

# Säkerhetsrisker inom magnetresonanstomografi

Hur kan röntgenskötaren göra undersökningen säker för patienten?

Pernilla Lervik  
Marko Parkkomäki

Examensarbete inom social- och hälsovård, Vasa  
Utbildningsprogrammet för Röntgenskötare (YH)  
Vasa 2017



## EXAMENSARBETE

Författare: Pernilla Lervik och Marko Parkkomäki

Utbildning och ort: Utbildningsprogrammet för Röntgenskötare, Vasa

Inriktningsalternativ/Fördjupning:

Handledare: Katarina Vironen

Titel: Säkerhetsrisker inom magnetresonanstomografi. Hur kan röntgenskötaren göra undersökningen säker för patienten?

---

Datum 07.11.2017

Sidantal 74

Bilagor 1

---

### Abstrakt

Syftet med det här examensarbetet är att öka medvetenheten om säkerhetsriskerna med magnetresonanstomografi (MRT) hos röntgenskötarstuderande, röntgenskötare och annan vårdpersonal, och därmed även att förbättra patientsäkerheten. Frågeställningarna lyder: "Vilka är säkerhetsriskerna med magnetresonanstomografi", och "Hur kan röntgenskötaren göra undersökningen säker för patienten?". Vi har svarat på dessa frågor med hjälp av kvalitativa metoder, dels genom en litteraturöversikt och dels genom intervjuer med röntgenskötare. På detta sätt har vi kunnat kombinera teoretiska data med praktiska erfarenheter av säkerhetsriskerna. Som teoretisk referensram har vi valt att ta upp patientsäkerheten och röntgenskötarens kompetens. I bakgrunden berättar vi om grunderna till MRT och därtill har vi gjort en MRT-ordlista innehållande de vanligaste begreppen.

Säkerhetsriskerna har vi delat in i kategorierna: säkerhetsrisker kring magnetkameran, säkerhetsrisker som härstammar från patienten och säkerhetsrisker med gadoliniuminnehållande kontrastmedel. Själva magnetkameran utgör den största faran med sitt starka magnetfält som attraherar alla ferromagnetiska föremål som t.ex. metallföremål i eller på kroppen eller en sax som flyger genom luften. Det radiofrekventa fältet kan orsaka brännskador hos patienten. Även de gadoliniumbaserade kontrastmedlen utgör en risk med sina potentiella biverkningar.

Röntgenskötarens uppgifter gällande säkerheten består av resultat från litteratur och intervjuerna. Det viktigaste här är att utföra en noggrann kontroll av patienten innan hen tillåts gå in i undersökningsrummet så att inga kontraindicerande föremål kommer med in. Detta sker både med hjälp av ett frågeformulär som patienten fyllt i och genom kontroll av kläder och hår. Riskerna för brännskador kan minimeras genom att placera patienten på rätt sätt inne i magnetkameran.

---

Språk: svenska

Nyckelord: Magnetresonanstomografi, Säkerhet, Röntgenskötare

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Pernilla Lervik ja Marko Parkkomäki

Koulutus ja paikkakunta: Röntgenhoitajan koulutusohjelma, Vaasa

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot:

Ohjaaja: Katarina Vironen

Nimike: Turvallisuusriskit magneettikuvantamisessa. Kuinka röntgenhoitaja voi tehdä tutkimuksen turvallisesti potilaalle?

---

Päivämäärä 07.11.2017

Sivumäärä 74

Liitteet 1

---

### Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on lisätä tietoisuutta magneettikuvaukseen liittyvistä turvallisuusriskeistä röntgenhoitajaopiskelijoille, röntgenhoitajille ja muulle hoitohenkilökunnalle ja sitä kautta myös parantaa potilasturvallisuutta. Tutkimuskysymykset ovat: "Mitkä ovat magneettikuvauksen turvallisuusriskit?", ja "Kuinka röntgenhoitaja voi tehdä tutkimuksen turvallisesti potilaalle?". Olemme vastanneet näihin kysymyksiin kvalitatiivisella tutkimuksella, osittain deskriptiivisellä kirjallisuuskatsauksella ja osittain röntgenhoitajien haastatteluilla. Tällä tavoin olemme voineet yhdistää teoreettista tietoa ja käytännön kokemusta turvallisuusriskeistä. Teoreettiseksi viitekehikseksi olemme valinneet potilasturvallisuuden ja röntgenhoitajan pätevyyden. Teoreettiseksi taustaksi otamme esiin magneettikuvauksen perusteet. Lisäksi olemme tehneet sanalistan magneettikuvaukseen liittyvistä sanoista.

Turvallisuusriskit olemme jakaneet kolmeen kategoriaan: magneettikuvauslaitteesta johtuvat riskit, potilaasta lähtöisin olevat riskit sekä gadoliniumpohjaisista tehosteaineista johtuvat riskit. Suurimman vaaran aiheuttaa itse magneettikuvauslaite, jonka voimakas magneettikenttä vetää puoleensa ferromagneettisia metalliesineitä. Metalliesineitä voi vahingossa ajautua tutkimushuoneeseen, esimerkiksi sakset, jotka sinkoutuisivat voimalla kohti laitetta. Potilaan kehossa voi myös olla metallia, esimerkiksi erilaisia implantteja tai sydäntahdistin. Magneettikuvauslaitteen radiofrekvenssientät voivat aiheuttaa palovammoja potilaille. Myös gadoliniumpohjaisten tehosteaineiden käyttö on turvallisuusriski, koska ne voivat aiheuttaa sivuvaikutuksia.

Olemme koonneet tehtävälistat joilla röntgenhoitaja varmistaa potilasturvallisuuden. Tärkeää on tarkistaa potilaat, ettei kontraindisoivia esineitä menisi kuvaushuoneeseen. On varmistuttava siitä, ettei potilaan kehossa ole kontraindisoivia implantteja tai kojeita. Potilas täyttää tätä varten esitietolomakkeen ja röntgenhoitaja tarkistaa potilaan vaatteet ja hiukset. Palovammojen mahdollisuus ehkäistään asettelemalla potilas oikealla tavalla magneettikuvauslaitteeseen.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: Magneettikuvaus, Turvallisuus, Röntgenhoitaja

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Pernilla Lervik and Marko Parkkomäki

Degree Programme: Radiographer, Vaasa

Specialization:

Supervisor: Katarina Vironen

Title: Safety risks associated with magnetic resonance imaging. How can the radiographer make the examination safe for the patient?

---

Date 07.11.2017

Number of pages 74

Appendices 1

---

### Abstract

The aim of this thesis is to increase awareness of the safety risks associated with magnetic resonance imaging (MRI) among radiographers, radiography students and other health care personnel in order to improve patient safety. Our research questions are: "What are the safety risks associated with MRI examinations?" and "What can the radiographer do to make the MRI examination safe for the patient?" We have answered these questions using qualitative methods, a review of the literature and interviews with experienced radiographers. This way we were able to combine theory with practical experiences of the safety risks.

As theoretical reference frame we chose the subjects patient safety and qualifications of the radiographer. In the theoretical background we have explained MRI basics in a comprehensive manner, with an attached MRI glossary containing the most common vocabulary. The results are divided into the following categories: Safety risks in and around the magnet, safety risk arising from the patient, and safety risks associated with gadolinium based contrast agents used in MRI examinations. The magnet itself with its strong magnetic field constitutes the largest risk factor since it attracts all ferromagnetic objects, e.g. medical devices in the human body or objects brought into the magnet room by accident. The radiofrequency field can cause burn injuries, and the gadolinium based contrast agents are associated to possible harmful side effects.

The tasks of the radiographer concerning patient safety is the result of a theoretical part and of interviews with radiographers. The most crucial task is to perform a careful control of the patient before allowing him or her to enter the examination room in order to avoid that contraindicative objects end up in the MRI. This is done with a questionnaire that the patient fills out and thorough check of the hair and clothes of the patient. The risk of burn injuries can be avoided by placing the patient correctly in the magnet.

---

Language: Swedish

Key words: Magnetic resonance imaging, Safety, Radiographer

---

# Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
2	Syfte och frågeställningar .....	2
3	Teoretisk referensram .....	2
3.1	Patientsäkerhet.....	2
3.1.1	Patientsäkerhetsplan .....	3
3.1.2	Problem med patientsäkerheten .....	3
3.1.3	Patientsäkerhetssystem och rapporteringssystem.....	4
3.1.4	Patientsäkerhetskultur och utbildning .....	6
3.1.5	Patientens deltagande – vårdplan och informationsutbyte.....	7
3.1.6	Säkerhet gällande apparatur och produkter.....	8
3.2	Röntgenskötarens kompetens.....	8
3.2.1	Kompetens inom undersökningarna .....	9
3.2.2	Kompetens inom säkerhet .....	9
3.2.3	Kompetens i arbetslivet .....	10
4	Teoretisk bakgrund .....	11
4.1	Magnetism och MRT-apparatur .....	11
4.2	MRT-signalen .....	13
4.2.1	Spin, precession och resonans.....	13
4.2.2	Relaxation.....	15
4.3	MRT-bilden.....	17
4.3.1	Lokalisering av signalen .....	17
4.3.2	Viktning, kontrast och bildkvalitet .....	18
4.3.3	Användningsområden och kontraindikationer .....	21
4.3.4	Kontrastmedel .....	22
4.5	Specialundersökningar inom MRT.....	23
4.5.1	Magnetresonansangiografi .....	23
4.5.2	Magnetresonansspektroskopi.....	23
4.5.3	Funktionell MRT .....	24
5	Metoder och tillvägagångsätt .....	25
5.1	Litteratursökning.....	25
5.2	Intervjuer .....	26
6	Litteraturöversikt.....	28
6.1	Säkerhetsrisker kring magnetkameran.....	28
6.1.1	Det statiska magnetfältet.....	28
6.1.2	Gradientfältet .....	30
6.1.3	Det radiofrekventa fältet .....	31

6.1.4	Heliumet.....	34
6.2	Säkerhetsrisker som härstammar från patienten .....	35
6.2.1	Implantat, pacemakrar, proteser och övriga metallföremål i kroppen ...	35
6.2.2	Klaustrofobi och ångest.....	37
6.2.3	Graviditet.....	38
6.2.4	Nedsövda barnpatienter .....	40
6.3	Säkerhetsrisker med kontrastmedel innehållande gadolinium.....	42
6.3.1	Toxicitet.....	42
6.3.2	Fysiologiska och allergiska reaktioner.....	44
6.3.3	Nefrogenisk systemisk fibros (NSF).....	44
6.3.4	Gravida och ammande patienter .....	45
6.3.5	Barnpatienter.....	46
7	Intervjuresultatet.....	47
7.1	Kvarglömda metallföremål.....	47
7.2	Skador av metallföremål eller implantat .....	48
7.3	Uppvärmning av kroppen och brännskador.....	49
7.4	Klaustrofobi, ångest och orolighet.....	50
7.5	Säkerhetsaspekter med barnpatienter .....	51
8	Röntgenskötarens uppgifter gällande säkerheten .....	52
8.1	Före undersökningen utanför magnetrummet.....	53
8.2	Inne i magnetrummet.....	55
8.3	Under undersökningen .....	56
8.4	Efter undersökningen.....	57
8.5	MR-ansvarsperson.....	57
8.6	Rapport om riskhändelser .....	57
8.7	Frågeformuläret.....	58
9	Tolkning .....	59
10	Kritisk granskning.....	61
11	Diskussion .....	63
	Källförteckning .....	67

## **Bilageförteckning**

Bilaga 1

MRT-ordlista

## 1 Inledning

Magnetresonanstomografi (MRT) är en bildgivande diagnostisk teknik som ger de överlägset bästa anatomiska bilderna av kroppens mjukdelar. Metoden är speciellt lämpad för undersökning av det centrala nervsystemet, stöd- och rörelseorgan, buken och blodkärl. Tekniken baserar sig på magnetfält och deras inverkan på kroppens vätekärnor, dvs. vatten. Sjukliga förändringar innebär ofta att vattenfördelningen i vävnaden förändras, vilket även gör MRT viktig vid diagnostisering av t.ex. cancer och multipel skleros. En stor fördel med metoden är att ingen joniserande strålning används, vilket gör att MRT-undersökningar kan utföras på patienter i alla åldrar. (Berglund & Jönsson, 2007, s. 96; 126–127; Strålsäkerhetscentralen STUK, 2015).

Riskerna med MRT beror på magnetfälten och de fysiska energier som de alstrar. Det är röntgenskötarens ansvar att se till att undersökningen är säker, och nyckeln till MRT-säkerhet ligger i att man som röntgenskötare skall vara på alerten hela tiden (McRobbie, Moore, Graves & Prince, 2006, s. 17). Patientsäkerheten är således ett mycket viktigt tema inom MRT och vi har valt att skriva vårt examensarbete om detta eftersom det intresserar oss. Vi tar dels upp bakgrunden till MRT på ett ganska omfattande men ändå lättläst sätt, dels tar vi upp riskerna med MRT och vad röntgenskötaren skall göra för att undvika dessa risker. Tanken med det här arbetet är att det skall vara till nytta för röntgenskötarstuderande som ska ut på MRT-praktik, eller till röntgenskötare och annan vårdpersonal som inte är insatta i magnetskötarens arbete. Målet är att öka medvetenheten om riskerna kring MRT och att därmed förbättra patientsäkerheten.

MRT-utvecklingen går framåt i snabb takt, och på finskt håll har det publicerats flera examensarbeten om MRT de senaste åren. Eftersom det inte har skrivits något examensarbete på svenska i Finland om ämnet på många år, tycker vi att det är hög tid ett sådant görs. Examensarbetet består till största delen av en kvalitativ litteraturoversikt, men vi har även gjort intervjuer med röntgenskötare på två olika sjukhus i Finland för att få en mångsidigare bild av själva problematiken och av de vanligaste riskerna röntgenskötaren stöter på i sitt vardagliga arbete på en MRT-enhet.

## 2 Syfte och frågeställningar

Syftet med examensarbetet är att beskriva säkerhetsrisker vid MRT-undersökningar och vad röntgenskötaren kan göra i praktiken för att förbättra patientsäkerheten. Röntgenskötaren ansvarar för att patienterna ska kunna undersökas på ett säkert sätt och även för den allmänna säkerheten på MRT-enheten. Eftersom säkerhetsfrågor berör många olika delområden på en MRT-enhet, vill vi försöka kategorisera säkerhetsriskerna på ett förnuftigt sätt. Målet är att öka medvetenheten om säkerhetsriskerna och därmed förbättra patientsäkerheten.

Frågeställningarna är:

1. Vilka är säkerhetsriskerna inom MRT?
2. Hur kan röntgenskötaren göra undersökningen säker för patienten?

## 3 Teoretisk referensram

Den teoretiska referensramen bör ha en anknytning till problemet. Problemet i examensarbetet ska integreras och bearbetas utifrån den teoretiska referensramen. (Henricson, 2013, s.64). Patientens trygghet är utgångspunkten för bra vård, både yrkeskunnande och patientsäkerhet behövs. Eftersom syftet med examensarbetet är att beskriva säkerhetsrisker inom MRT tänker vi ha patientsäkerhet och röntgenskötarens kompetens som teoretisk referensram. Allmänna bestämmelser, lagar och förordningar styr vårdarbetet i Finland, därför tänkte vi närma oss referensramarna dels utifrån lagstiftningen, men också genom att söka i litteratur.

### 3.1 Patientsäkerhet

Patientsäkerhet betyder att patienten har rätt att få den vård som är nödvändig och rätt. Patienten ska ha rätt att få vården på rätt tidpunkt och på rätt sätt. Vården ska dessutom förorsaka så få skador som möjligt. Rutiner och principer som personal, enheter och organisationer inom hälso- och sjukvården följer bidrar till patientsäkerheten. Patientsäkerhet beaktas vid vårdens alla steg; förebyggande av sjukdomar, diagnostik, behandling, läkemedelsbehandling och rehabilitering. (Institutet för hälsa och välfärd (THL), 2012, s.7). Enligt socialstyrelsen i Sverige är patientsäkerhet skydd mot vårdskada. En vårdskada är när en patient drabbas av lidande, kroppslig eller psykisk skada eller



sjukdom samt dödsfall som hade kunnat undvikas om adekvata åtgärder hade vidtagits vid patientens kontakt med hälso- och sjukvården. (Socialstyrelsen, 2017).

### **3.1.1 Patientsäkerhetsplan**

Patientsäkerheten i Finland utgår från lagstiftningen. Hälso- och sjukvårdslagen (2010/1326) som trädde i kraft år 2011 säger i 8 § bland annat: ”Verksamheten inom hälso- och sjukvården ska baseras på evidens, god vårdpraxis och goda rutiner. Den ska vara högkvalitativ och säker och bedrivs på behörigt sätt.” Lagen förutsätter att enheterna som bedriver vårdverksamhet gör upp en plan om kvalitetsledning och patientsäkerhet. I hälso- och sjukvårdsministeriets förordning om kvalitetsledningen och hur patientsäkerheten tillgodoses (341/2011) finns närmare bestämmelser hur planen ska se ut och hur den ska förverkligas. (THL, 2012, s.7).

Tidigare hade social- och hälsoministeriet utsett en arbetsgrupp som utvecklade en patientsäkerhetsstrategi till åren 2009–2013. I strategin finns fem mål, vilka har beaktats även i hälso- och sjukvårdslagen (Social- och hälsoministeriet (SHM), 2009, s.3):

1. Patienten ska delta i förbättrandet av säkerheten.
2. Förutseende arbete och erfarenhet är viktigt för utvecklingen av patientsäkerheten.
3. Riskmoment ska rapporteras och man ska ta lära av dem.
4. Man ska arbeta för patientsäkerheten systematiskt med tillräckliga resurser.
5. Patientsäkerheten ska vara en del av forskningen och undervisningen inom hälsovården.

### **3.1.2 Problem med patientsäkerheten**

Utvecklingen av medicin och teknik har gått snabbt framåt och den har fört med sig nya effektiva läkemedel, nya undersöknings- och behandlingstekniker. Det ställer krav på att användningen av dessa ska bli rätt utförd. Allt större specialisering sker inom hälso- och sjukvården, detta leder till en allt större splittring av ansvaret. Förgrenade vårdprocesser och ett splittrat servicesystem gör att det är svårt att utföra en patientfokuserad säker vård. Olika elektroniska patientjournalssystem försvårar utbytet av information och kan utgöra en risk i säkerheten. Brist på personalresurser gör det svårt att främja patientsäkerheten. Risken att

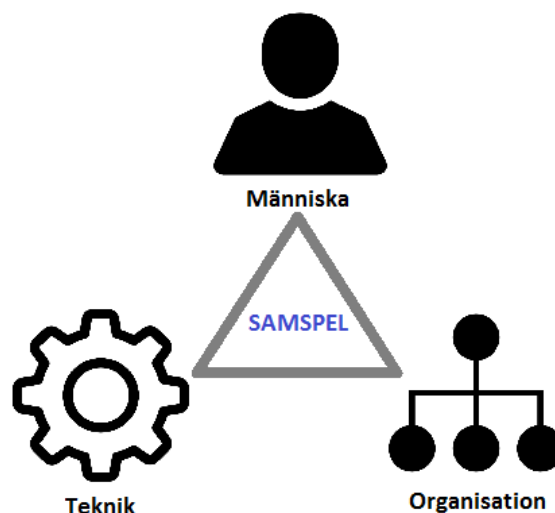
göra fel finns i all mänsklig verksamhet, därför inträffar fel också i alla vårdenheter. (THL, 2012, s.9).

Utifrån undersökningar i patientsäkerheten som man har gjort i flera länder, lider var tionde patient av vårdrelaterade fel. En av hundra får en skada som beror på vårdrelaterade fel och en av tusen dör p.g.a. fel i vården. Man har inte gjort liknande forskning i Finland men utifrån utländsk forskning kan man uppskatta att det inträffar omkring 500 eller t.o.m. 1500 felbehandlingar som leder till döden i Finland. (Snellman, 2009, s-29-30). Jämförelsevis inträffar omkring 3000 dödsfall i Sverige p.g.a. vårdrelaterade fel. Forskarna har upptäckt att om man förbättrar patientsäkerheten kan hälften av dessa dödsfall undvikas. I Finland har man gjort beräkningar att felbehandlingarna enbart inom slutenvården i Finland orsakar kostnader på 409 miljoner euro per år. Hälften av denna summa skulle likaså kunna sparas vid förbättring av patientsäkerheten. Framför allt skulle man kunna minska det mänskliga lidandet genom patientsäkerhetsfrämjande åtgärder. (THL, 2012, s.10).

### **3.1.3 Patientsäkerhetssystem och rapporteringssystem**

Inom hälsovården har säkerhetskontroll och säkerhetsledning inte varit så etablerat som t.ex. inom kemisk industri, kärnkraftverk och flygbolag. Patientsäkerheten har förbättrats genom att utveckla läkemedelsbehandlingen och införa nya vårdformer samt genom att förkorta vårdköer, men man har saknat en övergripande strategi om hur risker ska identifieras och hanteras. Senare har man strävat till att nya modeller och tillvägagångsätt ska utvecklas för att förbättra patientsäkerheten. Man har letat efter metoder och modeller i de branscher som har bättre utvecklade säkerhetssystem och ledning. (Reiman & Oedewald, 2009, s.44).

Orsakerna till risker och vårdrelaterade fel kan antingen ses genom individsyn eller systemsyn. Vid individsyn hittar man orsakerna hos den enskilda arbetaren, som kanske har slarvat eller gjort en missbedömning. I en systemsyn identifieras orsakerna i brister i hälso- och sjukvårdssystemet. Det kan vara frågan om brister på olika nivåer i systemet, t.ex. arbetsmiljö, kompetens, organisation och ledning. Förr var det vanligt att man använde individsynen, enskilda arbetare blev anklagade för vårdrelaterade fel som uppkommit genom misstag de hade begått. Numera övergår man mer till systemsyn, individen har dock fortfarande sitt ansvar. Begreppet systemsyn kan tydliggöras genom den s.k. MTO-modellen. MTO står för människa-teknik-organisation och i den ses orsakerna till risker och fel genom samspel mellan dessa tre (Figur 1). (Sveriges kommuner och landsting, 2015, s. 8–9).



**Figur 1. MTO – Samspel mellan människa, teknik och organisation.** (Egen bild).

Ansvar för patientsäkerheten bärs av organisationsledningen. Detta ansvar kan de inte delegera. Ledningen ansvarar för att det finns tillräckligt med personal och att denna har fodrad kompetens. När ledningen gör beslut ansvarar den också för hur det påverkar patientsäkerheten. Ledningen ska i personalplaneringen se till att tillräcklig mängd personal med behörig kompetens finns för att producera säker vård. Vårdinstruktioner och beskrivningar ska vara tydliga och de ska finnas tillgängliga för alla. Arbetsmiljön ska utvecklas så att säkerheten beaktas både för patienter och personal. Man ska sträva till att anskaffning av apparatur och system ska vara enhetliga för att underlätta kontrollen av arbetet. (THL, 2012, s.12–13).

Det är nödvändigt att rapportera avvikelser, riskhändelser och negativa händelser när man vill förbättra patientsäkerheten. Organisationen får sådana rapporter från patienterna och de närstående i form av anmärkningar och anmälningar om vårdskada eller fel. Dessutom har personalen ett rapporteringssystem där risksituationer och vårdfel anmäls. Av lokala rapporteringssystem har man i Finland mest erfarenhet av HaiPro, som är utvecklad av Teknologiska forskningscentralen (VTT) och läkemedelsverket. Även andra rapporteringssystem finns i bruk. I systemet ska anmälaren fritt beskriva sin uppfattning av händelseförhållandena, hur händelsen uppkom, händelseförloppet och dess följder. Meningen med rapporteringssystem är att de negativa händelserna analyseras och informationen förmedlas över organisationsgränserna. (THL, 2012, s.28–30).

### 3.1.4 Patientsäkerhetskultur och utbildning

Patientsäkerhetskultur innebär att man genom en systematisk procedur främjar patientsäkerheten. Till denna procedur hör riskbedömning, förebyggning och korrigerande av vårdrelaterade fel. Man ska ideligen lära sig av riskhändelser och utveckla attityder och värderingar mot en öppen patientsäkerhetskultur. Patientsäkerheten beror på många olika faktorer och medverkare, inte på en enskild individ. Grunden för en bra säkerhetskultur borde fås redan i vårdutbildningen. I en öppen säkerhetskultur behandlas skeenden som har lett till en negativ händelse ärligt och omedelbart efter händelsen i fråga. De upptäckta riskfaktorerna, misstagen eller faktorerna som orsakat felet analyseras och rapporteras för att man ska lära sig av dessa. I en öppen säkerhetskultur ska de anställda utan skuldbeläggande kunna berätta om de negativa händelserna. Händelserna ska behandlas och stöd ska ges åt de som varit delaktiga, vilket är nödvändigt för att bevara de anställdas arbetsförmåga. (THL, 2012, s.14).

Den enskilda individen har bara en begränsad möjlighet att bidra till att säkerhetskraven uppnås. Organisationen däremot har möjlighet att påverka miljön och kulturen där yrkesgrupper och individer arbetar. Även samhället påverkar säkerhetskulturen genom institutioner och lagstiftning, men det är på organisationens ansvar hur lagarna tolkas och förverkligas. Organisationen ansvarar för att alla krav på patientsäkerheten uppföljs. Sociala, psykologiska och strukturella fenomen tillsammans påverkar patientsäkerheten. Handlingssätten hur en organisation försöker inverka på ledningen och organiseringen av arbetet, vilka värden och normer säkerhetsaspekter ges, samt hur informationsflödet fungerar, bygger upp en helhet som man kan kalla för säkerhetskultur. (Reiman, Pietikäinen & Oedewald, 2009, s. 65).

Patientsäkerheten är beroende av kunskaper, färdigheter och kompetens. Viktigt är att personalen inskolas till sina uppgifter, det övervakas att tillräcklig kompetens finns och att personalen kontinuerligt fortbildas. Nya anställda ska inskolas i organisationens sätt att förverkliga, upprätthålla och utveckla patientsäkerheten. När arbetsuppgifterna ändras eller när anställda varit lediga ska adekvat inskolning ordnas. Även underleverantörer ska ha tillräckliga patientsäkerhetssystem. Patientsäkerhetsplanen ska innehålla tillvägagångsätt för utbildning och handledning av hälso- och sjukvårdstuderande. (THL, 2012, s.16).

