



Liisa Sillvan

Raskaudenaikaisen magneettiku- vauksen vaikutukset sikiöön ja var- haislapsuuteen

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja (AMK)

Radiografian ja sädehoidon tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

12.4.2023

| | |
|--|---|
| Tekijä | Liisa Sillvan |
| Otsikko | Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutukset sikiöön ja varhaislapsuuteen |
| Sivumäärä | 29 sivua + 1 liite |
| Aika | 12.4.2023 |
| Tutkinto | Röntgenhoitaja AMK |
| Tutkinto-ohjelma | Radiografia ja sädehoito |
| Ohjaajat | Lehtori Ulla Nikupaavo Lehtori Heli Patanen |
| <p>Magneettikuvaus on raskaana olevan potilaan ensisijainen kuvantamismenetelmä ultraäänitutkimuksen ohella. Magneettikuvauksessa ei käytetä ionisoivaa säteilyä, jolloin sikiö ei altistu säteilyn käytön riskeille. Magneettikuvauksia tehdään raskaana oleville potilaille esimerkiksi akuutin vatsakivun, neurologisten syiden sekä syövän ja kasvainten selvittelyn vuoksi. Myös sikiön magneettikuvauksia tehdään esimerkiksi rakenteellisten poikkeavuuksien tai kasvainten toteamiseksi. Epätietoisuus magneettikuvauksen vaikutuksista sikiölle saattaa aiheuttaa magneettikuvauksen välttämistä raskaana olevilla potilailla, varsinkin ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana. Nykytiedon mukaan magneettikuvaus voidaan kuitenkin suorittaa missä raskauden vaiheessa tahansa.</p> <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuvailevan kirjallisuuskatsauksen muodossa magneettikuvauksen vaikutuksia sikiöön ja varhaislapsuuteen. Kirjallisuuskatsauksen aineistona käytin kahdeksaa vertaisarvioitua tutkimusartikkelia vuosilta 2010–2023. Suoritin haun kolmeen sosiaali- ja terveysalan tietokantaan ja täydensin hakua manuaalisella haulla mukaanotto- ja poissulkukriteerien mukaisesti. Käytin aineiston analysointimenetelmänä induktiivista sisällönanalyysiä. Röntgenhoitajat, röntgenhoitajaopiskelijat ja muut aiheesta kiinnostuneet voivat kirjallisuuskatsauksen avulla lisätä tietämystään raskaana olevan potilaan magneettikuvauksen turvallisuudesta ja kuvauskäytännöistä.</p> <p>Kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella raskaudenaikainen magneettikuvaus on turvallinen kuvantamismenetelmä sikiön kannalta, eikä siitä aiheudu pitkän aikavälin haittavaikutuksia sikiölle tai varhaislapsuuteen. Tutkimuksissa tarkasteltiin raskaudenaikaisen magneettikuvauksen turvallisuutta sikiölle ja magneettikuvauksen vaikutuksia muun muassa lasten aisteihin, neurologiseen kehitykseen ja toiminnallisiin taitoihin. Myös raskauden aikana gadoliniumpohjaiselle tehosteaineelle altistumisen vaikutuksia tutkittiin ja tutkimusten perusteella gadoliniumin käyttöä ei suositella raskaana oleville potilaille sen sikiölle aiheuttamien riskien vuoksi.</p> | |
| Avainsanat | raskaus, magneettikuvaus, MRI, gadolinium, vaikutukset, sikiö, varhaislapsuus |

| | |
|--|---|
| Author | Liisa Sillvan |
| Title | The Effects of Magnetic Resonance Imaging During Pregnancy on the Fetus and Early Childhood |
| Number of Pages | 29 pages + 1 appendix |
| Date | 12 April 2023 |
| Degree | Bachelor of Health Care |
| Degree Programme | Radiography and Radiotherapy |
| Instructors | Ulla Nikupaavo, Senior Lecturer Heli Patanen, Senior Lecturer |
| <p>Magnetic resonance imaging is the primary scanning method for pregnant patients, along with ultrasound examination. Magnetic resonance imaging does not use ionizing radiation, thus protecting the fetus from the risks of using radiation. Magnetic resonance imaging is performed on pregnant patients, for example, to investigate acute abdominal pain and cancer or tumors and for neurological causes. Magnetic resonance imaging is also performed, for example, to detect structural abnormalities or tumors in the fetus. Uncertainty about the effects of MRI on the fetus may cause pregnant patients to avoid MRI, especially during the first trimester. However, according to current knowledge, magnetic resonance imaging can safely be performed at any stage of pregnancy.</p> <p>The purpose of this thesis was to find out the effects of magnetic resonance imaging on the fetus and early childhood in the form of a narrative literature review. I used eight peer reviewed studies from the years 2010–2023 as the material for the literature review. The search was performed in three social and health sector databases and the search was supplemented with a manual search in accordance with the inclusion and exclusion criteria. I used inductive content analysis as the data analysis method. Radiographers or students and others interested in the subject can use the literature review to increase their knowledge about the safety and imaging practices of magnetic resonance imaging of pregnant patients.</p> <p>Based on the results of this literature review, magnetic resonance imaging during pregnancy is a safe scanning method for the fetus, and it does not cause long-term adverse effects to the fetus or children at preschool age. The studies examined the safety of magnetic resonance imaging during pregnancy for the fetus and the effects of magnetic resonance imaging on children's senses, neurological development and functional skills. Also the effects of exposure to the gadolinium-based contrast agent during pregnancy were studied. The results showed that the use of gadolinium is not recommended for pregnant patients due to the risks it poses to the fetus.</p> | |
| Keywords | pregnancy, magnetic resonance imaging, MRI, gadolinium, effects, fetus, early childhood |

Sisällys

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Raskaudenaikainen magneettikuvaus | 2 |
| 2.1 | Indikaatioita magneettikuvaukselle raskauden aikana | 2 |
| 2.2 | Sikiön suojelu kuvantamistutkimuksissa | 3 |
| 2.3 | Kenttävoimakkuus kuvattaessa raskaana olevaa potilasta | 5 |
| 2.4 | Ominaisabsorptionopeus (SAR-arvo) kuvattaessa raskaana olevaa potilasta | 5 |
| 2.5 | Tehosteaineen käyttö raskauden aikana | 6 |
| 3 | Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset | 7 |
| 4 | Opinnäytetyön toteutus | 7 |
| 4.1 | Kuvaileva kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä | 7 |
| 4.2 | Aineistonkeruu ja kuvaus | 9 |
| 4.3 | Aineiston analyysi | 11 |
| 5 | Tulokset | 13 |
| 5.1 | Raskaudenaikaista magneettikuvausta käsittelevät tutkimukset | 13 |
| 5.2 | Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutukset sikiöön ja vastasyntyneeseen | 16 |
| 5.3 | Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen pitkäaikaisvaikutukset | 17 |
| 5.3.1 | Neurologinen kehitys | 17 |
| 5.3.2 | Toiminnalliset taidot | 18 |
| 5.3.3 | Aistit | 18 |
| 5.4 | Raskaudenaikaisen gadoliniumille altistumisen vaikutukset sikiöön | 19 |
| 6 | Pohdinta | 21 |
| 6.1 | Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset | 21 |
| 6.2 | Jatkotutkimusehdotukset | 21 |
| 6.3 | Eettisyys ja luotettavuus | 22 |
| 6.4 | Ammatillinen kehittyminen | 24 |
| | Lähteet | 25 |
| | Liitteet | |
| | Liite 1. Kirjallisuuskatsauksen alkuperäistutkimukset | |

1 Johdanto

Magneettikuvausta voidaan käyttää raskauden aikana sekä äidin, että sikiön kuvantamiseen. Yksi yleinen syy tehdä magneettikuvaus raskaana olevalle potilaalle on akuutti vatsa- tai lantiokipu. Raskauden aiheuttamien anatomisten ja fysiologisten muutosten vuoksi akuutin vatsakivun syyn selvittäminen voi olla hankalaa kliinisin menetelmin tai ultraäänitutkimuksen avulla. Kivun diagnosointi ja hoito on kuitenkin äidin ja sikiön hyvinvoinnin kannalta välttämätöntä. (Lantto 2019; Rinta-Kiikka & Nyberg & Laarne 2012: 787.)

Raskaudenaikaisten äidin tilaan liittyvien selvittelyiden ensisijaisena menetelmänä käytetään ultraäänitutkimusta. Kuitenkin esimerkiksi vatsan tai lantion alueen tutkimuksissa raskauden edetessä ultraäänitutkimuksen tarkkuus huononee ja sillä ei välttämättä saada riittävää selvyyttä äidin tai sikiön tilasta, jolloin magneettikuvausta voidaan käyttää jatkotutkimusmenetelmänä. (Lantto 2019.) Magneettikuvaus on hyvä raskaudenaikainen tutkimusmenetelmä myös sen vuoksi, että siinä ei käytetä ionisoivaa säteilyä. Ionisoiva säteily voi olla haitallista sikiölle ja vaikutukset ovat riippuvaisia annoksesta ja annosnopeudesta sekä raskauden vaiheesta. Ylimääräistä altistusta ionisoivalle säteilylle on vältettävä raskauden aikana. (Rinta-Kiikka ym. 2012: 783–784.)

Magneettikuvausta raskauden aikana käsittelevissä julkaisuissa esiin nostettuna huolenaiheena on ollut magneettikuvausten aiheuttamat riskit sikiölle. Riskeinä on pidetty mm. lämpörasitusta, meteliä ja sähkömagneettisen energian suoria kudosvaikutuksia sikiöön (Rinta-Kiikka ym. 2012: 786).

Opinnäytetyöni tarkoituksena on kuvailla raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutuksia sikiöön ja myöhemmin lapsuudessa. Opinnäytetyötäni voivat hyödyntää esimerkiksi röntgenhoitajaopiskelijat, tukeakseen ammatillista tietouttaan raskaana olevan potilaan kuvantamiskäytännöistä. Opinnäytetyöni voi tuoda myös lisätietoa röntgenhoitajille, joilla ei ole kokemusta raskaana olevan potilaan magneettikuvauksista. Röntgenhoitajan tulee olla tietoinen raskaana olevan potilaan kuvauksiin liittyvistä erityispiirteistä mm. ohjatakseen potilasta oikein ja varmistaakseen sikiön turvallisuuden. Tavoitteena oli koota tietoa suomeksi raskaudenaikaisten magneettikuvausten vaikutuksista sikiöön ja varhaislapsuudessa kuvailevan kirjallisuuskatsauksen muodossa.

2 Raskaudenaikainen magneettikuvaus

Magneettikuvaus on suhteellisen uusi kuvantamismenetelmä. Suomessa ensimmäinen magneettikuvauslaite otettiin käyttöön vuonna 1984 (STUK 2019). Vuonna 2021 Suomessa tehtiin yli 450 000 magneettitutkimusta (STUK 2022: 24). Magneettikuvauksen avulla saadaan ihmiskehosta tarkkoja anatomisia leikekuvia. Magneettikuvauksessa ei käytetä ionisoivaa säteilyä, vaan kuva muodostuu erityyppisiä magneettikenttiä käyttäen. Erilaiset magneettikentät ovat: voimakas staattinen magneettikenttä, joka on päällä koko ajan, vaikka kuvaus ei olisi käynnissä, gradienttikentät, eli voimakkuudeltaan heikommät, muuttuvat magneettikentät sekä radiotaajuiset magneettikentät. (STUK 2019.)

Magneettikuvaus perustuu vetyatomien ytimien käyttäytymiseen niiden altistuessa ulkoisille magneettikentille. Ihmisen kehossa on runsaasti vetyatomeita. Ulkoisen magneettikentän vaikutuksesta vety-ytimet asettuvat joko magneettikentän suuntaisesti ja sitä vastaan. Magneettikenttä synnyttää kudokseen ulkoisen magneettikentän suuntaisen nettomagnetisaation. Nettomagnetisaation suuntaa voidaan muuttaa radiotaajuisilla sähkömagneettisilla aalloilla (RF-pulssit). Magneettikuvauslaite mittaa kudoksista lähtevää signaalia ja muodostaa siitä kuvan. Kuvan muodostukseen tarvitaan myös muuttuvia gradienttimagneettikenttiä. Ne mahdollistavat paikkatiedon lisäämisen signaaliin. Signaali vastaanotetaan erillisillä gradienttikeloilla. Keloja on eri muotoisia ja kokoisia ja ne valitaan kuvattavan kohteen perusteella. Diagnostisessa kuvantamisessa nykyisin käytettyjen magneettikenttien voimakkuudet ovat 1,5 T ja 3 T (Teslaa). (Vaara & Syväranta & Peltonen 2021: 2682–2683; Lammentausta 2017.)

