

# Metodbok för användande av MR inom Strålterapi

Version 3, 2016-03-10

Christian Gustafsson, leg Sjukhusfysiker, MSc, Skånes Universitetssjukhus  
Maja Sohlén, leg Sjukhusfysiker, PhD, Sahlgrenska Universitetssjukhuset



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Syfte.....	5
Generell introduktion .....	6
MR i Strålterapi.....	6
Viktiga skillnader mellan MR i Strålterapi och diagnostisk MR .....	8
Geometrisk distorsion .....	9
Patientupplägg och fixeringstillbehör.....	10
MR-skannern .....	10
Fixering och kolfiber.....	10
Patientupplägg .....	11
Spolar – avstånd till spolen.....	11
MR-säkerhet.....	12
Bakgrund .....	12
Olycksrisker.....	12
Skyltning vid Magnetkamera.....	12
Regler för inträde till undersökningsrummet .....	13
Policy personal.....	13
Policy patienter.....	14
Policy övriga.....	14
Helium och nödstopp.....	14
Brand.....	15
Praktisk implementering.....	16
Generella rekommendationer.....	16
Matchning av bilder .....	16
Praktisk implementering – Bildtagning.....	23
Hjärna .....	23
Hjärna – stereotaksi .....	28
Huvud/hals-området.....	32
Prostata .....	36
Cervix.....	47
Kvalitetskontroll .....	52
Geometrisk noggrannhet .....	52
Referenser.....	60
Appendix A - Leverantörsspecifika sekvensförslag .....	61
Hjärna .....	61

Hjärna Stereotaxi.....	64
Huvud och hals.....	66
Prostata .....	70
Cervix.....	74
Appendix B – Säkerhetshandbok.....	76

## SYFTE

Syftet med denna metodbok är mångfaldigt. De kortsiktiga målen under metodbokens framtagning har varit:

- ▷ Att öka samarbetet mellan svenska sjukhus som använder MR i Strålterapi för target- och riskorganinriktning. Då användning av MR i Strålterapi i Sverige är en relativt ny företeelse (2015) är samarbete och kunskapsspridning viktigt för främjandet av rätt kompetens.
- ▷ Att belysa likheter och skillnader vid svenska sjukhus gällande användning av MR i Strålterapi. Detta har både fungerat som en inspirationskälla för sjukhusen och en katalysator för utveckling och användning.

De långsiktiga målen med denna metodbok är:

- ▷ Att skapa en tydlighet och hjälp för sjukhus och personal vid dessa som vill börja implementera MR i Strålterapi.
- ▷ Att metodbokens innehåll ska vara av både allmän karaktär, men även så konkret att den ska kunna appliceras på leverantörspecifik utrustning.
- ▷ Att belysa skillnader mellan radiologisk MR och MR i Strålterapi.
- ▷ Att med tydliga arbetsrutiner och förklarande bilder guida användaren vid bildtagning av olika anatomier.
- ▷ Att tydliggöra varje MR-sekvens användningsområde samt förklara hur dessa MR-bilder bör eller inte bör användas i strålterapi.

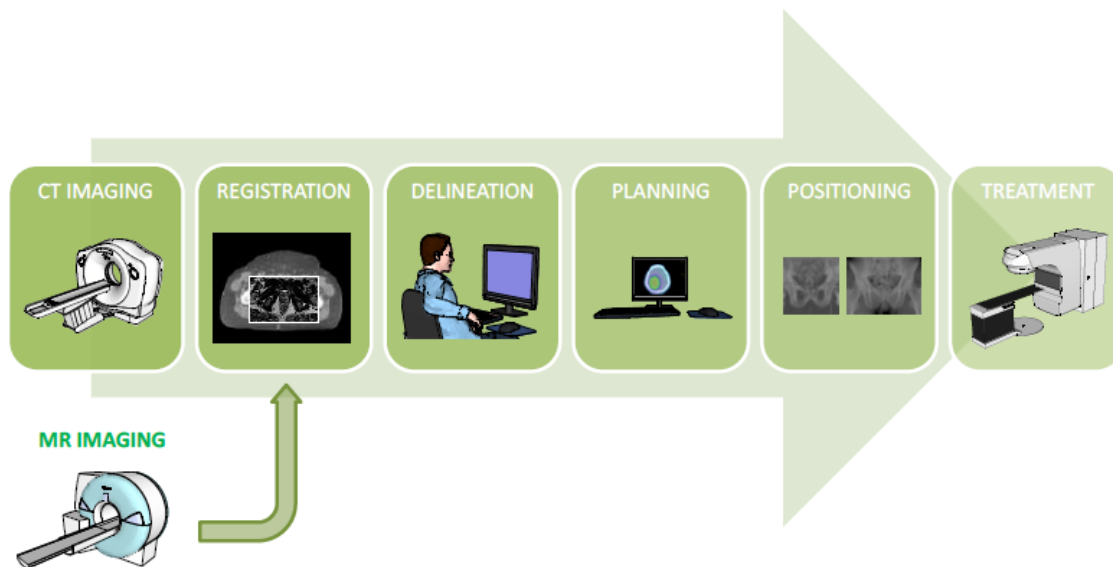
Primärt kommer metodboken att fungera som en handbok för hur MR-bilder används tillsammans med CT-bilder inom strålterapi. I en framtida version av metodboken kommer även ett arbetsflöde för dosplanering på MR-bilder (MRI-only) att finnas med.

# GENERELL INTRODUKTION

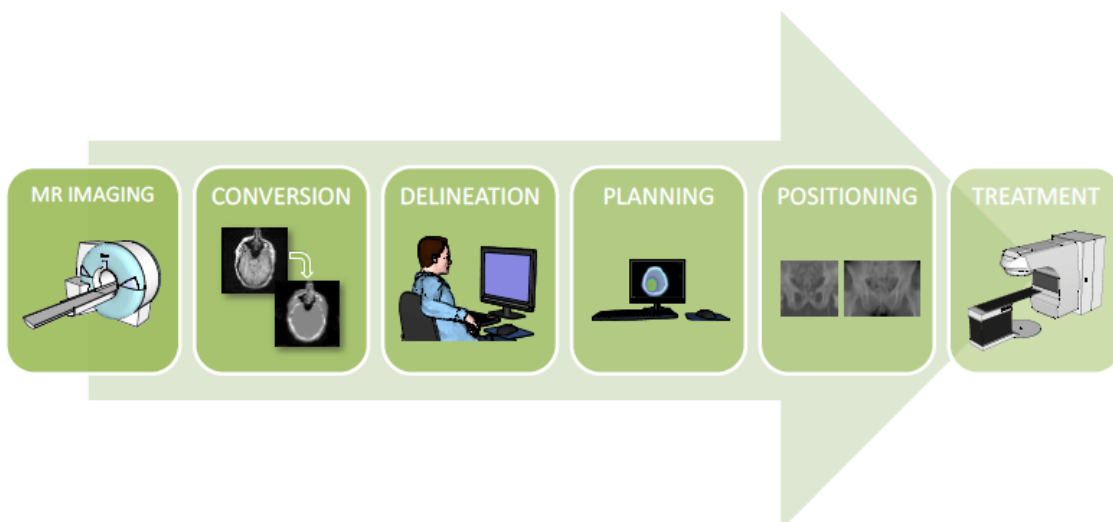
## MR i Strålterapi

Integreringen av MR i Strålterapi kan delas upp i två delar som båda kan existera samtidigt om kliniken så önskar. Det första spåret innebär användandet av MR-bilder enbart till definiering av target och riskorgan, och att dosplaneringen således fortfarande sker med CT-material, se Figur 1. Det andra spåret innebär att även dosplaneringen baseras på MR-material, och man utesluter således CT helt ur behandlingskedjan, se Figur 2.

Metodboken kommer primärt endast att behandla det första spåret då det är detta som är mest aktuellt för de flesta kliniker 2015.



Figur 1. Flödet visar hur MR- och CT-material registreras till varandra för bättre definiering av target och riskorgan inom strålterapi. Bild från Jonsson, 2013.



Figur 2. Flödet visar hur endast MR (ingen CT) skulle kunna användas för både dosplanering och definiering av target och riskorgan. Bild från Jonsson, 2013.

### *Skonsam Strålbehandling*

Det nationella projektet ”Skonsam Strålbehandling” initierades 2013 från Umeå Universitetssjukhus och fick delfinansiering från Vinnova.

Vinnova är Sveriges innovationsmyndighet. Deras uppgift är att främja hållbar tillväxt genom att förbättra förutsättningarna för innovation och att finansiera behovsmotiverad forskning. Varje år investerar de ca 2,7 miljarder kronor i olika insatser (<http://www.vinnova.se/sv/Om-VINNOVA/>, 2015).

Många Svenska universitetssjukhus fick under 2014 finansiellt stöd för medverkan i detta projekt. Syftet med projektet ”Skonsam Strålbehandling” var integrering av MR i Strålterapiarbetsflödet för att på så sätt kunna skapa en klinisk nytta för patienten i form av bättre behandling med mindre biverkningar.

”Skonsam Strålbehandling” bestod av fem arbetspaket.

- ▷ Arbetspaket 1: Optimering av sekvenser och markörer för MR bildtagning för RT-applikationer
- ▷ Arbetspaket 2: MR dosplanering
- ▷ Arbetspaket 3: Registrering och automatisk segmentering
- ▷ Arbetspaket 4: QA och geometrisk distorsion
- ▷ Arbetspaket 5: Kliniska metoder/Funktionell MR

Inom Arbetspaket 1 var ett av de önskade resultaten en metodbok som kunde sammanfatta och sprida kunskapen om hur man integrerar MR i Strålterapi. Materialet som låg till grund för metodbokens protokollrekommendationer samlades bland annat in från en enkätinventering av MR-protokoll och patientuppläggsrutiner från universitetssjukhusen i Stockholm, Umeå, Lund, Göteborg och Uppsala.

# VIKTIGA SKILLNADER MELLAN MR I STRÅLTERAPI OCH DIAGNOSTISK MR

Kvaliteten hos en MR-bild består av flera faktorer varav de mest betydande är spatiell upplösning, bildkontrast, signal-till-brus (SNR) och förekomsten av artefakter. I praktiken kommer man aldrig att kunna optimera samtliga av dessa faktorer utan man kommer alltid att behöva göra en kompromiss både mellan dem men också mellan bildkvalité och undersökningstid.

SNR påverkar både vår förmåga att uppfatta strukturer i bilder med låg kontrast, och att urskilja små objekt i en bild. Bildoptimering inom diagnostik består till stor del av att säkerställa att det finns tillräckligt SNR i bilderna för att de skall vara diagnostiskt användbara. I det fallet eftersöks patologiska förändringar i bilderna vars förekomst eller position är okänd. Vid MR i Strålterapi är fallet annorlunda; patienten har redan fått en diagnos och det är således känt vad som förväntas påträffas i bilderna. I fallet MR i Strålterapi kan det därför vara acceptabelt med ett sämre SNR till fördel för andra bildkvalitetsparametrar.

Ytterligare en faktor som påverkar synbarheten av små objekt i bilden är den spatiella upplösningen in-plane, dvs. hur små element (pixlar) som bilden är uppdelad i. Den spatiella upplösningen in MR är begränsad av pixelstorleken vilket betyder att det minsta objekt som man kan visualisera har storleksordningen av en pixel. En hög spatiell upplösning är ett krav för att kunna urskilja små objekt i bilden men garanterar inte synlighet vid dålig bildkontrast eller dåligt SNR. Till den spatiella upplösningen in-plane kommer även upplösningen through-plane, snittjockleken. Generellt är snittjockleken den största dimensionen och är vanligtvis mest kritisk när det kommer till att visualisera en lesion. Väljer man ett tjockare snitt får man ett högre SNR men riskerar sämre bildkontrast på grund av partiella volymeffekter. Om snittet blir för tunt kan man istället missa små objekt på grund av ökat brus i bilden, under förutsättning att man inte kompenserar för minskat SNR med att öka scantiden. Samma resonemang gäller upplösningen in-plane, även om dimensionerna här ofta är mindre. Ett viktigt steg i bildoptimering är att bestämma gränsen mellan den spatiella upplösning som krävs för tillräckligt SNR och den spatiella upplösning som krävs för att kunna ses små anatomiska och patologiska detaljer, i relation till en relevant scantid.

Radiologi gör bilder så som de behöver vara för att ställa en noggrann diagnos, medan onkologi måste göra bilder så som de behöver vara för att kunna användas för att behandla noggrant, effektivt och säkert. Diagnostiska bilder har till syfte att upptäcka och karakterisera lesioner, till skillnad från bilder för strålterapi som har till syfte att bestämma utsträckning och position av lesioner i relation till kritiska strukturer. Alla ändringar av bildtagningen som krävs för optimal användning av MR-bilder inom strålterapi kostar tid. Ett MR i Strålterapi-scan tar ofta minst dubbelt så lång tid som motsvarande diagnostisk bildtagning, och måste då ändå ofta offra SNR. Detta på grund av att det finns en gräns för hur länge det är relevant att tro att en patient orkar med en undersökning. Det finns ingen vinst i att öka scantiden för att höja SNR om patienten undertiden börjar röra på sig för att de inte klarar av den långa undersökningstiden.

Inom diagnostik kan man använda ett reducerat field-of-view vilket är tidsbesparande. Vid RT är kroppskonturen en viktig del av matchningsprocessen och krävs för åtminstone en eller några bildserier för varje patient. Större field-of-view med bibehållen spatiell upplösning in-plane kräver större bildmatriser och därmed längre scantid. Därutöver krävs det inom strålterapi att MR-bilderna har relativt tunna snitt jämfört med diagnostisk bilder för utlinjering av target och riskorgan på ett tillfredställande sätt, samt att det är önskvärt att det inte finns något gap mellan de olika snitten, något som man vanligtvis använder sig av inom diagnostisk MR-bildtagning för att minska



scantiden. Sammantaget betyder detta att man för MR i Strålterapi behöver betydligt fler snitt för samma täckningsområde vilket även det i sin tur medför i längre scantider.

## Geometrisk distorsion

Geometrisk distorsion är vanligt förekommande inom MR och uppkommer på grund av inhomogeniteter i det statiska magnetfältet, icke-linjära magnetfältsgradients eller på grund av patientspecifika susceptibilitetsavvikelser i magnetfältet. Vid diagnostisk bildtagning är geometrisk distorsion tolererbar så länge den diagnostiska förmågan inte påverkas. Vid MR i Strålterapi kräver både matchning av MR-bilder till CT och det faktum att linjeringen av target och riskorgan på MR används för dosplanering att bilderna har en minimal geometrisk distorsion.

Vid MR i Strålterapi kan användning av högre ordningens shimming, om tillgängligt, vara ett steg i att försöka att minimera den geometriska distorsionen. Ett annat viktigt steg är att optimera utläsningsbandbredden för varje sekvens. En hög bandbredd minimerar den geometriska distorsionen, men på bekostnad av SNR. Vid diagnostisk MR-bildtagning där en geometrisk distorsion till viss del är acceptabel kan man ofta använda en lägre utläsningsbandbredd och på så sätt få ett högre SNR. Ett sätt att minska distorsionen orsakad av icke-linjära gradienter vid MR i Strålterapi är att använda sig av den 3D-distorsionskorrektion som ofta finns tillgänglig från MR-leverantören. Det är också extra viktigt att man ser till att scanvolymen befinner sig i iso-centrum, och det kan vara en vinst i att överväga step-and-shoot- eller "continuous table movement"-tekniker som säkerställer att undersökningsområdet hela tiden är i iso-center.

# PATIENTUPPLÄGG OCH FIXERINGSTILLBEHÖR

## MR-skannern

Ett stort genombrott de senaste åren för införandet av MR i Strålterapi har varit tillgängliggörandet av konventionella MR-kameror med 70 cm tunnelöppning. Även om det bara handlar om 10 cm så är den extra platsen tillräcklig för att i de flesta fall rymma den nödvändiga strålterapiutrustningen samtidigt som dessa magneter alltså har utmärkt gradient- och magnetprestanda.

En dedikerad MR-kamera på strålterapiavdelningen är att föredra. Det säkerställer att det finns tillräckligt med scannertid för strålterapi dedikerade undersökningar, kan underlätta vid transporter av patienter, strålterapi personal och immobiliseringsutrustning, och det kan hjälpa till vid inbokning av sekventiella CT- och MR-undersökningar. Dessutom är det långt ifrån säkert att aspekter som är viktiga för strålterapi såsom fälthomogenitet, gradientlinearitet, tunnelöppning och flexibla RF-spolar hade i åtanke när den diagnostiska maskinen upphandlades.

En MR-kamera på strålterapiavdelningen medger dessutom möjligheten till installation av ett lasersystem vilken är till hjälp vid positionering av patienten, och är ett krav om man tänker sig ett "MRI-only"-flöde där MR-simulatore helt skall ersätta CT-simulatore (Figur 2). De stora tillverkarna av MR-system erbjuder nu även möjligheten att strålterapiutrusta magnetkameran med bland annat en platt och indexerad bordstopp för att erhålla liknande patientupplägg som vid CT och strålbehandlingen, en RF-spole inbyggd i bordet, samt hållare och flexibla spollösningar för bildtagning av patienter i behandlingsläge.

Även om det är fördelaktigt att ha ett dedikerat MR-system på strålbehandlingen så är detta inget krav för att kunna använda MR-bilder för planering vid strålterapi. Det är dock alltid fördelaktigt att ha ett modernt MR-system med den senaste teknologin för högsta möjliga SNR, ex. ett stort antal separata RF-kanaler.

Högre fältstyrka har högre SNR och ökat kemiskt skift vilket är en fördel vid exempelvis spektroskopi och andra funktionella metoder, samt vissa fettundertryckningstekniker. Lägre fältstyrka är billigare, har mindre artefakter och mindre risk för till exempel uppvärmning. Vid rekonstruktion av vissa applikatorer för brachy-applikationer kan exempelvis en högre fältstyrka ge för stora artefakter och dessutom ge ökad uppvärmningsrisk.

## Fixering och kolfiber

Många fixeringsutrustningar och tillbehör som används inom strålterapi är gjorda av kolfiber, ett stabilt material med bra hållfasthet. Kolfiber attenuerar inte heller strålningen nämnvärt och detta är den primära anledningen till dess vida användning som material för bordstoppen på strålbehandlings-CT och strålbehandlingsapparatur.

Användning av kolfiber i MR är inte att rekommendera då det ger bildartefakter på grund av att kolfiber är elektriskt ledande och därför interfererar med det radiofrekventa fältet. För att efterlikna CT och strålterapi bordet erbjuder de flesta MR-leverantörer istället en platt bordstopp i MR-kompatibelt material.

MR-kompatibla fixationstillbehör för MR i Strålterapi hittas ofta hos leverantörer för strålterapiutrustning. Alternativt kan dessa tillverkas i egen verkstad av lämpligt MR-kompatibelt material. För sekvenser som är extra känsliga för susceptibilitet bör man också se till att utrustningen inte orsakar onödiga susceptibilitetsinducerade geometriska distorsioner.

## Patientupplägg

Strålterapi idag baseras på en uppsättning CT- och MR-bilder som samlas in under planeringsfasen för behandlingen. Utifrån dessa bilder definieras target och riskorgan, och en dosfördelning beräknas och optimeras baserat på organens position under dagen för bildtagning. Eftersom elektrondensitetsinformationen från CT-bilder behövs för dosberäkning kräver användandet av MR i Strålterapi att MR-bilderna registreras till CT-bilderna. För att minimera osäkerheterna som introduceras på grund av matchningen mellan MR- och CT-bilderna är det en fördel att göra MR-undersökningen med patienten i behandlingsläge. Om möjligt är det även fördelaktigt att göra MR-undersökningen i omedelbar anslutning till CT-undersökningen. Användning av kontrastmedel regleras utifrån lokala rutiner. Generellt rekommenderas att endast använda kontrast på antingen CT eller MR inom ett dygn för att minska njurbelastning hos patienten.

I de fall man har en extern laserbåge till sitt förfogande läggs patienten upp med hjälp av de markeringar eller tatueringar som gjorts vid föregående CT. För undersökningar av huvud och halsområdet kan den sagittala lasern vara till hjälp för kontroll att patienten ligger rakt i masken. Vid bäckenundersökningar används även den coronala lasern för att säkerställa korrekt rotation i bäckenet.

Eftersom fixationsutrustningar för strålterapi i många fall inte tillåter användandet av konventionella MR-spolar, ex. huvud- och huvud/halsspole, krävs en flexibel lösning för insamlandet av MR-signalen. De flesta leverantörer av MR-system kan tillhandahålla någon form av flexibla spollösningar som kan viras runt och kombineras efter behov. För att hålla dessa spolarrangemang på plats kan olika typer av stöd i form av spolkållare, band och sandsäckar vara till stor hjälp (se respektive anatomiskt område för exempel på patientupplägg).

## Spolar – avstånd till spolen

Vid användning av MR i Strålterapi är patientens icke deformerade hudkontur ofta viktig att få med i bilderna då det underlättar matchningen av MR-bilden till CT-bilden. I en situation där man endast använder sig av MR (ingen CT), för både target- och riskorganinritning, samt för dosplanering, är detta vitalt och kan inte kompromissas. Vid uppläggning av patienten inför bildtagning används det därför ofta bryggor eller distansbågar som skapar ett litet avstånd mellan patient och mottagarspole. Detta avstånd bör vara så litet som möjligt eftersom signalen som samlas in av mottagarspolen avtar med ökat avstånd. Vid inköp av spolar bör man kontrollera längden på kabeln till spolen, då denna annars kan bli limiterande beroende på vilken spolkonfiguration man använder.

## MR-SÄKERHET

Här följer en översiktlig, sammanfattande information om MR-säkerhet. I övrigt hänvisas till den mer detaljerade säkerhetshandboken i Appendix B – Säkerhetshandbok.

### Bakgrund

En magnetkamera innehåller en stark magnet som skapar ett så kallat statiskt magnetfält vars fältstyrka mäts i enheten Tesla (T). De kliniska magnetkamerorna som finns i Sverige har vanligtvis en fältstyrka på 1,5 T eller 3,0 T. Detta statiska magnetfält är alltid påslaget, dygnet runt.

För att göra MR-bilder behövs förutom det statiska magnetfältet magnetfältsgradienter (gradientfält eller tidsvarierande magnetfält) och möjligheten att skicka och ta emot radiovågor (radiofrekventa (RF) fält).

Vid de nivåer av magnetfält, gradientfält och radiofrekventa fält som används i en MR-kamera finns inga långsiktiga, skadliga biologiska effekter rapporterade för vare sig patienter eller personal. Notera att MR inte använder någon röntgenstrålning och ger därför ingen stråldos.

Däremot finns andra risker förknippade med verksamhet med MR.

### Olycksrisker

En av de största farorna med magnetkameror är olycksrisken. Metallföremål kan attraheras av magnetfältet och flyga mot magneten och då skada patient, personal, anhöriga eller utrustning som finns i undersökningsrummet (projektilrisken). Endast föremål som är garanterat omagnetiska eller anpassade för MR-miljö får därför tas in i undersökningsrummet. Det har hänt allvarliga olyckor och till och med dödsfall orsakade av föremål som flugit mot magnetkameror.

Det är viktigt att tänka på att även viss utrustning som är anpassad för att användas i ett MR-undersökningsrum, t.ex. droppställningar och anesthesiutrustning, kan dras mot magneten och då bara är tillåten inom speciellt förbestämda områden i undersökningsrummet.

Större metallföremål som träffar magneten kan, förutom personskada, orsaka dyrbara reparationer. Små metallföremål som gem eller hårnålar som flyger in i magneten kan orsaka problem med magnetfältet och ge upphov till felaktiga MR-bilder.

En del medicinska implantat och metallföremål i kroppen kan vridas eller på annat sätt påverkas av magnetfältet och orsaka skador eller dödsfall. Det är viktigt att absolut ingen person går in i undersökningsrummet utan att först ha noggrant kontrollerats och godkänts av MR-personalen.

Magnetfältet sträcker sig långt utanför själva MR-kameran. Dagens magnetkameror är skärmade för att minska magnetfältets utbredning, men den attraherande kraften ökar mycket snabbt då man närmar sig magneten. Attraktionskraften vid en MR-kamera är mycket stor. Det finns ingen möjlighet att med handkraft hålla kvar ett föremål som är på väg in i magneten. Den attraherande kraften ökar också med ökad fältstyrka.

### Skytning vid Magnetkamera

Undersökningsrummet och/eller MR-avdelningen skall vara övervakat och/eller ha begränsat tillträde (t.ex. passerkort) för att hindra att obehöriga kommer in i undersökningsrummet.

Områdena skall också kompletteras med skyltning. Ingången till magnetrummet skall vara skyltad med varningstext om starkt magnetfält och varning för att ta in lösa metall föremål. Det skall dessutom finnas en varning för personer med pacemaker eller andra batteristyrda implantat, eller inopererade metallföremål, att gå in i rummet. Skytningen skall synas även då dörrar är öppna.

Utrustning som förekommer i och kring MR-miljö skall vara märkt. Detta gäller speciellt utrustning och andra föremål (ställningar, bord etc.) som används för övervakning eller föremål som kan tänkas tas in i undersökningsrummet vid en nödsituation (exempelvis brandsläckare). Tre skyltar förekommer vid magnetkameran; MR-säker, MR-villkorlig och MR-farlig (se vidare i Appendix B – Säkerhetshandbok).

Det kan vara lämpligt att markera exempelvis 10 mT-linjen i golvet i undersökningsrummet. Gränsen markerar högsta tillåtna fältstyrka för många övervakningsutrustningar. Observera att olika fältstyrkor kan vara markerade i olika magnetkamerarum. Kontrollera därför alltid vad gränsen betyder om MR-villkorlig utrustning ska tas in.

## Regler för inträde till undersökningsrummet

Alla personer skall ha kontrollerats enligt kontrollista innan de går in i undersökningsrummet (Exempel på kontrollistor finns i Appendix B – Säkerhetshandbok).

Som regel skall alla personer ta av sig alla magnetiska metallföremål (projektiler), plånböcker, passerkort (kort raderas) och klockor (kan gå sönder) innan de går in i undersökningsrummet. Lämpligt är att MR-personalen är de enda som har behörighet att avgöra vad och vilka som får tas med in i undersökningsrummet. Alla personer som ska vistas i undersökningsrummet under bildtagning skall använda hörselskydd.

Följande saker får ALDRIG tas in i undersökningsrummet

- ▷ Privata rullstolar
- ▷ Patientsängar och rullatorer
- ▷ Gasflaskor
- ▷ Allmän brandutrustning
- ▷ Akutväska och defibrillator
- ▷ Icke MR-godkänd städutrustning
- ▷ Verktyg av magnetiskt material
- ▷ Metallföremål som peang, saxar, pennor, gem, nageltång, nycklar, hårnålar m.m.
- ▷ Magnetkort, klockor och elektronisk utrustning

## Policy personal

Alla som skall arbeta i magnetkamerarummet måste genomgå och kvittera genomgången säkerhetsutbildning. Detta gäller även all extern personal såsom anestesi, städ och fastighetservice. Även personal från räddningstjänsten skall meddelas säkerhetsinformation.

Personal skall ha kontrollerats med kontrollista innan de går in i magnetrummet första gången. Vid implantat skall en medicinsk bedömning göras för att avgöra om personen kan gå in/arbete i undersökningsrummet. Varje gång personal går in i undersökningsrummet skall de ta av sig alla metallföremål som utgör projektilrisk.

Inga kända skador på foster har rapporterats för MR-personal. Gravid personal kan arbeta som vanligt under graviditeten men skall inte befinna sig i undersökningsrummet under själva bildtagningen. Begränsningen är satt främst för att inte utsätta fostret för höga ljudnivåer.

## Policy patienter

Alla patienter skall ha kontrollerats med kontrollista och fått en medicinsk bedömning innan de går in i magnetkamerans undersökningsrum. Formuläret skall kontrolleras av MR-personalen vid undersökningstillfället innan patienten går in i magnetrummet. Patientansvarig läkare ansvarar för den medicinska bedömningen för patienter med implantat samt för gravida patienter.

Det finns inga dokumenterade skadliga biologiska effekter av de statiska magnetfält som används kliniskt i Sverige. Gradientfälten kan dock ge nerv- och muskelstimulering. Detta kan kännas obehagligt för patienten men är inte farligt. Undersökningsmetoderna skall utformas för att minska risken för nerv- och muskelstimulering. Det radiofrekventa fältet ger uppvärmning av vävnaden. Undersökningsmetoderna skall vara begränsade så att uppvärmningen inte orsakar någon skada.

Ljudnivån kan bli hög i magnetrummet under bildtagning. Patienterna måste därför bära hörselskydd under bildtagningen.

Vid undersökning av gravid patient görs en speciell bedömning av patientansvarig läkare. Bedömningen görs som en extra säkerhetsåtgärd eftersom foster är känsligare för uppvärmning och för ljud än vuxna. Normalt utförs inte undersökningar med kontrastmedel på gravida.

## Policy övriga

Övriga personer (som inte är MR-personal eller patienter) som vill gå in i rummet (t.ex. anhöriga, hantverkare och studenter) skall kontrolleras med kontrollista innan de går in till magnetkamerans undersökningsrum. Vid någon typ av implantat skall personen antingen få en medicinsk bedömning eller avstå från att gå in i undersökningsrummet. Observera att restriktionerna även gäller medföljande personal från andra avdelningar (t ex anestesi).

Alla personer skall ta av sig alla magnetiska metallföremål, plånböcker, passerkort och klockor innan de går in i undersökningsrummet. Alla personer som ska vistas i undersökningsrummet under bildtagning skall använda hörselskydd. MR-personalen avgör om och när en person får gå in i undersökningsrummet.

## Helium och nödstopp

I undersökningsrummet och manöverrummet finns nödstopp för magnetfältet. Nödstoppet orsakar en så kallad quench som gör att det starka magnetfältet försvinner. En quench kan också ske spontant även om det är ytterst ovanligt. Det är en mycket dyrbar och långvarig process att få tillbaka magnetfältet igen så nödstoppet får därför endast användas vid allvarlig personfara samt vid omfattande brand. Om magnetfältet behöver tas ned av andra skäl så finns rutiner för att göra detta på ett kontrollerat sätt utan att orsaka en quench. Kontakta i detta fall ansvarig leverantör, fysiker eller ingenjör.

Om man behöver trycka på quenchknappen, eller om det sker en spontan quench så gäller följande

- ▷ Informera alla i rummet att quenchknappen kommer att aktiveras.
- ▷ Tryck även på nödstopp för elförsörjningen i rummet.
- ▷ Tag ut patienten och se till alla personer lämnar undersökningsrummet.
- ▷ Stäng dörren.

Kontakta fysiker eller ingenjör, samt leverantör omgående.

## Brand

På grund av det starka magnetfältet gäller speciella restriktioner vid brand i magnetkamerans undersökningsrum.

Vid MR-avdelningen finns speciella, särskilt märkta (MR-säker) brandsläckare som kan tas in i magnetrummet även då magnetfältet är på. Kontrollera alltid skyltningen på brandsläckaren innan du tar med den in! Annan brandutrustning får aldrig tas in i magnetrummet då magnetfältet är på. Det är förenat med livsfara!

Vid brand i Magnetkamerans undersökningsrum där brandkåren måste tillkallas och/eller annan brandsläckningsutrustning krävs så

- ▷ Evakuera undersökningsrummet.
- ▷ Stäng dörren till undersökningsrummet.
- ▷ Orsaka en quench, d.v.s. tryck på nödstoppet till magnetfältet.
- ▷ Tryck även på nödstopp för elförsörjningen.
- ▷ Varna omgivningen och larma.
- ▷ Vänta minst 3 min för magnetfältet att försvinna.
- ▷ Meddela anländande personal från räddningstjänsten att magnetfältet är nere och släpp in dem i undersökningsrummet.

## PRAKTISK IMPLEMENTERING

### Generella rekommendationer

Som en konsekvens av skillnaderna mellan radiologisk MR och MR i Strålterapi kan ett antal generella rekommendationer ges. För MR i Strålterapi gäller följande.

Systemet:

- ▷ Bordstoppen på MR, CT och behandlingsmaskin bör ha samma kurvatur, oftast är den platt.
- ▷ Spolar ska placeras på ett sätt så att de inte förändrar hudkonturen.
- ▷ MR-systemet bör vara kompatibelt med samma fixeringssystem som används på CT.
- ▷ Anatomien som ska avbildas bör placeras så nära iso-centrum i magnetkameran som möjligt.

MR-protokollet:

- ▷ Fundera noga vilka sekvenser som verkligen behövs och spendera scantid därefter.
- ▷ Gapet mellan bildskivor bör vara noll.
- ▷ Distorsionskorrektur bör appliceras i skivriktningen, inte bara i bildplanet. Brukar kallas "3D distortion correction". Distorsionskorrektur i bildplanet är påslagen som standard.
- ▷ De producerade MR-bilderna bör ha samma vinkling som bilderna från CT. Oftast transversella och ovinklade.
- ▷ Mottagarbandbredden på MR-scannern bör sättas sådan att vatten-fett skiftet blir mindre än en pixel. Observera att detta är beroende på av magnetfältstyrka.
- ▷ FOV (Field-of-view) bör för MR-bilden (som matchas mot CT) vara tillräckligt stort för att täcka hudkonturen.
- ▷ Homogenisering av signalen i MR bilden bör vara påslagen för att förbättra eventuell segmentering och intensitetsberoende matchning.
- ▷ Försök att ha så kort tid så möjligt mellan serien som används som matchningsunderlag mot CT och serien som används för inritning. Kommunikation med patienten bör om möjligt undvikas här.

Bearbetning:

- ▷ Bilderna bör artefaktkontrolleras.
- ▷ Eventuella reformateringar bör resultera i transversella bilder för matchning mot CT. Isotropa voxlar är rekommenderat om man kör 3D sekvenser.

### Matchning av bilder

#### Syfte

Att utföra rigid registrering av CT- och MR-bilder inför targetdefinition vid extern strålbehandling. Metoden kan användas vid matchning och registrering av MR- och CT-bildserier från bildmodaliteter som inte tillhör Strålbehandlingen. Det är då extra viktigt att kontrollera upplösning och snittplacering för de aktuella bildserierna. Kontrollera alltid att den upplösning man får, i det plan (tra, sag, cor) som ska granskas, är av acceptabel kvalitet för ändamålet.



## Sammanfattning av arbetsbeskrivning

- ▷ Är CT:n inläst? Strukturset upprättat?
- ▷ Rita in eventuella hjälpstrukturer i CT-bilderna, se Tabell 1.
- ▷ Importera MR-bilderna.
- ▷ Namnge MR-bildserierna enligt Tabell 2.
- ▷ Skapa ny registrering, CT (target image) mot MR\_T1 (source image).
- ▷ Utför registrering
- ▷ Namnge registreringen.
- ▷ Utvärdera resultatet. Skriv eventuellt kommentar.

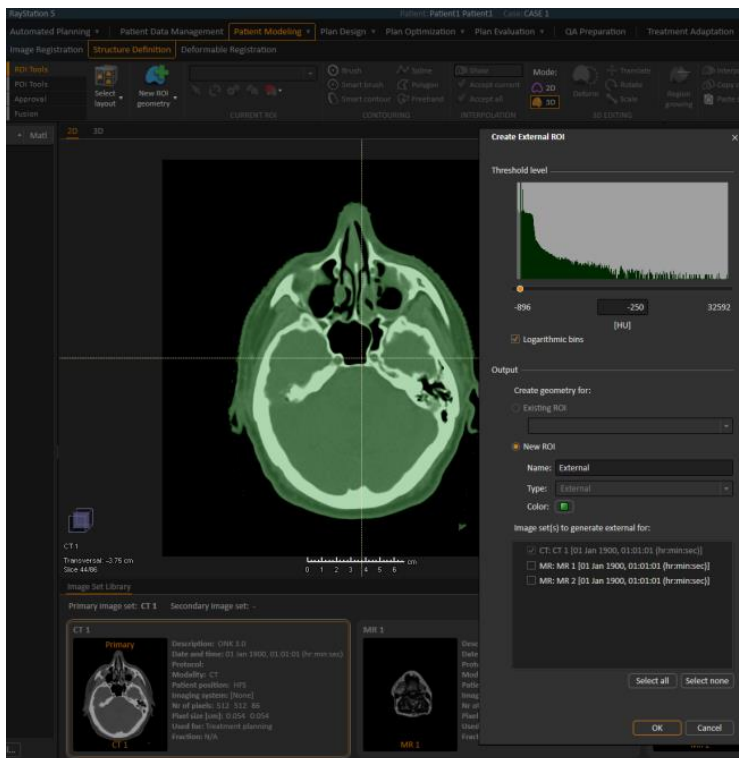
## RayStation - Arbetsbeskrivning

### Förberedelse

Öppna patienten i RayStation-modulen ”Patient Data Management”.

Se till att patientens aktuella CT-bildserie är inläst.

Innan rigid registreringen utförs behöver patientens ytterkontur definieras. Gå till RayStation-modulen **Patient Modeling – Structure Definition**. I menyn *New ROI geometry*, som du hittar i *ROI tools*-tabben i verktygsfältet, finns funktionen *Create external ROI*. En dialog öppnas där det är möjligt att ändra tröskelvärdet som används som inparameter till beräkningen. Oftast är defaultvärdet passande. Om inte, ändra det genom att manuellt skriva in ett annat värde eller genom att dra i slidern under histogrammet, se Figur 3.



Figur 3. Bild och histogram med möjlighet att ändra tröskelvärdet.

Om du vill göra en rigid registrering baserat på guldkorn behöver du skapa punkter (POIs) för dessa. Växla till *POI tools*-tabben i verktygsfältet. Enklaste sättet att placera ut en POI är att börja med att positionera hårkorset mitt i guldkornet. Öppna sedan *New POI geometry*-dialogen och välj där *Point specification: Manual*. När du ska definiera motsvarande POI i andra bilder börjar du med att göra bilden aktiv (Primary). Därefter väljer du POIen i POI listan, klickar på *Edit POI geometry* och väljer igen *Point specification: Manual*. Notera att punktvis rigid registrering kräver att åtminstone fyra POIar har punkter är definierade i båda bilderna.

