ja potilaan esitietojen selvittämisen (n=15) merkitys kontraindikaatioihin liittyvien vaarojen ennaltaehkäisyssä. Potilaan esitietoja selvitettiin esitietolomakkeen avulla, haastatteleamalla potilasta joko leikkaussalissa tai preoperatiivisen sairaalassa käynnin yhteydessä. Esitietojen selvittäjänä toimi usein joko röntgenhoitaja tai anestesia-ääkäri.

Toinen yläluokka *potilaan valmistelu toimenpiteeseen* muodostui alaluokista *kuulonsuojaaminen, nesteestä johtuva palovammariski, silmukoiden aiheuttama palovammariski, leikkausalueen steriilinä pysyminen, makuuhaavoilta suojaaminen ja mahtuminen kuvaslaitteeseen*. Kuulonsuojaaminen (n=15) oli useimmiten hoidettu korvatulpilla ja joissakin julkaisuissa mainittiin lisäksi korvatulppien teippaaminen. Silmukoiden aiheuttama palovammariski (n=17) johtui joko potilasvalvontaan liittyvistä johdoista suoraan iholla, potilaan raajojen muodostamista silmukoista, ei magneettiyhteensopivasta materiaalista

kiinni potilaassa tai iho vasten ihoa kontaktista. Palovammoja vältettiin asettelemalla potilas huolellisesti ja varmistamalla, että johdot tai potilaan raajat eivät aiheuta silmukoita tai ole kosketuksissa potilaan paljaaseen ihoon. Nesteestä aiheutunut palovammariski (n=2) liittyi joko potilaan hikoiluun tai muihin teksteilleitä kastelleisiin nesteisiin. Leikkauksen alueen steriilinä pysyminen (n=4) koettiin haastavana potilaan siirtotilanteissa. Leikkauksen ollessa pitkä, ja magneettikuvauksen pidentäessä sitä entisestään, potilaan suojaaminen makuuhaavoilta (n=5) koettiin osassa julkaisuista erittäin tärkeäksi. Potilaan asettelu oikean leikkausasentoon ja makuuhaavoilta suojaamiseen liittyvät pehmusteet korottavat potilasta leikkaukspöydällä. Potilaan mahtuminen magneettilaitteen kuvausputkeen (n=5) tulee julkaisuiden mukaan varmistaa. Mittaamiskeinona käytettiin pleksilaisista ja kankaasta tehtyjä muotteja.

Yläluokkaan *anestesia* sisältyi kuusi intraoperatiivisen magneetin kannalta merkityksellistä alaluokkaa: magneettiyhteensopiva anestesiavälineistö, näkyvyys potilaaseen, letkujen pidennykset, magneettiyhteensopiva lämmönmittaus, hengityspotken kiinnitys ja anestesian keston pidentyminen. Magneettikuvausympäristö aiheuttaa haasteensa anestesialle, joten anestesiavälineistö eli potilasvalvontamonitori, respiraattori sekä niihin liittyvät lätkät ja johdot tulee olla magneettiyhteensopivia (n=14). Esimerkiksi EKG-tulkinta hankaloituu magneettikentän vaikutuksesta. Lisäksi lämmönmittaus (n=3) tulisi olla magneettiyhteensopiva. Potilaan ruumiinlämmön pitäminen riittävän lämpimänä on haaste, koska harvoja lämmityspeittoja tai -laitteita voi tuoda kuvaushuoneeseen. Useampi julkaisu mainitsi anestesian keston pidentymisen (n=7) intraoperatiivisen magneettikuvauksen myötä haasteena. Intraoperatiivinen magneettitutkimus pidentää leikkausta jo pelkän kuvauksen myötä, mutta lisäksi aikaa kuluu magneettiturvallisuuden varmistamiseen. Potilaan anestesian turvaaminen vaatii julkaisujen mukaan hengityspotken kiinnitystä (n=7) ja letkujen pidennyksiä (n=5). Hengityspotki tulee olla hyvin kiinnitettynä, ettei se irtoa siirtely- tai liikuttelutilanteissa. Lisäksi näkyvyys hengityspotkeen on jatkossa mainituista syistä rajattu. Hengityspotken ohjurin ballonki pitäisi myös olla teipattuna kauemmaksi, ettei se aiheuta häiriötä kuviin. Näkyvyys potilaaseen (n=5) on heikompi kuin normaalissa leikkauksissa. Potilas peitellään kuvausta varten muovilla niin, että leikkausalue pysyy steriilinä ja aivojen alueen leikkauksissa tämä tarkoittaa, että anestesia- ja lääke- ei ole kunnon näkyvyyttä potilaaseen. Myös itse magneettiputki estää suoran näköyhteyden potilaaseen.

Pääluokkaan tilojen ja toimintojen suunnittelu muodostui 4 yläluokkaa: *välineet*, *toiminta*, *hätätilanteet* ja *tilasuunnittelu*. Magneettiyhteensopiva anestesiavälineistö (n=14) mainittiin jo pääluokassa *potilaan valmistelu ja anestesia*. Unessa olevan potilaan vointia ja anestesia-tilaa täytyy tarkkailla koko toimenpiteen ajan. Laitteiden magneettiyhteensopivuus on edellytys sille, että niitä voidaan käyttää kuvaushuoneen puolella. Tämä pätee myös kaikkiin anestesiavälineistöön liittyviin lätkiin ja johtoihin. Etenkin hybridileikkauksissa, joissa magneettiputki tuodaan kuvaushuoneeseen kattokiskoja pitkin, täytyy myös kaikki leikkaussalissa oleva leikkausvälineistö olla magneettiyhteensopivaa (n=3) tai ne täytyy siirtää kuvaushuoneesta magneettikuvauksen ajaksi pois. Välineistön magneettiyhteensopivuuden varmistamiseksi (n=10) julkaisuissa kerrottiin, että kaikki välineet on merkattu MK-safe, MK-conditional tai MK-unsafe tekstein tai värein. Julkaisuissa mainitaan myös magneettiyhteensopivat päätapit (n=9) ja magneettiyhteensopiva tutkimuspöytälevy (n=4). Julkaisuissa myös mainitaan, että liukukiskomagneettia käytettäessä, leikkaussaliin magneettikuvauksen ajaksi jäävät laitteet tulisi kiinnittää johonkin (n=2).

Yläluokkaan *toiminta* muodostui neljä alaluokkaa. Henkilökunnan turvallisuusseulonnan (n= 11) avulla varmistetaan, ettei henkilökunnalla ole kontraindikaatioita magneettikuvaushuoneessa työskentelylle. Julkaisuiden mukaan seulontaa tehtiin vuosittain turvallisuuskoulutuksen yhteydessä tai aina intraoperatiivisen toimenpiteen yhteydessä. Julkaisuissa mainittiin vaara välineistön päätyemisestä magneettilaitteeseen (n=13). Vaaran välttämiseksi esitettiin muun muassa tarkistuslistojen käyttöä. Julkaisuissa mainittiin moniammatillinen yhteistyö toimintaprotokollia luotaessa (n=4) yhteisen toimintakulttuurin pohjaksi. Turvallisuuden lisäämiseksi kuvaushuoneeseen pääsyä oli rajattu (n=12). Osassa julkaisuita kuvaushuoneeseen pääsivät magneetin henkilökunnan lisäksi vain ennalta määritellyt henkilöt, kuten anestesiahenkilökunta. Kulkuoikeuksia oli julkaisuiden mukaan rajoitettu myös fyysisesti niin, että vain magneettihenkilökunnalla oli kulkuoikeustiloihin ja he pääsivät muun henkilökunnan magneettikuvaushuoneeseen.

Yläluokan *hätätilanteet* alle nousi elvytysvälineistö ei heti saatavilla (n=5) ja hätätilanteessa heliumin vapauttaminen (n=2). Elvytysvälineistö ei ole magneettiyhteensopivaa, joten niitä ei voi viedä magneettikuvaushuoneeseen. Tämä tulisi julkaisuiden mukaan huomioida toimintaa, kuten koulutuksia, suunniteltaessa. Lisäksi kaikilla tulisi olla toimintatapa elvytystilanteissa tiedossa. Hätätilanne, jossa helium tulisi vapauttaa magneetti-

kentän alas ajamiseksi, ei ole kovin tavallista. Heliumin vapauttamiseksi tulisi olla toimintaohje, jotta esimerkiksi tilanteessa, jossa joku jää puristuksiin, röntgenhoitaja pystyy tämän tekemään.

*Tilasuunnittelu* -yläluokkaan muodostui alaluokiksi *magneettitilojen jakaminen vyöhykkeisiin, 50 ja 5 Gaussin linjojen merkitseminen lattiaan, moniammatillinen tilasuunnittelu, siivous ja leikkaussalia vastaava ilmastointi*. Erityisesti Pohjois-Amerikassa noudatetaan American radiology yhdistyksen ohjeistusta, joka suosittaa, että tilat olisi jaettu vyöhykkeisiin (n=14) magneettiturvallisuuden seuraamisen helpottamiseksi. Myös 50 ja 5 Gaussin linjojen merkitsemistä lattiaan (n=12) on suositeltu useammassa julkaisussa. Hybridisissa erityisesti on tärkeää tietää kuinka voimakas magneettikenttä missäkin kohtaa on, koska se vaikuttaa välineistön ja laitteiden sijoitteluun leikkaussalissa. Kuten aiemmin mainittu moniammatillinen toimintaprotokollien luominen, myös moniammatillinen tilasuunnittelu (n=5) mainittiin. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen puhtauteen liittyen esiin nousi siivous (=2) ja leikkaussalia vastaava ilmastointi (n=3). Siivous mainittiin kahdessa julkaisussa ja toisessa erityisesti siivouksen tarpeellisuus, kun magneettilaitteella kuvataan muitakin magneettitutkimuksia kuin intraoperatiivisia magneettikuvauksia. Ilmastoinnista mainittiin, että magneetissa tulisi olla yhtä hyvä ilmanlaatu kuin leikkurissa tai ilmanvaihto on muuten huomioitu.

Pääluokka *henkilökunnan toiminta* jaettiin kolmeen yläluokkaan: *kommunikaatio, henkilökunta kuvaushuoneessa ja koulutus*. Yläluokkaan kommunikaatio muodostui kaksi alaluokkaa *nimetty turvallisuudesta vastaava henkilö (n= 4) sekä kommunikointi ja moniammatillinen yhteistyö (n=5)*. Turvallisuudesta vastaavaksi henkilöksi oli nimetty sairaalasta riippuen esimerkiksi röntgenhoitaja, leikkaussalihoitaja tai lääkäri. Julkaisuissa turvallisuudesta vastaavasta käytettiin esimerkiksi nimitystä safety officer ja medical director. Moniammatillinen yhteistyö ja siihen liittyvä kommunikointi nostettiin esiin joissakin julkaisuissa tarpeellisena ja välttämättömänä turvallisuuden kannalta.

Yläluokka *henkilökunta kuvaushuoneessa* muodostui alaluokista *henkilökunnan pukeutuminen erikseen ohjeistettu, henkilökunnan kuulonsuojaaminen, ei koruja henkilökunnalla ja vain minimi liikkuminen magneettikuvaushuoneessa*. Henkilökunnan pukeutuminen oli ohjeistettu (n=5) julkaisuissa niin että henkilökunnan työvaatetuksessa ei ollut lainkaan taskuja ja kaikki henkilökohtaiset tavarat piti jättää määrättyyn paikkaan. Henkilökunnan, kuten potilaankin, kuulo tulee suojata (n= 11) mikäli he ovat kuvauksen aikana magneettikuvaushuoneessa. Muutamassa (n=3) julkaisujen sairaalassa oli tiukka

”ei koruja”- käytäntö. Kahdessa julkaisussa henkilökuntaa ohjeistettiin liikkumaan mahdollisimman vähän kuvaushuoneessa kuvaukseen tulevan häiriön vuoksi.

*Koulutus* yläluokan alle tuli alaluokat *selvät ohjesäännöt* ja *koulutus*. Useammassa julkaisussa koettiin, että selvät koko henkilökuntaa ja intraoperatiivista magneettitoimintaa koskevat ohjesäännöt (n=9) olivat tarpeelliset ja edesauttoivat turvallisuuden toteutusta. Myös koko henkilökunnan koulutus (n=12) koettiin tarpeellisena. Koulutusta toteutettiin esimerkiksi turvallisuusluentoina ja simulaatioina.

Taulukko 2, osa 1/2. Huomioon otettavat turvallisuuteen liittyvät asiat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa – aiheeseen liittyvien ilmausten määrät valituissa artikkeleissa.

Tutkimus nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	n=
<b>POTILAAN VALMISTELU JA ANESTESIA</b>																								
<b>KONTRAIINDIKAATIOT</b>																								
Implantit ja muut kontraindikaatiot	X	X	X	X	X			X			X	X				X		X	X	X				12
Potilaan esitietojen ja kontraindikaatioiden selvittäminen		X		X	X	X			X	X	X		X	X		X	X	X		X	X	X		15
<b>POTILAAN VALMISTELU TOIMENPITEESEEN</b>																								
Kuulonsuojaaminen	X	X		X		X			X	X		X	X			X	X	X	X	X		X	X	15
Nesteestä johtuvat palovammariski										X													X	2
Silmukoiden aiheuttama palovammariski	X	X	X	X		X			X	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	17
Leikkausalueen steriilinä pysyminen						X				X		X			X									4
Makuuhaavoilta suojaaminen				X		X						X	X	X										5
Mahtuminen kuvauslaitteeseen			X			X				X		X											X	5
<b>ANESTESIA</b>																								
MRI-yhteensopiva anestesiavälineistö	X		X			X	X		X			X	X	X	X	X		X		X	X	X		14
Näkyvyys potilaaseen									X	X		X	X	X										5
Letkujen pidennykset						X	X		X									X		X				5
MRI-yhteensopiva lämmönmittaus										X		X				X								3
Hengityspotken kiinnitys						X	X		X			X		X		X		X						7
Anestesian keston pidentyminen						X	X		X			X			X					X		X		7

Taulukko 2, osa 2/2. Huomioon otettavat turvallisuuteen liittyvät asiat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa – aiheeseen liittyvien ilmausten määrät valituissa artikkeleissa.

