Taru Jäppinen ja Pauliina Teno

”Muistipää” magneetissa – kysely Suomen yliopistosairaaloiden kuvantamiskeskuksiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Röntgenhoitaja (AMK)

Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma

Opinnäytetyö

12.4.2022

Tekijä	Taru Jäppinen ja Pauliina Teno
Otsikko	”Muistipää” magneetissa – kysely Suomen yliopistosairaaloiden kuvantamiskeskuksiin
Sivumäärä	44 sivua + 2 liitettä
Aika	12.04.2022
Tutkinto	Röntgenhoitaja (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma
Ohjaajat	Lehtori Heli Patanen Lehtori Ulla Nikupaavo

Opinnäytetyön aiheemme käsittelee ”muistipään” kuvantamista magneetissa. Keräsimme tietoa viiden eri yliopistosairaalan HYKS:in (Helsingin seudun yliopistollinen keskussairaala), TYKS:in (Turun yliopistollinen keskussairaala), TAYS:in (Tampereen yliopistollinen sairaala), KYS:in (Kuopion yliopistollinen sairaala) ja OYS:in (Oulun yliopistollinen sairaala) käyttämistä kuvausparametreista Suomessa. Tuomme esille niiden käyttämien sekvenssien välisiä poikkeavuuksia kyselytutkimuksen avulla.

Teoreettinen viitekehyksemme lähtee liikkeelle siitä, miten muistisairauksia diagnosoidaan Suomessa ja miten suurten ikäluokkien vanhetessa nopeaa vauhtia muistisairauksien yleisyys on tärkeä ja huomioitava seikka. Selvitämme, mitä oireita ja vaiheita erilaisiin muistisairauksiin kuuluu ja kerromme tarkemmin yhdestä yleisimmistä muistisairauksista Alzheimerista. Selvitämme, mitä ovat muistisairauksien tutkimiseen käytettävän magneettikuvauksen toimintaperiaatteet, sen yleisimmät kuvausarvot ja tekniikat. Teoreettiseen viitekehykseen on koottu tekniseen tutkimukseen liittyvien käsitteiden avaaminen ja puhumme myös kuvanlaadusta – ja muodostumisesta.

Käsittelemme keräämäämme dataa sekä määrällisen että laadullisen menetelmän keinoin. Tavoitteenamme on pyrkiä menetelmien avulla vastaamaan tutkimuskysymyksiimme, jotka ovat: Minkälaisia ovat muistisairauksien magneettikuvantamisen nykykäytännöt? Minkälaisia magneettikuvaustekniikoita muistisairauksien tutkimisessa käytetään? Miten muistisairauksien magneettikuvaustekniikoissa käytettävät parametrit (asetukset) eroavat toisistaan?

Tulokseksi saimme kattavan kokoelman erilaisia sekvenssisarjoja. Olemme peilanneet niitä Kanadan ja Pohjois-Amerikan yhteistyössä syntyneen ADNI:n (Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative) standardoituihin protokolliin, joita suositellaan käytettäväksi muistisairauksien kuvantamisessa. Tutkimiemme yliopistosairaaloiden kuvausprotokollissa on monia keskinäisiä poikkeamia, mutta ne sisältävät enimmäkseen ADNI:n mukaisia sekvenssejä ja vastaavat melko hyvin annettuja kuvausparametrejä.

Avainsanat	Muistisairaudet, Alzheimer, magneetti, kyselytutkimus

Author	Taru Jäppinen and Pauliina Teno
Title	“Impaired memory” in MRI – a survey for imaging centers in Finnish university hospitals
Number of Pages	44 pages + 2 appendices
Date	April 12th 2022
Degree	Bachelor of Health Care
Degree Programme	Radiography and Radiotherapy
Instructors	Heli Patanen, Senior Lecturer Ulla Nikupaavo, Senior Lecturer

The topic of our thesis focuses on the imaging of an “impaired memory” in MRI. We collected data from five different university hospitals, HUS (Helsinki University Hospital), TYKS (Turku University Hospital), TAYS (Tampere University Hospital), KYS (Kuopio University Hospital) and OYS (Oulu University Hospital) in Finland. We highlight the discrepancies between the used sequences through a survey.

Our theoretical framework is based on how memory disorders are diagnosed in Finland and how the prevalence of memory disorders is important and needs to be taken into account amongst the growing group of older generations. We elucidate the symptoms and stages of various memory disorders and talk about one of the most common memory disorders, Alzheimer’s. We discover the operating principles of magnetic resonance imaging used to study memory disorders, its most common imaging parameters and techniques. The theoretical framework includes the explanation of different concepts related to technical research combined to the image quality - and formation.

We process the collected data using both quantitative and qualitative methods. Our goal is to answer these following questions: What are the current practices of magnetic resonance imaging of memory disorders? What kind of magnetic resonance imaging techniques are used to study memory disorders? How do the parameters (settings) and technicalities used in MRI for memory disorders differ?

As a result, we gained a comprehensive collection of different types of sequence series. We have compared these series to the standardized and recommended protocols of the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI), a collaboration between Canada and North America. There are many discrepancies between the different university hospital protocols, but all of them mostly contain ADNI-compliant sequences and correspond quite well to the imaging parameters given.

Keywords	Memory disorders, Alzheimer, MRI, survey.

Sisällys

1 Johdanto 1

2 Muistisairaudet ja niiden tutkiminen 1

2.1 Muistisairaudet 2
2.1.1 Diagnosointi ja hoito 3
2.1.2 Alzheimerin tauti 5
2.1.3 Alzheimerin taudin kuvantamislöydökset 6

3 ”Muistipää” magneetissa 8

3.1 Magneettikuvaus 9
3.1.1 Kuvanmuodostus 10
3.1.2 Spatiaalinen resoluutio 11
3.1.3 Artefaktat 13
3.1.4 Liikeartefakta 13
3.2 ”Muistipää”-protokolla 14

4 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset 15

5 Menetelmät 16

5.1 Määrällinen tutkimusmenetelmä 17
5.2 Laadullinen tutkimusmenetelmä 17
5.3 Kyselytutkimus 18
5.3.1 Kyselytutkimuksen toteutus 18
5.3.2 Tutkimuslupa 20
5.3.3 Aineiston analyysi ja luotettavuus 21

6 Tulokset 22

6.1 Vastauksissa esiintyneet sekvenssit 26
6.2 Kuvanlaadun arvioiminen 31

7 Yhteenveto 33

8 Pohdinta 38

8.1 Tutkimuksen eettisyys 39

Lähteet 41

Liitteet Liite 1. Kyselylomake ja saatekirje
Liite 2. Sekvenssitaulukko

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheemme käsittelee ”muistipään” kuvantamista magneetissa. Tavoitteena oli kerätä tietoa viiden eri yliopistosairaalan HYKS:in (Helsingin seudun yliopistollinen keskussairaala), TYKS:in (Turun yliopistollinen keskussairaala), TAYS:in (Tampereen yliopistollinen sairaala), KYS:in (Kuopion yliopistollinen sairaala) ja OYS:in (Oulun yliopistollinen sairaala) käyttämistä kuvaustutkimuksista ja -arvoista Suomessa sekä tuoda esille niiden käyttämien parametrien eroavaisuuksia kyselytutkimuksen avulla. Tähän opinnäytetyöhön on koottu kyselytutkimuksen tulokset yhdessä teoreettisen viitekehyksen kanssa.

Teoreettisessa viitekehyksessä keskitytään aluksi eri muistisairauksiin ja niiden diagnosointiin ja tutkimukseen. Puhumme myös Alzheimerin asemasta muistisairauksien keskuudessa sen yleisyyden vuoksi. Lisäksi työssämme on huomioitu tutkimukseen liittyvien käsitteiden syvällinen avaaminen, sekä kuvanlaatuun- ja muodostumiseen liittyviä seikkoja. Pyrimme myös havainnollistamaan yliopistosairaaloiden yksiköiden käyttämien kuvaussekvenssien ja käytäntöjen eri piirteitä. Työn liitteeksi on lisätty käyttämämme kyselylomakkeen pohja.

Tukenamme tutkimustyössä käytämme Pohjois-Amerikkaan ja Kanadaan sijoittuvan Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative:n (ADNI:n) määrittelemiä standardoituja protokollia, joihin suhteutamme saamiamme tutkimustuloksia. Tehdessämme selvitystä muistipainotteisista sekvensseistä, eri lähteistä löydetyt tahot antoivat hieman toisistaan poikkeavia vastauksia käytetyistä protokollista. Tämänkin vuoksi selvitystä juuri Suomessa käytössä olevista protokollista tarvitaan.

2 Muistisairaudet ja niiden tutkiminen

Suomessa suurten ikäluokkien vanhetessa nopeaa vauhtia ja iän mukanaan tuomien muistisairauksien yleisyyden takia tarvitaan yhä enemmän tutkimustietoa ja diagnosoinnin laadun kehittämistä. Teknisen puolen lisäksi on tärkeää tietää mitä oireita ja vaiheita erilaisiin muistisairauksiin kuuluu. Seuraavaksi käsitelemme opinnäytetyönsuunnitelmamme teoreettisessa viitekehyksessä muistisairauksia, niiden etenemistä sekä keskitymme niistä yleisimpään, Alzheimerin tautiin. Lopuksi käymme vielä läpi

diagnosoinnissa käytettävän magneettikuvauksen toimintaperiaatteet, ”muistipään” yleisimmät kuvausarvot ja tekniikat sekä Alzheimerin taudin kuvantamislöydökset.

2.1 Muistisairaudet

Tilaa, jossa ihmisen muisti ja muut tiedonkäsittelyn taidot ovat heikentyneet kutsutaan muistisairaudeksi. Siihen liittyy usein sellaisia oireita, kuten toiminnanohjauksen sekä kielellisten toimintojen että näkökyvyn avulla hahmottamisen heikkeneminen. Lisäksi käytöksessä ilmenee usein haitallisiakin muutoksia. Ihmisen kyky pärjätä yksin vaikeutuu. (Hallikainen 2019.)

Yleisimmiksi muistisairauksiksi voidaan luokitella Alzheimerin tauti, aivoverenkiertosairauteen (vaskulaarinen kognitiivinen heikentymä) liittyvä muistisairaus, Lewyn kappale -tauti, Parkinsonin tautiin liittyvä muistisairaus sekä rappeumat aivojen otsaohimolohkoseuduilla (mm. primaariset etenevät afasiat). (Rinne & Tuunainen 2017). Yleisiä ovat myös alkoholinkäytön mukanaan tuomat sekä aivovammoihin liittyvät muistisairaudet. (Hallikainen 2019.)

Muistisairauden eteneminen tapahtuu aina yksilöllisesti. Oireet saattavat ilmaantua eri aikoihin sairauden eri vaiheissa. Toisilla sairaus etenee nopeasti ja toisilla hitaammin, joten oireiden ilmaantumista on mahdoton ennustaa tarkalleen. Varhainen sairauden toteaminen ja hoidon aloittaminen auttaa hidastamaan vaikeiden oireiden alkamista. (Hallikainen 2019.)

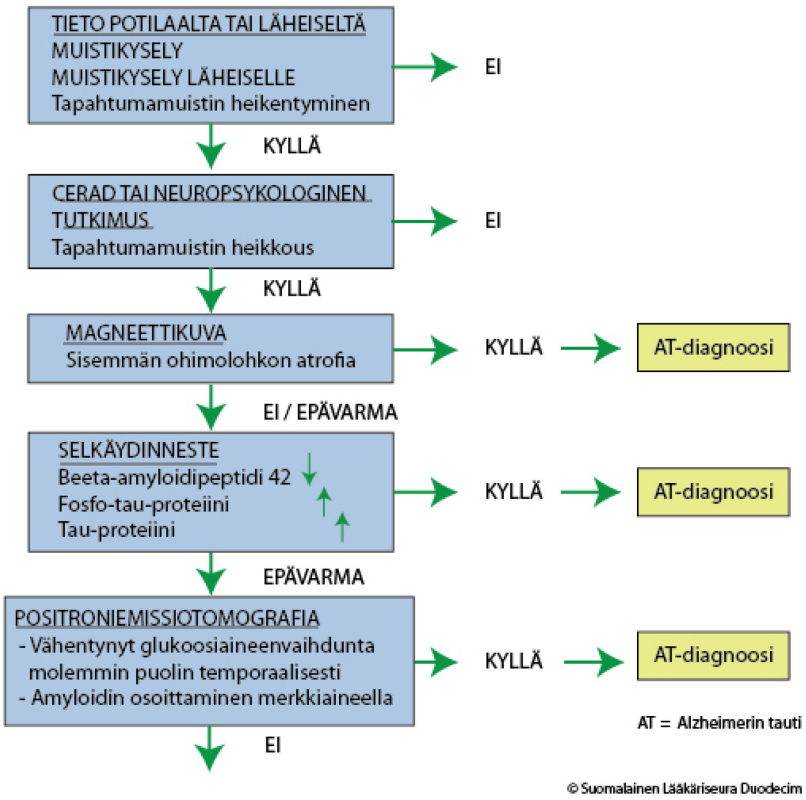
Sairauden oireita voidaan luokitella eri tavoin. Tyypillisiä oireryhmiä ovat mm. erilaiset kognitiiviset eli tiedonkäsittelyyn liittyvät oireet. Tällöin sairastunut ei esimerkiksi ymmärrä tai hahmota ajankulua tai ympäristöään, puheen tuottaminen tai kirjoittaminen vaikeutuu tai hänen muistinsa ei toimi normaalisti. Toisena ryhmänä voidaan mainita myös erilaiset käyttäytymiseen liittyvät muutokset, jolloin sairastuneen käyttäytymisessä tai tunne-elämässä tapahtuu selkeitä muutoksia. Sairastunut saattaa kärsiä masennuksesta tai harhoista, hän voi olla erittäin ahdistunut tai jopa aggressiivinen, pukeutuu tai riisuutuu poikkeavalla tavalla ja jopa piilottelee tavaroita. Kolmanteen ryhmään voidaan luokitella henkilöt, joilla ilmenee selkeitä dementiaoireyhtymän piirteitä. Tällöin muistihäiriön lisäksi sairastuneella on lisäksi jokin muu merkittävä kognitiivinen oire, kuten muistin häiriöt, kielelliset häiriöt tai selkeitä haitallisia muutoksia sosiaalisessa elämässä. (Hallikainen 2019.)

Muistin oireisiin vaikuttavat huomattavasti myös erilaiset vammat, aivoverenkiertosairaudet sekä leikkaukset tai esimerkiksi sädehoito. Lisäksi voidaan mainita liiallinen alkoholin käyttö, aivotulehdus tai jopa B1-vitamiinin puutostila. Muistioireita aiheuttavat myös sellaiset sairaudet kuin Parkinsonin tauti sekä erittäin yleinen Alzheimerin tauti. (Hallikainen 2019.)

2.1.1 Diagnosointi ja hoito

Varhainen sairauden diagnosointi on äärimmäisen tärkeää ja muistisairauden selvittämiseksi onkin monta vaihetta. Ensimmäisenä tutkitaan, kärsiikö potilas esimerkiksi masennuksesta, joka vaatii ensisijaisesti hoitoa. Seuraavaksi haastatellaan omaisia sekä selvitetään potilaan yleinen terveydentila, mahdolliset lääkitykset ja päihteiden käyttö. Näiden perusteella saadaan jonkinlainen arvio tilasta yhdessä muistikyselyiden kanssa. Seuraavaksi tutkitaan potilaan kliinisiä neurologisia taitoja, kuten puhekykyä, liikkumista ja verenkiertoelimistön toimintaa sekä erilaisia kognitiivisia taitoja, kuten keskittymistä, päättelykykyä ja puheen tuottamista. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021.)

Erilaisten käytökseen ja asteikkoihin perustuvien tutkimusten jälkeen tulevat erilaiset laboratoriotutkimukset (muun muassa verenkuva, kilpirauhasarvot, EKG). Näiden testien jälkeen on vuorossa kuvantamistutkimukset, kuten magneettikuvaus tai tietokonetomografiatutkimus, joilla havaitaan aivojen rakenteelliset muutokset. Näitä ovat siis perusselvitykset muistisairauksia tutkiessa. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021.)



Kuva 1. Alzheimerin taudin diagnosointi. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021.)

Lisäksi muistisairauden selvittämisessä tarvitaan toisinaan lisätutkimuksia erotusdiagnostisissa tilanteissa. Silloin tutkimukseen osallistuvat erikoislääkärit, kuten neurologi tai geriatri. Muita lisätutkimuksia ovat selkäydinneste- sekä erilaiset geneettiset tutkimukset. Myös lisätutkimuksissa tehdään kuvantamistutkimuksia, kuten toiminnallisia PET-kuvauksia, joissa tarkkaillaan aivojen dopamiinitoimintaa. Lopulta voidaan päätyä myös suorittamaan biopsia, jolloin aivoista otetaan näytepala. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021.)

Muistisairaita potilaita tulee tarkkailla säännöllisesti ja heidän mahdollisia käytösoireitaan pyritään ehkäisemään sekä lääkkeettömillä, että lääkinnällisillä keinoilla. Kokonaisvaltaisen hoidon lisäksi lääkinnälliset keinot ovat tärkeitä etenkin silloin, kun puhutaan vaikeasta levottomuudesta, psykoosista tai masennusoireista. (Rinne & Tuunainen 2017.)

2.1.2 Alzheimerin tauti

Tässä opinnäytetyössä käsitellään Alzheimerin taudinkuvaa ja etenemistä, sillä se on yleisin kaikista muistisairauksista. Alzheimerin tautiin, kuten moneen muuhunkin sairauteen, liittyy monia riskitekijöitä, jotka edesauttavat tai altistavat herkemmin sairastumiselle. Näitä ovat muun muassa korkea verenpaine ja kolesterolipitoisuus veressä, diabetes sekä erilaiset valtimosairaudet. Korkea ikä on myös aina suuri riskitekijä. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021.)

Alzheimerin tauti (AT) on yleisin iäkkäämmillä ihmisillä, mutta sitä tavataan joskus myös nuoremmilla, alle 65-vuotiailla. Alzheimerin tautia sairastavan oireet ilmenevät vaiheittain ja hitaasti, ja sitä tunnetaan kolme tyyppiä: tyypillinen, epätyypillinen ja sekatyyppinen. Tauti on harvoin perinnöllinen. (Hallikainen 2019.)

