

Opinnäytetyö (AMK)

Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Röntgenhoitaja

2015

Antti Aakkula ja Tomi Friederiksen

LANNERANGAN MAGNEETTIKUVANTAMINEN

– Kuvantamisopas röntgenhoitajaopiskelijoille



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Radiografia ja sädehoito | Röntgenhoitaja

Marraskuu 2015 | 48+2

Antti Aakkula ja Tomi Friederiksen

LANNERANGAN MAGNEETTIVANTAMINEN - KUVANTAMISOPAS RÖNTGENHOITAJAOPIKSELIJOLLE

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää lannerangan magneettikuvantamista koskevaa materiaalia. Opinnäytetyön tavoite oli vahvistaa ja kehittää röntgenhoitajaopiskelijoiden magneettikuvantamiseen liittyvää ammatillista osaamista kuvantamisoppaan avulla.

Opinnäytetyö tehtiin toiminnallisena opinnäytetyönä, joka sisältää kirjallisuudesta kootun teoreettisen osuuden ja lannerangan magneettikuvantamista koskevan kuvantamisoppaan röntgenhoitajaopiskelijoille. Opinnäytetyön teoriaosuus sisältää tutkimustietoon ja ammattikirjallisuuteen perustuen tietoa magneettifysiikasta ja magneettilaitteiden toiminnasta sekä tietoa lannerangan magneettikuvantamisesta käsitellen anatomiaa, indikaatioita sekä röntgenhoitajan työnkuvaa eri tehtävissä. Teoriaosuudessa kuvataan myös röntgenhoitajalta vaadittava ammatillinen osaaminen magneettikuvantamisessa sekä oppaan kriteereitä. Röntgenhoitajan ammatillista osaamista edistävä tarkoitus toimii opinnäytetyön eettisenä perustana.

Teoreettisen osuuden materiaali hankittiin systemaattisella kirjallisuuskatsauksella. Materiaali analysoitiin adekvaattiseksi röntgenhoitajalta vaadittavan ammatiosaamisen mukaan. Kuvantamisoppaan kehittämisessä pyrittiin noudattamaan hyvälle oppaalle kirjallisuudessa kuvattuja kriteereitä.

Oppaassa kuvataan lannerangan magneettikuvantamisen prosessi. Sitä voidaan käyttää syventävänä materiaalina ammattikorkeakouluissa magneettikuvantamista koskevilla opintojaksoilla tai opiskelijoiden itsenäisen opiskelun työkaluna. Opas on tarpeellinen, sillä vastaavia suomenkielisiä magneettikuvantamista käsitteleviä kuvantamisoppaita ei ole.

ASIASANAT:

lanneranka, magneettikuvantaminen, ammatillinen osaaminen, radiografiatyö, röntgenhoitaja, opas

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Radiography and radiotherapy | Radiographer

November 2015 | 48+2

Antti Aakkula and Tomi Friederiksen

MAGNETIC RESONANCE IMAGING OF LUMBAR SPINE

- IMAGING GUIDE FOR MR IMAGING OF LUMBAR SPINE TO RADIOGRAPHER STUDENTS

The aim of this thesis was to create material for MR imaging of lumbar spine. Improving and developing radiographer student's professional competence in MR imaging with an imaging guide were the targets for this thesis.

This thesis contains a theoretical part and a guide for MR imaging of lumbar spine to radiographer students. Theoretical part of thesis contains information about the physics, operation of the devices, anatomy and indications in magnetic resonance imaging of lumbar spine based on research information and professional literature. Theoretical part also portrays the professional competence which is necessary for radiographer students in MR imaging and criteria for a good guide. The aim to promote professional competence of a radiographer was the ethical justification for this thesis.

The material for the theoretical part of this thesis was acquired by using systematic review. The material was analyzed to be proper for this thesis by comparing it to the competence which is necessary for radiographer students in MR imaging. Literature based criteria for a good guide and health literature were the principles for building the guide.

The guide discloses the whole process of MR imaging of lumbar spine. It can be used as an advanced material or as a tool for independent studying for radiographer students. The makers of this thesis find their subject needful, because there aren't any equivalent imaging guides in Finnish.

KEYWORDS:

lumbar spine, magnetic resonance imaging, guide, professional competence, radiography, radiographer

SISÄLLYSLUETTELO

1 JOHDANTO	6
2 RÖNTGENHOITAJAN AMMATTIOSAAMINEN MAGNEETTIVANTAMISESSA	7
3 MAGNEETTIFYSIIKKA	8
3.1 Laitteisto	8
3.2 Magneettikuvantamisen periaatteet	8
3.3 Gradientit	11
2.4 Kuvaustekniikoita	12
4 MAGNEETTIVANTAMINEN LANNERANGAN DIAGNOSTIIKASSA	16
4.1 Anatomia	16
4.2 Indikaatiot	20
5 LANNERANGAN MAGNEETTIVANTAMINEN	21
5.1 Potilashoitajana työskentely	21
5.1.1 Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa	21
5.1.2 Potilasohjaus ja asettelu	23
5.2 Konehoitajana työskenteleminen	26
5.2.1 Protokolla	26
5.2.2 Magneettikuvantamisen optimointia	28
5.2.3 Artefaktat	32
6 OPPAAN KRITEREITÄ	36
7 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS	37
8 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS	38
9 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS	42
10 POHDINTA JA JATKOKEHITTÄMISEHDOTUKSET	45
LÄHTEET	47

LIITTEET

Liite 1. Saatekirje osastohoitajalle

Liite 2. Kuvantamisopas

KUVAT

Kuva 1. SAG T2-leikkeen anatomiaa (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com) 17

Kuva 2. SAG T1-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com) 18

Kuva 3. AX T2-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com) 18

Kuva 4. COR T2-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com) 19

Kuva 5. COR T2-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com) 19

TAULUKOT

Taulukko 1. Lannerangan rutiiniprotokollien sekvenssit.

27

1 JOHDANTO

Alaselkäkipu, joka kansainvälisesti lyhennetään LBP eli Low Back Pain, on maailmanlaajuisesti suurin kivunaiheuttaja (Sangani ym. 2014, 206). Jos selkäkipuun liittyy pieni trauma, osteoporoosi, neurologisia tai pitkittyneitä oireita tai potilas on yli 70-vuotias, on magneettikuvaus suositeltava valinta (McKinnis & Mulligan 2014, 281). Lannerangan magneettitutkimus on myös suositeltava, jos alaselkäkipuun liittyy epäily tuumorista tai infektiosta (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus, 2014; McKinnis & Mulligan 2014, 281; Ghaly ym. 2015).

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön tarkoitus on kehittää lannerangan magneettikuvantamista koskevaa materiaalia. Materiaalina on teoreettiseen viitekehukseen pohjautuva kuvantamisopas, joka kuvaa lannerangan magneettikuvantamisprosessin. Sitä voidaan käyttää syventävänä materiaalina ammattikorkeakouluissa magneettikuvantamista koskevilla opintojaksoilla tai opiskelijoiden itsenäisen opiskelun työkaluna. Röntgenhoitajan ammatillista osaamista edistävä tarkoitus toimii opinnäytetyön eettisenä perustana. Työ tulee tarjoamaan tutkimustietoon ja ammattikirjallisuuteen perustuen tietoa magneettifysiikasta ja magneettilaitteiden toiminnasta sekä paneutuu lannerangan magneettikuvantamiseen käsitellen anatomiaa, indikaatioita sekä röntgenhoitajan työnkuvaa eri tehtävissä. Tämä opinnäytetyö luo myös mahdollisuuden muille opiskelijoille jatkaa ja kehittää magneettikuvantamisen kuvantamisohjeita toiminnallisena opinnäytetyönä.

2 RÖNTGENHOITAJAN AMMATTIOSAAMINEN MAGNEETTIVANTAMISESSA

Magneettikuvantaminen on osa radiografiatyötä, jossa potilaan hoito ja tekninen osaaminen vaativat monitieteellistä tietoperustaa ja sen jatkuvaa kehittämistä. Tutkimustiedon hyödyntäminen, näyttöön perustuvan toiminnan ja työtapojen kehittäminen ovat osa radiografiatyötä. Röntgenhoitajalta vaadittava osaaminen koostuu matemaattisluonnontieteellisestä, lääketieteellisestä ja hoitotieteellisestä osaamisesta.

Röntgenhoitaja on vastuussa potilaan yksilöllisestä, turvallisesta ja kokonaihoitoa edistävästä hoidosta kuvantamistutkimuksissa, joissa potilaskontaktit edellyttävät nopeaa luottamuksellisen ja yksilöllisen hoito- ja vuorovaikutussuhteen luomista. Röntgenhoitajana toimiminen edellyttää kykyä nopeaan ja eettisesti kestävään päätöksentekoon sekä kliniseen hoitotoimintaan.

Röntgenhoitaja käyttää ammatillista osaamistaan suunnitellessaan, toteuttaessaan ja arvioidessaan itsenäisesti sekä työryhmän jäsenenä magneettitutkimuksia. Korkealaatuinen magneettikuvantaminen edellyttää röntgenhoitajalta ihmisen anatomian ja fysiologian osaamista. Röntgenhoitaja tuntee tehosteaineiden ominaisuudet ja osaa niiden turvallisen käytön magneettikuvantamisessa. Röntgenhoitaja hallitsee magneettikuvantamisen menetelmät ja laitteet sekä kuvantamisen teknisen suorittamisen. Hän toimii laadunhallintaa vaalivalla tavalla ja kykenee kehittämään uutta tietoa laadun edistämiseksi radiografiatyössä. (OPM 2006)

Magneettikuvantamisen opintojakson oppimistavoitteiden mukaan röntgenhoitajaopiskelijan tulee hallita laitetekniset ja fysikaaliset perusteet sekä turvallinen potilaan hoito magneettikuvantamisympäristössä. Opiskelijan tulee hallita tehosteaineiden turvallinen käyttö ja magneettikuvantamisen käyttöaiheet sekä laitteella suoritettavat toimenpiteet. Opiskelijan tulee ymmärtää vastuunsa potilaan hoidossa. (Metropolia 2015)

3 MAGNEETTIFYSIIKKA

3.1 Laitteisto

Magneettilaitteisto voidaan jakaa kuvauslaitteen sisällä ja ulkopuolella olevaan magneettilaitteistoon. Kuvauslaitteen sisällä sijaitsee itse magneettilaitteisto, joka sisältää radiotaajuisen signaalin tuottamista ja vastaanottamista vaativat magneetti- ja gradienttikelat, Shim-kelat sekä RF-kela. Magneettilaitteisto on sijoitettu kuparivuorattuun huoneeseen, joka eristää ulkopuolisen radiotaajuisen sähkömagneettisen säteilyn. Tätä tilaa kutsutaan Faradayn häkiksi. Kuvauslaitteen ulkopuolella oleva magneettilaitteisto pitää sisällään laitteen ohjauskeskuksen. Kuvauksessa käytettävä vahva ulkoinen magneettikenttä B_0 tuotetaan sähkömagneettisen induktion periaatteella sijoittamalla suprajohtavasta materiaalista valmistettu kela nestemäiseen heliumiin, minkä lämpötila on noin -269° . Aikaansaadun B_0 -kentän voimakkuutta mitataan yksiköllä Tesla (T). Yleisimmät käytössä olevat voimakkuudet ovat 1,5 ja 3 Teslaa. Gradienttikelat sijaitsevat magneettilaitteen sisällä ja ne toimivat huoneenlämmössä paikkainformaatiotyökaluina. RF-kelat sijaitsevat gradienttikelojen sisällä, ja niiden tehtävänä on välittää ja vastaanottaa signaaleja haluttuihin kudoksiin. Shim-kelojen tehtävä on poistaa B_0 -kentän epähomogeenisuutta. (Currie ym. 2013, 209.)

3.2 Magneettikuvantamisen periaatteet

Magneettikuvaus perustuu ihmisen vetyatomien ydinmagneettiseen resonanssiin (Hodgson 2010, 119; Reimer ym. 2010, 2; Westbrook ym. 2011, 15- 16). Atomien ominaisuuksista spin kuvaa sen magneettisen momentin voimakkuutta (Westbrook ym. 2011, 2). Jos spin on suurempi kuin 0, on atomilla magneettinen momentti (Westbrook ym. 2011, 2). Magneettisen momentin omaava ydin on ikään kuin pieni sauvamagneetti (Hodgson 2010, 119; Westbrook ym. 2011, 4; Currie ym. 2013, 210).

Koska vety-ytimiä eli ^1H on runsaasti vesi- ja rasvamolekyyleissä, ja sillä on suuri magneettinen momentti, on se magneetikuvantamisen kannalta suotuisa ydin. Ytimen magneettisen momentin voimakkuutta ja suuntaa kuvataan vektoreilla, jotka yhteenlaskettuna muodostavat nettomagnetisaatiovektorin M_0 . (Westbrook ym. 2011, 7; Currie ym. 2013, 211.) Ulkoiseen magneetikenttään B_0 jouduessaan satunnaisesti järjestäytyneet vektorit orientoituvat joko kohtisuoraan B_0 – kentän suuntaisesti tai sitä vastaan, mikä johtuu ytimien ominaisuudesta pyrkiä tasapainotilaan. (Hodgson 2010, 119; Reimer ym. 2010, 2; Westbrook ym. 2011, 7; Currie ym. 2013, 210.) Ulkoisen magneetikentän suuntaisesti orientoituvia vety-ytimiä on hieman enemmän, eli niillä ytimillä on hieman suurempi miehitysluku. Tämän vuoksi eri tilojen välille orientoituneiden ytimien erotusta voidaan kuvata miehityseroksi. Miehityseron vuoksi voidaan havaita ydinmagnetoituma ulkoisen magneetikentän suuntaan. Miehityseron ja ydinmagnetoituman suuruuteen vaikuttaa ulkoisen magneetikentän voimakkuus. (Westbrook ym. 2011, 8; Currie ym. 2013, 211.)

Ulkoisessa magneetikentässä ytimet ajautuvat myös preessioliikkeeseen (prekessioliikkeeseen) ulkoisen magneetikentän suunnan ympäri (Hodgson 2010, 119; Reimer ym. 2010, 3; Westbrook ym. 2011, 8; Currie ym. 2013, 211). Liikkeen taajuus eli Larmortaajuus ω_0 riippuu ulkoisen magneetikentän voimakkuudesta sekä tarkasteltavan alkuaineen gyromagneettisesta suhteesta γ eli se voidaan laskea kaavalla $\omega_0 = \gamma \cdot B_0$ (Hendee & Ritenour 2002, 357; Hodgson 2010, 119; Westbrook ym. 2011, 9; Currie ym. 2013, 211). Vety-ytimen Larmortaajuus on 42,56 – 42,58 MHz/T (Reimer ym. 2010, 3; Westbrook ym. 2011, 9; Currie ym. 2013, 211).