### 3.1.5 Patientens deltagande – vårdplan och informationsutbyte

Den nya hälso- och sjukvårdslagen och förordningen förutsätter att man ska framhäva patientens deltagande i utvecklingen av patientsäkerheten och kvaliteten av vården. För att patienten ska kunna bidra till säkerheten behöver patienten tillräckligt med information, därför försöker personalen identifiera de vårdrelaterade riskerna redan i början och informera om dessa åt patienten. (THL, 2012, s.17).

Patienten själv kan ses som en betydande del kring säkerheten om sin egen vård. Ibland skaffar patienten själv information gällande sin sjukdom, t.ex. via internet. Det är viktigt att personalen ger information åt patienten och kontrollerar att informationen är riktig. Tillgång till korrekt information bidrar till att patienten kan göra rätta beslut om sin vård. (Leino-Kilpi, 2009, s.173–174).

Även om patienten har en aktiv roll i planeringen av vården är det personalen och i sista hand organisationen som har ansvaret om säkerheten. Patienten ska ha möjlighet att förtroendefullt berätta om säkerhetsbrister, därför informeras patienten om vem hon eller han ska kontakta i patientsäkerhetsfrågor. I vårdplanen ska patientens alla hälsoproblem och de planerade vårdformerna finnas dokumenterade, med hjälp av den tryggar man patientens deltagande i vården och har samtidigt en insikt i riskerna. Institutet för hälsa och välfärd har tillsammans med organisationerna planerat vårdplanens struktur, i den antecknas vårdbehovet och vårdmålet, metoderna för vården, arbetsfördelningen, uppföljning och bedömning samt diagnos- och medicineringsförteckning. Varje vårdplan ska samordnas av en ansvarig person. I framtiden kommer vårdplanen att integreras i det nationella elektroniska patientjournalssystemet. (THL, 2012, s.18).

Både muntligt och skriftligt informationsutbyte är viktig inom hälso- och sjukvården för att främja patientens och även personalens säkerhet. Förflyttningar av patienter och informationsutbytet i samband med dem innebär ofta en risk för vårdfel. På många håll i USA har man tagit i bruk SBAR-verktyget för att förbättra kommunikationen och informationsflödet. Som en följd av det hade riskhändelserna minskat och processerna angående patientförflyttningarna blivit effektivare. Begreppet SBAR står för situation, bakgrund, aktuell bedömning och rekommendation. Med situationen (S) svarar man på frågan vad händer för tillfället? Vilka bakgrundsfaktorer (B) har påverkat att situationen är som den är? Aktuell bedömning (A) står för hurdan tillståndet är för tillfället? Slutligen ska man ha en rekommendation (R) på hur problemet ska lösas. Andra liknande verktyg finns

och kan också användas för att förbättra patientsäkerheten. (Kinnunen & Peltomaa, 2009, s.87–88).

### **3.1.6 Säkerhet gällande apparatur och produkter**

Säkerheten av apparater och produkter inom hälso- och sjukvården övervakas enligt lagen om produkter och utrustning för hälso- och sjukvård (629/2010). Produkter och apparater för hälso- och sjukvård ska vara så säkra som möjligt. Förutsättningen är att de används rätt och endast för det användningsändamål som tillverkaren har fastställt. Tillverkaren har ansvar för att minimera riskerna vid användningen av produkterna så att de ligger på acceptabel nivå. De risker som inte har kunnat uteslutas genom tekniska lösningar, utan att dessa skulle störa funktionsdugligheten, har uppgetts i bruksanvisningarna och på varningsskyltar. (THL, 2012, s.24–25).

Om avvikelser och riskhändelser på apparater och produkter inom hälso- och sjukvården förekommer ska de ansvariga lämna in rapport till Valvira (Tillstånds- och tillsynsverket för social- och hälsovården) och tillverkaren. Sådana kan vara produktens egenskaper, en avvikelse eller störning i produktens funktion, brister i märkningen av produkten, en bristfällig eller felaktig bruksanvisning för produkten eller användningen av produkten. Avvikelser och riskhändelser gällande strålnalstrande apparater ska även rapporteras till Strålsäkerhetscentralen (STUK). (THL, 2012, s.24–25).

## **3.2 Röntgenskötarens kompetens**

Röntgenskötarens kompetens har en direkt påverkan på patienternas vård och säkerhet inom de radiografiska undersökningarna och behandlingarna. Utan kompetens skulle patienterna kunna hamna ut för feldiagnostiseringar och vårdfel, som skulle kunna ha allvarliga följder. (Andersson, 2012, s.25).

I Finland är röntgenskötarexamen en yrkeshögskoleexamen som tar 3,5 år. Studierna omfattar 210 studiepoäng av vilka minst 75 studiepoäng är praktik i yrkeslivet. Röntgenskötarens uppgift är att delta i vården av patienten och dess anhöriga som en sakkunnig inom radiografi och strålbehandling. Röntgenskötarens ansvar för undersökningsprocesserna och ingreppen i samband med dem samt för strålbehandling inom bas- och specialistsjukvården och i privata företag. Röntgenskötarens jobbar individuellt eller i en multiprofessionell arbetsgrupp. (Undervisnings- och kulturministeriet, 2006, s. 58).

Röntgenskötaren är sakkunnig i användningen av medicinsk strålning och i optimeringen av stråldoserna. Medenvetenhet om strålsäkerhetsaspekter gällande miljön är också en viktig kompetens. Man är skyldig att följa lagar och direktiv som gäller användningen av strålning. I arbetet respekterar man patientens mänskliga rättigheter och tar hänsyn till patientens olika bakgrund, livssituationer och åsikter. (Undervisnings- och kulturministeriet, 2006, s. 58).

En röntgenskötare kan arbeta inom röntgen-, magnet-, isotop- och ultraljudsundersökningar samt strålbehandling. Till arbetet hör planering, genomföring och utvärdering de olika undersökningarna, behandlingarna och ingreppen. (Undervisnings- och kulturministeriet, 2006, s. 59).

### **3.2.1 Kompetens inom undersökningarna**

De centrala inom radiografin är att man kan planera, utföra och utvärdera de olika undersökningarna i de olika modaliteterna och strålbehandling. Dessutom ska röntgenskötaren behärska vårdåtgärderna, grundläggande anatomi och användandet av radiofarmaka och läkemedel. Kommunikation med patienten, handledning, positionering och förberedning av patienterna för undersökningarna är också viktiga baskunskaper. Man ansvarar även för att patienten får rätt eftervård. Röntgenskötaren ska kunna handla rätt i första hjälp situationer och arbeta på ett aseptiskt korrekt sätt. (Undervisnings- och kulturministeriet, 2006, s. 59–60).

Det är viktigt att patienten informeras om vad som kommer att hända under en undersökning eller en behandling, likaså är det viktigt att röntgenskötaren lyssnar på vad patienten har att säga. När kommunikationen lyckas och patienten är medveten om hur undersökningen eller behandlingen utförs, kan patienten aktivt delta i processen. Röntgenskötaren tar i beaktande patientens tillstånd och sjukdom, möjligtvis palperar patienten och frågar om eventuell smärta, först sedan kan man bestämma hur undersökningen görs. (Andersson, Fridlund, Elgán & Axelsson, 2008, s. 401–409).

### **3.2.2 Kompetens inom säkerhet**

Det viktigaste är att röntgenskötaren ska kunna optimera stråldoserna och skydda patienten, personal och andra personer för strålning. I MRT ska man bland annat kunna säkra att inga olyckor inträffar med metallföremål som slungas mot magnetkameran eller med implantat som förflyttas i kroppen och orsakar livsfara. Röntgenskötaren ansvarar också för säker

användning av kontrastmedel och kan ge vård vid allergiska reaktioner. (Undervisnings- och kulturministeriet, 2006, s. 60).

Patienterna litar på att röntgenskötaren är uppmärksam och klarar av att övervaka både patientens tillstånd och den tekniska utrustningen. Säkerheten ökar genom uppmärksamhet för att snabbt kunna reagera rätt på svåra och akuta situationer. Viktig kompetens är att kunna jämföra remissens innehåll med det patienten berättar, t.ex. att det är rätt sidas fot man undersöker. Brist på uppmärksamhet kan leda till att fel patient undersöks eller att en ofullständig undersökning utförs. (Andersson, 2012, s. 70).

### **3.2.3 Kompetens i arbetslivet**

Arbetet utförs ofta i multiprofessionella arbetsgrupper tillsammans med radiologer, fysiker, sekreterare och annan personal, och till detta krävs samarbetsvillighet. Röntgenskötaren är även skyldig att utveckla sig själv, sitt eget kunnande och sitt yrke. Det är nödvändigt att följa med den tekniska utvecklingen som går snabbt framåt. (Undervisnings- och kulturministeriet, 2006, s. 61).

Allt mer undersökningar och interventioner utförs i hälsovården och förändringar i arbetslivet och i omvärlden är aktuella. Det har medfört nya krav på att upprätthålla och utveckla yrkeskunnandet. Arbetslivet kräver omfattande kunskap och skicklighet, därför skall beredskap för att utveckla och förnya sin expertis finnas. Man ska kunna tillämpa den nya kunskapen i praktiken och det krävs samspel och förmåga att växelverka. Yrkespersonligheten bör utvecklas och en yrkesidentitet formas. (Niemi, 2006, s.15).



## 4 Teoretisk bakgrund

Magnetresonanstomografi (MRT) heter på engelska Magnetic Resonance Imaging (MRI). Vi har i det här examensarbetet bestämt oss för att använda termerna ”MRT” och ”MRT-undersökning” och att kalla själva MRT-magneten för ”magnetkamera” eller bara ”magnet”. Som bilaga har vi gjort en MRT-ordlista med de vanligaste termerna.

MRT-undersökningarna har ökat i popularitet sedan början av 1980-talet då tekniken började användas. Den första magneten togs i bruk år 1984 i Finland, och 28 år senare, år 2012, fanns det 117 magneter i Finland med vilka ca. 260 000 undersökningar gjordes (STUK, 2015). Tre år senare, år 2015, hade antalet MRT-undersökningar ökat med 47 % till nästan 400 000 (Suutari, 2016, s. 19). MRT lämpar sig väl till undersökningar av centrala nervsystemet (hjärna och ryggmärg), stöd- och rörelseorgan, bukområdet och blodkärl (STUK, 2015).

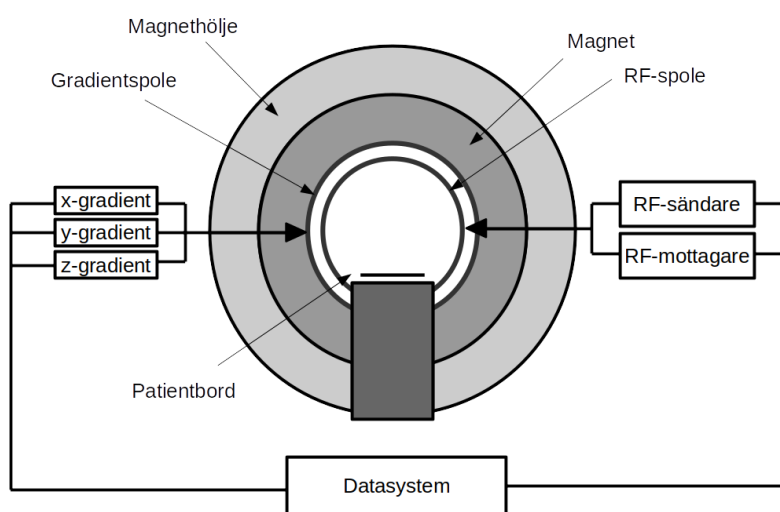
Tekniken började utvecklas på 1940-talet då Felix Bloch upptäckte NMR (nuclear magnetic resonance, kärnmagnetisk resonans) och han fick tillsammans med Edward Purcell Nobelpriset i fysik år 1952 för upptäckten av resonansfenomenet. Tekniken utvecklades vidare på 1970-talet då Raymond Daimler upptäckte att man kunde se skillnader mellan cancervävnad och normal vävnad. Paul Lauterbur tillförde gradienter för att få tvådimensionella bilder och Sir Peter Mansfield utvecklade bildsnitten och dataanalyseringen som omvandlar signalen till en bild. Lauterbur och Mansfield fick Nobelpriset i medicin år 2003. MRT är idag en av de viktigaste diagnostiska teknikerna för framställning av bilder och tekniken utvecklas snabbt. Eftersom inga röntgenstrålar används anses metoden säker för patienter i alla åldrar. (Berglund & Jönsson, 2007, s. 97–98).

### 4.1 Magnetism och MRT-apparatur

Alla ämnen har någon form av magnetism och graden av magnetism beror på hur ämnet reagerar på ett yttre magnetfält som i sin tur beror på ämnets elektronkonfiguration. Det finns paramagnetism, diamagnetism och ferromagnetism. Paramagnetiska ämnen attraheras av yttre magnetfält medan diamagnetiska ämnen repelleras av yttre magnetfält. Ferromagnetiska ämnen attraheras starkt av yttre magnetfält och är magnetiska även utan yttre påverkan. Kontrastmedel innehållande gadolinium som används för att få bättre kontrast i bilderna vid MRT-undersökningar är paramagnetiska och ändrar på det lokala magnetfältet. Ferromagnetiska material bör inte vara i närheten av MRT-magneter eftersom

de attraheras starkt av det yttre magnetfältet och utgör en säkerhetsrisk. (Chavhan, 2013, s. 22–23).

En magnetkamera består av en ihålig huvudmagnet som har ett starkt magnetfält, gradientspolar, en radiofrekvensspole (RF-spole), och en patientbräda som kan köras in och ut ur magneten. Till systemet hör även en gradientgenerator, en RF-sändare och -mottagare, och ett datasystem (Figur 2). Datorer behövs för att styra bildtagningen och generera bilder. (Berglund & Jönsson, 2007, s. 121–122).



**Figur 2. Magnetkamerans uppbyggnad.** (Egen bild).

Magnetkameran består av supraledande magneter vars magnetiska fält alstras av elektrisk ström genom supraledande trådar vid mycket låga temperaturer. En temperatur på  $-269^{\circ}\text{C}$  krävs för att upprätthålla det starka och homogena magnetfältet och det sker med hjälp flytande helium och flytande kväve. En supraledande magnet förlorar sin supraledande förmåga och sitt magnetfält om resistansen i ledningarna av någon orsak ökar. Denna process kallas "quench" på engelska och kan översättas till "kyla av" eller "släckas". Detta sker vanligtvis av en olyckshändelse, men det kan även vara en sista utväg om en människas liv är i fara. (Chavhan, 2013, s. 24–30). Enheten för magnetfältets styrka är Tesla (T). De flesta magnetkameror inom sjukvården i Finland har fältstyrkan 1.5 T, fast 3.0 T magneternas antal ökar hela tiden (Suutari, 2016, s. 19). Jämför med jordens magnetfält som har en styrka på ca  $0,00006\text{ T}$  (Berglund & Jönsson, 2007, s. 100).

En spole är en tråd i en sluten krets eller slinga. Magneterna har flera lager av spolar med olika funktioner. Själva huvudmagnetfältet med de supraledande trådarna är en spole och det finns shimspolar som man jämnar ut det magnetiska fältet med och gör det så homogent som möjligt. Gradientspolar producerar gradientfältet som behövs för att lokalisera MR-signalen och RF-spolar sänder ut RF-pulsen och tar emot signalen. RF-spolarna kan vara antingen sändare eller mottagare eller både och. Exempel på RF-spolar är volymspolar och ytspolar som finns i många olika slag, gjorda för att passa de flesta kroppsdelar. (Chavhan, 2013, s. 30–32).

En MRT-undersökning går i korthet till så att patienten placeras i ett starkt magnetfält, varefter en puls med RF-vågor (radiofrekventa vågor) skickas in. Vätekärnorna i kroppen tar upp energi från RF-vågen och exciteras, varvid de inducerar en RF-signal som registreras av en RF-mottagare. Signalen avtar med tiden då vätekärnorna återgår till sina ursprungliga tillstånd. Upprepade RF-pulser och mätningar av signalen, eller ekot som det också kan kallas, ger till slut en bild av det valda området efter matematiska beräkningar av en dator. (Bergström & Jönsson, 2007, s. 97).

## **4.2 MRT-signalen**

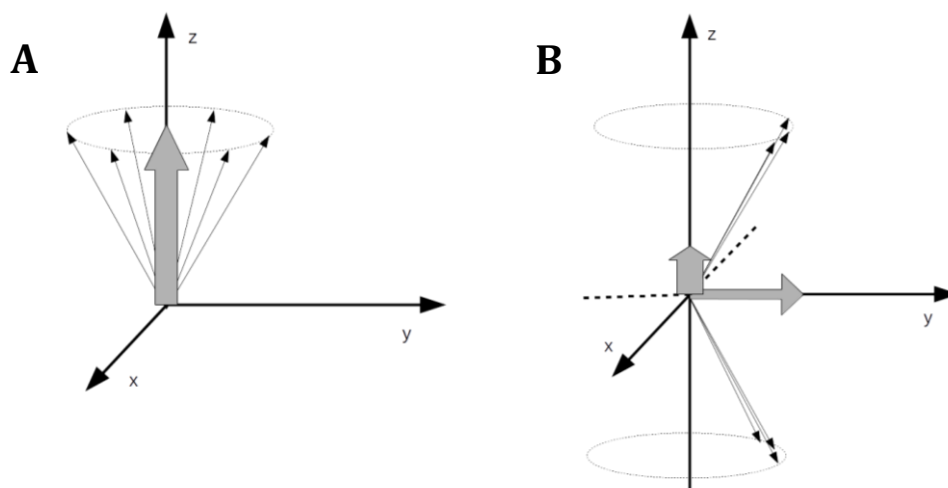
MRT-tekniken grundar sig på vätekärnan, d.v.s. protonen, och dess egenskaper. MRT-signalen består av RF-vågor från protonerna i vår kropp. Väte är det vanligaste atomen i vår kropp, den finns i vatten, fett och proteiner. Största delen av signalen kommer från vattenmolekyler, och våra kroppar består till 55–60 % av vatten. (Bergström & Jönsson, 2007, s. 99). Nedan förklaras vad som händer med protonerna i kroppen då de kommer in i ett starkt magnetfält, och vad som händer då RF-pulsen slås på.

### **4.2.1 Spinn, precession och resonans**

Protonen är positivt laddad och roterar konstant runt sin egen axel, en egenskap som kallas spinn. Alla laddade partiklar som rör på sig genererar ström och all ström genererar ett litet magnetfält. Detta betyder att alla protoner omges av ett litet magnetfält. Normalt rör sig protonerna i kroppen helt slumpmässigt, men då kroppen sätts in i ett externt magnetfält, d.v.s. själva undersökningsmagneten, radar protonerna upp sig och rätar sig efter det yttre magnetfältet antingen parallellt eller anti-parallellt. Protonerna har nu både ett spinn, de roterar runt sin egen axel, och dessutom precesserar de i riktning av det yttre magnetfältet. Precession betyder att den spinnande axeln roterar i en konformig rörelse i magnetfältets

riktning. Ett beskrivande exempel på det här är en leksakssnurra i rörelse som både roterar runt sin egen axel (har ett spinn) och i en konformig rörelse p.g.a. jordens gravitationskraft (den precesserar). Antalet precessioner per sekund kallas precessionsfrekvens eller Larmorfrekvens och mäts i Hertz (Hz). Den är direkt proportionell till magnetfältets styrka. (Chavhan, 2013, s. 1–2).

För att bättre förstå vad som händer med protonerna då de utsätts för ett yttre magnetfält används ett koordinationssystem där det yttre magnetfältet har Z-riktningen, vilket betyder att även patientens längd går enligt Z-axeln då hen ligger i magnetkameran. Som nämnts ovan kan protonerna eller spinnen rada upp sig både parallellt eller anti-parallellt med det yttre magnetfältet, men det är alltid fler protoner som har parallell riktning, och dessa bildar magnetiseringsvektorn som går längs Z-axeln och kallas longitudinell magnetisering (Figur 3A). Longitudinell magnetisering kan inte mätas, utan bara transversell magnetisering som sker i XY-planet då en RF-puls skickas in i magneten. Då RF-pulsen slås på överförs energi från RF-pulsen till de precesserande protonerna, varvid några övergår till ett högre energitillstånd och svänger sig anti-parallellt mot magnetfältet. Det bildas en obalans som gör att magnetiseringsvektorn tippar ut i det transversala XY-planet (Figur 3B). För att detta skall kunna ske krävs det att RF-pulsen har samma Larmorfrekvens, eller precessionsfrekvens, som protonerna. RF-pulsen gör även så att protonerna precesserar synkroniserat eller i fas, och det är detta fenomen kallas resonans och utgör R:et i MRT. (Chavhan, 2013, s. 2–4).



**Figur 3. Magnetiseringsvektorn.** **A)** I ett yttre magnetfält går magnetiseringsvektorn endast längs Z-axeln, den har longitudinell magnetisering (pilen pekar uppåt). **B)** Då en RF-puls slås på börjar protonerna spinna i fas, vilket svänger vektorn ut i XY-planet, och transversell magnetisering bildas (pilen längs Z-axeln krymper och börjar även peka till vänster). (Egen bild).

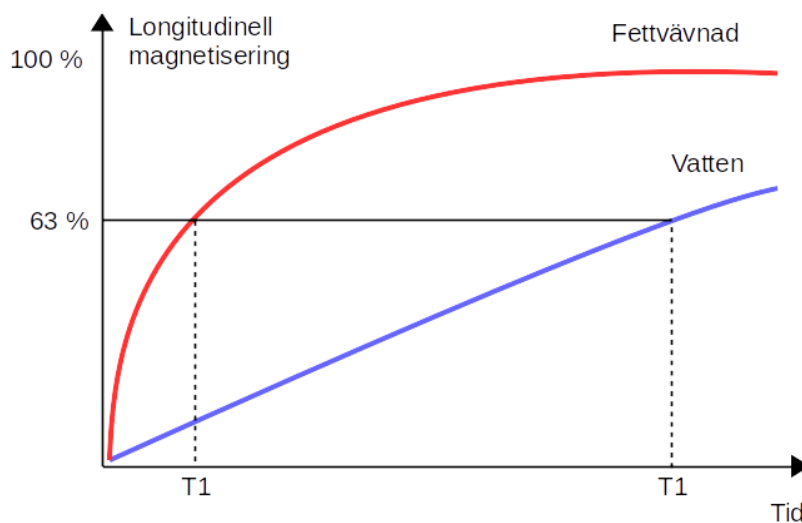
### 4.2.2 Relaxation

Efter att RF-pulsen slås av återgår systemet till jämvikt, alltså till tillståndet protonerna befann sig i innan RF-pulsen slogs på. Återgången till jämviktstillståndet kallas relaxation och består av dels longitudinell relaxation och transversal relaxation. Longitudinell relaxation beskriver hur de exciterade protonerna förlorar energi återgår till det lägre energitillståndet i magnetfältets riktning. Överloppsenergin överförs till molekylerna i omgivningen (ett kristallgitter), och därför kallas den longitudinella relaxationen även spinn-gitter relaxation, eller T1-relaxation. Transversal relaxation är urfasningen då protonernas synkronisering upphör, och kallas även spinn-spinn relaxation eller T2-relaxation. Urfasningen är beroende av störningar i det magnetfältet runtomkring orsakade av de omgivande molekylernas rörelser. Tiden det tar för den longitudinella och den transversella magnetiseringen att återgå till sitt ursprung kallas T1 respektive T2. (Chavhan, 2013, s. 8–10).

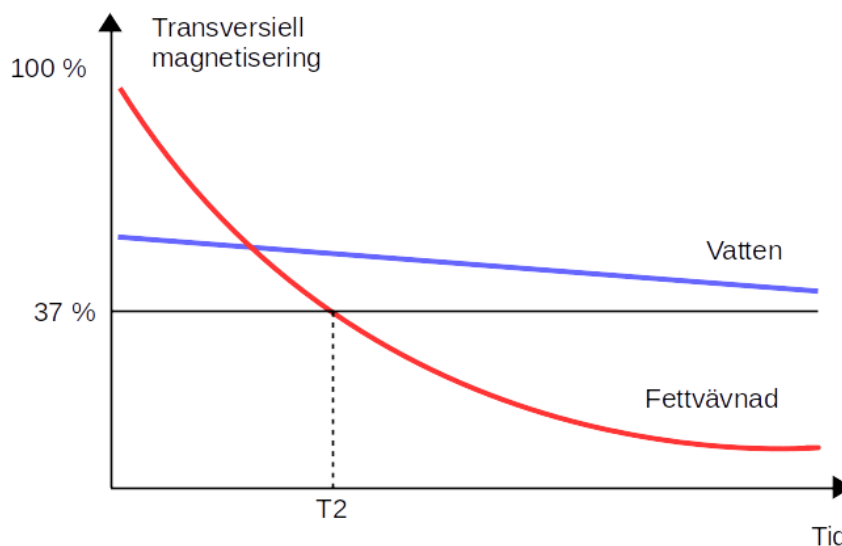
T1-relaxationen kan beskrivas med en kurva med tidskonstanten T1. T1 är tiden då 63 % av den longitudinella magnetiseringen har återgått i magnetfältets riktning, och beror på vävnadstyp, struktur och omgivningen. För att kunna överföra energin till omgivningen krävs det att mottagarmolekylen har samma eller liknande Larmorfrekvens som protonerna. Eftersom vattenmolekyler rör på sig väldigt snabbt, tar det lång tid för protoner i vatten, t.ex. blod och cerebrospinalvätska (CSV), att göra sig av med sin överskottsenergi, och T1 blir således långt. I fettvävnad däremot rör sig molekylerna med frekvenser nära Larmorfrekvensen och protonerna kan snabbt överföra sin energi till omgivningen, T1 blir kort (Figur 4). I fasta ämnen som t.ex. skelettvävnad där det sker få molekylrörelser är T1 mycket långt. (Chavhan, 2013, s. 10–11).

T2-relaxationen, d.v.s. protonernas urfasning beror på inhomogeniteter i det lokala magnetfältet som orsakas av rörelser hos de omgivande molekylerna. T2 är tiden det tar för det transversella magnetfältet att reduceras till 37 % av sitt maximala värde. Vattenmolekyler rör sig snabbt och "hinner" inte orsaka stora förändringar i det lokala magnetfältet, och därför är T2 för vatten långt. Väskor innehållande stora molekyler som orsakar större vibrations- eller rotationsrörelser har kortare T2, och fett har ännu kortare T2 (Figur 5). Fasta ämnen har mycket kort T2 eftersom molekylerna är fixerade och bildar små magnetfält. Även det yttre magnetfältet orsakar inhomogeniteter som bidrar till urfasningen, och om dessa räknas med kallas den transversella relaxationen T2\*-relaxation. T2\*-tiden är kortare än T2, eftersom

mera rörelser och störningar i magnetfältet snabbar på urfasningen. (Chavhan, 2013, s. 11–12).



