

Gäller för: Sahlgrenska Universitetssjukhuset

Giltig från: 2025-04-25

Innehållsansvar: Evin Papalini, (evipa1), Sjukhusfysiker

Giltig till: 2027-04-23

Granskad av: Peter Gjertsson, (petgj1), Områdeschef

Godkänd av: Boubou Hallberg, (bouha1), Sjukhusdirektör

Säkerhetshandbok för MR-verksamhet

Förändringar sedan föregående version

Säkerhetshandbok för MR-verksamheten skapades 2007 och uppdateras regelbundet. Revideringar finns listade i Appendix V. Större ändringar i denna revision är att avsnitt om Kontrastmedel lyfts ut till egen rutin, text om patient med feber lagts till samt att arbetsmiljöverket bytt ut gällande föreskrift om arbete i elektromagnetiska fält.

Syfte

Denna säkerhetshandbok vänder sig till alla inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset (SU) som arbetar med magnetkameror (MR), i MR-miljö eller har patientkontakt med MR-patienter. Syftet med handboken 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 policy och säkerhetsregler är tydliga och gemensamma inom hela SU.
- 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”.

Dokumentet fastställer de policy- och säkerhetsregler som gäller:

- för personalen vid arbete vid en magnetkamera och dess omgivning.
- vid MR-undersökningar inom Sahlgrenska Universitetssjukhuset.

Ansvar

Alla personer och yrkeskategorier som är involverade kring patientens undersökning med MR, från bokning till undersökning och utvärdering samt annan personal som har arbetsuppgifter i MR-miljö ska vara insatta i innehållet av säkerhetshandboken.

Verksamhetschefer ansvarar för att personalen är informerade om säkerhetshandboken.

Uppföljning, utvärdering och revision

MR säkerhetsgrupp ansvarar för att rutinen uppdateras regelbundet och efter behov.

Medvetet avsteg från rutinen dokumenteras i AGFA om rutinen är kopplad till patient.

Övriga orsaker till avsteg från rutinen rapporteras i MedControlPRO. Uppkomna händelser där avsteg gjorts från rutinen skall rapporteras i MedControlPRO

Arbetsgrupp

Se Appendix IV.

Innehållsförteckning

Säkerhetshandbok för MR-verksamhet.....	1
Förändringar sedan föregående version	1
Syfte.....	1
Ansvar	1
Uppföljning, utvärdering och revision	2
Arbetsgrupp	2
Innehållsförteckning	3
Översikt	5
Policy Magnetkameran	5
Bakgrund	5
Olycksrisker.....	6
Skyltning vid Magnetkameran	7
Skyltning av utrustning	8
Markering i golv	9
Inträde till magnetkamerans undersökningsrum	10
Regler för metallföremål och utrustning	10
Helium och Nödstopp.....	14
Brand	15
Biologiska effekter av magnetkamerans fält	16
Det statiska magnetfältet	16
Det tidsvarierande magnetfältet.....	17
Det radiofrekventa fältet.....	18
Policy patientundersökningar	19
Gränsvärden för patienter	19
Gränsvärden för forskningspersoner	21
Gränsvärden för allmänhet och anhöriga	21
Kontrollista patienter	21
Rutiner vid upplägg av patient	22
Rutiner vid medföljande stödperson.....	25
Implantat och främmande metalliska material	26

Rutin vid upptäckt av okänt metallföremål efter påbörjad undersökning	34
Kontrastmedel	35
Gravida patienter	35
Patient med feber eller nedsatt termoregulatorisk förmåga.....	37
Forskning <i>in vivo</i>	38
Policy Personal	38
Gränsvärden för personal	38
Gravid personal	39
Kontrollista personal	39
Säkerhetsutbildning	40
Referenser.....	41
Länkar.....	43
Appendix	44
Appendix I. Gränsvärden med kommentarer	44
Appendix II. Shellocks terminologi angående implantat	52
Appendix III. Ordlista	55
Appendix IV. Namnlista.....	58
Appendix V. Förteckning över revisioner av säkerhetshandboken.....	59

Översikt

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

- Översikt
- Policy Magnetkameran
- Biologiska effekter av magnetkamerans fält
- Policy Patientundersökningar
- Policy Personal

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) skall ha kunskap motsvarande innehållet i kapitlen:

- Översikt
- Policy Magnetkameran
- Policy personal – Gränsvärden för personal

Alla som arbetar självständigt inne på MR-avdelning måste ha genomgått utbildning i MR-säkerhet. Läs mer om detta i kapitlet ”Policy Personal – Säkerhetsutbildning”.

En del begrepp i dokumentet är förklarade mer detaljerat i Appendix III.

Policy Magnetkameran

Bakgrund

En magnetkamera innehåller en stark magnet vilken genererar ett s.k. statiskt magnetfält där fältstyrkan mäts i enheten Tesla (T). I VGR 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 än röntgenutrustning.

MR är en förkortning för ”Magnetic Resonance”, på svenska ”**M**agnetisk **R**esonans”. För att inte blanda ihop MR med datortomograf (”DT” eller ”CT” som är en röntgenbaserad teknik) är det viktigt att benämna utrustningen på ett korrekt sätt¹.

Använd någon av benämningarna:

- Magnetkamera
- MR-kamera
- Magnetisk Resonans (MR)
- MagnetResonansTomograf (MRT)
- Magneten

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

I detta dokument används begreppen ”**Magnetkamera**” och ”**MR**”. Observera att dessa begrepp i detta dokument inkluderar PET/MR-kameran på plan 1 i BOIC på Sahlgrenska. PET/MR-kameran är en kombinerad PET- och magnetkamera. Samma MR-säkerhetsrutiner gäller för den som för övriga magnetkameror.

Olycksrisker

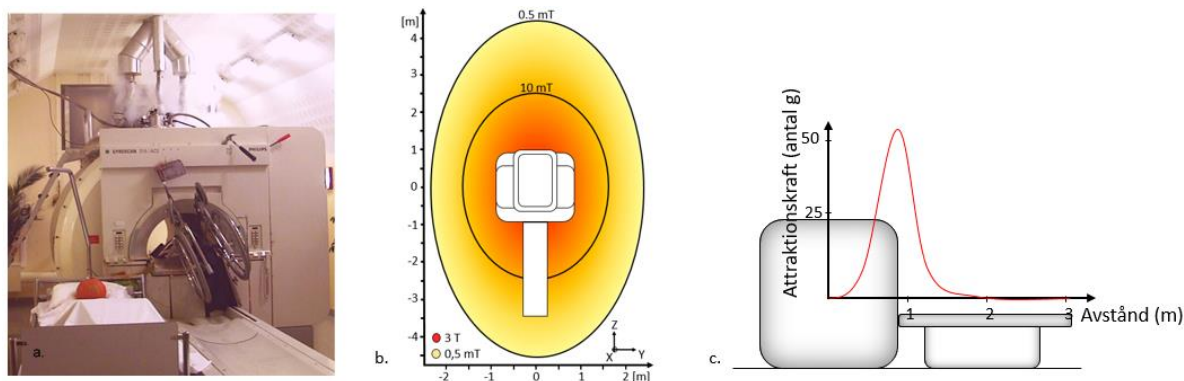
En av de största farorna med magnetkameror är olycksrisken. Metallföremål kan attraheras av magnetfältet och flyga mot magneten och då träffa patient, personal, anhöriga eller utrustning. Endast föremål som är garanterat omagnetiska eller anpassade för MR-miljö får därför tas in i undersökningsrummet.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

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

Större metallföremål som träffar magnetkameran kan medföra dyrbara reparationer. Små metallföremål som flyger in i magneten kan orsaka homogenitetsproblem i magnetfältet och därmed påverka bilddiagnostiken negativt. Ett litet gem kan kraftigt försämra kamerans homogenitet.

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

¹ Begreppet Magnetröntgen, som är vanligt i massmedia, är grovt felaktigt. Med detta begrepp blandas MR och DT ihop, vilket är olyckligt eftersom det är två mycket olika tekniker med helt olika säkerhetsaspekter. En DT använder röntgenstrålning och en DT-undersökning ger därför en stråldos.



Figur 1. Olycksrisker med magnetkamera: a) säng, rullstol, sax och hammare (arrangerad bild), b) strömfält kring en magnetkamera, c) Magnetens dragningskraft vid olika avstånd från magneten (denna varierar i olika magnetkameramodeller).

Magnetfältet sträcker sig långt utanför magneten. Dagens magnetkameror är ”aktivt skärmade” för att minska magnetfältets utbredning, MEN som konsekvens av denna skärmning ökar den attraherande kraften mycket snabbt då man närmar sig magneten och är störst vid magnetkamerans tunnelöppning. Den attraherande kraften ökar också med ökad fältstyrka.