2.1 Indikaatioita magneettikuvaukselle raskauden aikana

Magneettikuvauksia tehdään raskaana oleville potilaille mm. akuutin vatsakivun, neurologisten syiden sekä syövän ja kasvainten selvittelyn vuoksi (Gatta ym. 2022: 7–8). Akuutin vatsakivun raskauteen liittymättömiä syitä voivat olla mm. umpilisäketulehdus, sappikivet tai kolekystiitti (sappirakkotulehdus), suolitukos sekä virtsatiekivet (Sundqvist & Nikkinen 2023: 49–50). Neurologisia syitä voivat olla mm. äkillinen vakava päänsärky, aivoverenkiertohäiriöt, selkäydinkanavan vauriot tai MS-taudin seuranta (Gatta ym. 2022: 7–8; Lantto 2019). Magneettikuvauksia tehdään myös raskauteen liittyvien syiden vuoksi mm. munasarjan kiertymä, kohdunulkoinen raskaus, kohdun repeäminen tai istukan irtoaminen (Gatta ym. 2022: 5–6).

Sikiön magneettikuvauksia tehdään mm. rakenteellisten poikkeavuuksien tai kasvainten diagnosoimiseksi, ultraäänitutkimusten jatkotutkimuksina (Gatta 2022: 8; Rinta-Kiikka ym. 2012: 786). Magneettikuvauksen erityisiä etuja verrattuna ultraäänitutkimukseen on magneettikuvauksen tarkkuus esimerkiksi kuvattaessa ylipainoista potilasta, eikä magneettikuvauksen laatuun vaikuta sikiön epäedullinen asento tai lapsiveden vähäinen määrä. Sikiön magneettikuvausta ei kannata tehdä ennen 18. raskausviikkoa, sillä se ei välttämättä anna tarvittavaa tietoa sikiön rakenteiden pienen koon vuoksi. (Seuri & Kalajoki-Helmiö & Palomäki & Räsänen & Kuusela 2018: 641–642.)

Sikiödiagnostiikassa magneettikuvausta on käytetty eniten diagnosoitaessa sikiön keskushermoston poikkeavuuksia, kuten aivoverenvuodot, poikkeavuudet keskiviivaraken-teissa, aivokammioden laajeneminen sekä hermostoputken sulkeutumishäiriöt. Magneettikuvaus on todettu hyödylliseksi menetelmäksi myös sikiön rintakehän alueen poikkeavuuksia tutkittaessa. Magneettikuvauksen avulla voidaan saada tärkeää lisätietoa syntymänjälkeisen hoidon suunnittelua varten esimerkiksi palleatyrän yhteydessä. Sikiön magneettikuvausta voidaan käyttää myös muun muassa ruuansulatuskanavaa, virtsateitä tai luustoa tutkittaessa. Sikiötä kuvattaessa ei käytetä gadolinium tehosteai-netta. (Seuri ym. 2018: 641–642.)

2.2 Sikiön suojele kuvantamistutkimuksissa

Kuvattaessa raskaana olevaa potilasta, on mietittävä kuvantamisesta aiheutuvat hyödyt ja haitat tarkoin sekä äidin että sikiön kannalta (Lantto 2019). Kuvantamisessa on noudatettava säteilysuojelun periaatteita, jotka perustuvat kansainvälisen säteilysuojelutoimikunnan ICRP:n (International Commission on Radiological Protection) suosituksiin. Suosituksiin sisältyy oikeutus-, optimointi- ja yksilönsuojaperiaatteet ja ne ovat kansainvälisesti laajalti hyväksytyjä. Suositukset on huomioitu myös laadittaessa Suomen säteilylakia. (STUK a.)

Ultraääni ja magneettikuvaus ovat ensisijaisia kuvantamismenetelmiä raskaana oleville potilaille, varsinkin kuvattaessa vatsan tai lantion aluetta. Ne eivät tuota ionisoivaa säteilyä, mikä voi olla haitaksi sikiölle. (Rinta-Kiikka ym. 2012: 782.) Sikiö on herkkimmillään teratogeneeille eli kehitystä vahingoittaville ulkopuolisille tekijöille organogeneesin aikana. Organogeneesi tapahtuu raskauden ensimmäisellä kolmanneksella, 4.–9. raskausviikon välillä. Solujen jakautuminen ja erilaistuminen on silloin vilkasta. (Kere & Sariola 2019: 2398.)

Muuta kehon osaa kuin vatsaa tai lantiota kuvattaessa voidaan raskaana olevilla potilailla yleensä käyttää myös ionisoivaa säteilyä hyödyntävää kuvantamismenetelmää, kuten röntgenkuvausta tai tietokonetomografiakuvausta. Sikiön saama säteilyannos on lähes olematon, jos sikiö ei ole kuvausalueella. ALARA-periaatetta (As Low As Reasonably Achievable) on aina noudatettava eli sikiön säteilyaltistus on pidettävä mahdollisimman alhaisena. Raskaana olevaa potilasta kuvattaessa kuvien määrää tai läpivalaisuaikaa voidaan joutua rajoittamaan. Lisäksi asettelu ja raja-
aus on tehtävä erityisen tarkasti. (Rinta-Kiikka ym. 2012: 782, 785–786.) Esimerkiksi Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin uusimman säteilysuojeluohjeen mukaisesti raskaana olevaa potilasta kuvattaessa säteilysuojaimia käytetään samoin kuin muutakin aikuisväestöä kuvattaessa. Säteilysuojaimille ei ole perusteltua tarvetta tietokonetomografia-, läpivalaisu- tai natiiviröntgentutkimuksissa. Ainoastaan kilpirauhassuojaa voidaan käyttää, jos kilpirauhanen on alle 5 cm päässä kuvausalueesta (olkanivel/olkavarsi ja intraoraalikuvaus). Sikiötä ei siis suojata lyijysuojaimilla. (HUS diagnostiikkakeskus 2022.)

Raskaana olevan potilaan kuvantamistutkimukset on kuitenkin rajattava sellaisiin mitkä ovat välttämättömiä raskauden aikana, eikä niitä voida siirtää myöhemmäksi. Jos äidillä on henkeä uhkaava tilanne, esimerkiksi keuhkoemboliaepäily tai vakava vamma, voi tietokonetomografia olla aiheellinen kuvantamismenetelmä eikä sitä ole syytä viivyttää säteilyaltistuksen vuoksi. (Lantto 2019.) Lisäksi nykyisin diagnostiset säteilyannokset ovat pienempiä kuin aikaisemmin, sillä tekniikka on kehittynyt jatkuvasti (Rinta-Kiikka ym. 2012: 788).

Ionisoiva säteily voi aiheuttaa deterministisiä eli suoria haittavaikutuksia ja stokastisia eli satunnaisia, myöhäisvaikutuksina ilmeneviä haittavaikutuksia. Haittavaikutukset ovat riippuvaisia raskauden vaiheesta, sikiöön absorboituneesta säteilyannoksesta sekä annosnopeudesta. (Lantto 2019; STUK b.) Diagnostiikassa käytettävillä säteilyannoksilla ionisoivan säteilyn riskit liittyvät yleensä sikiön elinikäiseen syöpäriskiin, ei niinkään sikiön epämuodostumiin tai kehityshäiriöihin mitkä voivat olla seurausta suurista säteilyannoksista esimerkiksi äidin vakavien vammojen kuvantamisen tai sädehoidon yhteydessä. Suuri säteilyannos voi myös aiheuttaa raskauden keskeytymisen. (Acog 2017: 212; Lantto 2019.)

Epätietoisuus magneettikuvauksen turvallisuudesta sikiölle on aikaisemmin saattanut johtaa kuvausten välttämiseen raskaana olevilla potilailla (Acog 2017: 210). Nykytiedon mukaan magneettikuvaus voidaan tehdä raskaana olevalle potilaalle kaikissa raskauden vaiheissa (Lantto 2019). Kuvauksen kestoon on kuitenkin kiinnitettävä huomiota. Raskaana olevan potilaan voi olla hankala olla liikkumatta pitkän kuvauksen aikana,

äidin mukavuus on kuitenkin tärkeää kuvauksen onnistumisen kannalta. Kuvasarjojen määrää voidaan joutua rajoittamaan ja on suosittava nopeita kuvaussekvenssejä kuten SSFSE (single shot fast spin echo ja HASTE (half fourier single shot turbo spin echo). (Christiaens ym. 2019: 256; Pääkkö & Ijäs 2020: 308.) Lisäksi liian pitkään selällä makaaminen voi estää veren virtausta alaonttolaskimoon. Tästä syystä potilas voidaan kuvata viistoasennossa tai kyljellään loppuraskaudessa. (Pääkkö & Ijäs 2020: 308.) Raskaana olevan potilaan koko voi myös aiheuttaa haasteita potilaan asettelussa kapeaan magneettikuvauslaitteeseen.

Edellytyksenä raskaana olevan potilaan magneettikuvaukselle on, että tarvittavaa tietoa ei ole saatu käyttäen muita menetelmiä, kuten esimerkiksi ultraäänikuvausta ja magneettikuvauksen tulee tukea diagnoosin asettamista. Tutkimuksesta on myös oltava hyötyä potilaalle. (Acog 2017: 210.)

2.3 Kenttävoimakkuus kuvattaessa raskaana olevaa potilasta

Raskaana olevan potilaan magneettikuvantamisen yhteydessä huolta on herättänyt sähkömagneettisten kenttien suorat biologiset vaikutukset sikiöön (Rinta-Kiikka ym. 2012: 786). Raskaana olevan potilaan magneettikuvaus suositellaan tehtäväksi kenttävoimakkuudeltaan 1,5 T laitteella, sillä 3T laitetta käytettäessä on suurempi riski kudosten lämpenemiselle (Pääkkö & Ijäs 2020: 308; Rocha ym. 2020: 187). Lämmön nousun aiheuttamia teoreettisia vaikutuksia sikiöön on otettu esille magneettikuvausta käsittelevissä artikkeleissa. Sikiön lämmön haihdutuskyky ei ole kovin hyvä kohdussa lapsiveden ympäröimänä (Christiaens ym. 2019: 256). Kenttävoimakkuudeltaan 3 T kuvauksella saadaan tarkempaa kuvaa, mutta raskauden aikana sikiön liikehdintä ja lapsivesi voivat aiheuttaa artefakteja kuviin (Pääkkö & Ijäs 2020: 308), sillä äkillinen liike voi johtaa signaalin katkeamiseen. Liikeartefakteja voidaan vähentää käyttämällä magneettikuvauksen aikana erilaisia vääristymien vähentämistekniikoita ja liikekorjaustekniikoita. (Christiaens ym. 2019: 256.)

2.4 Ominaisabsorptionopeus (SAR-arvo) kuvattaessa raskaana olevaa potilasta

Radiotaajuiset pulssit lähettävät kudoksiin energiaa magneettikuvauksen aikana. SAR eli ominaisabsorptionopeus (Specific Absorption Rate) kuvaa soluihin absorboituvaa radiotaajuisia tehoa massayksikköä kohden. Ominaisabsorptionopeuden yksikkö on W/kg. (Westbrook & Talbot 2019: 358.) Radiotaajuinen sähkömagneettinen energia aiheuttaa kehossa kudosten lämpenemistä. SAR-arvoon on kiinnitettävä huomiota

kuvattaessa raskaana olevaa potilasta, jotta sikiölle ei aiheudu ylimääräistä lämpökuormaa. Kehoon absorboituvan lämmön määrään vaikuttaa mm. RF-pulssin teho ja taajuus, altistuksen kesto ja kudosten johtavuus. (Allison & Yanasak 2015.) Lapsivesi voimistaa radiotaajuuden magneettikentän vaihteluita ja SAR-arvo saattaa nousta paikallisesti korkeaksi sikiössä ja sen läheisissä äidin kudoksissa (Christiaens ym. 2019: 256).

Magneettikuvauksessa muodostuva SAR-arvo lasketaan potilaan painon perusteella suunnittelukuvauksen aikana. SAR-arvolle on asetettu eurooppalaisen standardin mukaisesti raja-arvoja sekä koko keholle että kehon eri osille. (Westbrook & Talbot 2019: 358.) Raskaana olevan potilaan SAR-arvo ei saisi nousta kuvauksen aikana yli 2W/kg. Tällä varmistetaan, että kehon lämpötila ei nouse suositeltua 0,5°C enempää. On suositeltavaa vuorotella korkeampia SAR-arvoja tuottavien kuvasarjojen ja matalampia SAR-arvoja tuottavien kuvasarjojen välillä, jotta kehon lämpötila ei nouse liian korkeaksi. Taukojen pitäminen kuvasarjojen välissä on myös mahdollinen viilennyskeino, mutta se lisää kokonaiskuvausaikaa. On aina varmistettava, että magneettikuvauslaitteen putkessa on tuuletus päällä. (Allison & Yanasak 2015.)

