



**LUNDS UNIVERSITET**  
Medicinska fakulteten

# Magnetresonanstomografi- undersökningar av patienter med hjärtimplantat

En litteraturstudie om MR-säkerhet

Författare: Carina Ngoc Mach

Doreenda Braco

Handledare: Linda Wennberg

Kandidatuppsats, Litteraturstudie  
Hösten 2021

Lunds universitet  
Medicinska fakulteten  
Programnämnden för omvårdnad, radiografi samt reproduktiv, perinatal  
och sexuell hälsa  
Box 157, 221 00 LUND

# Magnetresonanstomografiundersökningar av patienter med hjärtimplantat

En litteraturstudie om MR-säkerhet

## MRI examinations of patients with cardiovascular implants

A literature study on MRI safety

Author: Carina Ngoc Mach

Doreenda Braco

Supervisor : Linda Wennberg

Bachelor's thesis, Literature study

Autum 2021

Lunds universitet

Medicinska fakulteten

Programnämnden för omvårdnad, radiografi samt reproduktiv, perinatal  
och sexuell hälsa

Box 157, 221 00 LUND

## Abstrakt

Förekomsten av hjärtimplanterade enheter under de senaste decennierna har varit en kontraindikation för magnetresonanstomografi (MR). Indikationerna för MR har utvecklats de senaste åren och MR-undersökningar på patienter med hjärtimplantat anses säkra när de utförs under noggrann övervakning och med lämpliga protokoll. Syftet med detta arbete är att beskriva MR-säkerhet i samband med magnetkameraundersökningar av patienter med hjärtimplantat. Vald metod för denna litteraturstudien är en icke-systematisk granskning av vetenskapliga artiklar. Integrerad analys av 12 artiklar användes för att besvara syftet. Litteraturstudien visade att övervakning av patienten med EKG och pulsoximeter är nödvändig under undersökning. De mest förekommande komplikationerna var Power on Reset av äldre hjärtimplantat. Komplikationerna som dokumenterats är ofta inte allvarliga och kan åtgärdas. Vårdpersonal bör ha kompetens om säkerhetsprotokollen för att kunna bedöma risker som finns i sin arbetsplats. Riktlinjer bör uppdateras regelbundet och återspegla den senaste kunskapen inom ämnet samt bör ett nationellt avvikelssystem utvecklas.

## Nyckelord

Hjärtimplantat, Magnetresonans, Pacemaker, Implantable Cardioverter Defibrillator, MR-säkerhet.

Lunds universitet

Medicinska fakulteten

Programnämnden för omvårdnad, radiografi samt reproduktiv, perinatal och sexuell hälsa

Box 157, 221 00 LUND

Förkortningar	
CIED	Cardiac Implantable Electronic Device
EKG	Elektrokardiografi
ICD	Implantable Cardioverter Defibrillator
MR	Magnetisk Resonans
PoR	Power-On-Reset
RF	Radiofrekvent
SAR	Specific Absorption Rate

# Innehållsförteckning

Innehållsförteckning .....	4
Introduktion .....	5
Problemområde .....	5
Bakgrund.....	6
Perspektiv och utgångspunkter.....	6
Röntgensjuksköterskans roll i radiologiska undersökningar .....	6
Magnetresonanstomografi .....	7
MR-säkerhet.....	8
Hjärtimplantat.....	9
Impedans .....	11
MR-undersökningar av patienter med hjärtimplantat .....	11
Syfte .....	12
Specifika frågeställningar .....	12
Metod .....	12
Design.....	12
Urval.....	12
Datainsamling .....	13
Dataanalys .....	14
Forskningsetiska avvägningar .....	14
Resultat.....	15
Problematik med hjärtimplantaten .....	16
Mekanisk förflyttning av ledare .....	16
Ledarimpedans .....	16
Ändring av Batterispänning.....	16
Elektrisk återställning av enheten .....	17
Diagnostiskt värde .....	18
Risker med hjärtimplantatet i MR-undersökningsrummet.....	19
Säkerhetsåtgärder för att minska risker för patienter med hjärtimplantat .....	20
Undersökningsprotokoll .....	20
Omprogrammering av enhet .....	21
Övervakning av patienter under undersökningen .....	22
Diskussion.....	22
Diskussion av vald metod .....	22
Styrkor och svagheter med metoden .....	22
Inklusion- och Exklusionskriterierna.....	23
Kvalitetsbedömning.....	23
Diskussion av framtaget resultat.....	24
Andel komplikationer för patienten och med hjärtimplantaten .....	24
Mortalitet .....	24
Återställning av enhet förekommer oftare i gamla enheter .....	25
Diagnostiskt värde .....	26
Multidisciplinära team och kopplingen till MR-säkerhet .....	26
Slutsats och kliniska implikationer .....	27
Författarnas arbetsfördelning.....	27
Referenser .....	28
Bilaga 1 (4).....	34
Bilaga 2 (4).....	35

# Introduktion

## Problemområde

Antalet undersökningar utförda med magnetresonanstomografi (MR) i Sverige år 2018 var 548 000 vilket är en ökning med 104 % sedan 2005 (Almén & Jangland, 2020). Samtidigt har även antalet hjärtimplanterade ökat med mer än 47% per miljon invånare från 2000 till 2019 (Svenska ICD and Pacemaker Registret, 2019). Utökade indikationer för pacemaker och implanterbar hjärtdefibrillator så kallad implantable cardioverter defibrillator (ICD) bidrar till att allt fler individer har hjärtimplantat (Gadler, 2015), vilka normalt utgör en kontraindikation för MR-undersökning. Förr fanns det en oro om att magnetfälten kunde leda till asystoli hos patienten på grund av magnetfälten (Ferreira et al., 2014). Sannolikheten att individerna med hjärtimplantat behöver genomgå en MR-undersökning under implantatets livstid uppskattades vara 50–75% (Kalin & Stanton, 2005). För att en MR-undersökning ska berättigas måste nyttan med undersökningen överväga riskerna (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017). Patienter med hjärtimplantat är en riskgrupp när de befinner sig i MR-undersökningsrummet eftersom de har en högre risk för komplikationer relaterade till hjärtimplantatet i form av arytmier jämfört med patienter utan hjärtimplantat eller hjärtproblem (Horwood et al., 2017).

I enlighet med svensk förening för röntgensjuksköterskor (2012) ska röntgensjuksköterskan som jobbar nära patienten ansvara för att undersökningarna utförs med hög patientsäkerhet. Genom att beskriva MR-säkerhet relaterat till hjärtimplantat kan komplikationerna som kan förekomma hos patienter med hjärtimplantat uppmärksammas för att öka säkerheten. Därför är det av vikt att belysa säkerhetsaspekter i samband med MR-undersökningar av patienter med hjärtimplantat.

## **Bakgrund**

### *Perspektiv och utgångspunkter*

Personcentrerad vård ska appliceras inom vården för att ge en bättre vård för patienter. (McCormack & McCance, 2006). För att kunna ge en bättre vård behöver vårdpersonalen ha yrkeskompetens, vara socialt kompetent och engagerad i sitt arbete. Genom att arbeta personcentrerat blir relationer mellan vårdpersonal och patient bättre och kan därmed bidra till optimal vård (Svensk förening för röntgensjuksköterskor [SFR], 2012). Dessutom ska undersökningarna vara berättigade. Nyttan med att göra undersökningen ska vara större än risken (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017).

Litteraturstudien har fokuserat på undersökningens säkerhet för patienter med hjärtimplantat då dessa patienter kräver speciell vård som ökar patientsäkerheten. Vårdpersonal behöver även kunna utgå från ett patientperspektiv. Patientperspektivet innebär en humanistisk människosyn där vårdpersonal behöver se situationen ur patientens synvinkel. En humanistisk människosyn innebär att alla har lika värde där alla ses som individer med individuella behov. I patientperspektivet är respekt och omsorg för patientens autonomi, integritet och värdighet essentiell (SFR, 2012)

### **Röntgensjuksköterskans roll i radiologiska undersökningar**

Röntgensjuksköterskans profession präglas av arbetet nära människor i en högteknologisk arbetsmiljö där kunskap inom modern bilddiagnostik tillsammans med korrekt planering, genomförande samt utvärdering av undersökningar kombineras för att på säkert sätt ge god omvårdnad och optimal bildkvalitet. Professionen ställer krav på autonomi och självständighet samt ett vetenskapligt förhållningssätt (SFR, 2012).

De sex kärnkompetenser för vårdpersonal som beskrivs i kompetensbeskrivningen för legitimerad röntgensjuksköterska är: personcentrerad vård, samverkan i team, evidensbaserad vård, förbättringsarbete och kvalitetsutveckling, säker vård samt informatik (SFR, 2012). Utav dessa är evidensbaserad vård och säker vård de kompetenser som är de mest framträdande för

denna litteraturstudie eftersom det är av vikt för patienter med hjärtimplantat att kunna få en säker vård i samband med MR-undersökningen. För att kunna bidra med säker vård behöver röntgensjuksköterskan arbeta evidensbaserat. Evidensbaserad vård innebär att klinisk sakkunskap, vetenskaplig kunskap samt patientens förutsättningar och preferens tillsammans ska utforma vården. (Svensk Sjuksköterskeförening [SSF], 2016).

Patientsäkerhet är en viktig del av röntgensjuksköterskans profession både för att kunna utföra undersökningar säkert och ge god omvårdnad till patienter. Det är viktigt att röntgensjuksköterskan har kunskaper om säkerhet gällande både patient och arbetsmiljö. Kunskaper om säkerhet inom den radiologiska arbetsmiljön är avgörande för att kunna minimera potentiella risker för skador. Röntgensjuksköterskan ska ha kunskaper om hur de på säkert sätt ska hantera olika medicinska utrusningar och ska även kunna analysera och riskbedöma situationer som kan innebära vårdskador (SFR, 2012).

