

Turvallisuus intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa - scoping katsaus

Oikkonen Heidi

Röntgenhoitaja (YAMK)
HUS Diagnostiikkakeskus

Metsälä Eija

Dosentti, Yliopettaja
Metropolia ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä**Tavoite:**

Katsauksen tarkoituksena oli kuvata intraoperatiivisten magneettitutkimusten turvallisuuden yhteydessä olevia tekijöitä.

Menetelmät:

Scoping katsaus toteutettiin vuosina 2018 ja 2019 sekä lisähaku vuonna 2022 käyttäen tietokantoja Cinahl (EBSCOhostin kautta), Pubmed, Science Direct ja Ovid. Artikkelien julkaisuajankohtaa ei rajattu eikä niiden laatua arvioitu. Ne analysoitiin sisällönerittelyn keinoin.

Tulokset:

Lopulliseen katsaukseen päätyi 23 eri maissa julkaistua artikkelia. Valituista artikkeleista muodostui kolme intraoperatiivisen magneetin turvallisuuteen liittyvää pääluokkaa: 1) potilaan valmistelu ja anestesia, 2) tilojen ja toiminnan suunnittelu sekä 3) henkilökunnan toiminta. Normaalisti magneettitutkimuksesta poikkeavia erityisesti intraoperatiivisten magneettitutkimusten turvallisuudessa huomioitavia tekijöitä muodostui neljä pääluokkaa: 1) leikkaussalin henkilökuntaan liittyvät tekijät, 2) leikkaussalin välineet ja tilat, 3) magneettikuvaus ja -tilat sekä 4) potilaan hoito intraoperatiivisissa MK tutkimuksissa.

Päätelmät:

Tulokset ovat sovellettavissa intraoperatiivisten magneettitutkimusten suunnittelussa, ja potilaalle turvallisemman työnkulun suunnittelussa intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin.

Asiasanat:

intraoperatiivinen magneettitutkimus, scoping katsaus, turvallisuus

Abstract**Aim:**

The review aims to describe factors associated with safety in intraoperative magnetic resonance imaging (MRI) examinations.

Method:

A scoping review was performed during 2018, 2019 and additional search in 2022 using databases Cinahl (via EBSCOhost), Pubmed, Science Direct and Ovid. Publication time of the selected articles was not limited and quality of the selected articles was not assessed. Articles were analysed using content analysis.

Results:

The review yielded 23 articles published in various countries. Three main categories depicting safety in intraoperative MRI were formed: 1) patient preparation and anesthesia, 2) planning facilities and work flow and 3) staff operation. Safety features different from other magnetic resonance imaging, specific to intraoperative MRI four categories were formed: 1) operation room staff related factors, 2) operation room equipment and facilities, 3) MRI examination and facilities and 4) patient care in intraoperative MRI examinations.

Conclusions:

The results can be used planning intraoperative MRI units and in improving safer workflow for intraoperative MRI examinations.

Keywords:

intraoperative magnetic resonance imaging examination, safety, scoping review

Johdanto

Suomessa todetaan vuosittain noin 900 aivokasvainta ja niiden määrä on vuosittain lisääntynyt. Aivokasvaimet pyritään aina poistamaan kokonaan tai osittain riippuen kasvaimen tyypistä, pahanlaatuisuudesta, sijainnista, kasvutavasta ja -nopeudesta. Magneettitutkimusta käytetään useimmissa tapauksissa kasvaimen diagnosointiin ja seurantaan. (Kaikki syövästä 2023.) Maailmalla on jo pari vuosikymmentä hyödynnetty magneettitutkimusta intraoperatiivisesti aivokasvainleikkauksissa. (Henrichs & Walsh 2014.)

Intraoperatiivisia magneettikuvauslaitteita tehdään lähinnä aivokasvainpotilaille. Niitä voidaan käyttää mm. leikkausalueen laajuuden ja onnistumisen arviointiin. Intraoperatiivinen magneettikuvaus on helpottanut huomattavasti esimerkiksi glioomapotilaiden kasvainten poistamista. Resektion laajuus vaikuttaa suoraan potilaan selviytymisasteeseen. (Senfit ym. 2011)

Intraoperatiivisten magneettitutkimusten haaste on niiden turvallinen toteuttaminen monien magneettiturvallisuuden eri ulottuvuuksien näkökulmasta sisältäen henkilöstön ja potilaiden turvallisuuden. Potilasturvallisuuteen liittyvät magneettitutkimuksen turvallinen toteuttaminen, yleinen potilasturvallisuus, anestesia-toiminnan turvallisuus magneettikuvaushuoneessa ja aseptiikka. (Potilasturvallisuussanasto 2006; Huurto & Toivo 2000.)

Intraoperatiivisen magneettityksikön työyhteisö on moniammatillinen. Kirurgisen, anestesia- ja radiologisen tiimin toiminnan tulee olla saumatonta. Röntgenhoitajilla on suuri rooli turvallisuudesta huolehtimisessa magneettitutkimuksissa. Toiminnan suunnittelun tekee haastavaksi magneettitutkimuksen kontraindikaatioiden selvittäminen ennen anestesiaa, turvallisuus leikkaussalista magneettihuoneeseen siirryttäessä, anestesia-välineistöä huolehtiminen, henkilöstön kulku magneettityksikköön turvallisten toimintatapojen varmistaminen työnkulun (work flow) eri vaiheissa. Turvallisten toimintatapojen suunnittelu ennakkoon on äärimmäisen tärkeää. (Työterveyslaitos 2015.)

TEORETTISET LÄHTÖKOHDAT

Magneettitutkimusten turvallisuus

Potilas altistuu magneettitutkimuksessa sekä staattiselle että muuttuville magneettikentille ja radiotaajuiselle kentälle eli RF-kentälle. Magneettikentän aiheuttamia fysiologisia haittavaikutuksia voidaan välttää seuraamalla kansainvälisiä ja kansallisia standardeja ja suosituksia.

