

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Magnetresonananz in der Diagnostik kardialer Erkrankungen

Frank H

*Journal für Kardiologie - Austrian
Journal of Cardiology 2013; 20
(3-4), 61-67*

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstaltungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Magnetresonanz in der Diagnostik kardialer Erkrankungen

H. Frank

Kurzfassung: Die kardiale Magnetresonanz (CMR) gehört zu den wichtigsten nicht-invasiven Diagnostiktechniken in der Kardiologie und erlaubt eine Beurteilung der gesamten Morphologie, der Volumina und Funktion, der myokardialen Perfusion in Ruhe und unter Stress, der Vitalität und eine Differenzierung von Gewebe. Die derzeit häufigsten Indikation für die CMR sind der Ischämie- und Vitalitätsnachweis sowie die Myokarditisdiagnostik unter Verwendung des „late gadolinium enhancements“.

Schlüsselwörter: kardiale Magnetresonanz, Herzerkrankungen, Myokardischämie, Myokarditis, late gadolinium enhancement

Abstract: Magnetic Resonance Imaging in Diagnosing Cardiac Diseases. Cardiac Magnetic Resonance (CMR) is one of the most important noninvasive cardiac imaging techniques, which allows an assessment of cardiac morphology, volumina and function, the myocardial per-

fusion during rest and stress, viability and the differentiation of tissue. The assessment of ischemic myocardium and myocardial scar as well as the diagnosis of myocarditis using late gadolinium enhancement are frequently used indications for CMR. **J Kardiologie 2013; 20 (3–4): 61–7.**

Key words: cardiac magnetic resonance, heart diseases, ischemic myocardium, myocarditis, late gadolinium enhancement

Abkürzungen:	CMR:	cardiovascular magnetic resonance	T2:	T2-gewichtete Sequenzen
	SI:	Signalintensität	CMP:	Kardiomyopathie
	SPECT:	single photon emission computed tomography	DD:	Differentialdiagnose
	LGE:	late gadolinium enhancement	LV:	linker Ventrikel
	SE:	Spinechosequenzen	RV:	rechter Ventrikel
	GRE:	Gradientenechosequenz	ARVD:	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Dysplasie
	T1:	T1-gewichtete Sequenzen	Gd-DTPA:	Gadolinium DTPA (MR-Kontrastmittel)

■ Einleitung

Das Indikationsgebiet für die kardiale Magnetresonanz (CMR) hat sich in den vergangenen 5 Jahren deutlich geändert und die morphologischen Fragestellungen durch gewebs- und perfusionspezifische abgelöst. Laut Daten aus dem EuroCMR Registry [1] wird die CMR in 3/4 der Fälle in der KHK-Diagnostik und bei Myokarditis eingesetzt. Dieser Artikel soll einen Überblick über die derzeit bestehenden Indikationen der CMR in der Kardiologie geben (Tab. 1).

■ Kardiale Magnetresonanz (CMR) und KHK

Das Management der Koronaren Herzerkrankung (KHK) hat sich in den vergangenen 20 Jahren wesentlich verändert. Neben neuen Erkenntnissen in der Entstehung und Therapie der Atherosklerose, des akuten Koronarsyndroms, der myokardialen Mikrozirkulation und der koronaren Flussreserve sind vor allem die Aspekte des Myokards als Endorgan (regionale Funktion/Perfusion/Vitalität) in den Vordergrund getreten.

Die Prognose der Koronaren Herzerkrankung ist abhängig von der Präsenz und dem Ausmaß einer Ischämie und dem der Arrhythmien. Arrhythmien entstehen aufgrund der Ischämie und/oder dem zusätzlichen Vorhandensein von Myokardnarben in der Grenzzone eines Myokardinfarktes. Die Ergeb-

nisse der COURAGE-Studie haben bestätigt, dass die Kenntnis über das Ausmaß einer Ischämie wichtig und entscheidend zwischen Revaskularisierung und konservativem, medikamentösem Vorgehen ist. Gerade bei Patienten mit mittlerer Vortestwahrscheinlichkeit einer KHK ist ein „Ischämie-Imaging“ zusätzlich zur nicht-invasiven Risikostratifizierung unumgänglich. Verschiedene bildgebende Verfahren wie Echokardiographie, SPECT oder CMR in Kombination mit Stressoren (Fahrradtest, Dobutamin, Vasodilatoren) können hierzu verwendet werden.

Durch die rasche Entwicklung der CMR insbesondere hinsichtlich ultraschneller Untersuchungstechniken ergeben sich für diese inzwischen breit etablierte Technik wesentliche Aspekte für eine nicht-invasive Diagnostik der KHK:

1. Quantifizierung der regionalen Myokardperfusion in Ruhe und unter Stress unter Verwendung von MR-Kontrastmittel und
2. Beurteilung von Myokardnarben mittels „late enhancement“ sowie die der Myokardvitalität mittels Dobutamin-Stress.

■ Quantifizierung der regionalen Myokardischämie

Die CMR bietet 2 unterschiedliche Zugänge für die Diagnose der Myokardischämie: First-pass-kontrastverstärkte Myokardperfusion während Vasodilatator-Stress und die Beurteilung einer Wandbewegungsstörung während inotropem Stress. Die diagnostische Gesamtaussage der beiden Methoden ist ähnlich, die Wahl zwischen diesen beiden Methoden hängt von lokalen Präferenzen, Kontrastunverträglichkeit

Eingelangt und angenommen am 20. November 2012.