Tyypillinen muoto painottuu muistiin ja on samalla kaikkein yleisin muoto. Tapahtumien ja keskusteluiden muistamisen vaikeus on selkeä ensimmäinen oire. Sen mukana tulevat hankaluudet oppia uusia asioita sekä palauttaa mieleen jo opittuja asioita. Muistaminen myös vaikeutuu tasaisesti ajan myötä. Epätyypillistä AT:n muotoa esiintyy nuorilla ihmisillä ja sitä kutsutaan posterioriseksi Alzheimerin taudiksi. Sekatyyppinen Alzheimerin tauti on yleinen henkilöillä, joilla tiedetään muistiongelmien lisäksi olevan myös jokin muu aivoverenkiertosairaus tai rappeuma, ja sitä esiintyy usein yli 80-vuotiailla. (Hallikainen 2019.)

Alzheimerin tautiin kuuluu useita neuropatologisia muutoksia. Näitä ovat amyloidiplakit (valkuaisainekasauma hermosolun ulkopuolella), neurofibrillivyyhdit (valkuaisainekasauma hermosolun sisällä) sekä näiden solujen välille muodostuneiden yhteyksien katoaminen. Muutosalue keskittyy pääasiassa ohimolohkoon ja sen sisäosiin, entorinaaliseen kuorikerrokseen sekä hippokampukseen. Näitä muutoksia kehittyy usein jo kymmenen tai kaksikymmentäkin vuotta ennen kuin ensimmäiset muistioireet edes havaitaan. (Hallikainen 2019.)

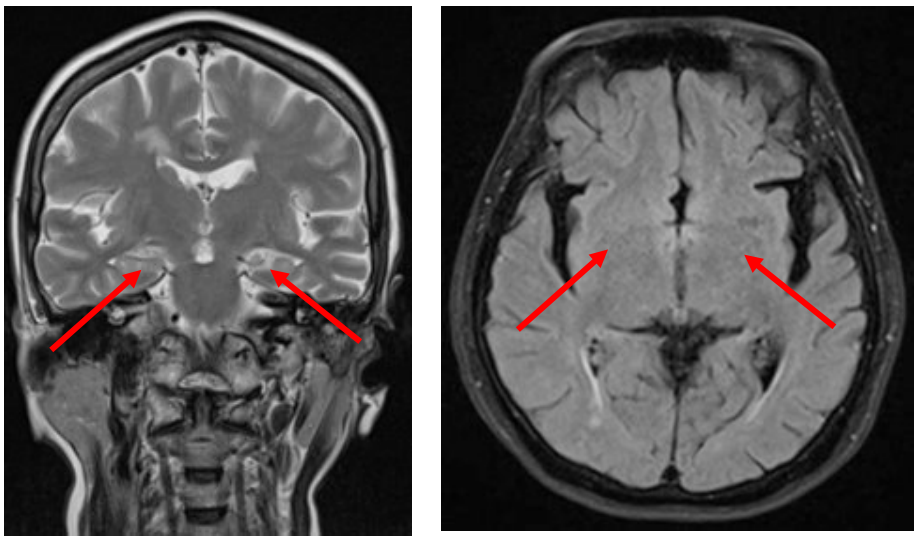
Muistin toiminnan tärkeimpänä mekanismina aivoissa pidetäänkin limbisen järjestelmän hippokampusta, jonka on todettu liittyvän tapahtumamuistiin. Hippokampus sijaitsee molemmin puolin aivoja korvan lähellä ohimolohkolla ja saa viestinsä pääasiallisesti läheiseltä entorinaaliselta aivokuorelta. Entorinaalinen aivokuori kerää tietoa aivokuoren

muilta osilta ja välittää tietonsa hippokampuksen tuotettavaksi yhä eteenpäin pitkäaikaiseen muistiin ohimolohkon tai otsalohkon alueille. (Soinila 2015.)

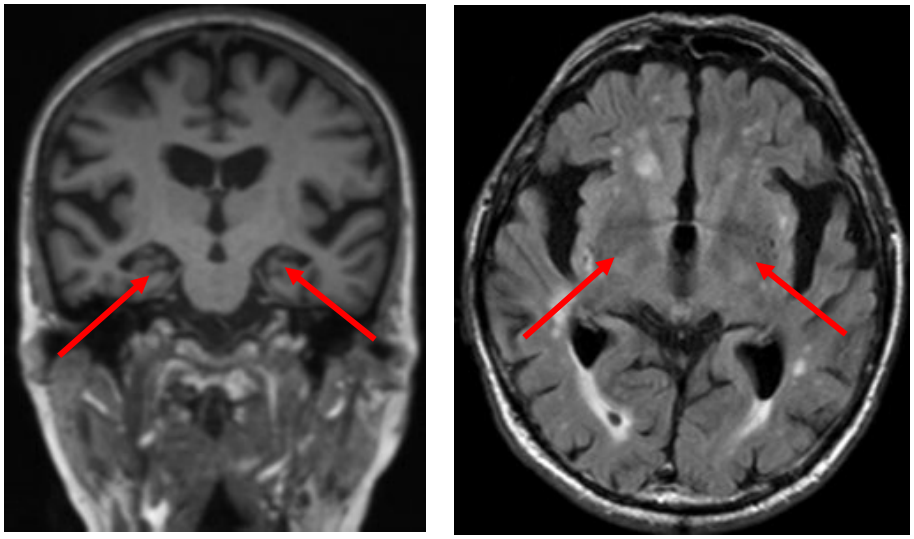
Hippokampusalueen sekä entorinaalisen aivokuoren muistioireet voivatkin aluksi liittyä lähimuistin huonouteen ja siihen, että uudet asiat eivät jää mieleen. Alzheimerin taudin edetessä muutoksia ilmenee muuallakin limbisen järjestelmän ja kuorikerroksen oppimisviestejä kuljettavien yhteyksien välillä. Kun rappeuman aste laajenee yhä edelleen muualle prefrontaalisiin ja parietaalisiin alueisiin aivokuorella, tauti etenee semanttisen muistin, hahmottamisen ja kokonaisvaltaisemman toimintakyvyn heikkenemiseen. (Karrasch & Hokkanen & Hänninen & Hietanen 2020.)

2.1.3 Alzheimerin taudin kuvantamislöydökset

Alzheimerin taudin magneettikuvantamislöydöksistä merkittävin on hippokampuksen kudoskato, jonka arvioimiseen käytetään apuna myös mallikuvastoja. Atrofian tasoa ja aivojen kokonaistilavuutta arvioidaan magneettikuvista visuaalisen tarkastelun sekä erilaisten mittausten perusteella. Isotrooppisia vokseleita voidaan myös vertailla digitaalisesti varta vasten kehitetyillä tekniikoilla. (Vanninen & Mäntylä & Salonen & Valanne & Rinne & Erkinjuntti 2015.)



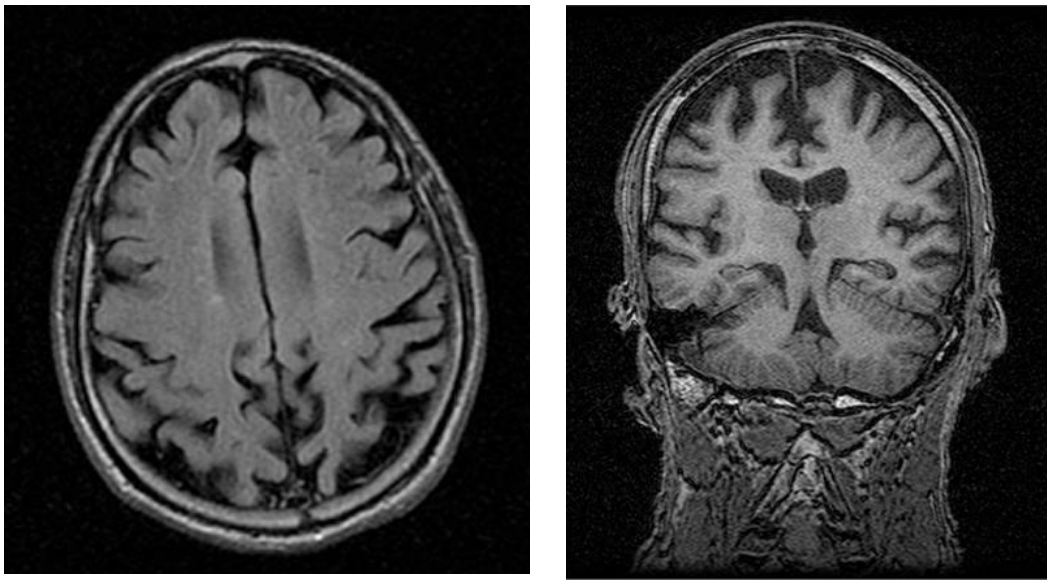
Kuva 2. Varhainen AT MRI, aksiaali- ja koronaalileike. (Radiopaedia.org).



Kuva 3. Edennyt AT MRI, aksiaali- ja koronaalileike. (Radiopaedia.org).

AT:n kudoskatoa arvioitaessa 3D-kuvauksessa näkyvistä hippokampuksen muutoksista tehdään tilavuusmittauksia. Hippokampusatrofian asteen määrittely onkin yksi laajimmin käytettyjä biomarkkereita Alzheimerin taudin diagnosoimisessa. Taudin varhaisvaiheessa hippokampukset saattavatkin kutistua jopa 40 %. Alkuvaiheen AT:n diagnostiikassa on havaittavissa myös kudoskatoa entorinaalisessa kuorikerroksessa, mutta sen arvioiminen ei ole diagnostisesti yhtä luotettavaa kuin hippokampusatrofian. Muistisairaan magneettikuvauksessa on nähtävissä lisäksi aivojen sentraalista ja kortikaalista kudoskatoa, joskin sentraalinen atrofia liittyy myös tavalliseen ikääntymiseen. AT:n valkean aineen muutokset puolestaan ovat yleensä samantasoisia kuin terveillä ikääntyneillä. (Schröder & Pantel 2015; Vanninen ym. 2015.)

Harvinaisemmassa versiossa eli posterior kortikaalisessa atrofiassa Alzheimerin taudin diagnostiikka voi olla hieman haastavampaa, sillä oireet ovat taudille epätyypillisiä. Magneettikuvauksella on nähtävissä päälakilohkon eli parietaalinen kudoskato, jonka astetta arvioidaan Koedamin luokituksen avulla. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021; Vanninen ym. 2015.)



Kuva 4. Posterior kortikaalinen atrofia MRI (FLAIR aksiaali ja T1 koronaali). (Radiopaedia.org).

Kuvantamistulokset ovat usein etenkin varhaisdiagnostiikassa suuntaa-antavia, sillä lievistä muistioireista kärsivien löydökset voivat olla samankaltaisia, kuin normaalin anatomian ja iän mukana tulevan vaihtelun rajat. Kuvantamistuloksista saa kuitenkin erotusdiagnostista apua, mutta varsinaista diagnoosia tehtäessä tärkeää on kuvantamistuloksen lisäksi huomioida esitiedot, kliininen ja neurologinen tutkimus sekä tietojenkäsittelytaidon selvitykset. (Vanninen ym. 2015.)

3 ”Muistipää” magneetissa

Muistisairauksia tutkittaessa magneettikuvaus on suositeltavin kuvantamismenetelmä, sillä se on kudoserottelun kannalta tarkempi ja säderasituksen kannalta parempi vaihtoehto kuin tietokonetomografia (TT). TT-kuvaus puolestaan soveltuu parhaiten trauman ja erilaisten aivoverenvuotojen poissulkuun sekä sellaisille potilaille, joilla on vasta-aihe magneettikuvaukseen. Myös TT-kuvauksella voidaan havaita kudoskato. Lisätutkimuksena harkinnan mukaan voidaan käyttää aivojen aineenvaihdunnan tilaa selvittäviä PET- tai SPET-tutkimuksia. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021; Vanninen ym. 2015.)

3.1 Magneettikuvaus

Magneettikuvaus on ionisoimaton kuvantamismenetelmä, joka perustuu pääasiassa vetyatomien protonien ydinmagneettiseen resonanssiin. Ydinmagneettiset atomit ovat sähköisesti varautuneita ja niillä on taipumus reagoida herkästi ulkoiseen magneettikenttään. Ihminen koostuu pääasiassa vedestä ja rasvasta, joten vety-ytimiä on runsaasti myös kehossa. (Westbrook &Talbot 2018; Lammentausta 2017.)

Normaalitilanteessa kehossa olevat vety-ytimien magnetisaatiot ovat järjestäytyneet satunnaisiin suuntiin. Kun ihminen viedään magneettikuvauslaitteen voimakkaaseen ulkoiseen magneettikenttään, vety-ytimien protonit virittyvät, eli järjestäytyvät joko kentän suuntaisesti tai sitä vastaan. (Lammentausta 2017.) Diagnostisessa käytössä olevien magneettikuvauslaitteiden kenttien voimakkuudet vaihtelevat yleensä 1,5–7 teslan (T) välillä (Korvenoja 2020).

Kuvauksen aikana laitteeseen tuotetaan radiotaajuinen pulssi (RF), jonka tarkoituksena on häiritä vety-ytimien järjestäytymistä. RF-pulssin aikana ytimet absorboivat itseensä energiaa ja kääntyvät. Käytetyn RF-pulssin kesto vaikuttaa kääntymän kulman suuruuteen, ja eri sekvensseissä käytetäänkin erikestoisia pulsseja erilaisin toistovälein. RF-pulssin jälkeen ytimet relaksoituvat, eli palautuvat lähtötilanteeseen samanaikaisesti vapauttaen varastoimansa energian sähkömagneettisena säteilynä. Relaksaation aikana vapautuneesta energiasta kerätään FID-signaalista tuleva kaiku (echo) samalle taajuudelle varta vasten viritetyllä kelalla. Kela sijoitetaan lähelle sitä kehon osaa, josta signaali halutaan kerätä. (Westbrook & Talbot 2018; Lammentausta 2017.)

Kuvauslaitteessa käytetään kahta perusparametriä kuvanmuodostuksen määrittelyyn. Kahden perättäisen RF-pulssin välistä aikaa kutsutaan toistoajaksi (TR = repetition time) ja ytimien virityksen sekä FID-signaalin talteenoton välistä aikaa taas kaikuajaksi (TE = time of echo). TR ja TE määrittelevät relaksaatiosignaalin voimakkuutta sekä kestoa, ja siten muodostuneen kuvan painotuksen tyypin. (Westbrook & Talbot 2018; Lammentausta 2017.)

Ytimien virittymisen palautuminen tapahtuu kahdella tavalla, pitkittäisellä (T1) ja poikittaisella (T2), ja eri kudostyypeillä on erilaiset relaksaatioajat. T1-painotteisessa kuvassa näkyy kirkkaampana nopeammin palautunut rasva, kun taas neste ei ehdi palautua jääden tummaksi. T2-painotteisessa kuvassa neste näkyy rasvaa kirkkaampana.

Normaalitilanteessa T2-painotuksella kuvattaessa käytetään magneettikentän epähomogeenisuuden aiheuttaman epävaihteistumisen poistoa. Mikäli poisto ei ole käytössä, puhutaan T2*-painotteisesta kuvasta. Protonitiheyspainotteisessa (PD) kuvassa kontrastierot syntyvät vetyatomien erilaisesta tiheydestä eri kudoksessa. (Westbrook & Talbot 2018; Lammentausta 2017.)

Pulsseja tuotettaessa kuvausohjelmaan valitaan sarja erilaisia sekvenssejä, kuten spin-echo (SE), fast spin echo (FSE) ja gradient-echo (GRE), joista jokainen muodostaa toinen toisestaan poikkeavan signaalin. Kuvausohjelmia voidaan myös nopeuttaa. Perussekvenssien lisäksi voidaan käyttää erilaisia supressio-ohjelmia kuten rasvan poistava (STIR) tai vapaan nesteen poistava (FLAIR). Laitteesta riippuen FLAIR voi olla myös nimeltään dark fluid. Suppressio-ohjelmissa hyödynnetään inversiopulssia, jonka aikaa säädetään asetuksella TI. (Lammentausta 2017; Westbrook & Talbot 2018.)

3.1.1 Kuvanmuodostus

K-avaruus koostuu raa'asta magneettidatasta, jota käsittelemällä saadaan aikaiseksi lopullinen kuva. Yksittäinen tutkittava leike tarkoittaa vastaavasti yhtä reaaliaikaista k-avaruuden tasoa, joka sisältää tietoa sekä taajuudesta että vaiheesta ja lisäksi kirkkaudesta. Lopullisen kuvan sisältämä yksittäinen pikseli sisältää k-avaruudessa olevien yksittäisten pisteiden summan, ja on siten erilaisissa häiriötilanteissa erittäin altis vääristymille lopullisessa kuvassa. (Bashir & Murphy 2012.)

Onnistunut magneettikuva sisältää neljä päätekijää: korkean SNR:n (signal-to-noise ratio), hyvän CNR:n (contrast-to-noise ratio), korkean spatiaalisen resoluution sekä lyhyen kuvausajan. Näiden tekijöiden täsmätessä kuvasta on selkeästi erotettavissa eri anatomiset rakenteet ja patologiset tekijät. Täydellistä parametrien suhdetta on kuitenkin mahdoton saavuttaa, sillä aina löytyy tekijöitä, jotka vaikuttavat niihin eri tavoin. Kompromisseja on siis tehtävä parhaimman mahdollisen tasapainon ja lopputuloksen saavuttamiseksi. (Westbrook & Talbot 2018: 209–210.)

SNR tarkoittaa tulevan signaalin laajuuden ja taustakohinan keskimääräisen laajuuden suhdetta. Signaali on siis vastaanottavassa kelassa indusoituva jännitteen määrä ja sen käyttäytyminen on helposti ennustettavissa ja muokattavissa. Kohina taas koostuu satunnaisista taajuuksista ja ympäristön tuottamasta taustamelusta ja jopa potilaasta

itsestään. Tärkein tekijä SNR:n optimoinnissa on saada vahvistettua signaalin osuutta suhteessa kohinaan, heikentämättä kohinaa. (Westbrook & Talbot 2018: 210.)

CNR on kahden vierekkäisen alueen välinen ero. CNR:ää ohjaavat myös SNR:ää ohjaavat tekijät. Sillä on merkittävin rooli kuvanlaatuun vaikuttamisessa, sillä sen avulla voidaan suoraan erottaa matalan ja korkean signaalin alueet toisistaan. CNR:ään vaikuttavat sekä ulkoiset, että sisäiset parametrit, kuten kuvan kontrastiin yleensä. CNR:ää voidaan kasvattaa käyttämällä pitkää TR:ää sekä lyhyttä TE:tä ja käyttämällä suurta kääntökulmaa sekä sopivaa kelaa. Kohinaan on vaikeaa vaikuttaa, eikä se ole helposti muunnettavissa. Tällöin voidaan hyödyntää kapeaa vastaanottotaajuutta, jolloin harvempia taajuuksia tarvitsee testata. Signaalia vahvistamalla suhteessa kohinaan parannetaan myös SNR:ää. (Westbrook & Talbot 2018: 226.)