2.5 Tehosteaineen käyttö raskauden aikana

Gadoliniumpohjainen tehosteaine on yleisin magneettikuvauksessa käyttävistä tehosteaineista. Se annostellaan laskimonsisäisesti. Gadoliniumin ansiosta kudosten muutokset, kuten kasvaimet tai tulehdukset tehostuvat parhaiten T1-painotteisissa kuvaussekvensseissä ja ne on helpompi havaita ja analysoida. (Aronen & Niemi & Dean 2017.) Gadoliniumia ei suositella käytettäväksi raskauden aikana, sillä se kertyy elimistöön ja sikiön saamista vaikutuksista ei ole luotettavaa tietoa. Gadolinium on vesiliukoista, se läpäisee istukan ja kulkeutuu lapsiveteen. Gadolinium päätyy sikiön elimistöön lapsivettä nieltäessä. (Pääkkö & Ijäs 2020: 308.) Eläintutkimuksissa on todettu gadoliniumin olevan haitallista sikiölle suurina ja toistuvina annoksina (Acog 2017: 212).

Magneettikuvauksessa on hyvä pehmytkudosten erottelu ilman tehosteainetta (Acog 2017: 211). Jos Gadolinium tehosteainetta käytetään raskauden aikana, on hyödyn oltava selvästi suurempi kuin sen käyttöön liittyvien riskien arvioidaan olevan (Acog 2017: 212; Pääkkö & Ijäs 2020: 308). Amerikkalainen radiologiyhdistys ACR (American College of Radiology) suosittelee vakiintuneen raskauden seulontamenetelmän käyttöä suunniteltaessa gadoliniumtehosteista magneettikuvausta raskaana oleville potilaille. Nykyisen käytännön mukaan rutiininomaisesti gadoliniumin käyttöä raskaana olevilla potilailla on syytä välttää, kun riskejä sikiölle ei tunneta. (American College of Radiology 2023: 87.)

3 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyöni tarkoitus on kuvailla raskaudenaikaisen magneettikuvauksen turvallisuutta sikiön kannalta ja magneettikuvauksen mahdollisia pidempiaikaisia haittavaikutuksia lapsuudessa. Opinnäytetyöni avulla röntgenhoitajaopiskelijat tai röntgenhoitajat voivat laajentaa tietämystään raskaana olevan potilaan magneettikuvausten erityispiirteistä sekä magneettikuvauksen turvallisuustekijöistä. Tavoitteena oli koota tietoa suomeksi raskaudenaikaisten magneettikuvausten vaikutuksista sikiöön ja lapsuuteen kuvailevan kirjallisuuskatsauksen muodossa.

Tutkimuskysymykset:

1. Millaisia tutkimuksia on tehty raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutuksista?
2. Millaisia vaikutuksia raskaudenaikaisella magneettikuvauksella on sikiöön ja vastasyntyneeseen?
3. Millaisia pitkäaikaisvaikutuksia raskaudenaikaisella magneettikuvauksella on varhaislapsuuteen?
4. Millaisia vaikutuksia raskaudenaikaisella gadolinium-altistumisella on vastasyntyneeseen ja varhaislapsuuteen?

4 Opinnäytetyön toteutus

4.1 Kuvaileva kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä

Toteutin opinnäytetyöni kuvailevana kirjallisuuskatsauksena. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on yhteenveto valitusta aiheesta. Sen avulla analysoidaan kriittisesti useiden aiheita koskevien tutkimusten tuloksia. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tulisi tarjota lukijalle ytimekäs, objektiivinen ja looginen yhteenveto sen sijaan, että tiedot luettaisiin useammasta eri tutkimuksesta. (Coughlan & Cronin 2021: 2.) Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on kuvata valittuun aiheeseen liittyviä aikaisempia tutkimuksia, niiden laajuutta ja määrää. Katsauksessa tarkastellaan aiheesta julkaistuja, yleensä vertaisarvioituja tieteellisiä tutkimuksia. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus noudattaa prosessia, johon sisältyy materiaalin hankinta, tiedon kuvaus yleensä taulukon

muodossa ja analyysi, jolla osoitetaan olemassa olevan tutkimuksen arvo. Katsaus ei kuitenkaan ota kantaa valitun aineiston luotettavuuteen tai valikoitumiseen. (Suhonen & Axelin & Stolt 2016: 9.)

Kuvailevaa kirjallisuuskatsausta käytetään paljon tutkimusmenetelmänä hoito- ja terveystieteellisissä tutkimuksissa. Sitä käytetään yleisesti ammattikorkeakoulujen opin- näytetyön muotona. Kirjallisuuskatsauksen avulla on tarkoitus etsiä vastauksia kysymyksiin, mitä tarkasteltavasta aiheesta tiedetään tai sillä selvitetään aiheen keskeiset käsitteet ja niiden väliset suhteet. Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan myös löytää uusi tai erilainen näkökulma katsauksen aiheeseen. (Kangasniemi ym. 2013: 292, 294.)

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen vaiheita ovat tutkimuskysymysten muodostaminen, aineiston valitseminen, kuvailun rakentaminen ja tuotetun tuloksen tarkasteleminen. Jotta kirjallisuuskatsaus olisi luotettava, on tutkimuskysymysten ja valitun kirjallisuuden oltava perusteltuja. Kuvailun on oltava vakuuttavaa ja koko prosessi on oltava johdonmukainen. Menetelmän luotettavuutta lisää myös kirjallisuuskatsauksen vaiheiden jäsentäminen. Eettisiä kysymyksiä ovat tutkimuskysymyksen muotoilemiseen ja tutkimusetiikan noudattamiseen liittyvät seikat. (Kangasniemi ym. 2013: 291–292.)

Esittelen opinnäytetyössäni kirjallisuuskatsaukseen valitut artikkelit taulukon muodossa. Artikkelien yhteenvedolla kirjallisuuskatsauksessa käytettyjen tutkimusten samankaltaisuuksia ja eroavaisuuksia voidaan vertailla. Lisäksi artikkeleissa olevan tiedon luotettavuutta ja yleistettävyyttä sekä menetelmällisiä vahvuuksia ja heikkouksia voidaan arvioida. Tämä lisää kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta ja yleistettävyyttä. Artikkelien yhteenvetotaulukkoon kirjasin artikkeleiden julkaisua koskevat tiedot sekä käytettyjä menetelmiä koskevat tiedot. Julkaisuun liittyviä tietoja ovat mm. tekijät ja julkaisuajankohta. Menetelmiin liittyviä tietoja ovat mm. alkuperäisten tutkimusten tutkimusasetelmat, aineistonkeruumenetelmät sekä keskeiset tulokset ja johtopäätökset. (Kangasniemi & Pölkki 2016: 83.) Aineiston taulukoinnin avulla on myös helppo tarkastella artikkelien vastaavuutta tutkimuskysymyksiin (Kangasniemi ym. 2013: 296).

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa esitellään myös valitun aineiston tulokset. Esittelen ja havainnollistan tulokset sisällönanalyysin muodossa. Kuvailen aineistoa sanallisesti ja sen avulla vastaan tutkimuskysymyksiin ja tutkimuksen tarkoitukseen. Tulosten raportointi edellyttää valitun aineiston hyvää tuntemusta. (Kangasniemi & Pölkki 2016: 84–85.)

4.2 Aineistonkeruu ja kuvaus

Kuvailevan kirjallisuuskatsauksen aineistonvalintaa ohjaavat tutkimuskysymykset (Kangasniemi ym. 2013: 294). Tein alustavia hakuja, jotta sain selville millä hakusanoilla tutkimusartikkeleita kannattaa hakea. Lisäksi alustavat haut auttoivat aiheen rajaamisessa ja tutkimuskysymysten muodostamisessa. Tutkimusartikkeleita suomen kielellä ei löytynyt. Käytin tiedonhaussa sosiaali- ja terveysalan tietokantoja Cinahl, PubMed ja Science Direct, joihin pääsin Metropolia Ammattikorkeakoulun kirjaston LibGuides-verkkosivun kautta. Etsiessäni aineistoa käytin tutkimuskysymysteni pohjalta muotoutuneita hakusanoja. Hakusanoja olivat magnetic resonance imaging, MRI, safety, effects, risks, fetus, fetal ja pregnancy. Boolean operaattoreiden avulla (AND, OR ja NOT) muodostin hakusanoista sopivat hakulausekkeet. Haun tekniseen toteuttamiseen ja hakusanojen yhdistelyyn sain apua Metropolian kirjaston tietoasiantuntijalta yksilöohjauksessa. Käytin myös manuaalista hakua, sillä aineiston hakeminen sähköisistä tietokannoista ei välttämättä tuota tulokseksi kaikkia kirjallisuuskatsaukseen soveltuvia artikkeleita (Niela-Vilén & Hamari 2016: 25). Alla taulukko (taulukko 1) tietokantahausta.

Taulukko 1. Tiedonhaun taulukko

| Tietokanta | Hakusanat | Osumat | Otsikon perusteella | Tiivistelmän perusteella | Lopullinen valinta |
|-------------------------|--|--------|---------------------|--------------------------|--------------------|
| Cinahl | (mri OR magnetic resonance imaging OR mr imaging) AND (pregnan* OR fetus OR fetal OR prenatal) AND (safety OR effects) | 216 | 28 | 6 | 3 |
| Science direct | (mri OR "magnetic resonance imaging") AND (pregnancy OR pregnant OR fetus OR fetal OR prenatal) AND (safety OR effects) | 174 | 3 | 1 | 1 |
| Pubmed | (mri OR "magnetic resonance imaging") AND (pregnancy OR pregnant OR fetus OR fetal) AND (safety OR effects) | 114 | 3 | 1 | 1 |
| Manuaalinen haku | | | | | 4 |

Tiedonhaku tapahtui 8.3.2023. Kaikissa tietokannoissa käytin tarkkaa hakua ja kaikissa oli hieman erilaiset tulosten rajaushmahdollisuudet. Rajasin haut koskemaan vain englanninkielisiä, vertaisarvioituja tutkimusartikkeleita. Rajatakseni suurta hakutulosten määrää ja karsiakseni pois aiheeseen sopimattomia artikkeleita, Cinahl tietokannassa rajasin haun kohdistumaan pelkästään abstraktiin. Pubmed tietokannassa rajasin haun koskemaan otsikkoa tai abstraktia. Science Direct tietokannassa rajasin haun kohdistumaan otsikkoon, abstraktiin ja asiasanoihin. Pubmed tietokannasta löytyi yksi kirjallisuuskatsaukseen sopiva artikkeli, mutta sama löytyi Cinahlista.

Tavoitteena oli löytää artikkeleita, jotka käsittelevät opinnäytetyöni aihetta eli raskaudenaikaisen magneettikuvauksen turvallisuutta ja raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutuksia sikiöön ja varhaislapsuuteen. Laadin sopivat artikkelien mukaanotto- ja poissulkukriteerit (taulukko 2). Rajasin aineistoa vuosiluvun perusteella ja koko artikkelin tuli olla saatavilla maksutta. Käytin kirjallisuuskatsauksessa vain alkuperäisiä tutkimuksia. Kriteerit helpottivat sopivan aineiston löytämistä ja niiden avulla on mahdollista vähentää virheellisen tai puutteellisen kirjallisuuskatsauksen muodostumista. Mukaanotto- ja poissulkukriteerien avulla varmistin myös, että katsaus pysyy suunnitellussa aiheessaan. (Niela-Vilén & Hamari 2016: 26.) Tarkkojen ja etukäteen määriteltyjen mukaanotto/poissulkukriteereiden avulla voidaan myös vähentää tutkimusten suosiollista valintaa (Valkeapää 2016: 57). Kirjallisuuskatsaukseen valikoituneet tutkimukset on esitelty liitteessä 1.

Taulukko 2. Mukaanotto- ja poissulkukriteerit

| Mukaanottokriteerit | Poissulkukriteerit |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Englanninkielinen julkaisu ✓ Vertaisarvioitu tieteellinen tutkimus ✓ Tutkimusjoukkona raskaana olevat potilaat ✓ Vastaa tutkimuskysymyksiin ✓ Julkaistu 2013–2023 ✓ Koko artikkeli saatavilla maksutta | <ul style="list-style-type: none"> ✗ Tutkimukset tehty eläimille ✗ Katsausartikkeli, opinnäytetyö tai pro gradu ✗ Käsittelee muuta kuvantamista kuin magneettikuvaus |

Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineiston valinnan kriteerit eivät perustu pelkästään rajattuihin hakusanoihin ja esimerkiksi julkaisun ajankohdan ja julkaisukielen

rajauksiin, vaan niistä voidaan poiketa, jos se on merkityksellistä tutkimuskysymykseen vastaamisen näkökulmasta. Keskeisin peruste mukaan otettavalle aineistolle on sen sisältö ja suhde muihin valittuihin julkaisuihin. Tutkimuskysymykset ja kirjallisuuskatsaukseen valittu aineisto voivat muovautua koko prosessin ajan. (Kangasniemi ym. 2013: 296.) Mukaan valikoitui yksi tutkimus aikarajauksen ulkopuolelta, vuodelta 2010, sillä tutkimuksen sisältö vastaa hyvin tutkimuskysymykseen ja on linjassa muiden tutkimusten kanssa.