Aus der Abteilung für Innere Medizin, Landesklinikum Tulln

Korrespondenzadresse: Prim. Univ.-Prof. Dr. Herbert Frank, Abteilung für Innere Medizin, Landesklinikum Tulln, A-3430 Tulln, Alter Ziegelweg 10;

E-Mail: herbert.frank@meduniwien.ac.at

Tabelle 1: Indikation der Herz-Magnetresonananz. Mod. nach [2].

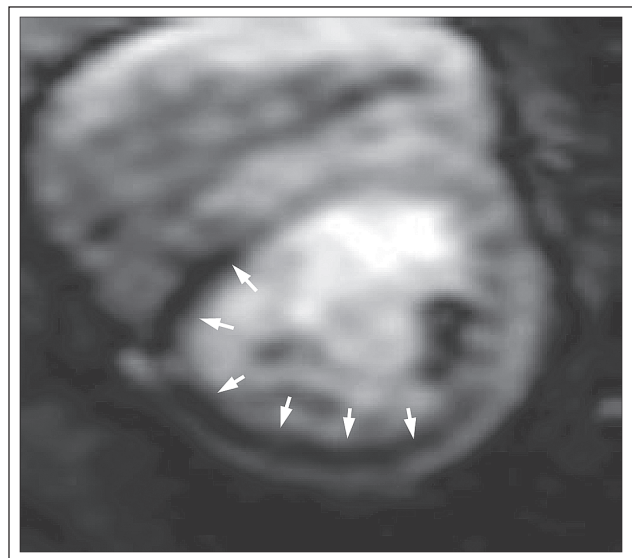
CMR-Fragestellung	I1	I2	I3
KHK			
– Stabile Angina pectoris (Erstdiagnose)		X	
– NSTEMI		X	
– STEMI			X
– Instabile Angina			X
– Ischämiediagnostik bei bek. KHK (Adenosin)		X	
– Ischämiediagnostik bei bek. KHK (Dobutamin)		X	
– St. p. PCI – Ischämiediagnostik	X		
– St. p. ACBP – Ischämiediagnostik	X		
– Vitalitätsdiagnostik	X		
– Koronaranomalien		X	
Myokarditis	X		
CMP			
– Kardiale Sarkoidose	X		
– Kardiale Amyloidose	X		
– Kardiale Hämatochromatose	X		
– DD CMP oder Myokarditis	X		
– Hypertrophe CMP	X		
– Dilatative CMP	X		
– Restriktive CMP	X		
– Non-Compaction-CMP	X		
– ARVD	X		
– Tako-Tsubo-CMP	X		
– Löffler-Endokarditis	X		
– Nachweis anderer Myokarderkrankungen			X
Messung der LV- und RV-Funktion	X		
Darstellung von Narbengewebe vor CRT	X		
Aortenklappeninsuffizienz		X	
Mitralklappeninsuffizienz			X
Pulmonalklappeninsuffizienz	X		
Trikuspidalklappeninsuffizienz		X	
Perikarditis	X		
Pericarditis constrictiva		X	
St.p. Perikarderkrankung	X		
Kardiale Tumore – Diagnostik	X		
Kardiale Tumore – OP-Planung	X		
Ventrikeltromben	X		
Kongenitale Vitien			
– ASD		X	
– Lungenvenenfehleimündung	X		
– M. Ebstein		X	
– AV-Septumdefekt			X
– Ventrikelseptumaneurysma		X	
– VSD		X	
– Komplexe Vitien	X		
– St.p.-Therapie angeborener Vitien	X		
– Koronaranomalien/Vaskulitis		X	
– Anomalien der großen Gefäße		X	
Aortendissektion		X	
Pulmonalembolie			X

Bewertungsskala: I1 = Zuverlässig einsetzbar und anderen Verfahren überlegen; I2 = Diagnostische Genauigkeit vergleichbar mit anderen Verfahren; I3 = Einsatz technisch möglich und validiert, Indikation nur in Einzelfällen gegeben

oder der Kontraindikation zu einer Stressuntersuchung ab. In der Ischämiekaskade ist der Perfusionsdefekt der erste Hinweis einer Ischämie und führt in weiterer Folge zur Wandbewegungsstörung, sodass die Beurteilung der Perfusion eine höhere Sensitivität in der Diagnose der Myokardischämie aufweist (Tab. 2).

Tabelle 2: Absolute Kontraindikationen der MR-Untersuchung

- Herzschrittmacher
- ICD- und CRT-Systeme
- Epikardiale Drähte
- Neurostimulatoren
- Cochlear- und Okular-Implantate
- Starr-Edwards-Klappe
- Implantierte Infusionspumpen
- Swan-Ganz-Katheter
- Ferromagnetische Gefäßclips
- Metallische Fremdkörper


Abbildung 1: CMR-Perfusionsuntersuchung unter Adenosin-Stress mit Perfusionsdefekt der inferioren Hinterwand.

First-pass-MR-Myokardperfusion

Die CMR-first-pass-Myokardperfusion misst die erste Myokardpassage eines intravenös verabreichten T1-verkürzenden Kontrastmittels (Gd-DTPA). Um Myokardischämie darstellen zu können, wird CMR-Perfusionsimaging üblicherweise während Adenosin- oder Dipyridamol-Stress durchgeführt. Es ist wichtig zu wissen, dass diese Stressoren eine maximale Vasodilatation induzieren und die myokardiale Perfusionsreserve ausschöpfen. Ein Perfusionsdefekt in der First-pass-Perfusion-CMR repräsentiert daher einen Myokard mit verringerter Perfusionsreserve aufgrund einer Koronarstenose oder mikrovaskulärer Pathologie als indirektes Zeichen einer Ischämie (Abb. 1).