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

Skyltning 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 skyltning. Verksamhetschefer med ansvar över lokaler med magnetkamera ansvarar för att dessa lokaler har begränsat tillträde och skyltas enligt:

- 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. Kringutrustning som är avsedd att användas i undersökningsrummet ska 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. specialbeställd omagnetisk rullstol, MR-säker brandsläckare)



MR-villkorlig

Utrustning som inte innebär några risker i MR-miljö under de specificerade villkoren. Denna skylt kompletteras med maximal tillåten fältstyrka. Utrustningen får endast 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. Dessa får aldrig tas in i MR-undersökningsrum.

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

Markering i golv

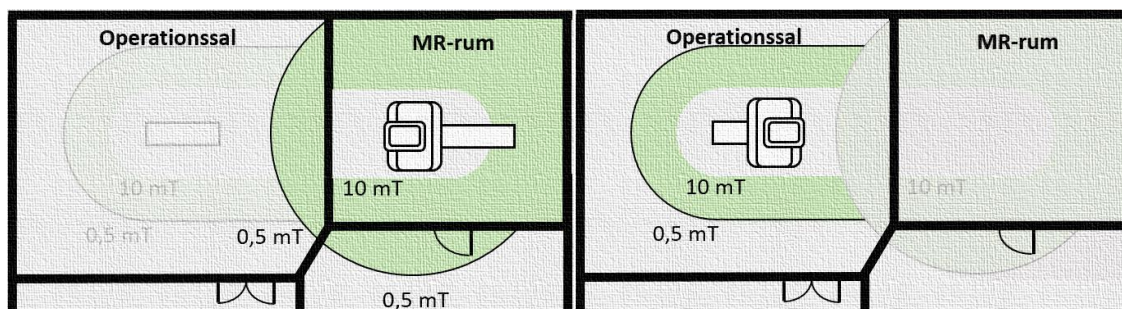
Gränsen 10 mT markeras i golvet kring de flesta magnetkamerorna. Gränsen markerar högsta tillåtna fältstyrka för den mesta övervakningsutrustningen. Tyvärr är markeringen inte alltid konsekvent på olika sjukhus. Kontrollera vad gränsen betyder om MR-villkorlig utrustning ska tas in.

- Idag (februari 2025) har samtliga MR-kameror på SU 10 mT markerat som gränsen mellan två olikfärgade golvmattor. MR-kamerorna på Östra sjukhuset har dessutom en röd linje som markerar gränsen för 0,5 mT.



Figur 3. Gränsen mellan olikfärgade mattor markerar var gränsen för 10 mT går. Bilder från Bild och Interventionscentrum, Strålbehandlingen och Drottning Silvias Barnsjukhus.

- Den intraoperativa magnetkameran som står på plan 4 i BOIC, Sahlgrenska sjukhuset:
 - Denna magnetkamera kan flyttas in i den närliggande operationssalen från MR-rummet med hjälp av en räls i taket. Eftersom magnetfältet följer med magnetkameran då den flyttas, så finns en uppsättning linjer som gäller när magnetkameran står i MR-rummet och en uppsättning linjer som gäller när magnetkameran är på väg in i/är på plats i operationssalen.
 - Gränsen mellan grå och grön matta markerar 10 mT. Den svarta linjen markerar 0,5 mT.



Figur 4. Golvlinjer för den intraoperativa magnetkameran på plan 4 i BOIC. T.v. Gällande golvlinjer då magnetkameran står i MR-rummet. T.h. Gällande golvlinjer då magnetkameran flyttas in i operationssalen.

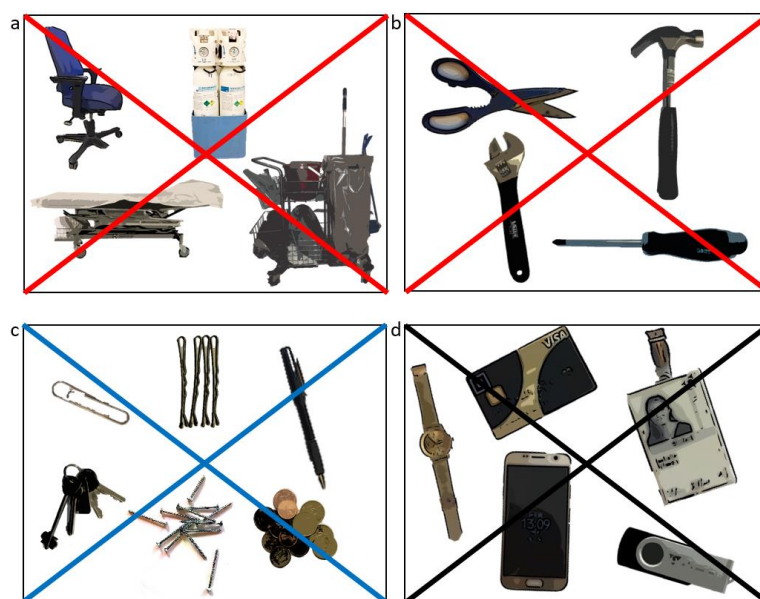
Inträde till magnetkamerans undersökningsrum

- Alla personer skall ha kontrollerats enligt kontrollista innan de går in i undersökningsrummet (*Kontrollistorna hittas på [intranätet](#)*): 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, s.k. ”MR-villkorliga” 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/arbete i undersökningsrummet. Personalen har ansvar att meddela chef vid ev. senare tillkomst av metallföremål i/på kroppen som då ska utredas för att avgöra om personen kan fortsätta med arbete i MR-miljö.
 - Patienter och forskningspersoner 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.
- Alla personer skall ta av sig alla metallföremål (projektiler), plånböcker och passerkort (kort raderas), 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](#). Dessa är markerade med ”MR-säker”.

- Akutväska och defibrillator **får aldrig** tas in i undersökningsrummet, se vidare [HLR- och akututrustning](#).
- Endast MR-godkänd städutrustning får tas in i undersökningsrummet ([städutrustning och städrutiner](#)).
- De enda verktyg som fås tas in i undersökningsrummet är verktyg tillverkade av titan ([utrustning för hantverkare](#)).
- Metallföremål som peang, saxar, pennor, gem, nageltång, nycklar, hårnålar m.m. **får inte** tas in i undersökningsrummet.
- Magnetkort, USB-minnen, klockor, mobiltelefoner kan bli förstörda av magnetfältet.
- Adrenalinpennor som används av **MR-personal** vid allvarlig allergireaktion på MR-kontrastmedel (ex. EpiPen, Emerade) är magnetiska. Dessa får tas in i magnetkamerarummet vid nödsituation **dock endast av MR-personal**. Det är viktigt att man håller pennan i ett fast grepp om man ska använda den på patient som ligger eller sitter på patientbristen. Man ska inte heller lägga den fritt inom 10 mT-linje.



Figur 5. 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 fel i bilderna, s.k. "artefakter". 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 felaktig mängd kontrastmedel) eller visa felaktiga värden p.g.a. magnetfältet.

- All utrustning som skall användas i Magnetkamerans undersökningsrum skall vara dokumenterat testad från leverantör att fungera i MR-miljö eller ha godkänts av sjukhusfysiker, samt vara uppmärkt.
- Utrustning utan leverantörsinformation avseende MR-säkerhet får inte användas i MR-miljö förrän sjukhusfysiker utvärderat och ansett utrustningen säker att använda i MR-miljö.
- Utrustningen skall vara skyltad, se ”[Skyltning av utrustning](#)”.
- Utrustningen får endast placeras inom förbestämda tillåtna områden i undersökningsrummet som är märkta med exempelvis markeringar i golvet (se ”[markering i golv](#)”). Utrustningen får aldrig flyttas närmare magneten än det den ansetts säker för.



Figur 6. Anestesiutrustning vid DSBS.
Notera att utrustningen står utanför 10 mT-gränsen.

HLR- och akututrustning

- Akutväska **får aldrig** tas in i undersökningsrummet.
- Intubationsinstrument **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. Detta ger dock ett stillestånd i flera dagar/veckor och är mycket dyrbart, se vidare ”Helium och nödstopp”.



Figur 7. Defibrillator och syrgastub får aldrig tas in i undersökningsrummet.

Städustrustning och städrutiner

- Endast Magnetkamerans städustrustning får tas in i undersökningsrummet.
- Då annan utrustning krävs, t.ex. polermaskin för 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](#)” och ”[markering i golv](#)”). 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 8. Exempel på incidenter med vagn respektive övervakningsutrustning. Bilderna kommer från Universitetssjukhuset i Linköping.

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 ”Nödstopp magnet”. Nödstopp orsakar en ”quenck”, som gör att magnetfältet snabbt sjunker². Det kan också vid sällsynta tillfällen inträffa en spontan ”quenck”³.

