



Gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käyttö sädehoidon suunnittelukuvauksessa

Ohje röntgenhoitajille

Annika Salonen

Karoliina Suominen

OPINNÄYTETYÖ
Syyskuu 2022

Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Röntgenhoitajan tutkinto-ohjelma

SALONEN, ANNIKA & SUOMINEN, KAROLIINA:
Gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käyttö sädehoidon suunnittelukuvauksessa
Ohje röntgenhoitajille

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Syyskuu 2022

Syövän hoidon yleisimpiä hoitomuotoja on sädehoito. Ennen sädehoitoa potilaalle tehdään suunnittelukuvaus. Magneettikuvantaminen yleistyy tietokonetomografialaitteen rinnalla suunnittelukuvauksessa. Magneettikuvantamisen hyötynä on sen parempi pehmytosten erotuskyky. Sädehoidon annossuunnittelumagneettikuvauksessa käytettävää gadoliniumpohjaista kontrastiainetta voidaan annostella potilaaseen joko käsin ruiskuttamalla tai kontrastiaineinjektorilla.

Opinnäytetyön tavoitteena oli helpottaa röntgenhoitajien työtä annossuunnittelumagneettikuvauksessa, jossa käytetään gadoliniumpohjaista kontrastiainetta. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa ohje röntgenhoitajille gadoliniumin käytöstä sädehoidon annossuunnittelumagneettikuvauksessa. Opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena opinnäytetyönä Pirkanmaan sairaanhoitopiirille (PSHP). Opinnäytetyön tuotos on viisi sivuinen ohje gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käytöstä sädehoidon annossuunnittelumagneettikuvauksessa. Ohje sisältää tietoa gadoliniumista, kontrastiaineen haittavaikutuksista, annostelusta ja antotavoista. Lisäksi oppaassa on kuvallinen ohje kontrastiaineinjektorin kokoamisesta.

Opinnäytetyön raportissa käsitellään sädehoidon suunnittelukuvausta, magneettikuvantamisen perusteita, gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen haittavaikutuksia sekä kontrastiaineen antotapoja. Kontrastiaine voidaan annostella potilaalle käsin ruiskuttamalla tai kontrastiaineinjektoria käyttämällä. Lisäksi raportissa käsitellään esivalmisteluja kontrastiaineen antoa varten. Raportin liitteenä on opinnäytetyön tuotoksena tehty ohje. Jatkokehittämissuunniteluksena oppaan käytännöllisyyttä yksikössä voidaan tutkia esimerkiksi haastatteluilla.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Radiography and Radiotherapy

SALONEN, ANNIKA & SUOMINEN, KAROLIINA:
Gadolinium-Based Contrast Medium in MRI Treatment Planning
A Guide for Radiographers

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 5 pages
September 2022

Radiotherapy is one of the most widely used therapies for cancer treatment. Application of magnetic resonance imaging (MRI) in treatment planning has increased because of its superior soft tissue contrast. The planning magnetic resonance imaging can be executed with intravenous gadolinium-based contrast agent.

This study was carried out as a practice-based thesis in collaboration with Pirkanmaa Hospital District. The purpose of this study was to produce a guide on the use of gadolinium-based contrast agent for radiographers working with MRI treatment planning, and thus ease their work. The guide consists of five pages information about gadolinium in magnetic resonance treatment planning. The guide includes information about gadolinium, adverse effects, dosage and administration. The guide also contains instructions on how to assemble the contrast agent injector.

The report of this bachelor's thesis consists of theoretical information about radiotherapy treatment planning, basics of magnetic resonance imaging and adverse effects of gadolinium-based contrast agent. The report also includes information about contrast agent administration, usage of contrast agent injector and cannula insertion in the peripheral vein.

Key words: radiotherapy, dose planning, gadolinium-based contrast medium

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SÄDEHOIDON SUUNNITTELU	6
	2.1 Annossuunnittelun toteutus	6
	2.2 Sädehoidon annossuunnittelukuvaus	7
	2.3 Kontrastiaineen hyödyllisyys suunnittelukuvauksessa	8
3	MAGNEETTIVANTAMINEN JA KUVANMUODOSTUS	10
4	GADOLINIUMPOHJAINEN KONTRASTIAINE JA SEN KÄYTTÖ	13
	4.1 Gadolinium ja sen ominaisuudet kontrastiaineena	13
	4.2 Haittavaikutukset ja niiden hoito	14
	4.2.1 Yliherkkyysoireet	14
	4.2.2 Nefrogeeninen systeeminen fibroosi	15
	4.2.3 Kontrastiaineen annostelun yhteydessä tapahtuva ekstravasaatio	16
	4.3 Esivalmistelut	17
	4.4 Kanylointi	18
	4.5 Kontrastiaineinjektorin käyttö	20
5	TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN PROSESSI	23
	5.1 Toiminnallisen opinnäytetyön menetelmä	23
	5.2 Ohjeen suunnittelu, toteutus ja arviointi	24
6	POHDINTA	27
	6.1 Eettisyys ja luotettavuus	27
	6.2 Oma oppimiskokemus	28
	6.3 Jatkotutkimusehdotus	30
	LÄHTEET	31
	LIITTEET	38
	Liite 1. Opinnäytetyön tuote gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käytöstä annossuunnittelumagneettikuvauksessa.	38

1 JOHDANTO

Joka kolmas suomalainen sairastuu syöpään elämänsä aikana. Syövässä vaurioituneet solut muuttuvat pahanlaatuisiksi ja alkavat lisääntyä ihmisen kehossa. (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos 2021c.) Yleisimpiä syövänhoitomuotoja ovat sädehoito ja kirurgia (Kaikki syövästä n.d.). Sädehoito on syövän paikallinen hoitomuoto, ja sen avulla voidaan parantaa osa syöpäpotilaista, vahvistaa muita syövän hoitomuotoja tai lievittää oireita. Sädehoidon tarkoituksena on vaurioittaa jakautumisvaiheessa olevia syöpäsoluja korkeaenergisellä säteilyllä. Säteilyn merkittävin vaikutus kohdistuu DNA-molekyyliin. Kun solun sisäiset mekanismit eivät pysty korjaamaan sädevauriota, seurauksena on solukuolema. (Vaalavirta 2021.)

Sädehoitoa varten potilaalle tehdään annossuunnitelma (Tays 2022). Sädehoidon onnistumiseksi säteily kohdistetaan haluttuun kohteeseen jokaisena hoitokertana. Lisäksi potilaan saama hoitokertakohtainen annos ja kokonaisannos tulee olla oikein suunniteltu. (Vaalavirta 2021.) Potilaan sädehoidon annossuunnittelukuvaus on tavanomaisesti tehty tietokonetomografian avulla, mutta tekniikan kehittymisen myötä magneettikuvantamista on alettu hyödyntämään myös suunnittelukuvauksissa. Monesti potilaalle tehdään sekä tietokonetomografiakuvaus että magneettikuvaus, joiden kuvat fuusioidaan eli yhdistetään suunnittelua varten. (Myllykangas ym. 2017.) Magneettikuvauksessa voidaan käyttää apuna gadoliniumpohjaisia kontrastiaineita, jollei kuvauksessa saada muuten tarpeeksi eroa eri kudoksien välille (Hoitotyön Pharmaca Fennica 2019).

Opinnäytetyön yhteistyökumppani on Pirkanmaan sairaanhoitopiiri (PSHP). Opinnäytetyön **tavoitteena** on helpottaa röntgenhoitajien työtä magneettipohjaisessa suunnittelukuvauksessa, jossa käytetään gadoliniumpohjaista kontrastiaainetta. Opinnäytetyön **tarkoituksena** on tuottaa ohje röntgenhoitajille gadoliniumin käytöstä sädehoidon annossuunnittelumagneettikuvauksessa.

2 SÄDEHOIDON SUUNNITTELU

2.1 Annossuunnittelun toteutus

Sädehoitoa voidaan antaa joko sisäisesti tai ulkoisesti. Sisäistä sädehoitoa käytetään usein gynekologisten ja eturauhassyövän hoidossa. Ulkoisen sädehoidon suunnitteluun kuuluu useampi työvaihe sisältäen potilaan hoitoasennon ja mahdollisen fiksaatiovälineen eli tukimuotin suunnittelun, hoitokohteen kuvantamisen ja annossuunnittelun. (Kalet & Austin-Seymour 1997; STUK 2015; Hersh, Hesheng, Indra & Tijssen 2018; Schlacter ym. 2019; Terveiden ja hyvinvoinninlaitos 2021a; Vaalavirta 2021.)

Sädehoidon suunnittelu perustuu sairaudesta saatuihin tietoihin sekä erilaisten kuvantamistutkimusten tuloksiin (Vaalavirta 2021). Hoitoa suunniteltaessa tulee kiinnittää huomiota näkyvän kasvaimen alueen (GTV, gross tumor volume) lisäksi kokemusperäiseen tietoon sen mahdollisesta mikroskooppisesta leviämisestä (CTV, clinical target volume). Näistä muodostuneen kohteeseen tulee lisätä elinten liikkeen sekä hoidon toteutustavan aiheuttama epävarmuusmarginaali (PTV, planning target volume). Tavoite on saada hoitokohteeseen mahdollisimman tasainen annosjakauma minimoiden samalla ympäröivän terve kudoksen säderasitus. Sädehoidon annossuunnittelussa kohdealue ja suojattavat terve kudoks raken teet määritetään kolmiulotteisesti hoitokohteesta otettuun kuvasarjaan. (Kalet & Austin-Seymour 1997; Kouri & Tenhunen, 2013; Nurmi, Saarilahti & Tenhunen 2013; Schlachter ym. 2019.)

Ennen suunnittelukuvausta potilaalle tehdään hoitokohteen mukainen hoitoasennon tukeva väline, jonka avulla varmistetaan potilaan asennon säilyminen samana suunnittelukuvauksen ja hoidon aikana. Sädehoidon antaminen kestää useita minuutteja, ja tämän vuoksi on tärkeää varmistaa hoidon osuvuus fiksaatiovälineiden avulla. Fiksaatiovälineet on tehty materiaaleista, joilla on matala elektronitiheys, jotta ne eivät vaimenna hoidettavaan alueeseen kohdistettua säteilykeilaa. Fiksaatiovälineitä valitessa on tärkeä huomioida potilaan mukavuus ja asennon toistettavuus. (Kouri & Tenhunen 2013; Hersh, Hesheng, Indra & Tijssen 2018.)

2.2 Sädehoidon annossuunnittelukuvaus

Kuvantaminen on olennainen osa sädehoidon suunnittelua ja hoidon toteutusta. Kehittyneet kuvantamismenetelmät mahdollistavat riskielimien tarkan rajaamisen sädehoidon suunnittelussa. Suurin osa sädehoidon suunnittelukuvauksista on toteutettu tietokonetomografian (TT) avulla, koska se pystyy määrittämään kohteen elektroni- ja kudostiheyden. Tietokonetomografiakuvaus muodostaa kolmiulotteisen kuvapakan perustuen Hounsfield (HU) lukuihin, jotka määräytyvät kudoksen vaimennuskertoimen mukaan. (Hersh, Hesheng, Indra & Tijssen 2018.) Hounsfieldin yksikkö kuvaa vaimennusta tietyssä kohdassa ainetta. Lisäksi Hounsfieldin yksikkö tunnetaan CT- tai TT-lukuna. (Vuokko 2019, 14.) Annossuunnittelukuvauksessa on TT-kuvantamisen lisäksi mahdollista hyödyntää myös positroniemissiotomografian ja tietokonetomografian yhdistelmälaitteen (PET-TT) kuvasarjoja sekä magneettikuvantamisen (MK) kuvasarjoja. Tarvittaessa hoidon suunnittelussa voidaan käyttää useampaa eri kuvantamismenetelmää. (Kouri & Tenhunen 2013; Hersh, Hesheng, Indra & Tijssen 2018.) Vertailemalla keskenään tietyn magneettikuvauslaitteen kuvasarjoja ja tietokonetomografiakuvia saatiin kehitettyä konversiotekniikka, joka muuntaa magneettikuvan intensiteettiarvot pseudo-Hounsfield yksiköiksi. Tämän tekniikan ansiosta on mahdollista suorittaa kaikki sädehoidon suunnitteluketjun työvaiheet magneettikuvantamisen avulla tarkasti nykyaikaisen sädehoidon edellyttämällä menetelmillä. (Korhonen 2015.)