Myös henkilökunta altistuu staattiselle magneettikentälle. Tämä koskee myös anestesiahenkilökuntaa joka valvoo potilasta magneettikentän läheisyydessä. (Huurto & Toivo 2000) Sähköisesti tai magneettisesti aktiivisten implanttien kuten sydämen tahdistimen toiminta voi häiriintyä magneettikentän vaikutuksesta. Lisäksi ferromagneettisia metalleja sisältävät verisuonipuristimet, klipsit ja kirurgiset istutukset voivat irrota magneettikentän vaikutuksesta. Myös esimerkiksi lonkkaproteesit voivat kuumeta magneettikuvauslaitteen vaikutuksesta. (Huurto & Toivo 2000; Kanal ym. 2013)

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.) 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). 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. Mikäli huoneeseen on vietävä laitteita tai esineitä, jotka eivät ole MK-turvallisia, tulee niiden olla jatkuvasti magneettityksikön henkilökunnan valvonnan alla ja tarvittaessa kiinnitettävä niin, etteivät ne pääse liikkumaan magneettikentästä johtuen. (Työterveyslaitos 2015) Magneettiturvallisuutta voidaan edistää rajoittamalla pääsy kuvaushuoneeseen, kouluttamalla henkilökuntaa ja tekemällä simulaatioharjoitteita poikkeustilanteiden varalta (Childs & Bruch 2015; Hemingway & Kilfoyle 2013; Porteous 2014; Kanal ym. 2013.) Usein magneettitutkimustilat on jaettu neljään magneettiturvallisuusvyöhykkeeseen, joiden avulla pystytään helpommin valvomaan magneettiturvallisuuden toteutumista. Vyöhykkeet on numeroitu pienimmästä suurimpaan sähkömagneettisen kentän suuruuden ja sen aiheuttaman riskin mukaisesti. (Kanal ym. 2013)

Intraoperatiivinen magneettitutkimus

Intraoperatiivinen vaihe sisältää leikkauksen alkaen siitä kun potilas tuodaan leikkaussaliin ja päättyen siihen, kun potilas viedään pois leikkaussalista. (Whitlock 2018.) Intraoperatiivinen magneettitutkimus toteutetaan kesken leikkauksen tai välittömästi leikkauksen päätyttyä.

Niitä voidaan tehdä matalakenttä avomagneettilaitteella tai korkeakenttälaitteella, joka on joko sijoitettu leikkaussaliin yhteyteen tai magneettijärjestelmällä jonka magneettiputki on mahdollista liikuttaa leikkaussaliin (IMRIS™). (Gandhe & Bhave 2018; Hemingway & Kilfoyle 2013)

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 mikä mahdollistaa jatkuvan pääsyn potilaaseen tarjoten lähes reaaliaikaista kuvaa halutusta kohteesta. Nykyisten magneettilaitteiden kehitys on mahdollistanut korkeakenttä magneettilaitteiden, 1.5 ja 3 Teslaa, käytön intraoperatiivisissa tutkimuksissa (Childs & Bruch 2015). Korkeakenttälaitteet ovat yleensä avoimen sijaan suljettuja kartion mallisia putkia jolloin potilaan luokse ei ole jatkuvaa pääsyä.

Kanadalainen neurokirurgi Garnette Sutherland kehitti magneettijärjestelmä IMRIS:in (The intraoperative MR imaging system IMRIS™). Siinä 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; Gandhe & Bhave 2018; Hiatt 2018; Henrichs & Walsh 2011) Tällaisesta järjestelmästä puhutaan hybridileikkaussalina (hybrid operating room (OR)) (Hiatt 2018). Aivokasvainten leikkauksessa tarkoituksena on poistaa epänormaali kudoks kokonaan samalla minimoimalla riskit pysyvästä 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; Abernethy ym. 2012) Useissa tutkimuksissa on raportoitu, että magneettitutkimuksen tekeminen leikkauksen aikana parantaa resektion laajuutta merkittävästi. (Senif. ym. 2011; Kent & Jensen 2014)

Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

Röntgenhoitajan työ voidaan jakaa kolmeen osaluokseeseen: potilaan hoito ja palvelu, tekninen säteilynkäyttö ja säteilynsuojelu sekä terveydenhuollon toimintaympäristön palvelu (Sorppanen 2006). Röntgenhoitajan rooli intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa vaihtelee organisaatiokohtaisesti. Röntgenhoitajan tulee intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa selvittää ennen leikkausta selvittävien esitietojen lisäksi, mahdolliset kontraindikaatiot magneettitutkimukselle (Gandhe & Bhave 2018, Henrichs & Walsh 2011). Preoperatiivisen haastattelun magneettitutkimuksen kontraindikaatioita koskien voi hoitaa anestesia-ääkäri tai röntgenhoitaja muun preoperatiivisen käynnin yhteydessä tai röntgenhoitaja ennen potilaan sairaalaan tuloa (Gandhe & Bhave 2018; Porteous 2014; Stienen ym. 2018; Hemingway & Kilfoyle 2013). Röntgenhoitajan tehtäviin voi kuulua teknisestä laadunvarmistuksesta huolehtiminen ja kuvauslaitteen siisteydestä huolehtiminen (Hiatt 2018; Hemingway & Kilfoyle 2013). Röntgenhoitaja huolehtii tutkimuksen turvallisuudesta mukaanlukien magneettiturvallisuuden (Coperthwaite & Fearon 2017, Hemingway & Kilfoyle 2013).

Tarkoitus ja tutkimusongelmat

Katsauksen tarkoituksena oli kuvata intraoperatiivisen magneettitutkimukseen turvallisuuteen yhteydessä olevia tekijöitä.

Tutkimusongelmat olivat:

1. Mitä turvallisuuteen liittyviä asioita on otettava huomioon intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?
2. Mitä normaalista magneettikuvauksesta poikkeavia asioita tulee huomioida intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?

AINEISTO JA MENETELMÄT

Scoping katsaus

Toteutettiin scoping katsaus (Arkney & O'Malley 2007) käyttäen seuraavia terveydenhuoltoalan tietokantoja: Cinahl (EBSCOhostin kautta), Pubmed, Science Direct ja Ovid. Haut tehtiin lokakuussa 2018 - tammikuussa 2019. Hakusanoiksi muodostuivat intraoperative MRI, intraoperative magnetic resonance imaging, iMRI ja safety syksyllä 2018 tehtyjen testihakujen jälkeen.

Kysymykset joihin scoping katsauksella vastattiin, olivat: Mitä turvallisuuteen liittyviä asioita on otettava huomioon intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa? ja "Mitä normaalista magneettikuvauksesta poikkeavaa tulee huomioida intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa?"