Tutkimus nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	n=
<b>TILOJEN JA TOIMINNAN SUUNNITTELU</b>																								
<b>VÄLINEET</b>																								
MRI-yhteensopiva anestesiavälineistö	X		X			X	X		X			X	X	X	X	X		X		X	X	X		14
MRI-yhteensopiva leikkausvälineistö																X		X		X				3
Välineistö yhteensopivuusmerkitty		X				X		X					X	X			X	X			X	X	X	10
Magneettiyhteensopivat päätapit			X			X			X	X		X		X	X			X					X	9
Magneettiyhteensopiva tutkimuspöytälevy			X			X						X			X									4
Laitteiden kiinnitys hybridisissa					X													X						2
<b>TOIMINTA</b>																								
Henkilökunnan turvallisuusseulonta				X	X	X			X		X		X			X		X		X	X	X		11
Vaara välineistön päättymisestä MRI-laitteeseen	X	X			X	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X						13
Moniammatillinen toimintaprotokollien luominen						X		X			X		X											4
Rajattu pääsy kuvaushuoneeseen	X			X	X	X		X		X			X		X	X		X		X	X			12
<b>HÄTÄTILANTEET</b>																								
Elvytysvälineistö ei heti saatavilla							X						X					X		X			X	5
Hätätilanteessa heliumin vapauttaminen				X									X											2
<b>TILASUUNNITTELU</b>																								
Magneettitilat jaettu vyöhykkeisiin		X		X	X	X			X	X	X		X	X			X	X			X	X	X	14
50 ja 5 Gaussin linjat merkitty lattiaan		X		X	X	X		X		X	X		X			X		X			X	X		12
Moniammatillinen tilasuunnittelu								X			X		X		X			X						5
Siivous			X									X												2
Ilmastointi leikkaussalia vastaava							X								X							X		3
<b>HENKILÖKUNNAN TOIMINTA</b>																								
<b>KOMMUNIKAATIO</b>																								
Nimetty turvallisuudesta vastaava henkilö						X	X	X															X	4
Kommunikointi ja moniammatillinen yhteistyö			X		X				X						X		X							5
<b>HENKILÖKUNTA KUVAUSHUONEESSA</b>																								
Henkilökunnan pukeutuminen erikseen ohjeistettu												X	X	X				X		X				5
Henkilökunnan kuulonsuojaaminen		X		X		X			X			X	X	X		X		X		X			X	11
Ei koruja henkilökunnalla				X												X		X						3
Vain minimi liikkuminen MRI-huoneessa				X														X						2
<b>KOULUTUS</b>																								
Selvät ohjesäännöt		X		X	X	X	X	X		X			X									X		9
Koulutus toimenpiteeseen		X		X	X	X	X	X	X	X	X		X		X			X						12

## 7.2 Normaalista magneettitutkimuksesta poikkeavat huomiot intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Normaalista magneettitutkimuksesta poikkeavat huomiot intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa muodostui neljä pääluokkaa: *leikkaussalin henkilökunta, leikkaussalin välineistö ja tilat, magneettikuvaus ja -tilat* sekä *potilaan hoito* (taulukko 3). Magneettitutkimukseen yleisesti liittyy paljon turvallisuuden kannalta huomioitavia asioita. Esimerkiksi anestesiassa tehtäviä magneettitutkimuksia tehdään myös silloin, kun ei ole kyseessä intraoperatiivinen magneettitutkimus. Julkaisujen mukaan leikkaussalihenkilökunnan mukana olo lisää riskiä, että henkilökunnan mukana kulkeutuu magneettiputken läheisyyteen ei-toivottua materiaalia (n=5), kuten puhelimia. Julkaisuiden mukaan koko tiimin kouluttaminen turvallisuutta ja työnkulkua koskien (n=8) on tärkeää. Tähän liittyen myös koettiin tarvetta simuloida intraoperatiivisen magneettitutkimuksen kulkua ja hätätilanteita (n=12). Henkilökunnan pätevyyttä myös arvioitiin joidenkin julkaisuiden mukaan säännöllisesti (n=2). Lisäksi julkaisuissa mainittiin hybridisalien osalta seuraavaa (n=1): laitteen siirto kattokiskoilla huoneeseen lukitsee kaikki muut salin ovet, tiloissa tarvitaan leikkaussalivalaistus, hybridisalissa on käytössä no-fly zone, jossa ei saa olla välineistöä, kun kuvauslaite tulee huoneeseen ja hybridisalien ulkopuolella on varoitusvalot, jotka kertovat magneettiputken olevan leikkaussalissa. Yleisesti magneettikuvaukseen ja leikkaussalintoimintaan liittyen mainittiin, että leikkausalueen steriilinä pitämiseksi tarvitaan erityisiä kuvauskeloja (n=1), magneettikuvaushuoneen ja leikkaussalin välissä on sulkua sekä käytäntö, jonka mukaan kuka vain henkilökunnasta voi ilmaista huolensa jostakin asiasta ja koko henkilökunta lopettaa työskentelyn asian selvittämisen ajaksi.

Magneettikuvaus ja -tilat pääluokan alle muodostui kolme luokkaa: *siivous, välinetestaus ja aikataulutus*. Julkaisuiden mukaan joissakin sairaaloissa harjoitetaan itse välinetestausta (n=2), jonka avulla voidaan selvittää, mitä välineitä ja laitteita voidaan käyttää magneettikuvaushuoneessa tai hybridisalissa. Muutamassa julkaisussa mainittiin siivous (n=3), jota tehtiin ennen tai jälkeen potilaan tuloa kuvaushuoneeseen, joko desinfiointisiivouksena tai tavanomaisena siivouksena. Aikataulutuksen (n=2) osalta normaalista magneettikuvauksesta poikkeavana mainittiin se, että hoitaja keskeyttää normaalit kuvaukset puolentunnin varoajalla ja järjestää kuvaushuoneen siivouksen. Lisäksi magneettikuvauksen osalta mainittiin, että kuvauksessa ja leikkauksen aikana käytettävät apuvälineet aiheuttavat herkästi artefaktia magneettikuviin.

Potilaan hoidon osalta mainittiin normaalista magneettikuvauksesta poikkeavana vain yksittäisiä asioita, kuten potilaan ruumiin lämpötilan pitäminen riittävän lämpimänä. Potilaan ruumiinlämpötilaa on hankala hallita, kun anestesia kestää pidempään, etenkin kun useat apuvälineet eivät ole magneettiyhteensopivia, joten yhdessä julkaisussa kerrottiin, että potilas peitellään useilla lämpimillä villtikerroksilla.



### 7.3 Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Julkaisuissa röntgenhoitajan roolin osalta pääluokiksi muodostui *ennen leikkausta, potilaan valmistelu toimenpiteeseen, kulunvalvonta* ja *magneettikuvaus* (taulukko 4). Ennen leikkausta yläluokiksi muodostui *esitiedot* ja *turvallisuus*. Esitietojen osalta röntgenhoitajan tehtävänä oli potilaan esitietojen ja kontraindikaatioiden selvittäminen ennen sairaalajaksoa (n=3) sekä potilaan esitietojen ja kontraindikaatioiden selvittäminen ennen kuvausta (n=4). Röntgenhoitajan tehtävänä oli useammassa julkaisussa huolehtia turvallisuuteen liittyvistä asioista. Useimmin mainittiin potilaan esitietojen ja kontraindikaatioiden selvittäminen, joko ennen sairaalajaksoa tai juuri ennen toimenpiteen alkamista. Ennen sairaalajaksoa potilaan esitietoja ja kontraindikaatioita selvitettiin julkaisuiden mukaan puhelimitse tai preoperatiivisen käynnin yhteydessä. Julkaisuiden mukaan röntgenhoitajan rooli liittyi vahvasti turvallisuuteen (n=5). Röntgenhoitajan tehtävänä oli julkaisuiden mukaan kouluttaa muuta henkilökuntaa magneettiturvallisuudesta ja ylläpitää listaa koulutuksen saaneesta henkilökunnasta, toimia nimettynä turvallisuusvastaavana, muistuttaa henkilökuntaa henkilökohtaisen magneettiturvallisuustarkistuksen tekemisestä tai olla läsnä, kun henkilökunnalle tehdään magneettiturvallisuustarkistusta.

Potilaan valmistelu toimenpiteeseen yläluokan alle muodostui kaksi luokkaa *avustaminen valmisteluissa* (n=3) ja *välineiden valmistelu* (n=4). Röntgenhoitaja oli erään julkaisun mukaan läsnä leikkaussalin valmistelemissä toimenpiteissä varmistamassa, että iho vasten ihoa kontaktia ei ole tai silmukoita ei muodostu. Lisäksi kahdessa julkaisussa röntgenhoitaja osallistui leikkaussalin ”time outiin” ennen magneettikuvausta, jossa varmistettiin valmius magneettikuvaukseen. Hybridisalissa, jossa magneettiputki liikutetaan leikkaussaliin kattokiskoja pitkin, oli julkaisuiden mukaa röntgenhoitajalla useampia välineitä valmisteleviä tehtäviä. Julkaisuiden mukaan röntgenhoitaja huolehtii joko itseksensä tai leikkaussalihoitajan kanssa, että kaikki leikkaussalissa olevat välineet ja laitteet ovat 5G alueen ulkopuolella ja huolella kiinnitetty tai sidottu. Lisäksi röntgenhoitaja osallistui erään julkaisun mukaan neurokirurgin avustamiseen kuvauskelaa aseteltaessa.

Kulunvalvonta yläluokan alle muodostui kolme alaluokkaa: valvoo kiellettyjen tavaroiden päätymistä leikkaussaliin (n=2), hyväksyy kuvaushuoneeseen pääsevät henkilöt (n=2) ja valvoo pääsyä kuvaushuoneeseen (n=2). Kahden julkaisun mukaan röntgenhoitajan tehtäviin kuului valvoa, ettei kiellettyjä tavaroita, kuten kelloja, koruja ja puhelimia päädy kuvaushuoneeseen tai hybridisalista puhuttaessa leikkaussaliin. Kahden julkaisun mu-

kaan röntgenhoitajan rooliin kuului osallistua leikkaussalin "time outiin" ennen magneettikuvausta. Eräiden julkaisuiden mukaan vain röntgenhoitajan hyväksynnällä pääsi magneettikuvaushuoneeseen. Ja kahdessa muussa julkaisussa röntgenhoitaja valvoi kulkua kuvaushuoneeseen tai intraoperatiiviseen magneettiyksikköön.

Julkaisuissa oli vain yksittäisiä magneettikuvaukseen liittyviä mainintoja (n=6). Vain yhden julkaisun mukaan röntgenhoitajan roolina oli magneettikuvauksen suoritus. Röntgenhoitaja myös valmisteli laitteen ja varmisti aamulla laadunvalvontatestien avulla, että magneettikuvauslaite toimii oikein. Röntgenhoitajan tehtävänä oli myös keskeyttää normaalit magneettikuvaukset ja järjestää kuvaushuoneen siivous. Röntgenhoitajan vastuulla oli myös erään julkaisun mukaan päätös heliumin vapauttamisesta, mikäli potilas olisi esimerkiksi jäänyt jumiin magneettikuvausputkeen.



#### 7.4 Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuuden toteutumisen seuranta toimenpiteen aikana

Lähes kaikissa julkaisuissa (n=21) mainittiin joku keino seurata intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuuden toteutumista toimenpiteen aikana (taulukko 5). Turvallisuuden toteutumisen seuranta jakautui 4 eri pääluokkaan: *ennen leikkausta*, *ennen peittelyä*, *ennen magneettikuvausta* ja *henkilökunta*. Ennen leikkausta pääluokan alle muodostui neljä luokkaa: *potilaan kontraindikaatioiden selvittäminen ennen leikkausta* (n=12), *potilaan haastattelu ennen sairaalajaksoa* (n=6), *potilaan turvallisuushaastattelu heti leikkaussaliin tullessa* (n=2) ja *5G linjan ulkopuolelle sijoitettavat laitteet/välineet* (n=2). Potilaan kontraindikaatioita magneettitutkimukselle selvitettiin useimmiten niin, että potilas täytti esitietolomakkeen ennen sairaalajaksoa. Osassa julkaisuista kerrottiin, että potilas haastateltiin ennen sairaalajaksoa. Haastattelu tapahtui joko puhelimitse tai preoperatiivisen käynnin yhteydessä ja haastattelun tukena oli usein potilaan jo täyttämä esitietolomake. Haastattelijana toimi joko röntgenhoitaja tai muu magneettiturvallisuuskoulutettu henkilö. Kahdessa julkaisussa mainittiin, että potilaalle tehdään turvallisuushaastattelu heti leikkaussaliin tullessa. Erityisesti yksiköissä, joissa magneettiputki tuodaan leikkaussaliin, käytettiin tarkastuslistaa, jossa katsottiin, että tarvittavat välineet on sijoitettu 5 G linjan ulkopuolelle ja tarvittaessa kiinnitetty.

Ennen peittelyä pääluokan alle muodostui yksi luokka *ennen peittelyä tarkistuslista* (n=7). Ennen peittelyä tarkistuslistassa varmistettiin muun muassa, että potilaan kuulo on suojattu asianmukaisesti, pään asento on oikea, kaikki anestesiavälineistö on magneettiyhteensopivaa ja kaikki letkut ja johdot on aseteltu oikein.

Ennen magneettikuvausta pääluokan alla oli *tarkistuslista ennen magneettikuvausta* (n=11). Tilaratkaisuista riippuen, tarkistuslistan avulla varmistettiin joko magneettikuvaushuoneeseen siirtymiseen liittyviä asioita tai valmistauduttiin magneettikuvausputken siirtämiseen leikkaussaliin. Molempiin liittyi osassa julkaisuja myös varmistaminen, että kaikki potilaan lähettyvillä oleva välineistö on magneettiyhteensopivaa.

Osassa julkaisuja ennen peittelyä ja ennen magneettitutkimusta edeltävät tarkistuslistat sisälsivät ”time outin”, eli tauon, jolloin muu toiminta pysähtyy. Tarkistuslistojen määrä yksikköä kohden vaihteli, joissain yksiköissä tarkistuslistoja käytettiin kaikissa mahdollisissa väleissä ja joissakin vain esimerkiksi esitietolomaketta potilaalle.

Henkilökunta pääluokan alle tuli yksi luokka: *henkilökunnan kontraindikaatioiden selvittäminen* (n=9). Henkilökunnan esitietoja tarkisteltiin yksiköstä riippuen vuosittain tai joka kerta ennen toimenpiteen alkua. Esitietoja selvitettiin haastattelemalla tai lomakkeen avulla.