**Figur 4. T1 relaxationen hos fett och vatten.** Vattenmolekyler rör sig mycket snabbt och får därför ett långt T1, medan fettmolekylerna rör sig långsamt och relaxerar snabbare, d.v.s. T1 blir kort. (Egen bild).



**Figur 5. T2 relaxationen hos fett och vatten.** De snabba vattenmolekylerna orsakar inga stora förändringar i det lokala magnetfältet och får således ett mycket långt T2. Stora molekyler som fett orsakar större rörelser och får ett kortare T2. (Egen bild).

Man kan sammanfatta uppkomsten av MRT-signalen såhär: Då patienten placeras i magnetkameran radar protonerna i kroppen upp sig enligt det externa magnetfältet och börjar precessera, det bildas longitudinell magnetisering bildas längs Z-axeln

(magnetiseringsvektorn följer Z-axeln). Då en RF-puls skickas in exciteras protonerna och börjar precessera i fas, i resonans, och transversell magnetisering bildas i XY-planet (magnetiseringsvektorn tippas ner i XY-planet). Den transversella magnetiseringsvektorn genererar ström som registreras av en RF-mottagare och den här signalen omvandlas sedan till en bild av en dator. (Chavhan, 2013, s. 4–5).

### **4.3 MRT-bilden**

För att få en MRT-bild behöver man först och främst veta varifrån i kroppen en signal kommer. Detta görs genom att variera på magnetfältets styrka i X-, Y- och Z-riktningen. På detta sätt får man en sorts karta över protonerna i kroppen, men man behöver även få tillräcklig kontrast i bilden så man kan skilja på olika typer av vävnad. Man kan manipulera kontrasten i bilden genom att vikta bilden, d.v.s. styra tiden protonerna i en vävnad har på sig för att relaxera, och därmed utnyttja skillnaderna i relaxationstid för att framhäva kontrasten. (Bergström & Jönsson, 2007, s. 103–105; 109).

#### **4.3.1 Lokalisering av signalen**

För att man skall kunna lokalisera var i kroppen signalen kommer ifrån används s.k. gradientfält som sätts till på magnetens huvudmagnetfält. Detta gradientfält produceras av gradientspolar i alla tre riktningarna, alltså längs X-, Y-, och Z-axlarna, och har olika styrka i olika riktningar. Gradientfälten kan sättas på och stängas av och varieras i styrka enligt behov. Gradienten som går längs Z-axeln är snittvalsgradienten, och längs X- och Y-axlarna går frekvenskodningsgradienten och faskodningsgradienten. (Chavhan, 2013, s. 5–7; 29–30).

Snittvalsgradientens magnetfält ökar i styrka från den ena änden till den andra, och med hjälp av detta bestämmer man var i kroppen snittet som skall avbildas ligger. I en 1,5 Tesla magnet blir magnetfältets styrka exakt 1,5 T mitt i snittet, i huvudändan är fältstyrkan 1,4 T och i fotändan 1,6 T. Då en RF-puls som stämmer med resonansfrekvensen vid 1,5 T sätts på exciteras bara protonerna i det valda snittet, och de är bara de protoner som sänder tillbaka MR-signalen som registreras omvandlas till en bild. Tjockleken på snittet väljs av RF-pulsens bandbredd, alltså hur stort frekvensintervall RF-pulsen har. För att lokalisera den exakta punkten i det utvalda snittet varifrån signalen kommer används fas- och frekvenskodningsgradienter.

Frekvenskodningsgradienten slås på under signalmätningen och ger ett svagare magnetfält i ena kanten och starkare magnetfält i andra kanten av snittet i X-led och får protonerna att precessera med olika frekvens beroende på deras läge. Datorn kan sedan räkna ut härkomsten av signaler med olika frekvens. Signal med hög frekvens kommer således från den del av snittet med starkare magnetfält och vice versa. (Chavhan, 2013, s. 5–7; Berglund & Jönsson, 2007, s. 114–115).

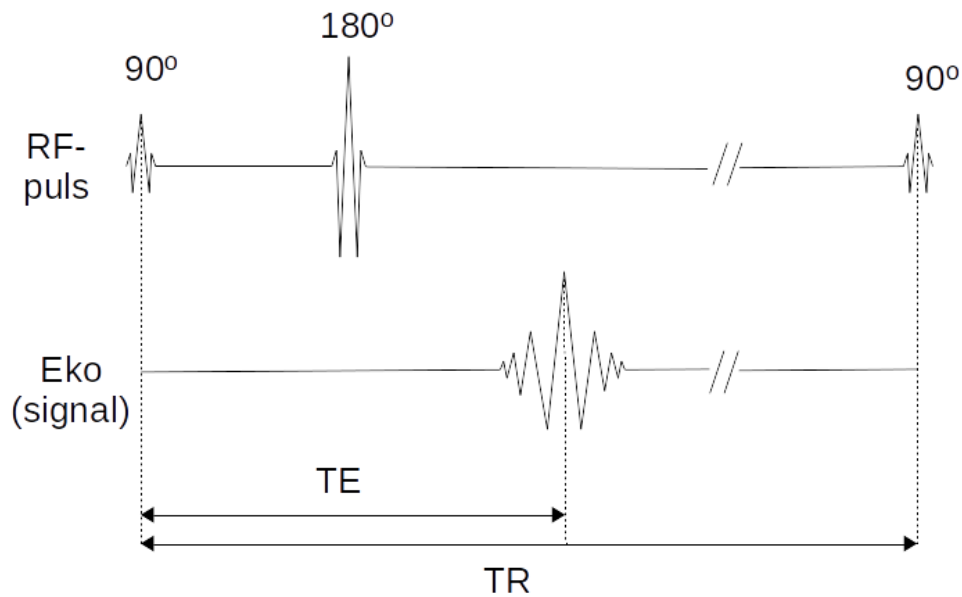
På samma sätt får man med faskodningsgradienten fasspridning längs Y-axeln som även kodas in i signalen. Faskodningsgradienten slås på en kort tid mellan excitationen och signalmätningen eller -registreringen. Faskodningen av raderna i snittet måste upprepas lika många gånger som antal mätvärden (rader) och faskodningsgradienten får olika värden varje gång. Den här mätproceduren kallas pulssekvens. Faskodningsgradientens styrka förändras stegvis vid repetition av pulssekvensen. Den mottagna signalen från alla tre riktningar består av olika frekvenser och olika fasförskjutning. Den sparas i en s.k. rådatamatrix eller k-space på engelska, och ger en rådatavbild som är helt obegriplig. Med matematisk operation som kallas Fouriertransform kan datorn översätta eller skapa MR-bilden med hjälp av frekvens- och fasinformation. (Chavhan, 2013, s. 5–7; 17–19; Berglund & Jönsson, 2007, s. 116–118).

#### **4.3.2 Viktning, kontrast och bildkvalitet**

Med hjälp av pulssekvenser kan vi kontrollera magnetiseringen med RF-pulser och gradienterna, och på detta sätt bestäms bildviktning och bildkvalitet. Den vanligaste pulssekvensen kallas spinn-eko och består av en exciterande  $90^\circ$  RF-puls följt av en  $180^\circ$  RF-puls som ”vänder” spinnen, varefter signalen (ekot) fås. Två begrepp, TR och TE, är viktiga för att kunna förstå hur pulssekvenserna är uppbyggda och hur viktningen av bilderna fungerar. TR är repetitionstiden, alltså tiden mellan en RF-puls till den nästa. I en spinn-eko-sekvens är detta tiden mellan två  $90^\circ$  pulser, m.a.o. mellan två excitationer (Figur 6).

Upprepade excitationer görs för att få bättre bildkvalitet. TE är ekotiden, tiden mellan den exciterande RF-pulsen och mätningen av ekot, alltså signalen som sänds ut. TR bestämmer hur mycket longitudinell eller T1-relaxation som får ske innan signalen mäts och TE bestämmer hur mycket transversell eller T2-relaxation som får ske innan signalen mäts. (Chavhan, 2013, s. 12–13; 33–34; Berglund & Jönsson, 2007, s.119–120).





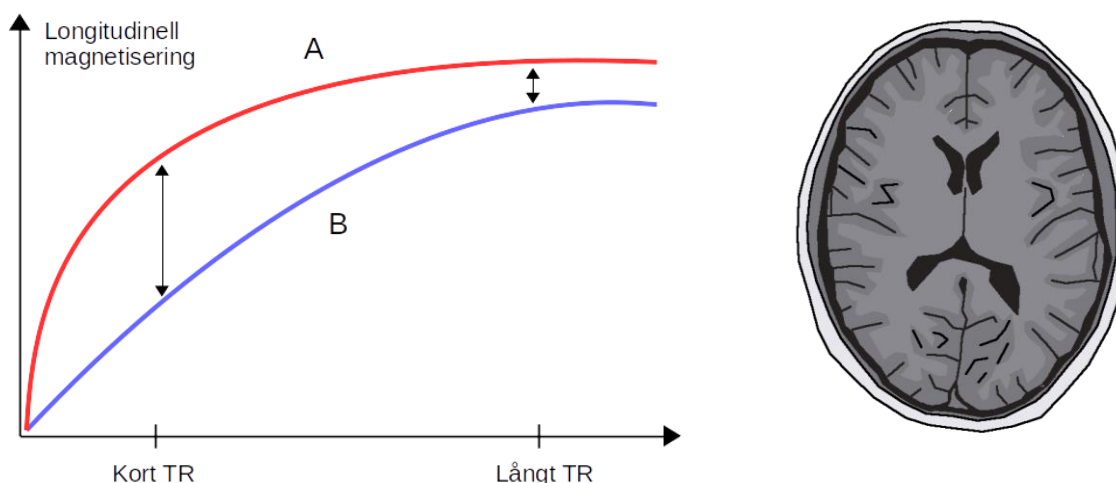
**Figur 6. Schematisk bild av en spinn-eko sekvens.** (Egen bild).

MRT-bilderna är viktade och har olika kontrast beroende på sekvensens inställningar på T1 och T2 relaxationstiderna och protontätheten. De tre vanligaste typerna av MRT-bilder är T1-viktad, T2-viktad och protontäthetsviktad.

- Kort TR och kort TE ger en T1-viktad bild
- Långt TR och långt TE ger en T2-viktad bild
- Långt TR och kort TE ger en protondensitetsviktad bild.

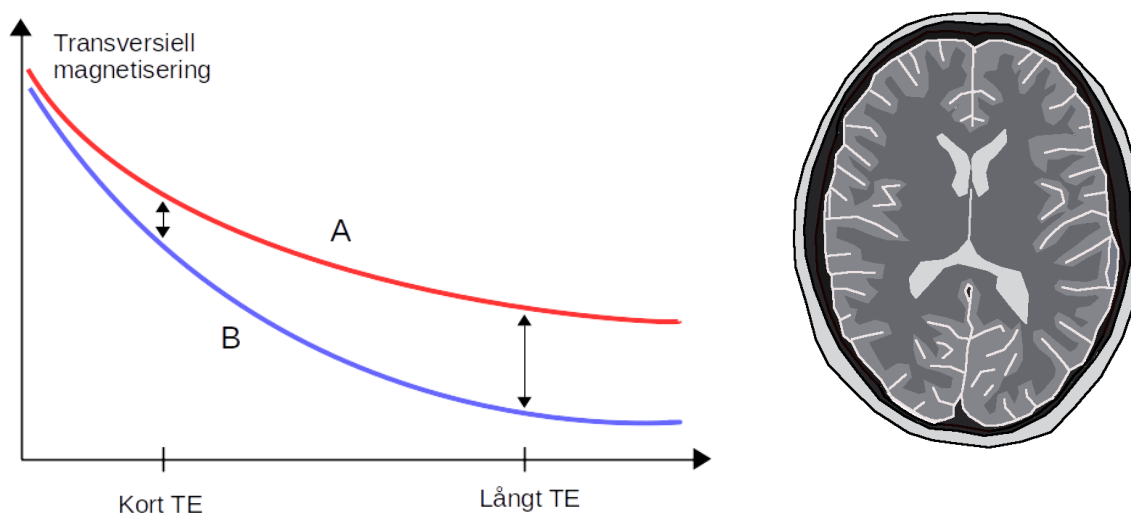
(Chavhan, 2013, s. 13–16).

Kontrasten i T1-viktade bilder bestäms av vävnadernas olika T1-relaxationstider, d.v.s. longitudinella relaxationstider. Vävnader med kort T1 (t.ex. fettvävnad) är ljusa på T1-viktade bilder, medan vävnader med lång T1 (t.ex. CSV) är mörka. T1-viktade bilder har en kort TR. Då TR är kort hinner vävnad med kort T1 att relaxera mycket och ge hög signal, medan vävnader med lång T1 bara hinner relaxera lite och ger låg signal (Figur 7). Om TR är för långt ser man ingen skillnad mellan vävnader med olika T1. TE skall vara kort på T1-viktade bilder för att undvika T2 effekter.



**Figur 7. En T1-viktad bild med bra kontrast bör ha kort TR.** Annars blir skillnaden mellan vävnad A och B (som har kort respektive långt TR) liten då båda vävnaderna hinner relaxera mycket. Till höger en T1-viktad bild av en skalle. CSV är mörkt och fettvävnad ljus. (Egna bilder).

Vävnadernas T2-relaxationstider, d.v.s. transversella relaxationstider, bestämmer kontrasten i T2-viktade bilder. TE skall vara så lång på T2-viktade bilder att vävnad med kort T2 (t.ex. fettvävnad) ger låg signal och blir mörka, medan vävnader med lång T2 (t.ex. CSV) ger hög signal och blir ljusa (Figur 8). TR måste vara lång för att undvika effekten av T1-relaxation. Kontrasten i protontäthetsviktade bilder bestäms av vävnadernas protontäthet. Skillnaderna i signalintensiteten beror på protontätheten, och för att undvika effekter av T1- och T2-relaxation sätts TR lång och TE kort. (Chavhan, 2013, s. 13–16; Berglund & Jönsson, 2007, s. 110–113).



**Figur 8. På T2-viktade bilder skall TE vara långt.** Vid korta TE är skillnaden mellan vävnad A och B för liten för att ge en bra kontrast. Till höger en T2-viktad bild av en skalle. CSV är ljus och fettvävnad mörk. (Egna bilder).

Avgörande för bildkvaliteten är SNR (signal to noise ratio) som är förhållandet mellan signalen och bruset. Man eftersträvar att få mycket signal och att minimera bruset. Faktorer som påverkar SNR är delvis statiska och delvis dynamiska. Faktorer man inte kan ändra på är brus från patienten, elektroniken och magneten, medan man kan förbättra SNR genom val av RF-spole och en rad inställningar i pulssekvensen. Dessa inställningar är t.ex. FOV (field of view) som bestämmer pixelstorleken, NEX (number of excitations) som anger hur många gånger man upprepar excitationen och mäter samma signal, och bandbredden på både RF-pulsen och MR-signalen som tas emot. Bandbredden på RF-pulsen bestämmer snitt tjockleken, med bredare snitt får man mera signal. Det säger sig självt att ju bättre SNR man vill ha, desto längre kommer bildtagningen att ta, och ibland kan man bli tvungen att kompromissa mellan kvalitet och tid. (Chavhan, 2013, s. 18–21).

### **4.3.3 Användningsområden och kontraindikationer**

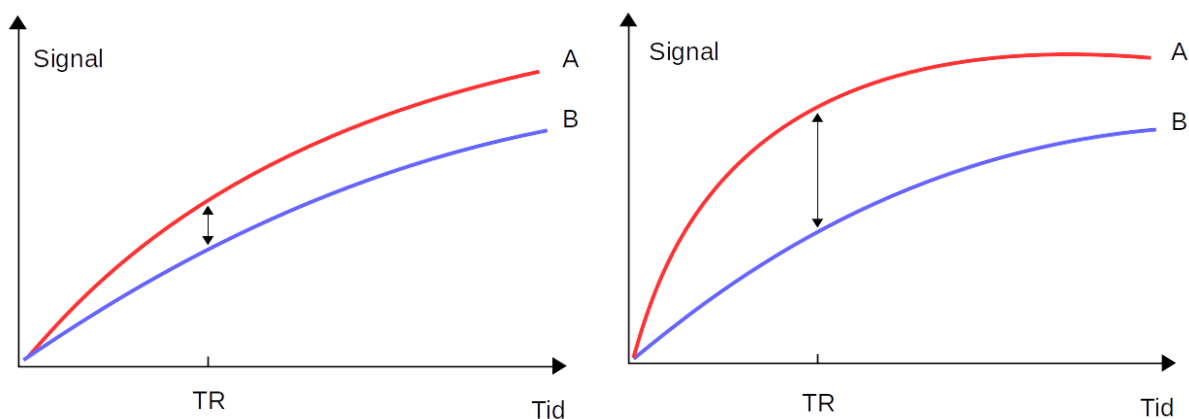
MRT används för att upptäcka sjukdomar och kartlägga skador i kroppen, men också för att se om en behandling har haft önskad effekt, till exempel en strålbehandling eller operation. De vanligaste undersökningarna görs av hjärna, rygg och stora leder som t.ex. knä och axel. Även mag-tarmkanal, bäcken, blodkärl, hjärta och bröst kan undersökas. Huvudet undersöks t.ex. vid misstanke om eller uppföljning av hjärntumörer, epilepsi, stroke, hjärninflammation, multipel skleros eller ögonsjukdomar. Rygggrad och -märg undersöks vid t.ex. diskbräck, tumörer, skador på ryggmärg orsakade av olycksfall eller multipel skleros. Buken undersöks t.ex. vid tumörmisstanke eller andra förändringar i livmodern, äggstockarna, prostatan, levern, njurarna, binjurarna eller bukspottskörteln. Extremiteterna undersöks bl.a. vid muskelbristningar, meniskskador, senskador, tumörer, inflammationer eller benmärgssjukdom. (Tuominen, 2016).

Inga metalliska föremål som är magnetiska får sättas i närheten av undersökningsmagneten. Till kontraindikationerna hör därför inopererade metallclips, äldre modeller av proteser, metallsplitter i kroppen eller ögat. Även elektronisk apparatur så som pacemakers och medicinpumpar störs av de starka magnetfälten. Patienter med pacemakers kan undersökas, fast undersökningen måste övervägas och övervakas noggrant. Nyare proteser, kopparspiraler, tandfyllningar och -implantat stör oftast inte undersökningen. (Tuominen, 2016).

#### 4.3.4 Kontrastmedel

Kontrastmedel används för att bättre urskilja förändringar i vävnaderna som t.ex. inflammation och tumörer. Det vanligaste kontrastmedlet vid MRT-undersökningar innehåller gadolinium (Gd) och ges intravenöst. Gd är en sällsynt jordmetall som är giftigt i fri form och är därför i kontrastmedlet bundet till en bärarmolekyl som t.ex. DOTA eller DTPA som gör att medlet snabbt avsöndras via urinen. Gd är ett paramagnetiskt ämne som ökar relaxationen av protonerna. Vävnad som tagit upp Gd även i låg koncentration förkortar T1-relaxationen och kommer på T1-viktade bilder att få hög intensitet, d.v.s. bli ljusa. (Figur 9). (Chavhan, 2013, s. 91–94).

Gd-baserade kontrastmedel ger mycket värdefull information speciellt vid undersökningar av centrala nervsystemet eftersom det tränger genom skadad blodhjärnbarriär. Gd-baserade kontrastmedel används t.ex. vid följande indikationer: tumörer både före och efter operation, före och efter strålbehandling, infektioner, infarkter, inflammationer, diskbräck efter operationer. Även för perfusionsstudier av inre organ, blodkärlsundersökningar och för att söka efter metastaser är Gd-baserade kontrastmedel mycket väl lämpade. (Westbrook, Kaut Roth & Talbot, 2008, s. 362–368).



**Figur 9. Kontrastmedlets inverkan på T1-viktade bilder.** Figuren till vänster visar T1-kurvorna av vävnad A och B före kontrastmedelsinjektionen. I figuren till höger har vävnad A tagit upp kontrastmedel, vilket leder till minskad T1 och ökad signalintensitet. Vid en kort TR fås den största signalskillnaden mellan de två vävnaderna. (Egna bilder).

Det finns även orala och rektala kontrastmedel. Orala kontrastmedel används vid undersökning av matsmältningskanalen och dricks före undersökningen. Ofta medför orala kontrastmedel en ökad tarmperistaltik som ger mera artefakter, och därför ger man ofta ett antispasmiskt läkemedel som lugnar tarmrörelserna i samband med undersökningen. Rektala kontrastmedel sprutas in i ändtarmen innan undersökning av ändtarmen och efter

undersökningen får patienten tömma tarmen. Vid ändtarmsundersökningar görs t.ex. vid misstanke om fistlar eller tumörer. Vid dubbelkontrastundersökningar ges både intravenös gadoliniumkontrast och orala eller rektala kontrastmedel. (Westbrook, et al., 2008, s. 368–370).

## **4.5 Specialundersökningar inom MRT**

Inom MRT finns det en rad specialtekniker som ger mera information än de grundläggande pulssekvenserna. Med dessa tekniker kan man förutom bilddata även få funktionell och fysiologisk information. Men kan t.ex. se hjärnans aktivitet i realtid eller mäta halten av olika metaboliter, alltså ämnesomsättningsprodukter, i en hjärntumör. Det finns metoder för att avbilda blodkärllsystemet som gör att man noninvasivt kan undersöka både kärlets morfologi och hemodynamik. (Westbrook et al., 2008, s. 263; 372).

### **4.5.1 Magnetresonansangiografi**

Med MR-angiografi (MRA) kan man avbilda blodkärllsystemet både med och utan kontrastmedel. MRA med kontrast ger mera pålitliga resultat, men i de flesta fall där kontrastmedel av någon orsak inte kan användas fås bilder som räcker för ett tillförlitligt svar på den kliniska frågeställningen. En vanlig MRA-sekvens är TOF (Time of Flight). Det är en gradienteko-sekvens med korta TR pulser som saturerar, eller mättar, den fasta vävnaden så att den inte skall ge mycket signal, medan blodet som är rörligt inte är saturerat i det valda området eftersom det redan har kommit "nytt" blod in i bilden. Det här ger ökad kontrast mellan blodet som blir ljus och den fasta vävnaden. Då artärer skall undersökas sätts ett saturationsband ovanför eller under det aktuella området för att saturera eller "nolla" blodet i venerna så signalen från venerna skall minska. Med en rekonstruktionsteknik som kallas MIP (Maximum Intensity Projection) kan man skapa ett 3D-angiogram även av 2D-bilder där endast artärerna syns. TOF används ofta i huvud- och halsområdena. (Chavhan, 2013, s. 129–136).

### **4.5.2 Magnetresonansspektroskopi**

Magnetresonansspektroskopi (MRS) är en analytisk teknik med vilken man kan mäta halten av olika ämnesomsättningsprodukter, eller metaboliter, i vävnaderna. Istället för en bild får man ett spektrum, som är en graf eller en kurva, med signalintensitet på ena axeln och frekvensskillnaden eller kemiskt skift på den andra. Kemiskt skift att grunden för MRS-

tekniken. Protonerna resonerar vid olika frekvenser beroende på omgivningen. Protoner i vatten, fett, eller i olika metaboliter precesserar med olika frekvenser, och genom att bestämma vilken frekvens protonerna har, kan man bestämma deras kemiska omgivning, alltså i vilken metabolit de befinner sig. Metaboliter som kan bestämmas vid <sup>1</sup>H-MRS är NAA (N-Acetylaspartat), kreatin, kolin, myo-inositol, laktat, glutamat/glutamin (Glx), lipider, vissa aminosyror, glukos och GABA (gammaacetylsmörtsyra). (Chavhan, 2013, s. 164–167). Den kliniska användningen för MRS är bred. I de flesta neurologiska tillstånd kan man se en förändring i halten av en eller flera metaboliter. T.ex. vid hjärntumörer, stroke, multipel skleros och Alzheimers kan man se onormala halter av flera olika metaboliter. Med MRS kan man även lokalisera epilepsi och skilja på olika arter av tumörer och bestämma graden av gliom. (Chavhan, 2013, s. 167–171).

#### **4.5.3 Funktionell MRT**

Funktionell MRT (fMRT) används till att se vilket område i hjärnan som aktiveras vid ett visst stimuli. Tekniken bygger på förändringar i blodflödet vid aktivitet jämfört med vila. Det behövs inget kontrastämne, utan blodet används som ett sorts internt kontrastmedel. Blodets hemoglobin innehåller järn och är således magnetiskt. Då syret är bundet till hemoglobinet (oxyhemoglobin) är blodet mindre magnetiskt än då syre inte är bundet (deoxyhemoglobin). Det lokala magnetfältet runt deoxyhemoglobinet blir inhomogent, vilket i sin tur leder till att signalen från områden med deoxyhemoglobin attenueras och blir svagare. Vid vila innehåller kapillärerna blod med ungefär lika andelar oxy- och deoxyhemoglobin. Vid ökad aktivitet ökar blodflödet till det aktiverade området och andelen syrerikt blod ökar, vilket medför att deoxyhemoglobinhalten minskar och ger ökad signal i det aktiverade området. Då man subtraherar bilder tagna vid aktivitet med de tagna vid vila får man en karta som visar funktionell aktivitet beroende på ökat blodflöde till de aktiverade regionerna i hjärnan. Tekniken har ännu sina begränsningar, men den är till stor hjälp för oss då det gäller att bättre förstå hur hjärnan fungerar. Kliniska användningsområden är inom stroke, epilepsi, smärta och psykiatri. (Westbrook et al., 2011, s. 404–405).

## 5 Metoder och tillvägagångsätt

Vårt examensarbete är en kvalitativ studie som består dels av en litteraturoversikt och dels av en intervju. Syftet med en kvalitativ studie är att karaktärisera något, och det centrala ligger i att hitta beskrivningar, kategorier eller modeller som bäst beskriver fenomen eller sammanhang i omvärlden (Olsson & Sörensen, 2011, s. 131). Materialinsamlingen har skett genom litteratursökning och intervjuer med röntgenskötare. En induktiv analysform har använts eftersom vi har utgått från textinnehållet i litteraturen och intervjutexterna, vilket är en förutsättning för induktiv forskning enligt Danielson (2013, s.335). Resultaten har vi sedan försökt redovisa på ett logiskt och informativt sätt.