3.1.2 Spatiaalinen resoluutio

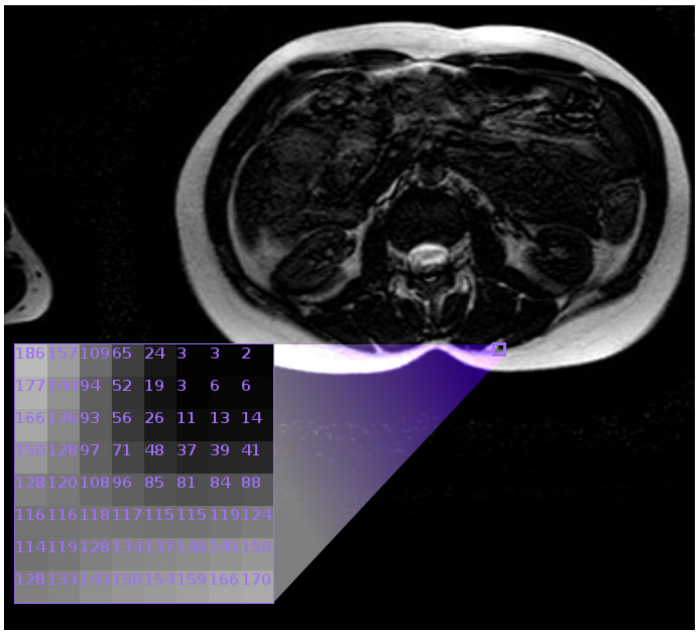
Kun puhutaan kyvystä erottaa kaksi erilaista pistettä toisistaan, puhutaan silloin spatiaalisesta resoluutiosta. Sen määrittää vokselikoko. Korkea spatiaalinen resoluutio (pienet vokselit) tuottaa kuvia, joista voidaan erottaa hyvin pieniä yksityiskohtia. Suurten vokseleiden kohdalla tilanne on päinvastainen. Käytettäessä ohuita leikkeitä erottelukyky siis paranee. (Westbrook & Talbot 2018: 232.)

Vokselikoko määrittää resoluution. Hyvä resoluutio saavutetaan pienellä vokselikoolla, jolloin tarvitaan ohuita leikkeitä sekä pientä FOV:ia ja suuripikselistä matriisia. (Westbrook & Talbot 2018: 234.) Koska suurissa vokseleissa on enemmän spinejä tai ytimiä verrattuna pieniin, myös niiden osuus signaalin muodostumisessa on merkittävä. Tällöin myös niiden SNR (signal to noise ratio) on suurempi. SNR on sidoksissa vokselikokoon, jolloin minkä tahansa parametrin muutos vaikuttaa suoraan SNR:ään (suuri vokselikoko = suuri SNR ja pieni vokselikoko = pieni SNR). Kun esimerkiksi yhden leikkeen paksuus puolitetaan, puolittuu samalla myös vokselikoko ja SNR. (Westbrook & Talbot 2018: 221.)

On tärkeää erottaa termit resoluutio ja matriisi toisistaan. Resoluutiosta puhuttaessa tarkoitetaan jokaisen pikselin kokoa, toisin kuin matriisi, josta puhuttaessa viitataan kyseisen kokoisten pikselien lukumäärään. Kun pikselien koko kerrotaan niiden lukumäärällä (kuvamatriisilla), saadaan tulokseksi FOV. (Westbrook & Talbot 2018: 233.)

FOV (Field Of View) tarkoittaa tutkittavaa aluetta, joka luodaan sekä taajuus- että vaihekoodauksen avulla. Näiden alueiden määrittäminen vaikuttaa aina erotuskykyyn. (Duodecim 1992.) Kun FOV jaetaan matriisikoolla, saadaan tasossa olevan vokselin koko. Eli tässä tapauksessa FOV:in kumpaan tahansa suuntaan kasvattaa vokselien kokoa ja näin ollen pienentää resoluutiota. FOV:in pienentäminen parantaa resoluutiota. (Yeung & Murphy 2011.)

Kuvamatriisi rakentuu sekä sarakkeista että riveistä. Näistä määrittyvät kuvan pikselit. Matriisin koko saadaan lausekkeella sarakkeet x rivit x bittisyvyys (k bit). Bittisyvyys taas on bittien lukumäärä yhdessä pikselissä (harmaaskaala = 2k-bit). Mitä korkeammasta bittisyvyydestä puhutaan, sitä laajemmasta harmaaskaalasta on kyse ja sitä parempi kontrastiresoluutio. (Murphy & Jones 2017.)



Kuva 5. Case courtesy of Dr Candace Makeda Moore, Radiopaedia.org, rID: 70511

On myös muita keinoja vaikuttaa SNR:ään. Sitä voidaan muokata muuttamalla kuvamatriisia. Pikselien lukumäärä muodostaa kuvamatriisin, jota kuvataan kahdella eri numerolla: pikselien määrä taajuussuunnassa (kuvan pitkittäisakseli) ja pikselien määrä vaihesuunnassa (kuvan lyhyt akseli). Jos vaihesuunnan pikselimäärää kasvatetaan, FOV (field of view) ei muutu, mutta pikselit ovat pieniä ja tällöin myös vokselit, ja jälleen tilavuuden pienetessä myös SNR pienenee. SNR:ään voidaan vaikuttaa myös FOV:ia muuttamalla. Kun FOV:ia pienennetään puoleen, puolittuvat myös matriisin taajuus- ja vaihesuunnat. Tässä tapauksessa vokselimäärä sekä SNR pienevät neljäsosaan. SNR

kasvattaminen voi olla tarpeen riippuen kuvattavasta alueesta ja vastaanottavasta kelasta, etenkin kun käytössä on suuri kela sekä pieni FOV. (Westbrook & Talbot 2018: 221.)

3.1.3 Artefaktat

Magneettitutkimukset ovat erittäin alttiita erilaisille häiriötekijöille, jotka synnyttävät vääristymiä kuviin. Näistä kaikkein yleisin vääristymä johtuu liikeartefaktoista, eli liikkeen aiheuttamasta häiriöstä (levoton potilas), jolloin kuvan yksityiskohdat levittyvät vaihekoodaussuunnassa. Liikettä voidaan havaita joko koko kohteen liikkuessa tai jonkin pienen osan liikkuessa kuvausalueella. Vaihekoodaussuunnassa käytettäessä liian pientä kuva-alaa (FOV) suhteessa kohteeseen, voidaan havaita aliasoitumista (myös terminä wrap-around), jossa kuva-alan ulkopuolelle rajautuvat alueet heijastuvat vastakkaiselle reunalle (esim. nenä osoittaa kohti takaraivoa). (Yeung & Jamel 2011). Taajuuskoodaussuunnassa sekä metalli että vesi ja rasva voivat aiheuttaa vääristymiä kuviin. Kemiallisessa siirtymisessä veden ja rasvan kuvautuminen tapahtuu taajuuskoodaussuunnassa eri kohtiin, kun taas metalli aiheuttaa signaalin kasaantumista sen ympärille (täysin selkeät mustat tai valkoiset alueet). (Lammentausta 2017.)

3.1.4 Liikeartefakta

Muistisairauteen liittyviä ensioireita ovat siis erilaiset käytösmuutokset ja personallisuuden muutokset. Potilaan oma arviointikyky on heikentynyt yhdessä toiminnanohjauksen kanssa ja hän voi liikkua ja käyttäytyä levottomasti tai on vastaavasti apaattinen. Käytökseen vaikuttaa aivoatrofian sijainti. (Remes ym. 2018.)

Kudoksen tai nesteen liikkeestä syntyy usein vaihekoodattu liikeartefakta. Aksiaali- tai koronaalileikkeissä se ilmenee ”haamukuvana” lyhyen akselin suuntaisesti vasemmalta oikealle. Fyysisen liikkeen lisäksi hengitys tai nieleminen voivat aiheuttaa liikettä, mutta selkeästi erillisinä ja hienovaraisempina ”haamuina”. Potilaan liikkuminen taas näkyy selkeämpänä virheenä tai suttuna vaihesuunnassa. Se havaitaan siis koko FOV:in leikkaavana artefaktana. Käyttämällä lyhyttä kuvausaikaa voidaan vähentää artefaktojen syntymistä. (Gaillard & Baba 2008.)

Lisäksi on olemassa ns. levottoman potilaan sekvenssejä, sekä erilaisia automaattisia liikkeen korjaustekniikoita, joilla kuvanlaatua voidaan parantaa. (Vanninen ym. 2011).

Esimerkiksi Siemensillä on käytössään tähän tarkoitukseen olevia liikettä korjaavia spinkaikusekvenssejä, kuten BLADE ja PROPELLER. (Weerakkody & Hassanzadeh 2010). Philipsin liikkeenkorjaussekvenssit kulkevat nimellä Multivane. (Westbrook & Talbot 2018).

3.2 ”Muistipää”-protokolla

Uusimman Käypä hoito -suosituksen mukaan muistisairauksien varhaisvaiheen tutkimisessa käytettävän MK-protokollan tulisi sisältää vähintään kolme perussekvenssiä, joiden yhteiskesto on noin 15 minuuttia. Perusvalikoimaan kuuluvat yleensä T2-painotteinen sekä FLAIR-sekvenssi. Näillä kahdella saadaan hyvä yleiskuva aivoista ja nähdään valkean aineen muutokset sekä infarktit. Kolmantena sekvenssinä kuvataan T1-painotteinen 3D-gradienttikaikukuvaus sagittaali- tai koronaalisuunnasta isotrooppisin vokselein. T1-sekvenssistä rakennetaan rekonstruktiot kohtisuoraan hippokampuksen akselia vastaan, joten sillä voidaan arvioida tarkasti hippokampusalueen kudoskadon astetta sisemmän ohimolohkon ja aivojen yleisen tilan lisäksi. Jos potilas on kovin levoton, voidaan käyttää nopeampia kuvaussekvenssejä sekä korjata liikkeen aiheuttamia artefaktoja. Käypä hoito -suosituksesta ei löydy tietoja leikepaksuuden, vokselikoon ja FOV:in valinnan osalta. (Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021; Vanninen ym. 2015.)

Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) on vuonna 2004 perustettu yksityisen ja julkisen sektorin rahoittama pitkittäistutkimuskeskus, jonka tarkoituksena on kehittää Alzheimerin taudin tutkimisessa käytettäviä biomarkkereita ja siten edistää taudin varhaista havaitsemista sekä seurantaa. ADNI on tutkimuksissaan kerännyt ja validoinut dataa osallistujatahoiltaan magneettikuvauksista sekä hyödyntänyt sitä standardoitujen ADNI MK-protokollien kehittämisessä. Vuosien aikana ADNI-protokolla on kehittynyt ja muuttunut laitteiden kehityksen mukana. (Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative.)

Vuodesta 2016 alkaen voimassa oleva protokolla on versioltaan ADNI-3, ja se on saatavilla perustasoisena sekä kehittyneempänä versiona. Jokainen ADNI-3-perusprotokolla laitevalmistajasta riippumatta sisältää yleensä rakenteellisesti T1-painotetun (MP RAGE), 3D FLAIR-, T2* GRE-, ASL-, diffuusion ja hippokampuksen korkean resoluution sekvenssit. Taulukossa 1. on kuvailtu sekvenssejä tarkemmin.

Taulukko 1. ADNI-3 protokollan sekvenssit. (mukaillen Radiopaedia.org; ADNI.)

Sekvenssi	**Tarkoitus**	**Selite**	**Parametrit**	**FOV ja rekonstruoitu resoluutio**
MP RAGE (T1)	T1-painotteinen rakenneanalyysi aivoista, atrofian aste	valkea aine vaalea, harmaa tummempi	TE=min täysi kaiku TR=2 300 TI=900	208 x 240 x 256 mm 1 x 1 x 1 mm
3D FLAIR	valkean aineen poikkeavuudet, pienten verisuonten iskemia	aivo-selkäydinnesteen suppressio	TE=119 TR=4 800 TI=1 650	256 x 256 x 160 mm 1.2 x 1 x 1 mm
T2* GRE (gradienttikaiku)	mikroverenvuodot, kuorikerroksen mineraalikerrostumat	vahvistaa luonnostaan epähomogeenisten kudosten (kuten kalkkeumat) näkymistä	TE=20 TR=650	220 x 220 x 176 mm 0.85 x 0.85 x 4 mm
ASL	verenkierron ja aineenvaihdunnan tila	aivoihin saapuvan veren leimaaminen (labeling)	TE=10.5 TR=4 885 PLDelay= 2 000 (post labeling)	240 x 240 x 160 mm 1.9 x 1.9 x 4 mm
High Res Hippo	hippokampusatrofian aste	tarkka kuva kohtisuoraan hippokampuksen pitkää akselia vasten	TE=50 TR=8 020	175 x 60 x 175 mm 0.39 x 2 x 0.39 mm
Diffuusio	kortikaalisen tai syvän harmaan aineen rajoittunut diffuusio	vesimolekyylien liikkeen mittaaminen hyödyntäen laskennallisia kertoimia	TE=56 TR=7 200	232 x 232 x 160 mm 2 x 2 x 2 mm

4 Opinnäytetyön tarkoitus, tavoite ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, minkälaisia kuvantamisprotokollia Suomen yliopistosairaaloissa käytetään muistisairauksien tutkimisessa magneettikuvantami-

sella. Aiempaa tutkimustietoa aiheesta ei juuri löydy suomeksi, joten kyselyn toteuttaminen antaa hyödyllistä tietoa protokollien yhtenäisyydestä sekä siitä, miten muistisairauksia tutkitaan Suomessa.

Opinnäytetyön tavoitteena on muodostaa kyselytutkimuksen avulla laaja kokonaiskuva siitä, millä tavalla eri yliopistosairaalat ovat määritelleet magneettikuvantamisen asetukset muistisairauksia tutkittaessa. Opinnäytetyön hyödynsaajina toimivat Suomen yliopistosairaaloiden kuvantamiskeskukset. Protokollien keskinäinen vastaavuus ja samankaltaisuuden vertailu tutkimustiedoista löytyvään aineistoon mahdollistaa myös kuvantamistulosten luotettavuuden analysoinnin sekä pohdinnan siitä, onko erilaisilla asetuksilla olennaista merkitystä muistisairauksien diagnosoimisessa.

Suurten ikäluokkien vanheneminen osaltaan tarkoittaa myös muistisairauksien määrän kasvua, jolloin varhaisen diagnosoinnin merkitys kasvaa. Kun sairauksiin kyetään puuttumaan riittävän ajoissa, myös ihmisten elämänlaadun jatkuminen taataan. Samaan aikaan yksilön itsenäisyys ja omatoimisuus vähentävät terveydenhuollon kuormittumista. Lisäksi on eettisestikin tärkeää, että jokaiselle voidaan taata samanlainen ja tasalaatuinen hoito sairauden eri vaiheissa.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Minkälaisia ovat muistisairauksien magneettikuvantamisen nykykäytännöt?
2. Minkälaisia magneettikuvaustekniikoita muistisairauksien tutkimisessa käytetään?
3. Miten muistisairauksien magneettikuvaustekniikoissa käytettävät parametrit (asetukset) eroavat toisistaan?

5 Menetelmät

Opinnäytetyömme perustui määrälliseen tutkimusmenetelmään. Kerromme työssämme kyselytutkimuksen teoriasta ja miten olemme toteuttaneet sen käytännössä. Kerromme lisäksi, miten tutkimuslupaprosessi eteni ja miten analysoimme keräämäämme dataa kirjallisuuteen perustuen, sekä pohdimme saamamme aineiston merkitystä. Aineistoa tarkastellessamme päädyimme hyödyntämään myös laadullisen tutkimusmenetelmän eri keinoja, sillä kyselymme sisälsi avoimia kysymyksenasetteluja.

5.1 Määrällinen tutkimusmenetelmä

Määrällinen tutkimusmenetelmä on tekninen ja luonteeltaan kausaalinen menetelmä, joka pyrkii selittämään ja kertomaan eri ilmiöistä numeroiden avulla. Se siis kuvailee asioita ja niille tapahtuvia muutoksia sekä vaikutuksia toisiin asioihin numeraalisesti. (Vilkka 2015: 225.) Aineistoa voidaan kerätä useilla eri tavoilla, kuten tutkimalla valmiita tilastoja tai rekistereitä, havainnoimalla systemaattisesti jotain ilmiötä tai luomalla kyselykaavakkeen. (Vilkka 2015: 94).

Määrällisessä tutkimuksessa on tärkeää prosessin ja tulosten puolueettomuus. Näin tutkija ei pääse vaikuttamaan vastauksiin. Tulokset tulkitaan siten, että niiden sijoituskohteena toimii ulkopuolinen viitekehys, jolloin vaikuttimina ovat pelkästään ammattialan perinteet ja teoriat. (Vilkka 2007: 16.) Tässä työssä keskitytään vertailevaan tutkimukseen, jonka avulla havainnoidaan samankaltaisiin ilmiöihin ja ihmisiin vaikuttavia tekijöitä eri kohteissa. (Vilkka 2007: 21.)

5.2 Laadullinen tutkimusmenetelmä

Laadullisen tutkimuksen tavoitteena on ymmärtää tai selittää ilmiön merkitystä. Tutkimuksessa käytettävien laadullisten menetelmien tarkoituksena on muodostaa perustelu, eli merkitys tuloksille ja niistä tehtäville johtopäätöksille. Aineiston keruu voidaan toteuttaa esimerkiksi kyselyn, haastattelun tai havainnoinnin avulla harkinnanvaraisen ja ilmiöön sopivan otannan piiristä. (Tuomi & Saarijärvi 2018.)

Laadullinen tutkimusaineisto voidaan analysoida esimerkiksi perinteisen sisältöanalyysin avulla, jonka avulla tutkija vahvistaa teoreettisen viitekehyksensä. Kerätty aineisto koodataan tutkijan päättämien kiinnostusten mukaisesti. Sen jälkeen aineisto voidaan luokitella ja jakaa eri teemoihin. Näiden toimien jälkeen luokiteltu ja koodattu aineisto on valmis analysoitavaksi esimerkiksi induktiivisen (aineistolähtöisen) tai deduktiivisen (teorialähtöisen) erottelun keinoin. (Tuomi & Saarijärvi 2018.)