Taulukko 5. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuuden toteutumisen seuranta toimenpiteen aikana – aiheeseen liittyvien ilmausten määrät valituissa artikkeleissa.

Tutkimus nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	n=	
<b>ENNEN LEIKKAUSTA</b>																									
Potilaan kontraindikaatioiden selvittäminen ennen leikkausta	X	X		X					X		X		X	X		X		X		X	X	X			12
Potilaan haastattelu ennen sairaalajaksoa	X	X			X								X	X								X			6
Potilaan turvallisuushaastattelu heti leikkaussaliin tullessa		X								X															2
5G linjan ulkopuolelle sijoitettavat laitteet/välineet	X					X			X	X	X														5
<b>ENNEN PEITTELYÄ</b>																									
Ennen peittelyä tarkistuslista		X			X	X				X		X										X	X		7
<b>ENNEN MAGNEETTIKUVAUSTA</b>																									
Tarkistuslista ennen magneettikuvausta	X	X			X	X		X	X	X	X	X		X						X					11
<b>HENKILÖKUNTA</b>																									
Henkilökunnan kontraindikaatioiden selvittäminen	X	X			X	X			X		X					X						X	X		9

## 7.5 Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulku kahdessa eurooppalaisessa sairaalassa

Verkkokyselylomake toteutettiin englanninkielisenä Google Forms -lomakkeena (liite 1). Kysely lähetettiin kolmeen eurooppalaiseen sairaalaan, joista vastaus saatiin kahdesta. Kyselyyn vastattiin Centre Hospitalier Régional Universitaire de Lillestä Ranskasta ja Hospital Charité – Universitätsmedizin Berlinistä Saksasta. Lillen sairaala on toiminut referenssipaikkana Siltasairaalan intraoperatiivisen magneettiyksikön suunnittelussa ja Charité valikoitui kirjallisuushakuja tehdessä samankaltaisen pohjaratkaisun perusteella. Kyselyyn vastasi kummastakin sairaalasta yksi henkilö.

### 7.5.1 Taustatiedot

Charitéssa intraoperatiivisia magneettitutkimuksia on tehty tammikuusta 2017 alkaen ja Lillessä vuodesta 2014. Lillessä intraoperatiivisia magneettitutkimuksia tehdään noin 15 kuukaudessa ja Charitéssa 1-2 kappaletta päivässä. Verkkokyselylomakkeessa kysyttiin, kuinka usein viereisessä leikkaussalissa tehtävä toimenpide johtaa magneettitutkimukseen. Lillessä magneettitutkimus tehdään aina ja Charitéssa lähes aina.

### 7.5.2 Ympäristö

Verkkokyselylomakkeessa kysyttiin, onko potilaan siirtoa leikkaussalista magneettikuvaushuoneeseen otettu erityisesti huomioon, esimerkiksi käyttämällä erikoisvälineitä, -leikkauspöytää, merkattu lattiaita tai magneettihuoneen ovia. Molemmissa sairaaloissa oli erikoisleikkauspöytä ja merkinnät lattiassa. Lisäksi Lillessä oli merkintöjä ovesa ja Charitéssa erityisiä välineitä toimenpidettä varten.

Molemmat vastaajat vastasivat, että jos tilaa suunniteltaisiin nyt, he tekisivät parannuksia. Charitén vastaaja suunnittelisi sekä magneettikuvaushuoneen että leikkaussalin nykyistä isommaksi ja laittaisi kaasuyhteydet molemmille puolille magneettikuvaushuonetta. Lillen vastaaja yksinkertaistaisi anestesiavaunua. Heillä on nyt kolme erillistä kuljetettavaa vaunua ja vastaajan mielestä olisi hyvä, jos kaikki olisivat yhdessä vaunussa.

Kyselylomakkeen vastausten mukaan magneettiturvallisuudesta potilasta siirrettäessä leikkaussalista magneettikuvaushuoneeseen vastaa Charitéssa röntgenhoitaja ja Lillessä insinööri ja kirurgi. Kysyttäessä, kuka varmistaa, että magneettiyhteensopimattomia (MRI unsafe) tai magneettiehdollisia (MRI conditional) välineitä ei päädy magneettikuvaushuoneeseen molemmissa vastattiin röntgenhoitaja. Lillessä röntgenhoitajan lisäksi välineiden päätyemisestä magneettikuvaushuoneeseen vastaa insinööri ja kirurgi, kuten magneettiturvallisuudesta siirtotilanteissakin.

Kysyttäessä, mitkä leikkaussalin potilaaseen kiinnitetyistä välineistä ovat magneettiyhteensopivia, eivätkä vaadi irrottamista ja vaihtoa magneettiturvalliisiin välineisiin ennen magneettikuvaushuoneeseen siirtymistä. Charitéssa kaikki potilaan monitorointiin tarvittava anestesiavälineistö, tippalaskurit ja pääteline ovat magneettiyhteensopivia. Myös Lillessä anestesiavälineistö ja pääteline ovat magneettiyhteensopivia.

Charitéssa kuvaushuoneeseen saa vastauksen mukaan magneettikuvauksen ajaksi tulla röntgenhoitaja, anestesiahoitaja ja anestesia lääkäri. Lillessä magneettikuvauksen ajaksi kuvaushuoneeseen voivat lisäksi tulla neurokirurgi ja insinööri.

### 7.5.3 Potilas

Verkkokyselylomakkeessa kysyttiin, kuka haastattelee potilaan magneettiturvallisuu den osalta ennen leikkausta. Charitéssa haastattelun hoitaa röntgenhoitaja. Lillessä röntgenhoitaja haastattelee potilaan edeltävänä päivänä ennen preoperatiivista kuvantamista ja leikkauspäivänä haastattelun hoitaa sairaanhoitaja.

Potilaan esitietohaastattelu kontraindikaatioiden osalta tallennetaan Charitéssa digitaalisessa muodossa. Lillessä tietoja ei tallenneta, ellei niissä ole jotain ongelmaa, jolloin ne tallennetaan digitaalisessa muodossa. Molemmissa sairaaloissa potilaan kuulo suojataan korvatulpilla ja suojaaminen tapahtuu ennen leikkausta edeltävää peittelyä.

#### 7.5.4 Käytännöt

Molemmista sairaaloista vastattiin, että potilaan turvallisuuden varmistamiseksi käytetään tarkistuslistoja. Lillessä tarkistuslistat magneettiturvallisuuden osalta on yhdistetty leikkaussalin tarkistuslistoihin ja Charitéssa on käytössä leikkaussalin tarkistuslistoista erilliset tarkistuslistat turvallisuuden osalta. Charitéssa on käytössä preoperatiivisesti täytettävä esitietolomake. Molemmissa sairaaloissa potilas haastatellaan ennen magneettitutkimusta ja käydään läpi tarkistuslista ennen magneettikuvaukseen siirtymistä. Charitéssa lisäksi käydään läpi tarkistuslista ennen potilaan peittelyä leikkausta varten.

Röntgenhoitajan roolista kysyttäessä Lillestä vastattiin, että röntgenhoitaja valvoo, ettei potilaalla tai henkilökunnalla ole mitään metallista magneettikuvaushuoneeseen mennessä. Charitéssa röntgenhoitaja tarkistaa tarkistuslistat, tarkistaa potilaan leikkaussalissa ennen magneettikuvausta ja on aktiivisesti mukana sekä valvoo potilaan siirtoa magneettikuvaushuoneeseen.

Verkkokyselylomakkeessa kysyttiin, millaista koulutusta intraoperatiivisessa magneettiprosessissa työskentelevälle henkilökunnalle tarjotaan tai mitä heiltä vaaditaan. Charitésta vastattiin, että vain terveydenhuollon henkilökunta, joka on saanut ohjausta magneettiturvallisuudessa, saa tulla magneettikuvaushuoneeseen ja sen yhteydessä olevaan leikkaussaliin. Lillestä vastattiin, että henkilökunta saa koulutusta.

#### 7.6 Koulutus

Scoping katsauksessa nousi usein esille koulutuksen merkitys turvallisuudelle. Pakollinen turvallisuuskoulutus henkilökunnalle oli mainittu neljässätoista julkaisussa. Erillistä koulutusta hätätilanteita varten mainittiin kymmenessä julkaisussa, samoin kuin simulaatioiden käyttö kouluttamisessa. Jatkovaa turvallisuuskoulutusta toimenpiteisiin osallistuvalla henkilökunnalle mainittiin kolmessa ja online koulutukset kahdessa julkaisussa. Lisäksi kolmessa julkaisussa mainittiin, että koulutuksen jälkeen piti suorittaa ja läpäistä koe. Yhdessä julkaisuista mainittiin, että alkuun pidettiin intraoperatiivisten magneettitutkimusten jälkeen postoperatiivisia debriefing- eli purkukokouksia.

Taulukko 6. Henkilökunnan koulutus intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin – aiheeseen liittyvien ilmausten määrät valituissa artikkeleissa.

Tutkimus nro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	n=	
Pakollista turvallisuuskoulutusta henkilökunnalle	X	X		X	X	X			X	X			X		X	X		X		X	X		X	14	
Hätätilanteet				X	X			X	X		X		X	X				X	X	X					10
Simulaatioita			X	X	X		X		X		X			X				X	X	X					10
Jatkuvaa turvallisuuskoulutusta toimenpiteisiin osallistuville																		X		X	X				3
Online koulutuksia						X												X							2

## 7.7 Turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Turvallisen intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulun mallissa toiminta jaetaan neljään osaan: *ennen leikkausta*, *ennen peittelyä*, *ennen magneettitutkimusta* ja *magneettitutkimuksen aikana* (kuvio 3). Röntgenhoitajan roolia on kuviossa 3 kuvattu vaaleammalla sinisellä värillä.

Ennen leikkausta osioon kuuluu *tilasuunnittelu*, *henkilökunnan koulutus*, *esitietolomake* ja *potilaan haastattelu*. Tilasuunnittelun merkitys nousi esiin useissa julkaisuissa. Tilojen ja toimintojen suunnittelu tapahtuu jo ennen kuvaustoiminnan aloittamista ja sillä on paljon vaikutusta turvallisuuteen. (Taulukko 2.) Magneettitilojen jakaminen vyöhykkeisiin helpottaa erityisesti kulunvalvontaa. Vyöhykkeisiin jakamisella saadaan rajattua kulkeamista magneetin tiloissa niin, että vain turvallisuuskoulutuksen saaneet pääsevät liikkumaan alueella. Etenkin hybridisaleissa, jossa magneettiputki tuodaan kattokiskoja pitkin leikkaussaliin, käytettiin paljon 50 ja 5 Gaussin linjojen merkitsemistä. Näin tiedetään, kuinka kauas välineet ja laitteet tulee sijoittaa kuvauslaitteesta.

Henkilökunnan koulutus mainittiin lähes kaikissa julkaisuissa, joten sen merkitys on suuri turvallisen toiminnan kannalta (taulukko 6). Koko toimenpiteeseen osallistuvalla henkilökunnalle tulisi tarjota magneettiturvallisuuskoulutusta magneettitutkimukseen liittyvistä riskeistä ja turvallisesta tavasta työskennellä (taulukot 2 ja 4). Simulaatiot, etenkin toiminnan vasta alkaessa, ovat hyödyllinen keino saada yhdessä rakennettua toimintamallia perehdytettyä intraoperatiiviseen magneettitoimintaan osallistuvalla henkilökunnalle. Lisäksi simuloimalla tilanteita, voi esiin nousta ongelmia, joita ei ole osattu ajatella suunnitelma vaiheessa. Lisäksi simulaatioiden avulla voidaan harjoitella erikoistilanteita, kuten hätätilanteita. Kuinka tulisi toimia elvytystilanteessa tai esimerkiksi magneettitutkimukseen liittyvässä vaaratilanteessa. (Taulukot 2 ja 6.)

Potilaan tulee täyttää esitietolomake ennen sairaalajaksoa. Esitietolomakkeen avulla pystytään selvittämään potilaalta, onko hänellä kehonsisäisiä implantteja tai muita kontraindikaatioita ja onko elimistöön päätynyt tapaturmaisesti jotain. Esitietolomake voi olla sähköisessä muodossa tai paperinen, mutta olisi hyvä, jos se olisi käytettävissä hyvissä ajoin ennen varattua toimenpideaikaa. Röntgenhoitaja käyttää magneetin esitietolomakkeita päivittäin, joten röntgenhoitaja olisi soveltuva käymään myös tässä yhteydessä esi-

tietolomaketta läpi. Mikäli tässä vaiheessa nousisi esiin epäselvyyksiä esimerkiksi implananttien suhteen, olisi vielä hyvin aikaa fyysikon vierasesineselvityksen tekoon. (Taulukot 2, 4 ja 5.)

Potilas olisi esitietolomakkeen lisäksi hyvä haastatella ennen leikkausta. Haastattelu voidaan toteuttaa puhelimitse tai preoperatiivisen käynnin yhteydessä. Varmistamalla vielä ennen varattua toimenpidepäivää, että potilas on varmasti soveltuva kuvaukseen, voidaan ehkäistä tutkimuksen peruuntuminen toimenpidepäivänä sekä leikkaussali-, magneettikuvaushuone- ja henkilökuntaresurssien haaskaamista. Haastattelun voi suorittaa joku muukin, mutta röntgenhoitajalla on tähän päivittäisen työnsä kautta vahva osaaminen. (Taulukot 2, 4 ja 5.)

Ennen peittelyä osioon kuuluu *esitiedot/kontraindikaatiot, potilaan valmistelu toimenpiteeseen ja anestesiaan, magneettiyhteensopivat välineet sekä ennen peittelyä tarkistuslista*. Vaikka potilaan esitietoja ja kontraindikaatioita olisi kysytty jo esitietolomakkeen ja haastattelun avulla, olisi turvallisuuden varmistamiseksi tämä hyvä tehdä vielä ennen anestesiaa. Potilaalta on hyvä selvittää, onko hänelle tehty mitään operaatioita lähiaikoina ja että eihän hänellä ole mitään irrotettavia kontraindikaatioita, kuten glukosensoria tai lääkelaastareita. (Taulukot 2, 4 ja 5.)

