

Markus Suuronen

PATIENT'S GUIDE: MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)

Englanninkielinen digitaalinen opas ulkomaalaiselle aikuispotilaalle magneettikuvaukseen

PATIENT'S GUIDE: MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)

Englanninkielinen digitaalinen opas ulkomaalaiselle aikuispotilaalle magneettikuvaukseen

Markus Suuronen
Opinnäytetyö
Kevät 2014
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Tekijä: Markus Suuronen

Opinnäytetyön nimi: Patient's Guide: Magnetic Resonance Imaging (MRI)

Englanninkielinen digitaalinen opas ulkomaalaiselle aikuispotilaalle magneettikuvaukseen

Työn ohjaajat: Anja Henner & Anneli Holmström

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2014

Sivumäärä: 48 + 3

Magneettikuvauksessa sekä potilaiden että henkilökunnan turvallisuudesta on huolehdittava. Huomioitavaa on merkittävästi enemmän verrattuna esimerkiksi perinteiseen röntgenkuvaukseen. Kuvauksen onnistumisen kannalta on tärkeää, että potilas saa ennen kuvausta riittävästi selkeää, luotettavaa ja ajantasaista tietoa magneettikuvauksesta. Tämä opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun kanssa. Lisäksi projektiorganisaatioon kuuluivat graafinen suunnittelija ja englannin kielen tarkastaja.

Opinnäytetyön kehitystavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa digitaalinen englanninkielinen opas magneettikuvaukseen tulevalle ulkomaalaiselle tai ulkomaalaistaustaiselle aikuispotilaalle. Pitkän ajan kehitystavoitteena on parantaa kohderyhmän mahdollisuuksia saada selkokielistä tietoa. Välittömänä tavoitteena oli tarjota kuvaukseen tulevalle potilaalle selkeästi jäsenneiltyä ja helposti ymmärrettävää tietoa magneettikuvauksesta. Lisäksi eräänä tavoitteena oli henkilökunnan työmäärän vähentäminen.

Opinnäytetyössä käytiin läpi magneettikuvauksen eri osa-alueet, jotka muodostivat pohjan oppaassa potilaalle esitettävillä asioilla – esimerkiksi mistä magneettikuvauslaitteen kova melu johtuu. Kielen suhteen pyrkimyksenä oli selkeys ja kapulakielisten ilmaisu- ja välttämisen selkokielen keinoin. Ulkoasu suunniteltiin selkeäksi ja neutraaliksi. Tavoitteiden saavuttamista mitattiin asettamalla oppaalle laatukriteerejä ja esitestaamalla opas kohderyhmällä hyödyntämällä opinnäytetyön tekijän ulkomaan kontakteja. Esitetaukseen osallistuvat henkilöt saivat oppaan ja esitetauslomakkeen digitaalisessa muodossa.

Tuotekehitystyön tuloksena toteutettiin englanninkielinen opas magneettikuvaukseen tulevalle ulkomaalaiselle aikuispotilaalle. Esitetauksen tuloksien mukaan opas oli selkeä ja se täytti sille asetetut laatukriteerit. Opas vastaa keskeisimpiin potilasta askarruttaviin kysymyksiin magneettikuvauksesta. Tämän arvellaan välillisesti edesauttavan mahdollisten pelkotilojen lievittämisessä ja parantavan kuvauksen onnistumisen todennäköisyyttä. Potilaiden paremman valmistumisen myötä, henkilökunnan työmäärän otaksutaan vähenevän.

Opinnäytetyön jatkokehityshaasteita ovat oppaan markkinointi ulkomaille ja sen päivittäminen, kun uutta tietoa magneettikuvauksesta tulee saataville. Oppaasta on myös mahdollista tehdä suomenkielinen käännös.

Asiasanat: magneettikuvaus, magneettitutkimus, potilasohjeet, selkokieli, englannin kieli

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy

Author: Markus Suuronen

Title of thesis: English Digital Guide on Magnetic Resonance Imaging (MRI) for Adult Foreign Patients

Supervisors: Anja Henner & Anneli Holmström

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2014 Number of pages: 48 + 3

Safety aspects in magnetic resonance imaging (MRI) are in a pivotal role regarding both patient and staff safety. In comparison to a regular x-ray examination, MRI involves a significantly wider range of safety aspects to consider. Prior to MRI, patients should receive clear, reliable up-to-date and sufficient information. This improves the probability of the success of the MRI. The thesis was carried out in collaboration with Oulu University of Applied Sciences. In addition, the project organization included a graphic designer and an English proofreader.

The objective was to design and produce a digital guide that provided clear and easily understandable information about MRI in English for adult foreign patients. Another long-term objective is to provide answers and information that could reduce patients' concerns and fears regarding MRI. One aim was also to reduce the workload of the staff.

The thesis included different aspects of MRI, which were in turn presented in the guide, for example why MRI scanner produces very loud noise during the examination. The content was designed to be as easily understandable as possible by using plain English language. Graphic design aimed for clarity and neutrality. Objectives were measured by setting quality criteria for the guide. The guide was pretested utilizing the author's foreign contacts. Participants received the guide and a feedback form digitally.

As a result, an English MRI guide for adult foreign patients was produced. According to the pretest results, the guide was clear and easily readable fulfilling the quality criteria. The guide provides answers to the most essential questions regarding MRI. This is indirectly presumed to reduce possible fears and improve the probability of the success of the MRI. Workload of the MRI staff is presumed to be reduced, as the patients are able to prepare for the MRI better.

In the future, the guide should be kept updated as new information about MRI emerges. Possible future development proposals include selling the guide abroad and/or translating the guide into Finnish.

Key words: magnetic resonance imaging, MRI, patient information, guides, plain language, English

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
ABSTRACT	4
1 JOHDANTO	7
2 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT	8
2.1 Tuotekehitysprojektin vaiheet ja päätehtävät.....	8
2.2 Tuotekehitysprojektin tavoitteet.....	9
2.3 Tuotekehitysprojektin projektiorganisaatio	10
3 MAGNEETTIKUVAUS: PERUSTEET, POTILASTURVALLISUUS JA - OHJAUS	12
3.1 Magneettikuvauksen historia ja tulevaisuudennäkymät.....	12
3.2 Magneettikuvauksen perusta: ydinmagneettinen resonanssi	14
3.3 Magneettikuvauslaitteiston pääkomponentit.....	17
3.4 Kolmivaiheinen kuvanmuodostus	20
3.5 Potilasturvallisuus magneettikuvauksessa	20
3.5.1 Staattinen B ₀ -magneettikenttä	21
3.5.2 Gradientti- ja radiotaajuuskentät	22
3.5.3 Tehosteaineisiin liittyvät riskit.....	25
3.5.4 Raskaus ja magneettikuvaus.....	26
3.5.5 Riskien minimointi ja vaaratilanteiden estäminen	27
3.6 Potilasohjaus magneettikuvauksessa.....	28
4 OPPAAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS	30
4.1 Oppaan laatukriteerit	30
4.2 Oppaan sisältö	31
4.3 Oppaan ulkoasu	33
4.4 Oppaan esitustus	35
4.5 Oppaan kustannukset ja riskit	36
4.6 Oppaan eettiset tekijät ja tekijänoikeudet	37
5 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN ARVIOINTI	38
5.1 Tavoitteiden arviointi	38
5.2 Oppaan laadun arviointi	38

5.3 Aikataulun, kustannusten ja riskien arviointi.....	41
5.4 Työskentelyn arviointi	42
6 POHDINTA	43
LÄHTEET	46
LIITTEET	49

1 JOHDANTO

Alun perin vuonna 1946 löydettyyn ydinmagneettisen resonanssi-ilmiöön (eng. *Nuclear Magnetic Resonance*, NMR) perustuva magneettikuvaus on ainutlaatuinen ja monipuolinen lääketieteellinen kuvausmenetelmä, joka perustuu vetyatomien ydinten magneettisiin ominaisuuksiin. Toisin kuin perinteinen ja tutkimusmääriltä selvästi yleisempi keuhkojen ja luuston natiiviröntgenkuvaus, magneettikuvaus ei altista potilasta ionisoivalle säteilylle. Muutamassa vuosikymmenessä magneettikuvaus on vakiinnuttanut asemansa yhtenä tärkeimmistä diagnostisen radiografian ja -logian kuvausmenetelmistä. Tietokonetomografiaan verrattuna magneettikuvaus on herkempi ja suhteellisesti spesifimpi kuvausmenetelmä. Nykyaikaiset nopeat kuvaussekvenssit mahdollistavat dynaamisen kuvauksen ja kudoksien hemodynamiikan tutkimisen. Tulevaisuudessa magneettikuvauslaitteiden ja muiden modaliteettien, kuten ultraääni, lineaarikiihdytin, positroniemissiotomografia (eng. *Positron Emission Tomography*, PET) ja yksifotoniemisiotomografia (eng. *Single Photon Emission Tomography*, SPET), synergiaa tullaan hyödyntämään yhä enemmän määrissä. Lisäksi magneettikuvauksen tulevaisuuden trendinä näyttää olevan molekyyli-tason kuvaus. Magneettikuvaus on selkeästi tulevaisuuden modaliteetti. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Jurvelin & Nieminen 2005, 58; Noseworthy 2012, hakupäivä 23.4.2013.)

Tämän opinnäytetyön kehitystavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa englanninkielinen digitaalinen opas magneettikuvaukseen tulevalle ulkomaalaiselle tai ulkomaalaistaustaiselle aikuispotilaalle. Opinnäytetyössä käytiin läpi magneettikuvauksen eri osa-alueet, jotka muodostivat pohjan oppaassa potilaalle esitettävälle asioille, esimerkiksi mistä magneettikuvauslaitteen melu johtuu. Aihe valikoitui kiinnostuksen ja haastavuuden perusteella. Opinnäytetyö toteutettiin yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon koulutusohjelman kanssa. Projektiorganisaatioon kuuluivat opinnäytetyön tekijä, yliopettaja Anja Henner ja lehtori Anneli Holmström Oulun ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmasta. Lisäksi organisaatioon kuuluivat mainosgraafikko Jatta Ikäheimonen, arkeologi/tutkija Ulla Rajala (englanninkielen tarkistus) ja vertaisarvioijat.

2 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN LÄHTÖKOHDAT

2.1 Tuotekehitysprojektin vaiheet ja päätehtävät

Ajatus opinnäytetyön aiheesta ja toteutustavasta muotoutui vuoden 2012 loppupuolella. Aiheen valintaan vaikutti paljolti intuitio magneettikuvauksen merkityksen kasvusta tulevaisuudessa. Magneettifysiikka myös poikkeaa merkittävästi perinteisestä röntgenkuvauksesta, mikä lisäsi mielenkiintoa opinnäytetyötä kohtaan. Projektista tulisi myös riittävän haastava. Kuukauden kestänyt magneettiharjoittelu vahvisti käsitystä oppaan käyttökelpoisuudesta osana potilasohjausta.

Oppaan tarpeellisuuteen viittasi englanninkielisten ajan tasalla olevien oppaiden vähyys ainakin Pohjois-Suomen alueella. Alustavien kyselyjen perusteella tarvetta oli ainakin Oulun yliopistollisessa sairaalassa ja Keski-Pohjanmaan keskussairaalassa. Tietävästi myös Kuopion yliopistollisessa sairaalassa oli oppaalle käyttöä. Todellisen tarpeen otaksuttiin olevan huomattavasti suurempi. Oppaalle oli markkinarako ja täten sen kehittäminen oli perusteltua.

Ensimmäinen päätehtävä oli aiheen ideointi ja opinnäytetyön teemaan sidoksissa oleviin ohjausryhmiin kiinnitäytyminen keväällä 2013. Tätä seurasi opinnäytetyön tietoperustan laatiminen, esittäminen sekä itse- ja vertaisarvioinnin tekeminen, mikä tapahtui sekä itsenäisesti että työpajatyöskentelynä. Tietoperusta kattoi tieteellisistä julkaisuista peräisin olevan formaalin tiedon, joka toimi linkkinä olemassa olevan tiedon ja opinnäytetyön välillä. Tietoperusta valmistui toukokuussa 2013.

Toinen päätehtävä oli opinnäytetyönsuunnitelman laatiminen, jossa ideat konkretisoitiin suunnitelmaksi. Opinnäytetyösuunnitelmassa esitettiin kehittämisen kohteena oleva opas ja sen kehittämisen menetelmät. Tietoperusta ja suunnitelma esitettiin samalla kertaa syyskuussa 2013. Samalla lukukaudella tehtiin myös itse- ja vertaisarvioinnit. Oppaan kielentarkistus ja graafinen suunnittelu alkoi tammikuussa 2014 ja valmistui maaliskuussa. Oppaan esitelmä suoritettiin huhtikuussa ja lopulliset korjaukset tehtiin huhtikuussa. Opinnäytetyö lähetettiin arvioitavaksi huhtikuussa 2014 (ks. taulukko 1).

TAULUKKO 1. Opinnäytetyöprosessin vaiheet ja ajankohdat.

Opinnäytetyön vaihe	Arvioitu ajankohta	Toteutunut ajankohta
Aiheen ideointi ja valinta	Syys-talvi 2012	Syys-talvi 2012
Kirjoitusprosessin aloittaminen	Kevät 2013	Kevät 2013
Tietoperustan esittäminen	Toukokuu 2013	Toukokuu 2013
Suunnitelman esittäminen	Syyskuu2013	Syyskuu 2013
Kielentarkistus ja graafinen suunnittelu	Tammikuu 2013	Maaliskuu 2014
Oppaan esitestaus	Helmikuu 2014	Huhtikuu 2014
Opinnäytetyö arvioitavaksi	Kesä 2014	Huhtikuu 2014

2.2 Tuotekehitysprojektin tavoitteet

Tuotekehitysprojektin tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa englanninkielinen digitaalinen opas magneettikuvaukseen tulevalle ulkomaalaiselle tai ulkomaalaistaustaiselle aikuispotilaalle. Kehitystavoite kuvaa projektin tavoiteltavaa pitkän aikavälin muutosta tärkeimmän hyödynsaajaryhmän kannalta. Pitkän ajan kehitystavoitteena on parantaa ulkomaalaisen aikuispotilaan mahdollisuuksia saada selkokielistä tietoa magneettikuvauksesta englanniksi.

Välitön tavoite kuvaa muutosta, joka näkyy hyödynsaajien saaman palvelun parantumisena tai välittömän kohderyhmän parantuneena toimintana. Välittömänä tavoitteena oli tarjota kuvaukseen tulevalle potilaalle selkeästi jäsenneiltyä ja helposti ymmärrettävää tietoa magneettikuvauksesta. Kielen suhteen pyrkimyksenä oli selkeys ja kapulakielisten ilmaisujen välttäminen selkokielen keinoin. Oppaasta potilas löytää vastaukset keskeisiin häntä askarruttaviin kysymyksiin magneettikuvauksesta. Tämä edesauttaa välillisesti mahdollisten pelkotilojen lievittämisessä ja parantaa kuvauksen onnistumisen todennäköisyyttä.