Kirjallisuushaun suunnittelussa ja toteutuksessa vahvuuksiani oli runsas ajankäyttö ja hakustrategian hiominen hakusanojen määrittelemiseksi ja tutkimusartikkelien löytämiseksi. Käytin myös manuaalista hakua, mikä laajensi kirjallisuuskatsaukseen valikoidun artikkelien määrää. Manuaalisella haulla löytyi tutkimuksia aihetta käsittelevien julkaisujen lähdeluetteloista sekä tieteellisten aikakauslehtien verkkojulkaisuista Helsingin yliopiston kirjastosta.

Heikkoutena voidaan pitää tiedonhaun suorittamista ja kuvailevan kirjallisuuskatsauksen toteuttamista yksin. Kirjallisuuskatsauksen voi tehdä yksin, mutta usein kirjallisuuskatsauksessa tiedonhakua tekee useampi kuin yksi tutkija, se lisää tulosten luotettavuutta (Kangasniemi & Pölkki 2016: 80).

4.3 Aineiston analyysi

Aineistoa analysoidessani käytin aineistolähtöistä eli induktiivista sisällönanalyysiä. Sisällönanalyysissä valitaan analyysiyksikkö, tutustutaan aineistoon, pelkistetään aineisto, luokitellaan ja tulkitaan aineisto sekä arvioidaan sen luotettavuutta. (Kankkunen & Vehviläinen-Julkunen 2017: 166–167.) Luin artikkelit läpi ja alleviivasin lauseita ja ajatuskokonaisuuksia, jotka vastasivat tutkimuskysymyksiini. Keräsin analyysiyksiköt taulukkoon. Analyysiyksikkö voi olla sana, sanapari, lause tai ajatuskokonaisuus (Kangasniemi & Pölkki 2016: 87). Muodostin analyysiyksiköistä pelkistettyjä ilmaisuja ja ryhmittelin ne samanlaisuuksien ja erilaisuuksien perusteella. Muodostin ilmaisuista alaluokkia, joista muodostui edelleen yläluokkia. Nimesin luokat artikkeleiden sisällön perusteella. Analyysin tarkoituksena oli tuottaa kattava ja luotettava kokonaiskuva tutkittavasta aiheesta (Niela-Vilén & Hamari 2016: 31). Alkuperäisilmaisuja oli 77 ja niistä muodostui 13 alaluokkaa. Esimerkki alaluokkien synnystä on esitelty taulukossa 3. Yläluokkia muodostui neljä.

Taulukko 3. Esimerkki alaluokkien muodostumisesta

| Alkuperäisilmaisu | Käännös | Pelkistetty ilmaisu | Alaluokka |
|---|--|--|----------------------|
| 4. No significant difference was observed in test failure rates at 3 T compared with 1.5 T for both the transient otoacoustic emissions test (TEAOE) and auditory brainstem response test (ABR) | Merkittävää eroa kuulotestien tuloksissa ei löydetty, kun vertailtiin 1,5 T tai 3 T magneettikuvausten läpikäyneitä joukkoja | Magneettikentän voimakkuus ei vaikuttanut kuulotestien tuloksiin | Kuulovaurion riski |
| 4. During fetal MRI, the sound from the scanner is attenuated by the maternal soft tissues and by amniotic fluid, resulting in a substantial decrease in the intensity of the sound that reaches the fetus | Sikiön magneettikuvauksessa äidin kudokset ja lapsivesi vaimentavat sikiölle kantautuvaa melua | Kudokset ja lapsivesi vaimentavat melua | |
| 6. When comparing the results for all well babies exposed to in utero MR imaging with the entire unselected reference data set of results for healthy neonates, we detected no significant difference across all four frequency bands | Merkittävää eroa kaikilla neljällä taajuudella ei havaittu, kun tarkasteltiin tutkimusryhmän vauvoja ja verrokkiryhmään kuuluneita vauvoja | Koko tutkimusjoukkoa tarkasteltaessa merkittävää eroa kuulossa ei havaittu | |
| 1. Additionally, none of the children in our cohort had scores below the 1.5 standard deviation cutoff to indicate clinically delayed development in any of the subdomains | Lisäksi yksikään lapsista ei saanut alle 1,5 pistettä, eli lapsilla ei todettu kehityksen viivastymää millään osa-alueella | Kehityksen viivastymisiä ei todettu | Neurologinen kehitys |
| 8. We showed no difference in the adaptive behavior composite score between the exposed and the unexposed groups | Emme osoittaneet eroa adaptiivisen käyttäytymisen testien tuloksissa tutkimusryhmän ja kontrolliryhmän välillä | Neurologiset testitulokset eivät eronneet tutkimusryhmän ja kontrolliryhmän välillä | |
| 8. exposure to MR imaging does not have a harmful long-term effect on the child's neurodevelopment between 2.5 and 6 years of age | Altistuminen magneettikuvaukselle ei aiheuta pitkäaikaisia vaikutuksia lapsen neurologiseen kehitykseen 2,5–6 vuoden iässä | Raskaudenaikaisella magneettikuvauksella ei ole pitkäaikaisia vaikutuksia lapsen neurologiseen kehitykseen | |

5 Tulokset

Kirjallisuuskatsaukseen valikoitui kahdeksan tutkimusartikkelia. Tutkimukset ja niiden menetelmät sekä keskeisimmät tulokset on esitelty liitteessä 1. Tutkimuksissa tarkasteltiin raskaudenaikaisen magneettikuvauksen sekä gadoliniumpohjaisen tehosteaineen vaikutuksia syntymän hetkellä ja varhaislapsuudessa. Tutkimukset ovat vuosilta 2010–2023. Viisi tutkimuksista on tehty Yhdysvalloissa, yksi Kanadassa, yksi Iso-Britanniassa ja yksi Israelissa. Aineiston sisällönanalyysistä muodostuneet ala- ja yläluokat on kirjattu taulukossa 4. Tutkimustulokset on kirjattu muodostuneiden luokkien perusteella tähän tulokset osioon.

Taulukko 4. Alaluokat ja yläluokat

| Alaluokat | Yläluokat |
|--------------------------------------|---------------------------------|
| Raskausaikaiset komplikaatiot | Sikiöaikaiset vaikutukset |
| Ennenaikainen syntymä | |
| Syntymäpaino | |
| Rakenteelliset poikkeavuudet | |
| Vastasyntyneen vointi | Vaikutukset vastasyntyneeseen |
| Tehohoidon tarve | |
| Neurologinen kehitys | Pitkän aikavälin vaikutukset |
| Toiminnalliset taidot | |
| Kuulovaurion riski | |
| Näkövaurion riski | |
| Kasvainten esiintyvyys | |
| Kuolemanriski | Gadoliniumin aiheuttamat haitat |
| Muut gadoliniumin aiheuttamat haitat | |

5.1 Raskaudenaikaista magneettikuvausta käsittelevät tutkimukset

Kolmessa tutkimuksessa tarkasteltiin magneettikuvauksen vaikutuksia lasten neurologiseen kehitykseen. Neljässä tutkimuksessa tarkasteltiin magneettikuvauksen vaikutuksia vastasyntyneiden kuuloon, joista kaksi tutkimusta keskittyi pelkästään kuuloon. Kahdessa artikkelissa tutkittiin gadoliniumpohjaisen tehosteaineen vaikutuksia vastasyntyneisiin ja myöhemmin lapsuudessa. Muita tarkastelun kohteita olivat lasten syntymäpaino, ennenaikainen syntymä, kuolleisuus, tehohoidon tarve, rakenteelliset

poikkeavuudet, kasvaimet sekä näkö. Neljä tutkimusta tarkasteli pitkän aikavälin vaikutuksia 1–6 ikävuoteen saakka.

Kuusi tutkimuksista oli retrospektiivisiä tutkimuksia, eli epidemiologisia tutkimuksia, joissa selvitetään sairastumiseen menneisyydessä johtaneita syitä. Kaksi tutkimuksista oli prospektiivisiä tutkimuksia, eli seurantatutkimuksia, jossa tutkittavaa ryhmää eli kohorttia seurataan siinä mahdollisesti ilmenevien vaikutusten osalta. (Terveyskirjasto.) Tutkimusten tiedot on kirjattu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Taulukko tutkimuksista. Käytettyjen mittaristojen selitykset löytyvät taulukon alta

| Tutkimus | Tutkimustyyppi | Tutkimusjoukko | Magneettikuvaus | Mitä tarkasteltiin | Käytetty mittaristo | Seuranta-aika |
|----------|--|--|---|---|----------------------------------|--|
| 1. | prospektiivinen havainnollinen tutkimus, yhdessä sairaalassa tehty (Yhdysvallat) | 72 magneettikuvausvaukselle altistunutta | 1,5 T sikiön mri 2. tai 3. raskauskolmannes | neurologinen kehitys, näkö | VABS-II | lasten ikä seuranta-tutkimuksessa keskimäärin 24,5 kk (14–38 kk) |
| 2. | retrospektiivinen tapaus-verrokkitutkimus, yhdessä sairaalassa tehty (Yhdysvallat) | 81 tutkimusjoukko, 162 verrokki-joukko | 3 T sikiön tai äidin mri kaikki raskauden vaiheet | syntymäpaino, kuulo | ABaer system (ABR, DPOAE, TEOAE) | 12 ensimmäisen elintunnin aikana |
| 3. | retrospektiivinen, yhdessä sairaalassa tehty (Yhdysvallat) | 75 1,5T, 25 3T altistunutta | 1,5 T verrattuna 3 T sikiön mri | neurologinen kehitys | BSID-III | keskimääräinen ikä 18kk (1,5T) ja 21 kk (3T) |
| 4. | retrospektiivinen tapaus-verrokkitutkimus, yhdessä sairaalassa tehty (Yhdysvallat) | 62 1,5T, 62 3T altistunutta | 1,5 T verrattuna 3 T sikiön mri | kuulo | ABR, TEOAE | 3–32 päivän päästä syntymästä |
| 5. | retrospektiivinen kohorttitutkimus, yhden provinssin alueella (Kanada) | ryhmä 1. 1720 mri altistuneet 1. raskauskolmanneksella ryhmä 2. 393 | mri ensimmäinen raskauskolmannes gadolinium-tehosteiden mri mikä tahansa | kuolleisuus, synnynäiset epämuodostumat, kasvaimet, näkö, kuulo, vakava iho-sairaus | IHP (ABR, DPOAE) | 28 päivän kuluessa syntymästä ja 4v iässä |

| Tutki- mus | Tutkimus- tyyppi | Tutkimus- joukko | Magneetti- kuvaus | Mitä tar- kasteltiin | Käytetty mittaristo | Seuranta- aika |
|---------------|--|--|---|---|------------------------|--|
| | | gadoli- niumille al- tistuneet 1410913 ei mri altistu- neet | raskauden vaihe | | | |
| 6. | retrospektiivi- nen, yhdessä sairaalassa tehty (Iso-Bri- tannia) | 103 mri al- tistunutta, verrattiin anonyy- meihin 16862 kuu- lostin tu- loksiin | 1,5 T si- kiön mri 2. tai 3. ras- kauskol- mannek- sen aikana | kuulo | OAE | 12 päivän kuluessa synty- mästä |
| 7. | retrospektiivi- nen kohortti- tutkimus, maanlaajui- nen rekisteri (Yhdysvallat) | 782 gadoli- nium mri, 5209 mri il- man ga- doliniumia | gadolinium tehostei- selle mri:lle altistuneet, sikiön tai äidin mri | kuollei- suus, teho- hoitoon päätymi- nen | - | 30 päivän kuluessa synty- mästä |
| 8. | prospektiivi- nen kohortti- tutkimus, yh- dessä saira- alassa tehty (Israel) | 131 tutki- musjoukko, 771 kont- rollijoukko | 1,5 T si- kiön tai äi- din mri, kaikissa raskauden vaiheissa | neurologi- nen kehitys | VABS-II | lasten ikä seuranta- tutkimuk- sessa 2,5– 6 vuotta |

Taulukossa käytetyt lyhenteet:

- ABaer system – sisältää ABR, DPOAE ja TEOAE-testit (Natus Medical Incorporated 2010)
- ABR – Auditory brain stem response, aivorunkovaste-testi, joka perustuu aivosäh-
kökäyrätekniikkaan (Kuuloavain.fi)
- BSID-III – Bayley Scales of Infant Development, mittarin avulla saadaan yhdistel-
mäpisteet kognitiivisista, kielellisistä ja motorisista taidoista (Danzer ym. 2023).
- DPOAE – Distortion Product Otoacoustic Emissions, mittaa sisäkorvan toimintaa
(Natus Medical Incorporated 2010)
- IHP – Infant Hearing Programme, sisältää ABR ja DPOAE-testit (Ministry of Chil-
dren, Community and Social Services 2019: 8)
- OAE/TEOAE – Otoacoustic Emission test / Transient Evoked Otoacoustic Emission
test mittaa sisäkorvan toimintaa (Kuuloavain.fi)
- VABS-II – Vineland Adaptive Behavior Scale, testien avulla tarkastellaan kommuni-
kaatiota, päivittäisiä taitoja, sosiaalisuutta ja motorisia taitoja (Bouyssi-Kobar & du
Plessis & Robertson & Limperopoulos 2015: 1824)

5.2 Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutukset sikiöön ja vastasyntyneeseen

Magneettikuvauksesta johtuvia raskaudenaikaisia komplikaatioita tai todistettavia riskejä sikiölle ei havaittu (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1826; Winterstein ym. 2023: e4). Kaikki vauvat saivat synnyttyään normaalit APGAR-pisteet (Zvi ym. 2020: 1991). APGAR-pisteiden avulla arvioidaan vauvan vointia heti syntymän jälkeen. Vauvan syke, hengitys, väri, ärtyvyys ja jäntevyys pisteytetään maksimipisteiden ollessa 10. Vauvan vointi ja ennuste arvioidaan huonoksi, jos pisteitä tulee 0–3 ja 8–10 pistettä tarkoittaa hyvää vointia ja ennustetta. (Metsäranta & Rahkonen & Haataja 2021: 1473.) Myöskään kohonnutta riskiä tehohoitoon joutumisen ja magneettikuvaukselle altistumisen välillä ei havaittu (Reeves ym. 2010: 806), eikä magneettikentän voimakkuus vaikuttanut vauvan tehohoitoon päättymisen riskiin (Jaimes ym. 2018: 39).