Eine 2007 durchgeführte Meta-Analyse bei CMR-Myokardperfusionsstudien fand im Vergleich zur konventionellen Koronarangiographie eine 91%ige Sensitivität und 81%-Spezifität in der Diagnostik der koronaren Herzerkrankung [3].

Eine im Jahr 2012 publizierte Meta-Analyse hinsichtlich des diagnostischen Stellenwertes einer CMR-Perfusion im Vergleich zu SPECT und PET bei Patienten mit koronarer Herzerkrankung zeigte für die CMR eine gepoolte Sensitivität von 89 % bei einer Spezifität von 76 % [4].

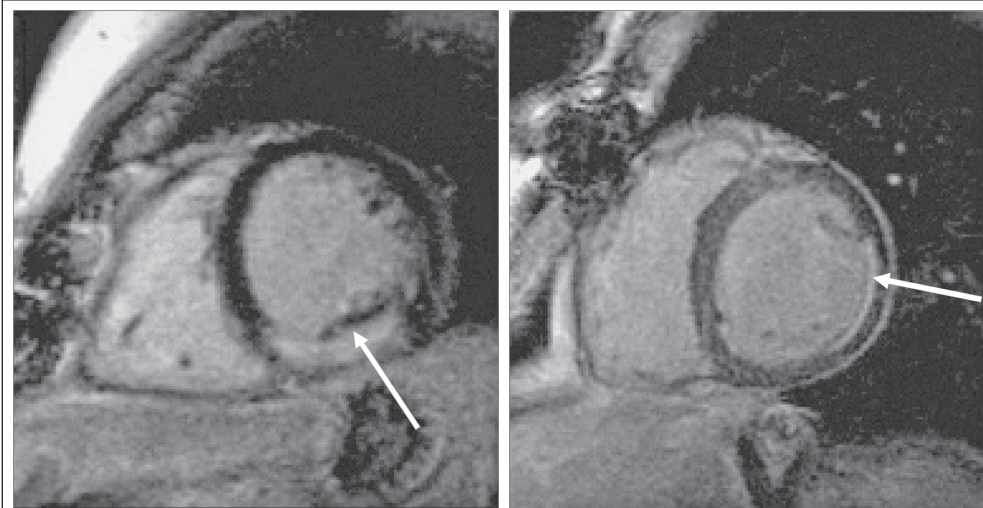


Abbildung 2: „Late enhancement“ (LGE-) Darstellung der Ausdehnung eines Myokardinfarkt narbe: Transmuraler Infarkt (links) ohne bestehender Vitalität in diesem Abschnitt, subendokardialer Infarkt (rechts) mit mehrheitlicher Vitalität.

CMR weist in der Abgrenzung der subendokardialen Perfusion eine exzellente räumliche Auflösung auf, die für eine vorliegende Ischämie viel sensitiver als der subepikardiale Bereich ist. Dies ist ein deutlicher Vorteil der CMR im Vergleich zu nuklearmedizinischen Perfusionsuntersuchungen.

Mehrere Einzelcenter-Studien und 2 große Multicenter-Studien (IMPACT I und II) untersuchten retrospektiv, aber auch prospektiv den diagnostischen Aussagewert der CMR-Myokardperfusion vs. SPECT. Aufgrund der viel besseren örtlichen und zeitlichen Auflösung war die Sensitivität der CMR signifikant höher im Vergleich zur SPECT, die Spezifität war geringer [5]. Diese Daten konnten durch die CEMARC-Studie, eine Einzelcenter-Studie, die neben der Ruhe- und Stress-CMR-Perfusion auch LV-Funktion, CMR-Koronarangiographie und LGE beinhaltete, bestätigt werden. Die Spezifität der CMR war in dieser Studie gleich mit der der SPECT-Untersuchung [6]. Insgesamt hat sich jedoch gezeigt, dass die CMR-Stress-Perfusion eine sichere Untersuchungsmethode ist und eine höhere Sensitivität in der KHK-Diagnostik aufweist als die SPECT-Untersuchung. Die MR-Perfusion ist im Vergleich zu SPECT eine strahlungsfreie Untersuchung. ^{99}Tc -SPECT weist eine Strahlenbelastung von 10–12 mSv und Thallium sogar von 18–20 mSv auf.

Einige Studien konnten darüber hinaus bestätigen, dass CMR-Perfusions-Untersuchungen auch zur Beurteilung des individuellen prognostischen Risikos herangezogen werden können. Die kumulative Ereignisrate innerhalb von 2 Jahren nach normaler CMR-Perfusion liegt bei 0,7 %, die somit ca. im gleichen Bereich mit der nach einer normalen SPECT-Untersuchung liegt [7].