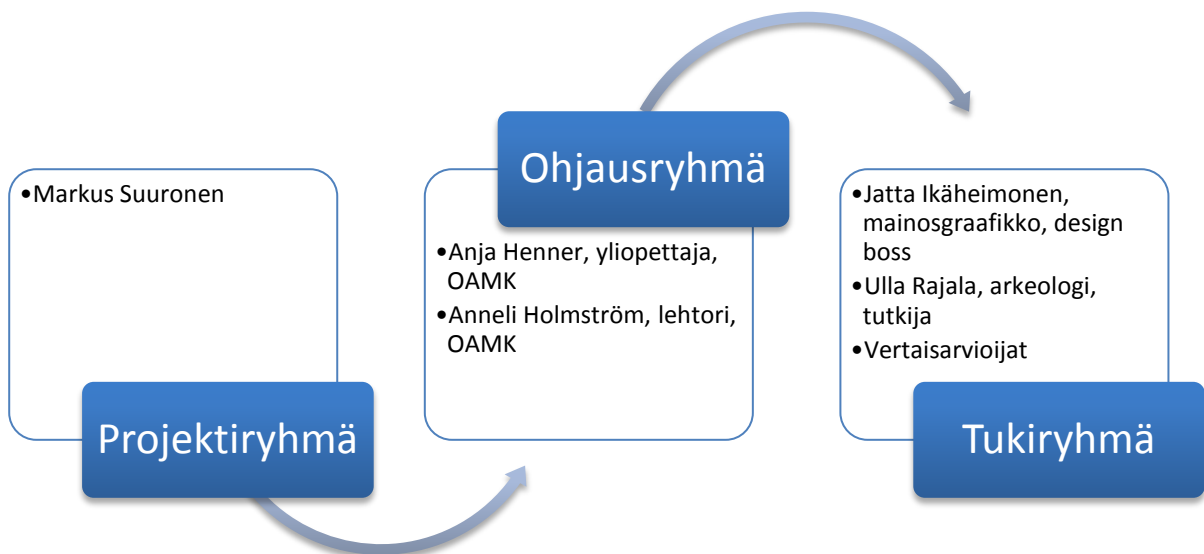
Opas suunniteltiin vähentämään myös henkilökunnan työmäärää, sillä potilaat pystyvät valmistautumaan etukäteen magneettikuvaukseen paremmin. Oppaan tavoitteet toteutu-

vat parhaiten, mikäli potilas saa oppaan ennen magneettikuvausta. Edellä mainittuja kohderyhmän tavoitteiden saavuttamista mitattiin asettamalla oppaalle laatukriteerejä ja esitestaamalla opas kohderyhmällä.

Opinnäytetyön laatijan omana oppimistavoitteena oli oppia tuotekehitystyötä ja hyödyntää vieraskielistä osaamista oppaan laatimisessa. Näiden ohella pyrkimyksenä oli perehtyä tuotekehitystyön osa-alueisiin, kuten oppaan kehittämiseen, markkinointiin ja riskien hallintaan.

2.3 Tuotekehitysprojektin projektiorganisaatio

Projektiorganisaationa voidaan pitää projektia varten muodostettua ryhmää, joka tekee projektiluontoista yhteistyötä määrätyn ajan. Tämän tuotekehitysprojektin projektiorganisaatiota kuvataan alla (ks. kuvio 1).



KUVIO 1. Tuotekehitysprojektin projektiorganisaatio.

Projektiryhmän kuuluivat opinnäytetyön tekijä ja ohjausryhmään yliopettaja Anja Henner ja lehtori Anneli Holmström Oulun ammattikorkeakoulun radiografian ja sädehoidon koulutusohjelmasta. Ohjausryhmän tehtävä oli ohjata opinnäytetyön etenemistä ja antaa palautetta sisällöstä. Tukiryhmään kuuluivat mainosgraafikko Jatta Ikäheimonen, arkeologi/tutkija Ulla Rajala (englanninkielen tarkistus) ja vertaisarvioijat. Graafinen

suunnittelija vastasi kehitettävän oppaan ulkoasusta, kuten kirjasinkoosta ja -tyypistä, väreistä, kuvista ja tekstin sijoittelusta tietyin rajoittein. Kielentarkastaja puolestaan vastasi oppaan englanninkielen tarkastuksesta. Vertaisarvioijat antoivat palautetta opinnäytetyöstä sen eri vaiheissa.

3 MAGNEETTIKUVAUS: PERUSTEET, POTILASTURVALLISUUS JA -OHJAUS

Magneettikuvauksella potilaan kehosta voidaan muodostaa hyvin ohuita ja tarkkoja leikekuvia. Modaliteetti soveltuu esimerkiksi keskushermoston sekä tuki- ja liikuntaelimestön kuvaukseen. Magneettikuvauksessa potilas ei altistu ionisoivalle säteilylle röntgenkuvauksen tavoin, vaan kuvaus perustuu potilaan kehossa, pääasiassa vedessä ja rasvakudoksessa, olevien vety-ytimien lähettämään radiotaajuiseen värähtelevään signaaliin, kun vety-ytimet altistetaan voimakkaalle ulkoiselle magneetikentälle. Kuvaukset ovat potilaalle varsin helppoja ja kivuttomia. Magneettikuvaus ei kuitenkaan sovellu kaikille potilaille johtuen kuvaukselle asetetuista kontraindikaatioista ja turvallisuusseikoista. Turvallisuusseikat koskevat potilaan ohella kaikkia kuvaushuoneessa kuvauksen aikana olevia henkilöitä, kuten röntgenhoitajia, anestesiahenkilökuntaa ja potilaan omaisia heidän toimiessa saattajina. (Jurvelin & Nieminen 2005, 58; Tunninen, Ryymin & Kauppinen 2008, hakupäivä 19.4.2013; Hodgson 2011, 119.)

3.1 Magneettikuvauksen historia ja tulevaisuudennäkymät

Magneettiresonanssikuvauksella (eng. *Magnetic Resonance Imaging*, MRI) perustuu alun perin ydinmagneettiseen resonanssi-ilmiöön, jota käytettiin 1950–1970-luvuilla kemian tutkimuksessa orgaanisten molekyylien tutkimukseen ja rakenneanalyysiin NMR-spektroskopian avulla. Tekniikkaa kutsuttiin kuitenkin magneettiresonanssikuvaukseksi, sillä ydin-sanaan liittyi 1970-luvulla runsaasti negatiivisia konnotaatioita johtuen muun muassa ydinkokeista. Vuonna 1946 Felix Bloch ja Edward Purcell löysivät samanaikaisesti ydinmagneettisen resonanssi-ilmiön ja heidät palkittiin työstään Nobel-palkinnolla vuonna 1952. (Hornak 2011, hakupäivä 23.4.2013.)

Vuonna 1971 Raymond Damadian osoitti, että normaalin ja syöpä-kudoksen niin sanottu relaksaatioajat (vaikuttavat kuvakontrastiin, ks. tarkemmin luku 3.2) poikkesivat toisistaan. Tämä edesauttoi tutkijoita ydinmagneettisen resonanssi-ilmiön hyödyntämisessä tautien diagnostiikassa. Kaksi vuotta myöhemmin Godfrey Hounsfield kehitti tietokone-tomografian (eng. *Computer Tomography*, CT). Uusi kuvaustekniikka osoitti, että sai-

raalat olivat valmiita sijoittamaan suuria pääomia lääketieteellisiin kuvauslaitteisiin. Samana vuonna Paul Lauterbur teki ensimmäisen pienimuotoisen magneettikuvauksen hyödyntäen tietokonetomografiassa jo aiemmin käytettyä takaisinprojisointia. Richard Ernst kehitti vuonna 1975 aika- ja taajuuskoodauksen sekä Fourier-muunnoksen, mitkä toimivat vielä nykyisinkin magneettikuvauksen perustana. Samana vuonna Peter Mansfield kehitti EPI-kuvauksen (eng. *Echo-Planar Imaging*), joka myöhemmin mahdollisti kuvien ottamisen videokuvauksen nopeudella (30 ms / kuva). Ensimmäiset kaupalliset magneettilaitteet tulivat teollisuuden ja tutkimuksen käyttöön 1980-luvun alussa, jonka jälkeen magneettikuvauslaitteita on asennettu ympäri maailmaa satoja tuhansia. Kehityksessä tapahtui harppauksia vielä tulevana vuosikymmeninä erityisesti kuvausnopeuden ja -laadun osalta. Vuonna 1991 Lauterbur sai kemian Nobelin-palkinnon Fourier-muunnoksestaan. Lisää Nobel-palkintoja jaettiin vuonna 2003, jolloin Lauterbur ja Mansfield palkittiin lääketieteen Nobelin-palkinnoilla elämäntyöstään magneettikuvauksen saralla. 2000-luvun alussa ensimmäiset 3 T:n magneettikuvauslaitteet otettiin kliiniseen käyttöön ja 7 T:n sekä yli kaupalliseen käyttöön. Vuonna 2008 Blamire (2008, 602–604, 606–607) ennusti artikkelissaan magneettikuvauksen tulevaisuuden trendeiksi muun muassa kenttävoimakkuuden kasvua 1,5 T:sta 3 T:aan, toisistaan hyötyvien synergisten modaliteettien yleistymistä ja tehosteaineiden kehittymistä. Neljä vuotta myöhemmin Noseworthy (2012, hakupäivä 23.4.2013) vahvisti tämän käsityksen ISRRT:n maailmankongressissa Kanadassa. Tulevaisuudessa magneettikuvauslaitteiden ja muiden modaliteettien, kuten ultraääni, lineaarikiihdytin, PET ja SPET, synergiaa tullaan hyödyntämään yhä enemmän määrissä. (Blamire 2008, 601–602; Hornak 2011, hakupäivä 23.4.2013.)

Ultraäänen ja magneettikuvauksen synergiaa hyödynnetään elastografiassa (eng. *Magnetic Resonance Elastography*, MRE), joka käytännössä simuloi kudoksen palpoinnia sormin. Elastografia antaa tietoa kudoksen elastisista ominaisuuksista ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi rintatuumoreiden ja fibroottisen maksakudoksen diagnosoinnissa. Tämän ohella ultraääntä voidaan hyödyntää esimerkiksi syöpäkudoksen tuhoamisessa ei-invasiivisesti. Magneetti- ja PET/SPET-laitteen yhdistämisen kiistattomana hyötynä on kuvauksen laaja spektri, joka kattaa ihmiskehon morfologian, fysiologian ja biokemian. PET mahdollistaa molekyylytason kuvauksen, mutta ei kuitenkaan anna tietoa paikallisesta kudosanatomiasta. PET/magneettikuvauslaitteella voidaan ottaa korkealaatuisia kuvia potilaan anatomiasta yhdistettynä metaboliseen tietoon. Sädehoidossa käy-

tettävän lineaarikiihdyttimen ja magneettikuvauslaitteen synergia korostuu puolestaan sädehoidon annossuunnittelussa. Magneettikuvauksen erinomainen pehmytkudoskontrasti tekee hoitokohteen paikallistamisesta helpompaa ja vähentää lääkäreiden välisiä eroja hoitokohteen rajaamisessa. (Blamire 2008, 606; Kouri & Kangasmäki 2009, hakupäivä 26.4.2013; Noseworthy 2012, hakupäivä 23.4.2013.)

3.2 Magneettikuvauksen perusta: ydinmagneettinen resonanssi

Ihmisen kehossa on runsaasti vetyatomeja, jotka koostuvat yhden parittoman protonin muodostamasta ytimeistä (järjestysluku $Z=1$). Ytimen protoneilla on varaus ja dipoli- tai liikemäärämomentsi eli niin sanottu spin. Ydinmagneettisen resonanssiteorian mukaan protoneilla on magneettinen momentti ja niiden voidaan täten ajatella olevan pieniä oman akselinsa ympäri pyöriä sauvamagneetteja. Protoneja ja neutroneja parillisen määrän omaavissa ytimissä (massaluku $A=\text{pariton}$) sen sijaan, magneettikenttien yhteisvaikutus kumoutuu, eikä kyseisillä ytimillä ole ulospäin havaittavaa magneettikenttää. Kaikista ytimistä noin 75 % on kuitenkin massaluvultaan parittomia ja niillä on täten nettomagnetisaatio. Ulkoisen magneettikentän puuttuessa protonit ovat epäjärjestyksessä, jolloin magnetoituma keskiarvoistuu nollassa. Jos protonit altistetaan ulkoiselle staattiselle B_0 -magneettikentälle (tästä eteenpäin B_0 -magneettikentällä tarkoitetaan nimenomaan ulkoista staattista magneettikenttää), esimerkiksi potilaan ollessa magneettikuvauslaitteessa, protonit kokevat B_0 -magneettikentän vääntömomentin ja järjestäytyvät joko sen suuntaisesti tai sitä vasten alkaen presessoida hyrrämäisesti sen ympäri. Presessio- tai niin sanottuun larmortajuuteen vaikuttavat Larmor-yhtälön mukaisesti gyromagneettinen ydinkohtainen vakio ja B_0 -magneettikentän voimakkuus: $\omega = \gamma \times B$, jossa ω on presessiotajuus, γ gyromagneettinen ydinkohtainen vakio ja B B_0 -magneettikentän voimakkuus (yksikkö Tesla, T). Esimerkiksi vety-ytimen gyromagneettinen vakio on 42,58 MHz/T, joten 1,5 T:n magneettikentässä, joka on tyypillinen kenttävoimakkuus hieman vanhemmille magneettikuvauslaitteille, presessiotajuus on noin 63,9 MHz ($\omega = 42,58 \text{ MHz/T} \times 1,5 \text{ T} \approx 63,9 \text{ MHz}$). Presessiotajuus on olennainen suure magneettikuvauksen kannalta, sillä se määrittää virityspulssin taajuuden, jolle myös kuvauksessa käytettävä kelat on viritettävä. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Jurvelin & Nieminen 2005, 58–59; Hodgson 2011, 119.)

Magneettinen resonanssi syntyy, kun vety-ytimet altistetaan kelalla radiotaajuiselle (eng. *Radio Frequency*, RF) sähkömagneettiselle RF-energialle, jonka taajuus vastaa protonien presessiotaaajuutta ja energia kahden sallitun energiatilan erotusta. Lyhyt RF-pulssi virittää protonit, jotka kääntyvät B_0 -magneettikentän vastaisesti xy-tasoon, jolloin puhutaan nettomagnetoituman poikittaiskomponentin syntymisestä. Kun RF-pulssi lopetetaan, ytimet palautuvat tasapainotilaan ja magneettikenttä kääntyy B_0 -magneettikentän suuntaisesti. Tämä pyörivä tasapainotilaan palautuminen tai niin sanottu relaksaatio voidaan havaita potilaan päälle asetettavalla kelalla, johon radiotaajuinen eksponentiaalisesti vaimeneva signaali (eng. *Free Induction Decay*, FID) johtuu. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Jurvelin & Nieminen 2005, 59; Hodgson 2011, 119.)

Relaksaatiossa protonit luovuttavat viritysenergiansa ympäristön makromolekyyleille (pitkittäinen relaksaatio) tai toisille spineille (poikittainen relaksaatio). Pitkittäinen tai niin sanottu T1-relaksaatioaika mittaa kuinka nopeasti vety-ytimet asettuvat B_0 -magneettikentän suuntaisesti virityksen jälkeen. Kudoksien T1-arvot ovat tyypillisesti välillä 100–1000 ms ja ne ovat riippuvaisia magneettikentän voimakkuudesta. Koska useimmat kuvaussekvenssit vaativat useita RF-virityspulsseja, kudoksen signaali riippuu T1-relaksaatioajan ohella virityspulssien välisestä ajasta (eng. *Repetition Time*, TR). Mikäli TR-aika on hyvin pitkä, potilaan kehossa olevilla vety-ytimillä on aikaa asettautua virityksen jälkeen B_0 -magneettikentän suuntaisesti, jolloin kudskontrasti on riippumaton T1-ajasta. (Hodgson 2011, 123.)

