

Herausgeber

B. Hamm, Berlin
 G. Adam, Hamburg
 W. Heindel, Münster
 H. Schild, Bonn

C. D. Claussen, Tübingen (Bildessay,
 Brennpunkt)
 M. Forsting, Essen (Neuroradiologie)
 T. Helbich, Wien (Der interessante Fall)
 J. Lammer, Wien (Interventionelle
 Radiologie)
 G. Staatz, Mainz (Pädiatrische
 Radiologie)
 M. Wucherer, Nürnberg (Technik und
 Medizinphysik)

Unter Mitwirkung von

H. P. Busch, Trier
 F. Diekmann, Berlin
 J. Fiehler, Hamburg
 R. W. Günther, Aachen
 M. Gutberlet, Leipzig
 D. Hahn, Würzburg
 K. Hausegger, Klagenfurt
 M. Heller, Kiel
 C. J. Herold, Wien
 N. Hosten, Greifswald
 W. Hruby, Wien
 W. Jaschke, Innsbruck
 H.-U. Kauczor, Heidelberg
 K.-J. Klose, Marburg
 K.-J. Lackner, Köln
 M. Langer, Freiburg
 U. Mödder, Düsseldorf
 E. Rummeny, München
 K. Schwaiger, München
 W. Steinbrich, Basel
 T. J. Vogl, Frankfurt
 K.-J. Wolf, Berlin

Redaktionskomitee

T. Albrecht, Berlin
 P. Begemann, Düsseldorf
 J. Biederer, Kiel
 W. Buchberger, Innsbruck
 A. Bücker, Homburg/Saar
 G. Fürst, Düsseldorf
 R. Fischbach, Hamburg
 J. Grimm, New York
 P. Haage, Wuppertal
 C. R. Habermann, Hamburg
 A. Heuck, München
 M. Horger, Tübingen
 T. Jahnke, Kiel
 O. Jansen, Kiel
 C. Kuhl, Aachen
 V. Nicolas, Bochum
 C. Nolte-Ernsting, Mülheim/Ruhr
 G. Richter, Heidelberg
 S. G. Rühm, San Francisco
 O. Schäfer, Freiburg
 W. Schima, Wien
 T. Schmitz-Rode, Aachen
 W. Schreiber, Mainz
 H. Strunk, Bonn
 M. Taupitz, Berlin
 M. Uder, Erlangen
 M.-M. Uggowitzer, Graz
 D. Vorwerk, Ingolstadt
 C. Weber, Hamburg
 F. Wacker, Hannover
 H.-J. Wagner, Berlin
 U. Wedegärtner, Hamburg
 J. Wildberger, Maastricht

**Organ der Deutschen
Röntgenesellschaft****Organ der Österreichischen
Röntgenesellschaft****Verlag**

Georg Thieme Verlag KG
 Rüdigerstraße 14
 70469 Stuttgart
www.thieme.de/roefo
www.thieme-connect.de

Konsensusempfehlungen der DRG/DGK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomografie und Magnetresonanztomografie

Consensus recommendations of the German Radiology Society (DRG), the German Cardiac Society (DGK) and the German Society for Pediatric Cardiology (DGPK) on the Use of Cardiac Imaging with Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging

Autoren

S. Achenbach², J. Barkhausen¹, M. Beer¹, P. Beerbaum³, T. Dill², J. Eichhorn³, S. Fratz³, M. Gutberlet¹, M. Hoffmann¹, A. Huber², P. Hunold¹, C. Klein², G. Krombach¹, K.-F. Kreitner¹, T. Kühne³, J. Lotz¹, D. Maintz¹, H. Marholdt², N. Merkle², D. Messroghli², S. Miller¹, I. Paetsch², P. Radke², H. Steen², H. Thiele², S. Sarikouch³, R. Fischbach¹

¹ für die AG Herz- und Gefäßdiagnostik der Deutschen Röntgengesellschaft

² im Auftrag der Klinischen Kommission der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung

³ im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie

Zusammenfassung

Die kardiale Schnittbilddiagnostik mit der Magnetresonanztomografie (MRT) und der Computertomografie (CT) hat sich in der letzten Dekade technisch rasant weiterentwickelt. Diese Verbesserungen und die breite Verfügbarkeit moderner CT- und MRT-Systeme haben dazu geführt, dass beide Verfahren jetzt regelmäßig in der klinischen Routine eingesetzt werden. Dieses deutsche Konsensuspapier wurde daher gemeinsam von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung, der Deutschen Röntgengesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie erarbeitet und orientiert sich nicht an Modalitäten und Methoden, sondern gliedert sich nach großen Krankheitsgruppen. Behandelt werden die koronare Herzerkrankung, Kardiomyopathien, Herzrhythmusstörungen, Klappenvitien, Perikarderkrankungen, erworbene und strukturelle Veränderungen sowie angeborene Herzfehler. Für unterschiedliche klinische Szenarien werden die beiden Schnittbildmodalitäten CT und MRT vergleichend gegenübergestellt und beiden Methoden in einem kurzen Textfeld bewertet.

Abstract

Cardiac magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT) have been developed rapidly in the last decade. Technical improvements and broad availability of modern CT and MRI scanners have led to an increasing and regular use of both diagnostic methods in clinical routine. Therefore, this German consensus document has been developed in collaboration by the German Cardiac Society, German Radiology Society, and the German Society for Pediatric Cardiology. It is not oriented on modalities and methods, but rather on disease entities. This consensus document deals with coronary artery disease, cardiomyopathies, arrhythmias, valvular diseases, pericardial diseases and structural changes, as well as with congenital heart defects. For different clinical scenarios both imaging modalities CT and MRI are compared and evaluated in the specific context.

Dieses Konsensuspapier wurde in den Zeitschriften „Der Kardiologe“ 02/2012 und Röfo 04/2012 publiziert.

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0031-1299400>
 Online-Publikation: 2012
 Fortschr Röntgenstr 2012; 184: 345–368 © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York · ISSN 1438-9029

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. R. Fischbach
 Chefarzt, Radiologie, Neuroradiologie, und Nuklearmedizin, Asklepios Klinik Altona
 Paul-Ehrlich-Str.
 22763 Hamburg
 Tel.: ++ 49/40/18 18 81-18 11
 Fax: ++ 49/40/18 18 81-49 17
 r.fischbach@asklepios.com

Einleitung

Die kardiale Schnittbilddiagnostik mit der Magnetresonanztomografie (MRT) und der Computertomografie (CT) hat sich in der letzten Dekade technisch rasant weiterentwickelt. In der CT sind in erster Linie eine Erhöhung der Anzahl der Detektorzeilen und damit eine größere Abdeckung sowie eine Verkürzung der Rotationszeiten zu nennen. In der MRT gab es zahlreiche neue Sequenzentwicklungen, die die Bildqualität deutlich verbessert haben, und auch der Einsatz von 3-Tesla-Systemen liefert bei einigen Anwendungen

klare Vorteile. Neben der Bildqualität konnte auch die Robustheit der Verfahren deutlich verbessert werden, sodass jetzt auch bei schwierigen Untersuchungsbedingungen zuverlässig diagnostische Bilder erzeugt werden können.

Die beschriebenen Verbesserungen und die breite Verfügbarkeit moderner CT- und MRT-Systeme haben dazu geführt, dass beide Verfahren jetzt regelmäßig von Radiologen und Kardiologen in der klinischen Routine eingesetzt werden. Dieses Konsensuspapier wurde daher gemeinsam von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung, der Deutschen

Röntgengesellschaft und der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie erarbeitet.

Organisation des Redaktionskomitees

Nach einem konstituierenden Treffen von Vertretern der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung und der Deutschen Röntgengesellschaft im Dezember 2008 wurden von beiden Fachgesellschaften Experten in der kardialen Schnittbilddiagnostik in das Redaktionskomitee entsandt. Um auch das Thema angeborene Herzfehler umfassend darzustellen, wurde das Redaktionskomitee anschließend durch Vertreter der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie ergänzt. Das Dokument wurde jeweils in Kleingruppen, in denen immer Kardiologen und Radiologen vertreten waren, erarbeitet und dann im Umlaufverfahren sowie bei einem Treffen im Frühjahr 2010 im gesamten Redaktionskomitee diskutiert. Die vorliegenden Konsensusempfehlungen wurden von der Deutschen Röntgengesellschaft, der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung und der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie erarbeitet und genehmigt.

Struktur der Empfehlungen

Die Struktur der Empfehlungen unterscheidet sich von den bisherigen deutsch- und englischsprachigen Publikationen zu diesem Thema. Die aktuelle Konsensusempfehlung orientiert sich nicht an Modalitäten und Methoden, sondern gliedert sich nach großen Krankheitsgruppen. Behandelt werden die koronare Herzerkrankung, Kardiomyopathien, Herzrhythmusstörungen, Klappenvitien, Perikarderkrankungen, erworbene und strukturelle Veränderungen sowie angeborene Herzfehler. Für unterschiedliche klinische Szenarien (asymptomatische Patienten, symptomatische Patienten, Zustand nach Therapie) werden dann die beiden Schnittbildmodalitäten CT und MRT vergleichend gegenübergestellt. Für jedes klinische Szenario wird die Aussagekraft der kardialen CT- und MRT-Diagnostik in einem kurzen Textfeld bewertet. Ergänzt wird diese Bewertung durch eine Zusammenstellung der wichtigsten Literaturstellen zum Thema. Die Indikation wurde anschließend im Redaktionskomitee im Konsensverfahren auf einer 5-stufigen Skala bewertet. Dabei entspricht:

I1 Zuverlässig einsetzbar und anderen Verfahren überlegen

I2 Diagnostische Genauigkeit vergleichbar mit anderen Verfahren

I3 Einsatz technisch möglich und validiert, Indikation aber nur in Einzelfällen gegeben

U unklare Indikation, keine oder nicht kongruente Studienergebnisse

K keine Indikation

Falls keine aussagekräftigen Studien zu einzelnen Fragestellungen bzw. klinischen Szenarien vorlagen, entspricht die Empfehlung der Expertenmeinung des Redaktionskomitees.

Gliederung

1. Koronare Herzerkrankung
 - 1.1. Asymptomatische Individuen – Risikoabschätzung
 - 1.2. Symptomatische Patienten – Nachweis von Stenosen
 - 1.3. Bekannte Koronare Herzerkrankung – Therapieplanung
 - 1.4. Status nach Koronarrevaskularisation – asymptomatisch
 - 1.5. Status nach Koronarrevaskularisation – symptomatisch
2. Myokarderkrankungen
 - 2.1. Kardial asymptomatische Individuen
 - 2.2. Kardial symptomatische Individuen
 - 2.3. Bekannte Myokarderkrankung – Therapieplanung
 - 2.4. Status nach Behandlung einer Myokarderkrankung – asymptomatisch
 - 2.5. Status nach Behandlung einer Myokarderkrankung – symptomatisch
3. Herzrhythmusstörungen
 - 3.1. Asymptomatische Individuen
 - 3.2. Symptomatische Individuen
 - 3.3. Bekannte Arrhythmie – Therapieplanung
 - 3.4. Status nach Behandlung einer Rhythmusstörung – asymptomatisch
 - 3.5. Status nach Behandlung einer Rhythmusstörung – symptomatisch
4. Klappenvitien
 - 4.1. Asymptomatische Individuen
 - 4.2. Symptomatische Individuen – Nachweis einer Herzklappenerkrankung
 - 4.3. Bekannte Herzklappenerkrankung – Therapieplanung
 - 4.4. Status nach Klappenersatz/-intervention – asymptomatisch
 - 4.5. Status nach Klappenersatz/-intervention – symptomatisch
5. Perikarderkrankungen
 - 5.1. Asymptomatische Individuen
 - 5.2. Symptomatische Individuen
 - 5.3. Bekannte Perikarderkrankung – Therapieplanung
 - 5.4. Status nach Perikarderkrankung – asymptomatisch
 - 5.5. Status nach Perikarderkrankung – symptomatisch
6. Raumforderungen und Implantate (Erworbene strukturelle Veränderung am Herzen)
 - 6.1. Asymptomatische Individuen
 - 6.2. Symptomatische Individuen
 - 6.3. Erworbene strukturelle Veränderung am Herzen – Therapieplanung
 - 6.4. Z. n. Therapie einer erworbenen strukturellen Veränderung am Herzen – asymptomatisch
 - 6.5. Z. n. Therapie einer erworbenen strukturellen Veränderung am Herzen – symptomatisch
7. Angeborene Herzerkrankungen
 - 7.1. Asymptomatische Individuen
 - 7.2. Symptomatische Individuen/Therapieplanung
 - 7.3. Z. n. Therapie einer erworbenen strukturellen Herzerkrankung (symptomatisch/asymptomatisch)

Tab. 1

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
1. Koronare Herzerkrankung		
1.1. Risikoabschätzung asymptomatischer Individuen		
1.1.1. Screening	K Keine Indikation zur MRT	K Keine Indikation zur CT
1.1.2. Stratifizierung nach Bestimmung der Risikofaktoren	K Keine Indikation zur MRT	I3 Indikation zum koronaren Kalknachweis mittels Computertomografie als mögliche weitere Risikostratifikation bei Patienten mit einem intermediären KHK-Risiko (10 – 20 % Ereignisrisiko in den nächsten 10 Jahren gemäß Framingham). Zahlreiche Studien zur prognostischen Bedeutung des Koronarkalknachweises mittels Computertomografie und zur Überlegenheit im Vergleich zu traditionellen Risikofaktoren. [1 – 7]. K Keine Indikation zum Kalknachweis bei hohem oder niedrigem KHK-Risiko. K Keine Indikation zur CT-Angiografie der Koronararterien.
1.1.3. Risikostratifizierung vor nicht koronarer Herzoperation zum Ausschluss von Koronarstenosen	U Ein Ischämienachweis mittels Stress-MR liefert prognostische Informationen. Es liegen keine spezifischen Daten zu dieser Patientenpopulation vor.	I2 Wenn klinisch erforderlich, kann die CT-Angiografie der Koronararterien Koronarstenosen vor nicht koronarer Herzoperationen ausschließen. Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CT-Angiografie bei niedriger Vortestwahrscheinlichkeit und zur diagnostischen Aussagekraft der CT-Angiografie bei Patienten vor nicht koronarer Herzoperation liegen vor. [8 – 12].
1.1.4. Risikostratifizierung vor nicht kardialer Operation	I3 Die Dobutamin-Stress MR kann zur präoperativen Risikostratifizierung eingesetzt werden. [13, 14].	K Keine Indikation zur CT.
1.2. Nachweis signifikanter Stenosen bei symptomatischen Patienten		
1.2.1. Stabile Angina Pectoris		
1.2.1.1. Erstdiagnostik	I2 Pharmakologische MR- Belastungsuntersuchung (Adenosin/ Dobutamin) zum Ausschluss ischämie-relevanter Koronarstenosen bei intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit, wenn ansonsten eine invasive Koronarangiografie erforderlich wäre (z. B. Ischämietest nicht möglich oder unzureichende Aussagekraft der Echokardiografie). MRT der Single-Photonen-Emissions-Computertomografie in der Ischämiediagnostik überlegen. Keine Indikation für MR-Koronarangiografie. [15 – 24].	I2 CT-Angiografie zum Ausschluss von Koronararterienstenosen bei intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit, wenn ansonsten eine invasive Koronarangiografie erforderlich wäre (z. B. Ischämietest nicht möglich). Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CT-Angiografie bei niedriger bis mittlerer Vortestwahrscheinlichkeit, Nachweis einer sehr niedrigen klinischen Ereignisrate nach Ausschluss von Koronararterienstenosen mittels CT-Angiografie. [8 – 10, 25 – 33].
1.2.1.2. Nach Ischämienachweis	K Bei validem Ischämienachweis im Vortest liefert die MR-Belastungsuntersuchung keine Zusatzinformationen. Keine Indikation für MR-Koronarangiografie. [34].	I3 CT-Angiografie zum Ausschluss von Koronararterienstenosen, wenn der Ischämienachweis unklar bleibt oder im Widerspruch zur klinischen Einschätzung steht. Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CT-Angiografie, Nachweis einer niedrigen klinischen Ereignisrate nach Ausschluss von Koronararterienstenosen mittels CT-Angiografie auch bei Patienten mit pathologischem Ischämienachweis. [8 – 10, 25, 32, 33, 35 – 37].