Kameran är konstruerad så att heliumgasen vid en quenck skall ledas ut ur byggnaden via ett ”quenckrör”, och ingen heliumgas skall därför komma ut i rummet. Vid quenck ska undersökningsrummet trots det evakueras⁴. Idag finns kameror som innehåller endast en mindre mängd helium och som inte leds ut via quenckrör i händelse av quenck, utan stannar kvar i kameran. Samma rutiner avseende quenck gäller för dessa kameror.

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

- Informera alla i rummet att quenckknappen kommer att aktiveras.
- Tag ut patienten och se till att alla personer lämnar undersökningsrummet.
- Stäng dörren.
- Kontakta ingenjör eller fysiker, samt leverantör omgående.

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

² MR-kamerans magnet är tillverkad 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 °C och lindningarna är därför omgivna av flytande helium. Nödstopp orsakar en ”quenck”, 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 ”quenckrör” ut ur byggnaden.

³ Risken för heliumutsläpp i rummet är störst då quenck inträffar i samband med heliumfyllning och service av magnetens inre delar.

⁴ OM heliumgas kommer ut i rummet trycker denna undan luften vilket ger risk för kvävning. Undersökningsrummet ska därför evakueras vid en quenck.

- allvarlig personfara eller
- okontrollerad 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, MFT-ingenjör eller -fysiker.

Observera att det i MR-kamerans manöverrum även finns nödstoppknapp för el. Denna ska inte förväxlas med quenchknappen då den endast bryter elen i MR-kameran och **ej** stänger av magnetfältet.



Figur 9. Nödstopp/quenchknapp (röd knapp) för Magnetfältet för tre olika leverantörer av utrustningar. a) *Philips*, b) *GE* och c) *Siemens*.



Figur 10. Quench. Heliumgas strömmar ut ur quenchröret på taket.

Brand

Rutiner vid brand hänvisas till Brandskyddshandboken på SU hemsida. På grund av det starka magnetfältet gäller speciella restriktioner vid brand i Magnetkamerans undersökningsrum.

- Vid MR-avdelningen ska 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:
 - 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 9**).
 - Stäng dörren och vänta 3 min för magnetfältet att komma ner.
 - Släpp in brandmän 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 > 2 T. För att minimera dessa effekter ska man tänka på att hålla sig på avstånd från magnetkameran och röra sig långsamt när man är nära magnetkameran. 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 magnetfältet.

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 även hur mycket magnetfältstyrkan förändras med avståndet. Dessa s.k. ”spatiella (rumsliga) gradienter” dB/dx 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 betydelse vid bedömning av olika implantats säkerhet.

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

Det tidsvarierande magnetfältet

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

Virvelströmmar

Det tidsvarierande fältet orsakar elektriska virvelströmmar (eng: eddy currents) i kroppen. Gradientfältets maximala styrka som används, 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 magnetkameror som finns inom SU 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 *Policy patientundersökningar: Gravida patienter*).

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) ([Appendix III. dB\(A\)](#)), 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 [Policy patientundersökningar: Gravida patienter](#)).



Figur 11. Hörselkåpor och öronproppar.

Det radiofrekventa fältet

Det radiofrekventa fältet (RF-fältet) används för att få signalen som används för att generera bilden. En stor RF-spole, kroppsspolen, 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 absolut vanligast att kroppsspolen används som sändare 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 12. 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 (normal operating mode):**
Rutinmässig MR-undersökning för alla patienter.
- **Nivå 1, kontrollerad nivå (first level controlled operating mode):**
MR-undersökning utanför normal nivå, där obehag eller oönskade effekter kan förekomma.
- **Nivå 2, experimentell nivå (second level controlled operating mode):**
Nivå utanför kontrollerad nivå, för vilket 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

SU följer 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 [Appendix I](#).

Det statiska magnetfältet

För det statiska magnetfältet följer SU de gränsvärden för patienter som är 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 spatiella gradienter som implantatet är testat 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 de flesta patienter inte av några muskelryckningar. 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”. 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 på 1,0 T eller högre. Vid 3 T **skall 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)⁵. 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 man 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 [Appendix I](#).

Max SAR vid helkroppsexponering:

Nivå	Gränsvärde
Normal nivå	2,0 W/kg
Nivå 1 (kontrollerad)	4,0 W/kg
Nivå 2 (experimentell nivå)	Ej tillåten. Kräver godkännande av etikprövningsmyndigheten vid användning inom forskning.

⁵SAR 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.

Max SAR Kroppsdelar:

Kroppsdel	Gränsvärde
Huvud	3,2 W/kg
Bålen	2 till 10 W/kg beroende på hur stor del av bålen som exponeras, ju större del av bålen som exponeras, desto lägre SAR tillåts.
Bålen hos gravida	2 W/kg eftersom fostret får en helkroppsexponering.
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. Om en studie önskar utföra undersökningar som kräver nivå 2 skall detta ha tydliggjorts i etikansökan.

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, d.v.s. MR-villkorliga,

och en anpassning av upplägg och undersökning måste göras (mer information under [”Implantat och främmande metalliska föremål”](#)).

- Alla personer som skall genomgå en MR-undersökning skall fylla i en [kontrollista](#). Kontrollistan skall skriftligen vara ifylld av patienten själv, patient tillsammans med anhörig, tolk, sjuksköterska eller läkare. Ifylld kontrollista scannas in i AGFA.
- Kontrollistan skall kontrolleras vid tidsbokning och vid undersökningstillfället av MR-personal innan patienten går in i undersökningsrummet. På PET/MR ska kontrollen vid undersökningstillfället göras innan patienten injiceras med radiofarmaka.
- Prioriterande radiolog/nuklearmedicinare/onkolog ansvarar för den medicinska bedömningen för patienter och forskningspersoner med implantat och gravida patienter. Sjukhusfysiker och röntgensjuksköterska kan rådfrågas, det medicinska beslutet ligger dock hos prioriterande MR-ansvarig läkare.
- Kontrollistan finns tillgänglig på [SU:s intranät](#)

Rutiner vid upplägg av patient

- Kontrollera kontrollistan och kontakta prioriterande eller jourhavande radiolog/nuklearmedicinare/onkolog 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 alternativt att det är medicinskt indicerat trots eventuell risk.
- Fråga patienten/forskningspersonen 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 eyeliner⁶.
- Patienter ska byta om till MR-säkra kläder av naturmaterial. Underkläder kan behållas om de till största delen består av naturmaterial, inte innehåller metall, kolfiber eller elektriskt ledande ämnen såsom silversalter eller silvertrådar, och inte har behandlats med antimikrobiella ämnen. Om ett klädesplagg är svårt att avlägsna kan det lämnas kvar, förutsatt att det uppfyller samma krav.
- Patienten skall ta av alla metallföremål som går att avlägsna t.ex. hårspännen, smycken, piercingar, klockor, tandprotes och metallfoliebaserade läkemedelsplåster. För exempelvis smycken eller piercingar som inte går att avlägsna utan åverkan på föremålet, får en individuell risk-nyttabedömning göras som ska dokumenteras.
- Kraftig kosmetika bör tvättas bort (individuell bedömning kan göras)⁷.

⁶ Svart färg innehåller ibland järn som kan ge en lokalt kraftig uppvärmning.

⁷ En del kosmetika innehåller magnetiskt material som kan ge bildstörningar och ökad uppvärmning.

- 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 (handduk, skumgummi), enbart byxor eller tunt lager tyg räcker inte alltid⁸. Patient ska inte ha direktkontakt med tunnelns sidor. Använd ordentligt med isolerade material, endast tyg räcker inte.
- 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, pulsoximeter) placeras så att de inte korsas varandra eller sig själva⁹. 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 kylpåse 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 både proppar och kåpor.
- Ge patienten larmklocka och informera om kommunikationsmöjligheterna.

Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat

Följande uppläggningsmetod skall användas för patienter med implantat, där krav satts på speciellt upplägg av patienten i utlåtande från sjukhusfysiker.

Uppläggningsmetoderna syftar till att undvika att implantatet utsätts för högre spatiella gradienter än vad de är godkända för¹⁰.

Uppläggningsrutinen gäller främst 3 T och då endast för de specificerade utrustningarna¹¹.

⁸ 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.

⁹ Man kan orsaka lokal uppvärmning och brännskador om kablar korsas. Den vanligaste incidentrapporten för MR i Storbritannien är brännskador från kablar!

¹⁰ De spatiella gradienterna är som starkast nära gantryts sidor på magnetkamerans öppning.

¹¹ Rutinen är begränsad till MR 3 T Sahlgrenska Universitetssjukhuset och Varbergs sjukhus. Andra magnetkameror kan ha annan utbredning av de spatiella gradienterna och annan rumsutförning och därmed kräva andra uppläggningsmetoder.

I enstaka fall krävs speciell uppläggning även vid 1,5 T. I dessa fall används uppläggning motsvarande "A." för Philips utrustningar och "B." för Siemens och GE.