Nykyaikaisessa sädehoidon suunnittelussa magneettikuvantaminen on korvaamaton sen erinomaisen pehmytkudoskontrastin vuoksi. Tämän ansiosta magneettikuvantamisen avulla voidaan rajata kasvaimen koko muita kuvantamismenetelmiä paremmin. (Jones, ym. 2019.) Magneettikuvantamista hyödynnetään sädehoitoa suunnitellessa erityisesti aivojen, kaulan, maksan, haiman, rangan sekä lantion alueen kasvainten hoidossa (Kouri & Tenhunen, 2013; Hersh, Hesheng, Indra & Tijssen 2018). Magneetilla otetuista kuvasarjoista voidaan havaita emättimen, vulvan ja kohdun alueen kasvaimet tarkasti, ja ne pystytään erottamaan normaalikudoksesta (Jones, ym. 2019). Magneettikuvantamisen avulla pystytään määrittelemään myös sellaisia aivojen alueen kasvaimia, joita ei tietokonetomografiatutkimuksella havaita. Eturauhassyövän sädehoidon annossuunnittelussa magneettikuvaus on äärimmäisen hyödyllinen. Magneetin avulla

paikannetaan eturauhanen, paisuvaiskudos, kasvainsolukko ja kasvaimen koko huomattavasti tietokonetomografiatutkimusta tarkemmin. Lisäksi magneettikuvantaminen havaitsee eturauhasen kärjen, jota tietokonetomografialla ei pystytä paikantamaan. (Glide-Hurst, Greer & Owrangi 2018.)

2.3 Kontrastiaineen hyödyllisyys suunnittelukuvauksessa

Sädehoidon suunnittelukuvauksessa voidaan hyödyntää magneettikuvantamista kontrastiaineella erilaisin tavoin. Dynamic contrast enhanced (DCE) -kuvasarjan avulla saadaan tietoa tuumorin ominaisuuksista. Tällöin kuvasarjat otetaan ennen ja jälkeen kontrastiaineen annon. (Jones, ym. 2019.) Kuvasarjoissa voidaan havaita kontrastiaineen kulkeutuminen verisuonistoon ja solujen välitilaan. Muutokset kuvasarjoissa kuvaavat kontrastiaineen erittymistä verisuonistosta kudokseen. Kontrastiaineen kertymistä kasvaimen ja normaalikudoksen välillä voidaan verrata, ja kontrastiaine kerääntyy kasvainsolukkoon nopeammin kuin normaalkudokseen. (Schmidt & Payne 2015.) Kuvantaessa eturauhassyöpää voidaan hyödyntää DCE-kuvasarjoja, jolloin syövän mikrovaskulaarisuus pystytään määrittelemään tarkasti (Barbati ym. 2018).

Aivojen alueen kasvainten sädehoidon annossuunnittelu voidaan toteuttaa magneettikuvantamisella, jossa käytetään kontrastiainetta (Baschnagel, A., Liu, F., Mcmillan, A. & Yadav, P. 2018). Glioomat ovat aivojen tukisolukasvaimia ja yleisimpiä primaarisia aivokasvaimia (Haapasalo ym. 2014). Gliooman hoidossa kontrastiaineella tehostettua magneettitutkimusta käytetään diagnostiikassa ja sädehoidon annossuunnittelussa. Siitä on apua myös kirurgista näytteenottoa tai toimenpidettä suunnitellessa. Sen avulla voidaan arvioida miten syöpä vastaa leikkauksen jälkeiseen solunsalpaajahoidon ja sädehoidon yhdistelmähoitoon eli kemosädehoitoon. (Hawkins-Daarud ym. 2020; Pasanen 2022.)

Kontrastiaineella tehostettua magneettikuvantamista on pidetty informatiivisimpana tapana selvittää aivojen metastaasien kokoa, lukumäärää ja sijaintia. Aivojen etäpesäkkeitä voidaan hoitaa kirurgisesti, sädehoidolla tai stereotaktisella sädehoidolla. Stereotaktinen sädehoito eli SRT on sädehoidon muoto, jossa hoito kohdistetaan haluttuun kohteeseen millimetrin tarkkuudella ja kolmiulotteisesti.

Hoitokertoja on yleensä 3–5. Kun stereotaktinen sädehoito toteutetaan yhdellä hoitokerralla, puhutaan Stereotactic Radiation Surgery:stä eli SRS:stä. SRS on suositeltava vaihtoehto hyväkuntoisille potilaille, joilla on maksimissaan 5 kappaletta alle 30 mm läpimitaltaan olevia metastaaseja. (Anzalone ym. 2013; Docrates n.d.)

3 MAGNEETTIVANTAMINEN JA KUVANMUODOSTUS

Magneettikuvantamisessa (magnetic resonance imaging) ei käytetä ionisoivaa säteilyä, joten se ei aiheuta säteilyaltistusta. Magneettikuvauslaite koostuu päämagneettista, joka on aina päällä, RF-pulssin lähettimestä ja vastaanottimesta, gradienttikeloista, tietokonejärjestelmästä sekä jäähdytysjärjestelmästä. Kuvantamismenetelmällä saadaan tarkkoja leikekuvia. Ihmiskehosta noin 80 % on veden ja rasvojen protoneja. Kuvantamismenetelmässä tarkastellaan elimistön vety-ytimien eli protonien käyttäytymistä ulkoisessa magneettikentässä. Atomin ytimessä olevilla neutroneilla ja protoneilla on magneettinen dipolimomentti eli spin. Kun protonit ja neutronit pyörivät akselinsa ympäri, spinit muodostavat ympärilleen magneettikentän. Magneettikenttää ei havaita ytimissä, joissa on parillinen määrä neutroneja ja protoneja. Parittomilla ytimillä sen sijaan on nettomagnetisaatio. Kudosten protonien magnetisaatiot osoittavat normaalitilassa satunnaisesti kaikkiin suuntiin. Ulkoisen magnetisaation vaikutuksesta protonit suuntautuvat joko magneettikentän suuntaiseksi tai vastakkaisuuntaiseksi. (Hamberg & Aronen 1992; Hidalgo-Tobon 2010; Sequeiros & Lundbom 2017; Lammentausta 2017; STUK 2019.)

Kun oman akselinsa ympäri pyörivät protonit joutuvat ulkoiseen magneettikenttään, ne alkavat prekessoida ulkoisen vääntömomentin ympäri. Pyörimisliikkeen takia ytimet absorboivat eli sitovat itseensä energiaa, jonka taajuus on sama kuin pyörimistaajuus. Tämän prekessioliikkeen taajuuden, eli larmortaajuuden, määrittää ulkoisen magneettikentän voimakkuus. Mitä voimakkaampi ulkoinen magneettikenttä on, sitä voimakkaampi larmortaajuus on. Larmortaajuus määrää myös virityspulssin taajuuden, jolle vastaanotinkelat on viritettävä. (Hamberg & Aronen 1992; Lammentausta 2017.)

Magneettinen resonanssi muodostuu, kun kohteeseen viedään radiotaajuista (RF) sähkömagneettista energiaa, jonka taajuus on sama kuin protonien larmortaajuus. Resonanssissa protonit liikkuvat alhaisesta energiatilasta korkeammalle. RF-virityspulssi aiheuttaa yksittäisten spinien vaiheistumisen ja vääntömomentin, joka siirtää nettomagnetisaation pois tasapainotilasta. (Hamberg & Aronen 1992.) RF-pulssin päätyttyä systeemi pyrkii palautumaan perustilaansa. Ytimet siirtyvät

suuremmasta energiatilasta takaisin pienempään, ja systeemistä poistuva energia vapauttaa sähkömagneettista säteilyä, jonka taajuus on sama kuin ytimien pyörimistaajuus. Tätä kutsutaan relaksaatioksi. Sähkömagneettinen säteily voidaan havaita kelalla. Kelassa kulkee vaihtovirta, joka aiheuttaa sähkömagneettista säteilyä. Samassa kelassa myös sähkömagneettinen säteily aiheuttaa vaihtovirran, jolloin samaa kelaa voidaan käyttää virittämiseen sekä signaalin vastaanottamiseen. (Lammentausta 2017.)

Relaksaatio voidaan jakaa kahteen osatekijään. T1-painoitteisessa kuvauksessa saadaan tietoa kudoksen kiinteästä komponentista, eli makromolekyyleistä. T2-painoitteisessa kuvauksessa saadaan tietoa kudosturvotuksesta ja tulehduksesta, sillä kuvasarja on nesteherkkä. On mahdollista nollata rasvan ja veden signaali hyödyntämällä niiden erilaisia resonanssitaajuuksia, tällöin puhutaan spinien saturaatiosta tai Dixon-tekniikasta. Menetelmiä voidaan hyödyntää kuvan kontrastin parantamisessa tai erottamaan tietyissä kuvasarjoissa rasvan tavoin käyttäytyvät kudokset rasvasta. (Hamberg & Aronen 1992, Sequeiros & Lundbom 2017.)

Kuvanmuodostamiseen tarvitaan signaaleiden paikkainformaatio. Paikkainformaation tunnistamiseen käytetään gradienttikenttiä. Gradienttikentät ovat voimakkuudeltaan pienempiä kuin ulkoinen magneettikenttä. Gradienttikenttien voimakkuus kasvaa kuvausalueen valitussa suunnassa. Gradienttikentillä on kyky muuttaa ytimien pyörimisen taajuutta, ja niitä käytetään signaalin paikkakoodauksessa. Paikkakoodauksessa gradienttikenttä kytketään päälle signaalin keräämisen ajaksi. Gradienttikenttien ollessa päällä ytimet pyörivät eri kohdissa ja eri nopeuksilla kentässä. Kun gradienttikenttä otetaan pois, kaikki ytimet pyörivät samalla taajuudella, mutta eri kohdissa kenttää. Kuvanmuodostusta varten tehdään useampi vaihekoodaus, jossa signaali kerätään useamman kerran samasta paikasta käyttäen eri vaihekoodausgradientteja. Kerätyssä signaalissa on eritaajuisia ja eri vaiheessa olevia komponentteja. Tietokone kerää signaalit k-avaruuteen, josta kuva muodostuu matemaattisella integraalimuunnoksella. (Lammentausta 2017.)

Magneettikuvantamisen etu tietokonetomografiaan nähden on sen ylivertainen pehmytkudoskontrasti. Magneettikuvaus on nykyään tietokonetomografian

ohella tärkein lääketieteellisen kuvantamisen muoto, ja sen käyttö yleistyy koko ajan. Etenkin lasten ja nuorten kuvantamisessa magneettitutkimusta kannattaa suosia sen säteilyturvallisuuden vuoksi. Magneetikuvauksen rajoittavina tekijöinä voi pitää tutkimuksen pitkää kestoja, kalleutta ja turvallisuuden vuoksi tehtäviä erityisjärjestelyitä. (Sequeiros & Lundbom 2017.) Päämagneetikenttä vetää voimakkaasti puoleensa ferromagneettisia esineitä, turvallisuussyistä on varmistettava, ettei tällaisia esineitä joudu kuvaushuoneeseen (Steffen 2016).

4 GADOLINIUMPOHJAINEN KONTRASTIAINE JA SEN KÄYTTÖ

4.1 Gadolinium ja sen ominaisuudet kontrastiaineena

Gadolinium on maametalleihin kuuluva alkuaine, jonka kemiallinen merkki on Gd. Gadolinium on sellaisenaan myrkyllinen aine, joten turvallista käyttöä varten se pitää sitoa suojakuoreen, joita ovat erilaiset kelaatit. Kelaattiin sidottu gadolinium käyttäytyy farmakokineettisesti röntgenkontrastiaineiden tapaan. Gadoliniumilla on paramagneettisia ominaisuuksia, joiden takia se sopii erityisen hyvin käytettäväksi magneettikuvauksen kontrastiaineena. Paramagneettisella aineella tarkoitetaan sellaista ainetta, joka on heikosti magneettinen. Magneettisuus tulee ilmi, kun aine viedään ulkoiseen magneettikenttään ja atomin protonit järjestäytyvät uudelleen. Gadolinium ei itse näy kuvassa, vaan vaikuttaa voimakkaasti lähistönsä vesimolekyyleihin, jonka seurauksena T1-relaksaatioajat lyhenevät, ja vaikuttaa tällä tavoin kuvan muodostukseen. Kudokset, joihin gadolinium kertyy, näyttävät kirkkaalta T1 painotteisissa kuvasarjoissa. (Lehto, Havukainen, Maa-lampi & Leskinen 2014, 21–22; Wilder 2014; Schmidt & Payne 2015; Aronen, Niemi & Dean 2017, 465–466.)

Magneettitutkimuksissa käytetään kontrastiainetta kolmasosassa tutkimuksista. Suomessa käytettävät kontrastiaineet ovat kaikki gadoliniumpohjaisia. (Parviai-nen, Ovissi & Helanterä 2018.) Tämän opinnäytetyön yhteistyökumppanilla on käytössä kontrastiaineena kauppanimeltään Dotarem 279,3 mg/ml (Leskenmaa & Hyyppä 2022). Dotaremin vaikuttava aine on gadoteerihappo, joka on gadoli-niumpitoinen kontrastiaine (Hoitotyön Pharmaca Fennica 2019; Duodecim ter-veysportti sanakirjat n.d.). Kontrastiaine parantaa kontrastia muun muassa aivo-kasvaimien, selkäytimen, selkärangan ja rankaa ympäröivien kudosten kas-vaimien, lantionalueen ja rintakasvaimien magneettikuvauksissa. Kontrastiai-netta tulisi käyttää ainoastaan, kun magneettikuvauksella ei muuten saada tar-peeksi kontrastia. Viime aikoina on huomattu, että gadolinium saattaa kertyä ai-vokudokseen. (Garcia, Liu & Louie 2017; Hoitotyön Pharmaca Fennica 2019.)

Gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen annostus on pieni verrattuna jodipohjaisiin varjoaineisiin. Kontrastiaineen annostus on yleisesti 0,1 mmol/kg tai 0,2 ml/kg.

(Aronen, Niemi & Dean 2017, 466; Parviainen, Ovissi & Helanterä 2018; Heit ym. 2021.) Tämän opinnäytetyön yhteistyökumppanilla on kontrastiaineen käytölle määrätty maksimiannos, joka on 15 ml. Kun yhteistyökumppanilla aloitettiin tekemään annossuunnittelu magneettikuvauksia kontrastiaine tehosteisesti, he konsultoivat sekä Turun sädehoitoyksikön, että radiologian puolella työskenteleviä röntgenhoitajia maksimiannostuksesta. (Leskenmaa & Hyypä 2022.)

Kontrastiainetta ei tulisi käyttää raskaana olevilla, sillä ei ole paljoa tutkittua tietoa, kuinka kontrastiaine vaikuttaa sikiöön. Joissakin yksittäisissä tapauksissa on kuitenkin välttämätöntä käyttää raskaana olevilla kontrastiainetta. Tällöin kontrastiainetta voidaan antaa tapauskohtaisen arvioinnin jälkeen pieninä annoksina, paitsi jos raskaana olevalla on munuaisvaurio. (Parviainen, Ovissi & Helanterä 2018; ESUR 2018; Gui ym. 2020.) Sen sijaan imettäville voidaan antaa gadolinium pohjaista kontrastiainetta, sillä erittyminen maitoon kestää vain vuorokauden, ja erittyminen on erittäin pienimääräistä (Haapio, Lehtimäki, Lantto & Nikupaa 2019).

4.2 Haittavaikutukset ja niiden hoito

4.2.1 Yliherkkyysoireet

Gadoliniumpohjaisesta kontrastiaineesta aiheutuvat haittavaikutukset ovat suurimmilta osiltaan lieviä ja harvinaisia (Aronen ym. 2017). Yliherkkyysoireet voivat olla allergisia tai ei-allergisia (Hoitotyön Pharmacia Fennica 2019). Allergiset reaktiot voidaan karkeasti jakaa välittömään ja viivästyneeseen reaktioon. Välittömän allergian oireita ovat muun muassa ihottuma ja anafylaktinen shokki. Välittömän allergian oireet ilmaantuvat nopeasti altistumisen jälkeen, yleensä minuuteissa. Joskus oireet voivat ilmaantua vasta tunnin kuluttua. Viivästyneen allergisen reaktion oireena on erilaiset iho-oireet. (Lönnrot 2021.) Jos potilas on saanut kontrastiaineesta yliherkkyysoireita, olisi suositeltavaa käydä allergiatestissä ennen seuraavaa kuvausta. Ennen uuden kontrastiaineen saantia, potilaan olisi hyvä saada esilääkitys, vaikka esilääkitys ei estä uutta yliherkkyysoireita. Esilääkkeenä toimii antihistamiini ja kortikosteroidi. (Salava, Kauppi & Liippo 2020.)

Anafylaktisen shokin hoitona on adrenaliinin anto lihakseen. Hoitoon voidaan käyttää joko adrenaliiniliuosta tai adrenaliinikynää. (Terveystieteiden tutkimuskeskus 2021b.) Anafylaktisen shokin hoito on aloitettava välittömästi, jotta lopputulos olisi paras mahdollinen. Ensimmäiseksi on tärkeää lopettaa kontrastiaineen anto. Tämän jälkeen hälytetään paikalle lisääpua, ja turvataan potilaan peruselintoinnot. Potilaalle annetaan välittömästi adrenaliinia. (Takala 2020.) Lievemmän allergisen reaktion hoitona voidaan käyttää nopeavaikuttavia antihistamiineja (Harvima & Ackermann 2020).

European Society of Urogenital Radiology eli ESUR (2018) antaa oppaassaan ohjeeksi valmistautua allergisiin reaktioihin. ESUR:n (2018) mukaan tutkimus- huoneessa tulisi olla valmiina esimerkiksi antihistamiinia ja adrenaliinia. Lisäksi osastolla tulee olla saatavilla elvytyskärry sekä sairaalan elvytystiimin puhelinnumero. Potilasta tulee valvoa vähintään 30 minuuttia sairaalassa kontrastiaineen annon jälkeen. (ESUR 2018.)

4.2.2 Nefrogeeninen systeeminen fibroosi

Nefrogeeninen systeeminen fibroosi (NSF) on hengenvaarallinen, mutta harvinaisen sairaus, jonka gadoliniumpohjaiset kontrastiaineet voivat aiheuttaa. Suomessa raportoitu yksi tapaus. Lisäksi tautiin ei ole olemassa parantavaa hoitoa. NSF:n riski on suuri munuaisten vajaatoimintaa sairastavilla. Lisäksi NSF:n riski kasvaa, kun potilas on nuori iältään, käytetään suuria annoksia kontrastiatinaa, potilaalla on tulehduksellinen tila, korkea fosfaattipitoisuus veressä eli hyperfosfatemia tai dialyysipotilas jättää dialyysin tekemättä kontrastiaineen saannin jälkeen. NSF:n oireet voivat ilmentyä vasta viikkojen tai kuukausien jälkeen siitä, kun kontrastiatinaa on annettu. (Aronen ym. 2017, 467; Parviainen, Ovissi & Helanterä 2018; Haapio 2020.)

Oireet voidaan jakaa varhaisiin ja myöhäisiin oireisiin. Varhaisia oireita ovat kipu, kutina ja turvotus ja ihon punoitus, joka yleensä alkaa jaloista, ja myöhäisempiä muutoksia ovat ihon ja ihonalaiskudoksen paksuuntuminen ja kovettuminen sekä pitkäkestoiset lihassupistukset raajoissa. Lisäksi joillakin potilailla sairaudessa on

muodostunut sidekudosta keuhkoihin, sydämeen, lihaksiin ja palleaan. Vakavat myöhäisvaikutukset voivat johtaa kuolemaan. NSF:n riski liittyy erityisesti vanhempiin lineaarisiin gadoliniumyhdisteisiin, ja niiden suuriin annoksiin. NSF:n riskiä voidaan pienentää käyttämällä rakenteeltaan makromolekyylisiä eli suuren molekyyli­massan omaavia gadoliniumyhdisteitä sekä tutkimalla potilaan kreatiniiniarvo. (Hartman, Jeskanen & Airola 2008; Kribben ym. 2009; Aronen ym. 2017, 467; Endrikat ym. 2018; ESUR 2018; Haapio 2020.)

4.2.3 Kontrastiaineen annostelun yhteydessä tapahtuva ekstravasaatio

Suoneen laitettavan kontrastiaineen annon haittavaikutuksena on ekstravasaation mahdollisuus (lordache ym. 2019). Ekstravasaatio tarkoittaa nesteen purkautumista verisuonen ulkopuolelle (Lääketieteen termit n.d.). Ekstravasaation aiheuttamat haitat ovat yleensä vähäisiä, ja paranevat itsestään 2–4 päivän aikana. Tyypillisimpiä haittoja ovat turvotus ja punoitus. Vakavimmat haitat ovat ödeema, ihon kuolio tai ihon haavautuminen. (Abujudeh, Aran, Shaqdan, & Thrall 2014, 1264–1272; Nicola ym. 2015, 161–164.)

Magneettikuvantamisessa käytettäviin kontrastiaineisiin liittyy vähäisempi riski ekstravasaatiolle kuin tietokonetomografiassa käytettäviin jodivarjoaineisiin. Tämä johtuu siitä, että gadoliniumia annetaan verrattain pieni määrä ja usein käsin ruiskuttaen. Kontrastiaineinjektorin käyttö lisää ekstravasaation riskiä. Lisäksi injektointi alaraajaan tai pieniin ja distaalsiin suoniin nostaa ekstravasaation riskiä, ja siksi onkin suositeltavaa injektoida kontrastiaine kyynärtaipeeseen. Ekstravasaation riski on suurempi potilailla, joilla on huono yhteistyökyky kuten esimerkiksi lapset ja vanhukset, koska he eivät välttämättä osaa kertoa kivusta. Lisäksi potilailla, joilla on verenkierron häiriöitä, heikot tai vaurioituneet verisuonet, joka voi olla seurausta esimerkiksi kemoterapiasta, on suurentunut riski ekstravasaatioon. (Abujudeh, Aran, Shaqdan, & Thrall 2014, 1264–1272; Nicola ym. 2015, 161–164.)

Tutkimus ja ruiskutus tulee keskeyttää välittömästi, mikäli potilas kertoo kivusta tai muusta äkillisestä oireesta tai hoitaja itse huomaa ekstravasaation. Ekstravasaation tapahtuessa on vaikea arvioida aiheutuvien vammojen kulkua, ja tämän takia tulee potilaan pysyä osastolla, jotta vammojen etenemistä voidaan seurata. Lisäksi hoitaja konsultoi lääkäriä ja arvioi suoneen ja ekstravasatoituneen kontrastiaineen määrän samalla arvioidaan mahdollisen turvotuksen määrää, kivun tunnetta ja muutoksia iholla. Kanyyli tulee poistaa välittömästi. Lievän ekstravasaation hoidossa raaja kohotetaan, ja laitetaan kylmäpakkaus ekstravasatoituneen ihon kohdalle. Potilasta tulee seurata koko ajan. Kun oireet ovat helpottaneet potilas voidaan kotiuttaa. Jos oireet eivät helpotu, ja oireet pahenevat, tulisi konsultoida kirurgia mahdollisesta toimenpiteestä. (Abujudeh, Aran, Shaqdan, & Thrall 2014, 1264–1272; Nicola ym. 2015, 161–164.)

Sekä asian dokumentointi että potilaan ohjeistaminen ovat tärkeitä asioita ekstravasaation hoidossa. Potilaasta tulisi kirjata ekstravasatoituneen aineen määrä, pitoisuus, oireet sekä ekstravasaation paikka. Lisäksi kirjauksen tulisi sisältää perusteellinen kuvaus toimenpiteestä, jossa ekstravasaatio tapahtui sekä tiedot lääkärin konsultoinnista. Potilaalle tulee antaa sekä kirjallinen että suullinen ohjeistus, milloin tulee hakeutua välittömästi lääkäriin sekä kertoa minkälaiset oireet vaativat lääkärin tarkastuksen. Jos potilas pääsee samana päivänä kotiin kuin ekstravasaatio on tapahtunut, tulee potilasta ohjeistaa ottamaan yhteyttä lääkäriin 1–2 päivän kuluessa. Jos potilas on sairaalahoidossa, tulee osastoa informoida oireista, seurannasta ja oireiden hoidosta. (Nicola ym. 2015, 161–164.)

4.3 Esivalmistelut

Toisin kuin jodivarjoaineilla, käytettäessä gadoliniumpohjaisia kontrastiaineita diabetestä sairastavalla, ei erityisiä varotoimia tarvita metformiinilääkityksen suhteen, sillä riski saada munuaisvaurio on hyvin pieni (ESUR 2018). Potilaan veri-koetuloksista tulisi tarkistaa kreatiiniarvo. Kreatiiniarvosta voidaan laskea GFR eli glomerulussuodatusnopeus. GFR kuvaa hiussuonikerästen alkuvirtsan suodatusnopeutta munuaisissa. Kontrastiainetta ei tulisi antaa potilaille, joiden GFR on alle 30 ml/min/1,73 m², sillä heidän riskinsä sairastua nefrogeeniseen systeemiseen fibroosiin on reilusti suurempi. Jos potilaan GFR on normaali, kahden

kontrastiaineinjektion välillä tulee olla neljä tuntia. Mikäli GFR on matala tai potilas käy dialyysissa, tulisi injektioiden välillä olla seitsemän päivää. (ESUR 2018; Haapio 2020; Tunturi 2021.) Dialyysihoitoa saavien potilaiden olisi suositeltavaa käydä dialyysissa kontrastiaineen saannin jälkeen. Lisäksi dialyysista tulisi keskustella lääkärin kanssa. (ESUR 2018.)

Makromolekyylistä kontrastiainetta voidaan antaa mahdollisimman pienenä annoksena raskaana olevalle, jos indikaatio kontrastiaineen käytölle on todella vahva. Tämänhetkisen tiedon mukaan raskaana olevilla ilmenevät haittavaikutukset ovat samoja kuin muulla väestöllä. Gadoliniumin ei ole todettu erittyvän juurikaan äidin maitoon, joten imettämistä voi jatkaa kontrastiainetta saatuaan. Jos odottavalla tai imettävällä äidillä on munuaisvaurio, ei kontrastiainetta tule antaa. (ESUR 2018; Gatta ym. 2021.)