Om du vill göra en rigid registrering baserat på strukturer behöver du konturera dessa i båda bilderna. Detta kan göras med de manuella kontureringsverktygen alternativt med de automatiska i form av atlasbaserad och modellbaserad segmentering. De senare två nås i menyn *New ROI geometry* som du hittar i *ROI tools*-tabben i verktygsfältet. För manuell konturering börjar du med att skapa en ny ROI. Välj därefter den i ROI listan tillsammans med önskat ritverktyg i verktygsfältets *CONTOURING*-sektion. När du ska definiera motsvarande ROI i andra bilder börjar du med att göra bilden aktiv (Primary). Därefter väljer du ROIen i ROI listan och börjar rita.

### Importerera MR-bilderna från strålterapiens MR-kamera

Importerera de aktuella MR-bildserierna via DICOM import – *Import to current patient* i startmenyn alternativt motsvarande knapp i *Patient Data Management*. Stöd finns för filbaserad och query/retrieve-baserad import.

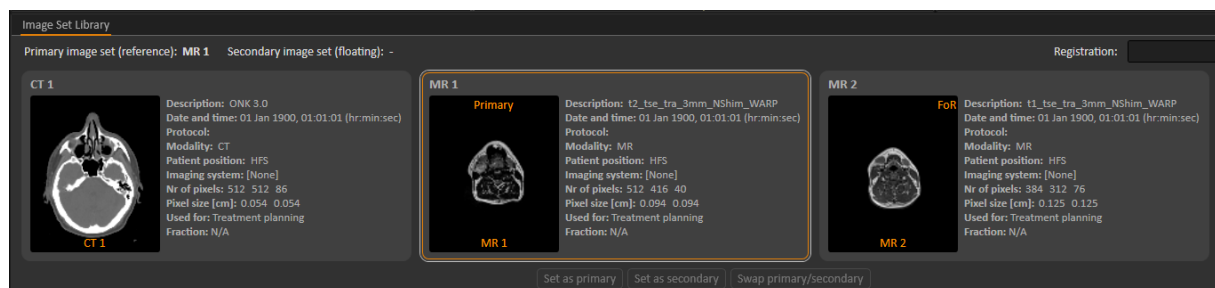
Namnge bildserierna enligt Tabell 2. Detta görs i *Patient Data Management* genom att öppna *Image Set Properties*-dialogen för motsvarande bild och ändra namnet till det önskvärda.

### Rigid registrering

Gå över till RayStation-modulen *Patient Modeling – Image Registration*.

Verifiera att alla bildserierna som du vill matcha, T1 och T2 (MR\_T1, MR\_T1\_GD, MR\_T2, MR\_T2\_FLAIR), har samma ”Frame of Reference” (FoR). Detta gör du genom att i *Image Set Library* välja en av MR-bilderna som *Primary* och verifiera att det på övriga MR-bilder då finns en ”FoR” tag, se Figur 4. Diffusions- och perfusionsbildserier får generellt inte samma FoR som T1- eller T2-bildserier. Detta beror på att dessa funktionsbildserier inte har samma geometriska integritet som anatomiska bildserier.

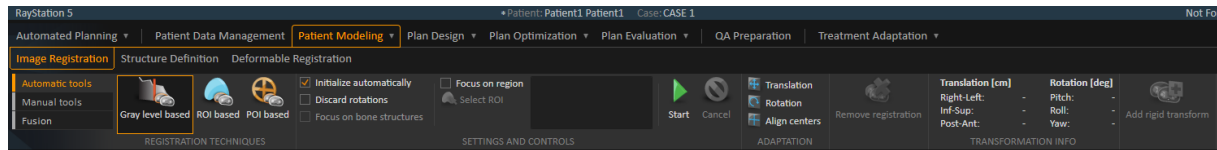
För att registrera CT-bilden mot de olika MR-bilderna behöver du först välja CT som *Primary* och T1-bilden som *Secondary*. Det är, om inget annat anges, alltid CT- och T1-bildserierna (MR\_T1 och inte MR\_T1\_GD) som matchas mot varandra. T1-bildserien är framtagen för att avbilda anatomin på ett bra sätt, ex. kortikalt ben, guldkorn och hjärna. Eftersom T1- och T2-bildserien (MR\_T1, MR\_T1\_GD, MR\_T2, MR\_T2\_FLAIR) har samma FoR så blir alla bildserierna registrerade mot CT-bildserien, inte enbart T1-bildserien.



Figur 4. Image Set Library visas.

## Anatomiregistrering

Då det är anatomi som ska matchas väljs *Gray level based* bland registreringsteknikerna. Tryck på *Start*-knappen (/Play-symbolen) för att utföra registreringen. Vanligtvis är detta det enda som behövs.



Figur 5. Välj Gray level based.

För komplicerade fall, typiskt med mycket begränsat field-of-view eller mycket artefakter, så finns det ett antal verktyg för att förbättra resultatet.

1. Använd de manuella verktygen för att placera bilderna approximativt korrekt, klicka ur checkboxen *Initialize automatically* och tryck på *Start*.
2. Definiera en ROI som kan användas som så kallad fokusregion. Klicka i checkboxen *Focus on region*, välj ROIen och tryck på *Start*.
3. Använd checkboxen *Discard rotations* för att bara ta hänsyn till translationer.

## Punktregistrering (ex. guldorn)

Då det är guldorn som ska matchas väljs *POI based* bland registreringsteknikerna. Öppna *Select POI*-dialogen, välj de POI:er du tidigare definierade i **Structure Definition** (se ovan) och tryck på *Start*. I vissa fall kan registreringen hjälpas av att checkboxen *Discard rotations* är icheckad.

## Strukturregistrering

Då det är strukturer som ska matchas väljs *ROI based* bland registreringsteknikerna. Öppna *Select ROI*-dialogen, välj den ROI/de ROI:er du tidigare definierade i **Structure Definition** (se ovan) och tryck på *Start*. I vissa fall kan registreringen hjälpas av att checkboxen *Discard rotations* är icheckad.

## Utvärdering

Kontrollera matchningen. Hur ser patientens ytterkontur från CT-bilderna ut på MR-bilderna? Hur mycket har bilderna roterats? Varför? Information om rotation och translation hittar du i verktygsraden under *TRANSFORMATION INFO*.

Under *Fusion*-tabben i verktygsraden alternativt under *Visualization* i vänster-panelen hittar du olika Settings för att visa bilderna fusionerade vilka kan underlätta utvärderingen.

## Eclipse - Arbetsbeskrivning

### Förberedelse

Öppna upp patienten i Eclipse-modulen ”Contouring”.

Se till att patientens aktuella CT-bildserie är inläst och upprättad med ett strukturset (”structure set”) innan registreringen mellan MR- och CT-bilder kan påbörjas.

För att underlätta granskning av registrering (matchning) så ritas relevanta hjälpstrukturer in i CT-underlaget. För varje hjälpstruktur skapas en ny struktur (New Structure) i det aktuella struktursetet. Se namn och typ för de olika hjälpstrukturerna i

Tabell 1. Använd gärna "Segmentation Wizard" vid inritning av skelett och hjärna. "Segmentation wizard" utförs genom att högerklicka på den skapade strukturen, bones eller hjärna, i struktursetet. Klicka på "Segmentation wizard" och välj det organ som ska autolinjeras, tryck på "next" och "next igen, avsluta med "close". Autolinjeringen är inte perfekt och eventuellt så behöver strukturen editeras. Ögon kan ofta ritas in som en cirkulär 3D-struktur med diametern 2,3 cm. Markera ett öga i taget i struktursetet och använd "Brush"-funktionen, aktivera "static"- och "3D"-brush och definiera diametern till 2,3 cm. Placera de tre snitten (tra, cor, sag) så att de korsas centralt i ögat, klicka i detta centrum. Gör samma sak för det andra ögat. Guldkornen kan utlinjeras med "Freehand"-funktionen.

Tabell 1. Hjälpstrukturer för utvärdering av registrering för respektive diagnosgrupp. Sätt aldrig någon struktur innanför "Body" till att vara av typen "support". Det skapar problem vid dosberäkning i Eclipse.

Diagnosgrupp	Hjälpstruktur(er)	Namn	Typ	Övrig information
Cervix	Skelett	Bones	Skelett	
Head&Neck				Hjälpstrukturer används efter behov.
Prostata	Skelett Guldkorn	Bones Gold	Skelett Organ	Skelettet ritas in även för de patienter som har guldkorn.
Skalle (alla typer)	Hjärna Ögon	Brain Eye L Eye R	Organ Organ Organ	
Övriga				Hjälpstrukturer används efter behov.

### Importerera MR-bilderna från strålterapiens MR-kamera

Importerera de aktuella MR-bildserierna (File -> Import->Wizard->Dicom Import, välj nod. Detta förutsätter att bilder skickats till denna Dicom nod. Tryck "next", välj den aktuella patienten i listan, tryck "next". Eftersom du redan har den aktuella patienten öppen i ARIA så kan du nu välja "task patient". Kontrollera att det är samma patient som är öppen som nu ska importeras, kontrollera namn och personnummer. Tryck "next", kontrollera att du har de aktuella MR-bildserierna "new and connected" i "ARIA data" (kolumnen till höger). Tryck "Finish".

Namnge MR-bildserierna enligt Tabell 2. Det fullständiga namnet på MR-bildserierna hittas under respektive bildseries "Properties", under "Comment".

Tabell 2. MR-bildserier och dess avsikter.

Typ av MR-bildserie	Namn på MR-bildserien
T1	MR_T1
T1, fatsat	MR_T1_FATSAT
T1, gadoliniumkontrast	MR_T1_GD
T2	MR_T2
T2, dark fluid	MR_T2_FLAIR
Diffusion	MR_Diff
Perfusion	MR_Perf

### Rigid registrering (matchning)

Gå över i Eclipse-modulen "Registration".

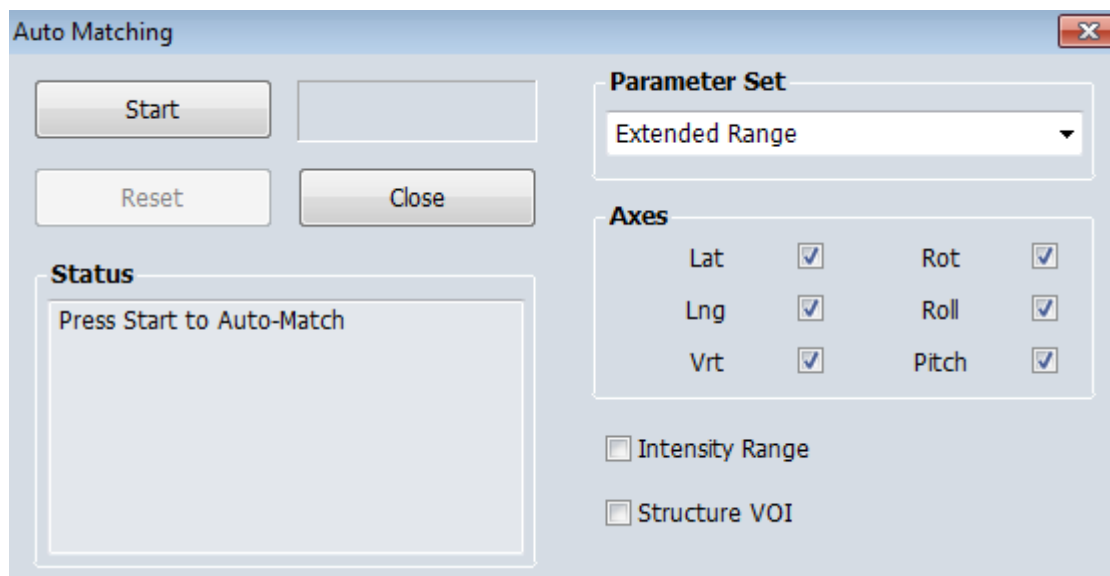
Verifiera att alla bildserierna som du vill matcha, T1 och T2 (MR\_T1, MR\_T1\_GD, MR\_T2, MR\_T2\_FLAIR), har samma "Frame of Reference" (FoR). Det kan verifieras med att se så att de

är omgivna av en gemensam streckad gul/orange linje i ”Registration”, alternativt kontrollera FoR i ”Properties” för respektive bildserie. Diffusions- och perfusionsbildserier får generellt **inte** samma FoR som T1- eller T2-bildserier. Detta beror på att dessa funktionsbildserier inte har samma geometriska integritet som anatomiska bildserier.

Skapa en ny rigid registrering (Registration -> New Rigid Registration), namnge registreringen till ”CT VS T1”. Det är, om inget annat anges, alltid CT- och T1-bildserierna (MR\_T1 och inte MR\_T1\_GD) som matchas mot varandra. T1-bildserien är framtagen för att avbilda anatomin på ett bra sätt, ex. kortikalt ben, guldkorn och hjärna. Eftersom T1- och T2-bildserien (MR\_T1, MR\_T1\_GD, MR\_T2, MR\_T2\_FLAIR) har samma FoR så blir alla bildserierna registrerade mot CT-bildserien, inte enbart T1-bildserien. Välj sedan MR\_T1 som ”Source Image” och CT-bildserien som ”Target Image”. Vid registreringen kommer då MR-bildserierna anpassas och positioneras till CT-bildserien, och inte tvärtom. Tryck ”Ok”. Det sker ingen registrering nu, men det dyker nu upp en pil som pekar från MR-bildserierna till CT-bildserien. Nu är det dags för själva registreringen.

#### *Anatomiregistrering*

Då det är anatomi som ska matchas så väljs automatisk matchning (Registration -> Auto Matching). En dialogruta dyker upp, se Figur 6. Det dyker också upp en röd box över bilderna. Placera och editera storleken på den röda boxen så den passar över den volym som du vill ska ingå i registreringen. Det är endast volymen innanför den röda boxen som systemet tar hänsyn till i registreringen. För denna typ av registrering så ska alla sex frihetsgraderna (”Axes”) användas (lat, lng, vrt, rot, roll, pitch). Tryck sedan på ”Start”, se Figur 6. Upprepa tills du ser att MR-bilden inte längre flyttar sig nämnvärt vid registreringen.



Figur 6. Dialogruta vid ”Auto matchning”.

#### *Punktregistrering (ex. guldkorn)*

Då det är guldkorn som ska matchas så väljs punktmatchning (Registration -> Point Match). Placera ut registreringspunkterna på respektive guldkorn. Registreringspunkterna flyttas från det nedre högra hörnet i den transversella bildvyn, se Figur 7. OBS! Se till att registreringspunkt 1,2 och 3 hamnar över motsvarande guldkorn i respektive bildserie. Starta registreringen när du är nöjd med placeringen av registreringspunkterna, (Registration -> Execute Point Match). Upprepa tills du ser att MR-bilden inte längre flyttar sig nämnvärt vid registreringen.



Figur 7. Illustration över vyerna vid punktmatchning. Punkterna som ska placeras ut hittas nere till höger i respektive bildseries transversella vy.

### Utvärdering och godkännande

Kontrollera matchningen. Hur ser Body-strukturen från CT-bilderna ut på MR-bilderna? Hur mycket har bilderna roterats? Varför? Rotation och translation för registreringen hittas då man höger-klickar på pilen mellan MR- och CT-bildserierna, och väljer ”Properties”, under fliken ”Tech (Reg)”.

Skriv en kommentar till registreringen om något inte följer standarden, eller är annorlunda och nytt på annat sätt. I Eclipse, markera själva registreringen, högerklicka. Välj fliken ”Properties”, använd kommentarrutan för ”Transformation comment”.

Hjälpsstrukturer får raderas efter den egna granskningen av registreringen. Den läkare som definierar och ritar target ansvarar för att registrering/matchning är av acceptabel kvalitet för ändamålet.

## PRAKTISK IMPLEMENTERING – BILDTAGNING

För att börja använda MR i Strålterapi krävs en del adapteringar av protokoll och val av kringutrustning. Nedan följer ett avsnitt som berör den praktiska implementeringen av patientupplägg samt protokollförslag för olika anatomier.

### Hjärna

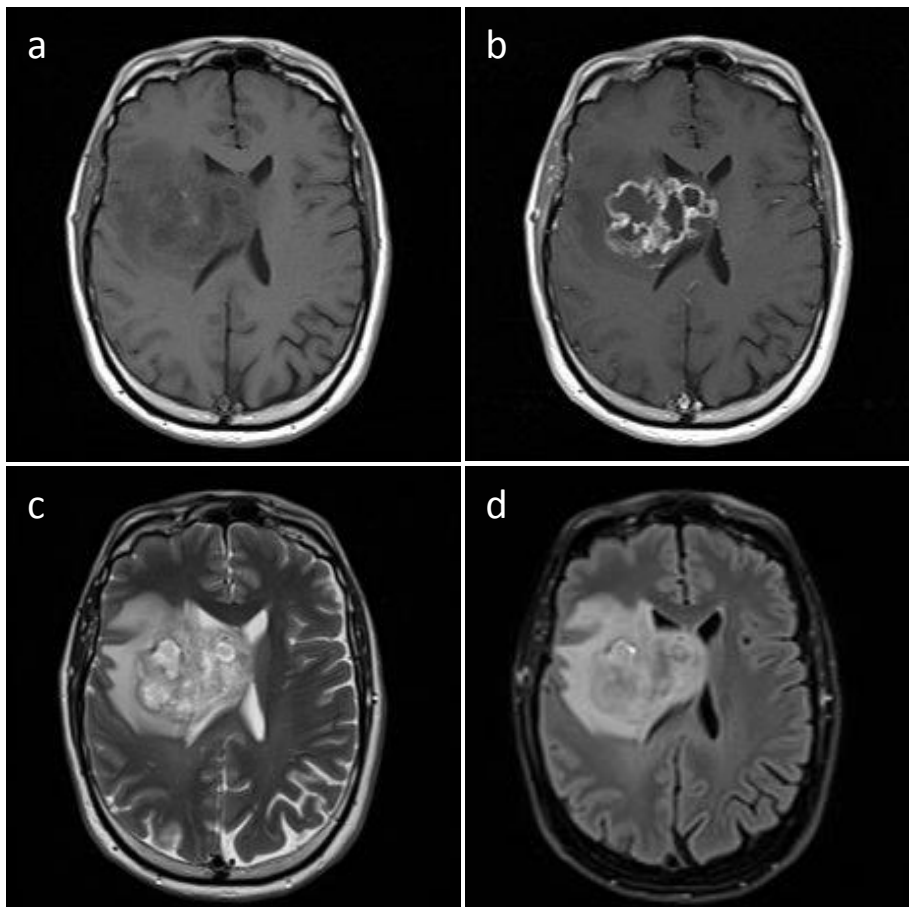
#### Sekvenser

#### Sekvensexempel

Tabell 3. Sekvensrekommendationer för hjärna.

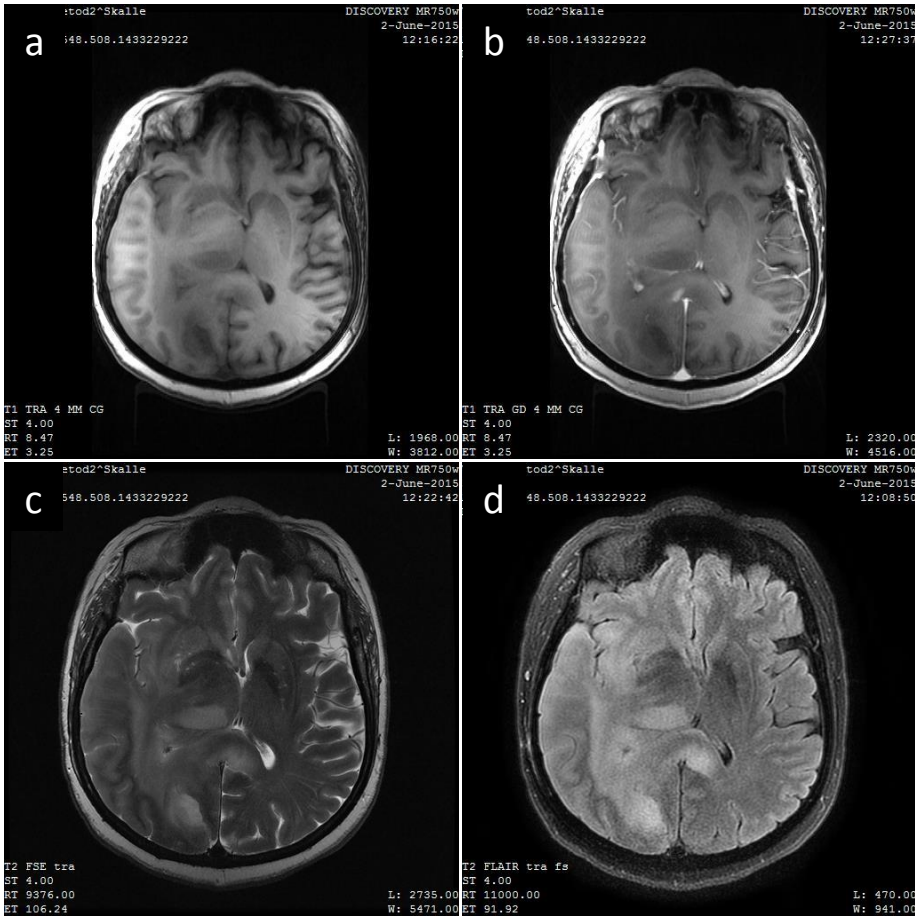
Scan	Bildanvändning	Ev. problem
Axial T1W	Matchning mot CT samt anatomi före kontrast.	
Axial T2W	Inritning av target och riskorgan.	
Axial T2W FLAIR	Utlinjering av vasogent ödem/infiltrativt gliom (ljust).	Artefakter från CSF-pulsation
Axial T1W med kontrast	Utlinjering av områden med defekt blodhjärnbarriär och neovaskularisering (ljust).	Postoperativa blodprodukter – jämför med pre-kontrast T1W

#### Bildexempel



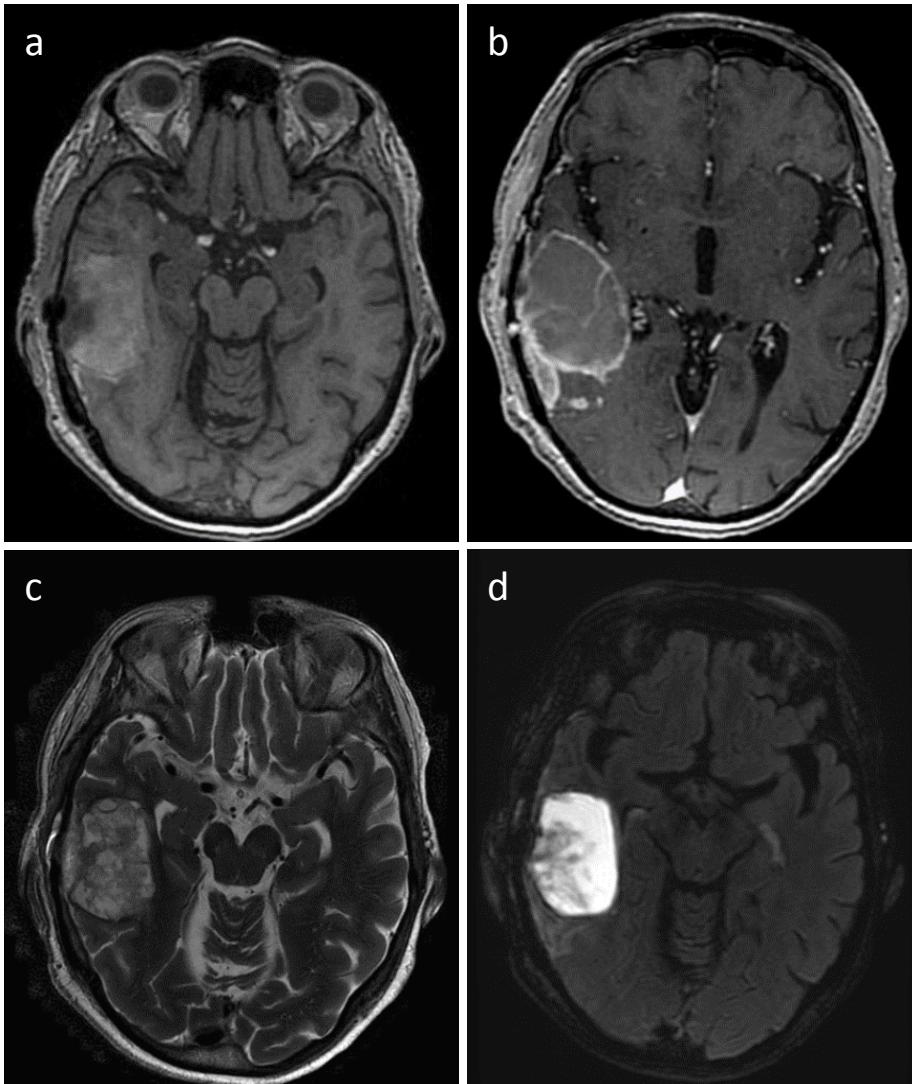
Figur 8. Bilder från Siemens Aera 1.5T system i Göteborg. a) T1 TSE tra (4:54 min), b) T1 TSE Gd tra, (4:54 min), c) T2 TSE tra (4:43 min), d) T2 TIRM dark fluid tra (5:45 min).





Figur 9. Bilder från GE Discovery 750W 3.0T system i Lund. a) T1 BRAVO sag reformaterad till tra (4:00 min), b) T1 BRAVO Gd sag reformaterad till tra (4:00 min), c) T2 FSE tra (3:52 min), d) T2 FLAIR FatSat tra (3:51 min).





Figur 10. Bilder från GE Signa PET/MR 3.0T system i Umeå. a) T1 FSPGR tra (2:09 min), b) T1 FSPGR Gd tra (2:09 min), c) T2 PROPELLER tra (ca 5 min), d) T2 Cube FatSat dark fluid sag reformaterad till tra (6:57 min).

## Upplägg & spolar

### Lasermarkering

Linjera upp efter tidigare markeringar på fixeringsmask, om sådana finns. För att säkerställa att patienten ligger så rakt som möjligt i masken är det speciellt viktigt att kontrollera att den sagittella lasern följer tidigare markering, alternativt är centrerad på patienten.

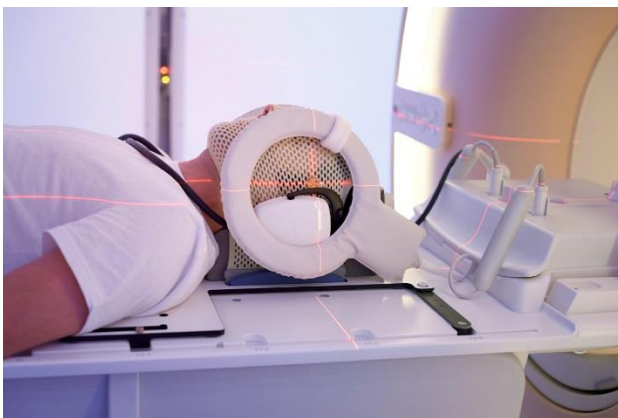
## Spolupplägg



Figur 11. Spolupplägg för Siemens Aera 1.5T system i Göteborg med 2 stycken Flex Large spolar virade runt huvudet. Spolarna sticks in och kläms fast under den platta bordstoppens huvuddel för att även täcka bakre delen av huvudet, och sätts ihop framtill med kardborreband. Med detta upplägg används inte ryggspolens element. Spolarna stöds med sandsäckar på sidorna för att komma närmre huvudet och undvika att de trycker på patientens näsa och ansikte.



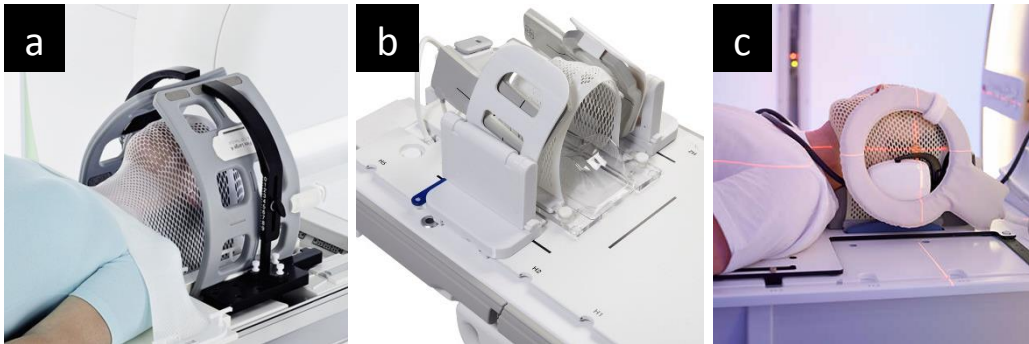
Figur 12. Spolupplägg för GE Discovery 750W 3.0 T system i Lund. Uppsättningen kallas GEM RTSuite och här används två delar: 1) GEM RT Open Array som är en tilläggs-skiva i bordet (ej synlig), 2) 6-Channel Flex Coil, sitter till vänster och höger om huvudet. Den avlånga spolen som ligger nedanför används inte.



Figur 13. Spolupplägg för Philips Ingenia. Bilden är en produktbild från Philips.

## Distansbågar

De flesta större leverantörerna av MR-system har någon form av RT-anpassat utrustningspaket där distansbågar i olika utformning ofta ingår.



Figur 14. RT-anpassat spolupplägg för bildtagning av huvud från a) Siemens, b) GE, och c) Philips.

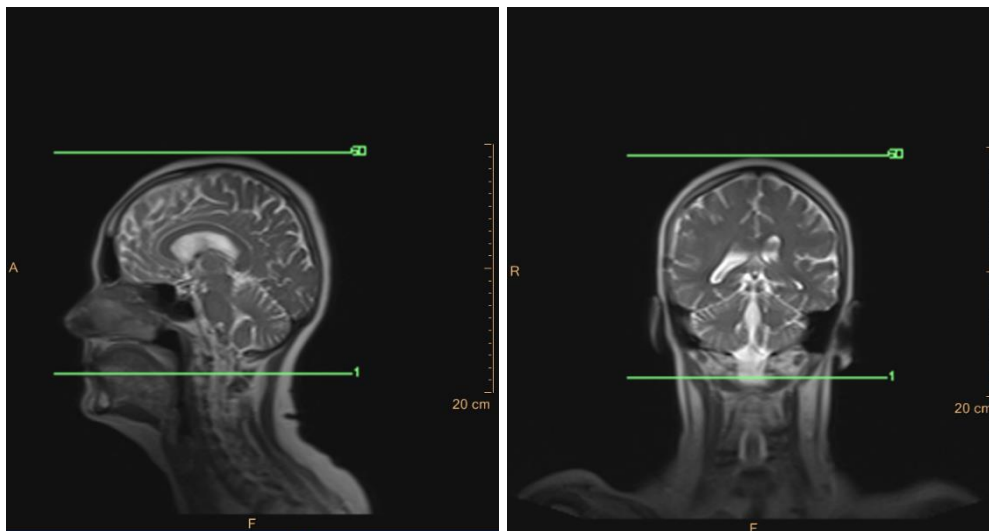
## Scanning

Centrera om möjligt targetvolymen i iso-center för att maximera fälthomogeniteten och effektiviteten för eventuell fettundertryckning, samt minimera distorsion orsakad av icke-linjära gradienter.

## Täckningsområde

Den T1-viktade bilden används för matchning mot CT och skall därför täcka så stort område av huvudet att det går att göra en korrekt registrering.

Övriga bilder skall täcka target och eventuellt riskorgan som skall utlinjeras.



Figur 15. Täckningsområde för bildtagning av huvudet. FOV som täcker hela hudkonturen på patienten och används för att kunna kontrollera matchningen på ett bra sätt.

## Hjärna – stereotaksi

### Sekvenser

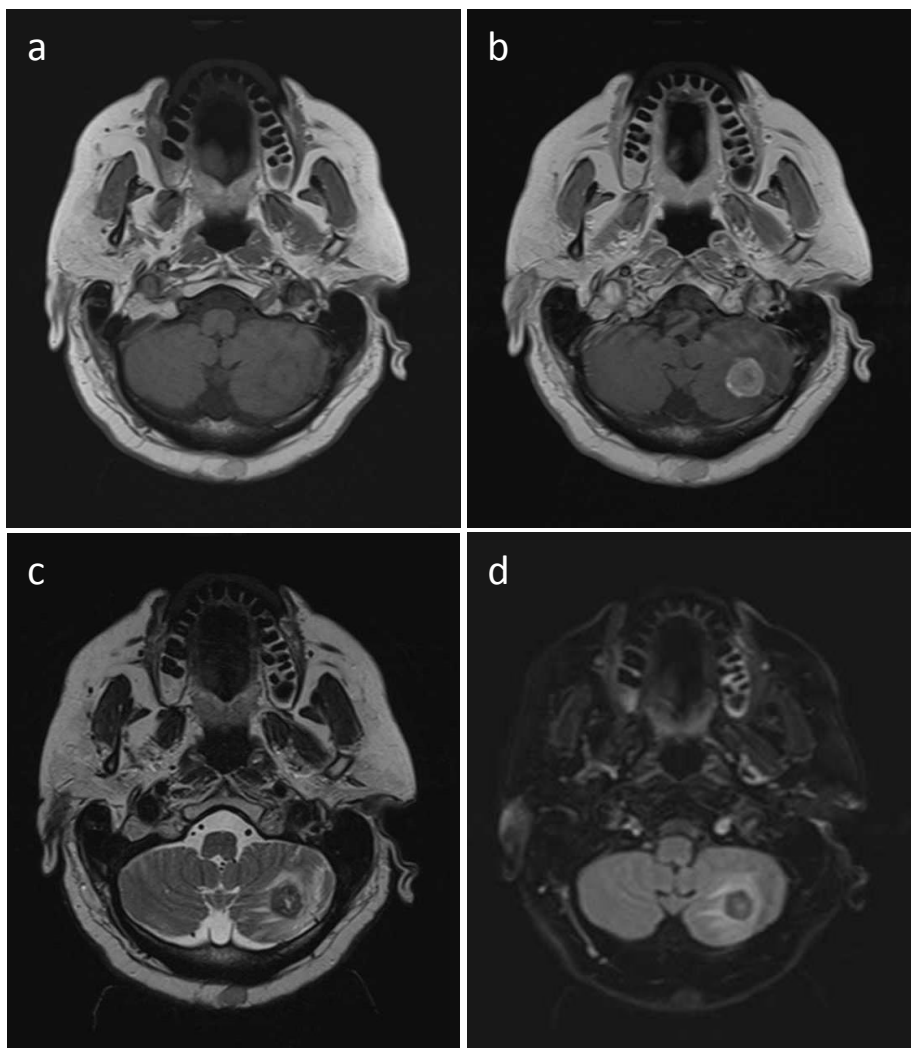
Stereotaktisk behandling används för små targetområden vilket ofta kräver högupplösta MR-bilder med tunna snitt för targetritning. Detta gör att det kan vara fördelaktigt att även använda sig av 3D-sekvenser för stereotaktiska patienter.

## Sekvensexempel

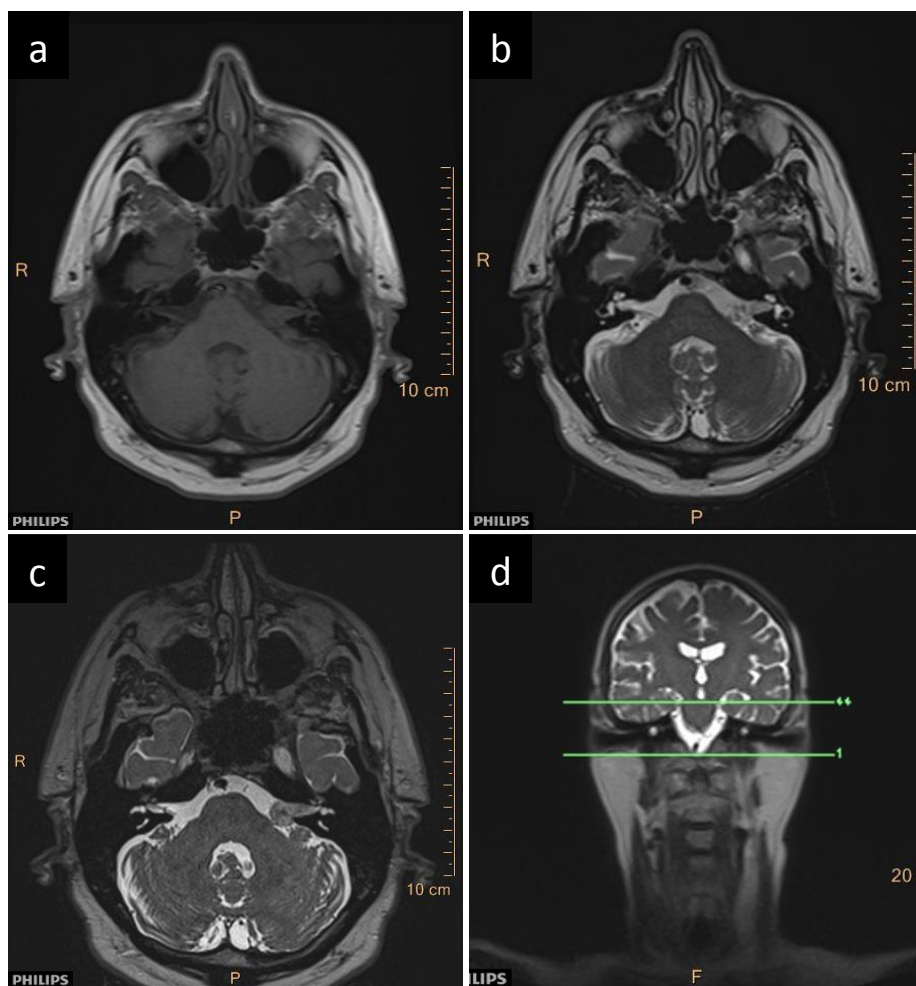
Tabell 4. Sekvensrekommendationer för stereotaktisk hjärna.

