

Kardiologie 2015 · 9:303–309
DOI 10.1007/s12181-015-0014-8
Online publiziert: 14. Juli 2015
© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie –
Herz- und Kreislaufforschung e.V.
Published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
– all rights reserved 2015

K. Müllerleile¹ · C. Kolb² · H. Rittger³ · K. Rybak⁴ · C. Tillmans⁵ · U. Wiegand⁶ ·
U. Sechtem⁷ · M. Kelm⁸ · J. Schulz-Menger^{9,10}

¹ Klinik für Allgemeine und Interventionelle Kardiologie, Universitäres Herzzentrum Hamburg gGmbH, Hamburg, Deutschland

² Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen, Deutsches Herzzentrum München, München, Deutschland

³ Medizinische Klinik 1, Klinikum Fürth, Fürth, Deutschland

⁴ Kardiologische Praxis Dr. Rybak, Dessau, Deutschland

⁵ Diagnostikum Berlin, Berlin, Deutschland

⁶ Klinik für Kardiologie, Rhythmologie und Elektrophysiologie, Sana-Klinikum Remscheid, Remscheid, Deutschland

⁷ Abteilung für Kardiologie, Robert-Bosch-Krankenhaus Stuttgart, Stuttgart, Deutschland

⁸ Klinik für Kardiologie, Pneumologie und Angiologie, Universitätsklinikum Düsseldorf, Düsseldorf, Deutschland

⁹ Charité Campus Buch, ECRC, Universitätsmedizin Berlin, Berlin, Deutschland

¹⁰ HELIOS-Klinikum, Berlin Buch, Deutschland

Passive kardiovaskuläre Implantate in der Magnetresonanztomographie

Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung zur Sicherheit der Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) ist mittlerweile ein in vielen medizinischen Bereichen wie der Neurologie oder Orthopädie, aber auch zunehmend der Kardiologie wesentliches diagnostisches Werkzeug. Gleichzeitig sind viele Patienten durch die Fortschritte im Bereich der interventionellen Kardiologie und Kardiochirurgie Träger passiver kardiovaskulärer Implantate wie Stents oder Herzklappen. Wenn bei Patienten mit solchen Implantaten eine MRT durchgeführt werden soll, entstehen im klinischen Alltag häufig Fragen nach der Sicherheit der betreffenden Implantate im MRT-Umfeld von und bei den durchführenden Radiologen oder Kardiologen. Diese Stellungnahme soll eine Hilfestellung für den Umgang mit den häufigsten passiven kardiovaskulären Implantaten bei einer geplanten MRT-Untersuchung geben. Der Umgang mit aktiven Implantaten wie Herzschritt-

machern wird in einer gesonderten Stellungnahme behandelt.

Durch das technisch-physikalische Prinzip der MRT sind im Hinblick auf kardiovaskuläre Implantate im Wesentlichen 3 für die Sicherheit von Patienten relevante Aspekte zu beachten [10]:

1. Das statische Magnetfeld des MR-Tomographen könnte zu einer Dislokation und/oder strukturellen Beschädigung eines ferromagnetischen Implantats führen.
2. Die für die Messung angelegten Hochfrequenzfelder könnten zu einer relevanten Erwärmung von Implantat und umliegendem Gewebe führen.
3. Durch die schnellen Veränderungen des Magnetfeldes durch die Gradientenschaltungen könnte es zur Induktion von Strömen in Implantaten kommen.

Neben diesen für die Patientensicherheit relevanten Aspekten führen viele Implantate zu Artefakten, die in sehr variablem Ausmaß Einfluss auf die Bildqualität haben (Beispiel in [Abb. 1](#)).

Bei der Einstufung der Sicherheit eines Objektes im MRT-Umfeld wird international einheitlich derzeit die Nomenklatur der American Society for Testing and Materials (ASTM) verwendet (www.astm.org; www.fda.gov). Hierbei wird ein Objekt abhängig von einem standardisierten Testverfahren einer der 3 Kategorien „MR Safe“, „MR Conditional“ oder „MR Unsafe“ zugeordnet ([Abb. 2](#)). Besonderer Beachtung bedürfen Objekte, die als „MR Conditional“ klassifiziert wurden. Die sichere Durchführung von MRT-Untersuchun-

Dieser Kommentar wurde koordiniert von M. Kelm für die Kommission für Klinische Kardiologie der DGK.