4.4 Kanylointi

Kanyloinnilla tarkoitetaan johtoputken eli kanyylin asettamista suoneen (Duodecim terveystieteen sanakirjat n.d.). Kanylointi on helpoin tapa avata suonyhteys esimerkiksi lääkehoitoa tai nesteytystä varten. Kanyylin asettamista varten onton muoviputken sisällä on neula. Yleensä kanylointi tapahtuu laskimoon, mutta valtimoitakin voidaan kanyloida. Valtimoita kanyloidaan kuitenkin vain näytteenoton ja verenpaineen jatkuvaa mittaamista varten. Yleisin paikka asettaa kanyyli on kyynärtaive ja kämmenselkä. (Terveyskylä 2017; Hiekkänen & Rimpiläinen 2020; Huttunen & Niemi-Murola 2021a.)

Aikuisille käytettävien kanyyliä yleisimmät koot ovat 22–24 G (gauge). Mitä suurempi virtausnopeus on, sitä suurempi kanyyli tarvitaan. Kanyylin kokoa valittaessa tulee huomioida se, ettei kanyyli saa tukkia koko suonta. Suositeltavin kanyyli nestehoitoon ja lääkkeen antoon on vaaleanpunainen kanyyli (20 G), mutta myös sininen (22 G) on sopiva varsinkin huonosuonisimmilla potilailla. (Annala 2020; Huttunen & Niemi-Murola 2021b.) Yhteistyökumppanilla yleensä käytetään sinistä kanyyliä (22 G), kun kontrastiaine annetaan käsin ruiskuttamalla. Joissakin tapauksissa käytetään myös punaista 20 G kanyyliä. Kontrastiaineinjektoria käyttäessä tullaan todennäköisesti suosimaan vaaleanpunaista kanyyliä, koska

ruiskutusnopeus ja paine ovat suurempia. (Leskenmaa & Hyyppä 2022.) Kanyyleita on erilaisia, ja kanyloitavan on tunnettava käyttämänsä kanyyli, sillä ominaisuudet vaikuttavat kanyylin asentamiseen. Erilaisia kanyyleita ovat muun muassa takaiskuventtiilin omaavat kanyylit, joissa venttiili estää veren vuodon kanyylistä. Lisäksi on kanyyleita, joissa on lääkkeenantokorkki. (Annila 2020; Huttunen & Niemi-Murola 2021b.) Työturvallisuuden kannalta olisi hyvä käyttää turvakanyyleja. Turvakanyylyssä neulan päähän tulee holkki, joka estää pistovaaran, kun neulaa vetää kanyylistä ulos. (Annila 2020.)

Kanyloinnin alussa tulee potilaalle kertoa, mitä hänelle ollaan tekemässä sekä kerätä tarvittavat välineet valmiiksi. Kanyloitaessa tulee käyttää suojakäsineitä. Lisäksi kaikki pakkaukset tulee avata ennen toimenpiteen aloittamista, sillä kanyylistä ei pitäisi irrottaa otetta kesken kaiken. Jos potilas on levoton, tarvitaan kanylointiin avustaja. (Huttunen & Niemi-Murola 2021b.)

Pistokohtaa valittaessa tulee ottaa huomioon käytettävät suonet ja niiden koko, tilanteen kiireellisyys, potilaan toiveet ja mahdolliset esteet kanyloinnille, esimerkiksi fisteli kädessä. Fistelikäteen ei saa laittaa kanyyliä tai verenpainemittaria. Lapsipotilaille voidaan laittaa lidokaiini-prilokaiinia sisältävä puudutusvoidetta (kauppanimi EMLA) pistokohdan päälle vaikuttamaan ennen kanylointia. (Lääketietokeskus 2018; Annila 2020; Huttunen & Niemi-Murola 2021b; Tertti 2022; Muonais- ja maksaliitto n.d.)

Kyynärtaipeesta löytyy usein helposti kanyloitava laskimo, mutta nivelien ylime-neviä kanyyleita tulisi välttää, koska ne voivat olla asennosta riippuvaisia ja potilaalle epämiellyttäviä. Kanylointi aloitetaan tutkimalla potilaan suonia. Sopivan suonon löytyessä potilaan käsivarteen laitetaan puristusside, eli staassi. Iho pestään suunnitellusta pistokohdasta. Puhdistettuun kohtaan iholla tai kanyyliin, joka on otettu pois pakkauksesta, ei saa koskea. Pistokohdan alapuolelta ihoa venyttämällä, saadaan iho pysymään paikoillaan. Ihoa pistetään pienessä kulmassa. Kun kanyyli on suonessa, oikaistaan neula. Tämän jälkeen neulan kärkeä vedetään taaksepäin, jotta se ei puhkaise suonia, ja kanyyli työnnetään suoneen kantansa myöden. Kun kanyyli on paikoillaan, avataan potilaan kädessä oleva staassi. Kanyyli teipataan paikoilleen. Kun kanyyli on paikoillaan, voidaan sen toimintaa testata esimerkiksi keittosuolaliuoksella. Jos testiruiskutuksessa potilas

valittaa kipua tai kanyylin kärjen kohtaan nousee paukama, ei kanyyli ole suoneissa. (Huttunen & Niemi-Murola 2021b.)

Jos kanyylin laitto ei onnistu ensimmäisellä pistokerralla, ja suonta ei ole puhkaistu, voidaan kanylointia kokeilla läheltä pistopaikkaa uudelleen. Jos suoneen on tullut vaurio, tulee kanylointia yrittää toisesta suonesta tai jos vaihtoehtoja ei ole niin samaa suonta voi kanyloida, mutta tällöin pistopaikan tulee olla selvästi edellistä pistopaikkaa ylempänä. Jos kanyloitaessa puhkaisee vahingossa valtimon, tulee pistokohtaan asettaa painesidos. Valtimosta tulevan veren erottaa sillä, että se on väriltään kirkasta, ja vuotaa runsaasti sykkien. (Huttunen & Niemi-Murola 2021b.)

Kanyyli tulee poistaa heti kun se on tarpeeton, sillä se aiheuttaa infektioriskin. Lisäksi kanyyli tulee poistaa, mikäli se on liukunut ulos suonesta tai näyttää infektion merkkejä, joita ovat esimerkiksi punoitus, turvotus ja erityis. Kanyyli poistetaan suojakäsineitä käyttäen. Ennen suojakäsineiden pukemista tulee desinfioida kädet. Kanyylin poistoon tarvitaan sideharsoa ja teippiä. Aloita kanyylin poisto poistamalla varovasti kanyylin kiinnitysteippaukset. Avaa sideharsoa, ja vedä kanyyli pois. Tämän jälkeen paina pistokohtaa pari minuuttia sideharsolla. Painamisella koitetaan välttää hematooman syntymistä pistokohtaan. Kun pistokohta ei enää vuoda, voidaan sideharso teipata pistokohdan päälle. (Phillips, Collins & Dougherty 2011, 171; Terveyskylä 2017.)

4.5 Kontrastiaineinjektorin käyttö

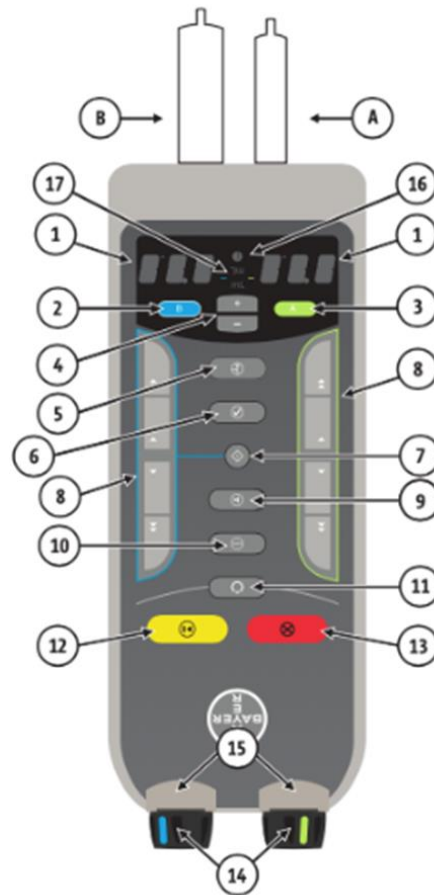
Kontrastiaineinjektorilla saadaan aikaiseksi tasainen ruiskutus kontrastiainetta ja keittosuolaliuosta. Toistettavissa oleva kontrastiaineruiskutus on tärkeä osa dynaamisen (DCE) kuvasarjan onnistumista. Dynaamista kuvasarjaa käytetään esimerkiksi eturauhaskasvaimen mikrovaskulaarisuuden tutkimiseksi. Tällaisessa tilanteessa manuaalinen ruiskutus ei ole yhtä tarkka ja optimaalinen kuin kontrastiaineinjektorilla suoritettu ruiskutus. (Barbati ym 2018.) Kontrastiaineinjektorin toiminta perustuu Poiseullen lakiin, joka kertoo virtauksen virtausnopeuden ja nesteen viskositeetin, putken päissä olevan paine-eron, sekä putken pituuden ja säteen välisen suhteen. Yksikkö on psi. Kontrastiaineinjektorin sisältää injektorin

pään johon ruiskut yhdistetään, männät, jotka työntävät kontrastiaineen ruiskusta, ja letkuston, joka yhdistää ruiskun potilaan verenkiertojärjestelmään. (Indrajit ym. 2015.)

MEDRAD® MRXperion on mäntäpohjainen kontrastiaineinjektorin, joka ruiskuttaa sekä kontrastiainetta että keittosuolaliuosta. Siihen voi ohjelmoida erilaisia protokollia, jotka määrittelevät ruiskutusnopeuden, kontrastiaineen määrän ja ajankohdan. Injektoripään Prime painikkeesta aktivoidaan automaattinen potilasletkuston täyttö. Ennen kuin ruiskutus voidaan aloittaa, tulee käyttäjän varmistua, ettei letkustossa ole ilmaa, ja vahvistaa tämä painamalla Tarkista ilma -kuvaketta. (Bayer 2019, 17.)

MEDRAD® MRXperion kontrastiaineinjektorissa on mahdollisuus käyttää KVO eli keep vein open -toimintoa, joka tiputtaa keittosuolaliuosta matalalla ruiskutusnopeudella letkustoon ja tätä kautta potilaan suoneen. KVO-toimintoa voidaan hyödyntää ennen kontrastiaineen ruiskutusta, ruiskutusten välillä tai ruiskutuksen jälkeen. Protokollaan on mahdollista ohjelmoida myös testi-injektio ennen kontrastiaineen ruiskutusta. Testi-injektio varmistaa suoniytteen ruiskuttamalla keittosuolaliuosta letkustoon. (Bayer 2019, 17.)

Näyttöpäätteeltä valitaan protokolla, jonka mukaisesti määräytyy ruiskutusnopeus, kontrastiaineen määrä ja ruiskutuksen ajoitus (Bayer 2019, 17). Näyttöpäätteeltä voi seurata letkuston hydrostaattista painetta, johon vaikuttaa virtausnopeus, nesteen viskositeetti ja lämpötila, liitetty mäntä ja letkusto sekä kanyylin tyyppi ja koko (Bayer 2019, 18). Järjestelmään on ohjelmoitu paineraja, joka on 325 psi. Mikäli paineraja on ylittymässä, järjestelmä automaattisesti laskee virtausnopeutta. Järjestelmä myös ilmoittaa mahdollisesta tukoksesta, jos virtausnopeus on alle 10 % ohjelmoidusta. Programmin mode tilassa on mahdollista syöttää kaksi eri ruiskutusparametria, jolloin järjestelmä automaattisesti laskee kolmannen parametrin. (Bayer 2019, 19.)



1. Kertoo nesteen määrän.
2. B nappi. Tuplapainalluksella täyttää keittosuolaruiskun täyteen injektiopään ollessa ylöspäin.
3. A nappi. Tuplapainalluksella täyttää kontrastaineruiskun täyteen injektiopään ollessa ylöspäin.
4. +/- napit. Säättävät ruiskussa olevan aineen määrää.
5. Prime (letkuntäyttö). Aktivoi automaattisen esitäytyön.
6. Tarkista ilma -kuvake. Kuvakkeessa palava valo tarkoittaa, että letkusto on ilmattu.
7. Aktivoi männän säätimien painikkeet.
8. Männän täyttö- ja tyhjennyssäätimet.
9. Aktivoi testi-injektion.
10. Aktivoi KVO-toiminnon.
11. Painettaessa virittää systeemin. Ruiskujen tulee osoittaa alaspäin, ja ilmantarkistus täytyy olla vahvistettu, jotta tätä toimintoa voi hyödyntää.
12. Painettaessa aloittaa injektion. Injektio voidaan keskeyttää painamalla.
13. Painettaessa lopettaa injektion.
14. Manuaalisesti pyörittämällä voidaan täyttää tai tyhjentää männät.
15. Kertoo injektion statuksen.
16. Varoittaa mahdollisesta häiriöstä palaessaan.
17. Kertoo aineen määrän.

