

Kardiologie 2012 · 6:105–125
DOI 10.1007/s12181-012-0417-8
© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie -
Herz- und Kreislaufforschung e.V.
Published by Springer-Verlag -
all rights reserved 2012

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, Berlin

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

³ im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie, Düsseldorf

Konsensusempfehlungen der DRG/DGK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomographie und Magnetresonanztomographie

Die kardiale Schnittbilddiagnostik mit der Magnetresonanztomographie (MRT) und der Computertomographie (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 wurden 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 Gesell-

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

schaft 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 (s. nachstehende Gliederung und **Tab. 1**). Die aktuelle Konsensempfehlung orientiert sich nicht an Modalitäten und Methoden, sondern gliedert sich nach großen Krankheitsgruppen. Behandelt werden die koronare Herzkrankung, Kardiomyopathien, Herzrhythmusstörungen, Klappenitien, Perikarderkrankungen, erworbene und strukturellen 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 Konsensusverfahren 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 Herzkrankung

- 1.1 Asymptomatische Individuen – Risikoabschätzung
- 1.2 Symptomatische Patienten – Nachweis von Stenosen
- 1.3 Bekannte Koronare Herzkrankung – 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 Klappenitien

- 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 Zustand nach Therapie einer erworbenen strukturellen Veränderung am Herzen – asymptomatisch
- 6.5 Zustand nach Therapie einer erworbenen strukturellen Veränderung am Herzen – symptomatisch

7 Angeborene Herzkrankungen

- 7.1 Asymptomatische Individuen
- 7.2 Symptomatische Individuen/ Therapieplanung
- 7.3 Zustand nach Therapie einer erworbenen strukturellen Herzkrankung (symptomatisch/asymptomatisch)

Konsensusempfehlungen der DRG/DGK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomographie und Magnetresonanztomographie

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

Fachgesellschaften

¹Für die AG Herz- und Gefäßdiagnostik der Deutschen Röntgengesellschaft

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

³Im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie

Kardiologie 2012 · 6:105–125 DOI 10.1007/s12181-012-0417-8

© Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislaufforschung e.V.

Published by Springer-Verlag - all rights reserved 2012

S. Achenbach · J. Barkhausen · M. Beer · P. Beerbaum · T. Dill · J. Eichhorn · S. Fratz · M. Gutberlet · M. Hoffmann · A. Huber · P. Hunold · C. Klein · G. Krombach · K.-F. Kreitner · T. Kühne · J. Lotz · D. Maintz · H. Marholdt · N. Merkle · D. Messroghli · S. Miller · I. Paetsch · P. Radke · H. Steen · H. Thiele · S. Sarikouch · R. Fischbach

Konsensusempfehlungen der DRG/DGK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomographie und Magnetresonanztomographie

Zusammenfassung

Die kardiale Schnittbilddiagnostik mit der Magnetresonanztomographie (MRT) und Computertomographie (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 regelmäßig in der klinischen Routine eingesetzt werden. Dieses deutsche Konsensuspapier wurde daher gemeinsam von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislaufforschung (DGK), der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG) und der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie (DGPK) erarbeitet und orientiert sich nicht an Modalitäten und Methoden,

sondern gliedert sich nach großen Krankheitsgruppen. Behandelt werden die koronare Herzerkrankung, Kardiomyopathien, Herzrhythmusstörungen, Klappenerkrankungen, erworbene und strukturellen Veränderungen sowie angeborene Herzfehler. Für unterschiedliche klinische Szenarien werden die beiden Schnittbildmodalitäten CT und MRT vergleichend gegenübergestellt und in einem kurzen Textfeld bewertet.

Schlüsselwörter

Magnetresonanztomographie (MRT) · Computertomographie (CT) · Klinische Routine · Krankheitsgruppen · Klinische Szenarien

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

Abstract

Cardiac magnetic resonance imaging (MRI) and computed tomography (CT) have 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 the clinical routine. Therefore, this German consensus document has been developed in collaboration by the German Cardiac Society, the German Radiology Society and the German Society for Pediatric Cardiology. It is not oriented to modalities and methods but more to disease entities. This consensus

document deals with coronary artery disease, cardiomyopathy, arrhythmia, valvular disease, pericardial disease 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.

Keywords

Magnetic resonance imaging (MRI) · Computed tomography (CT) · Clinical routine · Disease entities · Clinical scenarios

| Tab. 1 Empfehlungen | | |
|---|---|--|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 1 Koronare Herzerkrankung | | |
| <i>1.1 Risikoabschätzung asymptomatischer Individuen</i> | | |
| 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 CT 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 CT und zur Überlegenheit im Vergleich zu traditionellen Risikofaktoren [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] K Keine Indikation zum Kalknachweis bei hohem oder niedrigem KHK-Risiko K Keine Indikation zur CT-Angiographie der Koronararterien |
| 1.1.3 Risikostratifizierung vor nichtkoronarer 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 CTA der Koronararterien Koronarstenosen vor nichtkoronaren Herzoperationen ausschließen. Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CT-Angiographie bei niedriger Vortestwahrscheinlichkeit und zur diagnostischen Aussagekraft der CTA bei Patienten vor nichtkoronarer Herzoperation liegen vor [8, 9, 10, 11, 12] |
| 1.1.4 Risikostratifizierung vor nichtkardialer Operation | I3 Die Dobutamin-Stress-MRT kann zur präoperativen Risikostratifizierung eingesetzt werden [13, 14] | K Keine Indikation zur CT |
| <i>1.2 Nachweis signifikanter Stenosen bei symptomatischen Patienten</i> | | |
| 1.2.1 Stabile Angina pectoris | | |
| 1.2.1.1 Erstdiagnostik | I2 Pharmakologische MR-Belastungsuntersuchung (Adenosin/Dobutamin) zum Ausschluss ischämierelevanter Koronarstenosen bei intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit, wenn ansonsten eine invasive Koronarangiographie erforderlich wäre (z. B. Ischämietest nicht möglich oder unzureichende Aussagekraft der Echokardiographie) MRT der Single-Photonen-Emissions-CT in der Ischämiediagnostik überlegen Keine Indikation für MR-Koronarangiographie [15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24] | I2 CTA zum Ausschluss von Koronararterienstenosen bei intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit, wenn ansonsten eine invasive Koronarangiographie erforderlich wäre (z. B. Ischämietest nicht möglich). Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CTA bei niedriger bis mittlerer Vortestwahrscheinlichkeit, Nachweis einer sehr niedrigen klinischen Ereignisrate nach Ausschluss von Koronararterienstenosen mittels CTA [8, 9, 10, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33] |
| 1.2.1.2 Nach Ischämienachweis | K Bei validem Ischämienachweis im Vortest liefert die MR-Belastungsuntersuchung keine Zusatzinformationen. Keine Indikation für MR-Koronarangiographie [34] | I3 CTA 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 CTA, Nachweis einer niedrigen klinischen Ereignisrate nach Ausschluss von Koronararterienstenosen mittels CTA auch bei Patienten mit pathologischem Ischämienachweis [8, 9, 10, 25, 32, 33, 35, 36, 37] |