Poikittainen tai niin sanottu T2-relaksaatioaika mittaa kuinka nopeasti vety-ytimet epävaiheistuvat toisiinsa nähden. Välittömästi 90° RF-virityspulssin jälkeen kaikki vety-ytimet ovat samassa vaiheessa ja presessoivat Larmor-taajuudella. Osa ytimistä kuitenkin liikkuu toisia nopeammin, sillä ne luovuttavat energiaa toisille spineille. Nämä vety-ytimet epävaiheistuvat. T2-relaksaation astetta säädellään kaikuajalla (eng. *Echo Time*, TE). TE muodostetaan antamalla 90° RF-virityspulssin jälkeen toinen magnetoitumaa 180° kääntävä refokusointipulssi, joka kokoaa epävaiheistuneet spinit yhteen ja muodostaa havaittavan spinkaiun. Spinkaiun lopuksi spinit alkavat jälleen epävaiheistua. TR-ajan kuluttua sekvenssi toistetaan. Lyhyillä TE-ajoilla T2-relaksaation vaikutus on

suhteellisen pieni, kun taas pitkällä TE-ajoilla saadaan voimakas signaali. (Jurvelin & Nieminen 2005, 64; Hodgson 2011, 124.)

Magneettikuvan kontrasti riippuu kudoksista saatavan signaalin voimakkuudesta, joka puolestaan on riippuvainen protonitiheydestä ja eri kudostyypeissä eri nopeudella tapahtuvien T1- ja T2-relaksaatioiden asteesta lukuvaiheessa. Magneettikuvan kontrastia voidaan käytännössä säätää lähes loputtomasti muuttamalla kuvaussekvenssin aikaparametrejä. Koska T1- ja T2-relaksaatiot tapahtuvat samanaikaisesti, niistä ei voida puhua täysin erillisinä ilmiöinä. Usein puhutaankin T1- tai T2- tai protonitiheyspainotteisista (eng. *Proton Density*, PD_w) kuvista (esim. eng. *Weighted T1*, T1_w). Mikäli T1_w-kuvassa TR- ja TE-ajat asetetaan lyhyeksi, saan hyvä kontrasti aivojen harmaan ja valkean aineen välille harmaan aineen näkyessä tummempana. T1_w-kuvat antavat tarkan anatomisen kuvan kudoksesta, sillä patologisen kudoksen T1-relaksaatioaika on yleensä pidentynyt. T2_w-kuvassa optimaalinen kontrasti saavutetaan asettamalla TR- ja TE-ajat pitkäksi. Tällöin saadaan hyvä kontrasti esimerkiksi aivojen ja likvorin välillä. T2_w-kuvat ovat herkkiä patologisille prosesseille, mutta niiden spesifisyys on useissa tilanteissa huonompi verrattuna T1_w-kuviin. PD_w-kuvassa kontrasti johtuu pääasiassa kudosten välisistä protonitiheyseroista, jotka saadaan näkyviin parhaiten asettamalla pitkä TR- ja lyhyt TE-aika. PD_w-kuvia käytetään rutiininomaisesti esimerkiksi polven nivelkierukoiden kuntoa tutkittaessa. (Jurvelin & Nieminen 2005, 65; McKie & Brittenden 2005, 16; Hodgson 2011, 123, 126.)

Kuvaus- eli pulssisekvensseillä määritellään miten magneettikuvauksessa käytetään RF-pulsseja, gradienttikenttiä ja miten FID-signaalin rekisteröiminen ajoitetaan. Kuvaussekvenssejä toistetaan TR-ajan määrittämällä jaksotuksella. Kuvaussekvensseillä on omat erityispiirteensä liittyen ytimen viritystapaan, magnetoituman manipulointiin ja/tai FID-signaalin rekisteröimiseen. Yleisimmät rutiinikäytössä olevat kuvaussekvenssit ovat spinkaiku (eng. *Spin Echo*, SE), gradienttikaiku (eng. *Gradient Echo*, GE) ja käänteis-palautuminen (eng. *Inversion Recovery*, IR). Useimmat ovat spinkaiun variantteja, jotka ovat tarkoitettu erityisesti magneettikuvauksen nopeuttamiseen (esim. eng. *Turbo Spin Echo*, TSE). Muita nopeita kuvaussekvenssejä ovat EPI- ja FLASH-sekvenssit (eng. *Fast Low Angle Shot*, FLASH), joilla tarvittava data pystytään keräämään sekunnin murto-osassa yhden virityksen jälkeen. Nämä kuvaussekvenssit mahdollistavat kuvan

ottamisen esimerkiksi sydäimestä hengityspidätyksen aikana. (Jurvelin & Nieminen 2005, 63–65.)

3.3 Magneettikuvauslaitteiston pääkomponentit

Magneettikuvauslaitteisto koostuu seuraavista pääkomponenteista: magneetti, RF- ja gradienttikelat sekä tietokoneyksikkö. Näiden lisäksi magneettikuvauslaitteeseen kuuluu potilaspöytä, säätökonsoli ja kuvankatselumonitorit. Magneettikuvauslaitteet voidaan jakaa kesto-, sähkö- ja suprajohtaviin magneetteihin. Magneettikuvauslaitteet voidaan jakaa myös kenttävoimakkuuden (magneettivuon tiheys) perusteella matala- ($B_0 < 1.0$ T) ja korkeakenttälaitteisiin ($B_0 > 1.0$ T). Sähkö- ja kestromagneettikuvauslaitteiden kenttävoimakkuus on välillä 0,02–0,4 T, joten ne kuuluvat ensimmäiseen kategoriaan. Avoimia matalakenttälaitteita käytetään erityisesti toimenpideradiologiassa. Kliinisessä käytössä olevat magneettikuvauslaitteet ovat poikkeuksetta suljettuja korkeakenttälaitteita kenttävoimakkuuden ollessa yleisesti 1,5–7 T. Tutkimuksen ja teollisuuden käytössä olevien magneettikuvauslaitteiden kenttävoimakkuus voi olla tätä korkeampi. Edellä mainituiden ohella myös niin sanotut istuvat/seisovat magneettikuvauslaitteet yleistyvät. Niissä voidaan kuvata muun muassa niveliä ja rankaa anatomisessa asennossa rasiituksen alaisena. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Jurvelin & Nieminen 2005, 68; McKie & Brittenden 2005, 14.)

Magneettikuvauslaite sijoitetaan suojattuun huoneeseen, joka muodostaa niin sanotun Faradayn-häkin. Faradayn-häkki estää magneettikuvauslaitteen ulkopuolelta tulevan RF-säteilyn pääsemistä kuvaushuoneeseen. Magneettikuvauksessa käytettävät RF-kelat saattavat nimittäin rekisteröidä viereisissä tiloissa olevien laitteiden, kuten televisioiden, radioiden ja lampujen, tuottamat radioaallot, jotka voivat muodostaa kuviin niihin kulumattomia artefaktoja. (Jurvelin & Nieminen 2005, 68.)

Kestomagneettikuvauslaitteet eivät vaadi magneettikentän luomiseen sähkövirtaa ja ne ovat käyttökustannuksiltaan varsin edullisia. Magneettikuvauslaitteen suuri massa kuitenkin vaatii tukevut perustukset asennusta varten. Sähkö- ja suprajohtavissa magneettikuvauslaitteissa magneettikenttä luodaan sähkövirran avulla. Suprajohtavuus saavutetaan upottamalla suprajohte (esimerkiksi solenoidijohde) nestemäiseen heliumiin ($-273,15$ C°), jolloin virta kiertää lähelle absoluuttista nolapistettä jäähdetyssä johte-

sa lähes ilman vastusta. Teoriassa virta kiertää johteessa niin kauan kuin lämpötila pidetään lähellä absoluuttista nollapistettä, mutta käytännössä johteessa on kuitenkin pieni vastus. Jäähdytykseen käytettävän heliumin määrä on tyypillisesti noin 1700 litraa. Varhaisissa magneettikuvauslaitteissa helium-säiliötä ympäröi nestemäinen typpi, joka toimi heliumin ja huoneen lämmön välisenä puskurina. Myöhemmissä magneettikuvauslaitteissa typpi korvattiin kryogeeneilla. Tämä ratkaisu poisti typen lisäämisen tarpeen ja pidensi heliumin käyttöikää kolmella neljällä vuodella. Tutkijat kehittelevät magneettikuvauslaitetta, joka ei vaadi heliumia suprajohtavuuden saavuttamiseen. Tehokkaan jäähdytyksen ohella nykyiset magneettikuvauslaitteet ovat myös suojattuja. Toisen käämparin ansiosta kenttävoimakkuus laskee 0,5 mT:aan neljän metrin päästä magneettikuvauslaitteesta. Tällä on merkitystä erityisesti turvallisuuden kannalta, sillä ferromagneettisiin esineisiin kohdistuva vetovoima pienenee merkittävästi ja tapaturmien riski täten pienenee. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Hornak 2011, hakupäivä 23.4.2013.)

Gradienttikeloilla luodaan paikallisesti vaihtelevia magneettikenttiä B_0 -kentän sisälle mahdollistaen magneettikuvan spatiaalisen resoluution. Lisäksi gradienttikeloilla paikannetaan haluttu kuvataso, jolloin Larmor-ehto toteutuu vain halutussa tasossa. Gradienttikelojen toimintaa ohjataan tietokoneen ohjausyksiköstä, ja gradienttikentät kytketään päälle ja pois käytetyn kuvausekvenssin mukaisesti. Nopeat päälle kytkemiset ja sammutukset asettavat gradienttikeloille vaatimukset nopeista nousu- ja laskuajoista sekä lineaarisuudesta. Gradienttikelaan on saatava maksimivirta mahdollisimman nopeasti ja gradienttikenttä on vastaavasti pystyttävä sammuttamaan mahdollisimman pienellä latenssilla. Varhaisissa keloissa gradientin maksimivoimakkuus oli 100 mT/m ja nousu- sekä laskuajat olivat varsin pitkiä. Nykyisin maksimivoimakkuus on kymmenkertainen nousu- ja laskuajojen ollessa huomattavasti nopeampia. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Hornak 2011, hakupäivä 23.4.2013.)

RF-pulssi tuotetaan taajuusgeneraattorilla, jonka jälkeen signaalia vahvistetaan. Signaali johdetaan RF-kelelle, joka virittää kohteen protonit lähettämällä radioaaltoja Larmor-taajuudella. RF-kela myös varastoi ja mittaa kohteen takaisin lähettämän FID-signaalin. Varastoidakseen energiaa, RF-kelellä on resonoitava Larmor-taajuudella. Koska vastaanotettu FID-signaali on lähetystehoon suhteessa hyvin vähäinen, on signaalin rekisteröinti haastavaa. RF-kelellä jaetaan seuraaviin kategorioihin: 1) vastaanotin kelellä, 2) lähetin

kelat ja 3) lähetin-vastaanotin kelat. Signaali-kohinasuhde (eng. *Signal-to-Noise Ratio*, SNR) on sitä parempi, mitä pienempi RF-vastaanotinkelan pinta-ala on. Tästä johtuen pienikokoiset potilaan pinnalle aseteltavat RF-pintakelat tuottavat parhaan kuvanlaadun, mutta ne voivat rekisteröidä signaalia vain hyvin rajoitetulta alueelta. Suuret RF-kelat kykenevät puolestaan rekisteröimään signaalia laajalta alueelta kuvan kuitenkin sisältäen enemmän kohinaa. Esimerkiksi vartalon kuvauksessa käytetään isokokoista RF-vartalokelaa, joka voidaan integroida magneettikuvauslaitteeseen. RF-pintakelat voivat olla yksinkertaisimmillaan johdesilmukoita, jotka rekisteröivät esimerkiksi RF-vartalokelan lähettämän signaalin. Pään kuvauksissa käytetään lähetin-vastaanotin RF-tilavuuskelaa. Useasta RF-pintakelasta koostuvalla *phased array* -kelalla voidaan puolestaan rekisteröidä voimakas signaali laajalta alueelta esimerkiksi sydämen kuvauksessa. Kunkin RF-pintakelan signaali viedään RF-vastaanotimessa erillisiin kanaviin ja signaalit lopulta yhdistetään tietokoneella yhdeksi kuvaksi. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Jurvelin & Nieminen 2005, 68; Hornak 2011, hakupäivä 23.4.2013.)

Kaikkien magneettikuvauslaitteiden magneettikentässä on epähomogeenisyyttä johtuen magneetin muodosta, ferromagneettisten esineiden läheisyydestä ja kuvaushuoneen rakentamiseen käytetyistä materiaaleista. Magneettikentän homogeenisuutta parannetaan shim-keleillä, jotka sijaitsevat B_0 -magneettikentän luovan magneetin yhteydessä magneettitunnelissa. Shim-magneettikentän ja B_0 -magneettikentän summana saavutetaan homogeenisempi B_0 -magneettikenttä. Kliinisessä käytössä olevien magneettikuvauslaitteiden shim-säätö tehdään laitteen asennuksen yhteydessä. Magneettikentän homogeenisyys tarkastetaan vuosittaisen huollon yhteydessä. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Carlton & Adler 2006, 689.)

Tietokoneyksikkö on vertauskuvallisesti magneettikuvauslaitteen sydän ja se ohjaakin kaikkia laitteen komponentteja. Tietokoneyksikkö ohjaa gradientti- ja RF-kelejä sekä niiden pulssisekvenssejä, rekisteröi sekä prosessoi RF-datan ja hallinnoi Fouriermuunnosta. Rekonstruoidut kuvat tallennetaan lopulta tietokoneen massamuistiin, josta kuvia on mahdollista analysoida ja jälkikäsitellä kuvankäsittelyohjelmalla. (Hamberg & Aronen 1992, hakupäivä 19.4.2013; Carlton & Adler 2006, 690–691; Hornak 2011, hakupäivä 23.4.2013.)