Potilaan valmistelu toimenpiteeseen ja anestesia. Ennen kuin potilas peitellään leikkausta varten, hänet valmistellaan leikkaukseen ja nukutetaan. Leikkaukset tehdään yleensä yleisanestesiassa ja sen hoitaa anestesiahenkilökunta. Anestesiaan liittyy lukuisia tämän opinnäytetyön ulkopuolelle jääviä yksityiskohtia. Magneettiturvallisuuden kannalta on kuitenkin olennaista, että anestesiassa käytetään magneettiyhteensopivia välineitä tai ne vaihdetaan sellaisiin ennen magneettikuvausta. Anestesian kannalta on myös tärkeä huomioida, että anestesian kesto voi pidentyä magneettitutkimuksesta johtuen. Myös näkyvyys potilaaseen on huono osan ajasta, johtuen magneettia varten tehtävästä lisäpeittelystä sekä magneettikuvauslaitteesta. Välineistön osalta tulee myös huomioida, että magneettia varten tippaletkut täytyy usein pidentää ja hengitysputki kiinnittää tukevasti siirtojen vuoksi. Potilasta aseteltaessa leikkausta varten tulee magneettiturvallisuus ottaa huomioon. Asettelussa täytyy huomioida, että potilaaseen ei muodostu silmukoita tai potilasvalvontalaitteiden johdot eivät ole suorassa kontaktissa potilaan ihon kanssa. Lisäksi aseteltaessa täytyy varmistaa, että potilas mahtuu kuvauslaitteeseen. Kuvauslaitteeseen mahtumista voi testata esimerkiksi pleksilasista tai kankaasta tehdyllä renkaalla. Myös potilaan kuulo suojataan jo tässä vaiheessa korvatulpilla

ja varmistetaan niiden pysyminen teipillä. Potilas tulee myös suojata makuuhaavoilta oikean asettelun avulla. (Taulukot 2, 3, 4 ja 5.)

Kaikki välineistö mikä on käytössä leikkaussalissa, josta mennään magneettikuvaushuoneeseen, tulisi olla magneettiyhteensopivaa. Tämä ei kuitenkaan ole aina täysin mahdollista, joten turvallisuuden varmistamiseksi tulisi kaikki magneettikuvaushuoneessa ja leikkaussalissa olevat laitteet ja välineet merkitä, ovatko ne magneettiyhteensopivia. Selkeillä merkinnöillä vältetään väärän välineistön päätyminen leikkaussaliin ja sieltä magneettikuvaushuoneeseen. Osa potilaan mukana kuvaushuoneeseen kulkevista välineistä on välttämättömiä, kuten pääteline johon potilas on aseteltu. Osa välineistä taas käytetään vain leikkaussalissa, joten niiden osalta välineistön laskeminen ennen ja jälkeen magneettikuvaushuoneeseen menoa voi olla järkevää. Lisäksi magneettikuvauksen kannalta kannattaa huomioida, että vaikka joidenkin välineiden viemiselle magneettikuvaushuoneeseen ei varsinaisesti ole estettä, voivat ne silti aiheuttaa artefaktaa magneettikuviin. (Taulukot 2 ja 3.)

Yllä mainittuja ennen peittelyä osioon kuuluvia aiheita, voi olla helpoin seurata *ennen peittelyä -tarkistuslistan* avulla. Tarkistuslistaan on hyvä kirjata ylös potilaan leikkaukseen valmisteluun liittyviä seikkoja, joilla on merkitystä magneettiturvallisuuden toteutumisen kannalta. (Taulukko 5.)

Ennen magneettitutkimusta osioon kuuluu: *aikataulutus, magneettikuvaushuoneen valmistelu, henkilökunnan kontraindikaatiot magneettikuvaukselle ja ennen magneettitutkimusta tarkistuslista*. Magneettikuvaushuone vaatii valmisteluja tilaratkaisuista riippuen. Mikäli magneettikuvaushuonetta käytetään muuhunkin tarkoitukseen kuin leikkaussali-toimintaan, tulee magneettikuvaushuone aikatauluttaa intraoperatiivisen magneettikuvauspotilaan käyttöön ja kuvaushuoneen täytyy olla riittävän siisti potilasta varten. Magneettitutkimus on pitkäkestoinen tutkimus ja yleensä magneettikuvaus kestää 20 minuuttia ylöspäin, riippuen kuvauksesta. Koska magneettikuvaukset ovat aikaa vieviä, vaatii intraoperatiivinen magneettitutkimus aikaa kuvauslaitteelta ja ennakoitua, että magneettikuvauslaite on valmis oikeaan aikaan leikkaussalista kuvaushuoneeseen siirtymistä varten. Magneettikuvaushuone voi myös vaatia siivousta ennen intraoperatiivisen magneettikuvauspotilaan tuomista kuvaushuoneeseen. (Taulukot 2, 3, 4 ja 5.)

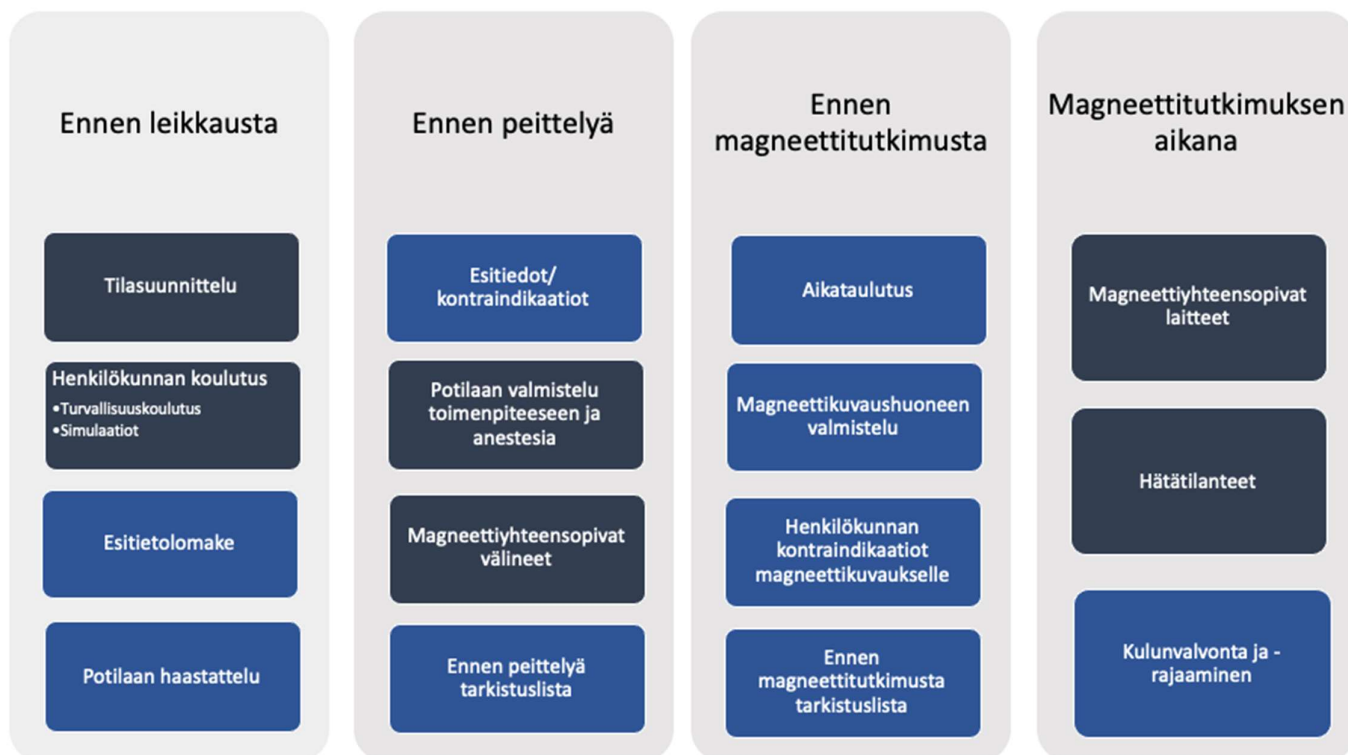
Potilaan kontraindikaatioiden lisäksi myös magneettikuvaukseen osallistuvalla anestesia- tai leikkaussalihenkilökunnalta on syytä varmistaa, että heillä ei ole mitään esteitä

kuvaushuoneeseen menolle. Henkilökunnalla ei myöskään saa olla mitään ehdottomia tai mahdollisia kontraindikaatioita eikä esimerkiksi taskuissa välineitä, jotka eivät saa päätyä kuvaushuoneeseen. (Taulukot 2, 3, 4 ja 5.)

Ennen magneettitutkimusta tarkistuslista on yksi tarkistuslista lisää turvallisuuden varmistamista varten. Ennen magneettikuvaushuoneeseen menoa tulee vielä tehdä viimeiset tarkistukset leikkaussalin puolella. Viime hetken varmistus, että kaikki välineistö on magneettiyhteensopivaa, potilas on oikeassa asennossa ja kuvauskelat ovat kohdallaan. (Taulukko 5.)

Magneettitutkimuksen aikana osioon kuuluu: *magneettiyhteensopivat laitteet, hätätilanteet sekä kulunvalvonta ja -rajaaminen*. Magneettikuvauksen aikana käytetään vain magneettiyhteensopivia laitteita. Hätätilanteet on hyvä olla mietittynä ja simulaatioissa läpikäytyinä, että kaikki tietävät, kuinka toimia. Hätätilanne, joka ilmenee magneettitutkimuksen aikana, joudutaan hoitamaan normaalista leikkaussalitoiminnasta poikkeavalla tavalla. Esimerkiksi elvytysvälineistö ei ole magneettiyhteensopivaa. Yksi röntgenhoitajan tehtävä sekä tavallisissa että intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa on kulunvalvonta ja sen rajaaminen. Ketkä intraoperatiivisen magneettikuvauksen aikana saavat tulla magneettikuvaushuoneeseen, on yhteisesti sovittavissa oleva asia, mutta röntgenhoitaja on vastuussa tämän valvomisesta. Röntgenhoitaja valvoo myös henkilöiden lisäksi, että kiellettyjä tavaroita kuten koruja tai puhelimia ei päädy kuvaushuoneeseen. (Taulukot 2, 3, ja 4.)

Röntgenhoitajan roolina on olla läsnä leikkaussalissa aina, kun tarkistuslistoja käydään läpi. Isona osana röntgenhoitajan työtä on varmistaa, että potilas ja henkilökunta ovat soveltuvia magneettikuvaukseen tai kuvaushuoneessa työskentelyyn. Lisäksi röntgenhoitaja vastaa kuvaushuoneen valmistelusta sekä tietenkin itse kuvauksen suorittamisesta. (Taulukko 4.)



Kuvio 3. Työnkulun suunnitelma intraoperatiiviseen magneettiyksikköön turvallisuusnäkökulmasta.

## 8 Pohdinta

### 8.1 Opinnäytetyön eettisyys

Opinnäytetyö on tehty hyvää tieteellistä käytäntöä koskevia ohjeita noudattaen (TENK 2012: 6). Opinnäytetyöllä tuotettiin tietoa, jota voidaan käyttää apuna Siltasairaalan intraoperatiivista magneettitoimintaa suunniteltaessa. Kerätyllä tiedolla on merkitystä potilaan hoidon kannalta ja sen avulla pyrittiin lisäämään potilaan turvallisuutta intraoperatiivisen magneettitutkimuksen aikana. Tutkimuslupa haettiin Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiriltä asianmukaisesti. Verkkokyselyyn vastanneilta pyydettiin suostumus (informed consent) (KvaliMOTV 2019), joka löytyy esitettynä liitteestä 2. Opinnäytetyössä ei käsitelty tietoturvanalaisia asioita, eikä verkkokyselylomakkeeseen vastanneiden henkilöiden nimet selviä opinnäytetyön tuloksista. Opinnäytetyön tulosten raportointi tehtiin hyvän käytännön mukaisesti. Lähteisiin viitattiin asianmukaisesti kunnioittaen aiempia tutkimuksia ja opinnäytetyön tulokset esitettiin asianmukaisesti. Opinnäytetyön tulokset

on käsitelty huolella ja rehellisesti. Opinnäytetyön tekemiseen ei ole haettu rahoitusta. Eettisen lautakunnan lupaa ei tarvittu, koska opinnäytetyössä ei tutkittu potilaita eikä puututtu tutkittavien psyykkiseen tai fyysiseen koskemattomuuteen. (Kankkunen – Vehviläinen-Julkunen 2009: 172-181, Sarajärvi – Tuomi 2018: 244-245, TENK 2012: 6-7.)

## 8.2 Opinnäytetyön menetelmien luotettavuus

Opinnäytetyöprosessi alkoi aiheen valinnalla ja aiheeseen tutustumisella aiempia tutkimuksia hakemalla. Opinnäytetyö on laadullinen tutkimus, jonka aineisto kerättiin scoping katsauksena sekä strukturoituja, puolistrukturoituja ja avoimia kysymyksiä sisältävällä verkkokyselylomakkeella. Laadullisen tutkimuksen luotettavuutta parantaa tarkka selostus tutkimuksen toteuttamisesta, joten opinnäytetyön vaiheet pyrittiin kuvaamaan mahdollisimman tarkasti (Hirsjärvi – Remes – Sajavaara 2009: 232). Opinnäytetyön aiheesta kirjallisuushaulla löytyi lähinnä toimintaa kuvaavia julkaisuja, joten tutkimusnäytön vahvuutta tai lähdeaineiston laatua ei arvioitu kriittisesti, vaan sitä käytettiin vain tiedonkeruumenetelmänä scoping katsausten tapaan. (Arksey – O'Malley 2007). Julkaisut valittiin ennalta päätettyjen sisäänottokriteereiden pohjalta ja tehdyt scoping katsauksen kirjallisuushaut on kuvattu opinnäytetyössä. Verkkokyselylomaketta varten sairaalat valittiin tarkoituksenmukaisuus otannalla, koska otanta mahdollisti valinnan kohdistuvan sairaaloihin, joissa on tehty jo paljon intraoperatiivisia magneettitutkimuksia ja ne muistuttivat toimintojen osalta Siltasairaalan intraoperatiivista magneettiyksikköä. Vaikka otanta oli pieni, kolme sairaalaa, joista kahdesta saatiin vastaus, ovat ne toimintamalleiltaan yhteneväisiä keskenään ja Siltasairaalan suunnitelman kanssa. Opinnäytetyössä haastateltavat yksiköt valittiin siis teoreettisen edustavuuden ehdoilla.