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
1.2.2. Akutes Koronarsyndrom 1.2.2.1. Instabile Angina/Thoraxschmerz ohne EKG-Veränderungen und ohne Troponin-Anstieg	I3 In der Akutphase, bei Beschwerdepersistenz oder Hochrisikokonstellation für KHK keine MR-Indikation. Pharmakologische MR-Belastungsuntersuchung (Adenosin/Dobutamin) zum Ausschluss ischämierrelevanter Koronarstenosen bei stabilisierten Patienten ohne Hochrisikokonstellation. Keine Indikation für MR-Koronarangiografie. [15, 21 – 24, 38 – 40].	I2 CT-Angiografie zum Ausschluss von Koronararterienstenosen bei klinisch niedriger bis intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines akuten Koronarsyndroms geeignet. [25, 41 – 48].
1.2.2.2. NSTEMI	I2 Bei Verdacht auf NSTEMI MRT ggf. zur Differenzialdiagnose (Myokarditis, Takotsubo). [49 – 53]. U Risikostratifizierung (Infarktausmaß, Ödem, mikrovaskuläre Obstruktion). [54, 55].	I3 Bei Verdacht auf NSTEMI ggf. CT zum Ausschluss von Koronarstenosen indiziert. [25, 41 – 48].
1.2.2.3. STEMI	I3 In der Frühphase nach STEMI ggf. MRT zur Risikostratifizierung (Infarktausmaß, mikrovaskuläre Obstruktion, Myocardial Salvage) [56 – 65].	K Keine Indikation zur CT.
1.2.2.4. Differenzialdiagnose des akuten Koronarsyndroms 1.2.2.4.1. Myokarditis	I1 Nach Ausschluss eines ACS ist die MRT die bildgebende Methode der ersten Wahl zum Nachweis/Ausschluss einer Myokarditis als Differenzialdiagnose des ACS (siehe auch 2.2.2.5). [52, 53, 66].	U Ggf. CT-Angiografie zum Ausschluss von Koronararterienstenosen.
1.2.2.4.2. Aortendissektion	I2 MRA zum Nachweis/Ausschluss einer Aortendissektion in der Akutphase diagnostisch gleichwertig mit der CT. Aufgrund der längeren Untersuchungsdauer und der schlechteren Überwachungsmöglichkeiten nur für stabile Patienten geeignet. In der chronischen Phase Indikation zur Verlaufsbeurteilung und Therapieplanung als Alternative zur CT. [67, 68].	I1 CT-Angiografie ist die Methode der Wahl. [68 – 70].
1.2.2.4.3. Lungenarterienembolie	I3 MR-Angiografie ist prinzipiell zum Nachweis einer Lungenarterienembolie geeignet. Aufgrund der längeren Untersuchungsdauer und der schlechteren Überwachungsmöglichkeiten nur für stabile Patienten geeignet. In der chronischen Phase kann die MRA zur Verlaufsbeurteilung und Therapieplanung als Alternative zur CT eingesetzt werden. [71, 72].	I1 CT-Angiografie ist die Methode der Wahl. [73, 74].
1.3. Bekannte koronare Herzerkrankung – Therapieplanung		
1.3.1. Ischämiediagnostik: Patient mit Koronarstenose unklarer Relevanz	I2 Die Adenosin Stress-Perfusion kann funktionell signifikante Stenosen mit hoher Genauigkeit identifizieren. Prognostische Daten liegen vor. I2 Die Dobutamin-Stress-Wandbewegungsanalyse kann funktionell signifikante Stenosen mit hoher Genauigkeit identifizieren. Prognostische Daten liegen vor. [19, 20 – 24, 75 – 82].	K Keine Indikation zur CT.

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
1.3.2. Vitalität	Die MRT ermöglicht bei Patienten mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit einer Funktionsverbesserung nach Revaskularisation. I1 „Delayed Enhancement Imaging“ ist die bevorzugte Methode zur Vitalitätsdiagnostik. I2 Low-dose-Wandbewegungsstress mit Dobutamin kann zur funktionellen Vitalitätsbestimmung eingesetzt werden. I3 Bei Patienten mit intermediärer Transmuralität des Delayed Enhancement erbringt die Kombination der beiden Methoden zusätzliche Information. [83 – 92].	K Keine Indikation zur CT.
1.3.3. Durchführungsplanung der operativen oder interventionellen Revaskularisation	K Keine Indikation zur MR-Angiografie für die technische Planung der Revaskularisation.	I3 Indikation zur CT-Angiografie zur Planung der interventionellen Rekanalisation von chronischen Verschlüssen der Koronararterien, Indikation zur CT-Angiografie der Anatomie aortokoronarer Bypassgefäße vor Re-Operation. Mehrere Studien zur Aussagekraft der CT-Angiografie bezüglich des Erfolgs einer interventionellen Revaskularisation chronischer Koronararterienverschlüsse, Studien zum Nutzen der Darstellung der Anatomie von Bypassgefäßen bei der Planung kardialer Reoperationen. [93 – 98].
1.4. Status nach Koronarrevaskularisation – asymptomatisch		
1.4.1. Status nach PCI	U Die MRT-Ischämiediagnostik kann zur Prognoseeinschätzung eingesetzt werden. [19, 20 – 24, 75 – 82]. K Die MR-Angiografie zur Darstellung der Koronararterien ist nicht sinnvoll. [75, 76, 99 – 104].	K Keine Indikation zur CT.
1.4.2. Status nach aortokoronarem Bypass	U Die MRT-Ischämiediagnostik kann zur Prognoseeinschätzung eingesetzt werden. Keine Daten. K Die MR-Angiografie zur Darstellung der Bypässe und der Koronararterien ist nicht sinnvoll. Keine Daten.	K Keine Indikation zur CT.
1.5. Status nach Koronarrevaskularisation – symptomatisch		
1.5.1. Status nach PCI	I1 MRT mit Perfusion in Kombination mit Delayed Enhancement mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung. [105]. I1 Indikation zur Dobutamin-Stress-MRT mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung. [19, 20 – 24, 75 – 82]. K Die MR-Angiografie Zur Darstellung der Koronargefäße ist nicht sinnvoll. [102 – 104, 106, 107]. [18 – 20, 75, 77, 108 – 118].	U In bisherigen Studien ist die CT-Angiografie zur Beurteilung von Restenosen in Koronarstents nicht ausreichend zuverlässig.

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
1.5.2. Status nach aortokoronarem Bypass	<p>I1 MRT mit Perfusion in Kombination mit Delayed Enhancement mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung. [77, 91, 105, 108, 110, 112].</p> <p>I2 Indikation zur Dobutamin-Stress-MRT mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung. [18, 75, 116, 118].</p> <p>I3 Direkte Darstellung der Bypässe bei der Frage Bypassverschluss oder Bypassstenose. MRT in der Genauigkeit der Bypassdarstellung der CT unterlegen. [119 – 126].</p>	<p>I3 Indikation zur CT-Angiografie, wenn lediglich der Nachweis der Bypass-Offenheit erforderlich ist (z. B. Bypass in der invasiven Angiografie nicht darstellbar). Die Darstellung der nativen Koronargefäße ist nicht indiziert. Zahlreiche Studien zur hohen Sensitivität und Spezifität der CT-Angiografie bezüglich des Nachweises von Verschlüssen und Stenosen von aortokoronaren Bypassgefäßen. [127 – 131].</p>
1.6. Koronararterielle Anomalien	<p>I2 MR-Koronarangiografie ist eine der Methoden der Wahl. [132 – 135].</p>	<p>I1 CT-Angiografie ist eine der Methoden der Wahl. Zahlreiche Studien zur Wertigkeit der CT-Angiografie für die Charakterisierung von Koronaranomalien. [136 – 140].</p>
2. Myokarderkrankungen		
2.1. Kardial asymptomatische Individuen		
2.1.1. Kardiale Beteiligung bei Systemerkrankungen (z. B. Sarkoidose; Amyloidose; Hämochromatose; Sklerodermie)	<p>I1 Indikation zur Klärung der Myokardbeteiligung. Bestimmung der ventrikulären Funktion, Myokardmasse. [141 – 149].</p>	<p>K Keine Indikation zur CT.</p>
2.1.2. Myokarditis	<p>I1 Nachweis von entzündungsbedingten Myokardveränderungen, Bestimmung der ventrikulären Funktion, Differenzialdiagnosen. [51, 150].</p>	<p>K Keine Indikation zur CT.</p>
2.2. Kardial symptomatische Individuen		
2.2.1 Untersuchung der links- und rechtsventrikulären Funktion	<p>I1 Die MRT wird als Referenzmethode für die Untersuchung der links- und rechtsventrikulären Funktion angesehen. [148, 149].</p>	<p>K Keine Indikation zur CT.</p>
2.2.2. Nachweis und Differenzialdiagnose einer Kardiomyopathie oder entzündlichen Herzerkrankung	<p>I1 Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme). [151 – 153].</p>	<p>U Indikation zur CT-Angiografie als Alternative zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage (Myokardhypertrophie und Funktion) liefern. Zahlreiche Studien belegen eine exzellente Übereinstimmung der CT-Funktionsanalyse mit MRT, Echokardiografie und SPECT. [154 – 158].</p>
2.2.2.1. Hypertrophe Kardiomyopathie	<p>I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme). [159, 160].</p>	<p>U 2.2.2.</p>
2.2.2.2. Dilatative Kardiomyopathie	<p>I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. Nachweis oder Ausschluss von LV-Thromben. Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme). [161 – 163].</p>	<p>U 2.2.2.</p>

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
2.2.2.3. Restriktive Kardiomyopathie	I1 Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. Abgrenzung gegenüber der Pericarditis constrictiva durch die Perikardbeurteilung. Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme). [164 – 167].	U 2.2.2.
2.2.2.4. Non-Compaction-Kardiomyopathie	I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. [168, 169].	U 2.2.2.
2.2.2.5. Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie (ARVC)	I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. [170, 171].	U 2.2.2.
2.2.2.6. Takotsubo-Kardiomyopathie	I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. [50, 66, 172].	K Keine Indikation zur CT.
2.2.2.7. Myokarditis	I1 Methode der Wahl. Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrads der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter, insbesondere aber auch anhand der fokalen T2-Signalintensität und Kontrastmittelaufnahme. [173 – 177].	K Keine Indikation zur CT.
2.2.2.8. Löffler-Endokarditis und andere nicht bakterielle Endokarditiden	I1 Bei Embolisierungen im Rahmen einer entzündlichen Endokarderkrankung sollte ein MRT durchgeführt werden. Diese dient einerseits dem Nachweis von Thromben und dem direkten Nachweis inflammatorischer Endokardregionen. [178].	K Keine Indikation zur CT.
2.2.2.9. Nachweis von anderen Myokarderkrankungen	I3 MRT gilt neben der Myokardbiopsie als Referenzstandard zum Nachweis struktureller Myokardveränderungen. [179, 180].	K Keine Indikation zur CT.
2.3. Bekannte Myokarderkrankung – Therapieplanung		
2.3.1. Darstellung der Koronarvenen vor Implantation biventrikulärer Schrittmacher	U Derzeit keine validen Daten. 181, 182].	I1 Indikation zur CT-Angiografie als Methode der Wahl. [183 – 187].
2.3.2. Darstellung von Narbengewebe vor CRT	I1 Ausmaß und Lokalisation der Narbe kann Vorhersage für Response nach CRT geben. [188 – 192].	U Es liegen keine Daten vor.
2.3.3. Nachweis einer Dyssynchronie	I3 Indikation zur MRT als Alternative zur Echokardiografie. [193 – 195].	U Indikation zur CT-Angiografie als Alternative zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie für die Darstellung der LV-Funktion und Dyssynchronie – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. Ggf. Kombination mit der Darstellung von Koronarvenen zur Identifikation des Zielgefäßes. [196].

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
2.4. Status nach Behandlung einer Myokarderkrankung – asymptomatisch	I2 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Verlaufskontrolle morphologischer und funktioneller Parameter in Abhängigkeit von der klinischen Konsequenz. Prognostischer Stellenwert der Untersuchung (Funktionsparameter, Kontrastmittelaufnahme). [172, 197, 198].	K Keine Indikation zur CT.
2.5. Status nach Behandlung einer Myokarderkrankung – symptomatisch	I2 Verlaufskontrolle morphologischer und funktioneller Parameter in Abhängigkeit von der klinischen Konsequenz. Prognostischer Stellenwert der Untersuchung (Funktionsparameter, Kontrastmittelaufnahme). [153].	U Indikation zur CT des Herzens als Alternative zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern.
3. Herzrhythmusstörungen		
3.1. Asymptomatische Individuen	K Keine Indikation zur MRT.	K Keine Indikation zur CT.
3.2. Symptomatische Individuen	I2 Indikation zur kardialen MRT bei Patienten ohne klare Diagnose nach Abschluss der Basisdiagnostik. Zahlreiche Studien belegen die Bedeutung der MRT zum Nachweis struktureller Herzerkrankungen. [170, 199, 200].	K Keine Indikation zur CT.
3.3. Bekannte Rhythmusstörung – Therapieplanung		
3.3.1. Anatomische Referenz vor Ablation	I3 Einige aktuelle Studien belegen die Möglichkeiten der MRT zur anatomischen Venen- und Vorhofdarstellung vor Ablation. [201 – 203].	I2 CT zur Darstellung der Anatomie von Vorhöfen und Pulmonalvenen. Mehrere Studien bestätigen die Wertigkeit der CT als anatomische Referenz mit und ohne Bildfusion in der Intervention. [204 – 208].
3.4. Status nach Behandlung einer Rhythmusstörung – asymptomatisch	K Keine Indikation zur MRT.	K Keine Indikation zur CT.
3.5. Status nach Behandlung einer Rhythmusstörung – symptomatisch		
3.5.1. Pulmonalvenenstenose nach Ablation	I2 MR-Angiografie ist geeignet zur Darstellung der Pulmonalvenen und zur Detektion von Pulmonalvenenstenosen nach Katheterablation. [201, 209 – 213].	I2 CT-Angiografie ist geeignet zur Darstellung der Pulmonalvenen und zur Detektion von Pulmonalvenenstenosen nach Katheterablation. [214, 215].
4. Klappenvitien		
4.1. Asymptomatische Individuen		
4.1.1 Screening	K Keine Indikation zur MRT.	K Keine Indikation zur CT.
4.2. Nachweis einer Herzklappenerkrankung bei symptomatischen Patienten		
4.2.1. Klappenstenose und -insuffizienz		
4.2.1.1. Aortenklappenstenose	I3 MRT ist Alternative zu TTE/TEE. Planimetrie der Öffnungsfläche meistens gut möglich. [216, 217].	I3 Planimetrie der Klappenöffnungsfläche mittels CT-Angiografie als Alternative zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie möglich – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. [218 – 221].
4.2.1.2. Aortenklappeninsuffizienz	I2 MRT ermöglicht die Quantifizierung des Regurgitationsvolumens mittels Flussmessung. MRT ermöglicht außerdem eine Beurteilung einer möglichen konsekutiven LV-Vergrößerung und eine exakte Quantifizierung der LV Funktion. [202 – 225].	K Keine Indikation zur CT.

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
4.2.1.3. Mitralklappenstenose	I3 Ergänzend zur Echokardiografie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden. [226].	K Keine Indikation zur CT.
4.2.1.4. Mitralklappeninsuffizienz	I3 Ergänzend zur Echokardiografie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden. [222, 223, 227].	K Keine Indikation zur CT.
4.2.1.5. Pulmonalklappenstenose	I2 Ergänzend zur Echokardiografie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden. [228, 229].	K Keine Indikation zur CT.
4.2.1.6. Pulmonalklappeninsuffizienz	I1 Ergänzend zur Echokardiografie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden. [230, 231].	K Keine Indikation zur CT.
4.2.1.7. Trikuspidalklappe	I2 Ergänzend zur Echokardiografie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden. Sehr gute Beurteilung der Morphologie und anatomischer Varianten, z. B. Ebstein-Anomalie. [232].	K Keine Indikation zur CT.
4.2.2. Endokarditis		
4.2.2.1. Nativklappen	K Vegetationen sind nicht sicher zu erkennen. U Wenn klinisch erforderlich, kann die MRT zur Diagnostik eines paravalvulären Abszesses eingesetzt werden. [233].	K Vegetationen sind nicht sicher zu erkennen. I3 Wenn erforderlich, kann die CT mit hoher Genauigkeit zur Diagnostik eines paravalvulären Abszesses eingesetzt werden. [234, 235].
4.2.2.2. Klappenprothesen	K Vegetationen sind nicht sicher zu erkennen. U Wenn klinisch erforderlich, kann die MRT zur Diagnostik einer paravalvulären Leckage/eines Abszesses eingesetzt werden. [236].	K Vegetationen sind nicht sicher zu erkennen. I3 Wenn erforderlich, kann die CT mit hoher Genauigkeit zur Diagnostik eines paravalvulären Abszesses eingesetzt werden. [234, 235].
4.3. Bekannte Herzklappenerkrankung – Therapieplanung		
4.3.1. Ausschluss Koronarstenosen	K Keine Indikation zur MRT.	I2 Wenn klinisch erforderlich, kann die CT-Angiografie der Koronararterien Koronarstenosen vor nicht koronaren Herzoperationen ausschließen. Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CT-Angiografie bei niedriger Vortest-Wahrscheinlichkeit und auch bei Patienten vor nicht koronarer kardialer Operation. [11, 12, 237].
4.3.2. Planung des operativen Klappenersatzes	K Keine Daten.	U CT in Einzelfällen mit spezieller Fragestellung gerechtfertigt, z. B. Ausmaß der Verkalkung der Aorta ascendens.
4.3.3. Planung perkutaner Klappeninterventionen		
4.3.3.1. Aortenklappe	U Die MRT mit der Möglichkeit der 3-D-Darstellung ermöglicht die Vermessung des Bulbus und Beurteilung der Aorta im ges. Verlauf, inkl. des peripheren Zugangswegs. [238].	I1 CT-Angiografie ist Methode der Wahl. Mehrere Single-Center-Studien zur Wertigkeit der CT zur Planung und Kontrolle des perkutanen Aortenklappenersatzes. [235, 239, 240].
4.3.3.2. Mitralklappe	U Die MRT erlaubt die anatomische Darstellung der Mitralklappe und Quantifizierung der Insuffizienz. [241].	U Die CT erlaubt die Darstellung der Anatomie und Geometrie der Mitralklappe. [242].