Signaalia havaitakseen tulee saatua nettomagnetisaatioa tarkastella poikittaisessa suunnassa ulkoista magneetikenttää vastaan (Westbrook ym. 2011, 15; Currie ym. 2013, 212). Luomalla muuttuvan Larmor-taajuisen magneetikentän B_1 eli RF-pulssin saadaan magnetisaatiovektori käännettyä poikittaiseen tasoon, jossa ytimet jatkavat poikittaista liikettään samassa vaiheessa (Hodgson 2010, 119; Reimer ym. 2010, 3; Westbrook ym. 2011, 9; Currie ym. 2013, 212). Tällöin siitä on havaittavissa muuttuva magneetikenttä, joka pystytään kelan avulla

tulkitsemaan Free Induction Decay-signaalina (FID) (Hendee & Ritenour 2002, 369; Westbrook ym. 2011, 15-16; Currie ym 2013, 212). FID-signaali heikkenee ajan funktiona (Reimer ym. 2010, 3; Westbrook ym. 2011, 23).

Verrattaessa ihmiskehon rasva- ja vesimolekyylejä ulkoisessa magneettikentässä saavuttaa rasvamolekyylien vety-ytimet tasapainotilansa paljon nopeammin kuin vesimolekyylit. RF-pulssin jälkeinen poikittainen ydinmagnetisaatio katoaa myös nopeammin rasvamolekyyleissä. Relaksaatiomekanismit aiheuttavat poikittaisen magnetisaation heikkenemisen ja pitkittäisen magnetisaation kasvamisen. (Westbrook ym. 2011, 23; Currie ym. 2013, 212.) Pitkittäiseen magnetisaatioon vaikuttaa T1-relaksaatio eli Spin-lattice-relaksaatio ja poikittaiseen T2-relaksaatio eli Spin-spin-relaksaatio (Hendee & Ritenour 2002, 364; Hodgson 2010, Reimer ym. 2010, 4-5; Westbrook ym. 2011, 16; Currie ym. 2013, 212). Relaksaatiot johtuvat muiden elektronien ja ytimien magneettisten momenttien luomista epähomogeenisuuksista sekä atomien ja molekyylien jatkuvasta lämpöliikkeestä (Currie ym. 2013, 212- 213). Relaksaatioaikojen erot ovat perusta kontrastien muodostumiselle magneettikuvantamisessa (Hodgson 2010, 123-124; Westbrook ym. 2011, 23; Currie ym. 2013, 214).

TR-aika eli Time to Repertition määrää, kuinka suuri osa pitkittäisestä magnetisaatiosta ehtii palautua RF-pulssien välillä. Rasvamolekyyleissä sijaitsevilla vety-ytimillä on lyhyet T1- ja T2-relaksaatioajat ja vesimolekyyleissä sijaitsevilla pitkät relaksaatioajat. Tarkastellessa ytimiä homogeenisessa B_0 - kentässä huomataan, että TR-ajan ollessa lyhyt vain lyhyen T1-relaksaatioajan omaavien ytimien magnetisaatio ehtii palautua, minkä seurauksena pitkän T1-relaksaatioajan omaavien ytimien pitkittäinen magnetisaatio jäisi selvästi heikommaksi. Tämän vuoksi T1-painotteisessa kuvassa rasvan signaali on voimakkaampi kuin veden, ja näkyy siksi kirkkaana ja vesi tummana. RF-pulssista signaalin havaitsemiseen kuluva aikaa kutsutaan TE-ajaksi eli Time to Echo-ajaksi. T2-painotteisessa kuvassa on pitkät TR- ja TE-ajat, minkä seurauksena kaikki ytimet ehtivät palautua tasapainotilaansa RF-pulssien välillä. T2-painotteisessa kuvassa poikittainen magnetisaatio häviää nopeammin lyhyen T2-relaksaatioajan omaavilta ytimiltä, jolloin niistä lähtevä signaali on heikompi.

Tämän vuoksi T2-painotteisessa kuvassa rasva näkyy tummana ja vesi kirkkaana. Jos TR-aika on lyhyt ja TE-aika pitkä, saadaan aikaan PD- eli Proton Density-painotteinen kuva, minkä kontrasti määräytyy vety-ytimien lukumäärän mukaan kullakin alueella. (Reimer ym. 2010, 4; Westbrook ym. 2011, 25 - 28; Currie ym 2013, 213.)

Ulkoisen magneettikentän epähomogeenisuus vaikuttaa poikittaiseen magnetisaatioon sitä heikentävästi (Reimer ym. 2010, 6; Currie ym 2013, 213). Poikittaisen magnetisaation nopeaa relaksaatiota, jossa on B_0 -kentän epähomogeenisuus otettu huomioon, kutsutaan T2*-relaksaatioksi, jonka seurauksena havaittava signaali vaimenee paljon nopeammin (Hendee& Ritenour 2002, 369; Hodgson 2010, 126; Westbrook ym. 2011, 31, 46; Currie ym. 2013, 2014). Tavallisesti T1-pohjaisen sekvenssin TE-aika on 10 - 30ms ja TR-aika on 300 - 700ms. T2- pohjaisen sekvenssin TE-aika on yli 80ms ja TR-aika on yli 2000ms. PD-pohjaisessa sekvenssissä on lyhyt TE-aika ja pitkä TR-aika. (Westbrook ym. 2011, 142.)

3.3 Gradientit

Magneettilaitteen sisällä sijaitsevilla gradienttikeloilla on tärkeä tehtävä kuvanmuodostuksessa. Niiden avulla pystytään luomaan kuvitteelliset z-, x- ja y- akselit. Gradienttien avulla pystytään muuttamaan B_0 -kentän voimakkuutta eli näin ollen myös ytimien resonanssitaajuutta. (Reimer ym. 2010, 6-7; Westbrook ym. 2011, 60 - 61.)

Leikevalintagradientin (Slice select gradient) avulla pystytään määrittelemään, mistä kohtaa kuvattavaa kohdetta ytimet viritetään, eli valitsemaan leikkeen paikka. Leikevalintagradientti luo lineaarisen taajuuseron kuvattavaan kohteeseen, jonka taajuuskaistaa muuttamalla pystytään vaikuttamaan myös leikepaksuuteen. Vaihekoodausgradientin G_P (Phase encoding gradient) avulla pystytään hankkimaan paikkainformaatio valitusta leikkeestä muodostamalla vaiheero samassa leiketiasossa olevien magnetisaatiovektoreiden välille. Taajuuskoodausgradientin G_F (Frequency encoding gradient) avulla, joka on leiketiasos-

sa kohtisuoraan vaihekoodausgradientin kanssa, saadaan paikkainformaatio tarkastelemalla ytimen resonanssitaajuutta signaalin keräämisen aikana. Leikevalintagradientin suunta voi olla mikä tahansa, mutta vaihe- ja taajuuskoodaus-suunnat ovat aina kohtisuoraan toisiaan vastaan. Näin voidaan aksiaalitasossa ajatella, että leikevalintavalintagradientin ollessa suunnassa head-feet, on vaihekoodaus suunnassa anterior- posterior ja taajuuskoodaus left-right. Vaihe- ja taajuuskoodausgradienttien suunnat voivat olla myös toisinpäin, mutta aina kohtisuoraan toisiaan vastaan. (Hendee & Ritenour 2002, 372; Reimer ym. 2010, 9; Westbrook ym 2011, 62 - 72; Currie ym. 2013, 217.)

Leikevalintagradientti on päällä RF-pulssin aikana, kun taas vaihekoodaus RF-pulssin jälkeen ja taajuuskoodaus signaalia havaittaessa. Kuvantamistapahtumassa RF-pulssia toistetaan vaihekoodausgradientin muuttuessa joka pulssilla. (Hendee & Ritenour 2002, 372; Reimer ym. 2010, 9; Westbrook ym 2011, 62 - 72; Currie ym. 2013, 217.) Taajuuskoodaussuunnassa saadaan kerättyä informaatiota k-avaruuteen, josta se muokataan 2D Fourier-muunnoksella kuvaksi (Hendee & Ritenour 2002, 372; Hodgson 2010, 121; Westbrook ym. 2011, 86; Currie ym. 2013, 217).

2.4 Kuvaustekniikoita

Spin Echo eli SE on sekvenssi, jossa B_0 -kentän paikallisia epähomogeenisuuksia pyritään korjaamaan spin-kaikupulssin avulla, jossa virittävän 90° RF-pulssin jälkeen annetaan 180° pulssi, joka kääntää nopeasti heikentyneen nettomagneetisaatiovektorin takaisin huippuunsa. (Reimer ym. 2010, 9-10; Westbrook ym. 2011, 141- 142.)

GRE on gradienttien avulla luotu kaikupulssisekvenssi, jossa luodaan B_0 -kenttään lineaarinen epähomogeenisuus. Gradientin suuntaa kääntämällä päinvastaiseksi pystytään kumoamaan epävaiheistuminen ja luomaan kaikusignaalia. (Reimer ym. 2010, 9; Westbrook ym. 2011, 164.)

Turbo Spin Echo tai Fast Spin Echo on nopea kuvastekniikka, jossa annetaan yhden 180° kaikupulssin sijasta monta kaikupulssia peräkkäin, kun tavallisessa kaikupulssisekvenssissä annetaan vain yksi. Tämän avulla yhden 90° virituspulssin aikana saadaan kerättyä enemmän informaatiota jokaisen TR-ajan sisällä ja kuvaus on nopeampi. Jokaisen 180° pulssin jälkeen on kuitenkin annettava uusi vaihekoodausgradientti. ETL eli Echo Train Length on parametri, joka kertoo yhden TR-ajan sisällä käytettyjen 180° pulssien määrän. Eli jos kasvatat ETL-parametriä, kuvausaika lyhenee. (Currie ym. 2013, 217; Westbrook 2014, 25.)

Fat Sat eli Fat saturation on rasvasuppressiotekniikka, joka perustuu veden ja rasvan pieneen ominaistajuuseroon. Rasvan ominaistajuudella annettu Fat Sat-pulssi aiheuttaa rasvamolekyylien vety-ydinten epävaiheistumisen ja näin signaalin katoamisen, jonka avulla rasva saadaan suppressoitua kuvasta. (Hodgson 2010, 127; Westbrook 2014, 18.)

EPI eli Echo Planar Imaging-sekvenssi on nopea kuvaustekniikka, jossa hyödynnetään korkean amplitudin gradienttien värähtelyä, millä saadaan kerättyä koko k-avaruus yhden TR-ajan sisällä. (Currie ym. 2013, 217; Westbrook 2014, 28.)

3D-sekvenssejä tarvitaan usein kirurgisissa pre-operatiivisissa tutkimuksissa, jossa on tarve katsoa kohdetta myös muissa kuin kolmessa kohtisuorassa suunnassa. 3D-sekvenssien aineisto koostuu vokseleista, jotka voivat olla mitoiltaan jopa pienempiä kuin $1\text{mm}\times 1\text{mm}\times 1\text{mm}$. Suurin osa 3D-sekvensseistä ovat GRE-kuvauksia lyhyellä TR-ajalla tai TSE-kuvauksia suurella ETL-arvolla. (Currie ym. 2013, 217.)

Gadoliniumpohjaisen tehosteaineen käyttö perustuu sen paramagneettisiin ominaisuuksiin. Sen vaikutuksen alaisena oleva kudosisäilyminen ja poikittaisen magnetisaationsa B_0 -kentässä helpommin, eli se nopeuttaa niiden relaksaatiota, jonka seurauksena kudoksen T1- ja T2-relaksaatioajat pienevät. Tämä näkyy vaikutuksen alaisena olevan kudoksen signaalin voimistumisen T1-painotteisissa kuvissa sekä laskemisen T2-painotteisissa kuvissa. Tämän vuok-

si tehosteainekuvantamisessa käytetään yleensä T1-pohjaisia sekvenssejä. (Currie ym. 2013, 218.) Gadoliniumpohjaista tehosteainetta ei tule koskaan käyttää STIR- sekvenssin yhteydessä, sillä vaikutuksen alaisena olevan kudoksen relaksaatioaika saattaa pienentyä rasvan tasolle, jolloin myös tehostettu kudos suppressoituu kuvasta. (Westbrook ym. 2011, 220.) saattaa Lannerangan magneettikuvantamisessa tehosteainetta käytetään infektioepäilyn tai selkäytimen leesioiden varmistamiseksi ja arpikudoksen erotuskyvyn parantamiseksi. (McKinnis 2014, 333)

T2*-sekvenssejä käytetään yleensä epähomogeenisten alueiden kuvauksiin, kuten hematologisiin sairauksiin sekä aivoverenvuotoihin. Muita sairauksia, jota kuvannetaan ensisijaisesti T2*-sekvensseillä, ovat verisuonimalformaatiot, kavernoomat sekä parenkyymin tai tuumorin sisäiset verenvuodot. (Currie ym. 2013, 218.)

TI (Inversion Time) eli käänteispalautumissekvenssi perustuu tekniikkaan, jossa ulkoisessa magneettikentässä annetaan käänteisesti ensin 180° ja sitten 90° pulssi. Ensiksi annettu 180° pulssi kääntää magnetisaation kohtisuoraan B_0 -kenttää vastaan. Ylösalaisin oleva magnetisaatio alkaa välittömästi heikkeneään ja palaamaan normaaliin tasapainotilaansa. Tätä seuraava 90° pulssi kääntää magnetisaation vaakatasoon, minkä seurauksena signaali voidaan havaita. Signaalin vahvuus riippuu pitkittäisen magnetisaation voimakkuudesta juuri ennen 90° pulssin antoa. Käänteispalautumissekvenssillä saatu signaali riippuu siis tarkasteltavan kudoksen T1-ajasta. TI-aika on aika 180° ja 90° pulssien välillä. 180° pulssin jälkeen kuluu tietty aika, kun pitkittäinen magnetisaatio kulkee poikittaisella tasolla. Tällöin annettu 90° pulssi tuhoaa poikittaisen magnetisaation tarkasteltavilta ytimiltä. Tätä kutsutaan nollapisteksi. Käänteispalautumissekvenssin käyttäminen supressiotekniikkana perustuu juuri tietyn kudostyyppin nollapisteen tuntemiseen, jolloin sen signaali voidaan saturoida kuvasta. Käänteispalautumissekvenssejä ovat FLAIR eli Fluid Attenuated Inversion Recovery, jolla pystytään suppressoimaan esimerkiksi CSF neuroradiologiassa kuvantamisessa tai STIR eli Short TI (tau) Inversion Recovery, jota käytetään

tään rasvasuppressiotekniikkana. STIR-sekvenssin nimitys tulee lyhyestä TI-ajasta. (Currie ym. 2013, 220; Westbrook 2014, 25- 26.)