| Tab. 1 Empfehlungen (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 MRT-Indikation. Pharmakologische MR-Belastungsuntersuchung (Adenosin/Dobutamin) zum Ausschluss ischämierrelevanter Koronarstenosen bei stabilisierten Patienten ohne Hochrisikokonstellation. Keine Indikation für MR-Koronarangiographie [15, 21, 22, 23, 24, 38, 39, 40] | I2 CTA zum Ausschluss von Koronararterienstenosen bei klinisch niedriger bis intermediärer Vortestwahrscheinlichkeit für das Vorliegen eines akuten Koronarsyndroms geeignet [25, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48] |
| 1.2.2.2 NSTEMI | I2 Bei Verdacht auf NSTEMI MRT ggf. zur Differenzialdiagnose (Myokarditis, Takotsubo) [49, 50, 51, 52, 53] U Risikostratifizierung (Infarktausmaß, Ödem, mikrovaskuläre Obstruktion) [54, 55] | I3 Bei Verdacht auf NSTEMI ggf. CT zum Ausschluss von Koronarstenosen indiziert [25, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48] |
| 1.2.2.3 STEMI | I3 In der Frühphase nach STEMI ggf. MRT zur Risikostratifizierung (Infarktausmaß, mikrovaskuläre Obstruktion, „myocardial salvage“) [56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 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 (s. auch 2.2.2.5) [52, 53, 66] | U Ggf. CTA 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 CTA ist die Methode der Wahl [68, 69, 70] |
| 1.2.2.4.3 Lungenarterienembolie | I3 MRA 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 CTA 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, 22, 23, 24, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82] | K Keine Indikation zur CT |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|--|--|---|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 1.3.2 Vitalität | <p>Die MRT ermöglicht bei Patienten mit eingeschränkter linksventrikulärer Funktion die Abschätzung der Wahrscheinlichkeit einer Funktionsverbesserung nach Revaskularisation</p> <p>I1 „Delayed enhancement imaging“ ist die bevorzugte Methode zur Vitalitätsdiagnostik</p> <p>I2 Low-dose-Wandbewegungsstress mit Dobutamin kann zur funktionellen Vitalitätsbestimmung eingesetzt werden</p> <p>I3 Bei Patienten mit intermediärer Transmuralität des „delayed enhancement“ erbringt die Kombination der beiden Methoden zusätzliche Information [83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92]</p> | <p>K Keine Indikation zur CT</p> |
| 1.3.3 Durchführungsplanung der operativen oder interventionellen Revaskularisation | <p>K Keine Indikation zur MRA für die technische Planung der Revaskularisation</p> | <p>I3 Indikation zur CTA zur Planung der interventionellen Rekanalisation von chronischen Verschlüssen der Koronararterien, Indikation zur CTA der Anatomie aortokoronarer Bypassgefäße vor Re-Operation Mehrere Studien zur Aussagekraft der CTA bezüglich des Erfolgs einer interventionellen Revaskularisation chronischer Koronararterienverschlüsse, Studien zum Nutzen der Darstellung der Anatomie von Bypassgefäßen bei der Planung kardialer Reoperationen [93, 94, 95, 96, 97, 98]</p> |
| <i>1.4 Status nach Koronarrevaskularisation – asymptomatisch</i> | | |
| 1.4.1 Status nach PCI | <p>U Die MRT-Ischämiediagnostik kann zur Prognoseeinschätzung eingesetzt werden [19, 20, 22, 23, 24, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82]</p> <p>K Die MRA zur Darstellung der Koronararterien ist nicht sinnvoll [75, 76, 99, 100, 101, 102, 103, 104]</p> | <p>K Keine Indikation zur CT</p> |
| 1.4.2 Status nach aortokoronarem Bypass | <p>U Die MRT-Ischämiediagnostik kann zur Prognoseeinschätzung eingesetzt werden. Keine Daten</p> <p>K Die MRA zur Darstellung der Bypässe und der Koronararterien ist nicht sinnvoll. Keine Daten</p> | <p>K Keine Indikation zur CT</p> |
| <i>1.5 Status nach Koronarrevaskularisation – symptomatisch</i> | | |
| 1.5.1 Status nach PCI | <p>I1 MRT mit Perfusion in Kombination mit „delayed enhancement“ mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung [105]</p> <p>I1 Indikation zur Dobutamin-Stress-MRT mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung [19, 20, 22, 23, 24, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82]</p> <p>K Die MRA zur Darstellung der Koronargefäße ist nicht sinnvoll [18, 19, 20, 75, 77, 102, 103, 104, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118]</p> | <p>U In bisherigen Studien ist die CTA zur Beurteilung von Restenosen in Koronarstents nicht ausreichend zuverlässig</p> |

Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung)

| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
|--|--|---|
| 1.5.2 Status nach aorto-koronarem Bypass | I1 MRT mit Perfusion in Kombination mit „delayed enhancement“ mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung [77, 91, 105, 108, 110, 112] I2 Indikation zur Dobutamin-Stress MRT mit der Frage nach Ischämie und zur Prognosebestimmung [18, 75, 116, 118] I3 Direkte Darstellung der Bypässe bei der Frage Bypassverschluss oder Bypassstenose. MRT in der Genauigkeit der Bypassdarstellung der CT unterlegen [119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126] | I3 Indikation zur CTA, wenn lediglich der Nachweis der Bypassoffenheit erforderlich ist (z. B. Bypass in der invasiven Angiographie nicht darstellbar) Die Darstellung der nativen Koronargefäße ist nicht indiziert. Zahlreiche Studien zur hohen Sensitivität und Spezifität der CTA bezüglich des Nachweises von Verschlüssen und Stenosen von aortokoronaren Bypassgefäßen [127, 128, 129, 130, 131] |
| 1.6 Koronararterielle Anomalien | I2 MR-Koronarangiographie ist eine der Methoden der Wahl [132, 133, 134, 135] | I1 CTA ist eine der Methoden der Wahl. Zahlreiche Studien zur Wertigkeit der CTA für die Charakterisierung von Koronararterienanomalien [136, 137, 138, 139, 140] |
| 2 Myokarderkrankungen | | |
| 2.1 Kardial asymptomatische Individuen | | |
| 2.1.1 Kardiale Beteiligung bei Systemerkrankungen (z. B. Sarkoidose, Amyloidose, Hämochromatose, Sklerodermie) | I1 Indikation zur Klärung der Myokardbeteiligung. Bestimmung der ventrikulären Funktion, Myokardmasse [141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149] | K Keine Indikation zur CT |
| 2.1.2 Myokarditis | I1 Nachweis von entzündungsbedingten Myokardveränderungen, Bestimmung der ventrikulären Funktion, Differenzialdiagnosen [51, 148] | K Keine Indikation zur CT |
| 2.2 Kardial symptomatische Individuen | | |
| 2.2.1 Untersuchung der links- und rechtsventrikulären Funktion | I1 Die MRT wird als Referenzmethode für die Untersuchung der links- und rechtsventrikulären Funktion angesehen [148, 149] | K Keine Indikation zur CT |
| 2.2.2 Nachweis und Differenzialdiagnose einer Kardiomyopathie oder entzündlichen Herzerkrankung | I1 Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme) [147, 148, 149] | U Indikation zur CTA als Alternative zur Echokardiographie und MRT – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage (Myokardhypertrophie und Funktion) liefern. Zahlreiche Studien belegen eine exzellente Übereinstimmung der CT-Funktionsanalyse mit MRT, Echokardiographie und SPECT [154, 155, 156, 157, 158] |
| 2.2.2.1 Hypertrophe Kardiomyopathie | I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme) [159, 160] | U s. 2.2.2 |
| 2.2.2.2 Dilatative Kardiomyopathie | I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter. Nachweis oder Ausschluss von LV-Thromben. Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme) [161, 162, 163] | U s. 2.2.2 |
| 2.2.2.3 Restriktive Kardiomyopathie | I1 Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter Abgrenzung gegenüber der Pericarditis constrictiva durch die Perikardbeurteilung Prognostische Bedeutung der Untersuchung (Myokardmasse, Kontrastmittelaufnahme) [164, 165, 166, 167] | U s. 2.2.2 |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|---|---|---|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 2.2.2.4 Non-compaction-Kardiomyopathie | I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter [168, 169] | U s. 2.2.2 |
| 2.2.2.5 Arrhythmogene rechtsventrikuläre Kardiomyopathie (ARVC) | I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter [170, 171] | U s. 2.2.2 |
| 2.2.2.6 Takotsubo-Kardiomyopathie | I1 In Ergänzung zur Basisdiagnostik Indikation zur Festlegung der Diagnose und des Schweregrades 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 Schweregrades der Erkrankung anhand morphologischer und funktioneller Parameter, insbesondere aber auch anhand der fokalen T2-Signalintensität und Kontrastmittelaufnahme [173, 174, 175, 176, 177] | K Keine Indikation zur CT |
| 2.2.2.8 Löffler-Endokarditis und andere nicht-bakterielle Endokarditiden | I1 Bei Embolisierungen im Rahmen einer entzündlichen Endokard-erkrankung 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 anderer 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 CTA als Methode der Wahl [183, 184, 185, 186, 187] |
| 2.3.2 Darstellung von Narbengewebe vor CRT | I1 Ausmaß und Lokalisation der Narbe kann Vorhersage für Response nach CRT geben [188, 189, 190, 191, 192] | U Es liegen keine Daten vor |
| 2.3.3 Nachweis einer Dyssynchronie | I3 Indikation zur MRT als Alternative zur Echokardiographie [193, 194, 195] | U Indikation zur CTA als Alternative zur Echokardiographie und MRT 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] |
| 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 Echokardiographie und MRT – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|---|---|--|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 3 Herzrhythmusstörungen | | |
| 3.1 <i>Asymptomatische Individuen</i> | K Keine Indikation zur MRT | K Keine Indikation zur CT |
| 3.2 <i>Symptomatische Individuen</i> | 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 <i>Bekannte Rhythmusstörung – Therapieplanung</i> | | |
| 3.3.1 Anatomische Referenz vor Ablation | I3 Einige aktuelle Studien belegen die Möglichkeiten der MRT zur anatomischen Venen- und Vorhofdarstellung vor Ablation [201, 202, 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, 205, 206, 208] |
| 3.4 <i>Status nach Behandlung einer Rhythmusstörung – asymptomatisch</i> | K Keine Indikation zur MRT | K Keine Indikation zur CT |
| 3.5 <i>Status nach Behandlung einer Rhythmusstörung – symptomatisch</i> | | |
| 3.5.1 Pulmonalvenenstenose nach Ablation | I2 MRA ist geeignet zur Darstellung der Pulmonalvenen und zur Detektion von Pulmonalvenenstenosen nach Katheterablation [201, 209, 210, 211, 212, 213] | I2 CTA ist geeignet zur Darstellung der Pulmonalvenen und zur Detektion von Pulmonalvenenstenosen nach Katheterablation [214, 215] |
| 4 Klappenvitien | | |
| 4.1 <i>Asymptomatische Individuen</i> | | |
| 4.1.1 Screening | K Keine Indikation zur MRT | K Keine Indikation zur CT |
| 4.2 <i>Nachweis einer Herzklappenerkrankung bei symptomatischen Patienten</i> | | |
| 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 CTA als Alternative zur Echokardiographie und MRT möglich – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern [218, 219, 220, 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 [222, 223, 224, 225] | K Keine Indikation zur CT |
| 4.2.1.3 Mitralklappenstenose | I3 Ergänzend zur Echokardiographie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden [226] | K Keine Indikation zur CT |
| 4.2.1.4 Mitralklappeninsuffizienz | I3 Ergänzend zur Echokardiographie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden [222, 223, 227] | K Keine Indikation zur CT |
| 4.2.1.5 Pulmonalklappenstenose | I2 Ergänzend zur Echokardiographie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden [228, 229] | K Keine Indikation zur CT |
| 4.2.1.6 Pulmonalklappeninsuffizienz | I1 Ergänzend zur Echokardiographie kann mittels MRT der Schweregrad ermittelt werden [230, 231] | K Keine Indikation zur CT |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|---|---|--|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 4.2.1.7 Trikuspidalklappe | I2 Ergänzend zur Echokardiographie 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 CTA der Koronararterien Koronarstenosen vor nichtkoronaren Herzoperationen ausschließen. Mehrere Studien zum hohen negativ-prädiktiven Wert der koronaren CTA bei niedriger Vortestwahrscheinlichkeit und auch bei Patienten vor nichtkoronarer 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 gesamten Verlauf, inkl. des peripheren Zugangswegs [238] | I1 CTA ist Methode der Wahl. Mehrere Singlecenterstudien 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] |
| 4.4 Status nach Behandlung einer Herzklappenerkrankung – asymptomatisch | | |
| 4.5 Status nach Behandlung einer Herzklappenerkrankung – symptomatisch | | |
| 4.5.1 Klappenfunktion | U Planimetrie der Klappenöffnungsfläche von Bioprothesen mittels MRT möglich, wenn die Echokardiographie nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefert | U Planimetrie der Klappenöffnungsfläche mittels CTA bei Bioprothesen als Alternative zur Echokardiographie und MRT 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] |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|--|--|---|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 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 Mitrektion können mit der MRT zuverlässig dargestellt werden [246, 247, 248, 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, 251, 252, 253] | I2 Gute Methode zur Darstellung von Perikardverkalkung. Mögliche Methode zu 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 CTA der Koronararterien Koronarstenosen vor nichtkoronaren 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, 259, 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, 259, 260, 261, 262, 263, 264] | I3 Im Einzelfall zur Beurteilung des Resektionsergebnisses |
| 6 Raumforderungen und 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, 266, 267, 268, 269] | I3 Indikation zur CT als Alternative und Ergänzung zur Echokardiographie und MRT, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern [270, 271, 272] |
| 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 | | |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|--|---|---|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 6.2.1 Kardiale Raumforderung als Emboliequelle | | |
| 6.2.1.1 Vorhofthromben | U Die MRT erlaubt den Nachweis von Vorhofthromben, die Aussagekraft ist eingeschränkt (Vorhofrohr) [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, 276, 277, 278, 279] |
| 6.2.1.2 Ventrikeltromben | I1 Die MRT ist der Echokardiographie beim Nachweis ventrikulärer Thromben überlegen. Vorteile bestehen im Nachweis apikaler oder kleiner wandständiger Thromben [280, 281, 282, 283, 284] | I3 Indikation zur CT als Alternative zur Echokardiographie und MRT – 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, 286, 287, 288] | I3 Indikation zur CT als Alternative und als Ergänzung zur Echokardiographie und MRT, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern [270, 271, 272] |
| 6.2.2 Abklärung echokardiographisch nachgewiesener Raumforderungen | I1 Die MRT liefert wertvolle Zusatzinformationen bezüglich Größenausdehnung, topografischer und anatomischer 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 MRT, wenn diese nicht möglich ist oder nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefert [270, 271, 272] |
| 6.2.3 Verdacht auf Dislokation oder Fehlfunktion kardialer Implantate | | |
| 6.2.3.1 Lage von Schrittmacher/ICD-Elektroden | K Keine Indikation zur MRT | I1 CT als Ergänzung zur konventionellern 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, 292, 293, 294, 295] | U CT als Ergänzung zur konventionellen Röntgendiagnostik |
| 6.2.3.2 Klappenprothesen | K Keine Indikation zur MRT | U CT als Ergänzung zur konventionellen Röntgendiagnostik. |
| 6.3 Bekannte erworbene strukturelle Veränderungen am Herzen – Therapieplanung | | |
| 6.3.1 Operationsplanung | 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 Echokardiographie und MRT, 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 Echokardiographie, 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 Echokardiographie, diskrepanten bzw. unklaren Befunden. Keine systematischen Studien | U Indikation zur CT als Alternative und Ergänzung zur Echokardiographie und MRT, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|--|---|---|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 7 Angeborene Herzerkrankungen | | |
| <i>7.1 Asymptomatische Individuen</i> | | |
| 7.1.1 Unklare RA/RV-Vergrößerung/Hypertrophie – z. B. Vorhofseptumdefekt – Myokardiale Genese – Klappenvitien (s. 4.2.3 und 4.2.4) | I2 Echokardiographie ist Methode der ersten Wahl; bei nicht oder nicht vollständig beurteilbaren Veränderungen ergänzende MRT sinnvoll [170, 296, 297] | I3 Alternative und/oder Ergänzung zur, Echokardiographie, Angiographie 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, 299, 300, 301, 302, 303] |
| 7.1.2 Unklare LA/LV-Vergrößerung/Hypertrophie (mit/ohne arteriellem Hypertonus) – z. B. durch Volumenlast (Shunts durch Koronar-fisteln, Angiome) – myokardiale durch ventrikuläre Drucklast – Klappenvitien (s. 4.2.1 und 4.2.2) | I2 Zahlreiche Studien, die den Vorteil der MRT-Volumetrie und Funktionsanalyse des LA und LV gegenüber der Echokardiographie hervorheben, insbesondere bei pathologischer Ventrikel-geometrie [296, 304, 305] | I3 (s. 7.1.1) |
| <i>7.2 Symptomatische Individuen Therapieplanung angeborener Herzerkrankungen</i> | | |
| 7.2.1 Anomalien des Situs/der Zirkulation | I1 Überlegenheit der MRT gegenüber der Echokardiographie und Herzkatheteruntersuchung in zahlreichen, teils prospektiven Studien, insbesondere bei der Darstellung der pulmonalvenösen und systemvenösen Verbindungen und ihrer Beziehungen zu mediastinalen Strukturen [306, 307, 308] | I3 (s. 7.1.1) CT mit aktueller Technik (niedrige Dosis, sehr kurze Scanzeit) kann als Ersatz für Katheterangiographie und als Alternative zur MRT wegen deutlich kürzerer Untersuchungszeit gewertet werden I2 Zur Notfalldiagnostik [309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316] |
| 7.2.2 Anomalien der Vorhöfe und der Venen | | |
| 7.2.2.1 Vorhofseptumdefekte | I2 Mehrere, teilweise prospektive Studien zeigen gegenüber der Echokardiographie bei atypischen Defekten eine bessere Korrelation zur tatsächlichen Defektgröße. Zuverlässige nichtinvasive Bestimmung der Shuntgröße [317, 318, 319, 320, 321, 322] | U Keine Studien bei Kindern, bisher lediglich Case Reports und Erfahrungsberichte. Mehrere, gute Korrelationen zur tatsächlichen Defektgröße gegenüber der Echokardiographie, insbesondere bei atypischen Defekten. Keine Shuntbestimmung möglich [323] |
| 7.2.2.2 Lungenvenenfehl-mündungen | I1 Zuverlässige native oder kontrastmittelgestützte Visualisierung und Quantifizierung des Links-Rechts-Shunts mittels Volumetrie und Flussmessung [324, 325, 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] |
| 7.2.2.3 Systemvenenfehl-mündungen | I2 Die Darstellung der Systemvenen ist zuverlässig mittels MRT möglich, wenn sie nicht mit der Echokardiographie gelingt [327, 328, 329, 330] | I2 (s. 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 links-ventrikulären Größe und Funktion werden als wertvoll eingeschätzt [331, 332, 333] | U (s. 7.1.1) |

| Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung) | | |
|---|--|--|
| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
| 7.2.3.2 Atrioventrikuläre Septumdefekte | I3 Nur wenige Studien bei atrioventrikulären Septumdefekten im Säuglingsalter, da meist echokardiographisch beurteilbar. Sowohl die Volumetrie der Ventrikel als auch die Bestimmung der Shuntgröße und -richtung sind zuverlässig möglich [334, 335, 336] | U (s. 7.2.2.1) |
| 7.2.4 Anomalien der Ventrikel/Ventrikelsepten | | |
| 7.2.4.1 Ventrikelaneurysma/-divertikel | I2 Die Darstellung kongenitaler Divertikel und Aneurysmata wird in zahlreichen Reviews vor allem aufgrund der Vitalitätsdiagnostik als wertvoll eingeschätzt. Thromben können zuverlässiger als mit der Echokardiographie nachgewiesen werden [337, 338, 339] | U (s. 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 Echokardiographie wichtigen Zusatzinformationen [340, 341, 342, 343, 344, 345, 346, 347, 348, 349] | U (s. 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, 351, 352, 353, 354, 355] | I3 Planimetrie der Klappenöffnungsfläche mittels CTA als Alternative zur Echokardiographie und MRT möglich – nur, wenn beide Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern [218, 219, 220, 221] |
| 7.2.5.2 Aortenstenose/-insuffizienz | I3 Die Aortenklappe ist in der Regel echokardiographisch gut beurteilbar. Bei unklaren Befunden kann eine ergänzende MRT hilfreich sein | I3 (s. 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, 357, 358, 359] | I3 Zahlreiche Case Reports und einzelne Reviews. Alternative zur MRT [360] |
| 7.2.6 Anomalien der großen Gefäße | I2 Eine Vielzahl von Studien und Reviews zeigt den Stellenwert der kardialen MRT zur Darstellung der extrakardialen Gefäße in der Therapieplanung [300, 361, 362, 363, 364, 365, 366, 367, 368, 369, 370, 371] | I2 Indikation zur CT als Alternative und/oder Ergänzung zur invasiven Angiographie, Echokardiographie 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, 299, 300, 301, 302, 310, 372, 373] |
| 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; venovenöse Kollateralen | | |
| 7.2.6.7 Koronararterien – Ursprungsanomalien (s. 1.6) | I2 Die MR-Koronarangiographie kann die proximalen Koronargefäßverläufe und die anatomischen Lagebeziehungen zu den großen thorakalen Gefäßen/kardialen Strukturen zuverlässig beurteilen. Ggf. in Kombination mit Dobutamin-Stress-MRT Wandbewegungsanalyse zum Nachweis eines ischämierellevanten anomalen Koronarverlaufes. Größere koronararterielle Fisteln (arteriovenös, ventrikulär) können dargestellt werden [132, 374] | I2 Die CTA ist eine der Methoden der Wahl. Zahlreiche Studien zur Wertigkeit der CTA für die Charakterisierung von Koronaranomalien [136, 137, 138, 139, 140, 375, 376] |
| – Fisteln, Angiome | | |
| – Kawasaki, andere Vaskulitiden | | |
| Evaluierung für Ross-, Switch-Operation | | |

Tab. 1 Empfehlungen (Fortsetzung)

| Fragestellung | Bewertung MR | Bewertung CT |
|---|---|--|
| 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, 379, 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“ Septaldefekte und Lungenvenenfehlbildungen (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 (s. 7.1.1) |
| 7.3.2.2 Rekonstruktion der RV-Pulmonaliskontinuität ± VSD-Patchverschluss (Fallot, PA-VSD, DORV und subaortaler VSD, TAC I–III, intrakavitäre 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, 384, 385] | I3 Indikation zur CT als Alternative zur Echokardiographie und MRT, wenn diese Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder 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 Ischämiediagnostik dar [374, 386, 387, 388, 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, 390, 391] | I3 Indikation zur CT als Alternative zur Echokardiographie und MRT, wenn diese Verfahren nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder 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 (s. 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, 393, 394, 395] | I2 Alternative und/oder Ergänzung zur Angiographie, Echokardiographie und MRT, wenn diese nicht die gewünschte diagnostische Aussage liefern oder MRT-Kontraindikationen vorliegen. Methode der Wahl nach Stentimplantation |

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. S. Achenbach

Medizinische Klinik I, Universitätsklinikum
Gießen und Marburg, Standort Gießen
Klinikstrasse 33,
35392 Gießen
stephan.achenbach@innere.med.uni-giessen.de

Prof. Dr. H. Thiele

Universität Leipzig – Herzzentrum,
Klinik für Innere Medizin/Kardiologie,
Strümpellstr. 39,
D-04289 Leipzig
thielh@medizin.uni-leipzig.de

Interessenkonflikt. Die korrespondierenden Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur

Das Literaturverzeichnis ...

...finden Sie in der html-Version dieses Beitrags im Online-Archiv auf der Zeitschriftenhomepage www.DerKardiologe.de oder unter www.dgk.org

Lieb K, Klemperer D, Ludwig W-D (Hrsg.)

Interessenkonflikte in der Medizin

Hintergründe und Lösungsmöglichkeiten

Heidelberg: Springer 2011, 300 S., 13 Abb., (ISBN 978-3-642-19841-0), 61.00 EUR



Die Diskussion um Beziehungsgeflechte hat in der Öffentlichkeit häufig einen aktuellen Bezug. Im Berufsleben eines Arztes gibt es niemand ohne eine Berührung mit Interessenkonflikten.

Das Buch über „Interessenkonflikte in der Medizin“ hat das Ziel, den Umgang mit diesen Problemen im Bereich zwischen Ärzten und Pharmaindustrie zu sichten. Aus dieser Motivation entstand ein Text, der die vielseitigen Facetten von Interessenkonflikten und deren Auswirkung in Forschung, Krankenversorgung, Aus-, Weiter- und Fortbildung behandelt. Darüber hinaus werden Rückwirkungen auf medizinische Fachzeitschriften und auf den Medizin-Journalismus dargestellt. Interessenkonflikte werden definiert als Situationen, die ein Risiko dafür schaffen, dass professionelles Urteilsvermögen oder Handeln unangemessen beeinflusst wird. Die häufig übliche Gleichsetzung von Interessenkonflikten mit Bestechlichkeit und Korruption kann nicht nur falsch, sondern auch schädlich sein für einen angemessenen Umgang mit Interessenkonflikten. Das primäre Interesse der Ärzte ist es, für das Wohl der Patienten durch bestmögliche Diagnostik und Behandlung zu sorgen und das medizinische Wissen weiter zu entwickeln. Sekundäre Interessen, z. B. materieller Art, können bis an die Grenze von Bestechlichkeit und Korruption gehen. Aber auch immaterielle Einflussnahmen – wie der Wunsch nach Anerkennung oder Förderung der Karriere usw. – können die ärztliche Tätigkeit beeinflussen. In dem vorgelegten Buch wird die aktuelle Situation der internationalen Diskussion zusammenfassend dargestellt. Vertreter der verschiedenen Fachrichtungen, aber auch pharmazeutische Unternehmen kommen zu Wort. Das Buch soll zu einer Versachlichung der Diskussion beitragen. Art und Umfang von Arzt-Industrie-Kontakten werden angesprochen.

Etwa 16.000 Pharmareferenten besuchen in Deutschland niedergelassene und klinisch tätige Ärzte. Neben wichtigen Fachinformationen werden Schreibwaren, Medikamentenproben, Essenseinladungen und Reisekosten zu Kongressen angeboten. Dabei ist eine Abgrenzung vertretbarer Interessen von Bestechung nicht immer einfach.

Offenlegung und Dokumentation können zur Reduktion und Vermeidung von Verpflichtungen führen und sollten Fehlverhalten im Sinne einer Korruption vermeiden helfen. Kooperationen zwischen Wissenschaftlern, Ärzten und pharmazeutischen Unternehmen bei Veröffentlichungen in Fachzeitschriften, bei Fortbildungsveranstaltungen etc. sind notwendig müssen aber kritisch betrachtet und bewertet werden.

Die Sichtweise des Vereins der forschenden Arzneimittelhersteller, die Probleme von Medizin-Journalisten und die Bedeutung der Unabhängigkeit der Zeitschriften werden in Einzelkapiteln sachkundig behandelt. Unabhängige Zeitschriften wie u.a. der Arzneimittelbrief. sind zu empfehlen und werden auch benannt. Entwicklungen der Arzneimittelausgaben sowie die verschiedenen Vergütungssysteme werden angesprochen. Das vorliegende Buch durchleuchtet vorwiegend das weithin bekannte Beziehungsgeflecht zwischen Pharmaindustrie und Ärzten. Es kann zu einer Versachlichung des Themas beitragen, da Interessenkonflikte in der Medizin allgegenwärtig sind.

Die „Freiwillige Selbstkontrolle der Arzneimittelindustrie“ hat bereits einige strikte Vorschriften formuliert. Grundregeln in Klinik und Praxis sind Transparenz insbesondere für Ausbildung, Weiterbildung und Fortbildung. Allerdings wurden konfliktreiche Themenkreise zwischen Verdienen (Pharmaindustrie) und Sparen (Krankenkassen) nicht angesprochen. Das interdisziplinär von namhaften Autoren bearbeitete Buch mit Hinweisen auf Möglichkeiten, Interessenkonflikten zu vermeiden, verdient einen großen Leserkreis.

Die stets aktuelle Dynamik dieses Problems lassen es wünschenswert erscheinen, dass alle Berufsgruppen im Gesundheitswesen aber auch Patienten und Selbsthilfegruppen sich mit dem Thema auseinandersetzen.