### 5.1 Litteratursökning

Litteraturoversikten har vi gjort genom litteratursökningar av artiklar med utgångspunkt från syftet. Vi har inte gjort en systematisk litteraturstudie med tabeller, relevans- och evidensgradering, utan sammanställt en översikt av forskningen och litteraturen som bäst svarar på vår frågeställning. I vår söknings- och skrivprocess har vi försökt få med de allra senaste forskningsresultaten och rekommendationerna.

Vi har sökt litteratur till vårt examensarbete via ett flertal kanaler. Vi började med att söka via Yrkeshögskolan Novias Finnportal, och sökte artiklar via databasen PubMed som vid tidigare sökningar givit mest resultat, samt via e-böcker. Vi sökte även via ScienceDirect. Inledningsvis använde oss av sökorden "MRI" och "safety" i titeln. De flesta artiklar är avgiftsbelagda och vi valde därför "free full text", och avgränsade sökningen till de senaste fem åren, 2012–2017. Vi utförde sökningen den 22.2.2017 och fick 24 träffar med gratis fulltext via PubMed och 36 artiklar via ScienceDirect. Av dessa användes endast ett fåtal som var av intresse. Vi har även använt oss av andra källor såsom litteratur från biblioteket och pålitliga internetsidor som t.ex. [www.mrisafety.com](http://www.mrisafety.com) och [www.ismrm.com](http://www.ismrm.com) (International Society of Magnetic Resonance in Medicine), varifrån vi kommit vidare till t.ex. [www.acr.org](http://www.acr.org) (American College of Radiology), [www.imrser.org](http://www.imrser.org) (Institute for Magnetic Resonance Safety, Education, and Research) där vi hittat mycket användbar information. Vi använde också mycket en publikation av MHRA (Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency). Vi har även hittat information på STUK:s (Strålsäkerhetscentralens) och Svenska Strålskyddsmyndighetens hemsidor samt examensarbeten i Finland och Sverige om MRT. Vi har även gjort specifika sökningar med mer exakta sökord, som t.ex. "MRI" och "claustrophobia" i Novias Finnportal, PubMed

och ScienceDirect för att hitta artiklar kring olika teman. De e-böcker som fanns tillgängliga via Novias Finnportal var inte av intresse för oss.

Indelningen av resultatet av riskerna med MRT baserar sig delvis på bl.a. Manerus (2015) examensarbete som vi tycker har logiskt kategoriserat riskerna med MRT och så har vi sedan tillsatt egna kategorier. I delen om röntgenskötarens uppgifter kring patientsäkerheten vid MRT har vi tagit modell från Polus (2012), som i sin tur hade valt kategorier enligt McRobbie, Moore, Graves & Prince (2007) i boken "From Picture to Proton".

## 5.2 Intervjuer

En intervju är en passande datainsamlingsmetod då man vill ha beskrivningar i syfte att förstå fenomen eller situationer. Beskrivningarna fås då av personen som intervjuas. (Danielson, 2013, s. 163). Vår intervju bestod av fem förutbestämda frågor som ställdes på samma sätt, utan följdfrågor, till informanterna. Intervjun hade hög grad av strukturering, frågorna är de samma till alla informanter och de kan inte tolkas på olika sätt. Graden av standardisering var däremot låg eftersom det inte fanns färdiga svarsalternativ.

Vi har gjort intervjuer med röntgenskötare som jobbar med MRT för att få en bättre inblick i hur säkerhetsaspekterna ser ut i praktiken. Syftet med intervjuerna var att få en bredare svarsfront på den andra frågeställningen, "Hur kan röntgenskötaren göra undersökningen säker för patienten?". Intervjuerna utfördes på två olika sjukhus, ett i Nyland och ett i Österbotten med totalt nio röntgenskötare. Intervjuerna utfördes på våra respektive MRT-praktikplatser i november 2016, samt bearbetningen och analyserna av intervjuerna som en del av kursen "Forskningsmetodik 2".

Intervjun på ett sjukhus i Österbotten gjordes med fem röntgenskötrare, varav fyra var kvinnliga och en manlig, som hade mellan fem och 20 års arbetserfarenhet som magnetskötare. Intervjuerna utfördes personligen vid totalt fyra intervjutillfällen och svaren dokumenterades genom skriftliga anteckningar. Detta medförde en del svårigheter vid renskrivningen av anteckningarna eftersom en del ord var förkortade p.g.a. den snabba takten vid intervjuerna.

Intervjun på ett sjukhus i Nyland utfördes med fyra s.k. ansvarsskötare, som mest jobbar med MRT och har en lång arbetserfarenhet inom MRT. Ansvarsskötare kan man bli efter att ha jobbat några år med MRT. Ansvarsskötarna skolas skilt till sin uppgift, de deltar bl.a. i utbildningar som maskintillverkaren ordnar. En gruppintervju utfördes när ansvarsskötare



var närvarande, även de andra som jobbade på MRT-avdelningen vid dessa tillfällen fick delta i intervjun. Ansvarsskötarna var väl samarbetsvilliga och hittade själva en lugn stund i schemat och föreslog tidpunkten för intervjun. Genom en gruppintervju kan de intervjuade inspirera varandra att komma att tänka på saker de kanske inte skulle ha tänkt på ensamma. Sammanlagt två intervjutillfällen utfördes och svaren bandades in med smarttelefon. Intervjun är gjord på finska, eftersom röntgenskötarna var finskspråkiga.

Materialet bearbetades och analyserades enligt fenomenologiskt mönster. Inom fenomenologin står människors upplevelser, erfarenheter och minnen av olika fenomen i fokus. Man söker efter att få fram beskrivningar av personers upplevda livsvärld. Fenomenologisk dataanalys går ut på att beskriva den upplevda erfarenheten av ett fenomen, och att försöka undvika tolkningar av upplevelsena. (Olsson & Sörensen, 2011, s. 171–172, 187, 222–223).

Vi började bearbetningen med att skriva nyckelord till varje fråga och fundera kring teman och underkategorier. De fem frågornas natur gjorde det naturligt att tematisera utgående från dem, varje fråga blev ett tema. Inom varje tema hittades underkategorier utgående från nyckelorden. En sammanfattning av den viktigaste informationen innehållande alla underkategorier skrevs till varje tema.

## 6 Litteraturoversikt

Eftersom säkerhetskunskap finns mångfaldigt inom ett flertal olika delområden inom MRT-tekniken är det svårt att kategorisera informationen. Vissa ämnen går in på varandras områden och dessa kan kategoriseras på många olika sätt. Vi redovisar resultatet uppdelat i tre olika kategorier. I den första kategorin behandlas säkerhetsrisker med utgångspunkt från magnetkameran. De fysiska krafterna i magnetkameran är den främsta orsaken till de flesta säkerhetsriskerna. Säkerhetsrisker som utgår från patienten behandlas i den andra kategorin och handlar om objekt som kan finnas i patienterna, t.ex. olika implantat eller olika elektriska apparater. Säkerhetsrisker med Gd-innehållande kontrastmedel behandlas i den tredje kategorin.

### 6.1 Säkerhetsrisker kring magnetkameran

För att få till stånd en magnetbild behövs ett starkt statiskt magnetfält, olika gradientfält och RF-vågor. Det statiska magnetfältet är alltid på, för att det skulle vara för dyrt och tidskrävande att köra upp fältet på nytt varje gång. Gradientfälten och RF-vågorna slås på och av under själva undersökningen, dessa varierar alltså tidsenligt. (Westbrook, et al., 2011, s. 345). I detta kapitel behandlas säkerheten kring dessa olika fysiska fenomen samt risker med heliumet, som magnetkamerorna innehåller.

#### 6.1.1 Det statiska magnetfältet

Det statiska magnetfältet påverkar omgivningen med en stark magnetisk dragningskraft, så att ferromagnetiska metallföremål kan med stor hastighet slungas in mot magnetfältet och fungera som projektiler och därmed orsaka skador på maskinen, patienten eller andra människor som är i projektilens väg. Magnetfältets kraft är oftast mellan 0.2 och 3 Tesla. (Grainger, 2015, s. 8–9). Ferromagnetiska föremål är föremål som innehåller järn, kobolt eller nickel. Magnetfältet är osynligt och påverkar omgivningen tredimensionellt med kraftlinjer som kallas för gränsfältet. (GE healthcare, 2011, s. 25–26). Räckvidden på gränsfältet beror på styrkan på magnetfältet, apparatens form (öppen eller tunnel) och skyddshöljet. Skyddshöljet reducerar eller koncentrerar gränsfältet. Oftast är hela rummet skyddat med metallväggar som gör undersökningsrummet till en Faradays bur. Faradays bur skyddar magnetkamerans signaler från yttre störningar som t.ex. vanliga radiovågor. Styrkan på gränsfältet är högst närmast magnetkameran och avtar längre bort. Gränsfältet kan

markeras med linjer i golvet, 0,5 mT linjen markerar var magnetfältet börjar påverka på t.ex. en pacemaker. (Grainger, 2015, s 8–9).

I USA hade en patient dött när en icke MRT-kompatibel gasflaska med syre i misstag tagits in i undersökningsrummet. I Finland har det uppstått en farosituation när en tyngdpåse hade tagits in undersökningsrummet. Tyngdpåsen innehöll stålpellets och dessa hade slungats förbi patientens huvud. Blyhagel skulle ha varit säkra, eftersom bly inte är ferromagnetiskt. Människor har även hamnat i kläm mellan apparaten och tunga metallföremål som tagits in undersökningsrummet. (Jokela, et al., 2006, s. 414). Personer kan ha olika elektroniska apparater inopererade i kroppen så som pacemakers eller insulinpumpar – dessa kan störas redan av 0,5 mT gränsvärdet. (Alanko et al., 2015, s. 15). Säkerheten kring implantat och olika elektroniska apparater behandlas mer i kapitel 6.3.

Användningen av annan medicinsk utrustning i samband med MRT-undersökningar kan vara en risk i två avseenden, utrustningens funktionalitet kan störas och utrustningen kan bli en livsfarlig projektil som dras av magnetfältet. All utrustning, som t.ex. ventilatorer, anestesimaskiner, pumpar och monitoreringsutrustning som används i undersökningsrummet är en risk ifall de inte är lämpliga för MRT-miljö. (Grainger, 2015, s 11).

Det finns en standard (ASTM International, ASTM F2503) för att märka föremål som tas in MRT-miljön. Tre säkerhets kategorier finns: MRT-säker, MRT-villkorlig och MRT-farlig (Figur 10). MRT-säkra föremål orsakar ingen fara i MRT-miljö. MRT-villkorliga föremål orsakar några risker, under specifika villkor. De olika magnetfälten, radiovågen och SAR-värdet (specific absorption rate) påverkar villkorligheten. MRT-villkorliga föremåls beteende ska säkras med testning. MRT-farliga föremål utgör en fara i MRT-miljö. (Alanko & al., 2015, s. 11–12).

I vetenskapliga undersökningar har man inte funnit några långsiktiga hälsoeffekter av det statiska magnetfältet. När man rör sig snabbt i det statiska magnetfältet kan det orsaka elektriska fält i kroppen, dessa fält kan störa balanssinnet så att man kan övergående känna yrsel och illamående, man kan även känna metallsmak i munnen eller få magnetofosfener, dvs. se ljusblixtar. (Alanko & al., 2015, s.16). Man har funnit att magnetfältet påverkar EKG-kurvan så att T-kurvan får en ökad amplitud. Denna effekt beror på den magnetohydrodynamiska effekten, men den återställs efter att personen tas bort från magneten. När man använder sig av synkronisering med hjälp av EKG i hjärt-MRT kan

bildtagningen triggas fel p.g.a. denna effekt. Likaså kan man få fel signal om man monitorerar patienter med EKG i magneten, därför rekommenderas det att man i stället använder pulsoximetri. (Westbrook & al., 2011, s. 352–353).



MR-safe / MRT-säker

MR-conditional / MRT-villkorlig

MR-unsafe / MRT-farlig

**Figur 10. MRT-säkerhets kategorier.** (Egna bilder).

### 6.1.2 Gradientfältet

Gradientfälten slås på och av vid undersökningen för att koda MR-signalen, därför uppkommer tidsvarierande magnetfält som i sin tur orsakar inducerade strömmar i konduktorn och i kroppen. Enligt Faradays lag ger ändringar i magnetfält upphov till en inducerad ström. I MRT påverkar dessa strömmar nerverna, blodkärlen och musklerna, som fungerar som elektriska ledare i kroppen. Gradientfälten förorsakar periferisk nervstimulation, magnetofosfener och buller. (Westbrook & al., 2011, s. 349–350).

Periferisk stimulation av nerverna kan kännas som pirningar i huden och som muskelryckningar. Dessa förekommer främst vid de snabba skanningssekvenserna. (Alanko & al., 2015, s. 16). Vid exponering med 50 % eller 100 % högre gradientfält än tröskelvärdet för sinnesförnimmelser har patienter känt olägenhet eller smärta. Vid mycket höga gradientvärden stimuleras hjärtat. I dagens magnetkameror används dock mycket lägre gradientfält vilket skyddar patienten från potentiella skador och risker. (Shellock, 2017b).

I sällsynta fall kan patienter uppleva magnetofosfener dvs. ovanliga visuella störningar i ögonen, som ofta beskrivs se ut som ljusblixtar. Dessa beror på de tidsvarierande magnetfälten som stimulerar näthinnan. (Westbrook & al., 2011, s. 350). Även om ljusblixtar är övergående kan personal som arbetar vid en MRT-undersökning få störningar i ögonhand-koordination (Grainger, 2015, s. 10).

Gradientfälten orsakar buller som förekommer i MRT. Gradientspolarna slås på och av under närvaro av det statiska magnetfältet i skanningsprocessen, vilket producerar vibrationer och rörelse i spolarna. Resultatet är knackande, bultande, dunkande och ringande ljud som är väldigt höga. Bullret kan orsaka irritation, orolighet, kommunikationssvårigheter, tillfällig hörselnedsättning och i extrema fall permanent hörselskada. (Shellock, 2017a).

Det har förekommit hörselnedsättningar eller tinnitus på patienter och personal som har varit i undersökningsrummet utan hörselskydd under skanning. Grupper som har en större risk för hörselnedsättning är barn, neonatala, foster och medvetslösa patienter samt patienter som redan har hörselnedsättning. (Grainger, 2015, s. 14). Risken för att foster ska få hörselskador är potentiellt möjligt och frågan har diskuterats sedan 1990-talet. Det har dock inte rapporterats om hörselnedsättningar som uppkommit när foster utsättes MRT-undersökningar. (Tirada, Dreizin, Khati, Akin & Zeman, 2015, s. 1757–1758).

När den digitala signalbearbetningstekniken har utvecklats har även nya effektiva bullerdämpande styrsystem konstruerats till rimliga kostnader. Flera forskare har presenterat så kallade ”tysta” sekvenser som påtagligt sänker ljudnivån och likväl är acceptabla som skanningssekvenser. (Shellock, 2017a). Alibek et al. (2014, s. 360–363) jämförde undersökningar av hjärnan med en T1-viktad Silent Scan och en vanlig T1-viktad hjärnsekvens (BRAVO). De kom fram till att ljudstyrkan var betydligt mindre med Silent Scan än med en vanlig hjärnsekvens. Resultatet var 68,8 dB för Silent Scan och 104,65 dB för BRAVO. Man kan dra slutsatsen att tysta sekvenser är en lovande teknik för att ta ner ljudnivån i MRT och på så sätt förbättra patientens välbefinnande.

### **6.1.3 Det radiofrekventa fältet**

De radiofrekventa fälten dvs. RF-vågorna kan orsaka lokal temperaturhöjning av kroppen och brännskador. I en spinn-eko sekvens har den första RF-pulsen som sänds mot kroppen 90°, därefter följer en 180°-puls och samtidigt fyrdubblas energimängden. Speciellt snabba spinn-ekon värmer upp kroppen för sekvenserna använder många 180° RF-pulsar, därmed används också stora energimängder. När radiovågen mottas i kroppens exciteras protonerna i den undersökta vävnaden till ett högre energitillstånd. När RF-vågen slås av återgår cellerna till sitt ursprungliga energitillstånd. Överskottsenergin avges till omkringliggande vävnader vars temperatur höjs en aning. Temperaturhöjningen beror på frekvensen, fältstyrkan och storleken på patienten. När frekvensen ökar, ökar också energin. Nästan all uppvärmning sker i de perifera delarna av kroppen varvid värmen försvinner lätt ut. I vävnader som

ligger centralt i kroppen slipper värmen inte lika lätt ut och dessa kan uppvärmas och få brännskador. (Westbrook et al., 2011, s. 346). Balansen mellan energin som absorberas och avges avgör temperaturhöjningen i kroppen. Omgivningens temperatur, luftkonditionering, klädesplagg och fuktighet påverkar den slutliga uppvärmningen. Ju lägre omgivningens temperatur är och ju torrare luften är desto bättre avges värmen. Magnetkamerans luftkonditionering ger patienten bättre komfort och är viktig för att hindra uppvärmningen. (Grainger, 2015, s.13, s.62)

Uppvärmningen av kroppen mäts i SAR-värdet (Specific Absorption Rate), som watt per kilogram (W/Kg) och i temperatur. IEC (International electrotechnical commission) och ICNIRP (International commission on non-ionizing radiation protection) har fastställt internationella gränsvärden för SAR och temperaturhöjning av kroppen i MRT i medicinskt syfte. (Grainger, 2015, s. 72–73).

IEC och ICNIRP har standardiserat tre undersökningsnivåer. I den första som kallas ”Normal operating mode” utsätts patienten för en sådan energimängd att inga fysiologiska påfrestningar förekommer, ICNIRP definierar denna som rutinundersökning av patienter. Den andra nivån kallas ”First level controlled operating mode” och då kan patienten utsättas för högre energier, vilket kan orsaka fysiologiska påfrestningar och därför kräver det tillstånd och tillsyn av läkare. På den tredje nivån som kallas ”Second level controlled operating mode” kommer man upp till en sådan energinivå att patienten kan utsättas för betydliga fysiologiska påfrestningar. Denna nivå får användas bara med specialtillstånd av myndigheterna för forskningssyfte. I dagligt tal kallas dessa undersökningsnivåer för: ”Normal mode”, ”First mode” och ”Second mode” (Tabell 1). (Grainger, 2015, s. 70).

Temperatur är svårt att mäta från kroppen under skanning, därför mäts SAR-värdet. SAR-värdet beror på RF-pulsernas effekt (watt) och på hur stor patienten är (kg). Därför är det viktigt att noggrant införa patientens vikt och längd i datasystemet. SAR-värdet används för att beräkna en medelvärldig kroppsuppvärmning under en undersökning. SAR-värdet beror även på undersökningstiden. (Westbrook et al., 2011, s. 347).

**Tabell 1. IEC/ICNIRP Gränsvärden för uppvärmning av kroppen.**

	Temperaturhöjning högst	SAR
”Normal mode”, tillåten för alla	0,5 °C	2 W/Kg
”First level mode”, kräver medicinsk övervakning	1,0 °C	4 W/Kg
”Second level mode”, forskning, kräver tillstånd av myndigheterna	> 1,0 °C	> 4 W/Kg

Temperaturhöjning i MRT kan vara farligt för patienter med nedsatt värmeregleringsförmåga. Dessa patienter är känsligare för kroppsuppvärmning p.g.a. olika sjukdomstillstånd, t.ex. hjärtfel och cirkulationsstörningar, njursvikt och feber. Även gravida, barn, nyfödda och patienter i hög ålder är grupper som läkaren bör överväga innan MRT-undersökning. (Grainger, 2015, s. 31). Eftersom uppvärmningen av radiovågorna är en potentiell risk för fostret rekommenderar ICNIRP att skanningen av gravida kvinnor utförs endast i ”Normal mode” och att skanningstiden är så kort som möjligt. (Grainger, 2015, s. 15). Detta tema behandlas i kap. 6.2.3.

En stor risk för brännskador finns när ledande material sätts i radiofältet eftersom strömmar induceras. Brännskador har förekommit när spolkablarna bildat loopar eller varit positionerade så att de är i direkt kontakt med huden. Även när kroppsspolarna har varit i direkt kontakt med huden har brännskador rapporterats. I en del fall har man misstänkt hudmot-hudkontakt i händer, armar eller ben som orsaken till brännskador - i dessa fall känner man inte till den exakta mekanismen hur brännskadorna uppstod. (Shellock, 2017c). Pietryga et al. (2013) rapporterade om ett fall där en patient som hade skannats i MRT hade fått brännskador p.g.a. sin undertröja som råkade innehålla osynliga metallfibrer av silver. Uppvärmning kan också orsakas av fuktiga eller våta kläder, samma gäller våta blöjor (GE healthcare, 2011, s. 53).

Transdermala plåster som innehåller metalliska komponenter har orsakat brännskador på patienter. Plåster innehållande fentanyl har gett en överdos när de uppvärmts i MRT. Tatueringar som innehåller järnoxid eller andra ferromagnetiska komponenter kan

uppvärmas. Även make-up är en risk i MRT, eftersom de kan innehålla metallfibrer. (Grainger, 2015, s. 37–38). Ögonsmink och permanent eyeliner kan skapa irritation kring ögonen under skanningen. Patienter med bläcktatueringar har en risk att få hudirritation. (GE healthcare, 2011, s. 57). Det har rapporterats att ögonsmink innehållande metallfibrer och permanent eyeliner även har orsakat artefakter i och med att magnetsignalen från vävnaderna runt ögonen förändrats. I vissa fall kan MR-bilden förvrängas så att risken för feldiagnos finns, bilden kan se ut som att patienten skulle ha melanom i ciliarkroppen. (Shellock, 2017d).

Medvetslösa eller nedsövda patienter samt patienter som har känselnedsättning eller förlamning har större risk för brännskador, eftersom de inte nödvändigtvis känner av och kan informera om uppvärmning (GE healthcare, 2011, s. 54). Förvirrade eller patienter med vilka en tillförlitlig kommunikation inte kan upprätthållas är också högriskpatienter gällande uppvärmningen. Dessa grupper ska övervakas med speciell noggrannhet. (GE healthcare, 2011, s. 62).

#### **6.1.4 Heliumet**

En magnetkamera innehåller flytande helium som behövs för att göra spolarna supraledande i apparaten. De supraledande spolarna får till stånd det starka magnetfältet. Flytande helium har en temperatur på -269 grader Celsius. Det behövs enorma mängder helium i gasform för att komprimeras till flytande form. Vid normala omständigheter är det flytande heliumet i magnetkameran inte någon säkerhetsrisk. Heliumet kan dock förångas vid vissa fall, t.ex. om en sprängning i närområdena orsakar skakningar eller om man i specialfall hamnar att köra ner apparaten. Förångningen av helium kallas för quench. (Westbrook & al., 2011, s. 353). När heliumet förångas leds det ut ur byggnaden via ett rör. En del helium kan då även läcka ut i undersökningsrummet, tränga undan luftens syre och orsaka syrebrist och kvävning. (Alanko & al., 2015, s. 17–18). Heliumet och kvävet kan även förorsaka köldskador och hypotermi. Om kalla gaser inandas kan de förorsaka astma i känsliga personer. (McRobbie et al., 2006, s.17).



## 6.2 Säkerhetsrisker som härstammar från patienten

Risker som härstammar från patienten är olika sorters implantat, proteser och metallföremål i kroppen. Klaustrofobiska och ångestfyllda patienter, gravida och nedsövda barnpatienter kan även medföra risker. Alla patienter som skall genomgå en MRT-undersökning skall på förhand fylla i ett frågeformulär angående kontraindikationer, se kapitel 8.7.

### 6.2.1 Implantat, pacemakrar, proteser och övriga metallföremål i kroppen

Ferromagnetiska föremål i kroppen kan flytta på sig eller värmas upp då de utsätts för ett starkt magnetfält, och dessutom försämrar de bildkvaliteten på MR-bilden. Det är av yttersta vikt att ta reda på om patienten har implantat, proteser eller andra metalliska föremål i kroppen. Nya implantat är oftast MR-säkra, men äldre modeller och främmande metallföremål i kroppen kan orsaka problem. Det finns massvis av olika implantat och riskerna med dessa varierar därför mycket. Riskerna beror på föremålets massa och form, graden av ferromagnetism, var det sitter i kroppen och hur länge det har varit där. Magnetfältets styrka, patientens positionering och vilken sekvens som används kan även inverka på säkerheten. MRT-undersökningens säkerhet skall alltid bedömas med varje patient. Den största risken kommer dock från metallföremål som patienten eller anhöriga tar med in i rummet, och det har hänt flera olyckshändelser med dylika föremål som slungats mot MRT-apparaten och förorsakat person- eller materiella skador. (STUK, 2015; Axelsson, Edvinsson, Troste & Christoffersson, 2009, s. 13).

På sidan [mrisafety.com](http://mrisafety.com) finns det "The List" med över 4 000 implantat, medicinsk utrustning och andra produkter, där man kan söka upp föremålet man är osäker på om det är kompatibelt med magnetkameran. Kategorierna MR-säkert, -villkorligt (med specificeringar) eller MR-osäkert används. Det finns även "Reference Manual for Magnetic Resonance Safety, Implants and Devices: 2017 Edition" av Shellock (2017) att beställas i bokform via sidan [mrisafety.com](http://mrisafety.com).

**Pacemaker**-patienter kan endast genomgå en MRT-undersökning om pacemakern är MR-villkorlig och då skall undersökningen utföras enligt tillverkarens instruktioner. Pacemakern kan störas av både det statiska magnetfältet och gradientfältet, och dessutom RF-pulserna. Dessa kan ha en mängd olika negativa påverkan på pacemakrarna, allt från att de programmeras om och börjar ge takt i en annan hastighet till att de börjar röra på sig inne i kroppen. Även om en patient har fått pacemakern borttagen kan ledarna finnas kvar och de kan värmas upp av RF-fältet. (Grainger, 2015, s. 31–33). Innan MRT-undersökningen

besöker patienten pacemaker-polikliniken där en kardiolog undersöker hur beroende patienten är av pacemakern och ställer pacemakern i ett läge som är säkert för undersökningen. Patienten skall övervakas med EKG och pulsoximetri under undersökningens gång. (HUS-Kuvantaminen, 2016).

**Neurostimulatorer** kan störas av RF- och gradientfältet, och en patient med en sådan får bara undersökas med MRT om apparaten är MR-villkorlig enligt tillverkarens instruktioner. Nervstimulatorn kan orsaka smärta eller skada nervfibrerna, eller så kan stimulatorn eller dess elektroder hettas upp och skada vävnaden. (Grainger, 2015, s. 33).