### *Magnetresonanstomografi*

MR har blivit allt vanligare och ger idag bilder med hög kvalitet och med kortare undersökningstider jämfört med när MR först började användas under 1980-talet (American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks, 2011). MR är en icke-invasiv undersökning med möjlighet att se mjukdelar utan joniserande strålning (Grey & Ailinani, 2012) och är en bra bildgivande undersökningsmetod för diagnos, behandling och uppföljning av bland annat kronisk sjukdom (Nazarian et al., 2013).

MR-systemet består av en supraledande magnet som genererar ett yttre magnetfält. I klinisk verksamhet används kameror med fältstyrka mellan 1,5–3 Tesla (T). Inuti magneten sitter gradientspoler som genererar gradientfält som adderas till det yttre magnetfältet. Gradientsystemets uppgift är att producera små varierande magnetfält i 3 olika dimensioner för att kunna lokalisera signalen från olika plan. Inne i gradientspolarna sitter radiofrekvens (RF) spolar som genererar och sänder RF pulser. RF-spolarna fungerar som mottagare för RF-signal. Det finns olika sorter av RF-spoler som används för att undersöka olika kroppsdelar exempelvis, knäspole, extremitetsspole osv. (Berglund & Jönsson, 2007). Magnetfältet drar till sig ferromagnetisk material (metaller som har magnetiska egenskaper) och därför måste alla



som ska in i MR-undersökningsrummet granskas för magnetiska föremål för att öka säkerheten (Grey & Ailinani, 2012).

Vissa patienter som ska genomgå MR-undersökning är beroende av en pacemaker. För att möjliggöra undersökningen krävs specifika omprogrammeringar av pacemakern. Om inte protokollen följs kan det leda till att den "normala" hjärtfunktionen påverkas och resultera i att patienten hamnar i ett lidande och obehag (Boilson et al., 2012).

### MR-säkerhet

MR-undersökningar är ett bra bildgivande undersökningsmetod men på grund av det starka magnetfältet som alltid är på, gradientfälten och RF-systemen så är det inte en riskfri undersökning.

Flera olyckor har rapporterats runt om i världen där ett ferromagnetiskt föremål dras in mot MR kameran (Cross et al., 2018). Internationella terminologier som används idag för att beskriva säkerheten för implantat och material som används i ett MR-undersökningsrum är; MR-säkra, MR-farliga och MR-villkorliga. Termen MR-säker innebär att objektet inte utgör några faror i ett MR-undersökningsrum. Ett objekt som är märkt som MR-farlig utgör en risk för alla som vistas i ett MR-undersökningsrum och får inte tas in i undersökningsrummet. För MR-villkorliga objekt kan MR-säkerheten variera och måste kontrolleras utifrån olika faktorer så som objektets magnetiseringsförmåga och ledningsförmåga. (Shellock et al., 2009; Westbrook et al., 2011). En patient som har ett MR-farligt implantat som till exempel består av ferromagnetiskt material får inte genomgå en MR-undersökning eftersom implantatet anses vara en fara för patienten om den utsätts för ett magnetfält (Cross et al., 2018).

Innan en MR-undersökning behöver patienten avlägsna alla föremål som innehåller någon typ av metall eftersom metaller även kan skapa artefakter i MR-bilden. Implantat består ofta av metall men de går inte att avlägsna (Grey & Ailinani, 2012; Vårdguiden, 2018).

En risk när det gäller det starka magnetfältet är attraktionskraften på ferromagnetiska material som dras som projektiler mot magneten, små föremål som till exempel ett gem kan få en attraktionskraft med en hastighet på 64 km/h mot en 1,5 T magnet. Attraktionskraften ökar

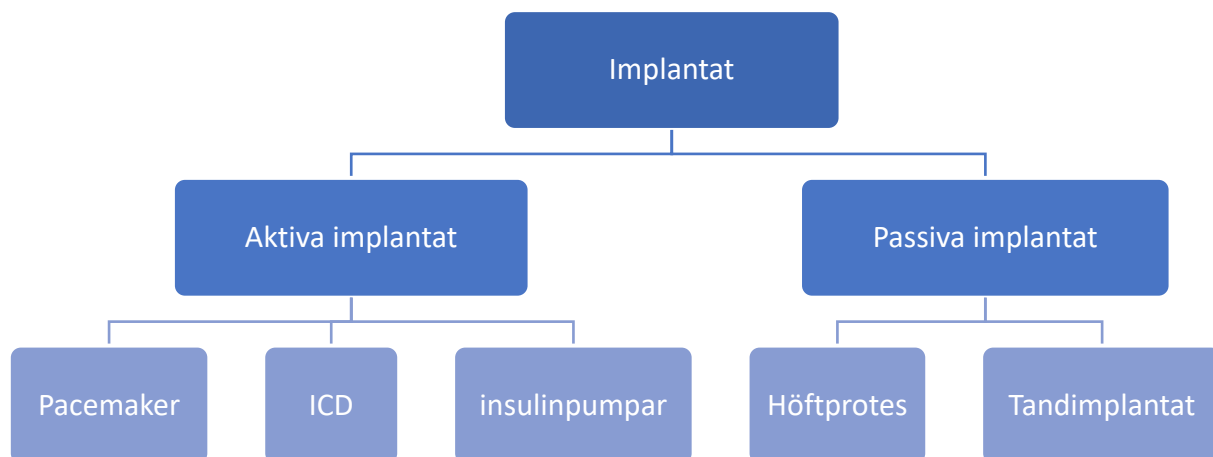
proportionellt med avstånd till magneten och föremålets massa. Det medför risk när föremålet dras som projektiler mot magneten och kan allvarligt skada både patient och personal (Westbrook et al., 2011).

För att öka patientsäkerhet inför MR-undersökning behöver patienten fylla i ett frågeformulär (Grey & Ailinani, 2012). Med frågeformuläret utreds bland annat om patienten har någon form av metall eller elektrod i kroppen t. ex pacemaker, pump, metallclips m.m. Om så är fallet måste patienten kontakta röntgen snarast även om patienten har tidigare genomgått MR-undersökning för att kontrollera om hjärtimplantatet är MR-villkorlig eller inte (VO bild och funktion, 2014)

Inopererade implantat kan ändra position i närvaro av ett magnetfält. Det radiofrekventa magnetfältet orsakar uppvärmning under MR-undersökningen och patienter kan få RF inducerade brännskador. Det är därför viktigt att observera vävnadens temperaturökning för att öka patientsäkerheten när patienten genomgår en MR-undersökning (Luechinger et al., 2004). För att kunna mäta uppvärmningen används Specific Absorption Rate (SAR) istället för en termometer. SAR mätningen görs i MR utrustningen. SAR är mått på energi per kilo som patienten exponeras för av det radiofrekventa fältet (Westbrook et al., 2011).

### *Hjärtimplantat*

Det finns två typer av implantat, aktiva och passiva implantat. Aktiva har elektronik inbyggt, exempel är pacemakers och ICD medan passiva implantat inte innehåller elektronik och kan till exempel vara höftproteser och tandimplantat.



Figur 1. Indelning av olika typer av implantat

Cardiac Implantable Electronic Device (CIED) är ett samlingsnamn för både pacemakrar och ICD. Både pacemakrar och ICD ingår bland de aktiva implantaten (Figur 1). Hjärtimplantat är permanenta elektroniska enheter som hanterar hjärtrytmen. Två typer av hjärtimplantat är pacemaker och ICD. En pacemaker är en elektronisk enhet som genererar elektrisk ström genom impulser som stimulerar myokardiet i hjärtat till att kontrahera sig för att få en normal hjärtrytm hos individer med arytmier (Gadler, 2015). Pacemakern består av två huvudkomponenter: pacemakerdosa samt elektroder. Pacemakerdosan är pacemakers hårdvara som innehåller en programmerbar pulsgenerator och batteri. Elektroden är ledarna som leder den elektriska strömmen från dosan till hjärtat. Båda delarna består av komponenter som innehåller metall (Stouffer et al., 2018). Det finns två typer av pacemakers, enkammarsystem och tvåkammarsystem. Ett enkammarsystem med en elektrod är ofta fäst i den högra kammaren (ventriculus dexter) medan en tvåkammarsystemspacemaker har två elektroder som fästs i höger förmak och kammare (atrium dextrum och ventriculus dexter). Typ av pacemaker beror på vilket hjärtillstånd som patienten har (Gadler, 2015; Stanford Health Care, u.å). Vissa patienter är pacemaker beroende. Pacemakerberoende definieras som frånvaron av en stabil ventrikulär rytm på >30 slag/min eller närvaron av en potentiellt livshotande arytm vilket innebär att patienten har en högre risk för allvarlig personskada eller dödsfall om pacemakern är ur funktion (Lelakowski et al., 2007; Okamura et al., 2017) medan andra patienter som inte är beroende av pacemakern har en tillräcklig bra hjärtrytm för att upprätthålla ett adekvat blodtryck utan en pacemaker (Munshi et al., 2013).

ICD är ett batteridrivet hjärtimplantat så som pacemakern men fungerar som en defibrillator. En ICD ger en elchock när störningar i hjärtrytmen avviker och anses vara livshotande (Gadler, 2015; Johansson, 2020).

### *Impedans*

Impedansen är ett resultat av ledningsegenskaper i elektroden, elektrodspetsen och hjärtmuskeln. Om impedansen är låg kan det antyda att isoleringen runt om en ledare är skadad (Fåhraeus & Hesselstrand, 2010). Impedans är ett mått på det elektriska motståndet för en ström genom en ledning. Förhållandet mellan ström och spänning i en elektrisk krets mäts i enheten Ohm ( $\Omega$ ).