3.4 Kolmivaiheinen kuvanmuodostus

Magneettikuvan muodostamisessa käytetään B_0 -magneettikentän ohella RF- ja gradienttikeloja, joita on kolme kappaletta. Näiden yhteisvaikutuksen magneettikentän voimakkuutta pystytään muuttamaan paikallisesti. Magneettikuva muodostetaan kolmessa eri vaiheessa. Ensimmäisessä vaiheessa valitaan haluttu leiketaso potilaan kehosta käyttämällä leikkeenvalintagradientti ja RF-pulssia yhtäaikaisesti päällä. Leikesuuntaa kohtisuorassa oleva gradienttikenttä saa Larmor-tajuudet muuttumaan gradienttikentän suuntaiseksi ja RF-pulssi virittää vain ne ytimet, jotka presessoivat RF-pulssin taajuudella. Toisessa vaiheessa vaihegradientilla aiheutetaan leiketason viritetyille ytimille yksilöllinen taajuus vaihesuunnassa. Kun vaihegradientti sammutetaan, ytimet palaavat alkuperäiseen taajuutensa, mutta ytimillä on oma vaihe (niin sanottu vaihekoodaus). Kolmannessa ja viimeisessä kuvanmuodostuksen vaiheessa taajuusgradientin päällä käyttäminen saa aikaan leiketason ytimille yksilöllisen taajuuden (niin sanottu taajuuskoodaus). Täten valitussa leiketassossa kullakin kuva-alkiolla eli vokselilla on yksilöllinen vaihe ja taajuus. Taajuusgradientin ollessa toiminnassa mitataan FID-signaali, johon yhteen lasketaan signaalit jokaisesta vokselista. Kuvainformaatio kerätään vaihe- ja taajuustietona k-avaruuteen, joka muutetaan matemaattisesti paikkatason kaksiulotteiseksi kuvaksi käänteisellä Fourier-muunnoksella. Fourier-muunnoksen analogiana voidaan pitää tapaa, jolla ihmisen korva erottaa äänen taajuudet. Magneettikuva voidaan muodostaa myös kolmiulotteisena, joskin kuvan tarkkuus ja/tai kontrasti voivat kärsiä sekä kuvausaika pitenee. (Jurvelin & Nieminen 2005, 60–61; Hodgson 2011, 121–122.)

3.5 Potilasturvallisuus magneettikuvauksessa

Magneettikuvauksen riskit koostuvat suurimmaksi osaksi magneettikuvauslaitteen voimakkaasta B_0 -magneettikentästä sekä ajan suhteen muuttuvista gradientti- ja RF-kentistä. Näiden ohella potilas voi saada tutkimuksessa indikaation mukaan käytettävää gadolinium-pohjaisesta tehosteaineesta allergisen reaktion. Magneettikuvauksen riskit ja kontraindikaatiot kartoitetaan ennen kuvausta tehtävillä selvityksillä ja haastatteluilla. (Tunainen ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013.)

3.5.1 Staattinen B₀-magneettikenttä

Staattisen B₀-magneettikentän turvallisuutta on tutkittu vuosisadan ajan, ja siihen liittyvät riskit ovat hyvin tiedossa. Riskit voidaan jakaa biologisiin ja mekaanisiin. Tutkimuskirjallisuus osoittaa, että altistuminen alle 10 T:n magneettikentälle ei ole todettu aiheuttavan pitkäaikaisia biologisia haittavaikutuksia. Raportoituja lyhytaikaisia haittavaikutuksia ovat pahoinvointi, huimaus ja magnetofosfeeni-ilmiö, jossa potilas kokee näköaistimuksia valonvälähdyksien muodossa. Staattisen magneettikentän haittavaikutukset liittyvät potilaaseen johtuvaan virtaan ja magneettikentän vaikutukseen elimistön kemiallisiin reaktioihin. Mekaaniset riskit puolestaan liittyvät ferromagneettisiin esineisiin, jotka kokevat staattisen magneettikentän vetovoiman. Vetovoima on kääntäen verrannollinen esineen etäisyyden kolmanteen potenssiin magneetista, jolloin vetovoima käytännössä kasvaa hyvin voimakkaasti lähestyttäessä magneettikuvauslaitteen suuaukkoa. Esimerkiksi 1,5 T:n magneettikuvauslaitteen magneettikentän vetovoima on noin 30 000 kertaa ja 3 T:n 60 000 kertaa voimakkaampi kuin maan vetovoima. Ferromagneettisen esineen liikkeen suuntaan vaikuttavat esineen ja magneettikentän välinen etäisyys, magneettikentän voimakkuus sekä esineen ja magneettikentän keskinäinen asento. Magneettikuvaushuoneeseen tuodut ferromagneettiset esineet pyrkivät kohti magneettikuvauslaitetta usein tuhoisin seurauksin. Erityisen vaarallisia ovat tilanteet, joissa esineen lentorata kohtaa ihmisen. Pienetkin esineet, kuten klemmarit, sakset ja kynät, aiheuttavat suurta vahinkoa osuessaan esimerkiksi potilaan silmään. 1,5 T:n magneettikentässä klemmarin on raportoitu saavuttaneen 60 km/h nopeuden. Vaaratilanteita ja jopa kuolemia ovat aiheuttaneet magneettikuvaushuoneeseen vahingossa tuodut potilassängyt, pyörätuolit ja happipullot. Henkilövahinkojen ohella lentävä irtaimisto aiheuttaa laitevaurioita. (Tunninen ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013; Crook & Robinson 2009, 353; Jokela, Korpinen, Hietanen, Puranen, Huurto, Pättikangas, Toivo, Sihvonen & Nyberg 2009, 409, 413–414; Smith 2010, 99.)

Potilaan kehossa saattaa olla magneettikuvausajan aikana implantteja ja/tai lääketieteellisiä laitteita, joihin kuuluvat esimerkiksi aneurysmaklipsit, sydämen tahdistimet, insuliini- ja kipupumput, neurostimulaattorit ja sisäkorvaistutukset. Mikäli vierasesine on ferromagneettinen, magneettikenttä pyrkii kääntämään ja siirtämään esinettä. Lisäksi vierasesineet lämpenevät ja aiheuttavat artefakteja kuviin. Lääketieteellisten laitteiden toimintaan voi tulla häiriöitä tai ne voivat lakata toimimasta. Vierasesineiden magneettiyh-

teensopivuus arvioidaan aina tapauskohtaisesti. Nykyiset implantit ovat magneettikuvausten kannalta turvallisia, ja ongelmallisia ovatkin lähinnä vanhat implantit. Magneettihteensopivuuden määrittämiseksi käytetään implanttien mukana tulevia sertifi-kaatteja ja luotettavien tahojen Internetissä julkaisemia luetteloita. On kuitenkin muistettava, että magneettikentän voimakkuus asettaa rajoituksia. 1,5 T:n magneettikentässä testattu vierasesine ei välttämättä ole enää magneettihteensopiva 3 T:n magneettikentässä. Potilaan kehossa saattaa olla myös sinne tahattomasti joutuneita ferromagneettisia esineitä, kuten metallilastuja (erityisesti metallialalla työskentelevät), kranaatin sirpaleita, luoteja, hauleja (erityisesti sotaveteraanit). Nämä kuten muutkin mahdolliset kontraindikaatiot, pois suljetaan ennen kuvausta. (McKie & Brittenden 2005, 14; Tunninen ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013; Jokela ym. 2009, 413–414.)

Harvinainen vaaratilanne liittyy magneettikuvauslaitteen suprajohtavuuden saavuttamisessa käytetyn nestemäisen heliumin purkautumiseen ja B_0 -magneettikentän peittämiin. Heliumin nopea lämpötila nousu johtaa heliumin kiehumiseen ja rutistusmaiseen räjähdykseen. Koko tapahtumaketju tapahtuu hyvin nopeasti jopa noin 5–15 sekunnissa. Kyseisen vaaratilanteen varalta, magneettikuvaushuoneista johtaa putket ulkoilmaan heliumin poistamiseksi. Mikäli heliumia ei syystä tai toisesta saada poistettua magneettikuvaushuoneesta, se syrjäyttää hapen. Lisäksi helium aiheuttaa paleltumia. Kyseisessä tilanteessa magneettikuvaushuoneessa olevan henkilön on pysyttävä mahdollisimman matalana helium-pilven alapuolella ja pyrkiä avaamaan turvaovi. Johtuen huoneen sisäisen paineen kasvamisesta, oven aukaiseminen saattaa olla haastavaa, jolloin ovi on murettava. Rutistusmainen räjähdys tapahtuu harvoin spontaanisti, mutta se voi aiheutua laitevian tai manuaalisen heliumin ulospäästön johdosta. Manuaalinen heliumin ulospäästö tulee kyseeseen esimerkiksi, jos potilas on juuttunut magneettikuvauslaitteeseen ferromagneettisen esineen johdosta. Tällöin B_0 -magneettikenttä sammutetaan päästämällä helium ulos manuaalisesti. Magneettikenttä ei häviä hetkessä, ja pelastushenkilökuntaa on tiedotettava tästä seikasta. (Smith 2010, 100.)

3.5.2 Gradientti- ja radiotaajuuskentät

Gradienttikentät ovat magneettikuvauksessa B_0 -magneettikentän päälle lisättäviä heikompi magneettikenttiä, joiden avulla haluttuun kohtaan saadaan aikaiseksi hieman poikkeava magneettikentän voimakkuus. Tätä tietoa käytetään potilaasta rekisteröitävän

FID-signaalin paikallistamiseen. Gradienttikenttiä on tyypillisesti kolme. (Tunnenin ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013; Smith 2010, 100.)

Useita kertoja kuvauksen aikana päällä ja pois käytettävät gradienttikentät synnyttävät potilaan kehossa induktiokenttiä ja -virtoja, jotka voivat ilmetä ääreishermoston ja lihaksien stimulaationa (eng. *Peripheral Nerve Stimulation*, PNS). Induktiovirran PNS-vaikutukset ovat pääasiassa kudoksiin riippuvaisia, mutta niihin vaikuttaa myös gradientin aaltomuoto. Pahimmassa tapauksessa potilas voi saada sydämen eteisvärinän. Lievemät ja yleisimmät haittavaikutukset ovat pahoinvointi, huimaus ja metallin maku suussa. Tyypillisesti magneettikuvauslaitteessa on kolme gradienttikenttää, jotka ovat toisiinsa nähden kohtisuorassa potilaan ollessa makuulla B_0 -magneettikentän suuntaisesti. Edellä mainitussa tilanteessa gradienttikentät, jotka ovat potilaan pituussuuntaan nähden poikittain, aiheuttavat yleensä PNS-oireita herkemmin verrattuna pituussuuntaisiin gradienttikenttiin. (Crook & Robinson 2009, 353–354; Jokela ym. 2009, 410.)

Gradienttikentät synnyttävät kuvauksen aikana myös huomattavan määrän akustista melua niin sanottujen Lorentzin-voimien johtuessa gradienttikenttiin ja niiden resonoidessa Larmor-taajuudella. Desibelimäärä riippuu kuvaussekvenssistä, magneettikuvauslaitteen magneetin voimakkuudesta ja magneettitunnelin pituudesta. Esimerkiksi 3 T:n magneettikuvauslaite tuottaa puolet enemmän melua kuin 1,5 T:n vastaava. Sallitut desibelimäärät vaihtelevat maittain, mutta yleisesti liikutaan välillä 85–99 dB. Joissain kuvaussekvensseissä melu saattaa nousta lyhyeksi ajaksi jopa 130 dB:iin. Koska pitkäaikainen altistus voi aiheuttaa kuulovamman, kuulosuojaimia suositellaan aina pidettäväksi magneettikuvauksessa. Kertakäyttöiset korvakäytävän sisään asetettavat korvatulpat vähentävät melua noin 30–33 dB. Koko korvan peittävät kuulosuojaimet puolestaan vähentävät melua noin 20–80 dB ja niitä voidaan pitää korvatulppien päällä. Uudessa magneettikuvauslaitteissa pyritään huomioimaan meluhaitat ja tulevaisuuden laitteet saattavatkin olla lähes äänettä. (Crook & Robinson 2009, 354; Smith 2010, 100.)

RF-kenttiä käytetään magneettikuvauksessa halutun kohteen protonien virittämiseen ja niistä palaavan FID-signaalin rekisteröimiseen. RF-kenttien haittavaikutukset ilmenevät kudoksien lämpenemisenä, sillä RF-aallot absorboituvat potilaan kudoksiin. Absorboituminen on epätasaista ja sen määrä on kudoksiin riippuvainen. Lämmön nousu on voimakkainta iholla ja pinnallisissa kudoksissa ja pienintä kehon sisäosissa. Kehon pyrkii kompen-

soimaan lämmön nousua kasvattamalla lämmön haihdutusta ympäristöön. Tiettyjen kudoksien, kuten silmien ja kiveksien, on potilastutkimuksissa todettu olevan herkempiä lämmön noususta johtuville haittavaikutuksille. (Crook & Robinson 2009, 354; Jokela ym. 2009, 410.)

Magneettikentän voimakkuus vaikuttaa ratkaisevasti absorboituvan energian määrään, kentän voimakkuuden kaksinkertaistuessa absorboituvan energian määrä nelinkertaistuu. Tämän ohella lämmön nousuun vaikuttavat RF-taajuus ja käytettävä kuvaussekvenssi. RF-kenttien absorboitumisen dosimetrisena suurena käytetään ominaisabsorptionopeutta eli SAR-arvoa (eng. *Specific Energy Absorption Rate*, SAR), jolla mitataan keskimääräistä energian hajontaa kehossa massayksikköä kohden (W/kg). SAR-arvon luotettava laskeminen on haastavaa, sillä arvoon vaikuttaa muun muassa RF-taajuus ja -kelat sekä kudoksen rakenne. SAR-arvon laskemista ja kuvauksen aikaista monitorointia varten, potilaalta kysytään hänen paino ennen kuvausta. SAR-arvon ollessa 0,4–1,2 W/kg potilas voi havaita lämmöntunnetta ja näkyvää hikoilua. Ihon ja kehon lämpötilan nousu ovat kuitenkin pienempiä kuin normaalin vuorokausirytmien aiheuttamat lämpötilamuutokset. (Crook & Robinson 2009, 354; Jokela ym. 2009, 413; Smith 2010, 101.)

RF-kenttiin liitettäviin vammoihin voidaan laskea sähkövirtaa johtavat induktiosilmukat, jotka voivat aiheuttaa potilaalle palovammoja. Induktiosilmukoita voi syntyä esimerkiksi, jos potilaan elintoimintojen seurannassa käytettävät elektrodit eivät ole magneettiyhteensopivat tai jos potilas on kosketuksissa muiden sähköä johtavien metallisten materiaalien kanssa. Myös potilaan raajojen asento vaikuttaa induktiosilmukoiden syntymiseen. Magneetikuvauksen aikana potilaan kädet eivät saisi olla ristissä eivätkä lonkkien päällä. Myös jalat tulisi olla suorassa, sillä ihon suuren kosketuspinnan resistenssin takia RF-kentät aiheuttavat ihon lämmön nousua ja mahdollisia palovammoja. (Crook & Robinson 2009, 354; Jokela ym. 2009, 410.)

Ongelmia voivat myös aiheuttaa meikit ja vanhat tatuoinnit, joiden pigmentit saattavat sisältää rautaoksidia tai muita metalliyhdisteitä. Pigmentin kohdalla RF-kentässä syntyy paikallinen tihentymä absorptiossa, joka ilmenee ihon punoituksena, ärtymyksenä ja lämmön tunteena. Tästä syystä potilaita ohjeistetaan tulemaan magneetikuvaukseen meikittä. Pigmentoinnilla tehtyjen kestomeikkien ja tatuointien ongelmat ovat kuitenkin varsin lieviä, ja ne eivät täten estä magneetikuvausta. (Jokela ym. 2009, 414.)