Wandbewegungsstörungen unter Stress zur Diagnose der KHK

Die echokardiographische Beurteilung der linksventrikulären Wandbewegung während Stress ist eine gut etablierte Methode in der Diagnostik der myokardialen Ischämie. Einzig eine klare Darstellung und Beurteilung der Apexregion ist nicht immer gewährleistet. Die CMR ist in der gleichen Lage, stress-induzierte Wandbewegungsstörungen bei der KHK zu diagnostizieren. Mehrere Studien haben gezeigt, dass die Sensi-

vität der Dobutamin-Stress-CMR zwischen 81 % und 85 %, die der Spezifität zwischen 84 % und 86 % liegt. Ein direkter Vergleich von Dobutamin-Stress-Echokardiographie und Dobutamin-Stress-CMR wurde von Nagel et al. [8] durchgeführt und zeigte eine höhere Sensitivität und Spezifität in der CMR als in der Echokardiographie. In einer Sub-Analyse zeigten sich die Unterschiede in der diagnostischen Accuracy vor allem bei den Untersuchungen, bei denen die Bildqualität in der Echokardiographie schlecht war. Wie in der CMR-Perfusions-Untersuchung hat die Dobutamin-Stress-CMR die gleiche prognostische Risikostratifizierung. Die kumulative Ereignisrate innerhalb von 2 Jahren nach unauffälliger Dobutamin-Stress-CMR liegt bei 2,6 %, die damit ähnlich der 1–3 % jährlichen Ereignisrate nach normaler Dobutamin-Stress-Echokardiographie ist.

■ Beurteilung von Myokardnarben durch „late gadolinium enhancement“ (LGE)

Der Vorteil der CMR ist die Möglichkeit, nicht nur Funktion und Perfusion in Ruhe und während pharmakologischem Stress (Adenosin-Stress) zu beurteilen, sondern auch die Existenz einer Myokardnarbe nach 20 Minuten zu diagnostizieren. Die Kenntnis der Existenz und des Ausmaßes von Myokardnekrosen im „late enhancement“ der CMR beinhaltet enorme prognostische Information. Transmurale und subintimale Myokardnekrosen können unterschieden werden und erlauben dadurch eine Abschätzung des Ausmaßes der myokardialen Restvitalität und der zu erwartenden Verbesserung der regionalen Wandbewegung sowie der globalen Ventrikelfunktion nach Revaskularisierung (Abb. 2).

Das myokardiale „enhancement“ nach Gd-DTPA-Gabe findet man außer bei Myokardnekrosen auch bei der Myokarditis, der dilatativen und der hypertrophen Kardiomyopathie, mit jedoch einem unterschiedlichen Verteilungsmuster.

Im Vergleich zu den standardisierten nuklearmedizinischen Methoden zeigt die CMR eine hervorragende Bildauflösung sowie eine hohe diagnostische Sensitivität, sodass die CMR derzeit die Goldstandard-Methode zur Beurteilung von Myokardnarben (indirekte Myokardvitalität) ist.



Abbildung 3: Typisches LGE-Muster bei Myokarditis. Fleckförmiges intramyokardiales Signalenhancement nach Gd-DTPA bei Myokarditis (Pfeile). Perikarderguss als weiße Signallamelle deutlich erkennbar.

Durch eine gemeinsame Erfassung der Myokardperfusion, der Myokardvitalität und der Morphologie ist die CMR als nicht-invasives und strahlungsfreies Untersuchungsverfahren eine wesentliche und wichtige diagnostische Untersuchungsmethode in der Evaluierung der koronaren Herzerkrankung geworden [9].

Myokarditis

Die Myokarditis ist definiert als eine Entzündung des Myokards, die mit Ödem, Gefügedilatation und sekundärer Nekrose der Myozyten einhergeht. Die Myokarditis ist an sich sehr schwierig zu diagnostizieren und wurde bis dato nur aufgrund der Klinik und der unspezifischen EKG-Veränderungen mit oder ohne Enzymauslenkung suspekt. T2-gewichtete Sequenzen und vor allem das „late gadolinium (GD) enhancement“ (LGE) erlauben bei der CMR jedoch eine hohe Spezifität in der Diagnostik. In der akuten Phase der Myokarditis ist die T2-gewichtete Sequenz sehr hilfreich, da eine geringe Signalanhebung im betroffenen Myokardabschnitt gefunden werden kann. Auch eine regionale Myokardverdickung ist Ausdruck eines inflammatorischen Ödems. Das stets intramyokardial gelegene LGE ist diagnostisch für myokardiale Nekrosen im Rahmen der Myokarditis (Abb. 3). Aufgrund der Lokalisation des LGE kann in der CMR klar unterschieden werden, ob es sich um eine Myokardnarbe bei KHK, eine isolierte Myokarditis oder eine Perimyokarditis handelt. Sollte eine Myokardbiopsie notwendig sein, ist die Lokalisierung der Myokarditisabschnitte durch die CMR sehr wertvoll, da sie die Erfolgsquote im Erregernachweis signifikant erhöht.

CMR kann in der Myokarditisdiagnostik – ebenso wie bei der ischämischen Kardiomyopathie – auch prognostische Hinweise geben. So fanden sich bei einem Patientenkollektiv mit bioptisch verifizierter Myokarditis, dass ein diagnostiziertes LGE nicht nur eine höhere Mortalität im Vergleich zu Myokarditispatienten ohne LGE aufweist, sondern auch der beste unabhängige Prädiktor für die Mortalität ist [10].