### *MR-undersökningar av patienter med hjärtimplantat*

Enligt årsrapporten från Svenska ICD- och Pacemakerregistret (2018) var medianåldern för patienter med hjärtimplantat år 2018 över 70 år. Samtliga kliniker som implanterar ICD och pacemaker rapporterar till Svenska ICD- och pacemakerregister. Svenska ICD- och pacemakerregister har till syfte att öka patientsäkerheten och höja kvaliteten i vården. Läkarna kan överföra uppgifter om ingrepp och patientstatus, följa upp komplikationer och behandlingsmetoder i registret samt jämföra sitt eget kliniska resultat med andra kliniker i Sverige (Svenska ICD- och Pacemakerregistret, u.å).

Innan år 2008 var det kontraindicerat att genomföra en MR-undersökning på patienter med hjärtimplantat. Det fanns en oro om att magnetfälten skulle utlösa en omstart av enheten som skulle kunna leda till asystoli hos patienten (Ferreira et al., 2014). Idag finns det fortfarande en oro att magnetfältet ska utlösa en omstart, men det går att göra MR-undersökningar på en patient som har en pacemaker implanterad eftersom det har utvecklats MR-villkorade pacemakers och elektroder (Johansson, 2019). Pacemaker och ICD-enheter kan också vara kontraindicerade för MR eftersom de är elektriskt, mekaniskt eller magnetiskt aktiva (Westbrook et al., 2011). Alla hjärtimplantat är inte godkända för att genomgå MR-undersökningar. Hjärtimplantat som är MR-villkorliga är oftast godkända för MR-kameror som har en fältstyrka mellan 1,5 och 3 Tesla. (Muthalaly et al., 2018).

MR-undersökning som tidigare har varit kontraindicerat på patienter med hjärtimplantat är möjliga om det utförs på ett säkert sätt (Muthalaly et al., 2018). Enligt Vårdguiden (2018) ska en kardiolog övervaka undersökningen om en patient med hjärtimplantat måste genomgå en MR-undersökning (Vårdguiden, 2018).

## **Syfte**

Syftet med litteraturstudien var att beskriva MR-säkerhet i samband med magnetkameraundersökningar av patienter med hjärtimplantat.

### *Specifika frågeställningar*

- Vilka problem uppstår med hjärtimplantatet när den utsätts för magnetfälten i undersökningsrummet?
- Vilka risker medför hjärtimplantatet för patienten vid en MR-undersökning?
- Vilka säkerhetsåtgärder finns det för att minska risker för patienter med hjärtimplantat som genomgår en MR-undersökning?

## **Metod**

### **Design**

Vald metod för studien var en icke-systematisk granskning av litteratur i form av vetenskapliga artiklar. En icke-systematisk litteraturöversikt innehåller systematiska drag men all litteratur inom forskningsämnet används inte (Kristensson, 2014).

### **Urval**

Vetenskapliga artiklar söktes via databaserna PubMed och CINAHL. PubMed innehåller medicinsk litteratur. CINAHL är en databas med litteratur inom det vårdvetenskapliga området (Kristensson, 2014).

Urval för artiklarna var kvantitativa studier. Inklusionskriterierna var vetenskapliga artiklar som var publicerade mellan 2010–2020. Artiklarna skulle handla om hjärtimplantat, säkerhet och MR samt vara etisk godkända. Artiklarna skulle vara skrivna på svenska eller engelska och handla om vuxna eller äldre patienter. Exklusionskriterierna var studier som handlade om barn, artiklar publicerade före 2010 och kvalitativa studier.

## **Datinsamling**

MR-säkerhet, magnetkameraundersökning, patienter, hjärtimplantat, problem, magnetfält, risker och säkerhetsåtgärder var nyckelorden som identifierades i syftet och de specifika frågeställningarna. Därefter hittades synonymer och närliggande begrepp till nyckelorden. Nyckelorden blev sedan sökorden i de olika databaserna. I databaserna söktes sökorden som fritext och kombinerades med varandra med hjälp av booleska termerna AND och OR. Fritextsökning innebär att sökningen inte är bunden till index ord och ökar sökningens känslighet. Termen OR används för att söka begrepp som liknar varandra och utöka blocksökningen. Termen AND används för att begränsa sökningen genom att kombinera sökord och göra sökningen mer specifik och relevant för att kunna svara på frågeställningarna (Kristensson, 2014). I databasen CINAHL söktes följande sökord; “MRI“, “magnetic resonance imaging“, “MR“, “MRI scan“, “safety“ och “cardiac imaplantable electroin device“. Sökorden som användes i Pubmed var följande: “cardiovascular implant“, “pacemaker“, “heart implant“, “implantable cardioverter defibrillator“, “ICD“, “patient“, “magnetic fields“, “risk“, “MRI environment“, “MRI“, “MRI scan“, “magnetic resonance imaging“, “magnetic resonance“, “MRI safety“, “safety management“, “risk management” och “safety precautions”.

Val av artiklar som ingick i studien gjordes genom fyra urval (Bilaga 1; Bilaga 2). I det första urvalet lästes titeln på artiklarna. I CINAHL lästes 31 titlar och i PubMed lästes 40 titlar. Därefter lästes 47 artiklars abstrakt. Efter att abstrakten hade lästs, valdes 21 artiklar ut till att läsas i fulltext. I det fjärde urvalet kvalitetsgranskades 16 artiklar.

Artiklarna granskades med granskningsmallar från Statens beredning för medicinsk utvärdering (2020). Val av granskningsmall bestämdes utifrån om det var en experimentell studie, observationsstudie eller deskriptiva studier. Mallarna innehöll ett antal frågor om urval, bias, analys, och forskningsetik. Där artiklarna graderas utifrån i vilken utsträckning som artiklarna

uppfyller de olika områdena (SBU, 2020). För att artiklarna skulle användas i resultatet bestämdes det att varje artikel skulle ha en hög till medelhög kvalitet. Enligt statens beredning för medicinsk utvärdering är mallarna endast ett stöd, vid granskningen av styrkor och svagheter i en studie och bedömer graden av risken för avvikelse eller opålitlighet i studien. Det finns inga bestämda gränser när studien anses ha en låg, måttlig eller hög risk för bias (SBU, 2020). Artiklarna som användes bedömdes ha hög till medelhög kvalitet. Mått på kvaliteten av artiklarna bestämdes vara  $\geq 70\%$  och över efter granskningen. Antal artiklar som kvarstod efter kvalitetsgranskningen var 12, fem artiklar från PubMed och 7 artiklar från CINAHL. Artiklarna är markerade med en asterix (\*) i referenslistan.

## **Dataanalys**

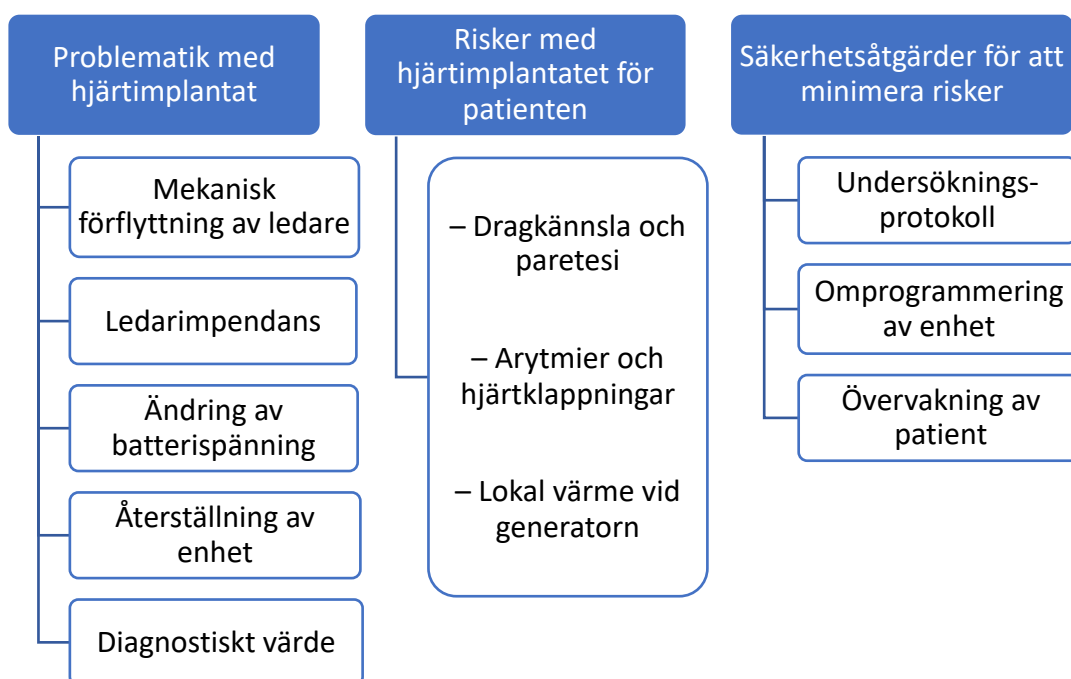
Analys av data genomfördes efter att metod, resultat och konklusion av artiklarna sammanställdes i en artikelmatris för att få en bättre överblick över artiklarnas resultat som sedan kan kategoriseras i olika kategorier (Bilaga 3). Därefter gjordes en integrerad analys (Bilaga 4). En integrerad analys är ett sätt att sammanställa resultatet (Friberg, 2017). Enligt Friberg (2017) så sker en integrerad analys i tre steg. I första steget granskades artiklarna efter likheter och olikheter. I andra steget identifierades likheterna och skillnaderna. I sista steget sammanställs resultaten under kategorierna. Kategorierna användes sedan som vägledning för rubriksättning i resultatdelen. Det första steget den integrerade analysen gjordes av båda författarna var för sig och sedan jämfördes och diskuterades likheterna och skillnaderna som identifierats. Kategorierna sammanställdes av båda författarna tillsammans efter diskussion.