Opinnäytetyön aineisto luokiteltiin niin, että saman teeman alle kuuluvat aiheet yhdistettiin alaluokiksi ja pääluokiksi, joiden avulla muodostettiin työnkulun malli intraoperatiiviseen magneettitutkimukseen turvallisuusnäkökulmasta. Laadullisen aineiston analyysin keskeinen osa, luokittelujen tekeminen, kuvattiin opinnäytetyössä mahdollisimman kattavasti (Hirsjärvi - Remes – Sajavaara 2009: 232-233.) Opinnäytetyön siirrettävyyden varmistamiseksi tiedonkeruumenetelmät ja aineiston analysoinnin toteutus kuvattiin menetelmäosiossa. Tutkimuksen tulokset ovat tulevaisuudessa sovellettavissa vastaavien

toimintaympäristöjen suunnittelussa. Yleistettävimpiin tuloksiin vaadittaisiin laaja-alaisempaa teemahaastattelumenetelmän tutkimusta. (Kankkunen – Vehviläinen-Julkunen 2009: 164-165.)

### 8.3 Potilaan turvallisuuden tukeminen intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Opinnäytetyö tavoitteena oli potilaan turvallisuuden tukeminen intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa ja opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa. Scoping katsauksen ja verkkokyselylomakkeen tulokset olivat hyvin samankaltaisia keskenään. Verkkokyselylomakkeen vastaukset tukivat kirjallisuushaun tuloksia nimenomaan samankaltaisen Siltasairaalaan valmistuneen magneettikuvaushuone- ja leikkaussaliyhdistelmän osalta.

Magneettitutkimuksista puhuttaessa nousee turvallisuus poikkeuksetta aiheeksi (taulukko 2; Huurto – Toivo 2000: 9,11-12; Kanal ym. 2013: 512). Magneettityöskentelyä ohjaavat lait ja suositukset, joihin tukeutuen kukin toimintayksikkö luo oman työnkulun mallinsa, johon vaikuttaa käytettävissä olevat tilat ja kansainvälisten suositusten lisäksi kansalliset suositukset (Sähkömagneettiset kentät 2006: 411-412, IEC standardi magneettikuvauslaitteiden turvallisesta käytöstä IEC60601-2-33; ICNIRP on medical magnetic resonance (MR) procedures: Protection of patients 2004). Toimimalla suositusten mukaisesti halutaan varmistaa sekä potilaan, että henkilökunnan turvallisuus. Intraoperatiivinen magneettitutkimus aiheuttaa normaalista magneettitutkimuksesta poikkeavat haasteensa, koska toimintaympäristö on laajempi ja tutkimukseen liittyy enemmän henkilökuntaa.

Scoping katsauksen julkaisuiden ja verkkokyselylomakkeen vastausten mukaan potilaan kannalta turvallisen toiminnan toteutuminen riippui pitkälti magneettitutkimusta edeltävästä toiminnasta. Tilasuunnittelusta ja laite- sekä välinehankinnoista lähtien ennakointi oli tärkeää. Henkilökunnan koulutus nousi esiin lähes jokaisessa julkaisussa ja moniammatillisen tiimin yhteiset toimintaohjeet mainittiin usein. Potilaan haastattelut ja esitietolomakkeet ennen magneettitutkimusta nousivat esiin sekä scoping katsauksen julkaisuissa että verkkokyselylomakkeissa. Kontraindikaatioiden selvittäminen kuului useimmiten röntgenhoitajan tehtäväksi. (Työterveyslaitos 2015: 9, 12, 16; Kanal ym.: 2013: 505; HUS-kuvantaminen 2023; Henrichs – Walsh 2011:74; Childs – Bruch 2015: 228;

Stienen ym. 2018:2.) Siltasairaalan rakennustyöt ovat valmiit ja intraoperatiivista magneettitoimintaa pyritään aloittamaan kevään 2023 aikana. Tilasuunnittelun osalta julkaisuissa näkyi eroavaisuuksia, koska Pohjois-Amerikassa käytetään usein kattokiskoilla liikuteltavaa magneettiputkea. Toiminta tällaisissa yksiköissä voi poiketa voimakkaastikin vierekkäisissä huoneissa toimivista magneettikuvaushuoneesta ja leikkaussalista. (Azmi ym. 2019:101.) Suurin osa (17/23) julkaisuista oli vähintään osittain kirjoitettu Yhdysvalloissa tai Kanadassa, joten opinnäytteeseen kerätty tieto on voinut vääristyä Pohjois-Amerikassa kirjoitettujen julkaisuiden määrän vuoksi. Vain Siltasairaalan intraoperatiivisen magneettiyksikön kanssa samankaltaisista toimintayksiköistä saatu tieto olisi voinut olla nykyisestä lopputuotoksesta poikkeava.

Ensimmäiset intraoperatiiviset magneettikuvaukset tehtiin jo 1980 ja 1990-luvun taitteessa matalakenttälaitteilla Yhdysvalloissa ja kehitys on johtanut siihen, että kuvauksia tehdään nyt 1,5-3 Teslan korkeakenttälaitteilla (Childs – Bruch 2015: 225; Gandhe – Bhave 2018: 411-412; Kent – Jensen 2014:2). Magneetikenttä aiheuttaa haasteensa myös potilaan anestesiaalle ja leikkaukseen liittyvälle välineistölle sekä aiheuttaa oman haasteensa potilaan asetteluun palovammojen estämiseksi (taulukot 2 ja 3; Huurto – Toivo 2000: 11-12, Stienen ym. 2018: 2-3; Jankovski ym. 2008:416; Gandhe – Bhave 2018: 412-413; Henrichs – Walsh 2011: 75).

Potilaan ja henkilökunnan turvallisuuden varmistamiseksi sekä scoping katsauksen avulla valikoituneissa julkaisuissa että verkkokyselylomakkeessa oli useimmiten mainittu tarkistuslistat, joita käytettiin seuraamaan turvallisuuden toteutumista magneettitutkimuksissa. Tarkistuslistoja käytettiin ennen leikkausta, ennen peittelyä ja ennen magneettitutkimusta sekä henkilökunnan kontraindikaatioiden selvittelyyn. (Taulukko 4; Työterveyslaitos 2015: 12; Kanal ym. 2013: 505; Gandhe – Bhave 2018:114; Hemingway – Kilfoyle 2013: 512; Porteous 2014: 14; Stienen ym. 2018:2). Useat tarkistuslistoista pohjautuivat World Health Organizationin eli Maailman terveysjärjestön (WHO) Surgical safety checklisteihin eli leikkaustiimin tarkistuslistoihin, joista voi muokata omiin tarpeisiinsa vastaavan listan (Ikonen – Pauniahho 2010: 108; WHO 2009; Cherkashin – Berezina – Kuplavatsky 2016).

Röntgenhoitajan rooli magneettitutkimuksissa on usein turvallisuuden varmistaminen (Coperthwaite – Fearon 2017: 149; Hemingway – Kilfoyle 2013:513). Intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa julkaisuiden ja verkkokyselylomakkeiden mukaan röntgenhoi-

taja toimi usein niin sanottuna portinvartijana leikkaussalista magneettitutkimukseen siirtyäessä. Röntgenhoitajan työnkuva ja koulutus voi kansainvälisesti vertailtuna vaihdella maiden kesken. Kuitenkin julkaisuiden ja verkkokyselyn tulokset tukivat toisiaan, ja röntgenhoitajan roolina oli usein selvittää potilaan kontraindikaatiot ennen leikkausta ja vastata kulunvalvonnasta magneettikuvaushuoneeseen. Röntgenhoitaja myös suorittaa magneettikuvaukseen, mutta itsestäänselvyytenä tätä ei mainittu julkaisuissa.

Turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa muodostui opinnäytetyön tulosten pohjalta. Toiminta on työnkulun mallissa jaettu neljään osaan, ja osiot kuvaavat intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulkua voimakkaasti magneetin henkilökunnan näkökulmasta. Aihe on laaja ja opinnäytetyön tekijän kokemus leikkaussali- ja magneettikuvaustoiminnasta rajoittuu vain magneettikuvantamiseen. Työnkulun malliin on materiaalista suodattanut kirjoittajan omaan kokemukseen magneetissa työskentelevänä röntgenhoitajana pohjautuvia osioita. Suomessa tai kansainvälisesti ei ole kattavaa listausta missä terveydenhuollon yksiköissä magneettikuvauslaitteita on. Verkkokyselylomaketta varten Siltasairaalan intraoperatiivista magneettiyksikköä vastaavien toimenpideyksiköiden löytäminen oli täysin opinnäytetyön tekijän salapoliisityön varassa, joten valitut sairaalat on poimittu luetuista julkaisuista ja internethakujen pohjalta. Lukuisista yrityksistä huolimatta yhteen verkkokyselylomaketta varten valituista sairaaloista ei saatu yhteyttä, joten vastauksia saatiin vain kaksi. Mikäli aikaa olisi ollut reilusti enemmän, olisi ollut mielenkiintoista saada vastaukset laajemmalla otannalla.

## **9 Johtopäätökset ja jatkotutkimusehdotukset**

Opinnäytetyön tavoitteena oli potilaan turvallisuuden tukeminen intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa. Tulosten mukaan intraoperatiivinen magneettitutkimus sisältää lukuisia turvallisuuteen liittyviä yksityiskohtia, jotka on otettava huomioon toiminnan suunnittelussa ja toteutuksessa. Lähes aina, kun puhutaan magneettikuvantamisesta, nousevat turvallisuusasiat puheeksi. Leikkaussalista magneettitutkimukseen siirtyvä potilas muodostaa omat haasteensa potilaan valmistelun ja anestesian, tilojen ja toimintojen suunnittelun osalta sekä henkilökunnan toiminnan osalta. Turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa koostui neljästä osasta: ennen leikkausta, ennen peittelyä, ennen magneettitutkimusta ja magneettitutkimus.

Ennen leikkausta tai oikeammin jo ennen intraoperatiivisen toiminnan aloitusta on tärkeää panostaa toimivaan tilasuunnitteluun, jonka avulla voidaan muun muassa rajata kulkua magneettiyksikön tiloissa. Tuloksissa nousi esiin myös moniammatillisen työskentelyn ja toiminnan suunnittelun merkitys turvalliselle toiminnalle. Intraoperatiiviseen magneettitutkimukseen osallistuu henkilökuntaa useista eri yksiköistä ja työnkulun täytyy olla kaikilla hyvin hallinnassa. Henkilökunnan koulutus on tärkeää, koska sen avulla pystytään lisäämään sekä magneettiturvaisuutta, oikeita toimintatapoja poikkeustilanteissa että mahdollisesti simuloimaan toimintaa jo ennen sen aloitusta. Simulaatiot ovat hyödyllinen keino saada yhdessä rakennettua toimintamallia perehdytettyä toimintaan osallistuvalla henkilökunnalla sekä apu toiminnan suunnittelussa. Tavallisen magneettitutkimuksen lailla, myös intraoperatiivista magneettitutkimusta varten, tulee selvittää potilaan mahdolliset kontraindikaatiot esimerkiksi esitietolomakkeen avulla ja haastattelemalla. Intraoperatiivista magneettitutkimusta suunniteltaessa kontraindikaatioita ja esitietoja kannattaa selvittää jo hyvissä ajoin, jotta vältetään leikkausajan peruuntumiselta toimenpitepäivänä ja mahdollistetaan vierasesineisiin liittyvät selvittelyt.

Potilaan esitietoja on hyvä selvittää useampaan kertaan, jotta varmistutaan, että potilaalle ei ole tehty mitään toimenpiteitä, jotka estäisivät magneettikuvantamisen. Näiden tietojen kertaaminen ennen leikkausta varten tehtävää peittelyä ja anestesiaa on tulosten pohjalta perusteltua. Potilaan valmistelu toimenpiteeseen ja anestesia ovat turvallisuuden kannalta erityisen tärkeitä, koska normaaliin leikkaukseen valmistelun lisäksi, tulee huolehtia, että potilas on mahdollisimman turvallisesti aseteltu myös magneetin kannalta. Sähköjohdot eivät saa olla kosketuksissa potilaaseen tai potilaaseen ei saa muodostua silmukoita. Potilaan mahtuminen kuvauslaitteeseen tulee myös varmistaa. Kaikki välineistö, joka siirtyy potilaan mukana magneettikuvaushuoneeseen, tulee olla magneettiyhteensopivaa. Välineistön ja laitteiston merkitseminen magneettiyhteensopivuudesta kertovin merkein on tulosten mukaan suositeltavaa.

Mikäli magneettitutkimuslaitetta käytetään muuhunkin toimintaa, tulee magneettikuvaushuone aikatauluttaa intraoperatiivisen magneettikuvauspotilaan käyttöön ja huone täytyy olla siistitty potilasta varten. Potilaan lisäksi myös henkilökunnan kontraindikaatiot magneettikuvaushuoneeseen menolle on syytä selvittää, eikä henkilökunta saa viedä kuvaushuoneeseen mukanaan mitään magneettiyhteensopimatonta.

Magneettikuvaushuoneessa käytetään vain magneettiyhteensopivia laitteita. Hätätilanteissa intraoperatiivisen magneettitutkimuksen aikana toimiminen tulee olla henkilökunnalla hyvin hallussa jo ennen toiminnan aloittamista. Kulunvalvonta magneettikuvaushuoneeseen on useimmiten röntgenhoitajan vastuulla.

Tuloksissa nousi vahvasti esiin turvallisuuden toteutumisen seuranta toimenpiteen aikana tarkistuslistojen avulla. Tarkistuslistoja olisi hyvä hyödyntää kaikissa työnkulun vaiheissa. Tarkistuslistoja löytyy useimmista vastaavia toimenpiteitä suorittavista yksiköistä kopioitaviksi tai tarkistuslistan voi muodostaa itse niin, että siihen saadaan nousemaan oman intraoperatiivisen magneettiyksikön kannalta kriittisimmin turvallisuuteen vaikuttavat aiheet. Potilaan esitiedot on hyvä selvittää tarkistuslistan avulla ennen leikkauspäivää sekä leikkauspäivänä joko varsinaisen kaavakkeen avulla tai haastattelemalla. Ennen kuin potilas peitellään, on tarkistuslistan avulla suositeltavaa käydä läpi potilaan asettelun tai anestesiaan valmistelun kautta magneettitutkimukseen vaikuttavat asiat. Lisäksi ennen magneettitutkimusta -tarkistuslistan avulla voidaan vielä tehdä viime hetken tarkistukset välineistön ja potilaan osalta sekä selvittää magneettikuvaukseen osallistuvalla anestesia- tai leikkaussalihenkilökunnalta, ettei heillä ole esteitä kuvaushuoneeseen menolle.