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
4.4. Status nach Behandlung einer Herzklappenerkrankung – asymptomatisch	K Keine Indikation zur MRT.	K Keine Indikation zur CT.
4.5. Status nach Behandlung einer Herzklappenerkrankung – symptomatisch		
4.5.1 Klappenfunktion	U Planimetrie der Klappenöffnungsfläche von Bioprothesen mittels MRT möglich, wenn die Echokardiografie nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefert.	U Planimetrie der Klappenöffnungsfläche mittels CT-Angiografie bei Bioprothesen als Alternative zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie möglich – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern.
4.5.2 Leckagen, Abszesse	U Wenn klinisch erforderlich kann die MRT zur Diagnostik einer paravalvulären Leckage/eines Abszesses eingesetzt werden. [233, 236].	I3 Die CT kann mit hoher Genauigkeit zur Diagnostik einer paravalvulären Leckage/eines Abszesses eingesetzt werden. [234, 235].
5. Perikarderkrankungen		
5.1. Asymptomatische Individuen	K Keine Indikation zur MRT.	K Keine Indikation zur CT.
5.2. Ausschluss/Nachweis einer Perikarderkrankung bei symptomatischen Individuen		
5.2.1. Perikarderguss	I3 Das Ausmaß eines Perikardergusses, mögliche Ursachen und die funktionelle Relevanz können bestimmt werden. [243, 244].	I3 Das Ausmaß eines Perikardergusses kann zuverlässig bestimmt werden. Die Unterscheidung von hämorrhagischen und serösen Ergüssen ist möglich. [245].
5.2.2. Perikarditis	I1 Eine perikardiale Entzündung und ggf. eine myokardiale Mitreaktion können mit der MRT zuverlässig dargestellt werden. [246 – 249].	K Keine Indikation zur CT.
5.2.3. Pericarditis constrictiva	I2 Die MRT ermöglicht die direkte Beurteilung des Perikards und die umfassende Beurteilung der rechts- und linksventrikulären Funktion. Differenzialdiagnose zur restriktiven Kardiomyopathie. [164, 165, 250 – 253].	I2 Gute Methode zur Darstellung von Perikardverkalzung. Mögliche Methode zum Nachweis einer Verdickung des Perikards. [254, 255].
5.3. Perikarderkrankung – Therapieplanung		
5.3.1. Ausschluss von begleitenden Koronarstenosen	K Keine Indikation zur MRT.	U Wenn klinisch erforderlich, kann die CT-Angiografie der Koronararterien Koronarstenosen vor nicht koronaren Herzoperationen ausschließen.
5.3.2. Operationsplanung zur Perikardektomie	K Keine Indikation zur MRT.	I3 Indikation zur CT für die Abbildung des verkalkten Perikards, zur Erleichterung der Resektions- und Zugangsplanung. [254, 256, 257].
5.4. Status nach Therapie einer Perikarderkrankung – asymptomatisch	I3 Nach der operativen Behandlung einer Perikarderkrankung ermöglicht die MRT die Beurteilung der Funktionsverbesserung und den Ausschluss eines Rezidivs nach Tumorresektionen. [258 – 260].	K Keine Indikation zur CT.
5.5. Status nach Therapie einer Perikarderkrankung – symptomatisch	I1 Nach der operativen Behandlung einer Perikarderkrankung ermöglicht die MRT die Beurteilung der Funktionsverbesserung und den Ausschluss eines Rezidivs nach Tumorresektionen. [258 – 264].	I3 Im Einzelfall zur Beurteilung des Resektionsergebnisses.

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
6. Raumforderungen & Implantate (Erworbene strukturelle Veränderung am Herzen)		
6.1. Asymptomatische Individuen		
6.1.1. Infiltration des Herzens bei Malignomen benachbarter Strukturen	I1 Zuverlässige Beurteilung einer Infiltration von Perikard oder Myokard. [265 – 269].	I3 Indikation zur CT als Alternative und Ergänzung zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. [270 – 273].
6.1.2. Kardiale Implantate		
6.1.2.1. Lage von Schrittmacher/ICD-Elektroden	K Keine Indikation zur MRT.	K Keine Indikation zur CT.
6.1.2.2. Sonstige Implantate	K Keine Indikation zur MRT. (s. 6.2.3.2).	K Keine Indikation zur CT.
6.2. Symptomatische Individuen		
6.2.1. Kardiale Raumforderung als Emboliequelle		
6.2.1.1. Vorhofthromben	U Die MRT erlaubt den Nachweis von Vorhofthromben, die Aussagekraft ist eingeschränkt (Vorhofuhr). [273, 274].	I3 CT (2 Phasen) bei Kontraindikationen oder unklarer Aussage der TEE. Mehrere Studien zeigen hohe Sensitivität, aber eingeschränkte Spezifität zur Detektion von linksatrialen Thromben durch CT. [275 – 279].
6.2.1.2. Ventrikeltromben	I1 Die MRT ist der Echokardiografie beim Nachweis ventrikulärer Thromben überlegen. Vorteile bestehen im Nachweis apikaler oder kleiner wandständiger Thromben. [280 – 284].	I3 Indikation zur CT als Alternative zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern.
6.2.1.3. Kardiale Tumoren	I1 Die MRT erlaubt die zuverlässige Darstellung und Differenzierung von Tumoren. Eingeschränkte Aussagekraft bei Tumoren der Herzklappen. [270, 272, 285 – 288].	I3 Indikation zur CT als Alternative und als Ergänzung zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. [270 – 273].
6.2.2. Abklärung echokardiografisch nachgewiesener Raumforderungen	I1 Die MRT liefert wertvolle Zusatzinformationen bezüglich Größenausdehnung, topografischen und anatomischen Beziehungen, Gewebecharakterisierung und zur möglichen Differenzierung zwischen benignen und malignen Prozessen. [266, 272, 287, 288].	I3 Indikation zur CT als Alternative und als Ergänzung zur Magnetresonanztomografie, wenn diese nicht möglich ist oder nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefert. [270 – 272].
6.2.3. Verdacht auf Dislokation oder Fehlfunktion von kardialen Implantaten		
6.2.3.1. Lage von Schrittmacher/ICD Elektroden	K Keine Indikation zur MRT.	I1 CT als Ergänzung zur konventionellen Röntgendiagnostik. Zwei Studien zeigen die Überlegenheit der CT gegenüber anderen verfügbaren Bildgebungsmodalitäten für diese Fragestellung. [289, 290].
6.2.3.2. PFO/ASD Okkluder	U Beurteilung des Restshunts möglich. [291 – 295].	U CT als Ergänzung zur konventionellen Röntgendiagnostik.
6.2.3.3. Klappenprothesen	K Keine Indikation zur MRT.	U CT als Ergänzung zur konventionellen Röntgendiagnostik.
6.3. Bekannte erworbene strukturelle Veränderungen am Herzen – Therapieplanung		

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
6.3.1. OP-Planung	I1 Die kardiale MRT stellt bei benignen und malignen kardialen Tumoren hinsichtlich der Frage Operabilität/präoperative Planung eine Methode der Wahl dar. [270].	I3 Indikation zur CT als Alternative und Ergänzung zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. [270].
6.4. Zustand nach Therapie einer strukturellen Veränderung am Herzen – asymptomatisch	I2 Eine Indikation für die kardiale MRT ergibt sich bei eingeschränkter Aussagekraft der Echokardiografie, diskrepanten bzw. unklaren Befunden. Keine systematischen Studien.	K Keine Indikation zur CT.
6.5. Zustand nach Therapie einer strukturellen Veränderung am Herzen – symptomatisch	I2 Eine Indikation für die kardiale MRT ergibt sich bei eingeschränkter Aussagekraft der Echokardiografie, diskrepanten bzw. unklaren Befunden. Keine systematischen Studien.	U Indikation zur CT als Alternative und Ergänzung zur Echokardiografie und Magnetresonanztomografie, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern.
7. Angeborene Herzerkrankungen		
7.1. Asymptomatische Individuen		
7.1.1. Unklare RA/RV-Vergrößerung/Hypertrophie – z. B. Vorhofseptumdefekt – Myokardiale Genese – Klappenvitien (s. Kapitel 4.2.3. und 4.2.4.)	I2 Echokardiografie ist Methode der ersten Wahl; bei nicht oder nicht vollständig beurteilbaren Veränderungen ergänzende MRT sinnvoll. [170, 296, 297].	I3 Alternative und/oder Ergänzung zur, Echokardiografie, Angiografie und MRT, wenn diese nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder bei MRT-Kontraindikationen vorliegen. Zahlreiche in der Regel retrospektive Studien, die die Wertigkeit der CT zur Visualisierung insbesondere bei Neugeborenen und Kleinkindern zeigen. [298 – 303].
7.1.2. Unklare LA/LV-Vergrößerung/Hypertrophie (mit/ohne art. Hypertonus) – z. B. durch Volumenlast (Shunts durch Koronar fisteln, Angiome) – myokardiale durch ventrikuläre Drucklast – Klappenvitien (s. Kapitel 4.2.1. und 4.2.2.)	I2 Zahlreiche Studien, die den Vorteil der MRT-Volumetrie und Funktionsanalyse des LA und LV gegenüber der Echokardiografie hervorheben, insbesondere bei pathologischer Ventrikelgeometrie. [296, 304, 305].	I3 (siehe 7.1.1.).
7.2. Symptomatische Individuen/Therapieplanung		
7.2.1. Anomalien des Situs/der Zirkulation	I1 Überlegenheit der MRT gegenüber der Echokardiografie und Herzkatheteruntersuchung in zahlreichen, teils prospektiven Studien, insbesondere bei der Darstellung der pulmonalvenösen und systemvenösen Verbindungen und ihren Beziehungen zu mediastinalen Strukturen. [306 – 308].	I3 (siehe 7.1.1.). CT mit aktueller Technik (niedrige Dosis, sehr kurze Scanzeit) kann als Ersatz für Katheterangiografie und als Alternative zur MRT wegen deutlich kürzerer Untersuchungszeit gewertet werden. I2 Zur Notfalldiagnostik. [309 – 316].
7.2.2. Anomalien der Vorhöfe und der Venen		
7.2.2.1. Vorhofseptumdefekte	I2 Mehrere, teilweise prospektive Studien, zeigen gegenüber der Echokardiografie bei atypischen Defekten eine bessere Korrelation zur tatsächlichen Defektgröße. Zuverlässige nicht invasive Bestimmung der Shuntgröße. [317 – 322].	U Keine Studien bei Kindern, bisher lediglich Case Reports und Erfahrungsberichte. Mehrere, gute Korrelationen zur tatsächlichen Defektgröße gegenüber der Echokardiografie, insbesondere bei atypischen Defekten. Keine Shuntbestimmung möglich. [323].
7.2.2.2. Lungenvenenfehlmündungen	I1 Zuverlässige native oder kontrastmittelgestützte Visualisierung, und Quantifizierung des Links-Rechts-Shunts mittels der Volumetrie und Flussmessung. [324 – 326].	I2 Zuverlässige und schnelle Darstellung der Lungenvenen insbesondere bei Neugeborenen, Säuglingen und kritisch kranken Kindern mit vertretbarer Strahlenexposition als Alternative zur MRT und Herzkatheter möglich. [298, 300, 301].

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
7.2.2.3. Systemvenenfehlbildungen	I2 Die Darstellung der Systemvenen ist zuverlässig mittels MRT möglich, wenn sie nicht mit der Echokardiografie gelingt. [327 – 330].	I2 (siehe 7.1.1.).
7.2.3. Anomalien der AV-Klappen 7.2.3.1. Morbus Ebstein	I2 Nur wenige Studien. Die Objektivierung der rechts- und linksventrikulären Größe und Funktion werden als wertvoll eingeschätzt. [331 – 333].	U (siehe 7.1.1.).
7.2.3.2. Atrioventrikuläre Septumdefekte	I3 Nur wenige Studien bei atrioventrikulären Septumdefekten im Säuglingsalter, da meist echokardiografisch beurteilbar. Sowohl die Volumetrie der Ventrikel als auch die Bestimmung der Shuntgröße und Shuntrichtung sind zuverlässig möglich. [334 – 336].	U (siehe 7.2.2.1.).
7.2.4. Anomalien der Ventrikel/ Ventrikelsepten 7.2.4.1. Ventrikulaneurysma/-divertikel	I2 Die Darstellung kongenitaler Divertikel und Aneurysmen wird in zahlreichen Reviews vor allem aufgrund der Vitalitätsdiagnostik als wertvoll eingeschätzt. Thromben können zuverlässiger als mit der Echokardiografie nachgewiesen werden. [337 – 339].	U (siehe 7.1.1.).
7.2.4.2. VSD mit komplexen Vitium	I2 Zahlreiche Studien und Reviews belegen den Nutzen bei der Therapieplanung komplexer Vitien, mit gegenüber der Echokardiografie wichtigen Zusatz-Informationen. [340 – 349].	U (siehe 7.2.2.1.).
7.2.5. Anomalien der Semilunarklappen 7.2.5.1. Pulmonalstenose/-insuffizienz	I1 Zahlreiche Studien zeigen den Nutzen der kardialen MRT beim Timing von Pulmonalklappenersatzprozeduren in Hinblick auf ein ventrikuläres Remodelling. [231, 350 – 355].	I3 Planimetrie der Klappenöffnungsfläche mittels CT-Angiografie als Alternative zur Echokardiografie und MRT möglich – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. [218 – 221].
7.2.5.2. Aortenstenose/-insuffizienz	I3 Die Aortenklappe ist in der Regel echokardiografisch gut beurteilbar. Bei unklaren Befunden kann eine ergänzende MRT hilfreich sein.	I3 (siehe 7.2.5.1.).
7.2.5.3. Sinus/valsalva/Aneurysma	I2 Insbesondere wenn zusätzliche Malformationen vorliegen, ist die MRT durch die dreidimensionale Darstellung wertvoll. [356 – 359].	I3 Zahlreiche Case Reports und einzelne Reviews. Alternative zur MRT. [360].
7.2.6. Anomalien der großen Gefäße 7.2.6.1. Malposition; Ring-Sling 7.2.6.2. Isthmusstenose; Bogenhypoplasien; Divertikel 7.2.6.3. Ductus mit Verdacht auf PHT 7.2.6.4. Pulmonalarterienstenose/ Aplasie 7.2.6.5. Truncus arteriosus 7.2.6.6. MAPCAS; veno-venöse Kollateralen	I2 Eine Vielzahl von Studien und Reviews zeigt den Stellenwert der kardialen MRT zur Darstellung der extrakardialen Gefäße in der Therapieplanung. [300, 361 – 371].	I2 Indikation zur CT als Alternative und/oder Ergänzung zur invasiven Angiografie, Echokardiografie und MRT, wenn diese Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern. Eine Vielzahl von Studien und Reviews zeigt den Stellenwert der kardialen CT zur Darstellung der extrakardialen Gefäße und des Tracheobronchialbaums in der Therapieplanung. [298 – 302, 310, 372, 373].