## **Forskningsetiska avvägningar**

Artiklarna som användes granskades för etiskt resonemang med hjälp av Helsingforsdeklarationen (2013). Studierna skulle ha en etisk motivering som ledde till värdefull kunskap, respektera deltagarnas autonomi samt ha ett informerat samtycke. Forskarna ska ha vägt risker med nyttan av studien. Patientens välfärd och intressen ska vägas tyngre än samhällets och forskningens behov (Helsingforsdeklarationen, 2013). Artiklar som inte tog hänsyn till forskningsetiska principer användes inte.

## Resultat

Resultatet i denna litteraturstudie är indelade i tre huvudkategorier utifrån de specifika frågeställningarna. Resultaten redovisas under följande rubriker problem som uppstår med hjärtimplantatet när den utsätts för magnetfälten i undersökningsrummet, risker hjärtimplantatet medför för patienten vid en MR-undersökning och säkerhetsåtgärder för att minimera risker för patienter med hjärtimplantat som genomgår en MR-undersökning. Tolv artiklar ingick i resultatet (Do et al., 2018; Gold et al., 2015; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Shah et al., 2017; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011; Yadava et al., 2017). Problematik med hjärtimplantat identifierades vara mekanisk förflyttning av ledare, ändring av ledarimpedans, ändring av batterispänning, återställning av enhet och diagnostiskt värde. Underrubriker för resultat av risker med hjärtimplantatet för patienter är dragkänsla och parestesi, arytmier samt lokal värme vid generatoren. Resultat för säkerhetsåtgärder för att minimera risker presenteras i underrubrikerna: undersökningsprotokoll, omprogrammering av enhet samt övervakning av patient (Figur 2).



Figur 2. Huvudkategorier och underkategorier i resultat.



## **Problematik med hjärtimplantaten**

### *Mekanisk förflyttning av ledare*

I studier av Do et al. (2018) och Wilkoff et al. (2011) visade sig att det starka magnetfältet kan leda till förflyttningar av de magnetiska delarna i implantatet.

I studien av Do et al. (2018) där säkerhetssäkerheten för hjärt-MR i icke-MR-villkorade CIED utvärderades visade sig efter att uppföljning av patienter som genomgått MR-undersökningar en förskjutning av den högra förmaksledaren. I en studie utförd av Wilkoff et al. (2011) var syftet att utvärdera säkerheten och effektiviteten hos ett pacemaker-system utformat för säker användning i MR för alla patienter med bradykardi. Bland de 258 patienter som genomgick MR-undersökning där hjärtat var inom undersökningsområdet rapporterades 17 händelser av förflyttningar av ledare.

### *Ledarimpedans*

En statistiskt signifikant minskning av ledarimpedans efter undersökningen noterades i studier av Nazarian et al. (2011) och Do et al. (2018). I en studie av Nazarian et al. (2011) där målet var att definiera säkerheten för ett protokoll för 1,5 T MRI hos patienter med hjärtimplanterade enheter visade sig en ändring av ledarimpedans. Det visade minskad akut höger förmaks ledarimpedans hos korta ledare. Ändringen av impedans var signifikant men inte tillräcklig för att kräva en ledning-, systemändring eller omprogrammering av enheten (Nazarian et al., 2011). Även minskningar av impedans i höger förmak och vänster kammarens ledare noterades i studien. Impedansen behöll det låga värdet även under uppföljningen hos patienterna i studien av (Do et al., 2018).

### *Ändring av Batterispänning*

Minskad batterispänning noterades i studier av Nazarian et al. (2017); Nazarian et al. (2011) och Seewöster et al. (2019). I studien av Seewöster et al. (2019) utvärderades implantatens parametrar före och efter MR-undersökningen samt vid uppföljningen, 6 månader efter MR-

undersökningen. Tio ICD-enheter visade signifikant minskning av batterispänning efter undersökningen. Bland de 10 ICD-enheterna var det 1 enhet som rapporterade att batteriet nästan var helt urladdat. Vid 6 månaders uppföljningen var det 5 ICD-enheter som hade en ändrad batterikapacitet medan 4 av de 10 som fick en minskning direkt efter undersökningen återfick sitt normala värde som de hade innan MR-undersökningen automatiskt.

I en studie av Nazarian et al., 2017 för att bedöma säkerheten vid 1,5 Tesla MR hos patienter med icke-MR-villkorlig pacemaker och ICD visades att patienter med ICD hade en signifikant större förändring av batterispänning jämfört med patienter med pacemaker. En annan studie av Nazarian et al. (2011) visade de på minskad batterispänning både direkt efter undersökningen och vid uppföljningen efter 6 månader.

### *Elektrisk återställning av enheten*

Elektrisk återställning av enheten, även kallad Power On Reset (PoR) innebär att CIED återgår till fabriksinställningarna under MR-undersökning noterades i studier av Higgins et al. (2015); Muehling et al. (2014) och Nazarian et al. (2017).

I en studie av Higgins et al. (2015) dokumenterades 256 MR undersökningar som utfördes på 198 patienter med CIED-enheter där PoR inträffade under 9 skanningar hos 8 patienter. I 4 av 9 skanningarna indikerade EKG och pulsoximetern en förändring av vitala parametrar hos patienterna under undersökningen. PoR kunde påvisas vid enhetskontrollen som gjordes efter undersökningen. Inför MR-undersökningen programmerades pacemakrarna till asynkront läge (att pacemakern levererar stimulering kontinuerligt oavsett hjärtrytmen) med hjärtfrekvenser på 75–95 slag/min före MR-undersökningen men hjärtfrekvensen hos de fyra patienterna där PoR hade inträffat var lägre än den programmerade och en patient fick hypoxi. Samtliga PoR inträffade i CIED-enheter som tillverkades före 2002 och implanterades före 2005. Förekomsten av PoR i både pacemaker och ICD- enheter som implanterats före 2005 var 23,7%, vilket var högre än i enheter som implanterades 2005 eller senare. Där visade ingen förekomst av PoR (ibid).

I studien av Nazarian et al. (2017) fann de att bland 2103 undersökningar som genomfördes inträffade PoR 9 gånger hos 8 patienter. Undersökningsområde för undersökningarna

inkluderade hjärna, thorax och abdomen. Hos en av patienterna inträffade PoR vid två tillfällen. Patienten genomgick därefter ytterligare fyra MR-undersökningar utan några komplikationer men vid den 5:e undersökningen rapporterade pacemakern att batteriet nästan var urladdat. I detta fall fick pacemakern bytas ut. Inga enhetsfel noterades vid 6 månaders uppföljning. En pacemakerberoende patient fick en PoR, som ledde till ett uppehåll av pacemakerstimuleringen. Undersökningen avbröts och enheten återprogrammerades. De resterande fem patienter som hade pacemakers där PoR hade inträffat, slutförde undersökningarna trots kortvariga PoR. Inga av patienterna som hade fått en PoR hade funktionsfel på enheten under uppföljningen efter 6 månader (ibid).

I studien av Muehling et al. (2014) som beskriver hur säkert det är att undersöka pacemaker patienter i en 1,5 T MR undersöktes 356 patienter och bland dessa uppstod PoR i 37 pacemakrar. En annan studie av Nazarian et al. (2011) där det totalt utfördes 555 MR-undersökningar på 438 patienter inträffade PoR hos 3 patienter; en ICD som implanterades 1999 och två pacemakrar som implanterades 2003. Dessa patienter genomgick MR-undersökningar av hjärna och halsrygg (ibid).

### *Diagnostiskt värde*

Artefakter på grund av hjärtimplantat beskrevs i studier av Do et al. (2018); Nazarian et al. (2017); Seewöster et al. (2019) och Yadava et al. (2017).

I studien av Seewöster et al. (2019) påverkades bildkvalitén hos 12 patienter (6%) av artefakter varav 6 av undersökningarna fick avbrytas på grund av de stora artefakterna som påverkade bildkvalitén. Två patienter hade en mild påverkan på bildkvalitén men var fortfarande tillräckligt för att kunna ställa en diagnos. Hos 94% av patienterna påverkades inte bildkvalitén av hjärtimplantatet (ibid). I studien av Nazarian et al. (2017) fick 3 undersökningar avbrytas på grund av bildartefakterna. Det bedömdes att bilderna inte skulle vara tillräckliga för att ge användbar diagnostisk information (ibid). Yadava et al. (2017) gjorde en observationsstudie för att bestämma säkerheten för patienter med CIED som ska genomgå MR undersökningar med hjälp av protokoll och enhetsprogrammering. I studien fann man bland annat att bland de 227 patienterna som ingick i en studie, avbröts 6 MR-undersökningar på grund av artefakter (Yadava et al., 2017). Bildkvaliteten i 13 undersökningar (14%) påverkades av någon artefakt på grund av hjärtimplantaten i studien av (Do et al., 2018).

## Risker med hjärtimplantatet i MR-undersökningsrummet

I studier av Nazarian et al. (2017), Nazarian et al. (2011), Shah et al. (2017), Wilkoff et al. (2011), Gold et al. (2015), Seewöster et al. (2019) och Strom et al. (2017) fick ett fåtal patienter kortvariga komplikationer i form av arytmier, värme vid generator eller dragkänsla och parestesi.

I samband med MR-undersökningarna upplevde vissa patienter en dragkänsla i bröstet eller parestesi (Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Shah et al., 2017; Wilkoff et al., 2011). I studien av Wilkoff et al. (2011) där 464 patienterna ingick rapporterades 4 fall av parestesisymtom i form av domningar i extremiteterna. Parestesisymtomen bedömdes vara kopplad till MR-undersökningen. Parestesin gick över under samma dag som MR-undersökningen och krävde inga invasiva ingrepp (ibid). Shah et al. (2017) gjorde en observationsstudie där risker med MR-villkorliga och icke-MR-villkorliga hjärtimplantat jämfördes. Bland de 105 patienterna, rapporterades två fall av parestesier vid generatorområdet under undersökningen av patienterna, men inga undersökningar avslutades i förtid på grund av symtomen.