Ennenaikaisten synnytysten osuus oli 9 % naisista, joille tehtiin magneettikuvaus ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana ja 14 % naisista, joille tehtiin gadoliniumtehosteinen magneettikuvaus, verrattuna 7 %:iin niillä, joille ei tehty magneettikuvausta raskauden aikana (Ray & Vermeulen & Bharatha & Montanera & Park 2016: 955). 3 T kenttävoimakkuudelle altistuneet syntyivät keskimäärin hieman aikaisemmin kuin 1,5 T kenttävoimakkuudelle altistuneet, mutta ero ei ollut merkittävä (Danzer ym. 2023). Muissa tutkimuksissa eri kenttävoimakkuus ei vaikuttanut ennenaikaiseen syntymiseen, eivätkä magneettikuvaukselle altistuneet lapset syntyneet ennenaikaisesti. (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1826; Jaimes ym. 2018: 39).

Tutkimukset eivät osoittaneet merkittävää eroa keskimääräisessä syntymäpainossa magneettikuvaukselle altistuneiden ja kontrolliryhmään kuuluneiden vastasyntyneiden välillä (Chartier ym. 2019: 1171). Myöskään altistumisen ajankohdalla, altistusten lukumäärällä tai kuvausprotokollilla ei havaittu olevan vaikutusta lasten syntymäpainoon (Zvi ym. 2020: 1991).

Synnynnäisiä epämuodostumia tai rakenteellisia poikkeavuuksia todettiin hieman useammin niillä, jotka olivat altistuneet magneettikuvaukselle ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana verrattuna niihin, jotka eivät altistuneet, mutta ero ei ollut merkittävä (Ray ym. 2016: 957). Yli puolelle vastasyntyneiden tutkimusjoukosta tehtiin syntymän jälkeen aivojen magneettitutkimus ja kaikkien aivot olivat rakenteellisesti normaalit. (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1826).

5.3 Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen pitkäaikaisvaikutukset

Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen pitkäaikaisia haittavaikutuksia tarkasteltiin neurologisen kehityksen, toiminnallisten taitojen sekä kuulon ja näön heikkenemisen näkökulmasta. Yhdessä tutkimuksessa tarkasteltiin myös riskiä kasvainten esiintyvyydelle ja kasvainten ilmaantuvuus neljään ikävuoteen mennessä ei lisääntynyt magneettikuvaukselle altistuneiden joukossa (Ray ym. 2016: 957).

5.3.1 Neurologinen kehitys

Tutkimuksissa tarkasteltiin raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutuksia lasten neurologiseen kehitykseen aina 6 ikävuoteen saakka. Mitta-asteikkoina käytettiin VABS-II asteikkoa tai BSID-III asteikkoa. Viitteitä magneettikuvauksen haitallisista vaikutuksesta neurologiseen kehitykseen ei havaittu.

VABS (Vineland Adaptive Behavior Scale) on yleisesti käytetty toiminnallinen arviointimenetelmä lapsilla ja nuorilla 18 ikävuoteen saakka. Testien avulla tarkastellaan kommunikaatiota, päivittäisiä taitoja, sosiaalisuutta ja motorisia taitoja. Lisäksi sillä voidaan arvioida käyttäytymistä. VABS menetelmää voidaan käyttää mm. autismia, häiriökäyttäytymistä tai kehitysviivästyksiä tutkittaessa. (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1824.) Alun perin VABS-asteikko on kehitetty vuonna 1984 ja näissä tutkimuksissa käytetty toinen versio on otettu käyttöön vuonna 2005 (Yang & Paynter & Gilmore 2016: 64).

BSID asteikko (Bayley Scales Of Infant and Toddler Development) on laaja työkalu varhaislapsuuden kehityksen arvioimiseksi ja kehitysviivästyksiä toteamiseksi. Se on kehitetty alun perin vuonna 1969 ja yhdessä tutkimuksessa käytetty kolmas versio on julkaistu vuonna 2006. Sen avulla tarkastellaan lapsen kognitiivisia, motorisia, kielellisiä ja sosioemotionaalisia taitoja sekä mukautuvaa käyttäytymistä. Asteikkoa voidaan soveltaa 1–42 kk ikäisiin lapsiin. (Balasundaram & Avulakunta 2022.)

Raskaudenaikaisella magneettikuvauksella ei todettu olevan pitkäaikaisia haittavaikutuksia lasten kehitykseen, eikä magneettikuvauksen käytölle todettu esteitä turvallisuuden näkökulmasta (Zvi ym. 2020: 1991). Merkittäviä eroja neurologisessa kehityksessä ei havaittu, kun vertailtiin testien tuloksia 1,5 T ja 3 T kenttävoimakkuuksille altistuneiden lasten välillä. 3 T magneettikuvaukselle altistuminen ei siis lisää riskiä lapsen kehityksen viivästykselle verrattuna 1,5 T altistumiseen. Neurologisten testien tulokset olivat yhteneväisiä myös, kun verrattiin raskaudenaikaiselle magneettikuvaukselle altistuneita ja ei-altistuneita lapsia. (Danzer ym. 2023; Zvi ym 2020:1991.) Kaikkien lasten

neurologisten testien tulokset olivat normaalivaihtelun sisällä, eikä yksikään lapsista saanut niin alhaisia pisteitä, että se olisi merkinnyt kehityksen viivästystä (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1826). Yhdessä tutkimuksessa sosiaalisten taitojen pisteet olivat magneettikuvaukselle altistuneilla huomattavasti korkeammat kuin verrokkiryhmällä. Se ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkittävää, sillä kaikki tulokset olivat normaalin vaihteluvälin sisällä. (Zvi ym. 2020: 1991.)

5.3.2 Toiminnalliset taidot

Ensimmäisellä raskauskolmanneksella magneettikuvaukselle altistuneet saivat keskimäärin alhaisemmat pisteet motorisissa taidoissa, verrattuna toisella tai kolmannella raskauskolmanneksella altistuneisiin. Otos oli kuitenkin pieni, vain kahdeksan oli altistunut ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana ja kaikkien lasten pisteet olivat silti normaalin rajoissa. (Zvi ym. 2020: 1991.) Myös eri kenttävoimakkuuksille altistuneiden lasten toiminnallisten osa-alueiden testitulokset olivat keskenään yhteneväiset ja normaalin vaihteluvälin sisällä (Danzer ym. 2023). 1,5 T magneettikuvaukselle sikiöaikana altistuneilla lapsilla todettiin olevan ikätason mukaiset toiminnalliset taidot kommunikointiossa, liikkuvuudessa, sosiaalisissa taidoissa ja päivittäisissä taidoissa ennen kouluikää, eikä altistumisen ajankohta tai kesto vaikuttanut testien tuloksiin. Myöskään vanhemmat eivät olleet huolissaan lastensa kehityksestä. (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1827.)

5.3.3 Aistit

Kuulovaurion riski on yleisesti esiin nostettu puheenaihe raskaudenaikaisen magneettikuvauksen yhteydessä. Tutkimuksissa selvitettiin, onko raskaudenaikaisella magneettikuvauksella ja lasten kuulotestien tuloksilla yhteyttä. Kaikkien tutkimusten tulokset olivat samansuuntaisia: magneettikuvaus ei lisännyt kuulon aleneman ilmaantuvuutta (Reeves ym. 2010: 806), eikä kuvausprotokolla tai altistuksen ajankohta vaikuttanut testien tuloksiin (Zvi ym. 2020: 1991). Myös useamman kerran magneettikuvaukselle raskauden aikana altistuneilla vauvoilla kuulotestien tulokset olivat normaalit (Jaimes ym. 2018: 40; Zvi ym. 2020: 1991).

Magneettikentän voimakkuus ei vaikuttanut kuulotestien tuloksiin, kun vertailtiin 1,5 T ja 3 T magneettikentille altistuneita keskenään. Raskauden aikana äidin kudokset ja lapsi-
vesi vaimentavat tehokkaasti magneettikuvauslaitteen melua. Muita tekijöitä, jotka auttavat alentamaan sikiön melualtistusta, ovat korkeataajuisen äänen vaimentaminen sekä kuvauksen keston lyhentäminen. Niihin pystytään vaikuttamaan sopivien

kuvaussekvenssien valinnalla. (Jaimes ym. 2018: 40–41.) 3 T altistuneiden tulokset eivät eronneet myöskään magneettikuvaukselle altistumattomien kuulotestien tuloksista (Chartier ym. 2019: 1171). Riskiä kuulon alenemaan ei havaittu, kun lapsia seurattiin 4-vuotiaaksi asti (Ray ym. 2016: 957).

Pieni mutta merkittävä ero kuulotestien tuloksissa havaittiin yhdessä tutkimuksessa, yhdellä neljästä taajuudesta (4 kHz), kun tarkasteltiin kaikkia sikiöaikana magneettikuvaukselle altistuneita vauvoja, myös niitä, jotka olivat vaatineet tehohoitoa syntymän jälkeen. Tuloksia verrattiin yli 16 800 anonyymeihin kuulotestien tuloksiin. Pelkästään hyväkuntoisia vauvoja tarkasteltaessa magneettikuvaukselle altistuneiden kuulotestien tuloksissa ei ollut eroja yhdelläkään taajuudella verrattuna altistumattomiin. Kaikki olivat altistuneet 1,5 T magneettikuvaukselle toisen tai kolmannen raskauskolmanneksen aikana. Ei vaikuta, että magneettikuvauksen melu suoranaisesti olisi syynä tähän pienen poikkeamaan, ennemminkin mittausolosuhteissa tai -tekniikoissa tapahtunut vaihtelu. Tutkimusjoukko ei myöskään ollut kovin suuri. (Reeves ym. 2010: 806, 808.)

1,5 T magneettikuvaukselle raskausaikana altistuneilla ei ollut ongelmia näkökyvyssä. Yhdessä tutkimuksessa näkökykyä arvioitiin ilmeisesti ainoastaan vanhempien kertomana, ainakaan tietoa näkötesteistä ei ollut raportoitu artikkelissa (Bouyssi-Kobar ym. 2015: 1827). Myöskään ensimmäisellä raskauskolmanneksella koko altistuneiden joukkoa tarkasteltaessa riskiä näkökyvyn heikkenemiselle ei havaittu. Kuitenkin kun tarkasteltiin pelkästään magneettikuvaukselle hyvin varhaisessa raskauden vaiheessa (5–10 rv) altistuneita lapsia, synnynnäisten poikkeamien ja kuulonaleneman riski ei muuttunut verrattuna muuhun altistumisen ajankohtaan, mutta havaittiin suurentunut näön menetyksen riski varhaisilla raskausviikoilla magneettikuvaukselle altistuneilla. (Ray ym. 2016: 957.)

5.4 Raskaudenaikaisen gadoliniumille altistumisen vaikutukset sikiöön

Tutkimuksissa ei havaittu kohonnutta sikiön tai vastasyntyneen kuoleman riskiä gadoliniumille altistuneilla verrattuna niihin, jotka eivät altistuneet gadoliniumille magneettikuvauksen aikana. Yhteyttä myöskään gadoliniumin käytön ja vastasyntyneiden tehohoittoa vaatineiden terveydentilojen ilmaantumisen välillä ei havaittu. Tutkimus ei siis osoittanut yhteyttä gadoliniumin käytön ja tutkittujen haittavaikutusten välillä, mutta muita, lievempiä haittavaikutuksia kuin kuolemanriskiä tai tehohoidon tarvetta ei tarkasteltu. (Winterstein ym. 2023: e7, e10.)