A. Philips MR7700 3T (R51 på Sahlgrenska sjukhuset) och Philips Ingenia 3 T (S13, S14, S19 på Sahlgrenska sjukhuset, M17 på Mölndals sjukhus), GE Signa Premier 3 T (R52 på Sahlgrenska sjukhuset)

- Gående patienter:
 - Upplägg sker i undersökningsrummet med bordstoppen dockad till magneten.
 - Patienten får inte gå närmare magneten än den svarta markeringen i golvet, se **Figur 13**.
 - Patienten ska sätta sig på bordet och sitta upp tills bordet höjts till inkörningshöjd.
 - Därefter kan patienten lägga sig ner och hasa eller dras upp till rätt läge.
 - Efter avslutad undersökning skall patienten dras ned så att implantatet är minst 50 cm från gantryöppningen.
 - Låt patienten sätta sig upp.
 - Därefter kan britsen sänkas och patienten gå ner.
 - Se till att patienten inte går närmare magneten.
- Liggande patienter:
 - Upplägget startar utanför undersökningsrummet där patienten läggs upp på bordstoppen som ligger på dockningsvagnen. Implantatet ska ligga minst 50 cm från britsens övre kant¹².
 - Kör in och docka bordstoppen till undersökningsbordet.
 - Därefter kan patienten vid behov dras högre upp på bordet.
 - Efter avslutad undersökning skall patienten dras ned så att implantatet är minst 50 cm från gantryöppningen innan dockning till vagn får ske.



Figur 13. Säkerhetsgräns (svart) för patienter med implantat vid 3T på Sahlgrenska.

¹² Den dockningsbara bordstoppen dockas via trolley från sidan där de spatiella gradienterna är som högst. Implantatet måste därför vara minst 50 cm från gantryt vid dockning.

B. GE Signa Architect 3 T (MR1 på Drottning Silvias barnsjukhus), Siemens Skyra 3 T (S23 på Sahlgrenska sjukhuset).

- Alla patienter:
 - Patienten skall läggas upp på det dockningsbara bordet utanför undersökningsrummet, alternativt utanför den markerade 10 mT-gränsen i golvet.
 - Bordet skall höjas till fullhöjd.
 - Bordet ska sedan köras rakt mot magneten (längs magnetens centrala z-axel), med patienten liggande ned, och dockas till magneten.
 - Efter avslutad undersökning skall bordet dockas av och köras ut ur undersökningsrummet, eller flyttas utanför den markerade 10 mT-gränsen.
 - Därefter kan britsen sänkas och patienten gå ner.
 - Se till att patienten inte går närmare magneten.

Rutiner vid medföljande stödperson

- Medföljande stödperson som vill gå in i undersökningsrummet skall kontrolleras enligt [kontrollista](#). Endast personer utan implantat får gå in i undersökningsrummet. Vid implantat måste en medicinsk bedömning göras.
- 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 undersökningen¹³.

¹³ 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.

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 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 implantat¹⁴. 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 SU. Det kan också ställas krav som kräver anpassning av förberedelser, upplägg och undersökning.

Bedömning av implantat

Bedömning av ett implantats säkerhet skall göras av MR-avdelningen.

Implantat påverkas av magnetkamerans fält oavsett om det ligger innanför eller utanför undersökningsområdet. En bedömning skall därför göras oavsett var i kroppen implantatet sitter. Individuella verksamheter kan behöva upprätta en lokal rutin för hur implantat bedöms och hanteras på ett säkert sätt beroende på hur undersökningar bokas in och genomförs.

- Den exakta informationen om implantatet skall vara känd (typ, modell)
- Bedömning av ett implantats villkor görs av MR-sjuksköterska/Biomedicinsk analytiker eller sjukhusfysiker beroende på villkorsgrad av implantatet. Berättigandebedömning görs av radiolog/nuklearmedicinare/onkolog.
- Bokningspersonal kan boka patienter med vanligt förekommande implantat som sedan tidigare bedömts som MR-säkra eller MR-villkorliga av MR-sjuksköterska/Biomedicinsk analytiker eller sjukhusfysiker.
- För övriga implantat gör MR-sjuksköterska/Biomedicinsk analytiker en första bedömning av implantatet enligt:
 - Villkoren som finns beskrivna nedan under respektive implantatgrupp.
 - Tidigare bedömning av sjukhusfysiker på SU. Dessa finns samlade på samarbetsytan ”Bedömningar av implantat inför MR-undersökningar” i Sharepoint¹⁵.
 - Shellocks hemsida (www.MRIsafety.com), se ”villkor utifrån Shellocks kriterier” nedan.

¹⁴ I Appendix III förklaras Shellocks terminologi.

¹⁵ Man behöver en inbjudan för att komma åt samarbetsytan. Kontakta sjukhusfysiker för inbjudan.

- Vid bedömning av implantat som tidigare inte utvärderats skall 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. Kontakta:
 - Telefon MR-säkerhetstelefon¹⁶: 031-342 44 17, eller
 - Mail: su.mft.mr.utbildning@vgregion.se
- Sjukhusfysiker skriver en allmän bedömning av implantatets säkerhet i MR-miljö. Berättigandebedömning görs av radiolog/nuklearmedicinare/onkolog.
- Utlåtande från sjukhusfysiker läggs in i AGFA i samband med bokning, med undantag av vanligt förekommande implantat med enkla (max fältstyrka, max normal SAR mode) eller inga villkor. Villkor för vanligt förekommande implantat finns samlat på ytan ”Bedömningar av implantat inför MR-undersökningar” i Sharepoint.

Villkor på SU utifrån Shellocks kriterier

- **MR-säker, MR-villkorlig 1** (Safe, Conditional 1)
 - Undersökning OK vid den maximala fältstyrkan given av Shellock.
 - SAR: Normal nivå eller nivå 1.
- **MR-villkorlig 2** (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.
- **MR-villkorlig 3** (Conditional 3)
 - Avser plåster. Får INTE undersökas utan måste tas bort¹⁷. Plåstret tas bort innan MR-undersökningen och nytt plåster appliceras omedelbart efter undersökningen.
- **MR-villkorlig 4** (Conditional 4)
 - Avser halovästar. Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till sjukhusfysiker för bedömning.
- **MR-villkorlig 5** (Conditional 5)
 - Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till sjukhusfysiker för bedömning.
 - Undersökning görs enligt implantatets bedömning gjord av sjukhusfysiker på SU.
- **MR-villkorlig 6** (Conditional 6)

¹⁶ Alterneras mellan säkerhetsansvariga sjukhusfysiker, och besvaras mån-fre kl. 8.00-16.00.

¹⁷ Plåstren innehåller metallfolie som kan orsaka en kraftig värmeutveckling och bränna patienten.

- Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till sjukhusfysiker för bedömning.
- Undersökning görs enligt implantatgrupp nedan eller enligt implantatets bedömning gjord av sjukhusfysiker på SU.
- Vid 3T används ”Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat” om inget annat angetts i sjukhusfysikers bedömning.
- SAR: Max 2 W/kg under högst 15 min per scan¹⁸.
En värmekoncentration kan ske runt implantatet.
- Flera sekvenser kan ges, men en paus mellan sekvenserna rekommenderas för temperaturlansering.
- Var extra noga vid implantat som sitter i områden med begränsad genomblödning.
- Implantatet kan ge kraftiga artefakter.
- **MR-villkorlig 7 (Conditional 7)**
 - Får INTE undersökas oavsett fältstyrka.
- **MR-villkorlig 8 (Conditional 8)**
 - Om undersökningen anses berättigad skickas frågan vidare till sjukhusfysiker för bedömning.
 - Undersökning görs enligt implantatets bedömning gjord av sjukhusfysiker på SU.
 - Vid 3T används ”Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat” om inget annat angetts i sjukhusfysikers bedömning.
 - SAR: Så lågt som möjligt men max 2 W/kg under högst 15 min per scan¹⁹.
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.
- **MR-farlig 1, MR-farlig 2 (Unsafe 1, Unsafe 2)**
 - Får INTE undersökas på oavsett fältstyrka.

Policy på SU för några grupper av implantat:

Pacemaker (PM) och interna defibrillatorer (ICD)

De flesta patienter får idag PM och ICD som är definierade som MR-villkorliga och efterfrågan på MR-undersökning av dessa patienter ökar. I februari 2025 fanns ett flertal

¹⁸ Icke-kliniska tester har visat en temperaturökning på <6° vid 2 W/kg under 15 min.

¹⁹ Icke-kliniska tester har visat en temperaturökning på <6° vid 2 W/kg under 15 min.

PM och ICD definierade som MR-villkorliga vid 1,5 T, och en del även för 3 T (www.MRIsafety.com). De flesta äldre PM och ICD är fortfarande definierade som MR-farliga och man utsätter patienten för risker vid MR-undersökning med dessa implantat²⁰.