J. Sökeland (Berlin)

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, Berlin

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

³ im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Pädiatrische Kardiologie, Düsseldorf

Konsensusempfehlungen der DRG/DGK/DGPK zum Einsatz der Herzbildgebung mit Computertomographie und Magnetresonanztomographie

Literatur

1. Detrano R, Guerci AD, Carr JJ et al (2008) Coronary calcium as a predictor of coronary events in four racial or ethnic groups. *N Engl J Med* 358(13):1336–1345
2. Arad Y, Goodman KJ, Roth M et al (2005) Coronary calcification, coronary disease risk factors, C-reactive protein, and atherosclerotic cardiovascular disease events: the St. Francis Heart Study. *J Am Coll Cardiol* 46(1):158–165
3. Park R, Detrano R, Xiang M et al (2002) Combined use of computed tomography coronary calcium scores and C-reactive protein levels in predicting cardiovascular events in nondiabetic individuals. *Circulation* 106(16):2073–2077
4. Greenland P, LaBree L, Azen SP et al (2004) Coronary artery calcium score combined with Framingham score for risk prediction in asymptomatic individuals. *JAMA* 291(2):210–215
5. Taylor AJ, Bindeman J, Feuerstein I et al (2005) 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* 46(5):807–814
6. Greenland P, Alpert JS, Beller GA et al (2010) 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* 56(25):2182–2199
7. Erbel R, Möhlenkamp S, Moebus S et al (2010) Coronary risk stratification, discrimination, and reclassification improvement based on quantification of subclinical coronary atherosclerosis: the Heinz Nixdorf Recall study. *J Am Coll Cardiol* 56(17):1397–1406
8. Meijboom WB, Meijs MF, Schuijf JD et al (2008) Diagnostic accuracy of 64-slice computed tomography coronary angiography: a prospective, multicenter, multivendor study. *J Am Coll Cardiol* 52(25):2135–2144
9. Budoff MJ, Dowe D, Jollis JG et al (2008) Diagnostic performance of 64-multidetector row coronary computed tomographic angiography for evaluation of coronary artery stenosis in individuals without known coronary artery disease: results from the prospective multicenter ACCU-RACY (Assessment by Coronary Computed Tomographic Angiography of Individuals Undergoing Invasive Coronary Angiography) trial. *J Am Coll Cardiol* 52(21):1724–1732
10. Mowatt G, Cook JA, Hillis GS et al (2008) 64-Slice computed tomography angiography in the diagnosis and assessment of coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. *Heart* 94(11):1386–1393
11. Scheffel H, Leschka S, Plass A et al (2007) Accuracy of 64-slice computed tomography for the preoperative detection of coronary artery disease in patients with chronic aortic regurgitation. *Am J Cardiol* 100(4):701–706
12. Catalan P, Leta R, Hidalgo A et al (2011) Ruling out coronary artery disease with noninvasive coronary multidetector CT angiography before noncoronary cardiovascular surgery. *Radiology* 258(2):426–434
13. Poldermans D, Bax JJ, Boersma E et al (2009) 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* 30(22):2769–2812
14. Rerkpattanapit P, Morgan TM, Neagle CM et al (2002) Assessment of preoperative cardiac risk with magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol* 90(4):416–419
15. Jahnke C, Nagel E, Gebker R et al (2007) Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests. Adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation* 115:1769–1776
16. Bernhardt P, Engels T, Levenson B et al (2006) Prediction of necessity for coronary artery revascularization by adenosine contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Int J Cardiol* 112(2):184–190
17. Costa MA, Shoemaker S, Futamatsu H et al (2007) 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* 50(6):514–522
18. Gebker R, Jahnke C, Manka R et al (2008) Additional value of myocardial perfusion imaging during dobutamine stress magnetic resonance for the assessment of coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 1(2):122–130
19. Paetsch I, Jahnke C, Wahl A et al (2004) Comparison of dobutamine stress magnetic resonance, adenosine stress magnetic resonance, and adenosine stress magnetic resonance perfusion. *Circulation* 110(7):835–842
20. Schwitler J, Wacker C, Rossum A van et al (2008) MR-IMPACT: comparison of perfusion-cardiac magnetic resonance with single-photon emission computed tomography for the detection of coronary artery disease in a multicentre, multi-vendor, randomized trial. *Eur Heart J* 29(4):480–489

21. Bodi V, Sanchis J, Lopez-Lereu MP et al (2007) Prognostic value of dipyridamole stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 50:1174–1179
22. Korosoglou G, Elhmidy Y, Steen H et al (2010) 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* 56(15):1225–1234
23. Bodi V, Hussler O, Sanchis J et al (2012) Prognostic implications of dipyridamole cardiac MR imaging: a prospective multicenter registry. *Radiology* 262:91–100
24. Greenwood JP, Maredia N, Younger JF et al (2011) Cardiovascular magnetic resonance and single-photon emission computed tomography for diagnosis of coronary heart disease (CE-MARC): a prospective trial. *Lancet* 4:379:453–460
25. Meijboom WB, Mieghem CA van, Mollet NR et al (2007) 64-slice computed tomography coronary angiography in patients with high, intermediate, or low pretest probability of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 50(15):1469–1475
26. Hadamitzky M, Freissmuth B, Meyer T et al (2009) Prognostic value of coronary computed tomographic angiography for prediction of cardiac events in patients with suspected coronary artery disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(4):404–411
27. Min JK, Shaw LJ, Berman DS et al (2008) 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* 102(6):672–678
28. Ostrom MP, Gopal A, Ahmadi N et al (2008) Mortality incidence and the severity of coronary atherosclerosis assessed by computed tomography angiography. *J Am Coll Cardiol* 52(16):1335–1343
29. Gopal A, Nasir K, Ahmadi N et al (2009) Cardiac computed tomographic angiography in an out-patient setting: an analysis of clinical outcomes over a 40-month period. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 3(2):90–95
30. Shaw LJ, Berman DS, Hendel RC et al (2008) Prognosis by coronary computed tomographic angiography: matched comparison with myocardial perfusion single-photon emission computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2(2):93–101
31. Werkhoven JM van, Gaemperli O, Schuijff JD et al (2009) Multislice computed tomography coronary angiography for risk stratification in patients with an intermediate pretest likelihood. *Heart* 95(19):1607–1611
32. Shuman WP, May JM, Branch KR et al (2010) Negative ECG-gated cardiac CT in patients with low-to-moderate risk chest pain in the emergency department: 1-year follow-up. *AJR Am J Roentgenol* 195(4):923–927
33. Taylor AJ, Cerqueira M, Hodgson JM et al (2010) 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* 56(22):1864–1894
34. Nandalur KR, Dwamena BA, Choudhri AF et al (2007) Diagnostic performance of stress cardiac magnetic resonance imaging in the detection of coronary artery disease: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 50(14):1343–1353
35. Hines JL, Danciu SC, Shah M et al (2008) Use of multidetector computed tomography after mildly abnormal myocardial perfusion stress testing in a large single-specialty cardiology practice. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 2(6):372–378
36. Danciu SC, Herrera CJ, Stecy PJ et al (2007) 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* 100(11):1605–1608
37. Abidov A, Gallagher MJ, Chinnaiyan KM et al (2009) 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* 16(5):701–713
38. Cury RC, Shash K, Nagurney JT et al (2008) Cardiac magnetic resonance with T2-weighted imaging improves detection of patients with acute coronary syndrome in the emergency department. *Circulation* 118(8):837–844
39. Hombach V, Merkle N, Kestler HA et al (2008) Characterization of patients with acute chest pain using cardiac magnetic resonance imaging. *Clin Res Cardiol* 97(10):760–767
40. Lockie T, Nagel E, Redwood S, Plein S (2009) Use of cardiovascular magnetic resonance imaging in acute coronary syndromes. *Circulation* 119(12):1671–1681
41. Hollander JE, Chang AM, Shofer FS et al (2009) One-year outcomes following coronary computerized tomographic angiography for evaluation of emergency department patients with potential acute coronary syndrome. *Acad Emerg Med* 16(8):693–698
42. Hollander JE, Chang AM, Shofer FS et al (2009) Coronary computed tomographic angiography for rapid discharge of low-risk patients with potential acute coronary syndromes. *Ann Emerg Med* 53(3):295–304
43. Goldstein JA, Gallagher MJ, O'Neill WW et al (2007) A randomized controlled trial of multislice coronary computed tomography for evaluation of acute chest pain. *J Am Coll Cardiol* 49(8):863–871
44. Hoffmann U, Nagurney JT, Moselewski F et al (2006) Coronary multidetector computed tomography in the assessment of patients with acute chest pain. *Circulation* 114(21):2251–2260
45. Rubinshtein R, Halon DA, Gaspar T et al (2007) 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* 115(13):1762–1768
46. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU et al (2009) 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* 53(18):1642–1650
47. Chang SA, Choi SI, Choi EK et al (2008) Usefulness of 64-slice multidetector computed tomography as an initial diagnostic approach in patients with acute chest pain. *Am Heart J* 156(2):375–383
48. Goldstein JA, Chinnaiyan KM, Abidov A et al (2011) The CT-STAT (Coronary Computed Tomographic Angiography for Systematic Triage of Acute Chest Pain Patients to Treatment) trial. *J Am Coll Cardiol* 58(14):1414–1422
49. Eitel I, Behrendt F, Schindler K et al (2008) Differential diagnosis of the apical ballooning syndrome using contrast enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 29:2651–2659
50. Eitel I, Knobelsdorff-Brenkenhoff F von, Bernhardt P et al (2011) Clinical characteristics and cardiovascular magnetic resonance findings in stress (Takotsubo) cardiomyopathy: a multicenter series in Europe and North America. *JAMA* 306:277–286
51. Assomull RG, Lyne JC, Keenan N et al (2007) The role of cardiovascular magnetic resonance in patients presenting with chest pain, raised troponin, and unobstructed coronary arteries. *Eur Heart J* 28(10):1242–1249
52. Baccouche H, Mahrholdt H, Meinhardt G et al (2009) Diagnostic synergy of non-invasive cardiovascular magnetic resonance and invasive endomyocardial biopsy in troponin-positive patients without coronary artery disease. *Eur Heart J* 30(23):2869–2879
53. Laissy JP, Hyafil F, Feldman LJ et al (2005) Differentiating acute myocardial infarction from myocarditis: diagnostic value of early- and delayed-perfusion cardiac MR imaging. *Radiology* 237(1):75–82
54. Mewton N, Bonnefoy E, Revel D et al (2009) 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* 113(1):50–58
55. Raman SV, Simonetti OP, Winner III MW et al (2010) 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* 55(22):2480–2488
56. Beek AM, Kuhl HP, Bondarenko O et al (2003) Delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the prediction of regional functional improvement after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 42(5):895–901
57. Bruder O, Breuckmann F, Jensen C et al (2008) 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* 33(2):136–142

