

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislaferkrankungen

**Klinische Indikation für
kardiovaskuläre
Magnetresonanztomographie -
Konsensusbericht der
interdisziplinären Arbeitsgruppe
der Österreichischen Gesellschaft
für Kardiologie und Radiologie**

Globits S, Watzinger N, Mori M

Bader T, Hafner T, Hergan K

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2007; 14

(9-10), 269-275

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Acute
Cardiovascular
Care Association
ACCA
A Registered Branch of the ESC

Member of the



EUROPEAN
SOCIETY OF
CARDIOLOGY®

ESC-Editor's Club

Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



Indexed in EMBASE/Excerpta Medica/SCOPUS

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

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Datenschutz:

Ihre Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz und werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Daten werden vom Verlag ausschließlich für den Versand der PDF-Files des Journals für Kardiologie und eventueller weiterer Informationen das Journal betreffend genutzt.

Lieferung:

Die Lieferung umfasst die jeweils aktuelle Ausgabe des Journals für Kardiologie. Sie werden per E-Mail informiert, durch Klick auf den gesendeten Link erhalten Sie die komplette Ausgabe als PDF (Umfang ca. 5–10 MB). Außerhalb dieses Angebots ist keine Lieferung möglich.

Abbestellen:

Das Gratis-Online-Abonnement kann jederzeit per Mausklick wieder abbestellt werden. In jeder Benachrichtigung finden Sie die Information, wie das Abo abbestellt werden kann.

Das e-Journal

Journal für Kardiologie

- ✓ steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) stets internetunabhängig zur Verfügung
- ✓ kann bei geringem Platzaufwand gespeichert werden
- ✓ ist jederzeit abrufbar
- ✓ bietet einen direkten, ortsunabhängigen Zugriff
- ✓ ist funktionsfähig auf Tablets, iPads und den meisten marktüblichen e-Book-Readern
- ✓ ist leicht im Volltext durchsuchbar
- ✓ umfasst neben Texten und Bildern ggf. auch eingebettete Videosequenzen.

Klinische Indikationen für kardiovaskuläre Magnetresonanztomographie

Konsensusbericht der interdisziplinären Arbeitsgruppe der Österreichischen Gesellschaft für Kardiologie und Radiologie *

S. Globits¹, N. Watzinger², M. Mori³, T. Bader⁴, T. Hafner⁵, K. Hergan⁶

Mitglieder der interdisziplinären Arbeitsgruppe (alphabetisch): H. Baumgartner, T. Binder, H. Czembirek, C. Ebner, H. Frank, G. Friedrich, F. Frühwald, A. Gamillscheg, G. Gaul, M. Gessner, D. Glogar, C. Herold, H. Imhof, W. Judmaier, B. Kaiser, W. Kopsa, C. Loewe, R. Maier, G. Mostbeck, E. Salomonowitz, H. Sochor, O. Sommer, E. Sorantin, M. Stiskal, D. Tscholakoff, M. Zehetgruber

Kurzfassung: Die kardiale MRT hat sich in der letzten Dekade als ergänzendes diagnostisches Verfahren in der Kardiologie etabliert, wobei die Methode zumeist als Entscheidungshilfe im oberen Bereich des diagnostischen Stufenplans Verwendung findet. Mittels MRT können bei vielen kardialen Erkrankungen relevante Zusatzinformationen gewonnen werden, bei selektiven Indikationen werden etablierte Verfahren nicht nur ergänzt sondern teilweise ersetzt. Um dieses diagnostische Potential zu nutzen, sollten folgende Voraussetzungen erfüllt werden: (1) Standardisierung der Untersuchungsprotokolle, (2) fixe Integration der kardialen MRT in das Curriculum Kardiologie/Radiologie,

(3) Kooperation Kardiologie/Radiologie. Im folgenden Richtlinienpapier wird der sinnvolle Einsatz der Methode bei allen relevanten Indikationsgebieten übersichtlich dargestellt.

Abstract: Clinical Use of Cardiovascular MRI – Consensus Report of the Interdisciplinary Working Group of the Austrian Society of Cardiology and Radiology. During the last decade, cardiovascular MRI has been increasingly proven to be a highly precise and accurate means of imaging, which has made its way up the diagnostic cascade and established itself as the final tool for clinical decision mak-

ing in many complex scenarios. Using MRI, substantial information can be gathered in many cardiovascular diseases, in some cases even replacing established diagnostic methods such as scintigraphy, echocardiography or invasive diagnostic methods (catheter). To utilize the full diagnostic potential, several requirements have to be considered: (1) standardized imaging protocols, (2) integration of cardiovascular MRI into the cardiologic and radiologic curriculum, (3) cooperation between cardiologists and radiologists. The following consensus statement gives a concise overview of the use of MRI in the clinical setting with respect to all relevant indications. **J Kardiol 2007; 14: 269–75.**

■ Einleitung

Die Magnetresonanztomographie (MRT) hat sich in den vergangenen Jahren einen fixen Stellenwert im kardiologisch-diagnostischen Armamentarium erworben und stellt bei gezielter Indikationsstellung eine wertvolle Zusatzdiagnostik dar [1]. Zu den Vorteilen der Methode zählen unter anderem: fehlende Invasivität und Strahlenbelastung, beliebige Schichtführung, großes Gesichtsfeld mit gleichzeitiger Beurteilung parakardialer Strukturen sowie Integration von Anatomie, Morphologie und Funktion in einem Untersuchungsgang (Tab. 1).

Die Rolle der MRT in der kardiologischen Diagnostik wurde von internationalen Fachgesellschaften hinlänglich dokumentiert und definiert [2, 3]. Im folgenden Artikel werden die relevanten Indikationsgebiete entsprechend Klasse I und II dargestellt (Tab. 2), auf physikalische Grundlagen und Details von Untersuchungsprotokollen wird bewußt verzichtet.

■ Diagnostik der koronaren Herzerkrankung

Bei Patienten mit KHK können mittels MRT folgende Aspekte diagnostisch abgedeckt werden:

* Um Tabellen und Abbildungen erweiterte Fassung; Original aus *Jatros Radiologie* 2/2006, Seite 31ff, mit freundlicher Genehmigung des Universimed-Verlages.

Aus der ¹3. Medizinischen Abteilung, Landeskrankenhaus St. Pölten, der ²Kardiologie, Universitätsklinik Graz, dem ³KH der Barmherzigen Schwestern, Linz, der ⁴Universitätsklinik für Radiodiagnostik, Medizinische Universität Wien, der ⁵5. Medizinischen Abteilung, Kaiser-Franz-Josef-Spital, Wien, und dem ⁶Universitätsinstitut für Radiodiagnostik, Salzburg.