3.5.3 Tehosteaineisiin liittyvät riskit

Tehosteaineiden käyttö magneettikuvauksessa on yleistä paremman kudskontrastin saamiseksi. Nykyiset tehosteaineet ovat gadolinium-pohjaisia ja ne annostellaan potilaalle joko laskimoon (i.v.) tai niveleen (i.a.). Gadolinium on paramagneettinen (elektroneista johtuva ulkoisessa magneettikentässä ilmenevä magnetismi) metalli-ioni, joka on myrkyllinen normaalissa muodossaan. Myrkyllisyyden vähentämiseksi gadolinium ympäröidään orgaanisella molekyyllillä, jolloin muodostuu niin sanottu kelaatti. Tehosteaine kertyy epänormaalin kudokseen, jossa on muun muassa normaalia vilkkaampi verenkierto esimerkiksi tulehduksen johdosta. Tehosteaine poistuu munuaisten sekreetion kautta lähes muuttumattomana. Tehosteaine vähentää kudoksen T1-relaksaatioaikaa ja tuottaa täten korkean signaalin T1_w-sekvensseissä. (Smith 2010, 105–106; Hodgson 2011, 127.)

Indikaation mukaan käytettävä gadolinium-pohjainen tehosteaine voi aiheuttaa potilaalle allergisen reaktion tai pahimmassa tapauksessa anafylaktisen shokin eli äkillisen yliherkkyyden reaktion. Kaiken kaikkiaan tehosteaineet ovat kuitenkin turvallisia ja hyvin siedettyjä. Tutkimusten mukaan haitallisia reaktioita tavataan vain noin 0,64 % potilaista. Mikäli potilas on raskaana, tehosteainetta ei suositella käytettäväksi, sillä tehosteaineen puoliintumisaikaa ei tunneta sikiön osalta. Äärimmäisen tarpeen vaatiessa tehosteainetta voidaan kuitenkin käyttää, kun sen käytön mahdollista eduista ja haitoista on keskusteltu potilaan kanssa. Mikäli tehosteainetta käytetään rintaruokinnan/imetyksen aikana, rintaruokinta suositellaan tauotettavaksi 24–48 tunniksi tehosteaineen käytön jälkeen. (Gauden, Phal & Drummond 2010, 1097, 1101–1102; Coakley, Gould, Laros Jr & Thiet 2013, hakupäivä 22.9.2013.)

Gadolinium-pohjaisten tehosteaineiden käytön epäillään olevan yhteydessä harvinaiseen nefrogeeniseen systeemiseen fibroosiin (eng. *Nephrogenic Systemic Fibrosis*, NSF), joka todettiin ensimmäistä kertaa vuonna 1997. Intensiivisestä tutkimuksesta huolimatta taudin syntymekanismi on vielä epäselvä ja tautiin ei ole löydetty tehokasta hoitomuotoa. Vuonna 2010 yli 200 tapausta oli raportoitu ja julkaistu. NSF:n ensimmäiset oireet ovat kehon ääreisosien ödeema, punoitus ja kipu. Näiden ohella on raportoitu nivelten jäykkyyttä ja lihasatrofiaa. Myöhemmät löydökset liittyvät alaraajojen ihon plakkimaiseen paksuuntumiseen. NSF ei yleensä leviä käsiin tai vartaloon ja kasvot yleensä säästyvät.

Ihon ohella NSF leviää yleensä maksaan, keuhkoihin, lihaksiin ja hermoihin. Potilaista menehtyy noin 28 %. Taudin diagnosointi on haastavaa, sillä laboratoriotestit ovat hyvin epäspesifisiä ja taudin löydökset sopivat moneen muuhun tautiin. Diagnoosi perustuu pääasiassa kliiniseen kuvaan. NSF:n suurin riskitekijä on munuaisten vajaatoiminta, erityisesti hemodialyysipotilailla, glomerulusfiltraation ollessa vähemmän kuin 30 ml/min. Tehosteaineen määrällä näyttää olevan myös yhteys taudin puhkeamiseen, sillä 90 % raportoiduista tapauksista oli saanut normaalia suuremman (0,2 ml / kg) määrän tehosteainetta. NSF:n ehkäisemisen kannalta seuraavat neljä seikkaa tulee huomioida: 1) välttää suuria tehosteainemannoksia, 2) välttää tehosteaineen käyttöä akuutista munuaisten vajaatoiminnasta kärsivien potilaiden kohdalla, 3) mahdollinen dialyysi on aloitettava mahdollisimman pian magneettikuvauksen jälkeen ja 4) välttää tehosteaineen käyttöä, mikäli kuvaus voidaan tehdä ilman sitä. (Gauden, Phal & Drummond 2010, 1097–1101.)

3.5.4 Raskaus ja magneettikuvaus

Vaikka magneettikuvauksissa ei käytetä ionisoivaa säteilyä, magneettikentän teratogeenisiä vaikutuksia ei vielä tunneta täydellisesti. Vaikutuksia kuitenkin tutkitaan tiiviisti ja uusia tutkimustuloksia tulee vuosittain. Pitkään käytössä olleen linjauksen mukaan magneettikuvaus olisi kontraindisoitu raskauden ensimmäisellä kolmanneksella, ellei potilaan tila sitä vaadi tai jos vaihtoehtona on ionisoiva röntgenkuvaus. Argumentteina ovat olleet RF-kenttien aiheuttama potentiaalinen sikiön lämmön nousu ja gradienttikenttien aiheuttama akustinen melu ja sen aiheuttamat sikiön kuulovauriot. (Crook & Robinson 2009, 354–355; Jokela ym. 2009, 415.)

Nykyisen, tosin eläinkokeisiin perustuvan, käsityksen mukaan kudosten lämpenemistä tapahtuu äidin iholla. Kehon keskellä lämpövaikutuksia ei kuitenkaan juuri ole. Akustisen melun on puolestaan todettu vaimentuvan merkittävästi äidin kehossa, eikä melun ole todettu aiheuttavan vaurioita sikiön kuulolle. Hyvän käytännön mukaisesti raskauden ensimmäisen kolmanneksen, erityisesti elektiivisiä, magneettikuvauksia tulisi edelleen välttää. Nykytutkimuksen valossa magneettikuvaus voidaan kuitenkin tehdä missä tahansa raskauden vaiheessa, mikäli seuraavat kriteerit täyttyvät: 1) tarvittavaa tietoa ei saada ultraäänellä, eikä muilla säteettömillä modaaliteeteilla, 2) kuvauksen antama tieto on tarpeellinen hoitopäätösten tekemisessä raskauden aikana ja 3) tieto tarvitaan ennen

raskauden päättymistä, vaikka hoito ajoittuisi synnytyksen jälkeiselle ajalle. Sikiön indikaatioilla magneettikuvausta ei suositella tehtäväksi ennen 20. raskausviikkoa, sillä vasta sen jälkeen sikiöstä voidaan saada diagnostista tietoa. Tehosteaineen käyttöä tulisi välttää raskauden aikana. Raskaana oleva työntekijä voi työskennellä magneettikuvauksissa edellytyksellä, että hän ei ole magneettikuvaushuoneessa varsinaisen kuvauksen aikana. (Coakley ym. 2013, hakupäivä 22.9.2013; MRISafety.com 2013, hakupäivä 22.9.2013.)

3.5.5 Riskien minimointi ja vaaratilanteiden estäminen

Magneettikuvauksen riskejä minimoidaan ja vaaratilanteita estetään pitämällä käytettävä laitekanta kansainvälisten standardien (esimerkiksi eng. *International Electrotechnical Commission*, IEC) ja STUK:n ohjeiden mukaisena. Myös potilaan ja henkilökunnan altistuminen magneettikentille on oltava standardien ja direktiivien mukaista. (Jokela ym. 2009, 414–415.) Henkilökunnan altistumisen määrästä ja asteesta on opinnäytetyön kirjoittamishetkellä käynnissä debatti EU:n vuonna 2004 antaman direktiivin (*EU Physical Agents 2004/40/EC (EMF)*) ja erinäisten kansainvälisten tahojen, kuten *Alliance for MRI* -järjestön, välillä. Mikäli direktiivi otettaisiin käytäntöön, se asettaisi hyvin tiukat rajat altistumiselle ja käytännössä estäisi magneettitoimenpiteiden tekemisen. Henkilökunta ei myöskään voisi toimia kiinnipitäjänä tai avustajana tapauksissa, joissa potilas saattaa kaivata tukea ja turvaa. Tämä tulee erityisesti kyseeseen lapsien ja vanhuksien osalta. Tämän johdosta potilaita voidaan joutua kuvamaan yhä enemmän määrissä ionisoivaa säteilyä käyttävillä modalityteilla. (ESMRMB 2013, hakupäivä 7.5.2013.)

Magneettikuvauslaitteen ympärille on rajattava valvonta-alue, jonka ulkopuolella B_0 -magneettikentän voimakkuuden on oltava vähemmän kuin 0,5 mT. Valvonta-alue on merkittävä selvästi ja siitä on varoitettava asiaan kuuluvilla varoituskilvillä. Valvonta-alueelle pääsyä on valvottava. Alueelle pääsy on estettävä henkilöiltä, joilla on ferromagneettinen implantti tai lääketieteellinen laite, jonka toiminta voi häiriintyä tai joka voi liikkua magneettikentän vaikutuksesta. Lisäksi on huolehdittava, että magneettikuvaushuoneeseen ei tuoda muita ferromagneettisia esineitä tai irtaimistoa. (Jokela ym. 2009, 415.)

Magneettikuvauksen potentiaalisia potilaaseen liittyviä vaaratilanteita estetään hyvällä lähetekäytännöllä. Lähettävän lääkärin tulisi selvittää mahdolliset kontraindikaatiot joko potilasasiakirjoista tai potilasta haastatteleamalla. Mikäli potilaan kehossa on vierasesine, siitä tulisi olla maininta läheteessä. Lähettävä lääkäri voi myös konsultoida radiologian yksikköä vierasesineen magneettiyhteensopivuudesta jo ennen lähetteen kirjoittamista. (Tunainen ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013.) Hyväksi todetun käytännön mukaisesti lähetteen saapuessa, röntgenhoitaja tarkistaa potilaan aiemmat kuvat (esimerkiksi thorax) sydämen tahdistimen varalta. Mikäli vierasesineen magneettiyhteensopivuudesta ei voida olla täysin varmoja, magneettikuvausta ei yleensä tehdä.

Ennen magneettikuvausta potilas saa täytettäväksi kyselylomakkeen, jolla pois suljetaan kontraindikaatiot, kuten sydämentahdistimet ja sisäkorvaistutteen. Useimmiten potilas tuo täytetyn lomakkeen mukanaan ja röntgenhoitaja haastattelee potilaan vielä ennen magneettikuvauksen alkamista. Mikäli potilas on huonokuntoinen, lomakkeen täyttää ja allekirjoittaa omainen tai potilaasta huolehtiva henkilö. (Tunainen ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013.)

Vaaratilanteista ja niin sanotuista läheltä piti -tilanteista, pitää tehdä asianmukainen ilmoitus viranomaisille. Tiedon jakamisen muiden käyttäjien kesken tarkoituksena on estää vastaavien vaaratilanteiden syntyminen. (Tunainen ym. 2008, hakupäivä 19.4.2013.)

3.6 Potilasohjaus magneettikuvauksessa

Potilasohjaus on keskeinen auttamiskeino hoitotyössä. Kun hoitoajat lyhenevät, potilasohjauksen merkitys korostuu. Tällöin potilasohjaus on myös toteutettava aiempaa lyhyemmässä ajassa. Potilasohjauksen tarkoituksena on lisätä potilaan tietoa, ymmärrystä ja itsenäistä tietoon perustuvaa päätöksentekoa. Potilasohjauksella myös edistetään potilaan kykyä parantaa elämäänsä. Potilasohjaus toteutetaan aina potilaan lähtökohdista ja hyvä potilasohjaus perustuukin potilaan esille ottamiin asioihin ja tarpeisiin. Hyvä potilasohjaus huomioi myös potilaan taustat. Potilasohjauksella on todettu olevan positiivisia vaikutuksia muun muassa sairauteen liittyvän tiedon ymmärtämiseen. Eräs potilasohjauksen menetelmä on kirjallinen ohjaus, jota pidetään merkittävänä tekijänä hoidon turvallisuuden ja jatkuvuuden edistämiseksi. Lipposen väitöstutkimuksen mukaan poti-

lasohjauksen kehittämistarve on kirjallisissa materiaaleissa. (Lipponen 2014, hakupäivä 20.4.2014.)

Ulkomaalaisten kohdalla potilasohjauksen haaste on yhteisen kielen löytäminen. Yhteisen kielen löytäminen on hyvän potilasohjauksen edellytys, sillä se vie ohjaustilannetta eteenpäin ja potilas saa tarpeitansa vastaavan avun. Englanninkielisen materiaalin puutteen on todettu olevan merkittävä ongelma useissa tutkimuksissa. Tämä korostuu erityisesti tutkimukseen valmistautumiseen liittyvien ohjeiden kohdalla. Joissain tapauksissa tutkimus on jouduttu peruuttamaan, koska potilas ei ole pystynyt valmistautumaan siihen asianmukaisesti. Walthenin pro gradu -tutkielman tuloksien mukaan useat hoitajat toivoivat, että työpaikoilla olisi enemmän englanninkielistä kirjallista materiaalia. (Wathen 2007, hakupäivä 20.4.2014.)

Johtuen magneettikuvauksen erityisluonteesta ja useista turvallisuusseikoista, potilasohjauksen merkitys korostuu magneettikuvauksessa. Huomioitavaa on merkittävästi enemmän verrattuna perinteiseen keuhkojen ja luuston natiiviröntgenkuvaukseen. Ulkomaalaisten tai ulkomaalaistaustaisen kohdalla potilasohjauksen on palveltava heidän tarpeitaan ja otettava huomioon heidän taustansa. Kirjallisen ohjauksen on oltava selkeää ja helposti ymmärrettävää.

4 OPPAAN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS

4.1 Oppaan laatukriteerit

Terveyden edistämisen keskus on laatinut vuonna 2001 oppaan terveysaineiston suunnittelusta ja arvioinnista. Arvioinnin tarkoituksena on kehittää terveysaineiston laatua ja käytötapaa, jota voidaan pitää yhtä tärkeänä kuin laatua. Laadultaan hyvä, mutta väärin käytetty aineisto, ei vastaa suunniteltua tarkoitustaan. Laadun johdonmukaiseksi arvioimiseksi tarvitaan laatukriteereitä. Terveyden edistämisen keskuksen laatukriteerit ovat tutkimuksen ja käytännön kokemuksen muotoutuneita. Laatukriteereitä ovat muun muassa selkeä sisältö, helppolukuisuus ja helppo hahmotettavuus. Näiden ohella tieto on oltava virheetöntä ja sitä on oltava sopiva määrä. Käytännössä kaikkien laatukriteerien on täytyttävä hyvän aineiston saavuttamiseksi. (Parkkunen, Vertio & Koskinen-Ollonqvist 2001, 9.)

Opinnäytetyön oppaan suunnittelussa ja toteutuksessa käytettiin Terveyden edistämisen keskuksen määrittelemiä laatukriteereitä sovelletusti (ks. taulukko 2). Opasta myös arvioitiin näiden laatukriteerien avulla. Vaikka edellä mainitut laatukriteerit ovat suomenkielisessä julkaisussa, olivat ne riittävän universaaleja käytettäväksi myös englanninkielisessä oppaassa, jopa selkokielen osalta.

TAULUKKO 2. Oppaan laatukriteerit (mukaihen Parkkunen ym. 2001, 10).