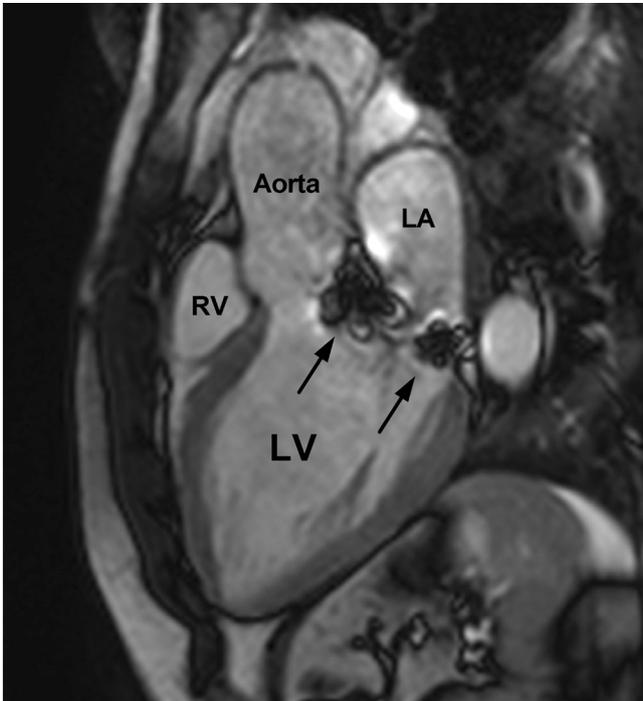


Abb. 1 ▲ Beispiel Artefakte durch Mitralklappenanuloplastierung. Beispiel von typischen Artefakten (Pfeile) bei einer Cine-MRT-Untersuchung im Dreikammerblick mittels einer Steady-State-Free-Precession (SSFP)-Sequenz bei einem Patienten nach operativer Mitralklappenrekonstruktion mittels eines als „MR Conditional“ klassifizierten, schwach ferromagnetischen Anuloplastierendes (Carpentier-Edwards Physio II, Edwards Lifesciences Corp, Irvine, CA). LA linkes Atrium, LV linker Ventrikel, RV rechter Ventrikel

gen bei Patienten mit solchen Implantaten ist an definierte Bedingungen betreffend die Feldstärke, die spezifische Absorptionsrate (SAR) und Stärke bzw. maximale zeitliche Änderung der Gradienten gebunden, welche z. B. unter www.mrisafety.com oder beim Hersteller des Implantates einsehbar sind. Sowohl diese Website als auch die Druckausgabe werden regelmäßig aktualisiert und sollten bei konkreten Fragen zurate gezogen werden. Auf eine Liste aller getesteten passiven Implantate wird daher in dieser Stellungnahme bewusst verzichtet. Diese Stellungnahme bezieht sich auf Untersuchungen an klinisch zugelassenen MRT-Scannern und ist nicht ohne Weiteres auf experimentelle Systeme übertragbar.

Stents in Koronararterien, peripheren Gefäßen und Aorta

Überblick

Die derzeit am Markt befindlichen koronaren und peripher-vaskulären Stents

bestehen mehrheitlich aus nicht oder schwach ferromagnetischen Materialien, überwiegend aus Stahllegierungen und Nitinol, seltener Platin, Kobaltlegierungen, Gold, Tantal oder MP35N [25]. In einer Ex-vivo-Studie waren 17 von 19 unterschiedlichen koronaren Stents in einem 1,5-Tesla-MRT nur schwach, die übrigen beiden nicht ferromagnetisch [9]. Dieses Ergebnis wird von weiteren Ex-vivo-Studien und tierexperimentellen Daten unterstützt [5, 23, 29]. Ähnliche Ergebnisse werden auch für peripher-vaskuläre Stents berichtet mit der Ausnahme des iliakalen Zenith-Stents (Cook Medical), der bei 3,0 Tesla relevante ferromagnetische Eigenschaften aufwies [10, 11, 31]. Für Interventionen an den Karotiden werden in der Regel Nitinolstents, die ebenfalls nicht oder schwach ferromagnetisch sind, verwendet. Weiterhin werden Stents bei der Implantation mit hohem Druck in die Gefäßwand gepresst. Hierdurch wird unmittelbar eine Verankerung im Gefäß erreicht, die vor einer Bewegung des

MR Safe	Objekte, die aufgrund ihrer Eigenschaften (nicht leitend, nicht metallisch, nicht magnetisch) kein bekanntes Risiko im MRT-Umfeld darstellen.	
MR Conditional	Objekte, die <u>unter definierten Bedingungen</u> kein bekanntes Risiko im MRT-Umfeld darstellen. Die Bedingungen betreffen in erster Linie die Feldstärke, die spezifische Absorptionsrate (SAR) und die Stärke bzw. maximale zeitliche Änderung der Gradienten.	
MR Unsafe	Objekte, die aufgrund ihrer (ferromagnetischen) Eigenschaften ein Risiko im MRT-Umfeld darstellen.	