Korrespondenzadresse: Univ.-Doz. Dr. med. Sebastian Globits, 3. Medizinische Abteilung/Kardiologie, Landeskrankenhaus St. Pölten, A-3100 St. Pölten, Propst Führer-Straße 4; E-Mail: sebastian.globits@meduniwien.ac.at

1. Globale und regionale Wandbewegungsanalyse nach koronarischämischem Ereignis, volumetrisches Follow-up zur Erfassung des Remodellings mit prognostischen Implikationen (z. B. nach einer Revaskularisationstherapie).
2. Vitalität zur Indikationsstellung betreffend Revaskularisation.
3. Myokardperfusion in Ruhe und unter pharmakologischer Belastung zum Nachweis signifikanter Koronarstenosen.

Globale und regionale Wandbewegungsanalyse nach koronarischämischem Ereignis

Die MRT ist definitiv als der Goldstandard für Ventrikelfunktionsstudien anzusehen. Zusätzlich zur quantitativen Erfassung von regionalen und globalen Funktionsparametern kann die Muskelmasse berechnet werden, womit wertvolle prognostische Informationen gewonnen werden [4]. Die MRT ist

Tabelle 1: Diagnostisches Potential der kardialen MRT

1. Potentieller Ersatz etablierter Techniken (wie Echo und Isotopenmethoden)
 - a. Volumetrie
 - b. Regurgitations- und Shuntfraktionen
 - c. Vitalität
2. Integration unterschiedlicher diagnostischer Informationen
 - a. Anatomie
 - b. Morphologie
 - c. Funktion
 - d. Physiologie
3. Erfassung neuer Parameter
 - a. Myokardfibrose
 - b. Transmurale Perfusionsgradienten
 - c. Fettinfiltration, Eisenüberladung

auch bei der Dokumentation von therapeutischen Effekten im Rahmen interventioneller und medikamentöser therapeutischer Maßnahmen vor anderen bildgebenden Verfahren einzuordnen [5].

Ähnlich wie bei der Streßchokardiographie gelingt es mit der MRT unter pharmakologisch induziertem Streß (Dobutamin), regionale ischämiebedingte Wandbewegungsstörungen aufzudecken. In rezenten Studien konnte eine verbesserte Sensitivität der MRT gegenüber der Streßchokardiographie bei koronarangiographisch nachgewiesenen ischämischen Myokardarealen gezeigt werden [6, 7]. Derzeit sind bei der breiten Anwendung der Streß-MRT vor allem die zum Teil fehlenden

Tabelle 2: Klinische Indikationen für die Durchführung einer kardialen MRT. Mod. nach [1]

KHK	
Globale und regionale Funktionsparameter RV + LV, Muskelmasse	
Detektion des akuten und chronischen Myokardinfarkts	
Beurteilung von vitalem Myokard	
Koronaranomalien	
Streßinduzierte Wandbewegungsstörung	
Streßinduzierte Perfusionsstörung	
Nachweis Ventrikeltrombus	
Verschluß an Bypässen	
Erkrankungen Myokard, Perikard, Herztumore	
Differentialdiagnose dilatative CMP vs. ischämische CMP	
Hypertrophe CMP (apikale Formen)	
ARVD	
Charakterisierung Tumore	
Non-compaction CMP	
Restriktive CMP	
Konstriktive Perikarditis	
Klappenerkrankungen	
Globale und regionale Funktionsparameter RV + LV, Muskelmasse	
Quantifizierung Regurgitation	
Bikuspide Aortenklappe	
Kongenitale Vitien	
Globale und regionale Funktionsparameter RV + LV, Muskelmasse	
Kongenitale Vitien im Erwachsenenalter, Erstbefund und Follow-up	
Viszeroatrialer Situs bei komplexen Veränderungen	
Shuntgröße, große Gefäße, postoperativer Verlauf	
Anomalien zentraler Venen	
VSD mit anderen Mißbildungen	
Pulmonalinsuffizienz	
Sinus-valsalvae-Aneurysma	
Aortenisthmusstenose	
Gefäßringe	
Koronaranomalien	
ASD	
Ventrikelaneurysma, -divertikel	
Supravalvuläre Aorten- und Pulmonalstenose	
Transposition der großen Gefäße	
Aortenerkrankungen	
Chronisches Aneurysma und Dissektion, Follow-up	
Intramurales Hämatom	
Aortenulzeration	
Akute Dissektion	

Klasse I: Die MRT liefert klinisch relevante Ergebnisse, die anderen etablierten Methoden gleichwertig oder überlegen sind und kann daher als Methode der ersten Wahl eingesetzt werden. Es gibt dazu gut dokumentierte Daten.

Klasse II: Die MRT liefert klinisch relevante Ergebnisse, die allerdings durch andere Methoden ebenfalls erzielt werden können. Die Datenlage ist zudem eingeschränkt.

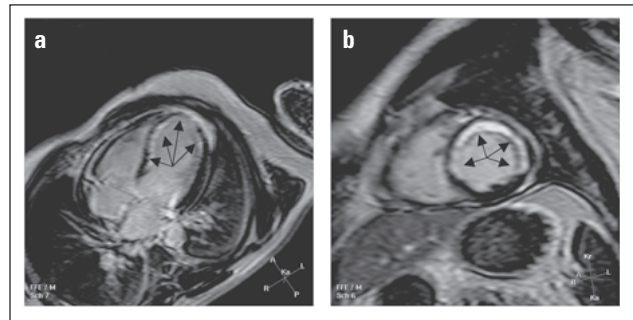


Abbildung 1: Turbo-Gradientenechosequenz mit Inversionspuls 15 Minuten nach Kontrastmittelgabe in (a) axialer und (b) sagittaler Schichtführung bei Zustand nach Anteroseptalinfarkt: ausgedehnte Nekrose/Fibrozone (Pfeile), die teilweise über 50 % der Myokarddicke betrifft und somit für überwiegend avitales Myokard spricht.

gerätetechnischen und zeitlichen Ressourcen in Österreich limitierend.

Vitalität zur Indikationsstellung betreffend Revaskularisation

Die Identifizierung von vitalem Myokard nach Infarkten ist von enormer prognostischer Bedeutung für den Patienten, da durch geeignete Revaskularisationsmaßnahmen eine Verbesserung der Linksventrikelfunktion erzielt werden kann. Mittels Kontrastmittelapplikation und dem sogenannten „late enhancement“ kann das Ausmaß von postischämischen Narben erfaßt werden. Dabei besteht eine direkte Korrelation der Transmuralität einer Infarkt Narbe zum Outcome nach einer Revaskularisationstherapie [8]. Ab einer Transmuralität von 50 % wird eine funktionelle Erholung nach Revaskularisation zunehmend unwahrscheinlich (Abb. 1).