Röntgenhoitajan merkittävimpanä roolina on magneettiin liittyvästä turvallisuudesta huolehtiminen. Röntgenhoitaja vastaa tarkistuslistojen läpikäymisestä tai on vähintään läsnä niitä läpikäydessä kaikissa työnkulun vaiheissa. Röntgenhoitajalle kuuluu myös kuvaushuoneen valmistelu.

Opinnäytetyön tulokset ovat tulevaisuudessa sovellettavissa vastaavien toimintaympäristöjen suunnittelussa, ja sitä voidaan hyödyntää potilaalle turvallisemman työnkulun suunnittelussa intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin. Opinnäytetyön tuloksia ja turvallisen työnkulun mallia voidaan hyödyntää sekä Siltasairaalan intraoperatiivisen magneettitutkimuksen menetelmäohjeita tehdessä että simulaatioiden suunnittelussa. Opinnäytetyössä esitetty turvallinen malli työnkulkuun intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa pohjautuu röntgenhoitajan näkemykseen intraoperatiivisesta magneettikuvaus toiminnasta. Todellisuudessa intraoperatiivisen magneettitutkimuksen työnkulku suunnitellaan moniammatillisena yhteistyönä leikkaussalin, anestesian ja kuvantamisen henkilökunnan kesken.

Jatkotutkimusehdotuksenani on tutkia laajemmin, millaisia käytäntöjä maailmalla on intraoperatiivisia magneettitutkimuksia tekevissä sairaaloissa. Röntgenhoitajien resurssitilanteen ollessa heikko, olisi mielenkiintoista selvittää, voisiko intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa olla erillinen turvallisuusvastaava ja röntgenhoitaja hoitaisi vain kuvaamisen.

Turnitin yhtäläisyysprosentti 12 %, lähteitä ei poisluettu tarkastuksessa.

## Lähteet

Abernethy, Laurence – Avula, Shivaram – Hughes, G. M. – Wright, E.J. – Malucci, Conor 2012. Intra-operative 3T MRI for paediatric brain tumours: challenges and perspectives. *Pediatric Radiology* 42 (2): 147-157.

Arksey, Hilary – O'Malley, Lisa 2007. Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology* 8(1): 19-32.

Azmi, Hooman – Gibbons, Mary – DeVito, Michele C. – Schlesinger, Mark – Kreitner, Jason – Freguletti, Terri – Banovic, Joan – Ferrell, Donald – Horton, Michael – Pierce, Sean – Roth, Patrick. 2019. The interventional magnetic resonance imaging suite: Experience in the design, development, and implementation in a pre-existing radiology space and review of concepts. *Surgical Neurology International* 10:101.

Berkow, Lauren C. 2016. Anesthetic management and human factors in the intraoperative MRI environment. *Current Opinion Anesthesiology* 29 (5): 563-567.

Cherkashin, Mikhail – Berezina, Natalia. – Kuplevatsky, Vladimir 2016. Modified WHO surgical safety check- lists for MRI-related safety in hybrid operating room. Poster C-0014. ECR. Verkkodokumentti. < [https://postereng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing\\_poster&task=viewsection&pi=131555&ti=444878&si=1550&search-key=>](https://postereng.netkey.at/esr/viewing/index.php?module=viewing_poster&task=viewsection&pi=131555&ti=444878&si=1550&search-key=>).Luettu 11.4.2019.

Cherkashin, Mikhail – Berezina, Natalia – Serov, Alexey – Fedorov, Artem – Andreev, Georgy – Kuplavatsky, Vladimir 2016. Safety management for MR-guided interventions. *Investigative Magnetic Resonance Imaging* 20: 152-157.

Childs, Shannon – Bruch, Paul. 2015. Successful management of risk in the hybrid OR. *AORN Journal* 101 (2): 223-237.

Cowperthwaite, Liz – Fearon, Mary C. 2017. Guideline implementation: Minimally invasive surgery, part 2 – Hybrid ORs. *AORN Journal* 106 (2): 145-153

Gandhe, Rajashree U. – Bhave, Chinmaya P. 2018. Intraoperative magnetic resonance imaging for neurosurgery - An anaesthologist's challenge. *Indian Journal of Anaesthesia* 62 (6): 411-417.

Hemingway, Maureen – Kilfoyle, Marguerite. 2013. Safety planning for intraoperative magnetic resonance imaging. *AORN Journal* 98 (5): 508-524.

Henrichs, Bernadette – Walsh, Robert P. 2011. Intraoperative magnetic resonance imaging for neurosurgical procedures: Anesthetic implications. Update for nurse anesthetists. *AANA Journal* 79 (1): 71-77.

Henrichs, Bernadette – Walsh, Robert P. 2014. Intraoperative MRI for neurosurgical and general surgical interventions. *Current Opinion in Anesthesiology* 27 (4): 448-252.

Hiatt, Cathy 2018. Care of the patient undergoing a neurosurgical procedure in an intraoperative magnetic resonance imaging suite. *AORN Journal* 108 (2): 141-146.

Hirsjärvi, Sirkka – Remes, Pirkko, Sajavaara, Paula 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

HUS-Kuvantaminen 2023. Turvallisuuskäytännöt magneettikuvausyksikössä. HUS-Kuvantamisen menettelyohje. Ei saatavilla ulkopuolisille.

HUS-Kuvantaminen 2023. Magneettikuvauksen kontraindikaatiot. HUS-Kuvantamisen menettelyohje. Ei saatavilla ulkopuolisille.

HUS Talousarvio 2023. Taloussuunnitelma 2023-2025. HUS-tietoa. Verkkodokumentti. <<https://www.hus.fi/sites/default/files/2023-02/Talousarvio%202023%20ja%20taloussuunnitelma%202023-2025.pdf>> Hyväksytty 14.12.2022. Luettu 3.5.2023.

Huurto, Laura – Toivo, Tim. 2000. Terveysturvallisuuden laadunhallinta. Magneettitutkimukset ja niiden turvallisuus. Lääkelaitoksen julkaisusarja 1/2000. Helsinki: Lääkelaitos.

Hushek, Stephen G. – Russell, Lori – Moser, Robert F. – Hoerter, Neil M. – Moriarty, Thomas M. – Shields, Christopher B. 2005. Safety Protocols for Interventional MRI. Academic Radiology 12: 1143-1148.

Jagadeesan, Barathi D. 2020. MR imaging safety in the interventional environment. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America 28: 583-591.

ICNIRP on medical magnetic resonance (MR) procedures: Protection of patients 2004. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Julkaistu 1.8.2004.

IEC standardi magneettikuvauslaitteiden turvallisesta käytöstä IEC60601-2-33. Medical electrical equipment – part 2-33: Particular requirements for the basic safety and essential performance of magnetic resonance equipment for medical use. Julkaistu maaliskuussa 2010.

Ikonen, Tuija S. – Pauniahho, Satu-Liisa 2010. Leikkaustiimin tarkistuslista. Finnanest 43 (2): 108-111.

Jankovski, Aleksandar – Francotte, Frédéric – Vaz, Géraldo – Fomekong, Edward – Duprez, Thierry – Van Boven, Michel – Docquier, Marie-Agnés – Hermoye, Laurent – Cosnard, Guy – Raftopoulos, Christian 2008. Intraoperative magnetic resonance imaging at 3T using dual independent operating room – magnetic resonance imaging suite: Development, feasibility, safety and preliminary experience. Neurosurgery 63 (3): 412-426.

Johnston, Thomas – Moser, Robert – Moeller, Karen – Moriarty, Thomas M. 2009. Intraoperative MRI: Safety. Neurosurgery Clinics of North America 20: 147-153.

Kaikki syövästä. 2017. Syöpäjärjestöt. Verkkodokumentti. <<https://www.kaikki-syovasta.fi/tietoa-syovasta/syopataudit/aivokasvaimet/>> Luettu 18.1.2018.

Kanal, Emanuel – Barkovich, A. James – Bell, Charlotte – Borgstede, James P. – Bradley Jr, William G. – Froelich, Jerry W. – Gimbel, Rod – Gosbee, John W. – Kuhni-Kaminski, Ellisa – Larson, Paul A. – Lester Jr, James W. – Nyenhuis, John – Schaefer, Daniel Joe – Sebek, Elizabeth A. – Weinreb, Jeffrey – Wilkoff, Bruce L. – Woods, Terry O. – Lucey, Leonard – Hernandez, Dina 2013. ACR guidance document on MR safe practises: 2013. Journal of Magnetic Resonance Imaging 37: 501-530.

Kankkunen, Päivi – Vehviläinen-Julkunen, Katri 2009. Tutkimus hoitotieteessä. Helsinki: WSOYpro Oy.

Kent, Tyler – Jensen, Randy 2014. Intraoperative magnetic resonance imaging in neurosurgery: Part 1 – A review of history, use and outcomes. *Contemporary Neurosurgery* 36 (23): 1-8.

Kettenbach, Joachim – Kacher, Daniel F. – Kanan, Angela R. – Rostenberg, Bill – Fairhurst, Janice – Stadler, Alfred – Kienreich, K. – Jolesz, Ferenc A. 2006. Intraoperative and interventional MRI: Recommendations for a safe environment. *Minimally Invasive Therapy* 15 (2): 53-64.

KvaliMOTV 2019. Hyvä tutkimuskäytäntö. Verkkodokumentti. <[https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L3\\_1\\_2.html](https://www.fsd.uta.fi/menetelmaopetus/kvali/L3_1_2.html)>. Luettu 3.6.2019.

Laochamroonvorapongse, Dean – Theard, Marie A. – Yahanda, Alexander T. – Chicoine, Michael R. 2021. Intraoperative MRI for adult and pediatric neurosurgery. *Anesthesiology Clin* 39: 211-225.

Multani, Kartik Manoj – Balasubramaniam, Anandh – Rajesh, Boyina Jagadishwar – Kumar, Maila Sharath – Manohara, Nitin – Kumar, Anjani 2020. Utility and pitfalls of high field 3 Tesla intraoperative MRI in neurosurgery: A single center experience of 100 cases. *Neurology India* 68 (2): 413-418.

Porteous, Joan 2014. Intraoperative MRI: The challenges providing a safe environment for patients and personnel. *ORNAC Journal* 32 (2): 12-26.

Potilasturvallisuussanasto. Lääkehoidon turvallisuussanasto. Stakes ja Lääkehoidon kehittämiskeskus ROHTO. 19.12.2007

Rama, Asheen – Knight, Lynda J. – Berg, Mark – Chen, Michael – Gonzales, Ralph – Delhagen, Timothy – Copperman, Lucas – Caruso, Thomas J. 2019. Near Miss in Intraoperative Magnetic Resonance Imaging: A case for in situ simulation. *Pediatric Quality and Safety* 4(6).

Schroeck, Hedwig – Welch, Tasha L. – Rovner, Michelle S. – Johnson, Heather A. – Schroeck, Florian R. 2019. Anesthetic challenges and outcomes for procedures in the intraoperative magnetic resonance imaging suite: A systematic review. *Journal of Clinical Anesthesia* 54: 89-101.

Senfit, Christian - Bink, Andrea - Franz, Kea - Vatter, Hartmut - Casser, Thomas - Seifert, Volkert 2011. Intraoperative MRI guidance and extent of resection in glioma surgery: a randomized controlled trial. *Lancet Oncology* 12 (11): 997-1003.

Siltasairaala. HUS-tietoa, Rakennushankkeet n.d. Verkkodokumentti. <<http://www.hus.fi/hus-tietoa/rakennushankkeet/siltasairaala/Sivut/default.aspx>>. Luettu 5.11.2017.

Siltasairaalan hankesuunnitelma 2016. Hankesuunnitelma. HUS, Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri. Verkkodokumentti. Päivitetty 17.10.2016. <<http://www.hus.fi/hus-tietoa/rakennushankkeet/Documents/Siltasairaala%20hankesuunnitelma%2017.10.2016.pdf>>. Luettu 5.11.2017.

Sorppanen, Sanna 2006. Kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohde. Käsiteanalyttinen tutkimus kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohdetta määrittävistä käsitteistä ja käsitteiden välisistä yhteyksistä. Väitöskirja. Oulu: Oulun yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Hoitotieteenlaitos.

Sähkömagneettiset kentät 2006. Nyberg, Heidi – Jokela, Kari (toim.) Säteily- ja ydinturvallisuus -sarja, osa 6. Säteilyturvakeskus. Hämeenlinna 2006: 411-415.

Stienen, Martin N. – Fierstra, Jorn – Pangalu, Athina – Regli, Luca – Bozinov, Oliver 2018. The Zurich checklist for safety in the intraoperative magnetic resonance imaging suite: Technical note. Operative Neurosurgery 0(0): 1-10.

Tan, T. K. – Goh, J. 2009. The anaesthetist's role in the setting up of an intraoperative MR imaging facility. Singapore Medical Journal 50(1): 4.

TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. Helsinki 2013: 4-7.

Tuomi, Jouni – Sarajärvi, Anneli 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. E-kirja. Helsinki: Tammi 2018.

Työterveyslaitos 2015. Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimintatavat magneettikuvaustyössä. Helsinki: Työterveyslaitos. Luettavissa myös sähköisesti osoitteessa <<https://www.tsr.fi/documents/20181/40645/111259-liite-MRI-opas.pdf/ac4fd1ef-d7a9-43a8-8ee5-77994428d54f>>

Whitlock, Jennifer 2018. Overview of the perioperative phases of surgery. Verkkodokumentti. <<https://www.verywellhealth.com/perioperative-defined-3157137>>. Luettu 2.3.2019.

WHO 2009. Surgical safety checklist. Verkkodokumentti. <<https://www.who.int/patient-safety/safesurgery/checklist/en/>>. Luettu 20.2.2019.

## Verkkokyselylomake

### Background information:

How often do you do intraoperative MR imaging?

1. Per day? \_\_\_\_\_
2. Per month? \_\_\_\_\_
3. Per year? \_\_\_\_\_

What kind of examinations do you routinely do? (monivalinta, voi valita useamman)

MRI of the brain

MRI of the spine

Facial MRI

MRI of internal organs

Other? \_\_\_\_\_

For how long have you had the opportunity to do intraoperative MRI examinations? (avoim)

When the surgical operation is performed in an adjacent operating room to MRI, how often does MRI-examination follow?

- always
- almost always
- hardly ever

### Environment:

\*Have you taken the transfer from OR to MRI into special consideration? For example special equipment, surgical bed, special markings on the MRI door or floor? (avoim)

If MRI suite and operating room were designed now, would you make any improvements?