Toisessa tutkimuksessa puolestaan tutkimusjoukon ulkopuolelle jääneistä lapsista kuolleena syntyneiden osuus oli suurempi niillä, jotka altistuivat magneettikuvaukselle raskauden ensimmäisellä kolmanneksella ja niillä, jotka altistuivat gadoliniumtehosteille magneettikuvaukselle verrattuna niihin, jotka eivät altistuneet lainkaan magneettikuvaukselle sikiöaikana. Kohonnutta kuolleisuutta ei kuitenkaan voitu todeta johtuvan gadoliniumista, sillä joukko oli suljettu pois lopullisesta tutkimusjoukosta mm. kromosomipoikkeavuuksien, synnynnäisten epämuodostumien tai tilastoitujen tietojen puutteellisuuden vuoksi. (Ray ym. 2016: 954–955.)

Tutkimusjoukkoon hyväksytyjen, gadoliniumille altistuneiden joukossa oli kuolleisuus myös suurempi verrattuna altistumattomiin. Kuolleisuus gadoliniumille altistuneilla oli 1,76 % ja ilman tehosteainetta magneettikuvaukselle ensimmäisellä raskauskolmanneksella altistuneiden joukossa 1,09 % sekä magneettikuvaukselle altistumattomien joukossa kuolleisuus oli 0,69 %. Riskikerroin on suurentunut, vaikkakin kuolemantapauksia oli vain 7 gadoliniumille altistuneista, tutkimusjoukon ollessa 393 henkilöä. (Ray ym. 2016: 959.)

Samaisessa gadoliniumin haittoihin keskittyneessä tutkimuksessa havaittiin yhteys gadoliniumin käytön ja harvinaisen nefrogeenisen systeemisen fibroosin (NSF) kaltaisen tilan kohonneen esiintyvyyden välillä. Nefrogeeninen systeeminen fibroosi on vakava, jopa hengenvaarallinen sairaus, jossa ihoon muodostuu sidekudosta aiheuttaen ihon paksuuntumista, karheutumista ja kovettumista. Se voi joskus aiheuttaa myös nivelten liikerajoituksia. Myös muiden elinten muutokset ovat mahdollisia. Nefrogeenisen systeemisen fibroosin riski gadoliniumin käytön yhteydessä on tunnettu ja eri gadoliniumia sisältävät tehosteaineet on sen vuoksi jaoteltu eri riskiluokkiin Euroopan lääkeviraston lääkevalmistekomitean (CHMP) toimesta. (Terveysportti 2011.) Myös muiden, harvinaisten reumatologisten ja tulehduksellisten ihosairauksien esiintyvyyden sekä gadoliniumin käytön välillä havaittiin yhteys, mutta vain altistumisen tapahtuessa ensimmäisellä raskauskolmannella (Ray ym. 2016: 958).

Gadoliniumille altistumisen ja epämuodostumien ilmaantuvuuden välillä ei havaittu yhteyttä, eli tutkimusten perusteella gadolinium ei lisää epämuodostumien esiintyvyyden riskiä (Ray ym. 2016: 958–959). Suurempi osa vauvoista myös syntyi ennenaikaisesti gadoliniumille altistuneista ja ensimmäisellä raskauskolmanneksella altistuneista, kuin niistä, jotka eivät olleet altistuneet, mutta se ei ollut varsinaisesti tutkimuksen kohteena eikä sen voi välttämättä todeta johtuvan gadoliniumista tai magneettikuvaukselle altistumisesta. (Ray ym. 2016: 955.)

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutuksia sikiöön ja varhaislapsuuteen. Tutkimustulosten perusteella voidaan johtopäätöksenä todeta, että magneettikuvaus on pääsääntöisesti turvallinen raskaudenaikainen kuvantamismenetelmä sikiön kannalta. Raskaudenaikainen magneettikuvaus ei aiheuta pitkäaikaisia haittavaikutuksia esimerkiksi lasten neurologiseen kehitykseen tai toiminnallisiin taitoihin. Raskaudenaikaisissa kuvantamistutkimuksissa tulee olla selkeä indikaatio kuvaukselle ja tutkimukset on tehtävä raskauden aikana vain, jos niitä ei voi siirtää raskauden jälkeiseen aikaan, sillä sikiön suojelu on erittäin tärkeä asia. Tämä koskee myös magneettikuvausta. Tulokset ovat samansuuntaisia kuin aiemmat aiheesta tehtyjen tutkimusten tulokset.

Gadoliniumin käyttöä tehosteaineena ei voida suositella raskauden aikana sen aiheuttamien haittavaikutusten vuoksi. Tutkimustuloksissa oli ristiriitaisuuksia gadoliniumin vaikutuksesta kuolemanriskiin. Suurimman riskin sikiölle aiheutti gadoliniumtehosteille magneettikuvaukselle altistuminen ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana. Sen vuoksi luotettavia raskauden todentamismenetelmiä olisi hyvä ottaa käyttöön, kun tiedetään gadoliniumin aiheuttamat riskit sekä ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana tehdyn magneettikuvauksen aiheuttamat riskit. Raskaana olevilla potilailla on gadoliniumin käyttöä harkittava erittäin tarkasti.

Kirjallisuuskatsauksen tulosten perusteella raskaudenaikainen magneettikuvaus ei siis altista ennenaikaiselle syntymiselle, pienemmälle syntymäpainolle, rakenteellisille poikkeamille, kasvainten esiintyvyydelle eikä kuulovaurioille. Raskaudenaikaisella magneettikuvauksella ei myöskään ole vaikutusta lasten neurologiseen kehitykseen tai toiminnallisiin taitoihin pitkällä aikavälillä. Pieni riski näkövaurioiden esiintymiselle todettiin hyvin varhaisessa raskauden vaiheessa altistuneilla.

6.2 Jatkotutkimusehdotukset

Osassa tutkimuksista tutkittava joukko oli suhteellisen pieni ja tarvittaisiin enemmän vastaavia tutkimuksia tulosten varmistamiseksi, esimerkiksi ensimmäisen raskauskolmanneksen aikaisen magneettikuvauksen vaikutuksista sikiön kehitykseen, kun

tiedetään sikiön herkkyys sen solujen jakautumisen ollessa nopeaa varsinkin ensimmäisellä raskauskolmanneksella.

Tutkimuksissa oli myös joitakin puutteita. Esimerkiksi Ray ym. tutkimuksessa tietoa odottavien äitien reseptilääkkeiden tai alkoholin käytöstä ei ollut saatavilla, mitkä ovat potentiaalisia teratogeenisia riskitekijöitä. Tutkimusjoukon ulkopuolelle jätettiin kuitenkin sellaisia äitejä, joiden sairauden hoitoon yleisesti käytetään teratogeenisia lääkkeitä, kuten nivelreuma tai epilepsia. (Ray ym. 2016: 960.) Tutkimuksia olisi hyvä pyrkiä tekemään kaikki osatekijät huomioiden.

Raskaudenaikaisen magneettikuvauksen vaikutuksia näkökykyyn olisi myös hyvä tarkastella enemmän, Rayn ym. tutkimuksessa havaitun näkökyvyn heikkenemisen vuoksi, silloin kun magneettikuvaukselle altistuminen tapahtui hyvin varhaisessa raskauden vaiheessa.

Gadoliniumin haittavaikutuksista sikiölle ei ole tehty monia tutkimuksia. Se varmasti johtuu siitä, että gadoliniumin haitat ovat yleisesti tiedossa ja sen käyttöä raskauden aikana vältetään. Gadoliniumin vaikutuksia pitäisi tutkia enemmän. Joitakin tutkimuksia eläimillä on tehty ja myös niissä on todettu gadoliniumilla olevan haittavaikutuksia sikiölle (Acog 2017: 212).

6.3 Eettisyys ja luotettavuus

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (Tenk) on julkaissut HTK-ohjeen eli hyvän tieteellisen kirjoittamisen ohjeen. Sen tavoitteena on edistää hyvää tieteellistä käytäntöä ja tutkimuseetiikan periaatteiden tuntemusta sekä ennaltaehkäistä epärehellisyyttä tutkimuksissa. Ohjeen avulla varmistetaan myös, että mahdollisia loukkauksia käsitellään asianmukaisesti. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden on noudatettava hyvää tieteellistä käytäntöä. (Tenk 2012: 4–5.)

Koko opinnäytetyöprosessin ajan noudatin hyvää tieteellistä käytäntöä. En ole sepittänyt tai vääristellyt havaintoja enkä ole plagioinut toisten kirjoittajien tekstejä. (Tenk 2012: 9.)

Noudatin myös ammattikorkeakoulujen rehtorineuvoston Arene ry:n opinnäytetyön eettisiä ohjeita. Ohjeen tavoitteena on eri ammattikorkeakoulujen opinnäytetyöprosessin yhtenäistäminen, hyvän tieteellisen käytännön edistäminen, tieteellisen epärehellisyyden ehkäiseminen sekä opinnäytetöiden laadun parantaminen (Arene 2020: 4).

Ohjeiden mukaisesti perehdyin opinnäytetyöni aiheeseen ja tutkimuseettisiin periaatteisiin. Opinnäytetyö on oppimisprosessi, jonka on tarkoitus edistää opiskelijan asiantuntijuutta, ammatillista kehittymistä ja työelämätaitoja (Arene 2020: 15). Tein opinnäytetyön huolella ja noudatin Metropolia Ammattikorkeakoulun opinnäytetyöprosessia ja ohjeita.

Kirjallisuuskatsauksen luotettavuuden lisäämiseksi, on tiedonhaku raportoitava. Tiedonhaun aikana kirjasin tarkasti ylös kaikki hakusanat ja -lausekkeet sekä valitsemani artikkelit, jotta haku on helposti toistettavissa. Valitsin sopivat artikkelit laatimieni mukaanotto- ja poissulkukriteerien perusteella.

Aineiston haun ja sen käsittelyn kuvauksen lisäksi opinnäytetyön luotettavuutta lisää myös kirjallisuuskatsaukseen valittujen artikkelien esittely sekä tulosten esittely. Tein aineistosta sisällönanalyysin, sen avulla pyrin muodostamaan luotettavan kokonais kuvan tutkittavasta aiheesta. (Kangasniemi & Pölkki 2016: 83–85.) Eettisyys ja luotettavuus liittyvät tiiviisti toisiinsa. Eettisyyttä ja luotettavuutta parantaakseni etenin johdonmukaisesti aina tutkimuskysymyksen muodostamisesta tuloksiin ja johtopäätöksiin asti. (Kangasniemi ym. 2013: 297.)

Aineiston valinnan suhteen kirjallisuuskatsauksen luotettavuutta voi vähentää se, että valitsin mukaan vain englanninkielisiä tutkimuksia ja vain maksutta saatavilla olevia tutkimuksia. Rajausta saattaa jättää pois kirjallisuuskatsaukseen soveltuvia julkaisuja. Kaikki tutkimusartikkelit olivat kuitenkin vertaisarvioituja alkuperäistutkimuksia, jolloin ne ovat julkaisuvaiheessa käyneet läpi tietyn laadunarvioinnin. Tutkimusten analysointia vaikeutti tutkimusten alkuperäiskieli englanti. Vaikka käännökset on tehty tarkasti, on aina olemassa riski väärälle tulkinnalle. Tämä on saattanut vaikuttaa analysoinnin luotettavuuteen.

Kuten jo mainittu, yhden henkilön toimesta tehty opinnäytetyö aiheuttaa tiettyjä haasteita luotettavuuden suhteen. Erilaisten näkemysten puute ja tulkintavirheiden mahdollisuus saattavat heikentää opinnäytetyön luotettavuutta. Kahden tai useamman henkilön toimesta tehtyyn työhön on mahdollista saada myös laajempaa pohdintaa ja useampia eri näkemyksiä. Työni luotettavuutta lisäsi kuitenkin prosessin tarkka noudattaminen sekä ohjaajilta ja opponenteilta saadun palautteen mukaiset muutokset työn sisältöön. Opinnäytetyötä tehdessäni en kopioinut tekstiä suoraan, vaan kerroin asiat omin sanoin plagioinnin välttämiseksi. Käytin tieteellisiä lähteitä ja noudatin lähdekritiikkiä. Merkitsin kaikki opinnäytetyössä käyttämäni lähteet ja lähdeviitteet Metropolian sosiaali- ja

terveysalan kirjallisten töiden ohjeiden mukaisesti. Tarkistin opinnäytetyöni jokaisessa vaiheessa Turnitin plagiaatintunnistusjärjestelmässä.

6.4 Ammatillinen kehittyminen

Opinnäytetyön tekeminen opetti minulle paljon sekä opinnäytetyöni aiheesta että tutkimusprosessista. Tiedonhakuprosessin tarkkuus ja sen raportoinnin tärkeys yllättivät minut ja tiedonhakuun kului paljon aikaa. Opinnäytetyöprosessin haastavuutta lisäsi se, että tein opinnäytetyön yksin. En saanut vertaistukea, enkä voinut yhdessä pohtia jonkun toisen kanssa esimerkiksi opinnäytetyön rakenteeseen tai sisältöön liittyviä haasteita. Opinnäytetyön ohjaajilta saatu palaute, kannustus ja tuki olivat tärkeässä roolissa työn onnistumisen kannalta. Myös opponenteilta saatu palaute auttoi tarkastelemaan työtä kriittisesti ja vei opinnäytetyötä eteenpäin.