Myokardperfusion in Ruhe und unter pharmakologischer Belastung zum Nachweis einer signifikanten Koronarstenose

Alternativ zur bewährten Thallium-Myokardszintigraphie kann die Herz-MRT mittels Streßperfusionsstudien das Vorhandensein von signifikanten Koronarstenosen dokumentieren. Der potentielle Vorteil gegenüber der Szintigraphie liegt in der verbesserten räumlichen Auflösung (MRT < 5 mm, SPECT ca. 10 mm) und in der Vermeidung einer zwar geringen, aber vorhandenen Strahlenbelastung. Im Vergleich zur Streßchokardiographie ist die MRT unabhängig von einem guten Schallfenster und erlaubt eine bessere Beurteilung aller Wandsegmente.

Grundlage der Ischämiediagnostik mittels MRT ist die Darstellung der Passage eines paramagnetischen Kontrastmittels (KM) durch das Myokardium unter gleichzeitiger Anwendung eines pharmakologischen Stressors (z. B. Adenosin oder Dipyridamol). Sensitivität und Spezifität konnten in einer Reihe von Vergleichsstudien bewiesen werden [9–12].

Kritisch zur Streß-MRT muß angemerkt werden, daß derzeit keine standardisierten Untersuchungsprotokolle existieren, der personelle und gerätetechnische Aufwand groß ist, derzeit und in absehbarer Zeit weder im intra- noch im extramuralen Raum MRT-Kapazitäten in ausreichendem und flächendeckendem Maß bestehen und die fachliche Expertise auf wenige

Zentren Österreichs beschränkt ist. Zusätzlich kann der „First-pass“-Effekt der Kontrastmittelpassage im Rahmen einer Ruhe-Perfusionsstudie als sensitiver Marker für avitales Myokard genutzt werden, da hier, entsprechend der mikrovaskulären Obstruktion mit konsekutivem „No-reflow“-Phänomen, eine subendokardiale Zone verminderter Kontrastmittelanreicherung besteht [13]. Der große Vorteil der MRT gegenüber SPECT-Verfahren und PET liegt in der verbesserten räumlichen Auflösung, was eine zuverlässige Unterscheidung von transmuralen und subendokardialen Myokardnarben erlaubt.

In Ergänzung zu den genannten Anwendungen der MRT bei KHK liefert die Methode auch exakte morphologisch-funktionelle Informationen bei diversen Komplikationen der KHK wie ischämischer VSD, Unterscheidung zwischen wahren und falschem Ventrikelaneurysma und Nachweis von Ventrikeltromben.

■ Erkrankungen des Myokards

Bei Patienten mit primären Erkrankungen des Myokards bietet die MRT die Integration einer Fülle von diagnostischen Informationen:

1. Morphologische Beschreibung des Myokards/der Herzhöhlen.
2. Bestimmung der Muskelmasse.
3. Beurteilung der globalen und regionalen Funktion beider Ventrikel.
4. Beurteilung begleitender Pathologien (Perikarderguß, Fettinfiltrationen etc.).

Differentialdiagnose dilatative Kardiomyopathie (CMP) vs. ischämische CMP

Bei Patienten mit reduzierter Pumpfunktion kommt der Differentialdiagnose dilatative Kardiomyopathie (CMP) versus ischämische CMP eine fundamentale Bedeutung im Hinblick auf das therapeutische Management zu [14]. Mittels Echokardiographie ist diese Unterscheidung in der Regel nicht möglich, da das Kriterium der regionalen Wandbewegungsstörung nicht auf ischämische Formen der CMP beschränkt ist. Durch Einsatz von Kontrastmittel können intramyokardiale Fibroseherde dargestellt werden, die bei der dilatativen CMP intramyokardial oder subepikardial gelegen, bei der ischämischen CMP typischerweise subendokardial gelegen sind. Durch Kombination der Kontrastmittelinformation mit dem Meßwert der enddiastolischen Wanddicke kann ein zuverlässiger prognostischer Parameter im Hinblick auf die Sinnhaftigkeit einer Revaskularisation gewonnen werden [15]. Eine eindeutige Differenzierung hinsichtlich einer ischämischen oder nicht-ischämischen Genese ist aber auch durch das Muster der Kontrastmittelanreicherung nicht immer möglich.

Charakterisierung der hypertrophen CMP

Die hypertrophe CMP ist eine genetisch bedingte Erkrankung der Actin- und Myosinfilamente und kann verschiedene Ausprägungsformen haben [16]. Die MRT erlaubt durch ihre dreidimensionale Erfassung beider Ventrikel in jeder beliebigen Schichtführung eine exakte Lokalisation der hypertrophierten Myokardareale und ist vor allem bei der Diagnose der api-

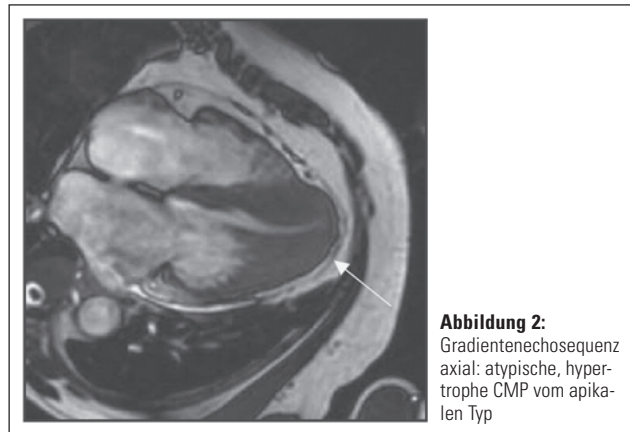


Abbildung 2: Gradientenechosequenz axial: atypische, hypertrophe CMP vom apikalen Typ

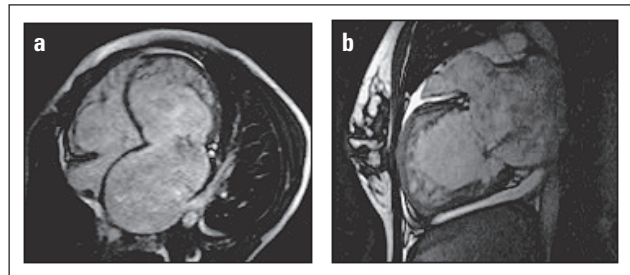


Abbildung 3: Gradientenechosequenz in (a) axialer und (b) parasagittaler Schichtführung: non-compaction CMP, die in der Echokardiographie als apikale Hypertrophie imponiert.

kalen HCMP der Echokardiographie deutlich überlegen (Abb. 2). Zusätzlich kann eine zuverlässige Planimetrie des linksventrikulären Ausflußtraktes erfolgen. In einigen Studien konnte auch ein Zusammenhang zwischen dem Nachweis einer pathologischen intramyokardialen Kontrastmittelanfärbung und der Prognose des Patienten gezeigt werden.