KUVA 1. Kontrastiaineinjektori (Bayer 2019, 29, muokattu)

5 TOIMINNALLISEN OPINNÄYTETYÖN PROSESSI

5.1 Toiminnallisen opinnäytetyön menetelmä

Opinnäytetyö on osa ammattikorkeakouluopiskelijan itsenäistä opintosuoritusta. Opinnäytetyö voidaan toteuttaa joko tutkimuksellisenä tai toiminnallisena opinnäytetyönä. (Tampereen ammattikorkeakouluyhteisö 2022.) Tämä opinnäytetyö toteutettiin toiminnallisena, ja sen tuotoksena tehtiin ohje yhteistyökumppanille. Opinnäytetyön tulisi osoittaa kirjoittajan riittävät tiedot ja taidot alalla riittävällä tasolla sekä olla toteutettu tutkimuksellisella asenteella ja käytännönläheisesti. Opinnäytetyön tavoitteena on ohjata tekijäänsä yhdistämään ammatillisuus ja ammatillinen teoria sekä järjestelmällisen ja pitkäjänteisen prosessin läpivieminen. Lisäksi opinnäytetyön avulla opiskelija pystyy näyttämään parhaimman osaamisensa. Toiminnallisen opinnäytetyön tavoitteena käytännössä on erilaisen toimintojen ohjeistaminen, opastaminen, toiminnan järjeistämisen ja järjestäminen. Toiminnallisessa opinnäytetyössä tärkeää on yhdistää käytännön toteutus ja raportointi. (Vilkka & Airaksinen 2003, 9–10, 24.) Toiminnallinen opinnäytetyö sopii opiskelijoille, jotka pitävät projektimuotoisesta työskentelystä (Alahuhta, Pääatalo, Saastamoinen, Ypyä 2018).

Ensimmäinen vaihe toiminnallisessa opinnäytetyöprosessissa on aiheen ideointi. Aiheen valinnassa tärkeää on se, että aihe kiinnostaa opinnäytetyöntekijää, jolloin aihe motivoi tekijää. Aiheen tulisi olla sellainen, jossa opiskelija on valmis lisäämään tietojansa ja taitojaan. (Vilkka & Airaksinen 2003, 23–24.) Aiheen valinnan jälkeen laaditaan opinnäytetyösuunnitelma. Suunnitelman kirjoittaminen on tärkeää, sillä sen huolellinen tekeminen helpottaa myöhempiä opinnäytetyöprosessin vaiheita (Alahuhta ym. 2018.)

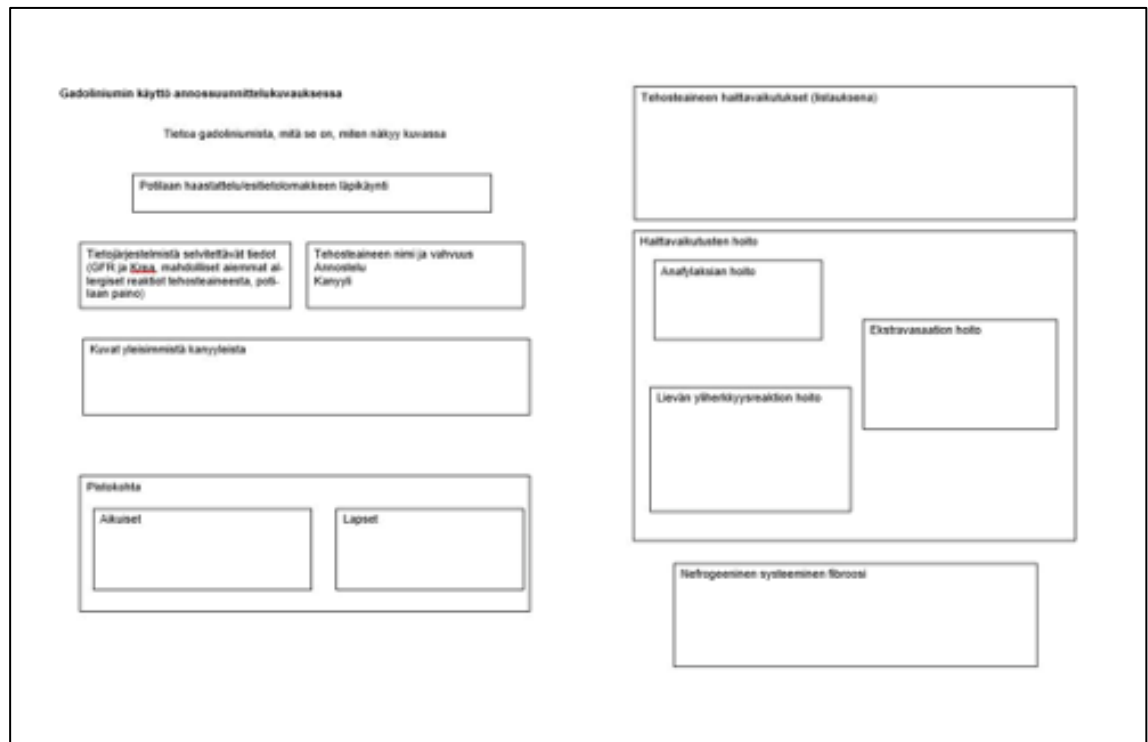
Toiminnallisen opinnäytetyön tuotoksena tulee aina olemaan jokin tuote esimerkiksi ohjeistus tai tietopaketti. Siksi myös raportissa on tärkeää käsitellä tuotoksen saavuttamiseen käytettyjä keinoja. Ohjeistuksen ynnä muiden kohdalla lähdekritiikki on erityisessä asemassa. (Vilkka & Airaksinen 2003, 51.) Tämän opin-

näytetyön tuotoksena kehittyi kuvallinen ohje gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käytöstä. Opinnäytetyön raportissa käsitellään ohjeen suunnittelua sekä toteutusta, että arviointia.

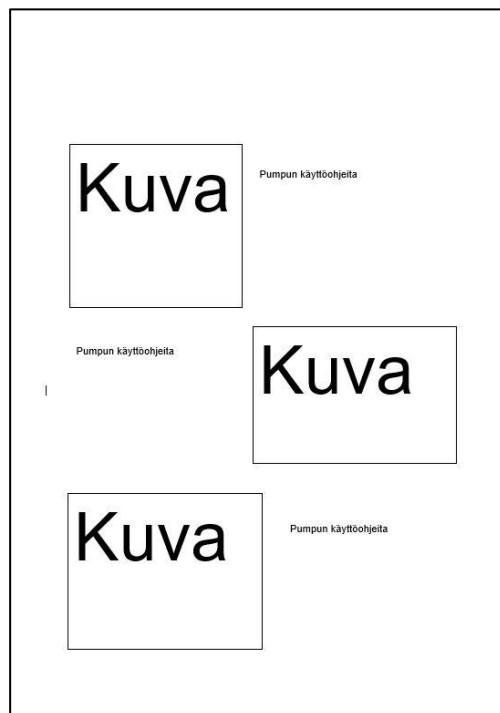
5.2 Ohjeen suunnittelu, toteutus ja arviointi

Työturvallisuuslaki (738/2002) 14§ edellyttää, että työntekijä perehdytetään työhön ja työntekijän opetusta täydennetään tarvittaessa. Aiheseminaarissa tuli jo ilmi, että työssä kaivataan ohjetta. Opinnäytetyön tekijät saivat yhteistyökumppanilta toiveet ohjeen sisällöstä. Heti palaverin jälkeen opinnäytetyön tekijät alkoivat suunnittelemaan, millainen ohje voisi olla. Opinnäytetyön tekijät tiesivät, että yhteistyökumppanille on aiemmin tehty vastaavanlainen ohje jodivarjoaineen käytöstä annossuunnittelutietokonetomografiassa. Opinnäytetyön tekijät päätyivät palaverin jälkeen siihen, että uuden oppaan tulisi olla yhtenäinen yhteistyökumppanin muiden ohjeiden kanssa. Yhteistyökumppani toivoi palaverissa, että ohje sisältäisi tietoa gadoliniumista, gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käytöstä ja sen riskeistä sekä haittavaikutuksista, potilaasta selvitettävät asiat ennen kontrastiaineen antoa sekä ohjeet kontrastiaineen annon jälkeen. Lisäksi toivottiin kuvallista ohjetta, kuinka kontrastiaineinjektori kootaan ja puretaan.

Oppaan ulkomuodosta aloitettiin tekemään syksyllä 2021 suunnitelma yhteistyökumppani omaan kirjallisen ohjeen pohjaan, jotta opinnäytetyön tekijät osasivat opinnäytetyösuunnitelmassa kertoa, kuinka monta sivua ohje tulee maksimissaan sisältämään sekä opinnäytetyön tekijät saivat itse käsitystä siitä, mitä yhdelle sivulle mahtuu sisältöä. Luonnos oppaasta on esitetty kuvissa 2–3. Oppaaseen opinnäytetyön tekijät halusivat kuvia, sillä kuvien avulla pystytään havainnollistamaan kirjoitettua tekstiä (Papunet 2020).



KUVA 2. Suunnitelma oppaan ensimmäisestä ja toisesta sivusta



KUVA 3. Suunnitelma kuvallisesta kokoamisohjeesta

Oppaassa opinnäytetyön tekijät pyrkivät tuomaan asiat esiin selkeässä järjestyksessä ja lukijaystävällisessä muodossa. Hyvässä ohjeessa edetään johdonmukaisesti sekä väliotsikoiden avulla havainnollistetaan ohjeen sisältöä (Sarkkinen 2021). Kirjoittaessa tekstiä, tulisi kiinnittää huomiota tekstin lukijakohderyhmään.

Luettavuuden kannalta olisi hyvä pitää lauseet ja virkkeet lyhyinä ja käskymuodossa, sillä pitkät lauseet ja virkkeet voivat olla raskaita lukijalle. Toisaalta taas pelkästään lyhyet lauseet ja virkkeet saattavat tehdä tekstistä töksähtelevää. (Suomen kotiseutuliitto n.d.) Koska ohje tehtiin yhteistyökumppanin omaan ohjepohjaan, eivät opinnäytetyön tekijät voineet vaikuttaa esimerkiksi tekstien fontteihin tai fonttien kokoon.

Oppaan alussa on tietoa yleisesti gadoliniumista. Tämän jälkeen oppaassa siirytään potilaan ohjaamiseen ja gadolinium-pohjaisen kontrastiaineen annosteluun ja antotapoihin. Kontrastiainetta voidaan antaa joko käsin ruiskuttamalla kanyylin kautta tai kontrastiaineinjektorin avulla kanyylin kautta. Lisäksi ensimmäisellä sivulla on tietoa kanyloinnista. Toisella sivulla on aluksi listattu kontrastiaineen aiheuttamia haittavaikutuksia sekä ohje haittavaikutusten hoitoon. Lisäksi sivulla on mainintaa nefrogeenisestä systeemisestä fibroosista. Oppaan lopussa on kuvitettu ohje kontrastiaineinjektorin kokoamisesta. Valmis ohje liite 1. annettiin yhteistyökumppanille sekä kirjallisena että sähköisessä muodossa. Lisäksi oppaasta voi irrottaa erikseen kontrastiaineinjektorin kokoamisohjeen ja lisätä sen lähelle injektoria esimerkiksi seinälle, jotta työntekijät voivat tarvittaessa katsoa kokoamisohjetta samalla kun he kokoavat injektoria.

Ohje pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeäksi ja ytimekkääksi. Opinnäytetyöntekijät olivat tyytyväisiä lopputuotokseen. Suunnitteluvaiheessa oli jo selvää, että tuote pyritään pitämään yksinkertaisena, ja etenemään loogisessa järjestyksessä. Alussa kerrotaan gadoliniumista, josta siirytään gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen annosteluun. Potilaan haastattelun kautta edetään kanylointiin ja kontrastiaineen aiheuttamiin haittavaikutuksiin sekä niiden hoitoon. Ennen kuvallista kontrastiaineinjektorin kokoamisohjetta kerrotaan vielä nefrogeenisestä systeemisestä fibroosista ja ekstravasaatiosta, jotka ovat kontrastiaineen mahdollisia haittavaikutuksia.

Opinnäytetyöntekijät ovat tyytyväisiä ohjeeseen. Yhteistyökumppanin toiveet pyrittiin toteuttamaan mahdollisimman hyvin. Opinnäytetyöprosessin aikana tekijät pitivät tiiviisti yhteyttä yhteistyökumppaniin. Yhteistyö oli luontevaa. Yhteistyökumppanin edustaja on tarkastanut ja hyväksynyt ohjeen ennen lopullista palauttamista.

6 POHDINTA

6.1 Eettisyys ja luotettavuus

Opinnäytetyön prosessin alkuun tehdään yhteistyösopimus (Tampereen ammattikorkeakoulu 2022). Opinnäytetyöstä tehtiin suunnitelma, joka toimitettiin myös yhteistyökumppanille. Suunnitelman jälkeen yhteistyökumppanilta haettiin opinnäytetyölupaa, jonka jälkeen opinnäytetyön tekijät pystyivät esimerkiksi ottamaan kuvia työhönsä yhteistyökumppanin luona. Opinnäytetyöluvassa sovitaan keskeisistä asioista kuten muun muassa aiheesta, kustannuksista ja niiden korvaamisesta sekä opinnäytetyön tuotoksen julkaisusta osana opinnäytetyön raporttia (Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry 2019).