Arytmier i samband med MR-undersökningar noterades vid enhetskontrollerna i studier av Gold et al. (2015), Nazarian et al. (2017), Seewöster et al. (2019), Shah et al. (2017), Strom et al. (2017) och Wilkoff et al. (2011). I tre fall fick MR-undersökningen avbrytas på grund av arythmi i form av takykardi (Seewöster et al., 2019). Gold et al. (2015) gjorde en randomiserad kontrollerad studie för att utvärdera säkerheten och effekten av ett nytt ICD-system som var anpassad till MR-undersökningar. Under en av undersökningarna bland de 257 deltagarna uppmärksammandes att en patient fick takykardi vilket ledde till att MR-undersökningen avbröts och hjärtrytm ställdes in till normal hjärtrytm med hjälp av ICD-enheten. Undersökningen återupptogs och avslutades sedan utan komplikationer. Samma patient upplevde flera takykardiepisoder under uppföljningsperioden och det antogs att patienten var disponerad för takykardier (ibid).

En studie av Strom et al. gjord år 2017 observerade komplikationer som skedde vid MR-undersökningar med patienter som hade hjärtimplantat. Komplikationerna delades upp i två kategorier: större komplikationer (chock, antitakykardistimulering, dödsfall m.m.) och mindre

komplikationer (arytmier, PoR, uppvärmning på generatorplatsen m.m.). Två av de 123 patienter som ingick i studien rapporterade en värmekänsla vid hjärtimplantatet under MR-undersökningen. Uppvärmningen gick över omedelbart efter MR-undersökningen (ibid).

Andra studier rapporterade fall av hjärtklappningssymtom, som kan vara ett symptom vid arytmier, men inga av undersökningarna avbröts (Shah et al., 2017; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011).

De flesta studierna var prospektiva och några av patienterna som ingick i de olika studierna avled och kunde inte vara med genom hela studien men inga av dödsfallen var relaterade till MR-undersökningen (Do et al., 2018; Gold et al., 2015; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Shah et al., 2017; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011; Yadava et al., 2017).

## **Säkerhetsåtgärder för att minska risker för patienter med hjärtimplantat**

### *Undersökningsprotokoll*

Speciella undersökningsprotokoll utformade för patienter med hjärtimplantat var beskrivna i studier av Nazarian et al. (2011); Seewöster et al. (2019); Strom et al. (2017) och Wilkoff et al. (2011).

I det standardiserade institutionella protokollen som används vid undersökningar av patienter med hjärtimplantat ska en bedömning göras för att överväga risk och nytta med utförandet av MR-undersökningen. Protokollet inkluderar:

- hänvisningar för enhetsprogrammering beroende på patientens hjärttillstånd,
- enhetskontroll före och efter undersökning,
- kriterier för att utesluta en undersökning,
- övervakning och närvaro av lämplig utbildad personal under hela proceduren (Seewöster et al., 2019).

Enligt protokollen, exkluderas patienter som implanterades de senaste 6 veckorna innan MR-undersökningen samt patienter som implanterades före år 2000 eftersom de flesta hjärtimplantat innan år 2000 saknar asynkront stimuleringsförmåga (Strom et al., 2017).

MR-undersökningen ska genomföras med användning av protokoll där maximal Specific Absorption Rate (SAR) begränsas för att reglera uppvärmningen (Nazarian et al., 2011). RF-pulsen som skickas under MR-undersökning kan leda till uppvärmning av pacemaker elektrod och i sin tur innebär ett ökat SAR värde (Wilkoff et al. 2011).

### *Omprogrammering av enhet*

Omprogrammering av enheterna gjordes före undersökningen för att bland annat minimera risken för PoR samt falsk inhibering på grund av induktionsström från magnetfälten vid MR-undersökningarna (Do et al., 2018; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011).

I en studie av Nyotowidjojo et al. (2018) gjordes en observationsstudie där 238 patienter var inkluderade. Syftet var att undersöka säkerheten vid MR-thorax-undersökningar jämfört med icke thorakala regioner hos patienter med CIED. Hjärtimplantaten hos patienter som inte var beroende av sitt hjärtimplantat programmerades till icke-stimulerings läge medan patienter som var pacemakerberoende programmerades till asynkron stimulerings läge. Efter undersökningen åter programmerades implantaten till dess ursprungliga taktstimulering (ibid).

Sju andra studier beskrev också omprogrammeringen av CIED-enheter. Hos patienter som var pacemaker beroende, programmerades enheterna till ett asynkront stimulerings läge vilket innebär att pacemakern levererar stimulering kontinuerligt oavsett hjärtrytmen till patienter som var pacemaker beroende. Alla andra funktioner som t.ex. takykardidetektering som kunde påverka stimuleringsterapi avaktiverades (Do et al., 2018; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011).

För att stödja hypotesen om att det är säkert att genomföra MR-undersökningar på patienter med pacemakers i en 1,5 Tesla magnetkamera genomförde Muehling et al. (2014) en studie på 356 patienter med pacemakers, där noggrann kontroll och övervakning samt programmering före och efter undersökning genomfördes. Före undersökningen programmerades pacemakers till ett asynkront stimuleringsläge vilket innebär att pacemakern levererar stimulering kontinuerligt oavsett hjärtrytmen till patienter som var pacemakerberoende. För patienter som inte var pacemakerberoende programmerades pacemakern till ett läge där den levererar stimulering vid behov. Samtliga 356 MR-undersökningar slutfördes utan omedelbara komplikationer. Hos 310 av 356 patienter observerades ingen förändring av tröskeln för stimulering. Ingen omedelbar eller sen pacemakerrelaterade funktionsfel registrerades och programmerade parametrar var oförändrade (Muehling et al., 2014).

### *Övervakning av patienter under undersökningen*

Fysiologisk övervakning som användes under MR-undersökningen bestod av EKG, pulsoximetri, övervakning av andningsrörelser och blodtrycksmätningar (Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011). Visuell- och röstkontakt med patienten upprätthölls under hela undersökningen. All personal som deltog var erfaren och regelbundet utbildad i hjärt- och lungräddning. Personalen genomförde undersökningen enligt gällande rutiner i samtliga studier. (Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Seewöster et al., 2019). Blodtrycksmätningar erhöles var tredje minut. En kardiolog var närvarande under hela undersökningen (Muehling et al., 2014).

## Diskussion

### **Diskussion av vald metod**

#### *Styrkor och svagheter med metoden*

Litteraturstudie ansågs vara en lämplig metod för att besvara frågeställningarna. Den integrerade analysen som genomfördes bedömdes vara en lämplig metod att analysera resultat i de utvalda artiklarna eftersom den gav en bra överblick över resultatet. Den integrerade analysen gjorde det lättare att se skillnader och likheter mellan de olika artiklarna. Svagheter

med en icke-systematisk litteraturöversikt är att den inte är en formell metod. Metoden kan vara mer eller mindre systematiskt utförd (Kristensson, 2014). Samma fritext sökning i CINAHL och PubMed gjordes initialt men på grund av att sökträffen blev för stor i PubMed så tillkom fler sökord i PubMed för att avgränsa sökningen. Användning av MeSH-termer skulle kunna bidra till fler träffar samt att synonymer inte behöver sökas för att hitta allt som finns om ämnet (Karolinska institutet, u.å). Litteraturstudien kan anses vara vinklad eftersom syftet och frågeställningen var inriktad på problem, risker och säkerhet. I litteraturstudien lyftes de delarna i artiklarna fram som var relevant för litteraturstudien och de undersökningarna där inga komplikationer uppstod diskuterades inte lika mycket.

### *Inklusion- och Exklusionskriterierna*

Avgränsningar gjordes vid artikelsökningen genom att identifierade inklusion- och exklusionskriterierna för datainsamlingen. Artikelsökningen begränsades till artiklar publicerade från 2010–2020 för att kunna hitta studier som är aktuella och relevanta i dagens praxis. Äldre artiklar skulle också varit relevanta men för att begränsa antalet artiklar och få fram den senaste vetenskapen om ämnet valdes ett tidsintervall på 10 år. Inga geografiska avgränsningar gjordes under datainsamlingen, detta för att inte missa internationell erfarenhet. En annan avgränsning i arbetet var att artiklar som söktes inte skulle inkludera barn, alltså personer under 18 år. Detta kan ses som en nackdel, då det förekommer att en viss andel av patienter under 18 år har hjärtimplantat och genomgår MR-undersökningar. Att inkludera barn hade kunnat öka antalet träffar i sökningen, men det skulle finnas även en risk att resultatet hade blivit osammanhängande eftersom barns anatomi skiljer sig från en vuxens och därmed kan resultat för barn med hjärtimplantat som genomgår en MR-undersökning vara annorlunda.

### *Kvalitetsbedömning*

Artiklarna som användes i resultatet granskades enligt mallarna från SBU. Vissa påståenden i granskningsmallarna kunde inte besvaras. Det kan ha påverkat bestämningen av artiklarnas kvalitet eftersom det blir färre påståenden i formuläret och därmed blir det lättare att bestämma att de har en hög kvalitet. Artiklar som bedömdes vara av låg kvalitet exkluderades eftersom de hade en hög risk för bias och systematiska fel. Mallarna som användes ansågs vara lämpliga eftersom de gav en bra överblick över hur stor risk för bias artiklarna hade vilket gjorde det



lättare att bedöma kvalitén på artiklarna. Kvalitetsgranskningen gjordes av båda författarna var för sig och därefter jämfördes författarnas granskningar. Fördelen med att göra granskningen var för sig och jämföra efter var att författarna kunde se vilka artiklar där den individuella kvalitetgranskningen skilde sig åt för att sedan kunna diskutera fram den slutgiltiga kvalitén tillsammans.