Scan	Bildanvändning	Ev. problem
Axial T1W	Matchning mot CT samt anatomi före kontrast.	
Axial T2W	Inritning av target och riskorgan.	
Axial T2W FLAIR	Utlinjering av vasogent ödem/infiltrativt gliom (ljus).	Artefakter från CSF-pulsation
Axial T1W med kontrast	Utlinjering av områden med defekt blodhjärnbarriär och neovaskularisering (ljus).	Postoperativa blodprodukter – jämför med pre-kontrast T1W

## Bildexempel



Figur 16. Bilder från Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg. a) T1 TSE tra (5:18 min), b) T1 Gd tra (5:18 min), c) T2 TSE tra (6:20 min), d) T2 TIRM dark fluid tra (5:22 min).



Figur 17. Bilder från Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg. a) T1 TSE tra (4:18 min), b) T2 TSE tra (3:09 min), c) T2 SPACE tra (5:57 min), d) täckningsområde för T2 SPACE tra.

## Upplägg & spolar

### Lasermarkering

Linjera upp efter tidigare markeringar på fixeringsmask, om sådana finns. För att säkerställa att patienten ligger så rakt som möjligt i masken är det speciellt viktigt att kontrollera att den sagittella lasern följer tidigare markering, alternativt är centrerad på patienten.

### Spolupplägg

För Siemens Aera 1.5T MR-system på Sahlgrenska sjukhuset specialtillverkades en hållare för den stereotaktiska ramen (CIVCO trUpoint ARCH™ SRS/SRT System). För att få hållaren i en stadig position tillverkades den att fästas nedanför den utstickande huvud-delen på den platta bordstoppen. På grund av detta måste patienten placeras en bra bit ner på britsen vilket potentiellt sett skulle kunna bli problematiskt för ovanligt långa personer. Fördelen med detta upplägg är att spine-coil-element kan användas för att täcka in den bakre delen av kraniet. Två flex large-spolar viras runt den stereotaktiska ramen och hålls på plats med sandsäckar på sidorna (Figur 18).



## Bildexempel



Figur 18. Spolupplägg för Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg med 2 stycken Flex Large spolar som täcker främre delen av huvudet. Bakre delen av huvudet täcks av spine-elementen i bordet.

# Huvud/hals-området

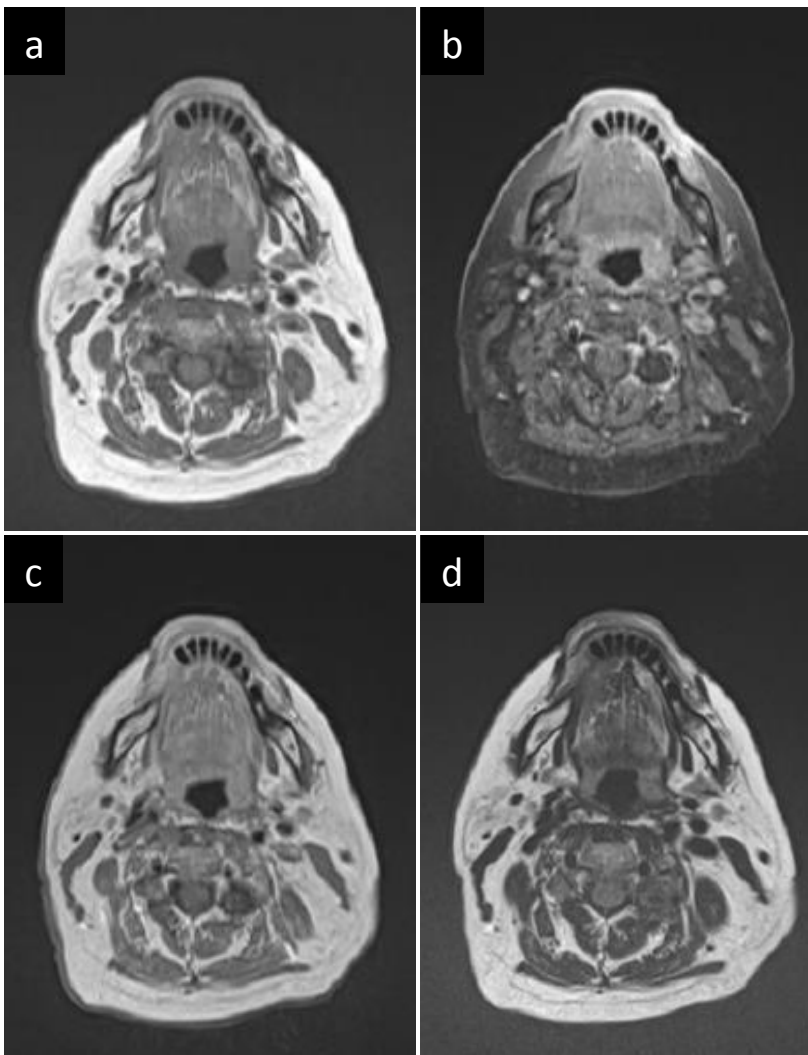
## Sekvenser

### Sekvensexempel

Tabell 5. Head och Neck sekvensrekommendationer.

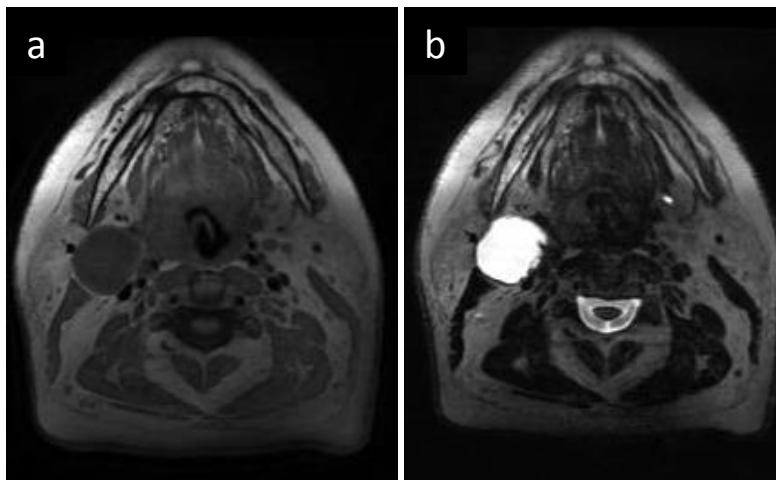
Scan	Bildanvändning	Anatomisk täckning	Ev. problem
<b>Axial T2 STIR</b>	Differentiera ödem (ljust)	Lillhjärna till axlar	Sväljartefakter, flödesartefakter
<b>Axial T1</b>	Utritning av nerver och tänder	Lillhjärna till axlar	
<b>Axial ADC</b>	Utritning av hypercellularitet (mörkt)	Tumör	Geometrisk distorsion
<b>Axial Fat-suppressed postcontrast T1</b>	Utritning av söndrig, läckande vävnad (ljust)	Lillhjärna till axlar	Sväljartefakter, flödesartefakter

### Bildexempel

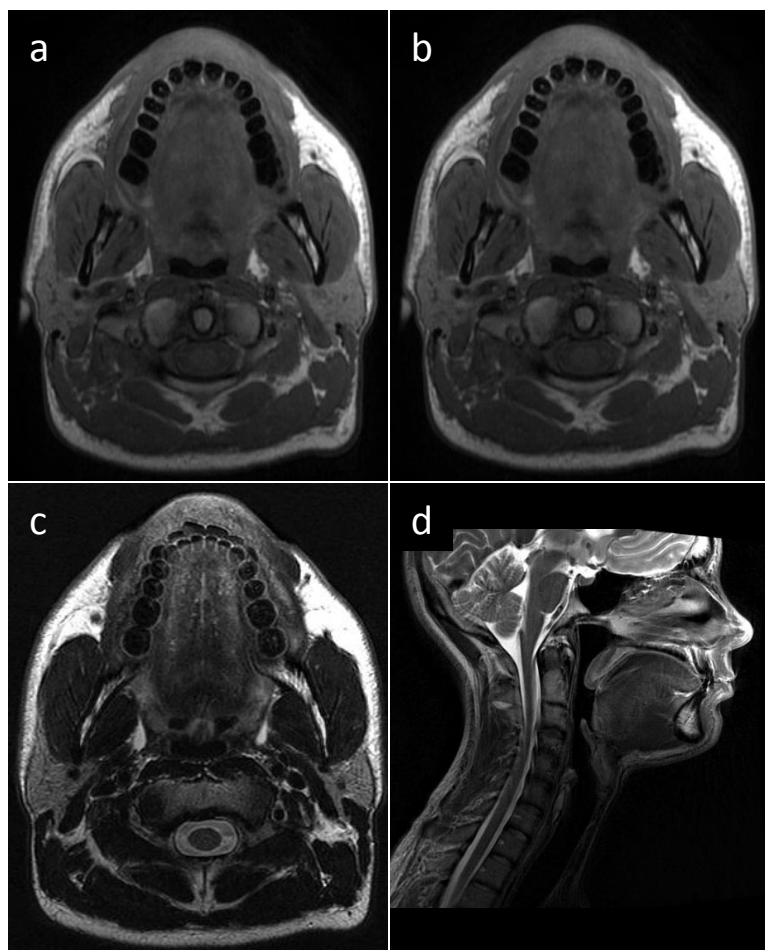




Figur 19. Bilder från Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg. a) T1 TSE tra 3 mm (6:36 min), b) T1 TSE tra 3mm FatSat (6.36 min), c) T1 TSE tra 3mm GD (6.36 min), d) T2 TSE tra 3mm (6.41 min). Alla körda med Neck Shim och WARP.



Figur 20. Bilder från GE 750W 3.0 T system i Lund a) T1 CUBE tra 2mm (7:07 min), körd coronal 1mm isotropt. b) T2 CUBE tra 2mm (8:31 min), körd coronal 1mm isotropt.



Figur 21. Bilder från GE 750W 3.0 T Signa MR/PET system i Umeå a) T1 IDEAL Water tra 4 mm (6 min), b) T1 IDEAL INPHASE tra 4 mm (6 min), c) T2 FRFSE Tra 4 mm (4 min). d) T2 Propeller sag 4 mm (5 min).

## Upplägg & spolar

### Lasermarkering

Linjera upp efter tidigare markeringar på fixeringsmask, om sådana finns. För att säkerställa att patienten ligger så rakt som möjligt i masken är det speciellt viktigt att kontrollera att den sagittella lasern följer tidigare markering, alternativt är centrerad på patienten.

### Spolupplägg



Figur 22. Spolupplägg för Head och Neck med Body 18 long på ett Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg. Det finns också en flex small spole lagd posterior (under bordsskivan) för att öka SNR från de bakre skalldelarna.

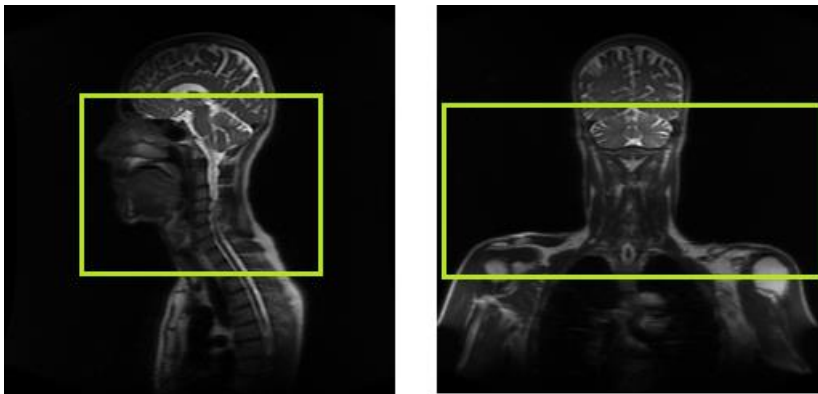


Figur 23. Spolupplägg för Head och Neck på ett GE Discovery 3.0 T 750W system i Lund. Uppsättningen kallas GEM RTSuite och består av 3 delar. Dessa delar är 1) GEM RT Open Array som är en tilläggs-skiva i bordet (ej synlig), 2) GEM Flex Coil 16-L Array, 3) 6-Channel Flex Coil. Distansbågar och hållare syns också i bild runt de synliga spolarna.



Figur 24. Spolupplägg för Philips Ingenia. Bilden är en produktbild från Philips.

### Täckningsområde

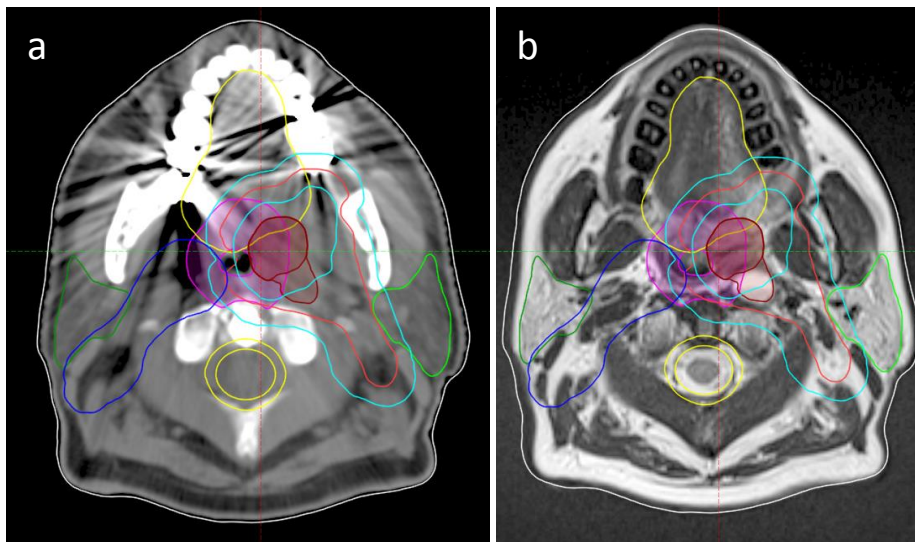


Figur 25. Täckningsområden (sag, cor) för head och neck. Det stora FOV som används ger hudkontur på patient och används för att kunna kontrollera matchningen bättre.

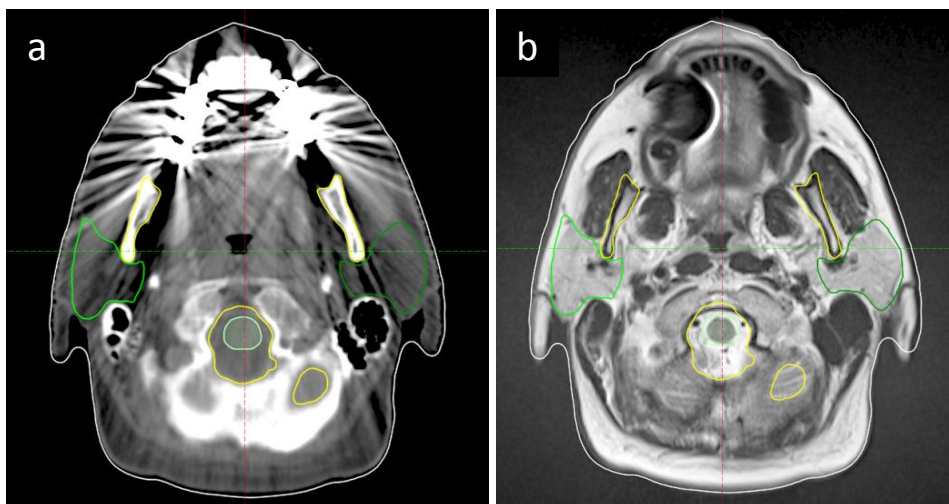
### Bildanvändning

#### Saker att tänka på

Om patienten har tandlagningar syns detta som stråkartefakter på CT, se Figur 26 a). Detta problem undviks ofta i MR då artefakterna då istället blir små lokala signalfattiga delar, se Figur 26 b). Beroende på vilket material tandlagningen är av så blir artefakterna större eller mindre på CT, se Figur 27 a). Detsamma gäller för MR men artefakten kan där istället ta formen av en geometrisk förvrängning, signalbortfall och/eller signalförflyttning, se Figur 27 b). Vid så kraftig geometrisk förvrängning bör man vara väldigt försiktig med att definiera target och riskorgan i eller i nära anslutning till artefakten.



Figur 26. a) Stråkartefakter på en CT-bild som uppkommer från tandlagningar, b) motsvarande anatomi avbildad med MR.



Figur 27. a) Stråkartefakter på en CT-bild med grövre karaktär än Figur 26, b) motsvarande anatomi avbildad med MR med stor artefakt från tandlagning där artefakten uppvisar geometrisk förvrängning och signalförflyttning (vit rand).

## Prostata

### Förberedelser

Användning av kontrastmedel regleras utifrån lokala rutiner. Rutiner för när patienten ska dricka och/eller urinera regleras utifrån lokala bestämmelser men rekommendationen är att man gör på samma sätt vid CT, MR och behandlingsapparat vid varje strålterapifraktion.

Umeå informerade följande i November 2015:

Nya rutiner från Umeå för nedre bukundersökningar (prostata, rectum, gyn). För att minska rörelseartefakter från tarmarna får patienten information om att vara fastande 4 timmar före undersökning och just innan MR ges Glucagon 1 mg s.c. CT och MR görs som tidigare direkt efter varandra.

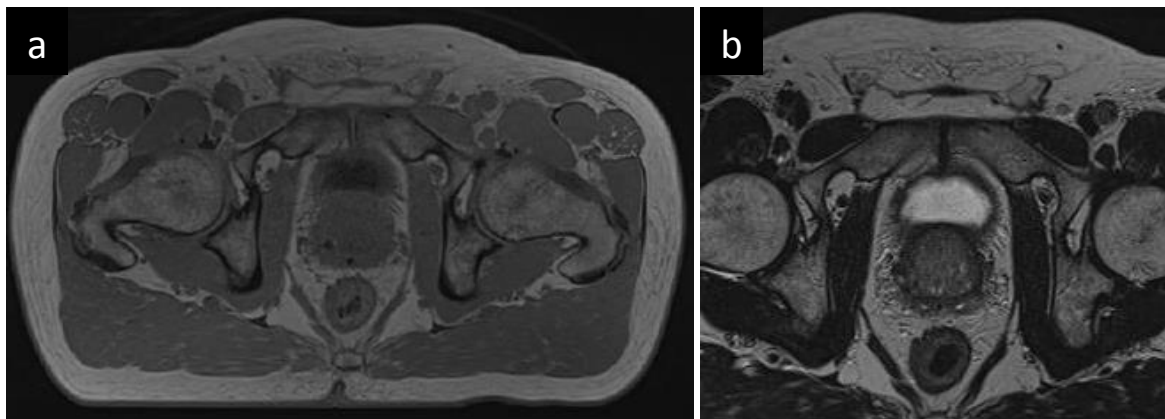
## Sekvenser

### Sekvens exempel

Tabell 6. Prostata sekvensrekommendationer.

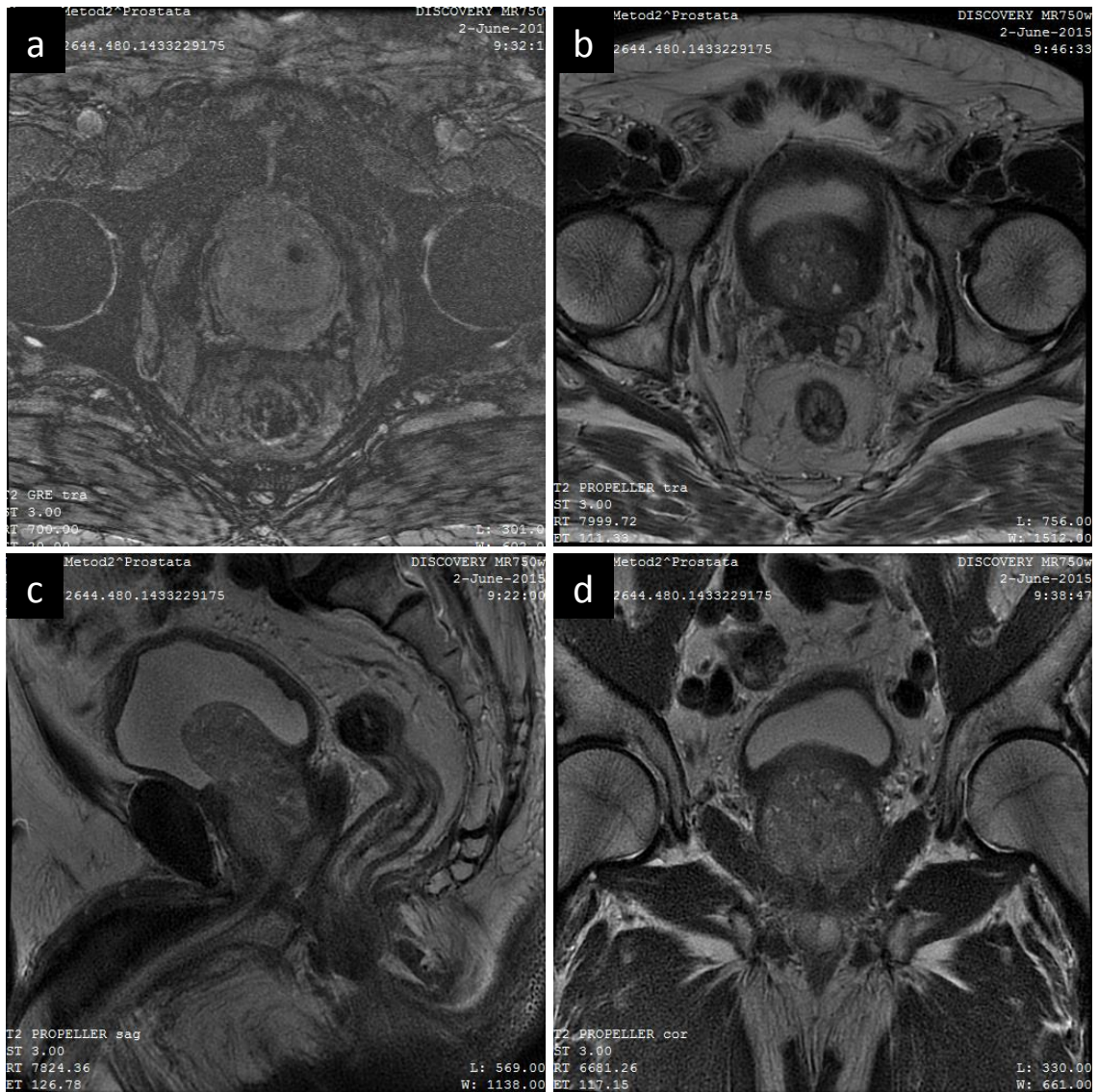
Scan	Bildanvändning	Anatomisk täckning	Ev. problem
Sag T2	Utritning av rektum och blåsa	Prostata, vesiklar	
Axial T2	Utritning av prostata och extracapsular sjukdom (mörkt).	Vesiklar ner till penisbulb	Postbiopsi blödning. Svårt att se markör.
Axial fettundertryckt T2	Utritning av intracapsular sjukdom (mörkt). Lymfnoder ljus.	Vesiklar ner till penisbulb	Postbiopsi blödning
Axial T1	Detektion av postbiopsi blödning (ljus). Visualisering av markörer.	Prostata. Hudkostym och höftben vid anatomimatchning.	
Axial Diffusion ADC	Utritning av tumör (mörkt)	Prostata	Geometrisk distorsion

### Bildexempel

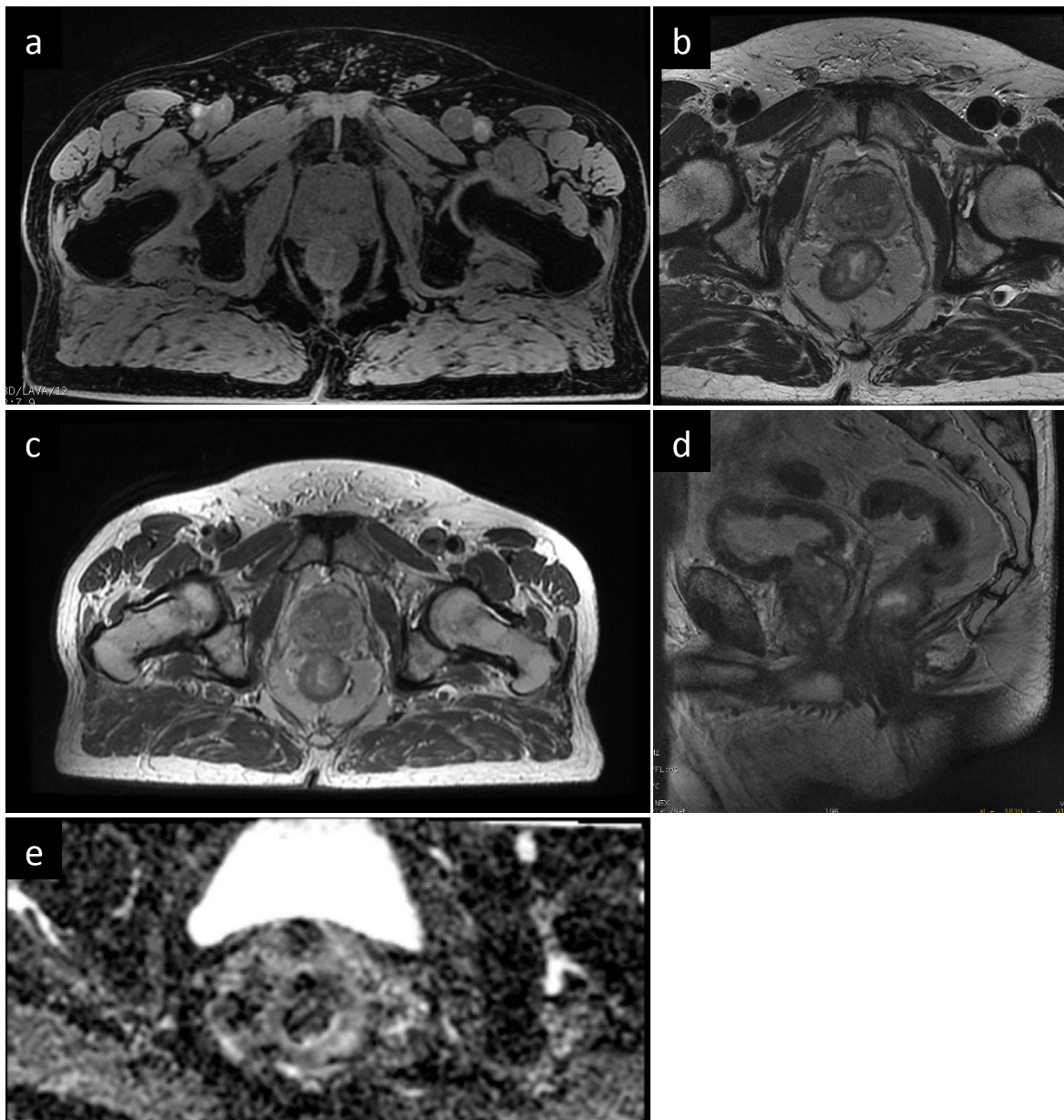


Figur 28. Bilder från Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg. a) T1 VIBE tra 2 mm (3:38 min), b) T2 TSE tra 2mm (6:17 min).





Figur 29. Bilder från GE 750W 3.0 T system i Lund a) GRE tra 3mm (06:03 min), b) T2 Propeller tra 3mm c) T2 Propeller sag 3mm d) T2 Propeller cor 3 mm.



Figur 30. Bilder från GE 750W 3.0 T Signa MR/PET system i Umeå a) Lava Flex tra 2,5 mm (2:09 min), b) T2 FRFSE tra 3mm (3:48 min), c) T2 FRFSE Stort FOV 2,5mm (3:48 min) d) T2 FRFSE sag 3mm (4:11 min) e) FOCUS DWI 4mm (2:24 min).

## Upplägg & spolar

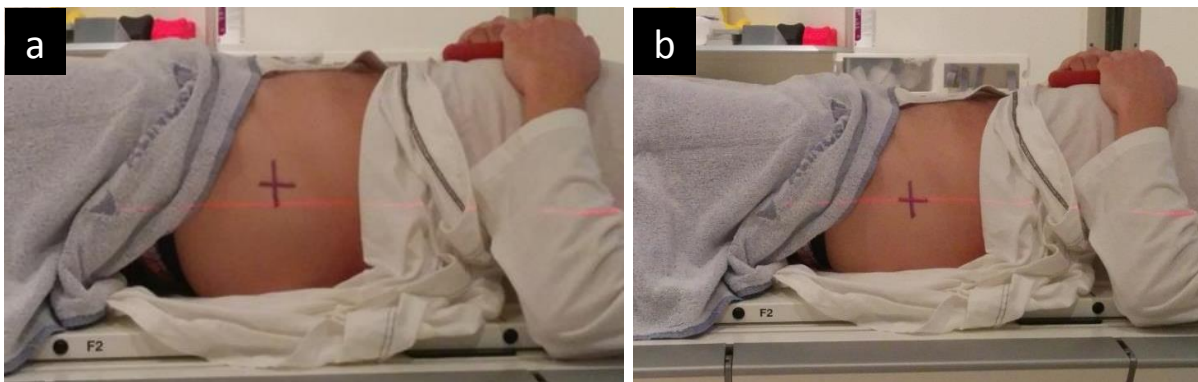
### Lasermarkering och bläck

Om patienten kommer till MR efter att ha varit på CT och gjort en CT-dosplan så har patienten under CT-besöket fått kroppsmarkeringar på höften. Positionen på dessa kroppsmarkeringar bestäms av ett fördefinierat lasersystem som är likadant definierat på CT som på behandlingsapparaten. Genom att matcha detta lasersystem till dessa markeringar kan patienten läggas upp på samma sätt vid varje strålterapifraktion och man får en reproducerbar position för patienten. Man undviker på så sätt rotation i bäckenet och på så sätt minimerar prostatans positionsavvikelse mellan olika strålfractioner.

När patienten kommer till MR är det rekommenderat att samma uppläggsrutin används och man har därför ofta ett lasersystem i MR-rummet, se Figur 31. Om lasersystemet inte sammanfaller med kroppsmarkeringen kan man rotera höften på patienten genom att ta tag i denna och rotera. Efter att detta är gjort är det rekommenderat att man ber patienten lyfta bäckenet en liten bit rakt upp i luften och sedan sänka det igen. Kontrollera därefter så att lasern fortfarande sammanfaller med kroppsmarkeringarna. Se Figur 32 a) och b).

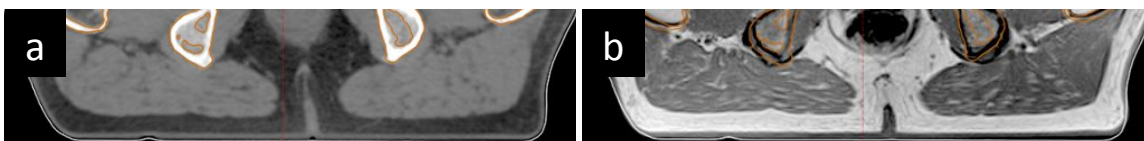


Figur 31. Magnetkamera utrustad med platt bordstopp och fixationssystem för strålterapi. Observera det externa lasersystemet som sitter på bågen runt om kameran.



Figur 32. a) Patientens position behöver korrigeras, b) patientens position är korrekt.

På grund av den manuella rotation som man gjorde av höften finns det en risk att skinkorna hamnar lite asymmetriskt. Genom att be patienten göra ett litet höftlyft så undviker man att skinkorna hamnar på olika positioner mellan CT-bilden och MR-bilden vilket kan försämma registreringen mellan dessa bilder. Separationen mellan skinkorna kan användas som landmärke för att kontrollera om någon asymmetri har tillkommit i positionen. Se Figur 33 a) och b).



Figur 33. Separationen av skinkorna på a) CT, och b) MR.



## Bläcktyp

Det finns anledning att se över vad det är för typ av bläck som används för kroppsmarkeringarna då det har visat sig att vissa bläcktyper ger artefakter i form av signalbortfall på MR-bilden, se Figur 34 och Tabell 7. I en situation där man använder MR för dosplanering är detta inte acceptabelt, men för syftet att matcha MR-bilden mot en CT är det inte lika kritiskt då det endast är en liten del av hudkostymen som har försvunnit. Kontrollera alltid en automatisk matchning så att den är korrekt.



Figur 34. Artefakter från tatueringtbläck ses vid pilarna.

Tabell 7. Tillverkare av tatueringtbläck och påverkan på bilder.

Namn på bläck	Tillverkare	Ursprung	Artefakter
<b>Rotring</b>		Schweiz	NEJ
<b>Derma safe pigment color Black 010ds(S) Lot.no.0002231</b>	PAR SCIENTIFIC	Tyskland MT. DERM GmbH i Berlin. CI 77499.	JA (fantomverifierat)
<b>www.atomictattooink.com</b>	www.atomictattooink.com		NEJ (inga hittade)
<b>Sacred Color Tattoo's ink Black Liner</b>	Incredible	Importerad av Lundberg Custom Supplies Sweden AB.	NEJ (fantomverifierat)
<b>Drawing ink A P 17</b>	Pelikan	Zeichentusche Drawing Ink	NEJ (inga hittade)

## Spolupplägg



Figur 35. Spolupplägg med Body 18 long på ett Siemens Aera 1.5 T system i Göteborg. Spolbågarna förhindrar att spolen trycker på hudkonturen. Knäkudden sitter på en verkstadsjord förflyttningsbar skena. Knäkudden bör vara av samma typ som på CT för att få bästa reproducerbara position av patienten.

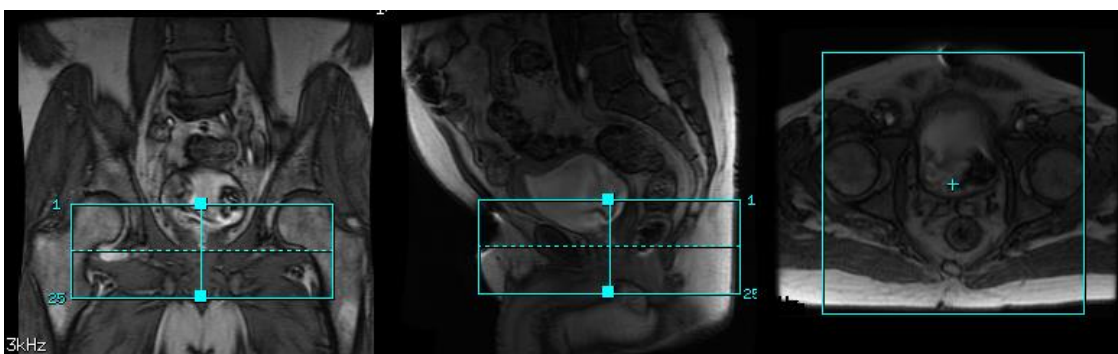


Figur 36. Spolupplägg för prostata på en GE Discovery 3.0 T 750W i Lund. Knäkudden bör vara av samma typ som på CT för att få bästa reproducerbara patientupplägg.

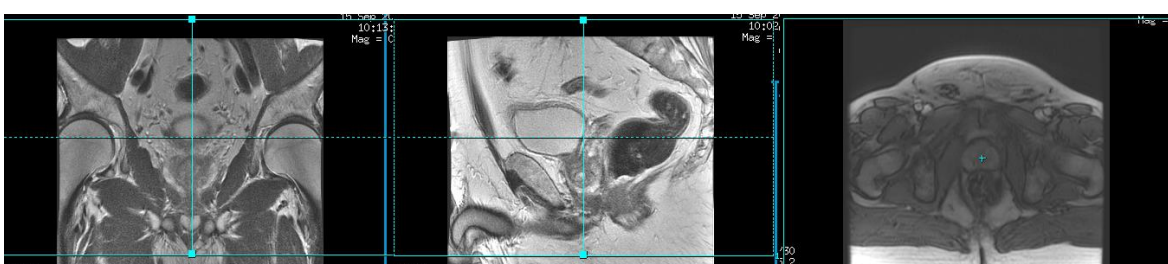


Figur 37. Spolupplägg för Philips Ingenia. Bilden är en produktbild från Philips.

### Täckningsområde



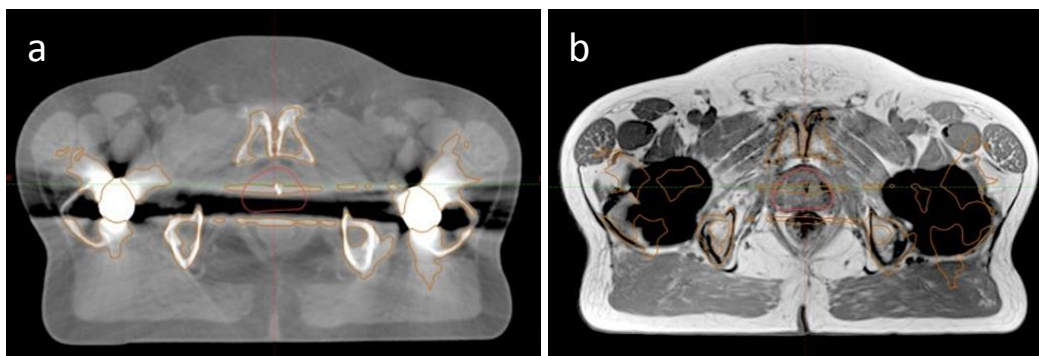
Figur 38. Täckningsområden (cor, sag, tra) för en transversellt T2-viktad serie för prostata. Det rekommenderas att täcka hela prostatan, ca 3-4 snitt ovanför blåsboten ner till penisroten.



Figur 39. Täckningsområden (cor, sag, tra) för en transversellt T1-viktad serie för prostata. Det stora FOV som används ger hudkontur på patient och används för att kunna kontrollera matchningen bättre.

För patienter som har MR-kompatibla höftproteser, se Figur 40 a) och b), kan protokollen anpassas så att metallartefakterna blir så små som möjligt. Detta görs lämpligast genom att applicera eventuella funktioner för metallartefaktreduktion om det finns hos tillverkaren. Om det inte finns kan en högre bandbredd och minskad ekotid begränsa metallartefakternas utbredning. Artefakterna blir generellt mindre på 1.5 T jämfört med 3.0 T. På CT ses stråkartefakterna penetrera prostatan medan prostatan är intakt på MR, se Figur 40 a) och b). Tänk på att en eventuell automatisk matchning med CT kan vara inkorrekt. Kontrollera matchningen noga manuellt.