Huomasin, että olisin voinut suunnitella ajankäytön vielä paremmin. Myös kirjallisuuskatsaukseen menetelmänä tutustumiseen ja ymmärtämiseen kului aikaa. Luin paljon menetelmäkirjallisuutta ja sen avulla opin analysoimaan ja jäsentämään tieteellistä tekstiä. Osallistuin myös opinnäytetyöprosessin aikana työpajoihin ja sain arvokasta tietoa mm. tiedonhausta, kirjallisuuskatsauksesta tutkimusmenetelmänä sekä aineiston analysoinnista.

Motivaationi pysyi korkealla, sillä halusin toteuttaa opinnäytetyön kevään 2023 aikana ja aihe oli minua kiinnostava. Haasteita tuotti tutkimusaineiston kääntäminen englannista suomeksi, mutta opinnäytetyöprosessin aikana opin etsimään ja tulkitsemaan englanninkielisestä tieteellisestä tekstistä oleelliset asiat. Itsenäisessä työskentelyssä korostui oma vastuu työn etenemisestä ja kokonaisuuden hallinnasta.

Lähteet

Acog 2017. Acog Committee Opinion. Guidelines for Diagnostic Imaging During Pregnancy and Lactation. The American College of Obstetricians and Gynecologists. *Obstetrics & Gynecology* 130 (4): 210–216. <<https://www.acog.org/-/media/project/acog/acogorg/clinical/files/committee-opinion/articles/2017/10/guidelines-for-diagnostic-imaging-during-pregnancy-and-lactation.pdf>>. Viitattu 10.2.2023.

Allison, Jerry & Yanasak, Nathan 2015. What MRI Sequences Produce the Highest Specific Absorption Rate (SAR), and Is There Something We Should Be Doing to Reduce the SAR During Standard Examinations? *American Journal of Roentgenology* 205 (2). <<https://www.ajronline.org/doi/10.2214/AJR.14.14173>>. Viitattu 4.3.2023.

American College of Radiology 2023. ACR Manual of Contrast Media. ACR Committee on Drugs and Contrast Media. <https://www.acr.org/-/media/acr/files/clinical-resources/contrast_media.pdf>. Viitattu 1.4.2023.

Arene 2020. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. Arene ry. <https://www.arene.fi/wp-content/uploads/Raportit/2020/AMMATTIKORKEAKOULUJEN%20OPINN%C3%84YTET%C3%96IDEN%20EETTISET%20SUOSITUKSET%202020.pdf?_t=1578480382>. Viitattu 10.2.2023.

Aronen, Hannu & Niemi, Pekka & Dean, Peter 2017. Kuvantamisessa käytettävät kontrastaineet. Teoksessa Sequeiros, Roberto Blanco & Koskinen, Seppo K. & Aronen, Hannu & Lundbom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). *Klininen radiologia*. E-Kirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Balasundaram, Palanikumar & Avulakunta, Indirapriya Darshini 2022. Bayley Scales of Infant and Toddler Development. <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK567715/>>. Viitattu 9.4.2023.

Bouyssi-Kobar, Marine & du Plessis, Adré J. & Robertson, Richard L. & Limperopoulos, Catherine 2015. Fetal magnetic resonance imaging: exposure times and functional outcomes at preschool age. *Pediatric Radiology* 45 (12). 1823–1830. <<https://www.proquest.com/docview/1726742301/fulltextPDF/C8C4A572FA744891PQ/1?accountid=11363>>. Viitattu 9.4.2023.

Chartier, Andre L. & Bouvier, Monique J. & McPherson, Danielle R. & Stepenosky, James E. & Taysom, Danielle A. & Marks, Robert M. 2019. The Safety of Maternal and Fetal MRI at 3 T. *American Journal of Roentgenology* 213 (5). 1170-1173. <<https://www.ajronline.org/doi/full/10.2214/AJR.19.21400>>. Viitattu 9.4.2023.

Christiaens, Daan & Slator, Paddy J. & Cordero-Grande, Lucilio & Price, Anthony N. & Deprez, Maria & Alexander, Daniel C. & Rutherford, Mary & Hajnal, Joseph V. & Hutter, Jana 2019. In Utero Diffusion MRI Challenges, Advances, and Applications. *Topics in Magnetic Resonance Imaging* 28 (5): 255–264. <https://journals.lww.com/topicsinmri/Fulltext/2019/10000/In_Utero_Diffusion_MRI_Challenges,_Advances,_and.3.aspx>. Viitattu 26.3.2023

Coughlan, Michael & Cronin, Patricia 2021. *Doing a Literature Review in Nursing, Health and Social Care*. Third Edition. SAGE Publications Ltd.

Danzer, Enrico & Eppley, Elizabeth & Edgar, J. Christopher & Hoffman, Casey & Goldshore, Matthew A. & Adzick, N. Scott & Hedrick, Holly L. & Victoria, Teresa 2023. Effects of 1.5-T versus 3-T magnetic resonance imaging in fetuses: is there a difference in postnatal neurodevelopmental outcome? Evaluation in a fetal population with left-sided congenital diaphragmatic hernia. *Pediatric Radiology* Feb 2023.

Gatta, Gianluca & Di Grezia, Graziella & Cuccurullo, Vincenzo & Sardu, Celestino & Iovino, Francesco & Comune, Rosita & Ruggiero, Angelo & Chirico, Marilena & La Forgia, Daniele & Fanizzi, Annarita & Massafra, Raffaella & Belfiore, Maria Paola & Falco, Giuseppe & Reginelli, Alfonso & Brunese, Luca & Grassi, Roberto & Cappabianca, Salvatore & Viola, Luigi 2022. MRI in Pregnancy and Precision Medicine: A Review from Literature. *Journal of personalized medicine* 12(1). <<https://www.mdpi.com/2075-4426/12/1/9>>. Viitattu 10.2.2023.

HUS = Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiiri

HUS Diagnostiikkakeskus 2022. Potilaan säteilysuojaus röntgentutkimuksissa. Menetelyohje.

Jaimes, Camilo & Delgado, Jorge & Cunnane, Mary Beth & Hedrick, Holly H. & Adzick, N. Scott & Gee, Michael S. & Victoria, Teresa 2019. Does 3-T fetal MRI induce adverse acoustic effects in the neonate? A preliminary study comparing postnatal auditory test performance of fetuses scanned at 1.5 and 3 T. *Pediatric Radiology* 49 (1). 37–45. <<https://www.proquest.com/docview/2117033819?pq-origsite=gscholar&fromopenview=true>>. Viitattu 9.4.2023.

Kangasniemi, Mari & Pölkki, Tarja 2016. Aineiston käsittely: Kirjallisuuskatsauksen ydin. Teoksessa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta (toim.). *Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä*. Turku: Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. Sarja A73. 80–93.

Kangasniemi, Mari & Utriainen, Kati & Ahonen, Sanna-Mari & Pietilä, Anna-Maija & Jääskeläinen, Petri & Liikanen, Eeva 2013. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsennettyyn tietoon. *Hoitotiede* 25 (4), 291–301. <<https://www.proquest.com/docview/1469873650/fulltextPDF/C0438CFDFDC4EF0PQ/1?accountid=11363>>. Viitattu 4.2.2023.

Kankkunen, Päivi & Vehviläinen-Julkunen, Katri 2017. Tutkimus hoitotieteessä. 3.–5. painos. E-Kirja. Helsinki: Sanoma Pro.

Kere, Juha & Sariola, Hannu 2019. Ihmisen alkuperä. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 135 (24): 2391–2399. <<https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo15309.pdf>>. Viitattu 10.4.2023.

Kuuloavain.fi. Kuulo ja kuulovammat. Kuulon tutkiminen. <<https://www.kuuloavain.fi/info/kuulo-ja-kuulovammat/kuulon-tutkiminen//>>. Viitattu 7.4.2023.

Lammentausta, Eveliina 2017. Magneettikuvaus. Teoksessa Sequeiros, Roberto Blanco & Koskinen, Seppo K. & Aronen, Hannu & Lundbom, Nina & Vanninen, Ritva & Tervonen, Osmo (toim.). Kliininen radiologia. E-kirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Lantto, Eila 2019. Äidin kuvantaminen raskauden aikana. Teoksessa Tapanainen, Juha & Heikinheimo, Oskari & Mäkilallio, Kaarin (toim.). Naistentaudit ja synnytykset. E-Kirja. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Metsäranta, Marjo & Rahkonen, Leena & Haataja, Leena 2021. Apgarin pisteet - pinttynyt tapa vai hyödyllinen käytäntö? Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 137 (15): 1473–1474. <<https://www.duodecimlehti.fi/duo16342>>. Viitattu 10.4.2023.

Ministry of Children, Community and Social Services 2019. Protocol for Universal Newborn Hearing Screening in Ontario. <https://www.uwo.ca/nca/pdfs/clinical_protocols/IHP%20Screening%20Protocol%202019.01_Final_July_2019.pdf>. Viitattu 7.4.2023.

Natus Medical Incorporated 2010. Bio-logic ABAer Hearing Screening System. <<https://wdh02.azureedge.net/-/media/e3-diagnostics/shared/pdf/data-sheets/natus/natus-bio-logic-abaer.pdf?la=en&rev=9956>>. Viitattu 7.4.2023.

Niela-Vilén, Hannakaisa & Hamari, Lotta 2016. Kirjallisuuskatsauksen vaiheet. Teoksessa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta (toim.). Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. Sarja A73. 23–34.

Pääkkö, Eija & Ijäs, Hilka 2020. Akuutin vatsan kuvantaminen raskauden aikana. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 136 (3): 307–313. <<https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo15371.pdf>>. Viitattu 10.2.2023.

Ray, Joel G. & Vermeulen, Marian J. & Bharatha, Aditya & Montanera, Walter J. & Park, Alison L. 2016. Association Between MRI Exposure During Pregnancy and Fetal and Childhood Outcomes. The Journal of the American Medical Association (JAMA) 316 (9). 952–961. <https://mrquestions.com/uploads/3/4/5/7/34572113/jama_pregnancy_gd.pdf>. Viitattu 9.4.2023.

Reeves, Michael J. & Brandreth, Marian & Whitby, Elspeth H. & Hart, Anthony R. & Paley, Martyn N. J. & Griffiths, Paul D. & Stevens, John C. 2010. Neonatal Cochlear Function: Measurement after Exposure to Acoustic Noise during in Utero MR Imaging. Radiology 257 (3). 802–809. <https://www.researchgate.net/profile/Anthony-Hart-3/publication/46578574_Neonatal_Cochlear_Function_Measurement_after_Exposure_to_Acoustic_Noise_during_in_Utero_MR_Imaging/links/57fd0fde08ae49db475523f0/Neonatal-Cochlear-Function-Measurement-after-Exposure-to-Acoustic-Noise-during-in-Utero-MR-Imaging.pdf>. Viitattu 9.4.2023.

Rinta-Kiikka, Irina & Nyberg, Reita & Laarne, Päivi 2012. Raskaana olevan potilaan kuvantaminen. *Lääkärilehti* 67 (10). 782–788. <https://www.researchgate.net/profile/Reita-Nyberg/publication/267101524_Radiological_imaging_of_pregnant_women/links/544603060cf2d62c304d8cb9/Radiological-imaging-of-pregnant-women.pdf>. Viitattu 21.2.2023.

Rocha, Ana Paula Campos & Carmo, Rafael Lourenço & Melo, Rodolfo Ferreira Queiroz & Vilela, Daniel Nogueira & Leles-Filho, Orlando Silqueira & Costa-Silva, Luciana 2020. Imaging evaluation of nonobstetric conditions during pregnancy: what every radiologist should know. *Radiologia Brasileira* 53 (3):185–194. <<https://www.scielo.br/j/rb/a/4kTmHNZKbWZz3CX79hjGCHg/?format=pdf&lang=en>>. Viitattu 10.2.2023.

Seuri, Raija & Kalajoki-Helmiö, Teija & Palomäki, Maarit & Räsänen, Juha & Kuusela, Linda 2018. Sikiön magneettikuvaus. *Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim* 134 (6): 641–648. <<https://www.terveysportti.fi/xmedia/duo/duo14214.pdf>>. Viitattu 1.4.2023.

Suhonen, Riitta & Axelin, Anna & Stolt, Minna 2016. Kirjallisuuskatsaus hoitotieteissä. Turku: Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. Sarja A73. 7–21.

STUK=Säteilyturvakeskus

STUK a. Mitä säteily on? Terveyshaittojen ehkäiseminen säteilysuojelulla. Päivitetty 8.10.2020. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/terveyshaittojen-ehkaiseminen-sateilysuojelulla>>. Viitattu 3.4.2023.

STUK b. Mitä säteily on? Sanasto. Päivitetty 23.6.2022. <<https://www.stuk.fi/aiheet/mita-sateily-on/sanasto>>. Viitattu 26.3.2023.