Abb. 2 ▲ American Society for Testing and Materials (ASTM)-Nomenklatur (modifiziert nach F2503-13). Reprinted, with permission, ASTM F2503-13 Standard Practice for Marking Medical Devices and Other Items for Safety in the Magnetic Resonance Environment, copyright ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, West Conshohocken, PA 19428. A copy of the complete standard may be obtained from ASTM International, www.astm.org

Stents durch elektromagnetische Kräfte schützt. Das in den ersten Wochen nach Implantation einsetzende Einwachsen von Gewebe in die Stentmaschen und die Endothelialisierung der Stentoberfläche im Sinne einer Einheilung des Fremdkörpers führen zu einer weiteren Fixierung des Stents in der Gefäßwand [10]. Es besteht eine klare Datenlage zur Sicherheit eines MRTs bei chronisch implantierten unbeschichteten Koronarstents. In keiner der zu dieser Fragestellung durchgeführten Studien wurden Stentdislokationen oder vermehrte kardiovaskuläre Ereignisse wie akute oder subakute Stentthrombosen nachgewiesen [22, 32]. Diese Aussage gilt prinzipiell auch für MRT-Untersuchungen bei 3 Tesla [24]. Mehrere Studien haben gezeigt, dass eine MRT-Untersuchung auch kurzfristig nach koronarer Stentimplantation, also noch vor der kompletten Einheilung in die Gefäßwand, sicher durchgeführt werden kann [6, 16, 21]. Allerdings wurde kürzlich ein Fallbericht publiziert, der eine komplette Stentdislokation eines im linkskoronaren Hauptstamm implantierten 3,5 × 8 mm Cypher-Stents (Johnson & Johnson/Cordis) im Zusammenhang mit einer 14 Tage nach Stentimplantation durchgeführten MRT-Untersuchung des Kopfes bei 1,5 Tesla beschreibt [13]. Dieser Bericht ist insofern bemerkenswert, als Ex-vivo-Studien für die gängigen medikamentenbeschichteten Stents inklusive des verwendeten

Cypher-Stents auch bei 3 Tesla keine relevanten ferromagnetischen Eigenschaften gezeigt haben, die mit einem Risiko für eine Stentmigration einhergehen sollten (www.mrisafety.com). Auch wenn dieser umstrittene Bericht im Widerspruch zur bisherigen Literatur steht und auch andere Ursachen wie ein unzureichender Stentdiameter für die Dislokation verantwortlich gewesen sein könnten, raten die Autoren zu einer strengen Indikationsstellung für die Durchführung von MRT-Untersuchungen in den ersten Wochen, insbesondere nach ostialer Stentimplantation. Während der MRT-Durchführung kommt es zu einer geringfügigen Erwärmung im Stentbereich, die mit maximal 1 °C in einem isolierten Stent und mit maximal 2 °C im Überlappungsbereich von 2 Stents beschrieben ist. Diese ist für die Gefäßwand unbedeutend. Eine retrospektive klinische Studie zeigt keine signifikant erhöhte Rate kardiovaskulärer Ereignisse bei Patienten, bei denen ein Kardio-MRT im Median 3 Tage nach Implantation eines medikamentenbeschichteten Stents durchgeführt wurde [14].

Die Mehrzahl der Aortenstents ist nicht oder schwach ferromagnetisch [24]. Weiterhin wurden in der Literatur nach MRT-Untersuchungen bei Patienten mit solchen Aortenstents bislang keine unerwünschten Ereignisse berichtet [15, 35]. Der Zenith AAA Graft (Cook Medical) zeigte allerdings in Ex-vivo-Tests bereits bei Feldstärken von < 1,5 Tesla signifikante Auslenkungen und Torquierungen und wurde daher als „MR Unsafe“ bewertet [10]. Zusätzlich hierzu ist zu berücksichtigen, dass einige Aortenstents ausgeprägte Artefaktüberlagerung verursachen, die eine Bewertung des Lumens und des Umgebungsgewebes im Stentbereich erheblich erschweren [10, 34].

Empfehlung für die Praxis

Koronararterien und periphere Gefäße

MRT-Untersuchungen können bei allen als „MR Safe“ und „MR Conditional“ bewerteten, chronisch (> 6 Wochen) implantierten Koronarstents sicher durch-

Kardiologie 2015 · 9:303–309 DOI 10.1007/s12181-015-0014-8
 © Deutsche Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung e.V.
 Published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg
 – all rights reserved 2015

K. Müllerleile · C. Kolb · H. Rittger · K. Rybak · C. Tillmans · U. Wiegand · U. Sechtem · M. Kelm · J. Schulz-Menger

Passive kardiovaskuläre Implantate in der Magnetresonanztomographie. Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung zur Sicherheit der Magnetresonanztomographie