Tab. 1 (Fortsetzung)

Fragestellung	Bewertung MR	Bewertung CT
7.2.6.7. Koronararterien – Ursprungsanomalien (siehe Kap. 1.6.) – Fisteln, Angiome – Kawasaki, andere Vaskulitiden Evaluierung für Ross-, Switch-Operation	I2 Die MR-Koronarangiografie kann die proximalen Koronargefäßverläufe und die anatomischen Lagebeziehungen zu den großen thorakalen Gefäßen/kardialen Strukturen zuverlässig beurteilen. Ggfs. in Kombination mit Dobutamin-Stress-MR-Wandbewegungsanalyse zum Nachweis eines ischämie relevanten anomalen Koronarverlaufs. Größere koronararterielle Fisteln (arteriovenös, ventrikulär) können dargestellt werden. [132, 374].	I2 Die CT-Angiografie ist eine der Methoden der Wahl. Zahlreiche Studien zur Wertigkeit der CT/Angiografie für die Charakterisierung von Koronaromalien. [136 – 140, 375, 376].
7.2.6.8. Vaskulär bedingte Atemwegsstenosen bzw. unklare Stridor-/Schluckbeschwerden bei vaskulärem Ring, Sling oder Divertikel	I2 Zahlreiche retrospektive Studien und Case Reports belegen die Wertigkeit zur Visualisierung vaskulärer Varianten und Pathologien bei Stridor und Schluckbeschwerden. [377].	I2 Zahlreiche retrospektive Studien belegen die Wertigkeit der CT zur Visualisierung vaskulärer Varianten und Pathologien bei Stridor und Schluckbeschwerden. [298, 300, 301].
7.3. Zustand nach Therapie einer angeborenen Herzerkrankung (symptomatisch/asymptomatisch)		
7.3.1. Single-ventricle Palliationen – Nativer Zustand: Protected PA oder PHT – Glenn/Hemi-Fontan – Fontan-Palliation	I1 Die MR-Volumetrie ist beim univentrikulären Herzen anderen Methoden überlegen. Zusätzlich kann die pulmonale Durchblutung zuverlässig beurteilt werden. [378 – 380].	U Die CT hilft bei der Beurteilung ventrikulärer Volumina und der Funktion und erlaubt die Darstellung der Ventrikelgeometrie. Bisher keine Studien bei Kindern, lediglich Case Reports und Erfahrungsberichte. [314].
7.3.2. Operationen und Interventionen mit biventrikulärer Korrektur		
7.3.2.1. „Einfache“ Septal-Defekte und Lungenvenen-Fehlmündungen (ASD; VSD; AVSD; PAPVR; PDA; AO-PA Kollateralen)	I2 Die MRT erlaubt neben der morphologischen Beurteilung und der Volumetrie die Bestimmung von Qp:Qs mit hoher Genauigkeit und kann eine invasive Untersuchung ersetzen. [317, 381, 382].	I3 (siehe 7.1.1.).
7.3.2.2. Rekonstruktion der RV-Pulmonalis-Kontinuität ± VSD-Patchverschluss (Fallot, PA-VSD, DORV & subaortalem VSD, TAC I-III, intracavitäre RV-Stenose)	I1 Die MRT erlaubt die Quantifizierung einer PK-Insuffizienz mit hoher Genauigkeit und ist Methode der Wahl zur Verlaufsbeurteilung. RVOT und Pulmonalarterien lassen sich zuverlässig beurteilen. [230, 329, 383 – 385].	I3 Indikation zur CT als Alternative zur Echokardiografie und MRT, wenn diese Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder wenn MRT-Kontraindikationen vorliegen. Der RVOT lässt sich mit hoher Sicherheit beurteilen.
7.3.2.3. Arterieller Switch ± VSD-Verschluss (d-TGA ± VSD; DORV mit subpulmonalem VSD; CC-TGA und VSD ohne LVOTO)	I1 Die MRT ermöglicht eine zuverlässige Darstellung der Pulmonalarterien und der proximalen Koronararterien. Der postoperative Einsatz nach Koronar-Reimplantation ist durch einzelne Studien belegt. Die ergänzende Adenosin-Stress-MRT stellt eine alternative Methode der Ischämie-Diagnostik dar. [374, 386 – 389].	I2 Insbesondere die postoperative Koronardarstellung gelingt mittels kardialer CT und ist gut belegt. [375].
7.3.2.4. „Atrial redirection“: Baffle nach Senning/Mustard – d-TGA ±VSD, Double-Switch bei CC-TGA	I1 Die kardiale MRT ermöglicht die Darstellung der postoperativen Situation mit hoher Genauigkeit; die Sensitivität für kleine Lecks ist eingeschränkt. [343, 389 – 391].	I3 Indikation zur CT als Alternative zur Echokardiografie und MRT, wenn diese Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder wenn MRT-Kontraindikationen vorliegen.
7.3.2.5. Re-Konnection des LV mit der transponierten Aorta: Rastelli-Operation (DORV; TGA/VSD/PS)	I1 Die Darstellung der postoperativen anatomischen Situation ist mittels MRT mit hoher Genauigkeit möglich. [343].	I3 (siehe 7.3.2.4.).
7.3.2.6. Erkrankungen der thorakalen Aorta (Stenosen; Anomalien)	I2 Die MRT ermöglicht eine zuverlässige Darstellung der Aorta und kann viele postoperative Fragestellungen beantworten. [392 – 395].	I2 Alternative und/oder Ergänzung zur Angiografie, Echokardiografie und MRT, wenn diese nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder wenn MRT-Kontraindikationen vorliegen. Methode der Wahl nach Stentimplantation.

Redaktionskomitee

Stephan Achenbach², Jörg Barkhausen¹, Roman Fischbach¹, Matthias Gutberlet¹, Samir Sarikouch³, Holger Thiele²

Arbeitsgruppe CT

Stephan Achenbach², Roman Fischbach¹, Martin Hoffmann¹

Arbeitsgruppe MRT

Jörg Barkhausen¹, Meinrad Beer¹, Thorsten Dill², Matthias Gutberlet¹, Armin Huber², Peter Hunold¹, Christoph Klein², Gabriele Krombach¹, Karl-Friedrich Kreitner¹, Joachim Lotz¹, David Maintz¹, Heiko Marholdt², Nico Merkle², Daniel Messroghli², Stephan Miller¹, Ingo Paetsch², Peter Radke², Henning Steen², Holger Thiele²

Arbeitsgruppe angeborene Herzfehler

Philipp Beerbaum³, Joachim Eichhorn³, Sohrab Fratz³, Matthias Gutberlet¹, Titus Kühne³, Joachim Lotz¹, Samir Sarikouch³

Literatur

- 1 Detrano R, Guerci AD, Carr JJ *et al.* Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med* 2008; 358: 1336–1345
- 2 Arad Y, Goodman KJ, Roth M *et al.* Coronary calcification, coronary disease risk factors, C-reactive protein, and atherosclerotic cardiovascular disease events: the St. Francis Heart Study. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 158–165
- 3 Park R, Detrano R, Xiang M *et al.* Combined use of computed tomography coronary calcium scores and C-reactive protein levels in predicting cardiovascular events in nondiabetic individuals. *Circulation* 2002; 106: 2073–2077
- 4 Greenland P, LaBree L, Azen SP *et al.* Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *Jama* 2004; 291: 210–215
- 5 Taylor AJ, Bindeman J, Feuerstein I *et al.* Coronary calcium independently predicts incident premature coronary heart disease over measured cardiovascular risk factors: mean three-year outcomes in the Prospective Army Coronary Calcium (PACC) project. *J Am Coll Cardiol* 2005; 46: 807–814
- 6 Greenland P, Alpert JS, Beller GA *et al.* 2010 ACCF/AHA guideline for assessment of cardiovascular risk in asymptomatic adults: executive summary: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 2182–2199
- 7 Erbel R, Möhlenkamp S, Moebus S *et al.* Coronary risk stratification, discrimination, and reclassification improvement based on quantification of subclinical coronary atherosclerosis: the Heinz Nixdorf Recall study. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 1397–1406
- 8 Meijboom WB, Meijjs MF, Schuijff JD *et al.* Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 2135–2144
- 9 Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG *et al.* Diagnostic performance of 64-multi-detector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCURACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1724–1732
- 10 Mowatt G, Cook JA, Hillis GS *et al.* 64-Slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. *Heart* 2008; 94: 1386–1393
- 11 Scheffel H, Leschka S, Plass A *et al.* Accuracy of 64-slice computed tomography for the preoperative detection of coronary artery disease in patients with chronic aortic regurgitation. *Am J Cardiol* 2007; 100: 701–776
- 12 Catalan P, Leta R, Hidalgo A *et al.* Ruling out coronary artery disease with noninvasive coronary multidetector CT angiography before non-coronary cardiovascular surgery. *Radiology* 2011; 258: 426–434
- 13 Poldermans D, Bax JJ, Boersma E *et al.* Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery: the Task Force for Preoperative Cardiac Risk Assessment and Perioperative Cardiac Management in Non-cardiac Surgery of the European Society of Cardiology (ESC) and European Society of Anaesthesiology (ESA). *Eur Heart J* 2009; 30: 2769–2812
- 14 Rerkpattanapipat P, Morgan TM, Neagle CM *et al.* Assessment of pre-operative cardiac risk with magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 2002; 90: 416–419
- 15 Jahnke C, Nagel E, Gebker R *et al.* Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests. Adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation* 2007; 115: 1769–1776
- 16 Bernhardt P, Engels T, Levenson B *et al.* Prediction of necessity for coronary artery revascularization by adenosine contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Int J Cardiol* 2006; 112: 184–190
- 17 Costa MA, Shoemaker S, Futamatsu H *et al.* Quantitative magnetic resonance perfusion imaging detects anatomic and physiologic coronary artery disease as measured by coronary angiography and fractional flow reserve. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 514–522
- 18 Gebker R, Jahnke C, Manka R *et al.* Additional value of myocardial perfusion imaging during dobutamine stress magnetic resonance for the assessment of coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 2008; 1: 122–130
- 19 Paetsch I, Jahnke C, Wahl A *et al.* Comparison of dobutamine stress magnetic resonance, adenosine stress magnetic resonance, and adenosine stress magnetic resonance perfusion. *Circulation* 2004; 110: 835–842
- 20 Schwitler J, Wacker C, van Rossum A *et al.* MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multivendor, randomized trial. *European Heart Journal* 2008; 29: 480–489
- 21 Bodi V, Sanchis J, Lopez-Lereu MP *et al.* Prognostic value of dipyridamole stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1174–1179
- 22 Korosoglou G, Elhmidi Y, Steen H *et al.* Prognostic value of high-dose dobutamine stress magnetic resonance imaging in 1,493 consecutive patients: Assessment of myocardial wall motion and perfusion. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 1225–1234
- 23 Bodi V, Husser O, Sanchis J *et al.* Prognostic implications of dipyridamole cardiac MR imaging: a prospective multicenter registry. *Radiology* 2012; 262: 91–100
- 24 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* 2011; 379: 453–460
- 25 Meijboom WB, van Mieghem CA, Mollet NR *et al.* 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1469–1475
- 26 Hadamitzky M, Freissmuth B, Meyer T *et al.* Prognostic value of coronary computed tomographic angiography for prediction of cardiac events in patients with suspected coronary artery disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 404–411
- 27 Min JK, Shaw LJ, Berman DS *et al.* Costs and clinical outcomes in individuals without known coronary artery disease undergoing coronary computed tomographic angiography from an analysis of Medicare category III transaction codes. *Am J Cardiol* 2008; 102: 672–678
- 28 Ostrom MP, Gopal A, Ahmadi N *et al.* Mortality incidence and the severity of coronary atherosclerosis assessed by computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 1335–1343
- 29 Gopal A, Nasir K, Ahmadi N *et al.* Cardiac computed tomographic angiography in an outpatient setting: an analysis of clinical outcomes over a 40-month period. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2009; 3: 90–95
- 30 Shaw LJ, Berman DS, Hendel RC *et al.* Prognosis by coronary computed tomographic angiography: matched comparison with myocardial perfusion single-photon emission computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2008; 2: 93–101
- 31 van Werkhoven JM, Gaemperli O, Schuijff JD *et al.* Multislice computed tomography coronary angiography for risk stratification in patients with an intermediate pretest likelihood. *Heart* 2009; 95: 1607–1611
- 32 Shuman WP, May JM, Branch KR *et al.* Negative ECG-gated cardiac CT in patients with low-to-moderate risk chest pain in the emergency de-

- partment: 1-year follow-up. *American journal of roentgenology* 2010; 195: 923–927
- 33 Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM et al. ACCF/SCCT/ACR/AHA/ASE/ASNC/NASCI/SCAI/SCMR 2010 appropriate use criteria for cardiac computed tomography. A report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, the Society of Cardiovascular Computed Tomography, the American College of Radiology, the American Heart Association, the American Society of Echocardiography, the American Society of Nuclear Cardiology, the North American Society for Cardiovascular Imaging, the Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56: 1864–1894
 - 34 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: 1343–1353
 - 35 Hines JL, Danciu SC, Shah M et al. Use of multidetector computed tomography after mildly abnormal myocardial perfusion stress testing in a large single-specialty cardiology practice. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2008; 2: 372–378
 - 36 Danciu SC, Herrera CJ, Stecy PJ et al. Usefulness of multislice computed tomographic coronary angiography to identify patients with abnormal myocardial perfusion stress in whom diagnostic catheterization may be safely avoided. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1605–1608
 - 37 Abidov A, Gallagher MJ, Chinnaiyan KM et al. Clinical effectiveness of coronary computed tomographic angiography in the triage of patients to cardiac catheterization and revascularization after inconclusive stress testing: results of a 2-year prospective trial. *J Nucl Cardiol* 2009; 16: 701–713
 - 38 Cury RC, Shash K, Nagurney JT et al. Cardiac magnetic resonance with T2-weighted imaging improves detection of patients with acute coronary syndrome in the emergency department. *Circulation* 2008; 118: 837–844
 - 39 Hombach V, Merkle N, Kestler HA et al. Characterization of patients with acute chest pain using cardiac magnetic resonance imaging. *Clin Res Cardiol* 2008; 97: 760–767
 - 40 Lockie T, Nagel E, Redwood S et al. Use of cardiovascular magnetic resonance imaging in acute coronary syndromes. *Circulation* 2009; 119: 1671–1681
 - 41 Hollander JE, Chang AM, Shofer FS et al. One-year outcomes following coronary computerized tomographic angiography for evaluation of emergency department patients with potential acute coronary syndrome. *Acad Emerg Med* 2009; 16: 693–698
 - 42 Hollander JE, Chang AM, Shofer FS et al. Coronary computed tomographic angiography for rapid discharge of low-risk patients with potential acute coronary syndromes. *Ann Emerg Med* 2009; 53: 295–304
 - 43 Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW et al. A randomized controlled trial of multi-slice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 863–871
 - 44 Hoffmann U, Nagurney JT, Moselewski F et al. Coronary multidetector computed tomography in the assessment of patients with acute chest pain. *Circulation* 2006; 114: 2251–2260
 - 45 Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T et al. Usefulness of 64-slice cardiac computed tomographic angiography for diagnosing acute coronary syndromes and predicting clinical outcome in emergency department patients with chest pain of uncertain origin. *Circulation* 2007; 115: 1762–1768
 - 46 Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1642–1650
 - 47 Chang SA, Choi SI, Choi EK et al. Usefulness of 64-slice multidetector computed tomography as an initial diagnostic approach in patients with acute chest pain. *Am Heart J* 2008; 156: 375–383
 - 48 Goldstein JA, Chinnaiyan KM, Abidov A et al. The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J Am Coll Cardiol* 2011; 58: 1414–1422
 - 49 Eitel I, Behrendt F, Schindler K et al. Differential diagnosis of the apical ballooning syndrome using contrast enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 2008; 29: 2651–2659
 - 50 Eitel I, von Knobelsdorff-Brenkenhoff F, Bernhardt P et al. Clinical characteristics and cardiovascular magnetic resonance findings in stress (Takotsubo) cardiomyopathy: A multicenter series in Europe and North America. *JAMA* 2011; 306: 277–286
 - 51 Assomull RG, Lyne JC, Keenan N et al. The role of cardiovascular magnetic resonance in patients presenting with chest pain, raised troponin, and unobstructed coronary arteries. *Eur Heart J* 2007; 28: 1242–1249
 - 52 Baccouche H, Mahrholdt H, Meinhardt G et al. Diagnostic synergy of non-invasive cardiovascular magnetic resonance and invasive endomyocardial biopsy in troponin-positive patients without coronary artery disease. *Eur Heart J* 2009; 30: 2869–2879
 - 53 Laissy JP, Hyafil F, Feldman LJ et al. Differentiating acute myocardial infarction from myocarditis: diagnostic value of early- and delayed-perfusion cardiac MR imaging. *Radiology* 2005; 237: 75–82
 - 54 Mewton N, Bonnefoy E, Revel D et al. Presence and extent of cardiac magnetic resonance microvascular obstruction in reperfused non-ST-elevated myocardial infarction and correlation with infarct size and myocardial enzyme release. *Cardiology* 2009; 113: 50–58
 - 55 Raman SV, Simonetti OP, Winner MWIII et al. Cardiac magnetic resonance with edema imaging identifies myocardium at risk and predicts worse outcome in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 2480–2488
 - 56 Beek AM, Kuhl HP, Bondarenko O et al. Delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the prediction of regional functional improvement after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2003; 42: 895–901
 - 57 Bruder O, Breuckmann F, Jensen C et al. Prognostic impact of contrast-enhanced CMR early after acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI) in a regional STEMI network: results of the „Herzinfarktverbund Essen“. *Herz* 2008; 33: 136–142
 - 58 Gerber BL, Garot J, Bluemke DA et al. Accuracy of contrast-enhanced magnetic resonance imaging in predicting improvement of regional myocardial function in patients after acute myocardial infarction. *Circulation* 2002; 106: 1083–1089
 - 59 Hombach V, Grebe O, Merkle N et al. Sequelae of acute myocardial infarction regarding cardiac structure and function and their prognostic significance as assessed by magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 2005; 26: 549–557
 - 60 Nijveldt R, Beek AM, Hofman MB et al. Late gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance evaluation of infarct size and microvascular obstruction in optimally treated patients after acute myocardial infarction. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007; 9: 765–770
 - 61 Shapiro MD, Nieman K, Nasir K et al. Utility of cardiovascular magnetic resonance to predict left ventricular recovery after primary percutaneous coronary intervention for patients presenting with acute ST-segment elevation myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2007; 100: 211–216
 - 62 Wu E, Ortiz JT, Tejedor P et al. Infarct size by contrast enhanced cardiac magnetic resonance is a stronger predictor of outcomes than left ventricular ejection fraction or end-systolic volume index: prospective cohort study. *Heart* 2008; 94: 730–736
 - 63 Wu KC, Zerhouni EA, Judd RM et al. Prognostic significance of microvascular obstruction by magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 1998; 97: 765–772
 - 64 de Waha S, Desch S, Eitel I et al. Impact of early vs. late microvascular obstruction assessed by magnetic resonance imaging on long-term outcome after ST-elevation myocardial infarction: a comparison with traditional prognostic markers. *Eur Heart J* 2010; 31: 2660–2668
 - 65 Eitel I, Desch S, Fuernau G et al. Prognostic significance and determinants of myocardial salvage assessed by cardiovascular magnetic resonance in acute reperfused myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 2470–2479
 - 66 Eitel I, Behrendt F, Schindler K et al. Differential diagnosis of suspected apical ballooning syndrome using contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 2008; 29: 2651–2659
 - 67 Nienaber CA, Kische S, Skriabina V et al. Noninvasive imaging approaches to evaluate the patient with known or suspected aortic disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 499–506
 - 68 Shiga T, Wajima Z, Apfel CC et al. Diagnostic accuracy of transesophageal echocardiography, helical computed tomography, and magnetic resonance imaging for suspected thoracic aortic dissection: systematic review and meta-analysis. *Arch Intern Med* 2006; 166: 1350–1356
 - 69 Erbel R, Alfonso F, Boileau C et al. Diagnosis and management of aortic dissection. *Eur Heart J* 2001; 22: 1642–1681
 - 70 Mammen L, Yucler E, Khan A et al. ACR Appropriateness Criteria® acute chest pain – suspected aortic dissection. Reston (VA): American College of Radiology (ACR) online publication: 2008, 1–6
 - 71 Haage P, Piroth W, Krombach G et al. Pulmonary embolism: comparison of angiography with spiral computed tomography, magnetic reso-