Sisäänottokriteerit

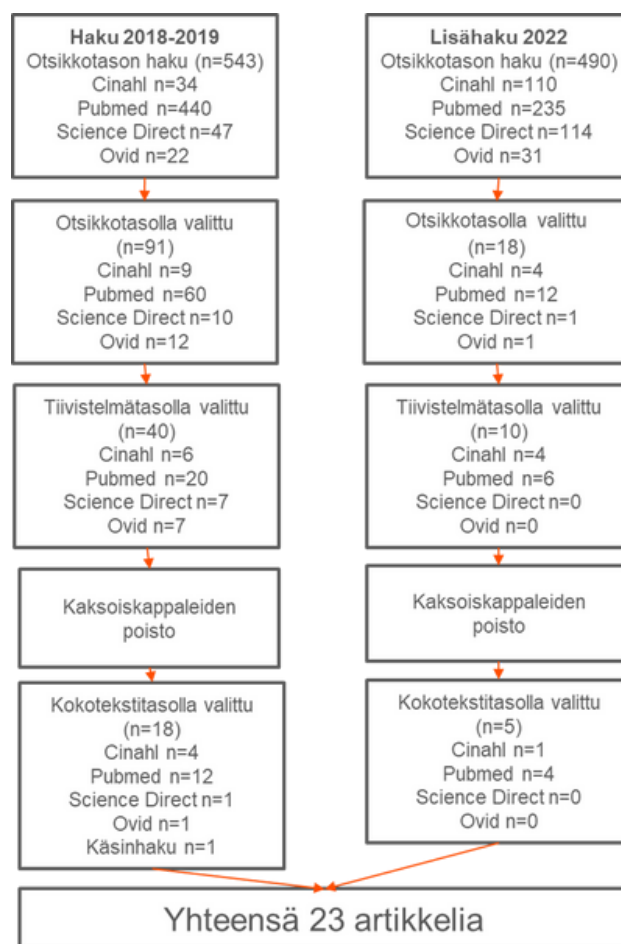
- Aineisto vastaa tutkimuskysymykseen
- Aineiston julkaisukieli suomi tai englanti
- Aineiston tulee olla tutkimusartikkeli, väitöskirja, artikkeli vertaisarvioidussa lehdessä
- Aineisto tulee olla saatavilla Full text muodossa
- Julkaisun lähdeluettelon tulee olla saatavilla

Poissulkukriteerit

- Aineisto ei vastaa tutkimuskysymykseen
- 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 työkulkua oli hyvin rajoitetusti. Julkaisut luettiin otsikkotasolla ja niistä rajattiin pois ne, jotka eivät täyttäneet asetettuja kriteereitä. Otsikoiden luvun jälkeen julkaisuja oli jäljellä yhteensä 91. Otsikkotasolla hyväksytyistä julkaisuista luettiin tiivistelmät ja poistettiin kaksoiskappaleet. Kokotekstitasolla luettiin 40 julkaisua kirjallisuushaulla asetetut rajaukset ja tutkimuskysymykset huomioiden. Lopulta julkaisuista valikoitui käytettäväksi 18 artikkelia, joista yksi löytyi luettujen julkaisujen lähdevitteistä.

Lisähaaku 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 kaksoiskappaleet. Kokotekstitasolla luettiin kuusi julkaisua, joista käytettäväksi valittiin viisi aiemman 18 lisäksi. Yhteensä katsaukseen käytettäväksi valikoitui 23 julkaisua. (Kuvio 1.)



Kuvio 1. Scoping-katsauksen eteneminen.

Aineiston analysointi

Scoping katsauksen avulla valitut julkaisut luettiin uudelleen tarkkaan läpi ja analysoitiin sisällönerittelyllä. Julkaisuista nousseet tutkimusongelmia koskevat ilmaisut kirjattiin luetteloksi kunkin tutkimusongelman alle. Aineiston ilmaisut redusoidtiin. Tämän jälkeen aineisto luokiteltiin niin, että saman teeman alle kuuluvat aiheet yhdistettiin alaluokiksi ja pääluokiksi. Sama toistettiin kaikkien tutkimusongelmien kohdalla. Kerätty aineisto kvantifioitiin tulosten esittämisen tueksi aiheen esiintyvyyden arviointiin. (Tuomi & Sarajärvi 2018.)

TULOKSET

Scoping katsauksen avulla katsaukseen valikoitui 23 julkaisua. Niistä 14 oli tehty Yhdysvalloissa, kaksi Intiassa ja yksi 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. (Taulukko 1)

Taulukko1. Katsaukseen valitut tutkimukset.