Figur 40. a) CT, och b) MR (T1W GRE) på patient med dubbla höftproteser.

### Visualisering av guldmarkörer

För att få en T2-viktad bildserie matchad mot CT-underlaget förlitar man sig ofta på en bildserie där guldmarkörerna syns tydligt och registrerar istället denna mot CT. Denna bildserie är ofta tagen med någon gradientekobaserad bildtagningsteknik för att tydligare visa guldkornens position i prostata, se Figur 41. Vi benämner denna bildserie differentieringsserie. Registreringen mellan den T2-viktade bildserien och CT-underlaget följer då automatiskt då den T2-viktade bildserien och differentieringsserien är tagna i samma "frame of reference". En nackdel med denna strategi är att man riskerar att patienten och/eller patientens anatomi har rört sig mellan bildtagningstillfället för den T2-viktade bildserien och differentieringsserien. Detta kan åtgärdas genom att direkt visualisera guldmarkörerna i den T2-viktade bildserien.



Figur 41. Bild tagen med gradientekoteknik från en GE 750W 3.0 T. I snittet syns artefakten från en guldmarkör tydligt som ett signalbortfall (mörkt) vars area är betydligt större än vad guldmarkören är. Man använder således susceptibilitetsartefakten från guldkornen för lokalisation.

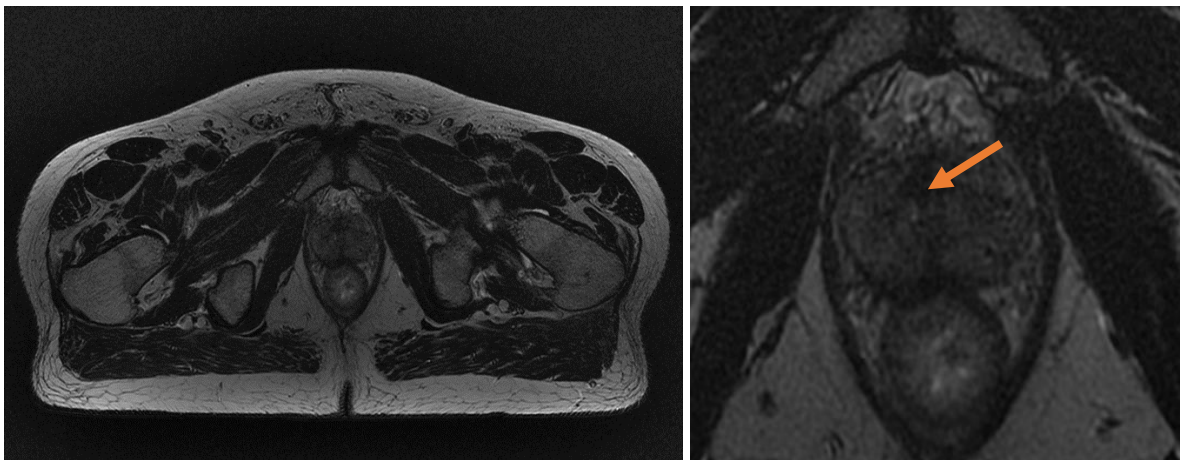
Att visualisera guldmarkörerna direkt på den T2-viktade bildserien kan vara utmanande på grund av att guldmarkören i sig själv är liten samt att den T2-viktade bildserien ofta är baserad på turbospinekoteknik (TSE) som automatiskt minimerar och till viss del kompenserar susceptibilitetsartefakterna från guldmarkörerna. I TSE-sekvenser så fås också en utsmetning i bilden som en effekt av de upprepade 180° pulser som den använder sig av. På ett Siemens Aera

1.5T system och ett GE 750W 3.0T system har följande justeringar visat sig kunna visualisera guldkornen direkt på den T2-viktade bildserien.

- ▷ Öka den spatiella upplösningen i bilden. Ca 0.7 x 0.7 mm, beroende på hur stora guldkorn som används.
- ▷ Minska slicetjockleken för att minska partiella volymsartefakter. Ca 2.5 mm.
- ▷ Minska ekotågsmetning genom att minska ekotåglängden i TSE-sekvensen.
- ▷ Håll antalet NEX till 1 för att minska den utsmetning som uppkommer genom medelvärdesbildning.
- ▷ Ta bort bildtagningsacceleration för att öka SNR.
- ▷ Håll bildtagningen till 1 packe.
- ▷ Använd rörelsekorrektur om det finns.

Dessa åtgärder leder ofta till en minskning i SNR och därigenom en ökning av scantid för att få acceptabel bildkvalitet.

I figur 42 ses en stor FOV T2-bildserie tagen med ett GE 750W 3.0 T system samt ovanstående bildtagningsrekommendationer. En inzoomad bild av prostatan ses till höger. På förstoringen ses en guldkorn som ett litet signalbortfall väldigt lokalt (se röd pil). Dessa små signalbortfall kan också ses om patienten har kalcifieringar i prostatan eller om patienten har gjort tidigare biopsier. För att differentiera mellan dessa objekt kan differentieringsserien, se Figur 43, användas för att visuellt (utan matchning) bestämma om det är en guldkorn eller inte, se röd pil. Artefakterna från guldkornen är ofta symmetriska i sin utbredning.



Figur 42. Stor FOV T2 bild samt en förstoring av prostatan i bild till höger. Guldkornen syns som ett lokalt signalbortfall (orange pil).



Figur 43. GRE differentieringsserie där en större susceptibilitetsartefakt av guldmarkören syns (orange pil).

## Cervix

### Förberedelser

Patienten kommer i säng till MR-kameran från brachyavdelningen med applikatorn inlagd vaginalt. Applikatorn som används är i plast eller annat MR-kompatibelt material Figur 44. För optimal undersökning bör patienten ligga på dockbar MR-brits så förflyttning från säng till brits undviks.

För att applikatorn skall ligga på plats fixeras den med tamponader som är ”lagom” fuktade med koksalt eller annan vätska för bästa visualisering i MR-bilden. Koksalt fungerar bäst vid MR 3T (Figur 47). För magneter med lägre fältstyrka kan tamponadvisualisering fungera bättre med lite kontrastmedel utblandat i vätskan. Tamponaden hjälper också att förflytta rektum och blåsa från de delar på applikatorn som ligger intravaginalt.

För att minska rörelseartefakter från tarmarna, får patienten 1 ml Glucagon i.m. innan flytt till MR-britsen. Sedan sker en mycket försiktig överflyttning med hänsyn till applikatorns läge. Motsvarande gäller när undersökningen är utförd.

Urinblåsan får inte vara full. Patienten har kateter inlagd i blåsan (KAD), kolla påsen vid behov. Rekommendationer finns från GYN-GEC-ESTRO arbetsgrupp för en lagom fylld blåsa för att lättare kunna reproducera blåsan vid brachyterapi.



Figur 44. Exempel på applikator vid cervix brachyterapi. Modellen visar också hur nålar för interstitiell brachyterapi placeras i applikatorringen. Plastmodell från Elekta.

### Upplägg & spolar

Patienten läggs upp på MR-britsen med diagnostikutrustning, dvs. ingen platt bordstopp som vid sedvanlig extern strålbehandling och inte heller någon knä kudde. Undersökningen görs med fötterna först in i kameran och bukspolen placerad direkt på bäckenet på patienten (Figur 45).



Figur 45. Patientupplägg vid MR Cervix Brachy Siemens Skyra 3T. Patienten undersöks utan platt bordstopp och distansbågar.

Patienten har epidural och annan sedering så övervakning med narkosutrustning är nödvändigt. Narkospersonalen vidtar och kopplar nödvändig utstyr på patienten innan MR- undersökningen startar.

### Sekvenser

Huvudsyftet med MR-bildtagning är att visualisera tumör och sedan används MR-bilderna vid targetinritning och dosplanering, som utförs direkt på dessa MR-bilder. Riskorgan som blåsa, vagina, rektum och sigmoideum samt relevanta anatomiska strukturer visualiseras bra på T2-viktade sekvenser utan användning av kontrastmedel. Den T2-viktade sekvensen är en bassetkvens, där turbospineko är att föredra med hänsyn till scantiden. Kontrastmedel behöver inte ges då urin ger hög signalintensitet på T2-viktade bilder. Blåsan får då hög kontrast till övrig anatomi. Applikatoren ger låg signal på T2-viktade bilder och ger tillräcklig kontrast till omkringliggande anatomi för att senare kunna visualiseras och ritas in i dosplanen.

Patienten har alltid gjort en diagnostisk MR-undersökning innan brachybehandlingen och en MR-dosplan för den externa strålbehandlingen.

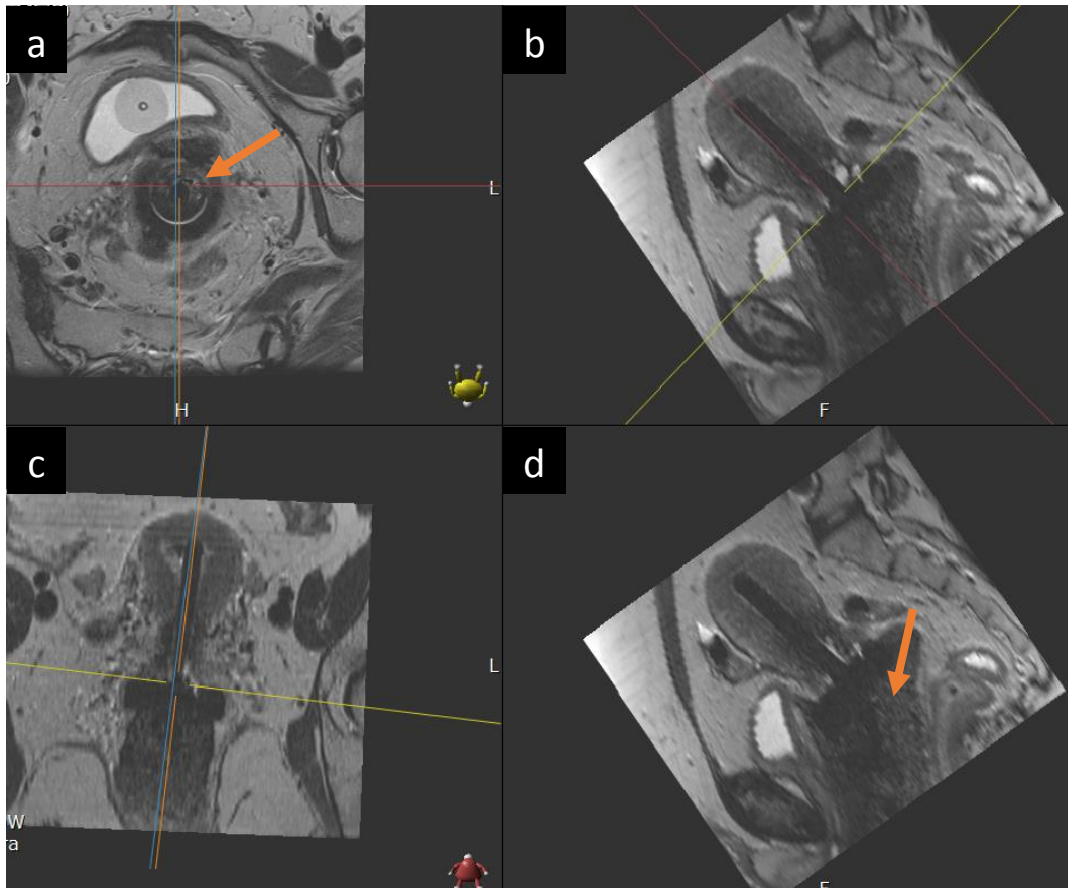


## Sekvensexempel

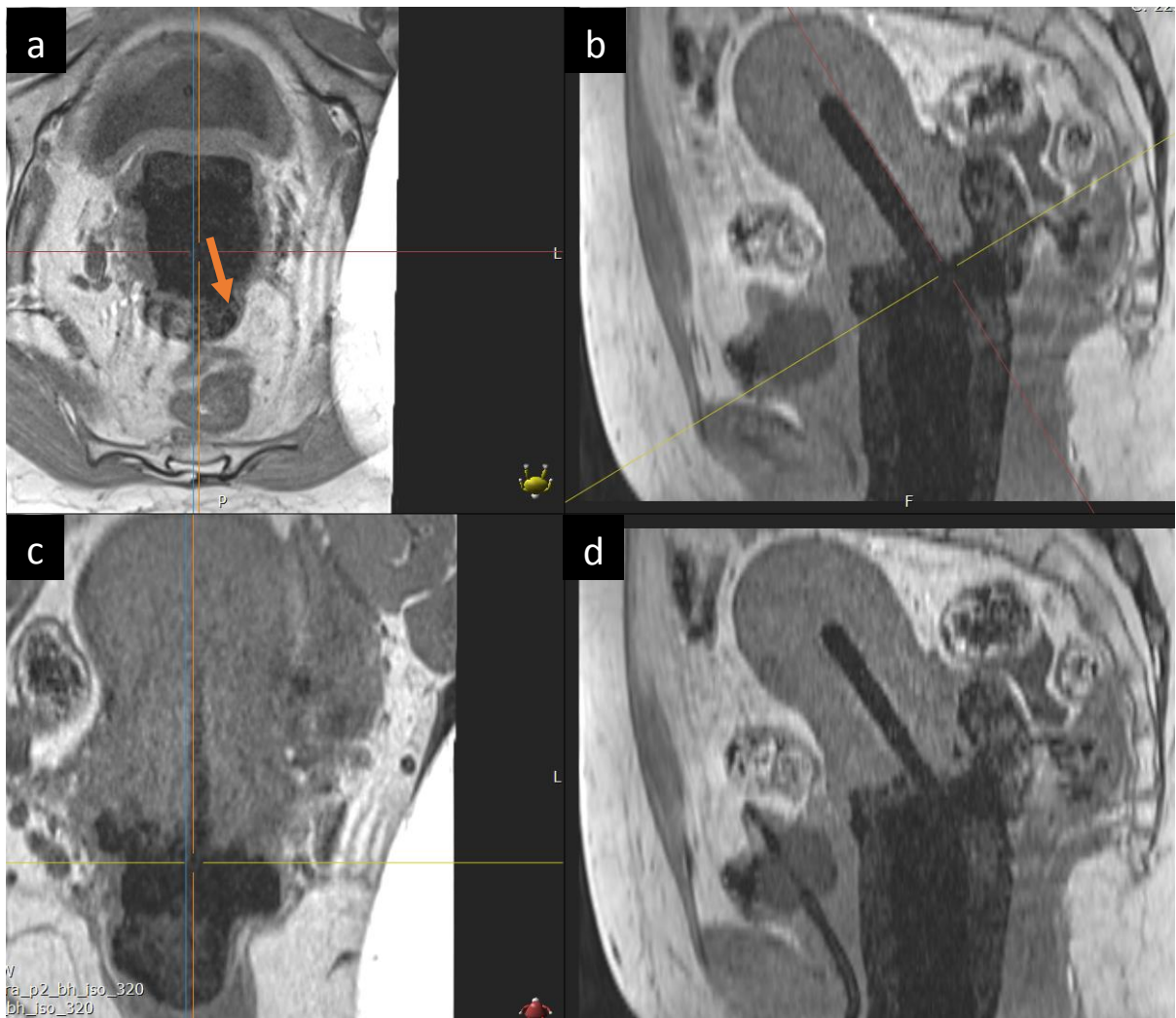
Tabell 8. Cervix sekvensrekommendationer.

Scan	Bildanvändning	Anatomisk täckning	Ev. problem
T1	Eventuell visualisera körtlar och för interstitiell behandling	Hela uterus med och kaudalt nedåt längs applikatorn så långt det går att täcka med boxen.	
T2	Riskorgan- och tumör visualisering	Samma täckning som ovan	

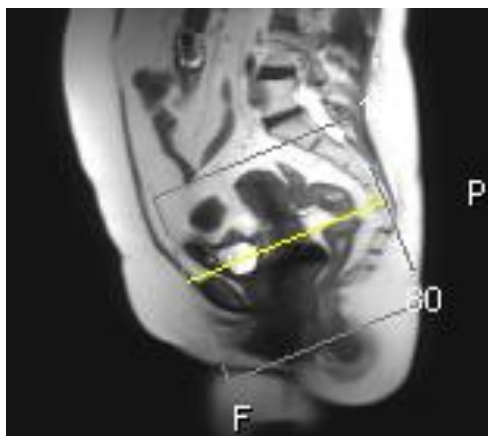
## Bildexempel



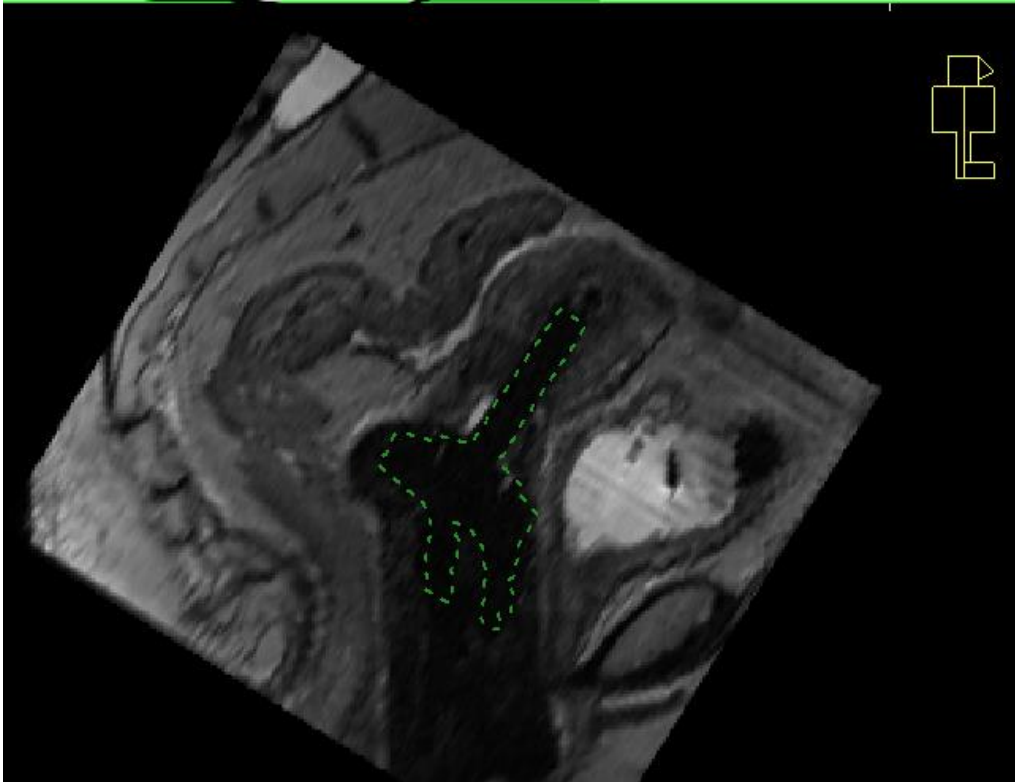
Figur 46. Bilder från Siemens Skyra 3T system i Stockholm (Karolinska) a) T2W tydlig visualisering av ringapplikator (orange pil), b) T2W Ringapplikator i sagital plan, c) T2w, and d) T2w med synlig tamponad (orange pil).



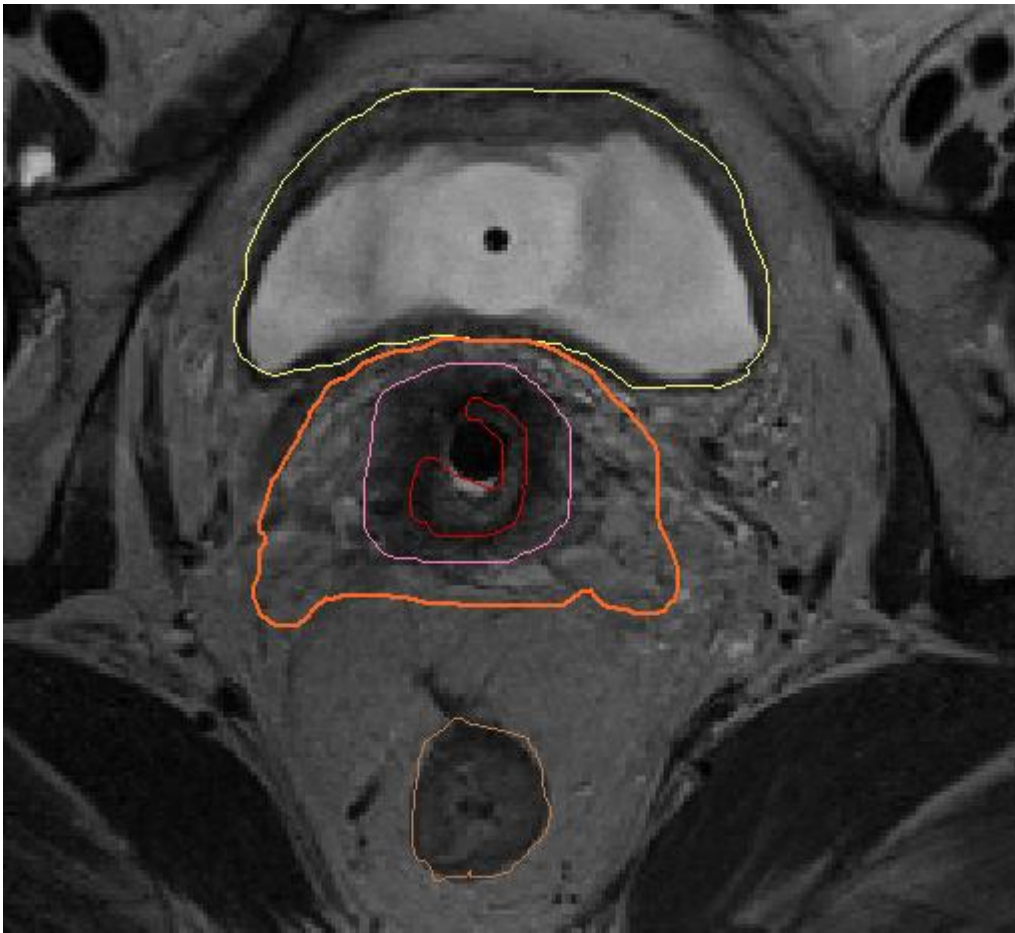
Figur 47. Bilder från Siemens Skyra 3T system i Stockholm (Karolinska) a) T1-viktad visualisering av tamponad (orange pil), b) T1-viktad sag applikator, c) T1w, and d) T1w.



Figur 48. Täckningsområdet för transversell T2w sekvens för cervix.



Figur 49. Applikator inritad på T2w bild i Oncentra dosplansystem.



Figur 50. Inritning av riskorgan och target på T2-viktad bild i Oncentra Nucletron dosplansystem.

# KVALITETSKONTROLL

Vid datum 2016-03-03 jobbar Arbetsspaket 4, Skonsam Strålbehandling med att sammanställa en QA-manual för MR i Strålterapi.

## Geometrisk noggrannhet

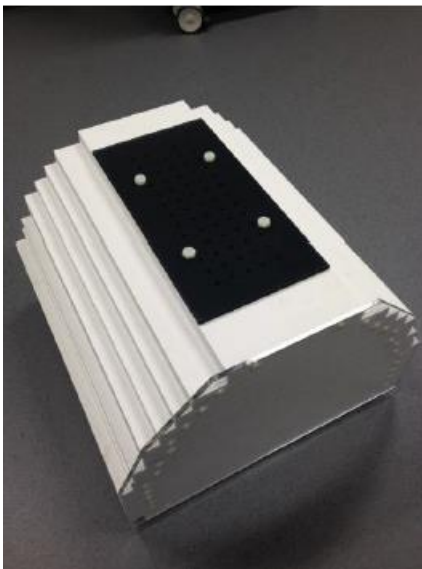
### GE-fantom

#### Innan du börjar

Det krävs en installation av utvärderingsprogramvara på MR-konsolen för att kunna få ut resultat från fantommätningen. GE kan vara behjälpliga i denna fråga. Det kan också krävas forskningsavtal. Som en referens till detta fantom, se Torfeh, 2016.

#### Upplägg av fantom

1. Se till att GE-systemet är ställt i research mode (på MR-konsolen, tryck på pilen på Toolbox ikonen, sen System Preferences, välj mode). För att se detta alternativ kan det krävas forskningsavtal med GE.



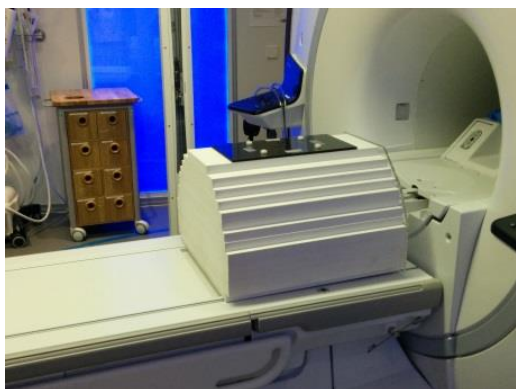
Figur 51. GE-fantomet uppifrån.

2. Definiera en ny patient med namn SpatAcc SpatAcc, personnummer 19111111-1111. Vikt 50 kg. Start Exam. Välj protokollet Template/QA Geometry Phantom 20XX-XX-XX, Accept. Detta förutsätter att ett protokoll finns definerat. Om det inte finns läs vidare och spara ner ett protokoll. Välj ”first level” på SAR och gradient. Accept. Lägg i plexiglasskivan i hålan i bordet. Se Figur 52.



Figur 52. GE-fantomet från sidan. Plexiglasskivan är lagd i bordet.

3. Lägg fantomet på plats. Det kan vara bra att vara två personer för att göra detta då fantomet väger 50 kg. Se till att fantomets undre piggar klickar i hålen i plexiglasskivan. Se till att kamerans röda laser sammanfaller med centrumkulan som syns högst upp på fantomet (på den svarta skivan, se Figur 53). Se också till att lasrarna i alla riktningar sammanfaller väl med de andra kulorna, dvs att fantomet står rakt. Använd ej externa lasern, se till att denna är avstängd helt då den kan ge en minskning av SNR i bilderna annars. Lås positionen på lasern och kör in bordet i tunneln.



Figur 53. På den svarta plattan kan man se om lasern sammanfaller korrekt med fantomets placering.

### Scanning av fantom

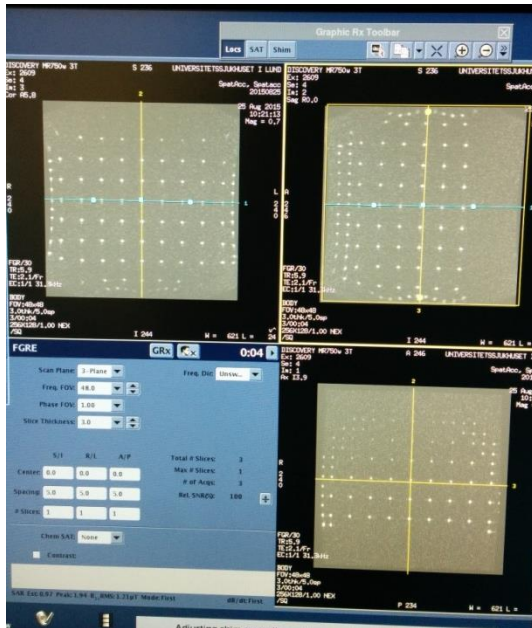
1. I protokollet du valt finns det en första SURVEY som heter FGRE Survey, scanna denna. Värdena bör vara ifyllda enligt nedan:

*Scan orientation should be "Head First". Change to 1 slice (at isocenter) per scan plane, FOV=48cm, Slice thick=3mm. Run auto prescan; if it fails, use manual prescan instead (your phantom is probably a little bit off the gradient axis). Scan the localizer. Evaluate phantom position in all 3 localizers and reposition/rescan if needed to center it "very well". A sphere along S/I = 0, R/L = 0 should be at isocenter (A/P position depends on the height of your phantom, and/or what system you are using). Try to get the LR and SI centering errors <1mm, and AP <3mm. The overall goal is to align one of the center spheres at (S/I = 0, L/R = 0) with the gradient isocenter. The center sphere is specified in the template.cfg file in spatial distortion analysis directory: /export/home/signa/tools/spatial\_tool/.*

2. För att veta felet på placeringen av fantomet kan man öppna ännu en survey (dubbelklicka på FGRE zero check, tryck sedan på vänsterpilen vid details), som om man



skulle planera den. Ändra i "center" fältet för de olika riktningarna. En perfekt placering resulterar i 0 på alla fält samt hårkors som löper genom centrumpunkten perfekt i alla riktningar. Genom att ändra "center" så kan man se när hårkorsen sammanfaller och på så sätt få ut avvikelser. Korrigera fantomet's fysiska position om placeringen inte är inom angivna marginaler, se ovan. Om placeringen är OK, behöver denna andra survey inte köras. Avståndet i AP kan inte ändras då det är höjden, detta får vara som det är. Denna avvikelse (ungefär 5 mm) syns i den transversella bilden, som visas när man trycker på vänsterpilen vid details. Se Figur 54.



Figur 54. Hårkorsen bör sammanfalla med centrumkulan i fantomet då avstånden sätts till 0.

- Planera sedan nästa scan i protokollet som heter Fast GRE QA 125 kHz genom att dubbelklicka på det. Detta scan är ett egenkompilerat scan som utgår från efgre3d men som tar hänsyn till de CV ändringar som GE säger att man ska ha. En komplicerad version som tar hänsyn till dessa CV ändringar för DV25 kan vid förfrågan fås av Christian Gustafsson (christian.k.gustafsson@skane.se). Ifall att det inte går att få tag i detta egenkompilerade scan är CV ändringarna enligt:

Setting CV's

Click "Save Rx" button.

Scan pull down -> Research -> Download.

The reposition table light may come on, but ignore.

Scan pull down -> Research -> Display CVs

Set CV ns3d\_flag = 1, click Accept (uses non-selective excitation)

Set CV opslblank = 0, click Accept

Set CV rhslblank = 0, click Accept

\*note\*(CVs opslblank and rhslblank == 0, prevents removal of outermost edges of the 3D slab)

Set CV xlFOV\_flag = 1, click Accept (allows FOV>48 cm, valid for 3DFGRE/EPI)

Set CV autolock = 1, click Accept (optional, turns ON raw data file save)  
 Scan pull down -> Research -> Download

Scannet ska ha värdena:

```

Coil:          BODY
Entry:         Head First
Orientation:   Supine
Imaging Options:
  Plane:       Axial
  Mode:        3D
  Family:      Gradient Echo
  Pulse:       Fast GRE
  Application: All deselected
  Imaging Options: All deselected

Scan Plane:    Axial
Freq FOV:     61.4 cm
Phase FOV:    1.00
Slice Thickness: 1.2 mm
Spacing:       NA
Freq. Direction: R/L
TR:           {auto calculated}... (should be about 6 msec)
#Slabs:       1
Loqs per Slab: 512
# of TEs/Scan: 1
TE:          Min full
Flip Angle:   12 deg
Intensity Corr: NONE
Intensity Filter: None
3D Geometry Corr: ON (selected)
Frequency:    512
Phase:        512
NEX:         2
Bandwidth:    62.5 kHz for 1.5T
              125...kHz for 3T

RF Drive Mode: Quadrature (choice only appears for MR750w and PET/MR)
Phase Correction: Off
Table Delta:   0.00
Advanced tab
  CV4:         0.00 Image acq. Delay(sec)
  CV6:         2.00 Turbo mode(0=off,1=Faster,2=Fastest)
  CV23:        100.0 Slice Resolution (70%-100%)
Chem SAT:     NONE
Contrast:     OFF (deselect)
AutoShim:    OFF

          S/I      L/R      P/A
Start:    I306.6  0.0    0.0
End:      S306.6  ---    ---

#Acqs:     1 (verify)

Scan time: ~54:49 @62.5kHz, ~40min @125kHz,

```

4. Save RX. Pilen vid Scan, Kör Auto prescan och skriv ner parametrarna TG, R1, R2. Här sätts även centerfrekvens automatiskt. Kör manual Prescan, verifiera att TG, R1, R2 är satta till R1:13 R2:15 TG:137, om inte, ändra dessa. **Sätt Gradshims X,Y,Z = [0,0,0]**
5. Scan.

### För att göra flera scan

*For first series, use Auto Prescan, and write down prescan parameters. These will need to be the same for all series within the exam. For second series, use manual prescan to set TG, R1, R2 and CF to the same as for series 1. If auto prescan fails, the phantom may be a little of iso center, use the 3-plane localizer to align. Otherwise, use manual prescan: Manual prescan parameters: TG=157, R1=13, R2=15, Gradshims X,Y,Z = [0,0,0]*

### Scan

*Note: TG is the transmit gain of the analog signal coming from the exciter, and is displayed in 1/10dB, R1 is the analog receive gain, R2 is the digital receive gain, originating from the reconstruction blade (ICN/VRE). Gradshims are applicable only for larges masses, and can thus be set to zero.*

*Note: To repeat scan with alternate parameter(s):*

*Right click scanned series, and press "Duplicate and setup" (this retains previous CV mods) Modify protocol parameters (Bandwidth and/or NEX)*

Save Rx

Download

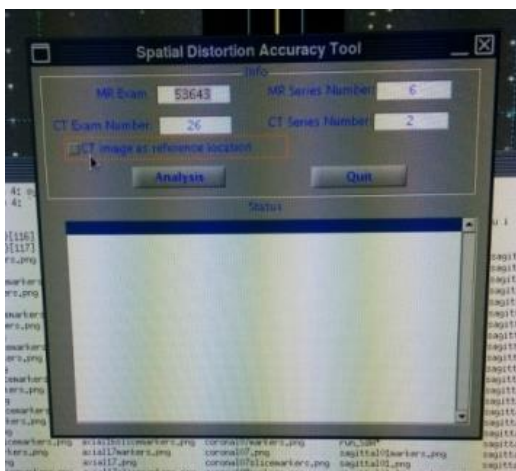
Manual prescan – verify manual prescan parameters are the same as for last series.

Scan

## Processering av scandata på konsol

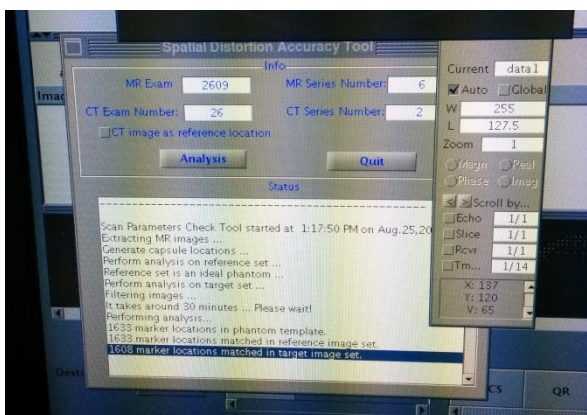
1. Extrahera data på MR-konsolen genom att öppna ett terminalfönster, skriv:  
`cd /export/home/signa/tools/spatial_tool`  
`run_SDA`

Nu startar utvärderingsprogrammet, kryssa ur ”CT image as reference image”. Du måste skriva in MR Exam och MR series number. Dessa kan du hitta i Patient Explorer. Se Figur 55.



Figur 55. Utvärderingsprogrammet som körs på MR-konsolen. MR-exam och MR Series Number hittas i patient explorer.

2. Välj den serie du vill utvärdera. Tryck på Analysis, detta tar max 5 minuter. I ett av fönsterna som dyker upp kan man se hur många referenspunkter som blev matchade. Skriv upp antalet ”marker locations matched in target image set”. Se Figur 56.



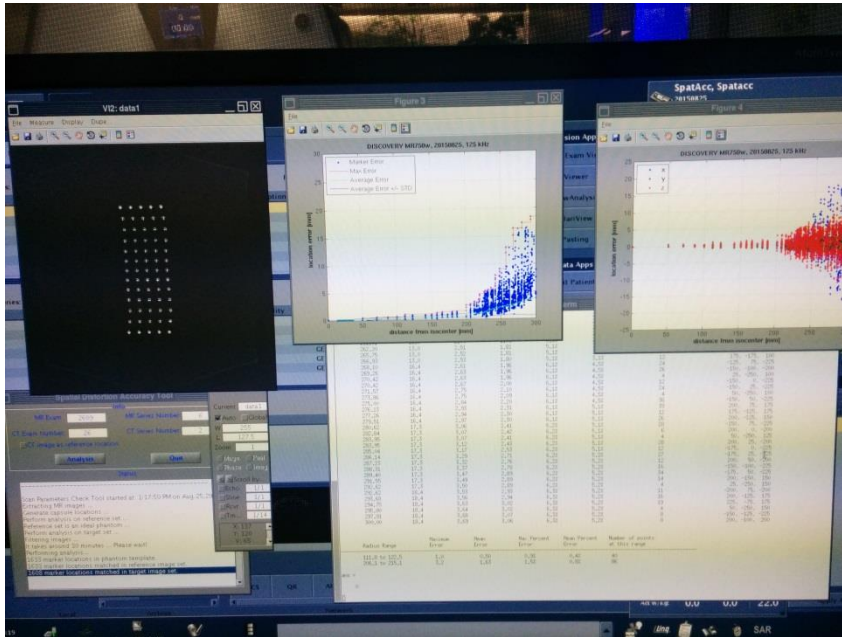
Figur 56. Utvärderingen är klar. Längst nere i loggen står hur många markörer som blev matchade.



3. Ett annat fönster visar utvärderingen av data. Samma utvärdering kan göras offline med Matlab. Filen som används för detta är `this_err.mat` och finns nu i katalogen där du står. Döp om denna till `this_err_125khz_2015-XX-XX.mat` eller med passande namn för annan bandbredd. Detta görs genom att vara i korrekt katalog och skriva

```
mv this_err.mat this_err_125khz_2015-XX-XX.mat
```

Resultatfilen finns nu på konsol, se Figur 57, och kan hämtas genom SFTP och därefter utvärderas offline med Matlab.



Figur 57. Utvärderingen är klar och grafer visar på MR-konsolen.