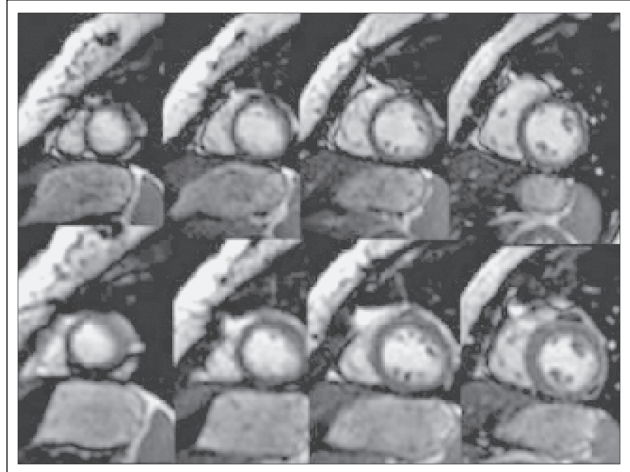


Abbildung 4: CINE-Sequenz in einer kurzen Achse. Abbildung beider Ventrikel in 10-mm-Schichten sowohl in endsystolischen als auch enddiastolischen (hier als Einzelfotos dargestellt) Herzphasen. Die CMR ermöglicht eine exakte Volumenbestimmung durch Endokardkonturierung aller Ventrikelschnitte in endsystolischen und -diastolischen Phasen (enddiastolisches und endsystolisches Volumen). Dadurch können links- und rechtsventrikuläres Schlagvolumen sowie die Auswurfraction (LVEF %, RVEF %) bestimmt werden.

Nicht-ischämische Kardiomyopathien

In der Beurteilung von Kardiomyopathien ist die CMR in mehrfacher Hinsicht hilfreich und liefert im Vergleich zu anderen nicht-invasiven Untersuchungstechniken mehrere Informationen:

1. Die links- und rechtsventrikuläre Funktion kann nicht nur in mehreren Ebenen beurteilt und global volumetrisch quantifiziert, sondern auch regional hinsichtlich Hypo-, Dys- und Akinesie zuverlässig bestimmt werden (Abb. 4).
2. Durch die hervorragende Gewebeabgrenzung kann das Myokard hinsichtlich Wanddicke, aber auch das Perikard sehr gut evaluiert werden. Dies ist vor allem in der Unterscheidung zwischen konstriktiver und restriktiver CMP sehr hilfreich. Ebenso wie die Ventrikelvolumina kann auch das Myokard volumetrisch evaluiert und die Myokardmasse bestimmt werden.
3. Die CMR-Perfusionssequenzen in Ruhe und Stress sowie das LGE zur Darstellung von Infarktnarben erlauben einen Ausschluss einer ischämischen CMP als Ursache der linksventrikulären Dysfunktion.
4. Das LGE ist in der Diagnostik von Kardiomyopathien ein wesentlicher Bestandteil der CMR. Typische LGE-Muster finden sich bei der hypertrophen CMP, da fibrosierte Myokardabschnitte dargestellt werden können. Auch bei Systemerkrankungen, wie Sarkoidose, Amyloidose, Hämochromatose und Sklerodermie, können mittels LGE spezifische intramyokardiale Signalanreicherungen gefunden werden. Rezente Studien konnten auch zeigen, dass das Ausmaß der Fibrosierungsanteile zur Risikostratifizierung sehr gut herangezogen werden kann [11].

Die arrhythmogene rechtsventrikuläre Dysplasie (ARVD) ist eine Myopathie vorwiegend des rechten Herzens, die mit dem Auftreten von linksschenkelblockartigen ventrikulären Tachykardien und mit „sudden death“ eine hohe Affinität aufweist. Die CMR ist ein wesentlicher Teil der Diagnostik bei Verdacht auf ARVD, da die Erkrankung typische Veränderungen im distalen Abschnitt der rechtsventrikulären freien Wand

zeigt, die ausschließlich mit der CMR dargestellt werden können. Diese Erkrankung, die primär bei jungen männlichen Patienten auftritt, zeigt eine fibröse-fettige Infiltration der rechtsventrikulären freien Wand mit umschriebenen Mikroaneurysmen mit dyskinetischem Kontraktionsmuster. Bereits in den T1-gewichteten Sequenzen findet man Signalanstieg je nach Ausmaß der fettigen Infiltration sowie ein Signalenhancement in der LGE-Sequenz als Ausdruck des fibrösen Gewebeanteiles. GRE-Movies können die dyskinetischen Mikroaneurysmen sehr gut abgrenzen [12].

Erkrankungen der Aorta

Die CMR bietet die Möglichkeit eines umfassenden anatomischen Mappings sämtlicher großer thorakaler Gefäße und ihrer angrenzenden Strukturen bei freier Wahl der Schnittebenen und einer räumlichen Auflösung von 1,0 mm. Durch die Möglichkeiten der Cine-Technik und des sogenannten „phase shift imaging“ gelingt es zusätzlich, hämodynamische Phänomene zu erfassen.

In prospektiv angelegten Studien zeigten sich eine optimale Sensitivität und Spezifität der MRT zur Erkennung und zum Ausschluss einer Dissektion in allen Bereichen der thorakalen Aorta [13]. Die Diagnose stützte sich hierbei ausschließlich auf den Nachweis eines Doppellumens oder einer Dissektionslamelle. Bei der Beurteilung der Aorta ascendens zeigt sich ein diagnostischer Vorteil der CMR gegenüber der monoplanen TEE, bei der aufgrund der anatomischen Nähe zur Trachea und als Folge von Reverberationen falsch-positive Befunde auftreten können [13]. Durch die Möglichkeit des sogenannten „phase shift imaging“ können mittels CMR bewegte Strukturen von stationären differenziert werden, sodass eine Unterscheidung von thrombotischem Material und langsamem Blutfluss im falschen Lumen möglich ist.