Laadullinen tutkimusmenetelmä voi toimia myös määrällisen menetelmän rinnalla täydentävänä ja kuvailevana tekijänä kokonaisvaltaisemman kuvan muodostamiseksi. Tutkimusongelman selittäminen syy-seuraus-suhteiden avulla monipuolistaa myös tämän kyselytutkimuksen näkemystä. (Tuomi & Saarijärvi 2018.)

5.3 Kyselytutkimus

Kyselytutkimuksen keskeisen sisällön luovat tutkimukseen valitut mittarit sekä menetelmät. Nämä määrittävät sen, mitä kysytään ja miten sisältöä tulkitaan. (Vehkalahti 2014: 12.) Kyselytutkimuksessa mittausvälineenä käytetään kyselykaavaketta. Kyselykaavakkeen sisältö ratkaisee sen, onko tutkimus lopulta onnistunut vai ei. Onnistunut kyselykaavake sisältää kokonaisuuden, joka rakentuu tilastollisista ja sisällöllisistä näkökohdista. (Vehkalahti 2014: 20.)

Selkeän ja tiiviin kyselykaavakkeen testaaminen on myös tärkeä vaihe. Testaaminen kannattaa suorittaa yleisöllä, joka on kohderyhmää ja ymmärtää kaavakkeen sisällön ja tarkoituksen. Heiltä saatu palaute auttaa huomaamaan mahdolliset puutteet tai virheet ennen varsinaista kyselytutkimusta, jolloin korjauksia ei voi enää tehdä. (Vehkalahti 2014: 48.)

5.3.1 Kyselytutkimuksen toteutus

Opinnäytetyön tiedonkeruumenetelmäksi valikoitui määrälliseen tutkimukseen soveltuva kyselytutkimus, koska tavoite oli muodostaa kokonaiskuva kaikkien yliopistosairaaloiden parhaillaan käytössä olevista protokollista. Yliopistosairaaloiden kuvantamiskeskuksien käyttäminen kyselyn lähteenä oli perusteltua, koska ne toteuttavat kaksi kolmasosaa Helsingin ja Uudenmaan, Varsinais-Suomen, Pirkanmaan, Pohjois-Savon ja Pohjois-Pohjanmaan sairaanhoitopiirien alueella tehtävistä radiologisista tutkimuksista. (STUK 2019.)

Kyselytutkimuksessa saatiin kerättyä vakioitua tietoa käytänteistä, sillä kaikille osallistujille lähetettiin samanlainen kysely. Verkossa toteutettava kysely sopi eri puolilla Suomea sijaitsevien kuvantamiskeskusten vastattavaksi sellaiseen aikaan, kun se heille sopii. (Heikkilä 2014: 15.) Kyselykaavake toteutettiin Metropolian e-lomaketta käyttäen, jolloin saatiin taattua kyselyyn osallistujien tietosuojan toteutuminen ja vastaukset pysyivät anonyymeinä. Verkkokyselyn linkki saatekirjeineen toimitettiin yhteyshenkilöiden kautta niiden yliopistosairaaloiden yksiköiden vastuuhoitajille, joissa muistipää-tutkimuksia pääasiallisesti tehdään.

Kyselykaavakkeen oheen kirjoitettiin kattava ja selkeä saatekirje. (Liite 1.) Saatekirje oli vastaajalle ensikosketus tutkimukseen osallistumiseen ja antoi perustiedot sekä selitti

tutkimuksen sisällön. Siitä löytyivät tiedot, ketä tutkivana osapuolena edustimme, kenen toivottiin vastaan kyselyyn sekä mikä merkitys tutkimusvastauksilla tulisi olemaan. Verkkokaavakkeiden yleistyttyä kyselytutkimusalustana tutkimustiedot olivat heti sähköisessä muodossa, eivätkä sisällä tutkijan tekemiä tallennusvirheitä. Sähköisen kaavakkeen on vain oltava tavoitettavissa. (Vehkalahti 2014: 47–48.)

Kyselyä alettiin rakentaa alkuun yleisten tietojen pohjalta. Tarkoituksena oli kartoittaa alustavat laitekohtaiset tiedot, ohjeistukset sekä kuvausmäärät ja kuvauksiin liittyviä esivalmisteluja. Varsinainen kyselyn runko painottui protokolliin ja sekvensseihin, sekä myös kuvanlaadun arviointiin. Halusimme sisällyttää lomakkeeseen sekä suljettuja että avoimia kysymyksiä yhdessä monivalintaosioiden kanssa. Tällä tavoin halusimme varmistaa, että saisimme perustellumpia ja yksityiskohtaisempia tietoja eri käytännöistä.

Kysymysten muodostaminen oli haastavaa. Painimme pitkään tunnistettavuusseikkojen piilottamisen sekä olennaisten seikkojen esiin tuomisen kanssa. Meillä kummallakaan ei ollut pohjaa käytännön magneettityöskentelyn kanssa, joten rakensimme lomakkeemme pelkästään teoreettisen seikkojen päälle. Saimme apua kyselymme sisällön tiivistämiseen ja muokkaamiseen järkevämpään muotoon.

Kyselykaavakkeen aihepiirit muodostuivat opinnäytetyössä käytettävän teoreettisen viitekehyksen pohjalta (Vilkka 2015: 105). Kysely rakentui viidestä eri osa-alueesta; yleiset tiedot, esivalmistelut ja kuvauksen suunnittelu, muistipää-protokolla, sekvenssit ja kuvanlaadun arviointi. Kysely koostui avoimista sekä suljetuista kysymyksistä, sekamuotoisista kysymyksistä, monivalinnoista ja Likert-väittämistä. Vastaajan oli myös mahdollista jättää halutessaan lisätietoja. Kysymyksistä jokainen asetettiin pakolliseksi, vastaamatta jättämisen estämiseksi ja siten kyselyn yhtenäisyyden takaamiseksi. Vastaajalle annettiin myös mahdollisuus tallentaa keskeneräinen kyselykaavake, mitä varten hänen oli mahdollista jättää sähköpostiosoitteensa kyselyn myöhempää jatkamista varten.

Kyselyn yleinen osio sisälsi yhteensä kuusi kysymystä, kaksi suljettua ja avointa kysymystä sekä yhden monivalinnan ja sekamuotoisen kysymyksen. Esivalmistelut ja kuvauksen suunnittelu -osiossa vastaajalta kysyttiin neljä kysymystä, joista kaksi oli avoimia, yksi monivalinta- ja yksi suljettu kysymys. Muistipää-protokollaa käsitellyt osio sisälsi ensin neljä kysymystä; yhden suljetun kysymyksen, kaksi sekamuotoista ja yhden

monivalintakysymyksen. Viidennen monivalintakysymyksen hippokampuksen kuvantamista käsitelleen kysymyksen jälkeen vastaajalle aukesi avoin täsmentävä lisäkysymys, riippuen siitä kumman vaihtoehdon hän oli valinnut. Kyselykaavakkeen työläin osuus oli sekvenssejä selvittävä taulukko-osuus, jossa vastaajan toivottiin täyttävän parametrejä avoimiin kysymyslaatikkoihin. Kuvanlaadun arviointi -osuudessa vastaajalta tiedusteltiin mielipidettä kahdella neliportaisella Likert-tyyppisellä väittämällä, avoimella kysymyksellä sekä sekamuotoisella kysymyksellä.

5.3.2 Tutkimuslupa

Tutkimuslupia haettiin opinnäytetyön suunnitelman valmistuttua viideltä eri taholta, HYKS:in (Helsingin seudun yliopistollisen keskussairaalan), TYKS:in (Turun yliopistollisen keskussairaalan), TAYS:in (Tampereen yliopistollisen sairaalan), KYS:in (Kuopion yliopistollisen sairaalan) ja OYS:in (Oulun yliopistollisen sairaalan) kuvantamiskeskuksista. Eri yliopistosairaaloiden käytäntö lupaa haettaessa vaihteli, mutta yleisesti lupahakemuksen liitteenä tuli olla hyväksytty opinnäytetyösuunnitelma, kyselykaavake, tiedote ja suostumus tutkittaville sekä henkilörekisteriä koskeva tietosuojaseloste.

Lupahakemukset lähetettiin kaikkiin yliopistosairaaloihin tammikuun 2022 alussa. Hakuprosessi eteni hieman eri tahtiin eri yksiköissä, ja matkan varrella oli muitakin haasteita. Luvanhakuprosessi sisälsi eri käytäntöjä riippuen eri yliopistosairaaloista ja vei ajallisesti suunniteltua pidempään. Haasteeksi osoittautui eri tahojen tai yhteyshenkilöiden löytäminen ja puheyhteyden luominen. Osa henkilöistä oli erinäisistä syistä kykenemättömiä vastaamaan sähköposteihimme ja vastaamiseen saattoi mennä useampi viikko. Toisinaan jouduimme pyytämään ohjausapua, koska luvanhakuprosessi osoittautui kaikin puolin luultua monimutkaisemmaksi.

Lupaprosessin aikana jouduimme tekemään pieniä muutoksia tai tarkennuksia osassa lomakkeista, sekä tarvitsimme niihin ohjaajamme allekirjoituksen. Joillekin osapuolille jouduimme lähettämään muistutusviestin, koska hakuprosessi oli pysähtynyt ennen varsinaista käsittelyvaihetta. Osan hakemuksista ollessa vielä selvitysvaiheessa olimme jo saaneet vastauksia toisista paikoista, sillä luvanhakuvaihe oli tehty hyvin yksinkertaiseksi ja nopeaksi, tai oikeiden yhteyshenkilöiden löytäminen oli tehty selkeämmäksi. Hakulomakkeiden käsittelyvaihe vei myös oman aikansa.

Tutkimusluvista Oulu valmistui parissa päivässä ja Helsinki parissa viikossa. Kuukauden päästä hakemisesta valmistuivat luvat viimein myös Turkuun, Kuopioon ja Tampereelle, joten jokainen yliopistosairaala saatiin kuin saatiinkin mukaan tutkimukseen. Oma työskentelymme koostui tässä vaiheessa lähinnä odottelusta. Vastausvirran pysähtyessä lähellä annettua takarajaa, jouduimme pidentämään vastausaikaa ja jälleen laittamaan muistutusviestikierroksen yhteyshenkilöillemme. Tällä kertaa lisäsimme e-lomakelinkin suoraan eteenpäin välitettävään sähköpostiin varmistaaksemme, että kysely löytäisi mutkitta perille ja tulos oli toivottu.

5.3.3 Aineiston analyysi ja luotettavuus

Kyselytutkimuksella kerättävä aineisto analysoitiin tilastollisin ja laadullisin menetelmin. Tarkoituksenamme oli pystyä muodostamaan kokonaisuus, josta havainnollistamme eri muuttujien välisiä suhteita ja mahdollisia eroavaisuuksia. Halusimme muuttujien luokittelun lisäksi arvioida kyselyn luotettavuutta. Suunnittelimme ottavamme huomioon myös mahdollisten virheellisten tietojen vaikutuksia kyselymme tuloksiin. Päätimme pohtia otannan koon ja vastausprosentin riittävää suuruutta ja näin ollen tulosten tarkkuutta. (Heikkilä 2014.)

Pohdimme etukäteen mahdollisten vastausten määrää ja sen vaikutusta eri muuttujien käsittelytapoihin. Mikäli muuttujia on vain yksi, on sopivaa käyttää sijaintilukuja, kuten esimerkiksi moodi ja keskiarvo. Nämä luvut kertovat missä havaintoarvot sijaitsevat. Hajontaluvut taas kertovat poikkeavuudesta arvojen kesken. Yksi muuttuja ei kuitenkaan tule antamaan riittävän tarkkaa kuvaa aineistosta. Tässä tapauksessa on hyvä selvittää lisäksi mediaani ja keskiarvo. Se, miten muuttujan havaintojen sijainti (prosenttipiste) ja painottuminen (moodi) on verrattaessa keskilukuun nähden, antaisi paljon lisätietoa. (Vilkka 2007: 119.) Mikäli selvittäisimme eri muuttujien riippuvaisuutta toisiinsa nähden, käyttäisimme analysointimenetelminä ristiintaulukointia ja korrelaatiokerrointa. Näillä voisimme päätellä, onko havaituilla seikoilla jotain vaikutusta toisiinsa. (Vilkka 2007: 120.)

Tukeaksemme tutkimuksen laatua ja luotettavuutta pyysimme asiantuntija-apua kyselylomakkeen rakentamista varten. Yhteistyön avulla pystyimme näin ollen paremmin varmistamaan oikeanlaisen datan tuottamisen. (Vehkalahti 2014: 40–41.) Luotettavuuden analysoimiseksi pohdimme myös kyselytutkimuksen validiteettia (mitä mitataan ja tilastollinen luotettavuus) ja reliabiliteettia (mittauksen tarkkuus). (Vehkalahti 2014: 41–42.)

6 Tulokset

Tutkimukseen tuli vastauksia kaikkiaan kahdeksan kappaletta. Yksi vastauksista jouduttiin hylkäämään analyysista puutteellisten tietojen vuoksi. Hyväksytyt seitsemän vastausta jakaantuivat viiden yliopistosairaanhoitopiirin kesken siten, että jokaisesta yliopistosairaanhoitopiiristä saatiin ainakin yksi vastaus, yhdestä piiristä kolme vastausta (C, D, G).

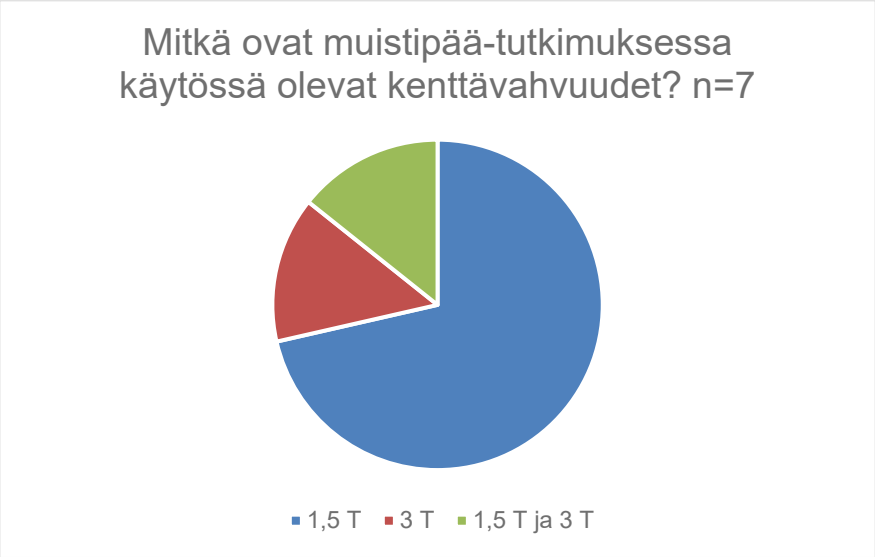
Kaikissa vastanneissa yksiköissä muistipää-magneettitutkimuksen kuvaajana toimii röntgenhoitaja. Lisäksi jokainen vastaaja kertoi radiologin tarkistavan lähetteet etukäteen ja laativan potilaskohtaisen kuvausohjeen. Tutkimukset toteutettiin kuvauslaitteen konsolille ladatun valmiin muistipää-protokollan avulla. Alzheimerin taudin osalta jokaisessa toimipisteessä tutkimuksessa noudatetaan myös kyseistä yksikön rutiiniohjeen mukaista protokollaa.

Taulukko 2. Muistipää-kuvauksien määrä vuosittain.

Muistipää-kuvauksien määrä vuosittain?		**Noin kpl / vuosi**	**Ei tietoa**	**Alle 100 kpl**	**500–1 000 kpl**
A	2–3 päivittäin	913			X
B	Karkeasti arvioitu noin 40	40		X	
C	Tietoa ei ollut saatavilla.	-	X		
D	Hyvin karkea arvio: 500 kpl (noin 2 kpl / pv)	500			X
E	Ei mitään käsitystä.	-	X		
F	Noin 500	500			X
G	Noin 1 000	1 000			X

Muistipää-tutkimuksen vuosittaiset kuvausmäärät vaihtelevat yksikkökohtaisesti muutamista kymmenistä jopa tuhanteen kuvaukseen (Taulukko 2). Tutkimuksessa yleisimmin käytössä oleva kenttävahvuus on kyselytutkimuksen perusteella 1,5 T, joissakin paikoissa on käytössä myös 3 T (Kuvio 1).

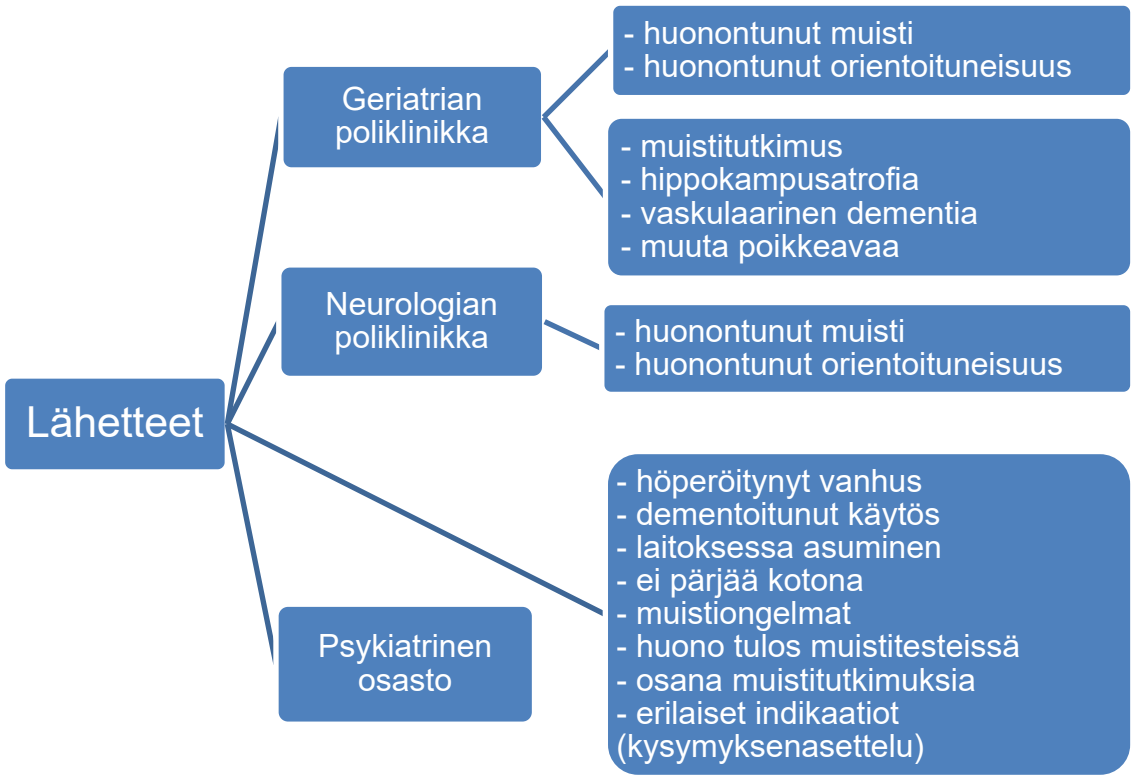
Kuvio 1. Tutkimuksessa käytettävät kenttävahvuudet.