No

Yes, if yes what improvements would you make? \_\_\_\_\_

Who is in charge of MRI safety when the patient is transferred from OR to MRI? (avoim)

Who ascertains that no MR-unsafe or MR-conditional equipment ends up into the MRI suite? (avoim)

Which of the OR's devices attached to the patient are MRI-compatible and do not need changing to MRI-safe devices before or during transfer to MRI-unit? (avoim)

Which of the following health care staff members are allowed to follow the patient to the MRI examination room? (Hiatt 2018: 145)

- MRI- technologist/radiographer
- anesthetic nurse
- anesthesiologist
- neurosurgeon
- Other \_\_\_\_\_

**Patient:**

Who interviews/screens the patient preoperatively regarding MRI safety?  
(avoin)

How is patient screening data being saved?

- on hard copy format (printed paper)
- on digital format
- other \_\_\_\_\_
- not at all

How do you protect patient's hearing?

- by no means
- by earplugs
- by extra batting
- other \_\_\_\_\_

At what point do you protect patient's hearing?

- pre-anesthesia
- pre-draping
- pre- MRI
- at no point

**Practices:**

Do you use checklists to ensure patient safety in MRI environment? Y/N (Hemingway – Kilfoyle 2013: 512)

If yes:

Are the MRI checklists separate or combined with surgical checklists:  
comb/sep (Hemingway – Kilfoyle 2013: 512)

Which of the following are you using? (monivalinta, voi valita useampia)

- preoperative screening form concerning MRI
- preoperative interview/exam concerning MRI
- pre-draping checklist
- pre-scanning checklist
- we're not using any of the above
- (Hemingway – Kilfoyle 2013: 512-514)

If you do not use any of the above:

What kind of practices do you use to follow up patient safety in the MRI environment: avoin

What kind of role MRI technologist/ radiographer has in the safety procedure of intraoperative MRI (avoin)

(Hemingway – Kilfoyle 2013: 512)

What kind of education do you provide or require for personnel working as a part of the intraoperative MRI process? (avoin)

Can I send additional questions via e-mail if necessary?

Your contact information: \_\_\_\_\_

Informed consent

2.12.2022

To whom it may concern,

HUS Helsinki University hospital is opening a new Bridge hospital. The Bridge hospital opens in February 2023 and there will be an intraoperative MRI unit. In the intraoperative MRI unit, OR and 1.5T MRI are located in adjacent rooms. I'm a radiographer studying Healthcare management at Metropolia University of Applied sciences Master's program and I'm doing my thesis on planning safe workflow in intraoperative magnetic resonance imaging (iMRI).

The aim of the study is to support patient safety in intraoperative magnetic resonance imaging and the purpose of this study is to produce a safe workflow plan for intraoperative magnetic resonance imaging at Helsinki university Bridge hospital. The data for the study is collected by literature review and interviewing three hospitals with similar MRI/OR layouts. The data will be analyzed to themes and it will be the base for the workflow plan.

I'm inviting one person from your Radiology department to participate the internet survey (link below) concerning your Intraoperative magnetic resonance imaging unit. The one answering to the survey should preferably be someone familiar with the planning of the iMRI process and working at iMRI unit currently. Your participation is highly appreciated. By answering the survey you confirm that you understand that participation is voluntary and at any point in the research study, you are at liberty to notify that you no longer wish to participate in the study. Hospital name may be published in the publications and in the research data. If you need more information or have questions about the study, please contact me.

Answering the internet survey will take you approximately 20-30 minutes. I'm hoping to get your answer before 31st of January.

Link to the internet survey: [LINKKI](#)

Thank you in advance for your participation!

Heidi Olkkonen  
Radiographer

Thesis supervisors  
Eija Metsälä  
Principal Lecturer  
Metropolia University of Applied Sciences

Katja Paukkunen  
Head nurse (MRI)  
HUS Medical Imaging Center

## Scoping katsauksen tulokset.

Julkaisun numero, kirjoittaja ja vuosiluku	Maa	Tavoite	Julkaisutyyppi	Ketä tutkittu ja missä	Tutkimuksen päätulokset
1.  Henrichs – Walsh 2011	Yhdysvallat	Kuvata anestesiahoitajille intraoperatiivisen magneettitutkimuksen aikaista toimintaa ja siihen liittyviä turvallisuusohjeistuksia.	Julkaistu American Association for Nurse Anesthetists (AANA) lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Aivokasvainten leikkauksissa intraoperatiivinen magneettitutkimus mahdollistaa kasvaimen sijainnin tarkemman arvioinnin leikkauksen alettua, leikkauksen tuloksen arvioinnin ennen leikkausalueen sulkeamista ja komplikaatioiden arvioinnin. Magneettilaitteen läheisyydessä on huomioitava staattiseen magneetikenttään liittyvät riskit. Anestesiahoitajan tehtävänä on huomioida seuraavat asiat: edistää potilaan ja henkilökunnan turvallisuutta magneetissa, estää magneettitutkimukseen liittyvät vahingot, edistää optimaalista potilashoitoa, tunnistaa mahdolliset välineistöön liittyvät vaarat, ymmärtää fysiologiseen monitorointiin liittyvät rajoitukset ja ymmärtää muut potentiaaliset riskit, kuten melu. Käytössä olevat tarkistuslistat: kysely kontraindikaatioista henkilökunnalle ja potilaalle, 5G alueen ulkopuolelle sijoitettava leikkauksalivälineistö, turvallisuutta koskeva tarkistuslista ennen magneettitutkimusta.
2.  Porteous 2014	Kanada	Kuvata intraoperatiivisen magneettitutkimuksen aikaista toimintaa ja siihen liittyviä turvallisuusohjeistuksia.	Julkaistu Operating Room Nurses Association of Canada (ORNAC) lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Winnipeg Health Sciences Centre:ssä (WHSC) aloitettiin vuonna 2013 tekemään intraoperatiivisia magneettitutkimuksia (iMRI) aivokasvainpotilaille. 3T laite toimii kattokiskoilla ja on siirrettävissä kahden leikkauksalin välillä. WHSC:ssä päätettiin luoda ohjesäännöt potilaan ja henkilökunnan turvallisuuden takaamiseksi. Valmistavaan koulutukseen sisältyi: koulutusta magneettilaitteenvalmistajalta, magneettiturvallisuusvideo, magneettiyksikön toiminnankuvaus, ympäristön ja henkilökunnan tarkistus magneettiturvallisuutta koskien, tutustuminen magneettiyksikköön, useita simulaatioita koko toimenpiteestä ja erikseen sydämenpysähdyksen osalta. Käyttöön otetut tarkistuslistat: preoperatiivinen, ennen potilaan peittelyä ja ennen magneettiputken siirtoa leikkauksaliin. Leikkauksalivälineistö lasketaan ennen magneetti-

					laitteen siirtoa huoneeseen ja heti sen jälkeen. 5 Gaussin linjat on merkitty lattiaan selkein merkein ja pääsyä magneettilaitteen läheisyyteen on rajoitettu. Kaikki mahdollinen välineistö on hankittu MR-safe versiona.
3.  Multani – Balasubramaniam – Rajesh – M. S. Kumar – Manohara – A.Kumar 2020	Intia	Kuvata intraoperatiivisen magneettitutkimuksen hyötyjä ja riskejä ICSOL leikkauksissa.	Julkaistu Neurology India julkaisussa. Vertaisarvioitu julkaisu. Prospektiivinen havainnollistava tutkimus.	100 ICSOL (intra-cranial space occupying lesion) leikkauksen yhteydessä magneettikuvauksessa käynnystä potilasta.	Kyseessä on havainnointi tutkimus, joka suoritettiin 8/2017 - 7/2018 Intian ensimmäisellä 3T intraoperatiivisella magneettilaitteella. Yashodan sairaalassa magneettilaitte sijaitsee leikkaussalin yhteydessä, viereisessä huoneessa. Julkaisussa esiteltiin hyötyjä ja riskejä leikkaukselle magneettitutkimusta apuna käytettäessä. Tutkimuksessa tutkittiin sataa ensimmäistä ICSOL leikkauksen aikana magneettikuvauksessa käynnystä potilasta. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen avulla päästiin parempiin leikkaustuloksiin: resektio oli riittävä 44 %:lla kuvatuista potilaista ja 56 %:lla potilaista leikkausta jatkettiin ja heistä 37/56 potilaan kohdalla päästiin haluttuun lopputulokseen. 19 potilaan leikkausta ei jatkettu johtuen tuumorin sijainnista. Kolmella potilaista oli kuvauskelan tai kontaktin aiheuttamia palovammoja, yhden potilaan kohdalla oli ongelma valvontalaitteiston kanssa ja 18 potilaan kohdalla oli pieniä teknisiä ongelmia esim. kuvauspöydän kanssa. 2 % potilaista oli postoperatiivinen infektio, mikä vastaa normaaleja leikkauksia. Leikkausaika piteni magneettikuvauksesta johtuen.
4.  Childs - Bruch 2015	Yhdysvallat	Tarjota tietoa erityisesti leikkaussalihoidajille potilaalle turvallisesta intraoperatiivisesta magneettitutkimuksesta.	Julkaistu AORN Journal (Association of periOperative Registered Nurses) lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Intraoperatiivisen magneettikuvauksen käyttö leikkauksen aikana on tuonut mukanaan useita etuja toimenpiteille sekä vaaranpaikkoja potilaalle että leikkaussalitiimille. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen hyödyt voidaan saavuttaa monitieteisellä, osastojen välisellä lähestymistavalla hybridiympäristön (liikutettava magneettilaitte ja läpivalaisu) suunnittelussa ja koulutus- ja turvallisuusprotokollien toteuttamisella, mukaan lukien potilaan esitietojen selvittäminen ja kuvauksen valmistelu.

5. Hemingway – Kilfoyle 2013	Yhdysvallat	Kuvata moniammatillisen työryhmän suunnitteluprosessia ja tuloksia koskien intraoperatiivista magneettiturvallisuutta.	Julkaistu AORN Journal (Association of periOperative Registered Nurses) -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Massachusetts General Hospitalissa (MGH) Bostonissa suunniteltiin ja toteutettiin kahden leikkaussalin ja kiskoilla liikkuvan 3T MRI-laitteen kokonaisuus. Sairaalassa perustettiin moniammatillinen ohjaustyöryhmä suunnittelemaan prosessia ja työnkulkua. Lisäksi perustettiin erillinen magneetin työnkulkua suunnitteleva työryhmä, jonka tehtävänä oli edistää potilaan ja henkilökunnan turvallisuutta magneettiympäristössä. Lopputuotoksena ohjaustyöryhmä tuotti useita tarkistuslistoja työnkulun eri vaiheisiin, koulutusta, kaksi uutta työroolia (mm. yksi leikkaussalihoitajista työskenteli MRI-turvallisuus hoitajana) sekä selkeät roolin kuvaukset ja työnjaot henkilökunnalle.
6. Laocham- roonvora- pongse – Theard – Yahanda – Chicoine 2021	Yhdysvallat	Kuvata intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuusvaatimuksia anestesialääkärin näkökulmasta.	Julkaistu Anesthesiology Clinics -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Intraoperatiivinen magneettiyksikkö voidaan toteuttaa joko liikuteltavan magneettikuvausputken avulla tai siirtämällä potilas läheiseen kuvaushuoneeseen. Tutkimusten mukaan iMRI pidentää merkittävästi toimenpiteen kestoa, mutta sitä ei ole yhdistetty leikkaus- tai anestesiakomplikaatioihin. Leikkauksen yhteydessä tehtävään magneettitutkimukseen liittyy haasteita potilaan monitoroinnin osalta. Oregon Health and Science University -sairaalasta suosittelevat tarkastuslistojen käyttöönottoa, tarkan protokollan luomista moniammatillisessa yhteistyössä ja tarkastuslistojen käyttöä.
7. Schroeck H. – Welch – Rovner – Johnson – Schroek F. 2019	Yhdysvallat	Tarjota kattava kirjallisuuskatsaus anestesian haasteista intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa.	Julkaistu Journal of Clinical Anesthesia lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus.	Kirjallisuuskatsaus	Intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin liittyy haasteita anestesian osalta. Anestesiavälineistö täytyy olla luotettava magneettiympäristössä, koulutuksen täytyy olla ajantasaista, potilaat täytyy seuloa ja hätätilanteisiin varautua. Korkeatasoiselle tutkimukselle anestesiasta intraoperatiivisissa magneettiympäristössä on tarve.

8. Cherkashin – Berezina – Serov – Fedorov – Andreev – Kuplavatsky 2016	Venäjä	Kuvata intraoperatiivisen magneettityksikön suunnittelua ja turvallisuuskäytäntöjä sekä käytössä olevia muokattuja WHO:n tarkistuslistoja.	Julkaistu korealaisessa Investigative Magnetic Resonance Imaging lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Pietarilaiseen sairaalaan suunniteltiin vierekkäisissä huoneissa olevat leikkaussali ja magneettikuvaushuone. Moniammatillinen magneetti- ja leikkaussalitojen sekä yhteisten toimintaprotokollien suunnittelu ovat tärkeitä. Yksi suurimmista haasteista intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa on anestesia kuvaushuoneeseen ja -huoneesta siirtymisen aikana. Dr. Berezin Medical Centerissä on käytössä muokatut WHO:n leikkaussalitarkistuslistat, joihin on lisätty ennen ja jälkeen magneettitutkimusta läpi käytävät osiot.
9. Berkow 2016	Yhdysvallat	Kuvata riskejä ja huomioitavia asioita anestesian osalta intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa.	Julkaistu Current Opinion in Anesthesiology lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Ammattilehden artikkeli. Katsausartikkeli.		Intraoperatiivisen magneettikuvauksen käyttö neurokirurgistenleikkausten yhteydessä on lisääntynyt viime vuosina. MRI-ympäristö lisää potilaan ja henkilökunnan riskejä ja haasteita. Magneettikenttä, joka leikkaussalissa on päällä kuvauksen aikana, tuo mukanaan haasteita anestesian toteutukseen ja anestesiahenkilökunnan tulisi olla tietoisia mahdollisista komplikaatioista siihen liittyen. Magneettiympäristö vaatii erityiset magneettiyhteensopivat välineet. Tarkistuslistojen ja tiimityön harjoittelun avulla voidaan maksimoida potilaan ja henkilökunnan turvallisuus intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa.
10. Hiatt 2018	Yhdysvallat	Kuvata intraoperatiivisen magneettitutkimuksen aikaista toimintaa ja siihen liittyviä turvallisuusohjeistuksia leikkaussalihoitotyön näkökulmasta.	Julkaistu AORN Journal (Association of periOperative Registered Nurses) -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Salt Lake Cityssä tehdään kahdessa sairaalassa intraoperatiivisia magneettitutkimuksia. Molemmissa sairaaloissa magneettitutkimusta liikutetaan leikkaussaliin kattokiskoilla. He ovat kehittäneet turvallisen intraoperatiivisen magneettitutkimuksen prosessiaan vuodesta 2011. Onnistuneen prosessin luomiseen on johtanut yhteiset protokollat, ohjeistus ja magneettiturvallisuutta koskevien suositusten noudattaminen.