Artikkelinumero, kirjoittaja ja vuosiluku	Maa	Julkaisutyyppe	Ketä tutkitti ja missä	Tutkimuksen päätulokset
1. Henrichs & Walsh 2011	Yhdysvallat	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 leikkauksen alkamista ja komplikaatioiden arvioinnin. Magneettilaitteen läheisyydessä on huomioitava staattiseen magneettikenttään 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	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) aivokasvain potilaille. 3T laite toimii kattokiskoilla ja on siirrettävissä kahden leikkauksalin välillä. WHSC:ssä päätettiin luoda ohjesäannot potilaan ja henkilökunnan turvallisuuden takaamiseksi. Valmistavaan koulutukseen sisältyi: koulutusta magneettilaitteenvalmistajalta, magneettiturvallisuusvideo, magneettisykkön toiminnankuvaus, ympäristön ja henkilökunnan tarkistus magneettiturvallisuutta koskien, tutustuminen magneettisykköön, useita simulaatioita koko toimenpiteestä ja erikseen sydämenpysähdysten osalta. Käyttöön otetut tarkistuslistat: preoperatiivinen, ennen potilaan peittelyä ja ennen magneettiputken siirtoa leikkauksalilla. Leikkauksalivälineistö lasketaan ennen magneettilaitteen 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 ym. 2020	Intia	Julkaistu Neurology India julkaisussa. Vertaisarvioitu julkaisu. Prospektiivinen havainnollistava tutkimus.	100 ICSOL (intra-cranial space occupying lesion) leikkauksen yhteydessä magneettikuvauksessa käynyt potilasta.	Kyseessä on havainnointi tutkimus, joka suoritettiin 8/2017 - 7/2018 Intian ensimmäisellä 3T intraoperatiivisella magneettilaitteella. Yashodan sairaalassa magneettilaitte sijaitsee leikkauksalin yhteydessä, viereisessä huoneessa. Julkaisussa esiteltiin hyötyjä ja riskejä leikkaukselle magneettitutkimusta apuna käytettäessä. Tutkimuksessa tutkittiin sataa ensimmäistä ICSOL leikkauksen aikana magneettikuvauksessa käynyt potilasta. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen avulla päästiin parempiin leikkauksituloksiin: resektio oli riittävä 44%:lla kuvatuista potilaista ja 56%:lla potilaista leikkauksia jatkettiin, ja heistä 37/56 potilaan kohdalla päästiin haluttuun lopputulokseen. 19 potilaan leikkauksia ei jatkettu johtuen tuumorin sijainnista. Kolmella potilaista oli kuvauksen tai kontaktin aiheuttamia palovammoja, yhden potilaan kohdalla oli ongelma valvontalaitteiston kanssa ja 18 potilaan kohdalla oli pieniä teknisiä ongelmia esim. kuvauksipyödyän kanssa. 2% potilaista oli postoperatiivinen infektio, mikä vastaa normaaleja leikkauksia. Leikkauksaika piteni magneettikuvauksesta johtuen.
4. Childs & Bruch 2015	Yhdysvallat	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 potilaille että leikkauksalitiimille. Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen hyödyt voidaan saavuttaa moniteisillä, 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	Julkaistu AORN Journal (Association of periOperative Registered Nurses) -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Massachusetts General Hospitalissa (MGH) Bostonissa suunniteltiin ja toteutettiin kahden leikkauksalilla ja kiskoilla liikuvan 3T MRI-laitteen kokonaisuus. Sairaalassa perustettiin moniammatillinen ohjausryhmä suunnittelemaan prosessia ja työnkulkua. Lisäksi perustettiin erillinen magneetin työnkulkua suunnitteleva työryhmä, jonka tehtävänä oli edistää potilaan ja henkilökunnan turvallisuutta magneettiympäristössä. Lopputuotoksena ohjausryhmä tuotti useita tarkistuslistoja työnkulun eri vaiheisiin, koulutusta, kaksi uutta työroolia (mm. yksi leikkauksaliohittajista työskenteli MRI-turvallisuus hoitajana) sekä selkeät roolin kuvaukset ja työnajat henkilökunnalle.
6. Laochamroonvorapongse ym. 2021	Yhdysvallat	Julkaistu Anesthesiology Clinics -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Intraoperatiivinen magneettisykkö voidaan toteuttaa joko liikuteltavan magneettikuvauksen avulla tai siirtämällä potilas läheiseen kuvahuoneeseen. Tutkimusten mukaan iMRI pidentää merkittävästi toimenpiteen kestoa, mutta sitä ei ole yhdistetty leikkauks- tai anestesiakomplikaatioihin. Leikkauksen yhteydessä tehtävään magneettitutkimukseen liittyy haasteita potilaan monitoroinnin osalta. Oregon Health and Science University -sairaalasta suosittelevat tarkistuslistojen käyttöönottoa, tarkan protokollan luomista moniammatillisessa yhteistyössä ja tarkistuslistojen käyttöä.
7. Schroeck H. ym. 2019	Yhdysvallat	Julkaistu Journal of Clinical Anesthesia lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Systemaattinen kirjallisuuskatsaus.	Kirjallisuuskatsaus	Intraoperatiivisissa magneettitutkimuksiin liittyy haasteita anestesian osalta. Anestesiavälineistö täytyy olla luotettava magneettiympäristössä, koulutuksen täytyy olla ajantasaisista, potilaat täytyy seuloa ja hätätilanteisiin varautua. Korkeatasoiselle tutkimukselle anestesiasta intraoperatiivisissa magneettiympäristössä on tarve.
8. Cherkashin ym. 2016	Venäjä	Julkaistu korealaisessa Investigative Magnetic Resonance Imaging lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Pietarilaisen sairaalaan suunniteltiin vierekkäisissä huoneissa olevat leikkauksalilla ja magneettikuvahuone. Moniammatillinen magneetti- ja leikkauksalitiimien sekä yhteisten toimintaprotokollien suunnittelu ovat tärkeitä. Yksi suurimmista haasteista intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa on anestesia kuvahuoneeseen ja -huoneesta siirtymisen aikana. Dr. Berezin Medical Centerissä on käytössä muokatut WHO:n leikkauksalitarkistuslistat, joihin on lisätty ennen ja jälkeen magneettitutkimusta läpi käytävät osiot.