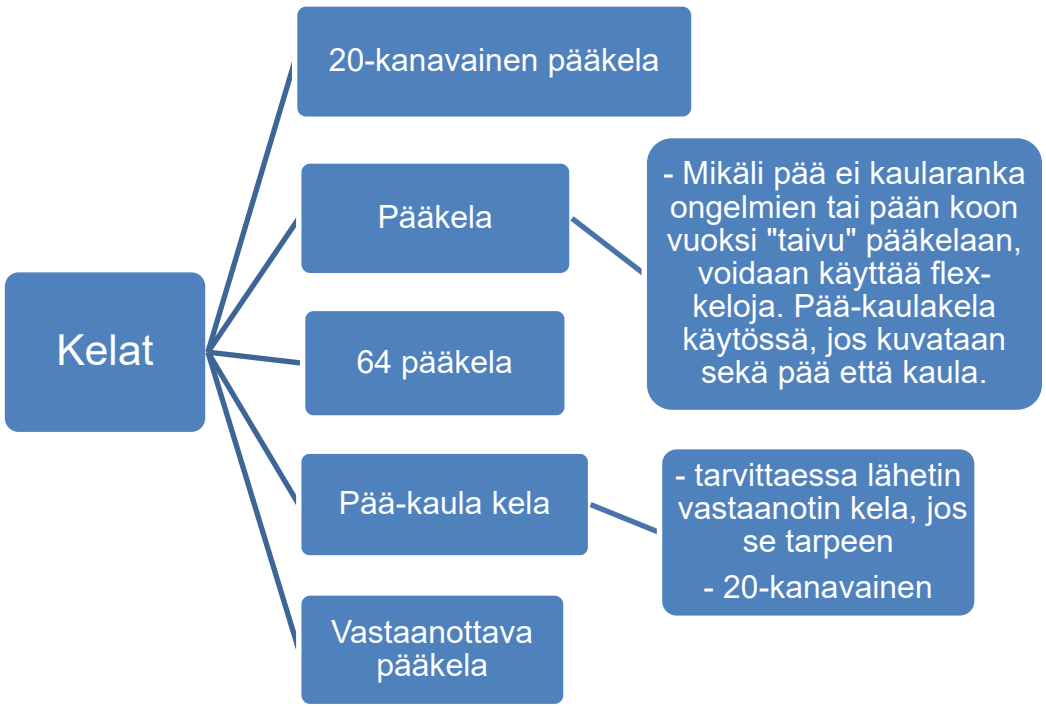
Vain vastaaja G kertoi, että tutkimukselle on oma erillinen potilasohjeensa, muissa yksiköissä noudatetaan magneettitutkimuksien yleisohjetta (Kuvio 2). Kuvausohje muistipää-tutkimukselle löytyi kuudessa seitsemästä yksiköstä, vain vastaaja B ei kertonut sellaista olevan Potilaat tulivat tutkimukseen pääasiassa neurologian tai geriatrian poliklinikan lähetteillä, erilaisten muistiongelmien tai huonontuneen pärjäämisen johdosta (Kuvio 3).

Kuvio 2. Onko yksikössänne olemassa erillinen tutkimuskohtainen potilasohje?

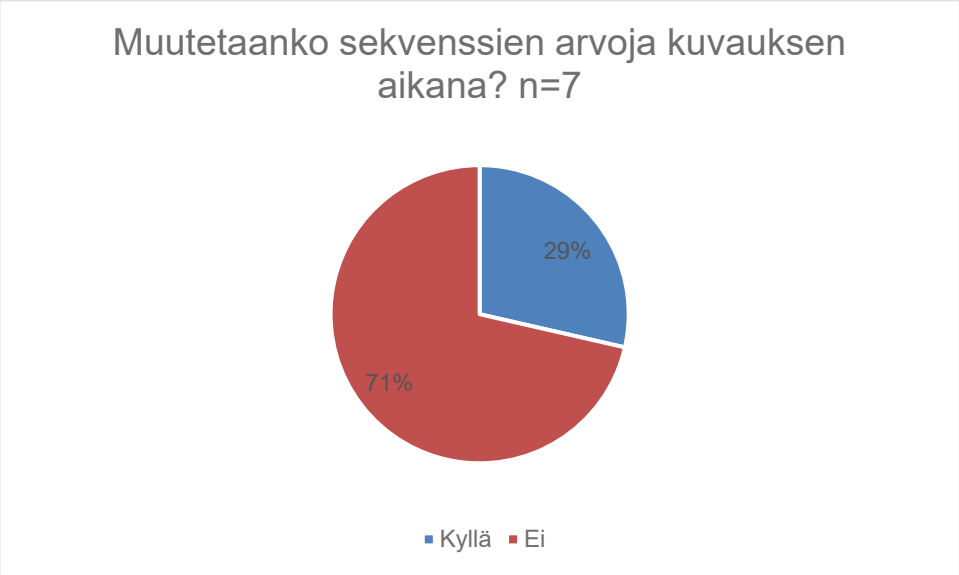
Kuvio 3. Minkälaisilla lähetteillä potilaat tulevat?



Kuvio 4. Kuvauksessa käytettävät kelat.



Kuvio 5. Tehdäänkö sekvensseihin muutoksia?



Vain kaksi seitsemästä vastanneesta (B, D) ilmoitti muutoksia tehtävän tarvittaessa kuvauksen aikana. Vastaaja G vastasi muutosten tekemiseen kielteisesti, mutta kertoi lisätiedoissa muutoksia tehtävän kuitenkin erittäin harvoin. Kaikki yksiköt kertoivat muutosten tekemisen olevan röntgenhoitajan vastuulla, jos niille oli jostain syystä tarve. (Kuvio 5.)

Taulukko 3. Levottoman potilaan kohdalla käytettävät tukikeinot.

Minkälaisia keinoja levottomaan potilaan kohdalla käytetään magneettitutkimuksen onnistumiseksi?							
	A	B	C	D	E	F	G
Rauhoittava lääkitys	x		x		x	x	x
Nopeat kuvausohjelmat	x	x	x	x	x		
Liikkeenkorjaussekvenssit	x	x	x	x	x	x	x

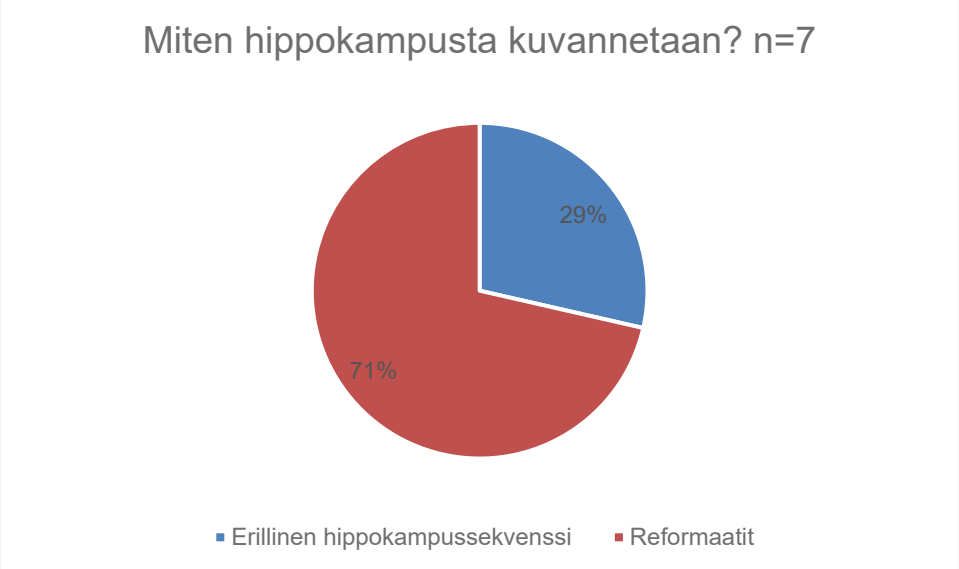
Levottoman potilaan huomioimisen osalta kaikissa yliopistosairaanhoitopiireissä oli käytössä liikettä korjaavat sekvenssit. Vastaajat A, B, C, D, ja E ilmoittivat tarvittaessa käyttävänsä myös nopeampia sekvenssejä. Vastaajat A, C, E, F ja G kertoivat käyttävänsä myös tarpeen vaatiessa rauhoittavaa lääkitystä. (Taulukko 3.)

6.1 Vastauksissa esiintyneet sekvenssit

Hippokampuksen kuvantamisen keinot jakaantuivat kahteen eri tyyppiin (Kuvio 6). Kaksi seitsemästä (A, B) kyselyyn vastanneesta ilmoitti yksikössä olevan käytössä erillisen hippokampus-sekvenssin. Toimipaikka A kertoi hippokampuksen anatomisen suunnittelun tehtävän temporaalilohkoja vasten kohtisuoraan koko aivot kuvausalueella, ja ilmoitti käyttävänsä cNeuro-tekoälyohjelmaa, joka laskee T2 tra blade dark-fl ja T1 cor MPRAGE iso -sekvensseistä muistipääanalyysin. Suomessa kehitetty ohjelma tekee automaattisen tilavuuksien laskennan, huomioiden iän mukana tulevat normaalit muutokset aivoissa. (Combinostics.)

Toimipaikassa B hippokampussekvenssin suunnittelu tehdään arviolta sellasta aivokammioiden loppuun ja sekvenssi on nimeltään T2 hippo cor. Loput viisi kyselyyn vastannutta C, D, E, F ja G kertoivat tekevänsä hippokampusreformaatit T1 sag 3D- tai MPRAGE-sekvenssistä. Toimipaikassa G levottoman potilaan kohdalla reformaatit voidaan korvata tarvittaessa kuvaamalla suoraan hippokampuskippauksella.

Kuvio 6. Hippokampuksen kuvantamisen keinot.



Taulukko 4. Sekvenssit T1 3D ja MPR.

T1 MPR				**TR**	**TE**	**TI**
A	T1 cor mprage iso	3:54	COR	2 300	2,32	900
C	t1_mprage_sag	5:32	SAG	2 000	2,74	1 100
D	t1 mpr sag	4:45	SAG	1 980	3,09	?
E	T1 3D	4:59	SAG	2 200	2,67	900
F	T1 mprage	4:40	SAG	2 000	2,32	900
T1 3D				**TR**	**TE**	**TI**
B	T1 sag 3D	2:50	SAG	8,2	3,7	
G	T1 3D	5:38	SAG	6,9	3,2	

Aivojen rakenneanalyysia varten tärkein sekvenssi on T1. Sen avulla saadaan tarkka kuva aivojen rakenteesta sekä voidaan laskea tilavuuksia sisemmän aivolohkon ja yleisen kudoskadon arvioimiseksi. (Vanninen ym. 2015.) Perinteisessä T1-painotteisessa kuvassa TR- ja TE- ajat ovat lyhyitä, mutta ajoissa voi olla vaihtelua riippuen siitä, onko kyseessä spinkaikusekvenssi, gradienttikaikusekvenssi, 3D-sekvenssi vai MPRAGE. (Jones & Baba 2009.) MPRAGE (Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo) on kuvantamistekniikka, jossa TR-ajat ovat keskimääräisesti perinteistä T1-sekvenssiä pidemmät (yli 2 000 ms) ja kuvaan tuotetaan lisäksi inversiopulssi (TI 600–900 ms) (MRI-questions). Inversiopulssin tarkoitus on parantaa valkean ja harmaan aineen välistä kontrastia (Nederveen & Caan & Smits 2015; 97).

ADNI-3-protokollan ja Käypä hoito -suosituksen mukaan T1 olisi hyvä kuvata isotrooppisin vokselein kuten 3D tai MPRAGE, sillä se on yleisin hippokampusreformaattien sekä aivojen tilavuuslaskennan pohjasekvenssi sekä antaa tarkan kuvan aivojen kokonaisrakenteesta (ADNI; Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021; Di Muzio & Murphy 2015). Jokaisessa paikassa T1 kuvataan suositusten mukaisena. Taulukosta 4. selviää, että toimipaikoissa B ja G kuvataan sagittaalisuuntainen 3D T1 ja kaikkiaan neljässä yksikössä C, D, E ja F sagittaalisuuntainen MPRAGE T1. Myös toimipaikassa A on käytössä MPRAGE, mutta se poikkeaa muista yksiköistä siten, että se kuvataan cor-suuntaisena. Lisäksi toimipaikka A kuvaa 3D-version lisäksi tavallisen T1 spinkaikusekvenssin. Toimipaikan D vastaus on osin puutteellinen, sillä siitä puuttuu tieto inversiopulssista TI.

Taulukko 5. Sekvenssit FLAIR 3D ja FLAIR 2D.

FLAIR 3D				**TR**	**TE**	**TI**
C	3D flair_sag_fs_p3_1mm	3:42	SAG	5 000	397	1 600
D	T2 flair sag	5:52	SAG	5 000	337	?
G	FLAIR 3D	6:38	SAG	4 800	264	1 660
FLAIR				**TR**	**TE**	**TI**
A	T2 tra blade dark-fl	3:56	TRA	9 000	129	2 500
B	flair ax	3:50	TRA	11 000	125	?
E	Tirm Dark-Fluid fs	4:32	TRA	9 000	89	2 500
F	T2 flair	4:32	TRA	9 000	81	2 500

Fluid Attenuated Inversion Recovery (FLAIR) -sekvenssin tarkoituksena on korostaa pään kuvantamisessa aivo-selkäydinnestetäytteisen spinaalikanavan ja periventrikulaarisen valkean aineen leesioita. Sekvenssi antaa myös hyvän näkyvyyden subaraknoidaalivuodoille eli lukinkalvonalaiselle vuodolle (SAV) sekä sopii trauman ja infarktien poissulkuun. (Westbrook & Talbot 2018; Di Muzio & Murphy 2015.) FLAIR tuotetaan yleensä T2-painotteiseen kuvaan lähettämällä 180 asteen inversiopulssi (TI), jonka tarkoituksena on nollata aivo-selkäydinnesteestä tuleva kaiku. Yleensä TI-aika on 1 700–2 200 ms luokkaa. TE- ja TR-aika ovat pitkiä, TE yli 70 ms, ja TR yli 6 000 ms. (Westbrook & Talbot 2018.)

Taulukosta 5. nähdään, että FLAIR on käytössä aksiaalisuuntaisena (tra) toimipaikoissa A, B, D ja E, sagittaalisuuntaisena (sag) se kuvataan toimipaikoissa C, D ja G. Toimipaikoissa C ja G FLAIR:n kerrotaan olevan 3D, mikä onkin juuri ADNI-3 suosittelema kuvaustapa. (ADNI.) Myös toimipaikan D sekvenssi on tulkittavissa 3D-versioksi, sillä sen vokseli on kooltaan isotrooppinen 1 x 1 x 1 mm (Taulukko 9). Vastaaja D ei kuitenkaan ole ilmoittanut inversiopulssin TI-aikaa, vaikka sellainen normaalisti FLAIR-sekvenssiin kuuluisi.

Taulukko 6. Sekvenssit T2.

T2				**TR**	**TE**
A	T2 tra blade	2:14	TRA	5 500	113
B	T2 ax	1:55	TRA	4 438	80
C	t2_tse_tra_p2_448_t84	2:30	TRA	3 810	88
D	T2 tra	5:15	TRA	5 060	84
E	T2	3:01	TRA	5 270	92
F	T2 tse	2:42	TRA	4 000	93
F	T2 tse	2:43	COR	4 030	107
G	T2	3:30	TRA	4 776	100

Taulukosta 6 nähdään, että vaikka ADNI-3-protokollassa ei ole ehdotusta T2-painotteiseen kuvaan, on se kuitenkin käytössä aksiaalisuuntaisena jokaisessa paikassa Käypä hoito -suosituksen mukaisesti (ADNI; Muistisairaudet: Käypä hoito -suositus 2021). Toimipaikassa F kuvataan lisäksi T2 koronaalisuuntaisena. T2-painotteisen kuvan TR- ja TE-ajat ovat pitkiä. Muistipään osalta T2-painotteisen kuvan kiinnostuksen kohdat liittyvät aivojen takaosien sekä limbisen järjestelmän basaaliganglioiden eli tyvitumakkeiden poikkeavuuksiin, sillä näiden alueiden osalta esimerkiksi FLAIR:n näkyvyys on heikompi. (Di Muzio & Murphy 2015; Koponen & Vataja 2015; Nederveen ym. 2015; 98.)

Taulukko 7. Sekvenssit SWI

SWI				**TR**	**TE**
A	swi tra 1,5mm	5:18	TRA	26	19
B	SWI	3:22	TRA	21	28
C	t2_swi_tra_2mm	3:48	TRA	27	20
D	swi 3D tra	4:29	TRA	49	40
E	SWI	4:08	TRA	49	40
F (lisä)	*T2 swi p3*	*3:27*	*TRA*	*28*	*20*
*F (lisä)**	*T2 fl2d hemo*	*2:39*	*TRA*	*749*	*19,8*
G	SWI	4:40	TRA	24	34

**T2 fl2d hemo ei ole tekniikaltaan sama kuin SWI, mutta sillä pyritään kuvanlaadullisesti samaan lopputulokseen.*

Susceptibility weighted imaging (SWI) on magneettikuvaustekniikka, jossa hyödynnetään erilaisten aineiden ja yhdisteiden kuten verituotteiden, raudan sekä kalsiumin magneettiherkkyyden eroja. SWI perustuu korkean spatiaalisen resoluution 3D-gradienttikaiku-sekvenssiin. TR- ja TE-ajat ovat lyhyet. Aksiaalisuuntaisen SWI-sekvenssin avulla on mahdollista tehdä poissulkudiagnoosia erilaisten verisuonianomalioiden, mikroverenvuotojen, kalkkeumien ja aivokasvainten osalta. Sekvenssistä voidaan lisäksi tehdä jälkikäsittelyitä, jossa erityisellä herkkyyskartoituksella saadaan aikaiseksi yksityiskohtaisia anatomisia erotuskuvia verisuonistosta. (Halefoglu & Yousem 2018.)