Programmerbara **infusionspumpar** har ofta ferromagnetiska delar och utgör en kontraindikation till MRT. Andra medicinpumpar kan även innehålla ferromagnetiska delar eller ett batteri som inte är MR-kompatibelt. Man skall alltid kolla med tillverkaren. Programmerbara **shuntar** kan bli omprogrammerade och orsaka skada åt patienten. Genast efter undersökningen skall inställningarna kontrolleras. **Hörselimplantat** har ofta ferromagnetiska delar och kan aktiveras genom magnetiska mekanismer. Ifall produkten är MR-villkorlig, kan undersökningen utföras enligt tillverkarens instruktioner. (Grainger, 2015, s. 33–34).

Ortopediska **proteser** (höft och knäproteser) kan värmas upp, och patienten skall noga övervakas under undersökningen och avbrytas om patienten känner obehag. Patienter med höftproteser på båda sidorna i kroppen har större risk att råka ut för obehag och brännskador. Patienter med hjärtklaffproteser brukar kunna MR-undersökas utan problem, men man skall alltid kolla att produkten är MR-säker. (Grainger, 2015, s. 34–35).

**Kärl-clips** kan vara ferromagnetiska och börja röra på såg då de utsätts för det starka magnetfältet i MRT-apparaten, speciellt under de första sex veckorna efter operationen då clipset ännu inte har växt fast. Aneurysmclips i huvudet måste man vara speciellt försiktiga med eftersom de inte alltid växer fast i vävnaden. Undersökningen får endast utföras efter man fått dokumenterat bevis på att clipset inte är ferromagnetiskt. Vissa MR-enheter undersöker inte alls patienter med aneurysmclips. Intravaskulära stenter, filter och spolar är för det mesta gjorda av icke-magnetiska material, och även om vissa kan vara svagt magnetiska, växer de fast i kärlväggen efter ca sex till åtta veckor. Uppvärmning av stenter kan förekomma beroende på materialet, längden och frekvensen på RF-pulserna, speciellt om patienten har flera stenter. (Grainger, 2015, s.35).

Övriga föremål som kan innehålla ferromagnetiska metaller är **medicinska plåster, tatueringar, makeup, metallsplitter, kulor, hagel. Metallsplitter** i ögat måste man vara speciellt noga med. Om en patient misstänker att hen kan ha metallsplitter i ögat, bör en röntgenbild tas innan MRT-undersökningen kan göras. (Grainger, 2015, s. 38).

### 6.2.2 Klaustrofobi och ångest

Klaustrofobi eller cellskräck är en irrationell rädsla för att bli instängd. De vanligaste symtomen är en känsla av att man kvävs eller att man inte kan röra på sig, men man kan även drabbas av bl.a. värmevallningar, ökat blodtryck, panikattacker och illamående. (Åker & Järefäll, 2014). Ångest är en stark känsla av obehag och oro i kroppen som beror på psykiska faktorer (Holmér, 2016). Patienten kan drabbas av klaustrofobi och ångest både innan och under undersökningens gång p.g.a. magnetkamerans uppbyggnad och undersökningens art. Patienten är tvungen att ligga stilla långa stunder inne i ett trångt rör, oftast ensam i ett stängt rum. Även det höga ljudet från apparaten kan bidra till känslan av obehag. (Huurto, Jokela & Servomaa, 1993, s.38). Andra bidragande orsaker till klaustrofobi kan vara känslan av att man förlorar kontrollen, en känsla av isolering och att man inte kan röra på sig (Abdullah, Bux & Chien, 1997, s. 450).

Ibland blir man tvungen att avbryta undersökningen om patienten inte klarar av att vara stilla inne i magneten. Speciellt skallundersökningar där patientens huvud är instängt i en huvudspole orsakar klaustrofobi. Det underlättar om patienten blir välinformerad om undersökningen, får en alarmknapp att trycka på i nödfall och har möjlighet prata med personalen via en högtalare inne i magneten. Det kan även vara till stor hjälp att få ha en anhörig eller vän med i rummet under undersökningens gång. (Huurto, et al., 1993, s.38).

Trots att undersökningen är icke-invasiv och smärtfri har forskning kommit fram till att 25–53% av vuxna och barn som genomgått en MRT-undersökning upplever moderat till svår oro och ångest, och att 1,5–6,5 % av alla patienter avbryter undersökningen främst p.g.a. klaustrofobi. Det är vanligare att kvinnor drabbas av ångest och klaustrofobi än män. Oroliga patienter rör sig mer under undersökningen, vilket kan medföra rörelseartefakter och sämre bildkvalitet, och att man blir tvungen att ta om en eller flera sekvenser. Många barn, och även vuxna, måste sövas ner för att undersökningen skall kunna genomföras. Detta kostar både tid och pengar för sjukvården och bidrar till ökad obekvämlighet för patienten. Det är därför viktigt att undersökningen kan göras snabbt och med tillräckligt bra bildkvalitet. (Törnqvist, 2010).

Hellgren och Norén (2014) har i sitt examensarbete med hjälp av en litteraturstudie undersökt vilka icke-farmakologiska metoder det finns för att förebygga klaustrofobi och ångest. De kom fram till att utökad information till patienten, avslappningsövningar, förbättrat bemötande, patientens positionering i magneten och magnetkamerans uppbyggnad inverkar på risken för klaustrofobi. Vid patientbemötande är det viktigt att röntgenskötaren kan läsa av patientens kroppsspråk och kunna anpassa sig därefter. Även valet av ord är viktigt, eftersom det har visat sig att negativa ord kan leda till ökad ångest hos patienten. Studien visade att patienten klarar bättre av undersökningen om hen får ligga på mage eller fara med fötterna först in i magneten. Magnetkameror med större öppning och s.k. öppna magneter kan också bidra till att minska ångest och klaustrofobi.

Shellock (2017e) listar upp ett flertal punkter med tekniker som kan hjälpa oroliga patienter i samband med en MRT-undersökning. Förutom redan nämnda tekniker kan ännu nämnas att hålla ögonkontakt med patienten via speglar, låta patienten titta på en film inne i magneten, sätta ögonbindel på patienten så att hen inte ser sin omgivning, användning av aromaterapi eller doftljor, beteendeterapi och hypnos.

I Finland finns det ingen öppen magnetkamera, men det finns magneter som har lite större öppning och hit skickas ofta stora patienter och patienter som lider av klaustrofobi. Patienter som lider av klaustrofobi kan komma och titta på magnetkameran i förväg, och vid behov får patienten lugnande medel innan undersökningen. Endast om patienten har blivit tvungen att avbryta en undersökning p.g.a. klaustrofobi skickas hen till en magnetkamera med större öppning. (HUS-Kuvantaminen, 2014).

### **6.2.3 Graviditet**

Eftersom ingen joniserande strålning förekommer används MRT vid undersökningar hos gravida patienter. I praktiken finns det en risk att det statiska magnetfältet, gradientfälten och RF-pulserna kan skada fostret. Det starka magnetfältet kan orsaka cellförändringar under den första trimestern av graviditeten och det akustiska ljud som produceras av gradientfälten under bildtagningen som kan skada hörseln under fosterutvecklingen. RF-pulserna kan orsaka uppvärmning av vävnaderna hos fostret. Dessa risker är bara teoretiska eftersom inga skadliga effekter ännu har rapporterats hos människor. (Tirada, et al., 2015, s. 1757–1758).

I ett 1,5 T magnetfält, som de flesta magneter i Finland har, har inga skadliga verkningar på foster hos människor eller djur rapporterats. Däremot har man vid 4 T starka magnetfält har

man sett skadeverkan i början av graviditeten hos djur. (Aarino, 2013). Shellock (2017) menar att det är svårt att utvärdera riskerna med MRT-undersökningar på gravida patienter eftersom det finns så många faktorer som varierar, t.ex. magnetfältstyrkan, olika pulssekvenser och längden på undersökningarna. Dessutom utvecklas MRT-apparaturen och mjukvaran ständigt.

Enligt American College of Radiology (ACR) finns det inga särskilda rekommendationer under någon del av graviditeten så länge nyttan av MRT-undersökningen överstiger riskerna. Dock måste följande tre kriterier uppfyllas: informationen kan inte fås med andra icke-joniserande undersökningsmetoder som t.ex. ultraljud, informationen behövs för att göra ett vårdbeslut för patienten eller fostret under graviditeten och undersökningen kan inte vänta tills graviditeten är över. (Kanal et al., 2013, s. 511). Shellock (2017f) skriver att i följande fall bör MRT användas som diagnostisk undersökning hos gravida: patienter med aktiva hjärn- eller ryggradssymtom som kräver bildtagning, patienter med cancer, patienter med bröst- eller buksymtom på en aktiv sjukdom då en ultraljudsundersökning inte är tillräcklig eller i vissa fall då man misstänker anomali eller en allvarlig störning hos fostret.

Både Strålsäkerhetscentralen i Finland och Strålsäkerhetsmyndigheten i Sverige skriver på sina hemsidor att det inte rekommenderas att kvinnor i den första trimestern av graviditeten (de tre första månaderna) genomgår en MRT-undersökning, utan endast om det bedöms vara nödvändigt (STUK, 2015.; Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017). Även International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) rekommenderar att MRT-undersökningar skjuts upp tills efter den första trimestern av graviditeten, eftersom forskning om hur fostret påverkas i ett tidigt skede av graviditeten har förblivit outforskat och det är under den första trimestern fostret är som mest känsligt (Tirada et al., 2015).

Endast under de senaste åren har forskningsrapporter publicerats där man undersökt barn som är födda av kvinnor som genomgått en MRT-undersökning under den första trimestern av graviditeten. Ray, Vermeulen, Bharatha, Montanera & Park (2016, s. 952–961) jämförde 1737 barn som hade blivit utsatta för en MRT-undersökning i ett tidigt fosterstadium med barn i samma ålder som inte hade varit med om någon MRT-undersökning. Barnen undersöktes från födseln till fyra års ålder. Antalet missfall, fostermissbildningar och spädbarnsdöd var inte högre hos gruppen som utsatts för en MRT-undersökning, och det förekom inte flera fall av cancer, hörsel- eller synfel än hos kontrollgruppen. Choi et al., (2015, s. 871–872) undersökte barnen födda av 15 kvinnor som under första trimestern av graviditeten varit med om en MRT-undersökning och fann heller inga abnormiteter som kan förknippas med MRT.

Uppvärmningen av buken orsakad av RF-pulserna är störst på ytan och minimal i mitten och är därför för liten för att orsaka effekter på fostret. ICNIRP rekommenderar en maximal temperaturhöjning på 0,5° C i vävnader. (Tirada et al., 2015, s. 1757–1758). Kikuchi, Saito, Takahashi & Ito (2010, s. 2411–2426) undersökte uppvärmning av fostervävnad och embryon på modeller med SAR 2,0 W/kg i ”Normal mode” och fann en temperaturhöjning på 0,5° C efter 40 minuters exponering. Redan efter 7,5 minuters exponering med RF-pulser började temperaturen stiga under normala MRT-förhållanden.

The American Academy of Pediatrics rekommenderar att en ljudnivå på högst 90 dB används för att inte skada fostrets hörsel. Det är även viktigt att använda så korta serier som möjligt för att minska tiden för oljudet, och att använda s.k. bullerdämpande sekvenser som är tystare. (Tirada et al., 2015, s. 1757–1758).

Av de nyare forskningarna kan ännu nämnas en längre studie av Bouyssi-Kobar, Robertson & Limperopoulos (2015, s. 1823–1830) som undersökte barnen födda av 72 kvinnor som hade varit på en MRT-undersökning i andra eller tredje trimestern av graviditeten. Barnen undersöktes vid en ålder av ca sex månader till två år, och inga av barnen uppvisade nedsatt hörsel, motorik, talförmåga eller sociala färdigheter. Strizek et al. (2015, s. 530–537) utförde en stor studie på 751 nyfödda som hade varit utsatta för en MRT-undersökning i livmodern, och fann inga tecken på nedsatt hörsel eller låg födelsevikt hos dessa barn jämfört med barnen i en kontrollgrupp.

#### **6.2.4 Nedsövda barnpatienter**

För att få lyckade MRT-bilder utan artefakter behöver patienterna ligga stilla under skanningen. Barn är den största gruppen som behöver nedsövning i MRT eftersom de inte har förutsättningar att hålla sig stilla. Neonatala och mindre barn har en risk för både hypo- och hypertermi under MRT-undersökningen i anestesi. Utrustning för temperaturmonitorering, anesthesiutrustning och pulsoximetri behövs, vilket kan utgöra en risk vid undersökningen. All utrustning som används i magnetrummet bör vara MR-säkert. Därtill ska barnet kunna övervakas genom fönster och videokamera. Återupplivningskärran, syreuttag och sug ska finnas tillgängliga. Anestesteamet ska ha möjlighet att uppfölja patienten utanför undersökningsrummet eller om de väljer att vara med i undersökningsrummet ska även deras säkerhet övervakas och kontrolleras. (Kanal et al., 2013, s. 511–512).

I stället för att behöva söva ner småbarn med generell anestesi har man funnit att småbarn som ammas kan sövas med mjölkanestesi. Windram et al. (2011) visade med sin forskning att nyfödda barn under sex månader med misstänkta hjärtfel kan undersökas i MRT med hjälp av mjölkanestesi. Barnen som undersöktes fastades i 4 timmar och gavs sedan mjölk av sina mödrar. För att få barnen så stilla som möjligt lindades de ännu in i en filt och lades att ligga på en vakuummadrass. Kombinationen mjölk och inlindning kallas för ”feed-and-wrap”. Resultatet var lyckat; eftersom barnen sov, kunde de undersökas ända till slut och därmed blev bilderna diagnostiserbara. De rekommenderade att mjölkanestesi skall bli en rutin vid MRT-undersökningar av barn, eftersom denna metod ökar säkerheten.

”Feed-and-wrap”-metoden anses användbar enligt flera forskningar. När nyfödda barn får mat, värme och trygghet och somnar de oftast och undersökningen kan utföras. När matningen görs 30 minuter före undersökningen hjälper det barnet att sova. När ännu belysning och ljud sänks till minimi och positioneringen görs så att rörelse undviks, är förutsättningarna bra för en lyckad och säker undersökning. (Edwards & Arthurs, 2011, s-1357-1358).

Eftersom generell anestesi medför sina egna utmaningar och risker hos nyfödda barn har Eker, Cok, Cetinkaya och Aribogan (2016, s. 206–211) i sin undersökning provat hur effektiv sederande effekt oral 30 % glukoslösning har jämfört med midazolam som vanligen används för att söva ner barn. Undersökningen visade att användandet av 30 % glukoslösning för att söva nyfödda barn vid MRT var effektivt – man skulle kunna föredra glukos 30 istället för anestesi med midazolam. Metoden skulle kunna ge majoriteten av nyfödda barn en chans att genomgå en MRT-undersökning utan generell anestesi, vilket alltid medför risker på patientsäkerheten. Denna metod ger möjligheten att fortsätta med generell anestesi vid de fallen var glukoslösningen inte fungerar.

### 6.3 Säkerhetsrisker med kontrastmedel innehållande gadolinium

De vanligaste kontrastmedlen som används inom MRT innehåller gadolinium (Gd) och de anses vara relativt riskfria. Gd hör till ämnesgruppen tungmetaller som i fri form lätt binder till olika sorters proteiner i vävnaderna och har toxisk verkan. Kroppen kan inte utsöndra dessa metaller utan de kan stanna i kroppen under en lång tid. För att lösa detta problem används Gd i form av s.k. kelat, där Gd är bundet till en bäarmolekyl som formar stabila bindningar och bildar ett vattenlösligt kontrastämne som utsöndras via urinen. Gd-kelaten administreras intravenöst i dosen 0,2 ml/kg, upp till den högsta dosen på 20 ml. Bieffekterna vid en normaldos är minimala jämfört med kontrastmedel innehållande jod, och de vanligaste är mild övergående huvudvärk (9.8 %), illamående (4.1 %), uppkastningar (2 %), lågt blodtryck och orolig mage eller utslag (under 1 %). (Westbrook et al., 2008, s. 359–361).

Gd-baserade kontrastmedel började användas år 1988, och har sedan dess använts vid diagnostiska undersökningar i över 300 miljoner patienter världen över (American College of Radiology (ACR), 2016, s. 79). Det har länge varit känt att de Gd-baserade kontrastmedlen är skadliga för njurarna, och patienter med njursjukdomar utgör en riskgrupp för MRT-undersökningar med Gd-baserade kontrastmedel. Under de senaste åren har det kommit fram fler och fler rapporter på att även friska patienter kan drabbas av skador orsakade av Gd och att Gd ansamlas i olika kroppsvävnader (Rogosnitzky & Branch, 2016, s. 365–376).

De Gd-kelat som är godkända av FDA (Food and Drug Administration) i USA och EMEA (European Medicines Agency) i Europa är gadobenate (MultiHance), gadobutrol (Gadavist), gadodiamid (Omniscan), gadopenterat (Magnevist), gadoterat (Dotarem), gadoteridol (ProHance), gadoversetamid (OptiMARK) och gadoxetat (Eovist).

#### 6.3.1 Toxicitet

Gd-baserade kontrastmedel är nefrotoxiska, till och med mera toxiska än jodbaserade kontrastmedel, men eftersom de ges i avsevärt lägre doser är biverkningarna färre än vid användning av jodbaserade kontrastmedel. Gd-baserade kontrastmedel är även förknippade med neurotoxicitet och förändringar i levern och lungorna vid tester på djur, och i enstaka fall hos patienter. (Rogosnitzky & Branch, 2016 s. 365–376).



Den toxiska effekten hos  $Gd^{3+}$ -jonen har först och främst varit ihopkopplat med dissociation från bärarmolekylen och stabiliteten beror på typen av Gd-kelat. Det finns makrocycliska och linjära Gd-kelat, och de makrocycliska kelaten är mera stabila och därmed anses de vara mindre toxiska än de linjära kelaten.  $Gd^{3+}$  och andra lantanoider såsom samarium, europium och cerium är kända för att ansamlas i benvävnad. Det är ännu inte klart om det är fritt  $Gd^{3+}$  eller Gd-kelaten som ansamlas i vävnaderna, men forskningsresultat har pekat på att linjära Gd-kelat som lättare dissocierar till fritt  $Gd^{3+}$  lättare ansamlas i kroppen. (Rogosnitzky & Branch, 2016, s. 365–376).

Enligt Goischke (2016 s. 890) kan vi inte kan likställa avsaknad av bevis på att Gd-baserade kontrastmedel inte är skadliga med att de är säkra. Bara under år 2016 rapporterades det i flera artiklar om att Gd-baserade kontrastmedel inte är riskfria. Murata et al. (2016, s. 447–453) fann Gd-depositioner i hjärnan och ben på prov från obduktioner på nio personer med normal njurfunktion som fått Gd-baserat kontrastmedel vid endast ett tillfälle t.o.m. åtta år tidigare. Halten i ben var 23 gången högre än i hjärnan och man tror att benvävnaden kan fungera som lagringsplats åt Gd, och att benvävnaden långsamt ger ifrån sig Gd som tas upp av andra organ. Roberts et al. (2016, s. 280–289) rapporterar om en patient med normal njurfunktion som hade stora doser Gd i huden efter att ha fått 61 doser Gd-baserade kontrastmedel under elva års tid. Det måste göras flera forskningar, speciellt på patienter med normal njurfunktion, om mekanismen bakom depositionen i kroppen och hjärnan, och hur det påverkar patienten. Informationen om varje kontrastmedelsdos borde sparas av patienten själv för att den skall finnas tillgänglig för alla enheter som utför MRT-undersökningar. (Goischke, 2016, s. 890).

European Medicines Agency rekommenderade i juli 2017 att tre linjära Gd-kontrastmedel dras bort från marknaden p.g.a. risken av ansamling i hjärnan. Dessa är gadodiamid (Omniscan), gadopenterat (Magnevist) och gadoversetamid (OptiMARK). Det nämns även att biverkningar som hudförändringar och nefrogenisk systemisk fibros (NSF) är möjliga vid användning av dessa kontrastmedel. (European Medicines Agency, 2017).

På grund av toxiciteten hos Gd-baserade kontrastmedel har man börjat utveckla metallfria kontrastmedel som är baserade på organiska radikaler, som t.ex. nitroxid. Dessa kontrastmedel kallas ORCA (Organic Radical Contrast Agent). Problemet med dem har varit att de bryts ner väldigt snabbt i blodet och att relaxiviteten är låg, vilket innebär en låg kontrast. Nguyen et al. (2017, s. 800) har löst de här problemen genom utveckla en ny typ

av ORCA som består av polymerer av flera nitroxidmolekyler. (Nguyen et al., 2017, s. 800-811).

### **6.3.2 Fysiologiska och allergiska reaktioner**

Biverkningar av Gd-baserade kontrastmedel är sällsynta och drabbar 0,07 - 2,4 % av patienterna. De flesta reaktioner är milda fysiologiska reaktioner som att man börjar frysa, blir varm, känner smärta vid injektionsstället, blir illamående, yr och får huvudvärk. Allergiska reaktioner ter sig liknande som med jodbaserade kontrastmedel, dvs. bl.a. hudrodnad, urtikaria, klåda, ansiktsödem och andningssvårigheter, och drabbar 0,004–0.7 % av patienterna. Allvarliga livshotande anafylaktiska reaktioner är väldigt sällsynta och drabbar 0,001-0.01 % av patienterna. (ACR, 2016, s. 81). I en undersökning gjord av Murphy, Szopinski, Cohan, Mermillod och Ellis (1999, s. 656–664) gavs 687 000 Gd-kontrastdoser varav 55 allvarliga reaktioner uppvisades (0,008 %), och Davenport et al. (2013, s. 773–782) rapporterar om en studie där över 100 000 Gd-kontrastdoser gavs varav 0,13 % av patienterna utvecklade milda och 0,006 % allvarliga reaktioner.

Patienter som tidigare uppvisat överkänslighet mot Gd-baserade kontrastmedel har ungefär åtta gånger större risk att få en allergisk reaktion igen vid följande Gd-kontrastmedelsinjektion. Ofta ges kortikosteroider eller antihistaminer profylaktiskt innan följande undersökning om en patient en gång råkat ut för en allergisk reaktion. Kvinnor, astmatiker och allergiker har en liten högre risk att råka ut för biverkningar av Gd-baserade kontrastmedel, men det finns inga speciella riktlinjer att följa än att vara extra uppmärksam då patienter ur dessa grupper kommer. Fastän en patient skulle ha råkat ut för biverkningar med jodhaltigt kontrastmedel, finns det inget som säger att denne patienten skulle ha större risk att få biverkningar av Gd-kontrastmedel. (Jung et al., 2012, s. 414–422).

### **6.3.3 Nefrogenisk systemisk fibros (NSF)**

Patienter som lider av akuta eller kroniska njursjukdomar kan drabbas av nefrogenisk systemisk fibros (NSF) då de får Gd-baserade kontrastmedel. NSF är en sällsynt sjukdom förknippad med Gd-baserade kontrastmedel och uttrycker sig i fibros av hud, muskler eller inre organ som lungor, hjärta eller matstrupen. NSF medför förtjockning av huden, vilket medför stelhet och immobilitet i de drabbade kroppsdelarna, och kan i värsta fall få en dödlig utgång. (ACR, 2016, s. 85). NSF rapporterades för första gången år 2006 hos dialyspatienter med kronisk njursjukdom som fått en Gd-kontrastinjektion (Grobner, 2006, s. 1104–1108).

Att dialyspatienter har större risk för att drabbas av NSF beror på att Gd inte utsöndras på normalt sätt via urinen, utan det kan stanna kvar ganska länge i kroppen innan det utsöndras om dialysen inte utförs genast efter MRT-undersökningen (Cowper, 2013).

Till riskgruppen hör dialyspatienter och patienter med njursjukdom i anamnesen, patienter med njurcancer i släkten, patienter som använder medicin mot högt blodtryck, patienter med diabetes mellitus och patienter med en ålder över 60 år. Det är viktigt att alltid kontrollera patientens njurfunktion genom att räkna ut eGFR-värdet (estimerad glomerulär filtrationshastighet) med hjälp av P-kreatininvärdet som fås via blodprov (Karolinska Universitetslaboratoriet, 2015). Patienter med eGFR <30 ml/min/1,73 m<sup>2</sup> har större risk att drabbas av NSF. Olika typer av Gd-kelat har visat sig orsaka NSF i olika mån, och har på basen av detta indelats i grupper av ACR (American College of Radiology), EMEA (European Medicines Agency) och FDA (U.S. Food and Drug Administration). (ACR, 2016, s. 87–92).

The International Center for NSF Research (ICNSFR) är en forskningsgrupp bildad av Dr. Cowper som upprätthåller internetsidan [www.icnsfr.org](http://www.icnsfr.org) som informerar om sjukdomen. Här kan man läsa om symtom, behandling och forskning kring NSF. De har även ett register där patienter som drabbats av NSF, eller deras anhöriga kan anmäla sig och berätta om sina symtom. År 2013 fanns det över 380 fall registrerade i ICNSFR:s register. (Cowper, 2013).

### **6.3.4 Gravida och ammande patienter**

Gravida patienter skall inte ges kontrastmedel innehållande gadolinium rutinmässigt, utan vid varje enskilt fall skall nyttan och riskerna bedömas. Gd-baserade kontrastmedel kan ges ifall nyttan av undersökningen anses övervägande jämfört med de potentiella riskerna för att skada fostret. Studier har visat att Gd-kelat delvis passerar placentan och kommer således in i fostrets blodcirkulation, utsöndras via njurarna till fostervattnet där de kan stanna kvar en tid och bilda skadliga fria Gd-joner, och därmed passera genom fostrets kropp flera gånger. Det är ännu inte klarlagt huruvida Gd-baserade kontrastmedel kan skada foster, men inga studier hittills har rapporterat dylika (ACR, 2016, s. 97–100). Enligt Webb, Thomsen & Morcos (2005, s. 1234–1240) finns endast 0,01 % av Gd-dosen kvar i fostret fyra timmar efter injektionen, och efter 24 timmar finns bara spår kvar. European Society of Urogenital Radiology (ESUR) Guidelines on Contrast Media (2012) rekommenderar att endast en möjligast liten dos Gd-baserade kontrastmedel med de minsta riskerna för NSF ges åt gravida patienter under starka indikationer.