Taulukko 1. jatkuu

9. Berkow 2016	Yhdysvallat	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 leikkauksella 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 tiimityn harjoittelun avulla voidaan maksimoida potilaan ja henkilökunnan turvallisuus intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa.
10. Hiatt 2018	Yhdysvallat	Julkaistu AORN Journal (Association of periOperative Registered Nurses) -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Asiantuntija-artikkeli.		Salt Lake Cityssä on tehdään kahdessa sairaalassa intraoperatiivisia magneettitutkimuksia. Molemmissa sairaaloissa magneettiputki liikutetaan leikkauksella kattokiskoilta. 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	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 alemmaa enemmän tietoa hybridileikkauksista, myös MRI-hybridisaleista. Avainasioita hybridileikkauksista ovat moniammatillisen työryhmän käyttö tilojen ja toiminnan suunnittelussa, potilaalla tulisi olla nimetty leikkauksella hoitaja ja terveydenhuollontoiimijoiden tulisi huomioida intraoperatiiviseen magneettiin liittyvät riskit.
12. Abernethy ym. 2012	Iso-Britannia	Julkaistu Pediatric Radiology -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Alder Hey Children's hospitalissa on Philipsin 3T magneettilaitte leikkauksella viereisessä huoneessa. Jotta laite olisi taloudellisesti kannattava, käytetään sitä myös muihin kuvauksiin kun leikkaus ei ole käynnissä. Leikkauksella 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.
13. Kettenbach ym. 2006	Itävalta, Yhdysvallat	Julkaistu Minimally Invasive therapy & allied technologies -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Raportti 2000-luvun puolivälin tilanteesta kokemuksen, magneettiturvallisuusprotokollien ja kirjallisuuden osalta, koskien MRI-ohjattuja toimenpiteitä. Julkaisussa kuvataan tilasuunnittelun ja laitteen välinnan ja kulunvalvonnarajoitusten merkitystä turvallisen toiminnan muodostamiseen. Magneettiturvallisuus muodostuu käytäntöjen kautta ja tähän kuuluu: henkilökunnan koulutus, potilaiden kontraindikaatioidenseulonta, potilaan asettelu tutkimukseen, käytetty magneettikenttä, 5 Gaussin rajojen huomiointi, hätätilanteisiin koulutautuminen, kuolon suojaaminen, magneettikentän vaikutusten huomiointi kehon lämpenemisen osalta, magneettikentän vaikutus työntekijöihin, MRI-yhteensopivuudesta ja anestesiahaasteet magneetissa. Lisäksi magneettiturvallisuutta on saatu lisäyksiä teknologian, kuten MRI-yhteensopivien instrumenttien ja kirurgisten laitteiden sekä MRI-sekvenssien kehittyminen kautta. Kirjoittajilla on kollektiivisesti paljon hyviä kokemuksia turvallisen intraoperatiivisen 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.
14. Gandhe & Bhawe 2018	Intia	Julkaistu Indian Journal of Anaesthesia -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.	Kirjallisuuskatsaus	Intraoperatiivinen magneettitutkimus on haaste anestesiälääkäreille. 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 anestesiälaitteiden toimintaan. Kunnollinen preoperatiivinen suunnittelu, henkilökunnan kouluttaminen, tehokas kommunikaatio, tiimityö ja pitävyyden tiukasti tarkistuslistoissa auttavat saavuttamaan potilas- ja henkilökuntaturvallisen lopputuloksen.
15. Jankovski ym. 2008	Belgia	Julkaistu Neurosurgery -lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Cliniques Universitaires St-Luc -sairaalassa otettiin käyttöön erilliset 3T magneettikuvahuone ja leikkauksella, josta on kulku magneettikuvahuoneen ovelle sähköistetyllä leikkauksella (lattiakiskot). Julkaisussa kuvataan kokemuksia ensimmäisen 21 leikkauksen osalta, joissa käytettiin magneettitutkimusta intraoperatiivisesti. Tilasuunnittelussa on huomioitu erityisesti hygienia ja ilmanvaihto, kokonaisuuden sijoittelu nykyisiin tiloihin, sulkuilut, 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 leikkauksella osittain suljettu ja yhdellä kokonaan.
16. Henrichs & Walsh 2014	Yhdysvallat	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.

Taulukko 1. jatkuu

17. Johnston ym. 2009	Yhdysvallat	Julkaistu Neurosurgery Clinics of North America - lehdessä. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Intraoperatiivisella magneettitutkimuksella on potentiaalia olla neurokirurgin apuna leikkauksessa. Magneettikentän aiheuttama potentiaalinen vaara on huomioitava toiminnassa. The American College of Radiology:n ohjeiden tiukkaa noudattamista tulee jatkaa myös leikkaussalinympäristössä.
18. Jagadeesan 2020	Yhdysvallat	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 täytäntönpönnössä. Turvallisuusuhkat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa voidaan jakaa kahteen osioon: Turvallisuusuhkot, jotka liittyvät kaikkiin magneettitutkimuksiin (a) ja turvallisuusuhkot, jotka liittyvät yksinomaan intraoperatiiviseen magneettiympäristöön (b).
19. Rama ym. 2019	Yhdysvallat	Pediatric Quality and Safety. Vertaisarvioitu julkaisu. Turvallisuusraportti.	Juurisyyanalyysi läheistä piti-tilanteesta.	Lucile Packard Children's hospital Stanfordinissa sattui läheistä piti-tilanne lapsen intraoperatiivisessa magneettitutkimuksessa, kun lapselle oli laitettu ei magneettiyhteensopiva kalloteline. Tilanteesta vältyttiin vahingoilta, mutta tämän jälkeen päätettiin tehdä juurisyyanalyysi moniammatillisella kokouksella. Juurisyyanalyysin pohjalta päätettiin järjestämään yksikössä simulaatio, joka sijoitui todelliseen ympäristöön. Kun simulaation jälkeen arvioitiin toimintaa, päätettiin lisäään koulutusta, toinen time out ennen magneettikuvaushuoneeseen siirtymistä ja selvittämään työnjakoa elvytys-/hätätilanteissa.
20. Tan & Goh 2009	Singapore	Singapore Medical Journal. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Singapore General hospitalissa suunniteltiin vuonna 2006 intraoperatiivista magneettiyksikköä. Anestesia-ääkärin olivat mukana suunnittelemassa yksikköä ja julkaisussa kuvataan haasteita, joita magneettikenttä aiheuttaa anestesiaille. Singaporeen valittiin BrainSUITE -systeemi ja tämän sekä tehtyjen tilaratkaisuiden pohjalta valittiin käytettävä anestesiavälineistö. Laitetoimittaja koulutti henkilökuntaa luennolla ja viemällä heitä toiseen yksikköön tutustumaan.
21. Azmi ym. 2019	Yhdysvallat	Surgical Neurology International. Vertaisarvioitu julkaisu. Katsausartikkeli.		Julkaisussa kuvataan yhden sairaalan ratkaisu, jossa toteutettiin intraoperatiivisen magneettiyksikön rakentaminen jo olemassa oleviin tiloihin. Julkaisussa kuvataan tilaratkaisuja, turvallisuusvyöhykkeiden toteutusta, ilmanvaihtoa, välineiden ja laitteiden valintaa ja toiminnan suunnittelua.
22. Stienen ym. 2018	Sveitsi	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 steriiliä peittelyn jälkeen sekä ennen ja jälkeen siirtoa tapahtuvaa peittelyä.
23. Hushek ym. 2005	Yhdysvallat	Academic Radiology. Vertaisarvioitu julkaisu. Kartoittava katsaus.		Kirjoittajat esittelivät tiivistelmän The American College of Radiology:n magneettiturvallisuusohjeistuksesta (White paper), jossa he korostivat interventiota koskevia ohjeistuksia. He esittävät MRI-interventioihin soveltuvaa kattavaa toimintatapaa.