Mikrovuotoja havaitseva SWI ei ole mukana ADNI-3-perusprotokollassa, mutta sekvenssi on siinä korvattu T2* gradienttikaiku (GRE) -sekvenssillä, sillä sen perusteellaan olevan yleismaailmallisesti paremmin saatavilla ja toimivan vastaavaan diagnostiikkaan (ADNI). Taulukosta 7. käy ilmi, että aksiaalisuuntainen SWI on käytössä kyselyn perusteella perussekvenssinä kuudessa seitsemästä yksiköstä. Toimipaikan F kohdalla SWI:n ilmoitetaan olevan tarvittaessa otettava lisäsekvenssi. Samassa paikassa käytetään myös vaihtoehtoisesti T2 fl2d hemo -sekvenssiä, joka ei teknisiltä asetuksiltaan ole sama kuin SWI, mutta diagnostisesti vastaa T2* GRE-sekvenssin antamia kuvantamistuloksia. (Siebner ym. 1999.)

Taulukko 8. Sekvenssit DWI.

DWI				**TR**	**TE**
B	DWI	0:54	TRA	4 497	87
E	DWI	1:36	TRA	6 300	89

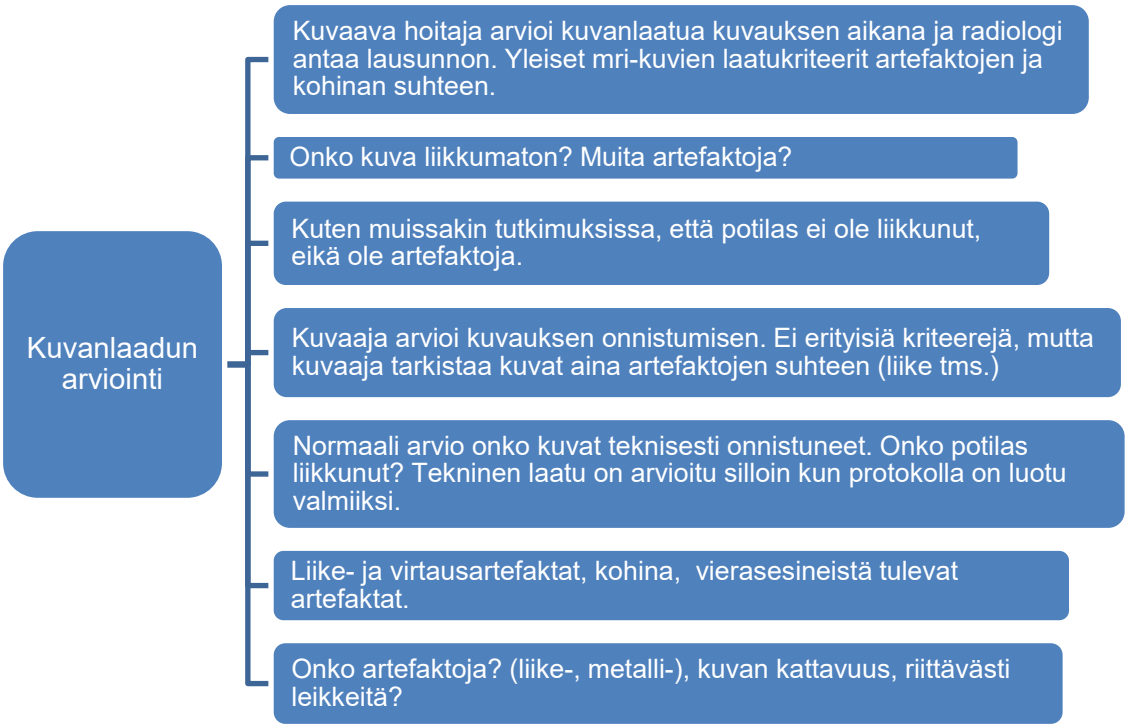
Diffusion-weighted imaging (DWI) on isotrooppinen kuvaustekniikka, jossa tavoitteena on mitata solunsisäisten nesteiden satunnaisliikettä. Diffuusiokuvantamisen hyödyt aivoissa näkyvät parhaiten kasvainten tunnistamisessa ja akuuttien infarktien poissulussa, sillä näissä tilanteissa vapaan nesteen diffuusio on usein estynyt. DWI-tekniikan pohjalla on usein T2* spin-kaikusekvenssi, jota herkistetään voimakkailla gradienttikentillä. Diffuusiota mitataan hyödyntämällä laskennallista diffuusiokerrointa ADC. (Westbrook & Talbot 2018; Bashir & Baba 2012; Vanninen ym. 2015.)

Diffuusiokuvantamisen kiinnostuksen kohteena muistipään osalta voi olla kortikaalisen tai syvän harmaan aineen häiriintynyt diffuusio. Diffuusiokuvista voidaan nähdä esimerkiksi muistiongelmia aiheuttava keskushermostovaskuliitti (Wernicken enkefalopatia) tai Creutzfeldt-Jakobin tauti. (Bashir & Baba 2012; Vanninen ym. 2015.) DWI kuuluu kyselyn perusteella vain toimipaikkojen B ja E muistipään perusprotokollaan (Taulukko 8). Toimipaikan D meille toimittaman yliopistosairaalakohtaisen kuvausohjeen mukaan diffuusio on radiologin tarvittaessa määräämä lisäsekvenssi, kuten se on myös Käypä hoito -suositusten mukaan. ADNI-3-suosituksessa siitä on olemassa perusprotokollaankin versio. (Vanninen ym. 2015; ADNI.)

6.2 Kuvanlaadun arvioiminen

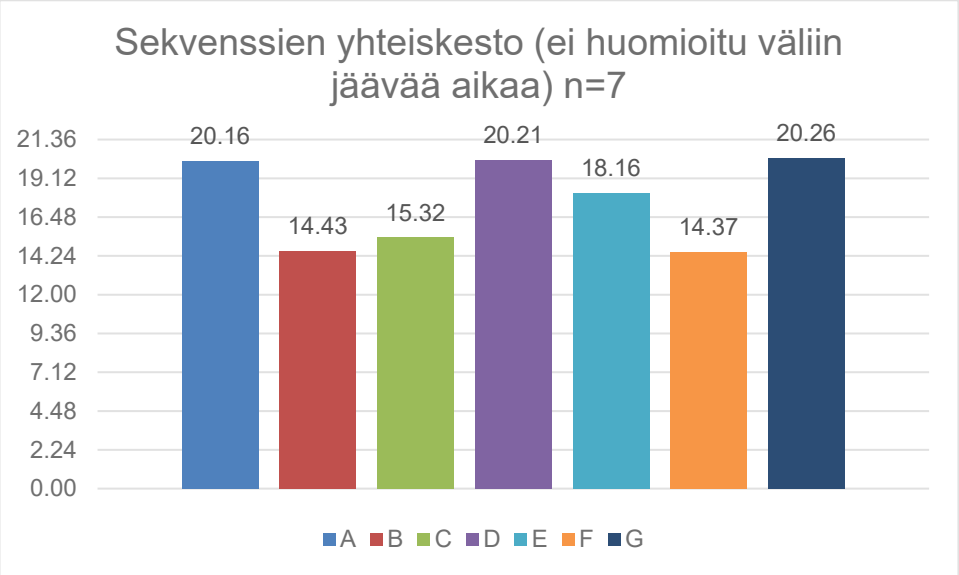
Kaikissa vastanneissa yksiköissä arvioidaan kuvan onnistumista normaalien kuvan teknisten kriteerien mukaan. Artefaktat ja mahdollinen liike johtavat kuvien uusimiseen. (Kuvio 7.)

Kuvio 7. Kuvanlaadun arvioiminen



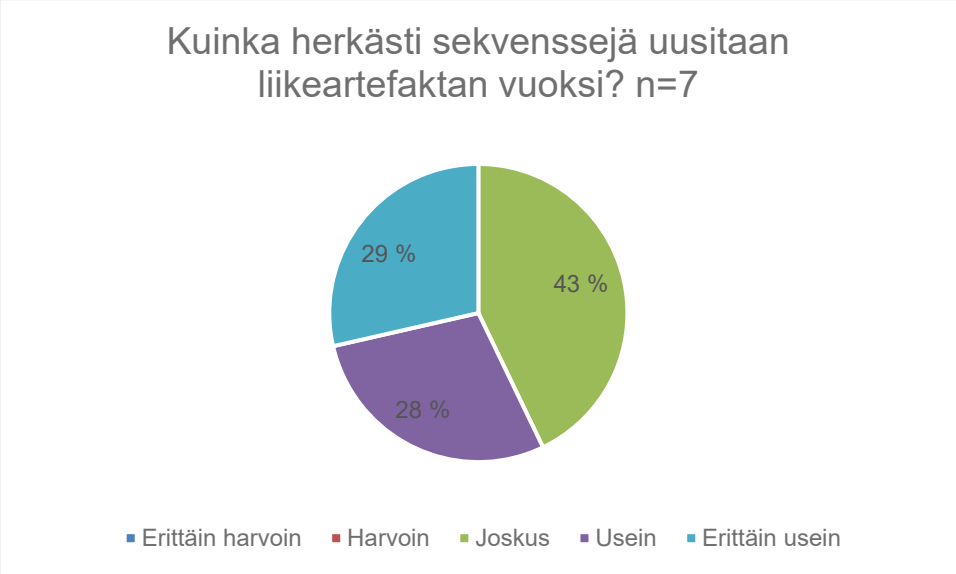
Kuvauksen sekvenssien kesto vaihteli vajaasta 15 minuutista reiluun 20 minuuttiin. Ajassa ei ole huomioitu sekvenssien väliin jäävää aikaa eikä potilaan valmisteluihin kuluvaa aikaa. (Kuvio 8.)

Kuvio 8. Sekvenssien yhteiskesto pienimmän kokonaisajan mukaan.



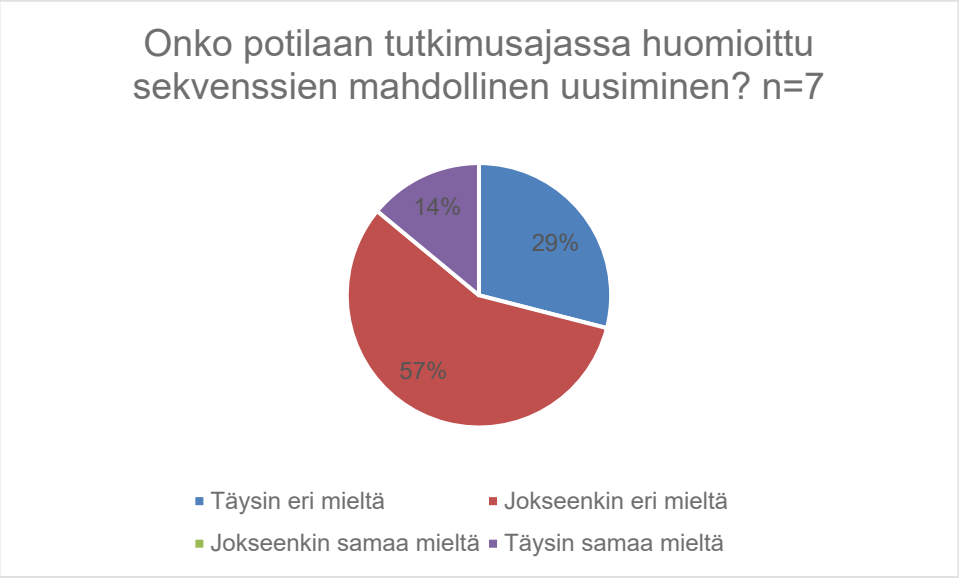
Kun kysyttiin sekvenssien uusimisesta liikeartefaktan vuoksi, Likertin asenneasteikolla ”erittäin harvoin–harvoin–joskus–usein–erittäin usein”, yleisimmät vastaukset olivat ”erittäin usein”, ”usein” sekä ”joskus”. Kaikki vastaajista arvioivat liikeartefaktan aiheuttavan uusimista useammin kuin harvoin. (Kuvio 9.)

Kuvio 9. Sekvenssien uusimisen herkkyys.



Vastaajien mielipidettä sekvenssien uusimisen mahdollisesta vaikutuksesta tutkimusaikaan kysyttiin Likertin asenneasteikolla ”täysin eri mieltä–jokseenkin eri mieltä–jokseenkin samaa mieltä–täysin eri mieltä”. Sekvenssien uusimisen katsottiin useimmiten lisäävän tutkimuksen kokonaisaikaa. Uusimisen mahdollisuutta ei ollut huomioitu tutkimusajassa kuudessa seitsemästä toimipaikasta. Vastaaja F korosti vielä lisätiedoissa erikseen sitä, että kuvausajat venyivät usein pidemmiksi kuin tutkimukselle varattu aika. (Kuvio 10.)

Kuvio 10. Sekvenssien uusimisen vaikutus tutkimusaikaan.



Lisätiedoissa toimipaikka G kertoi kuvaavansa paljon muistipäitä, joista suurin osa onnistuu hyvin. Joskus ongelmia kuitenkin ilmenee, jos potilas unohtaa kesken kuvauksen, missä hän on sekä saamansa ohjeistukset paikoillaan olosta. Potilaiden kerrotaan myös toisinaan kyseenalaistavan tutkimuksen tarkoituksen.

7 Yhteenveto

Yhteenvetona kyselyn perusteella Alzheimerin taudin diagnostiikan tärkeimmät sekvenssit muistipää-protokollassa näyttäisivät olevan tilavuuslaskentoihin ja yleisen aivorakenteen arviointiin liittyvät 3D-painotteiset T1-sekvenssit sekä hyvän yleiskuvan antavat T2- ja FLAIR-sekvenssi. Nämä kolme Käypä hoito -suosituksen mukaista sekvenssiä esiintyvätkin jokaisen yliopistosairaanhoitopiirin perusprotokollassa.

Isotrooppisen vokselin etuina (T1 3D ja MPR-sekvensseissä) on mahdollisuus kuvan käsittelemisen jälkikäteen mihin tahansa leikepaksuuteen. Erittäin pieni vokselikoko (kuten 0,9 x 0,9 x 0,9 mm) antaa tarkan resoluution, mutta sen tuottaminen kasvattaa kuvausaikaa. Pienen vokselikoon on todettu myös lisäävän herkkyyttä liikeartefaktojen syntyyn kauttaaltaan koko 3D-volyymissa, toisin kuin perinteisessä 2D-kuvantamisessa, jossa liikkeen aiheuttama artefakta ei välttämättä vaikuta kuin yhteen leikkeeseen. 3D-kuvantamisen etuna on myös parempi signaali-kohinasuhde (Nederveen ym. 2015; 98.)

Taulukko 9. T1 3D ja MPR-sekvenssien FOV, vokseli, matriisi ja leike

T1 MPR		**FOV**	**Vokseli**	**Matriisi**	**Leike mm**	**Väli mm**
A	T1 cor mprage iso	240	0,9x0,9x0,9	256	0,9	0,45
C	t1_mprage_sag	256	1,0x1,0x1,0	256	1,0	0,5
D	t1 mpr sag	256	1,0x1,0x1,0	256	1,0	50 %
E	T1 3D	250	1,0x1,0x1,0	256	1,0	0
F	T1 mprage	240	0,9x0,9x0,9	256x256	0,9	50 %
T1 3D		**FOV**	**Vokseli**	**Matriisi**	**Leike mm**	**Väli mm**
B	T1 sag 3D	256x256x170	1,0x1,0x1,0	256x256x170	1,0	0
G	T1 3D	252 (AP)	1,0x1,0x1,2	256	1,2	-0,2

Taulukossa 9. selviää, että kyselyn mukaan kuusi seitsemästä toimipaikasta kuvaa T1-sekvenssinsä isotrooppisilla vokseleilla 0,9 x 0,9 x 0,9 mm tai 1 x 1 x 1 mm, leikevälillä 0–0,5 mm. Yhden toimipaikan kohdalla 1 x 1 mm pikselin leikepaksuudeksi on ilmoitettu 1,2 mm ja leikeväliin päällekkäisyys –0,2 mm. Viiden eri MPR-sekvenssin TR-, TE- ja TI-ajat noudattavat yleisiä vaihteluvälejä, joskin yhden yksikön ilmoittamatta jättämä TI-aika voi aiheuttaa virhetulkintaa (Taulukko 4). Kahden yksikön T1 3D-sekvenssin TR ja TE ovat myöskin samankaltaiset. Kaikkien yksiköiden T1 sekvenssien matriisit vastaavat toisiaan. ADNI-3-protokollan mukaan kyseisen sekvenssin arvot olisivat FOV 208 x 240 x 256 mm ja vokselikoko 1 x 1 x 1 mm. TE- ja TR-ajat olisivat TE=min full echo sekä TR=2 300. (ADNI.)

Taulukko 10. FLAIR 3D ja FLAIR 2D -sekvenssien FOV, vokseli, matriisi ja leike

FLAIR 3D		**FOV**	**Vokseli**	**Matriisi**	**Leike mm**	**Väli mm**
C	3D flair sag fs p3 1mm	256	1,0x1,0x1,0	256	1,0	0
D	T2 flair sag	250	1,0x1,0x1,0	256	1,0	slab
G	FLAIR 3D	250 (AP)	1,0x1,0x1,2	252	1,2	0
FLAIR		**FOV**	**Vokseli**	**Matriisi**	**Leike mm**	**Väli mm**
A	T2 tra blade dark-fl	220	0,9x0,9x4,0	256	4,0	1,2
B	flair ax	250x190x176	0,65x0,87x4,0	384x177x40	4,0	0,4
E	Tirm Dark-Fluid fs	230	0,7x0,7x4,0	320	4,0	1,2
F	T2 flair	220	0,7x0,7x3,0	224x320	3,0	0,9

FLAIR:n osalta 3D-kuvantamisen on tutkimusten mukaan todettu antavan anatomisesti tarkempaa kuvaa aivoista (Kitajima ym. 2011). Kirjassa Imaging In Neurodegenerative Disorders kuvataankin FLAIR 3D:n olevan huomattavia etuja kuvanlaadussa etenkin valkean aineen leesioiden havaitsemisessa, jossa se on ylivoimainen verrattuna tavalliseen 2D-versioon. 3D FLAIR:ssa aivo-selkäydinnesteen takakuopassa ja kolmannessa ventrikkelissä tapahtuvasta liikkeestä tuleva artefakta on myös minimoitu paremman diagnostiikan mahdollistamiseksi. (Nederveen ym. 2015; 98.)