Diagnose der Non-compaction CMP

Dies ist eine seltene Form einer CMP mit embryologisch bedingter fehlender Apposition der einzelnen Myokardschichten und konsekutiver Ausbildung tiefer Fissuren und Lakunen an der luminalen Seite des Myokards [17]. Besonders bei den apikalen Formen können diese tiefen Lakunen sonographisch eine Pseudohypertrophie vortäuschen. Mittels MRT gelingt eine exakte anatomische Darstellung inklusive möglicher Thromben (Abb. 3).

Diagnose der restriktiven CMP

Im Rahmen verschiedener infiltrativer Erkrankungen kommt es zu einer Versteifung des Myokards mit konsekutiver Füllungsbehinderung. Die häufigsten Formen der restriktiven CMP sind die Amyloidose, die Sarkoidose, das Karzinoid und Eisenspeichererkrankungen [18]. Bei den genannten Krankheitsentitäten kann die kontrastverstärkte MRT wertvolle diagnostische Informationen liefern.

Diagnose der Myokarditis

Die Diagnose der Myokarditis ist klinisch schwierig, die Symptome der Patienten sind häufig unspezifisch. Obwohl die Diagnosestellung mittels MRT in den internationalen Richt-

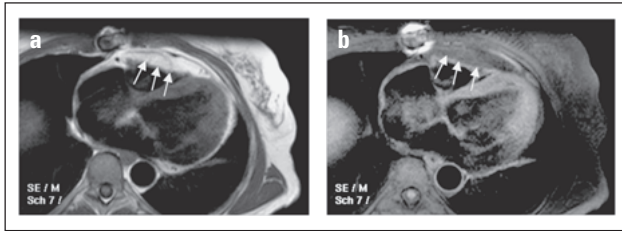


Abbildung 4: (a) T1-gewichtete Turbo-spinechosequenz in axialer Schichtführung bei ARVD: massive fettige Degeneration der rechtsventrikulären freien Wand. (b) Gleiche Sequenz wie in (a) mit zusätzlicher Fettunterdrückung zum Nachweis der fettigen Degeneration.

linien nicht klassifiziert ist, kann die Methode wertvolle Informationen liefern: so finden sich im akuten Entzündungsstadium auf T2-gewichteten Spinechosequenzen umschriebene Zonen erhöhter Signalintensität, nach Gabe von Gadolinium kommt es sowohl auf frühen T1-gewichteten Spinechosequenzen als auch auf späten Inversionspulssequenzen zu einer umschriebenen Signalanhebung, typischerweise intramural und fleckförmig.

Rechtsventrikuläre Myokarderkrankungen

Wenn auch selten, stellt die arrhythmogene rechtsventrikuläre Dysplasie (ARVD) die klassische Indikation für die Durchführung einer MRT dar [19]. Die MRT ist die einzige Methode, die in vivo intramyokardiale Fetteinlagerungen als typische signalreiche Zonen auf T1-gewichteten Spinechosequenzen mit einer Sensitivität von nahezu 100 % darstellen kann (Abb. 4).

Auch andere Kriterien der ARVD wie umschriebene oder generalisierte Wandverdünnungen, dyskinetische Segmente oder Erhöhung der rechtsventrikulären Füllungsvolumina mit reduzierter EF können mittels MRT exakt diagnostiziert werden. Eine eigene Entität stellt die benigne rechtsventrikuläre Ausflußtrakttachykardie dar, bei der es meist belastungsinduziert zu anhaltenden steiltypischen linksschenkelblockartigen ventrikulären Tachykardien kommt, die in der Regel nicht zu Synkopen oder zum plötzlichen Herztod führen. Bei diesem seltenen Krankheitsbild konnten mittels MRT Veränderungen im Bereich des rechten Ventrikels gefunden werden, die an milde Formen der ARVD erinnern [20].

■ Erkrankungen des Perikards

Benigne Zysten

Perikardzysten treten typischerweise im Bereich beider Herz-Zwerchfell-Winkel auf, sind glatt begrenzt und weisen ein charakteristisches Signalverhalten auf (bei niedrigem Eiweißgehalt hypodens auf T1-gewichteten Spinechosequenzen, hyperdens auf T2-gewichteten Spinechosequenzen, starke Signalzunahme auf Inversionspulssequenzen) [21] (Abb. 5).

Konstriktive Perikarditis

Die konstriktive Perikarditis ist Folge eines chronischen Entzündungsprozesses oder einer Herzoperation und kann verkalkt oder nicht verkalkt in Erscheinung treten. Mittels MRT gelingt eine exakte Darstellung des verdickten Perikards

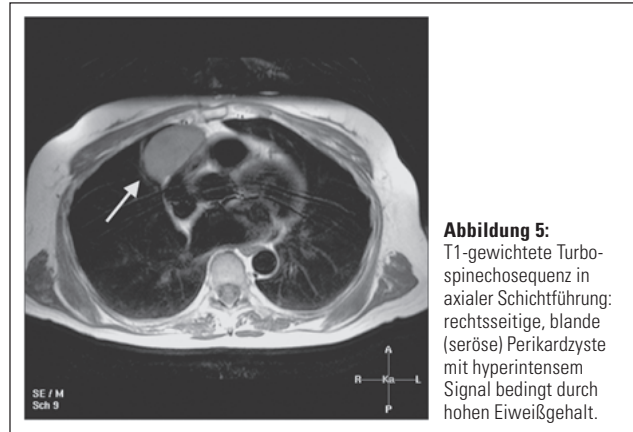


Abbildung 5: T1-gewichtete Turbo-spinechosequenz in axialer Schichtführung: rechtsseitige, blande (seröse) Perikardzyste mit hyperintensem Signal bedingt durch hohen Eiweißgehalt.

(> 3 mm) sowie eine Quantifizierung der kleinen Ventrikelvolumina und der erhöhten Vorhofvolumina [22]. Typischerweise kommt es zu einer pathognomonischen Veränderung der Ventrikelgeometrie mit gestrecktem Ventrikelseptum und Impression der freien rechtsventrikulären Vorderwand. Der Schwerpunkt der konsekutiven Einflußstauung kann durch Diameterbestimmung der beiden Hohlvenen festgelegt werden. Eine normale Perikarddicke (1–3 mm) schließt eine konstriktive Perikarditis aus.