- nance angiography, and real-time magnetic resonance imaging. *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 729–734
- 72 Kluge A, Luboldt W, Bachmann G. Acute pulmonary embolism to the subsegmental level: diagnostic accuracy of three MRI techniques compared with 16-MDCT. *Am J Roentgenol* 2006; 187: W7–W14
 - 73 Remy-Jardin M, Pistoletti M, Goodman LR et al. Management of suspected acute pulmonary embolism in the era of CT angiography: a statement from the Fleischner Society. *Radiology* 2007; 245: 315–329
 - 74 Stein PD, Woodard PK, Weg JG et al. Diagnostic pathways in acute pulmonary embolism: recommendations of the PIOPEP II investigators. *Am J Med* 2006; 119: 1048–1055
 - 75 Jahnke C, Nagel E, Gebker R et al. Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests: adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation* 2007; 115: 1769–1776
 - 76 Wallace EL, Morgan TM, Walsh TF et al. Dobutamine cardiac magnetic resonance results predict cardiac prognosis in women with known or suspected ischemic heart disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 299–307
 - 77 Bodi V, Sanchis J, Lopez-Lereu MP et al. Prognostic value of dipyridamole stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1174–1179
 - 78 Bodi V, Sanchis J, Lopez-Lereu MP et al. Prognostic and therapeutic implications of dipyridamole stress cardiovascular magnetic resonance on the basis of the ischaemic cascade. *Heart* 2009; 95: 49–55
 - 79 Giang TH, Nanz D, Coulden R et al. Detection of coronary artery disease by magnetic resonance myocardial perfusion imaging with various contrast medium doses: first European multi-centre experience. *Eur Heart J* 2004; 25: 1657–1665
 - 80 Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 2009; 360: 213–224
 - 81 Watkins S, McGeoch R, Lyne J et al. Validation of magnetic resonance myocardial perfusion imaging with fractional flow reserve for the detection of significant coronary heart disease. *Circulation* 2009; 120: 2207–2213
 - 82 Wolff SD, Schwitter J, Coulden R et al. Myocardial first-pass perfusion magnetic resonance imaging: a multicenter dose-ranging study. *Circulation* 2004; 110: 732–737
 - 83 Kaandorp TA, Bax JJ, Schuijff JD et al. Head-to-head comparison between contrast-enhanced magnetic resonance imaging and dobutamine magnetic resonance imaging in men with ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2004; 93: 1461–1464
 - 84 Wellenhofer E, Olariu A, Klein C et al. Magnetic resonance low-dose dobutamine test is superior to SCAR quantification for the prediction of functional recovery. *Circulation* 2004; 109: 2172–2174
 - 85 Baer FM, Voth E, Deutsch HJ et al. Predictive value of low dose dobutamine transesophageal echocardiography and fluorine-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for recovery of regional left ventricular function after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 60–69
 - 86 Baer FM, Voth E, Schneider CA et al. Comparison of low-dose dobutamine-gradient-echo magnetic resonance imaging and positron emission tomography with [18F]fluorodeoxyglucose in patients with chronic coronary artery disease. A functional and morphological approach to the detection of residual myocardial viability. *Circulation* 1995; 91: 1006–1015
 - 87 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, end-diastolic wall thickness, and T1201-SPECT with functional recovery after revascularization. *Eur Radiol* 2005; 15: 872–880
 - 88 Hunold P, Kreitner KF, Barkhausen J. [„Dead or alive?": how and why myocardial viability imaging by cardiac MRI works]. *Fortschr Röntgenstr* 2007; 179: 1016–1024
 - 89 Sandstede JJ, Bertsch G, Beer M et al. Detection of myocardial viability by low-dose dobutamine Cine MR imaging. *Magn Reson Imaging* 1999; 17: 1437–1443
 - 90 Kim RJ, Wu E, Rafael A et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000; 343: 1445–1453
 - 91 Klein C, Nagel E, Gebker R et al. Magnetic resonance adenosine perfusion imaging in patients after coronary artery bypass graft surgery. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 437–445
 - 92 Kuhl HP, Beek AM, van der Weerd AP et al. Myocardial viability in chronic ischemic heart disease: comparison of contrast-enhanced magnetic resonance imaging with (18F)-fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol* 2003; 41: 1341–1348
 - 93 Soon KH, Cox N, Wong A et al. CT coronary angiography predicts the outcome of percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion. *J Interv Cardiol* 2007; 20: 359–366
 - 94 Mollet NR, Hoyer A, Lemos PA et al. Value of preprocedure multislice computed tomographic coronary angiography to predict the outcome of percutaneous recanalization of chronic total occlusions. *Am J Cardiol* 2005; 95: 240–243
 - 95 Gasparovic H, Rybicki FJ, Millstine J et al. Three dimensional computed tomographic imaging in planning the surgical approach for redo cardiac surgery after coronary revascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 28: 244–249
 - 96 Aviram G, Sharony R, Kramer A et al. Modification of surgical planning based on cardiac multidetector computed tomography in reoperative heart surgery. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 589–595
 - 97 Kamdar AR, Meadows TA, Roselli EE et al. Multidetector computed tomographic angiography in planning of reoperative cardi thoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 2008; 85: 1239–1245
 - 98 Cho JR, Kim YJ, Ahn CM et al. Quantification of regional calcium burden in chronic total occlusion by 64-slice multi-detector computed tomography and procedural outcomes of percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiol* 2010; 145: 9–14
 - 99 Al-Saadi N, Nagel E, Gross M et al. Improvement of myocardial perfusion reserve early after coronary intervention: assessment with cardiac magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2000; 36: 1557–1564
 - 100 Fenchel M, Franow A, Stauder NI et al. Myocardial perfusion after angioplasty in patients suspected of having single-vessel coronary artery disease: improvement detected at rest-stress first-pass perfusion MR imaging – initial experience. *Radiology* 2005; 237: 67–74
 - 101 Hundley WG, Morgan TM, Neagle CM et al. Magnetic resonance imaging determination of cardiac prognosis. *Circulation* 2002; 106: 2328–2333
 - 102 Duerinckx AJ, Atkinson D, Hurwitz R. Assessment of coronary artery patency after stent placement using magnetic resonance angiography. *Journal Of Magnetic Resonance Imaging* 1998; 8: 896–902
 - 103 Hug J, Nagel E, Bornstedt A et al. Coronary arterial stents: Safety and artifacts during MR imaging. *Radiology* 2000; 216: 781–787
 - 104 Maintz D, Botnar RM, Fischbach R et al. Coronary magnetic resonance angiography for assessment of the stent lumen: a phantom study. *J Cardiovasc Magn Reson* 2002; 4: 359–367
 - 105 Klem I, Heitner JF, Shah DJ et al. Improved detection of coronary artery disease by stress perfusion cardiovascular magnetic resonance with the use of delayed enhancement infarction imaging. *J Am Coll Cardiol* 2006; 47: 1630–1638
 - 106 Nagel E, Thouet T, Klein C et al. Noninvasive determination of coronary blood flow velocity with cardiovascular magnetic resonance in patients after stent deployment. *Circulation* 2003; 107: 1738–1743
 - 107 Saito Y, Sakuma H, Shibata M et al. Assessment of coronary flow velocity reserve using fast velocity-encoded cine MRI for noninvasive detection of restenosis after coronary stent implantation. *J Cardiovasc Magn Reson* 2001; 3: 209–214
 - 108 Bernhardt P, Spiess J, Levenson B et al. Combined assessment of myocardial perfusion and late gadolinium enhancement in patients after percutaneous coronary intervention or bypass grafts: a multicenter study of an integrated cardiovascular magnetic resonance protocol. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 1292–1300
 - 109 Cury RC, Cattani CA, Gabure LA et al. Diagnostic performance of stress perfusion and delayed-enhancement MR imaging in patients with coronary artery disease. *Radiology* 2006; 240: 39–45
 - 110 Doesch C, Seeger A, Hoevelborn T et al. Adenosine stress cardiac magnetic resonance imaging for the assessment of ischemic heart disease. *Clin Res Cardiol* 2008; 97: 905–912
 - 111 Pilz G, Bernhardt P, Klos M et al. Clinical implication of adenosine-stress cardiac magnetic resonance imaging as potential gatekeeper prior to invasive examination in patients with AHA/ACC class II indication for coronary angiography. *Clin Res Cardiol* 2006; 95: 531–538
 - 112 Steel K, Broderick R, Gandla V et al. Complementary prognostic values of stress myocardial perfusion and late gadolinium enhancement imaging by cardiac magnetic resonance in patients with known or suspected coronary artery disease. *Circulation* 2009; 120: 1390–1400

- 113 Heilmaier C, Bruder O, Meier F et al. Dobutamine stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients after invasive coronary revascularization with stent placement. *Acta Radiol* 2009; 50: 1134–1141
- 114 Hundley WG, Hamilton CA, Thomas MS et al. 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: 1697–1702
- 115 Korosoglou G, Lossnitzer D, Schellberg D et al. Strain-encoded cardiac MRI as an adjunct for dobutamine stress testing: incremental value to conventional wall motion analysis. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 132–140
- 116 Kuijpers D, Ho KY, van Dijkman PR et al. Dobutamine cardiovascular magnetic resonance for the detection of myocardial ischemia with the use of myocardial tagging. *Circulation* 2003; 107: 1592–1597
- 117 Paetsch I, Jahnke C, Ferrari VA et al. Determination of interobserver variability for identifying inducible left ventricular wall motion abnormalities during dobutamine stress magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 2006; 27: 1459–1464
- 118 Wahl A, Paetsch I, Roethemeyer S et al. High-dose dobutamine-atropine stress cardiovascular MR imaging after coronary revascularization in patients with wall motion abnormalities at rest. *Radiology* 2004; 233: 210–216
- 119 Dijkers R, Willems TP, de Jonge GJ et al. Accuracy of noninvasive coronary stenosis quantification of different commercially available dedicated software packages. *J Comput Assist Tomogr* 2009; 33: 505–512
- 120 Langerak SE, Vliegen HW, de Roos A et al. Detection of vein graft disease using high-resolution magnetic resonance angiography. *Circulation* 2002; 105: 328–333
- 121 Langerak SE, Vliegen HW, Jukema JW et al. Value of magnetic resonance imaging for the noninvasive detection of stenosis in coronary artery bypass grafts and recipient coronary arteries. *Circulation* 2003; 107: 1502–1508
- 122 Langerak SE, Vliegen HW, Jukema JW et al. Vein graft function improvement after percutaneous intervention: evaluation with MR flow mapping. *Radiology* 2003; 228: 834–841
- 123 Salm LP, Bax JJ, Vliegen HW et al. Functional significance of stenoses in coronary artery bypass grafts. Evaluation by single-photon emission computed tomography perfusion imaging, cardiovascular magnetic resonance, and angiography. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 1877–1882
- 124 Salm LP, Langerak SE, Vliegen HW et al. Blood flow in coronary artery bypass vein grafts: volume versus velocity at cardiovascular MR imaging. *Radiology* 2004; 232: 915–920
- 125 Salm LP, Vliegen HW, Langerak SE et al. Evaluation of saphenous vein coronary artery bypass graft flow by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2005; 7: 631–637
- 126 Stauder NI, Klumpp B, Stauder H et al. Assessment of coronary artery bypass grafts by magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 2007; 80: 975–983
- 127 Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M et al. Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 946–950
- 128 Onuma Y, Tanabe K, Chihara R et al. Evaluation of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice multidetector computed tomography. *Am Heart J* 2007; 154: 519–526
- 129 Weustink AC, Nieman K, Pugliese F et al. Diagnostic accuracy of computed tomography angiography in patients after bypass grafting: comparison with invasive coronary angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 816–824
- 130 Ropers D, Pohle FK, Kuettner A et al. Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation* 2006; 114: 2334–2341; quiz
- 131 Nazeri I, Shahabi P, Tehrai M et al. Assessment of patients after coronary artery bypass grafting using 64-slice computed tomography. *Am J Cardiol* 2009; 103: 667–673
- 132 Angelini P, Velasco JA, Flamm S. Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation* 2002; 105: 2449–2454
- 133 Vliegen HW, Doornbos J, de Roos A et al. Value of fast gradient echo magnetic resonance angiography as an adjunct to coronary arteriography in detecting and confirming the course of clinically significant coronary artery anomalies. *Am J Cardiol* 1997; 79: 773–776
- 134 Post JC, van Rossum AC, Bronzwaer JG et al. Magnetic resonance angiography of anomalous coronary arteries. A new gold standard for delineating the proximal course? *Circulation* 1995; 92: 3163–3171
- 135 Taylor AM, Thorne SA, Rubens MB et al. Coronary artery imaging in grown up congenital heart disease: complementary role of magnetic resonance and x-ray coronary angiography. *Circulation* 2000; 101: 1670–1678
- 136 Kacmaz F, Ozbulbul NI, Alyan O et al. Imaging of coronary artery anomalies: the role of multidetector computed tomography. *Coron Artery Dis* 2008; 19: 203–209
- 137 Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ et al. Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol* 2004; 14: 2172–2181
- 138 Duran C, Kantarci M, Durur Subasi I et al. Remarkable anatomic anomalies of coronary arteries and their clinical importance: a multidetector computed tomography angiographic study. *J Comput Assist Tomogr* 2006; 30: 939–948
- 139 Schmid M, Achenbach S, Ludwig J et al. Visualization of coronary artery anomalies by contrast-enhanced multi-detector row spiral computed tomography. *Int J Cardiol* 2006; 111: 430–435
- 140 Kim SY, Seo JB, Do KH et al. Coronary artery anomalies: classification and ECG-gated multi-detector row CT findings with angiographic correlation. *Radiographics* 2006; 26: 317–333; discussion 33-34
- 141 Hachulla AL, Launay D, Gaxotte V et al. Cardiac magnetic resonance imaging in systemic sclerosis: a cross-sectional observational study of 52 patients. *Ann Rheum Dis* 2009; 68: 1878–1884
- 142 Ichinose A, Otani H, Oikawa M et al. MRI of cardiac sarcoidosis: basal and subepicardial localization of myocardial lesions and their effect on left ventricular function. *Am J Roentgenol* 2008; 191: 862–869
- 143 Maceira AM, Prasad SK, Hawkins PN et al. Cardiovascular magnetic resonance and prognosis in cardiac amyloidosis. *J Cardiovasc Magn Reson* 2008; 10: 54
- 144 Mavrogeni S, Manoussakis MN, Karagiorga TC et al. Detection of coronary artery lesions and myocardial necrosis by magnetic resonance in systemic necrotizing vasculitides. *Arthritis Rheum* 2009; 61: 1121–1129
- 145 Patel MR, Cawley PJ, Heitner JF et al. Detection of myocardial damage in patients with sarcoidosis. *Circulation* 2009; 120: 1969–1977
- 146 Pepe A, Positano V, Santarelli MF et al. Multislice multiecho T2* cardiovascular magnetic resonance for detection of the heterogeneous distribution of myocardial iron overload. *J Magn Reson Imaging* 2006; 23: 662–668
- 147 Vogelsberg H, Mahrholdt H, Deluigi CC et al. Cardiovascular magnetic resonance in clinically suspected cardiac amyloidosis: noninvasive imaging compared to endomyocardial biopsy. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 1022–1030
- 148 Thiele H, Nagel E, Paetsch I et al. Functional cardiac MR imaging with steady-state free precession (SSFP) significantly improves endocardial border delineation without contrast agents. *J Magn Reson Imaging* 2001; 14: 362–367
- 149 Thiele H, Paetsch I, Schnackenburg B et al. Improved accuracy of quantitative assessment of left ventricular volume and ejection fraction by geometric models with steady-state free precession. *J Cardiovasc Magn Reson* 2002; 4: 327–339
- 150 Codreanu A, Djaballah W, Angioi M et al. Detection of myocarditis by contrast-enhanced MRI in patients presenting with acute coronary syndrome but no coronary stenosis. *J Magn Reson Imaging* 2007; 25: 957–964
- 151 O'Hanlon R, Pennell DJ. Cardiovascular magnetic resonance in the evaluation of hypertrophic and infiltrative cardiomyopathies. *Heart Fail Clin* 2009; 5: 369–387, vi
- 152 Shehata ML, Turkbey EB, Vogel-Claussen J et al. Role of cardiac magnetic resonance imaging in assessment of nonischemic cardiomyopathies. *Top Magn Reson Imaging* 2008; 19: 43–57
- 153 Wu KC, Weiss RG, Thiemann DR et al. Late gadolinium enhancement by cardiovascular magnetic resonance heralds an adverse prognosis in nonischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 2414–2421
- 154 Henneman MM, Schuijff JD, Jukema JW et al. Assessment of global and regional left ventricular function and volumes with 64-slice MSCT: a comparison with 2D echocardiography. *J Nucl Cardiol* 2006; 13: 480–487
- 155 Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S et al. Cardiac functional analysis with multi-detector row CT and segmental reconstruction algorithm: comparison with echocardiography, SPECT, and MR imaging. *Radiology* 2005; 234: 381–390