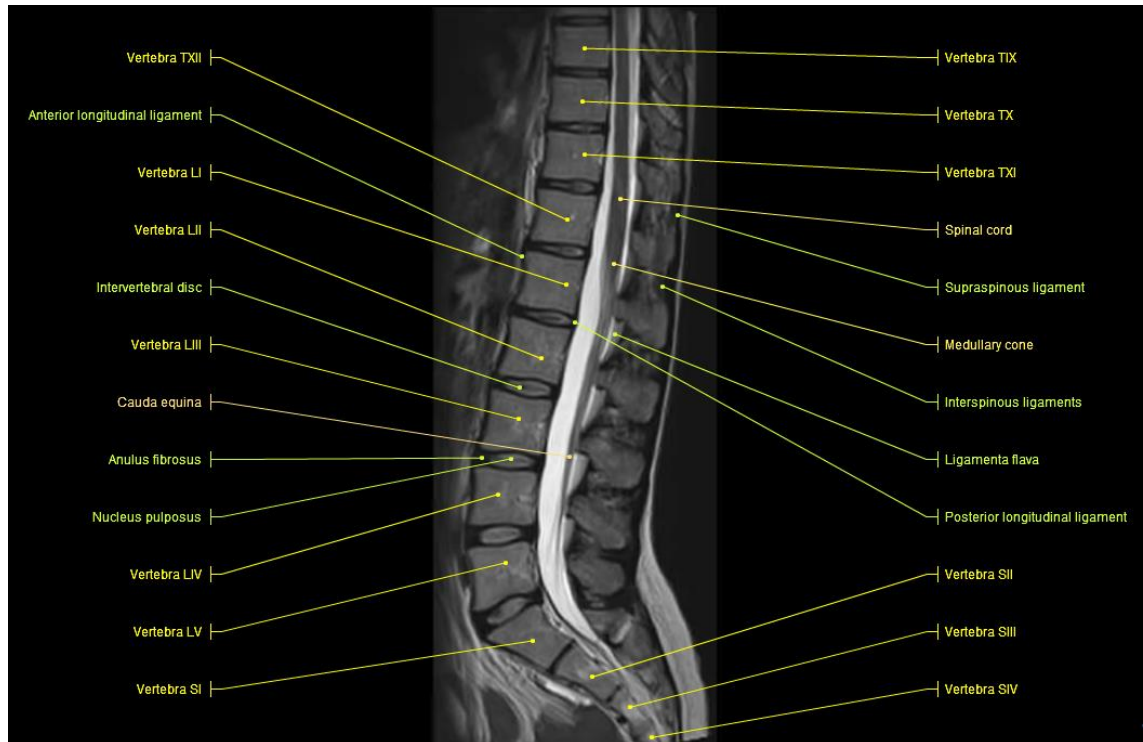
HASTE eli Half Fourier Single-Shot Turbo Spin Echo on erittäin nopea kuvaus-sekvenssi, joka sisältää niin suuren ETL-arvon, että se saa kerättyä koko k-avaruuden yhden TR-ajan sisällä sekä sisältää myös Half Fourier-tekniikan, jonka avulla kuva voidaan muodostaa vain puolikkaasta k-avaruudesta. (Westbrook 2014, 25.)

4 MAGNEETTIKUVANTAMINEN LANNERANGAN DIAGNOSTIIKASSA

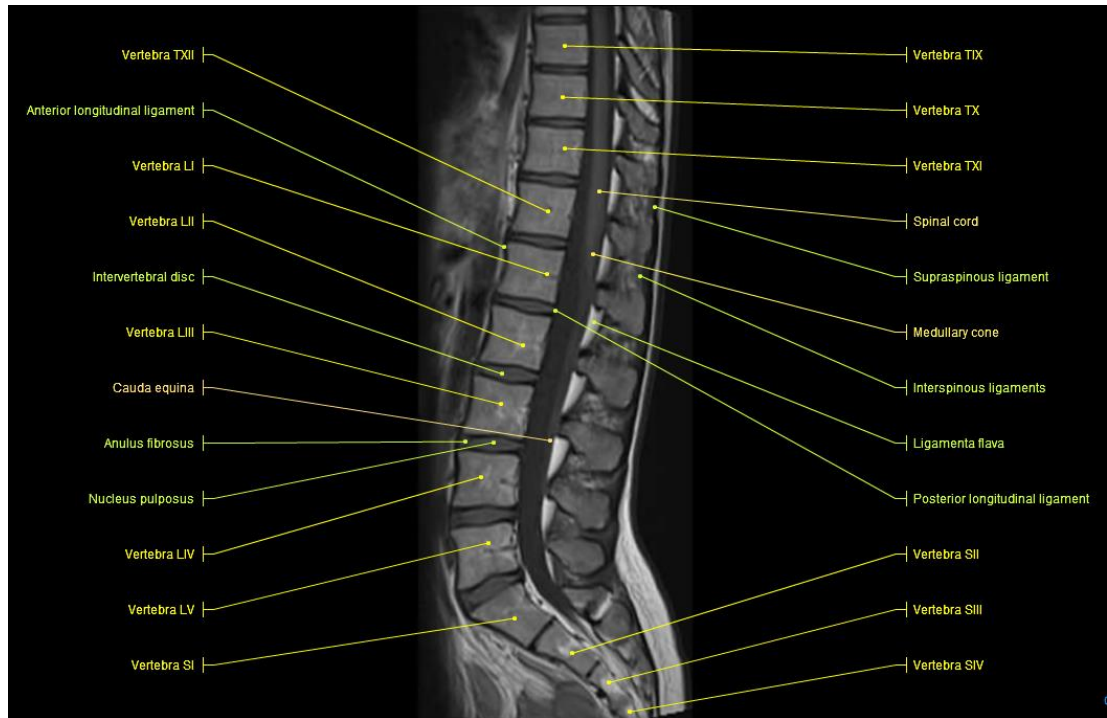
4.1 Anatomia

Lanneranka sijaitsee alaselässä, ja se kaareutuu vatsaan päin. Tätä kaareutumaa kutsutaan lordoosiksi. Lannerangassa on viisi päällekkäistä lannenikamaa, jotka esitetään yleensä kirjallisuudessa nimityksillä L1-L5. L1-nikama kiinnittyy rintarangan TH12-nikamaan ja L5-nikama kiinnittyy S1-sakraalinikamaan. Lannerangan nikamat ovat rakenteeltaan selkärangan suurimmat, sillä ne joutuvat kannattelemaan suurimman osan ihmisen painosta. Tämän vuoksi L4-L5 ja L5 - S1-nikamien välillä on suurin rasitus, ja ne ovat herkimpiä vaurioitumiselle. L5 - S1-nivel, joka tunnetaan myös lumbosakraalinivelenä, mahdollistaa ihmisen lantion liikkeet ja näin ollen myös kävelemisen. Nikamien välissä sijaitsevat välilevyt toimivat lannerangassa iskunvaimentajina. (Davis 2013) Ligamenttien kanssa lannenikamat muodostavat lannerankakanavan, jonka sisällä duurapussissa selkäydinnesteen ympäröiminä sijaitsevat cauda equinan hermojuuret sekä verisuonet. (Herno 1999) Cauda equina alkaa TH12-L1-nivelen kohdalta, jossa selkäydin loppuu. (Davis 2013) Selkäytimen loppuosaa ennen gauda equinaa kutsutaan conus medullarikseksi. (Laser Spine Institute 2015) Hermojuurikanaviksi kutsutaan niitä osia, joita pitkin hermojuuri kulkee poistuessaan lannerankakanavasta. Lannerangan toiminnallinen perusyksikkö on kolminivelkompleksi, jonka muodostavat kaksi nikamaa. Siinä välilevy ja kaksi fasettiniveltä liittävät kaksi nikamaa toisiinsa. (Herno 1999) Tämä yksikkö mahdollistaa lannerangan liikkuvuuden kaikkiin suuntiin. (Davis 2013)

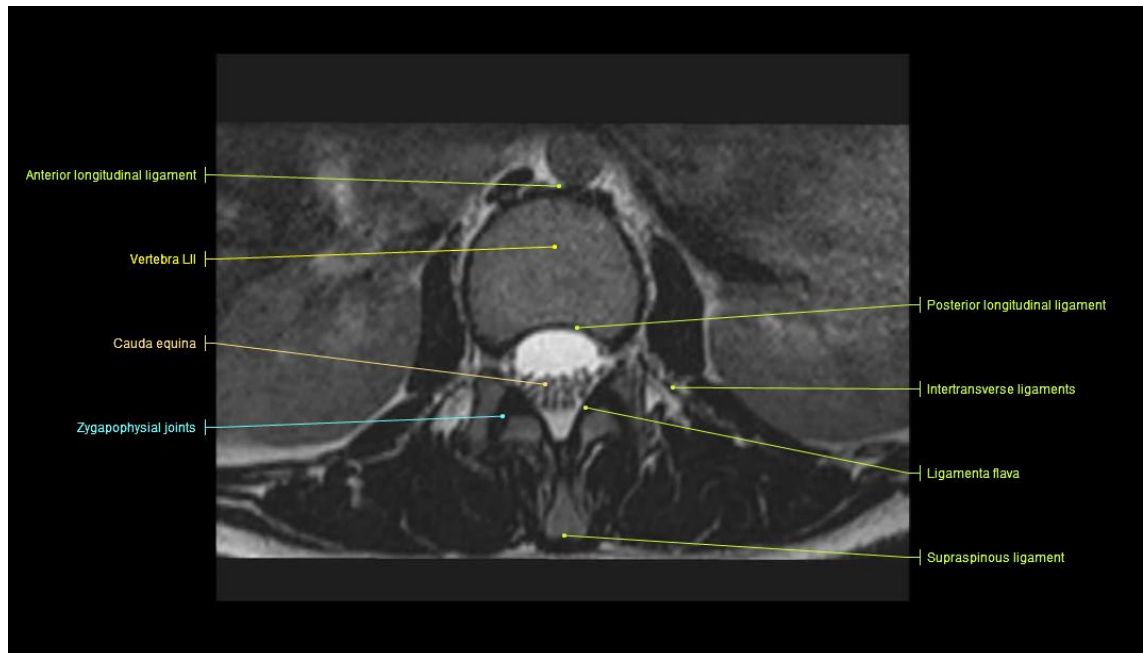
Alla on esitelty lannerangan anatomiaa magneettikuvissa. Kuvissa on esitelty anatomiaa SAG T2 ja T1- sekvensseissä (Kuva 1, Kuva 2) ja AX T2- ja COR T2- sekvensseissä. (Kuva 3, Kuva 4, Kuva 5)



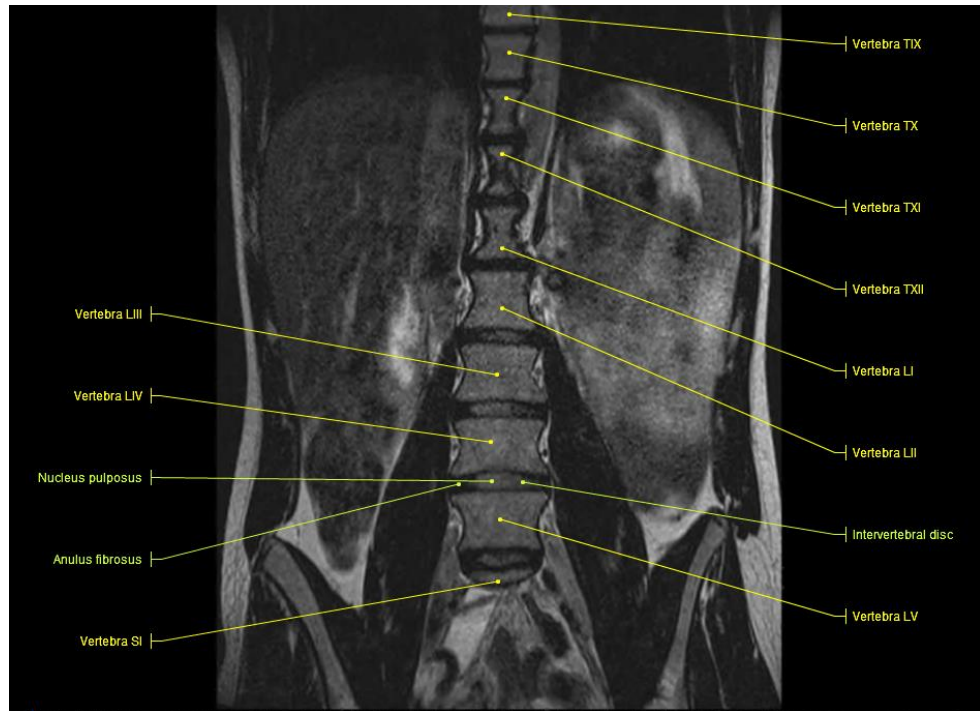
Kuva 1. SAG T2-leikkeen anatomiaa (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com)