Bei der kalzifizierten Perikarditis ist aufgrund des fehlenden MR-Signals von Kalk eine ergänzende Computertomographie sinnvoll. Differentialdiagnostisch können mittels MRT perikardiale Adhäsionen unterschieden werden, die je nach Ausprägungsgrad zu einer Behinderung der RV-Funktion führen können.

Charakterisierung von Perikardergüssen

Mittels MRT kann durch Anwendung verschiedener unterschiedlicher Pulssequenzen eine Differenzierung zwischen serösen (hypodens auf Spinecho T1-gewichtet, hyperdens auf Gradientenecho) oder hämorrhagischen (hyperdens auf Spinecho T1-gewichtet, hypodens auf Gradientenecho) Ergüssen getroffen werden. Darüber hinaus ist eine Abschätzung des Ergußvolumens möglich. Speziell bei Patienten mit lokalisierten Ergüssen oder begleitenden Pathologien (abnorme Fettinfiltration oder perikardiale Tumore) ist die MRT der Echokardiographie deutlich überlegen.

■ Herztumore

Die häufigsten intrakardialen Raumforderungen sind Thromben und werden besonders im Apexbereich mittels Echokardiographie gelegentlich übersehen. Diese Thromben können mit Hilfe der MRT dargestellt werden, das Signalverhalten kann auch einen Hinweis auf das Alter des Thrombus geben.

Primäre Herztumore sind mit 0,1 % aller Tumore sehr selten [23]. Der häufigste benigne Tumor ist das Vorhofmyxom, welches grundsätzlich in allen Herzhöhlen auftreten kann, meist aber im Bereich der Vorhöfe lokalisiert ist [24]. Charakteristischerweise sitzt das Vorhofmyxom gestielt am intratrialen Septum und prolapiert abhängig von der Größe und Mobilität diastolisch in oder durch die AV-Klappenebene.

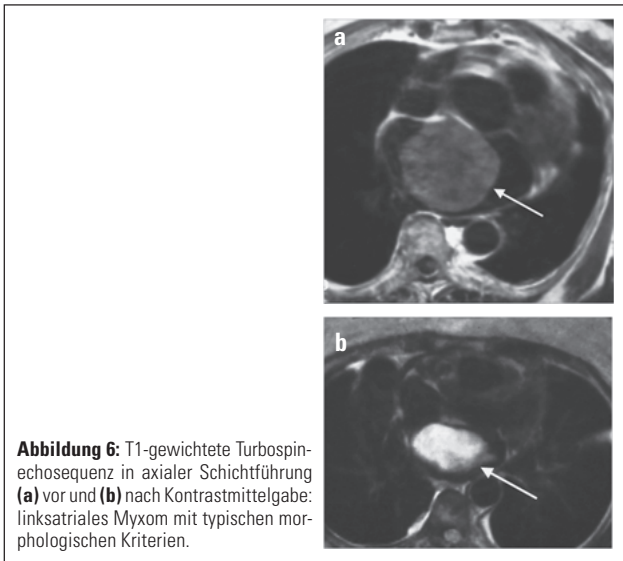


Abbildung 6: T1-gewichtete Turbospin-echosequenz in axialer Schichtführung (a) vor und (b) nach Kontrastmittelgabe: linksatriales Myxom mit typischen morphologischen Kriterien.

Morphologisch ist das Myxom glatt begrenzt mit inhomogenem Signalverhalten (regressive, zystische Areale) und zeigt nach Kontrastmittelgabe eine erhöhte Signalintensität (Abb. 6).

Primär maligne Herztumore sind vor allem diverse Sarkome und weisen ein infiltratives Wachstum mit begleitendem hämorrhagischem Erguß auf [24]. Je nach Vaskularisationsgrad kommt es nach KM-Gabe zu einer Anfärbung mit Signalanhebung. Der diagnostische Vorteil der MRT liegt vor allem in der gleichzeitigen Beurteilung der parakardialen Strukturen. Dies ist besonders hilfreich bei der Zuordnung von Metastasen.

■ Klappenerkrankungen

Während bei Klappenstenosen Druckgradienten und Klappenöffnungsflächen mittels Dopplersonographie und Herzkatheter exakt bestimmt werden können, stellt die Quantifizierung von Klappeninsuffizienzen nach wie vor eine diagnostische Herausforderung dar, da die meisten Methoden nur eine semiquantitative Beurteilung des Schweregrades erlauben. Die MRT hat auf diesem Gebiet das diagnostische Spektrum erweitert [25, 26]. Bei singulären Klappeninsuffizienzen kann aus dem Vergleich von links- und rechtsventrikulärem Schlagvolumen die Regurgitationsfraktion an der undichten Herzklappe bestimmt werden. Darüber hinaus kann durch Anwendung der Phasenkontrasttechnik in Aorta oder Pulmonalarterie die Differenz zwischen Vorwärtsschlagvolumen und Gesamtschlagvolumen aus der Volumetrie bestimmt werden [27–31].

■ Kongenitale Vitien

Seit Einführung der Herz-MRT sind die kongenitalen Vitien ein Hauptindikationsgebiet. Besonders im Erwachsenenalter eignet sich die Methode zum Follow-up bzw. zur Kontrolle von postoperativen Befunden und ersetzt, zusammen mit der Echokardiographie, in der Regel die Herzkatheteruntersuchung [32]. Durch den dreidimensionalen Charakter der MRT mit beliebiger Schichtführung gelingt eine exzellente Darstellung der Anatomie.

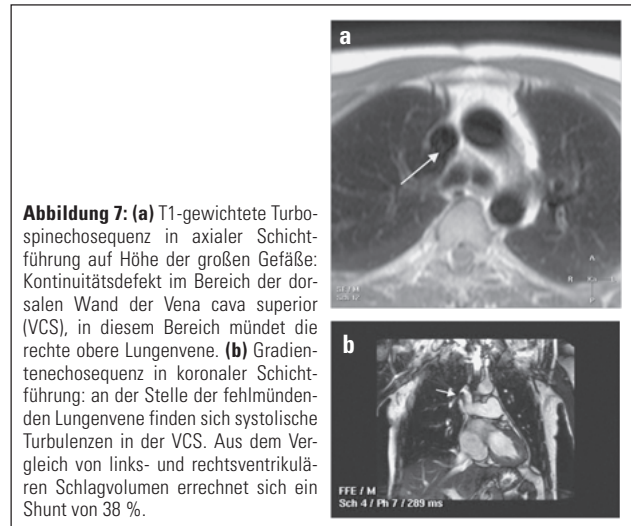


Abbildung 7: (a) T1-gewichtete Turbospin-echosequenz in axialer Schichtführung auf Höhe der großen Gefäße: Kontinuitätsdefekt im Bereich der dorsalen Wand der Vena cava superior (VCS), in diesem Bereich mündet die rechte obere Lungenvene. (b) Gradientenechosequenz in koronaler Schichtführung: an der Stelle der fehlmündenden Lungenvene finden sich systolische Turbulenzen in der VCS. Aus dem Vergleich von links- und rechtsventrikulären Schlagvolumen errechnet sich ein Shunt von 38 %.