Die Diagnose eines intramuralen Hämatoms wird gestellt, wenn zirkuläre oder halbmondförmige Aortenwandverdickungen von > 7 mm oder intramurale Einblutungen vorliegen. In T1-gewichteten Bildern werden intramurale Blutungen leicht übersehen, da sie sich isodens zur Aortenwand verhalten. Während auf T2 altes Blut eine nur geringe Signalintensität hat, weist frisches intramurales Blut eine hohe Signalintensität auf. Mit der Möglichkeit der Differenzierung intramuraler Gewebe zeigt die CMR eine hohe diagnostische Zuverlässigkeit zur Erkennung und zum Ausschluss einer intramuralen Hämorrhagie.

■ Klappenerkrankungen

In der Beurteilung von Klappenerkrankungen ist sicher die Echokardiographie als „Bedside“-Methode die Technik der ersten Wahl. Vor allem in der Quantifizierung von Klappenstenosen liefert sie eine zuverlässige Diagnose. Schwierig hingegen ist die Diagnose von Klappeninsuffizienzen, da die Echokardiographie eine zuverlässige Quantifizierung des Regurgitationsvolumens nicht ermöglicht. Die CMR erlaubt im Vergleich dazu eine mittels Phasenkontrasttechnik durchgeführte Bestimmung der Differenz von links- und rechtsventrikulärem Schlagvolumen – gemessen in Aorta und Pulmonalarterie – und somit die Berechnung des Regurgitationsvolumens und der Regurgitationsfraktion bei isolierten Klap-

peninsuffizienzen. Bei Aorteninsuffizienzen können direkt in der Aorta ascendens, bei Pulmonalinsuffizienzen in der Pulmonalarterie, der Nettovorwärtsfluss und der Rückfluss gemessen werden und somit das Ausmaß der Klappeninsuffizienz in Millilitern bestimmt werden. Vor allem im Follow-up des Klappenrepairs auch bei Kindern nach korrigierten kongenitalen Vitien ist die CMR eine sehr sichere und schonende Untersuchungsmethode [14, 15].

CMR bei kongenitalen Vitien

Aufgrund der guten räumlichen Darstellung in mehreren Ebenen ist es in der CMR möglich, die einzelnen Herzstrukturen und ihre Verbindung zu den großen Gefäßen exakt bestimmen zu können. Die Echokardiographie ist sicherlich die Untersuchung der ersten Wahl in der Diagnostik des ASD, VSD und komplexerer Vitien, jedoch erlaubt die CMR eine umfassende kardiopulmonale Evaluierung und Darstellung der gesamten Komplexität in Bezug zum Thorax. Vor allem der Chirurg benötigt für die präoperative Planung komplexer Vitien, wie des M. Fallot, der Double-outlet-right-Ventrikel (DORV) oder bei Transposition der großen Gefäße (TGA), zuverlässige Informationen bezüglich Anatomie und Ventrikelfunktion bzw. Ausmaß von Klappeninsuffizienzen und Shuntvolumina. Auch im postoperativen Follow-up ist die CMR eine zuverlässige und den anderen Verfahren überlegene Technik.

Der Bestimmung der Pulmonalinsuffizienz bei Patienten nach Fallot-Korrektur kommt ein besonderes Augenmerk zu. Durch die genaue Quantifizierung der Pulmonalinsuffizienz mittels Phasenkontrasttechnik und die Größenbestimmung der Pulmonalarterie sowie der RV-Funktion kann das geeignete Timing für einen Pulmonalklappenersatz in Hinblick auf ein ventrikuläres Remodelling gesetzt werden [16].

Auch bei der Aortenisthmusstenose hat die CMR den Vorteil der exakten 3D-Abbildung bei gleichzeitig – im Vergleich zur CT – bestehender Strahlungsfreiheit. Durch die 3D-MR-Angiographie können die einzelnen Durchmesser der Aorta sowie die Stenosenlänge und Beschaffenheit genau dargestellt und die Intervention anhand dieser Daten geplant werden.

Tumore des Herzens

Primäre Herztumore sind selten (in weniger als 0,1 % der Autopsien). Unter den primären gutartigen Herztumoren (75 %) spielen das Myxom (30 %) bzw. Lipom (10 %) die größte Rolle. Unter den primär malignen Herztumoren (25 %) sind Angiosarkom, Rhabdomyosarkom, Fibrosarkom und malignes Lymphom am häufigsten. Sekundäre (metastatische) kardiomechanische Tumore sind etwa 20–40x häufiger als die primären Herztumore (in etwa 6 % der Autopsien maligner Erkrankungen). Thromben stellen die häufigsten intrakardialen Raumforderungen dar.