Det finns ganska begränsat antal studier där utsöndring av Gd till bröstmjölk har studerats, och de visar alla att halten Gd som utsöndras till bröstmjölken är mycket liten (ACR, 2015, s. 101–102). En studie med 20 ammande mödrar visade att den högsta dosen Gd som mättes under de första 24 timmarna efter administrationen var 0,003 mol, eller 0.04 % av dosen som gavs (Kubik-Huch et al., 2000, s. 555–558). Vidare har det visat sig att av denna låga halt Gd i bröstmjölken absorberas under en procent Gd av barnets matspjälkningskanal då det dricker, och den slutliga halten Gd blir 0,0004 % av dosen som gavs till kvinnan (Wang et al., 2012, s. 778–784). Med en sådan liten dos blir risken för bieffekter hos barnet tämligen osannolik, men den teoretiska risken finns då det ännu är oklart om det finns Gd i fri form i bröstmjölken eller om allt är bundet till kelatet. Enligt ACR Manual on Contrast Media 2016 borde det vara riskfritt för ammande mödrar att fortsätta amma sina barn efter en i.v. Gd-kontrastinjektion. Patienten skall trots det informeras om de eventuella riskerna, och att hon kan om hon så önskar låta bli att amma under dessa 12–24 timmar efter injektionen med Gd-kontrast. (ACR, 2016, s. 101–102). ESUR Guidelines on Contrast Media (2012) rekommenderar att ammande kvinnor inte ger bröstmjölk åt sina barn under 24 timmar efter Gd-kontrastmedelsinjektionen.

### **6.3.5 Barnpatienter**

Det finns inte så många studier på biverkningar hos barn som injicerats med Gd-baserade kontrastmedel. En studie utförd av Dillman, Ellis, Cohan, Strouse & Jan (2007, s.1533–1538) rapporterade om biverkningar hos 0.04 % av barnpatienterna, och Davenport et al. (2013, s. 773–782) fann biverkningar hos 0.05 % av de undersökta barnen som fick kontrastmedel. Den vanligaste biverkningen var mild allergisk reaktion som behandlas på samma sätt som hos vuxna med antihistaminer och kortikosteroider. Även andra milda effekter som illamående, huvudvärk och yrsel rapporterades. Några fall av NSF har även rapporterats hos barn (Davenport et al., 2013, s. 773–782) av vilka de flesta hade en känd njursjukdom. Mellan 2007 och 2013 har dock inga nya fall registrerats efter man år 2007 begränsade användningen av Gd-baserade kontrastmedel hos barn med nedsatt njurfunktion. Det finns inga speciella rekommendationer för barn och därför använder man sig av samma metoder som hos vuxna för att identifiera riskpatienter. Precis som hos vuxna bör Gd-baserade kontrastmedel undvikas hos patienter med  $eGFR < 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ . Hos nyfödda och prematurer som inte ännu har fullt utvecklade njurar och möjligen nedsatt njurfunktion bör extra försiktighet iakttas. Vid användning av Gd-baserade kontrastmedel skall nyttan övervägas mot möjliga skador hos barn i alla åldrar. (ACR, 2016, s. 53–54).

## 7 Intervjuresultatet

Här framställer vi resultatet av samtliga intervjuer på sjukhusen i Österbotten och i Nyland. Vi har intervjuat nio röntgenskötare som jobbar vid MRT-enheterna för att få med den praktiska aspekten om uppgifterna och erfarenheten kring säkerheten vid MRT-undersökningar. Alla röntgenskötare svarade på alla fem frågor. Vi fick delvis samma svar från flera röntgenskötare. Svaren dokumenterades genom inspelning och skriftlig dokumentering. Intervjuerna skedde i november 2016 på vår MRT-praktik. Vi har gjort fem teman, ett utgående från varje fråga, och även inkluderat citat från intervjuerna.

Frågorna löd:

1. Vilka typer av metallföremål följer oftast med patienterna in i undersökningsrummet av misstag?
2. Har du stött på fall där implantat och metallföremål skulle ha förorsakat skador eller verkningar i kroppen?
3. Hurdana farosituationer har du stött på gällande uppvärmning av kroppen och vad har de berott på?
4. Hurdana farosituationer har du stött på gällande klaustrofobi, ångest eller orolighet?
5. Vilka säkerhetsaspekter bör man beakta i MRT-undersökningar av barn?

### 7.1 Kvarglömda metallföremål

Folk glömmar lätt små metallföremål som mynt och nycklar i fickan. Det lönar sig att dubbelkolla, alltså att fråga en gång till om fickorna är helt tomma för att säkerställa att inget lämnat kvar. För att eliminera möjligheten att metallföremål kommer in i undersökningsrummet har MRT-enheten på sjukhuset i Nyland gått över till att be patienterna byta om till patientkläder, de lämnar kvar med sina egna underbyxor och strumpor. Även hårspännen kan lätt glömmas att ta bort hos kvinnor, de är små och kanske inte syns ibland. Håret bör därför alltid kontrolleras noggrant. Hörapparater förstörs i magneten och därför är det också viktigt att fråga om patienten har hörapparat.

Citat:

*”Aikaisemmin esineitä tuli vaatteiden mukana kuvaushuoneeseen, sen takia päätettiin, että potilaat vaihtaisivat sairaalavaatteisiin.”*

*”Koruja, sormuksia, hiuspinnejä, ei oikeastaan muuta. Vaikka sanoo että pitää ottaa pois sellaiset, voi jotain unohtua.”*

*”Hårspännen och femcentsmynt, sånt som man lätt glömmar. Folk tar lätt med sig nycklar, som t.ex. skåpnyckeln.”*

*”Viiden sentin kolikot, hiuspinnit ja avaimet”*

## 7.2 Skador av metallföremål eller implantat

Ingen av informanterna har varit med om att någon patient skulle ha fått skador av implantat eller metallföremål. Nuförtiden är implantat sällan gjorda av ferromagnetisk metall, men det skall alltid kontrolleras när operationen är utförd och i vissa fall går man genom protokoll och kollar upp märke och modell, och om de är MRT-kompatibla. Kontrollerna är bra och därför har det inte hänt någon olycka vid sjukhuset i Österbotten. På sjukhuset i Nyland hade en röntgenskötare varit med om en nära-ögat-situation. En medvetlös kvinna med bröstexpanders hade varit i magneten för att personalen inte hade vetat om att hon hade sådana. Det hade varit en klar risksituation fast ingen skada hade hänt. Man tar en medveten risk om man sätter en medvetlös person i magneten. Det är bättre att lämna undersökningen ogjord om man inte vet exakt om en medvetlös patient har metallimplantat eller apparatur i kroppen. Även stenter har orsakat känningar i kroppen i sådana fall där personalen inte har vetat om att patienten har haft en sådan.

Citat:

*”Ei ole kauaakaan, kun oli läheltä piti-tilanne, minä en tiedä kertoiko X siitä, eli kun oli rintaimplantti, jossa oli sellaiset ekspanderit. Oli lähellä, ettei me laitettu sitä tunneliin. Mutta sitten kuitenkin me löydettiin [mrisafety.com](http://mrisafety.com):ista tieto, ettei missään nimessä saa laittaa sellaista huoneeseen.”*

*”Kun potilas oli kuvattu Meilahdessa, se oli ollut tajuton, joten ei se ollut voinut kertoa, ettei saa olla magneetissa sellaisten ekspandereiden kanssa. Joten se oli vahinko.”*

*”Minä en ole kokenut sellaisia vaaratilanteita. Kaikki tarkistetaan niin hyvin, ettei sellaista pääse tapahtumaan. Jos vain tietää asiasta, meillä ei ole ollut tilanteita, etteikö me oltaisi tiedetty.”*

*”Nej, det har jag inte varit med om, de har sällan metallimplantat. Vi har bra kontroller.”*

### 7.3 Uppvärmning av kroppen och brännskador

Det är normalt att patienter får det varmt inne i magneten, men det är inte farligt. En informant har varit med om att en patient fått en brännskada och det hände p.g.a. att spolen var sönder. Patienten meddelade inte heller under undersökningen att det blev varmt på låren där brännskadan uppstod. I Nyland har det hänt att tatueringar har börjat värmas upp. Man varnar patienter med tatueringar att de kan värmas upp. Tekniska sportkläder som har varit på en patient har förorsakat brännskador. Tydligt p.g.a. att de innehåller någon slags metallfibrer. Detta har bidragit till att man började med att patienterna byter om till sjukhuskläder för magnetundersökningen. Alla patienter har en alarmknapp i handen under undersökningen gång, och det är viktigt att man informerar om hur den ska användas och hur man kommunicerar. Det är bra att ge exempel på situationer då man kan alarmera även om det kan kännas som "småsaker", t.ex. bara om man börjar frysa eller får varmt. Många patienter ids inte alarmera om "onödiga saker" och därför kan det uppstå farosituationer.

Det är viktigt att hålla koll på kroppstemperaturen, och det görs via SAR-värdet. Om patienten har feber skall en MRT-undersökning inte utföras eftersom den höjer kroppstemperaturen ännu mera. Man kan dock ge febernedsättande mediciner i förväg före en undersökning för att få den gjord. Barn och äldre är en riskgrupp när det gäller uppvärmning. Man får inte höja energinivån till "First level" med små barn och äldre. Barns värmereglering är inte fullt utvecklat och äldre blir lätt uttorkade. Om maskinen ber om ändringar för att få undersökningen gjord måste man ändra på andra parametrar i stället och hålla undersökningen på "Normal mode". Med Siemens magnetkameror avbryts undersökningen automatiskt om temperaturen höjs för mycket. Maskinen räknar ut energinivåer med hjälp av given vikt och längd på patienten. Dessa värden måste vara korrekt givna för att undersökningen ska kunna göras tryggt. På sjukhuset i Nyland hade röntgensköterna hört om att det hade förekommit fall där man hade fuskat och satt in mer vikt för att få undersökningen gjord, vilket man absolut inte får göra.

Citat:

*" Kuumeisia potilaita ei periaatteessa saa laittaa sinne. Jos on kuumetta yli 38 astetta ei laiteta ollenkaan. Aluksi yritetään alentaa kuume kuumetta alentavilla lääkkeillä. Jos silti on kuumetta ei kuvata ollenkaan koska kehon lämpötila voi nousta lisää. "*

*" Uusin on vuodelta 2011. Potilaalla oli ollut ankkuritatuointi, se oli sitten alkanut lämmetä. Potilas ei ollut soittanut kelloa vaan kertoi tapahtumasta vasta tutkimuksen jälkeen. Toimenpiteenä pyydettiin lähettävää yksikköä tarkkailemaan, tuleeko potilaalle kipuja alueelle. Varoitetaan jos on paljon tatuointeja tutkittavalla alueella. "*

*“Det har jag inte varit med om. Man ska kolla SAR-värdet, det höjer kroppstemperaturen.”*

*“Det är normalt att patienten får varmt, men det är inte farligt.”*

#### **7.4 Klaustrofobi, ångest och orolighet**

Patienter som lider av klaustrofobi eller ångest kan börja dra i sladdar, sparka och försöka komma ut ur magneten. Som farosituation kan i det här sammanhanget vara att någon patient skulle falla i golvet och skada sig. Om patienten drar loss och söndrar en spole blir det en dyr affär, det är viktigt att man vid farosituationer kommer ihåg att trycka på knappen som för ut bordet ur magneten, och inte börjar dra i spolarna eller i patienten. På frågeformuläret som patienten ska fylla i innan undersökningen finns frågan om hen lider av klaustrofobi, och vid behov kan lugnande medicin ges innan undersökningen. I svårare fall måste patienten sövas ner. I många fall hjälper det dock att man pratar lugnt med patienter och förklarar noggrant vad som kommer att ske, och att man under undersökningens gång berättar för patienterna hur långa bildserierna är och hur mycket tid som är kvar. För en del patienter hjälper det om man har med en anhörig i undersökningsrummet som håller i benen. En informant i Österbotten har märkt skillnad mellan män och kvinnor på det sätt att om en man kryssar i rutan att han har klaustrofobi, då har han verkligen det, medan en kvinna som säger sig ha klaustrofobi oftast klarar av undersökningen bättre men är istället mera orolig över själva resultatet av undersökningen. Sedan finns det patienter som tror att de inte är rädda och blir i alla fall ångestfyllda i tunneln. Vissa medger inte att de är klaustrofobiska, men betar sig argt för att det antagligen ändå är det.

På sjukhuset i Nyland berättade man att förvirrade patienter har krupit ut från tunneln mitt i undersökningen, utan att ringa på klockan. I sådana fall finns en risk att patienterna skadar sig, men ingen hade skadat sig i de fallen. I ett annat fall i Nyland hade det varit nära att man hade ringt väktare p.g.a. att en patient hade varit berusad. Eftersom patienten hade en följeslagare ringde man ändå inte väktaren. Efteråt tänkte man att patienten kanske var rädd och hade druckit därför. Psykiatriska patienter har ibland varit en utmaning på sjukhuset i Nyland, eftersom dessa patienter är rädda och kräver utöver medicinering även medföljare och en bra förberedning. Ändå lyckas dessa undersökningar inte alltid, ofta måste man avbryta p.g.a. att de inte kan hålla sig stilla. Det finns även fall där patienter betar sig verbalt aggressivt. De kan t.ex. skälla ut personalen att de tycker att de gör fel undersökning eller att de inte kan sitt jobb. Informanterna tänkte att det kanske beror på rädsla och osäkerhet.



Citat:

*”En minä tiedä varsinaisia vaaratilanteita, mutta monille tulee yllätyksenä, millaista on olla putkessa. Moni ei tiedä olevansa klaustrofobinen. Monet eivät sano sitä, mutta sen huomaa jostakin. Ne voi olla vihaisia, ne voi puhua vihaisesti ja se johtuu vaan siitä että ne pelkäävät.”*

*”En ung man som hade klaustrofobi höll fast i väggarna inne i magneten så att serien stannade. Ibland försöker de komma ut därifrån, då säger man att de ska stanna där så kommer vi och hjälper. Ängestfyllda patienter kommer ganska ofta. Värst är det om de faller i golvet, eller om en spole faller i golvet.”*

*”Närmast farosituation jag varit med om är att nån klättrat ut och fallit i golvet. Det är viktigt att hålla patienten lugn, och så kan man medicinera vid behov.”*

*”Inga, om man inte räknar med att något patient sparkat med benen i samband med en klaustrofobiattack.”*

## 7.5 Säkerhetsaspekter med barnpatienter

Hos barn gäller samma kontrollrutiner som med vuxna. Man skall vara noga med att kolla att barnet inte har feber och att komma ihåg att utföra kontroll på alla som kommer med in i undersökningsrummet på samma sätt som på patienter. Detta gäller alla, både patienter, vårdpersonal och anhöriga. Barn som är nedsövda kommer med narkosteamet, men man skall ändå kolla att barnet sover hela tiden och inte börjar röra på sig eller dra i sladdar. Undersökningen ska alltid göras i "Normal mode" hos barn för att förhindra onödig uppvärmning av kroppen, eftersom barn är känsligare för temperaturhöjning än vuxna. SAR-värdet skall följas med under hela undersökningen. Det är speciellt viktigt hos barn att kolla att det inte finns några loopar på sladdarna.

Barn har ofta svårt att ligga stilla och de rör på sig lätt. Bilderna blir misslyckade, men det orsakar ingen fara. Barn kan inte falla från britsen för att de fixeras bra. Dessutom har de nästan alltid med en förälder eller följeslagare, som lugnar och ger trygghet. Föräldrar får gärna vara med och det är rekommenderat även för större barn. Föräldrarnas roll är viktig för att undersökningen ska lyckas.

Citat:

*”Isoimmat lapset voi liikkua, mutta liikkeet ovat useimmiten pieniä, ei ne kuitenkaan yritä karata sieltä. Ne vaan liikkuvat, joten täytyy keskeyttää. Mutta eihän se ole vaarallista, jos ne liikkuvat, se vain pilaa kuvat.”*

*”Ne ei kuitenkaan voi tippua sieltä koska ne on niin hyvin kiinnitetty sinne, sillä tavalla, ettei ne liikkuisi.”*

*”Ettei lämpö nousisi, lapsilla lämpötila nousee helpommin kuin aikuisilla, heidän kehon lämmönsäätely ei ole vielä niin kehittynyt.”*

*”Usein heillä on vanhemmat mukana tai saattaja ettei heidän tarvitse olla yksin siellä. Mielellään otamme vanhemmat mukaan kuvaushuoneeseen, en ole koskaan kieltänyt ottamasta vanhempia mukaan.”*

*”Att de inte har feber, magneten höjer temperaturen, så det kan bli farligt för barn. Se till att följeslagaren inte kommer med in utan att man kollat henne eller honom”*

*”Att sätta SAR i Normal mode så att temperaturen inte stiger. Det är viktigt att kolla sladdar, viktigare än hos vuxna.”*

*”Att kolla sladdar så det inte finns några loopar.”*

## **8 Röntgenskötarens uppgifter gällande säkerheten**

I detta kapitel har vi samlat information om hurdana arbetsrutiner som rekommenderas för att trygga säkerheten, och även använt information från både litteraturöversikten och intervjuerna som underlag. Resultatet är indelat i handlingar före undersökningen utanför magnetrummet, inne i magnetrummet, under undersökningen och efter undersökningen. Vi redogör även för MR-ansvarspersoner, rapportering om riskhändelser och frågeformuläret som patienten skall fylla i före undersökningen. Det är på röntgenskötarens ansvar att hålla MRT-omgivningen säker för patienter, anhöriga och all personal. För att få lyckade bilder vid en MRT-undersökning är det viktigt att ha en samarbetsvillig patient. Här spelar kommunikationen med patienten och att berätta om undersökningen en stor roll, och det är även en central del av röntgenskötarens uppgifter (McRobbie et al., 2006, s.18).

Alla som går in i magnetundersökningsrummet måste kontrolleras noggrant för att säkerställa att de inte har någon MRT kontraindikation i sig eller på sig. Detta gäller också patientens släktingar, vänner och annan vårdpersonal som vill komma med in i undersökningsrummet. Metallobjekt som kommer in i magnetunneln kan orsaka allvarliga skador och dödsfall eller i bästa fall bara artefakter på bilderna. Patient- och personalsäkerhet är av yttersta vikt vid ett MRT-system. MRT-enheten bör ha tydliga skriftliga anvisningar och tillvägagångssätt vid kontroll av patienter och personal innan de går in i undersökningsrummet. (McRobbie et al., 2006, s. 17).

## 8.1 Före undersökningen utanför magnetrummet

1. Gå igenom frågeformuläret tillsammans med patienten. Patienten skall själv ha fyllt i frågeformuläret, eller patienten tillsammans med en anhörig eller läkare, på förhand. Radiologen är ansvarig för den medicinska bedömningen av patienter med pacemakrar, implantat eller främmande föremål av metall i kroppen och gravida patienter. Alla medföljare, oberoende om det är släkting eller vårdpersonal, skall även kontrolleras enligt samma frågeformulär. (Axelsson et al., 2009).
2. Alla personer som är på kommande in i undersökningsrummet ska kontrolleras att de inte har metallföremål på sig. Alla lösa föremål skall avlägsnas; glasögon, tandprotes med metall, hörapparater, smycken, klockor, innehåll i fickor, pennor, sax, mynt, mobiltelefoner, plånböcker, hårspännen, löstagbara stimulatorer, insulinpump, piercing, peruk, löstagbara arm- och benproteser och katetrar. Fickor och hår bör kontrolleras extra noga. (Olsson, 2015). Bankkort och andra kort med magnetremsor bör också lämnas utanför magnetrummet för där kommer de att raderas. (Grainger, 2015, s.40). Barn har en hög risk att bära med sig metallföremål i kläder, kuddar och mjukdjur, därför är det skäl att undersöka dem extra noga, och intervjua föräldrar samt andra medverkande personer. (Kanal et al., 2013).
3. Det rekommenderas att särskilda patientkläder används för att undvika att metallföremål följer med kläderna in i undersökningsrummet av misstag (Westbrook et al., 2008, s. 348). Även risken att kläder som innehåller metallfibrer skulle orsaka brännskador utesluts då. Tekniska sportkläder kan t.ex. vara sådana. (Shellock, 2017c).
4. Det farligt att ta in fel sorts gasflaskor, patientsängar, rullstolar, städutrustning och verktyg. Det är inte alltid tydligt om ett objekt är ferromagnetiskt eller inte, därför bör man alltid kontrollera med en metalldetektor eller magnet om man är osäker. Man bör vara extra noggrann med dynor och sandpåsar. Dynor kan innehålla metallfjädring och sandpåse kan innehålla metallpellets. (Grainger, 2015, s.26–28).
5. Var säker på att all medicinsk utrustning som används i undersökningsrummet, som t.ex. ventilatorer, anestesimaskiner, pumpar och övervakningsutrustning är MRT-säkra. (Grainger, 2015, s 11).

6. Patienter som inte själva kan förflytta sig transporteras in till magnetrummet med speciella MRT-kompatibla rullstolar eller med magnetens löstagbara patientbord. (McRobbie et al., 2006, s. 18).
7. Läkemedelsplåster ska undvikas i magneten, eftersom risk för brännskada eller överdos finns (Grainger, 2015, s. 37–38).
8. Make-up bör helst undvikas eftersom vissa kan innehålla metallfibrer (Grainger, 2015, s. 37–38).
9. Lugnande medicin kan ges åt rädda och ångestfyllda patienter. (HUS-Kuvantaminen, personlig kommunikation 15.11.2016)
10. Ifall patienten har feber bör MRT-undersökningen inte genomföras eftersom kroppstemperaturen stiger under undersökningens gång (Social- och hälsovårdsverket Jakobstad, u.å.). Man kan försöka ge patienten febernedsättande mediciner i förväg, för att få undersökningen gjord. (personlig kommunikation, 9.11.2016).
11. Ifall patienten är medvetslös eller okontaktbar och man inte får en pålitlig anamnes, skall patienten undersökas för eventuella operations ärr. Man skall även kontrollera om det finns nytagna röntgenbilder - om det inte finns, tas nya röntgenbilder av skalle, ögonen och bröst. (Kanal et al., 2013, s. 506–507).
12. Ifall patienten skall få kontrastmedel, bör kreatinivärdet kollas i förväg och att detta är i skick. För patienter som hör till riskgruppen; över 60 års ålder, har njursjukdom i anamnesen, insulinbehandlad diabetes mellitus, högt blodtryck som kräver medicinering, multipel myeloma, har genomgått organtransplantation, har allvarlig leversjukdom, skall eGFR räknas ut. Det anses vara riskfritt att ge Gd-baserat kontrastmedel om eGFR-värdet är över 40 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>. (UCSF, 2017).

## 8.2 Inne i magnetrummet

1. För att undvika brännskador ska man positionera patienten så att hud-mot-hudkontakt inte bildas och att inte huden är mot spolarna eller spolkablar, huden får heller inte vara i kontakt med tunnelväggen. Specialtillverkade kuddar som hör till magnetkamerans utrustning ska placeras på nödvändiga ställen för att isolera patienten. Isoleringen på kablar, spolar och annan utrustning ska vara i skick och hela, uppmärksamhet ska läggas på att kontrollera dessa enligt rutiner. Kablarna får inte forma loopar och patienten ska inte i sig själv heller forma en loop, genom att t.ex. hålla händerna ihop. Spolkablarna ska inte löpa på eller under kroppsspolarna eller ligga intill varandra. Om patienten har proteser av MR-säker metall ska spolkablar och spolar inte läggas intill dessa. (Shellock, 2017c).
2. Ge alarmknappen åt patienten och informera hen om hur den skall användas, och att hen skall använda den t.ex. ifall det uppstår en värmekänsla eller någon annan ovanlig känsla i någon del av kroppen (Shellock & Spinazzi, 2008, s.1145).
3. Ifall patienten har tatueringar eller piercingar som kan absorbera mycket RF-energi, kan en fuktad kompress kan sättas över det aktuella området. (Olsson, 2015). Varna alltid patienten för att tatueringar kan värmas upp (Grainger, 2015, s. 37–38).
4. Hörlurar eller öronproppar ska användas på alla som är närvarande i undersökningsrummet vid undersökningen, det är det enklaste och mest effektiva sättet att hindra utsättningen för buller. Observera även nedsövda patienter. (Grainger, 2015, s. 73). Hörlurar ger möjligheten att lyssna på musik eller radio under skanningen och gör det möjligt att kommunicera med patienten. (Westbrook et al., 2011, s. 350).
5. Be patienten att blunda vid positioneringen med det röda laserljuset, för att säkerställa att inga ögonskador uppkommer (GE healthcare, 2011, s. 66).
6. Var uppmärksam så att inga fingrar eller tår hamnar i kläm då patientbordet körs in i magnetunneln (FDA, 2017).
7. Om patienten skall få kontrastmedel, se till att iv-kanylen fungerar som den skall genom att kontrollera att den har bakflöde (ACR, 2016, s.13–14).

### 8.3 Under undersökningen

1. Patienten skall hållas under uppsikt under hela undersökningen, både visuellt och verbalt (Shellock & Spinazzi, 2008, s. 1145).
2. Speciellt noggrann monitorering krävs då det är frågan om barn, nedsövda eller medvetlösa patienter, patienter med implantat eller MR-villkorliga medicinska föremål, patienter med nedsatt kommunikationsförmåga eller patienter som på något sätt är i dåligt skick (Kanal et al., 2013, s. 506–507).
3. MRT-utrustning som inte verkar fungera normalt skall genast tas bort från patienten (IMRSER, 2015).
4. Om patienten meddelar om värmekänsla eller någon annan konstig känsla, skall undersökningen stoppas och situationen utvärderas (IMRSER, 2015).
5. Om patienten är ångestfylld eller klaustrofobisk är det extra viktigt att hålla uppsikt över patienten och informera om undersökningens framskridande (Abdullah et al., 1997, s. 449–450).
6. Om patienten hamnar i en nödsituation och behöver återupplivning eller första hjälpen, skall hen alltid tas ut ur undersökningsrummet innan livräddande åtgärder påbörjas eftersom utrustningen kan vara magnetisk (Olsson, 2015).
7. Vid nödsituationer som t.ex. en quench eller en brand är det viktigt att evakuera patienten och andra personer från undersökningsrummet snabbt. När helium läcker ut i undersökningsrummet får man inte släppa in räddningspersonal innan man är säker på att magnetfältet är avstängt. Vid fall när helium läcker ut bara delvis, kan ett betydligt magnetfält ännu finnas och orsaka fara med räddningspersonalens utrustning. (Alanko & al., 2015, s. 17–18).