Taulukoista 5. ja 10. ilmenee, että FLAIR 3D:n kuvausarvot noudattavat pitkälti samankaltaisuutta, kuten 2D-versioissakin. Kyselyn tulosten tulkinnassa tosin on huomioitava toimipaikojen B ja D inversiopulssin kertomatta jättäminen, jonka vuoksi vääristymän mahdollisuus on aina olemassa. 3D FLAIR kuvataan yleisimmin vokselikoolla 1 x 1 x 1 mm. Kuvanlaadullisesti ohut 3D-leike mahdollistaa tarkemman paikkaerotuskyvyn verrattuna 2D FLAIR:n 3–4 mm leikepaksuuteen. Matriisin suhteen arvot vaihtelevat välillä 256 mm ja 384 mm. ADNI-3-protokollan mukaisten arvojen mukaan FOV vastaa kokoa 256 x 256 x 160 mm ja sitä mukaa vokselikoko on 1,2 x 1 x 1 mm. (ADNI.)

Taulukko 11. T2-sekvenssien FOV, vokseli, matriisi ja leike

T2		FOV	Vokseli	Matriisi	Leike mm	Väli mm
A	T2 tra blade	220	0,7x0,7x4,0	320	4,0	1,2
B	T2 ax	230x201x159	0,45x0,53x3,0	512x354x40	3,0	1,0
C	t2_tse_tra_p2_448_t84	220	0,5x0,5x3,0	220	3,0	0
D	T2 tra	220	0,7x0,7x3,0	448	3,0	0
E	T2	230	0,4x0,4x4,0	512	4,0	1,2
F	T2 tse	220	0,5x0,5x3,0	336x448	3,0	0,9
F	T2 tse	220	0,5x0,5x3,0	358x448	3,0	0,9
G	T2	186 (RL)	0,7x0,77x3,0	328	3,0	0

Perinteisen T2-painotteisen kuvan TR- ja TE-ajat näyttävät noudattavan kuvanmuodostusperiaatteiden mukaista linjaa (Taulukko 6). Vokselikoossa näyttäisi olevan vaihtelua yhtä paljon kuin kuvauspaikkojen määrässä (0,4–0,77 mm). Leikepaksuuden vaihteluväli on 3–4 mm ja leikevälin 0–1,2 mm ja matriisi vaihteli kyselyn vastaajien kesken myös huomattavasti. Laajan vaihtelun vuoksi emme ota näihin kantaa sen enempää, mutta voitaneen todeta, että jokainen laite on optimoitu omalla tavallaan parhaimman kuvanlaadun aikaansaamiseksi. (Taulukko 11.) ADNI:n mukaan FOV:in koko tulisi olla 256 x 256 x 160 mm luokkaa ja vokselikoon luokkaa 1,2 x 1x 1 mm. TR- ja TE-ajat olisivat tällöin TE=119 ja TR=4 800. (ADNI.)

Taulukko 12. SWI-sekvenssien FOV, vokseli, matriisi ja leike

SWI		FOV	Vokseli	Matriisi	Leike mm	Väli mm
A	swi tra 1,5mm	220	0,8x0,8x1,5	288	1,5	0,3
B	SWI	230x179x136	0,9x0,9x2,0	256x199x136	2,0	–1,0
C	t2_swi_tra_2mm	220	0,9x0,9x2,0	220	2,0	20 %
D	swi 3D tra	230	1,1x1,1x2,0	256	2,0	20 %
E	SWI	230	0,9x0,9x2,0	256	2,0	
F (lisä)	*T2 swi p3*	*220*	*0,8x0,8x1,5*	*202x288*	*1,5*	*20 %*
F (lisä)	*T2 fl2d hemo**	*220*	*0,7x0,7x4,0*	*240x320*	*4,0*	*1,2*
G	SWI	180	1,1x1,1x2,0	200	2,0	–1,0

Muistipää-protokollan muista sekvensseistä yleisin on jokaisessa paikassa käytössä oleva SWI. Sen hyödyt näyttäytyvät pääasiassa erilaisten verisuoniston tilojen poissulkuun, mutta myös muistisairauksien spesifimpään diagnostiikkaan. Alzheimerin taudin amyloidiplakit sisältävät rautakertymiä, jolloin SWI:n avulla voidaan kyetä havaitsemaan niiden liiallista kertymistä aivojen kuorikerrokseen. (Feng 2021). Taulukossa 7. näkyy, että vastaajien SWI-sekvenssien TR- ja TE-ajat näyttäisivät noudattavan melko yhtenäistä linjaa (TR 21–49 ja TE 19–40). Taulukossa 12. SWI:n pikselikoot vaihtelevat 0,8 x 0,8 mm:stä 1,1 x 1,1 mm:n ja leikepaksuudet 1,5 mm ja 2 mm välillä. Matriisin SWI-sekvenssit vaihtelevat välillä 200 mm ja 288 mm. ADNI:n SWI:tä vastaavan sekvenssin (T2* GRE) mukaan FOV:in tulisi vastata lukuja 220 x 220 x 176 mm vokselikoon lukuja 0,85 x 0,85 x 4 mm. TE ja TR ajat olisivat tässä tapauksessa TE=20 ja TR=650. (ADNI.)

Taulukko 13. DWI-sekvenssien FOV, vokseli, matriisi ja leike

DWI		**FOV**	**Vokseli**	**Matriisi**	**Leike mm**	**Väli mm**
B	DWI	230x230x140	1,5x1,89x4,0	152x122x35	4,0	0
E	DWI	230	0,6x0,6x5,0	192	5,0	1,5

Diffuusiokuvantaminen ei perusprotokolliin pääasiallisesti kuulu, mutta kirjallisuudesta löytyneen tiedon perusteella sillä voisi olla hyötyä etenkin Alzheimerin taudin varhaisdiagnostiikassa. DWI-tekniikan etuina on sen kyky havaita pieniä makroskooppisia muutoksia harmaan ja valkean aineen välisessä nestetasapainossa (Goveas ym. 2014.), mutta heikkoutena nähdään sen alhainen herkkyys hippokampusalueen muutosten havaitsemiseen (Sultan ym. 2016.). Signaali-kohinasuhteen osalta DWI:n tarkkuus on heikko (Nederveen ym. 2015; 105).

Taulukoista 8. ja 13. ilmenee, että kahden eri toimipaikan ilmoittaman diffuusion asetukset poikkeavat hieman toisistaan. Kyseisten toimipaikkojen FOV:it ovat kyselyn mukaan 230 x 230 x 140 mm sekä 230 mm. TE- ja TR-ajat ovat vastaavasti TR=4 497 ja TE=87 sekä TR=6 300 ja TE=89. ADNI:n suosittelemat diffuusioasetukset ovat FOV 232 x 232 x 160 mm ja vokselikoko 2 x 2 x 2 mm. TE- ja TR-ajat taas vastaavasti TR=7 200 sekä TE=56. (ADNI).

Kyselyn perusteella Suomessa perusprotokollaan ei yhdessäkään toimipaikassa kuulu vielä perfuusiokuvaus ASL (Arterial Spin Labeling), vaikka ADNI-3 niin suosittaakin. Yleisesti ASL:n käyttö on kirjallisuuden mukaan lisääntymässä muistisairauden tutkimisessa, mutta käytännöt eivät ole vielä vakiintuneet (Vanninen ym. 2015).

Hippokampusalueen kuvanlaadun eroja eri kenttävahvuuksilla 1,5 T ja 3 T on selvitetty monissa tutkimuksissa vuosien saatossa. Laadullisia eroavaisuuksia on ollut kuvanlaadussa jonkin verran. 3 T:n laitteen käyttö muistipäätutkimuksessa mahdollistaa tarkemman kuvanlaadun hippokampusalueen rakenteessa korkeamman SNR:n ja CNR:n vuoksi, ja siten saattaa edesauttaa varhaisemman diagnoosin tekemiseen. Diagnostisesti riittävä kuvanlaatu on kuitenkin mahdollista aikaansaada myös pienemmällä kenttävahvuudella 1,5 T, sillä se toimii hyvin tilavuuslaskentaan ja aivokuoren atrofian arvioimiseen. (Leandrou ym. 2020.) Kyselyn perusteella ilmennyt molempien eri kenttävahvuuksien käyttö on siis näillä tiedoin perusteltua.

8 Pohdinta

Odotustemme mukaisesti kyselylomakkeen rakentaminen osoittautui melko haasteelliseksi vaiheeksi työssämme. Teorian ja käytännön muodostaman ihanteellisen suhteen löytäminen oli vaikeaa, koska meiltä puuttui käytännön näkemys magneettikuvantamiseen. Kysymysten muotoilu järkeväksi kokonaisuudeksi oli haasteellista ja lisäksi täytyi muistaa anonyymiuden säilyttäminen. Lisäksi emme olleet täysin realistisia ajankäytön suhteen, vaikka aloitimme työskentelymme ajoissa. Lupahakuprosessiin mennyt aika yllätti meidät molemmat.

Keräämämme aineisto oli riittävä, mutta olisi voinut olla suurempikin. Tästä syystä ja kyselykaavakkeen luonteen vuoksi päädyimme tilastollisten menetelmien lisäksi hyödyntämään myös laadullisia menetelmiä aineiston käsittelyssä. Taulukoiden ja kuvaajien lisäksi hyödynsimme työssämme ajatuskarttaa, jonka avulla saimme purettua avoimia kysymyksiä selkeämpään muotoon. Osa vastauslomakkeista oli hieman huolimattomasti täytetty tai osasta kysymyksistä puuttui vastaus kokonaan, joten kyselyllä kerätyn aineiston täydellistä luotettavuutta ei pystytty takaamaan. Myös numeraalisten tietojen syöttämisessä tapahtuvat virheet saattoivat vääristää tutkimusaineistoa. Vastausten soveltaminen kirjalliseen aineistoon oli vaikeaa aiemman tutkimustiedon puuttuessa, mutta sinnikkäällä etsimisellä työn luonteeseen sopivia tutkimuksia löytyi ja pääsimme tavoitteeseen vertailusta.

Vastauksia analysoitaessa kuitenkin huomasimme, että osa kysymyksistä saattoi olla muotoiltu hiukan väärällä tavalla. Jälkikäteen heräsikin pohdinta, että joissakin tilanteissa olisi ehkä ollut hyödyllisempää käyttää avoimen kysymyksen sijasta suljettua tai strukturoitua vastausvaihtoehtoa. Kysyttäessä muistipää-tutkimuksen kestosta vastaajat antoivat niin laajasti tulkittavia vastauksia, että niihin oli vaikeaa löytää yhtenäisyyttä. Valmiiksi annetut vastausvaihtoehdot olisivat voineet helpottaa myöhempää vertailua. Käytännön teoriatiedon puute tulikin ilmi myös kysymysten muotoilun järkevyydessä.

Positiivista opinnäytetyössämme oli se, että vastauksia saatiin jokaisesta yliopistosairaanhoitopiiristä, jolloin alueellisia erojakin pystyttiin havaitsemaan. Kyselyn vastauksissa näkyi selkeä yhtenäinen linja muistisairauksien diagnostiikassa merkityksellisimpien markkereiden kohdalla. Toimipaikoissa noudatettavat protokollat mukailivat pääasiallisesti Käypä hoito -suosituksen mukaista ehdotelmaa. Kudoskadon arvioiminen kuvantamismenetelmien avulla osoittautui kirjallisuuden perusteella tärkeäksi mittariksi diagnoosia tehtäessä – sen myös kysely meille vahvisti tilavuuslaskentoihin käytettävien T1 3D ja MPR-sekvenssien laajan käytön osalta. Yleisen tason aivojen rakenteen tarkasteluun liittyvät poissulkevat sekvenssit täydensivät jokaisen vastaajan valikoimaa. Protokollan täydentävien sekvenssien kohdalla vaihtelua ilmeni jonkin verran. Tutkimusprotokolla onkin aina optimoitu laitteiston ja käyttötarkoituksen mukaan parhaan kuvanlaadun aikaansaamiseksi.

Kirjallisuudesta löytyneiden tietojen perusteella eri protokollien vaihtelulle on olemassa omat puoltavat tekijänsä, mutta kokonaisuutta miettiessä pitää muistaa myös seikat, jotka liittyvät esimerkiksi tutkimusaikaan ja levottoman potilaan kykyyn olla paikoillaan. Levottoman potilaan tukikeinoissa ilmenikin jonkin verran eroja, sillä mahdollisuutta rauhoittavan lääkityksen käytölle ei ollut olemassa kahdesta seitsemästä toimipaikassa. Näistä toimipaikoista toinen vastasi sekvenssien uusimista liikeartefaktan vuoksi tapahtuvan ”erittäin usein”. Herää kysymys, olisiko levoton potilas kuitenkin hieman rauhallisempi kuvaustilanteessa, jos hän on saanut esilääkityksen ennen tutkimusta.

8.1 Tutkimuksen eettisyys

Kyselykaavakkeen selitetekstissä kerrottiin kyselyyn osallistujien tietosuojasta. Heille tehtiin selväksi, että vastatessaan kyselyyn osallistuja antaa suostumuksensa GDPR-

tietosuojan mukaiseen tietojen käsittelyyn. Henkilötietoja ei missään vaiheessa tallennettu mihinkään, eikä tiedoista yksilöity minkäänlaisia tunnistetietoja vastauksia analysoitaessa. (Tietosuoja.fi.)

Kyselytutkimuksen eettisyys pystyttiin takaamaan siten, että vastaajille annettiin tunnisteet (ABC jne.), jolloin heidän antamiaan vastauksia ei voida yhdistää mihinkään tiettyyn yksikköön tai yliopistolliseen sairaalaan. Vastauksien kokoamisen ja käsittelyn jälkeen e-lomake ja saadut vastauslomakkeet hävitetään asiaankuuluvilla menetelmillä, joten jäljelle jäävä data on vain kooste annetuista vastauksista.

Lähteet

Alzheimer's Disease Neuroimaging Initative (ADNI). Verkkosivusto. <http://adni.loni.usc.edu/>. Viitattu 10.9.2021.

Bashir, U. & Baba, Y 2012. Diffusion-weighted imaging. Reference article, Radiopaedia.org. <https://doi.org/10.53347/rID-16718> Viitattu 16.3.2022.

Bashir, U., Murphy, A. 2012. k-space. Reference article, Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/k-space-1?lang=us>. Viitattu 22.3.2022.

Di Muzio, B. & Murphy, A. Neurodegenerative protocol (MRI). Reference article, Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/38933>. Viitattu 15.9.2021.

Combinostics Oy. cNeuro ® cMRI. <https://www.combinostics.com/cmri/> Viitattu 22.3.2022.

Duodecim Lääketieteellinen Aikakauskirja 1992. Magneettikuvauksen sanastoa. <https://www.duodecimlehti.fi/duo20151>. Viitattu 21.2.2022.

Duodecim Terveyskirjasto 2021. Muistisairaudet. Käypä hoito -suositus. <https://www.kaypahoito.fi/hoi50044>. Viitattu 7.9.2021.

Feng, Gao 2021. Integrated Positron Emission Tomography/Magnetic Resonance Imaging in clinical diagnosis of Alzheimer's disease. European Journal of Radiology December 2021 (145).

Gaillard, F., Baba, Y. 2008. Phase-encoded motion artifact. Reference article, Radiopaedia.org. <https://images.radiopaedia.org/articles/phase-encoded-motion-artifact-3?lang=us>. Viitattu 6.4.2022.

Gaillard, F & Baba, Y. 2011. Alzheimer disease. Reference article, Radiopaedia.org <https://radiopaedia.org/articles/13455>. Viitattu 6.10.2021.

Gaillard, F. & Murphy, A. 2015. MRI sequences (overview). Reference article, Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/37346>. Viitattu 6.10.2021.

Gaillard, F. & Rock, P. 2016. Arterial spin labeling MR perfusion. Reference article, Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/43785> Viitattu 6.10.2021.

Goveas, Joseph & O'Dwyer, Laurence & Mascalchi Mario & Cosottini, Mirco & Diciotti, Stefano & De Santis, Silvia & Passamonti, Luca & Tessa, Carlo & Toschi, Nicola & Giannelli, Marco 2014. Diffusion-MRI in neurodegenerative disorders. Magnetic Resonance Imaging. September 2015 33 (7) 5; 853–876.

Halefoglu, Ahmet Mesrur & Yousem, David Mark 2018. Susceptibility weighted imaging: Clinical applications and future directions. World journal of radiology 2018 10(4): 30–45.

Hallikainen, Merja 2019. Muistisairaan hoito. Alzheimerin taudin tunnistaminen. Terveysportti. Viitattu 16.9.2021.

Hallikainen, Merja 2019. Muistisairaan hoito. Muistisairauden yleiset oireet. Terveysportti. Viitattu 16.9.2021.

Hallikainen, Merja 2019. Muistisairaan hoito. Yleisimmät etenevät muistisairaudet. Terveysportti. Viitattu 14.9.2021.

Heikkilä, Tarja (toim.) 2014. Tilastollinen tutkimus. Porvoo; Edita.

Jones, J. & Baba, Y. 2009. T1 weighted image. Reference article, Radiopaedia.org. <https://doi.org/10.53347/rID-5852> Viitattu 15.3.2022.

Karrasch, Mira & Hokkanen, Laura & Hänninen, Tuomo & Hietanen, Marja 2020. Kliininen neuropsykologia. Alzheimerin tauti. Oppiportti. Viitattu 7.10.2021.

Kitajima, M. & Hirai, T. & Shigematsu, Y. & Uetani, H. & Iwashita, K. & Morita, K. & Komi, M. & Yamashita Y. 2011 American Journal of Neuroradiology May 2012, 33 (5): 922–927.

Korvenoja, Antti 2020. Kolme, seitsemän, kymmenen teslaa. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. 136(9): 982–3. <https://www.duodecimlehti.fi/duo15544>

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

Leandrou, Stephanos & Lamnisos, Demetris & Kyriacou, Panicos A. & Constanti, Stephanie & Pattichis, Constantinos S. for the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative 2020. Comparison of 1.5 T and 3 T MRI hippocampus texture features in the assessment of Alzheimer's disease. Biomedical Signal Processing and Control. September 2020 62.