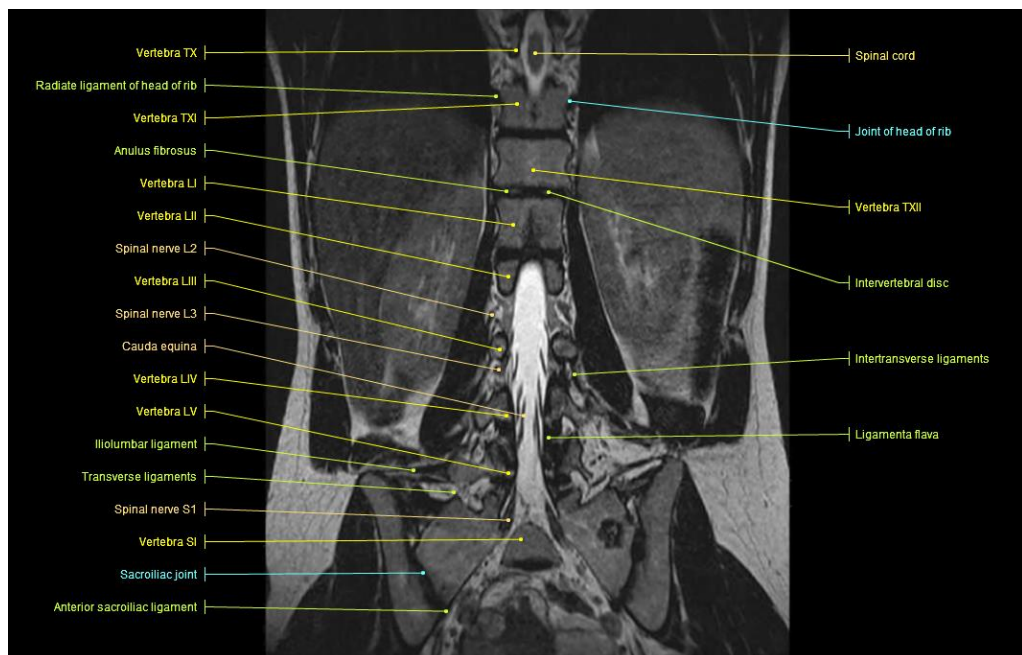
Kuva 2. SAG T1-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaaios.com)



Kuva 3. AX T2-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaaios.com)



Kuva 4. COR T2-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com)



Kuva 5. COR T2-leikkeen anatomiaa. (e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com)

4.2 Indikaatiot

Alaselkäkipu, joka kansainvälisesti lyhennetään LBP eli Low Back Pain, on maailmanlaajuisesti suurin kivunaiheuttaja (Sangani ym. 2014, 206). Lannerangan magneettitutkimus ei ole aiheellinen akuutista alaselkäkivusta kärsivälle potilaalle, jos tiedossa ei ole vakavaa sairautta (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus, 2014; McKinnis & Mulligan 2014, 281). Jos selkäkipuun liittyy pieni trauma, osteoporoosi, neurologisia tai pitkittyneitä oireita, tai potilas on yli 70-vuotias, on magneettikuvaus suositeltava valinta (McKinnis & Mulligan 2014, 281). Lannerangan magneettitutkimus on myös suositeltava, jos alaselkäkipuun liittyy epäily tuumorista tai infektiosta (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus, 2014; McKinnis & Mulligan 2014, 281; Ghaly ym. 2015). Jos potilaalle suunnitellaan lannerangan leikkaushoitoa, magneettitutkimus on myös aiheellinen (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus, 2014; McKinnis & Mulligan 2014, 281). Lannerangan magneettikuvantamisen indikaatioita ovat myös alaselkäkivun lisäksi välilevytyrä tai selkäydinkanava- ja hermojuurikompressio (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus, 2014; Westbrook 2014, 157). Indikaatioita ovat myös diskusprolapsi, selkäydinhalkio, diskiitti, conusvammoille tyypilliset oireet, sekä araknoidiitti (Westbrook 2014, 157).

Lannerangan magneettitutkimuksella voidaan selvittää myös tuoreet murtumat ja tuoreisiin traumoihin liittyvät pehmytkudosmuutokset sekä välilevyrappeuma, spinaalistennoosi, hematoomat, spondylartroosi, spondylolisteesi tai lihasatrofia (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus 2014). Magneettikuvantaminen on diagnosointimenetelmä myös cauda equina syndroomaan ja degeneratiiviseen lannerangasairauteen (Bhuskute ym. 2011, 11- 15). Lannerangan magneettitutkimus on ensisijainen kuvantamismodaliteetti nuorille ja fertiili-ikäisille alaselkäkivusta kärsiville (Alaselkäkipu: Käypä hoito-suositus 2014).

5 LANNERANGAN MAGNEETTIVANTAMINEN

5.1 Potilashoitajana työskentely

Radiologian alalla tapahtuva muutos on erittäin nopeaa, ja nykypäivänä monien eri ammattikuntien edustajien tulee pystyä työskentelemään yhdessä moniammatillisessa ympäristössä motivoituneesti ja potilaslähtöisesti tuottaakseen laadukasta kuvantamista. Potilaan oikeaoppisen hoitotyön rooli radiologian alalla on nousussa, koska uudet monimutkaisemmat toimenpiteet eri modaaliteeteissa sekä potilaiden vaikeampihoitoiset sairaudet vaativat uudenlaista erikoisosamista. Radiologian kehittyvällä alalla hoitotyössä työskentelevät joutuvat jatkuvasti kehittämisen kautta vastaamaan uusiin odotuksiin. Potilasohjaus on erityisasemassa, jos potilas on tulossa ensimmäistä kertaa magneettitutkimukseen tai tutkimus sisältää uusia asioita. (Grossman 2014, 3-4.)

5.1.1 Potilasturvallisuus magneettikuvantamisessa

Potilasturvallisuus on magneettitutkimuksen ykkösprioriteetti (Elmaoğlu & Çelik 2012, 95). Magneettitutkimusta suorittavan hoitajan tehtävä on varmistaa toimenpiteen turvallisuus (Westbrook 2014, 48; Grossman 2014, 84; STUK 2014). Tutkimusta suorittavaa henkilöä sekä potilasta ja muuta henkilöstöä koskevat samat turvallisuuskriteerit (Elmaoğlu & Çelik 2012, 95; Grossman 2014, 85). Kuvaushuoneeseen kulkeutuvia ei-magneettiyhteensopivia esineitä tulee valvoa, ja edistää näin potilasturvallisuutta (Currie ym. 2013, 221; Westbrook 2014, Grossman 2014, 85). Monissa laitoksissa tämä suoritetaan seulontalomakkeen avulla (Elmaoğlu & Çelik 2012 95; Westbrook 2014, Grossman 2014, 85). Ferromagneettiset esineet muodostavat riskin potilaan altistuessa ulkoiselle magneettikentälle oli sen alkuperänä sitten staattinen magneettikenttä, gradienttikenttä tai RF-kenttä (Currie ym. 2013, 220; STUK 2014).

Magneettikenttä vetää voimakkaasti ferromagneettisia esineitä puoleensa ja täten altistaa kuvaushuoneessa olevat henkilöt sekä laitteiston vaaraan. Voi-

makas ulkoinen magneettikenttä voi vaikuttaa myös ferromagneettisten laitteiden toimintaan, joita ovat esimerkiksi sydämen tahdistin, lääkainepumput sekä defibrillaattorit. (Currie ym 2013, 220; Westbrook 2014, 48 - 49; Grossmann 2014, 85; STUK 2014.) Muita ei-magneettiyhteensopivia esineitä ovat ferromagneettiset metallisirut ja aneurysmaklipsit (Currie ym. 2013,221; Westbrook 2014, 49; Grossmann 2014, 86). Näiden lisäksi myös erilaisten stimulaattorien, elektrodien, sisäkorvaproteesien, metallivierasesineiden, suoniyhteysvälineiden, hammasproteesien, sähköisten monitorien, lävistysten, peruukkien tai hiusimplanttien, tatuointien tai kuulolaitteiden yhteensopivuus magneettikuvantamiseksi tulee tarkistaa (Grossman 2014, 86). Potilaan kuljetusvälineet pitää myös säilyttää kuvaushuoneen ulkopuolella, elleivät ne ole magneettiyhteensopivia (Westbrook 2014, 50). Magneettityöskentelyn terminologiassa ”MR safe” tarkoittaa esinettä, joka on turvallinen kaikissa magneettiympäristöissä. ”MR unsafe” tarkoittaa, ettei esine ole turvallinen missään magneettiympäristössä. ”MR conditional” tarkoittaa, että esine on turvallinen tietyssä ennalta määritetyssä magneettiympäristössä. (Westbrook ym. 2011, 344.)

Magneettikuvauksesta aiheutuva meluhaitta on myös turvallisuusriski potilaille, ja RF-pulssit voivat aiheuttaa paikallista kudosten lämpenemistä (Currie ym. 2013, 221; Westbrook 2014, 50). Lisäksi potilaiden liikkeet ulkoisessa magneettikentässä saattavat aiheuttaa huimausta, tai potilas saattaa tuntea hitaasti muuttuvista gradienttikentistä johtuen lihasvärinää tai kihelmöintiä (Westbrook 2014,50; STUK 2014). Magneettikuvaus saattaa aiheuttaa potilaille myös neurostimulaatio-oireita (Elmaoğlu & Çelik 2012, 95; Westbrook 2014, 80). Potilaiden on myös raportoitu kokevan näkökenttähäiriöitä, kuten valonvälkähdyksiä (Westbrook 2014, 50).

Gadoliniumpohjaisen tehosteaineen käyttöön sisältyy myös riskejä, kuten allergisia reaktioita tai munuaisen vaikeasta vajaatoiminnasta kärsivillä mahdollisuus sairastua nefrogeeniseen systeemiseen fibroosiin. Kuvausta suorittavan hoitajan tehtäviin kuuluu varmistaa raskauden mahdollisuus. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 95; Grossman 2014, 87.) Raskaudesta kontraindikaationa magneettikuvaukselle ei ole luotettavaa tutkimustietoa, mutta varosyistä magneettikuvausta

ei suositella tehtäväksi ensimmäisen kolmanneksen aikana, ja senkin jälkeen vain, jos tutkimuksesta on enemmän hyötyä kuin siitä mahdollisesti aiheutuva haitta (Elmaoğlu & Çelik 2012, 98). Raskaana oleville tehosteainetta ei suositella sen istukanläpäisykyvyn vuoksi, mutta imettämisen uskotaan olevan turvallista tehosteaineen käytön jälkeen (Currie ym. 2013, 221).

Kuvaushuoneen ympäristö tulisi olla varusteltu asianmukaisin varoituskilvin. Kuvaushuoneessa tulee myös olla merkittynä selkeästi 5 Gaussin linja sekä sammuus- ja hätäpainikkeet, joiden käyttöaiheista henkilökunta on selvillä. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 97.) 5 Gaussin linjalla tarkoitetaan merkittyä aluetta, jonka ulkopuolella magneetin vetovoima on alle viisi gaussia. Tätä aluetta pidetään magneettiturvallisena. (Magnetic Resonance- Technology Information Portal 2015.) Magneettilaitteen toimintaa kuvaavia parametreja kuten heliumtasoa, virrankäyttöä ja lämpötilaa tulee valvoa säännöllisesti varmistaakseen laitteen toiminnan. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 97.) Jos magneettilaitteen kaapeleissa havaitaan halkeamia tai repeämiä, niitä ei tulisi käyttää. Ne saattavat aiheuttaa potilaan ihoon palovammoja, jos potilas on suorassa kosketuksissa niihin kuvauksen aikana. (Westbrook 2014, 44.) Magneettikuvantamisessa hoitajan tulee turvallisuusosaamisen lisäksi olla tietoinen potilaan terveydentilasta, kuten pitkäaikaissairauksista sekä muista seikoista, jotka vaikuttavat magneettikuvantamistapahtuman suorittamiseen. Mahdollinen klaustrofobia ja sen hoitomuotoihin kuten sedaatioon tarvittavat jälkihoitotoimenpiteet tulee tiedostaa. Potilaan mahdollinen lääkehoito ja lääkeaineallergiat tulee tarkistaa sekä olla tietoinen mahdollisista tehoste- tai varjoaineallergioista. (Grossman 2014, 87.)

5.1.2 Potilasohjaus ja asettelu

Potilaan hyvinvointi on yhtä tärkeää niin tunne- kuin fyysiselläkin tasolla. Potilaan tulee tuntea olonsa tervetulleeksi tutkimukseen. (Westbrook 2014, 51.) Tavoitteena on saada potilas tuntemaan olonsa rennoksi, jolloin magneettikuvantamistapahtuma sujuu paremmin. Keinoja tähän ovat asioiden selventäminen ja näyttäminen ennen varsinaista suorittamista sekä kysymyksiin vastaaminen

heidän tarpeensa mukaan. (Westbrook 2014, 51; Grossman 2014, 87.) Informoitu potilas tuntee usein olonsa paremmaksi kuin tuntematonta pelkäävä (Westbrook 2014, 51).

Ennen lannerangan tutkimusta potilaan tulee täyttää ja allekirjoittaa seulontalomake. Jos potilas katsotaan sopivaksi magneettitutkimukseen, hän voi vaihtaa sairaalan omat vaatteet päälleen ja riisua korunsa. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 95) Naispotilaita on hyvä muistuttaa riisumaan rintaliivinsä. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 170.) Ennen kuvaushuoneeseen astumista potilaalle tulisi selventää mahdolliset sivuvaikutukset sekä kuvauksen kesto (Reimer ym. 2010, 199; Elmaoğlu & Çelik 2012, 95).

Kuvauksen aikana potilasta rentouttaakseen voi yleensä soittaa musiikkia (Elmaoğlu & Çelik 2012, 96). Ennen potilaan asettelua on hyvä esitellä tutkimuslaitteiston ja pöydän toimintaa (Grossman 2014, 87). On tärkeää myös korostaa, että potilas on jatkuvassa näköyhteydessä henkilökuntaan. Potilaan roolia kuvauksen onnistumiseksi on syytä korostaa, että hän tiedostaa paikallaan pysymisen sekä ohjeiden noudattamisen merkityksen kuvanlaadun kannalta. (Grossman 2014, 88.) Ohjeistettuna potilas saattaa kehittää omia keinoja pysymään liikkumatta (Reimer ym. 2010, 199). Potilaalle on tärkeää myös neuvoa mukavin asento tutkimukseen sekä korostaa kuulosuojaimien käyttöä. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 96; Grossman 2014, 86-87.)

Klaustrofobia on yleinen ongelma magneettikuvantamisessa johtuen magneetti-putken rakenteesta. Klaustrofobisen potilaan kohdalla on syytä varautua ja pyrkiä helpottamaan potilaan pelkoa näyttämällä, että putki on avoin molemmista päistä. Potilasta tulisi yrittää kuvata mahallaan, joka saattaa auttaa klaustrofobista potilasta rauhoittumaan. Lisäksi silmien sulkemisella sekä läheisen ottamisella kuvaushuoneeseen mukaan on klaustrofobiaa ehkäiseviä vaikutuksia. Klaustrofobiselta potilaalta on myös hyvä poistaa tyyny, jolloin kasvot ovat kauempana magneetin seinämästä sekä tuuletusta ja valaistusta on hyvä korostaa. Viimeisenä keinona on kuvantaminen sedaatiassa. (Westbrook 2014, 51- 52.)