## 8.4 Efter undersökningen

1. Ifall patienten uppvisar reaktioner på kontrastmedlet, om kontrastmedlet har farit under huden, eller om patienten blivit hysterisk av klaustrofobi, skall patienten hållas under uppsikt en tid efter undersökningen och nödvändig medicinering ges vid behov. (McRobbie et al., 2006, s. 19).
2. Ifall patienten ammar och får kontrastmedel skall hon instrueras att inte amma på 12–24 timmar efter undersökningen. (ACR, 2016, s. 101–102).

## 8.5 MR-ansvarsperson

På alla ställen som använder magnetkameror bör finnas säkerhetsrutiner. Det gäller alla ställen oavsett tillämpningsändamålet (klinisk vård, forskning, produktutveckling, djursjukvård) och styrkan eller typen av magnetkameran. På alla MRT-enheter bör en ansvarsperson finnas, vars uppgift är se till att säkerhetsrutinerna som krävs i lagar och förordningar följs. Om ansvarspersonen har flera enheter under sitt ansvar, bör en kontaktperson finnas på varje enhet som ser till att säkerhetsrutinerna följs i det dagliga arbetet. Till goda säkerhetsrutiner hör inskolning och fortbildning av personalen, att man följer säkerhetsanvisningar, att man följer tillverkarens instruktioner, upprätthåller servicen av magnetkameran och ser till att andra miljöfaktorer beaktas. Utöver MRT-säkerhetsrutiner bör arbetarskyddslagen följas. (Alanko et al., 2015, s. 9).

## 8.6 Rapport om riskhändelser

Man är skyldig att rapportera riskhändelser till Valvira (Tillstånds- och tillsynsverket för social- och hälsovården) och tillverkaren av magnetkameran. Allvarliga riskhändelser ska rapporteras inom tio dagar och nära-ögat-händelser inom 30 dagar från händelsen. Rapporteringsplikten berör alla finländska tillverkare, användare och importörer. Det är bestraffningsbart att lämna en rapportering ogjord. Arbetsplatsen bör även ha ett eget förfaringsätt att rapportera om riskhändelser och den borde vara enkel och snabb att använda. Med hjälp av rapporteringssystemet kan man förbättra säkerheten på MRT-enheter. Riskhändelserna analyseras och meningen är att man ska lära sig av dem och kunna undvika likadana fel i framtiden. Meningen är inte att leta efter skyldiga, utan det ska vara förtroendefullt att rapportera om riskhändelser och nära-på-situationer. Ingen nära-ögat

situation är för liten att rapporteras, utan allt kan leda till en förbättrad säkerhetskultur. Alla riskhändelser ska behandlas tillsammans med personalen. (Alanko et al., 2015, s. 13).

## 8.7 Frågeformuläret

Alla patienter som skall genomgå en MRT-undersökning måste fylla i ett frågeformulär. Frågeformuläret skall vara ifyllt av patienten själv, eller patienten tillsammans med en anhörig, tolk eller läkare (Axelsson et al., 2009). STUK och Arbetshälsoinstitutet har gjort en blankett som kan används vid MRT-undersökningar. Frågorna till patienten lyder:

- Datum, namn, kön, personbeteckning, längd och vikt?
- Har Ni pacemaker eller andra medicinska apparater (t.ex. insulinpump, hörapparat, nervstimulator)?
- Har Ni proteser (t.ex. ledprotes, ögonprotes) eller andra medicinska implantat (t.ex. kärl-clips, spiral, skruvar, pacemakerkablar eller skivor)?
- Har Ni metalledar i kroppen eller i huvudet (t.ex. t.ex. piercingar, granatsplitter)
- Har Ni andra främmande föremål på Er (smycken, spännen, peruk)?
- Har Ni någonsin vid en olyckshändelse fått metallföremål (t.ex. metallsplitter eller metallspån) i ögonen?
- Har Ni tatueringar?
- (Till kvinnor) Är Ni gravid?
- Har Ni någonsin tidigare fått det kontrastmedel som används vid en magnetundersökning?
- Om Ni har fått kontrastmedel tidigare, fick Ni då en allergisk reaktion?

Därtill finns en bild av en kropp framifrån och bakifrån där man skall märka ut var på kroppen man har metallföremål eller implantat, och ställen där operationer har utförts. (Alanko et al., 2015, s. 21–22).

I frågeformuläret vid Helsingfors och Nylands sjukvårdsdistrikt frågas även efter implantat i inner- eller mellanörat, hjärtklaffprotes och läkemedelspump. Om patienten har något av



de ovanstående ombeds hen kontakta magnetundersökningsenheten i förväg. Ledproteser, sterilisationsclips eller tandproteser utgör för det mesta inget hinder för magnetundersökningen. Subkutana glukossensorer skall avlägsnas före undersökningen. Implantatkort för främmande föremål i kroppen tas med. (HNS Bilddiagnostik, 2017).

Andra frågor som förekommer i frågeformulär är om patienten har shunt, stent, aortastent eller ryggelektrod, eller lider av diabetes eller muskelsjukdomen Myastenia gravis, har svårt att ligga stilla, är rädd för att vara i trånga utrymmen eller ammar (Ajnered, u.å.). Och vidare om patienten har njursvikt eller annan njursjukdom, och ifall patienten går på dialys (Södersjukhuset, u.å.)

## 9 Tolkning

Sammanfattningsvis kan man konstatera att det statiska fältet i för sig utgör inte en hälsofara för människan, men dragningskraftens påverkan på metallföremål desto mer. Principen är att vara på alerten med alla föremål, implantat och apparater som är på väg in i undersökningsrummet. I forskningen framkom att EKG- och annan medicinsk utrustning kan vara en risk i fall de inte är MRT-kompatibla. Man ska alltid komma ihåg att magnetkameran innehåller flytande helium. Det är sällsynt att en quench händer men man ska vara förberedd på att evakuera området om det äger rum. Största nackdelen med gradientfälten är att de förorsakar buller, det är därför viktigt att använda hörselskydd. Enligt ny forskning kan gradientfältets buller minskas med nya tysta sekvenser i styrsystem. Gradientfältet kan åstadkomma ljusblixtar i ögonen – detta kan påverka även personalen om de behöver befinna sig i undersökningsrummet vid skanningar. När magnetkameran sänder RF-vågor till kroppen orsakar det uppvärmning. Kroppen får uppvärmas högst 1 °C, oftast bara 0,5 °C. Det gäller att vara uppmärksam med små barn och äldre, dessa bör undersökas enbart i ”Normal mode”. Patienter med feber bör ej undersökas. För att kunna förebygga brännskador ska man vara noggrann med spolarna, kablarna, läkemedelsplåster, tatueringar och möjliga metallfibrer i kläder.

Säkerhetsrisker som härstammar från patienten är metallföremål i kroppen, så som inopererade proteser och operationsclips. Ferromagnetiska metallföremål kan värmas upp eller flytta på sig då de kommer in i ett starkt magnetfält, och det är därför viktigt att alltid kontrollera om de är MR-kompatibla innan patienten tillåts gå in i undersökningsrummet. Speciellt pacemakrar, stimulatorer, pumpar, shuntar och metallsplitter i ögat måste kontrolleras extra noga. För en del patienter kan klaustrofobi och ångest utgöra ett stort

hinder för en MRT-undersökning, och i de fall där röntgenskötarens yrkesskicklighet inte räcker till, kan lugnande medicinering ges. Inga skadliga effekter på foster har rapporterats hos människor eller djur på 1,5 T magneter. I praktiken finns det dock risk för cellförändringar, hörselskador och uppvärmning av vävnaderna hos fostret, och därför utförs MRT-undersökningar på gravida kvinnor endast under särskilda förutsättningar under den första trimestern av graviditeten i Finland. Barn behöver ofta sövas ner för att en MRT-undersökning ska kunna genomföras. All utrustning skall vara MR-kompatibel, och barnet skall övervakas noga. Småbarn som ammas kan med fördel sövas med mjölkkanestesi. "Feed-and-wrap"-metoden där barnet ammas och lindas in i en filt har visat sig vara mycket användbar.

Det vanligaste kontrastmedlet som används vid MRT-undersökningar innehåller tungmetallen gadolinium bundet till en bärarmolekyl. Trots att de Gd-baserade kontrastmedlen är mera toxiska än de jod-baserade kontrastmedlen, är biverkningarna ändå färre eftersom de ges i lägre doser. De vanligaste biverkningarna är milda fysiologiska reaktioner som illamående, smärta vid injektionsstället och huvudvärk. Även allergiska reaktioner i form av hudrodnad, ansiktsödem och andningssvårigheter förekommer. Anafylaktiska chocker är däremot väldigt sällsynta. Patienter med nedsatt njurfunktion kan drabbas av nefrogenisk systemisk fibros som är en sjukdom förknippad med Gd-baserade kontrastmedel. NSF kan drabba hud, muskler och inre organ, vilket medför stelhet och immobilitet och kan i värsta fall få en dödlig utgång. Antalet drabbade har minskar de senaste åren eftersom man dragit bort en del Gd-baserade kontrastmedel från marknaden. På den senaste tiden har även flera forskare rapporterat om Gd-ansamlingar i ben och vävnader hos människor med normal njurfunktion som fått Gd-kontrast. Det behövs dock mer forskning innan vi vet vad som ligger bakom denna deposition i kroppen.

På frågan om röntgenskötarens uppgifter gällande säkerheten vid MRT-undersökningar har vi samlat material från litteraturen och använt oss av röntgenskötarens intervjusvar som stöd. Vi har sammanställt en lista på vad man som röntgenskötare bör tänka på före undersökningen, inne i magnetrummet, under undersökningen och efter undersökningen. Det viktigaste är en noggrann kontroll av patienten, både genom ett frågeformulär som patienten skall fylla i, genom att muntligen gå igenom detta formulär, och att kontrollera att inga metallföremål kommer med patienten eller eventuell följeslagare eller annan vårdpersonal in i rummet. Inne i magnetrummet är det viktigt att man kontrollerar att utrustningen är i skick och att inga loopar bildas på kablarna. Patientens hud bör inte vara i

direktkontakt med kablar eller insidan av magnetunneln, och även hud-mot-hudkontakt bör undvikas för att förhindra att brännskador uppstår. Under undersökningens gång skall patienten hållas under uppsikt hela tiden, och efter undersökningen bör patienten hållas under uppsikt ifall hen visat tecken på kontrastmedelsreaktioner eller drabbats av psykologiska besvär. En annan mycket viktig uppgift för röntgenskötaren är att prata med patienten och informera om undersökningen för att få hen att känna sig trygg. Detta kan ofta räcka till för en lyckad undersökning av rädda och ångestfyllda patienter genomförd.

## 10 Kritisk granskning

Vi använder oss av Larssons (1994) kvalitetskriterier för att granska examensarbetet. Kvaliteten i framställningen granskas med kriteriet **intern logik**, resultatet granskas genom att betrakta **strukturen** och som validitetskriterium valdes det **pragmatiska kriteriet**. (Larsson, 1994, s.165).

Enligt den **interna logiken** är frågeställningen i en kvalitativ studie utgångspunkten för val av lämpliga metoder och tekniker för datainsamlingen. Även det undersökta fenomenets natur inverkar på vilka metoder man väljer. En balans bör råda mellan forskningsfrågan, antagandet om den forskade ämnets natur och valda datainsamlingsmetoder samt dataanalysen. (Larsson, 1994, s.170). Eftersom examensarbetet handlar om säkerhet, tänkte vi att det finns mycket forskning, litteratur och artiklar om ämnet och därför valde vi litteratursökning som den huvudsakliga datainsamlingsmetoden. I den teoretiska referensramen kommer det fram att säkerhet är ett fenomen där man bedömer risker, förebygger och korrigerar dessa samt lär sig av riskhändelserna. Alltså är säkerheten ett fenomen som man i praktiken övervakar och främjar. Därför är det naturligt att vi också ville ta med praktisk information från röntgenskötares arbetserfarenhet och därmed valde vi även intervju som datainsamlingsmetod.

Vår första forskningsfråga var att beskriva säkerhetsriskerna i MRT. Litteratursökningen vi utförde var enligt vår mening omfattande, med både böcker och de nyaste forskningsartiklarna med principen ”free full text” via Tritonia-bibliotekets sökmotorer. En del artiklar var avgiftsbelagda och därför fick vi söka information på andra sätt, t.ex. från pålitliga internetsidor som ständigt uppdateras. Vi tycker att reliabiliteten ändå är bra. Intervjuerna bidrog med viktig information direkt från arbetslivet. Fem frågor med olika teman verkade vara passligt för att få in relevanta syner på säkerheten, utan att göra intervjuerna för långa. Genom att följa dessa datainsamlingsmetoder och analysera resultatet

har vi fått den uppfattningen att majoriteten av säkerhetsrisker inom MRT har beskrivits i detta examensarbete och att vi har fått svar på den första forskningsfrågan. Den andra forskningsfrågan ”Hur kan röntgenskötaren göra undersökningen säker för patienten?” står i balans med helheten, eftersom den har en direkt anknytning till säkerhetsriskerna. Genom resultat från både litteratursökning och intervjuerna kunde vi även svara på den andra forskningsfrågan. Vi tycker att vi fått ett tillfredställande resultat och man kan säga att en balans rått över helheten.

Förutom att examensarbetet ska ha ett rikt innehåll behöver det också ha en tydlig och enkel **struktur**. Struktur ska sökas redan i rådata, men resultatet ska också presenteras så att det framhäver och konkretiserar strukturen. Framställningen bör vara gjord på ett sådant sätt att arbetet får en bra överskådlighet. Man ska kunna urskilja vad som är essentiellt och vad som är bisaker. (Larsson, 1994, s. 173–175). Vi började strukturera arbetet redan i början, eftersom vi insåg att säkerhetsrisker inom MRT finns på ett ganska brett område. Tidigare examensarbeten och litteratur gav exempel på hur kategorisering av resultat tidigare hade lösts. Strukturen blev logisk genom att dela in riskerna i tre kategorier, yttre fysiska risker som främst beror på magnetkamerans egenskaper, risker med objekt som finns i eller på kroppen och andra egenskaper hos patienten, samt som den tredje kategorin, risker med gadoliniumbaserade kontrastmedel. Intervjudelen har vi som ett skilt kapitel. Kapitlet om röntgenskötarens uppgifter strukturerar enligt vår mening upp helheten och sammanfattar det relevanta. Vi anser att dela upp arbetet på detta sätt blev det mer lättöverskådligt, samtidigt blev forskningsprocessen tydligare för oss. Vi valde att presentera röntgenskötarens uppgifter i form av en numrerad lista, för att ge en uppfattning om i vilken ordning saker går igenom. Uppgifternas ordning är dock bara riktgivande, dessa kan också göras i en annan ordning och vissa arbetsmoment görs kanske inte alls; allt beror naturligtvis på hurdan patient man har och hurdan undersökning ska utföras och med vilken sorts magnetkameraanordning.

Validiteten på resultatet kan värderas med det **pragmatiska kriteriet**. Enligt den ser man på hurdan externt värde en forskning kan ha, dvs. vilken nytta resultatet har för verkligheten och hur det bidrar till ökad kunskap i praktiken. (Larsson, 1994, s. 185–186). I den teoretiska referensramen kom det fram att patientsäkerhet beror på samspel och att det formas en patientsäkerhetskultur i vårdenheter, säkerhet är alltså ett praktiskt fenomen. När man känner till säkerhetsriskerna kan man undvika dessa, genom att handla på ett rätt sätt. Tanken med detta arbete var att förbättra patientsäkerheten och vara till nytta för röntgenskötarstuderande, röntgenskötare och för andra intresserade. Enligt vår mening kan

forskningen användas av dessa grupper. Resultatet kan anses pålitligt eftersom referensgranskade källor har använts och tolkningar har undvikits i dataanalysen av intervjuerna. Listorna på arbetsrutiner i kapitel 8 är gjorda med tanke på att kunna användas i praktiken.

## 11 Diskussion

I diskussionen har vi valt att diskutera arbetet utgående från den teoretiska referensramen och att diskutera resultatet enligt Henricson (2012, s. 467) som skriver att man i en resultatdiskussion ska försöka se sitt arbete genom ett helikopterperspektiv och välja ut två till tre huvudfynd som man diskuterar. Vi har valt ut tre huvudfynd som vi diskuterar, delvis med intervjuerna i åtanke. Metoderna anser vi vara färdigbehandlade i kapitlet ”kritisk granskning”. Slutligen har vi även tagit upp arbetets svagheter och förslag på nya examensarbeten.

I den teoretiska referensramen tog vi upp patientsäkerheten och röntgenskötarens kompetens, som är två viktiga utgångspunkter för patientens trygghet. Patientsäkerheten innebär att rätt vården skall fås vid rätt tidpunkt, och att den ska förorsaka så lite skador som möjligt. Vid MRT-undersökningar blir patientsäkerheten påtaglig på ett annat sätt än vid andra diagnostiska undersökningar eftersom det finns så många risker förknippade med dem. Det är mycket som kan gå fel om röntgenskötaren är oaktsam eller oerfaren, eftersom det finns risker vid flera olika moment i undersökningen.

Den snabba utvecklingen av medicin och teknik leder till högre grad av specialisering och därmed splittring av ansvaret. Servicesystemen är splittrade och t.ex. olika instanser använder olika patientjournalssystem. Detta är ett problem inom diagnostiken där det är viktigt att ha bilder som blivit tagna tidigare för att kunna jämföra dem med de nya. Vid MRT-undersökningar är det mycket viktigt att ta reda på patientens sjukdomshistoria för att kunna vara säker på att patienten inte har kontraindicerande inopererade föremål i kroppen. Det finns fall, då patienten av olika orsaker inte kan kommunicera och man inte har tillgång till personens sjukdomshistoria, där det kan vara mycket riskabelt att utföra en magnetundersökning. Användandet av olika patientjournalssystem medför även ett problem inom MRT då det gäller dokumentering av kontrastmedelsdoser. Forskare efterlyser en metod för att kunna följa med hur mycket Gd-baserade kontrastmedel varje patient fått, eftersom man ännu inte riktigt vet vad som händer med gadoliniumet i vår kropp, och det skulle vara mycket viktigt att det följs med för att få klarhet i frågan.

Riskbedömning och att lära sig av riskhändelser är även viktiga faktorer för att upprätthålla patientsäkerheten. Riskbedömning kan t.ex. vara att avgöra när det kan finnas en risk med ett inopererat kärclips eller en protes. Har man varit med om en nära-ögat-händelse är det mycket viktigt att rapportera, analysera och diskutera vad som hände och hur man kan undvika liknande i framtiden. Inom MRT är det även väldigt viktigt att veta hur apparaturen fungerar, vilka förebyggande åtgärder som skall tas för att undvika olyckor, och att kunna göra undersökningen så bekväm som möjligt för patienten. Ibland har patienten svårt att ligga, är klaustrofobisk eller nedsövd och då gäller det att använda tiden effektivt för att få tillstånd de nödvändiga bilderna.

Röntgenskötaren följer vissa arbetsrutiner för att trygga säkerheten och stor vikt läggs på informationsutbytet med patienten, eftersom det är viktigt att veta hurdana kontraindikationer patienterna möjligen har, både skriftlig och muntlig information är viktig. För att få undersökningen gjord på bästa möjliga sätt är det extra viktigt att patienten känner sig trygg. Röntgenskötaren kommunicerar med patienten, berättar om undersökningen och försöker skapa en trygg och lugn stämning. När patienterna är lugna håller de sig också lättare stilla, vilket är kravet för lyckade diagnostiserbara bilder.

Vi tog upp patientsäkerhetssystem och patientsäkerhetskultur i den teoretiska referensramen. På en MRT-enhet finns rapporteringssystem (t.ex. HaiPro) patientjournalssystem och olika dokumenteringssystem och PACS, dessa bildar tillsammans med säkerhetsrutinerna ett patientsäkerhetssystem. Ledningen ansvarar för att personalen är kompetent, nödvändig utbildning ordnas och att apparaturen är ändamålsenlig och att den fungerar. På alla MRT-enheter ska finnas en MR-ansvarig som skall se till att de säkerhetsrutiner som lagen kräver följs. Varningsskyltar är viktiga att ha för att påminna både patienter, följeslagare och personal om farorna. Det finns MRT-varningspostrar att ladda ner på sidan <https://www.ismrm.org/mr-safety-links/mr-safetyposters/>, den ena angående brännskador finns även på svenska. När man systematiskt främjar patientsäkerheten och lär sig av riskhändelserna pratar man om en patientsäkerhetskultur.

Vårt huvudfynd, eller snarast det absolut viktigaste i sammanhanget, är enligt oss kontrollen av patienten. Kontrollen att inga kontraindicerande föremål på personens kropp eller i kläder, eller inuti patienten kommer in i magnetrummet. Detta inkluderar även magnetiska föremål som t.ex. rullstolar, syrgastuber och saxar. Av intervjuerna fick vi veta att det vanligaste sättet metallföremål kommer in i magnetrummet är kvarglömde föremål i patientens fickor och i håret. Sjukhuset i Nyland hade undgått detta problem i och med att de införde regeln

att alla patienter måste klä om till sjukhusklädsel, vilket sjukhuset i Österbotten inte gjort och hade således ännu denna problematik. Vi författare har båda två erfärit på praktikavsnitt på mindre MRI-enheter att man inte ber patienten byta kläder, även om det finns beskrivet i föreskrifter i litteraturen att man bör göra så. Till kontrollen av patienten hör även genomgången av frågeformuläret och vid behov patientens sjukdomshistoria. I fall där patienten har metallföremål i kroppen, är det viktigt att kontrollera om föremålet är MR-kompatibelt, och det finns mycket bra information på internet som ständigt uppdateras.

Det andra huvudfyndet vi tar upp är hur man förhindrar att brännskador uppstår under undersökningen. Bara en av de intervjuade hade varit med om en situation då en brännskada hade uppstått. Det som hade hänt var att en spole var sönder, och patienten hade fått en brännskada mellan låren där låren rört i varandra. För att undvika brännskador ska hud-mot-hudkontakt undvikas både genom att patienten har kläder på sig som täcker benen och helst hela armarna och att hen inte håller i händerna. Patienten skall inte heller direkt vidröra spolar utan stoppning eller magnetens inre vägg, utan speciella dynor skall användas för att undvika kontakt. Man skall även se till att inga loopar bildas på spolablarna och att kablarna inte vidrör patienten. Flera röntgenskötare hade varit med om att tatueringar blivit varma. Detta kan man inte göra så mycket åt om patienten har stora tatueringar, det är viktigast att patienten blivit välinformerad om att använda alarmklockan och säga till om man tycker att något inte står rätt till. Brännskadan som uppstått hos patienten med den söndriga spolen hade inte meddelat åt personalen att det blivit varmt mellan benen.

En tredje faktor hos MRT-undersökningar som vi tycker är värd att diskutera är de Gd-baserade kontrastmedel som ibland används i samband med undersökningarna. För det första finns det risk för nefrogenisk systemisk fibros speciellt hos personer med nedsatt njurfunktion, och för det andra är det ännu inte riktigt känt vad som händer med det giftiga gadoliniumet i kroppen. Hur stor del lösgör sig från bärarmolekylen och vad händer med det i kroppen? Det finns forskningsrapporter som tyder på att gadoliniumet är farligare än vi hittills trott och att det bildas ansamlingar i kroppens organ efter en kontrastmedelsinjektion, och således ökar ansamlingarna efter varje injektion. Som redan diskuterats ovan, skulle det vara viktigt att varje kontrastmedelsinjektion blir bokförd i ett gemensamt system som alla MRT-enheter har tillgång till.

Intervjun ger värdefull information om röntgenskötarnas praktiska erfarenheter om MRT-arbetet, men vi fick också sådan information som redan kommit upp i litteraturöversikten. Vi har dock haft hjälp av dem då vi svarade på vår andra forskningsfråga som gällde

röntgenskötarens uppgifter gällande säkerheten. En svaghet i denna forskning är att vissa saker upprepas eftersom vi valde två olika metoder och därtill överlappar de båda forskningsfrågorna varandra till en viss del. Detta anser vi dock vara nödvändigt för att kunna ge ett fullständigt svar på frågorna. Intervjuerna gjordes i ett tidigt skede innan vi påbörjat litteratursökningen till examensarbetet. Fastän vi är nöjda med frågorna och svaren vi fick, är det troligt att intervjuerna skulle ha sett lite annorlunda ut om vi gjort dem i ett senare skede då vi var mera insatta i ämnet. Vi har valt att lämna bort rubriken ”tidigare forskning” eftersom hela vår resultatdel är tidigare forskning. I kapitlet ”bakgrund” har vi ingående behandlat magnetism, MRT-apparatur och hur MRT-bilder uppkommer. En av de ursprungliga idéerna var att skriva undervisningsmaterial om MRT, och även om det till slut inte blev så ville vi ändå göra en mera omfattande bakgrund till själva tekniken eftersom vi märkt att det var svårt att hitta lättförståeliga texter om MRT. Bakgrunden är därför ganska lång, och innehåller inte bakgrund om övriga delar av vår forskning.

Förslag till vidare forskning är att göra en systematisk litteraturstudie där man söker fram ett antal artiklar om t.ex. olyckor som hänt och hur de skulle kunna undvikas. Klaustrofobi och MRT-undersökningar, eller hur MRT-undersökningar påverkar graviditeter och foster kunde också vara bra fördjupningsområden. Man kan skriva om nya tekniker och fördjupa sig i t.ex. funktionell-MRT, som ständigt utvecklas och får nya användningsområden eller hur röntgenskötaren påverkas av långvarig närvaro till en magnet? Förslagsvis kan man även skriva om t.ex. kontrastmedlen som används vid MRT-undersökningar, just nu kommer många nya forskningsresultat. Det finns även andra kontrastmedel som används vid olika undersökningar som inte alls tagits upp i det här examensarbetet. I Finland har det på svenskt håll inte skrivits många examensarbeten om MRT, men på finskt finns det desto flera som man kan hitta inspiration och idéer genom.