Die CMR gestattet die nicht-invasive Definition der kardialen Anatomie sowie die exakte Einschätzung von Lokalisation, Größe, Konfiguration und Mobilität eines Tumors. Durch das größere „field of view“ ist eine Darstellung der großen herznahen Gefäße und angrenzender mediastinaler Strukturen möglich. Basierend auf der Beobachtung von signifikanten Differenzen in der Protonendichte und den T1- und T2-Re-

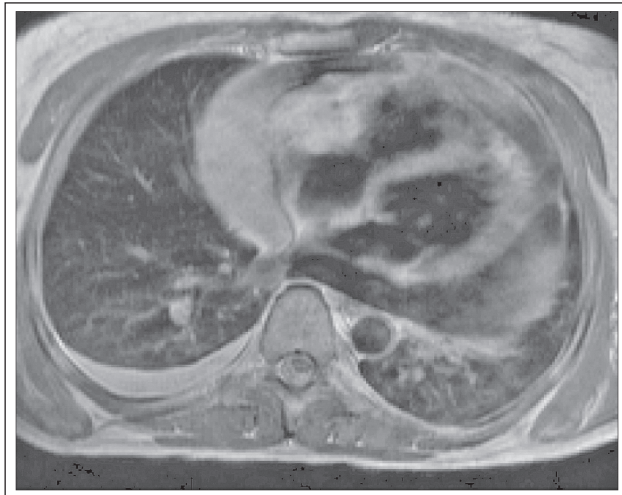


Abbildung 5: Hämangiosarkom auf T1-gewichteter SE-Sequenz nach Gd-DTPA. Signalanreicherung der infiltrativ wachsenden Raumforderung im rechten Ventrikel mit deutlich hämorrhagischem Perikarderguss.

laxationszeiten von verschiedenen Geweben kann in bestimmtem Ausmaß eine Gewebetypisierung und somit Abschätzung der Dignität des Tumors erfolgen. Des Weiteren ist eine Unterscheidung von soliden und flüssigen, vaskularisierten und nicht-vaskularisierten Raumforderungen und die Darstellung des Blutflusses ohne Kontrastmittelapplikation möglich.

Oft ermöglicht die intravenöse Gabe von Gd-DTPA die Abgrenzung einer Raumforderung von den benachbarten Strukturen. Infiltratives Tumorstadium, heterogene SI, zentrale Nekrose, peritumoröses Ödem, hämorrhagischer Perikarderguss, hoher Vaskularisationsgrad sowie höheres Signalenhancement nach Kontrastmittelapplikation kennzeichnen das typische Erscheinungsbild eines malignen Tumors.

Myxome sind die häufigsten benignen Herztumore und werden auch in der CMR aufgrund des typisch gestielten Ursprungs vom interatrialen Septum diagnostiziert. Sie sind durch variable SI- und SE-Bilder und Signalauslöschung im GRE charakterisiert. Lipome haben ein homogenes Erscheinungsbild und weisen in allen Sequenzen dem subkutanen Fettgewebe vergleichbare SI auf. Differentialdiagnostisch unterscheidet sich das Liposarkom vor allem durch geringere SI in allen Sequenzen und Inhomogenitäten innerhalb des Tumors. Im Unterschied zum subepikardialen Lipom zeigen Perikardzysten auf T2-gewichteten Aufnahmen eine deutliche Zunahme der Signalintensität.

Fibrome sind im Vergleich zu Skelettmuskel auf T1-gewichteten SE-Bildern von vergleichbarer oder höherer SI. Wegen der kurzen T2-Relaxationszeit von fibrösem Gewebe ist auf T2-gewichteten Aufnahmen eine Erniedrigung der SI relativ zum Muskelgewebe zu erkennen. Hämangiome erscheinen als Folge von langsamem Fluss („Slow flow“-Phänomen) auf T1-gewichteten SE-Aufnahmen als Region mit erhöhter SI gegenüber dem umgebenden Myokard. Nach Gd-DTPA-Gabe wird der Gefäßbaum des Tumors sehr gut sichtbar.

Angiosarkome weisen typischerweise eine polymorphe Konfiguration mit einer zentralen hyperintensiven Region auf, die

dem Vorliegen einer Nekrose entspricht. Die peripheren Tumorareale weisen moderate SI auf (Abb. 5). Lymphome imponieren auf T1- und T2-gewichteten SE-Aufnahmen isodens bis hypodens zu Muskelgewebe. Nach Gadolinium zeigen sie heterogenes Enhancement.

Die häufigsten malignen Raumforderungen des Herzens sind jedoch die Metastasen. Hier sind vor allem sekundärblastomatische Absiedelungen beim Bronchus-, Mamma- und Nierenkarzinom sowie beim malignen Melanom erwähnt [17].

Die intrakardiale Thrombusformation ist die häufigste kardiale Raumforderung. In den meisten Fällen weisen sie auf T1-gewichteten Bildern eine höhere SI als Myokardgewebe auf, welche sich auf T2-gewichteten Sequenzen noch verstärkt. Ihre Erscheinung ist heterogen, wenn Verkalkungen vorhanden sind. Jedoch sind in Abhängigkeit des Alters variable SI möglich (frischer Thrombus: hohe SI in T1-gewichteten Aufnahmen, chronischer Thrombus: erniedrigte SI in T2-gewichteten Aufnahmen). Ein Problem ist die Differenzierung zwischen langsamem Blutfluss und laminaren oder immobilisierten Thromben. Für die Differentialdiagnose scheint das GRE dem SE überlegen. In GRE-Sequenzen weist Blut eine höhere SI als alle anderen Gewebe auf, während Thromben die niedrigste SI zeigen. Generell ist die Differenz der SI der einzelnen Gewebe in den GRE-Sequenzen deutlicher ausgeprägt. Im Gegensatz zu Tumoren zeigen Thromben gewöhnlich kein Signalenhancement (außer bei alten, vaskularisierten Thromben) nach Kontrastmittelapplikation.