### Utvärdering av data offline i Matlab

Hämta data genom att till exempel använda FileZilla

IP: IP-adress till MR-konsolen

USER/PASS är samma som du använder när du loggar in på morgonen på MR-konsolen

Gå till katalog `/export/home/signa/tools/spatial_tool`

Sortera efter namn

För över korrekt `.mat` fil.

### Utvärdera data

För offlineutvärdering av data kan man använda följande Matlabkod:

```
load('this_err_125khz_20XX-XX-XX.mat');

figure;plot(sortrads,sorterr,'.',...
    plotmaxrads,plotmaxerr,'r',...
    maxrads,avgerr,'g',...
    maxrads,avgerr+stderr,'b',...
    maxrads,avgerr-stderr,'b');
axis([0 300 0 30]); grid on;
```

```

legend('Marker Error','Max Error','Average Error','Average Error +/-
STD','Location','NorthWest');
xlabel('\bfdistance from isocenter [mm]');
ylabel('\bflocation error [mm]');
title(['\bf', plotTitle ' Plot 1']);
saveas(gcf, ['TOTAL_error_' plotTitle], 'png');

figure; plot(rad, E(1,:), '.', rad, E(2,:), '.', rad, E(3,:), '.');
axis([0 300 -25 25]); grid on;
legend('\bfx', '\bfy', '\bfz', 'Location', 'NorthWest');
xlabel('\bfdistance from isocenter [mm]');
ylabel('\bflocation error [mm]');
title(['\bf', plotTitle ' Plot 2']);
saveas(gcf, ['XYZ_error_' plotTitle], 'png');

% Use the following variables from your MATLAB workspace: matchT, matchR
and E.

% DEF: matchT = location of identified markers in image data
% DEF: matchR = location of reference markers

% DEF: E = (matchT-matchR)*1000; Vector of errors, unit is mm (vector
pointing from matchR to matchT)

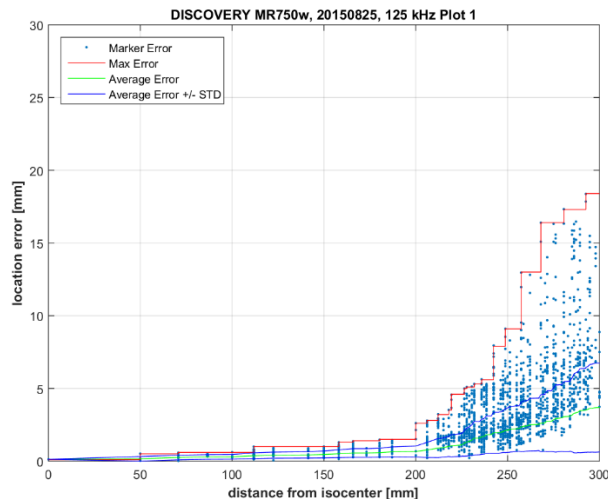
```

Följande filer sparas ner:

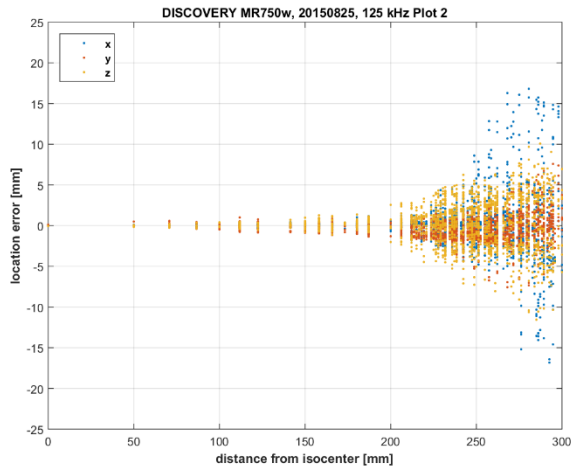
TOTAL\_error\_DISCOVERY MR750w, DATUM, 125 kHz.png

XYZ\_error\_DISCOVERY MR750w, DATUM, 125 kHz.png

Dessa filer kan sedan bläddras emellan för att se ändringar i systemets prestanda, se Figur 58 och Figur 59.



Figur 58. Data visar avvikelse (max, medel) till markör som funktion av avstånd till iso-center.



Figur 59. Data visar alla matchade punkters avvikelse som funktion av avstånd till iso-center.

## REFERENSER

Dempsey C., Arm J., Best L., Govindaravalu G., Capp A., O'Brien P. Optimal single 3T MR imaging sequence for HDR brachytherapy of cervical cancer. *Journal of Contemporary Brachytherapy* 2014;6,1:3-9.

Dimopoulos J., Petrow P., Tanderup K. et al. Recommendations from Gynaecological (GYN) GEC-ESTRO Working Group (IV): Basic principles and parameters for MR imaging within the frame of image based adaptive cervix cancer brachytherapy. *Radiother Oncol* 2012;103: 113-122.

Liney, G. P. and M. A. Moerland (2014). "Magnetic resonance imaging acquisition techniques for radiotherapy planning." *Semin Radiat Oncol* 24(3): 160-168.

Paulson, E. S., et al. (2015). "Comprehensive MRI simulation methodology using a dedicated MRI scanner in radiation oncology for external beam radiation treatment planning." *Med Phys* 42(1): 28-39.

Integration of MRI into the radiotherapy workflow, PhD thesis, Joakim Jonsson, Umeå Universitet

...

## APPENDIX A - LEVERANTÖRSSPECIFIKA SEKVENSFÖRSLAG

Till de leverantörspecifika sekvensförslagen så ska rekommendationer givna i Generell introduktion, s. 6, samt Prostata, s. 36, appliceras. Detta kan exempelvis röra fixering, signalhomogenisering, 3D-distorsionskorrektioin och frånvaro av distans mellan bildsnitten.

### Hjärna

#### GE

##### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel		Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

##### 3T – Discovery 750W

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1W	6ch phased-array	BRAVO	7.8	3.2	256	1.0	1.0x1.0	244	Sag		GRE	3D	
T2W	6ch phased-array	T2 FSE	9265	102	220	4.0	0.4x0.4	195	Tra		SE	2D	
T2W FLAIR	6ch phased-array	T2 FLAIR	11000	90	220	4.0	0.7x0.86	223	Tra		SE	2D	
T1W Gd	6ch phased-array	BRAVO	7.8	3.2	256	1.0	1.0x1.0	244	Sag		GRE	3D	

##### 3T – Signa PET/MR

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1W	HNU	FSPGR	8.5		250	1.0	0.9x1.2	244	Tra		GRE	3D	3D-korr. + intentitetskorr.
T2W	HNU	PROPELLER	7898	100	220	2.0	0.5x0.5	223	Tra		SE	2D	3D-korr. + intentitetskorr.
T2W FLAIR	HNU	FSPGR	8.5		250	1.2	0.9x0.9	244	Sag	FatSat + FLAIR	SE	3D	3D-korr. + intentitetskorr.
T1W Gd	HNU	CUBE	6000	134	240	1.0	0.9x1.2	244	Tra		GRE	3D	3D-korr. + intentitetskorr.

## Siemens

### 1.5T – Aera

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1W	2 x Flex L	T1 TSE	577	7.5	240	3.0	0.9x0.9	300	Tra		SE	2D	
T2W	2 x Flex L	T2 TSE	4265	86	240	3.0	0.9x0.9	191	Tra		SE	2D	
T2W FLAIR	2 x Flex L	T2 TIRM	8180	89	240	3.0	1.2x1.3	180	Tra		SE	2D	
T1W Gd	2 x Flex L	T1 TSE	577	7.5	240	3.0	0.9x0.9	300	Tra		SE	2D	

### 3T – Skyra

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

## Philips – sekvensrekommendation från tillverkare

### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	TSE 3D View	2500	213	250 x 200 x 200	2.0	1.0 x 1.0	935.9	Tra	none	Spin Echo	3D	Tid: 6:33 min
FLAIR 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	IRTSE 3D View	4800	291	250 x 200 x 200	2.0	1.16 x 1.16	1091.8	Tra	SPIR	Spin Echo Inversion recovery	3D	Tid: 6:24 min
T1 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	TFE 3D	8.0	3.5	250 x 200 x 200	2.0	1.0 x 1.0	228.6	Tra	none	GRE	3D	Tid 6:23 min
OPTIONER													
Metal object detection Tra	Posterior coil + 2x FlexL	b-TFE 3D	6.7	4.6	250 x 200 x 200	2.0	1.5 x 1.5	1417.2	Tra	none	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Tid 1:44 min
T2 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	TSE SPAIR 3D View	2000	202	180 x 180 x 90	2.0	1.15 x 1.14	1014.2	Tra	SPAIR	Spin Echo	3D	Tid 5:22 min
T1 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	e-THRIVE 3D	4.6	2.2	180 x 180 x 90	2.0	1.15 x 1.15	432.8	Tra	SPAIR	Gradient Echo	3D	Tid 5:22 min
T1+FS 2D Ax	Posterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	594	15	180 x 180 x 90	2.0	1.25 x 1.30	1085.1	Tra	mDixon	Spin Echo	2D	Tid 6:42 min
T2+FS 2D Ax	Posterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	2895	90	180 x 180 x 90	2.0	1.25 x 1.26	975.3	Tra	mDixon	Spin Echo	2D	Tid 8:42 min

### 3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	TSE 3D View	2500	232	250 x 200 x 200	2.0	1.0 x 1.0	935.9	Tra	none	Spin Echo	3D	Tid 6:32 min
FLAIR 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	IRTSE 3D View	4800	322	250 x 200 x 200	2.0	1.16 x 1.16	1091.8	Tra	SPIR	Inversion Recovery Spin Echo	3D	Tid 6:24 min
T1 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	TFE 3D	8.0	3.5	250 x 200 x 200	2.0	1.0 x 1.0	455.1	Tra	none	Gradient Echo	3D	Tid 6:24 min
Option													
Metal object detection Tra	Posterior coil + 2x FlexL	b-TFE 3D	4.0	1.99	250 x 200 x 200	2.0	1.5 x 1.5	620.0	Tra	SPAIR	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Tid 2:34 min
T1 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	e-THRIVE 3D	4.6	2.2	180 x 180 x 90	2.0	1.15 x 1.15	456.6	Tra	SPAIR	Gradient Echo	3D	Tid 4:54 min
T2 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	TSE SPAIR 3D View	2000	240	180 x 180 x 90	2.0	1.0 x 1.0	879.0	Tra	SPAIR	Spin Echo	3D	Tid 5:46 min
T1+FS 2D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	624	6.7	180 x 180 x 90	2.0	1.05 x 1.07	908.4	Tra	mDixon	Spin Echo	2D	Tid 6:42 min
T2+FS 2D Tra	Posterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	2824	100	180 x 180 x 90	2.0	1.10 x 1.16	518.5	Tra	mDixon	Spin Echo	2D	Tid 8:42 min

## Hjärna Stereotaxi

GE

1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

Siemens

1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 utan kontrast	2 x Flex L	T1_TSE	582	7.5	250 x 87.5%	3	0.8 x 0.8	300 Hz	Tra		SE	2D	
T2		T2_TSE	5480	82	250 x 84.4%	2	0.8 x 0.8	191 Hz	Tra		SE	2D	
T2 FLAIR		T2_TIRM	8490	89	250 * 100%	3	1.3 x 1.3	180 Hz	Tra	Dark Fluid (IR)	SE	2D	TI=2438ms
T1 med kontrast		T1_TSE	582	7.5	250 x 87,5%	3	0.8 x 0.8	300 Hz	Tra		SE	2D	

3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat



# Philips

## 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

## 3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

## Huvud och hals

### GE

#### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

#### 3T – Discovery 750W

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 Tra	GEMRTSuite = 6 ch phased array GEM RT Open Array Gem Flex Coil 16 L array	Cube T1	600	Min	440	1	1x1x1	446 Hz	Cor		SE	3D	Rekon Tra 2mm med 0.86 mm spacing
T2 Tra		Cube T2	2500	Max	440	1	1x1x1	446 Hz	Cor		SE	3D	Rekon Tra 2mm med 0.86 mm spacing
T1 Tra Gd		Cube T1	600	Min	440	1	1x1x1	446 Hz	Cor		SE	3D	Rekon Tra 2mm med 0.86 mm spacing

#### 3T – Signa PET/MR

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 Tra	FlexLarge + CMA	IDEAL	718	9.2	240	4	0,68x1,1	355	Tra	DIXON	SE	2D	
T2 Tra		FRFSE	5624	102	240	4	0,47x0,75	244	Tra		SE	2D	
Sag T2		Propeller	5512	94	240	4	0,625x0,625	434	Sag		SE	2D	
Diffusion		FOCUS	6000	70,4	160x80	4	1,14x1,14	238	Tra	FAT Special	SE	2D	

## Siemens

### 1.5T – Aera

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 TSE	Flex S under förlängning av bord (nacke) + Body 18 med spolstöd (bågar)	T1_TSE	577	7.8	480 x 81,3%	3	1,1x1,1	302 Hz	Tra		SE	2D	Neck-shim samt WARP artefaktreducering
T2 TSE		T2_TSE	3630	80	400 x 81,3%	3	0,9*0,9	302 Hz	Tra		SE	2D	Neck-shim samt WARP artefaktreducering
T1 TSE Gd		T1_TSE	577	7.8	480 x 81,3%	3	1,1*1,1	302 Hz	Tra		SE	2D	Neck-shim samt WARP artefaktreducering
T1 TSE Gd		T1_TSE	577	7.8	480 * 81,3%	3	1,1*1,1	302 Hz	Tra	Fett (FatSat)	SE	2D	Neck-shim samt WARP artefaktreducering

### 3T – Skyra

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 Tra	Body 18	Vibe	5,56	2,46	300	2.0	0.8*0.8	320	Tra		GRE	3D	
T2 Tse		T2_TSE	12000	94	250	3.0	0.7*0.7	246	Tra		SE	2D	
T1 Tra		Vibe	907	12	245	3.0	0.5*0,5	399	Tra		SE	2D	

## Philips – Stora FOV - sekvensrekommendation från tillverkare

### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	TSE 3D View	2000	213	260 x 340 x 300	2.4	1.14 x 1.14	870.2	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Tid 6:14 min
Option													
T1 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	TFE 3D	6.6	3.2	260 x 340 x 300	2.4	1.14 x 1.14	228.4	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Tid 6:25 min
Metal object detection Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	b-TFE 3D	6.6	4.6	260 x 340 x 300	2.4	1.25 x 1.74	615.6	Transaxial	none	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Tid 3:15 min

T2+FS 2D Ax	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	3446	90	260 x 340 x 300	2.0	1.25 x 1.34	349.4	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Tid 7:39 min
T1+FS 2D Ax	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	590	15	260 x 340 x 300	2.0	1.25 x 1.32	228.9	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Tid 7:04 min
Motion detection sag/cor/tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	FFE 2D; 4 frames/sec	3.3	1.65	266 x 300 x 5	5.0	2.14 x 2.14	744.0	3-plane (sag/cor/tra)	none	Gradient Echo	2D	Tid 1:00 min
T1 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	TFE 3D	6.6	3.2	260 x 340 x 300	2.4	1.14 x 1.14	228.4	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Tid 6:25 min

### 3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	TSE 3D View	2200	303	260 x 340 x 300	2.0	1.0 x 1.0	763.1	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 8:28 min
Option													
T1 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	TFE 3D	8.0	3.5	260 x 340 x 300	2.0	1.0 x 1.0	452.6	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 7:31 min
T1 FS 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	e-THRIVE 3D	3.9	2.0	260 x 340 x 300	2.4	1.15 x 1.15	721.3	Transaxial	SPAIR	Gradient Echo	3D	Duration 6:38 min
Metal object detection Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	b-TFE 3D	7.4	4.6	260 x 340 x 300	2.4	1.25 x 1.74	1071.6	Transaxial	none	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Duration 3:37 min
T2+FS 2D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	2819	100	260 x 340 x 300	2.0	1.15 x 1.15	571.1	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Duration 8:13 min
T1+FS 2D Tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	mDixon TSE 2D	624	6.9	260 x 340 x 300	2.0	1.1 x 1.2	840.7	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Duration 7:39 min
Motion detection sag/cor/tra	Posterior coil + Anterior coil + 2x FlexL	FFE 2D; 4 frames/sec	2.6	1.7	257 x 300 x 5	5.0	2.14 x 2.14	1082.3	3-plane (sag/cor/tra)	none	Gradient Echo	2D	Duration 1:00 min

## Philips – Små FOV - sekvensrekommendation från tillverkare

### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
---------	-------	------------------------	---------	---------	----------	-------------------	-------------------	---------------------	-------------------	----------------------------------	---------------	-------------	-------

T2 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	TSE 3D View	2500	212	220 x 220 x 120	2.0	1.0 x 1.0	947.0	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 6:13 min
Option													
T1 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	TFE 3D	8.0	3.5	220 x 220 x 120	2.0	1.0 x 1.0	228.2	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 6:28 min
Metal object detection Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	b-TFE 3D	7.6	4.6	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.26	289.4	Transaxial	none	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Duration 2:54 min
T2 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	TSE SPAIR 3D View	2000	220	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.25	1101.1	Transaxial	SPAIR	Spin Echo	3D	Duration 6:24 min
T1 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	e-THRIVE 3D	4.7	2.3	220 x 220 x 120	2.0	1.15 x 1.15	434.0	Transaxial	SPAIR	Gradient Echo	3D	Duration 5:54 min
T2+FS 2D Ax	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	mDixon TSE 2D	2988	90	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.34	349.9	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Duration 8:22 min
T1+FS 2D Ax	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	mDixon TSE 2D	537	15	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.32	228.7	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Duration 7:02 min
Motion detection sag/cor/tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	FFE 2D; 4 frames/sec	3.4	1.66	220 x 220 x 5	5.0	2.14 x 2.14	724.0	3-plane (sag/cor/tra)	none	Gradient Echo	2D	Duration 1:00 min

### 3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	TSE 3D View	2500	239	220 x 220 x 120	2.0	0.95 x 0.95	898.0	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 6:33 min
Option													
T1 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	TFE 3D	8.0	3.5	220 x 220 x 120	2.0	1.0 x 1.0	456.4	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 6:28 min
T2 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	TSE SPAIR 3D View	2000	220	220 x 220 x 120	2.0	1.15 x 1.15	1009.3	Transaxial	SPAIR	Spin Echo	3D	Duration 7:14 min
T1 FS 3D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	e-THRIVE 3D	4.1	2.0	220 x 220 x 120	2.0	1.15 x 1.15	723.4	Transaxial	SPAIR	Gradient Echo	3D	Duration 7:02 min
Metal object detection Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	b-TFE 3D	7.4	4.6	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.26	578.7	Transaxial	none	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Duration 1:40 min
T1+FS 2D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	mDixon TSE 2D	650	6.5	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.34	1101.1	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Duration 5:35 min
T2+FS 2D Tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	mDixon TSE 2D	2510	100	220 x 220 x 120	2.0	1.25 x 1.26	514.6	Transaxial	mDixon	Spin Echo	2D	Duration 6:04 min
Motion detection sag/cor/tra	Posterior coil + 2x FlexL/M/S	FFE 2D; 4 frames/sec	2.7	1.19	220 x 220 x 120	5.0	1.72 x 1.74	1085.1	3-plane (sag/cor/tra)	none	Gradient Echo	2D	Duration 1:00 min

## Prostata

### GE

#### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

#### 3T – Discovery 750W

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 tra	Anterior Array	GRE	8.2	1.4	280	2.5	1.2 x 1.2	1232	Tra	Dixon, använd vattenbilden	GRE	2D	
T2 Sag	Anterior Array	FRFSE	6129	102	240	3.0	0.5 x 0.8	450	Sag		SE	2D	
T2 Tra	Anterior Array	FRFSE	5568	102	240	3.0	0.5 x 0.8	450	Tra		SE	2D	
Diffusion	Anterior Array	FOCUS	3775	69.4	20	3.6	2 x 2	5208	Tra			2D	b-värden 200,800, 4 8 16 NEX
Diffusion	Anterior Array	Alternativt EPI 2D Diff	4250	73	200	3,6	2 x 1.5	5208	Tra	Fat		2D	b-värden 200,800. Acc 2.

### Siemens

#### 1.5T – Aera

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 tra	Body 18	T1_VIBE	7.46	4.77	420	2.0	1.1 x 1.1	330 Hz	Tra		GRE	3D	Vid höftprotes används WARP för artefaktreducering
T2 Sag	Body 18												
T2 Tra	Body 18	T2_TSE	12100	102	420	2.0	0.8x0.8	230 Hz	Tra		SE	2D	Vid höftprotes används WARP för artefaktreducering

Diffusion	Body 18												
-----------	---------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### 3T – Skyra

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1 tra	Body 18	T1_VIBE	4.57	2.46	390	2.0	1.2 x 1.2	450	Tra		GRE	3D	
T2 Sag	Body 18												
T2 Tra	Body 18	T2_TSE	15880	121	220	3.0	0.7 x 0.7	450	Tra		SE	2D	
T2 Tra fatsat	Body 18												
Diffusion	Body 18												

## Philips

### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 3D Full Contour (M)	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	224	350 x 451 x 300	2.4	1.15 x 1.15	763.1	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 7:02 min
Internal markers (FFE)	Posterior coil + Anterior coil	FFE 3D	7.9	3.9	180 x 180 x 90	2.0	0.95 x 0.95	183.2	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 1:17 min
Option													
MRCAT source (M) Tra	Posterior coil + Anterior coil	FFE 2D mDixon	5.7	1.61	350 x 451 x 300	2.5	1.7 x 1.7	538.0	Transaxial	Dixon	Gradient Echo	2D	For MR-only simulation - MRCAT generation; Duration 3:20 min
MRCAT source (L) Tra	Posterior coil + Anterior coil	FFE 2D mDixon	5.8	1.62	368 x 552 x 300	2.5	1.7 x 1.7	535.8	Transaxial	Dixon	Gradient Echo	2D	For MR-only simulation - MRCAT generation; Duration 4:04 min
T2 3D Full Contour (L)	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	244	368 x 552 x 300	2.4	1.15 x 1.15	620.0	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 7:26 min
Metal detection scan Tra	Posterior coil + Anterior coil	FFE 3D	6.7	4.6	340 x 462 x 300	2.4	1.05 x 1.99	612.4	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 2:33 min
T1 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil	TFE 3D	6.7	3.3	180 x 180 x 90	2.4	1.1 x 1.1	228.2	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 6:14 min
T2 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	222	180 x 180 x 90	2.4	1.0 x 1.0	879.0	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 6:44 min
T1 FS 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil	e-THRIVE 3D	6.6	3.2	180 x 180 x 90	2.4	1.18 x 1.2	228.4	Transaxial	SPAIR	Gradient Echo	3D	Duration 6:04 min

T2 FS 3D Tra	Posterior coil + Anterior coil	TSE SPAIR 3D View	2000	192	180 x 180 x 90	2.4	1.25 x 1.25	1098.8	Transaxial	SPAIR	Spin Echo	3D	Duration 5:14 min
T2 2D Tra	Posterior coil + Anterior coil	TSE 2D	4174	80	180 x 180 x 90	2.0	1.18 x 1.28	310.3	Transaxial	none	Spin Echo	2D	Duration 6:03 min
T1 2D Tra	Posterior coil + Anterior coil	TSE 2D	400	15	180 x 180 x 90	2.0	1.18 x 1.28	303.5	Transaxial	none	Spin Echo	2D	Duration 5:17 min
T2 3D Sag	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	239	180 x 180 x 90	2.0	1.05 x 1.05	688.9	Sagittal	none	Spin Echo	3D	Duration 6:50 min
Motion detection sag/cor/tra	Posterior coil + Anterior coil	FFE 2D; 5 frames/sec	3.3	1.66	400 x 400 x 5	5.0	3.03 x 3.03	745.6	3-plane (sag/cor/tra)	none	Gradient Echo	2D	Duration 1:00 min

### 3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
<b>T2 3D Full Contour (M)</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	258	350 x 451 x 300	2.4	1.15 x 1.15	652.7	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 7:02 min
<b>Internal marker scan Ax</b>	Posterior coil + Anterior coil	b-FFE 3D	7.2	3.6	180 x 180 x 90	2.0	0.85 x 0.85	217.2	Transaxial	none	balanced Gradient Echo (bSSFP)	3D	Duration 1:46 min
<b>Option</b>													
<b>MRCAT source (M) Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	FFE 2D mDixon	3.9	1.21	350 x 451 x 300	2.5	1.7 x 1.7	1071.6	Transaxial	mDixon	Gradient Echo	2D	For MR-only simulation - MRCAT generation; Duration 2:17 min
<b>T2 3D Full Contour (L)</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	282	368 x 552 x 300	2.4	1.15 x 1.15	620.0	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 7:26 min
<b>MRCAT source (L) Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	FFE 2D mDixon	3.9	1.21	368 x 552 x 300	2.5	1.7 x 1.7	1071.6	Transaxial	mDixon	Gradient Echo	2D	For MR-only simulation - MRCAT generation; Duration 2:48 min
<b>Metal detection scan Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	FFE 3D	6.7	4.6	340 x 462 x 300	2.4	1.05 x 1.99	964.5	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 2:34 min
<b>T1 3D Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	TFE 3D	20	2.4	180 x 180 x 90	2.4	1.1 x 1.1	456.4	Transaxial	none	Gradient Echo	3D	Duration 4:04 min
<b>T2 3D Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2200	240	180 x 180 x 90	2.4	1.0 x 1.0	841.8	Transaxial	none	Spin Echo	3D	Duration 6:43 min
<b>T1 FS 3D Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	e-THRIVE 3D	3.8	1.99	180 x 180 x 90	2.4	1.18 x 1.2	783.2	Transaxial	SPAIR	Gradient Echo	3D	Duration 3:58 min



<b>T2 FS 3D Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE SPAIR 3D View	2000	217	180 x 180 x 90	2.4	1.18 x 1.19	1040.9	Transaxial	SPAIR	Spin Echo	3D	Duration 4:58 min
<b>T2 2D Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE 2D	4050	100	180 x 180 x 90	2.0	1.25 x 1.33	459.3	Transaxial	none	Spin Echo	2D	Duration 5:16 min
<b>T1 2D Tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE 2D	542	8.0	180 x 180 x 90	2.0	1.25 x 1.26	459.3	Transaxial	none	Spin Echo	2D	Duration 5:03 min
<b>T2 3D Sag</b>	Posterior coil + Anterior coil	TSE 3D View	2000	258	180 x 180 x 90	2.0	1.0 x 1.0	688.9	Sagittal	none	Spin Echo	3D	Duration 6:50 min
<b>Motion detection sag/cor/tra</b>	Posterior coil + Anterior coil	FFE 2D; 5 frames/sec	2.7	1.34	400 x 400 x 5	5.0	3.03 x 3.03	1479.5	3-plane (sag/cor/tra)	none	Gradient Echo	2D	Duration 1:00 min

## Cervix

### GE

#### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

#### 3T – Discovery 750W

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T2 Sag	Anterior Array	T2 SE	8854	120	200	3	0.7 x 0.7	289 Hz	Sag		SE	2D	
T2 Ring		T2 SE	6650	102	300	3	1.0 x 1.3	289 Hz	Ring		SE	2D	
T1 Bravo Ring		Bravo	7.7	3.1	300	1	1.2 x 1.2	244 Hz	Ring		GE	3D	
T2 Appl cor		T2 SE	4626	102	300	3	1.0 x 1.3	289 Hz	Applikator		SE	2D	
T2 Tra		T2 SE	5991	120	200	3	0.7 x 0.7	289 Hz	Tra		SE	2D	

## Siemens

#### 1.5T – Aera

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
T1	Buk	Vibe	4.95	2.46	170	2 mm/ 0 mm gap		530	Tra		GE	3D	
T2	Buk	TSE	9500	89	170	2 mm/ 0 mm gap		252	Tra		SE	2D	

#### 3T – Skyra

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat
---------	-------	------------------------	---------	---------	----------	-------------------	-------------------	---------------------	-------------------	----------------------------------	---------------	-------------	-------


## Philips

### 1.5T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

### 3T

Sekvens	Spole	Produktnamn på sekvens	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	Snittjocklek (mm)	Pixelstorlek (mm)	Bandbredd per pixel	Vinkling av snitt	Vävnadsundertryckning och teknik	Sekvensfamilj	2D eller 3D	Annat

# APPENDIX B – SÄKERHETSHANDBOK

Version 1, 2016-03-10

Bilaga till:  
Metodbok för användande av MR inom Strålterapi  
Version 3 2016-03-10

# Säkerhetshandbok MR-verksamhet

inom  
Strålterapi

Version 1, 2016-03-10

Bilaga till:  
Metodbok för användande av MR inom Strålterapi  
Version 3 2016-03-10



# INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Introduktion .....	3
Målsättning .....	3
Översikt.....	3
Policy Magnetkameran.....	4
Bakgrund.....	4
Olycksrisker.....	4
Skyltning vid Magnetkameran.....	5
Skyltning av utrustning .....	6
Markering i golv.....	7
Inträde till magnetkamerans undersökningsrum.....	7
Regler för metallföremål och utrustning.....	7
Helium och Nödstopp.....	11
Brand.....	12
Biologiska effekter av magnetkamerans fält .....	13
Det statiska magnetfältet .....	13
Det tidsvarierande magnetfältet .....	13
Det radiofrekventa fältet .....	14
Policy Patientundersökningar .....	16
Gränsvärden för patienter .....	16
Gränsvärden för forskningspersoner.....	17
Gränsvärden för allmänhet och anhöriga .....	18
Kontrollista patienter .....	18
Rutiner vid upplägg av patient.....	18
Rutiner vid medföljande stödperson .....	19
Implantat och främmande metalliska material.....	20
Kontrastmedel.....	27
Gravida patienter .....	29
Forskning <i>in vivo</i> .....	30
Policy Personal.....	31
Gränsvärden för personal.....	31
Gravid personal.....	31
Kontrollista personal.....	32
Säkerhetsutbildning .....	32
Referenser och länkar.....	33
Referenser.....	33
Länkar.....	34



Bilaga I - Kontrollistor.....	35
Bilaga II - Gränsvärden med kommentarer.....	41
Det statiska magnetfältet.....	42
Det tidsvarierande magnetfältet: virvelströmmar .....	43
Det tidsvarierande magnetfältet: ljudnivåer .....	44
Det radiofrekventa fältet .....	45
Bilaga III - Shellocks terminologi angående implantat.....	47
Safe (MR-säker).....	47
Conditional (MR-villkorlig).....	47
Unsafe (MR-farlig).....	48
Bilaga IV - Ordlista.....	50

# INTRODUKTION

## Målsättning

Denna säkerhetshandbok är baserad på Sahlgrenska Universitetssjukhusets säkerhetshandbok för MR-verksamhet inom SU version 4/2015-01-28, ett dokument framtaget av MFT/Diagnostisk strålningsfysik i samråd med MR-avdelningarna på Sahlgrenska sjukhuset, Mölndals sjukhus, Östra sjukhuset och Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus.

Denna säkerhetshandbok vänder sig till alla inom strålterapi som arbetar med magnetkameror (MR), i MR-miljö eller har patientkontakt med MR-patienter.

Syftet med boken är:

- ▷ Att all personal som arbetar med MR, i MR-miljö, med MR-patienter, eller arbetar på en avdelning som har en magnetkamera, skall ha grundläggande kunskaper om MR-säkerhet. Informationen skall vara förstahandsinformation.
- ▷ Att ge förslag till tydliga och gemensamma lokala policys och säkerhetsregler.
- ▷ Att all personal med patientkontakt skall kunna svara på patientens frågor om MR-säkerhet.
- ▷ Att all personal benämner utrustningen på ett korrekt sätt, dvs. ”Magnetkamera”, ”MR” ”MR-kamera”, ”Magnetisk resonans” eller ”Magnetresonanstomograf”.

## Översikt

Läkare, sjuksköterskor, fysiker och forskare som arbetar med MR, eller har patientansvar för MR-patienter skall ha kunskap motsvarande innehållet i kapitlen:

- ▷ Introduktion
- ▷ Policy Magnetkameran
- ▷ Biologiska effekter av magnetkamerans fält
- ▷ Policy Personal
- ▷ Policy Patientundersökningar

All personal som inte inkluderas ovan men som arbetar i MR-miljö (t.ex. medföljande läkare, undersköterskor, anestesipersonal, tekniker), som har kontakt med MR-patienter (ex. boknings- och mottagningspersonal), har sin arbetsplats på avdelningen (alla personalkategorier) eller av andra anledningar vistas på MR-avdelningen (ex. städpersonal) ska minst ta del av kapitlen:

- ▷ Introduktion
- ▷ Policy Magnetkameran

En del begrepp i dokumentet är förklarade mer detaljerat i Bilaga IV - Ordlista.

# POLICY MAGNETKAMERAN

## Bakgrund

En magnetkamera innehåller en stark magnet (som genererar ett s.k. statiskt magnetfält) där fältstyrkan mäts i enheten Tesla (T). I Sverige finns kliniska magnetkameror med fältstyrkor upp till 3 T, där 1,5 T är den vanligaste förekommande. För att generera bilder behövs också magnetfältsgradienter (ett s.k. gradientfält eller tidsvarierande magnetfält) och radiovågor (ett s.k. radiofrekvent fält). I detta dokument kommer begreppet ”fält” att användas d.v.s. ”**statiskt magnetfält**”, ”**tidsvarierande magnetfält**”, respektive ”**radiofrekvent fält**” (”**RF-fält**”). Det tidsvarierande magnetfältet och radiofrekventa fältet är endast på under bildtagning. Det statiska magnetfältet är på dygnet runt.

Notera att MR **INTE** använder någon röntgenstrålning. **MR ger därför ingen stråldos och har helt andra säkerhetsaspekter.**

MR är en förkortning för ”Magnetic Resonance”, på svenska ”Magnetisk Resonans” eller ”Magnetresonans”. För att inte blanda ihop MR med datortomografi/CT (som är en röntgenbaserad teknik) är det viktigt att benämna utrustningen på ett korrekt sätt<sup>1</sup>. Använd någon av benämningarna:

- ▷ Magnetkamera
- ▷ MR-kamera
- ▷ Magnetisk Resonans/Magnetresonans (MR)
- ▷ Magnetresonanstomograf (MRT)
- ▷ Magneteten

I artiklar och litteratur används även begreppen ”MRI” (Magnetic Resonance Imaging) och ”MRT” (Magnetic Resonance Tomography).

I detta dokument används begreppen ”**Magnetkamera**” och ”**MR**”.

## Olycksrisker

En av de största farorna med magnetkameror är olycksrisken. Metallföremål kan attraheras av magnetfältet och flyga mot magneteten och då träffa patient, personal eller anhöriga. Endast föremål som är garanterat omagnetiska eller anpassade för MR-miljö får därför tas in i undersökningsrummet. Det har hänt allvarliga olyckor orsakade av bland annat gasflaskor och saxar som flugit mot magneteten. Ett dödsfall inträffade i USA då en syrgasflaska träffade en 6-årig pojke.

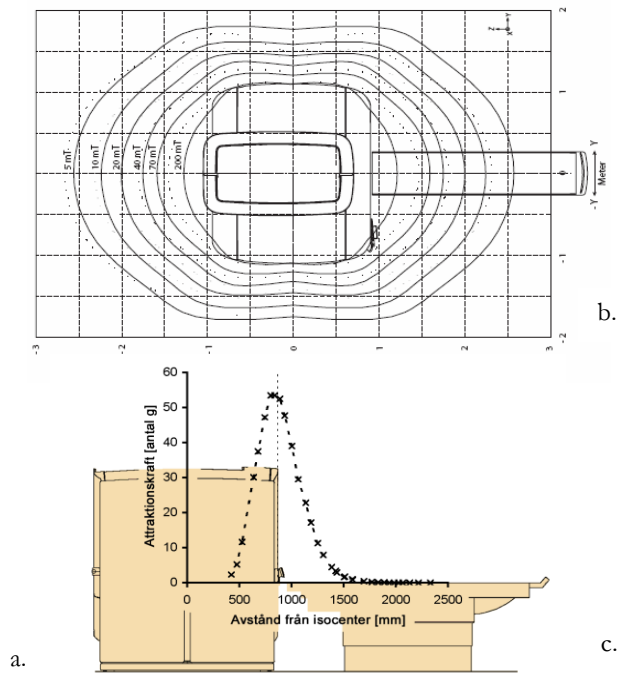
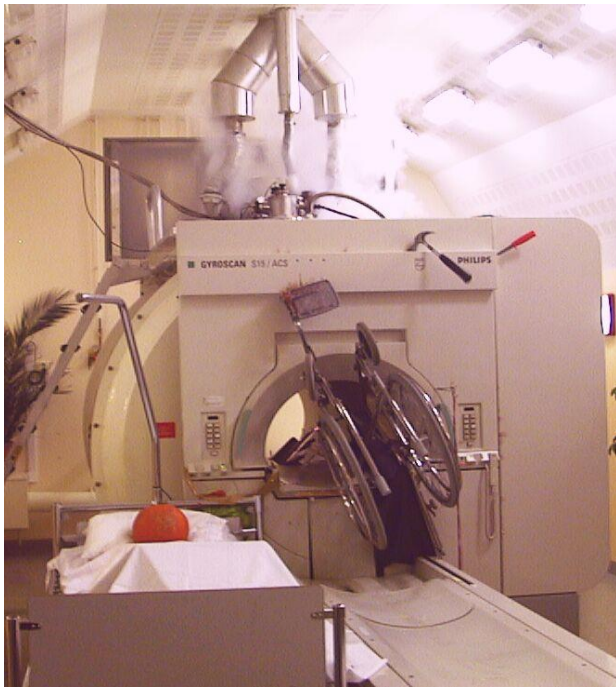
Observera att även föremål som är anpassade för att användas i undersökningsrummet, t.ex. droppställningar och anesthesiutrustning, kan dras mot magneteten och därför bara är tillåtna inom speciellt förbestämda områden.

Större metallföremål som träffar magneteten kan, förutom personskada, orsaka dyrbara reparationer av magneteten. Små metallföremål som flyger in i magneteten kan orsaka homogenitetsproblem i maskinen och därmed ge bildfel. Ett litet gem eller hårnål kan kraftigt försämra kamerans homogenitet.