Da mittels Spinechotechnik Vorhofseptumdefekte (ASD) übersehen oder überdiagnostiziert werden können, sind funktionelle Aufnahmen mit Gradientenechosequenzen erforderlich. Besonders die Diagnose einer rechtsventrikulären Volumens- oder Druckbelastung ist eine Domäne der MRT. Die flußsensitiven Sequenzen erlauben eine Darstellung von Shuntflüssen (Abb. 7) und palliativ angelegten Gefäßverbindungen [33]. Bei Patienten mit Ventrikelseptumdefekt (VSD) kann der Defekt lokalisiert (membranös, muskulär, supraapikal) und assoziierte Fehlbildungen (z. B. bikuspidale Aortenklappe) können diagnostiziert werden.

Die Bestimmung von Shuntgrößen im Rahmen von fehlmündenden Lungenvenen, ASD, VSD und offenem Ductus Botalli gelingt unter Verwendung der quantitativen Flußmessung mittels Phasenkontrasttechnik in Aorta und Pulmonalarterie. Daraus kann das Verhältnis von pulmonalem zu systemischem Blutfluß und damit die Shuntfraktion direkt bestimmt werden [33]. Im Falle einer begleitenden Pulmonalstenose mit systolischen Turbulenzen im Pulmonalis-Hauptstamm kann eine Bestimmung des Blutflusses selektiv im linken und rechten Pulmonalgefäß erfolgen.

Im Fall einer isolierten Pulmonalinsuffizienz kann einerseits aus der volumetrischen Differenz von links- und rechtsventrikulärem Schlagvolumen oder durch direkte Flußbestimmung im Pulmonalis-Hauptstamm eine Regurgitationsfraktion bestimmt werden. Dies ist bei Patienten nach Totalkorrektur eines M. Fallot von besonderer klinischer Bedeutung [34].

Abgangs anomalien der Koronargefäße können eine hohe klinische Relevanz haben und werden mittels MR-Angiographie (Gradientenecho) hervorragend dargestellt. Die MR-Diagnostik ist der CT-Diagnostik vor allem bei jungen Patienten aufgrund der fehlenden Strahlenbelastung vorzuziehen.

■ Pathologien der Aorta

Aneurysmen und Dissektionen

Bei klinisch stabilen Patienten gehören diese Pathologien zur Standardindikation der MRT und liefern wertvolle Zusatz-

informationen betreffend Wandbeschaffenheit, Thromben, Blutflußrichtung im wahren und falschen Lumen [35, 36]. Darüber hinaus ist die Diagnose des Sinus-valsava-Aneurysmas eine Stärke der MRT. Eine begleitende Aorteninsuffizienz ist durch turbulenzbedingte diastolische Signalauslöschung im linken Ventrikel mittels Gradientenecho leicht identifizierbar und durch Verwendung flußsensitiver Sequenzen volumetrisch quantifizierbar.

Aortenisthmusstenose

Die Aortenisthmusstenose kann mit und ohne offenem Ductus Botalli auftreten und bleibt unabhängig von der hämodynamischen Wirksamkeit oft asymptomatisch. Da dieser Bereich der Aorta beim Erwachsenen mittels Ultraschalluntersuchung nicht ideal zugänglich ist, ist die MRT Methode der Wahl. Neben der exakten Lokalisation der Isthmusstenose können Kollateralfelgefäße dargestellt und die hämodynamische Wirksamkeit durch Bestimmung des Blutvolumens im Kollateralkreislauf mittels quantitativer Flußmessung graduiert werden [37].

Zusammenfassung

Die kardiale MRT hat sich durch den enormen technischen Fortschritt der letzten Dekade als ergänzendes diagnostisches Verfahren in der Kardiologie etabliert, wobei die Methode zumeist als Entscheidungshilfe im oberen Bereich der kardiologischen Diagnoseleiter Verwendung findet. Mittels MRT können bei fast allen kardialen Erkrankungen relevante Zusatzinformationen gewonnen werden, bei selektiven Indikationen werden etablierte Verfahren nicht nur ergänzt, sondern teilweise ersetzt. Um dieses diagnostische Potential zu nutzen, sind folgende Schritte notwendig:

- 1. Standardisierung der Untersuchungsprotokolle (siehe Anhang)**
Standardisierte Untersuchungsprotokolle erlauben eine Reproduzierbarkeit von Untersuchungen und eine Vergleichbarkeit von Funktionsparametern im Rahmen von Verlaufsuntersuchungen an verschiedenen Institutionen bzw. MRT-Geräten.
- 2. Integration der kardialen MRT in das Curriculum Kardiologie/Radiologie**
Da das Interesse der meisten Kardiologen und Radiologen an der Methode gering ist und dadurch das diagnostische Potential nicht ausgeschöpft wird, ist eine obligatorische Ausbildung zur Erlangung von Kenntnissen auf dem Gebiet der Herz-MRT wünschenswert [3]. Durch einen verbesserten Wissensstand sollte es gelingen, die Zahl der Herz-MRT-Untersuchungen in Österreich auf einen internationalen Standard anzuheben und die vorhandenen technischen und fachlichen Ressourcen besser zu nutzen.
- 3. Kooperation Kardiologie/Radiologie**
Historisch bedingt verfügen Radiologen über einen Zugang zu teuren und komplexen Großgeräten und haben im Rahmen ihrer Ausbildung einen „natürlichen“ Zugang zu nicht-invasiven Schnittbildverfahren. Aufgrund der Notwendigkeit eines profunden (patho-) physiologischen Wissens und der Einordnung der gewonnenen Befunde in einen breiten klinischen Kontext erscheint jedoch die aktive Einbindung des klinisch tätigen Kardiologen sinnvoll. Die Notwendigkeit eines integrativen Zugangs in der kardiovaskulären

Bildgebung wurde vor einigen Jahren in Österreich erkannt und hat zur Gründung einer interdisziplinären Arbeitsgruppe unter der Schirmherrschaft der österreichischen kardiologischen Gesellschaft (ÖKG) und der österreichischen Röntgengesellschaft (ÖRG) geführt, die durch Ausarbeitung konkreter Richtlinien betreffend Ausbildung und Qualitätssicherung zu einer verbesserten Nutzung des diagnostischen Potentials der kardialen MRT führen wird.