I dagsläget har många patienter med MR-villkorliga PM och ICD undersökts på SU. Radiologi och Kardiologi har tillsammans tagit fram en rutin för undersökning av pacemaker och interna defibrillatorer. Rutinen beskriver alla delar från dess att remissen kommer till MR-avdelningen för bedömning och bokning, tills patienten lämnar MR-avdelningen efter undersökning. Samma rutin gäller oavsett vilken kroppsdel som ska undersökas, "[MR-undersökning av patient med PM-ICD inom SU](#)". Förberedelser, bokning och undersökning skall göras strikt enligt denna rutin. Motsvarande rutin finns även hos barnradiologi "[MR - undersökning av patient med PM-ICD](#)".

Cochleaimplantat

Flera modeller av Cochleaimplantat är definierade som MR-villkorlig 5 vid 1,5 T och några vid 3 T, men en del är definierade som MR-farliga. De flesta cochleaimplantat innehåller en magnet som används som fästningsmekanism för ljudprocessorn. Av denna anledning krävs ofta förberedelse där implantatet ska bandageras innan undersökningen för att hålla magneten på plats. Magneterna medför också kraftiga artefakter. Några modeller ger idag möjlighet till att kirurgiskt avlägsna magneterna inför undersökning. Artefakternas utbredning kan på så sätt minskas. Förutsättningar för undersökning av patienter med Cochleaimplantat är:

- Den kliniska indikationen är stark.
- Modellbeteckningen för implantatet är skriftligen dokumenterad.
- Patienten har inga ledningar kvar i kroppen från tidigare implantat.
- En utredning av implantatets säkerhet har gjorts av sjukhusfysiker på SU.
- För bedömning av nya modeller skall sjukhusfysiker kontaktas så snart som möjligt innan undersökning för utredning av implantatets säkerhet och villkor på det aktuella MR-systemet.
- Undersökning görs i enlighet med MR-villkor i utlåtande från sjukhusfysiker för det specifika implantatet.

Övriga elektroniska implantat

²⁰ 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.

SU är restriktiva med att undersöka patienter med elektroniskt aktiverade implantat (magnetiskt, passivt eller aktivt styrda), t.ex. ocularproteser och dentalimplantat²¹. Det kommer fler och fler MR-villkorliga elektroniska implantat på marknaden men många, framförallt, äldre elektroniska implantat är fortfarande bedömda som ”MR-farliga”.

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.
- Avdelningen har säkerställt att:
 - Patienten inte har några ledningar kvar i kroppen från tidigare elektroniska implantat²².
 - Det inte finns misstanke om brott på implantatets ledningar eller felaktig funktion på implantatet.
- En utredning av implantatets säkerhet har gjorts av sjukhusfysiker på SU.
 - För bedömning av ”nya” implantat skall sjukhusfysiker kontaktas direkt när remissen kommit för utredning av implantatets säkerhet och villkor på det aktuella MR-systemet. Implantat som inte bedömts tidigare kan kräva lång utredningstid.
- Undersökning görs i enlighet med MR-villkor i utlåtande från 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 sjukhusfysikers 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. Idag (februari 2025) är de flesta aneurysm-clips på marknaden MR-villkorliga vid 3 T. Sahlgrenska opererar numera endast in MR-villkorliga clips. Patienten undersöks med följande villkor:

- Alla aneurysmclips inopererade på neurokirurgen på Sahlgrenska 1980 eller senare kan undersökas vid max 1,5 T. Aneurysmclips inopererade på neurokirurgen, Sahlgrenska 2000 eller senare kan undersökas vid max 3 T.
- För clips inopererade på andra kliniker måste operationsberättelse studeras.
 - Den exakta informationen om det inopererade clipset (tillverkare, modell) hos patienten skall vara känd.

21 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.MRI-safety.com).

22 Dessa kan orsaka en kraftig lokal värmeökning.

- Undersökning görs enligt utlåtande från sjukhusfysiker.

Coilar, filter, stentar och grafts (i blodkärl)

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 MR-farliga, däremot är det fortfarande några som endast är godkända vid 1,5 T (februari 2025).

Ca 10% av föremålen är definierade MR-villkorlig 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.
 - Alla coilar, filter, stentar och grafts kan undersökas vid 1,5 T.
- Upplägg vid 3 T enligt ”Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat”.
- Undersökningen skall göras vid
 - SAR: normal nivå, högst 15 min per scan, 30 s paus mellan scan, eller enligt utlåtande från sjukhusfysiker för det specifika implantatet.
- Undersökningen får tidigast göras 6 veckor efter insättning av implantatet, om inget annat anges i utlåtandet från sjukhusfysiker för det specifika implantatet.

Shunt och reservoarer

De flesta shuntar och reservoarer är 2025 definierade som MR-säker eller MR-villkorlig. Ca 22 % är fortfarande endast godkända vid 1,5 T, och några är farliga/olämpliga i MR-miljö²³.

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

- Tillverkare och modell på implantatet är känd.
- Undersökning kan med få undantag²³ göras vid 1,5 T
 - SAR: normal nivå, högst 15 min per scan.
- Implantat som godkänts vid 3T av sjukhusfysiker²⁴ kan undersökas vid 3 T
 - med upplägg enligt ”Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat”
 - SAR: normal nivå med högst 15 min per scan, och 30 s paus mellan scan,
 - eller enligt utlåtande från sjukhusfysiker för det specifika implantatet.

²³ 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 sjukhusfysiker för ny utredning om undersökning skulle bli aktuell.

²⁴ 20 är utredda och godkända vid 3T av sjukhusfysiker (februari 2025).

- OBS! Kontroll av implantatets funktion före/efter undersökning görs enligt tillverkarens instruktioner (se även sjukhusfysikers utlåtande).

Medicinpumpar för baklofen

Medicinpumpar för baklofen inopererade på SU är i de flesta fall av modellen Synchroned II, men andra pumpar kan förekomma. 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 sjukhusfysiker.
- OBS! Kontroll av pump före/efter undersökning görs enligt instruktion från pumpens manual (se även sjukhusfysikers utlåtande).

Insulinpumpar

Insulinpumpar får under inga omständigheter tas in i undersökningsrummet. Alla pumpar är definierade ”MR-farlig 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 för aktuell nål enligt utlåtande av sjukhusfysiker.

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 att implantatet blivit inopererat. 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).
- 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 endokardit).
- Villkor:
 - MR-säker: undersöks vid den maximala fältstyrkan angiven av www.MRIsafety.com.
 - MR-villkorlig 5, 6, 8 undersöks:

- Vid högst den maximala fältstyrkan angiven av www.MRIsafety.com.
- Vid 3T görs upplägg enligt ”Uppläggningsmetod för patient med ferromagnetiska implantat”.
- 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.
- Slätröntgen kan användas för att utesluta fragment.

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

- Kontrollera, om möjligt, vilken typ av kula/hagel patienten har.
- Kontakta sjukhusfysiker för utredning.
- Undersökning kan genomföras efter risk-nyttabedömning av radiolog som tillstyrker undersökningen och enligt villkoren från utlåtande av sjukhusfysiker.

Metallföremål i ögat

Metallsplitter är ferromagnetiska och även små fragment kan ge allvarliga skador på ögat om de vrider på 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.
- Slätröntgen kan användas för att utesluta fragment i ögat.

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 larma vid obehag.
- En kylpåse 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 ska avlägsna smycket.
 - Om detta inte är möjligt ska en risk-nyttabedömning dokumenteras i AGFA.
 - Om undersökning genomförs med smycket kvar bör man isolera smycket från huden så mycket som möjligt (med tejp eller bandage) för att undvika upphettning. Alternativt kan en kylpåse 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 ”falska” varianter av piercingar (som inte kräver hål) som sitter fast med en magnet. Dessa måste tas bort innan undersökning.
- Informera patienten om att larma vid obehag.
- Om smycket ligger inom undersökningsområdet skall undersökningen genomföras enligt ”normal nivå”.

Rutin vid upptäckt av okänt metallföremål efter påbörjad undersökning

Om det efter påbörjad undersökning upptäcks signalbortfall eller distorsioner i bilderna som tyder på att patienten har ett okänt metallföremål i kroppen, agera då enligt följande:

1. Avbryt scanningen.
2. Informera patienten om att vi ser störningar och fråga om patienten vet vad det möjligen kan vara.
3. Kontakta ansvarig radiolog/nuklearmedicinare/onkolog för beslut om vidare utredning/hantering.
4. Försök få fram information om vad det kan vara genom t.ex. gamla MR-/röntgenbilder, operationshistorik.
5. Radiolog/nuklearmedicinare/onkolog beslutar om MR-undersökning ska fortsätta eller ska avbrytas samt om eventuella vidare åtgärder som t.ex. hälsouppföljning om

det bedöms finnas risk att patienten skadats av vistelsen i MR-kameran eller funktionskontroll av ett eventuellt aktivt implantat.