Oikeaoppisella asettelulla on suuri merkitys kuvanlaadun ja diagnoosin kannalta magneettikuvantamisessa. Kuvauskohteen tulee olla kuvauskelan keskellä sekä isosentripisteessä. (Reimer ym. 2010, 198; Elmaoğlu & Çelik 2012, 99.) Lannerangan magneettitutkimuksessa käytetään selkäkelaa, jonka päällä potilas ma-
kaa selällään jalat koukistettuna vaahtomuovityynyn päällä (Elmaoğlu & Çelik 2012,170; Westbrook 2014, 157). Lannerangan tukeminen kuitenkin vähentää lannerangan lordoosia, jolloin mahdollinen protruusio näkyy heikommin (Reimer ym. 2010, 197). Valmistajasta riippumatta selkäkelat mahdollistavat useimmin suurimman mahdollisen FOV:n (Reimer ym. 2010, 198). Selkäkelan ja potilaan väli tulee suojata tyynyin sekä varmistaa, etteivät kelakaapelit muodosta lenkkiä tai ole suorassa kontaktissa potilaaseen (Elmaoğlu & Celik 2012, 96,170). Jal-
kojen koukistaminen mukavoittaa potilaan asentoa sekä suoristaa selkää tuo-
den rankaa lähemmäs kelaelementtejä. Selkäkelan tulisi vähintään ylettyä miekkalisäkkeestä ristinivelien pohjaan asti kattaen koko lannerangan kuvausa-
luen. (Westbrook 2014, 157.) Conus medullarixen sekä koko sacrumin tulee mahtua kuva-alaan (Reimer ym. 2010,198). Potilas asetellaan oikeaoppisesti niin, että pitkittäisen asettelulaserin tulee kulkea potilaan keskellä ja horisontaa-
linen laseri on kylkiluiden alapuolella kolmannen lannenikaman tasossa (West-
brook 2014, 157). Horisontaalisen laserin paikan voi myös paikantaa mittaamal-
la noin 5cm suoliluiden harjoista ylöspäin (Reimer ym. 2010,198; Elmaoğlu &
Çelik 2012, 170). Potilaan on suositeltavaa sulkea silmänsä asettelulaserien ollessa päällä. Pitkän potilaan ollessa kyseessä on syytä miettiä useampien kelaelementtien käyttöä. Silloin tulee kuitenkin muistaa mahdollisten artefakto-
jen syntyminen. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 170.)

Lannerangan magneettikuvaus pystytään suorittamaan pää tai jalat edellä. Klaustrofobisille potilaille jalat edellä on yleensä suotuisampi vaihtoehto. (Rei-
mer ym. 2010, 197; Westbrook 2014, 157.) Aseteltaessa on kuitenkin syytä vält-
tää potilaan jalkojen ristiasentoa tai käsiä pään yläpuolella neurostimulaatio-
oireiden välttämiseksi (Elmaoğlu & Çelik 2012, 96; Westbrook 2014, 80). Ase-
teltaessa potilasta tulee kiinnittää huomiota, etteivät kelakaapelit ole suorassa
kosketuksessa potilaaseen, rikki tai silmukalla, sillä ne saattavat aiheuttaa palo-
vammoja (Westbrook 2014, 44). Lannerangan magneettitutkimuksen potilaat

saattavat olla erittäin kivuliaita. Kipua pystyy hyvin helpottamaan asettamalla tyynyjä lannerangan mutkaan tai saattamalla polvia kevyesti koukkuun. (Westbrook 2014, 166.) Asettelyn jälkeen potilaalle tulee antaa hälytyskello ja kertoa sen käyttöaiheista (Elmaoğlu & Çelik 2012, 96). Kuvauksen jälkeen kaikki kelat ja asettelutyyny tulee poistaa. Potilasta saattaessa tulee tiedostaa, että he ovat magneettitutkimuksen jälkeen yleensä hyvin epäorientoituneita. On tärkeää tarkistaa potilaan henkinen ja fyysinen kunto. (Westbrook 2014, 53.) Potilasta on suositeltavaa myös informoida lausunnon valmistumisen ajankohdasta (Westbrook 2014, 53; Grossman 2014, 88.)

5.2 Konehoitajana työskenteleminen

Röntgenhoitajan toiminnan perustana on riittävän kliinisen informaation antava tutkimuslähete (Suomen röntgenhoitajaliitto 2000). Lannerangan magneettikuventamiselle tärkeimmät leikesuunnat indikaatiosta huolimatta ovat sagittaali, koronaali ja aksiaali. Koronaalisuunnan kuvasarjoja harvemmin tarvitaan, sillä edellä mainitut kuvasarjat kuvaavat riittävästi myös lannerangan pehmytosia. (McKinnis & Mulligan 2014, 288.) Tieteellisessä tutkimuksessa on kuitenkin havaittu, että 350:ssä potilaalle suoritettussa lannerangan tutkimuksessa koronaalisuunnan STIR-sekvenssillä löydettiin 24 uutta merkittävää patologista muutosta, joita ei olisi huomattu rutiinissa lannerangan tutkimuksessa. Tämä vastaa 6,8 %:a ja onkin suositeltavaa, että koronaalisuunnan STIR-sekvenssi otetaan mukaan rutiiniin lannerangan protokollaan. (Gupta ym. 2015, 15.)

5.2.1 Protokolla

Lannerangan tutkimus tulee aloittaa kolmen suunnan suunnittelukuvasarjoilla, joissa on maksimaalinen kuva-ala ja viisi leikettä (Elmaoğlu & Çelik 2012, 171). Myös pelkät sagittaali- ja aksiaalisuunnan suunnittelukuvat riittävät. Suunnittelukuvan kuva-alueen tulee kattaa koko varsinaisen kuvasarjan kuva-alue, ja ne

tulisi ottaa samalla kelalla kuin itse kuvauksessa on käytössä. (Reimer ym. 2010, 201.) Sagittaalisuunnan leikkeet suunnitellaan koronaalisuunnan kuvaan niin, että kuvausalue ylettyy vähintään lannenikaman poikkihaarakkeen päästä toiseen (McKinnis & Mulligan 2014, 290). Koko selkäydinkanavan alue tulee näkyä kuvassa ja suositeltava leikepaksuus on 3-4 mm. Kun ensimmäinen sagittaalisuunnan kuvasarja on suunniteltu, tulee asettelu kopioida seuraavaan saman suunnan sekvenssiin. Aksiaalisen leikkeet suunnitellaan sagittaalisuunnan kuvaan niin, että kuvausalueella näkyy L1-L5 nikamat. (Elmaoğlu & Çelik 2012, 171.) Koronaalisuunnan leikkeet suunnitellaan myös sagittaalikuvaan niin, että rangan sekä anterioriset ja posterioriset rakenteet mahtuvat kuva-alaan (McKinnis & Mulligan 2014, 290). Kuvaukseen valittavat sekvenssit riippuvat siitä mitä kuvasta halutaan löytää (Reimer ym. 2010, 201).

Alle olevaan taulukkoon (Taulukko 1.) on listattu kirjallisuuskatsauksessa käytettyjen lähteiden mukaan lannerangan rutiiniprotokollaan käytettävien sekvenssien suunta ja painotus. Kuvaustekniikkaa ei ole otettu huomioon.

Taulukko 1. Lannerangan rutiiniprotokollien sekvenssit.

	SAG T1	SAG T2	AX T2	AX T1	COR STIR	SAG STIR	AX STIR	COR T1	COR T2
Westbrook 2014	x	x	x						
McKinnis & Mulligan 2014	x	x	x	x					
Gupta ym. 2015	x	x	x	x	x				
Elmaoğlu & Çelik 2012	x	x	x						
Reimer	x	x	x	x		x			

ym. 2010									
KHKS 2015	x	x	x		x				
Sangani ym. 2014	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Taulukosta voidaan päätellä, että ainakin SAG T1, SAG T2 ja AX T2 ovat tärkeimmät lannerangan magneettitutkimukseen kuuluvat sekvenssit. AX T1- ja COR STIR-sekvenssien arvostus vaihtelee. Valitsemme opinnäytetyömme kuvantamisoppaassa esiteltävään rutiiniprotokollaan edellä mainittuun tutkimustulokseen viitaten COR STIR-sekvenssin.

SAG T1 kuvaa parhaiten anatomiaa, nikamien rustoisten päätelevyjen muutoksia sekä foraminaalista stenoosia. SAG T2-sekvenssiä käytetään välilevyjen kuvantamiseen, joista parhaiten erottuvat degeneratiiviset muutokset, repeämät ja hernitaatio sekä medullaariset leesiot. AX T2 kuvaa parhaiten välilevyn hernitaation sijaintia ja laajuutta sekä sen suhdetta hermojuuriin. Se kuvaa myös parhaiten spinaalistennoosia sekä degeneratiivista fasettiniveltautia. STIR-pohjaiset sekvenssit näyttävät tulehduksellisia muutoksia pehmytosissa, päätelevyissä ja fasettinivelissä. (Reimer ym. 2010, 200.)

5.2.2 Magneettikuvantamisen optimointia

SNR eli Signal to Noise Ratio eli signaali-kohinasuhde on parametri, joka kuvaa kuvantamisessa saadun signaalin voimakkuuden suhdetta kohinaan. Signaali kuvaa nettomagnetisaatiovektorin presessioliikkeestä vastaanotinkelaan induoitunutta jännitettä poikittaisessa tasossa. Kohina kuvaa tuntemattomia taajuuksia, jotka esiintyvät satunnaisesti ajan ja tilan suhteen. Magneettikuvantamisessa kohinaa syntyy itse potilaasta magneettilaitteesta sekä laitteen sähköisestä taustakohinasta. Kohina on vakio jokaiselle potilaalle ja se riippuu potilaan rakenteesta, tutkittavasta alueesta sekä laitteen sähköisestä taustakohinasta. (Westbrook ym. 2011, 104.) Nostamalla keskiarvoistamista (NSA/NEX) voidaan

parantaa signaali-kohinasuhdetta, mutta tällöin kuvausaika pitenee. Sitä voidaan parantaa myös pienentämällä matriisin kokoa, jolloin kuvausaika ja resoluutio laskevat. Myös leikepaksuuden nostaminen vaikuttaa signaali-kohinasuhteeseen sitä nostavasti, mutta tällöin resoluutio laskee. Signaali-kohinasuhdetta voidaan kasvattaa myös laskemalla taajuuskaistaa (Bandwith), jolloin pienin mahdollinen TE- aika ja Chemical shift- artefaktin riskit nousevat. Sitä voidaan parantaa myös nostamalla FOV:n kokoa, jolloin resoluutio laskee. (Westbrook 2014, 136.)

Leikemäärä eli Number of slices tarkoittaa yhdessä kuvapakassa olevien leikkeiden määrää. Suurin osa sekvensseistä kerää dataa leikkeisiin lomittain. Yhden TR-ajan sisällä tulee saada yksi tai useampi Fourier-viiva leikettä kohti kavaruuteen. Jos valitsee liian suuren leikemäärän, laite usein varoittaa, ettei TR-aika ei riitä keräämään riittävästi dataa liian suurta leikemäärää kohden. Se yleensä neuvoo nostamaan TR-aikaa, vähentämään leikkeitä tai ketjuttamaan, joka tulee englanninkielisestä termistä "concatenation". Ketjuttaminen tarkoittaa sitä, että TR-aika ja leikemäärä ovat samat, mutta leikkeet jaetaan tasaisesti, ja niihin joudutaan käyttämään enemmän kuin yksi mittaus. Myös TE-ajan lisääminen ja saturaatiotekniikat nostavat yhden leikkeen keräämiseen tarvittavaa aikaa. (Reimer ym. 2010, 31 - 32.)

Flip- kulma eli Flip-angle kuvaa, kuinka suuressa kulmassa nettomagnetisaatiovektori on ulkoiseen magneettikenttään nähden RF-pulssin jälkeen. Se kuvaa myös, kuinka paljon poikittaisesta kelaan signaalia indusoivasta magnetisaatiosta halutaan käyttää. Maksimaalinen magnetisaatio saadaan aikaan käyttämällä 90° flip-kulmaa. (Westbrook ym. 2011, 11,119.)

SAR-arvo eli Specific Absorption Rate kuvaa energiaa aikayksikköä kohden, mikä absorboituu potilaaseen magneettikuvantamisen aikana. Toisin sanoen SAR-arvoa seuraamalla pystytään seuraamaan potilaan kudoksien lämpenemistä. Tämä kyseinen energia emittoituu RF-pulssin jälkeen takaisin tasapainotilaansa palautuvista vety-ytimistä sekä RF-pulssin kiihdyttämien vesimolekyylien heikkojen dipolaarimomenttien rotaatioliikkeestä syntyvästä kineettisestä energiasta. Kansainvälisessä ohjeistuksessa magneettilaitteille asetetuista tur-

vallisuusvaatimuksista (IEC 60601–2–33) todetaan, ettei potilaalle ole haittaa, jos tutkimuksesta aiheutuva kokokehon SAR-altistus on alle 2W/kg. Samassa ohjeistuksessa todetaan, että SAR-arvot voidaan luokitella seuraavasti: normaaliluokka, ykköstaso ja kielletty kakkostaso. Ykköstasolla potilaan kuvantaminen edellyttää valvontaa. Magneettilaitteiden tulee varmistaa kysymällä, että kuvaaja on tietoinen, kun ykköstason SAR-arvoa vaaditaan sekvenssin toteuttamiseksi. Normaalitasolla toimivilla sekvensseillä ei katsota olevan potilaalle haittaa. Potilaan pituus- ja painotiedot syöttämällä magneettilaitte laskee jokaiselle sekvenssille arvioidun SAR-arvon ja vertaa niitä luokkien viitearvoihin. Jos SAR-arvo ylittää sallitun rajan, magneettilaitteen ei pitäisi antaa kuvauslupaa. Keinoja SAR- arvon pienentämiseen ovat TR-ajan pidentäminen, leikemäärän vähentäminen, Flip-kulman pienentäminen, ETL-parametrin pienentäminen tai low-SAR-pulssien käyttäminen. (Reimer ym. 2010, 17 - 18.)