## **Diskussion av framtaget resultat**

### *Andel komplikationer för patienten och med hjärtimplantaten*

I studien av Nazarian (2017) som inkluderades i resultatet, genomgick över 1500 patienter en MR-undersökning. Bland de var det endast 14 patienter som fick komplikationer (1%). I flesta studierna var incidenten för komplikationer <10% bland de undersökta patienterna (Do et al., 2018; Gold et al., 2015; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Shah et al., 2017; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011; Yadava et al., 2017). En studie av Russo et al. (2017) beskrev elektrisk återställning, ändring av batterispänning och förändrade elektrodimpedanser som mindre allvarliga komplikationer i sin studie. Det stämmer överens med de komplikationerna som artiklarna i resultatet har beskrivit eftersom de flesta komplikationerna som uppstod kunde lösas under samma dag som MR-undersökningen och var inte livshotande (Do et al., 2018; Gold et al., 2015; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Shah et al., 2017; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011; Yadava et al., 2017). Även om komplikationer kan uppstå är det viktigt att poängtera att det är en stor andel patienter med hjärtimplantat som genomgår MR-undersökningar utan komplikationer.

### **Mortalitet**

Inga dödsfall relaterad till MR-undersökningen hade inträffat i de studier som inkluderades. Dödsfall på grund av faktorer som var orelaterade till MR-undersökningen noterades som bortfall i de prospektiva studierna men inga dödsfall relaterad till MR-undersökningarna rapporterades i studierna som beskrevs i resultatet (Do et al., 2018; Gold et al., 2015; Higgins et al., 2015; Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2017; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Shah et al., 2017; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011; Yadava et al., 2017). Tidigare hade hjärtimplantat setts som en kontraindikation delvis på grund

av de dokumenterade dödfallen som tidigare har inträffat. Mellan 1980–2001 rapporterades 16 dödsfall i världen. Det senaste dokumenterade dödsfall relaterade till hjärtimplantat under MR undersökning skedde 2004 (Levine et al., 2007; Martin & Sandler, 2007; Roguin et al., 2008; van der Graaf et al., 2014). En av anledningarna till en minskad mortalitet är att fler riktlinjer har publicerats och att fler rekommenderade åtgärder som övervakning används idag för att öka patientsäkerheten (Brignole et al., 2013). Även utvecklingen av hjärtimplantat har bidragit till minskad mortalitet. Fler tillverkare försöker använda minskad mängd ferromagnetisk material i implantaten för att minska RF-inducerad värmeökning (Wilkoff et al., 2011). Teknologin samt bättre riktlinjer har gjort det möjligt att utföra fler undersökningar och det är därför viktigt att bidra till vidare forskning inom MR-säkerhet för patienter med hjärtimplantat.

### *Återställning av enhet förekommer oftare i gamla enheter*

Ett ytterligare fynd var att alla PoR-händelser inträffade i äldre hjärtimplantat som producerats före 2002 och implanterades före 2005 (Higgins et al., 2015). Vid PoR kan asystoli inträffa hos pacemakerberoende patienter. Dessutom kan stimuleringsutgångar efter PoR leda till minskad batterispänning, tidigt generatorutbyte eller minskad tröskelstimulering. Det är därför viktigt att patienterna kontinuerligt övervakas med elektrokardiogram (EKG) och pulsoximetri. Det är även av stor vikt att personal har kunskap beträffande PoR och andra interaktioner mellan hjärtimplantat och magnetfältet för att kunna vidta säkerhetsåtgärder (Higgins et al., 2015). Okamura et al (2017) rapporterade förekomsten av PoR hos patienter med ej-MR-villkorlig pacemaker där nio PoR inträffade under 198 MR-undersökningar. Alla händelser var associerade med pacemakers som implanterades mellan 1999 och 2004. Studien föreslår att noggrann uppmärksamhet bör ägnas eftersom undersökning av gamla enheter kan resultera i PoR (Okamura et al. 2017). PoR är ett av dem huvud fynden i denna studie då förekomsten av händelsen var framkommande i flera av artiklarna nämna ovan i resultaten. De flesta undersökningarna på pacemaker och ICD kunde utföras utan stora problem trots att PoR inträffade. PoR händelsen i artiklarna visade sig vara mindre farligt för pacemaker oberoende patienter men för patienter som var beroende av sin pacemaker kan detta betyda en viss fara för dem. Detta lägger vikten på hur säkerhetsåtgärder kan vara betydandefullt vid inträffandet av PoR.

### *Diagnostiskt värde*

Artefakter som uppstår av hjärtimplantaten kan påverka bildkvaliteten och därmed ändra den diagnostiska värdet av undersökningen (Do et al., 2018; Nazarian et al., 2017; Seewöster et al., 2019; Yadava et al., 2017). Artefakter är en viktig del i beslutsfattandet om en MR-undersökning kan genomföras eller inte. Om bildkvaliteten inte blir tillräckligt bra och det inte går att ställa en diagnos på grund av artefakterna är nyttan med undersökningen inte större än riskerna och dessutom har patienten utsatts för en risk av att bara vistas i ett MR-undersökningsrum. För att en undersökning ska vara berättigad måste nyttan överväga risken men om artefakterna försämrar bildkvaliteten så pass mycket att man inte kan ställa en diagnos så är undersökningen inte fördelaktig och därmed inte heller berättigad (Strålsäkerhetsmyndigheten, 2017). McCormack & McCance (2006) skriver att personcentrerad vård behövs för att ge en bättre vård till patienterna. Vårdpersonal behöver därför ha en yrkeskompetens i sitt arbete. För att göra undersökningen mer personcentrerat behöver röntgensjuksköterskan veta när bildkvaliteten blir så pass påverkad att den minskar det diagnostiska värdet av undersökningen så att hen kan kontakta en radiolog för att diskutera om undersökningen ska fortsättas eller inte.

### *Multidisciplinära team och kopplingen till MR-säkerhet*

Ett av huvud fynden i denna studie som används för att minska risker för patienter med hjärtimplantat när en patient med hjärtimplantat ska genomgå en MR undersökning är säkerhetsåtgärder. En av säkerhetsåtgärderna som artiklarna i resultatet beskrev var övervakning. Övervakningen skedde i form av EKG, pulsoximetri, övervakning av andningsrörelser och blodtrycksmätningar (Muehling et al., 2014; Nazarian et al., 2011; Nyotowidjojo et al., 2018; Seewöster et al., 2019; Strom et al., 2017; Wilkoff et al., 2011).

Konsensus och riktlinjer påpekar att undersökningar av patienter med hjärtimplantat kräver samarbete mellan den radiologiska avdelningen och kardiologiavdelning för en säker MR-undersökningen som är personcentrerat (Indik et al., 2017; Brignole et al., 2013). Samarbetet mellan professionerna ska bidra till utveckling av den standardiserat institutionella säkerhetsprotokollet och med checklistor. Vid mottagandet av remiss till en MR-undersökning utvärderar radiologiavdelningen dess diagnostiska behov och andra undersöknings alternativ. Dessutom läggs vikten på att den ansvariga läkaren även ska ansvara för övervakning vid MR-undersökningen och ansvara för ett lämpligt team av läkare och sjuksköterskor som krävs. Det

betonas även vikten av kommunikationen mellan remitterande läkare, kardiolog och den MR-ansvariga läkaren. Enligt kompetensbeskrivningen ska röntgensjuksköterskan arbeta patientcentrerat och har därmed en viktig roll i kommunikation med patienten så att patienten inte lämnas utanför (SFR, 2012). Övervakning av patienter är dessutom extra viktig för MR-undersökning för patienter med en ej MR villkorliga hjärtimplantat.

Resultatet såväl som de jämförande studierna visar att patienter och personal har ett ansvar för att göra undersökningarna säkra. Samarbete mellan de olika professionerna bidrar till optimala och säkra undersökningar och därför är det viktigt med adekvat informationsutbyte mellan vårdpersonalen i teamet.

### **Slutsats och kliniska implikationer**

Kliniska studier har visat att patienter med hjärtimplantat kan genomgå MR-undersökningar utan större risk om patienterna övervakas på ett lämpligt sätt. Undersökningen måste vara berättigad där en övervägning av nytta och risk med undersökningen måste genomföras. Komplikationerna som var mest förekommande är PoR, vilket visade sig vara vanligt förekommande hos äldre hjärtimplantat. Komplikationerna som dokumenterats är ofta inte allvarliga och kan åtgärdas. Vårdpersonal bör vara kunnig om säkerhetsprotokollen som finns i sin arbetsplats för att minimera risker. Riktlinjer bör uppdateras regelbundet och återspegla den senaste kunskapen inom ämnet samt bör ett nationellt avvikelssystem utvecklas.

### **Författarnas arbetsfördelning**

Författarna har arbetat tillsammans och samarbetat genom hela studien. Författarna gjorde sökningarna individuellt och därefter jämfördes sökningarna tillsammans. Genomläsningen av artiklarna gjordes individuellt och därefter diskuterades artiklarna tillsammans. Båda författarna har deltagit vid samtliga handledartillfällen och de kommentarer som gavs av handledaren reviderades efter diskussion mellan författarna.