11. Cowperthwaite – Fearon 2017	Yhdysvallat	Tarjota ohjeistusta leikkaussalihenkilöstölle, joka työskentelee tai suunnittelee toimintaa hybridileikkaussalissa.	Julkaistu AORN Journal (Association of periOperative Registered Nurses) -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Association of periOperative Registered Nurses julkaisi vuonna 2016 päivitetyn suosituksen minimaalisesti invasiivisiin leikkauksiin. Suositus sisältää nyt aiempaa enemmän tietoa hybridileikkaussaleista, myös MRI-hybridisaleista. Avainasioita hybridileikkaussaleista ovat moniammatillisen työryhmän käyttö tilojen ja toiminnan suunnittelussa, potilaalla tulisi olla nimetty leikkaussalihoitaja ja terveydenhuollontoi- mijoiden tulisi huomioida intraoperatiiviseen magneettiin liittyvät riskit.
12. Abernethy – Avula – Hughes – Wright – Mallucci 2012	Iso-Britannia	Kuvata ensikoke- muksia intraoperatiivisista 3T magneettitutkimuksista lapsilla Alder Hey Children's hospitalissa.	Julkaistu Pediatric Radiology -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Alder Hey Children's hospitalissa on Philipsin 3T magneettilaitte leikkaussalin viereisessä huoneessa. Jotta laite olisi taloudellisesti kannattava, käytetään sitä myös muihin kuvauksiin, kun leikkaus ei ole käynnissä. Leikkaussalia käytetään myös muuhun leikkaustoimintaan sekä anestesian valmisteluun magneettitutkimusta varten. Intraoperatiivisen magneettikuvauksen avulla voidaan päästä parempiin resektiotuloksiin makroskooppisissa tuumorileikkauksissa ja voidaan vähentää leikkauksesta aiheutuneita vaurioita normaalille aivokudokselle. Leikkauksessa tukena käytettävä neuronavigaatio olisi hyvä päivittää intraoperatiivisen kuvauksen pohjalta. Intraoperatiivisissa kuvauksissa käytettävissä korkeakenttämagneettilaitteissa on myös haasteensa kuten korkeat hankintakustannukset, magneettikenttään liittyvät haasteet ja kuvantulkinnan haasteet.

<p>13.</p> <p>Kettenbach – Kacher – Kanan – Rostenberg – Fairhurst – Stadler – Ki-enreich – Jolesz 2006</p>	<p>Itävalta, Yhdysvallat</p>	<p>Raportoida intraoperatiivisen magneettitutkimuksen käytöstä kyseisenä ajanjaksona.</p>	<p>Julkaistu Minimally invasive therapy &amp; allied technologies -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.</p>		<p>Raportti 2000-luvun puolivälin tilanteesta kokemuksen, magneettiturvallisuusprotokollien ja kirjallisuuden osalta, koskien MRI-ohjattuja toimenpiteitä. Julkaisussa kuvataan tilasuunnittelun ja laitteen valinnan ja kulunvalvonnanrajoitusten merkitystä turvallisen toiminnan muodostamiseen. Magneettiturvallisuus muodostuu käytäntöjen kautta ja tähän kuuluu: henkilökunnan koulutus, potilaiden kontraindikaatioitenseulonta, potilaan asettelu tutkimukseen, käytetty magneettikenttä, 5 Gaussin rajojen huomioiminen, hätätilanteisiin kouluttautuminen, kuulon suojaaminen, magneettikentän vaikutusten huomioiminen kehon lämpenemisen osalta, magneettikentän vaikutus työntekijöihin, MRI-yhteensopivuustestaus ja anestesiahaasteet magneetissa. Lisäksi magneettiturvallisuutta on saatu lisättyä teknologian, kuten MRI-yhteensopivien instrumenttien ja kirurgisten laitteiden sekä MRI-sekvenssien kehittyminen kautta. Kirjoittajilla on kollektiivisesti paljon hyviä kokemuksia turvallisen intraoperatiivis toiminnan onnistumisesta. Heidän mukaansa iMRI kannattaa ottaa vaiheittain käyttöön. Oikeat ryhmän jäsenet, huolella mietityt arkkitehtuuriset ratkaisut ja kunnan käytänteet sekä koulutus ovat tärkeitä toiminnan aloituksen kannalta. Ensimmäisissä tapauksissa kannattaa olla sama pieni henkilökuntaryhmä, joka myöhemmin hoitaa muun henkilökunnan koulutuksen, sekä analysoi ja optimoi prosessia.</p>
<p>14.</p> <p>Gandhe – Bhave 2018</p>	<p>Intia</p>	<p>Kuvata intraoperatiivista magneettikuvausta anestesiaalääkärin näkökulmasta.</p>	<p>Julkaistu Indian Journal of Anaesthesia -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.</p>	<p>Kirjallisuuskatsaus intraoperatiivisesta magneettitutkimuksesta neurokirurgiassa.</p>	<p>Intraoperatiivinen magneettitutkimus on haaste anestesiaalääkärille. Julkaisun kirjoittajat tekivät kirjallisuuskatsauksen intraoperatiivisesta magneettitutkimuksesta neurokirurgiassa. Haku kohdistettiin ennen joulukuuta 2017 tehtyihin julkaisuihin. Hakutermeinä käytettiin: intraoperative MRI, anaesthesia, IMRIS, neurosurgery, MRI safety. Anestesia intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa vaatii monitorointistandardien muokkaamista, koska magneettikentät vaikuttavat anestesiaalaitteiden toimintaan. Kunnollinen preoperatiivinen suunnittelu, henkilökunnan kouluttaminen, tehokas kommunikaatio, tiimityö ja pitäytymien tiukasti tarkistuslistoissa auttavat saavuttamaan potilasta ja henkilökuntaturvallisen lopputuloksen.</p>

15. Jankovski – Francotte – Vaz – Fomekong – Duprez – Van Boven – Docquier – Hermoye – Cosnard – Raftopoulos 2008	Belgia	Kuvata intraoperatiivisen 3T magneettityksikön käyttöön-ottoa ja saatuja tuloksia 21 ensimmäisen potilaan osalta.	Julkaistu Neurosurgery -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Cliniques Universitaires St-Luc-sairaalassa otettiin käyttöön erilliset 3T magneettikuvaushuone ja leikkaussali, josta on kulku magneettikuvaushuoneen ovelle sähköistetyllä leikkauspöydällä (lattiakiskot). Julkaisussa kuvataan kokemuksia ensimmäisen 21 leikkauksen osalta, joissa käytettiin magneettitutkimusta intraoperatiivisesti. Tilasuunnittelussa on huomioitu erityisesti hygienia ja ilmanvaihto, kokonaisuuden sijoittelu nykyisiin tiloihin, sulkutilat, akustiikka ja turvalliset toimintatavat. 21 potilaalle tehtiin 26 kuvausta. 3 juuri ennen leikkausta, 9 osin suljettua intraoperatiivista kuvausta ja 14 kokonaan suljettua heti leikkauksen jälkeen. Viidelle potilaalle tehtiin kaksi kuvausta ja kolmella jatkettiin leikkausta kuvauksen jälkeen. Kahdella, kenellä leikkausta jatkettiin, oli leikkausalue osittain suljettu ja yhdellä kokonaan.
16. Henrichs – Walsh 2014	Yhdysvallat	Tarkastella intraoperatiivisen magneettitutkimuksen laajentuneen käytön vaikutusta turvallisuuteen ja anestesiaan viimeaikaisen kirjallisuuden pohjalta.	Julkaistu Current Opinion in Anesthesiology lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Sen lisäksi, että intraoperatiivista magneettitutkimusta käytetään entistä yleisemmin neurokirurgisissa toimenpiteissä, sen käyttö on laajentunut myös muun tyyppisiin leikkauksiin. Intraoperatiivista magneettitutkimusta käytetään myös selkäytimen kasvainten poistamiseen sekä munuaisten ja maksan kirurgisiin toimenpiteisiin. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen lisääntynyt käyttö lisää myös magneettikenttään liittyviä riskejä.
17. Johnston – Moser – Moeller – Moriarty 2009	Yhdysvallat	Kuvata intraoperatiiviseen magneettitutkimukseen liittyviä turvallisuusriskejä neurokirurgin näkökulmasta.	Julkaistu Neurosurgery Clinics of North America -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Intraoperatiivisella magneettitutkimuksella on potentiaalia olla neurokirurgin apuna leikkauksessa. Magneettikentän aiheuttama potentiaalinen vaara on huomiotava toiminnassa. The American College of Radiologyn ohjeiden tiukkaa noudattamista tulee jatkaa myös leikkaussaliympäristössä.

18. Jagadeesan 2020	Yhdysvallat	Kuvata toimintaa intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa ja magneettiohjatussa toimenpiteessä turvallisuuskäsitteistä.	Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Magneettiohjattujen leikkausten käyttöönotto vaatii asiantuntemusta suunnittelussa, välineistön valinnassa, tilasuunnittelussa, laiteasennuksissa, turvallisuusvastaavien saatavuudessa, leikkaussalihenkilökunnan kouluttamisessa, hätäsuunnitelmissa ja uusien määräysten jatkuvassa täytäntöönpanossa. Turvallisuusuhkat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa voidaan jakaa kahteen osioon: Turvallisuushuolet, jotka liittyvät kaikkiin magneettitutkimuksiin (a) ja turvallisuushuolet, jotka liittyvät yksinomaan intraoperatiiviseen magneettiympäristöön (b).
19. Rama – Knight – Berg – Chen – Gonzales – Delhagen – Copperman – Caruso 2019	Yhdysvallat	Kuvata juurisyyanalyysin seurauksena tehtyä todellisessa intraoperatiivisessa magneettiympäristössä tapahtunutta simulaatiota ja sen vaikutuksia.	Pediatric Quality and Safety. Vertaisarvioitu julkaisu. Turvallisuusraportti.	Juurisyyanalyysi läheltä piti-tilanteesta.	Lucile Packard Children’s hospital Stanfordinissa sattui läheltä piti -tilanne lapsen intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa, kun lapselle oli laitettu ei magneettiyhteensopiva kalloteline. Tilanteesta vältyttiin vahingoilta, mutta tämän jälkeen päätettiin tehdä juurisyyanalyysi moniammatillisella kokoonpanolla. Juurisyyanalyysin pohjalta päädyttiin järjestämään yksikössä simulaatio, joka sijoittui todelliseen ympäristöön. Kun simulaation jälkeen arvioitiin toimintaa, päädyttiin lisäämään koulutusta, toinen time out ennen magneettikuvaushuoneeseen siirtymistä ja selvittämään työnjakoa elvytys-/hätätilanteissa.
20. Tan – Goh 2009	Singapore	Kuvata intraoperatiivisen magneettiyksikön suunnittelua anestesialääkärin näkökulmasta.	Singapore Medical Journal. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Singapore General hospitalissa suunniteltiin vuonna 2006 intraoperatiivista magneettiyksikköä. Anestesia lääkärit olivat mukana suunnittelemassa yksikköä ja julkaisussa kuvataan haasteita, joita magneettikenttä aiheuttaa anestesialle. Singaporeen valittiin BrainSUITE -systeemi ja tämän sekä tehtyjen tilaratkaisuiden pohjalta valittiin käytettävä anestesiavälineistö. Laitetoimittaja koulutti henkilökuntaa luennoilla ja viemällä heitä toiseen yksikköön tutustumaan.

21. Azmi – Gibbons – DeVito – Schlesinger – Kreitner – Freguletti – Banovic – Ferrell – Horton – Pierce – Roth 2019	Yhdysvallat	Kuvata intraoperatiivisen magneettitutkimusyksikön toteutusta.	Surgical Neurology International. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Julkaisussa kuvataan yhden sairaalan ratkaisua, jossa toteutettiin intraoperatiivisen magneettiyksikön rakentaminen jo olemassa oleviin tiloihin. Julkaisussa kuvataan tilaratkaisuja, turvallisuusvyöhykkeiden toteutusta, ilmanvaihtoa, välineiden ja laitteiden valintaa ja toiminnan suunnittelua.
22. Stienen – Fierstra – Pangalu – Regli – Bozinov 2018	Sveitsi	Jakaa Zürichin yliopistollisen sairaalan intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuustarkistuslista.	Operative Neurosurgery. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen käyttö on kehittynyt viime aikoina neurokirurgiassa. Intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin liittyvät haasteet ovat merkittäviä, koska magneettikenttä luo mahdollisesti vaarallisen ympäristön. Tiukat turvallisuusohjeet ovat välttämättömiä ja tarkistuslistojen avulla voidaan minimoida virheitä sekä parantaa työnkulkua. Zürichissä on käytössä vierekkäiset leikkaussali ja magneettikuvaushuone. Tarkistuslistojen osalta toiminta jaetaan kahteen osaan: epästeriilistä ympäristöstä steriiliin siirtyminen ja leikkaussalista magneettikuvaushuoneeseen siirtymiseen. Tarkistuslistat ovat käytössä ennen steriiliä peittelyä ja steriilin peittelyn jälkeen sekä ennen ja jälkeen siirtoa tapahtuvaa peittelyä.
23. Hushek – Russell – Moser – Hoerter – Moriarty – Shields 2005	Yhdysvallat	Tiivistää American College of Radiology:n magneettiturvallisuusohjeet ja korostaa niitä interventiionaalisen magneettin kannalta.	Academic Radiology. Vertaisarvioitu julkaisu. Kartoittava katsaus.		Kirjoittajat esittelivät tiivistelmän The American College of Radiology:n magneettiturvallisuusohjeistuksesta (White paper), jossa he korostivat interventioita koskevia ohjeistuksia. He esittävät MRI-interventioihin soveltuvaa kattavaa toimintatapaa.