Laatukriteeri	Ominaisuus	Tavoite
Sisältö	<ul style="list-style-type: none"> - Selkeys - Objektiivisuus - Ajantasaisuus - Virheettömyys - Rajaus 	<ul style="list-style-type: none"> - Teksti on selkeää ja helposti ymmärrettävää selkokielen keinoin - Perustuu ajantasaiseen ja luotettavaan tietoon - Oleellisia asioita korostetaan
Ulkoasu	<ul style="list-style-type: none"> - Selkeys - Neutraalisuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Kirjasintyyppi on selkeä ja -koko on riittävän suuri - Teksti on aseteltu väljästi - Värit ja kuvat ovat neutraaleja - Kuvat tukevat tekstiä
Kokonaisuus	<ul style="list-style-type: none"> - Rajaus - Tarpeellisuus - Helposti saatavuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Kohderyhmä on määritelty ja rajattu riittävän suppeaksi - Opas on hyödyllinen kohderyhmän (sekä potilaat että henkilökunta) kannalta - Opas on saatavilla helposti ennen kuvausta

4.2 Oppaan sisältö

Terveyden edistämisen keskuksen mukaan hyvältä terveysaineistolta vaaditaan terveystavoite, jonka on oltava riittävän konkreettinen. Terveystavoite ohjaa sisältöä ja tarkentaa sitä, jolloin aineiston käyttäjä hahmottaa mahdollisimman vaivattomasti mihin aineistolla pyritään. Käytännössä terveystavoite vastaa kysymykseen: mitä tapahtuu käyttäjän perehtyessä aineistoon. Kun terveystavoite rajataan hyvin, on sisällön suunnittelu

vaivattomampaa. Aineiston kaikenkattavuuteen ei ole suotavaa pyrkiä. (Parkkunen ym. 2001, 11–12.)

Terveysaineiston tiedon on oltava virheetöntä, objektiivista ja ajantasaista. Pyrkimyksenä on tutkimukseen perustavan tiedon esittäminen. Toisaalta tieto voi olla myös kokemuksellista vahvistaen tutkimukseen perustuvan tiedon keskeistä sanomaa. Aineiston on heijastettava tuottajan perehtyneisyyttä aineiston asiasisältöön. Aineistoa laatiessa on myös ratkaistava sisällön laajuus. Aineistossa voidaan tarjota joko perustiedot aiheesta tai keskeiset asiat ytimekkäästi. Kullakin lähestymistavalla on hyvät ja huonot puolensa. On kuitenkin pidettävä mielessä, että aineiston käyttäjän tiedonmaksumiskyky on rajallinen. (Parkkunen ym. 2001, 12–13.)

Terveysaineiston sanoman perille menoon vaikuttavat sekä aineiston laatijasta että käyttäjästä johtuvat seikat. Yksi tärkeimmistä on aineiston luettavuus. Aineiston luettavuuden taso tulisi olla kohderyhmän keskimääräisen lukutaidon tasolla tai sen alapuolella. Yksi sanoman perille menoa parantavista tekijöistä on selkokieli, jolla pyritään takamaan kaikille yhtäläiset mahdollisuudet saada tietoa helposti ymmärrettävässä muodossa. Selkokieli on helposti ymmärrettävää kieltä, jonka rakennetta ja sisältöä on tietoisesti muutettu helposti ymmärrettävään muotoon. Selkokielen tulisi olla yleiskieltä luettavampaa ja ymmärrettävämpää sisällön, sanaston ja rakenteen osalta. Selkokielen käytön syy ovat moninaiset, mutta yksi niistä on kielivähemmistöön kuuluminen. Ikääntyvät ulkomaalaiset ovat eräs selkokielen käyttäjäryhmä. (Parkkunen ym. 2001, 13–15; Selkokeskus 2013, hakupäivä 3.9.2013.)

Terveyden edistämisen keskus on asettanut selkokieliselle tekstille kriteerejä, joita esitellään alla olevassa taulukossa (ks. taulukko 3). Kaikkia alla olevia kriteerejä ei voida käyttää samanaikaisesti sisällön siitä kärsimättä. Myös selkokielisen tekstin on oltava rikasta ja elävää. (Parkkunen ym. 2001, 13–15.)

TAULUKKO 3. Selkokielen tekstin kriteereitä (Parkkunen ym. 2001, 15).

Käytetään	Vältetään
<ul style="list-style-type: none"> - Lyhyitä, tuttuja ja yleisiä sanoja - Runsaasti verbejä ja substantiiveja – vähän adjektiiveja ja adverbeja - Lyhyitä lauseita ja helppoja lauserakenteita - Sivulauseita lauseenvastikkeiden sijasta - Selkeää rakennetta ja loogista kerrontaa - Konkreettista ja käyttäjän todellisuutta vastaavaa sisältöä - Selvitetään taustoja vaikeasti kuvattavan ilmiön kohdalla 	<ul style="list-style-type: none"> - Erytyissanastoa (jos kuitenkin käytetään, se selitetään) - Ajan ja paikan vaihtelua - Kielikuvia - Liian monien henkilöiden esiintymistä - Maantieteellisiä nimiä, isoja lukuja ja mittayksiköitä

Oppaan sisällön tavoitteina oli muun muassa selkeä, virheetön, objektiivinen ja ajan- tasainen tieto. Jälkimmäisellä pyrittiin ennen kaikkea pitkittämään oppaan käyttöikää alalla, jossa teknologian edistysaskeleet otetaan käyttöön nopeasti. Oppaassa keskeiset asiat esitettiin lyhyesti ja ytimekkäästi, jolloin asiaan kuulumaton tieto rajautui pois. Sisältö kirjoitettiin englanniksi käyttäen hyväksi selkokielen tekstin kriteereitä. Lauseet olivat muodoltaan lyhyitä ja lauserakenteet helposti ymmärrettäviä. Oppaan alussa esitettiin oppaan tavoite ja rakenne. Ensimmäiset kappaleet käsittelivät magneettikuvausta yleisellä tasolla määritelmästä kuvauksen turvallisuuteen. Loput kappaleista järjestettiin potilaan hoitopolun mukaisesti lähetteen saamisesta aina kuvauksen tuloksiin. Viimeinen kappale käsitteli usein kysytyjä kysymyksiä liittyen tatuointeihin ja klaustrofobiaan. Kielentarkastaja tarkasti sisällön pitäen silmällä yllä mainittuja selkokielen tekstin kriteerejä.

4.3 Oppaan ulkoasu

Terveystieteiden keskuksen oppaan ulkoasuun liittyvät kriteerit kulmineituvat selkeyteen, johon voidaan vaikuttaa muun muassa kirjasintyyppin- ja koon, tekstin asetelun ja kontrastin avulla. Ulkoasun tulisi olla niin selkeä, että aineiston keskeinen sanoma on hahmotettavissa noin kymmenessä sekunnissa. Kirjasintyyppi ja -koko vaikut-

tavat aineiston tunnelmaan, mutta niiden oikeaoppisella käytellä voidaan huomioida myös erityisryhmät, kuten heikkonäköiset ja vanhukset. Näkövammaisten keskusliitto suosittelee kirjasinkooksi kokoa 14 ja -tyypiksi Arial, Gill, Verdana tai Helvetica kirjaimia. Lihavointia ja kursivointia suositellaan käytettäväksi ainoastaan otsikoiden tehostekeinona. Alleviivausta, harvennusta ja isoja kirjaimia tulisi myös välttää. Pienien kirjaimien lukeminen on vaivattomampaa, myös otsikoiden osalta. (Parkkunen ym. 2001, 15, 17.)

Tekstin sijoittelussa huomiota tulisi kiinnittää otsikointiin, kappalejakoon ja riviväliin. Väljästi sijoitellusta tekstistä on helpompi hahmottaa aineiston ydinasiat. Tekstin molempien reunojen tasaamista suositellaan ainoastaan, jos käytössä on sanojen tavutus. Palstojen osalta suosituksena on, että normaalikokoiselle arkille ei käytettäisi kahta palstaa enempää. Kontrastilla voidaan parantaa tekstin luettavuutta merkittävästi. Valkoiselle taustalle sopivat hyvin esimerkiksi musta, tummansininen ja -vihreä. Mikäli teksti on mustaa, voidaan taustana käyttää valkoisen sijasta vihreän tai keltaisen pastellisävyjä. Kuviollisten taustojen on todettu heikentävän luettavuutta merkittävästi ja niiden sijasta voidaan käyttää esimerkiksi liukuvärjättyjä taustoja. (Parkkunen ym. 2001, 16.)

Kuvien käytössä aineistossa on kiistatonta hyötyä, sillä yhdessä tekstin kanssa se helpottaa keskeisen sanoman muistissa säilymistä. Kuvilla myös herätetään käyttäjän mielenkiinto ja lisätään kiinnostusta aineistoa kohtaan. Näiden ohella kuvat toimivat ymmärtämisen apuna ja auttavat havainnollistamaan asioita. Näkövammaisten keskusliiton mukaan kuvien tulee olla selkeitä, informatiivisia ja kontrastiltaan hyviä. Kuvien sijoittelussa huomiota tulee kiinnittää yhdenmukaisuuteen, jota voidaan toteuttaa sijoittamalla kaikki kuvat samaan reunaan. (Parkkunen ym. 2001, 17.)

Oppaan ulkoasua suunniteltiin yhdessä graafisen suunnittelijan kanssa mukailien edellä mainittuja kriteerejä. Kirjasintyypiksi valittiin Calibri ja leipätekstin kirjasinkooksi 14. Otsikoissa kirjasinkoko oli 48. Kirjasintyyppin valintaan vaikutti ennen kaikkea sen helppolukuisuus sekä digitaalisessa muodossa että paperilla. Calibri on tunnettu kirjaimien pyöreistä reunoista, jotka tekevät lukemisesta vaivattomampaa. Leipätekstin väriksi valittiin musta vaaleansinisellä ja -harmaalla pohjalla. Edellä mainituilla parannettiin luettavuutta ja kontrastia sekä huomioitiin erityisryhmät, kuten heikkonäköiset. Ot-

sikoinnissa, kappalejaossa ja rivivälissä kiinnitettiin huomioita ennen kaikkea väljyyteen ja selkeyteen. Tekstin molempia reunoja ei tasattu, sillä tasapalsta koettiin vedosvaiheessa vaikealukuisemmaksi erityisesti digitaalisessa muodossa. Vaikka opas suunniteltiin pääosin luettavaksi näytöltä, myös oppaan tulostaminen otettiin huomioon sen suunnittelussa. Paperikooksi valittiin A4, ja teksti sijoitettiin yhdelle palstalle. A4-koon valitsemista puolsi ennen kaikkea sen yleisyys.

4.4 Oppaan esitestaus

Terveysaineiston esitestauksella pyritään kartoittamaan kohderyhmän käsitystä aineistosta ennen sen varsinaista tuottamista. Vaikka esitestaus vie aikaa ja voimavaroja, pääsevät aineiston käyttäjät vaikuttamaan sen sisältöön, jolloin lopputuloksen pitäisi olla vaivan arvoinen. (Parkkunen ym. 2001, 21.)

Oppaalle asetettiin laatukriteereitä ja -tavoitteita, joiden toteutumisesta esitestattiin kohderyhmällä. Esitestauksella oli useita eri vaihtoehtoja. Alkuperäisen opinnäytetyön suunnitelman mukaan opas olisi esitestattu monikulttuurikeskus Villa Victorissa Oulussa tai Oulun ammattikorkeakoulun vaihto-opiskelijoilla. Varteenotettavin vaihtoehto oli monikulttuurikeskus Villa Victor, joka tarjoaa nimensä mukaisesti toimintaa Oulussa asuville ulkomaalaistaustaisille asukkaille kuin kantaväestölle. Oppaasta oli tarkoitus pitää lyhyt esitys, jonka jälkeen palaute olisi kerätty kohderyhmältä. Kielentarkistuksen viivästymisestä johtuen, tästä suunnitelmasta luovuttiin.

Opas esitestattiin opinnäytetyön tekijän ulkomaalaisten kontaktien avulla huhtikuussa 2014. Esitestaukseen valittiin seitsemän henkilöä, joilla ei ollut aiempaa sosiaali- ja terveysalan koulutusta, eivätkä he puhuneet englantia äidinkielenään. Esitestaukseen osallistuville lähetettiin opas ja esitestauslomake (ks. liite 1). Aikaa esitestaukseen varattiin kaksi viikkoa. Puolella välissä osallistujia muistutettiin kerran esitestauksen aikataulusta.

Esitestausta varten laadittiin erillinen esitestauslomake, jossa arvioitiin oppaan sisältöä, ulkoasua ja kokonaisuutta numeroilla 1–5. Numeerisessa arvioinnissa numero 1 vastasi ehdotonta ei-vastausta ja numero 5 ehdotonta kyllä-vastausta. Yleisarvosananassa numero 1 vastasi kauheaa, 3 hyvää ja 5 erinomaista. Sisällön osalta arvioitiin tekstin helppolu-

kuisuutta ja rajausta. Ulkoasun kohdalla arvioitiin helppolukuisuutta, kirjasinkokoa, neutraaliutta, tekstin väljyyttä, kuvan hyödyllisyyttä ja yleisarvosanaa. Kokonaisuutta puolestaan arvioitiin oppaan hyödyllisyyden ja kokonaisarvosanan avulla. Numeerisen arvioinnin ohella kahdella avoimella kysymyksellä kartoitettiin kohderyhmän ehdottamia korjauksia ja parannusehdotuksia.

4.5 Oppaan kustannukset ja riskit

Opinnäytetyön suunnitelmassa määritettiin oppaan hinta-arvio, johon vaikuttivat oppaan kehittämiseen käytetyt tunnit, saatu ohjaus, graafinen suunnittelu, kielentarkistus ja matkustuskustannukset. Kaiken kaikkiaan kulut pyrittiin pitämään minimissä. Tämä saavutettiin tekemällä suunnittelu- ja kehittätyö yksin opinnäytetyön tekijän omalla tietokoneella. Tulostuskustannukset jäivät käytännössä oppaan ostavalle taholle, sillä valmis opas oli digitaalisessa muodossa. Oppaan kustannukset on esitetty alla (ks. taulukko 4). Projektiryhmän työn palkkana oli 10 €/h. Ohjaus- ja tukiryhmän palkka oli puolestaan 20 €/h. Opiskelijan työskentelyyn varattu aika 400 tuntia määräytyi opintojen asettaman laajuuden (15 opintopistettä) perusteella. Oppaan panoksina oli lähinnä siihen osallistuvien tahojen osaaminen ja raha.

TAULUKKO 4. Oppaan kustannukset.