Zusammenfassung

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind MRT-Untersuchungen bei Patienten mit passiven kardiovaskulären Implantaten bis auf wenige Ausnahmen ohne Sicherheitsbedenken durchführbar. Es sind allerdings individuelle Einschränkungen hinsichtlich Feldstärke, maximaler spezifischer Absorptionsrate und Stärke bzw. maximaler zeitlicher Änderung der Gradienten zu beachten. Die Beachtung dieser Bedingungen obliegt der Ärztin/dem Arzt, welche/r die MRT-Untersuchung durchführt. Es sollte daher bei jedem Patienten rechtzeitig vor elektiven MRT-Untersuchungen der genaue Typ des Implantates identifiziert und auf MRT-Kompatibilität überprüft werden. Nur bei Notfallindikationen

für eine MRT-Untersuchung, wie z. B. der Schlaganfalldiagnostik, kann aufgrund der bei passiven Implantaten generell als niedrig einzuschätzenden Risiken auf eine Identifikation des Implantates verzichtet werden, um vital notwendige Diagnostik und Therapie nicht zu verzögern. Um die Patientensicherheit weiter zu verbessern und den Ablauf der MRT-Untersuchungen effizient zu halten, ist die stärkere Nutzung von Herzpässen wünschenswert.

Schlüsselwörter

Sicherheit · Herzpass · Feldstärke · Absorptionsrate · Notfall

Passive cardiovascular implants in magnetic resonance imaging. Statement of the German Cardiac Society on the safety of magnetic resonance imaging

Abstract

Based on current knowledge magnetic resonance imaging (MRI) scans can be performed without safety concerns in the vast majority of patients with passive cardiovascular implants; however, individual restrictions must be taken into account concerning static magnetic field strengths, specific absorption rates and gradient field strengths/maximum temporal change in gradient field strengths. Compliance with these conditions remains the responsibility of the performing physician; therefore, the exact model of the implant should be identified and checked for MRI compatibility in a timely manner in all patients who are scheduled

for elective MRI scans. Nevertheless, this step may be omitted in acute emergency situations, such as stroke, to avoid delays in urgent diagnostic and therapeutic procedures considering the generally low risk of MRI scans for patients with passive cardiovascular implants. A more widespread use of patient identification cards is desirable to further improve patient safety and to maintain an efficient workflow for MRI scans.

Keywords

Safety · Heart pass · Field strength · Absorption rate · Emergency

geführt werden. Das in dieser Stellungnahme verwendete Zeitintervall von 6 Wochen wurde aus einer entsprechenden Stellungnahme der American Heart Association (AHA) übernommen [10]. Es existieren jedoch keine relevanten Studien, welche die MRT-Tauglichkeit

von Koronarstents innerhalb dieses Zeitraumes infrage stellen würden. Auch in der Frühphase (≤ 6 Wochen) nach koronarer Stentimplantation ist somit eine MRT-Durchführung in Abwägung von Patientennutzen und individuellen Risiken (Feldstärke des MRTs, Typ und

Lokalisation des Stents) möglich. Bei Patienten mit nicht oder schwach ferromagnetischen peripheren Stents können MRT-Untersuchungen bei 1,5 Tesla jederzeit nach der Implantation durchgeführt werden. MRT-Untersuchungen bei 3,0 Tesla sollten in den ersten 6 Wochen nach peripherer Stentimplantation nur in individueller Nutzen-Risiko-Analyse erfolgen.

Aorta

Patienten mit nicht ferromagnetischen Stentgrafts können unmittelbar nach der Implantation bei ≤ 3 Tesla untersucht werden. Patienten mit schwach ferromagnetischen Stentgrafts sollten nur bei klarer klinischer Indikation innerhalb der ersten 6 Wochen mit MRT untersucht werden, hiernach ist eine MRT-Untersuchung generell als sicher einzuschätzen. Bei Patienten mit dem Zenith AAA Stentgraft (Cook Medical), Endologix AAA Stentgraft (Endologix) oder Lifepath AAA Stentgraft (Edwards Lifescience Corp.) wird aufgrund der Artefaktbildung eine MRT-Untersuchung im Stentbereich nicht empfohlen, da bei der Herstellung dieser Stents L316-Edelstahl verwendet wurde.

Herzklappenersatz/-rekonstruktion

Überblick

Neben den klassischen, chirurgisch implantierten mechanischen oder biologischen Klappenprothesen und chirurgischen Verfahren zur Klappenrekonstruktionen (z. B. Annuloplastieringe) werden mittlerweile zunehmend interventionelle, katheterbasierte Verfahren zu Klappenersatz und -rekonstruktion wie die Transkatheter-Aortenklappenimplantation (TAVI) oder MitraClip® eingesetzt [12, 33].