6. Om dragningskraften/vridmomentet från det statiska fältet på implantatet/föremålet misstänks utgöra en säkerhetsrisk, ska patienten instrueras att ligga stilla vid utkörning. Utkörningen sker långsamt genom tunnelöppningen²⁵ och enligt rutinen ”Uppläggningsmetod för patienter med ferromagnetiska implantat”. Om dockningsbart bord används körs patienten ut liggandes ur MR-rummet. Bordet körs så rakt som möjligt ut från kameran innan det svängs mot dörren. Om det ej finns möjlighet att köra ut patienten liggandes, så får patienten hasas ut på bristen så långt det går innan patienten långsamt kan sätta sig upp och gå ut.
7. Registrera händelsen i [Medcontrol PRO](#)

MR-säkerhetstelefonen kan kontaktas för rådgivning och hjälp med att bedöma risk.

Kontrastmedel

Rutin kring användande av kontrastmedel i samband med MR-undersökning, se separat rutin "[KM MR-kontrastmedel \(Gadolinium\)](#)".

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.

²⁵ Dragningskraften på ett ferromagnetiskt föremål är störst när det passerar tunnelöppningen.

Undersökning av foster

För foster har MR visat sig vara en unik metod för att undersöka och följa upp fosterskador. Oftast görs MR efter att fostret har undersökts med ultraljud som kräver uppföljning, och undersökningarna görs därför efter den första trimestern. Alternativen till MR är oftast olika tekniker med joniserande strålning. MR är i många fall den mest skonsamma metoden.

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 ett icke-joniserande alternativ till CT och konventionell röntgen. Övergripande råd för undersökningar av gravida ges av SAMS, ICNIRP 2004 och Shellock (www.MRIsafety.com).

- För gravid patient skall en risk/nytta analys göras av prioriterande radiolog/nuklearmedicinare/onkolog för att ta ställning ur medicinskt perspektiv till om
 - undersökningen kan förskjutas till efter graviditeten,
 - undersökningen kan förskjutas till efter första trimestern när fostret är mindre känslig för temperaturökningar, eller
 - undersökningen kan göras med annan modalitet som innebär lägre risk för fostret. Det gäller speciellt undersökningar utanför bukområdet.
- 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 fältstyrkor upp till 4T. Lägre fältstyrka innebär 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, utan lugnande besked bör ges.

MR-undersökning av gravida

- Vid möjlighet till undersökning vid 1,5 eller 3 T bör 1,5 T väljas i första hand då lägre fältstyrka i allmänhet innebär lägre ljudnivåer och är lättare att anpassa till lågt

SAR och är därmed att föredra. Gravida skall undersökas vid en maximal fältstyrka på 4 T (normal nivå) (ICNIRP 2009).

- Vid 3 T bör supine läge användas²⁶.
- Vid undersökning skall SAR begränsas till normal nivå. Tag gärna ett uppehåll mellan sekvenserna för temperaturutjämning. Använd inga filter eftersom detta hindrar värmeavgivningen.
- Begränsa om möjligt gradienterna för att minska virvelströmmar och ljudnivå. T.ex. kan s.k. tysta sekvenser med fördel användas om tillämpligt.
- Undersökningstiden för gravida kvinnor skall hållas kort.

Kontrastmedel vid undersökning av gravida

Se rutin "[KM MR-kontrastmedel \(Gadolinium\)](#)".

Patient med feber eller nedsatt termoregulatorisk förmåga

Särskild hänsyn behöver tas till patienter som har feber eller nedsatt termoregulatorisk förmåga eftersom exponeringen för RF-fältet höjer patientens kroppstemperatur vid undersökningen. Temperaturmätning görs endast vid misstanke om feber.

- För patienter med kroppstemperatur < 38 °C behöver inga åtgärder vidtas.
- Patienter med kroppstemperatur ≥ 38 °C bör ges febernedsättande innan undersökningen.
- Patienter med kroppstemperatur mellan 38-38,5 °C (även efter febernedsättande) undersöks med normal SAR mode, d.v.s. max 2,0 W/kg helkropp.
- För patienter med kroppstemperatur $> 38,5$ °C bör försiktighetsåtgärder nedan användas:
 - Vid hög feber bör en medicinsk bedömning göras avseende patientens allmäntillstånd och om patienten klarar ytterligare höjning av kroppstemperaturen
 - Patienten bör vara lättklädd och undvik filter
 - Se till att fläkten i tunneln är igång
 - Begränsa scantiden och ta pauser vid behov
 - Normal SAR mode, d.v.s. max 2,0 W/kg helkropp
 - Ta hänsyn till patientens förmåga till termoreglering
 - Håll verbal kontakt med patienten och var uppmärksam på patientens mående

²⁶ 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.

Forskning *in vivo*

Med forskningspersoner avses patienter eller friska volontärer som kallas till MR-undersökning i forskningssyfte eller där en klinisk undersökning kompletteras med en forskningsdel.

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

Policy Personal

Den 1 juli 2016 införlivades EU-direktiv 2013/35/EU i svensk lag via Arbetsmiljöverkets föreskrifter om elektromagnetiska fält, AFS 2016:3. Sedan 1 januari 2025 har AFS 2016:3 ersatts av AFS 2023:1 om systematiskt arbetsmiljöarbete – grundläggande skyldigheter för dig med arbetsgivaransvar och AFS 2023:10 om risker i arbetsmiljön (kapitel 1, 13 samt Bilaga 10-18). Syftet med föreskrifterna är att skydda arbetstagare mot sådana hälso- och säkerhetsrisker som uppstår eller kan uppstå vid exponering av elektromagnetiska fält, så som direkta biofysiska effekter som yrsel och illamående, och indirekta effekter som projektileffekt och interferens med implantat. De omfattar inte påstådda långsiktiga effekter, exempelvis eventuell cancerrisk, eftersom det saknas väletablerade vetenskapliga bevis för detta. Föreskrifterna ställer en del krav på MR-verksamheten och kan sammanfattats med att personal i MR-verksamhet ska eftersträva att minimera sin exponering av elektromagnetiska fält för att på så sätt undvika onödiga risker.

Gränsvärden för personal

SU följer de gränsvärden för personal som är satta av ICNIRP, där nya riktlinjer publicerades 2009–2010 och 2014. Gränsvärdena regleras från 1 januari 2025 av Arbetsmiljöverkets föreskrifter om risker i arbetsmiljön (AFS 2023:10) och får endast överskridas då alla krav i föreskrifterna är uppfyllda. Nedan följer en sammanställning av hur dessa gränsvärden skall användas för personal i klinisk praktik. Mer detaljerad information finns i [Appendix I](#).

Det statiska magnetfältet

Personal utsätts främst för ströfält från det statiska magnetfältet. Gällande gränsvärden enligt arbetsmiljöverket är för huvud och bål 2 T vid normala arbetsförhållanden, men upp till 8 T tillåts under kontrollerade arbetsförhållanden. Med kontrollerade arbetsförhållanden avses förhållanden där arbetstagarna fått information om lämpliga sätt att röra sig i magnetfältet. Om man upplever sensoriska effekter som ex. yrsel, illamående, ska man röra sig långsammare och hålla avstånd till MR-kameran. För övriga kroppen gäller gränsvärdet 8 T.

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

Det tidsvarierande magnetfältet

De tidsvarierande fälten 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 i magnetöppningen under själva undersökningen.

Personal som skall uppehålla sig i undersökningsrummet vid undersökningen skall använda hörselskydd och om möjligt befinna sig utanför 10 mT fältlinjen. I de situationer där avståndet inte är tillämpligt, med avseende på patientsäkerhet och kliniskt behov, skall gradientoutput och SAR begränsas i den mån det är möjligt med tanke på bildkvalitet. 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. I de fall där patientsäkerhet och kliniskt behov kräver att personal befinner sig i eller väldigt nära tunnelöppningen under bildtagningen skall SAR och gradientoutput begränsas i den mån det är möjligt med tanke på bildkvalitet.

Gravid personal

Inga kända skador på foster har rapporterats för MR-personal²⁷. Gravid personal kan arbeta som vanligt under hela graviditeten med ett undantag:

- 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.
- Vid implantat skall en medicinsk bedömning göras för att avgöra om personen kan arbeta i undersökningsrummet.

²⁷ 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.

Säkerhetsutbildning

- All personal som arbetar i MR-miljö regelbundet, skall genomgå MR-säkerhetsutbildning. MR-säkerhetsutbildningen ges på fem olika nivåer riktade olika målgrupper. Från nivå 1 som riktas till personal som har arbetsuppgifter inne på MR-avdelningen men inte i själva MR-rummen, till nivå 5 som riktas till personal som behöver mest djupgående kunskap om MR-säkerhet, som t.ex. MR-sjuksköterska/Biomedicinsk analytiker, MR-radiolog/nuklearmedicinare/onkolog och MR-fysiker. Se rutin ”[Utbildning i MR-säkerhet](#)”.