Literatur:

- Pennell DJ, Sechtem UP, Higgins CB, Manning WJ, Pohost GM, Rademakers FE, van Rossum AC, Shaw LJ, Yucel EK; Society for Cardiovascular Magnetic Resonance; Working Group on Cardiovascular Magnetic Resonance of the European Society of Cardiology. Clinical indications for cardiovascular magnetic resonance (CMR): Consensus Panel report. *Eur Heart J* 2004; 25: 1940–65.
- Mushlin AI, Ruchlin HS, Callahan MA. Cost effectiveness of diagnostic tests. *Lancet* 2001; 358: 1353–5.
- Guidelines for credentialing in cardiovascular magnetic resonance (CMR). Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) Clinical Practice Committee. *J Cardiovasc Magn Reson* 2000; 2: 233–4.
- Hundley WG, Morgan TM, Neagle CM, Hamilton CA, Rerkpattanapipat P, Link KM. Magnetic resonance imaging determination of cardiac prognosis. *Circulation* 2002; 106: 2328–33.
- Hoffmann U, Globits S, Stefanelli T, Loewer C, Kostner K, Frank H. The effects of ACE inhibitor therapy on left ventricular myocardial mass and diastolic filling in previously untreated hypertensive patients: a cine MRI study. *J Magn Reson Imaging* 2001; 14: 16–22.
- Nagel E, Lehmkühl HB, Bocksch W, Klein C, Vogel U, Frantz E, Ellmer A, Dreyse S, Fleck E. Noninvasive diagnosis of ischemia-induced wall motion abnormalities with the use of high-dose dobutamine stress MRI: comparison with dobutamine stress echocardiography. *Circulation* 1999; 99: 763–70.
- Hundley WG, Hamilton CA, Thomas MS, Herrington DM, Salido TB, Kitzman DW, Little WC, Link KM. Utility of fast cine magnetic resonance imaging and display for the detection of myocardial ischemia in patients not well suited for second harmonic stress echocardiography. *Circulation* 1999; 100: 1697–702.
- Kim RJ, Fiens DS, Parrish TB. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation* 1999; 100: 1992–2002.
- Al-Saadi N, Nagel E, Gross M, Bornstedt A, Schnackenburg B, Klein C, Klimek W, Oswald H, Fleck E. Noninvasive detection of myocardial ischemia from perfusion reserve based on cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2000; 101: 1379–83.
- Schwitzer J, Nanz D, Kneifel S, Bertschinger K, Buchi M, Knusel PR, Marincek B, Luscher TF, von Schulthess GK. Assessment of myocardial perfusion in coronary artery disease by magnetic resonance: a comparison with positron emission tomography and coronary angiography. *Circulation* 2001; 103: 2230–5.
- Panting JR, Gatehouse PD, Yang GZ, Grothues F, Firmin DN, Collins P, Pennell DJ. Abnormal subendocardial perfusion in cardiac syndrome X detected by cardiovascular magnetic resonance imaging. *N Engl J Med* 2002; 346: 1948–53.
- Kwong RY, Schussheim AE, Rehrhaj S, Aletas AH, Geller N, Davis J, Christian TF, Balaban RS, Arai AE. Detecting acute coronary syndrome in the emergency department with cardiac magnetic resonance imaging. *Circulation* 2003; 107: 531–7.
- Wu KC, Zerhouni EA, Judd RM, Lugo-Olivieri CH, Barouch LA, Schulman SP, Blumenthal RS, Lima JA. Prognostic significance of microvascular obstruction by magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 1998; 97: 765–72.
- McCrohon JA, Moon JC, Prasad SK, McKenna WJ, Lorenz CH, Coats AJ, Pennell DJ. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2003; 108: 54–9.
- Baer FM, Theissen P, Schneider CA, Voth E, Sechtem U, Schicha H, Erdmann E. Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dysfunctional myocardium after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol* 1998; 31: 1040–8.
- Sardanelli F, Molinari G, Petillo A, Ottonello C, Parodi RC, Masperone MA, Saitta S, Basso M, Caponnetto S. MRI in hypertrophic cardiomyopathy: a morphofunctional study. *J Comput Assist Tomogr* 1993; 17: 862–72.
- Jenni R, Oechslin E, Schneider J, Attenhofer Jost C, Kaufmann PA. Echocardiographic and pathoanatomical characteristics of isolated left ventricular noncompaction: a step towards classification as a distinct cardiomyopathy. *Heart* 2001; 86: 666–71.
- Masui T, Finck S, Higgins CB. Constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1992; 182: 369–73.
- Keller DI, Osswald S, Bremerich J, Bongartz G, Cron TA, Hiltl P, Pfisterer ME, Buser PT. Arrhythmogenic right ventricular dysplasia: diagnostic and prognostic value of cardiac MRI in relation to arrhythmia-free survival. *Int J Card Imaging* 2003; 19: 537–43.
- Globits S, Kreiner G, Frank H, Heinz G, Klaar U, Frey B, Gossinger H. Significance of morphological abnormalities detected by MRI in patients undergoing successful ablation of right ventricular outflow tract tachycardia. *Circulation* 1997; 96: 2633–40.
- Sechtem U, Tscholakoff D, Higgins CB. MRI of the abnormal pericardium. *Am J Roentgenol* 1986; 147: 239–44.
- Masui T, Finck S, Higgins CB. Constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy: evaluation with MR imaging. *Radiology* 1992; 182: 369–73.
- Lam KY, Dickens P, Chan AC. Tumors of the heart. A 20-year experience with a review of 12,485 consecutive autopsies. *Arch Pathol Lab Med* 1993; 117: 1027–31.
- Hoffmann U, Globits S, Schima W, Loewer C, Puig S, Oberhuber G, Frank H. Usefulness of magnetic resonance imaging of cardiac and paracardiac masses. *Am J Cardiol* 2003; 92: 890–5.
- Aurigemma G, Reichel N, Schiebler M, Axel L. Evaluation of aortic regurgitation by cardiac cine MRI: planar analysis and comparison to Doppler echocardiography. *Cardiology* 1991; 78: 340–7.
- Wagner S, Auffermann W, Buser P, Lim TH, Kircher B, Pflugfelder P, Higgins CB. Diagnostic accuracy and estimation of the severity of valvular regurgitation from the signal void on cine magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1989; 118: 760–7.
- Kondo C, Caputo GR, Semelka R, Foster E, Shimakawa A, Higgins CB. Right and left ventricular stroke volume measurements with velocity encoded cine MR imaging: in vitro

and in vivo validation. Am J Roentgenol 1991; 157: 9–16.