Magneettikuvaus ja -tilat pääluokan alle muodostui kolme luokkaa: siivous, väline-testaus ja aikataulutus. Joissakin sairaaloissa harjoitetaan itse väline-testausta (Hushek ym. 2005; Johnston ym. 2009), jonka avulla voidaan selvittää, mitä välineitä ja laitteita voidaan käyttää magneettikuvaushuoneessa tai hybridisalissa. Muutamassa julkaisussa mainittiin siivous turvallisuutta lisäävänä tekijänä. Se tehtiin ennen tai jälkeen potilaan tuloa kuvaushuoneeseen joko desinfiointisiivouksena tai tavanomaisena siivouksena. (Abernethy ym. 2012; Childs & Bruch 2015; Jagadeesan 2020; Multani ym. 2020.) Aikataulutuksen osalta normaalista magneettikuvauksesta poikkeavana mainittiin se, että hoitaja keskeyttää normaalit kuvaukset puolen tunnin varoajalla ja järjestää kuvaushuoneen siivouksen (Porteous 2014; Multani ym. 2020). Lisäksi magneettikuvaus osalta mainittiin että kuvauksessa ja leikkauksen aikana käytettävät apuvälineet aiheuttavat herkästi artefakteja magneettikuvuihin. (Taulukot 1 ja 3)

Potilaan hoidon osalta mainittiin normaalista magneettikuvauksesta poikkeavana vain yksittäisiä asioita, kuten potilaan ruumiin lämpötilan pitäminen riittävän lämpimänä. Potilaan ruumiin lämpötilaa on hankala hallita, kun anestesia kestää pidempään, etenkin kun useat apuvälineet eivät ole magneettiyhteensopivia. Näin ollen yhdessä julkaisussa kerrottiin, että potilas peitellään useilla lämpimillä villtikkeroksilla. (Taulukot 1 ja 3)

Taulukko 2. Huomioon otettavat turvallisuuteen liittyvät asiat intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

PÄÄLUOKAT/YLÄLUOKAT/Alaluokat/artikkelinumero taulukossa 1	Tutkimusten määrä joissa mainittu
POTILAAN VALMISTELU JA ANESTESIA	
KONTRAINDIKAATIOT	
Implantit ja muut kontraindikaatiot. (1-5, 8, 11,12, 16, 18-20)	12
Potilaan esitietojen ja kontraindikaatioiden selvittäminen. (2, 4-6, 9-11, 13, 14, 16-18, 20-22)	15
POTILAAN VALMISTELU TOIMENPITEESEEN	
Kuulon suojaaminen (1,2, 4,6,9,10,12,13, 16-20, 22, 23)	15
Nesteestä johtuvien palovammariskien ehkäisy (10, 22)	2
Silmukoiden aiheuttamien palovammariskien ehkäisy (1-4, 6, 9,10, 13-20, 22,23)	17
Leikkausalueen steriilinä pysyminen (6,10,12,15)	4
Makuuhaavoilta suojaaminen (4,6,12-14)	5
Mahtuminen kuvauslaitteeseen (3,6,10,12,22)	5
ANESTESIA	
MRI-yhteensopiva anestesiavälineistö (1,3,6,7,9,12-16,18,20-22)	14
Näkyvyys potilaaseen (9,10, 12-14)	5
Letkujen pidennykset (6,7,9,18,20)	5
MRI-yhteensopiva lämmön mittaus (10, 12,16)	3
Hengityspotken kiinnitys (6,7,9,12,14,16,18)	7
Anestesian keston pidentyminen (6,7,9,12,15,20,22)	7
TILOJEN JA TOIMINNAN SUUNNITTELU	
VÄLINEET	
MRI-yhteensopiva anestesiavälineistö (1,3,6,7,9,12-16,18,20-22)	14
MRI-yhteensopiva leikkausvälineistö (16,18,20)	3
Välineistö yhteensopivuusmerkitty (2,6,8,13,14,17,18,21-23)	10
MRI-yhteensopivat päätapit (3,6,9,10,12,14,15,18,22)	9
MRI-yhteensopiva tutkimuspöytälevy (3,6,8,15)	4
Laitteiden kiinnitys hybridisälissa (5,18)	2
TOIMINTA	
Henkilökunnan turvallisuusseulonta	11
Vaara välineistön päätyemisestä MRI-laitteeseen	13
Moniammatillisten toimintaprotokollien luominen	4
Rajattu pääsy kuvaushuoneeseen	12
HÄTÄTILANTEET	
Elvytysvälineistö ei heti saatavilla (7,13,18,20,23)	5
Heliumin vapautuminen hätätilanteissa (4,13)	2
TILASUUNNITTELU	
Magneettitilat jaettu vyöhykkeisiin (2,4-6, 9-11,13,14,17,18,21-23)	14
50 ja 5 Gaussin linjat merkitty lattiaan (2,4-6,8,10,11,13,16,18,20,21)	12
Moniammatillinen tilasuunnittelu (8,11,13,15,18)	5
Siivous (3,12)	2
Leikkaussalia vastaava ilmastointi (7,15,21)	3
HENKILÖKUNNAN TOIMINTA	
KOMMUNIKAATIO	
Nimetty turvallisuudesta vastaava henkilö (6-8,23)	4
Kommunikointi ja moniammatillinen yhteistyö (3,5,9,15,18)	5
HENKILÖKUNTA KUVAUSHUONEESSA	
Henkilökunnan pukeutuminen erikseen ohjeistettu (12-14,18,20)	5
Henkilökunnan kuulon suojaaminen (2,4,6,9,12-14,16,18,20,23)	11
Korujen poistaminen henkilökunnalta (5,16,18)	3
Vain minimi liikkuminen kuvaushuoneessa (4,18)	2
KOULUTUS	
Selvät ohjesäännöt (2,4-8,10,12,22)	9
Koulutus toimienpiteeseen (2,4-11,13,15,18)	12

Taulukko 3. Normaalisti magneettitutkimuksesta poikkeavat huomiot intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa

PÄÄLUOKAT/YLÄLUOKAT/Alaluokat/artikkelinumero taulukossa 1	Tutkimusten määrä joissa mainittu
LEIKKAUSSALIN HENKILÖKUNTAAN LIITTYVÄT TEKIJÄT	
Ei-toivotun materiaalin kulkeutuminen MRI-laitteeseen (1,5,11,16,18)	5
Tiimin koulutus (2,5,6,8-10,13,17)	8
Simulaatiot (2-7,9,11,14,18-20)	12
Pätevyyden arviointi (5,13)	2
LEIKKAUSSALIN VÄLINEISTÖ JA TILAT	
Välineistön laskeminen MRI-tutkimusta ennen ja sen jälkeen (1,2,4-7,10,12,18)	9
Välineistö yhteensopivuusmerkitty (2,6,8,13,14,17,18,21-23)	10
Moniammatillinen tilasuunnittelu (8,11,13,15,18)	5
MAGNEETTILUVAUS- JA TILAT	
Siivous (3,4,12,18)	4
Välinetestaus (17,23)	2
Aikataulukutus (3,4)	2
POTILAAN HOITO INTRAOPERATIIVISSA MAGNEETTITUTKIMUKSISSA	useissa tutkimuksissa yksittäisiä asioita