Syftet med utbildningen är att alla ska:

- Ha tillräckliga kunskaper i MR-säkerhet för att undvika olyckor som kan skada patient, personal, anhörig eller magnetkameran,
- Ha grundläggande kunskaper om de magnetfält som man exponeras för i sitt arbete, dess biologiska effekter samt hur man begränsar och undviker dessa,
- Veta rutiner vid en nödsituation såsom hjärtstopp i MR-miljö, quench och brand,
- Kunna svara på enkla frågor om MR-säkerhet från patienter.

Utbildningen finns i Lärportalen och ska repeteras vart tredje år samt vid uteblivet arbete i MR-miljö längre än ett år.

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 on Contrast Media 9.0.
<http://www.esur.org/ESUR-Guidelines>.
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 for kontrastmedel (KM) vid magnetresonanstomografi (MRT)”.
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.
18. European Agency for Safety and Health at Work: Directive 2013/35/EU – electromagnetic fields. www.osha.europa.eu.
19. Arbetsmiljöverket: Föreskrifter - Elektromagnetiska fält (AFS 2016:3).
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/elektromagnetiska-falt-foreskrifter-afs2016-3.pdf>.

Länkar

Arbetsmiljöverket:

<http://www.av.se>

European Agency for Safety and Health at Work:

www.osha.europa.eu

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

www.esmrm.org

International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM):

www.ismrm.org/

European Society of Urogenital Radiology:

www.esur.org

FASS:

www.fass.se/LIF/home/index.jsp

MR-säkerhetssidan på intranätet:

<https://insidan.vgregion.se/forvaltningar/su/vard/medicinsk-diagnostik/stralsakerhet/mr-sakerhet/>

Statens strålskyddsmyndighet (SSM):

www.stralsakerhetsmyndigheten.se

Statens beredning för medicinsk utvärdering (SBU):

www.sbu.se

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

www.fda.gov

Appendix

Appendix I. Gränsvärden med kommentarer

SU följer gränsvärdena rekommenderade av ”International Commission of Non-Ionizing Radiation Protection” ICNIRP²⁸. Från 1 januari 2025 regleras gränsvärden gällande personal av EU-direktiv 2013/35/EU via arbetsmiljöverkets föreskrifter om risker i arbetsmiljön (AFS 2023:10).

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** anges:

- **Gränsvärden**
Gränsvärden som ej får överskridas. Undantag då gränsvärden får överskridas för magnetisk resonanstomografi ges genom paragraf 31 där specificerade villkor anges som i så fall ska vara uppfyllda.
- **Insatsnivåer**
Operativa nivåer som fastställts för att förenkla påvisandet att relevanta gränsvärden för exponering iakttas eller, i förekommande fall, för att vidta relevanta skyddsåtgärder eller förebyggande åtgärder enligt kraven i AFS 2023:10.

²⁸ Nya rekommendationer har publicerats från ICNIRP 2009–2010 för statiska fält och tidsvarierande fält mellan 1 Hz och 100 kHz. De nya reglerna är betydligt ”generösare” jämfört med de tidigare.

Det statistiska magnetfältet

Gränsvärden för patienter

För patienter följer SU gränsvärdena för statistiska fält satta av ICNIRP 2009.

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

	Gränsvärde (T)
Normal nivå	4
Nivå 1 ^a	8
Nivå 2 ^b	8

Gränsvärden för personal

För personal följer SU gränsvärdena för statistiska fält satta av AFS 2023:10.

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

Tabell 2. Gränsvärden för exponering av statistiska magnetfält för personal från AFS 2023:10²⁹

Exponeringssituation	Gränsvärde (T)
Exponeringsgränsvärde huvud, bål	2 T, vid normala arbetsförhållanden 8 T, under kontrollerade arbetsförhållanden 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 statistiska 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

²⁹ I Arbetsmiljöverkets föreskrifter (AFS 2023:10) finns dessutom en insatsnivå för "attraktionskraft och projektilrisk i närheten av starka magneter (B > 100 mT)" vilken är 3 mT, samt en insatsnivå för "Interferens med aktiva medicinska implantat" vilken är 0,5 mT.

kunna styra sitt rörelsemönster. Det är detta som avses med kontrollerade arbetsförhållanden i AFS 2023:10.

För att undvika sensoriska effekter som yrsel och illamående från rörelseinducerade elektriska fält under några få Hz, rekommenderar ICNIRP att ΔB (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

För allmänhet följer SU gränsvärden för statiska fält satta av SSM (SSMFS 2008:18).

Tabell 3. Grundläggande begränsningar för exponering av statiska magnetfält för allmänhet.

	Gränsvärde (mT)
Exponeringsgränsvärde	40 ³⁰

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

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

För patienter följer SU rekommendationerna för gradientfält 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. τ är den effektiva stimuleringsvaraktigheten i ms, d.v.s. är beroende av längden av stig- och falltiden hos gradienterna. τ 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

³⁰ 40 mT är maximal fältstyrka. Tidigare användes medelvärdet över 24 h (40 mT) som gränsvärde.

(De Wilde 2005). Gradientfälten skall därför begränsas till normal nivå för gravida kvinnor.

Gränsvärden för personal

För personal följer SU föreskrift från AFS 2023:10. Nedan anges de 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.

Tabell 5. Gränsvärden för inducerade elektriska fält i frekvensintervallet 1 Hz till 10 MHz. E_{ind} för hälsoeffekter är lika med spatiala toppvärden i hela kroppen hos den som exponeras. E_{ind} för sensoriska effekter är lika med spatiala toppvärden i huvudet hos den som exponeras.

Frekvens (Hz)	Sensoriska effekter E_{ind} (V/m)	Hälsoeffekter E_{ind} (V/m)
$1 \leq f < 10$	$0,7/f$	1,1
$10 \leq f < 25$	0,07	1,1
$25 \leq f < 400$	$0,0028 \cdot f$	1,1
$400 \leq f < 3 \cdot 10^3$	-	1,1
$3 \cdot 10^3 \leq f \leq 10 \cdot 10^6$	-	$3,8 \cdot 10^{-4} \cdot f$

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 2023:10, 2 kap. Buller) 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 2023:10).

Tabell 6. Undre och övre insatsvärden för buller för personal (AFS 2005:16).

	Undre insatsvärden dB(A)	Övre insatsvärden dB(A)
Daglig bullerexponeringsnivå LEX,8h	80	85
Maximal A-vägd ljudtrycksnivå LpAFmax	-	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

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

Tabell 7. Basrestriktioner för kroppstemperaturökningar och partiella kroppstemperaturökningar (ICNIRP 2004).

Nivå	Temperaturökning helkropp (°C)	Lokal temperatur		
		Huvud (°C)	Bål (°C)	Extremiteter (°C)
Normal nivå	0,5	38	39	40
Nivå 1	1	38	39	40
Nivå 2	>1	>38	>39	>40

Temperaturen kan inte mätas direkt utan man använder sig i stället 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 600601-2-33). 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 8. 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)	Kroppsdel SAR (W/kg)		Lokal SAR (medelvärde över 10 g vävnad) (W/kg)		
		Allt utom huvud	Huvud	Huvud	Bål	Extremiteter
Normal nivå	2	2-10 ^a	3	10 ^b	10	20
Nivå 1	4	4-10 ^a	3	10 ^b	10	20
Nivå 2	>4	>4-10	>3	10 ^b	>10	>20
Korttids-SAR	SAR per 10 s period skall inte överstiga 3 gånger den begränsning som gäller för motsvarande kroppsdelens medelvärde.					

^a 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.

^b 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

För personal följer SU föreskrift från AFS 2023:10.

Tabell 9. Gränsvärden för elektromagnetiska fält i frekvensintervallet $0,1 \leq f \leq 300$ MHz.

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

Det är osannolikt att personal kommer upp i dessa gränsvärden, förutom vid arbete med interventionell MR. Interventionell MR finns inte vid SU.

Tabell 10. *Insatsnivåer för exponering i frekvensintervallet $10 \leq f \leq 400$ MHz*

Frekvensområde	Elektrisk fältstyrka, E (V/m)	Magnetisk flödestäthet, B (μ T)	Effekttäthet, S (W/m ²)
10 – 400 MHz	61	0,2	

Appendix II. 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

Safe (MR-säker)

Objektet anses vara säkert för patienten som genomgår en MR-undersökning eller befinner sig i MR-miljö vid den högsta statistiska 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 det visat sig vara svagt ferromagnetiskt. Virvelströmmar kan uppstå. Implantatet kan undersökas vid fältstyrkor upp till maximala fältstyrkan given av Shellock.