Opinnäytetyössä tekijät sitoutuvat toteuttamaan työtä niin, että opinnäytetyö on hyvän tieteellisen käytännön mukainen. Ammattikorkeakoulut noudattavat soveltaen Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (TENK) tutkimuseettisiä ohjeita (Tampereen korkeakouluyhteisö 2022.) TENK on tunnustanut rehellisyyden, yleisen huolellisuuden ja tarkkuuden toimintatavoiksi, joita tulee noudattaa työssä, tulosten tallentamisessa, esittämisessä ja arvioinnissa. Lisäksi se antaa etiikan keskeiseksi lähtökohdiksi muun muassa muiden tutkimusten kunnioittamisen, joka osoitetaan viittaamalla tutkimuksiin oikein sekä tarvittavat luvat ja sopimukset tulee hankkia ja sopia. (TENK 2012.) Opinnäytetyöntekijät kirjoittivat yhteistyösopimuksen yhteistyökumppanin kanssa, kun opinnäytetyösuunnitelma valmistui. Suunnitelmassa oli tarkka kuvaus tuotteesta ja sen sisällöstä.

Opiskelijoiden suunnitelmallisuus osoittaa opiskelijoiden hallitsemisen siitä, että he tietävät mitä tekevät. Lisäksi tämä lisää työn luotettavuutta ja todentavuutta. (Vilka 2021, 115, 117.) Yhteistyökumppanin kanssa on sovittu, että lopullinen tuote tullaan julkaisemaan opinnäytetyön liitteissä. Vaikka opinnäytetyön tuote luovutetaan yhteistyökumppanille ja heillä on oikeus päivittää tuotetta, tekijänoikeudet ovat opiskelijoilla. (Vilka & Airaksinen 2003.)

Luotettavuutta lisää lähdekritiikki, jossa arvioidaan työssä käytettäviä lähteitä, ennen kuin niitä käytetään. Yksi lähtökohta lähdekritiikille on selvittää lähteen julkaisuvuosi ja onko lähteessä oleva tieto vielä ajankohtainen. (Vilka 2021, 120.) Tässä työssä pyrittiin vahvistamaan luotettavuutta käyttämällä useita eri lähteitä eri vuosilta saman asian todentamiseen. Näin on voitu osoittaa joidenkin asioiden muuttumattomuus ajan kuluessa. Lähteitä valittaessa on otettu huomioon lähteen julkaisuvuosi ja pyritty valitsemaan ajantasaisia lähteitä. Käytetyt lähteet ovat olleet sekä kansainvälisiä että kotimaisia. Lisäksi lähdemateriaalina käytetyt kansainväliset artikkelit ovat vertaisarvioituja. Vertaisarvioidussa artikkelissa artikkeli on julkaistu ulkopuolisessa julkaisijassa ja ennen julkaisua artikkeli kokonaisuudessaan käy läpi riippumattomien asiantuntijoiden suorittaman ennakoarvioinnin (Julkaisufoorumi 2020; Itä-Suomen yliopisto n.d.). Lähteet ja tekstiviitteet ovat merkitty asianmukaisesti ja oikeellisesti.

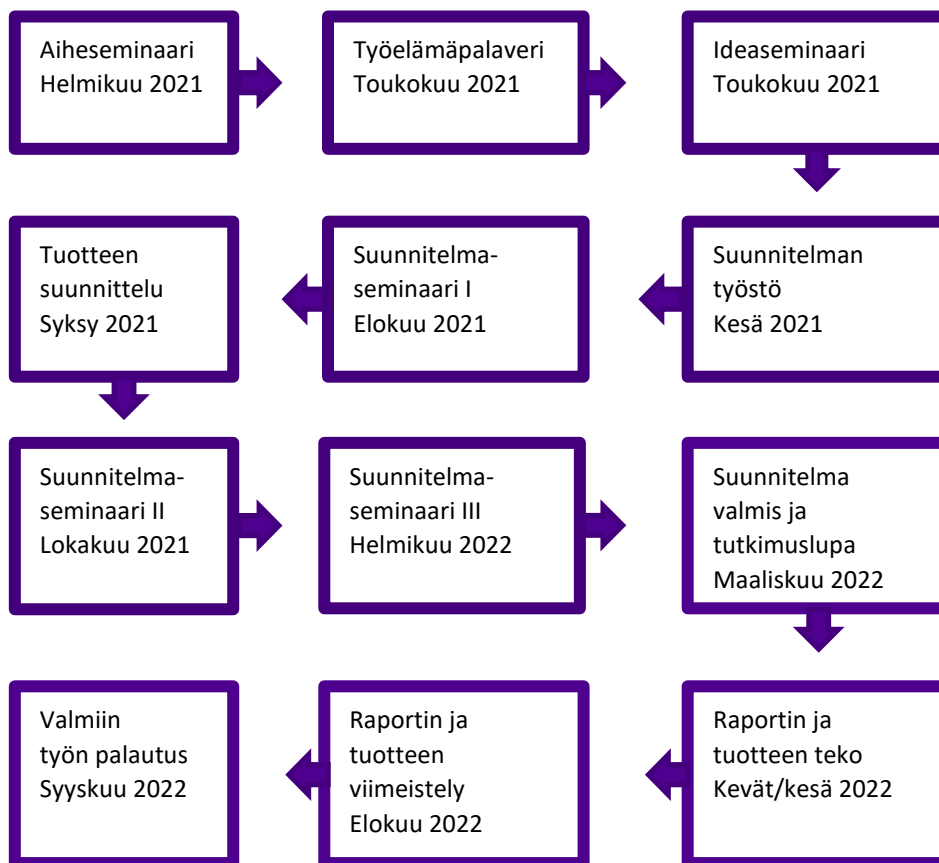
Luotettavuutta arvioitaessa tulee kiinnittää huomiota koko opinnäytetyöprosessiin, joka koostuu järjestelmällisestä ja johdonmukaisesta työskentelystä (Vilka 2021, 185). Opinnäytetyöntekijät pitivät opinnäytetyöpäiväkirjaa, jotta työskentelyä pystyi tarkistamaan jälkikäteen. Eettisyyttä arvioitaessa tulee tarkastella mihin aineiston valinnoillasi pyrit. Tekijänoikeuksien noudattaminen on osa hyvää tieteellistä käytäntöä. (Vilka 2021, 199, 201.) Tekijänoikeuslain (404/1961) 11§ mukaan tekijän nimi ja lähde on mainittava, kun julkaisusta teoksesta käytetään tekstiä toisessa julkaistavassa teoksessa. Vilkaan (2021, 201) mukaan olisi eettisempää viitata alkuperäiseen lähteeseen, eikä toisen käden lähteeseen. Lisäksi opinnäytetyössä kuvien käytön oikeellisuutta vahvistaa, jos opiskelija on itse ottanut kuvat. Opiskelijat ovat osoittaneet eettistä herkkyyttä sopimalla muun muassa tekijänoikeuksista opinnäytetyön suunnitelmassa ja opinnäytetyöluvassa. (Vilka 2021.) Opinnäytetyön tekijät ovat ottaneet kuvat tuotteeseen itse, ja poistaneet kuvista huoltoyhtiön tiedot.

6.2 Oma oppimiskokemus

Opinnäytetyöprosessi aloitettiin helmikuussa 2021, jolloin järjestetystä aihe-seminaarista löytyi opinnäytetyön tekijöille mieleinen aihe. Opinnäytetyön tekijät kiinnostuivat aiheesta, koska aiheeseen liittyi sädehoito ja magneettikuvantaminen.

Lisäksi opinnäytetyöntekijät halusivat tehdä toiminnallisen opinnäytetyön, koska käytännöllisen ja hyödyllisen tuotteen tuottaminen oli motivoivaa. Keväällä 2021 opinnäytetyöntekijät alkoivat tekemään opinnäytetyön suunnitelmaa hakemalla lähteitä Andorista ja PubMedistä. Sopivien lähteiden löydyttyä opinnäytetyön tekijät aloittivat teorian työstämisen, ja tuotteen suunnittelun.

Suunnitelmaseminaarit pidettiin elokuussa 2021, lokakuussa 2021 ja helmikuussa 2022. Suunnitelmaseminaareissa opettajat ja opponentit antoivat palautetta opinnäytetyösuunnitelmasta. Suunnitelmaa kehitettiin ja edistettiin annetun palautteen pohjalta. Suunnitelma hyväksyttiin ja tutkimuslupa allekirjoitettiin maaliskuussa 2022. Tämän jälkeen opinnäytetyön tekijät alkoivat kirjoittamaan raporttia ja tekemään tuotetta. Opinnäytetyöntekijät kuvasivat oppaan valokuvat yhteistyökumppanin tiloissa huhtikuussa 2022. Opinnäytetyön tuotoksena tehty ohje valmistui heinäkuussa 2022 ja se lähetettiin yhteistyökumppanille hyväksyttäväksi elokuussa 2022. Raportti viimeisteltiin syyskuussa, ja opinnäytetyön palautettiin 8.9.2022. Opinnäytetyönprosessin etenemisen vaiheet on esitetty kuviossa 1.



KUVIO 1. Opinnäytetyönprosessi

Opinnäytetyöprosessi edesauttoi opinnäytetyön tekijöiden ammatillista kasvua. Lähteiden etsiminen ja lukeminen auttoi syventämään opinnäytetyön tekijöiden tietämystä sädehoidon annossuunnittelusta ja kontrastiaineesta. Raportin työstäminen vahvisti opinnäytetyön tekijöiden taitoa kirjoittaa asiatekstiä. Opinnäytetyön työstämisen parin kanssa kehitti yhteistyötaitoja sekä kykyä suunnitella aikatauluja.

Opinnäytetyön tuotoksena syntynyt tuote tehtiin yhteistyökumppanilta saatuun Microsoft Word-pohjaan. Tuotteen suunnittelu ja työstäminen edisti opinnäytetyön tekijöiden Microsoft Wordin käytön osaamista. Yhteistyökumppanin kanssa käydyt sähköpostikeskustelut ja pidetyt palaverit opettivat kirjallisia sekä suullisia kommunikointitaitoja. Opinnäytetyöprosessiin kuuluvat seminaarit pidettiin etänä, ja ne vahvistivat opinnäytetyön tekijöiden esiintymistaitoja.

6.3 Jatkotutkimusehdotus

Jatkokehittämissuositukseksi opinnäytetyöntekijät ehdottavat oppaan käytännöllisyyden tutkimista yksikössä. Tutkimuksen voisi toteuttaa esimerkiksi haastatteleamalla henkilökuntaa. Jatkotutkimuksella voitaisiin selvittää, onko oppaan käyttö heidän työssään helpottanut työskentelyä sädehoidon annossuunnittelumagneettikuvauksessa. Lisäksi ohjetta tulisi päivittää säännöllisesti ajankohtaiseksi.

LÄHTEET

Abujudeh, H., Aran, S., Shaqdan, K. & Thrall, J. 2014. Incidence of contrast medium extravasation for CT and MRI in a large academic medical centre: A report on 502,391 injections. *Clinical Radiology* 69 (12), 1264–1272. Luettu 31.1.2022. <https://www-sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0009926014003961>

Alahuhta, M., Päätaalo, K., Saastamoinen, M. & Ypyä, J. 2018. Toiminnallisen opinnäytetyön oppimiskokemukset. Oulun ammattikorkeakoulun tutkimus- ja kehitystyön julkaisut issn 1798–2022. Julkaistu 17.8.2018. Luettu 4.5.2021. <http://www.oamk.fi/epooki/index.php?cID=1314>

Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto Arene ry. 2019. Ammattikorkeakoulujen opinnäytetöiden eettiset suositukset. PDF-tiedosto. Luettu 14.4.2022.

Anzalone, N., Comps, S., Dörfler, A., Essig, M., Ganslandt, O., Lee, S. & Piccozzi, P. 2013. Optimizing Contrast-Enhanced Magnetic Resonance Imaging Characterization of Brain Metastases: Relevance to Stereotactic Radiosurgery. *NEUROSURGERY* 72 (5), 691–701. Luettu 13.10.2021. <https://academic.oup.com/neurosurgery/article-abstract/72/5/691/2680591?redirectedFrom=fulltext>

Aronen, H., Niemi, P. & Dean, P. 2017. Kuvantamisessa käytettävät kontrastiväaineet. Teoksessa Sequeiros, R. B., Koskinen, S., Aronen, H., Lundbom, N., Vanhinen, R. & Tervonen, O. (toim.) *Kliininen radiologia*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Barbati, R., Endrikat, J., Jost, G., Scarpa, M. & Uber, A. 2018. Accuracy and Repeatability of Automated Injector Versus Manual Administration of an MRI Contrast Agent—Results of a Laboratory Study. *Investigative Radiology* 53 (1). Luettu 28.1.2022. <https://oce-ovid-com.libproxy.tuni.fi/article/00004424-201801000-00001/HTML>

Baschnagel, A., Liu, F., Mcmillan, A. & Yadav, P. 2018. MR-based treatment planning in radiation therapy using a deep learning approach. *Radiation oncology physics*. Luettu 14.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.proquest.com/docview/2266500527/fulltextPDF/4E2FB47527024277PQ/1?accountid=14242>

Bayer. 2019. Operation manual.