58. Gerber BL, Garot J, Bluemke DA et al (2002) Accuracy of contrast-enhanced magnetic resonance imaging in predicting improvement of regional myocardial function in patients after acute myocardial infarction. *Circulation* 106(9):1083–1089
59. Hombach V, Grebe O, Merkle N et al (2005) Sequelae of acute myocardial infarction regarding cardiac structure and function and their prognostic significance as assessed by magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 26(6):549–557
60. Nijveldt R, Beek AM, Hofman MB et al (2007) 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* 9(5):765–770
61. Shapiro MD, Nieman K, Nasir K et al (2007) 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* 100(2):211–216
62. Wu E, Ortiz JT, Tejedor P et al (2008) 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* 94(6):730–736
63. Wu KC, Zerhouni EA, Judd RM et al (1998) Prognostic significance of microvascular obstruction by magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 97(8):765–772
64. Waha S de, Desch S, Eitel I et al (2010) 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* 31:2660–2668
65. Eitel I, Desch S, Fuernau G et al (2010) Prognostic significance and determinants of myocardial salvage assessed by cardiovascular magnetic resonance in acute reperfused myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 55(22):2470–2479
66. Eitel I, Behrendt F, Schindler K et al (2008) Differential diagnosis of suspected apical ballooning syndrome using contrast-enhanced magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 29(21):2651–2659
67. Nienaber CA, Kische S, Skriabina V, Ince H (2009) Noninvasive imaging approaches to evaluate the patient with known or suspected aortic disease. *Circ Cardiovasc Imaging* 2(6):499–506
68. Shiga T, Wajima Z, Apfel CC et al (2006) 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* 166(13):1350–1356
69. Erbel R, Alfonso F, Boileau C et al (2001) Diagnosis and management of aortic dissection. *Eur Heart J* 22(18):1642–1681
70. Mammen L, Yucel E, Khan A et al (2008) ACR Appropriateness Criteria® acute chest pain – suspected aortic dissection. American College of Radiology (ACR), Reston (VA), 1–6 (online publication)
71. Haage P, Piroth W, Krombach G et al (2003) Pulmonary embolism: comparison of angiography with spiral computed tomography, magnetic resonance angiography, and real-time magnetic resonance imaging. *Am J Respir Crit Care Med* 167(5):729–734
72. Kluge A, Luboldt W, Bachmann G (2006) Acute pulmonary embolism to the subsegmental level: diagnostic accuracy of three MRI techniques compared with 16-MDCT. *AJR Am J Roentgenol* 187(1):W7–W14
73. Remy-Jardin M, Pistolesi M et al (2007) Management of suspected acute pulmonary embolism in the era of CT angiography: a statement from the Fleischner Society. *Radiology* 245(2):315–329
74. Stein PD, Woodard PK, Weg JG et al (2006) Diagnostic pathways in acute pulmonary embolism: recommendations of the PIOPEP II Investigators. *Am J Med* 119(12):1048–1055
75. Jahnke C, Nagel E, Gebker R et al (2007) Prognostic value of cardiac magnetic resonance stress tests: adenosine stress perfusion and dobutamine stress wall motion imaging. *Circulation* 115(13):1769–1776
76. Wallace EL, Morgan TM, Walsh TF et al (2009) Dobutamine cardiac magnetic resonance results predict cardiac prognosis in women with known or suspected ischemic heart disease. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(3):299–307
77. Bodi V, Sanchis J, Lopez-Lereu MP et al (2007) Prognostic value of dipyridamole stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients with known or suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol* 50(12):1174–1179
78. Bodi V, Sanchis J, Lopez-Lereu MP et al (2009) Prognostic and therapeutic implications of dipyridamole stress cardiovascular magnetic resonance on the basis of the ischaemic cascade. *Heart* 95(1):49–55
79. Giang TH, Nanz D, Coulden R et al (2004) Detection of coronary artery disease by magnetic resonance myocardial perfusion imaging with various contrast medium doses: first European multi-centre experience. *Eur Heart J* 25(18):1657–1665
80. Tonino PA, De Bruyne B, Pijls NH et al (2009) Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention. *N Engl J Med* 360(3):213–224
81. Watkins S, McGeoch R, Lyne J et al (2009) Validation of magnetic resonance myocardial perfusion imaging with fractional flow reserve for the detection of significant coronary heart disease. *Circulation* 120(22):2207–2213
82. Wolff SD, Schwitter J, Coulden R et al (2004) Myocardial first-pass perfusion magnetic resonance imaging: a multicenter dose-ranging study. *Circulation* 110(6):732–737
83. Kaandorp TA, Bax JJ, Schuijff JD et al (2004) Head-to-head comparison between contrast-enhanced magnetic resonance imaging and dobutamine magnetic resonance imaging in men with ischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 93(12):1461–1464
84. Wellnhofer E, Olariu A, Klein C et al (2004) Magnetic resonance low-dose dobutamine test is superior to SCAR quantification for the prediction of functional recovery. *Circulation* 109(18):2172–2174
85. Baer FM, Voth E, Deutsch HJ et al (1996) 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* 28(1):60–69
86. Baer FM, Voth E, Schneider CA et al (1995) 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* 91(4):1006–1015
87. Gutberlet M, Frohlich M, Mehl S et al (2005) Myocardial viability assessment in patients with highly impaired left ventricular function: comparison of delayed enhancement, dobutamine stress MRI, end-diastolic wall thickness, and Tl201-SPECT with functional recovery after revascularization. *Eur Radiol* 15(5):872–880
88. Hunold P, Kreitner KF, Barkhausen J (2007) „Dead or alive?": how and why myocardial viability imaging by cardiac MRI works. *Rofo* 179(10):1016–1024
89. Sandstede JJ, Bertsch G, Beer M et al (1999) Detection of myocardial viability by low-dose dobutamine cine MR imaging. *Magn Reson Imaging* 17(10):1437–1443
90. Kim RJ, Wu E, Rafael A et al (2000) The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 343(20):1445–1453
91. Klein C, Nagel E, Gebker R et al (2009) Magnetic resonance adenosine perfusion imaging in patients after coronary artery bypass graft surgery. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(4):437–445
92. Kuhl HP, Beek AM, Weerdt AP van der et al (2003) Myocardial viability in chronic ischemic heart disease: comparison of contrast-enhanced magnetic resonance imaging with (18)F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol* 41(8):1341–1348
93. Soon KH, Cox N, Wong A et al (2007) CT coronary angiography predicts the outcome of percutaneous coronary intervention of chronic total occlusion. *J Interv Cardiol* 20(5):359–366
94. Mollet NR, Hoye A, Lemos PA et al (2005) Value of preprocedure multislice computed tomographic coronary angiography to predict the outcome of percutaneous recanalization of chronic total occlusions. *Am J Cardiol* 95(2):240–243
95. Gasparovic H, Rybicki FJ, Millstine J et al (2005) Three dimensional computed tomographic imaging in planning the surgical approach for redo cardiac surgery after coronary revascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 28(2):244–249
96. Aviram G, Sharony R, Kramer A et al (2005) Modification of surgical planning based on cardiac multidetector computed tomography in reoperative heart surgery. *Ann Thorac Surg* 79(2):589–595
97. Kamdar AR, Meadows TA, Roselli EE et al (2008) Multidetector computed tomographic angiography in planning of reoperative cardiothoracic surgery. *Ann Thorac Surg* 85(4):1239–1245
98. Cho JR, Kim YJ, Ahn CM et al (2010) 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* 145(1):9–14
99. Al-Saadi N, Nagel E, Gross M et al (2000) Improvement of myocardial perfusion reserve early after coronary intervention: assessment with cardiac magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 36(5):1557–1564