## Källförteckning

- Aarnio, J., 2013. *Entä kun kuvattava tai kuvaaja on raskaana?* [Online] [www.sadeturvapaivat.fi/file.php?737](http://www.sadeturvapaivat.fi/file.php?737) [hämtat: 2.5.2017].
- Abdullah, B. J. J., Bux, S. I. & Chien, D., 1997. Safety Considerations in Magnetic Resonance Imaging (MRI). *Medical Journal of Malaysia*, 52(4), s. 445–454.
- Ajnered, u.å. *MR frågeformulär polikliniska patienter.* [Online] <https://vis.nll.se/process/administrativ/Dokument/div-ls-bas-radlan/Arbetsdokument/MR%20fr%C3%A5geformul%C3%A4r%20polikliniska%20patienter.pdf> [Hämtat 22.3.2017].
- Alanko, T., Tiikkaja, M., Toppila, E., Hietanen, M., Lindholm, H., Airo, E., Jussila, K., Kännälä, S. & Toivo, T., 2015. *Henkilöstön työhyvinvointia edistävät toimintatavat magneettikuvaustyössä.* Helsinki: Työterveyslaitos.
- Alibek, S., Vogel, M., Sun, W., Winkler, D., Baker, C. A., Burke, M., & Gloger, H., 2014. Acoustic noise reduction in MRI using Silent Scan: an initial experience. *Diagnostic and Interventional Radiology*, 20(4), s. 360–363.
- American College of Radiology (ACR), 2016. *ACR Manual on Contrast Media.* [Online] <https://www.acr.org> [hämtat 05.03.2017].
- Andersson, B.T., 2012. *Radiographers' Professional Competence - Development of a context-specific instrument.* Jönköping: Doktorsavhandling i omvårdnad. Hälsohögskolan.
- Andersson, B.T., Fridlund, B., Elgán, C. & Axelsson, Å.B., 2008. Radiographers' areas of professional competence related to good nursing care. *Scandinavian Journal of Caring Sciences*. 22, s.401–409.
- Axelsson, B., Edvinsson, A.-G., Troste, I. & Christoffersson, J. O., 2009. *Säkerhetshandbok för MR-verksamheten, version 1.0.* [Online] <http://194.68.88.29/upload/S%C3%A4kerhetshandbok%20MR%20ver%201.0%20rev%2020100218.pdf> [hämtat: 19.2.2017].
- Berglund, E. & Jönsson, B-A., 2007. *Medicinsk fysik.* Lund: Studentlitteratur.
- Bouyssi-Kobar, M., du Plessis, A.J. & Robertson, R.L., 2015. Fetal magnetic resonance imaging: exposure times and functional outcomes at preschool age. *Pediatric Radiology*, 45(12), s. 1823-1830.
- Chavhan, G.B., 2013. *MRI made easy (for beginners) (Second edition).* New Delhi: Jaypee Brothers Medical Publishers (P) Ltd.
- Choi, J.S., Ahn, H. K., Han, J. Y., Han, Y. J., Kwak, D. O., Velazques-Armenta, E. Y. & Nava-Ocampo, A. A., 2015. A case series of 15 women inadvertently exposed to magnetic

resonance imaging in the first trimester of pregnancy. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, 35(8), s. 871-872.

Cowper S. E., 2013. The International Center for NSF Research (ICNSFR). [Online] <http://www.icnsfr.org> [hämtat: 13.3.2017].

Danielsson, E., 2013. Kvalitativ forskningsintervju. i: M. Henricson red. *Vetenskaplig teori och metod - från idé till examination inom omvårdnad*. Lund: Studentlitteratur.

Davenport MS DJ, Cohan RH, Hussain HK, Khalatbari S, McHugh JB & Ellis JH., 2013. Effect of abrupt substitution of gadobenate dimeglumine for gadopentetate dimeglumine on rate of allergic-like reactions. *Radiology*, 266, s. 773-782.

Dillman, J. R., Ellis, J. H., Cohan, R. H., Strouse, P. J. & Jan, S., C., 2007. Frequency and severity of acute allergic-like reactions to gadolinium-containing i.v. contrast media in children and adults. *American Journal of Roentgenology*, 189(6), s. 1533–1538.

Edwards, A.D. & Arthurs, O.J., 2011. Paediatric MRI under sedation: is it necessary? What is the evidence for the alternatives? *Pediatric Radiology*, 41, s. 1353–1364.

Eker, H. E., Cok, O.Y., Cetinkaya, B. & Aribogan, A., 2016. Oral 30% glucose provides sufficient sedation in newborns during MRI. *Journal of Anesthesia*. (2017) 31, s. 206-211.

European Medicines Agency, 2017. *EMA's final opinion confirms restrictions on use of linear gadolinium agents in body scans*. [Online] <http://www.ema.europa.eu/ema> [hämtat: 3.12.2017].

European Society of Urogenital Radiology (ESUR), 2012. *Guidelines on Contrast Media*, version 8.2. [Online] <http://www.esur.org/guidelines/> [hämtat: 26.4.2017].

FDA, 2017. *Information for Professionals, MRI Technologists*. [Online] <https://www.fda.gov/RadiationEmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/MedicalImaging/MRI/ucm482773.htm> [hämtat: 10.5.2017].

GE-Healthcare, 2011. *Användarhandbok (Discovery™MR750, 3.0T Discovery™MR450, 1.5T Optima™MR450w 1.5T) - Kapitel 2: säkerhet*. General Electric Company.

Goischke, H.-K., 2016. MRI With Gadolinium-Based Contrast Agents: Practical Help to Ensure Patient Safety. *Journal of the American College of Radiation*, 13(8), s. 890.

Grainger, D., 2015. *Safety guidelines for magnetic resonance imaging equipment in clinical use*. London: Medicines and healthcare products regulatory agency. [Online] [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/476931/MRI\\_guidance\\_2015\\_-\\_4-02d1.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/476931/MRI_guidance_2015_-_4-02d1.pdf) [hämtat: 26.4.2017].

Grobner, T., 2006. Gadolinium: a specific trigger for the development of nephrogenic fibrosing dermopathy and nephrogenic systemic fibrosis? *Nephrol. Dial. Transpl.* 21:1104–1108.

Hellgren, P. & Norén, J., 2013. *Faktorer för att förebygga klaustrofobi hos vuxna patienter i samband med en MR-undersökning*. Umeå: Examensarbete vid röntgensjuksköterskeprogrammet. Umeå universitet, institutionen för omvårdnad.

Henricson, M., 2013. Forskningsprocessen: problem, syfte och inledning/bakgrund. i: M. Henricson red. *Vetenskaplig teori och metod - från idé till examination inom omvårdnad*. Lund: Studentlitteratur.

HNS Bilddiagnostik, 2017. *Förhandsuppgifter för magnetundersökning*. [Online] <http://www.hus.fi/sv/sjukvard/bilddiagnostik-och-fysiologi/MK%20esitetolomakkeet%20ruotsi/A%20F%C3%B6rhandsuppgifter%20f%C3%B6r%20magnetunders%C3%B6kning.pdf> [hämtat: 9.5.2017].

Holmér, E., 2016. *Ångest - starka känslor av oro*. [Online] <https://www.1177.se> [hämtat: 27.4.2017].

HUS-Kuvantaminen, 2014. *Magneettitutkimus suurikokoiselle potilaalle tai potilaalle jolla on ahtaan paikan kammo*. [Online] <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/MK%20%20LO/Magneettitutkimus%20suurikokoiselle%20potilaalle%20tai%20potilaalle%20jolla%20on%20ahtaan%20paikan%20kammo.pdf> [hämtat: 23.4.2017].

HUS-Kuvantaminen, 2016. *Tahdistinpotilaiden magneettikuvantaminen*. [Online] <http://www.hus.fi/ammattilaiselle/hus-kuvantaminen/MK%20%20LO/Tahdistinpotilaiden%20magneettikuvantaminen.pdf> [hämtat: 29.4.2017].

Huurto, L., Jokela, K. & Servomaa, A., 1993. *Magneettikuvauslaitteet, niiden käyttö ja turvallisuus Suomessa*. Helsingfors: Painatuskeskus Oy.

Huurto, L. & Toivo, T., 2000. *Terveysthuollon laadunhallinta. Magneettitutkimukset ja niiden turvallisuus*. Helsinki: Lääkelaitos. [Online] [https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2000-1\\_magneettitutkimukset.pdf](https://www.valvira.fi/documents/14444/50159/LH-2000-1_magneettitutkimukset.pdf) [hämtat: 24.4.2017].

Institute of Magnetic Resonance Safety, Education, and Research (IMRSER), 2015. *Guidelines to Prevent Excessive Heating and Burns Associated with Magnetic Resonance Procedures*. [Online] [http://www.imrser.org/PaperPDFRecord.aspWebRecID=85&PgName=Guidelines&WebRecID=&sb\\_SummaryTitle=&](http://www.imrser.org/PaperPDFRecord.aspWebRecID=85&PgName=Guidelines&WebRecID=&sb_SummaryTitle=&) [hämtat 11.5.2017].

Jokela, K., Korpinen, L., Hietanen, M., Puranen, L., Huurto, L., Pättikangas, H., Toivo, T., Sihvonen, A-P. & Nyberg, H., 2006. *Säteilylähteet ja altistuminen*. Teoksessa: H. Nyberg & K. Jokela toim. *Sähkömagneettiset kentät*. Helsinki: STUK [Online] [http://www.stuk.fi/documents/12547/494524/6\\_9.pdf/d583d48c-c914-4593-a7bc-4d0e93415f85](http://www.stuk.fi/documents/12547/494524/6_9.pdf/d583d48c-c914-4593-a7bc-4d0e93415f85) [haettu: 24.4.2017].

- Jung JW, Kang HR, Kim MH, Lee, W., Min, K. U., Han, M. H. & Cho, S. H., 2012. Immediate hypersensitivity reaction to gadolinium-based MR contrast media. *Radiology*, 264(2), s. 414-422.
- Kanal, E., Barkovich, J., Bell, C., MD, Borgstede, J.P., Bradley Jr, W.G., Froelich, J.W., Gimbel, R., Gosbee, J.W., Kuhni-Kaminski, E., Larson, P.A., Lester Jr, J.W., Nyenhuis, J. Schaefer, D.J., Sebek, E.A., Weinreb, J., Wilkoff, B.L., Woods, T.O., Lucey, L. & Hernandez, D., 2013. ACR guidance document on MR safe practices: 2013. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 37(3), pp. 501-530.
- Karolinska universitetslaboratoriet, 2015. *GFR (glomerulär filtrationshastighet)*. [Online] <https://karolinska.se> [hämtat: 26.4.2017].
- Kikuchi, S., Saito, K., Takahashi, M. & Ito, K., 2010. Temperature elevation in the fetus from electromagnetic exposure during magnetic resonance imaging. *Physics in Medicine and Biology*, 55(8), s. 2411-2426.
- Kinnunen, M. & Peltomaa, K., 2009. Moniulotteinen potilasturvallisuus. Teoksessa: M. Kinnunen & K. Peltomaa toim. *Potilasturvallisuus ensin*. Helsinki: Suomen sairaanhoitajaliitto ry.
- Koskinen, S.K., 1999. Magneettikuvaus toimenpiteiden ohjauksessa. *Duodecim*, 115, s. 1011–1019.
- Kubik-Huch, R.A., Gottstein-Alame, N. M., Frenzel, T., Seifert, B., Puchert, E., Wittek, S. and Debatin, J.F. 2000. Gadopentetate dimeglumine excretion into human breast milk during lactation. *Radiology*, 216(2), s. 555-558.
- Larsson, S., 1994. Om kvalitetskriterier i kvalitativa studier. i: B. Starrin & P-G Svensson red. *Kvalitativ metod och vetenskapsteori*. Lund: Studentlitteratur.
- Leino-Kilpi, H., 2009. Tieto edistää potilaan turvallisuutta. Teoksessa: M. Kinnunen & K. Peltomaa toim. *Potilasturvallisuus ensin*. Helsinki: Suomen sairaanhoitajaliitto ry.
- Manerus, J., 2015. *Potilasturvallisuusriskit magneettikuvantamisessa – materiaalipaketti röntgenhoitajaopiskelijalle*. Turku: Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu, Radiografian ja sädehoidon koulutusohjelma.
- McRobbie, D. W., Moore, E. A., Graves, M. J. & Prince, M. R., 2006. *MRI From Picture to Proton*. New York: Cambridge University Press.
- Medicines and Healthcare Products Regulatory Care (MHRA), 2015. *Safety Guidelines for Magnetic Resonance Imaging Equipment in Clinical Use* [Online] [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/476931/MRI\\_guidance\\_2015\\_-\\_4-02d1.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/476931/MRI_guidance_2015_-_4-02d1.pdf) [hämtat: 28.4.2017].
- Murata, N., Gonzales-Cuyar, L. F., Murata, K., Fligner, C., Dills, R., Hippe, D. & Maravilla, K. R., 2016. Macrocyclic and Other Non-Group 1 Gadolinium Contrast Agents

Deposit Low Levels of Gadolinium in Brain and Bone Tissue: Preliminary Results From 9 Patients with Normal Renal Function. *Investigative Radiology*, 51(7), s. 447–453.

Murphy, K. P., Szopinski, K. T., Cohan, R. H., Mermillod, B. & Ellis, J. H., 1999. Occurrence of adverse reactions to gadolinium-based contrast material and management of patients at increased risk: a survey of the American Society of Neuroradiology Fellowship Directors. *Academic Radiology*, 6(11), s. 656-664.

Niemi, A., 2006. *Röntgenhoitajien turvallisuuskulttuuri säteilyn lääketieteellisessä käytössä - Kulttuurinen näkökulma*. Oulu: Väitöskirja. Hoitotieteen ja terveystieteiden laitos. Oulun yliopisto. [Online] <http://jultika.oulu.fi/files/isbn9514282949.pdf> [haettu: 14.5.2017].

Ngyuen, V.-T., Chen, Q., Paletta, J. T., Harvey, P., Jiang, Y., Zhang, H., Boska, M. D., Ottaviani, M. F., Jasanoff, A., Rajca, A. & Johnson, J. A., 2017. Nitroxide-Based Macromolecular Contrast Agents with Unprecedented Transverse Relaxivity and Stability for Magnetic Resonance Imaging of Tumors. *ACS Central Science*, 3, s. 800–811.

Olsson, H. & Sörensen, S., 2011. *Forskningsprocessen*. Stockholm: Liber AB.

Olsson, S., 2015. *Lokala säkerhetsföreskrifter för MR*. [Online] <http://www5.ltkronoberg.se/HoS/HoS-personal/Stralskyddshandbok/MR-sakerhet/> [hämtat: 16.4.2017].

Pietryga, J.A., Fonder, M.A., Rogg, J.M., North, D.L. & Bercovitch, L.G., 2013. Invisible metallic microfiber in clothing presents unrecognized MRI risk for cutaneous burn. *AJNR. American journal of neuroradiology*, 34(5), s. E47.

Ray, J. G., Vermeulen, M. J., Bharatha, A., Montanera, W., J. & Park, A., L., 2016. Association between MRI exposure during pregnancy and fetal and childhood outcomes. *Journal of the American Medical Association*, 316(9), s. 952-961.

Reeves, M. J., Brandreth, M., Whitby, E.H., Hart, A.R., Paley, M.N.J., Griffiths, P.D. & Stevens, J.C., 2010. Neonatal cochlear function: Measurement after exposure to acoustic noise during in utero MR imaging. *Radiology*, 257(3), s. 802.

Reiman, T. & Oedewald, P., 2009. Terveystieteiden tutkimuskeskusten turvallisuuskriittisinä organisaatioina. Teoksessa: M. Kinnunen & K. Peltomaa toim. *Potilasturvallisuus ensin*. Helsinki: Suomen sairaanhoitajaliitto ry.

Roberts, D. R., Lindhorst, S. M., Welsh, C. T., Maravilla, K. R., Herring, M. N., Braun, K. A., Thiers, B. H. and Davis, W. C., 2016. High Levels of Gadolinium Deposition in the Skin of a Patient with Normal Renal Function. *Investigative Radiology*, 51(5), s. 280-289.

Rogosnitzky, M. & Branch, S., 2016. Gadolinium-based contrast agent toxicity: a review of known and proposed mechanisms. *Biometals*, 29, s. 365–376.

- Shellock, F.G., 2017a. *Acoustic Noise and MRI Procedures*. [Online] <http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=252> [hämtat: 5.5.2017].
- Shellock, F.G., 2017b. *Bioeffects of Gradient Magnetic Fields*. [Online] <http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=250> [hämtat: 3.5.2017].
- Shellock, F.G., 2017c. *Guidelines to Prevent Excessive Heating and Burns Associated with MRI*. [Online] <http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=166> [hämtat: 7.5.2017].
- Shellock, F.G., 2017d. *Tattoos, Permanent Cosmetics, and Eye Makeup* [Online] <http://www.mrisafety.com/SafetyInfov.asp?SafetyInfoID=228> [hämtat: 9.5.2017].
- Shellock, F. G., 2017e. *Safety Information Article. Claustrophobia, Anxiety and Emotional Distress*. [Online] <http://www.mrisafety.com> [hämtat: 27.4.2017].
- Shellock, F. G., 2017f. *Safety Information Article. Pregnant Patients and MRI Procedures*. [Online] <http://www.mrisafety.com> [hämtat: 2.5.2017].
- Shellock, F.G. & Spinazzi, A., 2008. MRI Safety Update 2008: Part 2, Screening Patients for MRI. *American Journal of Roentgenology*, 191(4), s.1140–1149.
- Snellman, E., 2009. Potilasturvallisuus Suomessa. Teoksessa: M. Kinnunen & K. Peltomaa toim. *Potilasturvallisuus ensin*. Helsinki: Suomen sairaanhoitajaliitto ry.
- Social- och hälsovårdsverket Jakobstad, u.å. *Anvisning för remitterande enhet vid magnetundersökning*. [Online] <https://www.sochv.jakobstad.fi/download/3445/A%20href=> [hämtat: 25.4.2017].
- Social- och hälsoministeriet, 2009. *Vi främjar patientsäkerhet tillsammans*. [Online] <http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/112538/URN%3aNBN%3afi-fe201504226522.pdf?sequence=1> [hämtat: 22.1.2017].
- Socialstyrelsen, 2017. *Patientsäkerhet*. [Online] <http://www.socialstyrelsen.se/patientsakerhet> [hämtat: 21.1.2017].
- Strizek, B., Jani, J. C., Mucyo, E., De Keyser, F., Pauwels, I., Ziane, S., Mansbach, A.-L., Deltenre, P., Cos, T. & Cannie, M. M., 2015. Safety of MR Imaging at 1,5 T in Fetuses: A Retrospective Case-Control Study of Birth Weights and the Effects of Acoustic Noise. *Radiology*, 275(2), s. 530–537.
- Strålsäkerhetscentralen (STUK), 2015. *Strålning i Hälsovården: Magnetundersökning*. [Online] <http://www.stuk.fi> [hämtat: 28.4.2017].
- Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017. *Magnetkamera*. [Online]. <http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/start/Vard/Magnetkamera/> [hämtat: 2.5.2017].

- Sveriges Kommuner och Landsting, 2015. *Riskanalys och händelseanalys – Analyismetoder för att förbättra patientsäkerheten*. [Online] <http://webbutik.skl.se/bilder/artiklar/pdf/7585-237-9.pdf> [hämtat: 22.1.2017].
- Södersjukhuset AB, u.å. *Frågeformulär inför undersökning med Magnetkamera (MR)*. [Online] <http://www.sodersjukhuset.se/PageFiles/1527/MR%20fr%C3%A5geformul%C3%A4r%20personal%20och%20anh%C3%B6riga.pdf?epslanguage=sy> [hämtat: 22.3.2017].
- THL -Institutet för hälsa och välfärd, 2012. *Handbok om patientsäkerhet*. Helsingfors: Institutet för hälsa och välfärd. [Online] <https://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/79937/d7da94ba-7232-4e48-bf17-ea684ef84146.pdf?sequence=1> [hämtat: 5.1.2017].
- Tirada, N., Dreizin, D., Khati, N. J., Akin, E. A. & Zeman, R. K. 2015. Imaging Pregnant and Lactating Patients. *RadioGraphics*, 35, s. 1751–1765.
- Tuominen, P., 2016. *Magnetkameraundersökning*. [Online] <http://www.1177.se/Fakta-och-rad/Undersokningar/Magnetkameraundersokning> [hämtat: 20.2.2017].
- Törnqvist, E., 2010. *Magnetisk resonanstomografi: Patienters upplevelser och betydelsen av anpassad information och förberedelse för vuxna och barn*. Doktorsavhandling, Lunds Universitet, medicinska fakulteten, Lund. Abstrakt på svenska. [Online] <https://lup.lub.lu.se> [hämtat: 16.4.2017].
- University of California San Francisco (USFS), 2017. *MRI with Gadolinium Policy*. [Online] <https://radiology.ucsf.edu/patient-care/patient-safety/contrast/mri-with-contrast-gadolinium-policy> [hämtat: 11.5.2017].
- Wang, P., Chong, S. T., Kielar, A. Z., Kelly, A. M., Knoepp, U. D., Mazza, M. B. and Goodsitt, M. M., 2012. Imaging of Pregnant and Lactating Patients: Part I, Evidence-Based Review and Recommendations. *American Journal of Roentgenology*, 198, s. 778–784.
- Webb, J. A., Thomsen, H. S. & Morcos, S. K., 2005. The use of iodinated and gadolinium contrast media during pregnancy and lactation. *European Radiology*, 15(6), s. 1234–1240.
- Westbrook, C., Kaut Roth, C. & Talbot, J., 2008. *MRI in practice*. West Sussex: Wiley-Blackwell.
- Westbrook, C., Kaut Roth, C. & Talbot, J., 2011. *MRI in practice*. West Sussex: Blackwell Publishing Ltd.
- Windram, J., Grosse-Wortmann, L., Shariat, M., Greer, M-L., Crawford, M.W. & Yoo, S-J., 2011. Cardiovascular MRI without sedation or general anaesthesia using a feed-and-sleep technique in neonates and infants. *Pediatric Radiology*, 42(2), s. 183–187.

Åker, A. & Järefäll, M. red., 2014. *Klaustrofobi (cellskräck)*. [Online] <http://www.doktorn.com/> [hämtat: 27.4.2017].

## Finlands författningssamling

Hälso- och sjukvårdslagen 30.12.2010/1326. [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) [hämtad: 5.1.2017].

Lag om produkter och utrustning för hälso- och sjukvård 24.6.2010/629. [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) [hämtad: 11.2.2017].

Social- och hälsovårdsministeriets förordning om uppgörande av en plan för kvalitetsledningen och för hur patientsäkerheten tillgodoses 6.4.2011/341 [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi) [hämtad 4.2.2017].

### Figurförteckning

Figur 1. MTO - Samspel mellan människa, teknik och organisation.....	5
Figur 2. Magnetkamerans uppbyggnad.....	12
Figur 3. Magnetiseringsvektorn.....	14
Figur 4. T1 relaxationen hos fett och vatten.....	16
Figur 5. T2 relaxationen hos fett och vatten.....	16
Figur 6. Schematisk bild av en spinn-eko sekvens.....	19
Figur 7. En T1-viktad bild med bra kontrast bör ha kort TR.....	20
Figur 8. På T2-viktade bilder skall TE vara långt.....	20
Figur 9. Kontrastmedlens inverkan på T1-viktade bilder.....	22
Figur 10. MRT-säkerhetskategorier.....	29

### Tabellförteckning

Tabell 1. IEC/ICNIRP Gränsvärden för uppvärmning av kroppen.....	32
--	----



**MRT-ordlista****Bilaga 1**

Bandbredd	Bredden på frekvensintervallet av RF-pulsen eller MR-signalen som tas emot.
Excitation	Då de precesserande protonerna är i resonans med RF-pulsen tippas magnetiseringsvektorn från sitt jämviktsläge till det transversala planet.
FID	Free Induction Decay, signalen som fås efter en 90 graders RF-puls som planar ut p.g.a. relaxation.
Flippvinkel	Vinkeln magnetiseringsvektorn får vid excitationen som beror på energin i RF-pulsen.
Fouriertransform	Omvandling av MRT-signal till bild med hjälp av datorer.
FOV	Field of view, fältstorleken på området man ska avbilda.
Gadolinium	Grundämne som bundet till en bärarmolekyl bildar ett vanligt kontrastämne inom MRT.
Gradientfält	Ett extra magnetfält som sätts på huvudmagnetfältet och kan varieras i styrka i alla tre riktningar. Behövs för att kunna lokalisera varifrån i kroppen signalen kommer.
Gradient-eko sekvens	GRE, en sekvens som använder sig av en gradient för att få ett eko.
K-space	Rådatamatrix där MRT-signalen sparas innan den omvandlas till en bild.
Kemiskt skift	Förskjutning i bilden av fett och vatten p.g.a. fett och vatten har olika resonansfrekvens.
Larmorfrekvens	Frekvensen med vilken protonen precesserar, kallas även precessionsfrekvens.

Magnetiseringsvektor	Protonernas "nettomagnetisering" som har samma riktning som det externa magnetfältet. Används för att beskriva vad som händer med protonerna under en MRT-undersökning.
NEX/NSA	Number of excitations/averages. Anger hur många gånger excitationen och mätningen av samma signal upprepas.
Precession	Den konformiga rörelse en kärna med spin gör då den sätts in i ett yttre magnetfält.
Proton	Väte kärna, betecknas $H^+$ .
Protodensitet	Protontäthet, varierar i kroppens vävnader.
Pulssekvens	Process som möjliggör att vi kan ta MRT-bilder genom manipulering av magnetiseringen med RF-pulser och gradienter.
Quench	Plötslig temperaturhöjning av magnetkameran varvid kylvätskorna börjar koka och exploderar. Detta leder till att magneten förlorar sin superkonduktivitet och därmed sitt magnetfält.
RF-puls	Radiofrekvenspuls, används till att excitera protonerna.
Relaxation	Återgång till vilotillståndet efter en excitation.
Resonans	Protonerna precesserar/snurrar i fas, eller i takt, med RF-pulsen.
SAR	Specific Absorption Rate, specifik absorptionsnivå. Ett mått på hur stor effekt av RF-pulsen som absorberas av ett objekt per massenhet, mäts i W/kg.
Shimming	En process som jämnar ut magnetfältets homogenitet.
SNR	Signal to noise ratio, förhållandet signal:brus, mått på bildkvaliteten.
Spinn	Protonerna snurrar runt sin egen axel.

Spinn-eko sekvens	SE, den vanligaste sekvensen där ekot produceras av en 180 graders puls.
Spole	En slinga tråd. En spole bildar huvudmagnetfältet, en annan gradientfältet och en tredje RF-sändare och mottagare.
T1-relaxation	Longitudinell relaxation, d.v.s. då de exciterade protonerna återgår till sitt normala energitillstånd.
T2-relaxation	Transversal relaxation, d.v.s. urfasningen då protonernas synkronisering upphör.
TE	Ekotid, tiden mellan den exciterande RF-pulsen och mätningen av ekot (signalen).
Tesla	Enhet för styrkan på ett magnetfält.
TR	Repetitionstid, tiden mellan en RF-puls till den nästa.