Docrates. n.d. Stereotaktinen sädehoito. Verkkosivusto. Luettu 11.4.2022. <https://www.docrates.com/syovan-hoito/syovan-hoitomuodot/sadehoito/stereotaktinen-sadehoito/>

Duodecim terveystieteen sanakirjat. n.d. gadoteerihappo. Luettu 31.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.terveystieteen.fi/apps/sanakirjat/0/ite06147>

Endrikat, J., Dohanish, S., Schleyer, N., Schwenke, S., Agarwal, S. & Balzer, T. 2018. 10 Years of Nephrogenic Systemic Fibrosis: A Comprehensive Analysis of Nephrogenic Systemic Fibrosis Reports Received by a Pharmaceutical Company from 2006 to 2016. *Investigative radiology* 53 (9), 541–550. <https://occe-ovid-com.libproxy.tuni.fi/article/00004424-201809000-00005/HTML>

ESUR. 2018. ESUR Guidelines on Contrast Agents. Pdf-dokumentti. Julkaistu 2018. Luettu 15.10.2021. https://www.esur.org/fileadmin/content/2019/ESUR_Guidelines_10.0_Final_Version.pdf

Etelä-Pohjanmaan sairaanhoitopiiri. 2011. Äkillisen allergisen reaktion kotihoito-ohjeet. PDF-tiedosto. Julkaistu 13.10.2011. Luettu 30.7.2022. https://www.epshp.fi/files/2904/Akillisen_allergisen_reaktion_kotihoito.pdf

Garcia, J., Liu, S. & Louie, A. 2017. Biological effects of MRI contrast agents: gadolinium retention, potential mechanisms, and a role for phosphorus. The Royal Society Publishing. Luettu 4.5.2021. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2017.0180>

Gatta, G., Di Grezia, G., Cuccurullo, V., Sardu, C., Iovino, F., Comune, R., Ruggiero, A., Chirico, M., La Forgia, D., Fanizzi, A., Massafra, R., Belfiore, M. P., Falco, G., Reginelli, A., Brunese, L., Grassi, R., Cappabianca, S. & Viola, L. 2021. MRI in Pregnancy and Precision Medicine: A Review from Literature. *Journal of personalized medicine* 12 (1). <https://www.mdpi.com/2075-4426/12/1/9>

Glide-Hurst, C., Greer, P. & Owrangi, A. 2018. MRI-only treatment planning: benefits and challenge. *Physics in Medicine & Biology* 63 (5). Luettu 11.1.2022. <https://iopscience-iop-org.libproxy.tuni.fi/article/10.1088/1361-6560/aaaca4>

Gui B., Cambi, F., Micco, M., Sbarra M., Petta, F., Autorino, R., De Vincenzo, R., Valentini, V., Scambia, G. & Manfredi R. 2020. MRI in pregnant patients with suspected abdominal and pelvic cancer: a practical guide for radiologists. *Diagnostic and Interventional Radiology* 26 (3), 183–192. <https://www.dirjournal.org/en/mri-in-pregnant-patients-with-suspected-abdominal-and-pelvic-cancer-a-practical-guide-for-radiologists-132136>

Haapasalo, H., Haapasalo, J., Helen, P., Hyartt, A., Kähkönen, M., Lahtela, S., Nordfors, K. & Salmi, M. 2014. Gliomien diagnoosi ja ennuste, molekyyliagnostiikan mahdollisuudet. *Kustannus Oy Duodecim* 130 (9), 893–901. Luettu 27.2.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo11621>

Haapio, M. 2020. Magneettivarjoaineiden aiheuttama nefrogeenisen systeemin fibroosin riski. Näytönastekatsaus. Luettu 30.12.2021. <https://www.kaypahoito.fi/nak08078>

Haapio, M., Lehtimäki, T., Lantto, E. & Nikupaavo U. 2019. Varjoaineet röntgen-tutkimuksissa aikuispotilailla - suositus käytöstä. *Opas*. Pdf-dokumentti. Viitattu 3.10.2021.

- Hamberg, L. & Aronen, H. 1992. Magneettikuvauksen perusteet ja tutkimusmenetelmät. Duodecim; lääketieteellinen aikakauskirja, 108 (8), 713–724. Luettu 6.4.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo20140>
- Hartman, J., Jeskanen, L. & Airola, K. 2008. Varjoaineen munuaispotilaalle aiheuttama vaikea fibroosi. Duodecim 124 (14), 1657–1661. Luettu 9.4.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo97398>
- Harvima, I. & Ackermann, A. 2020. Akuutti urtikaria. Teoksessa Mäkelä, M., Harvima, I., Kauppi, P., Ralli, P. & Savolainen, J. (toim.) Allergiset sairaudet ja astma. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 24.8.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/ags00132/do>
- Hawkins-Daarud, A., Hu, L., Li, J., Swanson, K. & Wang, L. 2020. Imaging of intratumoral heterogeneity in high-grade glioma. Cancer Letters 477, 97–106. Luettu 11.1.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/libproxy.tuni.fi/pmc/articles/PMC7108976/>
- Heit, J. J., Christensen, S., Mlynash, M., Marks, M., Faizy, T. D., Lansberg, M. G., Wintermark, M., Bammer, R. & Albers, G. W. 2021. MR perfusion imaging: Half-dose gadolinium is half the quality. Journal of neuroimaging 31 (5), 1014–1019. <https://onlinelibrary-wiley-com.libproxy.tuni.fi/doi/pdfdirect/10.1111/jon.12879>
- Hersh, C., Hesheng, W., Indra, J. & Tijssen D. 2018. Emerging Role of MRI in Radiation Therapy. Journal of Magnetic Resonance Imaging 48 (6) 1468–1478. Luettu 4.5.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/jmri.26271>
- Hidalgo-Tobon, S. 2010. Theory of gradient coil design methods for magnetic resonance imaging. Concepts in Magnetic Resonance Part A, 36 (4), 223–242. <https://onlinelibrary-wiley-com.libproxy.tuni.fi/doi/pdfdirect/10.1002/cmr.a.20163>
- Hoitotyön Pharmaca Fennica. 2019. DOTAREM gadoteerihappo. Päivitetty 10.12.2019. Luettu 31.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.hoitotyon-pharmacafennica.fi/Document/Index/2210041>
- Huttunen, T. & Niemi-Murola, L. 2021a. Verisuoniyhteyden valinta. Teoksessa Niemi-Murola, L., Alhmén-Laiho, U., Huttunen, T., Metsävainio, K. & Vakkala, M. (toim.) Anestesiologian ja tehohoidon perusteet. E-kirja. Luettu 31.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/atd00036/do>
- Huttunen, T. & Niemi-Murola, L. 2021b. Ääreislaskimon eli perifeerisen laskimon kanylointi. Teoksessa Niemi-Murola, L., Alhmén-Laiho, U., Huttunen, T., Metsävainio, K. & Vakkala, M. (toim.) Anestesiologian ja tehohoidon perusteet. E-kirja. Luettu 31.5.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/atd00066/do>
- Indrajit, I., Sivasankar, R., D`Souza, J., Pant, R., Negi, R., Sahu, S. & Hashim, P. 2015. Pressure injectors for radiologists: A review and what is new. Indian Journal of radiology 25(1). Luettu 12.6.2022. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4329682/>

Iordache, A. M., Docea, A. O., Buga, A. M., Mitrut, R., Albulescu, D., Zlatian, O., Ianos, S., Ianos, G., Neagoe, D., Sifaki, M., Rogoveanu, O. C., Branis-teanu, D. E. & Calina, D. 2019. The incidence of skin lesions in contrast media-induced chemical hypersensitivity. *Experimental and therapeutic medicine* 17 (2), 1113–1124. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.proquest.com/docview/2166672089/fulltextPDF/21EAD6CA3CBE4EA9PQ/1?accountid=14242>

Itä-Suomen yliopisto. n.d. Mistä tiedän, onko julkaisu/lehtu/artikkeli tieteellinen? Verkkosivusto. Luettu 14.4.2022. <https://sites.uef.fi/tiedonhaku-kasvatus/mista-tiedan-onko-julkaisu-tieteellinen/>

Jones, K., Klopp, A., Menias, C., Raunch, G., Stafford, J., Venkatesan, A. 2019. MRI for Radiation Therapy Planning in Human Papillomavirus-associated Gynecologic Cancers. *Radiographics* 39 (5). Luettu 27.1.2022. <https://pubs.rsna.org/doi/10.1148/rq.2019180121>

Julkaisufoorumi. 2020. Julkaisutyyppin määrittäminen. Verkkosivusto. Päivitetty 14.9.2020. Luettu 14.4.2022. <https://julkaisufoorumi.fi/fi/arvioinnit/julkaisutyyppin-maarittaminen>

Kaikki syövästä. N.d. Sädehoito. Verkkosivusto. Luettu 12.8.2022. <https://www.kaikkisyovasta.fi/hoito-ja-kuntoutus/sadehoito/>

Kalet, I. J. & Austin-Seymour, M. M. 1997. The Use of Medical Images in Planning and Delivery of Radiation Therapy. *Journal of the American Medical Informatics Association* 4 (5), 327–339.

Korhonen, J. 2015. Magneticresonance imaging -based radiation therapy. Sähkötekniikan ja automaation laitos. Terveysteknologia. Aalto yliopisto. Väitöskirja.

Kouri, M. & Tenhunen, M. 2013. Sädehoidon suunnittelu ja toteutus. Teoksessa Joensuu, H., Roberts, P., Kellokumpu-Lehtinen, P., Jyrkkiö, S., Kouri, M. & Teppo, L. (toim.) Syöpätaudit. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 27.01.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/syt00190/do>

Kribben, A., Witzke, O., Hillen, U., Barkhausen, J., Daul, A. E. & Erbel, R. 2009. Nephrogenic Systemic Fibrosis. Pathogenesis, diagnosis and therapy. *Journal of the American College of Cardiology* 53 (18), 1621–1628. <https://www.sciencedirect.com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0735109709005397>

Lammentausta, E. 2017. Magneettikuvaus. Teoksessa Sequeiros, R. B., Koskinen, S., Aronen, H., Lundbom, N., Vanninen, R. & Tervonen, O. (toim.) Kliininen radiologia. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Lehto, H., Havukainen, R., Maalampi, J. & Leskinen, J. 2014. Fysiikka 7. Sähkömagnetismi. 1.–4. painos. Helsinki: Sanoma Pro.

Leskenmaa, M. & Hyyppä, N. Röntgenhoitajat. 2022. Opinnäytetyöhön liittyviä kysymyksiä. Sähköpostivesti 14.6.2022.

Lääketieteen termit. n.d. Ekstravasaatio. Duodecim terveystieteen. Luettu 10.4.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.terveysportti.fi/apps/sanakirjat/0/ite04380>

Lönnrot, M. 2021. Duodecim Terveyskirjasto: Allergiat. Verkkosivusto. Julkaistu 30.3.2021. Luettu 15.10.2021. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00561>

Nicola, R., Shaqdan, K. W., Aran, S., Prabhakar, A. M., Singh, A. K. & Abu-judeh, H. H. 2015. Contrast Media Extravasation of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging: Management Guidelines for the Radiologist. *Current problems in diagnostic radiology* 45 (3), 161–164. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www-sciencedirect-com.libproxy.tuni.fi/science/article/pii/S0363018815001309?via%3Dihub>

Nurmi, H., Saarilahti, K. & Tenhunen, M. 2013. Kvantamishoito. Kustannus Oy Duodecim 129 (7). Luettu 25.1.2022. <https://www.duodecimlehti.fi/duo10892>

Parviainen, H., Ovissi, A. & Helanterä, I. 2018. Magneettikuvauksen tehosteaineet. *Duodecim* 134 (6), 613–620. Luettu 4.5.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www-terveysportti-fi.libproxy.tuni.fi/xmedia/duo/duo14228.pdf>

Pasanen, A. 2022. Solunsalpaajat eli sytostaatit. Verkkosivusto. Julkaistu 4.3.2022. Luettu 7.8.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01077>

Papunet. 2020. Kuvat kommunikoinnissa. Verkkosivusto. Päivitetty 12.12.2020. Luettu 13.6.2022. <https://papunet.net/tietoa/kuvat-kommunikoinnissa>

Salava, A., Kauppi, P. & Liippo, J. 2020. Yliherkkyys röntgentehosteaineiden käytön yhteydessä. Teoksessa Mäkelä, M., Harvima, I., Kauppi, P., Ralli, P. & Savolainen, J. (toim.) *Allergiset sairaudet ja astma*. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 5.1.2022. Vaatii käyttöoikeuden. <https://www.oppiportti.fi/op/ags00263/do>