Bei den mechanischen Klappenprothesen werden derzeit fast ausschließlich zweiflügelige Prothesen neu implantiert, es finden sich jedoch weiterhin auch Patienten mit implantierten älteren Modellen wie einflügeligen Klappen oder auch den historischen Kugelkäfigprothesen. Mechanische Klappenprothesen können ferromagnetisches Material

enthalten, die Klappenbestandteile mit Blutkontakt bestehen typischerweise aus pyrolysiertem Kohlenstoff [7, 10, 36]. Einige biologische Klappenprothesen und Annuloplastieringe enthalten ebenfalls meist geringe ferromagnetische Bestandteile [10]. Metallbestandteile der bisher getesteten Klappenprothesen führen zu unterschiedlich ausgeprägten Artefakten im MRT (■ **Abb. 1**), die Interaktion mit dem statischen Magnetfeld ist jedoch so gering, dass sie nicht für eine Dislokation oder strukturelle Beschädigung der Klappenprothesen ausreicht [3, 4, 8, 10, 17–20, 24, 26, 28, 36]. Auch eine relevante Erhitzung konnte bisher in keinem Fall nachgewiesen werden [8, 10, 18, 28]. Eine Klappendysfunktion durch den sog. Lenz-Effekt, der auf einer Bewegung ferromagnetischen Materials durch das statische Magnetfeld wie z. B. einer Klappenprothese durch die Herzaktion beruht, ist in vivo bisher nicht nachweisbar gewesen, könnte jedoch theoretisch bei sehr hohen Feldstärken relevant werden [1, 2, 10]. Bei den bisher getesteten TAVI-Klappenprothesen und dem MitraClip® konnten ebenfalls keine relevanten Magnetfeldinteraktionen oder eine relevante Erhitzung nachgewiesen werden (www.mrisafety.com). Alle bisher getesteten mechanischen und biologischen Klappenprothesen, Annuloplastieringe, TAVI-Klappenprothesen, interventionelle Pulmonalklappenprothesen (Melody® Transcatheter Pulmonary Valve, Medtronic) und der MitraClip® (Abbott Vascular) wurden daher entsprechend der gültigen Nomenklatur als „MR Safe“ oder „MR Conditional“ eingestuft (www.mrisafety.com).

Es ist zu betonen, dass sich insbesondere der interventionelle Klappenbereich dynamisch entwickelt und sich ständig neue Systeme in klinisch-wissenschaftlicher Erprobung befinden, die einer gesonderten Evaluation hinsichtlich ihrer Sicherheit im MRT-Umfeld bedürfen. Neben den oben aufgeführten Implantaten im engeren Sinne sind zudem bei allen kardiochirurgischen Eingriffen auch kurzzeitig (z. B. passagere Schrittmacherelektroden) oder dauerhaft (z. B. Sternalcerclagen) im Körper verbleibende andere Fremdkörper hinsichtlich ihrer Sicherheit im MRT-Umfeld zu

berücksichtigen. Sternalcerclagen verursachen Artefakte, stellen aber keine sicherheitsrelevante Einschränkung dar.

Empfehlung für die Praxis

Aufgrund der derzeitigen Datenlage können MRT-Untersuchungen bei Patienten nach Implantation von mechanischen und oder biologischen Klappenprothesen, Annuloplastierungen, TAVI-Klappenprothesen, interventionellen Pulmonalklappenprothesen (Melody® Transcatheter Pulmonary Valve, Medtronic) und MitraClips® (Abbott Vascular) bei 1,5 Tesla ohne Sicherheitsbedenken durchgeführt werden. Dies gilt ebenfalls für Untersuchungen bei 3 Tesla, sofern die MRT-Kompatibilität des Klappenimplantats bei dieser Feldstärke getestet wurde, dies muss jedoch im Einzelfall geprüft werden (www.mrisafety.com). Für einige Implantate sind die Einschränkungen bezüglich spezifischer Absorptionsrate und Gradienten zu beachten (www.mrisafety.com). Diesbezüglich und aufgrund der häufigen Neuentwicklungen im Bereich der interventionell implantierten Klappen sollte daher bei jedem Patienten mit Klappenimplantat im Vorfeld einer elektiven MRT-Untersuchung der genaue Typ des Implantates identifiziert und auf MRT-Kompatibilität (www.mrisafety.com) überprüft werden. Nur bei Notfallindikationen für eine MRT-Untersuchung, wie z. B. der Schlaganfalldiagnostik, kann aufgrund der fehlenden Hinweise für relevante Risiken bei den bisher getesteten Klappentypen auf eine Identifikation des Implantates verzichtet werden, um vital notwendige Diagnostik und konsekutive Therapie nicht zu verzögern. Besonderer Vorsicht bedürfen generell MRT-Untersuchungen in der frühen postoperativen Phase nach allen Herzklappeneingriffen, da bei diesen Patienten häufig Fremdkörper wie passagere Schrittmacherelektroden einliegen.