Distance Factor tarkoittaa leikeväliä, josta käytetään myös nimityksiä Gap tai Slice interval valmistajasta riippuen (Elster 2014a). Koska leikeprofiili ei ole suorakulmainen, tarvitaan leikeväliä, etteivät vierekkäisten leikkeiden vety-atomit saturoi toisiaan aiheuttaen Cross-talk-artefaktia. Liian suuri leikeväli saattaa kuitenkin aiheuttaa pienten kohteiden katoamiseen kuvasarjasta. (Reimer ym. 2010, 32; Elster 2014a.)

ZIP eli Zero-Interpolation Filling on käytössä silloin, kun kerätty data ei vastaa Fourier-muunnoksen vaatimaa resoluutiota. ZIP-tekniikka lisää nolla-arvoja vaihekooodaussuunnassa, mikä mahdollistaa suuremman resoluution käytön. Vaikka spatiaalinen resoluutio ei muutukaan, kuvanlaatu paranee ZIP-tekniikalla. (Reimer ym. 2010, 32; Elster 2014b.)

Number of Averages eli NSA tai NEX eli keskiarvoistaminen tarkoittaa, kuinka monta kertaa yksi signaali kerätään. Nostamalla arvoa signaali-kohinasuhde paranee sekä liikeartefaktat vähenevät, mutta kuvausaika pitenee. (Elster 2014c, Westbrook ym. 2011, 114- 115.)

Slice Thickness eli leikepaksuus kuvaa nimensä mukaisesti yhden leikkeen paksuutta. Suurennettu leikepaksuus vaikuttaa signaali-kohinasuhteeseen nos-

tavasti, koska paksummassa leikkeessä on enemmän virittyviä ja signaalia muodostuvia vety-ytimiä. (Reimer ym. 2010, 33; Westbrook ym. 2011, 106.)

FOV eli The Field of View eli kuva-ala tarkoittaa kokoa, jolla magneettikuvan informaatiota hankitaan tai näytetään. (Elster 2014d) Kuva-ala, leikepaksuus ja matriisin koko yhdessä määrittävät yhden kuvapisteen eli vokselin koon. FOV:ia säätelemällä voidaan vaikuttaa vokselin kokoon kahdessa kohtisuorassa suunnassa. Mitä suurempi vokselin koko on, sitä parempi on signaali-kohinasuhde. Kuvausalueen pienentäminen vaihekodeaus suunnassa vähentää myös vaihekodeausten määrää, minkä seurauksena kuvausaika pienenee ja signaali-kohinasuhde kasvaa 29 %. (Reimer ym. 2010, 33.) Kuva-alan kasvattaminen vähentää aliasoitumisen riskiä. (Westbrook 2014, 136.)

Base eli kuvamatriisin koko kuvaa yhdessä leikepaksuuden sekä FOV:n kanssa vokselin kokoa. Jos kuvamatriisin koko puolitetaan, vokselin koko kasvaa nelinkertaiseksi ja NSA putoaa puolella. Kuvamatriisin kokoa voidaan säädellä myös eri suunnissa. Jos matriisin koko puolitetaan vaihekodeaus suunnassa koosta 256x256 kokoon 256x128, kasvattaa se vokselin koon kaksinkertaiseksi, joka kasvattaa näin signaali-kohinasuhdetta. Se lyhentää myös kuvausaikaa, koska vaihekodeausten määrä puolittuu. Tällöin puhutaan niin sanotusta Rectangular FOV:sta. (Reimer ym. 2010, 33.) Nostamalla matriisin kokoa resoluutio ja kuvausaika kasvavat, mutta signaali-kohinasuhde laskee. (Westbrook 2014, 136.)

Oversampling, joka valmistajasta riippuen tunnetaan myös nimillä Phase-Oversampling, No phase-Wrap, Fold Over Suppression, Anti-Wrap ja Phase-wrap suppression, on aliasoitumista estävä kuvaustekniikka. Kun oversampling-tekniikka on valittu, se voidaan säätää esimerkiksi kattamaan kaksinkertaisen kuva-alan. Vaikka dataa kerätään kaksinkertaiselta kuva-alueelta, siitä rekonstruoidaan vain alkuperäisen FOV:n mukainen kuva. Oversampling-tekniikka edellyttää sekvenssiä, jossa NSA-arvo on ollut vähintään kaksi. NSA:n arvo on puolitettava kuvausajallisista syistä. (Elster 2014e.)

Partial Fourier-tekniikkaa käytetään kuvausajan nopeuttamiseksi. Teorian mukaan k-avaruus on symmetrinen, joten neljäsosa siitä riittää kuvainformaation

aikaansaamiseksi. Todellisuudessa k-avaruus ei ole aivan täysin symmetrinen, minkä vuoksi Partial Fourier-tekniikan käyttö laskee signaali-kohinasuhdetta, mutta koska k-avaruutta ei tarvitse kerätä kokonaan, laskee sen käyttö kuvausaikaa. Half-Fourier-tekniikassa käytetään puolikasta k-avaruutta, jolloin signaalikohinasuhde on 71 % verrattuna koko k-avaruutta käyttävään tekniikkaan. (Reimer ym. 2010, 34.)

Bandwidth eli kaistanleveys kuvaa taajuusaluetta pikselin sisällä, eli määrää kuvadatan hankinta-alueen pituuden. Jos kaistanleveys on liian kapea, pitkittää se TE- aikaa ja aiheuttaa kohinaa jokaiselle taajuudelle. Liian iso kaistanleveys aiheuttaa liian suuria taajuusalueita, joka lisää myös kohinaa. Optimaalisin signaali saadaan lyhyimmällä mahdollisella TE-ajalla. Nopeissa kuvauksissa suositellaan käytettävän isoa kaistanleveyttä ja pieniä leesioita etsittäessä suositellaan kapeaa kaistanleveyttä. (Reimer ym. 2010, 34.)

Total time eli kuvausaika kuvaa yhden sekvenssin kestoja. Kuvausaikaa voidaan lyhentää laskemalla TR-aikaa, jolloin sekvenssin T1-painotteisuus kasvaa sekä signaali-kohinasuhde ja valittava leikepaksuus laskevat. Sitä voidaan lyhentää myös laskemalla kuvamatriisin kokoa, jolloin resoluutio laskee ja signaalikohinasuhde nousee. Myös keskiarvoistamisen (NSA/NEX) alentamisella kuvausaika lyhenee, mutta signaali-kohinasuhde laskee ja liikeartefaktat lisääntyvät. (Westbrook 2014, 136.)

5.2.3 Artefaktat

Kaikki magneettikuvat sisältävät jonkin verran erilaisia artefaktoja (Westbrook ym. 2011, 225). Lannerangan magneettikuvantamisessa tyypillisimpiä ovat Phase mismapping-, Wrap around- ja Chemical Shift- artefaktat. (Westbrook 2014, 163) Tässä kappaleessa on käsitelty edellä mainittujen lisäksi myös muita magneettikuvantamisessa yleisiä artefaktoja ja keinoja niiden torjumiseksi.

Phase mismapping- artefakta syntyy kuvaan koko kuvauksen aikana syntyneestä liikkeestä. Kuvattava kohde moninkertaistuu taustalle vaihekoodaussuuntaan. Se syntyy yleensä rinnan hengityслиikkeestä, suonien pulsaatiosta, nieleskelystä tai silmien liikkeestä. Artefakta syntyy, kun vaihekoodausgradientin arvo muuttuu jokaisella virituspulssilla, ja tällöin liikkuva kohde saattaa saada väärän arvon ja kuvautua väärään paikkaan kuvassa. Ratkaisuna tähän voi olla vaihe- ja taajuuskoodaussuunnan vaihtaminen sellaisissa kohteissa, joissa se on mahdollista. Koska artefakta syntyy vain liikkeestä vaihekoodaussuunnassa, voidaan suuntaa vaihtamalla eliminoida artefaktan aiheuttaja. Muita keinoja ovat pre-saturaatiopulssien käyttö sekä hengitystiheysmittauslaitteiden käyttö kuvantamisen yhteydessä. (Westbrook ym. 2011, 225- 226.) Jos vaihekoodaussuunta on lannerangan sagittaalikuvan suunnittelussa A-P (anterior-posterior), vatsa-aortta, lannerangan verisuonet ja IVC (inferior vena cava) saattavat aiheuttaa verenvirtauksensa vuoksi selkäytimen päälle Phase mismapping- artefaktia. Hyvä keino artefaktan välttämiseksi on asettaa sagittaalisuunnan vaihekoodaussuunta F-H:ksi (feet- head). Tämä minimoi pulsaatiosta aiheutuvat artefaktat, mutta rectangulaarista FOV:ia ei voi tällöin käyttää. (Westbrook 2014, 163.)

Aliasoitumisessa tai Wrap-around- artefaktassa FOV:n ulkopuolinen anatomia kuvautuu päällekkäin kuvaan sen vastakkaiselle puolelle. RF-pulssi aiheuttaa signaalia myös FOV:n ulkopuolisesta anatomiasta, jos se on vastaanotinkelan sisällä. Ulkopuolinen data kerätään sisälle kuva-alaan. Ratkaisuna on FOV:n suurentaminen niin, että koko anatomia mahtuu kuvaan. Spatiaalinen resoluutio tosin kärsii. Toinen ratkaisu on saturaatiotekniikoiden käyttö, kuten Oversampling. Ne nollaavat signaalia merkityiltä alueilta ja näin vähentävät aliasoitumista. (Westbrook ym. 2011, 234.) Lannerangan magneettitutkimuksessa sagittaalisuunnan kuvissa potilaan vatsa ja pakarat saattavat aliasoitua. (Westbrook 2014, 164.)

Chemical shift-artefakta näkyy kuvassa mustana rajana veden ja rasvan välillä taajuuskoodaussuunnassa. Se johtuu rasva- ja vesimolekyylien välisestä ominaispresessiotaajuuserosta. Taajuuserot ovat riippuvaisia ulkoisen magneettikentän voimakkuudesta, jolloin suuremmilla voimakkuuksilla tavataan enemmän

Chemical shift-artefaktaa. Chemical shiftiä voidaan vähentää kuvaamalla heikomalla magneettilaitteella tai pienemmällä FOV:lla. Vahvoissa magneettilaitteissa sitä voidaan välttää pitämällä mahdollisimman isoa kaistanleveyttä ja pienintä mahdollista FOV:ia. Chemical Shift-artefaktan pystyy myös nollaamaan joko veden tai rasvan signaalin saturaatiotekniikalla, jolloin artefaktaa ei pääse syntymään. (Westbrook ym. 2011, 243.) Lannerangan magneettitutkimuksessa sagittaalikuvissa Chemical shift-artefaktaa esiintyy, jos taajuuskoodaussuunta on feet-head (Elster 2014f).

Out of Phase-artefakta aiheutuu vesi- ja rasvamolekyylien vetyatomien epävaiheistumisesta, jolloin niiden signaalit kumoavat toisensa. Se näkyy kuvassa mustana reunuksena sellaisten elimien ympärillä, joissa vesi- ja rasvamolekyylit sijaitsevat samassa vokselissa. Ratkaisuna tähän on optimaalinen TE-aika sekä rasva- että vesimolekyyleille. Lisäksi kannattaa käyttää SE-sekvenssejä GRE-sekvenssien sijaan. (Westbrook ym. 2011, 244.)

Truncation-artefakta näkyy kuvassa viivoina vahvan ja heikon signaalin rajapinnoilla. Tämä artefakta aiheutuu liian vähäisistä Fourier-viivoista k-avaruudessa, jolloin korkean ja matalan signaalin rajapinnat vääristyvät kuvaan niin, että matalan signaalin viiva kulkee korkean signaalin alueella vaihekoodaussuunnassa. Artefakta voidaan poistaa nostamalla vaihekoodausten määrää esimerkiksi muuttamalla matriisia koosta 256x256 kokoon 256x 128. (Westbrook ym. 2011, 249.)

Magnetic susceptibility-artefakta aiheutuu magnetisoituneesta materiaalista kuva-alueella, joka on yleensä metallia. Se aiheuttaa kuvaan vääristymää ja signaalikatoa. Magnetisoitunut materiaali epävaiheistaa ympäröivän kudoksen ja aiheuttaa näin signaalikadon. Ratkaisuna tähän ovat kaikkien metalliesineiden poistaminen potilaasta, SE-sekvenssien käyttö ja TE-ajan lyhentäminen. (Westbrook ym. 2011, 250.)

Cross-excitation-artefakta aiheutuu liian lähekkäisistä epäsymmetrisistä leikkeistä, mikä näkyy kuvasarjassa kontrastin muuttumisena. Liian lähekkäisten leikkeiden vety-atomit saturoivat toisiaan, jolloin kontrasti heikkenee. Ratkaisu-

na suositellaan vähintään 30 % leikeväliä leikkeen paksuudesta. (Westbrook ym. 2011, 252.)

Zipper-artefakta eli vetoketjuartefakta näkyy kuvassa tiheänä viivana, joka syntyy ulkopuolisesta RF-taajuisesta pulssista. Se on merkki vuodosta Faradayn häkissä. (Westbrook ym. 2011, 255.)

Moiré-artefakta näkyy kuvassa valkomustaraidallisena kuviona FOV:n reunoilla. Se syntyy ainoastaan GRE- sekvensseissä. Ratkaisu on vaihtaa SE- sekvenssiin ja yrittää pitää potilas FOV:n sisäpuolella. (Westbrook ym. 2011, 256.)

Magic angle-artefakta näkyy kuvassa kudoksissa, jotka sisältävät kollageenia, korkeana signaali-intensiteettinä. Tällaisia kudoksia ovat esimerkiksi jänteet, joissa artefakta saattaa näyttää erehdyttävästi patologiselta. Artefakta syntyy, kun kollageenia sisältävä kudokseksi on 55° kulmassa suhteessa ulkoiseen magneettikenttään. Ratkaisuna tähän on kuvattavan kohteen asennon muuttaminen tai sopivamman TE-ajan valitseminen. (Westbrook ym. 2011, 257.)

6 OPPAAN KRITEREITÄ

Oppaalla tarkoitetaan erilaisia käsikirjoja tai tutoriaaleja. Niitä voidaan käyttää laitteiden toiminnan selventämiseen tai työsuoritukseen ohjaamiseen. Ne ovat helppokäyttöisiä ja sisältävät helposti saatavilla olevaa tietoa. Ne sisältävät usein tekstiä, mutta toimintojen havainnollistamisen tueksi voidaan esitellä myös kuvia, animaatioita, videoita tai ääntä. Oppaan ja tietolähteen eroavaisuus on oppaan pyrkimyksessä opastaa oppijaansa konkreettisen toiminnan suorittamiseen yleisen informaation sijaan. (Jaakkola ym. 2012, 12, 16.)