## Referenser

- Almén, A., & Jangland, L. (2020). 2020:14 Radiologiska undersökningar i Sverige under 2018. *Stålsäkerhetsmyndigheten*. Hämtad från: <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/publikationer/rapporter/stralskydd/2020/202014/>
- American Chemical Society National Historic Chemical Landmarks. (2011). *NMR and MRI: Applications in Chemistry and Medicine*. Hämtad [2020-05-23] från <http://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/mri.html>
- Berglund, E., & Jönsson, B.-A. (2007). *Medicinsk fysik*. Studentlitteratur.
- Boilson, B. A., Wokhlu, A., Acker, N. G., Felmlee, J. P., Watson, R. E., Jr., Julsrud, P. R., Friedman, P. A., Cha, Y. M., Rea, R. F., Hayes, D. L., & Shen, W. K. (2012). Safety of magnetic resonance imaging in patients with permanent pacemakers: a collaborative clinical approach. *J Interv Card Electrophysiol*, 33(1), 59-67. <https://doi.org/10.1007/s10840-011-9615-8>
- Brignole, M., Auricchio, A., Baron-Esquivias, G., Bordachar, P., Boriani, G., Breithardt, O. A., Cleland, J., Deharo, J. C., Delgado, V., Elliott, P. M., Gorenek, B., Israel, C. W., Leclercq, C., Linde, C., Mont, L., Padeletti, L., Sutton, R., & Vardas, P. E. (2013). 2013 ESC guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: the task force on cardiac pacing and resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC). Developed in collaboration with the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Europace*, 15(8), 1070-1118. <https://doi.org/10.1093/europace/eut206>
- Cross, N. M., Hoff, M. N., & Kanal, K. M. (2018). Avoiding MRI-related accidents: a practical approach to implementing MR safety. *Journal of the American College of Radiology*, 15(12), 1738-1744. <https://doi.org/10.1016/j.jacr.2018.06.022>
- \*Do, D. H., Eyvazian, V., Bayoneta, A. J., Hu, P., Finn, J. P., Bradfield, J. S., Shivkumar, K., & Boyle, N. G. (2018). Cardiac magnetic resonance imaging using wideband sequences in patients with nonconditional cardiac implanted electronic devices. *Heart Rhythm*, 15(2), 218-225. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.10.003>
- Ferreira, A. M., Costa, F., Tralhão, A., Marques, H., Cardim, N., & Adragão, P. (2014). MRI-conditional pacemakers: current perspectives. *Medical Devices (Auckland, NZ)*, 7, 115. <https://doi.org/10.2147/MDER.S44063>
- Friberg, F. (2017). *Dags för uppsats: vägledning för litteraturbaserade examensarbeten*. Studentlitteratur.
- Fåhraeus, T., & Hesselstrand, M. (2010). *Pacemaker- och ICD-kontroller*. Hämtad [2020-05-23] från <http://www.pacemaker-info.se/sida/pacemaker-icd-kontroller>
- Gadler, F. (2015). Pacemaker-och ICD behandling. I P. Insulander., & M. Jensen-Urstad.(Red.). *Arytmier: mekanismer, utredning och behandling*, 213-225.

- \*Gold, M. R., Sommer, T., Schwitter, J., Al Fagih, A., Albert, T., Merkely, B., Peterson, M., Ciuffo, A., Lee, S., Landborg, L., Cerkenvenik, J., Kanal, E., & Evera, M. R. I. S. I. (2015). Full-Body MRI in Patients With an Implantable Cardioverter-Defibrillator: Primary Results of a Randomized Study. *J Am Coll Cardiol*, *65*(24), 2581-2588. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2015.04.047>
- Grey, M. L., & Ailinani, J. M. (2012). *CT and MRI pathology: a pocket atlas*. McGrawHill Medical.
- Helsingforsdeklarationen. (2013). Hämtad [2020-05-22] från <https://www.wma.net/policies-post/wma-declaration-of-helsinki-ethical-principles-for-medical-research-involving-human-subjects/>.
- Henricson, M. (2012). *Vetenskaplig teori och metod: från idé till examination inom omvårdnad*. Studentlitteratur.
- \*Higgins, J. V., Sheldon, S. H., Watson, R. E., Jr., Dalzell, C., Acker, N., Cha, Y. M., Asirvatham, S. J., Kapa, S., Felmlee, J. P., & Friedman, P. A. (2015). "Power-on resets" in cardiac implantable electronic devices during magnetic resonance imaging. *Heart Rhythm*, *12*(3), 540-544. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.10.039>
- Horwood, L., Attili, A., Luba, F., Ibrahim, E.-S. H., Parmar, H., Stojanovska, J., Gadoth-Goodman, S., Fette, C., Oral, H., & Bogun, F. (2017). Magnetic resonance imaging in patients with cardiac implanted electronic devices: focus on contraindications to magnetic resonance imaging protocols. *EP Europace*, *19*(5), 812-817. <https://doi.org/10.1093/europace/euw122>
- Johansson, B. (2019). *Pacemaker*. Hämtad [2020-04-23] från <https://www.internetmedicin.se/page.aspx?id=5020>
- Johansson, B. (2020). *ICD (implantable cardioverter defibrillator) och biventrikulär pacing (CRT-P/CRT-D)*. Hämtad [2020-04-22] från <https://www.internetmedicin.se/page.aspx?id=5038>
- Kalin, R., & Stanton, M. S. (2005). Current clinical issues for MRI scanning of pacemaker and defibrillator patients. *Pacing and clinical electrophysiology*, *28*(4), 326-328. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2005.50024.x>
- Karolinska institutet. (u.å). *Vad är nyttan med MeSH-termer*. <https://mesh.kib.ki.se/info/vad-ar-nyttan-med-mesh-termer>
- Kristensson, J. (2014). *Handbok i uppsatsskrivande och forskningsmetodik för studenter inom hälso-och vårdvetenskap*. Natur & kultur.
- Lelakowski, J., Majewski, J., Bednarek, J., Małacka, B., & Zabek, A. (2007). Pacemaker dependency after pacemaker implantation. *Cardiol J*, *14*(1), 83-86.
- Levine, G. N., Gomes, A. S., Arai, A. E., Bluemke, D. A., Flamm, S. D., Kanal, E., Manning, W. J., Martin, E. T., Smith, J. M., Wilke, N., & Shellock, F. S. (2007). Safety of magnetic resonance imaging in patients with cardiovascular devices: an American

Heart Association scientific statement from the Committee on Diagnostic and Interventional Cardiac Catheterization, Council on Clinical Cardiology, and the Council on Cardiovascular Radiology and Intervention: endorsed by the American College of Cardiology Foundation, the North American Society for Cardiac Imaging, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *Circulation*, 116(24), 2878-2891. <https://doi.org/10.1161/circulationaha.107.187256>

Luechinger, R., Zeijlemaker, V. A., Pedersen, E. M., Mortensen, P., Falk, E., Duru, F., Candinas, R., & Boesiger, P. (2004). In vivo heating of pacemaker leads during magnetic resonance imaging. *European Heart Journal*, 26(4), 376-383. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehi009>

Martin, E. T., & Sandler, D. A. (2007). MRI in patients with cardiac devices. *Current Cardiology Reports*, 9(1), 63-71. <https://doi.org/10.1007/s11886-007-0012-y>

McCormack, B., & McCance, T. V. (2006). Development of a framework for person-centred nursing. *Journal of advanced nursing*, 56(5), 472-479. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2648.2006.04042.x>

\*Muehling, O. M., Wakili, R., Greif, M., von Ziegler, F., Morhard, D., Brueckmann, H., & Becker, A. (2014). Immediate and 12 months follow up of function and lead integrity after cranial MRI in 356 patients with conventional cardiac pacemakers. *J Cardiovasc Magn Reson*, 16, 39. <https://doi.org/10.1186/1532-429X-16-39>

Munshi, A., Agarwal, J. P., & Pandey, K. C. (2013). Cancer patients with cardiac pacemakers needing radiation treatment: a systematic review. *Journal of cancer research and therapeutics*, 9(2), 193-198. <https://doi.org/10.4103/0973-1482.113348>

Muthalaly, R. G., Nerlekar, N., Ge, Y., Kwong, R. Y., & Nasis, A. (2018). MRI in patients with cardiac implantable electronic devices. *Radiology*, 289(2), 281-292. <https://doi.org/10.1148/radiol.2018180285>

Nazarian, S., Beinart, R., & Halperin, H. R. (2013). Magnetic resonance imaging and implantable devices. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*, 6(2), 419-428. <https://doi.org/10.1161/CIRCEP.113.000116>

\*Nazarian, S., Hansford, R., Rahsepar, A. A., Weltin, V., McVeigh, D., Gucuk Ipek, E., Kwan, A., Berger, R. D., Calkins, H., Lardo, A. C., Kraut, M. A., Kamel, I. R., Zimmerman, S. L., & Halperin, H. R. (2017). Safety of Magnetic Resonance Imaging in Patients with Cardiac Devices. *N Engl J Med*, 377(26), 2555-2564. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1604267>

\*Nazarian, S., Hansford, R., Roguin, A., Goldsher, D., Zviman, M. M., Lardo, A. C., Caffo, B. S., Frick, K. D., Kraut, M. A., Kamel, I. R., Calkins, H., Berger, R. D., Bluemke, D. A., & Halperin, H. R. (2011). A prospective evaluation of a protocol for magnetic resonance imaging of patients with implanted cardiac devices. *Ann Intern Med*, 155(7), 415-424. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-155-7-201110040-00004>