Occluder

Überblick

Neben der klassischen Methode des operativen Verschlusses von Septumde-

Defekten hat sich seit den 1990er-Jahren der interventionelle Verschluss dieser Defekte zunehmend durchgesetzt. Das betrifft nicht nur Defekte von Scheidewänden, sondern auch paravalvuläre Leckagen nach Klappenersatz. Zunehmend häufiger werden Vorhofohrverschlussysteme zur Thrombembolieprophylaxe eingesetzt. Bei steigender Anzahl verfügbarer Systeme und einer sprunghaften Zunahme magnetresonanz (MR)-tomographischer Untersuchungen ist die MR-Tauglichkeit solcher Devices von erheblicher Bedeutung (www.mrisafety.com). Diese bestehen in der Regel aus Nitinol, Titan oder Titanlegierungen, z. B. MP35N (Nickel-Kobalt-Chrom-Molybdän-Legierung) sowie aus 316L und 304 V Edstahllegierungen [10]. Occluder, die auf Edstahlbasis hergestellt sind, wurden als schwach ferromagnetisch, diejenigen aus MP35N als nicht ferromagnetisch bei 1,5 bzw. 3 Tesla beschrieben [24, 27, 30]. Die am häufigsten verwendeten Occluder bestehen aus einem Nitinoldrahtgeflecht, teilweise auch aus einem korkenzieherartig gefertigten Nitinoldraht, der eine Membran aus diversen Materialien trägt. Von Bedeutung für die MRT-Sicherheit dieser Devices ist die während der Untersuchung auftretende Temperaturerhöhung, die für die unterschiedlichen Systeme zwischen 0,1 und 1,6 °C angegeben wird [25]. Die MR-Bildqualität kann beeinträchtigt werden, wenn das Untersuchungsgebiet mit der Position des Implantats übereinstimmt oder sich in dessen unmittelbarer Nähe befindet.

Empfehlung für die Praxis

In Anbetracht der Vielfalt der Occluder sollte bei jedem Patienten im Vorfeld einer elektiven MRT-Untersuchung der genaue Typ des Occluders identifiziert und auf MRT-Kompatibilität (www.mrisafety.com) überprüft werden. Aufgrund der derzeitigen Datenlage können MRT-Untersuchungen bei Patienten mit implantierten kardialen Occludern auch bei 3,0 Tesla durchgeführt werden, sofern die MRT-Kompatibilität des Occluders bei dieser Feldstärke getestet wurde. Bei schwach ferromagnetischen Occludern sollte die Durchführung ei-

ner MRT-Untersuchung, insbesondere innerhalb der ersten 6 Wochen nach Implantation im Einzelfall geprüft werden (www.mrisafety.com). Generell sollte nach der Implantation von kardialen Occludern nur bei einer Notfallindikation für eine MRT-Untersuchung, wie z. B. einer akuten Schlaganfalldiagnostik, auf eine Identifikation des Implantates verzichtet werden.

Vorgehen bei ambulanten Patienten

Das Vorgehen bei der Durchführung einer MRT bei ambulanten Patienten mit passiven kardiovaskulären Implantaten unterscheidet sich grundsätzlich nicht vom Procedere im stationären Sektor. Die ambulante Durchführung einer MRT ist bei diesen Patienten in der Regel unproblematisch. Es handelt sich im ambulanten Bereich überwiegend um elektive Untersuchungen, Notfälle werden eher die Ausnahme darstellen. Allerdings stellen ein inhomogenes Patientenkontingent aus dem hausärztlichen Sektor und den unterschiedlichsten fachärztlichen Bereichen sowie eine limitierte Kenntnis der Anamnese eine Herausforderung dar. Problematisch gestaltet sich nicht selten die Unkenntnis der Patienten bezüglich des implantierten Devices und häufig auch die des zuweisenden Arztes bezüglich spezifischer Details des betreffenden Systems. Die Zeit, die zur Beschaffung dieser Informationen benötigt wird, ist häufig limitiert. Dies kann dazu führen, dass eine Untersuchung auf einen anderen Zeitpunkt verlegt werden muss. Hilfreich ist in diesem Zusammenhang die im letzten Jahr erfolgte Einführung von speziellen „Herzklappenpässen“ der DGK, welche neben der genauen Typenbeschreibung des implantierten Systems, dem Implantationsdatum und der implantierenden Klinik auch detaillierte Angaben zu echokardiographischen Parametern, die zu den Kontrolluntersuchungen erhoben wurden, sowie Hinweise zur Endokarditisprophylaxe beinhalten. Hier ist ggf. auch Raum für Einträge bezüglich implantierter Occluder. Diese Herzpässe sind über die Deutsche Herzstiftung zu beziehen (www.herzstiftung.de). Die

kardiologischen Praxen sind dazu übergegangen, jedem „Klappenpatienten“, auch den noch nicht operierten, einen derartigen Ausweis auszuhändigen. Ein ähnliches Konzept wurde bereits vor Jahren mit dem „Stentausweis“ verfolgt (www.herzstiftung.de). Es ist davon auszugehen, dass die MRT in den nächsten Jahren weiter an Bedeutung gewinnen wird. Umso wichtiger ist daher die effiziente Aufklärung der betreffenden Patienten über die Bedeutung einer auch im Notfall verfügbaren Information bezüglich des implantierten Systems. Suffiziente Kooperationsstrukturen zwischen Radiologen und Kardiologen sind Voraussetzung für eine optimale Patientenversorgung und vermeiden, dass dem Patienten MRT-Untersuchungen ungerechtfertigt vorenthalten werden.