- 156 Grude M, Juergens KU, Wichter T et al. Evaluation of global left ventricular myocardial function with electrocardiogram-gated multidetector computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 2003; 38: 653–661
- 157 Raman SV, Cook SC, McCarthy B et al. Usefulness of multidetector row computed tomography to quantify right ventricular size and function in adults with either tetralogy of Fallot or transposition of the great arteries. *Am J Cardiol* 2005; 95: 683–686
- 158 Raman SV, Shah M, McCarthy B et al. Multi-detector row cardiac computed tomography accurately quantifies right and left ventricular size and function compared with cardiac magnetic resonance. *Am Heart J* 2006; 151: 736–744
- 159 Hansen MW, Merchant N. MRI of hypertrophic cardiomyopathy: part 2, Differential diagnosis, risk stratification, and posttreatment MRI appearances. *Am J Roentgenol* 2007; 189: 1344–1352
- 160 Nazarian S, Lima JA. Cardiovascular magnetic resonance for risk stratification of arrhythmia in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2008; 51: 1375–1376
- 161 Assomull RG, Prasad SK, Lyne J et al. Cardiovascular magnetic resonance, fibrosis, and prognosis in dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1977–1985
- 162 Koikkalainen JR, Antila M, Lotjonen JM et al. Early familial dilated cardiomyopathy: identification with determination of disease state parameter from cine MR image data. *Radiology* 2008; 249: 88–96
- 163 Shimizu I, Iguchi N, Watanabe H et al. Delayed enhancement cardiovascular magnetic resonance as a novel technique to predict cardiac events in dilated cardiomyopathy patients. *Int J Cardiol* 2010; 142: 224–229
- 164 Giorgi B, Mollet NR, Dymarkowski S et al. Clinically suspected constrictive pericarditis: MR imaging assessment of ventricular septal motion and configuration in patients and healthy subjects. *Radiology* 2003; 228: 417–424
- 165 Hancock EW. Differential diagnosis of restrictive cardiomyopathy and constrictive pericarditis. *Heart* 2001; 86: 343–349
- 166 Miller S, Riessen R. [MR imaging in cardiomyopathies]. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177: 1497–505
- 167 Moreo A, Ambrosio G, De Chiara B et al. Influence of myocardial fibrosis on left ventricular diastolic function: noninvasive assessment by cardiac magnetic resonance and echo. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 437–443
- 168 Biagini E, Ragni L, Ferlito M et al. Different types of cardiomyopathy associated with isolated ventricular noncompaction. *Am J Cardiol* 2006; 98: 821–824
- 169 Patlas M, Strohm O, Filipchuk N et al. Cardiac magnetic resonance imaging of noncompaction cardiomyopathy. *Can J Cardiol* 2008; 24: 798
- 170 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: 2132–2140
- 171 White RD, Trohman RG, Flamm SD et al. Right ventricular arrhythmia in the absence of arrhythmogenic dysplasia: MR imaging of myocardial abnormalities. *Radiology* 1998; 207: 743–751
- 172 Crean A, Greenwood JP, Plein S. Contribution of noninvasive imaging to the diagnosis and follow-up of Takotsubo cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 519–521
- 173 Yilmaz A, Kindermann I, Kindermann M et al. Comparative evaluation of left and right ventricular endomyocardial biopsy: differences in complication rate and diagnostic performance. *Circulation* 2010; 122: 900–909
- 174 Gutberlet M, Spors B, Thoma T et al. Suspected chronic myocarditis at cardiac MR: diagnostic accuracy and association with immunohistologically detected inflammation and viral persistence. *Radiology* 2008; 246: 401–409
- 175 Mahrholdt H, Goedecke C, Wagner A et al. Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: a comparison to histology and molecular pathology. *Circulation* 2004; 109: 1250–1258
- 176 Mahrholdt H, Wagner A, Deluigi CC et al. Presentation, patterns of myocardial damage, and clinical course of viral myocarditis. *Circulation* 2006; 114: 1581–1590
- 177 Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J et al. Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: A JACC White Paper. *J Am Coll Cardiol* 2009; 53: 1475–1487
- 178 Lin CH, Chang WN, Chua S et al. Idiopathic hypereosinophilia syndrome with loeffler endocarditis, embolic cerebral infarction, and left hydranencephaly: a case report. *Acta Neurol Taiwan* 2009; 18: 207–212
- 179 Germans T, van Rossum AC. The use of cardiac magnetic resonance imaging to determine the aetiology of left ventricular disease and cardiomyopathy. *Heart* 2008; 94: 510–518
- 180 Harris SR, Glockner J, Misselt AJ et al. Cardiac MR imaging of nonischemic cardiomyopathies. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008; 16: 165–183, vii
- 181 Duckett SG, Chiribiri A, Ginks MR et al. Cardiac MRI to investigate myocardial scar and coronary venous anatomy using a slow infusion of dimeglumine gadobenate in patients undergoing assessment for cardiac resynchronization therapy. *J Magn Reson Imaging* 2011; 33: 87–95
- 182 Chiribiri A, Kelle S, Köhler U et al. Magnetic resonance cardiac vein imaging: relation to mitral valve annulus and left circumflex coronary artery. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008; 1: 729–738
- 183 Jongbloed MR, Lamb HJ, Bax JJ et al. Noninvasive visualization of the cardiac venous system using multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 749–753
- 184 Kim YH, Marom EM, Herndon JE et al. Pulmonary vein diameter, cross-sectional area, and shape: CT analysis. *Radiology* 2005; 235: 43–49; discussion 9–50
- 185 Van de Veire NR, Marsan NA, Schuijff JD et al. Noninvasive imaging of cardiac venous anatomy with 64-slice multi-slice computed tomography and noninvasive assessment of left ventricular dyssynchrony by 3-dimensional tissue synchronization imaging in patients with heart failure scheduled for cardiac resynchronization therapy. *Am J Cardiol* 2008; 101: 1023–1029
- 186 Choure AJ, Garcia MJ, Hesse B et al. In vivo analysis of the anatomical relationship of coronary sinus to mitral annulus and left circumflex coronary artery using cardiac multidetector computed tomography: implications for percutaneous coronary sinus mitral annuloplasty. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1938–1945
- 187 Tops LF, Van de Veire NR, Schuijff JD et al. Noninvasive evaluation of coronary sinus anatomy and its relation to the mitral valve annulus: implications for percutaneous mitral annuloplasty. *Circulation* 2007; 115: 1426–1432
- 188 Bleeker GB, Kaandorp TA, Lamb HJ et al. Effect of posterolateral scar tissue on clinical and echocardiographic improvement after cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 2006; 113: 969–976
- 189 Delgado V, van Bommel RJ, Bertini M et al. Relative merits of left ventricular dyssynchrony, left ventricular lead position, and myocardial scar to predict long-term survival of ischemic heart failure patients undergoing cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 2011; 123: 70–78
- 190 Marsan NA, Westenberg JJ, Ypenburg C et al. Magnetic resonance imaging and response to cardiac resynchronization therapy: relative merits of left ventricular dyssynchrony and scar tissue. *Eur Heart J* 2009; 30: 2360–2367
- 191 White JA, Yee R, Yuan X et al. Delayed enhancement magnetic resonance imaging predicts response to cardiac resynchronization therapy in patients with intraventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1953–1960
- 192 Ypenburg C, Schalij MJ, Bleeker GB et al. Impact of viability and scar tissue on response to cardiac resynchronization therapy in ischaemic heart failure patients. *Eur Heart J* 2007; 28: 33–41
- 193 England B, Lee A, Tran T et al. Magnetic resonance criteria for future trials of cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc Magn Reson* 2005; 7: 827–834
- 194 Muellerleile K, Stork A, Bansmann M et al. Detection of mechanical ventricular asynchrony by high temporal resolution cine MRI. *Eur Radiol* 2008; 18: 1329–1337
- 195 Zwanenburg JJ, Gotte MJ, Kuijter JP et al. Timing of cardiac contraction in humans mapped by high-temporal-resolution MRI tagging: early onset and late peak of shortening in lateral wall. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 2004; 286: H1872–H1880
- 196 Truong QA, Singh JP, Cannon CP et al. Quantitative analysis of intraventricular dyssynchrony using wall thickness by multidetector computed tomography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008; 1: 772–781
- 197 Choi EY, Choi BW, Kim SA et al. Patterns of late gadolinium enhancement are associated with ventricular stiffness in patients with advanced non-ischaemic dilated cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail* 2009; 11: 573–580

- 198 Maron MS, Appelbaum E, Harrigan CJ *et al.* Clinical profile and significance of delayed enhancement in hypertrophic cardiomyopathy. *Circ Heart Fail* 2008; 1: 184–191
- 199 Jain A, Tandri H, Calkins H *et al.* Role of cardiovascular magnetic resonance imaging in arrhythmogenic right ventricular dysplasia. *J Cardiovasc Magn Reson* 2008; 10: 32
- 200 Tandri H, Saranathan M, Rodriguez ER *et al.* Noninvasive detection of myocardial fibrosis in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy using delayed-enhancement magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 98–103
- 201 Chyou JY, Biviano A, Magno P *et al.* Applications of computed tomography and magnetic resonance imaging in percutaneous ablation therapy for atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* 2009; 26: 47–57
- 202 Hamdan A, Charalampos K, Roettgen R *et al.* Magnetic resonance imaging versus computed tomography for characterization of pulmonary vein morphology before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 2009; 104: 1540–1546
- 203 Mansour M, Holmvang G, Sosnovik D *et al.* Assessment of pulmonary vein anatomic variability by magnetic resonance imaging: implications for catheter ablation techniques for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; 15: 387–393
- 204 Jongbloed MR, Dirksen MS, Bax JJ *et al.* Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation – initial experience. *Radiology* 2005; 234: 702–709
- 205 Martinek M, Nesser HJ, Aichinger J *et al.* Accuracy of integration of multislice computed tomography imaging into three-dimensional electroanatomic mapping for real-time guided radiofrequency ablation of left atrial fibrillation–influence of heart rhythm and radiofrequency lesions. *J Interv Card Electrophysiol* 2006; 17: 85–92
- 206 Martinek M, Nesser HJ, Aichinger J *et al.* Impact of integration of multislice computed tomography imaging into three-dimensional electroanatomic mapping on clinical outcomes, safety, and efficacy using radiofrequency ablation for atrial fibrillation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2007; 30: 1215–1223
- 207 Jongbloed MR, Bax JJ, Lamb HJ *et al.* Multislice computed tomography versus intracardiac echocardiography to evaluate the pulmonary veins before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation: a head-to-head comparison. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 343–350
- 208 Kistler PM, Rajappan K, Jahngir M *et al.* The impact of CT image integration into an electroanatomic mapping system on clinical outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2006; 17: 1093–1101
- 209 Dill T, Neumann T, Ekinici O *et al.* Pulmonary vein diameter reduction after radiofrequency catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation evaluated by contrast-enhanced three-dimensional magnetic resonance imaging. *Circulation* 2003; 107: 845–850
- 210 Kluge A, Dill T, Ekinici O *et al.* Decreased pulmonary perfusion in pulmonary vein stenosis after radiofrequency ablation: assessment with dynamic magnetic resonance perfusion imaging. *Chest* 2004; 126: 428–437
- 211 Neumann T, Kuniss M, Conradi G *et al.* Pulmonary vein stenting for the treatment of acquired severe pulmonary vein stenosis after pulmonary vein isolation: clinical implications after long-term follow-up of 4 years. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2009; 20: 251–257
- 212 Packer DL, Keelan P, Munger TM *et al.* Clinical presentation, investigation, and management of pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation. *Circulation* 2005; 111: 546–554
- 213 Peters DC, Wylie JV, Hauser TH *et al.* Recurrence of atrial fibrillation correlates with the extent of post-procedural late gadolinium enhancement: a pilot study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 308–316
- 214 Barrett CD, Di Biase L, Natale A. How to identify and treat patient with pulmonary vein stenosis post atrial fibrillation ablation. *Curr Opin Cardiol* 2009; 24: 42–49
- 215 Burgstahler C, Trabold T, Kuettner A *et al.* Visualization of pulmonary vein stenosis after radio frequency ablation using multi-slice computed tomography: initial clinical experience in 33 patients. *Int J Cardiol* 2005; 102: 287–291
- 216 Malyar NM, Schlosser T, Barkhausen J *et al.* Assessment of aortic valve area in aortic stenosis using cardiac magnetic resonance tomography: comparison with echocardiography. *Cardiology* 2008; 109: 126–134
- 217 O'Brien KR, Gabriel RS, Greiser A *et al.* Aortic valve stenotic area calculation from phase contrast cardiovascular magnetic resonance: the importance of short echo time. *J Cardiovasc Magn Reson* 2009; 11: 49
- 218 Alkadhi H, Wildermuth S, Plass A *et al.* Aortic stenosis: comparative evaluation of 16-detector row CT and echocardiography. *Radiology* 2006; 240: 47–55
- 219 Halpern EJ, Mallya R, Sewell M *et al.* Differences in aortic valve area measured with CT planimetry and echocardiography (continuity equation) are related to divergent estimates of left ventricular outflow tract area. *Am J Roentgenol* 2009; 192: 1668–1673
- 220 LaBounty TM, Sundaram B, Agarwal P *et al.* Aortic valve area on 64-MDCT correlates with transesophageal echocardiography in aortic stenosis. *Am J Roentgenol* 2008; 191: 1652–1658
- 221 Pouleur AC, le Polain de Waroux JB, Pasquet A *et al.* Aortic valve area assessment: multidetector CT compared with cine MR imaging and transthoracic and transesophageal echocardiography. *Radiology* 2007; 244: 745–754
- 222 Gelfand EV, Hughes S, Hauser TH *et al.* Severity of mitral and aortic regurgitation as assessed by cardiovascular magnetic resonance: optimizing correlation with Doppler echocardiography. *J Cardiovasc Magn Reson* 2006; 8: 503–507
- 223 Kozerke S, Schwitler J, Pedersen EM *et al.* Aortic and mitral regurgitation: quantification using moving slice velocity mapping. *J Magn Reson Imaging* 2001; 14: 106–112
- 224 Pouleur AC, le Polain de Waroux JB, Pasquet A *et al.* Planimetric and continuity equation assessment of aortic valve area: Head to head comparison between cardiac magnetic resonance and echocardiography. *J Magn Reson Imaging* 2007; 26: 1436–1443
- 225 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
- 226 Lin SJ, Brown PA, Watkins MP *et al.* Quantification of stenotic mitral valve area with magnetic resonance imaging and comparison with Doppler ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2004; 44: 133–137
- 227 Kon MW, Myerson SG, Moat NE *et al.* Quantification of regurgitant fraction in mitral regurgitation by cardiovascular magnetic resonance: comparison of techniques. *J Heart Valve Dis* 2004; 13: 600–607
- 228 Kilner PJ, Sievers B, Meyer GP *et al.* Double-chambered right ventricle or sub-infundibular stenosis assessed by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2002; 4: 373–379
- 229 Kivelitz DE, Dohmen PM, Lembcke A *et al.* Visualization of the pulmonary valve using cine MR imaging. *Acta Radiol* 2003; 44: 172–176
- 230 Rebergen SA, Chin JG, Ottenkamp J *et al.* Pulmonary regurgitation in the late postoperative follow-up of tetralogy of Fallot. Volumetric quantitation by nuclear magnetic resonance velocity mapping. *Circulation* 1993; 88: 2257–2266
- 231 Therrien J, Provost Y, Merchant N *et al.* Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 2005; 95: 779–782
- 232 Stollberger C, Kopsa W, Finsterer J. Non-compaction of the right atrium and left ventricle in Ebstein's malformation. *J Heart Valve Dis* 2006; 15: 719–720
- 233 Reynier C, Garcier J, Legault B *et al.* [Cross-sectional imaging of post endocarditis paravalvular myocardial abscesses of native mitral valves: 4 cases]. *J Radiol* 2001; 82: 665–669
- 234 LaBounty TM, Agarwal PP, Chughtai A *et al.* Hemodynamic and functional assessment of mechanical aortic valves using combined echocardiography and multidetector computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2009; 3: 161–167
- 235 Schultz CJ, Weustink A, Piazza N *et al.* Geometry and degree of apposition of the CoreValve ReValving system with multislice computed tomography after implantation in patients with aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 911–918
- 236 Harris KM, Ang E, Lesser JR *et al.* Cardiac magnetic resonance imaging for detection of an abscess associated with prosthetic valve endocarditis: a case report. *Heart Surg Forum* 2007; 10: E186–E187
- 237 Meijboom WB, Mollet NR, Van Mieghem CA *et al.* Pre-operative computed tomography coronary angiography to detect significant coronary artery disease in patients referred for cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1658–1665
- 238 Tops LF, Delgado V, van der Kley F *et al.* Percutaneous aortic valve therapy: clinical experience and the role of multi-modality imaging. *Heart* 2009; 95: 1538–1546
- 239 Wood DA, Tops LF, Mayo JR *et al.* Role of multislice computed tomography in transcatheter aortic valve replacement. *Am J Cardiol* 2009; 103: 1295–1301