Opaskirjallisuuden kohderyhmä ovat usein harrastajat ja ammattilaiset. Hyvälle oppaalle ominaisia piirteitä ovat käytännöllisyys, ajantajuisuus, luotettavuus ja käyttäjäkeskeisyys. (Jussila 2006, 12.) Oppaan visuaalinen muoto tulee suunnitella sen tarkoituksen perusteella. Tekstin rakenteen ja kieliasun tulee tukea työn tarkoitusta. Perusteltu kuvien käyttö ja niiden asianmukainen sisällyttäminen tekstiin ovat osa hyvää opasta. Hyvä opas sisältää käytännön esimerkkejä. (Rentola 2006 96, 102.) Opas on tekijöidensä näköinen viestinnällisestä sekä visuaalisesta tavasta koostuva tuotos, joka viestittää tekijöidensä mielikuvia aiheestaan kohderyhmälle. (Vilkkä & Airaksinen 2004, 51-53.)

7 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Opinnäytetyön tavoite on röntgenhoitajaopiskelijoiden magneettikuvantamiseen liittyvän ammatillisen osaamisen vahvistaminen ja kehittäminen. Opinnäytetyömme tarkoituksena oli kehittää tuleville röntgenhoitajaopiskelijoille lannerangan magneettikuvantamista koskevaa materiaalia. Materiaalin muotona oli kuvantamisopas. (Liite 2) Tämän kuvantamisoppaan tavoitteena oli tarjota teoreettista tietoa lannerangan magneettikuvantamisesta, jota voidaan käyttää syventävänä materiaalina Turun ammattikorkeakoulussa magneettikuvantamisen opintojaksolla sekä opiskelijoiden itsenäisen opiskelun työkaluna. Röntgenhoitajaopiskelijan ammatillista osaamista edistävä tarkoitus toimii myös opinnäytetyön eettisenä perustana. Ammatillisen osaamisen kehittymisestä hyötyisi ennen kaikkea myös potilas, mikä on röntgenhoitajan tehtävän noudattamista ammattieettisestä näkökulmasta. Röntgenhoitajan ammattitoimikunnan päämääränä on väestön terveyden edistäminen ja ylläpitäminen, sairauksien ehkäiseminen ja parantaminen sekä kärsimysten lievittäminen (Suomen röntgenhoitajaliitto 2000,1).

8 OPINNÄYTETYÖN TOTEUTUS

Konstruktivistisessa toiminnallisen opinnäytetyön mallissa opinnäytetyö ja sen tuotos suunnitellaan huolellisesti vaiheittain, joita ovat aloitus-, suunnittelu-, esi-, työstö-, tarkistus- ja viimeistelyvaihe. Konstruktivistisessa mallissa korostuvat vaiheistamisen lisäksi myös menetelmäosaamisen hallinta, yhteisöllinen ja osallistava näkökulma sekä pedagoginen työote. Konstruktivistinen menetelmä edellyttää arviointia, eteenpäin suuntautumista ja inhimillisten tekijöiden huomioon ottamista. (Salonen K, 2013)

Kehittämishankkeemme aloitusvaiheessa aiheen valinta suoritettiin keväällä 2015. Magneettikuvantamisesta ei ole kirjallisuuden perusteella aikaisemmin tehty kuvantamisprosessia kuvaavaa suomenkielistä materiaalia, minkä vuoksi koimme tarpeen kehittää uudenlaista mallia edustavan opinnäytetyön. Kehittämishankkeemme tavoitteena oli kehittää ja vahvistaa röntgenhoitajaopiskelijoiden ammatillista osaamista. Valitsimme aiheen mielenkiinnosta magneettikuvantamista kohtaan. Siinä havaitsevamme haasteellisuus ja monimuotoisuus herätti meissä mielenkiintoa. Inspiraatiota toiminnallisen opinnäytetyön muodolle antoivat aikaisemmat natiivikuvantamista käsittelevät Laatu-käsikirja kuviksi-opinnäytetyöt.

Suunnitteluvaiheessa kehitimme aihetta yhteistyössä toisen opinnäytetyötään valmistelevan ryhmän kanssa ja tavoitteenamme oli tehdä yhteneväiset ja samaa mallia edustavat työt erilaisista kuvauskohteista. Systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa hankimme opinnäytetyötä varten teoreettisen pohjan, missä yhdistyvät nykyaikainen tutkimustieto ja ammattikirjallisuus. Kyseinen materiaali analysoitiin vastaamaan olennaisiin lannerangan magneettikuvantamiseen liittyviin asioihin röntgenhoitajalta vaadittavan ammattiosaamisen pohjalta. Teoreettinen osuus koostui magneettifysiikasta, lannerangan magneettikuvantamisen indikaatioista sekä potilas- ja konehoitajan työprosessia kuvaavasta kirjallisuudesta.

Kirjallisuuskatsauksessa esitettiin myös magneettikuvantamisessa yleisten termien ja parametrien merkitystä ja erityisesti haluttiin selvittää muun vaadittavaan ammattiosaamiseen liittyvän adekvaattisen materiaalin lisäksi, mitkä sekvenssit kuuluvat lannerangan rutiiniprotokollaan. Kirjallisuuden perusteella pääsimme tulokseen, että lannerangan rutiiniprotokolla sisältää SAG T2-, SAG T1-, COR STIR- ja AX T2-sekvenssit. Hankimme teoreettista materiaalia myös lannerangan magneettikuvantamisen optimoinnin keinoista. Kirjallisuuskatsauksen aikana hankimme kahdet lannerangan magneettikuvat sekä materiaalia anatomian osuuden kuvaamiseksi. Nämä toimivat toiminnallisen opinnäytetyön materiaalin visuaalisena osiona. Omistimme magneettikuvien käyttöoikeudet, joten lupaa niiden käyttämiseen ei tarvittu. Magneettikuvista poistettiin kaikki tunnistetiedot.

Suunnitteluvaiheeseen kuului tutkimussuunnitelma, jonka avulla haimme lupaa lannerangan rutiiniprotokollan kuvausparametrien käyttöön Kanta-Hämeen keskussairaalaan. (Liite 1) Tutkimussuunnitelman laatimisen aikana valitsimme yhteistyöryhmän kanssa opinnäytetyön kuvantamisoppaan muodoksi PowerPoint® -diaesityksen. (Liite 2)

Esivaiheessa pidimme ohjaajan ja yhteistyötä tekevän opinnäytetyöryhmän kanssa palaverin, jossa organisoitiin linjaukset, joilla varmistettaisiin opinnäytetöiden materiaalien yhteneväisyys. Palaverissa teimme linjaukset kuvantamisoppaan sisällön rakenteesta, joka koostuisi anatomiasta, indikaatioista, potilaan ohjauksesta ja kuvantamisprosessin kuvaamisesta kuvitteellisen potilastarinan avulla. Linjasimme materiaaliin tarvittavat lannerangan rutiiniprotokollan kuvausparametrit, joiden käyttöön haimme lupaa marraskuussa saatekirjeen avulla. (Liite 1) Kyseinen saatekirje toimi myös suostumuslomakkeena. Parametrit, joihin haimme lupaa, olivat: TR- ja TE-aika, leikemäärä, leikepaksuus, NAQ, matriisi, FOV, Wrap, Flip-kulma, taajuuskaistan leveys ja signaalikohinasuhde. Sovimme yhteistyöryhmämme kanssa diaesityksen ulkoasuna käytettäväksi Turun ammattikorkeakoulun PowerPoint®-mallipohjaa. Ohjaajamme informoi meitä myöhemmin mahdollisuudesta viitata magneettikuvantamista käsittelevän IMAIOS-verkkosivustoon, mitä varten hankimme oikeudet

kyseisen sivuston kuvapankkiin. Saimme lisäksi sähköisesti ehdotuksia ohjaajaltamme materiaalimme rakenteesta.

Työstövaiheessa kuvantamisopas (Liite 2) tehtiin marraskuussa 2015. Oppaan alun teoreettinen osuus laadittiin aloittaen listasta lannerangan magneettikuvantamisen indikaatioita, jonka jälkeen kuvattiin lannerangan anatomian teoria sekä anatomiset magneettikuvat kaikista leikesuunnista. Varsinaisen kuvantamisprosessin tueksi laadittiin kuvitteellinen potilastarina, jonka avulla lukija etenee diaesityksessä loogisesti oikeanlaista prosessia mukaillen. Prosessi on jaettu teoreettiseen viitekehukseen perustuvina ja erillisesti otsikoituina potilasohjauksen sekä kuvantamisen diasarjoina. Potilasohjauksessa keskitytään kuvaamaan siinä huomioitavia adekvaattisia asioita sekä asettelun kulkua. Kuvantaminen-osiossa demonstroidaan oikeaoppinen kuvauksen suunnittelu sekä valmiit kuvasarjat lähdemateriaalin avulla. Diaesitykseen lisättiin ylimääräisten kuvien avulla oppimistehtävä, jonka avulla myös hankkimamme kuvausparametrit esitellään kuvasarjojen sekvenssien rakenteita kuvaavissa teknisissä osioissa. Oppimistehtävässä lukija haastetaan etsimään kuvista kystista rakennetta, jonka sijainti paljastetaan kaikissa leikkeissä kuvasarjojen lopuksi. Diaesitys loppuu teoriaosuuteen, jossa esitellään lannerangan magneettikuvantamisen optimointia. Optimointi käsittää parametrien selvityksen ja lannerangan magneettitutkimuksille tyypilliset artefaktat, joiden optimoimiseksi on esitetty teoreettiseen viitekehukseen perustuvia keinoja. Kuvantamisoppaan tekemisessä noudatettiin hyvälle oppaalle kirjallisuudessa esitettyjä kriteerejä.

Tarkistusvaiheessa opinnäytetyötä ja sen tuotosta arvioitiin ohjaajien, työn opoijien ja ulkopuolisten henkilöiden avulla, jotka koostuivat röntgenhoitajasta ja röntgenhoitajaopiskelijasta. Kommenttien ja kehittämissuositusten perusteella opinnäytetyö ja tuotos palautettiin takaisin työstövaiheeseen ja tarvittavien korjausten jälkeen se siirrettiin viimeistelyvaiheeseen.

Viimeistelyvaiheessa opinnäytetyö koottiin marraskuussa kirjallisuuskatsauksesta, kuvantamisoppaasta (Liite 2) ja saatekirjeestä osastonhoitajalle (Liite1). Se raportoitiin kirjallisesti ja esiteltiin raportointiseminaarissa yhdessä bioanalytiikan koulutusohjelman opiskelijoiden kanssa. Valmis opinnäytetyö julkaistiin

sähköisesti ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa. Opinnäytetyön kuvantamisopas luovutettiin Turun ammattikorkeakoululle.

9 EETTISYYS JA LUOTETTAVUUS

Röntgenhoitajan ammattieettiset ohjeet velvoittavat röntgenhoitajaa osallistumaan oman alansa kehittämiseen ja edistämiseen. (Suomen röntgenhoitajaliitto 2000, ISRRT 2010) Opinnäytetyön ammatillista osaamista edistävä tarkoitus on toiminut työmme eettisenä perustana. Tämä myös osoittaa opinnäytetyömme olevan perusteltu ja hyödyllinen kliinisen radiografian kannalta. Pyrimme osaamistasomme huomioiden soveltamaan opinnäytetyöprosessin aikana hyvää tieteellistä käytäntöä, mikä on tärkeää opinnäytetyön luotettavuuden ja eettisyyden kannalta. Hyvän tieteellisen käytännön mukaan toimiminen edellyttää rehellisyyden, huolellisuuden ja tarkkuuden noudattamista sekä eettisesti ja tieteellisesti kestävien tiedonhankinta-, tutkimus-, raportointi-, ja arviointimenetelmien käyttöä (Leino-Kilpi & Välimäki 2003, 288).

Opinnäytetyön aihe ja toteutusmuoto valittiin itse. Pyrimme luotettavuuden lisäämiseksi käyttämään toteutusmuodon mallina natiivikuvantamista käsittelevien Laatukäsikirja kuviksi-opinnäytetöiden toteutusmuotoa. Laatukäsikirja kuviksi-opinnäytetöitä on useita. Ne noudattavat samaa toteutusmuotoa ja ne on laadittu ulkopuolisen toimeksiannon kautta. Aihe rajattiin käsittelemään vain lannerangan rutiiniprotokollan sekvenssejä. Aiheen rajauksella pystyimme kohdentamaan kirjallisuuskatsauksen aineistonkeruun paremmin, mikä lisää opinnäytetyön luotettavuutta.

Opinnäytetyömme tarkoitus oli saattaa pääosin vieraskielinen olemassa oleva tieto uudenlaiseksi lannerangan magneettikuvantamista koskevaksi suomenkieliseksi materiaaliksi. Tarkoitusta varten oli koottava kirjallisuuskatsauksessa teoreettinen pohja, joka koostui nykyaikaisista tieteellisistä tutkimuksista ja ammattikirjallisuudesta. Nykyaikaisella viittaamme lähdemateriaaliin, jota haimme tietokannoista ja manuaalisesti niin, että käyttöömme päätyi vain tällä vuosikymmenellä julkaistut teokset. Tämä lisää työn luotettavuutta. Pyrimme analysoimaan materiaalimme vastaamaan röntgenhoitajalta vaadittavan ammatiosaamisen mukaan. Teimme poikkeuksen ainoastaan etiikkaa, anatomiaa ja magneettifysiikkaa käsittelevissä teoksissa, joissa katsoimme tiedon pysyneen

muuttumattomana ja luotettavana. Lähdemateriaali koostui pääosin tutkimusartikkeleista ja e-kirjoista, joiden valintaan suhtauduttiin lähdekriittisesti. Kirjallisuuskatsauksen lähdemateriaalia valittaessa tulee kiinnittää huomiota niiden tarkoituksenmukaisuuteen, käytettävyyteen, ajanmukaisuuteen, oikeellisuuteen ja luotettavuuteen (Vilkkä & Airaksinen 2004, 77). Opinnäytetyötä varten hankittiin kaksi magneettikuvasarjaa, joista poistimme kaikki potilastiedot ja tunnisteet. Omistimme itse kuvien käyttöoikeudet, joten lupaa niiden käyttämiseen ei tarvittu. Opinnäytetyön rakennetta suunniteltiin yhteistyössä toisen samaan toteutusmalliin perustuvaa opinnäytetyötä tekevän ryhmän kanssa. Opinnäytetyössä käytettäviin kuviin on pyydetty lupaa IMAIOS:lta ohjaajamme toimesta sähköpostitse. Kuviin viittaamisen edellytyksenä oli omistajan itse määrittelemä lähdeviite.