28. Nishimura F. Oblique cine MRI for the evaluation of aortic regurgitation: comparison with cineangiography. Clin Cardiol 1992; 15: 73–8.

29. Globits S, Frank H, Mayr H, Neuhold A, Glogar D. Quantitative assessment of aortic regurgitation by magnetic resonance imaging. Eur Heart J 1992; 13: 78–83.

30. Sondergaard L, Lindvig K, Hildebrandt P, Thomsen C, Stahlberg F, Joen T, Henriksen O. Quantification of aortic regurgitation by magnetic resonance velocity mapping. Am Heart J 1993; 125: 1081–90.

31. Fujita N, Chazouilleres AF, Hartiala JJ, O'Sullivan M, Heidenreich P, Kaplan JD, Sakuma H, Foster E, Caputo GR, Higgins CB. Quantification of mitral regurgitation by velocity-encoded cine nuclear magnetic resonance imaging. J Am Coll Cardiol 1994; 23: 951–8.

32. Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Stanger P, Dery R, Higashino SM, Higgins SS, Higgins CB. Evaluation of complex congenital ventricular anomalies with magnetic resonance imaging. Am Heart J 1990; 120: 133–42.

33. Hundley WG, Li HF, Lange RA, Pfeifer DP, Meshack BM, Willard JE, Landau C, Willett D, Hillis LD, Peshock RM. Assessment of left-to-right intracardiac shunting by velocity-en-

coded, phase-difference magnetic resonance imaging. A comparison with oximetric and indicator dilution techniques. Circulation 1995; 91: 2955–60.

34. Rebergen SA, Chin JG, Ottenkamp J, van der Wall EE, de Roos A. Pulmonary regurgitation in the late postoperative follow-up of tetralogy of Fallot. Volumetric quantitation by nuclear magnetic resonance velocity mapping. Circulation 1993; 88: 2257–66.

35. Sommer T, Fehske W, Holzkecht N, Smekal AV, Keller E, Lutterbey G, Kreft B, Kuhl C, Gieseke J, Abu-Ramadan D, Schild H. Aortic dissection: a comparative study of diagnosis with spiral CT, multiplanar transesophageal echocardiography, and MR imaging. Radiology 1996; 199: 347–52.

36. Fayad ZA, Nahar T, Fallon JT, Goldman M, Aguinaldo JG, Badimon JJ, Shinnar M, Chesebro JH, Fuster V. In vivo magnetic resonance evaluation of atherosclerotic plaques in the human thoracic aorta: a comparison with transesophageal echocardiography. Circulation 2000; 101: 2503–9.

37. Steffens JC, Bourne MW, Sakuma H, O'Sullivan M, Higgins CB. Quantification of collateral blood flow in coarctation of the aorta by velocity encoded cine magnetic resonance imaging. Circulation 1994; 90: 937–43.

■ Anhang 2

Standardbefund Herz-MRT

Vor- und Zuname:
 Untersuchungsdatum:
 Geb. Datum:
 Größe (cm)/Gewicht (kg)/BSA (m²):
 Untersuchungstechnik:
 Zuweisungsdiagnose:
 Fragestellung:
 Relevante anamnestische Angaben:
 Relevante Vorbefunde:

Morphologie (Spinecho Black Blood):

Größe des Cor in toto, Größe der einzelnen Herzhöhlen
 Abgang der großen arteriellen Gefäße, Mündung der zentralen Venen
 Beschreibung des Perikardspalts
 Beschreibung des epi- und parakardialen Fettgewebes
 Signalverhalten im Bereich der freien rechtsventrikulären Vorderwand, des Infundibulums und des rechtsventrikulären Ausflußtrakts
 Beschreibung von Pathologien

Funktion (Gradientenecho Bright Blood):

Globale Pumpfunktion beider Ventrikel
 Beschreibung regionaler Wandbewegungsstörungen

Quantitative Auswertung (tabellarisch):

Linksventrikuläre Wanddicke enddiastolisch (Septum, Vorderwand, lateral, Hinterwand)
 Durchmesser Vorhöfe/Ventrikel (längs und quer)
 Volumetrie beide Ventrikel (ml, absolut und Index bezogen auf BSA)
 Muskelmasse (g, absolut und Index auf BSA oder Gewicht)
 Blutflußmessung (QF) Aorta/Pulmonalarterie
 optional: Regurgitationsfraktion, Shuntfraktion

Streßperfusion mit pharmakologischer Belastung (z. B. Adenosin 140 µg/kg/Min. über 4 Minuten):

Kontrastmittelanflutung in sämtlichen Myokardabschnitten
 Beschreibung eines Perfusionsdefekts

Ruheperfusionsstudie:

Kontrastmittelanflutung in sämtlichen Myokardabschnitten
 Beschreibung eines Perfusionsdefekts

Vitalitätsstudie 10 bis 15 Min. nach Kontrastmittelapplikation (Gd-Derivat):

Pathologische Signalverstärkung im Bereich des linksventrikulären Myokards

ERGEBNIS (Zusammenfassung):

Optional: Empfehlung bezüglich Befundkonsequenz, Kontrolle, etc.

■ Anhang 1

Standardzuweisung Herz-MRT

Pat. Name:
 Vers. Nr./Geb. Datum:
 Diagnose:
 Fragestellung:
 Relevante Vorbefunde (in Kopie beiliegend):

Gewünschte Untersuchung

- Morphologie
- Funktion
- Vitalität
- Flußquantifizierung
- Koronararterien (Anomalie)

Fragestellung

- Herz und/oder Mediastinum
- Pulmonalgefäße und Aorta thoracalis
- Herzfunktion
- Thrombus/Myocarditis/Pericarditis
- Vitalität/Perfusionsstudie

Kontraindikationen

- Schwangerschaft
- Metallclips im Gehirn
- Schrittmacher, Defibrillator
- Implantierte Geräte (Insulinpumpe, Innenohrprothese)

Kontrastmittelallergie Jod Gadolinium

Datum Stempel und Unterschrift Zuweiser

dikt. Dr. vid. Dr.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

[Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD 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](#)