STUK 2019. Säteily terveydenhuollossa, magneettitutkimus. <<https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/magneettitutkimus>>. Viitattu 4.2.2023.

STUK 2022. Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2021. Terveidenhuollon valvontaraportti. <<https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/145428/STUK-B-295-Radiologisten-tutkimusten-m%C3%A4%C3%A4r%C3%A4t-vuonna-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Viitattu 7.3.2023.

Sundqvist, Laura & Nikkinen, Hilkka 2023. Akuutti vatsakipu loppuraskaudessa. *Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim* 139(1). 45–51.

Tenk = Tutkimuseettinen neuvottelukunta

Tenk 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta. 4-7. <https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf>. Viitattu 7.2.2023.

Terveyskirjasto. Lääketieteen sanasto. <<https://www.terveyskirjasto.fi/sisalto/laaketieteen-sanasto>>. Viitattu 3.4.2023.

Terveysportti 2011. Nefrogeenisen systeemisen fibroosin riski gadoliniumia sisältävillä varjoaineilla. <https://terveysportti.mobi/tyoterveyskirjasto/uutismaailma.duodecimapi.uutisarkisto?p_arkisto=1&p_palsta=25&p_artikkeli=uux14608>. Viitattu 10.4.2023.

Vaara, Satu & Syväranta, Suvi & Peltonen, Juha 2021. Magneettikuvauksen ABC: T1, T2, fat sat, DWI ynnä muut. Lääketieteellinen aikakauskirja Duodecim 137(24): 2681–2689. <<https://www.duodecimlehti.fi/xmedia/duo/duo16593.pdf>>. Viitattu 4.2.2023.

Valkeapää, Kirsi 2016. Tutkimusaineiston valinta kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa. Teoksessa Stolt, Minna & Axelin, Anna & Suhonen, Riitta (toim.). Kirjallisuuskatsaus hoitotieteessä. Turku: Turun yliopisto. Hoitotieteen laitoksen julkaisuja, tutkimuksia ja raportteja. Sarja A73. 56–66.

Westbrook, Catherine & Talbot, John 2019. MRI in Practice. Fifth Edition. Wiley Blackwell.

Winterstein, Almut G. & Thai, Thuy N. & Nduaguba, Sabina & Smolinski, Nicole E. & Wang, Xi & Sahin, Leyla & Krefting, Ira & Gelperin, Kate & Bird, Steven T. & Rasmussen, Sonja A. 2023. Risk of fetal or neonatal death or neonatal intensive care unit admission associated with gadolinium magnetic resonance imaging exposure during pregnancy. American Journal of Obstetrics and Gynecology 228(4): 465.e1–465.e11. <<https://www.ajog.org/action/showPdf?pii=S0002-9378%2822%2900809-2>>. Viitattu 9.4.2023.

Yang, Sabrina & Paynter, Jessica M. & Gilmore, Linda 2016. Vineland Adaptive Behavior Scales: II Profile of Young Children with Autism Spectrum Disorder. Journal of Autism and Developmental Disorders 46(1): 64–73. <<https://www.proquest.com/docview/1754764752/fulltextPDF/878DFF918F914315PQ/1?accountid=11363>>. Viitattu 10.4.2023.

Zvi, E. & Shemer, A. & Toussia-Cohen, S. & Zvi, D. & Bashan, Y. & Hirschfeld-Dicker, L. & Oselka, N. & Amitai, M.-M. & Ezra, O. & Bar-Yosef, O. & Katorza, E. 2020. Fetal Exposure to MR Imaging: Long-Term Neurodevelopmental Outcome. American Journal of Neuroradiology 41 (11). 1989–1992. <<https://www.ajnr.org/content/ajnr/41/11/1989.full.pdf>>. Viitattu 9.4.2023.

Kirjallisuuskatsauksen alkuperäistutkimukset

| | Tekijät, julkaisu- vuosi, jul- kaisumaa | Artikkelin nimi | Tutkimuksen lähtökoh- dat ja tarkoitus | Kohderyhmä | Aineiston keruu ja ana- lyysimenetelmä | Keskeiset tutkimustu- lokset opinnäytetyön kannalta |
|----|--|---|--|--|---|--|
| 1. | Bouyssi-Kobar & du Plessis & Robertson & Limperopoulos. 2015. Yhdysval- lat. | Fetal magnetic resonance imaging: exposure times and functional outcomes at preschool age | Tarkoituksena arvioida 1,5 T magneettikuvauksen vaikutuksia varhaislapsuudessa niillä, joille oli tehty sikiön magneettikuvaus. | 72 raskaana olevaa naista, joille tehtiin sikiön magneettikuvaus toisen tai kolmannen raskauskolmanneksen aikana. | Prospektiivinen havainnointitutkimus | Ei havaittu toiminnallisia haittoja eikä kuulonalenemia ennen kouluikää. |
| 2. | Chartier & Bouvier & McPherson & Stepenosky & Taysom & Marks. 2019. Yhdysval- lat. | The Safety of Maternal and Fetal MRI at 3 T | Tarkoituksena arvioida kliinisen 3 T magneettikuvauksen vaikutuksia raskauden aikana sikiön kasvuun ja vastasyntyneen kuuloon vastasyntyneillä, joilla on pieni synnytyksen kuulovaurion tai aivo- tai kromosomipoikkeavuuksien riski. | 81 vastasyntynyttä vuosilta 2008–2015, jotka olivat altistuneet kohdussa 3 T magneettikuvaukselle, 162 verrokkiryhmä. | Retrospektiivinen ta- paus-verrokkitutkimus Data kerättiin sähköi- sestä potilastietojärjes- telmästä | Keskimääräisessä syn- tymäpainossa tai kuulo- onalenemien esiinty- vydessä ei ollut merkit- tävää eroa magneetti- kuvaukselle altistuneiden ja kontrolliryhmään kuuluneiden vastasyntyneiden välillä. |
| 3. | Danzer & Eppley & Edgar & Hoffman & Goldshore & Adzick & Hedrick & Victoria. 2023. Yhdysval- lat. | Effects of 1.5-T versus 3-T magnetic resonance imaging in fetuses: is there a difference in postnatal neurodevelopmental outcome? Evaluation in a fetal population with left-sided congenital | Tarkoituksena vertailla 1,5 T ja 3 T vaikutuksia syntymänjälkeiseen neurologiseen kehitykseen. | 100 lasta, 2012–2019 syntyneet, joilla oli synnytyksellinen pallean- tyrä, ja joita oli seurattu raskauden aikana magneettikuvauksilla. | Retrospektiivinen tutki- mus | Ei havaittu eroja neurologisessa kehityksessä lapsilla, jotka olivat altistuneet raskausaikana 1,5 T magneettikuvaukselle verrattuna 3 T magneettikuvaukselle altistuneisiin. |

| | Tekijät, julkaisu- vuosi, jul- kaisumaa | Artikkelin nimi | Tutkimuksen lähtökoh- dat ja tarkoitus | Kohderyhmä | Aineiston keruu ja ana- lyysimenetelmä | Keskeiset tutkimustu- lokset opinnäytetyön kannalta |
|----|--|--|--|---|--|---|
| | | diaphragmatic her- nia | | | | |
| 4. | Jaimes & Delgado & Cunnane & Hedrick & Adzick & Gee & Victoria. 2018. Yhdysval- lat | Does 3-T fetal MRI induce adverse acoustic effects in the neonate? A preliminary study comparing postnatal auditory test performance of fetuses scanned at 1.5 and 3 T | Tavoitteena oli selvittää, onko synnynnäisen kuulonläneman esiintyvyys lisääntynyt vastasyntyneillä, jotka ovat altistuneet 3 T magneettikuvaukselle raskauden aikana verrattuna niihin, jotka altistuivat 1,5 T magneettikuvaukselle. | 124 lasta, jotka olivat altistuneet 1,5 T tai 3 T magneettikuvaukselle raskauden aikana vuosina 2012–2016. | Retrospektiivinen ta- paus-verrokkitutkimus | Altistuminen 3 T magneettikuvaukselle raskauden aikana ei lisännyt kuulohäiriöiden esiintyvyyttä verrattuna niihin, jotka altistuivat 1,5 T magneettikuvaukselle. |
| 5. | Ray & Vermeulen & Bharatha & Montanera & Park. 2016. Kanada. | Association Between MRI Exposure During Pregnancy and Fetal and Childhood Outcomes | Arvioida pitkän aikavälin magneettikuvauksen turvallisuutta, kun sikiö on altistunut magneettikuvaukselle ensimmäisen raskauskolmanneksen aikana. Lisäksi selvitettiin gadolinium-tehosteaineen käytön riskejä käytettynä missä tahansa raskauden vaiheessa. | Kaikki (1 412 105) yli 20 raskausviikon jälkeeseen syntyneet lapset Kanadan Ontarion alueella vuosina 2003–2015, jotka olivat altistuneet magneettikuvaukselle. | Retrospektiivinen kohort- titutkimus Data kerättiin sähköi- sestä potilastietojärjes- telmästä | Ei havaittu merkittäviä eroja kuolleisuuden tai epämuodostumien, kasvainten tai näön ja kuulon menetyksen suhteen magneettikuvaukselle ensimmäisellä raskauskolmanneksella altistuneilla verrattuna sellaisiin, jotka eivät altistuneet magneettikuvaukselle raskauden aikana. Gadolinium-tehosteaineen käytön yhteydessä havaittiin harvinaisia haittavaikutuksia lapsuudessa. |

| | Tekijät, julkaisu- vuosi, jul- kaisumaa | Artikkelin nimi | Tutkimuksen lähtökoh- dat ja tarkoitus | Kohderyhmä | Aineiston keruu ja ana- lyysimenetelmä | Keskeiset tutkimustu- lokset opinnäytetyön kannalta |
|----|--|---|---|--|--|--|
| 6. | Reeves & Brandreth & Whitby & Hart & Paley & Griffiths & Stevens. 2010. Iso-Britannia. | Neonatal Cochlear Function: Measurement after Exposure to Acoustic Noise during in Utero MR Imaging | Liittykö sikiön altistuminen melulle 1,5 T magneettiku- vauksessa sisäkorvan vau- rioon ja vastasyntyneen kuulonalenemaan. | 103 vastasyntynyttä vuosina 1999–2007, jotka olivat altistuneet 1,5 T magneettiku- vaukselle toisen tai kolmannen raskaus- kolmanneksen ai- kana. | Retrospektiivinen tutki- mus Data kerättiin sähköi- sestä potilastietojärjes- telmästä | Ei havaittu merkittäviä eroja vastasyntyneiden kuulotestien tuloksissa niillä, jotka olivat altistu- neet 1,5 T magneettiku- vaukselle raskauden ai- kana, verrattuna niihin, jotka eivät olleet altistu- neet. |
| 7. | Winterstein & Thai & Nduaguba & Smolinski & Wang & Sahin & Kref- ting & Gelperin & Bird & Ras- mussen 2023. Yhdysvallat | Risk of fetal or neo- natal death or neo- natal intensive care unit admission as- sociated with gado- linium magnetic res- onance imaging ex- posure during preg- nancy | Arvioitiin yhteyttä synny- tystä edeltävän gadoli- niumtehosteisen magneet- tikuvauksen kanssa ja il- man tehosteainetta sekä sikiön ja vastasyntyneen kuoleman ja vastasyntynei- den tehohoitoon pääty- misen välillä. | 782 gadoliniumille al- tistunutta ja 5209 magneettikuvaukselle ilman tehosteainetta altistunutta vuosina 1999–2014. | Retrospektiivinen kohort- titutkimus Data kerättiin sähköi- sestä potilastietojärjes- telmästä | Selkeää yhteyttä gadoli- niumpohjaisen tehoste- aineen käytön ja sikiön kuoleman tai vastasynty- neen tehohoitoon päätyamisen välillä ei voitu vahvistaa. |
| 8. | Zvi, E. & She- mer & Toussia- Cohen & Zvi, D. & Bashan & Hirschfeld- Dicker & Oselka & Amitai & Ezra & Bar-Yosef & Katorza. 2020. Israel. | Fetal Exposure to MR Imaging: Long- Term Neurodevel- opmental Outcome | Tutkimuksen tarkoituksena oli arvioida raskauden ai- kana magneettikuvaukselle altistuneiden lasten pitkän aikavälin neurologisia kehi- tystuloksia 2,5–6-vuotiailla lapsilla. | 131 raskaana olevaa 1,5 T magneettitutki- muksen läpikäynyttä, verrokkiryhmä 771 vuosina 2011–2017. | Prospektiivinen kohortti- tutkimus Data kerättiin sähköi- sestä potilastietojärjes- telmästä | Ei havaittu eroja kol- mella neljästä osa- aluel- eella: kommunikaatio, päivittäiset elämäntaidot ja motoriset taidot ver- rokkiryhmään nähden. Sosiaalisissa taidoissa pistemäärä oli tutkimus- ryhmälle suotuisa. |