En del medicinska implantat och metallföremål i kroppen kan vridas eller på annat sätt påverkas av magnetfältet och orsaka skador.

---

<sup>1</sup> Begreppet ”Magnetrontgen”, som är vanligt i massmedia, är grovt felaktigt. Med detta begrepp blandas MR och datortomografi ihop, vilket är olyckligt eftersom det är två mycket olika tekniker med helt olika säkerhetsaspekter. En datortomograf använder röntgenstrålning och en datortomografiundersökning ger därför stråldos till patienten.



Figur 1. Olycksrisker med magnetkamera: a) säng, rullstol, sax och hammare (arrangerad bild) b. ströfält kring en magnetkamera (Philips Achieva 1,5 T) c. Magnetens dragningskraft vid olika avstånd från magneten är ett mått på den spatiella (rumsliga) gradientstyrkan hos det statiska magnetfältet (Starck G. et.al.) ISMRM 11th Scientific Meeting 2003, Abstract book #2474).

Magnetfältet sträcker sig långt utanför magneten. Dagens magnetkameror är ”aktivt skärmade” för att minska magnetfältets utbredning, MEN den attraherande kraften ökar mycket snabbt då man närmar sig magneten. Den attraherande kraften ökar också med ökad fältstyrka.

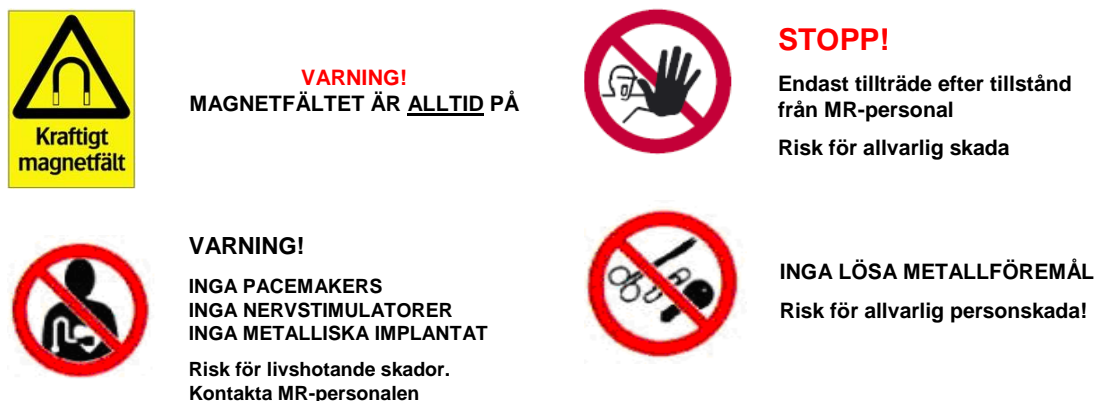
Observera att magnetfältet på magnetkamerorna **ALDRIG STÄNGS AV**. Samma restriktioner gäller därför dygnet runt.

## Skytning vid Magnetkameran

Undersökningsrummet och/eller MR-avdelningen skall vara övervakat och/eller ha begränsat tillträde (t.ex. passerkort) för att hindra att obehöriga kommer in i undersökningsrummet. Syftet är att förhindra att någon med lösa metallföremål eller implantat skadas, eller skadar andra personer eller utrustningen. Områdena skall också kompletteras med skytning.

- ▷ Alla rum med fältstyrka över 0,5 mT skall vara skyltade med varningsskyltar:
  - ”Varning! Kraftigt magnetfält”
 och bör också ha
  - Varning för att gå in med pacemaker och elektriska/batteristyrda implantat.
- ▷ Ingång till Magnetkamerans undersökningsrum skall vara skyltat:
  - ”Varning! Starkt magnetfält”
 och bör också ha
  - ”Varning! Magnetfältet stängs aldrig av”
  - Varning för att gå in med pacemaker och elektriska/batteristyrda implantat.
  - Varning för att gå in med inopererade metallföremål.
  - Varning för att ta in lösa metallföremål.

- ▷ Skyltarna skall placeras så att de syns tydligt även då dörren står öppen, exempelvis på dörrarna och på dörrkarmen.



Figur 2. Exempel på lämpliga skyltar för magnetkamerans undersökningsrum. Utseendet på skyltningen varierar mellan olika utrustningar men informationen skall finnas med i någon form.

## Skyltning av utrustning

Utrustning som förekommer i och kring MR-miljö bör vara märkt. Detta gäller speciellt utrustning och andra föremål (ställningar, bord) som används för övervakning eller föremål som kan tänkas tas in i undersökningsrummet vid en nödsituation. Tre skyltar förekommer vid magnetkameran

### MR-säker

Utrustning som inte innebär några risker i MR-miljö.

(t.ex. av magnetkameran specialbeställda omagnetiska rullstolar, MR-kompatibel brandsläckare)



### MR-villkorlig

Utrustning som inte innebär några risker i MR-miljö under vissa specifika villkor. Denna skylt kompletteras ofta med maximal tillåten fältstyrka.

Det kan gälla utrustning som endast får placeras utanför vissa gränser eller inom specifika markerade områden, se ”markering i golv” nedan.

(t.ex. övervakningsutrustning, pumpar, droppställningar som är tillåtna inom speciella områden i undersökningsrummet)



### MR-farlig

Utrustning som utgör en risk i all MR-miljö.

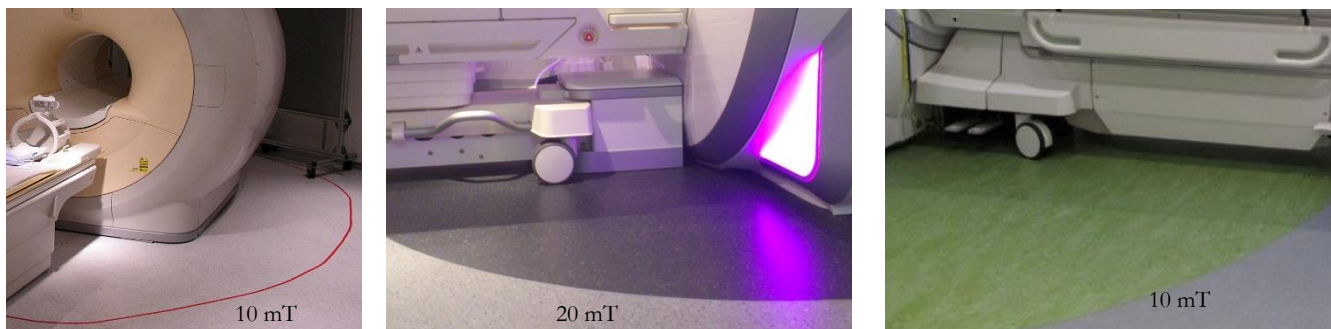
(t.ex. vanliga brandsläckare, akutvagn, defibrillator, ställningar)



## Markering i golv

Det kan vara lämpligt att markera t ex 10 mT i golvet i magnetkamerarummet. Gränsen markerar högsta tillåtna fältstyrka för många övervakningsutrustningar.

Observera att olika fältstyrkor kan vara markerade i olika magnetkamerarum. Kontrollera därför alltid vad gränsen betyder om MR-villkorlig utrustning ska tas in.



Figur 3. Markering av a) 10 mT-gräns för 1.5 T-magnet på Sahlgrenska sjukhuset b) 20 mT-gräns på 1.5 T-magnet på Mölndals sjukhus c) 10 mT-gräns för 3 T-magnet på Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus.

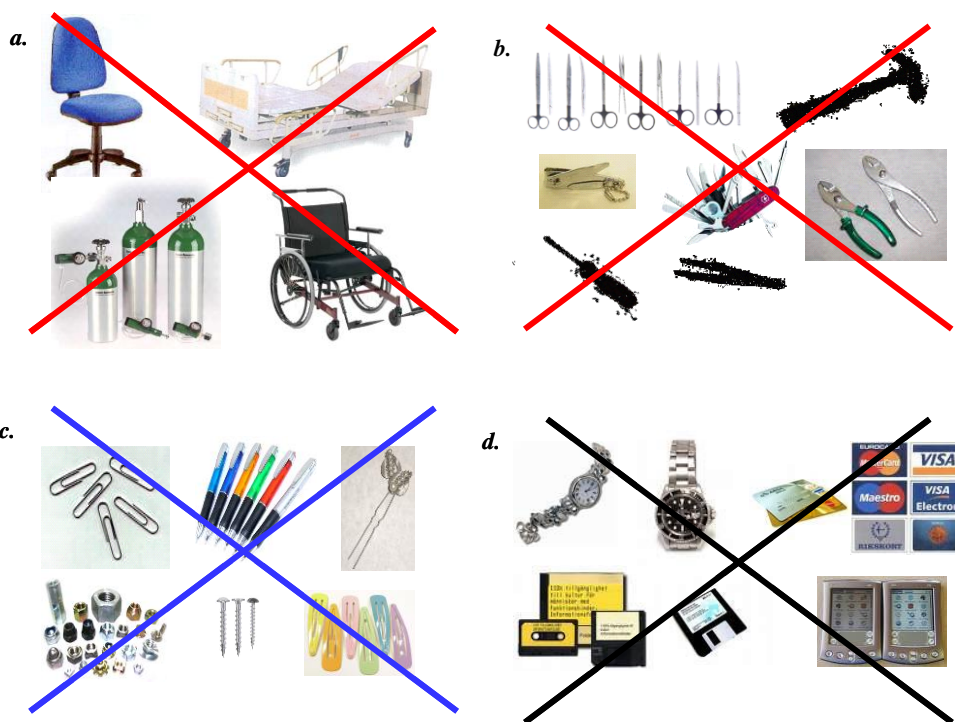
## Inträde till magnetkamerans undersökningsrum

- ▷ Alla personer skall ha kontrollerats enligt kontrollista innan de går in i undersökningsrummet (Exempel på kontrollistor finns i Bilaga I - Kontrollistor): En del medicinska implantat och metallföremål i kroppen kan vridas eller på annat sätt påverkas av magnetfältet och orsaka skador. De kan också påverkas av det tidsvarierande och det radiofrekventa fältet och orsaka en kraftig lokal uppvärmning. En stor andel medicinska implantat är MR-säkra, men de måste bedömas från fall till fall. Många implantat är endast godkända under vissa förutsättningar och en anpassning av upplägg och undersökning måste göras.
  - Personal ska ha kontrollerats innan de går in i magnetkamerans undersökningsrum första gången. Vid implantat skall en medicinsk bedömning göras för att avgöra om personen kan gå in/arbota i undersökningsrummet.
  - Patienter skall ha kontrollerats och fått en medicinsk bedömning innan de går in i magnetkamerans undersökningsrum.
  - Övriga personer (som inte är MR-personal) som vill gå in i rummet (t.ex. anhöriga, hantverkare och studenter) skall kontrolleras innan de går in till magnetkamerans undersökningsrum. Vid någon typ av implantat skall personen antingen få en medicinsk bedömning eller avstå från att gå in i undersökningsrummet.
  - Observera att restriktionerna även gäller medföljande personal från andra avdelningar (t ex anesthesi).
- ▷ Alla personer skall ta av sig alla metallföremål (projektiler), plånböcker och passerkort (kort raderas) och klockor (kan gå sönder) innan de går in i undersökningsrummet.
- ▷ Alla personer som ska vistas i undersökningsrummet under bildtagning skall använda minst en sorts hörselskydd (hörselproppar och/eller hörselkåpor).
- ▷ MR-personalen avgör om och när en person får gå in i undersökningsrummet.

## Regler för metallföremål och utrustning

- ▷ Privata rullstolar får aldrig tas in i undersökningsrummet. Endast magnetkamerans specialbeställda rullstolar får tas in. De är markerade med "MR-säker".

- ▷ Patientsängar och rullatorer får aldrig tas in i undersökningsrummet.
- ▷ Gasflaskor får aldrig tas in i undersökningsrummet.
- ▷ Allmän brandutrustning får aldrig tas in i undersökningsrummet så länge magnetfältet är på. Omagnetisk brandsläckare bör finnas på MR-avdelningen, se vidare ”Brand”, s. 12. Dessa är markerade med ”MR-säker”.
- ▷ Akutväska och defibrillator får aldrig tas in i undersökningsrummet, se vidare ”HLR-utrustning och akut-utrustning”, s. 9.
- ▷ Endast MR-godkänd städutrustning får tas in i undersökningsrummet (se ”Städutrustning och städrutiner”, s. 10).
- ▷ De enda verktyg som fås tas in i undersökningsrummet är verktyg tillverkade av titan (se ”Utrustning för hantverkare”, s. 10).
- ▷ Metallföremål som peang, saxar, pennor, gem, nageltång, nycklar, hårnålar m.m. får inte tas in i undersökningsrummet.
- ▷ Magnetkort, disketter, klockor, elektroniska almanackor kan bli förstörda av magnetfältet.



Figur 4. a, b. Exempel på föremål som ALDRIG fås tas in i undersökningsrummet. Livsfara!  
 c. Exempel på föremål som ALDRIG ska tas in i undersökningsrummet. Småsaker som flyger in i magneten kan orsaka bildel.  
 d. Exempel på föremål som kan bli förstörda av magnetfältet och som därmed inte bör tas in.



## Utrustning som används i undersökningsrum

Med detta avses sprutpumpar och utrustning för övervakning, anestesi, mm. Det finns många typer av sådan utrustning varav endast en del är möjliga att använda i MR-miljö. Utrustningen kan dras mot magneten och riskera att träffa patient eller personal. Den kan också sluta fungera, fungera felaktigt (t.ex. ge felaktigt mängd kontrastmedel) eller visa felaktiga värden p.g.a. magnetfältet.

- ▷ All utrustning som skall användas i magnetkamerans undersökningsrum skall vara dokumenterat testat från leverantör att fungera i MR-miljö eller ha godkänts av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
- ▷ Utrustning utan denna information får inte användas i MR-miljö förrän behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, utvärderat och ansett utrustningen säker att använda i MR-miljö.
- ▷ Utrustningen skall vara skyltad, se ”Skyltning av utrustning”, s. 6.
- ▷ Utrustningen får endast placeras inom förbestämda tillåtna områden i undersökningsrummet som är märkta med exempelvis markeringar i golvet (se ”Markering i golv”, s. 7). Utrustningen får aldrig flyttas närmare magneten än det den ansetts säker för.

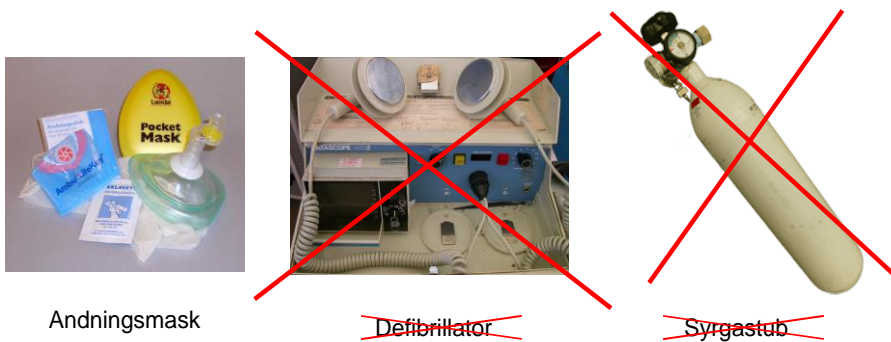


Figur 5. Anestesiutrustning vid Drottning Silvias barn- och ungdomssjukhus. Notera att utrustningen står utanför 10 mT-gränsen.

## HLR-utrustning och akut-utrustning

- ▷ Akutväska får aldrig tas in i undersökningsrummet.
- ▷ Defibrillator får aldrig tas in i undersökningsrummet.
- ▷ Syrgasflaskor får aldrig tas in i undersökningsrummet.

I en nödsituation där sådan utrustning krävs skall personen tas ut ur undersökningsrummet. Vid livsfara kan man som en sista utväg ”quencha” magneten (”stänga av magnetfältet”). Detta ger dock ett stillestånd på flera dagar/veckor och är mycket kostsamt, se vidare ”Helium och Nödstopp”, s. 11.



Andningsmask

~~Defibrillator~~

~~Syrgastub~~

Figur 6. Defibrillator och syrgastub får aldrig tas in i undersökningsrummet.

## Städutrustning och städrutiner

- ▷ Endast städutrustning speciellt framtagen för magnetkameran får tas in i undersökningsrummet.
- ▷ Då annan utrustning krävs, t.ex. polermaskin av golv måste magnetfältet först tas ned. Följande regler gäller:
  - Kontakta magnetkameran för ev. tidsbokning.
  - Magnetkamerans personal skall vara närvarande då utrustningen ska tas in. Verifiera med personalen att magnetfältet verkligen är avstängt innan utrustningen tas in.
- ▷ Anestesiutrustning, droppställningar och mätapparater som finns i undersökningsrummet får inte flyttas närmare magneten än vad den är godkänd för (se ”Skyltning av utrustning”, s. 6 och ”Markering i golv”, s. 7). De kan attraheras av magnetfältet och flyga in mot magneten, sluta fungera, fungera felaktigt eller visa felaktiga värden (även då de flyttats tillbaka igen).



Figur 7. Exempel på olyckor med städutrustning. (Hämtat från [http://www.simplyphysics.com/flying\\_objects.html](http://www.simplyphysics.com/flying_objects.html))

## Utrustning för hantverkare

- ▷ Ingen hantverkare får gå in i undersökningsrummet utan att först ha kontrollerats av MR-personalen.
- ▷ Endast verktyg som är avsedda att användas i MR-miljö får tas in i undersökningsrummet då magnetfältet är på. Vid reparationer inom undersökningsrummet där andra verktyg krävs kan magnetfältet behövas tas ned.
- ▷ Vid alla reparationer i undersökningsrummet gäller följande:
  - Kontakta Magnetkameran för bedömning för ev. tidsbokning.
  - Magnetkamerans personal skall vara närvarande då utrustningen ska tas in. MR-personalen avgör vem som får gå in, vad som får tas in i undersökningsrummet och när detta får ske.

## Helium och Nödstopp

I undersökningsrummet och manöverrummet finns nödstopp för Magnetfältet. Nödstoppen är markerade med "Emergency run down", "Run down" eller "Emergency stop". Nödstoppet orsakar en så kallad quench som gör att magnetfältet snabbt försvinner<sup>2</sup>. Det kan också vid sällsynta tillfällen inträffa en spontan quench<sup>3</sup>.

Kameran är konstruerad så att heliumgasen vid en quench skall ledas ut ur byggnaden via ett quenchrör, och ingen heliumgas skall därför komma ut i rummet. Vid quench ska undersökningsrummet trots det evakueras<sup>4</sup>.

Om man behöver trycka på quenchknappen, eller om det sker en spontan quench så gäller följande rutiner:

- ▷ Informera alla i rummet att quenchknappen kommer att aktiveras.
- ▷ Tryck även på nödstopp för elförsörjningen.
- ▷ Tag ut patienten och se till alla personer lämnar undersökningsrummet.
- ▷ Stäng dörren.

Kontakta fysiker eller ingenjör, samt leverantör omgående.

**OBS!** Det är en mycket dyrbar och långvarig process att få tillbaka magnetfältet igen efter ett nödstopp. Nödstopp för magnetfältet skall **endast** användas vid

- ▷ allvarlig personfara
- ▷ omfattande brand

Om magnetfältet behöver tas ned av andra skäl, exempelvis för att något fastnat i magneten, så finns rutiner för att göra detta på ett kontrollerat sätt utan att orsaka en quench. Kontakta i detta fall leverantör, fysiker eller ingenjör.



Figur 8. Nödstopp/quenchknapp för magnetfältet för tre olika leverantörer av utrustningar. a) Philips, b. GE och c) Siemens.

<sup>2</sup> Magneter är tillverkade med supraledande lindningar så att strömmen kan flyta i magnetens lindningar utan energiförluster. För att magnetlindningarna skall kunna vara supraledande måste de vara nedkylda till  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  och lindningarna är därför omgivna av flytande helium. Nödstopp orsakar en så kallad quench, d.v.s. ledningarna i magneten värms snabbt upp så att den supraledande förmågan försvinner. Magnetfältet sjunker snabbt och heliumet kokar bort. Heliumgasen leds via ett quenchrör ut ur byggnaden.

<sup>3</sup> Risken för heliumutsläpp i rummet är störst då quench inträffar i samband med heliumfyllning och service av magnetens inre delar.

<sup>4</sup> OM heliumgas kommer ut i rummet trycker denna undan luften vilket ger risk för kvävning. Undersökningsrummet ska därför evakueras vid en quench.



Figur 9. Quench. Heliumgas strömmar ut ur quenchröret på taket.

## Brand

För generella rutiner vid brand hänvisas till lokala brandskyddsföreskrifter. På grund av det starka magnetfältet gäller speciella restriktioner vid brand i magnetkamerans undersökningsrum.

- ▷ Vid MR-avdelningen bör det finnas en pulversläckare av omagnetiskt material som kan tas in i undersökningsrummet även då magnetfältet är på. Denna skall vara märkt som MR-säker. Inga andra brandsläckare får tas in i undersökningsrummet! Dessa brandsläckare är i allmänhet MR-farliga. Kontrollera skyltningen på brandsläckaren innan du tar med den in!
- ▷ Annan brandutrustning får ALDRIG tas in i undersökningsrummet då magnetfältet är på. Det är förenat med LIVSFARA!
- ▷ Vid brand i Magnetkamerans undersökningsrum där brandkåren måste tillkallas och/eller annan brandsläckningsutrustning krävs så:
  - Evakuera undersökningsrummet.
  - Stäng dörren till undersökningsrummet.
  - Orsaka en quench, d.v.s. tryck på nödstoppet till magnetfältet. Nödstopp för magnetfältet (quench) finns innanför dörren till undersökningsrummet och (vid de flesta MR-avdelningar) i manöverrummet (Figur 8).
  - Tryck på nödstopp för elförsörjningen.
  - Varna omgivningen och larma.
  - Vänta minst 3 min för magnetfältet att försvinna.
  - Meddela anländande personal från räddningstjänsten att magnetfältet är nere och släpp in dem i undersökningsrummet.

# BIOLOGISKA EFFEKTER AV MAGNETKAMERANS FÄLT

## Det statiska magnetfältet

Litteraturen indikerar inga allvarliga hälsoeffekter från helkroppsexponering av friska människor för fältstyrkor under 8 T (ICNIRP 2009). Tillfälliga känseffekter såsom exempelvis yrsel, illamående och metallsmak i munnen kan förekomma när man rör sig i magnetfältet vid fältstyrkor  $> 2T$ . Den tydligaste effekten av det statiska fältet är magnetfältets påverkan på EKG vilket kan ses som en något förstärkt T-topp, men är ofarlig för patienten. Effekten försvinner så snart patienten kommer ut ur magneten.

Man har inte sett några negativa effekter av långvarig exponering av statiska magnetfält. Det finns heller inget som tyder på att statiska magnetfält skulle vara skadligt för foster.

### Spatiella gradienter

Den attraherande kraften av magnetfältet ökar när man närmar sig magneten. Det är inte bara magnetfältstyrkan i sig som avgör vilken kraft som ett metalliskt föremål påverkas av, utan hur mycket magnetfältstyrkan ökar med avståndet. Dessa s.k. ”spatiella (rumsliga) gradienter” dB/dr mäts i enheten T/m. De spatiella gradienternas utbredning är olika för olika typer av magneter och olika magneter kan därmed ha olika attraktionskraft även om fältstyrkan är densamma. De spatiella gradienterna har stor betydelse vid bedömning av olika implantats säkerhet.

Dragningskraften på ett föremål beror av fältstyrkan och den spatiella gradienten  $B \cdot dB/dr$ . Vridmomentet, d.v.s. den vridande kraften på ett föremål ökar kvadratisk med fältstyrkan  $B$ .

## Det tidsvarierande magnetfältet

Ett tidsvarierande magnetfält uppstår då **magnetfältsgradienter** (oftast kallade **gradienter**), som är mycket små extra magnetfält (mT), slås på och av under korta tidsperioder under bildtagningen.

### Virvelströmmar

Det tidsvarierande fältet orsakar elektriska virvelströmmar i kroppen. Gradientfältens maximala styrka, hur snabbt de kommer upp i styrka och hur tätt de slås av och på avgör hur starka strömmar som alstras. Även patientens storlek och hur han/hon ligger i kameran påverkar strömmarnas storlek.

Höga elektriska virvelströmmar kan orsaka nerv- och muskelstimulering (och hjärtflimmer vid mycket höga nivåer). Perifer nerv- och muskelstimulering kan vara smärtsamt vid höga nivåer. Gränsvärden för virvelströmmar är satta för att undvika smärtsam nerv- och muskelstimulering. Lägre nivåer kan kännas som muskelryckningar i kroppen och kan vara obehagligt även om det inte anses skadligt.

De kliniska magnetkameror som finns i Sverige kan inte orsaka hjärtflimmer och smärtsamma nerv- och muskelstimuleringar. Låga nivåer av perifer nerv- och muskelstimulering kan orsakas beroende på val av sekvenser och sekvensparametrar.

Det finns inget som tyder på att virvelströmmar skadar foster, men studier av långsiktiga biologiska effekter av virvelströmmar för foster är begränsade (De Wilde 2005). Enligt försiktighetsprincipen bör därför gradientfälten begränsas för gravida kvinnor (se vidare ”Gravida patienter”, s. 29).

## Ljudnivåer

Då gradienterna slås på och av uppkommer ett kraftigt bankande ljud, vilket ger en potentiell risk för hörselskador (ICNIRP 2004). Vanliga ljudnivåer för ett 1,5 T system är 80-110 dB(A) (Bilaga IV - Ordlista), och ännu högre ljudnivåer kan nås på 3T-system. Öronproppar dämpar med 10-30 dB(A) om de är ordentligt isatta och hörselkåpor med ca 40 dB. Alla som uppehåller sig i undersökningsrummet under bildtagning skall använda minst en sorts hörselskydd.

Foster är känsliga för ljud och det är svårt att skydda deras hörsel eftersom hörselskydd i traditionell mening inte kan användas (De Wilde 2005). Höga ljudnivåer under graviditet har visats kunna resultera i bland annat hörselförlust i de högfrekventa områdena. Undersökningstiden för gravida bör därför minimeras. Gravid personal eller stödperson skall inte uppehålla sig i undersökningsrummet under bildtagning (se vidare "Gravida patienter", s. 29 och "Gravid personal", s.31).



Figur 10. Hörselkåpor och öronproppar.

## Det radiofrekventa fältet

Det radiofrekventa fältet (RF-fältet) används för att få signal till bilden. En stor RF-spole, kroppsspole, sitter innanför magneten och gradientspolarna och döljs av kåpan. Dessutom finns ett antal olika RF-spolar för bildtagning av olika delar av kroppen. Det är vanligt att kroppsspolen är sändande och att denna kombineras med mindre spolar som är mottagande. Det finns också andra spolar (förutom kroppsspolen) som kan vara både sändande och mottagande, vanligen huvudspole, huvud-hals-spole eller knäspole. RF-fältet avtar snabbt med avståndet från den sändande spolen.

Det radiofrekventa fältet sänder in energi i kroppen, vilket orsakar en temperaturökning (ICNIRP 2004). Inga skadliga effekter förväntas vid temperaturökningar av hela kroppen på mindre än 1°C. Begränsade delar av kroppen klarar högre temperaturökningar tack vare kroppens egen temperaturreglering, som är betydande genom den normala blodcirkulationen.





*Figur 11. Exempel på RF-spolar.*

# POLICY PATIENTUNDERSÖKNINGAR

Exponering av patienter för de fält som förekommer i MR delas upp i tre nivåer (ICNIRP 2004):

- ▷ **Normal nivå:**  
Rutinmässig MR-undersökning för alla patienter.
- ▷ **Nivå 1 (kontrollerad nivå):**  
MR-undersökning utanför normal nivå, där obehag eller oönskade effekter kan förekomma.
- ▷ **Nivå 2 (experimentell nivå):**  
Nivå utanför kontrollerad nivå, för vilken etiskt tillstånd krävs för att belysa potentiella risker.

Innehållet i detta dokument är begränsat till säkerhetsaspekter som är av relevans för klinisk praktik, d.v.s. ”normal nivå” och ”nivå 1”.

## Gränsvärden för patienter

Det är lämpligt att följa de gränsvärden för patienter som är satta av ICNIRP (ICNIRP 2004, 2009, 2010). Nedan följer en sammanställning av hur dessa gränsvärden skall appliceras vid MR-undersökningar. Mer detaljerad information finns i Bilaga II - Gränsvärden med kommentarer.

### Det statiska magnetfältet

För det statiska magnetfältet är följande gränsvärden för patienter satta av ICNIRP 2009.

- ▷ Normal nivå gäller upp till 4 T. Gränsen är satt p.g.a. osäkerhet av effekterna på kroppen vid högre fältstyrkor, speciellt på foster och småbarn.  
Nivå 1 gäller upp till 8 T.
- ▷ Patienter bör röra sig långsamt i magnetfältet för att undvika yrsel och illamående.
- ▷ Patienter med implantat får endast undersökas vid högst den fältstyrka och högst de statiska gradienter som implantatet är testats vid och ansetts säkert för.

### Det tidsvarierande magnetfältet: virvelströmmar

De angivna gränsvärdena (ICNIRP 2010) för patienter kan vara svåra att förstå, men kan översättas till följande:

- ▷ Vid ”normal nivå” känner inte patienten av några muskelryckningar. Om patienten känner muskelryckningar är man i ”nivå 1” eller högre. Måttliga muskelryckningar är inte skadliga, men kan kännas obehagliga. Allmänt kan man säga att ju högre en sekvens låter, desto högre virvelströmmar bildas.
- ▷ Gravida skall alltid undersökas vid ”normal nivå”, d.v.s. inga sekvenser som ger upphov till muskelryckningar skall användas. Detta ger också lägre ljudnivåer.

### Det tidsvarierande magnetfältet: ljudnivåer

Alla patienter, vakna och sövda, **bör** använda hörselskydd då ljudnivåerna överstiger 80 dB(A), och **skall** använda hörselskydd vid ljudnivåer på 85 dB(A) (ICNIRP 2004). I praktiken innebär detta att

- ▷ Alla patienter skall använda hörselskydd vid fältstyrkor vid 1,0 T eller högre. Vid 3 T bör både öronproppar och hörselkåpor användas vid undersökning.
- ▷ Alla barn, både vakna och sövda, skall alltid använda hörselskydd oavsett fältstyrka.
- ▷ Gravida patienter: Metoder för att minimera exponeringen av akustiskt ljud till foster är att begränsa undersökningstiden och välja ”tysta” sekvenser.



## Det radiofrekventa fältet

Gränsvärden för det radiofrekventa fältet är satta för att begränsa värmeökningen i kroppen. Inga skadliga effekter förväntas vid temperaturökningar av hela kroppen på mindre än 1°C. För spädbarn, gravida kvinnor och personer med cirkulationsstörningar är det önskvärt att begränsa temperaturökningen till max 0,5°C (ICNIRP 2004).

Temperaturen kan inte mätas direkt utan man använder sig istället av begränsningar i ”specific absorption rate” (SAR)<sup>5</sup>. Uppskattad SAR anges av magnetkameran för varje sekvens vid undersökningen. Observera att magnetkameran inte tar hänsyn till det totala antalet sekvenser som körs på patienten och hur tätt sekvenserna körs. Temperaturökningen i kroppen blir högre om man kör sekvenserna direkt efter varandra än om tar en paus mellan sekvenserna. Det senare ger kroppen möjlighet till avkyllning.

En sammanfattning av gränsvärden för klinisk praktik sammanfattas här. Mer detaljerad information finns i Bilaga II - Gränsvärden med kommentarer.

SAR vid helkroppsexponering:

- ▷ Normal nivå: 2 W/kg
- ▷ Nivå 1 (kontrollerad): 4 W/kg
- ▷ Nivå 2 (forskning): ej tillåten

SAR Kroppsdelar:

- ▷ Huvud: 3 W/kg
- ▷ Bålen: 2 till 10 W/kg; beroende på hur stor del av bålen som exponeras, ju större del av bålen som undersöks, desto lägre SAR tillåts<sup>6</sup>.
- ▷ Bålen hos gravida: 2 W/kg ; eftersom fostret får en helkroppsexponering<sup>7</sup>.
- ▷ Ben och armar 2 till 10 W/kg; beroende på hur stor del som exponeras, ju större del som undersöks, desto lägre SAR tillåts.

Gränsvärdena för SAR baseras på en omgivningstemperatur på högst 24°C och luftfuktighet på högst 60%. Vid högre temperaturer och luftfuktighet, eller om patienten packas in i filter, begränsas värmeavgivningen och patientens temperatur kan bli högre.

## Gränsvärden för forskningspersoner

Gränsvärden för forskningspersoner följer gränsvärden för patienter men begränsas också av förutsättningarna i det etiska tillståndet.

---

<sup>5</sup> SAR är ett mått på hur mycket energi patienten absorberar per kg kroppsmassa. Vid en helkroppsexponering motsvarar ett SAR på 2 W/kg en temperaturökning på 0,5°C i kroppen och 4 W/kg en temperaturökning på ca 1°C.

<sup>6</sup> För begränsade delar av kroppen kan man tillåta högre SAR eftersom kroppen själv har en förmåga att jämna ut temperaturen. Vilka SAR som tillåts i olika kroppsdelar beror på hur stor del av kroppen som exponeras och vilken genomblödning kroppsdelarna har. Huvudet är mer känsligt för temperaturökning än bålen. Armar och ben kan lättare avge sin ökade värme än övriga kroppen.

<sup>7</sup> Foster är extra känsliga för värmeökning och kan få en helkroppsexponering då moderns buk undersöks. Vid undersökning av bål hos gravida kvinnor gäller därför gränsvärdet 0,5°C eller SAR högst 2 W/kg (normal nivå).

## Gränsvärden för allmänhet och anhöriga

I praktiken används gränsvärdet 0,5 mT för alla personer som inte kontrollerats enligt kontrollista (kontrollerat område). Gränsen är satt för att förhindra att personer med exempelvis implantat skadas.

Under kontrollerade former (t.ex. som stödperson) kan högre fält tillåtas, och då med samma begränsningar som för personal.

## Kontrollista patienter

En del medicinska implantat och metallföremål i kroppen kan vridas eller på annat sätt påverkas av magnetfältet och orsaka skador. De kan också påverkas av det tidsvarierande och det radiofrekventa fältet och orsaka kraftig lokal uppvärmning. En stor andel medicinska implantat är MR-säkra, men de måste bedömas från fall till fall. Många implantat är endast godkända under vissa förutsättningar och en anpassning av upplägg och undersökning måste göras (mer information under ”Implantat och främmande metalliska material”, s. 20).

- ▷ Alla personer som skall genomgå en MR-undersökning skall fylla i en kontrollista (Bilaga I - Kontrollistor). Kontrollistan skall skriftligen vara ifylld av patienten själv eller av patient tillsammans med anhörig, tolk eller läkare.
- ▷ Kontrollistan skall kontrolleras vid undersökningstillfället av MR-personal innan patienten går in i undersökningsrummet.
- ▷ Patientansvarig läkare ansvarar för den medicinska bedömningen för patienter med implantat och gravida patienter. Lämpligen rådfrågas sjukhusfysiker eller annan utbildad personal vid eventuella betänkligheter.

## Rutiner vid upplägg av patient

- ▷ Kontrollera kontrollistan och kontakta patientansvarig läkare om något är oklart. Man skall aldrig ta in patienter med implantat i undersökningsrummet om man inte gjort en medicinsk bedömning av implantatet och ansett det säkert för MR-undersökning.
- ▷ Fråga patienten om
  - hon är gravid (> 15 år)
  - han/hon har piercing. Avlägsna piercing om det är möjligt
  - han/hon har någon tatuering eller permanent kosmetika, t.ex. permanent eyeliner<sup>8</sup>.
- ▷ Patienter bör inför undersökningen byta om till rock och gärna också byxor (flanell/bomull). Alternativt kan patienten ta av alla kläder som innehåller magnetiska material, t.ex. bygel-BH, bälten, byxor med kraftiga blixtlås och nitar. Om patienten har sina egna kläder på sig skall personalen se till att inga metallföremål finns i exempelvis fickor.
- ▷ Patienten skall ta av alla lösa metallföremål t.ex. hårspännen, smycken, klockor och tandprotes.
- ▷ Kraftig kosmetika bör tvättas bort<sup>9</sup>.
- ▷ Lägg upp patienten så att inte händer, armar eller ben korsas eller ligger hud mot hud. Hud-mot-hud-kontakt kan orsaka brännskador! Mellan benen bör man lägga ett tjockt lager tyg (örngott,

---

<sup>8</sup> Svart färg innehåller ibland järn som kan ge en lokalt kraftig uppvärmning.

<sup>9</sup> En del kosmetika innehåller magnetiskt material som kan ge bildstörningar och ökad uppvärmning.

handduk, skumgummi), enbart byxor eller tunt lager tyg räcker inte alltid<sup>10</sup>. Naken hud ska heller inte ligga mot tunnelns sidor

- ▷ Vid undersökning av patienter med implantat bedömda villkorligt godkända kan anpassat upplägg krävas, se ”Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat” nedan.
- ▷ För att skydda patienter från ökad uppvärmning och brännskador, skall kablarna som krävs för undersökningen (t.ex. spolkablar, EKG, puls-oximeter) placeras så att de inte korsar varandra eller sig själv<sup>11</sup>. Det enklaste sättet är att dra kablarna rakt ut från magneten.
  - Låt aldrig en kabel passera över ett implantat.
  - Undvik kontakt mellan kabel och patientens hud.
  - Använd aldrig en kabel om det finns en misstanke om att den är skadad, eftersom ett brott på en kabel kan ge en kraftig lokal värmeökning!
- ▷ Undvik att stoppa om patienten med filter om det är varmt i rummet (över 24°), eftersom det påverkar värmeavgivningen vid undersökningen. (Inget problem vid fältstyrka 0,5 T eller lägre.)
- ▷ Om patienten har tatuering (främst svart tatuering), permanent kosmetika eller piercing, kan en kall våt kompress eller ispåse läggas på området för att mildra en eventuell lokal upphettning. Informera patienten att larma om det känns obehagligt.
- ▷ Ge patienten hörselskydd. Använd hörselkåpor om möjligt. Används öronproppar så kontrollera att de sitter i ordentligt. Vid 3 T används lämpligen både proppar och kåpor.
- ▷ Ge patienten larmklocka.

## Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat

De spatiella gradienterna orsakar en dragkraft på ferromagnetiska föremål. I säkerhetsinformationen för medicinska implantat ges ofta information om det högsta spatiella gradientfält som implantatet har testats för och det därmed är tillåtet att utsätta implantatet för med garanterad patientsäkerhet. Implantat testas många gånger enligt en särskild procedur vilket orsakar att de spatiella gradienterna för det aktuella MR systemet ofta är högre än de värden vid vilka implantaten har testats för. Detta utesluter i själva verket inte att implantatet skulle kunna vara säkert även för högre spatiella gradienter. Tester och/eller utredning måste här ske i det lokala MR-säkerhetsrådet.

Vid vissa kliniker har speciella uppläggningsmetoder utarbetats som minimerar den spatiella gradient som patienten utsätts för. Uppläggningsmetoderna syftar till att undvika att implantatet utsätts för högre spatiella gradienterna än vad de är godkända för<sup>12</sup>. **Möjligheten att använda uppläggningsrutiner måste avgöras för varje enskilt implantat och för varje aktuell utrustning.** Lokala uppläggningsrutiner bör utformas om uppläggningsrutiner avses användas. De spatiella gradienternas utbredning är olika för olika utrustning, även för magnetkameror med samma magnetfältstyrka.

## Rutiner vid medföljande stödperson

- ▷ Medföljande stödperson som vill gå in i undersökningsrummet skall kontrolleras enligt kontrollista (Bilaga I - Kontrollistor). Endast personer utan implantat får gå in i undersökningsrummet. Vid implantat måste en medicinsk bedömning göras.

---

<sup>10</sup> Det har förekommit brännskador på låren på patient med nedsatt cirkulation även med tyg mellan benen. Man vet oftast inte vid undersökningstillfället om patienten har nedsatt cirkulationsförmåga eller inte.

<sup>11</sup> Man kan orsaka lokal uppvärmning och brännskador om kablar korsas. Den vanligaste incidentrapporten för MR i Storbritannien är brännskador från kablar!

<sup>12</sup> De spatiella gradienterna är som starkast nära gantryts sidor på magnetkamerans öppning.

- ▷ Fråga kvinnlig stödperson om hon är gravid. Gravid stödperson skall inte uppehålla sig i undersökningsrummet vid bildtagning.
- ▷ Personalen ska se till att stödpersonen tagit av sig alla lösa metallföremål t.ex. hårspännen, smycken, klockor och tandprotes och inte har några metallföremål i exempelvis fickor. Inga väskor får tas in.
- ▷ Stödperson som skall uppehålla sig i undersökningsrummet vid undersökningen **skall** använda följande hörselskydd:  
Vid 1,5 T proppar eller hörselkåpor.  
Vid 3 T hörselkåpor.
- ▷ Anhörig eller medföljande stödperson (kontrollerade) kan sitta i undersökningsrummet under hela undersökningen<sup>13</sup>.

## Implantat och främmande metalliska material

Efterfrågan av MR-undersökningar av patienter med implantat ökar. Fler och fler implantat definieras som MR-villkorliga vilket ökat efterfrågan av MR-undersökning av patienter som tidigare inte kunnat undersökas.

Shellock [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com) gör sammanställningar av säkerhet i MR-miljö av implantat och andra metalliska föremål som uppdateras kontinuerligt. Inom samma implantatgrupp kan det finnas MR-säkra, MR-villkorliga och MR-farliga implantat<sup>14</sup>. Olika restriktioner och villkor kan även gälla för modeller från samma tillverkare. Både fabrikat och modell på implantatet krävs därför för att kunna göra en bedömning.

Implantatens villkor kan innebära att undersökning inte kan göras på alla magnetkameror. Att ett implantat är ”godkänt” på ett annat sjukhus innebär därför inte automatiskt att patienten kan undersökas på aktuellt sjukhus. Det kan också ställas krav som kräver anpassning av förberedelser, upplägg och undersökning.

## Bedömning av implantat

Bedömning av ett implantats säkerhet skall göras av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.

Implantat påverkas av magnetkamerans fält oavsett om det ligger innanför eller utanför undersökningsområdet. En bedömning skall därför göras oavsett var i kroppen implantatet sitter.

- ▷ Den exakta informationen om implantatet skall vara känd (typ, modell).
- ▷ Bedömning av implantatets villkor görs lämpligen av MR-sköterska eller MR-fysiker beroende på villkorsgrad av implantatet. Berättigandebedömning görs av läkare.
- ▷ MR-sköterska kan lämpligen göra en första bedömning av implantatet enligt:
  - Villkoren som finns beskrivna nedan under respektive implantatgrupp.
  - Tidigare bedömning av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
  - Shellocks hemsida ([www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)), se ”villkor utifrån Shellocks kriterier” nedan.
- ▷ Vid bedömning av implantat som tidigare inte utvärderats skall behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, kontaktas i *så god tid som möjligt*. Det kan ibland ta lång tid att hitta och bedöma informationen och därmed svårt att göra en akut bedömning.

Behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, skriver en allmän bedömning av implantatets säkerhet i MR-miljö. Berättigandebedömning görs av läkare.

---

<sup>13</sup> Anhöriga utsätts för Gradientfältet endast om de står precis vid magnetöppningen under bildtagningen. RF-fältet är försumbart utanför spolen. Tiden de befinner sig i rummet är relativt kort.

<sup>14</sup> I Appendix III förklaras Shellocks terminologi.

## Förslag på villkor utifrån Shellocks kriterier

- ▷ Safe, Conditional 1
  - Undersökning OK vid den maximala fältstyrkan given av Shellock.
  - SAR: Normal nivå eller nivå 1.
- ▷ Conditional 2
  - Undersökning OK vid den maximala fältstyrkan given av Shellock.
  - SAR: Normal nivå eller nivå 1.
  - Implantatet skall vara ordentligt fastvuxet (minst 6 veckor efter operation). Implantat tillverkade av omagnetiskt material (t.ex. Phynox, Elgiloy, titan, titanlegeringar, MP35N, Nitinol) får undersökas tidigare.
- ▷ Conditional 3
  - Avser plåster. Får INTE undersökas utan måste tas bort<sup>15</sup>. Plåstret tas bort innan MR-undersökningen och nytt plåster appliceras omedelbart efter undersökningen.
- ▷ Conditional 4
  - Avser halovästar. Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för bedömning.
- ▷ Conditional 5
  - Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för bedömning.
  - Undersökning görs enligt implantatets bedömning gjord av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
- ▷ Conditional 6
  - Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för bedömning.
  - Undersökning görs enligt
    - implantatgrupp nedan eller
    - enligt implantatets bedömning gjord av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
  - Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T, om inget annat angetts i behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, bedömning.
  - SAR: Max 3 W/kg under högst 15 min per scan<sup>16</sup>. En värmekoncentration kan ske runt implantatet.
    - Flera sekvenser kan köras, men en paus mellan sekvenserna rekommenderas för temperaturbalansering.
    - Var extra försiktig vid implantat som sitter i områden med begränsad genomblödning.
  - Implantatet kan ge kraftiga artefakter.
- ▷ Conditional 7
  - Får INTE undersökas, oavsett fältstyrka.

---

<sup>15</sup> Plåstren innehåller metallfolie som kan orsaka en kraftig värmeutveckling och bränna patienten.

<sup>16</sup> Icke-kliniska tester har visat en temperaturökning på  $< 3^\circ$  vid 3W/kg under 15 min.

- ▷ Conditional 8
  - Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för bedömning.
  - Undersökning görs enligt implantatets bedömning gjord av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
  - Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T, om inget annat angetts i behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, bedömning.
  - SAR: Så lågt som möjligt men max 3 W/kg under högst 15 min per scan<sup>17</sup>. En kraftig värmekoncentration kring implantatet kan ske.
    - Paus 30 s **skall** användas mellan scan för temperaturlansering.
    - Var extra noga vid implantat som sitter i områden med begränsad genomblödning.
    - Var extra försiktig med ryggar som redan tidigare ofta blir varma.
  - Implantatet kan ge kraftiga artefakter.
- ▷ Unsafe 1, Unsafe 2
  - Får INTE undersökas på oavsett fältstyrka.
- ▷ Implantat ej upptagna på [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com):
  - Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för bedömning.
  - Undersökning görs enligt villkor och restriktioner givna av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.

## Förslag på policys för några grupper av implantat:

### **Pacemaker (PM) och interna defibrillatorer (ICD)**

De flesta PM och ICD är definierade som ”Unsafe” och man utsätter patienten för mycket stora risker vid MR-undersökning med dessa implantat<sup>18</sup>.

Det sker dock en utveckling för att anpassa PM och ICD till MR-miljö. September 2014 fanns ett fåtal PM och ICD definierade som ”Conditional” vid 1,5 T, men inga för 3T ([www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)). Många patienter får nu PM som är definierade som ”Conditional” och efterfrågan på MR-undersökning av dessa patienter ökar.

Skall man undersöka patienter med MR-villkorlig PM eller ICD bör man utforma en lokal rutin som beskriver alla delar från dess att remissen kommer för bedömning och bokning, tills patienten lämnar MR-avdelningen efter undersökning. Samma rutin gäller oavsett vilken kroppsdel som ska undersökas. Rutinen bör utformas i samarbete med Kardiologi och pacemakerenheten.

Endast de patienter som uppfyller samtliga krav i denna rutin får bokas för undersökning. Förberedelser, bokning och undersökning skall göras strikt enligt denna rutin.

---

<sup>17</sup> Icke-kliniska tester har visat en temperaturökning på < 4° vid 3W/kg under 15 min.

<sup>18</sup> Det har skett ett antal dödsfall i världen kopplade till pacemaker i MR-miljö. Risker består av i) förflyttning eller rotation av implantatet eller ledningar, ii) temporär eller permanent funktionsförändring hos implantatet, iii) felaktig känslighet eller trigging hos implantatet, iv) kraftig värmeutveckling kring ledningar och v) inducerade strömmar i ledningar. Ledningarna kan fungera som en antenn och orsaka en kraftig lokal värmeökning även om implantatet är avslaget.

## Cochlear-implantat

Några modeller av Cochlear-implantat är definierade som ”Conditional 5” vid 1,5 T, men de flesta är definierade ”Unsafe”. Förutsättningar för undersökning av patienter med Cochlear-implantat är:

- ▷ Den kliniska indikationen är stark.
- ▷ Modellbeteckningen för implantatet är skriftligen dokumenterad.
- ▷ Implantatet är definierat som ”Conditional” i [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).
- ▷ Patienten har inga ledningar kvar i kroppen från tidigare implantat.
- ▷ En utredning av implantatets säkerhet har gjorts av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
  - För bedömning av ”nya” implantat skall behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, kontaktas flera veckor innan undersökning för utredning av implantatets säkerhet och villkor på det aktuella MR-systemet. Implantat som inte bedömts tidigare kräver lång utredningstid.
- ▷ Maximal fältstyrka: 1,5 T.
- ▷ Undersökning får endast ske under förutsättning att villkoren angivna av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, kan uppfyllas helt.
- ▷ Undersökning görs i enlighet med utlåtande från behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för det specifika implantatet.

## Övriga elektroniska implantat

Det är lämpligt att vara extremt restriktiv med att undersöka patienter med elektroniskt aktiverade implantat (magnetiskt, passivt eller aktivt styrda), t.ex. ocular-proteser och dental-implantat<sup>19</sup>. Det kommer dock fler och fler MR-villkorliga elektroniska implantat på marknaden men de flesta elektroniska implantat är fortfarande bedömda som ”Unsafe”.

Förutsättningar för undersökning av patient med elektroniska implantat med MR är att **samtliga** följande punkter är uppfyllda:

- ▷ Den kliniska indikationen är stark.
- ▷ Modellbeteckningen för implantatet är skriftligen dokumenterad.
- ▷ Implantatet är definierat som ”Conditional” i [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).
- ▷ Avdelningen har säkerställt att:
  - Patienten inte har några ledningar kvar i kroppen från tidigare elektroniska implantat<sup>20</sup>.
  - Det inte finns misstanke om brott på implantatets ledningar eller felaktig funktion på implantatet.
- ▷ En utredning av implantatets säkerhet har gjorts av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
  - För bedömning av ”nya” implantat skall behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, kontaktas direkt när remissen kommit för utredning av implantatets säkerhet och villkor på det aktuella MR-systemet. Implantat som inte bedömts tidigare kräver lång utredningstid.

---

<sup>19</sup> Restriktionerna grundar sig på risken för allvarliga konsekvenser, inkluderande förflyttning av implantatet, kraftigt ökad MR-relaterad uppvärmning kring implantat och ledningar, och funktionsstörningar hos implantatet ([www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)).

<sup>20</sup> Dessa kan orsaka en kraftig lokal värmeökning.

- ▷ Undersökning får endast ske under förutsättning att villkoren angivna av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, kan uppfyllas helt.
- ▷ Undersökning görs i enlighet med utlåtande från behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för det specifika implantatet
- ▷ Kontroll av implantatet före/efter undersökning, förberedelse och anpassning skall utföras enligt instruktionerna givna i implantatets tekniska manual (se även behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, utlåtande).

### **Aneurysm-clips**

Aneurysm-clips är tillverkade i material med skiftande magnetiska egenskaper. När MR-tekniken var ny skedde ett par dödsfall orsakade av clips i MR-miljö. Numer (januari 2016) är de flesta aneurysm-clips på marknaden MR-kompatibla vid 3 T, men ca 6% av modellerna är fortfarande ”Unsafe”. Patienten undersöks med följande villkor:

- ▷ Operationsberättelsen måste studeras.
  - Den exakta informationen om det inopererade clipset (tillverkare, modell) hos patienten skall vara känd.
  - Clipset skall vara definierat som ”Safe” eller ”Conditional” enligt [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).
- ▷ Om villkoren ovan är uppfyllda så kan patienten undersökas vid högst 3T enligt förutsättningarna för ”Conditional 6”:
  - SAR: normal nivå, högst 15 min per scan.
  - Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T, om inget annat angetts i behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, bedömning.

### **Coilar, filter, stentar och grafts**

Det finns många olika typer av coilar, filter, stentar och grafts varav de flesta är tillverkade av icke-ferromagnetiskt eller svagt ferromagnetiskt material. Inga föremål i denna grupp är definierade som ”Unsafe”, däremot är det fortfarande många som endast är godkända vid 1,5 T (januari 2016).

Ca 30% av föremålen är definierade conditional 8, vilket tyder på att uppvärmningen är en viktig säkerhetsaspekt för dessa implantat.

- ▷ Undersökning görs vid 1,5 T eller maximalt tillåten fältstyrka enligt [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).
  - Alla coilar, filter, stentar och grafts kan undersökas vid 1,5 T.
- ▷ Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T, om inget annat angetts i behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, bedömning.
- ▷ Undersökningen skall göras vid
  - Gradientfält: normal nivå,
  - SAR: normal nivå, högst 15 min per scan, 30 s paus mellan scan, eller enligt utlåtande från sjukhusfysiker för det specifika implantatet.



## Shunt och reservoarer

De flesta shuntar och reservoarer är 2016 definierade som ”Safe” eller ”Conditional. Ca 25% är fortfarande endast godkända vid 1,5 T, och några är farliga/olämpliga i MR-miljö<sup>21</sup>.

Patienter med shuntar och reservoarer kan undersökas med MR med följande villkor:

- ▷ Tillverkare och modell på implantatet är känd.
- ▷ Undersökning kan med få undantag<sup>21</sup> göras vid 1,5 T
  - SAR: normal nivå, högst 15 min per scan.
- ▷ Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas enligt bedömning från behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
- ▷ Implantat som godkänts vid 3T av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker,<sup>22</sup> kan undersökas vid 3 T
  - Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat behöver troligtvis användas, om inget annat angetts i behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, bedömning.
  - SAR: normal nivå med högst 15 min per scan, och 30 s paus mellan scan,eller enligt utlåtande från behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för det specifika implantatet
- ▷ OBS! Kontroll av implantatets funktion före/efter undersökning görs enligt tillverkarens instruktioner (se även utlåtande av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker).

## Medicinpumpar för baklofen

Maximal tillåten fältstyrka och rutinen kring MR-undersökning beror på typ av pump.

- ▷ Kontrollera med avdelningen vilken pump patienten har.
- ▷ Undersökning görs enligt villkoren från utlåtande av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.
- ▷ OBS! Kontroll av pump före/efter undersökning görs enligt instruktion från pumpens manual (se även utlåtande av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker,).

## Insulinpumpar

Insulinpumpar får under inga omständigheter tas in i undersökningsrummet. Alla pumpar är definierade ”Unsafe 1”.

Undersökning av patienter med insulinpump bygger på att pump och tillbehör kopplas loss och lämnas utanför undersökningsrummet medan nålen, som sitter kvar i patienten, kan undersökas med MR.

- ▷ Kontrollera med avdelningen vilken pump och nål patienten har.
- ▷ Undersökning görs enligt villkoren från utlåtande av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.

---

<sup>21</sup> Följande är farliga/olämpliga

\* Cerebral ventricular shunt tube connector (type unknown) misc. - unsafe

\* Shunt valve, Holter type misc. The Holter Co. Bridgeport, PA – unsafe

\* Sophy adjustable pressure valve har mycket kraftiga restriktioner. Kontakta behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för ny utredning om undersökning skulle bli aktuell.

<sup>22</sup> 23 är utredda och godkända vid 3T av sjukhusfysiker (januari 2016).

## Metallimplantat i muskel och ben

Patienter med inopererade metallföremål i muskel eller ben kan undersökas med MR under följande förutsättningar:

- ▷ Om ett implantat är tillverkat av ett icke-ferromagnetiskt material (t.ex. Elgiloy, Phynox, MP35N, titan, titan-legeringar, Nitinol, tantalum), kan patienten genomgå en MR-undersökning (vid max 1,5 T) direkt efter placering av objektet.  
För ett svagt ferromagnetiskt material, krävs en väntetid på 6-8 veckor innan MR-undersökningen för att implantatet skall vara fast inkorporerat i vävnaden ([www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)).
- ▷ Patienter får inte undersökas om det finns minsta misstanke om att ett svagt ferromagnetiskt implantat sitter löst (t.ex. patient med "godkänd" hjärtklaffsprotos med hjärtbesvär eller misstänkt endokartit).
- ▷ Villkor:
  - "Safe": undersöks vid den maximala fältstyrkan angiven av [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).
  - "Conditional 5, 6, 8" undersöks:
    - Vid högst den maximala fältstyrkan angiven av [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).
    - Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T, om inget annat angetts i behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, bedömning.
    - SAR: normal nivå med högst 15 min per scan, och 30 s paus mellan scan, eller enligt utlåtande från sjukhusfysiker för det specifika implantatet.

## Granatsplitter, kulor eller hagel

Granatsplitter innehåller oftast stål och är därmed kraftigt ferromagnetiska och fragmenten kan flytta eller vrida sig. Uppvärmning av RF-fältet är dock begränsad.

- Undersökning med mindre fragment kan övervägas beroende på var objektet sitter och hur länge det suttit.
- Patienten skall **aldrig** undersökas med MR om det ferromagnetiska fragmentet sitter i eller nära vitala organ, nervsystemet eller viktiga blodkärl.

Den dominerade andelen kulor och hagel som används är icke-ferromagnetiska men det förekommer även ferromagnetiska kulor ("Unsafe").

- ▷ Kontrollera, om möjligt, vilken typ av kula/hagel patienten har.
- ▷ Kontakta behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker, för utredning.
- ▷ Undersökning görs enligt villkoren från utlåtande av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.

## Metallföremål i ögat

Metallsplitter är ferromagnetiska och även små fragment kan ge allvarliga skador på ögat om de vrider sig i magnetfältet.

- ▷ Om patienten har, eller någon gång har haft, metallsplitter i ögat skall följande frågor ställas:
  - Undersöktes ögat av läkare vid tiden för olyckan?
  - Blev han/hon i så fall informerad om att objektet var fullständigt borttaget?
- ▷ Patienten får **aldrig** undersökas med MR om det finns minsta misstanke om att patienten fortfarande har metallföremål i ögat eller om patienten inte informerats om resultatet av undersökningen.

## Ferromagnetiska tatueringar och permanent kosmetika

En del tatueringfärg och permanent kosmetika innehåller ferromagnetiskt material. Detta kan dels orsaka smärta i huden då de ferromagnetiska partiklarna dras mot magneten, dels kan det ge en ökad upphettning. Det är dock mycket ovanligt med större reaktioner. Även permanent eyeliner har visat sig kunna orsaka kraftig svullnad.

Om patienter med en ferromagnetisk tatuering eller permanent kosmetika skall undersökas så:

- ▷ Informera patienten om att larva vid obehag.
- ▷ En kall våt kompress eller ispåse kan läggas på området för att mildra upphettningen.

## Piercing

Piercing finns i olika material såsom kirurgiskt stål, titan, guld och silver. Dessa kan orsaka ökad lokal uppvärmning.

- ▷ Patienten bör om möjligt avlägsna smycket.
  - Om detta inte är möjligt bör man isolera smycket från huden så mycket som möjligt (med tejp eller bandage) för att undvika upphettning. Alternativt kan en kall våt kompress eller ispåse läggas på området för att mildra upphettningen. Om smycket är ferromagnetiskt skall smycket stabiliseras med tejp, bandage eller kardborrband.
  - Piercing i tunga kan vara kvar om den är av titan eller kirurgiskt stål.
  - OBS! Det finns ”falsa” varianter av piercingar (som inte kräver hål) som sitter fast med en magnet. Dessa måste tas bort innan undersökning.
- ▷ Informera patienten om att larva vid obehag.
- ▷ Om smycket ligger inom undersökningsområdet skall undersökningen genomföras enligt ”normal nivå”.

## Kontrastmedel

Undersökning med Gadoliniumbaserade kontrastmedel är vanligt vid MR-undersökningar. Kontrastmedelsundersökningar är i de flesta fall säkra men kan försämra njurfunktionen temporärt eller permanent.

Det har under de senaste åren rapporterats fall av Nefrogen Systemisk Fibros (NSF) i samband med användning av gadoliniumbaserade kontrastmedel hos patienter med gravt ( $GFR < 30 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ ) eller måttligt ( $GFR < 60 \text{ ml/min/1,73 m}^2$ ) nedsatt njurfunktion, och hos patienter som har genomgått eller skall genomgå levertransplantation. Det finns också en ökad risk för personer med tillfälligt nedsatt njurfunktion. De flesta fallen av NSF har varit kopplade till s.k. linjära kontrastmedel. Den ackumulerade dosen anses också ha betydelse.

Kontrastmedlen indelas i tre kategorier.

### 1. Hög risk

Linjära kontrastmedel: Omniscan, Optimark (icke-joniska) och Magnevist (joniskt)  
*Alla patienter ska screenas för nedsatt njurfunktion med laboratorietester före användning.*

### 2. Medelhög risk

Linjärt joniskt kontrastmedel: MultiHance, Primovist  
*Alla patienter bör screenas för nedsatt njurfunktion med laboratorietester före användning. Alla patienter >65 år ska screenas.*

### 3. Låg risk

Icke-linjära makrocycliska kontrastmedel: Dotarem, ProHance och Gadovist.  
*I denna grupp finns ingen absolut kontraindikation mot enkeldos, inte ens för dialyspatienter.*

Ingen patient bör hindras från att få en kliniskt välmotiverad kontrastmedelsförstärkt MR-undersökning. För alla patienter ska minsta möjliga kontrastmedelsdos användas som krävs för ett tillfredställande resultat av undersökningen.

Följande är förslag på restriktioner gällande kontrastmedel<sup>23</sup>.

- ▷ Patienter med normal njurfunktion:
  - Undersökning med Gd-kontrastmedel bör inte genomföras inom 24 timmar från annan undersökning med jod-baserat eller Gd-baserat kontrastmedel eftersom njurfunktionen då kan vara tillfälligt nedsatt.
- ▷ Patienter med måttligt nedsatt njurfunktion (GFR <60 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>):
  - Gd-kontrastmedel kategori 1 bör undvikas. Vid stark indikation ges minsta möjliga dos.
  - Gd-kontrastmedel kategori 2, 3 kan ges.
  - Om patienten genomfört undersökning med jodbaserat kontrastmedel bör man vänta 2 dygn och kontrollera att njurfunktionen inte försämrats (kreatinin/GFR) innan ytterligare undersökningen.
  - Användning av Gd-kontrastmedel ska inte upprepas på minst 7 dygn.
- ▷ Patienter med gravt nedsatt njurfunktion (GFR <30 ml/min/1,73 m<sup>2</sup>) och patienter under den perioperativa levertransplantationsperioden:
  - Gd-kontrastmedel kategori 1 får inte användas (kontraindicerat).
  - Gd-kontrastmedel kategori 2 bör undvikas.
  - Gd-kontrastmedel kategori 3 kan ges om det finns ett diagnostiskt behov av kontrastmedel. Minsta möjliga dos bör användas.
  - Om patienten genomfört undersökning med jodbaserat kontrastmedel bör man vänta 2 dygn och kontrollera att njurfunktionen inte försämrats (kreatinin/GFR) innan ytterligare undersökning.
  - Användning av Gd-kontrastmedel ska inte upprepas på minst 7 dygn.
- ▷ Barn 0- 1 år
  - bör endast undersökas med kontrastmedel om det är absolut nödvändigt, med tanke på barnens outvecklade njurfunktion.
  - Endast *Dotarem* (kategori 3) är godkänd för barn under 2 år. Minsta möjliga dos av Gd-kontrastmedel ges.
  - Användning av Gd-kontrastmedel ska inte upprepas på minst 7 dygn.
  - I övrigt se respektive kontrastmedel i FASS
  - Barn > 1 år

---

<sup>23</sup> Ur rekommendationer från

ESUR (<http://www.esur.org/ESUR-Guidelines>) Guidelines 8.1 2014

SFMR (<http://www.sfbfm.se/sidor/mr-kontrastmedel>)

Rekommendationer för KM vid MRT / SFBFMs arbetsgrupp, version 3, 2014-02-18

FASS (<http://www.fass.se/LIF>)

läkemedelsgrupp ATC-V08C

- Minsta möjliga dos av Gd-kontrastmedel kategori 3 kan ges. Endast *Dotarem* är godkänd för barn under barn under 2 år.
- I övrigt se respektive kontrastmedel i FASS
- För gravida
- Kontrastmedel under graviditeten rekommenderas inte, såvida inte kvinnans kliniska tillstånd kräver det<sup>24</sup>.
- Om stark indikation för kontrastmedel föreligger ges minsta möjliga dos av Gd-kontrastmedel kategori 3.
- Amning
- Den allmänna rekommendationen är att avstå amning under en period av 24 timmar<sup>25</sup> efter kontrastmedelsinjektion. Det finns inget värde i att avstå amning mer än 24 timmar.
- Då en mycket liten andel av Gd-baserat kontrastmedel passerar över i modersmjölken och sedan tas upp i barnets tarmar anser ACR (American College of Radiology)<sup>26</sup> det säkert för modern och barnet att fortsätta amma efter en sådan undersökning. Detta kan kommuniceras till mödrar som inte vill avstå amning. Större försiktighetsåtgärd bör vidtas vid mycket små eller för tidigt födda barn.
- Amningsuppehåll i minst 24 timmar ska göras för Gd-kontrastmedel med hög risk för NSF (kategori 1).

## Gravida patienter

Med undersökning av gravida avses både undersökning av foster och undersökning av gravida patienter. Man har inte sett några tecken på att foster skadats av att genomgå en MR-undersökning. Man vet att foster är mycket känsliga för ljud. Örongångarna är dock fyllda med vatten vilket dämpar ljudet kraftigt (Wieseler 2010).

Fostrets centrala nervsystem är mycket känsligt för temperaturökningar, speciellt under den första trimestern. En förhöjd temperatur under en längre tid kan ge effekter på fostrets utveckling (ICNIRP 1998). Fostret har inne i modern en begränsad möjlighet att avge sin ökade värme. En bukundersökning kan ge en helkroppsexponering till fostret.

Man skall vara restriktiv med undersökning av gravida (De Wilde 2005, ICNIRP 2004). Gradientfälten, RF-fälten och undersökningstiden skall begränsas vid undersökningen. Ställningstagande för/emot undersökning med MR beror dock på frågeställningen. För undersökning i bukområdet är MR ett icke-joniserande alternativ till CT och konventionell röntgen.

## Undersökning av gravid kvinna

Vid MR-undersökning av gravid kvinna utsätter man även fostret (som inte är patienten) för det statiska magnetfältet, virvelströmmar och höga ljudnivåer **oavsett vilken kroppsdel som undersöks**. Virvelströmmarna blir som kraftigast i kroppsdelar nära öppningarna av magneten. Fostret utsätts därför för höga virvelströmmar vid undersökning av exempelvis kvinnans ben eller hjärna. Om fostret befinner sig inom RF-spolen utsätts det även för det radiofrekventa fältet. För undersökning i bukområdet är MR

---

<sup>24</sup> Kunskapen om hur kontrastmedel påverkar humana foster är mycket dålig. Kontrastmedlet tas upp av njurarna hos fostret, och kommer via urinen ut i fostervattnet. Fostret sväljer fostervattnet och kontrastmedel kommer därmed att passera fostret många gånger [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).

<sup>25</sup> Lämpligt att använda bröstpump före undersökning och spara undan mjölk till dygnet efter.

<sup>26</sup> <http://www.acr.org/quality-safety/resources/contrast-manual>

ett icke-joniserande alternativ till CT och konventionell röntgen. Övergripande råd för undersökningar av gravida ges av ICNIRP 2004 och Shellock ([www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)).

- ▷ För gravid patient skall en risk/nytta analys göras av patientansvarig läkare.
- ▷ Vid undersökning av kvinnans buk kan MR vara den mest skonsamma metoden för fostret eftersom alternativet oftast är joniserande strålning som därmed ger en stråldos till fostret.
- ▷ För områden utanför buken kan andra metoder än MR vara mer lämpliga. För CT och röntgen avtar stråldosen mycket kraftigt med avståndet från fostret och stråldosen blir väldigt låg om fostret ligger utanför strålfältet. Med MR utsätts fostret fortfarande för det statiska fältet, ljudnivåer och höga virvelströmmar.
- ▷ Undersökning kan, enligt ICNIRP 2009, göras vid upp till 4T. Lägre fältstyrka har dock i allmänhet lägre ljudnivåer och är lättare att anpassa till lågt SAR och är därmed att föredra.
- ▷ En senare upptäckt graviditet ger *inte* anledning till att rekommendera abort.

### MR-undersökning av gravida

- ▷ Vid möjlighet till undersökning vid 1,5 eller 3 T bör 1,5 T väljas i första hand. Gravida skall undersökas vid en maximal fältstyrka på 4 T (normal nivå) (ICNIRP 2009). Lägre fältstyrka har dock i allmänhet lägre ljudnivåer och är lättare att anpassa till lågt SAR och är därmed att föredra.
- ▷ Vid 3T bör supine läge användas<sup>27</sup>.
- ▷ Undvik sekvenser med täta gradienter och korta stigtider som orsakar höga virvelströmmar och höga ljudnivåer.
- ▷ Vid undersökning av buken skall sekvenser med låga SAR-värden användas (nivå normal). Tag gärna ett uppehåll mellan sekvenserna för temperaturutjämning. Använd inga filter eftersom detta hindrar värmeavgivningen.
- ▷ Undersökningstiden för gravida kvinnor skall göras kort.

### Kontrastmedel vid undersökning av gravida

- ▷ Kontrastmedel under graviditeten rekommenderas inte, såvida inte kvinnans kliniska tillstånd kräver det<sup>28</sup>.
- ▷ Om stark indikation föreligger ges minsta möjliga dos av Gd-kontrastmedel kategori 3.
- ▷ Det är rekommenderat att undvika amning inom 24 timmar.

För ytterligare information se ”Kontrastmedel”.

### Forskning *in vivo*

Med forskningspatienter avses patienter eller friska volontärer som kallas till MR-undersökning i forskningssyfte.

Undersökning av forskningspersoner skall göras med samma restriktioner och gränsvärden som för patienter men begränsas också av förutsättningarna i det etiska tillståndet för projektet.

---

<sup>27</sup> Undersökning av multitransmit (som används vid 3 T) på foster är inte utredd annat än för supine läge och utan multitransmit finns det risk för lokala hotspots av SAR.

<sup>28</sup> Kunskapen om hur kontrastmedel påverkar humana foster är mycket dålig. Kontrastmedlet tas upp av njurarna hos fostret, och kommer via urinen ut i fostervattnet. Fostret sväljer fostervattnet och kontrastmedel kommer därmed att passera fostret många gånger [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com).

# POLICY PERSONAL

## Gränsvärden för personal

Rekommenderat är att följa de gränsvärden för personal som är satta av ICNIRP, där nya riktlinjer publicerades 2009-2010 och 2014. Nedan följer en sammanställning av hur dessa gränsvärden skall användas för personal i klinisk praktik. Mer detaljerad information finns i Bilaga II - Gränsvärden med kommentarer.

### Det statiska magnetfältet

Personal utsätts främst för strömfält från det statiska magnetfältet. Enligt ICNIRP 2009 rekommenderas en exponering på högst 2 T till huvud och bål, men upp till 8 T kan tillåtas under kontrollerade former (ICNIRP 2009). För exponering av enbart armar och ben är 8 T acceptabelt<sup>29</sup>.

Strömfältet där personalen står vid upplägg av patient ligger på mellan 70-500 mT för en 3 T magnetkamera.

För att undvika sensoriska effekter som yrsel och illamående från rörelseinducerade elektriska fält under några få Hz, rekommenderar ICNIRP att  $\Delta B$  (förändringen i magnetisk flödesdensitet) inte överskrider 2 T över en period på 3 s (ICNIRP 2014)<sup>30</sup>. Detta överskrider inte vid normalt arbete<sup>31</sup>.

### Det tidsvarierande magnetfältet

De tidsvarierandefälten är som kraftigast vid utkanterna av magneten, antingen inuti eller utanför beroende på magnetens konstruktion. Personal kan komma upp i gränsvärden för virvelströmmar om de står nära magnetöppningen under själva undersökningen.

Personal som skall uppehålla sig i undersökningsrummet vid undersökningen skall använda hörselskydd. Gravid personal skall inte uppehålla sig i undersökningsrummet under bildtagning för att skydda fostret mot höga ljudnivåer.

### Det radiofrekventa fältet

RF-fältet avtar mycket snabbt med avståndet från den sändande RF-spolen. Det är därför osannolikt att personal kommer upp till de uppsatta gränsvärdena för RF-fält.

## Gravid personal

Inga kända skador på foster har rapporterats för MR-personal<sup>32</sup>. Gravid personal kan arbeta som vanligt under graviditeten med några undantag.

- ▷ Gravid personal bör inte vistas i undersökningsrummet under den första trimestern. Rekommendationen bygger *inte* på någon känd fara, utan på en allmän försiktighetsprincip då man vet att den första trimestern är kritisk för fostrets utveckling<sup>33</sup>.

---

<sup>29</sup> Mättet ”tidsmedelvärde” av exponering som använts tidigare är borttagen i nuvarande rekommendationer från ICNIRP.

<sup>30</sup> Det finns även gränsvärden för att säkerställa att personal inte når gränsen för elektrisk stimulering av perifera nerver. Gränsen är inte möjligt att uppnå vid arbete med magnetkameror på 1,5 och 3 T.

<sup>31</sup> Kan uppnås om man åker in/ur en 3 T-magnet.

<sup>32</sup> I en undersökning från 1993 (Kanal 1993) skickades ett undersökningsformulär med ett stort antal frågor angående infertilitet, graviditet och fosterskador till kvinnlig MR-personal. De fick 1915 svar, inkluderande 1421 graviditeter, varav 280 arbetade med MR under graviditeten. Man fann i studien inga statistiska skillnader mellan de som arbetade med MR under graviditeten och övriga när det gällde missfall, låg födelsevikt, för tidig födsel och infertilitet.

<sup>33</sup> Rekommendationerna varierar. Enligt Shellocks rekommendationer kan gravid personal vistas i undersökningsrummet under hela graviditeten oavsett trimester, men inte under själva bildtagningen.

- ▷ Gravid personal skall inte befinna sig i undersökningsrummet under själva bildtagningen. Begränsningen är satt främst för att inte utsätta fostret för höga ljudnivåer (De Wilde 2005).

## Kontrollista personal

- ▷ All personal ska ha kontrollerats enligt kontrollista innan de går in till Magnetkamerans undersökningsrum första gången (Bilaga I - Kontrollistor).
- ▷ Vid implantat skall en medicinsk bedömning göras för att avgöra om personen kan arbeta i undersökningsrummet.

## Säkerhetsutbildning

All personal som arbetar med MR, i MR-miljö (oavsett om det är kontinuerligt eller bara ibland), eller har sin arbetsplats på en avdelning där det finns en MR skall genomgå en grundläggande säkerhetsutbildning. Syftet med utbildningen är att alla ska

- ▷ ha grundläggande kunskaper i MR-säkerhet för att förhindra olyckor som kan skada patient, personal, anhörig eller magnetkameran och
- ▷ veta rutiner vid en nödsituation såsom hjärtstopp i MR-miljö, quench och brand. Detta motsvarar informationen i kapitlen ”*Introduktion*” och ”*Policy Magnetkameran*”.
- ▷ kunna svara på enkla frågor om MR-säkerhet från patienter.

Läkare, sjuksköterskor, fysiker och forskare som arbetar med MR, eller har patientansvar för MR-patienter bör ha kunskap motsvarande informationen i kapitlen ”*Introduktion*”, ”*Policy Magnetkameran*”, ”*Biologiska effekter av magnetkameran fält*”, ”*Policy patientundersökningar personal*” och ”*Policy personal*”.