100. Fenchel M, Franow A, Stauder NI et al (2005) 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* 237(1):67–74
101. Hundley WG, Morgan TM, Neagle CM et al (2002) Magnetic resonance imaging determination of cardiac prognosis. *Circulation* 106(18):2328–2333
102. Duerinckx AJ, Atkinson D, Hurwitz R (1998) Assessment of coronary artery patency after stent placement using magnetic resonance angiography. *J Magn Reson Imaging* 8(4):896–902
103. Hug J, Nagel E, Bornstedt A et al (2000) Coronary arterial stents: safety and artifacts during MR imaging. *Radiology* 216(3):781–787
104. Maintz D, Botnar RM, Fischbach R et al (2002) Coronary magnetic resonance angiography for assessment of the stent lumen: a phantom study. *J Cardiovasc Magn Reson* 4(3):359–367
105. Klem I, Heitner JF, Shah DJ et al (2006) Improved detection of coronary artery disease by stress perfusion cardiovascular magnetic resonance with the use of delayed enhancement infarction imaging. *J Am Coll Cardiol* 47(8):1630–1638
106. Nagel E, Thouet T, Klein C et al (2003) Noninvasive determination of coronary blood flow velocity with cardiovascular magnetic resonance in patients after stent deployment. *Circulation* 107(13):1738–1743
107. Saito Y, Sakuma H, Shibata M et al (2001) 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* 3(3):209–214
108. Bernhardt P, Spiess J, Levenson B et al (2009) 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* 2(11):1292–1300
109. Cury RC, Cattani CA, Gabure LA et al (2006) Diagnostic performance of stress perfusion and delayed-enhancement MR imaging in patients with coronary artery disease. *Radiology* 240(1):39–45
110. Doesch C, Seeger A, Hoelvelborn T et al (2008) Adenosine stress cardiac magnetic resonance imaging for the assessment of ischemic heart disease. *Clin Res Cardiol* 97(12):905–912
111. Pilz G, Bernhardt P, Klos M et al (2006) 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* 95(10):531–538
112. Steel K, Broderick R, Gandla V et al (2009) 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* 120(14):1390–1400
113. Heilmaier C, Bruder O, Meier F et al (2009) Dobutamine stress cardiovascular magnetic resonance imaging in patients after invasive coronary revascularization with stent placement. *Acta Radiol* 50(10):1134–1141
114. Hundley WG, Hamilton CA, Thomas MS et al (1999) 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* 100(16):1697–702
115. Korosoglou G, Lossnitzer D, Schellberg D et al (2009) Strain-encoded cardiac MRI as an adjunct for dobutamine stress testing: incremental value to conventional wall motion analysis. *Circ Cardiovasc Imaging* 2(2):132–140
116. Kuijpers D, Ho KY, Dijkman PR van et al (2003) Dobutamine cardiovascular magnetic resonance for the detection of myocardial ischemia with the use of myocardial tagging. *Circulation* 107(12):1592–1597
117. Paetsch I, Jahnke C, Ferrari VA et al (2006) Determination of interobserver variability for identifying inducible left ventricular wall motion abnormalities during dobutamine stress magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 27(12):1459–1464
118. Wahl A, Paetsch I, Roethemeyer S et al (2004) High-dose dobutamine-atropine stress cardiovascular MR imaging after coronary revascularization in patients with wall motion abnormalities at rest. *Radiology* 233(1):210–216
119. Dijkers R, Willems TP, Jonge GJ de et al (2009) Accuracy of noninvasive coronary stenosis quantification of different commercially available dedicated software packages. *J Comput Assist Tomogr* 33(4):505–512
120. Langerak SE, Vliegen HW, Roos A de et al (2002) Detection of vein graft disease using high-resolution magnetic resonance angiography. *Circulation* 105(3):328–333
121. Langerak SE, Vliegen HW, Jukema JW et al (2003) Value of magnetic resonance imaging for the noninvasive detection of stenosis in coronary artery bypass grafts and recipient coronary arteries. *Circulation* 107(11):1502–1508
122. Langerak SE, Vliegen HW, Jukema JW et al (2003) Vein graft function improvement after percutaneous intervention: evaluation with MR flow mapping. *Radiology* 228(3):834–841
123. Salm LP, Bax JJ, Vliegen HW et al (2004) 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* 44(9):1877–1882
124. Salm LP, Langerak SE, Vliegen HW et al (2004) Blood flow in coronary artery bypass vein grafts: volume versus velocity at cardiovascular MR imaging. *Radiology* 232(3):915–920
125. Salm LP, Vliegen HW, Langerak SE et al (2005) Evaluation of saphenous vein coronary artery bypass graft flow by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 7(4):631–637
126. Stauder NI, Klumpp B, Stauder H et al (2007) Assessment of coronary artery bypass grafts by magnetic resonance imaging. *Br J Radiol* 80(960):975–983
127. Meyer TS, Martinoff S, Hadamitzky M et al (2007) Improved noninvasive assessment of coronary artery bypass grafts with 64-slice computed tomographic angiography in an unselected patient population. *J Am Coll Cardiol* 49(9):946–950
128. Onuma Y, Tanabe K, Chihara R et al (2007) Evaluation of coronary artery bypass grafts and native coronary arteries using 64-slice multidetector computed tomography. *Am Heart J* 154(3):519–526
129. Weustink AC, Nieman K, Pugliese F et al (2009) Diagnostic accuracy of computed tomography angiography in patients after bypass grafting: comparison with invasive coronary angiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(7):816–824
130. Ropers D, Pohle FK, Kuettner A et al (2006) Diagnostic accuracy of noninvasive coronary angiography in patients after bypass surgery using 64-slice spiral computed tomography with 330-ms gantry rotation. *Circulation* 114(22):2334–2341; quiz
131. Nazeri I, Shahabi P, Tehrai M et al (2009) Assessment of patients after coronary artery bypass grafting using 64-slice computed tomography. *Am J Cardiol* 103(5):667–673
132. Angelini P, Velasco JA, Flamm S (2002) Coronary anomalies: incidence, pathophysiology, and clinical relevance. *Circulation* 105(20):2449–2454
133. Vliegen HW, Doornbos J, Roos A de et al (1997) 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* 79(6):773–776
134. Post JC, Rossam AC van, Bronzwaer JG et al (1995) Magnetic resonance angiography of anomalous coronary arteries. A new gold standard for delineating the proximal course? *Circulation* 92(11):3163–3171
135. Taylor AM, Thorne SA, Rubens MB et al (2000) Coronary artery imaging in grown up congenital heart disease: complementary role of magnetic resonance and x-ray coronary angiography. *Circulation* 101(14):1670–1678
136. Kacmaz F, Ozbulbul NI, Alyan O et al (2008) Imaging of coronary artery anomalies: the role of multidetector computed tomography. *Coron Artery Dis* 19(3):203–209
137. Shi H, Aschoff AJ, Brambs HJ, Hoffmann MH (2004) Multislice CT imaging of anomalous coronary arteries. *Eur Radiol* 14(12):2172–2181
138. Duran C, Kantarci M, Durur Subasi I et al (2006) Remarkable anatomic anomalies of coronary arteries and their clinical importance: a multidetector computed tomography angiographic study. *J Comput Assist Tomogr* 30(6):939–948
139. Schmid M, Achenbach S, Ludwig J et al (2006) Visualization of coronary artery anomalies by contrast-enhanced multi-detector row spiral computed tomography. *Int J Cardiol* 111(3):430–435
140. Kim SY, Seo JB, Do KH et al (2006) Coronary artery anomalies: classification and ECG-gated multi-detector row CT findings with angiographic correlation. *Radiographics* 26(2):317–333; discussion 33–34
141. Hachulla AL, Launay D, Gaxotte V et al (2009) Cardiac magnetic resonance imaging in systemic sclerosis: a cross-sectional observational study of 52 patients. *Ann Rheum Dis* 68(12):1878–1884
142. Ichinose A, Otani H, Oikawa M et al (2008) MRI of cardiac sarcoidosis: basal and subepicardial localization of myocardial lesions and their effect on left ventricular function. *AJR Am J Roentgenol* 191(3):862–869
143. Maceira AM, Prasad SK, Hawkins PN et al (2008) Cardiovascular magnetic resonance and prognosis in cardiac amyloidosis. *J Cardiovasc Magn Reson* 10:54
144. Mavrogeni S, Manoussakis MN, Karagiorga TC et al (2009) Detection of coronary artery lesions and myocardial necrosis by magnetic resonance in systemic necrotizing vasculitides. *Arthritis Rheum* 61(8):1121–1129