POHDINTA

Intraoperatiivisen magneettitutkimuksen turvallisuus Scoping katsauksen mukaan potilaan kannalta turvallisen toiminnan toteutuminen riippuu pitkälti magneettitutkimusta edeltävästä toiminnasta. Tilasuunnittelusta ja laite- sekä välinehankinnoista lähtien ennakoitiin on tärkeää. Henkilökunnan koulutus nousi esiin lähes jokaisessa julkaisussa ja moniammatillisen tiimin yhteiset toimintaohjeet mainittiin usein. Myöskin potilaan haastattelut ja esitietolomakkeet ennen magneettitutkimusta nousivat esiin. Kontraindikaatioiden selvittäminen kuuluu usein röntgenhoitajan tehtäviin. (Työterveyslaitos 2015; Kanal ym. 2013; Henrichs & Walsh 2011; Childs & Bruch 2015; Stienen ym. 2018) 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) Suurin osa (17/23) julkaisuista oli vähintään osittain kirjoitettu Yhdysvalloissa tai Kanadassa, joten kerätty tieto on voinut vääristyä Pohjois-Amerikassa kirjoitettujen julkaisuiden määrän vuoksi.

Ensimmäiset intraoperatiiviset magneettikuvaukset tehtiin jo 1980 ja 1990-luvun taitteessa matalakenttä-laitteilla Yhdysvalloissa, ja kehitys on johtanut siihen, että kuvauksia tehdään nyt 1,5-3 Teslan korkeakenttä-laitteilla (Childs & Bruch 2015; Gandhe & Bhave 2018; Kent & Jensen 2014). Magneettikenttä aiheuttaa haasteensa myös potilaan anestesiaalle ja leikkaukseen liittyvälle välineistölle sekä aiheuttaa oman haasteensa potilaan asetteluun palovammojen estämiseksi (Huurto & Toivo 2000; Stienen ym. 2018; Jankovski ym. 2008; Gandhe & Bhave 2018; Henrichs & Walsh 2011). Potilaan ja henkilökunnan turvallisuuden varmistamiseksi oli useimmiten mainittu tarkistuslistat, joita käytettiin seuraamaan turvallisuuden toteutumista magneettitutkimuksissa. Tarkistuslistoja käytettiin ennen leikkausta, ennen peittelyä ja ennen magneettitutkimusta sekä henkilökunnan kontraindikaatioiden selvittelyyn. (Työterveyslaitos 2015; Kanal ym. 2013; Gandhe & Bhave 2018; Hemingway & Kilfoyle 2013; Porteous 2014; Stienen ym. 2018). 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; WHO 2009; Cherkashin ym 2016 b).

Röntgenhoitajan rooli magneettitutkimuksissa on usein turvallisuuden varmistaminen (Coperthwaite & Fearon 2017; Hemingway & Kilfoyle 2013). Intraoperatiivisissa magneettitutkimuksissa julkaisuiden ja verkkokysely-lomakkeiden mukaan röntgenhoitaja toimi usein niin sanottuna portinvartijana leikkaussalista magneettitutkimukseen siirryttäessä. Röntgenhoitajan työnkuva ja koulutus voi kansainvälisesti vertailluna vaihdella maiden kesken. Tämä asettaa omat haasteensa niin intraoperaatiiviselle magneettitoiminnalle kuin röntgenhoitajakoulutuksellekin. Vaikka tässä toiminnassa on mukana harvalukuinen määrä röntgenhoitajia, kaikilla röntgenhoitajilla tulisi olla ainakin käsitys siitä mitä intraoperatiivinen magneettitoiminta tarkoittaa ja millaisia reunaehtoja sillä on erityisesti turvallisuuden näkökulmasta.

Luotettavuus

Artikkelin ensimmäinen kirjoittaja suoritti hakuprosessin itse sen sijaan, että olisi antanut sen informaattikon tehtäväksi. Kirjoittajan suorittamaan hakuun päädyttiin, koska tutkittava ilmiö koskee pientä erikoisalaa, joka saattaa olla melko tuntematon kokeneellekin informaattikolle. Tällöin relevanttien hakujen suorittaminen voi olla hankalaa asiasisältöä tuntemattomalle.

Toisaalta informaattikolla on hallussaan paras tietämys olemassa olevista uusimmista hakustrategioista ja eri tietokantojen käyttämistä hakusanoista. Tässä kirjallisuuskatsauksessa näiden kahden näkökulman välillä tasapainoitiin konsultoimalla tarvittaessa informaattikkoa ja keskustelemalla hauista artikkelin toisen kirjoittajan kanssa, joka on hyvin kokenut alan kirjallisuushauissa. Scoping katsauksissa ei metodin puolesta ole välttämätöntä tarkastella katsaukseen valittujen artikkeleiden laatua eikä sitä tässä katsauksessa tehty. Suurin osa katsaukseen löydetyistä ja valituista artikkeleista oli muita kuin varsinaisia tutkimusartikkeleita mm. erilaisia asiantuntija-artikkeleita ja epäsystemaattisia katsauksia, joiden laadunarviointi ei välttämättä olisi ollut relevanttia (Arksey & O'Malley 2007).

JOHTOPÄÄTÖKSET

Leikkaussalista magneettitutkimukseen siirtyvä potilas muodostaa omat haasteensa potilaan valmistelun ja anestesian, tilojen ja toimintojen suunnittelun osalta sekä henkilökunnan toiminnan osalta. 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. Katsauksen tulokset ovat tulevaisuudessa sovellettavissa intraoperatiivisten magneettitoimintaympäristöjen suunnittelussa, ja potilaille turvallisemman työnkulun suunnittelussa intraoperatiivisiin magneettitutkimuksiin.