Kustannustyyppi	Arvio (h, €)	Toteuma (h, €)
Projektiryhmän palkka 400 h, 10 €/h	4000	4000
Ohjausryhmän palkka 6 h 30 min., 20 €/h x 2 henkilöä	260	260
Tukiryhmän palkka		
graafinen suunnittelu 40 h, 20 €/h	40 h, 800	20 h, 400
kielentarkistus 8 h, 20 €/h	160	1h, 20
Matkustuskustannukset	100	100
Yhteensä	5320	4780

Tuotekehitysprojektin riskit jaettiin opinnäytetyön suunnitelmassa taloudellisiin, tekniin ja henkilöstöön liittyviin. Ensimmäiseen kategoriaan kuuluivat oppaan markkinointiin ja myyntiin mahdollisesti liittyvät ongelmat. Toiseen kategoriaan puolestaan kuuluivat atk-laitteiden tekniset ongelmat, kuten tietojen häviäminen. Kolmanteen kategoriaan kuuluivat kysymykset tehtyjen sopimusten pitävyydestä ja projektinorganisaatioon kuuluvien henkilöiden terveyteen liittyvät seikat, kuten sairastumiset. Lisäksi eräänä varsin suurena riskinä pidettiin suunnitelluista aikatauluista viivästyistä erityisesti projektiryhmän kohdalla.

4.6 Oppaan eettiset tekijät ja tekijänoikeudet

Oppaan eettiset tekijät koskivat lähinnä oppaan esitestausta, johon osallistumisen oli oltava vapaaehtoista. Esitestaukseen osallistujan anonymiteetti ja tietojen luottamuksellisuus oli säilytettävä. Näitä asioita painotettiin esitestaustulomakkeessa. Koska opas toteutettiin yhteistyössä Oulun ammattikorkeakoulun ja graafisen suunnittelijan kanssa, oli tekijänoikeuksista sovittava edellä mainittujen tahojen allekirjoittamalla aiesopimuksella. Aiesopimuksesta valittiin kohta D, jossa tekijä ja toimeksiantaja sopivat opinnäytetyön ja sen tuloksista seuraavasti:

Tekijänoikeuslain (404/1961 1:1.1 §) mukaan sillä, joka on luonut kirjallisen tai taiteellisen teoksen, on tekijänoikeus teokseen. Täten tekijänoikeudet jäävät opinnäytetyön tekijälle (Markus Suuronen). Opinnäytetyön tekijällä on oikeus muokata ja päivittää tuotteen sisältöä sekä myydä tuotetta. Toimeksiantaja (Oulun ammattikorkeakoulu) saa käyttää tuotetta opetuksessa, mutta ei saa levittää sitä. Tällöin tuotteen tekijän nimi on mainittava. Tuotteen graafisen ulkoasun tekijänoikeudet jäävät graafiselle suunnittelijalle (Jatta Ikäheimonen) ja niistä sovitaan erikseen.

5 TUOTEKEHITYSPROJEKTIN ARVIOINTI

5.1 Tavoitteiden arviointi

Kehitystavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa englanninkielinen digitaalinen opas magneettikuvaukseen tulevalle ulkomaalaiselle tai ulkomaalaistaustaiselle aikuispotilaalle. Pitkän ajan kehitystavoitteena on parantaa ulkomaalaisen aikuispotilaan mahdollisuuksia saada selkokielistä tietoa magneettikuvauksesta englanniksi. Kehitystavoite saavutettiin, sillä opas valmistui. Myös pitkän ajan kehitystavoite toteutunee tulevaisuudessa, sillä oppaan ansiosta ulkomaalaisilla potilailla on käytössään entistä enemmän selkokielistä tietoa magneettikuvauksesta.

Välittömänä tavoitteena oli tarjota tutkimukseen tulevalle potilaalle selkeästi jäsenneltyä ja helposti ymmärrettävää tietoa magneettikuvauksesta. Edellä mainitut tavoitteet saavutettiin suunnittelemalla ja toteuttamalla opas selkokielen keinoin. Huomiota kiinnitettiin paljolti myös oppaan graafiseen ulkoasuun, joka toteutettiin yhteistyössä graafisen suunnittelijan kanssa. Oppaasta potilas löytää vastaukset keskeisimpiin häntä askarruttaviin kysymyksiin magneettikuvauksesta. Tämä edesauttaa välillisesti mahdollisten pelkotilojen lievittämisessä ja parantaa kuvauksen onnistumisen todennäköisyyttä. Oppaan myötä myös henkilökunnan työmäärän oletetaan vähenevän, sillä potilaat pystyvät valmistautumaan etukäteen magneettikuvaukseen paremmin.

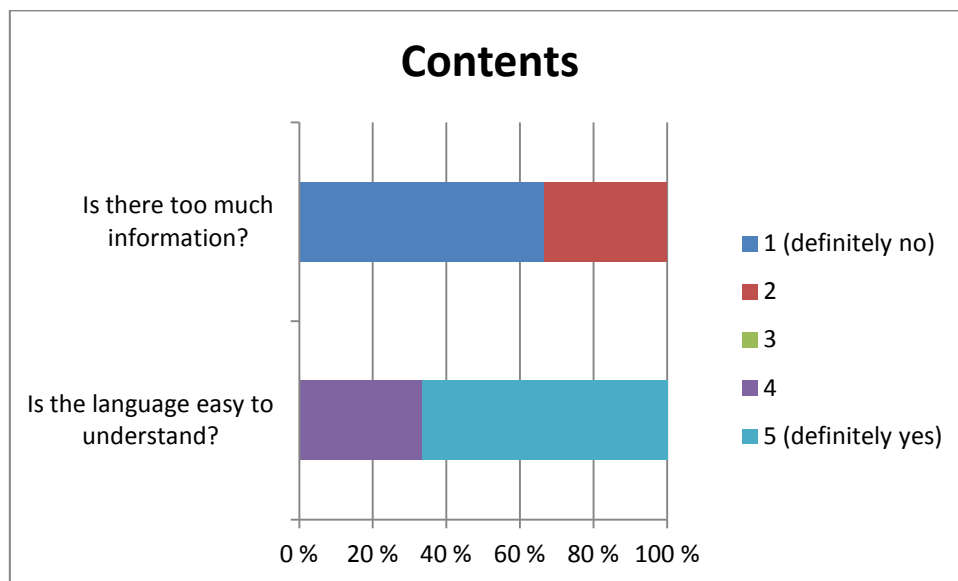
Omana oppimistavoitteena oli oppia tuotekehitystyötä ja hyödyntää vieraskielistä osaamista. Pyrkimyksenä oli perehtyä tuotekehitystyön osa-alueisiin, kuten oppaan kehittämiseen, markkinointiin ja riskien hallintaan. Edellä mainitut tavoitteet saavutettiin hyvin ja koko tuotekehitysprojekti oli erityisen opettavainen ja riittävän haastava kokemus. Lisäksi tuotekehitysprojekti opetti moniammatillista yhteistyötä.

5.2 Oppaan laadun arviointi

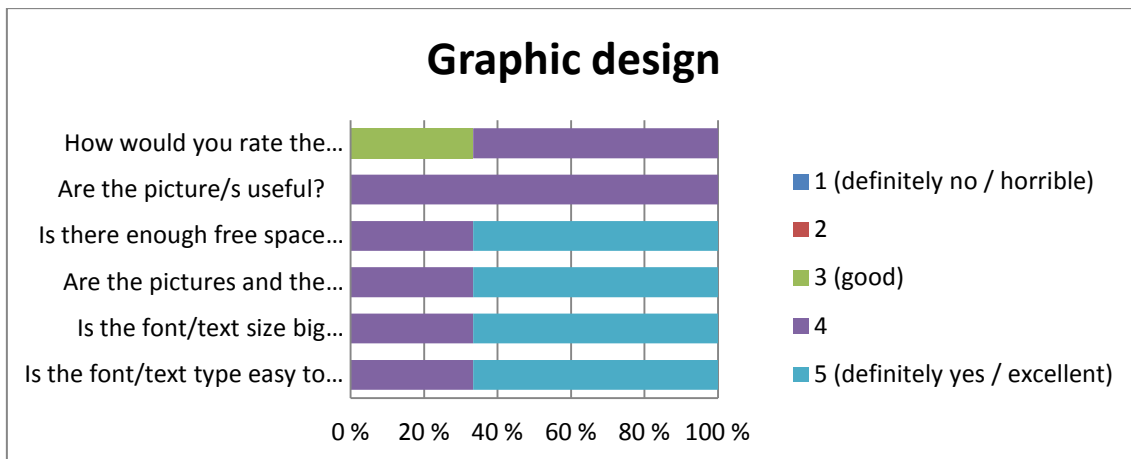
Alkuperäisestä opinnäytetyön suunnitelmasta poiketen, opas esitettiin hyödyntäen opinnäytetyön tekijän ulkomaan kontakteja. Esitestaukseen valittiin henkilöitä, jotka ei-

vät puhuneet englantia äidinkielenään ja joilla ei ollut sosiaali- ja terveydenhuoltoalan koulutusta. Näillä valinnoilla esitestauksen luotettavuutta parannettiin. Esitestauksen ongelmia olivat osittain puolueellinen palaute ja esitestattavien henkilöiden suhteellisen korkea koulutustaso. Tässä suhteessa Oulun monikulttuurikeskus Villa Victor olisi ollut parempi vaihtoehto, sillä esitestaukseen osallistujat eivät olisi tunteneet entuudestaan opinnäytetyön tekijää ja heidän koulutustasonsa olisi ollut luultavasti alhaisempi.

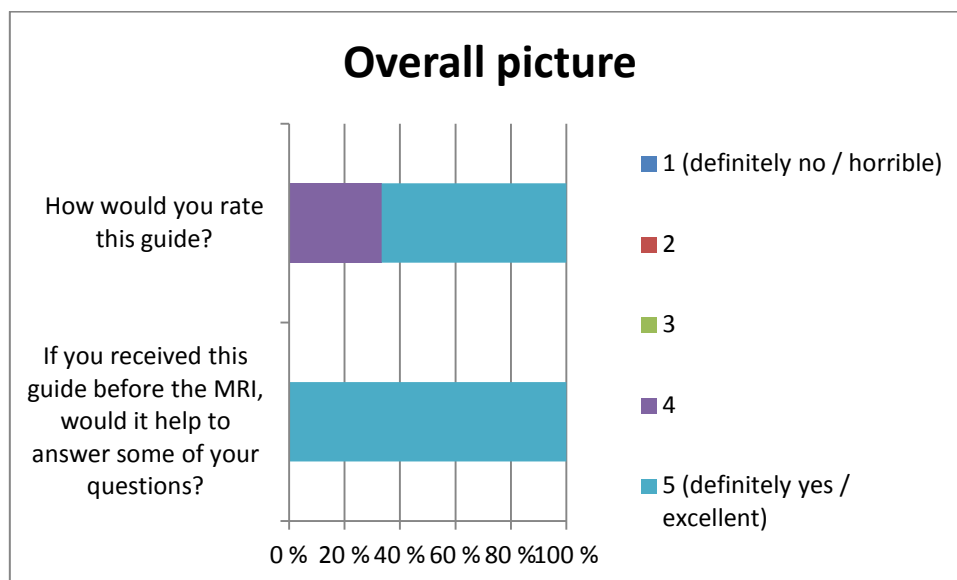
Esitestaust lomakkeen sisältö on käyty luvussa 4.4 läpi. Esitestaust lomake ja opas lähetettiin seitsemälle henkilölle, joista kolme antoi palautteen. Vastausprosentti oli siis noin 43 %. Koska otos oli pieni, tuloksia voidaan pitää enintään suuntaa antavina. Kokonaisuudessaan vastaajat olivat väittämien kanssa hyvin samaa mieltä ja hajontaa ei juuri ollut. Esitestauksen tuloksien mukaan lähes jokaisessa osa-alueessa onnistuttiin joko kiitettävästi tai erinomaisesti. Esitestaust osoitti selkeästi, että opas on helppolukuinen ja ennen kaikkea tarpeellinen tiedonlähde ennen magneettikuvausta (ks. kuviot 2–4).



KUVIO 2. Oppaan sisällön laatu esitestaajien arvioimana.



KUVIO 3. Oppaan graafisen ulkoasun laatu esitestaajien arvioimana.



KUVIO 4. Oppaan kokonaiskuvan laatu esitestaajien arvioimana.

Numeerisen arvioinnin ohella esitetauslomakkeessa kartoitettiin kohderyhmän ehdotamia korjauksia ja parannusehdotuksia kahdella avoimella kysymyksellä. Avoimiin kysymyksiin vastasi yksi henkilö. Vastaaja teki useita korjaus- ja parannusehdotuksia oppaan kieleen. Alla on esitelty muutama korjausehdotus, jossa alkuperäinen teksti on ylivuivattu ja parannusehdotus on suluissa:

MRI is painless and considered to be extremely safe if necessary steps ~~are taken~~ (have been taken) before the MRI.

Some hospitals may ~~require that you~~ (ask you to) fill in a questionnaire before the MRI.

Depending on the manufacturer and model, ~~MRI scanner is usually about a 1.5–1.9 m long and about 60–70 cm wide tunnel~~ (the MRI scanner usually is a tunnel 1.5–1.9 m long and about 60–70 cm wide), which is surrounded by a circular magnet.

You will also be asked if you ~~need~~ (if you put "want" instead, it's better understandable) an alarm button.

Most people ~~feel very comforting having~~ (consider it very comforting to have) an escort (for example a family member or a friend) inside the MRI room during the scan.

Oppaan tekstiä muokattiin edellä mainitun palautteen perusteella niiltä osin, kun se oli perusteltua. Vaikka vastausprosentti avoimiin kysymyksiin jäi pieneksi, saadut parannus- ja korjausehdotukset paransivat oppaan sisällön helppolukuisuutta.

5.3 Aikataulun, kustannusten ja riskien arviointi

Opinnäytetyön suunnitelmassa määriteltiin tuotekehitysprojektin alustava aikataulu sekä arvioitiin kustannukset ja riskit. Projekti eteni aikataulussa oppaan sisällön kielentarkistukseen saakka. Kielentarkistus ei sujunut aikataulun mukaisesti, sillä alkuperäinen kielentarkistaja ei saanut tarkastettua sisältöä sovitussa ajassa useista muistutuksista huolimatta. Tämä aiheutti kahden kuukauden viivästymisen. Kielentarkistaja lopulta vaihdettiin maaliskuun puolivälissä 2014 ja tarkastettu oppaan teksti saatiin toimitettua nopeasti graafiselle suunnittelijalle. Kielentarkistuksen venyminen viivästytti myös graafista suunnittelua, sillä oppaan ensimmäistä vedosta ei voitu taittaa ilman lopullista tekstiä. Lopulta aikataulu saatiin kuitenkin kurottua kiinni ja opinnäytetyö lähetettiin arvioitavaksi huhtikuussa.

Projektin kustannukset toteutuivat lähes suunnitelman mukaisesti, eikä ennakoimattomia lisäkustannuksia tullut. Lopullisen oppaan kustannukset laskivat suunnitelmasta, sillä graafiseen suunnitteluun kului 20 tuntia ja kielentarkistukseen tunti. Kustannuksissa pysymiseen vaikutti paljolti myös työskentely opinnäytetyön tekijän omalla tietokoneella ja asioiden hoitaminen muun muassa sähköpostin avulla. Suunnitelmassa esitetty riskiarvio piti paikkansa. Riskeinä pidettiin muun muassa sopimusten pitävyyttä ja aikataulusta myöhästymistä.