Sequeiros, R. B. & Lundbom, N. 2017. Tutkimusmenetelmien erityispiirteitä. Teoksessa Sequeiros, R. B., Koskinen, S., Aronen, H., Lundbom, N., Vanni-nen, R. & Tervonen, O. (toim.) *Kliininen radiologia*. 1. painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Schlacter, M., Raidou, R. G., Muren, L.P., Preim, B., Putora, P.M. & Bühler, K. 2019. State of the Art Report: Visual Computing in Radiation Therapy Planning. *Computer graphics forum* 38 (3), 753–779. <https://onlinelibrary-wiley-com.lib-proxy.tuni.fi/doi/pdfdirect/10.1111/cgf.13726>

Schmidt, M. & Payne, G. 2015. Radiotherapy planning using MRI. *Institute of Physics and Engineering in Medicine. Physics in Medicine & Biology* 60 (22), 323–361. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9155/60/22/R323>

Steffen, S. 2016. Magnetic Resonance Safety. *Abdominal Radiology* 41. Luettu 8.4.2022. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00261-016-0680-4>

STUK. 2015. Sädehoito. Verkkosivusto. Päivitetty 10.8.2015. Luettu 7.4.2022. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/sadehoito>

STUK. 2019. Säteily terveydenhuollossa. Verkkosivusto. Päivitetty 19.12.2019. Luettu 6.4.2022. <https://www.stuk.fi/aiheet/sateily-terveydenhuollossa/magneetitutkimus>

Suomen kotiseutuliitto. n.d. Tavoitteena lukijaystävällisyys ja selkeys. Verkkosivusto. Luettu 13.6.2022. <https://kotiseutuliitto.yhdistysavain.fi/luova-ja-tietokirjoittaminen/kirjoittaminen-prosessina-elina-/tavoitteena-lukijaystavallisyys/>

Takala, R. 2020. Äkillisen vakavan yliherkkyyksireaktion hoito. Teoksessa Olkkola, K., Kiviluoma, K., Saari, T., Tallgren, M., Uusaro, A. & Yli-Hankala, A. (toim.) Anestesiologia, teho-, ensi- ja kivunhoito. Kustannus Oy Duodecim. Luettu 5.1.2022. Vaatii käyttöoikeuden. https://www.oppiportti.fi/op/ajt00503/do?p_haku=anafylaksia%20hoito#q=anafylaksia%20hoito

Tampereen ammattikorkeakouluyhteisö. 2022. Opinnäytetyö (ohje opiskelijalle, TAMK). Verkkosivusto. Julkaistu 25.2.2019. Päivitetty 5.4.2022. Luettu 7.4.2022. <https://www.tuni.fi/fi/opiskelijan-opas/kasikirja/tamk/opiskelu-0/opinnaytetyot/opinnaytetyo-ohje-opiskelijalle-tamk>

Tays. 2022. Sädehoito. Verkkosivusto. Päivitetty 8.6.2022. Luettu 12.8.2022. <https://www.tays.fi/fi-fi/Palvelut/Syovanhoito/Sadehoito>

Tekijänoikeuslaki. 8.7.1961/404.

TENK. 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Pdf-dokumentti. Luettu 15.10.2021. https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. 2021b. Anafylaksian hoito. Verkkosivusto. Päivitetty 15.6.2021. Luettu 5.1.2021. [https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/tietoa-rokotuksista/haittavaikutukset-rokotuksista/haittavaikutukset-oreittain/anafylaksia/anafylaksian-hoito](https://thl.fi/fi/web/infektiotaudit-ja-rokotukset/tietoa-rokotuksista/haittavaikutukset-rokotuksista/haittavaikutukset-oireittain/anafylaksia/anafylaksian-hoito)

Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. 2021c. Syöpä. Verkkosivusto. Päivitetty 16.9.2021. Luettu 12.8.2022. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/syopa>

Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. 2021a. Syövän hoito. Verkkosivusto. Päivitetty 16.9.2021. Luettu 7.4.2022. <https://thl.fi/fi/web/kansantaudit/syopa/syovan-hoito>

Tunturi, S. 2021. Glomerulusten suodatusnopeus (GFR) arvioituna CKD-EPI-kaavalla (Pt-GFReEPI). Verkkosivusto. Luettu 30.7.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/snk02001>

Työturvallisuuslaki. 23.8.2002/738. Luettu 24.8.2022. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738#L2P14>

Vaalavirta, L. 2021. Sädehoito. Duodecim terveyskirjasto. Verkkosivusto. Luettu 11.3.2022. <https://www.terveyskirjasto.fi/dlk01078>

Vilka, H. & Airaksinen, T. 2003. Toiminnallinen opinnäytetyö. Helsinki: Tammi.

Vilka, H. 2021. Näin onnistut opinnäytetyössä. Ratkaisut tutkimuksen umpikujiin. Jyväskylä: PS-kustannus.

Wilder, L.P. 2014. Gadolinium and terbium: chemical and optical properties, sources and applications. Vaatii käyttöoikeuden. <https://web-p-ebshost-com.libproxy.tuni.fi/ehost/detail?nobk=y&sid=7f26e21b-36b6-4c0d-8c89-ab4b992e2290@redis&vid=1&format=EB&rid=1#AN=776135&db=e00xww>

LIITTEET

Liite 1. Opinnäytetyön tuote gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käytöstä annosuunnittelumagneettikuvauksessa.



Ohje Gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käytöstä

1 (5)

Gadoliniumpohjaisen kontrastiaineen käyttö annosuunnittelukuvauksessa

Gadolinium on maametalleihin kuuluva alkuaine, joka on sellaisenaan myrkyllinen. Gadoliniumia voidaan käyttää turvallisesti, kun se on sidottu erilaisiin kelataatteihin. Kelatattiin sidottu gadolinium käyttäytyy kuvantamisessa käytettyjen kontrastiaineiden tapaan. Kudokset joihin gadolinium kertyy, näkyvät T1-painotteisissa kuvasarjoissa kirkkaina.

Kontrastiaineen nimi ja vahvuus

Dotarem 279,3 mg/ml

Annostus

Annostus 0,2 ml/kg max. 15 ml

Laboratoriotutkimukset

Selvitä potilaan GFR

⇒ > 30 ml/min/1,73m²⇒ < 30 ml/min/1,73m² → ei kontrastiainetta

Haastattele potilaalta

Paino

Allergiat

Mahdollinen aiempi reaktio

Kanyyli

Suosittelavin kanyyli lääkkeen antoon on punainen kanyyli (20G), mutta myös sinistä (22G) voidaan käyttää erityisesti huonosuonisilla potilailla. Mitä suurempi virtausnopeus on, sitä suurempi kanyyli tarvitaan. Kanyylin kokoa valittaessa tulee huomioida se, ettei kanyyli saa tukkia koko suonta.

Punainen

20 G

6,0 - 6,5 ml/s

Sininen

22 G

3,5 ml/s

Pistokohdat

Kämmenselkä

Kyynärtaive

Gadoliniumipohjaisen kontrastiaineen haittavaikutukset

Lievät allergiset reaktiot

- Ihon kihelmöinti
- Huonovointisuus
- Urtikaria ja siihen kuuluva kutina
- Lievä hengenahdistus



HOITO

- Keskeytä kuvaus ja injektio
- Kutsu lääkäri
- Varmista potilaan ilmäteiden aukiolo
- Mittaa potilaan verenpaine ja pulssi
- Ensiapuläkkeet valmiiksi esille
- Lääkäri arvioi tilanteen ja määrää lääkkeitä
- Mahdollisen seurannan tarve
- Lääkäri arvioi tilanteen uudelleen ja määrää mahdolliset kotilääkkeitä

Vaikeat allergiset reaktiot

- Anafylaktinen shokki
- Nopeasti etenevä hengenahdistus



HOITO

- Soita MET-ryhmä paikalle
- Keskeytä kuvaus ja injektio
- Nesteytä potilas
- Kutsu lääkäri
- Varmista potilaan ilmäteiden aukiolo
- Mittaa potilaan verenpaine ja pulssi
- Ensiapuläkkeet valmiiksi esille
- Lääkäri arvioi tilanteen ja määrää lääkkeitä

Ekstravasaatio

= nesteen purkautuminen verisuonen ulkopuolelle

- Tyypillisiä oireita ovat turvotus ja punoitus
- Vakavat oireet ovat ödeema, ihon kuolio tai ihon haavautuminen

! Jos havaitset ekstravasaation, tulee ruiskutus lopettaa välittömästi. Kanyyli tulee poistaa, ja raajaa kohotetaan. Lisäksi injektiokohtaan laitetaan kylmäpakkaus.

Nefrogeeninen systeeminen fibroosi

Nefrogeeninen systeeminen fibroosi on hengenvaarallinen, mutta harvinainen sairaus, jonka gadoliniumipohjaiset kontrastiaineet voivat aiheuttaa. Riski on suurin munuaisten vajaatoimintaa sairastavilla. Lisäksi riski kasvaa, kun potilas on nuori, käytetään suuria annoksia kontrastiainetta, potilaalla on tulehduksellinen tila, korkea fosfaattipitoisuus veressä, tai dialyysipotilas jättää dialyysin tekemättä kontrastiaineen saannin jälkeen.

Oireet voivat ilmaantua vasta viikkojen tai kuukausien jälkeen kontrastiaineen annosta. Varhaisia oireita ovat kipu, kutina, turvotus ja ihon punoitus. Myöhäisempiä oireita ovat ihon ja ihonalaiskudoksen paksuuntuminen ja kovettuminen, sekä pitkäkestoiset lihassupistukset raajoissa. Lisäksi joillakin potilailla saattaa muodostua fibroosia keuhkoihin, sydämeen, lihaksiin ja palleaan. Tautiin ei ole olemassa parantavaa hoitoa.

Kontrastiaineinjektorin kokoaminen

1. Käynnistä säätötilan kontrastiaineinjektorin näyttöpäätte.
2. Valitse protokollaksi TÄYTTÖ.
3. Odota muutama minuutti, että injektorin on valmis täytettäväksi.




4. Ota esille säiliöruiskupakkaus, joka sisältää injektoriin liitettävät ruiskut, piikit ja letkun. Pakkauksen voi asettaa injektorin takapuolella olevaan syvennykseen.

5. Kerää valmiiksi myös potilasletku, keittosuolaliuos ja kontrastiaine. Nämä voi asettaa injektorin takapuolella oleviin koloihin.

6. Käännä injektori niin, että ruiskujen aukot osoittavat ylöspäin.
7. Yhdistä pakkauksen ruiskut injektoriin.
8. Pieni ruisku on tarkoitettu **kontrastiaineelle**, ja yhdistetään injektorin pienempään aukkoon (**vihreä väri**).
9. Suuri ruisku on tarkoitettu **keittosuolaliukselle**, ja yhdistetään injektorin suurempaan aukkoon (**sininen väri**).
10. Yhdistä piikit ruiskuihin. Pieni piikki on tarkoitettu **kontrastiaineelle** (**vihreä väri**) ja suuri piikki **keittosuolaliukselle** (**sininen väri**).



11. Poista **kontrastiainepuolen** piikissä oleva korkki nostamalla. Liitä kontrastiaine painamalla kontrastiainepullo piikkiin.
12. Poista **keittosuolapuolen** piikissä oleva korkki nostamalla. Liitä keittosuolaliuos painamalla keittosuolaliuospulla piikkiin.
13. Täytä kontrastiaineruisku painamalla **A nappia**  jolloin ruisku alkaa täyttyä automaattisesti.
14. Täytä keittosuolaruisku painamalla **B nappia**  jolloin ruisku alkaa täyttyä automaattisesti.




5 (5)


15. Irrota kontrastiaine ja keittosuolaliuos kiertämällä piikit irti ruiskuista. Ota säiliöruiskupakkauksesta letku, ja poista siinä olevat oranssit korkit.

16. Yhdistä kaksiosaisen letkuston lyhyt haara **kontrastiaineen** puolelle kiertämällä myötöpäivään. Yhdistä pitkä suora haara **keittosuolaliuos** puolelle kiertämällä myötöpäivään.

17. Kiinnitä potilasletkun valkokorkkinen pää kierteellä olevaan letkuun.

18. Paina Prime nappia  jotta injektori täyttää letkuston automaattisesti. Pidä letkun pää paperitaitoksen sisällä tai roskista kohden, jonne injektorin työntämä ylimääräinen neste voi valua.

TAI

Täytä letkusto injektorin alapinnalla olevien manuaalisten rullien avulla. Voit myös vapauttaa injektorissa olevat nuolinäppäimet painamalla  jolloin nuolinäppäimiin syttyy valo ja ne ovat käytettävissä.



Tekijät: Röntgenhoitajaopiskelijat Annika Salonen ja Karoliina Suominen
Ohje on toteutettu osana opinnäytetyötä

19. Paina viikkuvaa ilmantarkastuspainiketta letkuston ilmaamisen jälkeen. Injektori on käyttövalmis.

20. Injektion ajaksi injektori käännetään niin, että ruiskut osoittavat kohti lattiaa.

21. Valitse haluttu protokolla säätötilan näyttöpäätteeltä ennen injektiota.