Lähteet

- Abernethy L, Avula S, Hughes GM, Wright EJ, Malucci C. 2012. Intra-operative 3T MRI for paediatric brain tumours: challenges and perspectives. *Pediatric Radiology* 42(2), 147-157.
- Arksey H, O'Malley L. 2007. Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology* 8(1), 19-32.
- Azmi H, Gibbons M, DeVito MC, Schlesinger M, Kreitner J, Freguletti T, Banovic J, Ferrell D, Horton M, Pierce S, Roth P. 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 LC. 2016. Anesthetic management and human factors in the intraoperative MRI environment. *Current Opinion Anesthesiology* 29(5), 563-567.

- Cherkashin M, Berezina N, Serov A, Fedorov A, Andreev G, Kuplavatsky V. 2016a.* Safety management for MR-guided interventions. *Investigative Magnetic Resonance Imaging* 20, 152-157
- Cherkashin M, Berezina N, Kuplevatsky V. 2016b.* Modified WHO surgical safety check- lists for MRI-related safety in hybrid operating room. Poster C-0014. ECR, <https://epos.myesr.org/poster/esr/ecr2016/C-0014/Findings%20and%20procedure%20details> (4.7.2023).
- Childs S, Bruch P. 2015.* Successful management of risk in the hybrid OR. *AORN Journal* 101(2), 223-237.
- Cowperthwaite L, Fearon MC. 2017.* Guideline implementation: Minimally invasive surgery, part 2 – Hybrid ORs. *AORN Journal* 106(2), 145-153.
- Gandhe RU, Bhavne CP. 2018.* Intraoperative magnetic resonance imaging for neurosurgery - An anaesthetologist's challenge. *Indian Journal of Anaesthesia* 62(6), 411-417.
- Hemingway M, Kilfoyle M. 2013.* Safety planning for intraoperative magnetic resonance imaging. *AORN Journal* 98(5), 508-524.
- Henrichs B, Walsh RP. 2011.* Intraoperative magnetic resonance imaging for neurosurgical procedures: Anesthetic implications. Update for nurse anesthetists. *AANA Journal* 79(1), 71-77.
- Henrichs B, Walsh RP. 2014.* Intraoperative MRI for neurosurgical and general surgical interventions. *Current Opinion in Anesthesiology* 27(4), 448-252.
- Hiatt C. 2018.* Care of the patient undergoing a neurosurgical procedure in an intraoperative magnetic resonance imaging suite. *AORN Journal* 108(2), 141-146.
- Huurto L, Toivo T. 2000.* Terveysturvallisuuden laadunhallinta. Magneettitutkimukset ja niiden turvallisuus. Lääkelaitoksen julkaisusarja 1/2000. Helsinki: Lääkelaitos.
- Hushek SG, Russell L, Moser RF, Hoerter NM, Moriarty TM, Shields CB. 2005.* Safety Protocols for Interventional MRI. *Academic Radiology* 12, 1143-1148.
- Jagadeesan BD. 2020.* MR imaging safety in the interventional environment. *Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America* 28, 583-591.
- Ikonen TS, Paunio S-L. 2010.* Leikkaustiimin tarkistuslista. *Finnanest* 43(2), 108-111.
- Jankovski A, Francotte F, Vaz G, Fomekong E, Duprez T, Van Boven M, Docquier M-A, Hermoye L, Cosnard G, Raftopoulos C. 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 T, Moser R, Moeller K, Moriarty T M. 2009.* Intraoperative MRI: Safety. *Neurosurgery Clinics of North America* 20, 147-153.
- Kaikki syövästä/syövän toteaminen ja tutkimukset. 2023.* Syöpäjärjestöt. [Syövän toteaminen ja tutkimukset - Kaikki syövästä \(kaikkisyovasta.fi\)](https://www.syovasta.fi) (4.7.2023).
- Kanal E, Barkovich AJ, Bell C, Borgstede JP, Bradley Jr WG, Froelich JW, Gimbel R, Gosbee JW, Kuhni-Kaminski E, Larson PA, Lester Jr JW, Nyenhuis J, Schaefer DJ, Sebek EA, Weinreb J, Wilkoff BL, Woods TO, Lucey L, Hernandez D. 2013.* ACR guidance document on MR safe practices: 2013. *Journal of Magnetic Resonance Imaging* 37, 501-530.
- Kent T, Jensen R. 2014.* Intraoperative magnetic resonance imaging in neurosurgery: Part 1 – A review of history, use and outcomes. *Contemporary Neurosurgery* 36(23), 1-8.
- Kettenbach J, Kacher DF, Kanan AR, Rostenberg B, Fairhurst J, Stadler A, Kienreich K, Jolesz FA. 2006.* Intraoperative and interventional MRI: Recommendations for a safe environment. *Minimally Invasive Therapy* 15(2), 53-64.
- Laochamroonvorapongse D, Theard MA, Yahanda AT, Chicoine MR. 2021.* Intraoperative MRI for adult and pediatric neurosurgery. *Anesthesiology Clin* 39, 211-225.
- Multani KM, Balasubramaniam A, Rajesh BJ, Kumar MS, Manohara N, Kumar A. 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 J. 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*
- Senfit C, Bink A, Franz K, Vatter H, Casser T, Seifert V. 2011.* Intraoperative MRI guidance and extent of resection in glioma surgery: a randomized controlled trial. *Lancet Oncology* 12(11), 997-1003.
- Sorppanen, Sanna 2006.* Kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohde. Käsiteanalyttinen tutkimus kliinisen radiografiatieteen tutkimuskohdetta määrittävistä käsitteistä ja käsitteiden välisistä yhteyksistä. Väitöskirja. Oulu: Oulun yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Hoitotieteenlaitos.
- Stienen MN, Fierstra J, Pangalu A, Regli L, Bozinov O. 2018.* The Zurich checklist for safety in the intraoperative magnetic resonance imaging suite: Technical note. *Operative Neurosurgery* 0(0), 1-10.
- Tuomi J, Sarajärvi A. 2018.* Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi 2018.
- Työterveyslaitos. 2015.* Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimintatavat magneettikuvaustyössä. Helsinki: Työterveyslaitos. [a3c09111-aaa0-4d95-b473-93aa0a524d2b \(tsr.fi\)](https://www.tyoterveyslaitos.fi/a3c09111-aaa0-4d95-b473-93aa0a524d2b) (4.7.2023).
- Whitlock J. 2018.* Overview of the perioperative phases of surgery. <https://www.verywellhealth.com/perioperative-defined-3157137> (4.7.2023).
- WHO. 2009.* Surgical safety checklist. <https://www.who.int/patient-safety/safesurgery/checklist/en/> (4.7.2023).