Toteutusta varten laadittiin tutkimussuunnitelma, jossa selvitettiin opinnäytetyön tarkoitus ja toteutus sekä laadittiin jäljellä olevan opinnäytetyöprosessin aikataulu, minkä mukaan suunnitelmallinen eteneminen lisäsi opinnäytetyön luotettavuutta. Tutkimussuunnitelman avulla pystyimme hakemaan lupaa Kanta-Hämeen keskussairaalaan saatekirjeellä tarvitsemiemme kuvausparametrien käyttöön. (Liite 1) Saatekirje toimi myös suostumuslomakkeena. Kaikki luvanalainen materiaali hävitettiin opinnäytetyön valmistumisen jälkeen. Tutkimussuunnitelman aikataulussa linjattiin palaveri ohjaajan ja yhteistyöryhmän kanssa. Kahden opinnäytetyötä tekevän ryhmän yhteistyön luotettavuutta edistivät rehellisyys, aktiivisuus, suunnitelmallisuus sekä kiinnostus toteutusmuotoa ja sen kehittämistä kohtaan.

Kuvantamisoppaan toteutuksessa pyrittiin noudattamaan kirjallisuudessa esiintyviä hyvän oppaan kriteerejä. Opinnäytetyö ja sen kuvantamisopas esitettiin yhdellä röntgenhoitajalla ja kahdella röntgenhoitajaopiskelijalla sen luotettavuuden lisäämiseksi. Lukijat antoivat kommentteja ja kehittämissuhteita, joiden avulla työtä korjattiin. Ohjaajat osallistuivat työhön koko opinnäytetyöprosessin ajan tarjoten ammattiosaamisensa ja kykynsä opinnäytetyön käyttöön sen laadun parantamiseksi ja luotettavuuden lisäämiseksi. Opinnäytetyötä tarkasteltiin ja opponoitiin suunnitellusti seminaarien yhteydessä. Valmis opinnäytetyö ra-

portoitiin kirjallisesti. Raportointi pyrittiin suorittamaan mahdollisimman tarkasti kaikkia työvaiheita sekä työn sisältöä kuvaillen. Valmis opinnäytetyö julkaistiin sähköisesti ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto Theseuksessa, missä se on julkisesti nähtävissä. Opinnäytetyön materiaali luovutettiin Turun ammattikorkeakoulun käyttöön.

10 POHDINTA JA JATKOKEHITTÄMISEHDOTUKSET

Opinnäytetyömme tarkoituksena oli kehittää tuleville röntgenhoitajaopiskelijoille lannerangan magneettikuvantamista koskeva kuvantamisopas, joka olisi yhteneväinen ensi keväänä valmistuvan nilkan magneettikuvausta käsittelevän toiminnallisen opinnäytetyön materiaalin kanssa. (Liite 2) Tämän diaesityksen tavoitteena oli tarjota teoreettista tietoa lannerangan magneettikuvantamisesta, jota voidaan käyttää syventävänä materiaalina Turun ammattikorkeakoulussa magneettikuvantamisen opintojaksolla sekä opiskelijoiden itsenäisen opiskelun työkaluna.

Opinnäytetyöprosessi oli kokonaisuudessaan onnistunut ja tekijöidensä mielestä myös omaa ammatillista osaamista kehittävä. Parityöskentely sekä yhteistyö toisen opinnäytetyötä suorittavan ryhmän kanssa edellyttivät tarkkaa aikataulutusta, suunnitelmallisuutta, avoimuutta ja rehellisyyttä. Koemme itse kehittyneemme kirjallisen työn tekijöinä näissä asioissa. Olemme oppineet metodiikkaopinnoista lähtien keinoja suhtautumaan kriittisesti nykypäivänä laajassa mitakaavassa vellovaan informaatioon ja koemme sen tärkeäksi. Olemme oppineet arvostamaan tutkimustyötä, sen tekijöitä ja heidän tavoitteitaan kehittää oman alansa tiedettä.

Prosessissa mainittavia haasteita loi teoreettisen materiaalin vieraskielisyys, sillä kaikki lannerangan magneettikuvantamista koskeva ammattikirjallisuus oli pääsääntöisesti englanninkielistä. Vaikka pidämme omaa kielitaitoamme varsin hyvänä, oli luetun ymmärtämisessä ajoittain vaikeuksia, kun aihe käsitteli teollista terminologiaa esimerkiksi magneettifysiikassa. Uudenlaisen magneettikuvantamista koskevan opinnäytetyön luominen antoi huomattavasti vapauksia, koska saimme itse suunnitella ja päättää asioista, joita halusimme tuoda esille työssämme. Kääntöpuolena kuitenkin havaitsimme sen teettävän myös huomattavan määrän työn rakennetta koskevia haastavia kysymyksiä. Olemme kiitollisia ohjaajiltamme samaan palautteeseen ja apuun päätöksenteossa. Työ eteni täysin suunnitelmallisesti ja olemme siihen tyytyväisiä.

Asetimme jatkokehittämisen tavoitteeksi yhteistyöryhmämme kanssa, että saisimme jatkumoa samaan malliin perustuvissa magneettikuvantamista koskevis- sa opinnäytetöissä seuraavilla vuosikursseilla. Olemme töiden yhtenäisyyden avulla laatineet mallipohjan, jota kehittämällä voisi saada aikaan opinnäytetöiden avulla magneettikuvantamista koskevien kuvantamisohjeiden kokonaisuuden. Mielestämme opinnäytetöidemme pohjalta voisi kehittää selkeät yhteneväisyyden takaavat kriteerit seuraaviin saman mallin opinnäytetöihin, mitkä toisivat lisää suomenkielistä materiaalia alati kehittyvään magneettikuvantamisen modaliteettiin. Opinnäytetyön materiaali luovutettiin Turun ammattikorkeakoulun käyttöön. Tulevaisuudessa olisi mielenkiintoista tietää opinnäytetyömme käyttöasteesta ja -tavoista Turun ammattikorkeakoulun magneettikuvantamisen opintojaksolla.

LÄHTEET

Alaselkäkipu (online). Käypä hoito-suositus. Suomalaisen Lääkäriseuran Duodecimin ja Suomen Fysioteri yhdistyksen asettama työryhmä. Helsinki: Suomalainen Lääkäriseura Duodecim, 2014 (viitattu 24.4.2014). Saatavilla Internetissä: www.käypähoito.fi

Bhuskute,N.; Hoey,E.; Lakkaraju, A. & Mankad, K. 2011. MRI of the Whole Body: An Illustrated Guide to Common Pathologies: Hodder Arnold.

Currie,S; Hoggard, N; Craven, i; Hadjivassiliou, M. Wilkinson, I. 2013. Understanding MRI: basic MR physics for physicians: Postgraduate Medical Journal. (89) 209-221.

Davis, E. 2013. Lumbar Spine Anatomy and Pain. Spine health. Viitattu 7.11.2015. <http://www.spine-health.com/conditions/spine-anatomy/lumbar-spine-anatomy-and-pain>

Elmaoğlu, M. & Çelik, A. 2012. Lumbar Imaging. MRI Handbook: MR Physics, Patient Positioning and Protocols: Springer.

Elster, A. 2014a. Cross-talk. Questions and answers in MRI. Viitattu 24.4.2015. <http://mri-q.com/cross-talk.html>

Elster, A. 2014b. ZIP-Interpolation. Questions and answers in MRI. Viitattu 24.4.2015. <http://mri-q.com/zip.html>

Elster, A. 2014c. Reducing motion artefacts. Viitattu 24.4.2015. <http://mri-q.com/reducing-motion-artifacts.html>

Elster, A. 2014d. Field of view. Viitattu 24.4.2015. <http://mri-q.com/field-of-view-fov.html>

Elster, A. 2014e. No Phase Wrap. Viitattu 24.4.2015. <http://mri-q.com/phase-oversampling.html>

Elster, A. 2014f. Chemical shift artefact. Viitattu 8.11.2015. <http://mri-q.com/chemical-shift-artifact.html>

e-Anatomy, Micheau A, Hoa D, www.imaios.com

Ghaly, R.; Lissounov, A.; Candido, K. & Knezevic, N. 2015. Should routine MRI of the lumbar spine be required prior to lumbar epidural steroid injection for sciatica pain?. Surgical Neurology International. (6):48

Grossman V. 2014. Fast Facts for the Radiology Nurse: An Orientation and Nursing Care Guide in Nutshell: Springer.

Hendee & Ritenour. 2002. Medical Imaging Physics. Fourth Edition: Wiley- Liss.

Herno, A. 1999. Lannerankakanavan ahtauma. Lääkärikirja Duodecim. 1999;115(16):1755.

Hodgson, R. 2010. (v) The Basic Science of MRI. Mini-Symposium: Radiology. Orthopedics and trauma: Elsevier 25(2):119-130.

ISRRT. 2010. Code of Ethics. Viitattu 11.11.2015 <http://www.isrrt.org/images/isrrt/Code%20of%20Ethics.pdf>

Jussila. R. 2006. Mitä tietokirjallisuus on. Teoksessa: Tieto kirjaksi. Helsinki. Kansanvalistusseura.

Laser Spine Institute. 2015. Conus Medullaris. Spinal Anatomy. Viitattu 7.11.2015. https://www.laserspineinstitute.com/back_problems/spinal_anatomy/spinal_cord/conus_medullaris/

Leino- Kilpi, H. & Välimäki, M. 2003. Etiikka hoitotyössä. Helsinki:WSOY

Magnetic Resonance- Technology Information Portal. 2015. 5 Gauss Line. Viitattu 22.11.2015. <http://www.mr-tip.com/serv1.php?type=db1&db5=5+Gauss+Line>

Metropolia. 2015. Magneettitutkimukset ja toimenpiteet. Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma. Tietoa tutkinto-ohjelmista. Viitattu 23.11.2015 <http://opinto-opas-ops.metropolia.fi/index.php/fi/16183/fi/119/SR13K1/year/2012/classification/58>

McKinnis, L. 2014. Fundamentals of Musculoskeletal Imaging. Fourth edition. F.A. Davis Company.

McKinnis, L. & Mulligan, M. 2014. Musculoskeletal Imaging Handbook: A Guide for primary practitioners: F.A. Davis Company.

OPM. 2006. Ammattikorkeakoulusta terveydenhuoltoon. Koulutuksesta valmistuvien ammatillinen osaaminen, keskeiset opinnot ja vähimmäisopintopisteet. Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä. 2006:24

Reimer,P.; Parizel, P.; Meaney, J.& Stichnoth, F. 2010. Magnetic Resonance Imaging of the Spine: Clinical MR Imaging: A Practical Approach: Springer.

Rentola, M. 2006. Hyvä opas. Teoksessa: Tieto kirjaksi. Helsinki. Kansanvalistusseura.

Salonen, K. 2013. Näkökulmia tutkimukselliseen ja toiminnalliseen opinnäytetyöhön: Opas opiskelijoille, opettajille ja TKI- henkilöstölle. Turun ammattikorkeakoulun puheenvuoroja: 72

Sangani,S; Joshi, M; Sangani, C & Dave, K. 2014. Correlation of magnetic resonance imaging findings in low back pain patients with daily travel time and mode. International Journal of Advances in Medicine. 1(3):206-212.

Singh,H.& Parvez, S. 2011. Atlas of Human Anatomy on MRI: Spine Extremities Joints: Jaypee.

Suomen röntgenhoitajaliitto. 2000. Viitattu 11.11.2015. Röntgenhoitajan ammattietiikka. <http://www.suomenrontgenhoitajaliitto.fi/doc/eettisetohjeet.pdf>

Säteilyturvakeskus. 2014. Magneettikuvaus. Viitattu 19.4. 2015. http://www.stuk.fi/sateilynyhodyntaminen/terveydenhuolto/fi_FI/magneettikuvaus/

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2004. Toiminnallisen opinnäytetyön ohjaajan käsikirja. Helsinki:Tammi, 77.

Westbrook, C. 2014. Handbook of MRI Technique. Fourth edition: Wiley- Blackwell.

Westbrook, C; Roth, C.K. & Talbot, J. 2011. MRI in practice. Fourth Edition. Wiley- Blackwell.

Liite 1. Saatekirje osastonhoitajalle

Hyvä osastonhoitaja!

Olemme kaksi röntgenhoitajaopiskelijaa Turun ammattikorkeakoulusta. Olemme tekemässä opinnäytetyötä lannerangan magneettikuvantamisesta. Tavoitteenamme on tehdä opiskelijoille tai magneettityöskentelyä aloittaville työntekijöille suunnattu perehdytysopas lannerangan magneettikuvantamisesta. Opinnäytetyö valmistuu jouluna 2015. Valmis opinnäytetyö julkaistaan sähköisesti ammattikorkeakoulujen julkaisuarkisto The-seuksessa ja se on Kanta- Hämeen keskussairaalan käytettävissä. Saatekirjeen liitteenä on opinnäytetyömme tutkimussuunnitelma.

Opinnäytetyön toteuttamiseksi kohteliaimmin pyytäisimme Teidän osaltanne apua lannerangan magneettikuvauksen prosessin kuvaamiseksi. Työn tuotosta varten tarvitsisimme luvan viitata Kanta- Hämeen keskussairaalassa otettuihin lannerangan magneettikuviin ja lannerangan rutiini-protokollan kuvaussekvensseihin. Opinnäytetyön missään vaiheessa ei tule esille potilaan henkilökohtaisia tietoja.

Opinnäytetyömme ohjaajana toimii Jarno Huhtanen Turun ammattikorkeakoulusta (p. +358 403550411, sähköposti jar-no.huhtanen@turkuamk.fi). Jos teillä on kysyttävää opinnäytetyöhön liittyen, ottakaa yhteyttä meihin tai ohjaajaamme.

Ystävällisin terveisin,

Antti Aakkula ja Tomi Friederiksen

Yhteystiedot:

S-posti: antti.aakkula@edu.turkuamk.fi & tomi.friederiksen@edu.turkuamk.fi

Puhelin: +358 504078278 & +358407375313

Liite 2. Kuvantamisopas

Opinnäytetyön tuotosta ei julkaista sähköisessä versiossa.