- 240 *Tops LF, Wood DA, Delgado V et al.* Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008; 1: 321–330
- 241 *Kahlert P, Plicht B, Janosi RA et al.* The role of imaging in percutaneous mitral valve repair. *Herz* 2009; 34: 458–467
- 242 *Delgado V, Tops LF, Schuijff JD et al.* Assessment of mitral valve anatomy and geometry with multislice computed tomography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 556–565
- 243 *Rienmüller R, Groll R, Lipton MJ.* CT and MR imaging of pericardial disease. *Radiol Clin North Am* 2004; 42: 587–601, vi
- 244 *Wang ZJ, Reddy GP, Gotway MB et al.* CT and MR imaging of pericardial disease. *Radiographics* 2003; 23: S167–S180
- 245 *Rifkin RD, Mernoff DB.* Noninvasive evaluation of pericardial effusion composition by computed tomography. *Am Heart J* 2005; 149: 1120–1127
- 246 *Francone M, Dymarkowski S, Kalantzi M et al.* Magnetic resonance imaging in the evaluation of the pericardium. A pictorial essay. *Radiol Med* 2005; 109: 64–74; quiz 5–6
- 247 *Misselt AJ, Harris SR, Glockner J et al.* MR imaging of the pericardium. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008; 16: 185–199, vii
- 248 *Smith WH, Beacock DJ, Goddard AJ et al.* Magnetic resonance evaluation of the pericardium. *Br J Radiol* 2001; 74: 384–392
- 249 *Troughton RW, Asher CR, Klein AL.* Pericarditis. *Lancet* 2004; 363: 717–727
- 250 *Bauner K, Horng A, Schmitz C et al.* New observations from MR velocity-encoded flow measurements concerning diastolic function in constrictive pericarditis. *Eur Radiol* 2010; 20: 1831–1840
- 251 *Francone M, Dymarkowski S, Kalantzi M et al.* Assessment of ventricular coupling with real-time cine MRI and its value to differentiate constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy. *Eur Radiol* 2006; 16: 944–951
- 252 *Myers RB, Spodick DH.* Constrictive pericarditis: clinical and pathophysiological characteristics. *Am Heart J* 1999; 138: 219–232
- 253 *Nishimura RA.* Constrictive pericarditis in the modern era: a diagnostic dilemma. *Heart* 2001; 86: 619–623
- 254 *Suh SY, Rha SW, Kim JW et al.* The usefulness of three-dimensional multidetector computed tomography to delineate pericardial calcification in constrictive pericarditis. *Int J Cardiol* 2006; 113: 414–416
- 255 *Hoffmann MH, Shi H, Lieberknecht M et al.* Images in cardiovascular medicine. Sixteen-slice computed tomography and magnetic resonance imaging of calcified pericardium. *Circulation* 2003; 108: e48–e49
- 256 *Khan NU, Yonan N.* Does preoperative computed tomography reduce the risks associated with re-do cardiac surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2009; 9: 119–123
- 257 *Schwefer M, Aschenbach R, Heidemann J et al.* Constrictive pericarditis, still a diagnostic challenge: comprehensive review of clinical management. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009; 36: 502–510
- 258 *Chiles C, Woodard PK, Gutierrez FR et al.* Metastatic involvement of the heart and pericardium: CT and MR imaging. *Radiographics* 2001; 21: 439–449
- 259 *Grebenc ML, Rosado de Christenson ML, Burke AP et al.* Primary cardiac and pericardial neoplasms: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 2000; 20: 1073–1103
- 260 *Syed IS, Feng D, Harris SR et al.* MR imaging of cardiac masses. *Magn Reson Imaging Clin N Am* 2008; 16: 137–164, vii
- 261 *Kim JS, Kim HH, Yoon Y.* Imaging of pericardial diseases. *Clin Radiol* 2007; 62: 626–631
- 262 *Ling LH, Oh JK, Schaff HV et al.* Constrictive pericarditis in the modern era: evolving clinical spectrum and impact on outcome after pericardiectomy. *Circulation* 1999; 100: 1380–1386
- 263 *Sengupta PP, Eleid MF, Khandheria BK.* Constrictive pericarditis. *Circ J* 2008; 72: 1555–1562
- 264 *Spottiswoode B, Russell JB, Moosa S et al.* Abnormal diastolic and systolic septal motion following pericardiectomy demonstrated by cine DENSE MRI. *Cardiovasc J Afr* 2008; 19: 208–209
- 265 *Agelopoulos P, Kapatais A, Varounis C et al.* Hepatocellular carcinoma with invasion into the right atrium. Report of two cases and review of the literature. *Hepatogastroenterology* 2007; 54: 2106–2108
- 266 *Hoffmann U, Globits S, Schima W et al.* Usefulness of magnetic resonance imaging of cardiac and paracardiac masses. *Am J Cardiol* 2003; 92: 890–895
- 267 *Juan O, Esteban E, Sotillo J et al.* Atrial flutter and myocardial infarction-like ECG changes as manifestations of left ventricle involvement from lung carcinoma. *Clin Transl Oncol* 2008; 10: 125–127
- 268 *Schnarkowski P, Wallner B, von Gumpfenberg R et al.* [Magnetic resonance tomography and magnetic resonance angiography of an infiltration of the left and right atria by a liver metastasis]. *Röntgenpraxis* 1992; 45: 98–99
- 269 *Vanheste R, Vanhoenacker P, D'Haenens P.* Primary cardiac lymphoma. *JBR-BTR* 2007; 90: 109–111
- 270 *van Beek EJ, Stolpen AH, Khanna G et al.* CT and MRI of pericardial and cardiac neoplastic disease. *Cancer Imaging* 2007; 7: 19–26
- 271 *Kim EY, Choe YH, Sung K et al.* Multidetector CT and MR imaging of cardiac tumors. *Korean J Radiol* 2009; 10: 164–175
- 272 *Krombach GA, Spuentrup E, Buecker A et al.* [Heart tumors: magnetic resonance imaging and multislice spiral CT]. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177: 1205–1218
- 273 *Kraemer N, Balzer JC, Schoth F et al.* [Atrial tumors in cardiac MRI]. *Fortschr Röntgenstr* 2009; 181: 1038–1049
- 274 *Mohrs OK, Nowak B, Petersen SE et al.* Thrombus detection in the left atrial appendage using contrast-enhanced MRI: a pilot study. *Am J Roentgenol* 2006; 186: 198–205
- 275 *Hur J, Kim YJ, Lee HJ et al.* Left atrial appendage thrombi in stroke patients: detection with two-phase cardiac CT angiography versus transesophageal echocardiography. *Radiology* 2009; 251: 683–690
- 276 *Hur J, Kim YJ, Lee HJ et al.* Cardiac computed tomographic angiography for detection of cardiac sources of embolism in stroke patients. *Stroke* 2009; 40: 2073–2078
- 277 *Hur J, Kim YJ, Nam JE et al.* Thrombus in the left atrial appendage in stroke patients: detection with cardiac CT angiography – a preliminary report. *Radiology* 2008; 249: 81–87
- 278 *Martinez MW, Kirsch J, Williamson EE et al.* Utility of nongated multidetector computed tomography for detection of left atrial thrombus in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 69–76
- 279 *Feuchtner GM, Dichtl W, Bonatti JO et al.* Diagnostic accuracy of cardiac 64-slice computed tomography in detecting atrial thrombi. Comparative study with transesophageal echocardiography and cardiac surgery. *Invest Radiol* 2008; 43: 794–801
- 280 *Barkhausen J, Hunold P, Eggebrecht H et al.* Detection and characterization of intracardiac thrombi on MR imaging. *Am J Roentgenol* 2002; 179: 1539–1544
- 281 *Bruder O, Waltering KU, Hunold P et al.* [Detection and characterization of left ventricular thrombi by MRI compared to transthoracic echocardiography]. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177: 344–349
- 282 *Paydarfar D, Krieger D, Dib N et al.* In vivo magnetic resonance imaging and surgical histopathology of intracardiac masses: distinct features of subacute thrombi. *Cardiology* 2001; 95: 40–47
- 283 *Weinsaft JW, Kim HW, Shah DJ et al.* Detection of left ventricular thrombus by delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance prevalence and markers in patients with systolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 2008; 52: 148–157
- 284 *Weinsaft JW, Kim RJ, Ross M et al.* Contrast-enhanced anatomic imaging as compared to contrast-enhanced tissue characterization for detection of left ventricular thrombus. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 969–979
- 285 *Araoz PA, Eklund HE, Welch TJ et al.* CT and MR imaging of primary cardiac malignancies. *Radiographics* 1999; 19: 1421–1434
- 286 *Kaminaga T, Takeshita T, Kimura I.* Role of magnetic resonance imaging for evaluation of tumors in the cardiac region. *Eur Radiol* 2003; 13: L1–L10
- 287 *O'Donnell DH, Abbara S, Chaithiraphan V et al.* Cardiac tumors: optimal cardiac MR sequences and spectrum of imaging appearances. *Am J Roentgenol* 2009; 193: 377–387
- 288 *Strotmann J.* [Cardiac tumors – clinical symptoms, diagnostic approaches, and therapeutic aspects]. *Med Klin* 2008; 103: 175–180
- 289 *Henrikson CA, Leng CT, Yuh DD et al.* Computed tomography to assess possible cardiac lead perforation. *Pacing Clin Electrophysiol* 2006; 29: 509–511
- 290 *Hirsch DA, Jain VR, Spindola-Franco H et al.* Prevalence and characterization of asymptomatic pacemaker and ICD lead perforation on CT. *Pacing Clin Electrophysiol* 2007; 30: 28–32
- 291 *Burgstahler C, Wohrle J, Kochs M et al.* Magnetic resonance imaging to assess acute changes in atrial and ventricular parameters after transcatheter closure of atrial septal defects. *J Magn Reson Imaging* 2007; 25: 1136–1140

- 292 Mohrs OK, Petersen SE, Erkapic D et al. Diagnosis of patent foramen ovale using contrast-enhanced dynamic MRI: a pilot study. *Am J Roentgenol* 2005; 184: 234–240
- 293 Mohrs OK, Petersen SE, Erkapic D et al. Dynamic contrast-enhanced MRI before and after transcatheter occlusion of patent foramen ovale. *Am J Roentgenol* 2007; 188: 844–849
- 294 Nusser T, Hoher M, Merkle N et al. Cardiac magnetic resonance imaging and transesophageal echocardiography in patients with transcatheter closure of patent foramen ovale. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 322–329
- 295 Weber C, Weber M, Ekinici O et al. Atrial septal defects type II: noninvasive evaluation of patients before implantation of an Amplatzer Septal Occluder and on follow-up by magnetic resonance imaging compared with TEE and invasive measurement. *Eur Radiol* 2008; 18: 2406–2413
- 296 Sarikouch S, Peters B, Gutberlet M et al. Sex-specific pediatric percentiles for ventricular size and mass as reference values for cardiac MRI: assessment by steady-state free-precession and phase-contrast MRI flow. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010; 3: 65–76
- 297 Vashist S, Singh GK. Acute myocarditis in children: current concepts and management. *Curr Treat Options Cardiovasc Med* 2009; 11: 383–391
- 298 Siegel MJ. Multiplanar and three-dimensional multi-detector row CT of thoracic vessels and airways in the pediatric population. *Radiology* 2003; 229: 641–650
- 299 Gilkeson RC, Markowitz AH, Ciancibello L. Multisection CT evaluation of the reoperative cardiac surgery patient. *Radiographics* 2003; 23: S3–S17
- 300 Eichhorn J, Fink C, Delorme S et al. Rings, slings and other vascular abnormalities. Ultrafast computed tomography and magnetic resonance angiography in pediatric cardiology. *Z Kardiol* 2004; 93: 201–208
- 301 Eichhorn JG, Fink C, Long F et al. [Multidetector CT for the diagnosis of congenital vascular anomalies and associated complications in newborns and infants]. *Fortschr Röntgenstr* 2005; 177: 1366–1372
- 302 Eichhorn JG, Ley S. [Congenital abnormalities of the aorta in children and adolescents]. *Radiologie* 2007; 47: 974–981
- 303 Eichhorn JG, Long FR, Hill SL et al. Assessment of in-stent stenosis in small children with congenital heart disease using multi-detector computed tomography: a validation study. *Catheter Cardiovasc Interv* 2006; 68: 11–20
- 304 Gutberlet M, Abdul-Khalik H, Grothoff M et al. [Evaluation of left ventricular volumes in patients with congenital heart disease and abnormal left ventricular geometry. Comparison of MRI and transthoracic 3-dimensional echocardiography]. *Fortschr Röntgenstr* 2003; 175: 942–951
- 305 Sarikouch S, Koerperich H, Boethig D et al. Reference values for atrial size and function in children and young adults by cardiac MR: a study of the German competence network congenital heart defects. *J Magn Reson Imaging* 2011; 33: 1028–1039
- 306 Cohen MS, Anderson RH, Cohen MI et al. Controversies, genetics, diagnostic assessment, and outcomes relating to the heterotaxy syndrome. *Cardiol Young* 2007; 17: 29–43
- 307 Geva T, Vick GW3rd, Wendt RE et al. Role of spin echo and cine magnetic resonance imaging in presurgical planning of heterotaxy syndrome. Comparison with echocardiography and catheterization. *Circulation* 1994; 90: 348–356
- 308 Hong YK, Park YW, Ryu SJ et al. Efficacy of MRI in complicated congenital heart disease with visceral heterotaxy syndrome. *J Comput Assist Tomogr* 2000; 24: 671–682
- 309 Lee EY, Zurakowski D, Waltz DA et al. MDCT evaluation of the prevalence of tracheomalacia in children with mediastinal aortic vascular anomalies. *J Thorac Imaging* 2008; 23: 258–265
- 310 Lee EY, Siegel MJ, Hildebolt CF et al. MDCT evaluation of thoracic aortic anomalies in pediatric patients and young adults: comparison of axial, multiplanar, and 3D images. *Am J Roentgenol* 2004; 182: 777–784
- 311 Ou P, Marini D, Celermajer DS et al. Non-invasive assessment of congenital pulmonary vein stenosis in children using cardiac-non-gated CT with 64-slice technology. *Eur J Radiol* 2009; 70: 595–599
- 312 Ou P, Celermajer DS, Calcagni G et al. Three-dimensional CT scanning: a new diagnostic modality in congenital heart disease. *Heart* 2007; 93: 908–913
- 313 Oh KH, Choo KS, Lim SJ et al. Multidetector CT evaluation of total anomalous pulmonary venous connections: comparison with echocardiography. *Pediatr Radiol* 2009; 39: 950–954
- 314 Gilkeson RC, Ciancibello L, Zahka K. Pictorial essay. Multidetector CT evaluation of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *Am J Roentgenol* 2003; 180: 973–980
- 315 Selby JB, Poghosyan T, Wharton M. Asymptomatic partial anomalous pulmonary venous return masquerading as pulmonary vein occlusion following radiofrequency ablation. *Int J Cardiovasc Imaging* 2006; 22: 719–722
- 316 Wang XM, Wu LB, Sun C et al. Clinical application of 64-slice spiral CT in the diagnosis of the Tetralogy of Fallot. *Eur J Radiol* 2007; 64: 296–301
- 317 Beerbaum P, Korperich H, Barth P et al. Noninvasive quantification of left-to-right shunt in pediatric patients: phase-contrast cine magnetic resonance imaging compared with invasive oximetry. *Circulation* 2001; 103: 2476–2482
- 318 Beerbaum P, Korperich H, Esdorn H et al. Atrial septal defects in pediatric patients: noninvasive sizing with cardiovascular MR imaging. *Radiology* 2003; 228: 361–369
- 319 Durongpisitkul K, Tang NL, Soongswang J et al. Predictors of successful transcatheter closure of atrial septal defect by cardiac magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 2004; 25: 124–130
- 320 Piaw CS, Kiam OT, Rapae A et al. Use of non-invasive phase contrast magnetic resonance imaging for estimation of atrial septal defect size and morphology: a comparison with transesophageal echo. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006; 29: 230–234
- 321 Thomson LE, Crowley AL, Heitner JF et al. Direct en face imaging of secundum atrial septal defects by velocity-encoded cardiovascular magnetic resonance in patients evaluated for possible transcatheter closure. *Circ Cardiovasc Imaging* 2008; 1: 31–40
- 322 Valente AM, Sena L, Powell AJ et al. Cardiac magnetic resonance imaging evaluation of sinus venosus defects: comparison to surgical findings. *Pediatr Cardiol* 2007; 28: 51–56
- 323 Rajiah P, Kanne JP. Computed tomography of septal defects. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2010; 4: 231–245
- 324 Beerbaum P, Parish V, Bell A et al. Atypical atrial septal defects in children: noninvasive evaluation by cardiac MRI. *Pediatr Radiol* 2008; 38: 1188–1194
- 325 Grosse-Wortmann L, Al-Otay A, Goo HW et al. Anatomical and functional evaluation of pulmonary veins in children by magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 2007; 49: 993–1002
- 326 Riesenkampff EM, Schmitt B, Schnackenburg B et al. Partial anomalous pulmonary venous drainage in young pediatric patients: the role of magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 2009; 30: 458–464
- 327 Bass JE, Redwine MD, Kramer LA et al. Spectrum of congenital anomalies of the inferior vena cava: cross-sectional imaging findings. *Radiographics* 2000; 20: 639–652
- 328 Greil GF, Powell AJ, Gildein HP et al. Gadolinium-enhanced three-dimensional magnetic resonance angiography of pulmonary and systemic venous anomalies. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39: 335–341
- 329 Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Teitel DF et al. Magnetic resonance imaging of congenital heart disease: sensitivity and specificity using receiver operating characteristic curve analysis. *Am Heart J* 1989; 118: 155–161
- 330 Sorensen TS, Korperich H, Greil GF et al. Operator-independent isotropic three-dimensional magnetic resonance imaging for morphology in congenital heart disease: a validation study. *Circulation* 2004; 110: 163–169
- 331 Brown ML, Dearani JA, Danielson GK et al. The outcomes of operations for 539 patients with Ebstein anomaly. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008; 135: 1120–36
- 332 Malhotra SP, Petrossian E, Reddy VM et al. Selective right ventricular unloading and novel technical concepts in Ebstein's anomaly. *Ann Thorac Surg* 2009; 88: 1975–1981
- 333 Gutberlet M, Oellinger H, Ewert P et al. [Pre- and postoperative evaluation of ventricular function, muscle mass and valve morphology by magnetic resonance tomography in Ebstein's anomaly]. *Fortschr Röntgenstr* 2000; 172: 436–442
- 334 Bell A, Beerbaum P, Greil G et al. Noninvasive assessment of pulmonary artery flow and resistance by cardiac magnetic resonance in congenital heart diseases with unrestricted left-to-right shunt. *JACC Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 1285–1291
- 335 Grosse-Wortmann L, Yun TJ, Al-Radi O et al. Borderline hypoplasia of the left ventricle in neonates: insights for decision-making from functional assessment with magnetic resonance imaging. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008; 136: 1429–1436