MRIquestions. MP-RAGE v MP2RAGE. What is the difference between MPRAGE and MP2RAGE? <https://mriquestions.com/mp-rage-v-mr2rage.html>

Murphy, A., Jones, J. 2017. Digital image. Reference article, Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/digital-image?lang=us>. Viitattu 22.3.2022.

Nederveen Aart J. & Caan Matthan W. A. & Smits Marion. 2015. General Principles of Magnetic Resonance Imaging. Teoksessa Luca Saba (toim.): Imaging in Neurodegenerative Disorders. First edition. Oxford University Press.

Radiopaedia.org. Edennyt AT MRI aksiaalileike. <https://images.radiopaedia.org/images/543854/022dbfd75f7985ab7aa993f1a4d6ed.jpg>. Viitattu 10.4.2022.

Radiopaedia.org. Edennyt AT MRI koronaarileike. <https://images.radiopaedia.org/images/19207762/14fbc7113ae90079edaa7f573b8b0a_gallery.jpeg>. Viitattu 10.4.2022.

Radiopaedia.org. Posterior kortikaalinen atrofia MRI FLAIR aksiaalileike. <https://radiopaedia.org/images/4634739>. Viitattu 10.4.2022.

Radiopaedia.org. Posterior kortikaalinen atrofia MRI T1 koronaalileike. <https://radiopaedia.org/images/4634899?lang=us>. Viitattu 10.4.2022.

Radiopaedia.org. Varhainen AT MRI aksiaalileike. <https://images.radiopaedia.org/images/2641606/d4f25447c67082c046507d21d8b908_gallery.jpg>. Viitattu 10.4.2022.

Radiopaedia.org. Varhainen AT MRI koronaarileike. <https://prod-images.static.radiopaedia.org/images/2641683/a0fa33d8654c9f10b4a153e61d461d.jpg>. Viitattu 10.4.2022.

Remes. M. Anne & Haanpää M. Ramona & Suhonen, Noora-Maria & Junttila, Anna & Solje, Eino 2018. Lääkärilehti. Katsausartikkeli. <https://www.laakarilehti.fi/tieteessa/katsausartikkeli/otsalohkodementia-ndash-salakavala-muistisairaus/?public=989ddb04b2fb7e544f635e3c5501f7d5>. Viitattu 6.4.2022.

Rinne, Juha & Rosenvall, Ari & Erkinjuntti, Timo & Koponen, Hannu & Löppönen, Minna & Raivio, Minna & Strandberg, Timo & Vanninen, Ritva & Vataja, Risto & Tuunainen, Arja 2017. Muistisairaudet. Päivitystiivistelmä. <https://www.duodecimlehti.fi/duo13663>. Viitattu 14.9.2021.

Schröder, Johannes & Pantel, Johannes 2015. Neuroimaging of hippocampal atrophy in early recognition of Alzheimer's disease--a critical appraisal after two decades of research. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26774855/>

Siebner HR & Gräflin von Einsiedel H & Wilhelm T & Auer C & Conrad B 1999. The "heme"-sequence (T2*-weighted gradient echo magnetic resonance tomography). Value in differential spontaneous intracerebral hemorrhage diagnosis. Nervenarzt. Aug 1999 70 (8): 714–22.

Soinila, Seppo 2015. Neurologia. Normaali hermosto. Kliininen neuroanatomia. Väliaivot. Oppiportti. Viitattu 7.10.2021.

STUK 2019. Ruonala, Verneri (toim.). Radiologisten tutkimusten ja toimenpiteiden määrät vuonna 2018. <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/138743/STUK-B242.pdf?sequence=1>

Sultan, Amina Admed & Ali, Mahmoud Abd Elshahed Rashed & El-Badrawy, Adel Galal & Bayoumi, Dalia Mohammed 2016. Role of DWI and MRS in diagnosis of Alzheimer’s and pre-Alzheimer’s disease. The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine March 2017 48 (1); 231–236.

Tietosuojavaltuutetun toimisto. EU:n tietosuoja-asetus. Usein kysyttyä EU:n tietosuoja-asetuksesta. <https://tietosuoja.fi/gdpr>. Viitattu 13.10.2021.

Tuomi, Jouni & Sarajärvi, Anneli 2018. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Kustannusosakeyhtiö Tammi. Uudistettu laitos.

Vanninen, Ritva & Mäntylä, Riitta & Salonen, Oili & Valanne, Leena & Rinne, Juha & Erkinjuntti, Timo 2011. Muistipotilaan aivojen kuvantaminen. Lääketieteellinen Aikakauskirja Duodecim. <https://www.duodecimlehti.fi/duo99969>. Viitattu 6.4.2022.

Vanninen, Ritva & Mäntylä, Riitta & Salonen, Oili & Valanne, Leena & Rinne, Juha & Erkinjuntti, Timo 2015. Teoksessa Erkinjuntti, Timo & Remes, Anne & Rinne, Juha & Soininen, Hilkka (toim.). Muistisairaudet. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Vataja, Risto & Koponen, Hannu 2015. Käytösoireiden syyt muistisairauksissa. Teoksessa Erkinjuntti, Timo & Remes, Anne & Rinne, Juha & Soininen, Hilkka (toim.). Muistisairaudet. 2. uudistettu painos. Helsinki: Kustannus Oy Duodecim.

Vehkalahti, Kimmo (toim.) 2014. Kyselytutkimuksen mittarit ja menetelmät. Oy Finn Lectura Ab.

Vilkka, Hanna (toim.) 2007. Tutki ja mittaa. Jyväskylä; Kustannusosakeyhtiö Tammi.

Vilkka, Hanna (toim.) 2015. Tutki ja kehitä. Jyväskylä; PS-kustannus.

Weerakkody, Y., Hassanzadeh, E. 2010. MRI pulse sequence abbreviations. Reference article, Radiopaedia.org. < https://radiopaedia.org/articles/mri-pulse-sequence-abbreviations?lang=us.> Viitattu 30.3.2022.

Westbrook, Catherine & Talbot, John 2019. MRI in Practice, 5th Edition. UK: Wiley Blackwell.

Yeung, J., Jamel, R. 2011. Aliasing on MRI. Reference article, Radiopaedia.org. < https://radiopaedia.org/articles/aliasing-on-mri?lang=us.> Viitattu 30.3.2022.

Yeung, J., Jones, J. 2011. Echo time. Reference article, Radiopaedia.org. <https://radiopaedia.org/articles/echo-time?lang=us>. Viitattu 21.3.2022.

"Muistipää" magneetissa

Olemme tekemässä opinnäytetyötä aiheesta ”Muistipää” magneetissa – kysely Suomen yliopistosairaaloiden kuvantamiskeskuksiin. Tutkimuksen avulla on tarkoitus selvittää, minkälaisia magneettikuvantamisprotokollia ja -kuvausarvoja muistisairauksien tutkimisessa käytetään.

Opinnäytetyön kyselyyn toivotaan vastauksia niiden yliopistosairaaloiden magneettikuvantamisen eri yksiköiden vastuuhoitajilta, joissa muistipää-tutkimuksia tehdään. Tavoitteena on muodostaa kokonaiskuva käytetyistä protokollista sekä analysoida yhtenäisyyksiä ja eroavaisuuksia eri yliopistosairaaloiden välillä.

Pyydämme teitä osallistumaan tutkimukseemme vastaamalla 28.2.2022 mennessä. Kyselyyn vastaamiseen kannattaa varata aikaa noin 15–20 minuuttia. Kyselyssä selvitetään muistisairauksissa käytettävien magneettikuvaussekvenssien teknisiä asetuksia, joten vastaaminen vaatii laitteen teknisten asetusten selvittämistä ja kirjaamista.

Osallistuminen kyselyyn on vapaaehtoista ja ehdottoman luottamuksellista. Kyselylomake täyttää tietosuojavaatimukset ja vastaajat pysyvät anonyymeinä. Yliopistosairaalan tunnus ei tule ilmi opinnäytetyön tuloksissa. Kyselylomakkeen tietoja ei käytetä muihin tarkoituksiin ja tiedot hävitetään työn valmistuttua. Tietosuojan tarkoituksena on turvata oikeuksien ja vapauksien toteutuminen, kun käsitellään henkilötietoja. Se osoittaa ajankohdan sekä edellytykset joilla henkilötietoja käsitellään. Lähde: https://tietosuoja.fi/tietosuoja

Kiitos etukäteen osallistumisestasi!

Taru Jäppinen
Röntgenhoitajaopiskelija
taru.jappinen@metropolia.fi

Pauliina Teno
Röntgenhoitajaopiskelija
pauliina.teno@metropolia.fi

Opinnäytetyön ohjaajat
Heli Patanen, lehtori, heli.patanen@metropolia.fi
Ulla Nikupaavo, lehtori, ulla.nikupaavo@metropolia.fi

Suostumus

Olen tietoinen tietosuojasta ja ymmärrän sen.

Linkki tietosuoja sivustolle: https://tietosuoja.fi/gdpr

Olen saanut tiedot opinnäytetyöhön mahdollisesti liittyvästä henkilötietojen keräämisestä, käsittelystä ja luovuttamisesta ja minun on ollut mahdollista tutustua opinnäytetyöhön liittyvään tietosuojaselosteeseen.

Minua ei ole painostettu eikä houkuteltu osallistumaan opinnäytetyöhön.

Minulla on ollut riittävästi aikaa harkita osallistumistani opinnäytetyöhön.

Ymmärrän, että osallistumiseni on vapaaehtoista ja että voin peruuttaa tämän suostumukseni koska tahansa syytä ilmoittamatta. Olen tietoinen siitä, että mikäli keskeytän opinnäytetyöhön liittyvään kyselyyn osallistumisen tai peruutan suostumuksen, minusta keskeyttämiseen ja suostumuksen peruuttamiseen mennessä kerättyjä tietoja ja näytteitä voidaan käyttää osana tutkimusaineistoa.

Suostumalla vahvistan osallistumiseni tähän opinnäytetyön kyselyyn.

☐ Suostun vastausteni käyttämiseen opinnäytetyössä. *

Yleistä

Minkä yliopistollisen sairaalan alueella yksikkösi sijaitsee?
* Valitse yksi
- ○ HUS
- ○ TYKS
- ○ TAYS
- ○ KYS
- ○ OYS

Millä kenttävahvuudella muistipää-kuvauksia pääasiassa tehdään?
* Valitse yksi
- ○ 1,5 T
- ○ 3 T
- ○ Muu

Mikä?

Kuka pääasiallisesti suorittaa muistipää magneettitutkimuksia? *
- ☐ Röntgenhoitaja
- ☐ Röntgenlääkäri
- ☐ Fyysikko

Onko yksikössäsi olemassa muistipää-tutkimukselle kuvausohje
* Valitse yksi
- ○ Kyllä
- ○ Ei

Onko yksikössäsi olemassa muistipää-tutkimukselle potilasohje? Millainen? *

Muistipää-kuvauksien määrä vuosittain *

Esivalmistelut ja kuvauksen suunnittelu

Minkälaisilla lähetteillä potilaat tulevat? *

Tarkastaako radiologi lähetteet etukäteen ja laatii potilaskohtaisen kuvausohjeen?
* Valitse yksi
- ○ Kyllä
- ○ Ei

Minkälaisia keinoja levottomaan potilaan kohdalla käytetään magneettitutkimuksen onnistumiseksi? *
- ☐ Rauhoittava lääkitys
- ☐ Nopeat kuvausohjelmat
- ☐ Liikkeenkorjaussekvenssit

Minkälaisia keloja muistipääkuvauksessa käytetään? *

Muistipää-protokolla

Konsolille on ladattu valmiiksi muistipää-protokollaan sisältyvät sekvenssit
* Valitse yksi
- ○ Kyllä
- ○ Ei

Poikkeavatko sekvenssivalinnat perusprotokollasta, jos epäillään Alzheimerin tautia?
* Valitse yksi
- ○ Kyllä
- ○ Ei

Jos kyllä, niin miten

Muutetaanko sekvenssien arvoja kuvauksen aikana?
* Valitse yksi
- ○ Kyllä
- ○ Ei

Jos kyllä, niin miten

Kuka sekvenssejä muuttaa kuvauksen aikana? *
- ☐ Röntgenhoitaja
- ☐ Röntgenlääkäri
- ☐ Fyysikko

Miten hippokampusta kuvataan? *
- ☐ Erillinen hippokampus-sekvenssi
- ☐ Reformaatit

Sekvenssit

Minkälaisia sekvenssejä muistipää-protokolla sisältää?

	Nimi	Kesto	Kuvaussuunta	TR	TE	TI	FOV	Vokselik
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								

Kuvanlaadun arviointi

Arvioidaanko kuvalaatua ja kuvien onnistumista?

* Valitse yksi
- ○ Kyllä
- ○ Ei

Jos kyllä, niin miten?

Millä kriteereillä kuvanlaatua arvioidaan? *

Kuinka herkästi sekvenssejä uusitaan liikeartefaktan vuoksi?

	Erittäin harvoin	Harvoin	Joskus	Usein	Erittäin usein
* Arvioi	○	○	○	○	○

Onko potilaan tutkimusajassa huomioittu sekvenssien mahdollinen uusiminen?

	Täysin samaa mieltä	Jokseenkin samaa mieltä	Jokseenkin eri mieltä	Täysin eri mieltä
* Arvioi	○	○	○	○

Lisätiedot

Haluatteko kertoa vielä jotain? *

Osittainen tallennus

☐ Tahdon tallentaa täyttämäni tiedot ja jatkaa myöhemmin linkistä, joka lähetetään antamaani osoitteeseen.

Sähköpostiosoite

Tietojen lähetys

TALLENNA ESITÄYTTÖ URL

Tallenna vastauslomake. Kiitos vastauksestasi!

Nimi	Kesto	Suunta	TR	TE	TI	FOV	Vokselikoko	Matriisi	Leikepaksuus	Leikeväli	Muuta
TOIMIPAIKKA A											
T1 sag se	4:54	SAG	600	6		220	0,4x0,4x4,0	256	4,0 mm	1,2 mm	
T2 tra blade	2:14	TRA	5500	113		220	0,7x0,7x4,0	320	4,0 mm	1,2 mm	
T2 tra blade dark-fl	3:56	TRA	9000	129	2500	220	0,9x0,9x4,0	256	4,0 mm	1,2 mm	
swi tra 1,5mm	5:18	TRA	26	19		220	0,8x0,8x1,5	288	1,5 mm	0,3 mm	
T1 cor mprage iso	3:54	COR	2300	2,32	900	240	0,9x0,9x0,9	256	0,9 mm	0,45 mm	
TOIMIPAIKKA B											
flair ax	3:50	TRA	11000	125	?	250x190x176	0,65x0,87x4,0	384x177x40	4,0 mm	0,4 mm	
T2 ax	1:55	TRA	4438	80		230x201x159	0,45x0,53x3,0	512x354x40	3,0 mm	1,0 mm	
SWI	3:22	TRA	21	28		230x179x136	0,9x0,9x2,0	256x199x136	2,0 mm	–1.0 mm	
DWI	0:54	TRA	4497	87		230x230x140	1,5x1,89x4,0	152x122x35	4,0 mm	0	
T2 hippo cor	1:52	COR	3746	85		200x160x80	0,5x0,75x2,5	400x210x32	2,5 mm	0	
T1 sag 3D	2:50	SAG	8,2	3,7		256x256x170	1,0x1,0x1,0	256x256x170	1,0 mm	0	
TOIMIPAIKKA C											
t1_mprage_sag	5:32	SAG	2000	2,74	1100	256	1,0x1,0x1,0	256	1,0 mm	0,5 mm	
3D flair_sag_fs_p3_1mm	3:42	SAG	5000	397	1600	256	1,0x1,0x1,0	256	1,0 mm	0	Oversampling 10 %
t2_tse_tra_p2_448_t84	2:30	TRA	3810	88		220	0,5x0,5x3,0	220	3,0 mm	0 %	
t2_swi_tra_2mm	3:48	TRA	27	20		220	0,9x0,9x2,0	220	2,0 mm	20 %	
TOIMIPAIKKA D											
T2 flair sag	5:52	SAG	5000	337	?	250	1,0x1,0x1,0	256	1,0 mm	slab	
t1 mpr sag	4:45	SAG	1980	3,09	?	256	1,0x1,0x1,0	256	1,0 mm	50 %	
T2 tra	5:15	TRA	5060	84		220	0,7x0,7x3,0	448	3,0 mm	0	
swi 3D tra	4:29	TRA	49	40		230	1,1x1,1x2,0	256	2,0 mm	20 %	
TOIMIPAIKKA E											
DWI	1:36	TRA	6300	89		230	0,6x0,6x5,0	192	5,0 mm	1,5 mm	
T2	3:01	TRA	5270	92		230	0,4x0,4x4,0	512	4,0 mm	1,2 mm	
SWI	4:08	TRA	49	40		230	0,9x0,9x2,0	256	2,0 mm	0	
T1 3D	4:59	SAG	2200	2,67	900	250	1,0x1,0x1,0	256	1,0 mm	0	
Tirm Dark-Fluid fs	4:32	TRA	9000	89	2500	230	0,7x0,7x4,0	320	4,0 mm	1,2 mm	
TOIMIPAIKKA F											
T1 mprage	4:40	SAG	2000	2,32	900	240	0,9x0,9x0,9	256x256	0,9 mm	50 %	
T2 tse	2:42	TRA	4000	93		220	0,5x0,5x3,0	336x448	3,0 mm	0,9 mm	
T2 flair	4:32	TRA	9000	81	2500	220	0,7x0,7x3,0	224x320	3,0 mm	0,9 mm	
T2 tse	2:43	COR	4030	107		220	0,5x0,5x3,0	358x448	3,0 mm	0,9 mm	
T2 fl2d hemo	2:39	TRA	749	19,8		220	0,7x0,7x4,0	240x320	4,0 mm	1,2 mm	Tarvittaessa
T2 swi p3	3:27	TRA	28	20		220	0,8x0,8x1,5	202x288	1,5 mm	20 %	Tarvittaessa
TOIMIPAIKKA G											
T1 3D	5:38	SAG	6,9	3,2		252 (AP)	1,0x1,0x1,2	256	1,2 mm	–0,2 mm	
T2	3:30	TRA	4776	100		186 (RL)	0,7x0,77x3,0	328	3,0 mm	0	
FLAIR 3D	6:38	SAG	4800	264	1660	250 (AP)	1,0x1,0x1,2	252	1,2 mm	0	
SWI	4:40	TRA	24	34		180	1,1x1,1x2,0	200	2,0 mm	–1.0 mm	