- \*Nyotowidjojo, I. S., Skinner, K., Shah, A. S., Bisla, J., Singh, S., Khoubyari, R., Ott, P., Kalb, B., & Indik, J. H. (2018). Thoracic versus nonthoracic MR imaging for patients with an MR nonconditional cardiac implantable electronic device. *Pacing Clin Electrophysiol*, *41*(6), 589-596. <https://doi.org/10.1111/pace.13340>
- Okamura, H., Padmanabhan, D., Watson, R. E., Jr., Dalzell, C., Acker, N., Jondal, M., Romme, A. L., Cha, Y. M., Asirvatham, S. J., Felmlee, J. P., & Friedman, P. A. (2017). Magnetic Resonance Imaging in Nondependent Pacemaker Patients with Pacemakers and Defibrillators with a Nearly Depleted Battery. *Pacing Clin Electrophysiol*, *40*(5), 476-481. <https://doi.org/10.1111/pace.13042>
- Roguin, A., Schwitter, J., Vahlhaus, C., Lombardi, M., Brugada, J., Vardas, P., Auricchio, A., Priori, S., & Sommer, T. (2008). Magnetic resonance imaging in individuals with cardiovascular implantable electronic devices. *Europace*, *10*(3), 336-346. <https://doi.org/10.1093/europace/eun021>
- Russo, R. J., Costa, H. S., Silva, P. D., Anderson, J. L., Arshad, A., Biederman, R. W., Boyle, N. G., Frabizzio, J. V., Birgersdotter-Green, U., Higgins, S. L., Lampert, R., Machado, C. E., Martin, E. T., Rivard, A. L., Rubenstein, J. C., Schaerf, R. H., Schwartz, J. D., Shah, D. J., Tomassoni, G. F., Tominaga, G. T., Tonkin, A. E., Uretsky, S., & Wolff, S. D. (2017). Assessing the Risks Associated with MRI in Patients with a Pacemaker or Defibrillator. *N Engl J Med*, *376*(8), 755-764. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa1603265>
- \*Seewöster, T., Lobe, S., Hilbert, S., Bollmann, A., Sommer, P., Lindemann, F., Bacevicius, J., Schone, K., Richter, S., Doring, M., Paetsch, I., Hindricks, G., & Jahnke, C. (2019). Cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with cardiac implantable electronic devices: best practice and real-world experience. *Europace*, *21*(8), 1220-1228. <https://doi.org/10.1093/europace/euz112>
- \*Shah, A. D., Patel, A. U., Knezevic, A., Hoskins, M. H., Hirsh, D. S., Merchant, F. M., El Chami, M. F., Delurgio, D. B., Patel, A. M., Leon, A. R., Langberg, J. J., & Lloyd, M. S. (2017). Clinical Performance of Magnetic Resonance Imaging Conditional and Nonconditional Cardiac Implantable Electronic Devices. *Pacing Clin Electrophysiol*, *40*(5), 467-475. <https://doi.org/10.1111/pace.13060>
- Shellock, F. G., Woods, T. O., & Crues, J. V., 3rd. (2009). MR labeling information for implants and devices: explanation of terminology. *Radiology*, *253*(1), 26-30. <https://doi.org/10.1148/radiol.2531091030>
- Stanford Health Care. (u.å). *Types of Pacemakers*. Hämtad [2020-04-27] från <https://stanfordhealthcare.org/medical-treatments/p/pacemaker/types.html>
- Statens Beredning för Medicinsk och Social Utvärdering [SBU]. (2020). *SBU:s Metodbok*. Hämtad från <https://www.sbu.se/sv/metod/sbus-metodbok-ny/>
- Stouffer, G., Runge, M. S., Patterson, C., & Rossi, J. S. (2018). *Netter's Cardiology E-Book*. Elsevier Health Sciences.



- \*Strom, J. B., Whelan, J. B., Shen, C., Zheng, S. Q., Morteale, K. J., & Kramer, D. B. (2017). Safety and utility of magnetic resonance imaging in patients with cardiac implantable electronic devices. *Heart Rhythm*, *14*(8), 1138-1144. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2017.03.039>
- Strålsäkerhetsmyndigheten. (2017). *Berättigande och optimering*. Hämtad från <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/stralning-i-varden/berattigande-och-optimering/>
- Svensk förening för röntgensjuksköterskor [SFR]. (2012). *Kompetensbeskrivning för legitimerad röntgensjuksköterska*. [Broshyr] Hämtad från [http://www.swedrad.se/f\\_start](http://www.swedrad.se/f_start)
- Svensk Sjuksköterskeförening [SSF]. (2016). *Svensk Sjuksköterskeförening om evidensbaserad vård och omvårdnad* [Broschyr]. Svensk Sjuksköterskeförening Hämtad från [https://www.swenurse.se/globalassets/01-svensk-sjukskoterskeforening/publikationer-svensk-sjukskoterskeforening/ssf-om-publikationer/svensk.sjukskoterskeforening.ssf.om.evidensbasera.vard\\_2016\\_2016\\_w\\_ebb.pdf](https://www.swenurse.se/globalassets/01-svensk-sjukskoterskeforening/publikationer-svensk-sjukskoterskeforening/ssf-om-publikationer/svensk.sjukskoterskeforening.ssf.om.evidensbasera.vard_2016_2016_w_ebb.pdf)
- Svenska ICD and Pacemaker Registret. (2019). *ANNUAL STATISTICAL REPORT 2019*. <https://www.pacemakerregistret.se/icdpmr/docbankView.do?id=0qGmYbd---MlXpElw-40a5j>
- Svenska ICD- och Pacemakerregistret. (2018). *Årsrapport 2018*. Hämtad från <https://www.pacemakerregistret.se/icdpmr/docbank.do>
- Svenska ICD- och Pacemakerregistret. (u.å). *Svenska ICD- och Pacemakerregistret*. Hämtad från <https://www.pacemakerregistret.se/icdpmr/start.do>
- van der Graaf, A. W., Bhagirath, P., & Götte, M. J. (2014). MRI and cardiac implantable electronic devices; current status and required safety conditions. *Neth Heart J*, *22*(6), 269-276. <https://doi.org/10.1007/s12471-014-0544-x>
- Vårdguiden. (2018). *Undersökning med magnetkamera*. Hämtad [2020-04-15] från <https://www.1177.se/Skane/behandling--hjalpmedel/undersokningar-och-provtagning/bildundersokningar-och-rontgen/magnetkameraundersokning/>
- Westbrook, C., Kaut-Roth, C., & Talbot, J. (2011). *MRI in practice* [Elektronisk resurs]. Wiley-Blackwell.
- \*Wilkoff, B. L., Bello, D., Taborsky, M., Vymazal, J., Kanal, E., Heuer, H., Hecking, K., Johnson, W. B., Young, W., Ramza, B., Akhtar, N., Kuepper, B., Hunold, P., Luechinger, R., Puererfellner, H., Duru, F., Gotte, M. J., Sutton, R., Sommer, T., & EnRhythm, M. R. I. S. P. S. S. I. (2011). Magnetic resonance imaging in patients with a pacemaker system designed for the magnetic resonance environment. *Heart Rhythm*, *8*(1), 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2010.10.002>
- \*Yadava, M., Nugent, M., Krebsbach, A., Minnier, J., Jessel, P., & Henrikson, C. A. (2017). Magnetic resonance imaging in patients with cardiac implantable electronic devices: a

single-center prospective study. *J Interv Card Electrophysiol*, 50(1), 95-104.  
<https://doi.org/10.1007/s10840-017-0262-6>

## Bilaga 1 (4)

Tabell 1. Sökningsschema i CINAHL gjord 16 november 2020.

CINAHL	Sökning	Filter	Antal träffar	Titlar	Lästa abstrakts	Lästa i fulltext	Granskade	Använda i Resultat
S5	(( mri or magnetic resonance imaging or mri scan or mr ) AND cardiac implantable electronic device) AND (S1 AND S2 AND S3 AND S4)	Limiters - Published Date: 2010–2020	31	31	31	15	10	7
S4	cardiac implantable electronic device AND S1	Limiters - Published Date: 2010–2020	59					
S3	(mri or magnetic resonance imaging or mri scan or mr) AND safety AND pacemaker	Limiters - Published Date: 2010–2020	134					
S2	S1 AND safety AND pacemaker		1777					
S1	(mri or magnetic resonance imaging or mri scan or mr ) AND safety		3560					

## Bilaga 2 (4)

Tabell 2. Sökningsschema i PubMed gjord 20 november 2020.

PubMed	Sökning	Filter	Träffar	Titel	Abstrakt	Fulltext	Granskade	Använda i Resultat
42	#39 OR #40 OR #37 OR #38	Clinical Trial, Randomized Controlled Trial, from 2010 - 3000/12/12	40	40	16 (varav 3 dubletter)	9 (varav 3 dubletter)	6	5
41	#39 OR #40 OR #37 OR #38		842					
40	#28 AND #7 AND #20 AND #12		5					
39	#31 AND #26 AND #8 AND #7		454					
38	#36 AND #18 AND #8 AND #7 AND #26		448					
37	#18 AND #7 AND #8 AND #20		59					
36	#32 OR #33 OR #34 OR #35		613,927					
35	safety precautions		3,270					
34	risk management		545,784					
33	safety management		92,707					
32	SECURITY MEASURES		20,325					
31	#29 OR #30		665,663					
30	SAFETY		665,663					
29	MRI SAFETY		11,874					
28	PROBLEM		1,053,747					
26	#21 OR #22 OR #23 OR #24		852,661					
24	magnetic resonance		792,074					
23	magnetic resonance imaging		571,800					
22	MRI SCAN		577,104					
21	MRI		628,621					
20	mri environment		12,216					
18	#13 OR #14 OR #15 OR #16		3,583,869					

16	exposure		963,770					
15	DANGER		69,028					
14	RISKS		2,799,795					
13	RISK		2,699,133					
12	MAGNETIC FIELDS		45,026					
8	PATIENT		7,177,915					
7	#1 OR #2 OR #3 OR #5 OR #6		188,475					
6	ICD		37,043					
5	implantable cardioverter defibrillator		21,639					
3	heart implant		84,890					
2	pacemaker		50,684					
1	cardiovascular implant		86,776					