Conditional 2

- För implantat som är svagt ferromagnetiska (t.ex. coilar, stentar, clips) och som är ordentligt fastvuxna i vävnaden (sex veckor efter operation) 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 statistiska magnetfältet och för MR-relaterad uppvärmning. Kontakta tillverkaren för ytterligare information³¹.

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 säkerhetsinformationen³¹.

Conditional 6

- Dessa implantat bedöms vara conditional enligt terminologin angiven av American Society for Testing och Materials (ASTM) International.
- 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/m³².
 - Maximal SAR: 2 W/kg för 15 minuter skanning.
Detta ger en temperaturökning på $\leq 6^{\circ}\text{C}$ ³³.
- 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/m³⁴.

³¹ Web-adresserna är för de flesta implantat angivna på www.MRIsafety.com

³² 3T-utrustningarna på SU överstiger dessa gränser nära gantryt. För implantat som av sjukhusfysiker bedömts kunna undersökas vid 3 T skall upplägg ske enligt "Rutin för upplägg av ferromagnetiska implantat" för att säkerställa att de spatiella gradienterna inte överskrids.

³³ 6°C är högt.

³⁴ 3 T-utrustningarna på SU överstiger dessa gränser nära gantryt. För implantat som av sjukhusfysiker bedömts kunna undersökas vid 3 T skall upplägg ske enligt "Rutin för upplägg av ferromagnetiska implantat" för att säkerställa att de spatiella gradienterna inte överskrids.

- Maximal SAR: 2 W/kg för 15 minuter skanning.
Detta ger en temperaturökning på $\leq 6^{\circ}\text{C}$ ³⁵.
- 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 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.

³⁵ 6°C temperaturökning (ca 43° temperatur) är mycket!

Appendix III. 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 i 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 ut 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 gantryt av magneten, 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.

OBS! Utskriven version kan vara ogiltig. Verifiera innehållet.

Appendix IV. Namnlista

Dokumentet är sammanställt av Diagnostisk strålningsfysik/Medicinsk teknik och fysik i samråd med MR-avdelningarna på Radiologi, Radiologi barn, Onkologi och Klinisk fysiologi på Sahlgrenska Universitetssjukhuset.

Godkänd av:

Ann-Marie Wennberg Larkö, Sjukhusdirektör, Ledning

Granskad av:

John Brandberg, Verksamhetschef, Radiologi

Andreas Hallqvist, Verksamhetschef, Onkologi

Matts Sjöberg, Verksamhetschef, Medicinsk Teknik och Fysik

Per Nivedahl, Verksamhetschef, Klinisk fysiologi

Yvonne Simrén, Verksamhetschef, Radiologi barn

Arbetsgrupp:

Linnéa Andersson, Sjukhusfysiker, MFT/Diagnostisk strålningsfysik

Erica De Coursey, Röntgensjuksköterska, Radiologi/Neuroradiologi Sahlgrenska

Stefanie Eriksson, Sjukhusfysiker, MFT/Diagnostisk strålningsfysik

Rossana Fridlitzius, Biomedicinsk analytiker, Klinisk Fysiologimottagning Sahlgrenska

Jens Johansson, Sjukhusfysiker, MFT/Diagnostisk strålningsfysik

Izabela Kasperska, Röntgensjuksköterska, Radiologi barn/Radiologi barn

Jesús Lopez Urdaneta, Sektionschef, Klinisk Fysiologimottagning 1 Sahlgrenska

Miroslav Malac, Specialistläkare, Radiologi/Läkare neuroradiologi

Mariana Otteblad, Röntgensjuksköterska, Strålbehandling Sahlgrenska

Evin Papalini, Sjukhusfysiker, MFT/Diagnostisk strålningsfysik

Noinar Phoemsawang, Röntgensjuksköterska, Radiologi/Radiologi Mölndal

Besart Rushiti, Röntgensjuksköterska, Radiologi/Radiologi Östra

Mitra Sivand, Sjuksköterska, Strålbehandling Sahlgrenska

Pär-Arne Svensson Röntgensjuksköterska, Radiologi barn/Radiologi barn

Appendix V. Förteckning över revisioner av säkerhetshandboken

Revision	Datum	Ändringar
0	2007-05-14	Första utgåva.
1	2009-01-19	Appendix II är ändrad för att följa terminologin i ICNIRP. Nytt: policy kontrastmedel (+policy kontrastmedel för gravida ändrad). Nya kontrollistor
2	2011-06-20	Tillägg: markeringar i golv. Tillägg: Teoriavsnitt om spatiella gradienter. Tillägg: flödespotential vid statiska fält. Uppdatering av rekommenderade gränsvärden från de nya riktlinjerna från ICNIRP (statiska fält för personal och patienter, tidsvarierande fält för personal). Tillägg policy för personal för forskning. Uppdatering implantat. Tillägg rutiner vid implantat benämnda ”conditional”. Tillägg i Appendix II: Shellocks terminology om implantat, Uppdaterade kontrollistor. Tillägg engelsk kontrollista för medföljare. Uppdaterad referenslista. Textrevision
3	2013-01-18	Revision: Kontrastmedel. Revision: Inledningen av ”Implantat och andra metalliska föremål”. Tillägg: Bedömning av implantat. Revision: Nya rekommendation av aneurysmklips inopererade på SU.
4	2015-01-28	Revision: Markering i golv på DSBS och Mölndal. Tillägg: ”Rutiner vid upplägg av patient med ferromagnetiska implantat”. Revision: Bedömning av implantat. Revision: Pacemaker och interna defibrillatorer. Tillägg: Cochlearimplantat, medicinpumpar, insulinpumpar Revision: Uppdatering och förtydligande av vissa implantatgrupper. Revision: uppdatering av kulor och hagel efter ny information. Textrevision och uppdatering av bilder.
5	2016-04-11	Revision: Kontrastmedel. Revision: Uppdaterad information för en del implantatgrupper.

		<p>Revision: Uppdaterade kontrollistor i Appendix I.</p> <p>Tillägg: Information om EU-direktiv 2013/35/EU under Policy personal och Appendix II.</p> <p>Textrevision och uppdatering av bilder.</p>
6	2018-03-07	<p>Revision: uppdatering av bild på quenchknapp</p> <p>Tillägg: information om magnetiska adrenalinpennor</p> <p>Revision: Blåmarkering av avsnitt ”Biologiska effekter av magnetkamerans fält – det statiska magnetfältet”</p> <p>Tillägg: Lagt till S13, S14 och S19 och Siemens Skyra i ”Rutiner vid upplägg av patient med ferromagnetiska implantat.</p> <p>Revision: Uppdaterade kontrollistor i Appendix I.</p>
7	2019-04-23	Utbyte av bilder
8	2020-02-05	<p>Revision: ny information angående säkerhetsutbildning</p> <p>Revision: golvlinjer på MROP</p> <p>Revision: text, gränsvärden för patienter på gradientfält.</p> <p>Revision: stryker text om amningsuppehåll för gravida patienter.</p> <p>Textrevision och uppdatering av bilder.</p>
9	2021-05-31	<p>Revision: ”Rutin vid upplägg av patient”: isolering mellan patient och tunnelvägg.</p> <p>Tillägg: ”Rutin vid upptäckt av okänt metallföremål efter påbörjad undersökning”</p> <p>Revision: kontrastmedel, förtydligande.</p> <p>Revision: Uppdatering av ”Säkerhetsutbildning”.</p> <p>Revision: Appendix 3. Conditional 6 och 8 uppdaterats.</p> <p>Revision: uppdaterade länk till nytt intranät.</p>
10	2022-04-12	<p>Revision: kontrastmedel</p> <p>Revision: Bedömning av implantat</p> <p>Revision: länkar till kontrollistor istället.</p> <p>Revision: Lagt till klinisk fysiologi: PET/MR-kamera</p> <p>Revision: verksamhetschefers ansvar för skyltning av MR-lokaler</p>
11	2025-02-21	<p>Revision: kontrastmedel lyfts ut till egen rutin + KM vid gravid patient.</p> <p>Revision: textändring m.a.p. utbyta MR-kameror</p> <p>Revision: Lagt till om nya MR-kameror utan quenchrör</p> <p>Revision: Lagt till text om patienter med feber</p> <p>Revision: uppdaterad info MR-säkerhetsutbildning</p> <p>Revision: Föreskrift från arbetsmiljöverket ersatt av ny föreskrift</p> <p>Revision: uppdatering av olika typer av implantat + annat</p>

Information om handlingen

Handlingstyp: Rutin

Gäller för: Sahlgrenska Universitetssjukhuset

Innehållsansvar: Evin Papalini, (evipa1), Sjukhusfysiker

Granskad av: Peter Gjertsson, (petgj1), Områdeschef

Godkänd av: Boubou Hallberg, (bouha1), Sjukhusdirektör

Dokument-ID: SU9771-677637494-433

Version: 2.0

Giltig från: 2025-04-25

Giltig till: 2027-04-23