5.4 Työskentelyn arviointi

Toteutin opinnäytetyön pääsääntöisesti yksin. Tein opinnäytetyön tietoperustan ja suunnitelman muiden teoria-opintojen ohessa. Loput opinnäytetyöstä tein käytännön harjoittelun ohessa viikonloppuisin. Yksintyöskentelyn etuina olivat toisesta osapuolesta riippumattomuus ja työskentelyn joustavuus, sillä töitä pystyi tekemään, kun itselle parhaiten sopi. Yksintyöskentely vaati kuitenkin huomattavaa kurinalaisuutta ja motivaatiota. Yksintyöskentelyn haittana oli päätöksien ja vastuun kasautuminen yhden henkilön harteille. Sain työskentelyn aikana ohjausryhmältä riittävästi palautetta. Tukiryhmä puolestaan mahdollisti oppaan graafisen ulkoasun ja virheettömän kielen. Vertaisarvioijat antoivat työn eri vaiheista hyvää ja rakentavaa palautetta.

6 POHDINTA

Opinnäytetyöprosessin alussa lopputulos oli hämärän peitossa. Halusin tehdä konkreettisen opinnäytetyön, joka palvelisi tulevaisuuden tarpeita. Lisäksi halusin hyödyntää aikaisemman yliopistokoulutuksen tuomaa vieraskielistä osaamista. Konkretia, tulevaisuus ja kieli yhdistyivät englanninkielisessä oppaassa magneettikuvauksesta. Minulla oli aikaisempaa kokemusta tieteellisestä tutkimuksesta, joten koin tuotekehitystyön ennen kaikkea haastavaksi ja mielekkääksi tavaksi laajentaa osaamistani hieman eri suuntaan.

Opinnäytetyön kehitystavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa sähköisessä muodossa oleva englanninkielinen digitaalinen opas magneettikuvaukseen tulevalle ulkomaalaiselle tai ulkomaalaistaustaiselle aikuispotilaalle. Tavoitteena oli vastata potilaita askarruttaviin kysymyksiin ja parantaa magneettikuvauksen onnistumisen todennäköisyyttä selkeästi jäsennellyn ja helppolukuisen tiedon avulla. Lisäksi tavoitteena oli henkilökunnan työmäärän vähentäminen, sillä potilaat kykenisivät valmistautumaan kuvaukseen paremmin. Opinnäytetyön tekijän oppimistavoitteita olivat tuotekehitysprojektin eri osa-alueisiin perehtyminen ja vieraskielisen osaamisen hyödyntäminen.

Opinnäytetyön tietoperustassa perehdyttiin laajasti magneettikuvauksen eri osa-alueisiin, jotka muodostivat pohjan oppaassa potilaalle esitetyille asioille. Oppaan sisällykselle, ulkoasulle ja kokonaisuudelle asetettiin laatukriteereitä ja -tavoitteita mukaillen Terveystieteiden tutkimuskeskuksen kriteereitä. Oppaan laatukriteereitä olivat muun muassa sisällön selkokieliisyys ja ajantasaisuus sekä ulkoasun selkeys ja neutraalius. Oppaan sisältö kirjoitettiin selkokielen keinoin englanniksi ja tarkastettiin kielentarkastajalla. Oppaan alussa esiteltiin sen tavoite ja rakenne. Ensimmäiset kappaleet käsittelivät magneettikuvausta yleisellä tasolla ja loput kappaleista järjestettiin potilaan hoitopolun mukaisesti. Viimeinen kappale käsitteli usein kysytyjä kysymyksiä. Graafinen suunnittelija oli pitkälti vastuussa oppaan ulkoasusta, joskin Terveystieteiden tutkimuskeskuksen kriteerejä mukaillen.

Edellä mainituiden laatukriteerien ja -tavoitteiden toteutumista mitattiin kohderyhmällä esitestauksen avulla. Esitestaukseen valittiin 7 ulkomaalaista henkilöä, jotka eivät puhu-

neet englantia äidinkielenään ja joilla ei ollut sosiaali- ja terveydenhuoltoalan koulutusta. Esitestaukseen osallistuville henkilöille lähetettiin opas ja esitestauslomake sähköisessä muodossa. Esitestauslomakkeessa arvioitiin oppaan sisältöä, ulkoasua ja kokonaisuutta numeroilla 1–5. Lisäksi esitestauslomakkeessa oli kysymyksiä, joihin pystyi vastaamaan omin sanoin. Seitsemästä henkilöstä kolme antoi palautteen vastausprosentin ollessa noin 43 %. Koska otos oli pieni, tuloksia voidaan pitää enintään suuntaa antavina. Kokonaisuudessaan vastaajat olivat numeeristen väittämien kanssa hyvin samaa mieltä ja hajontaa ei juuri ollut. Esitestauksen tuloksien mukaan lähes jokaisessa osaluueessa onnistuttiin joko kiitettävästi tai erinomaisesti. Esitestaus osoitti selkeästi, että opas on helppolukuinen ja ennen kaikkea tarpeellinen tiedonlähde ennen magneettikuvausta.

Potilasmäärät ovat jatkuvassa kasvussa henkilöstöressurssien pysyessä samana tai jopa vähentyessä. Muutosten ei kuitenkaan tulisi heijastua potilaan hoitoon tai ohjaukseen, joka on yksi merkittävimmästä auttamiskeinoista hoitotyössä. Kun hoitoajat lyhenevät, potilasohjauksen merkitys korostuu entisestään, sillä potilasohjaus on toteutettava aiempaa lyhyemmässä ajassa. Ulkomaalaisten ja ulkomaalaistaustaisen kohdalla eräs potilasohjauksen merkittävä haaste on yhteisen kielen löytäminen. Yhteisen kielen löytäminen on hyvän potilasohjauksen edellytys, sillä se vie ohjaustilannetta eteenpäin ja potilas saa tarpeitansa vastaavan avun. Englanninkielisen materiaalin puutteen on todettu olevan merkittävä ongelma useissa tutkimuksissa. Toteutettu opas vastaa mielestäni edellä mainittuihin haasteisiin, sillä potilaat pystyvät valmistautumaan magneettikuvaukseen entistä paremmin jo ennen kuvausta. Tämä tukee kuvauksen yhteydessä tehtävää potilasohjausta, johon ei aina ole riittävästi aikaa. Oppaan helppolukuisuus palvelee erityisesti ulkomaalaisten ja ulkomaalaistaustaisten tarpeita.

Tein tietoisesti valinnan tehdä opinnäytetyön yksin. Yksintyöskentelyn etuina olivat toisesta osapuolesta riippumattomuus ja työskentelyn joustavuus, sillä töitä pystyi tekemään, kun itselle parhaiten sopi. Yksintyöskentely vaati kuitenkin huomattavaa kurinalaisuutta, motivaatiota ja keskeneräisyyden sietämistä, sillä opinnäytetyö valmistui pieninä paloina. Opinnäytetyön suunnitelmassa esitetyssä aikataulussa ei aluksi pysytty, sillä oppaan esitestaus viivästyi kahdella kuukaudella johtuen kielentarkistuksen venymisestä. Aikataulusta viivästyminen aiheutti paineita valmistumisen suhteen. Aikataulu saatiin lopulta kurottua kiinni ja opinnäytetyö palautettiin arvioitavaksi huhtikuussa

2014. Projektin kustannukset toteutuivat lähes suunnitelman mukaisesti, eikä ennakoimattomia lisäkustannuksia tullut. Lopullisen oppaan kustannukset laskivat suunnitelmasta, sillä graafiseen suunnitteluun ja kielentarkistukseen käytettiin vähemmän aikaa, kuin mitä aluksi arvioitiin. Opinnäytetyön tekijän omat oppimistavoitteet täyttyivät hyvin ja koko prosessi oli opettavainen ja riittävän haastava. Kommunikaatio eri sidosryhmien välillä sujui ilman ongelmia.

Opinnäytetyön merkittävä jatkokehityshaaste on oppaan ajan tasalla pitäminen ja sen markkinointi ulkomaille. Opas kannattaa päivittää, kun uutta tietoa magneettikuvauksesta tulee saataville. Tämä takaa oppaan laadun ja käytettävyyden myös tulevaisuudessa. Opas suunniteltiin alustavasti markkinoitavaksi Suomen sisällä, mutta maan rajat eivät ole este laajemmalle markkinoinnille, sillä englantia on maailman opetuksessa ja ymmärrettävin kieli. Englanninkielisissä maissa oppaita on hyvin todennäköisesti, mutta ei välttämättä samasta selkokieliyden näkökulmasta toteutettuja. Oppaasta on myös mahdollista tehdä suomenkielinen käännös, mikäli sille on riittävästi tilausta.

LÄHTEET

Blamire, A. M. 2008. The Technology of MRI – the Next 10 Years. *The British Journal of Radiology* 81, 601–617.

Carlton, R. R. & Adler, A. M. 2006. *Principles of Radiographic Imaging: An Art and a Science*. 4th International Student Edition. New York: Delmar Cengage Learning.

Coakley, F., Gould, R., Laros Jr, R. K. & Thiet, M-P. 2013. Guidelines for the Use of CT and MRI During Pregnancy and Lactation. *USCF Radiology – CT and MR Pregnancy Guidelines*. Hakupäivä 22.9.2013 <http://www.radiology.ucsf.edu/patient-care/patient-safety/ct-mri-pregnancy>.

Crook, N. & Robinson, L. 2009. A Review of the Safety Implications of Magnetic Resonance Imaging at Field Strengths of 3 Tesla and Above. *Radiography* 15, 351–356.
ESMRMB. 2013. *European Society for Magnetic Resonance in Medicine and Biology*. Hakupäivä 7.5.2013 <http://www.esmrmb.org>.

Gauden, A. J., Phal, P. M. & Drummond, K. J. 2010. MRI Safety: Nephrogenic Systemic Fibrosis and Other Risks. *Journal of Clinical Neuroscience* 17 (9), 1097–1104.

Hamberg, L. & Aronen H. 1992. *Magneettikuvauksen perusteet ja kuvausmenetelmät*. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Hakupäivä 19.4.2013
http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/haku?p_p_id=Article_WAR_DL6_Articleportlet&p_p_lifecycle=0&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_hakusana=magneettikuvauksen+perusteet&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_p_frompage=haku&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_viewType=viewArticle&_Article_WAR_DL6_Articleportlet_tunnus=duo20140.

Hodgson, R. J. 2011. The Basic Science of MRI. *Orthopaedics and Trauma* 25 (2), 119–130.

Hornak, J. P. 2011. The Basics of MRI. Hakupäivä 23.4.2013

<http://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/inside.htm>.

Jokela, K., Korpinen, L., Hietanen, M., Puranen, L., Huurto, L., Pättikangas, H., Toivo, T., Sihvonen, A-P. & Nyberg, H. 2009. Säteilylähteet ja altistuminen. Teoksessa Sähkömagneettiset kentät. Hakupäivä 29.4.2013

http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja6/_files/12222632510021208/default/6_9.pdf. 407– 415.

Jurvelin, J. S. & Nieminen, M. 2005. Magneettikuvaus. Teoksessa S. Soimakallio, L. Kivisaari, H. Manninen, E. Svedström & O. Tervonen (toim.) Radiologia. Helsinki: WSOY, 58–69.

Kouri, M. & Kangasmäki, A. 2009. Moderni sädehoito. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. Hakupäivä 26.4.2013

http://www.duodecimlehti.fi/web/guest/uusinnumero?p_p_id=dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku&p_p_action=1&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku__spage=%2Fportlet_action%2Fdlehtihakuartikkeli%2Fviewarticle%2Faction&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_tunnus=duo98024&_dlehtihaku_view_article_WAR_dlehtihaku_p_frompage=uusinnumero.

Lipponen, K. 2014. Potilasohjauksen toimintaedellytykset. Oulun yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Väitöskirja. Acta Universitatis Ouluensis, Series D, Medica 1236. Hakupäivä 20.4.2014

<http://herkules.oulu.fi/isbn9789526203720/isbn9789526203720.pdf>.

McKie, S. & Brittenden, J. 2005. (ii) Basic Science: Magnetic Resonance Imaging. Current Orthopaedics 19 (1), 13–19.

MRISafety.com. 2013. Pregnant Patients and MR Procedures. Hakupäivä 22.9.2013

http://www.mrisafety.com/safety_article.asp?subject=50.

Noseworthy, M. D. 2012. The Future of MRI: Advances to Know About. 17th ISRR World Congress and 70th CAMRT Annual General Conference, Toronto Canada, June

7–10 2012. Hakupäivä 23.4.2013 <http://www.2012isrrt.org/presentations/Friday/1530-1700/MRI-3%20Noseworthy%20Michael.pdf>.

Parkkunen, N., Vertio, H. & Koskinen-Ollonqvist, P. 2001. Terveysaineiston suunnittelun ja arvioinnin opas. Helsinki: Terveystieteiden tutkimuskeskus.

Selkokeskus. 2013. Papunet - Selkokeskus - Teoriaa. Hakupäivä 3.9.2013 <http://papunet.net/selkokeskus/teoriaa.html>.

Smith, J. A. 2010. Hazards, Safety, and Anesthetic Considerations for Magnetic Resonance Imaging. *Topics in Companion Animal Medicine* 25 (2), 98–106.

Tunninen, V., Ryymin, P. & Kauppinen, T. 2008. Magneettikuvauksen riskit ja vasta-aiheet. TABU Lääketietoa Lääkelaitokselta. Hakupäivä 19.4.2013 http://www.ebm-guidelines.com/dtk/tab/avaa?p_artikkeli=tab00237.

Wathen, M. 2007. Maahanmuuttajien potilasohjaus sairaanhoitajien kokemana. Tampereen yliopisto. Lääketieteellinen tiedekunta. Pro gradu -työ. Hakupäivä 20.4.2014 <http://tampub.uta.fi/bitstream/handle/10024/77868/gradu01737.pdf?sequence=1>.

FEEDBACK FORM

PATIENT’S GUIDE: MAGNETIC RESONANCE IMAGING (MRI)

I’m interested in your comments and suggestions. Please, take a few moments and answer the questions below. The results will be used to further improve the guide. Please note, that the participation is 100 % voluntary and the results will be processed anonymously without names.

1) CONTENTS

Is the language easy to understand?

Definitely no					Definitely yes
1	2	3	4	5	

Is there too much information?

Definitely no					Definitely yes
1	2	3	4	5	

2) GRAPHIC DESIGN

Is the font/text type easy to read?

Definitely no					Definitely yes
1	2	3	4	5	

Is the font/text size big enough?

Definitely no					Definitely yes
1	2	3	4	5	

Are the pictures and the colors clear and neutral?

Definitely no

Definitely yes

1 2 3 4 5

Is there enough free space between text paragraphs (= a section of writing)?

Definitely no

Definitely yes

1 2 3 4 5

Are the picture/s useful?

Definitely no

Definitely yes

1 2 3 4 5

How would you rate the graphic design?

Horrible

Good

Excellent

1 2 3 4 5

3) OVERALL PICTURE

If you received this guide before the MRI, would it help to answer some of your questions?

Definitely no

Definitely yes

1 2 3 4 5

How would you rate this guide?

Horrible

Good

Excellent

1 2 3 4 5

4) COMMENTS & SUGGESTIONS

Is there something that you do not quite understand (certain words for example)?

Is there something that you would like to add to the guide?

Thanks for your feedback!

Contact information: Markus Suuronen (Oulu University of Applied Sciences, School of Social and Health Care, Degree Programme in Radiography and Radiation Therapy), o1suma00@students.oamk.fi.