Zusammenfassung und Schlussfolgerung für die Praxis

Im Vergleich zur Problematik bei aktiven Implantaten erscheint die Durchführung von MRT-Untersuchungen nach derzeitigem Kenntnisstand bei passiven kardiovaskulären Implantaten bis auf wenige Ausnahmen ohne Sicherheitsbedenken durchführbar. Es sind allerdings individuell die Einschränkungen hinsichtlich Feldstärke, maximaler spezifischer Absorptionsrate (SAR) und Stärke bzw. maximaler zeitlicher Änderung der Gradienten zu beachten (www.mrisafety.com). Dies obliegt der Ärztin/dem Arzt, welche/r die MRT-Untersuchung durchführt. Aus diesem Grund und aufgrund der häufigen Neuentwicklungen sollte daher bei jedem Patienten mit passivem kardiovaskulärem Implantat im Vorfeld einer elektiven MRT-Untersuchung der genaue Typ des Implantates identifiziert und auf MRT-Kompatibilität (www.mrisafety.com) überprüft werden. Dies gilt insbesondere für die Durchführung von MRT-Untersuchungen in der Frühphase (innerhalb von 6 Wochen) nach der Implantation. Allerdings stellt die in dieser Stellungnahme verwendete Definition dieses Zeitraumes mit 6 Wochen eine Vereinfachung dar und beruht lediglich auf theoretischen Überlegungen zur „Einheilung“ von Fremdkörpern im Gewebe

[10]. Nach individueller Risiko-Nutzen-Abwägung, unter Berücksichtigung des Fabrikates und bei Patienten mit implantierten Stents der Lokalisation und Länge des versorgten Gefäßes können auch in diesem Zeitraum MRT-Untersuchungen sicher durchgeführt werden [10]. Nur bei Notfallindikationen für eine MRT-Untersuchung, wie z. B. der Schlaganfalldiagnostik, kann aufgrund der bei passiven Implantaten generell als niedrig einzuschätzenden Risiken auf eine Identifikation des Implantates verzichtet werden, um vital notwendige Diagnostik und Therapie nicht zu verzögern. Um die Patientensicherheit weiter zu verbessern und den Ablauf der MRT-Untersuchungen effizient zu halten, ist gerade für den ambulanten Bereich die stärkere Nutzung von Herzpässen wünschenswert (www.herzstiftung.de).

Korrespondenzadresse

PD Dr. K. Müllerleile

Klinik für Allgemeine und Interventionelle Kardiologie, Universitäres Herzzentrum Hamburg gGmbH
Martinistr. 52, 20246 Hamburg, Deutschland
kamuellerleile@uke.de

Interessenkonflikt. Den Interessenkonflikt der Autoren finden Sie online auf der DGK-Homepage unter <http://leitlinien.dgk.org/> bei der entsprechenden Publikation.