■ Zusammenfassung

Die CMR ist neben der Echokardiographie die wichtigste nicht-invasive Untersuchungsmethode bei kardialen Erkrankungen, da sie neben den üblichen morphologischen Informationen wesentliche Fragen hinsichtlich Funktion, Perfusion, Vitalität und Gewebedifferenzierung beantwortet. Vor allem hinsichtlich der Ischämiediagnostik konnte die CMR in Studien zeigen, dass sie im Vergleich zur SPECT-Myokardszintigraphie zumindest gleichgestellt, wenn nicht zu bevorzugen ist. Nicht nur durch eine exzellente Abgrenzung der minderperfundierten Myokardabschnitte unter Adenosin-Stress, der zusätzlichen Information über Ventrikelfunktion und regionaler Wandkontraktionsstörung, sondern auch durch dessen „Strahlenfreiheit“. Außerdem erzielt man im Anschluss an die CMR-Perfusionsuntersuchung eine weitere wichtige Information bezüglich Myokardvitalität über das „late Gd enhancement“.

Die CMR ist aber auch bei vielen anderen Herzerkrankungen das wichtigste Untersuchungsverfahren. Die Myokarditis sei hier nochmals stellvertretend erwähnt, da im „late enhancement“ typische fleckförmige intramyokardial gelegene Areale dargestellt werden können, die für eine Myokarditis nicht nur diagnostisch, sondern für den Verlauf auch prognostisch sind.

■ Interessenkonflikt

Der Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Fragen zum Text

- 1) Welche Sequenztechnik ist Voraussetzung zur Beurteilung von myoperikardialen Inflammationen?
- 2) Welche beiden großen Studien konnten zeigen, dass die CMR zumindest gleichwertig, wenn nicht sensitiver als die SPECT in der Diagnostik der KHK ist?
- 3) Ist der Herzschrittmacher nach wie vor eine Kontraindikation bei der Herz-MR?

Lösung

Literatur:

1. Bruder O, Schneider S, Nothnagel D, et al. EuroCMR Registry: results of the German Pilot phase. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1457–66.
2. Achenbach S, Barkhausen J, Beer M, et al. Konsensempfehlungen der DRG/DRK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomographie und Magnetresonanztomographie. *Fortschr Röntgenstr* 2012; 184: 345–68.
3. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF et al. Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: a meta analysis. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1343–53.
4. Jaarsma C, Leiner T, Bekkers SC, et al. Diagnostic performance of noninvasive myocardial perfusion imaging using single-photon emission computer tomography, cardiac magnetic resonance, and positron emission tomography imaging for the detection of obstructive coronary artery disease: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2012; 59: 1719–28.
5. Schwitter J, Wacker CM, Wilke N, et al. MR-IMPACT II: Magnetic Resonance Imaging for Myocardial Perfusion Assessment in Coronary Artery Disease vs. Single Photon Emission Computed Tomography for the detection of coronary artery disease: a comparative multicenter, multivendor trial. *Eur Heart J* 2012; 14: 61.
6. Greenwood JP, Maredia N, Younger JF, et al. Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. *Lancet* 2012; 379: 453–60.
7. Jahnke C, Nagel E, Gebier R, et al. Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests: adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation* 2007; 115: 1769–76.
8. Nagel E, Lehmkuhl HB, Klein C. Influence of image quality on the Diagnostic accuracy of dobutamine stress magnetic resonance imaging in comparison with dobutamine stress echocardiography for the noninvasive detection of myocardial ischemia. *Z Kardiol* 1999; 88: 622–30.
9. Gutberlet M, Frohlich M, Mehl S, et al. Myocardial viability assessment in patients with highly impaired left ventricular function: comparison of delayed enhancement, dobutamine stress MRI, enddiastolic wall thickness, and T1201-SPECT with functional recovery after revascularization. *Eur Radiol* 2005; 15: 872–80.
10. Grün St, Schumm J, Greulich S, et al. Long-term follow-up of biopsy-proven viral myocarditis. *J Am Coll Cardiol* 2012; 59: 1604–15.
11. Nazarian S, Lima JA. Cardiovascular magnetic resonance for risk stratification of arrhythmia in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 1375–6.
12. Sen-Chowdhry S, Prasad SK, Syrris P, et al. Cardiovascular magnetic resonance in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy revisited: comparison with task force criteria and genotype. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 2132–40.
13. Nienaber CA, v. Kodolitsch Y, Nicolas V, et al. The diagnosis of thoracic aortic dissection by noninvasive imaging procedures. *N Engl J Med* 1993; 328: 1–9.
14. Kozerke S, Schwitter J, Pedersen EM, et al. Aortic and mitral regurgitation: quantification using moving slice velocity mapping. *J Magn Reson Imaging* 2001; 14: 106–12.
15. Tanaka K, Makaryus AN, Wolff SD. Correlation of aortic valve area obtained by the velocity encoded phase contrast continuity method to direct planimetry using cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007; 9: 799–805.
16. Therrien J, Provost Y, Mechant N, et al. Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 2005; 95: 779–82.
17. Hoffmann U, Globits S, Schima W, et al. Usefulness of magnetic resonance imaging of cardiac and paracardiac masses. *Am J Cardiol* 2003; 92: 890–5.

Richtige Lösungen:

- 1: Late gadolinium enhancement**
- 2: IMPACT II und CE-MARC-Studie**
- 3: Ja (MR-taugliche PM-Systeme beziehen sich nur auf MR-Untersuchungen außerhalb des Thorax)**

← Zurück

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

Impressum

Disclaimers & Copyright

Datenschutzerklärung