# REFERENSER OCH LÄNKAR

## Referenser

1. De Wilde JP, Rivers AW, Price DL. *A Review of the Current Use of Magnetic Resonance Imaging in Pregnancy and Safety Implication for the Fetus. Progress in Biophysiology and Molecular Biology* 87, pp 335-353, 2005.
2. European Society of Urogenital Radiology (ESUR): *ESUR Guidelines of Contrast Media 7.0.* <http://www.esur.org/ESUR-Guidelines.6.0.html>
3. Faris OP, Shein M. *Food and Drug Administration Perspective: Magnetic Resonance Imaging of Pacemaker and Implantable Cardioverter-Defibrillator Patients. Circulation* 114(12) pp 1232-1233, 2006.
4. ICNIRP Statement *Medical Magnetic Resonance (MR) procedures: Protection of patients. Health Physics* 87(2) pp 197-216, 2004.
5. ICNIRP Statement. *Amendment to the ICNIRP "Statement on medical magnetic resonance (MR) procedures: protection of patients"* *Health Physics* 97(3) pp 259-261, 2009.
6. ICNIRP *Guidelines. Guidelines on limits of exposure to magnetic fields. Health Physics* 96(4) pp 504-514, 2009.
7. ICNIRP *Guidelines. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz).* *Health Physics* 74(4) pp 494-522, 1998.
8. ICNIRP Statement. *ICNIRP Statement on the "Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)".* *Health Physics* 97(3) pp 257-258, 2009.
9. ICNIRP *Guidelines. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz).* *Health Physics* 99(6) pp 818-836, 2010.
10. ICNIRP *Guidelines. ICNIRP guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1Hz.* *Health Physics* 106(3) pp 418-425, 2014.
11. IEC 60601-2-33. *Medical electrical equipment - Part 2-33: Particular requirements for the safety of magnetic resonance equipment for medical diagnosis,* 2002.
12. Kanal E, Gillen J, Evans JA, Savitz, DA, Shellock, FG. *Survey of Reproductive Health among Female MR Workers. Radiology* 187 pp 395-399, 1993.
13. Shellock FG. *Reference Manual for Magnetic Resonance Safety, Implants and Devices: 2011 Edition. Biomedical Research publishing group. (ISBN-10 0-9746410-7-3, ISBN-13 978-0-9746410-7-2)*
14. Dedini RD, Karacozoff AM, Shellock FG, Xu D, Pekmezci M. *MRI issues for ballistic objects: information obtained at 1.5-, 3- and 7-Tesla. The Spine Journal* 13 pp 815-822, 2013
15. *Svensk Förening för Bild- och Funktionsmedicin (SFMR): "Rekommendationer för kontrastmedel (KM) vid magnetresonanstomografi (MRT)".* [http://www.sfmr.se/sok/download/kontrast/Rekommendationer\\_MRT\\_20070912.pdf](http://www.sfmr.se/sok/download/kontrast/Rekommendationer_MRT_20070912.pdf)
16. *Svensk Förening för Bild- och Funktionsmedicin (SFMR): "Nefrogen Systemisk Fibros (NSF) Ett nytt sällsynt allvarligt sjukdomstillstånd att ta hänsyn till vid MRT".* <http://www.sfmr.se/sok/download/NSF-leander.pdf>
17. Wieseler KM, Bhargava P, Kanal KM, Vaidya S, Stewart BK, Dighe MK. *Imaging in pregnant patients: Examination appropriateness. Radiographics* 30(5), pp 1215-1229, 2010.

## Länkar

Arbetsmiljöverket:

[www.av.se/](http://www.av.se/)

European Society of Magnetic Resonance in Medicine and Biology (ESMRMB):

[www.esmrm.org](http://www.esmrm.org)

European Society of Urogenital Radiology:

[www.esur.org](http://www.esur.org)

FASS:

[www.fass.se/LIF/home/index.jsp](http://www.fass.se/LIF/home/index.jsp)

International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM):

[www.ismrm.org/](http://www.ismrm.org/)

Statens strålskyddsmyndighet (SSM):

[www.stralsakerhetsmyndigheten.se](http://www.stralsakerhetsmyndigheten.se)

Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU):

[www.sbu.se](http://www.sbu.se)

Svensk Förening för Bild- och Funktionsmedicin:

[www.sfmr.se](http://www.sfmr.se)

U.S. Food and Drug Administration (FDA):

[www.fda.gov](http://www.fda.gov)

## BILAGA I - KONTROLLISTOR

På följande sidor finns kontrollistor för:

- ▷ Patienter. På svenska och engelska.
- ▷ Medföljare. På svenska och engelska.  
Dessa används för personer som följer med patient in i undersökningsrummet.  
(Anhörig, stödperson, tolk, m.fl.)
- ▷ Personal.

För studenter och andra personer som tillfälligt skall in i undersökningsrummet, t.ex. hantverkare, används antingen kontrollistan för personal eller medföljare.

## Kontrollista inför undersökning med magnetkamera (MR)

Namn: \_\_\_\_\_

Vikt: \_\_\_\_\_

Personnummer: \_\_\_\_\_

Längd: \_\_\_\_\_

Var god svara på nedanstående frågor och markera det svar som gäller dig

- |   | JA                       | NEJ                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. Har du eller har du haft något av följande i kroppen?<br>- Pacemaker<br>- Medicinpump (för t ex insulin eller cytostatika)<br>- Neurostimulator (t ex i hjärnan eller i ryggen)<br>- Hörselimplantat (t ex cochlearimplantat)<br>- Annat elektriskt eller batteristyrkt implantat<br>Om JA, vad? _____   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Har du eller planeras du att få något föremål inopererat som kan innehålla metall?<br>- Kärclips (t ex i hjärnan eller hjärtat)<br>- Föremål så som trachealtub, hudexpanderare, skruvar, hjärtklaff, shunt, protes, fast tandställning mm.<br>- PEG/slang till magsäcken<br>Om JA, vad eller vilken typ av operation? _____<br>När och var? _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Har du något främmande metallföremål i kroppen?<br>- Metallsplitter eller svetsloppa i ögat<br>- Granatsplitter, kulor eller hagel<br>- Annat metallföremål<br>Om JA, vad? _____   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Har du svårt att vistas i trånga utrymmen (klaustrofobi)?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Går du i dialys eller har kraftigt nedsatt njurfunktion?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Kvinnlig patient – Är du gravid?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Kvinnlig patient – Ammar du?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Kontakta oss snarast om du svarat **JA** på någon av frågorna ovan.

\_\_\_\_\_  
Underskrift

\_\_\_\_\_  
Datum

# Magnetic Resonance (MR) screening form for patients

Name: \_\_\_\_\_

Weight: \_\_\_\_\_

Personal code number: \_\_\_\_\_

Length: \_\_\_\_\_

**Please answer the questions stated below and highlight the answer that applies to you**

- |  | YES                      | NO                       |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Do you have a history of any of the following devices in the body?<br>- Cardiac pacemaker or defibrillator<br>- Implantable medicine pump (e.g. for insulin or cytostatic)<br>- Implant for neurostimulation<br>- Cochlear implant<br>- Other electrical/magnetic activated implant or electrodes<br>If YES, specify what _____ | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Do you have any metal-containing items in the body?<br>- Aneurysm clips (in e.g. the heart or brain)<br>- Other items, e.g. tracheal tube, tissue expander, coil, stent, dental implants, prosthesis, screws, cardiac valve<br>If YES, what and which type of surgery? _____<br>When and where? _____                           | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Do you have any foreign metal objects in the body?<br>- Metallic slivers or fragments in the eye<br>- Shrapnels, bullets or pellets<br>- Other foreign metallic objects<br>If YES, specify what _____   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Do you suffer from claustrophobia (fear of narrow, enclosed spaces)?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Are you in dialysis or do you have severe impaired renal function?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6. Female patient – Are you pregnant?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7. Female patient – Are you breast feeding?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Contact us as soon as possible if you have answered **YES** on any of the questions above.

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

# Kontrollista för anhörig/medföljande till magnetkameraundersökning

Magnetfältet på magnetkameran är **ALLTID** på!



Om du som anhörig/medföljande vill gå in i undersökningsrummet måste du av säkerhetsskäl fylla i denna lista.

\_\_\_\_\_  
Namn anhörig/medföljande

\_\_\_\_\_  
Personnummer

- |  | JA                       | NEJ                      |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Har du något elektriskt eller batteristyrkt implantat i kroppen?<br>T ex pacemaker, intern defibrilator,<br>medicinpump (för t ex insulin eller cytostatika),<br>neurostimulator, hörselimplantat (t ex cochlearimplantat). | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Har du något inopererat metallföremål i kroppen?<br>T ex kärclips (t ex i hjärnan eller hjärtat),<br>hudexpanderare, skruvar, hjärtklaff, shunt, protes.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Har du något främmande metalliskt föremål i kroppen?<br>T ex metallsplitter eller svetsloppa i ögat,<br>granatsplitter, kulor eller hagel.  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Är du gravid?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Följande saker får **INTE** tas in i undersökningsrummet

- ▷ Ytterkläder, väskor.
- ▷ Föremål som innehåller metall (t ex nycklar, mynt, pennor, gem, hårspännen, nagelfil, fickkniv).
- ▷ Plånböcker, kreditkort och andra kort med magnetremsa.
- ▷ Elektroniska föremål (t ex mobil, MP3, PALM).
- ▷ Klockor.

Jag har lämnat alla ovanstående saker utanför undersökningsrummet JA   
(Smycken av guld och silver kan behållas på.)

Jag har tagit del av informationen ovan och försäkrar att ovanstående uppgifter är riktiga

\_\_\_\_\_  
Underskrift

\_\_\_\_\_  
Datum

MR-personalen avgör **OM** och **NÄR** du får gå in i undersökningsrummet!

Hörselskydd **SKALL** användas under bildtagning!

# Magnetic Resonance (MR) screening form for accompanying persons

The scanners magnetic field is ALWAYS on!



If you as a relative or accompanying person want to enter the examination room, for safety reasons you must first fill out this form.

\_\_\_\_\_  
Name relative/accompanying person

\_\_\_\_\_  
Personal code number

- |   | YES                      | NO                       |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. Do you have any electrical or battery-driven implant in the body?<br>For example cardiac pacemaker or internal defibrillator, implantable medicine pump (e.g. for insulin or cytostatic), implant for neurostimulation, or hearing implant (e.g. cochlear implant) | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Do you have any metal-containing items in the body?<br>For example aneurysm clips (in e.g. the heart or brain), tissue expander, coil, stent, screws or cardiac valve implant.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Do you have any foreign metal objects in the body?<br>For example metallic slivers or fragments in the eye, shrapnels, bullets or pellets.   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Are you pregnant?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

The following items are **NOT** allowed in the examination room

- ▷ Outdoor clothing and bags.
- ▷ Metal containing objects (e.g. keys, coins, pencils, paper or hair clips, nail files or pocket knives).
- ▷ Wallets, credit cards or other cards with a magnetic strip.
- ▷ Electronic devices (e.g. cellphone, MP3, PALM).
- ▷ Watches.

I have left all the above mentioned items outside the examination room YES   
(Jewelry made by gold or silver may be kept on.)

I am aware of the information given in this form and I ensure that the information I have given is truthful.

\_\_\_\_\_  
Signature

\_\_\_\_\_  
Date

The MR staff decides **IF** and **WHEN** you are allowed to enter the examination room!

Ear protection **MUST** be worn during examination!

# Kontrollista MR-säkerhet för personal

Namn: \_\_\_\_\_

Personnummer: \_\_\_\_\_

- |   | JA                       | NEJ                      |
|---|--------------------------|--------------------------|
| 1. Har du eller har du haft något av följande i kroppen?<br>- Pacemaker<br>- Medicinpump (för t ex insulin eller cytostatika)<br>- Neurostimulator (t ex i hjärnan eller i ryggen)<br>- Hörselimplantat (t ex cochlearimplantat)<br>- Annat elektriskt eller batteristyrkt implantat<br>Om JA, vad? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Har du något inopererat metallföremål i kroppen?<br>- Kärclips (t ex i hjärnan eller hjärtat)<br>- Föremål så som trachealtub, hudexpanderare, skruvar, hjärtklaff, shunt, protes, fast tandställning mm.<br>Om JA, vad?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Har du något främmande metallföremål i kroppen?<br>- Metallsplitter eller svetsloppa i ögat<br>- Granatsplitter, kulor eller hagel<br>- Annat metallföremål<br>Om JA, vad?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Kvinnlig personal – Är du gravid?  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Jag försäkrar att ovanstående uppgifter är riktiga och att jag har tagit del av gällande säkerhetsföreskrifter. Jag meddelar om uppgifterna ändras.

\_\_\_\_\_  
Underskrift

\_\_\_\_\_  
Datum

## Arbetsledare/chefs anteckningar:

Jag ger tillåtelse för ovanstående person att

- ▷ Gå in i magnetkamerans undersökningsrum

Kommentarer:

\_\_\_\_\_  
Underskrift arbetsledare/chef

\_\_\_\_\_  
Datum

\_\_\_\_\_  
Namnförtydligande – texta!



## BILAGA II - GRÄNSVÄRDEN MED KOMMENTARER

För **patienter** delas de elektromagnetiska fälten upp i tre nivåer enligt ICNIRP 2004:

- ▷ **Normal nivå:**  
Rutinmässig MR-undersökning för alla patienter.
- ▷ **Nivå 1 (kontrollerad nivå):**  
MR-undersökning utanför normal nivå, där obehag eller oönskade effekter kan förekomma. En klinisk avvägning måste göras för att balansera oönskade effekter med den förväntade nyttan.
- ▷ **Nivå 2 (experimentell nivå):**  
Nivå utanför kontrollerad nivå, för vilken etiskt tillstånd krävs för att belysa potentiella risker.

För **personal** och **allmänhet** anges följande typer av gränsvärden av ICNIRP 2010<sup>34</sup>:

- ▷ **Basrestriktioner (basic restriction) (ICNIRP, 2010)**  
(Fritt översatt från engelska) ”Begränsningar i exponering som baserar sig på kända biofysiska växelverkansmekanismer med värmad som kan leda till negativa hälsoeffekter.”
- ▷ **Referensvärde (reference level) (ICNIRP, 2010)**  
(Fritt översatt från engelska) ”De elektriska och magnetiska fält och kontaktströmmar som en person kan utsättas för utan negativa effekter och med acceptabel säkerhet. Referensnivåerna för elektriska och magnetiska fältp exponeringarna kan överskridas om man säkerställer att de grundläggande begränsningarna inte överskrids. Det är alltså en praktisk eller "surrogat" parameter som kan användas för att fastställa överensstämmelse med de grundläggande begränsningarna.”

---

<sup>34</sup> Definitionerna av basrestriktioner och referensvärden har ändrats något i ICNIRP 2010 Termen ”tidsviktat medelvärde” finns inte längre kvar.

## Det statiska magnetfältet

### Gränsvärden för patienter

Gränsvärdena för statiska fält för patienter, satta av ICNIRP 2009.

Tabell 1. Basrestriktioner för exponering av statiska magnetfält för patienter (ICNIRP guidelines 2009).

	<b>Gränsvärde (T)</b>
Normal nivå	4
Nivå 1 <sup>a</sup>	8
Nivå 2 <sup>b</sup>	8

### Gränsvärden för personal

Gränsvärden för statiska fält för personal satta av ICNIRP 2009.

Man tillåter högre exponeringsgränsvärde för extremiteter än övriga kroppen eftersom dessa inte innehåller några större blodkärl eller kritiska organ.

Tabell 2. Restriktioner för exponering av statiska magnetfält för personal (ICNIRP guidelines 2009 och Fact sheet ICNIRP 2009).

	<b>Gränsvärde (T)</b>
Exponeringsgränsvärde huvud, bål	2 T men 8 T är acceptabelt under kontrollerade former om det finns rutiner implementerade för att kontrollera rörelseinducerade effekter.
Exponeringsgränsvärde övriga kroppen	8 T

Sedan 2014 finns rekommenderade gränsvärden för personal för rörelse i det statiska magnetfältet (ICNIRP 2014). Begränsningarna är satta för att undvika sensoriska effekter (som yrsel och illamående) och elektrisk stimulering av perifera nerver. Bägge kan vara störande men anses inte kunna orsaka långsiktiga hälsoeffekter. Rekommendationerna bygger på att personalen har tillräcklig kunskap för att själva kan styra sitt rörelsemönster.

För att undvika sensoriska effekter som yrsel och illamående från rörelseinducerade elektriska fält under några få Hz, rekommenderar ICNIRP att  $\Delta B$  (förändringen i magnetisk flödesdensitet) inte överskrider 2 T över en period på 3 s (basrestriktion). Ju högre magnetfält, desto långsammare rörelser.

För att undvika elektrisk stimulering av perifera nerver så har max dB/dt satts till 2,7 T/s (referensnivå). Gränsen är satt för att säkerställa att personalen inte uppnår gränsen för stimulering.

### Gränsvärden för allmänhet

Gränsvärden för statiska fält för allmänhet satta av ICNIRP 2009.

Tabell 3. Basrestriktioner för exponering av statiska magnetfält för allmänhet ((ICNIRP guidelines 2009 och Fact sheet ICNIRP 2009).

	Gränsvärde (mT)
Exponeringsgränsvärde	400 <sup>35</sup>
Exponeringsgränsvärde vid kontraindikation	0,5

I praktiken används gränsvärdet 0,5 mT för alla personer som inte kontrollerats enligt kontrollista (kontrollerat område).

Under kontrollerade former (t.ex. som stödperson) kan högre fält tillåtas, och då med samma begränsningar som för personal.

## Det tidsvarierande magnetfältet: virvelströmmar

### Gränsvärden för patienter

Rekommendationer för gradientfält för patienter satta av ICNIRP 2004: Tröskelnivåerna för elektromagnetiska fält mellan 1 Hz och 10 MHz, inom vilket gradientfälten befinner sig, baseras på begränsning av strömtätheten av virvelströmmarna för att undvika intoleranta nivåer av nervstimulering (ICNIRP 2004).

Mediantröskelvärde för nervstimulering beskrivs av följande empiriska ekvation

$$dB/dt_{median} = 20(1 + 0,36/\tau) \text{ T/s}$$

där  $dB/dt$  är förändring i B-fältet per tidsenhet.  $\tau$  är den effektiva stimuleringsvaraktigheten i ms, d.v.s. är beroende av längden av stig- och falltiden hos gradienterna.  $\tau$  definieras som kvoten mellan topp-till-topp-variationen i B-fältet och det maximala värdet av tidsderivatan av B under en period.

Tabell 4. Maximal exponeringsnivå för patienter (ICNIRP 2004).

	Gränsvärde dB/dt
Normal nivå	80 % av $dB/dt_{median}$
Nivå 1	100 % av $dB/dt_{median}$

Studier av långsiktiga biologiska effekter av virvelströmmar för foster är begränsade (De Wilde 2005). Gradientfälten skall därför begränsas till normal nivå för gravida kvinnor.

### Gränsvärden för personal

Rekommendationer för personal från ICNIRP 2010<sup>36</sup>: Nedan anges gränsvärden för de tidsvarierande elektriska och magnetiska fält som skapas av magnetfältsgradienterna. Riktlinjerna är satta för att begränsa exponeringen för elektromagnetiska fält och ge ett skydd mot negativa hälsoeffekter, avseende övergående respons av nervsystemet inklusive perifer (PNS) och central nervstimulering (CNS), induktion av ljusblixtar (fotofosfener) på näthinnan och möjliga effekter på hjärnans funktion.

<sup>35</sup> 400 mT är maximal fältstyrka. Tidigare användes medelvärdet över 24 h (40 mT) som gränsvärde.

<sup>36</sup> Nya gränsvärden gäller för dessa frekvensområden.

Tabell 5. Basrestriktioner för personal för tidsvarierande elektriska och magnetiska fält (ostörda rms värden) (ICNIRP 2010) inom gradientfältets frekvensområden.

Exponering	Frekvens	Inre elektriska fält (V/m)
CNS i huvud	1-10 Hz	0,5/f
	10 Hz - 25 Hz	0,05
	25 Hz – 400 Hz	$2 \cdot 10^{-3} \cdot f$
	400 Hz - 3 kHz	0,8
	3 kHz-10 MHz	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot f$
All vävnader i kroppen och huvudet	1 Hz-4 kHz	0,8
	3 kHz – 10 MHz	$2,7 \cdot 10^{-3} \cdot f$

där  $f$  är frekvensen i Hz.

Tabell 6. Referensvärde för personal för tidsvarierande elektriska och magnetiska fält (ostörda rms värden) (ICNIRP 2010) inom gradientfältets frekvensområden. Alla Insatsvärden skall vara uppfyllda samtidigt.

Frekvens	E-fältstyrka E (kV/m)	Magnetisk fältstyrka H (A/m)	Magnetisk flödestäthet B (T)
1 Hz – 8 Hz	20	$163\ 000 \cdot 10^5 / f^2$	$0,2 / f^2$
8 Hz – 25 Hz	20	$20000 / f$	$0,025 / f$
25 Hz – 300 Hz	$500 / f$	800	0,001
300 Hz – 3 kHz	$500 / f$	$240\ 000 / f$	$0,3 / f$
3 kHz – 10 MHz	0,17	80	0,0001

där  $f$  är frekvensen i enheten Hz.

## Det tidsvarierande magnetfältet: ljudnivåer

### Gränsvärden för patienter

Alla patienter, vakna och sovda, *bör* använda hörselskydd då ljudnivåerna överstiger 80 dB(A), och *skall* använda hörselskydd vid ljudnivåer på 85 dB(A) (ICNIRP 2004).

Alla barn, både vakna och sovda, *skall alltid* använda hörselskydd, oavsett fältstyrka.

### Gränsvärden för personal

Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2005:16) reglerar gränsvärden för personal. Enligt AFS ska arbetstagarna få tillgång till ändamålsenliga hörselskydd om bullerexponeringen är lika med eller överstiger de undre insatsvärdena. Om bullerexponeringen är lika med eller överstiger de övre insatsvärdena *skall* hörselskydd användas.

”Daglig bullerexponeringsnivå” är den ekvivalenta A-vägda ljudtrycksnivån normaliserad till en åttatimmars arbetsdag. ”Maximala ljudtrycksnivån” är den maximala A-vägda ljudtrycksnivån som personal får utsättas för. För mer detaljer hänvisas till Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2005:16).

Tabell 7. Undre och övre insatsvärden för buller för personal (AFS 2005:16).

	Undre insatsvärden dB(A)	Övre insatsvärden dB(A)
Daglig bullerexponeringsnivå $L_{EX,8h}$	80	85
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå $L_{pAFmax}$		115

Även vid dagliga bullerexponeringsnivåer omkring 75–80 dB kan användning av hörselskydd vara motiverad, eftersom särskilt känsliga personer kan riskera hörselskada vid exponering för lägre nivåer än de nedre insatsvärdena.

I praktiken innebär gränsvärdena att personal och andra personer som skall vistas i undersökningsrummet vid undersökningen skall följa samma regler för hörselskydd som patienter.

## Det radiofrekventa fältet

### Gränsvärden för patienter

Gränsvärden för radiofrekventa fält för patienter satta av ICNIRP 2004: Restriktionerna är satta så att temperaturökningen i samband med undersökningen inte skall orsaka några skadliga biologiska effekter.

Tabell 8. Basrestriktioner för kroppstemperaturökningar och partiella kroppstemperaturökningar (ICNIRP 2004).

Nivå	Temperaturökning helkropp (°C)	Lokal temperatur		
		Huvud (°C)	Bål (°C)	Extremiteter (°C)
Normal	0,5	38	39	40
Kontrollerad	1	38	39	40
Experimentell	>1	>38	>39	>40

Temperaturen kan inte mätas direkt utan man använder sig istället av begränsningar i ”specific energy absorption rate” (SAR), dvs. mängden RF-energi som deponeras hos patienten per kg kroppsmassa. Tillverkare av MR-system följer en internationell standard (IEC 60601-2-33). Uppskattad SAR anges av magnetkameran för varje sekvens vid undersökningen. Gränsvärdena för SAR baseras på en omgivningstemperatur på mindre än 24° och luftfuktighet på mindre än 60 %.

Tabell 9. Restriktioner i SAR vid en rumstemperatur < 24°, < 60 % luftfuktighet (ICNIRP 2004) för patienter utan kontraindikation. Värdena gäller som medelvärde över 6 min. (Fritt översatt från engelska.)

Nivå	Helkropp SAR (W/kg)	Kroppsdelen SAR (W/kg)		Lokal SAR (medelvärde över 10 g vävnad) (W/kg)		
		Allt utom huvud	Huvud	Huvud	Bål	Extremiteter
Normal	2	2-10 <sup>a</sup>	3	10 <sup>b</sup>	10	20
Kontrollerad	4	4-10 <sup>a</sup>	3	10 <sup>b</sup>	10	20
Experimentell	>4	>4-10	>3	10 <sup>b</sup>	>10	>20
Korttids-SAR	SAR per 10 s period skall inte överstiga 3 gånger den begränsning som gäller för motsvarande kroppsdels medelvärde.					

<sup>a</sup> SAR för kroppsdelar varierar med patientens storlek, ju mindre kroppsdel desto högre SAR tillåts. Tillåten SAR beräknas genom:

- Normal nivå:  $SAR = (10 - 8 * r) W / kg$

- Kontrollerad:  $SAR = (10 - 6 * r) W / kg$

där  $r =$  kroppsdelens vikt / hela kroppens vikt.

<sup>b</sup> Var dock uppmärksam så att temperaturökningen till ögat < 1°C. Detta gäller speciellt om ögat befinner sig inom RF-fältet på en liten sändande spole. Ögat har mycket begränsad förmåga att avge ökad värme och är därmed extra känslig för värmeökningar.

## Gränsvärden för personal

Rekommendationerna för personal från ICNIRP 1998, där alla villkoren måste vara uppfyllda samtidigt.

Tabell 10. Basrestriktioner för exponering SAR för personal (ICNIRP 1998) för frekvensområdet 100 kHz – 10 GHz.

	Gränsvärde SAR (W/kg)
Helkropp medelvärde	0,4
Lokaliserad SAR (huvud, bål)	10
Lokaliserad SAR (extremiteter)	20

Det är osannolikt att personal kommer upp till dessa gränsvärden, förutom vid arbete med interventionell MR.

Förutom SAR, finns för dessa frekvenser inga begränsningar i strömtäthet men däremot i elektrisk fältstyrka och magnetisk flödestäthet som anges för gradientfälten.

Tabell 11. Referensvärden för exponering för tidsvarierande fält<sup>37</sup> (ICNIRP 1998) inom RF-fältets frekvensområden. Alla Insatsvärden skall vara uppfyllda samtidigt.

Frekvensområde	Elektrisk fältstyrka, E (V/m)	Magnetisk flödestäthet, B ( $\mu$ T)
10 – 400 MHz	61	0,2

*där  $f$  är frekvensen i enheten Hz.*

---

<sup>37</sup> Ostört kvadratisk medelvärde (rms).

## BILAGA III - SHELLOCKS TERMINOLOGI ANGÅENDE IMPLANTAT

I detta stycke ges en förkortad sammanfattning, fritt översatt till svenska, av innebörden av Shellocks olika villkor för implantat. Mer detaljerad information finns på [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)

### Safe (MR-säker)

Objektet anses vara säkert för patienten som genomgår en MR-undersökning eller befinner sig i MR-miljö vid den högsta statiska magnetiska fältstyrka som angetts.

### Conditional (MR-villkorlig)

Implantatet kan vara eller inte vara MR-säkert, beroende på de särskilda villkor som finns. Conditional delas upp i flera undergrupper:

#### Conditional 1

- Implantatet är acceptabelt för en patient som genomgår en MR-undersökning trots att de visat sig vara svagt ferromagnetiska. De kan orsakas virvelströmmar. Implantatet kan undersökas vid fältstyrkor upp till maximala fältstyrkan given av Shellock.

#### Conditional 2

- Implantat som är svagt ferromagnetiska (t.ex. coilar, stentar, clips) och som är ordentligt fastvuxna i vävnaden kan undersökas vid fältstyrkor upp till den maximala fältstyrkan given av Shellock. Om implantatet är tillverkat av ett omagnetiskt material (t.ex. Phynox, Elgiloy, titan, titanlegeringar, MP35N, Nitinol, etc.), är det inte nödvändigt att vänta minst sex veckor om fältstyrkan 1,5 T eller lägre.

#### Conditional 3

- Detta gäller främst vissa plåster med metallfolie (t.ex. Deponit, nitroglycerin transdermalt Delivery System) eller andra metallkomponenter som visat sig orsaka en kraftig värmeutveckling. Denna överhettning kan orsaka obehag eller bränna patienten. Därför rekommenderas det att plåstret tas bort innan MR-undersökningen. Ett nytt plåster skall appliceras omedelbart efter undersökningen.

#### Conditional 4

- Detta gäller främst halo väst och andra liknade yttre fixeringar. Även om ingen rapport om personskada rapporterats så finns frågetecken kring dess påverkan av det statiska magnetfältet och för MR-relaterad uppvärmning. Kontakta tillverkaren för ytterligare information<sup>38</sup>.

#### Conditional 5

- Implantatet är acceptabelt för en patient som genomgår en MR-undersökning **endast om** de särskilda riktlinjer eller rekommendationer som angivits av Shellock och tillverkaren följs. Granska de kriterier som gäller för MR-undersökning på tillverkarens hemsida eller kontakta tillverkaren för senaste säkerhetsinformationen<sup>38</sup>.

#### Conditional 6

- Dessa implantat bedöms vara "Conditional" enligt terminologin angiven av American Society for Testing och Materials (ASTM) International.

---

<sup>38</sup> Web-adresserna är för de flesta implantat angivna på [www.MRIsafety.com](http://www.MRIsafety.com)

- Icke-kliniska tester har visat att en patient med dessa implantat kan undersökas på säkert sätt omedelbart efter operation under följande villkor:
  - Statisk magnetfältstyrka på högst 3 T.
  - Maximal spatiell gradient på högst 7,2 T/m<sup>39</sup>.
  - Maximal SAR: 3 W/kg för 15 minuter skanning.  
Detta ger en temperaturökning på  $\leq 3^{\circ}\text{C}$ <sup>40</sup>.
- Bildkvalitet kan äventyras i implantatets närområde. En optimering av MR-parametrarna kan vara nödvändig.

### Conditional 7

- Dessa implantat är inte avsedda att användas vid MR-undersökning. De får inte vara i MR-tunneln och utsättas för det tidsvarierande magnetfältet och RF-fältet under bildtagning. Kontakta tillverkaren för ytterligare information.  
I praktiken betyder det att de är ”unsafe” på alla helkroppssystem.

### Conditional 8

- Om det står 1,5, 3 T kan detta betyda att det kan finnas flera versioner av samma stent med olika villkor. Kontakta tillverkaren för ev. ytterligare information.
- Implantatet bedöms vara ”Conditional” enligt terminologin angiven av American Society for Testing och Materials (ASTM) International.  
Icke-kliniska tester har visat att en patient med detta implantat kan undersökas på säkert sätt omedelbart efter placering under följande villkor:
  - Statisk magnetfältstyrka på högst 3 T.  
Om det står 1,5, 3 T på implantatet kan det finnas flera versioner av implantatet.  
Undersök då vid 1,5 T.
  - Maximal spatiell gradient på högst 7,2 T/m<sup>41</sup>.
  - Maximal SAR: 3 W/kg för 15 minuter skanning.  
Detta ger en temperaturökning på  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ <sup>42</sup>.
- Bildkvalitet kan äventyras i implantatets närområde. En optimering av MR-parametrarna kan vara nödvändig.

## Unsafe (MR-farlig)

Implantat och andra objekt som är kontraindicerande för MR-undersökning och/eller individer att vistas i undersökningsrummet.

### Unsafe 1

- Dessa objekt är kontraindicerade för MR-undersökning och för individer att gå in i undersökningsrummet. Objektet bedöms utgöra en potentiell eller realistisk risk eller fara

---

<sup>39</sup> Många MR-system överstiger dessa gränser nära gantryt. Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T. Bedömning ska göras av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.

<sup>40</sup> 3°C är ganska mycket.

<sup>41</sup> Många MR-system överstiger dessa gränser nära gantryt. Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat kan behöva användas, speciellt vid 3 T. Bedömning ska göras av behörig personal på sjukhuset, t ex sjukhusfysiker.

<sup>42</sup> 4°C temperaturökning (ca 41° temperatur) är mycket!



för patient eller andra i MR-miljö främst till följd av förflyttning eller vridning av objektet. Andra faror kan också förekomma.

## Unsafe 2

- Dessa objekt är kontraindicerande för MR-undersökning. Den potentiella risken för implantatet är relaterad till bildande av kraftiga virvelströmmar och omfattande temperaturökning och andra potentiella faror. Påverkan av det statiska magnetfältet är dock litet.

## BILAGA IV - ORDLISTA

### **Artefakt**

Bildfel, t.ex. förvrängningar av geometrin, linjer, skuggor, svarta områden. De kan orsakas av patienten (t.ex. andningsrörelser), implantat i kroppen eller egenskaper hos utrustningen.

**Basrestriktioner begränsningar (basic restrictions)** (ICNIRP 1998): (Fritt översatt från engelska): *"Begränsningar i exponering som baserar sig på kända biofysiska växelverkansmekanismer med vävnad som kan leda till negativa hälsoeffekter"*.

### **dB (A)**

Ljudtrycksnivån är ett mått på ljudets styrka och mäts i enheten dB som är en logaritmisk skala. Örat är inte lika känsligt för alla frekvenser. För att efterlikna den mänskliga hörseluppfattningen innehåller ljudmätaren ett vägningsfilter (A-filter) som ger en frekvensberoende viktning av mätsignalen till örats känslighet. Enheten dB (A) avser mätning med A-filter.

### **Ferromagnetisk material**

Ferromagnetiskt material magnetiseras kraftigt av ett yttre magnetfält. Ett ferromagnetiskt material dras mot magnetfältet.

I dokumentet används begreppet "ferromagnetism" för implantat, eftersom begreppet "magnetism" omfattar även andra magnetiska egenskaper.

### **Fältstyrka**

Avser i detta dokument magnetisk fältstyrka, som är ett mått på hur starkt magnetfältet är inne i tunneln. Fältstyrkan mäts i enheten Tesla (T). Ibland används enheten Gauss, där 1 Gauss = 0,1 mT. Fältstyrkan avtar kraftigt med avståndet från magneten. Fältstyrkor högre än 0,5 mT (5 Gauss) måste av säkerhetsskäl övervakas.

### **Gradienter**

Gradienter (eller magnetfältsgradienter) är små extra magnetfält som slås på och av vid undersökningen och skapar då ett tidsvarierande magnetfält. Det bankande ljudet som hörs vid undersökningen är gradienterna som slås på och av. Gradienternas styrka är som kraftigast nära öppningarna till magneten och blir svagare mot centrum av magneten. Gradientstyrkan är linjär från isocenter och anges i enheten mT/m. Det tidsvarierande fältet bildar virvelströmmar i kroppen.

Spatiella gradienter, se "spatiella gradienter"

### **Interventionell MR**

Kombination av MR och operation. Antingen görs operationen i MR-rummet, eller i ett direkt anslutande rum där patienten körs in i MR-rummet och undersöks i samband med operationen.

### **Joniserande och icke-joniserande strålning**

Joniserande strålning är strålning har förmåga att slå loss elektroner ur atomer vilket förvandlar atomerna till joner. Exempel på joniserande strålning inom sjukvården är röntgendiagnostik och strålterapi. Icke-joniserande strålning har ingen förmåga att jonisera atomer. Exempel på icke-joniserande strålning inom sjukvården är MR, ultraljud och laserterapi.

**Referensvärde (reference level)** (ICNIRP 2010) (fritt översatt från engelska): *"De elektriska och magnetiska fält och kontaktströmmar som en person kan utsättas för utan negativa effekter och med acceptabel säkerhet. Referensnivåerna för elektriska och magnetiska fältexponeringar kan överskridas om man säkerställer att*

*de grundläggande begränsningarna inte överskrids. Det är alltså en praktisk eller "surrogat" parameter som kan användas för att fastställa överensstämmelse med de grundläggande begränsningarna".*

### **RF-fält**

Ett radiofrekvent magnetfält, RF-fält, används inom MR för att få signal. Frekvensen på RF-fältet som används är beroende av fältstyrkan som magnetkameran har och varierar mellan 8,5 MHz (vid 0,2 T) till 170 MHz (vid 4 T) för klinisk MR, vilket är i samma frekvensområde som används för radiostyrda leksaker och vanliga radiokanaler.

### **SAR**

SAR är en förkortning av "specifik absorption rate" och definieras som den energi per tidsenhet, som medelvärde över hela kroppen eller delar av kroppen, som absorberas per massenhet biologisk vävnad. SAR mäts i enheten W/kg.

### **Statiskt magnetfält**

Ett magnetfält som inte varierar med tiden. Styrkan på magnetfältet (fältstyrkan) mäts i enheten Tesla (T). Ibland används enheten Gauss, där 1 Gauss = 0,1 mT.

### **Spatiella gradienter**

Spatiella gradienter (rumsgradienter av magnetfältet) är ett mått på hur mycket fältstyrkan ökar när man närmar sig magneten, och anges i enheten T/m. Den attraherande kraften från magneten på ett ferromagnetiskt föremål är som störst där fältstyrkan ökar som mest, vilket uppträder ungefär vid magnetens gantryöppning, se figur 1c. De spatiella gradienternas utbredning, och därmed magneternas attraktionskraft, skiljer sig mellan olika modeller på magnetkameror även om fältstyrkan är densamma. De spatiella gradienterna har stor betydelse vid bedömning av olika implantats säkerhet.

### **Tidsvarierande magnetfält**

Ett magnetfält som varierar i tiden. Det finns många olika typer av tidsvarierande magnetfält och dessa har olika inverkan på kroppen beroende på vilken frekvens de har (d.v.s. hur snabbt magnetfältet ändrar sig). Det tidsvarierande magnetfält som främst avses i denna säkerhetshandbok skapas då gradienterna slås på och av. Även RF-fältet är ett tidsvarierande fält.