Literatur

- Condon B, Hadley DM (2000) Potential MR hazard to patients with metallic heart valves: the Lenz effect. *J Magn Reson Imaging* 12:171–176
- Edwards MB, Mclean J, Solomonidis S et al (2015) In vitro assessment of the Lenz effect on heart valve prostheses at 1.5 T. *J Magn Reson Imaging* 41:74–82
- Edwards MB, Ordidge RJ, Hand JW et al (2005) Assessment of magnetic field (4.7 T) induced forces on prosthetic heart valves and annuloplasty rings. *J Magn Reson Imaging* 22:311–317
- Edwards MB, Ordidge RJ, Thomas DL et al (2002) Translational and rotational forces on heart valve prostheses subjected ex vivo to a 4.7-T MR system. *J Magn Reson Imaging* 16:653–659
- Friedrich MG, Strohm O, Kivelitz D et al (1999) Behaviour of implantable coronary stents during magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Interv* 2:217–222
- Gerber TC, Fasseas P, Lennon RJ et al (2003) Clinical safety of magnetic resonance imaging early after coronary artery stent placement. *J Am Coll Cardiol* 42:1295–1298
- Gott VL, Alejo DE, Cameron DE (2003) Mechanical heart valves: 50 years of evolution. *Ann Thorac Surg* 76:52230–52239
- Hassler M, Le Bas JF, Wolf JE et al (1986) Effects of the magnetic field in magnetic resonance imaging on 15 tested cardiac valve prostheses. *J Radiol* 67:661–666
- Hug J, Nagel E, Bornstedt A et al (2000) Coronary arterial stents: safety and artifacts during MR imaging. *Radiology* 216:781–787
- Levine GN, Gomes AS, Arai AE et al (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* 116:2878–2891
- Nehra A, Moran CJ, Cross DT 3rd et al (2004) MR safety and imaging of neuroform stents at 3T. *AJNR Am J Neuroradiol* 25:1476–1478
- Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO et al (2014) 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation* 129:e521–e643
- Parthasarathy H, Saeed O, Marcuzzi D et al (2013) MRI-induced stent dislodgment soon after left main coronary artery stenting. *Circ Cardiovasc Interv* 6:e58–e59
- Patel MR, Albert TS, Kandzari DE et al (2006) Acute myocardial infarction: safety of cardiac MRI imaging after percutaneous revascularization with stents. *Radiology* 240:674–680
- Pitton MB, Schweitzer H, Herber S et al (2005) MRI versus helical CT for endoleak detection after endovascular aneurysm repair. *AJR Am J Roentgenol* 185:1275–1281
- Porto I, Selvanayagam J, Ashar V et al (2005) Safety of magnetic resonance imaging one to three days after bare metal and drug-eluting stent implantation. *Am J Cardiol* 96:366–368
- Prasad SK, Pennell DJ (2004) Safety of cardiovascular magnetic resonance in patients with cardiovascular implants and devices. *Heart* 90:1241–1244
- Pruefer D, Kalden P, Schreiber W et al (2001) In vitro investigation of prosthetic heart valves in magnetic resonance imaging: evaluation of potential hazards. *J Heart Valve Dis* 10:410–414
- Randall PA, Kohman LJ, Scalzetti EM et al (1988) Magnetic resonance imaging of prosthetic cardiac valves in vitro and in vivo. *Am J Cardiol* 62:973–976
- Robertson NM, Diaz-Gomez M, Condon B (2000) Estimation of torque on mechanical heart valves due to magnetic resonance imaging including an estimation of the significance of the Lenz effect using a computational model. *Phys Med Biol* 45:3793–3807
- Rutledge JM, Vick GW 3rd, Mullins CE et al (2001) Safety of magnetic resonance imaging immediately following Palmaz stent implant: a report of three cases. *Catheter Cardiovasc Interv* 53:519–523
- Schroeder AP, Houliand K, Pedersen EM et al (2000) Magnetic resonance imaging seems safe in patients with intracoronary stents. *J Cardiovasc Magn Reson* 2:43–49
- Scott NA, Pettigrew RI (1994) Absence of movement of coronary stents after placement in a magnetic resonance imaging field. *Am J Cardiol* 73:900–901
- Shellock FG (2002) Biomedical implants and devices: assessment of magnetic field interactions with a 3.0-Tesla MR system. *J Magn Reson Imaging* 16:721–732
- Shellock FG (Hrsg) (2014) MRI bioeffects, safety, and patient management. Biomedical Research Publishing Group, Los Angeles, CA
- Shellock FG (2001) Prosthetic heart valves and annuloplasty rings: assessment of magnetic field interactions, heating, and artifacts at 1.5 Tesla. *J Cardiovasc Magn Reson* 3:317–324
- Shellock FG, Morisoli SM (1994) Ex vivo evaluation of ferromagnetism and artifacts of cardiac occluders exposed to a 1.5-T MR system. *J Magn Reson Imaging* 4:213–215
- Shellock FG, Morisoli SM (1994) Ex vivo evaluation of ferromagnetism, heating, and artifacts produced by heart valve prostheses exposed to a 1.5-T MR system. *J Magn Reson Imaging* 4:756–758
- Shellock FG, Shellock VJ (1999) Metallic stents: evaluation of MR imaging safety. *AJR Am J Roentgenol* 173:543–547
- Shellock FG, Valencerina S (2005) Septal repair implants: evaluation of magnetic resonance imaging safety at 3 T. *Magn Resonance Imaging* 23:1021–1025
- Sommer T, Maintz D, Schmiedel A et al (2004) High field MR imaging: magnetic field interactions of aneurysm clips, coronary artery stents and iliac artery stents with a 3.0 Tesla MR system. *RoFo* 176:731–738
- Syed MA, Carlson K, Murphy M et al (2006) Long-term safety of cardiac magnetic resonance imaging performed in the first few days after bare-metal stent implantation. *J Magn Reson Imaging* 24:1056–1061
- Vahanian A, Alfleri O, Andreotti F et al (2012) Guidelines on the management of valvular heart disease (version 2012). *Eur Heart J* 33:2451–2496
- Van Der Laan MJ, Bartels LW, Bakker CJ et al (2004) Suitability of 7 aortic stent-graft models for MRI-based surveillance. *J Endovasc Ther* 11:366–371
- Van Der Laan MJ, Bartels LW, Viergever MA et al (2006) Computed tomography versus magnetic resonance imaging of endoleaks after EVAR. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 32:361–365
- Walsh EG, Brott BC, Johnson VY et al (2008) Assessment of passive cardiovascular implant devices for MRI compatibility. *Technol Health Care* 16:233–245