- 336 *Shuhaiber JH, Ho SY, Rigby M et al.* Current options and outcomes for the management of atrioventricular septal defect. *Eur J Cardiothorac Surg* 2009; 35: 891–900
- 337 *Marijon E, Ou P, Fermont L et al.* Diagnosis and outcome in congenital ventricular diverticulum and aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 131: 433–437
- 338 *McMahon CJ, Moniotte S, Powell AJ et al.* Usefulness of magnetic resonance imaging evaluation of congenital left ventricular aneurysms. *Am J Cardiol* 2007; 100: 310–315
- 339 *Ohlow MA.* Congenital left ventricular aneurysms and diverticula: definition, pathophysiology, clinical relevance and treatment. *Cardiology* 2006; 106: 63–72
- 340 *Hoppe UC, Dederichs B, Deutsch HJ et al.* Congenital heart disease in adults and adolescents: comparative value of transthoracic and transesophageal echocardiography and MR imaging. *Radiology* 1996; 199: 669–677
- 341 *Kellenberger CJ, Yoo SJ, Buchel ER.* Cardiovascular MR imaging in neonates and infants with congenital heart disease. *Radiographics* 2007; 27: 5–18
- 342 *Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Stanger P et al.* Evaluation of complex congenital ventricular anomalies with magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 1990; 120: 133–142
- 343 *Kersting-Sommerhoff BA, Seelos KC, Hardy C et al.* Evaluation of surgical procedures for cyanotic congenital heart disease by using MR imaging. *Am J Roentgenol* 1990; 155: 259–266
- 344 *Kilner PJ, Geva T, Kaemmerer H et al.* Recommendations for cardiovascular magnetic resonance in adults with congenital heart disease from the respective working groups of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J* 2010; 31: 794–805
- 345 *Rutledge JM, Nihill MR, Fraser CD et al.* Outcome of 121 patients with congenitally corrected transposition of the great arteries. *Pediatr Cardiol* 2002; 23: 137–145
- 346 *Salehian O, Schwerzmann M, Merchant N et al.* Assessment of systemic right ventricular function in patients with transposition of the great arteries using the myocardial performance index: comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *Circulation* 2004; 110: 3229–3233
- 347 *Samyn MM.* A review of the complementary information available with cardiac magnetic resonance imaging and multi-slice computed tomography (CT) during the study of congenital heart disease. *Int J Cardiovasc Imaging* 2004; 20: 569–578
- 348 *Sarikouch S, Schaeffler R, Korperich H et al.* Cardiovascular magnetic resonance imaging for intensive care infants: safe and effective? *Pediatr Cardiol* 2009; 30: 146–152
- 349 *Wood JC.* Anatomical assessment of congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson* 2006; 8: 595–606
- 350 *Chaturvedi RR, Redington AN.* Pulmonary regurgitation in congenital heart disease. *Heart* 2007; 93: 880–889
- 351 *Geva T.* Indications and timing of pulmonary valve replacement after tetralogy of Fallot repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2006; 11–22
- 352 *Harrild DM, Berul CI, Cecchin F et al.* Pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot: impact on survival and ventricular tachycardia. *Circulation* 2009; 119: 445–451
- 353 *Henkens IR, van Straten A, Schaliq MJ et al.* Predicting outcome of pulmonary valve replacement in adult tetralogy of Fallot patients. *Ann Thorac Surg* 2007; 83: 907–911
- 354 *Oosterhof T, van Straten A, Vliegen HW et al.* Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 2007; 116: 545–551
- 355 *Vliegen HW, van Straten A, de Roos A et al.* Magnetic resonance imaging to assess the hemodynamic effects of pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of fallot. *Circulation* 2002; 106: 1703–1707
- 356 *Dincer TC, Basarici I, Calisir C et al.* Ruptured aneurysm of noncoronary sinus of Valsalva: demonstration with magnetic resonance imaging. *Acta Radiol* 2008; 49: 889–892
- 357 *Feldman DN, Roman MJ.* Aneurysms of the sinuses of Valsalva. *Cardiology* 2006; 106: 73–81
- 358 *Karaaslan T, Gudinchet F, Payot M et al.* Congenital aneurysm of sinus of Valsalva ruptured into right ventricle diagnosed by magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 1999; 20: 212–214
- 359 *Ozkara A, Cetin G, Mert M et al.* Sinus of Valsalva aneurysm: surgical approaches to complicated cases. *ANZ J Surg* 2005; 75: 51–54
- 360 *Bricker AO, Avutu B, Mohammed TL et al.* Valsalva sinus aneurysms: findings at CT and MR imaging. *Radiographics* 2010; 30: 99–110
- 361 *Crean A.* Cardiovascular MR and CT in congenital heart disease. *Heart* 2007; 93: 1637–1647
- 362 *Dillman JR, Yarram SG, D'Amico AR et al.* Interrupted aortic arch: spectrum of MRI findings. *Am J Roentgenol* 2008; 190: 1467–1474
- 363 *Eichhorn JG, Fink C, Delorme S et al.* Magnetic resonance blood flow measurements in the follow-up of pediatric patients with aortic coarctation – a re-evaluation. *Int J Cardiol* 2006; 113: 291–298
- 364 *Geva T, Greil GF, Marshall AC et al.* Gadolinium-enhanced 3-dimensional magnetic resonance angiography of pulmonary blood supply in patients with complex pulmonary stenosis or atresia: comparison with x-ray angiography. *Circulation* 2002; 106: 473–478
- 365 *Grosse-Wortmann L, Al-Otay A, Yoo SJ.* Aortopulmonary collaterals after bidirectional cavopulmonary connection or Fontan completion: quantification with MRI. *Circ Cardiovasc Imaging* 2009; 2: 219–225
- 366 *Kastler B.* [Value of MRI in the evaluation of congenital anomalies of the heart and great vessels]. *J Radiol* 2004; 85: 1851–1853
- 367 *McLaren CA, Elliott MJ, Roebuck DJ.* Vascular compression of the airway in children. *Paediatr Respir Rev* 2008; 9: 85–94
- 368 *Nielsen JC, Powell AJ, Gauvreau K et al.* Magnetic resonance imaging predictors of coarctation severity. *Circulation* 2005; 111: 622–628
- 369 *Prakash A, Torres AJ, Printz BF et al.* Usefulness of magnetic resonance angiography in the evaluation of complex congenital heart disease in newborns and infants. *Am J Cardiol* 2007; 100: 715–721
- 370 *Prasad SK, Soukias N, Hornung T et al.* Role of magnetic resonance angiography in the diagnosis of major aortopulmonary collateral arteries and partial anomalous pulmonary venous drainage. *Circulation* 2004; 109: 207–214
- 371 *Steffens JC, Bourne MW, Sakuma H et al.* Quantification of collateral blood flow in coarctation of the aorta by velocity encoded cine magnetic resonance imaging. *Circulation* 1994; 90: 937–943
- 372 *Boxt LM.* Magnetic resonance and computed tomographic evaluation of congenital heart disease. *J Magn Reson Imaging* 2004; 19: 827–847
- 373 *Chandran A, Fricker FJ, Schowengerdt KO et al.* An institutional review of the value of computed tomographic angiography in the diagnosis of congenital cardiac malformations. *Cardiol Young* 2005; 15: 47–51
- 374 *Taylor AM, Dymarkowski S, Hamaekers P et al.* MR coronary angiography and late-enhancement myocardial MR in children who underwent arterial switch surgery for transposition of great arteries. *Radiology* 2005; 234: 542–547
- 375 *Arnold R, Ley S, Ley-Zaporozhan J et al.* Visualization of coronary arteries in patients after childhood Kawasaki syndrome: value of multi-detector CT and MR imaging in comparison to conventional coronary catheterization. *Pediatr Radiol* 2007; 37: 998–1006
- 376 *Hong C, Woodard PK, Bae KT.* Congenital coronary artery anomaly demonstrated by three dimensional 16 slice spiral CT angiography. *Heart* 2004; 90: 478
- 377 *Turner A, Gavel G, Coutts J.* Vascular rings – presentation, investigation and outcome. *Eur J Pediatr* 2005; 164: 266–270
- 378 *Caputo GR, Kondo C, Masui T et al.* Right and left lung perfusion: in vitro and in vivo validation with oblique-angle, velocity-encoded cine MR imaging. *Radiology* 1991; 180: 693–698
- 379 *Fratz S, Hess J, Schwaiger M et al.* More accurate quantification of pulmonary blood flow by magnetic resonance imaging than by lung perfusion scintigraphy in patients with fontan circulation. *Circulation* 2002; 106: 1510–1513
- 380 *Klimes K, Abdul-Khaliq H, Ovroutski S et al.* Pulmonary and caval blood flow patterns in patients with intracardiac and extracardiac Fontan: a magnetic resonance study. *Clin Res Cardiol* 2007; 96: 160–167
- 381 *Brenner LD, Caputo GR, Mostbeck G et al.* Quantification of left to right atrial shunts with velocity-encoded cine nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 1992; 20: 1246–1250
- 382 *Hundley WG, Li HF, Lange RA et al.* Assessment of left-to-right intracardiac shunting by velocity-encoded, phase-difference magnetic resonance imaging. A comparison with oximetric and indicator dilution techniques. *Circulation* 1995; 91: 2955–2960
- 383 *Beerbaum P, Barth P, Kropf S et al.* Cardiac function by MRI in congenital heart disease: impact of consensus training on interinstitutional variance. *J Magn Reson Imaging* 2009; 30: 956–966
- 384 *Fratz S, Schuhbaeck A, Buchner C et al.* Comparison of accuracy of axial slices versus short-axis slices for measuring ventricular volumes by cardiac magnetic resonance in patients with corrected tetralogy of fallot. *Am J Cardiol* 2009; 103: 1764–1769

- 385 Zahn EM, Hellenbrand WE, Lock JE et al. Implantation of the melody transcatheter pulmonary valve in patients with a dysfunctional right ventricular outflow tract conduit early results from the u.s. Clinical trial. *J Am Coll Cardiol* 2009; 54: 1722–1729
- 386 Buechel ER, Balmer C, Bauersfeld U et al. Feasibility of perfusion cardiovascular magnetic resonance in paediatric patients. *J Cardiovasc Magn Reson* 2009; 11: 51
- 387 Gutberlet M, Boeckel T, Hosten N et al. Arterial switch procedure for D-transposition of the great arteries: quantitative midterm evaluation of hemodynamic changes with cine MR imaging and phase-shift velocity mapping-initial experience. *Radiology* 2000; 214: 467–475
- 388 Sakuma H, Ichikawa Y, Chino S et al. Detection of coronary artery stenosis with whole-heart coronary magnetic resonance angiography. *J Am Coll Cardiol* 2006; 48: 1946–1950
- 389 Gutberlet M, Hoffmann J, Kunzel E et al. [Preoperative and postoperative imaging in patients with transposition of the great arteries]. *Radiologe* 2011; 51: 15–22
- 390 Cohen MD, Johnson T, Ramrakhiani S. MRI of surgical repair of transposition of the great vessels. *Am J Roentgenol* 2010; 194: 250–260
- 391 Fogel MA, Hubbard A, Weinberg PM. A simplified approach for assessment of intracardiac baffles and extracardiac conduits in congenital heart surgery with two- and three-dimensional magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 2001; 142: 1028–1036
- 392 Hager A, Kaemmerer H, Leppert A et al. Follow-up of adults with coarctation of the aorta: comparison of helical CT and MRI, and impact on assessing diameter changes. *Chest* 2004; 126: 1169–1176
- 393 Krishnam MS, Tomasian A, Deshpande V et al. Noncontrast 3D steady-state free-precession magnetic resonance angiography of the whole chest using nonselective radiofrequency excitation over a large field of view: comparison with single-phase 3D contrast-enhanced magnetic resonance angiography. *Invest Radiol* 2008; 43: 411–420
- 394 Masui T, Katayama M, Kobayashi S et al. Gadolinium-enhanced MR angiography in the evaluation of congenital cardiovascular disease pre- and postoperative states in infants and children. *J Magn Reson Imaging* 2000; 12: 1034–1042
- 395 Potthast S, Mitsumori L, Stnescu LA et al. Measuring aortic diameter with different MR techniques: comparison of three-dimensional (3D) navigated steady-state free-precession (SSFP), 3D contrast-enhanced magnetic resonance angiography (CE-MRA), 2D T2 black blood, and 2D cine SSFP. *J Magn Reson Imaging* 2010; 31: 177–184