145. Patel MR, Cawley PJ, Heitner JF et al (2009) Detection of myocardial damage in patients with sarcoidosis. *Circulation* 120(20):1969–1977
146. Pepe A, Positano V, Santarelli MF et al (2006) Multislice multiecho T2* cardiovascular magnetic resonance for detection of the heterogeneous distribution of myocardial iron overload. *J Magn Reson Imaging* 23(5):662–668
147. Vogelsberg H, Mahrholdt H, Deluigi CC et al (2008) Cardiovascular magnetic resonance in clinically suspected cardiac amyloidosis: noninvasive imaging compared to endomyocardial biopsy. *J Am Coll Cardiol* 51(10):1022–1030
148. Thiele H, Nagel E, Paetsch I et al (2001) Functional cardiac MR imaging with steady-state free precession (SSFP) significantly improves endocardial border delineation without contrast agents. *J Magn Reson Imaging* 4(4):362–367
149. Thiele H, Paetsch I, Schnackenburg B et al (2002) Improved accuracy of quantitative assessment of left ventricular volume and ejection fraction by geometric models with steady-state free precession. *J Cardiovasc Magn Reson* 4(3):327–339
150. Codreanu A, Djaballah W, Angioi M et al (2007) Detection of myocarditis by contrast-enhanced MRI in patients presenting with acute coronary syndrome but no coronary stenosis. *J Magn Reson Imaging* 25(5):957–964
151. O'Hanlon R, Pennell DJ (2009) Cardiovascular magnetic resonance in the evaluation of hypertrophic and infiltrative cardiomyopathies. *Heart Fail Clin* 5(3):369–387, vi
152. Shehata ML, Turkbey EB, Vogel-Claussen J, Bluemke DA (2008) Role of cardiac magnetic resonance imaging in assessment of nonischemic cardiomyopathies. *Top Magn Reson Imaging* 19(1):43–57
153. Wu KC, Weiss RG, Thiemann DR et al (2008) Late gadolinium enhancement by cardiovascular magnetic resonance heralds an adverse prognosis in nonischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 51(25):2414–2421
154. Henneman MM, Schuijff JD, Jukema JW et al (2006) Assessment of global and regional left ventricular function and volumes with 64-slice MSCT: a comparison with 2D echocardiography. *J Nucl Cardiol* 13(4):480–487
155. Yamamuro M, Tadamura E, Kubo S et al (2005) Cardiac functional analysis with multi-detector row CT and segmental reconstruction algorithm: comparison with echocardiography, SPECT, and MR imaging. *Radiology* 234(2):381–390
156. Grude M, Juergens KU, Wichter T et al (2003) Evaluation of global left ventricular myocardial function with electrocardiogram-gated multidetector computed tomography: comparison with magnetic resonance imaging. *Invest Radiol* 38(10):653–661
157. Raman SV, Cook SC, McCarthy B, Ferketich AK (2005) 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* 95(5):683–686
158. Raman SV, Shah M, McCarthy B et al (2006) Multi-detector row cardiac computed tomography accurately quantifies right and left ventricular size and function compared with cardiac magnetic resonance. *Am Heart J* 151(3):736–744
159. Hansen MW, Merchant N (2007) MRI of hypertrophic cardiomyopathy: part 2, differential diagnosis, risk stratification, and posttreatment MRI appearances. *AJR Am J Roentgenol* 189(6):1344–1352
160. Nazarian S, Lima JA (2008) Cardiovascular magnetic resonance for risk stratification of arrhythmia in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 51(14):1375–1376
161. Assomull RG, Prasad SK, Lyne J et al (2006) Cardiovascular magnetic resonance, fibrosis, and prognosis in dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 48(10):1977–1985
162. Koikkalainen JR, Antila M, Lotjonen JM et al (2008) Early familial dilated cardiomyopathy: identification with determination of disease state parameter from cine MR image data. *Radiology* 249(1):88–96
163. Shimizu I, Iguchi N, Watanabe H et al (2010) Delayed enhancement cardiovascular magnetic resonance as a novel technique to predict cardiac events in dilated cardiomyopathy patients. *Int J Cardiol* 142(3):224–229
164. Giorgi B, Mollet NR, Dymarkowski S et al (2003) Clinically suspected constrictive pericarditis: MR imaging assessment of ventricular septal motion and configuration in patients and healthy subjects. *Radiology* 228(2):417–424
165. Hancock EW (2001) Differential diagnosis of restrictive cardiomyopathy and constrictive pericarditis. *Heart* 86(3):343–349
166. Miller S, Riessen R (2005) MR imaging in cardiomyopathies. *Rofo* 177(11):1497–1505
167. Moreo A, Ambrosio G, De Chiara B et al (2009) Influence of myocardial fibrosis on left ventricular diastolic function: noninvasive assessment by cardiac magnetic resonance and echo. *Circ Cardiovasc Imaging* 2(6):437–443
168. Biagini E, Ragni L, Ferlito M et al (2006) Different types of cardiomyopathy associated with isolated ventricular noncompaction. *Am J Cardiol* 98(6):821–824
169. Patlas M, Strohm O, Filipchuk N, Friedrich MG (2008) Cardiac magnetic resonance imaging of noncompaction cardiomyopathy. *Can J Cardiol* 24(10):798
170. Sen-Chowdhry S, Prasad SK, Syrris P et al (2006) Cardiovascular magnetic resonance in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy revisited: comparison with task force criteria and genotype. *J Am Coll Cardiol* 48(10):2132–2140
171. White RD, Trohman RG, Flamm SD et al (1998) Right ventricular arrhythmia in the absence of arrhythmogenic dysplasia: MR imaging of myocardial abnormalities. *Radiology* 207(3):743–751
172. Crean A, Greenwood JP, Plein S (2009) Contribution of noninvasive imaging to the diagnosis and follow-up of Takotsubo cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(4):519–521
173. Yilmaz A, Kindermann I, Kindermann M et al (2010) Comparative evaluation of left and right ventricular endomyocardial biopsy: differences in complication rate and diagnostic performance. *Circulation* 122(9):900–909
174. Gutberlet M, Spors B, Thoma T et al (2008) Suspected chronic myocarditis at cardiac MR: diagnostic accuracy and association with immunohistologically detected inflammation and viral persistence. *Radiology* 246(2):401–409
175. Mahrholdt H, Goedecke C, Wagner A et al (2004) Cardiovascular magnetic resonance assessment of human myocarditis: a comparison to histology and molecular pathology. *Circulation* 109(10):1250–1258
176. Mahrholdt H, Wagner A, Deluigi CC et al (2006) Presentation, patterns of myocardial damage, and clinical course of viral myocarditis. *Circulation* 114(15):1581–1590
177. Friedrich MG, Sechtem U, Schulz-Menger J et al (2009) Cardiovascular magnetic resonance in myocarditis: a JACC white paper. *J Am Coll Cardiol* 53(17):1475–1487
178. Lin CH, Chang WN, Chua S et al (2009) Idiopathic hypereosinophilia syndrome with loeffler endocarditis, embolic cerebral infarction, and left hydranencephaly: a case report. *Acta Neurol Taiwan* 18(3):207–212
179. Germans T, Rossum AC van (2008) The use of cardiac magnetic resonance imaging to determine the aetiology of left ventricular disease and cardiomyopathy. *Heart* 94(4):510–518
180. Harris SR, Glockner J, Misselt AJ et al (2008) Cardiac MR imaging of nonischemic cardiomyopathies. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 16(2):165–183, vii
181. Duckett SG, Chiribiri A, Ginks MR et al (2011) 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* 33(1):87–95
182. Chiribiri A, Kelle S, Köhler U et al (2008) Magnetic resonance cardiac vein imaging: relation to mitral valve annulus and left circumflex coronary artery. *JACC Cardiovasc Imaging* 1(6):729–738
183. Jongbloed MR, Lamb HJ, Bax JJ et al (2005) Noninvasive visualization of the cardiac venous system using multislice computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 45(5):749–753
184. Kim YH, Marom EM, Herndon JE II, McAdams HP (2005) Pulmonary vein diameter, cross-sectional area, and shape: CT analysis. *Radiology* 235(1):43–49; discussion 9–50
185. Van de Veire NR, Marsan NA, Schuijff JD et al (2008) 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* 101(7):1023–1029
186. Choure AJ, Garcia MJ, Hesse B et al (2006) 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* 48(10):1938–1945
187. Tops LF, Van de Veire NR, Schuijff JD et al (2007) Noninvasive evaluation of coronary sinus anatomy and its relation to the mitral valve annulus: implications for percutaneous mitral annuloplasty. *Circulation* 115(11):1426–1432
188. Bleeker GB, Kaandorp TA, Lamb HJ et al (2006) Effect of posterolateral scar tissue on clinical and echocardiographic improvement after cardiac resynchronization therapy. *Circulation* 113(7):969–976
189. Delgado V, Bommel RJ van, Bertini M et al (2011) 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* 123(1):70–78

190. Marsan NA, Westenberg JJ, Ypenburg C et al (2009) Magnetic resonance imaging and response to cardiac resynchronization therapy: relative merits of left ventricular dyssynchrony and scar tissue. *Eur Heart J* 30(19):2360–2367
191. White JA, Yee R, Yuan X et al (2006) Delayed enhancement magnetic resonance imaging predicts response to cardiac resynchronization therapy in patients with intraventricular dyssynchrony. *J Am Coll Cardiol* 48(10):1953–1960
192. Ypenburg C, Schalij MJ, Bleeker GB et al (2007) Impact of viability and scar tissue on response to cardiac resynchronization therapy in ischaemic heart failure patients. *Eur Heart J* 28(1):33–41
193. England B, Lee A, Tran T et al (2005) Magnetic resonance criteria for future trials of cardiac resynchronization therapy. *J Cardiovasc Magn Reson* 7(5):827–834
194. Muellerleile K, Stork A, Bansmann M et al (2008) Detection of mechanical ventricular asynchrony by high temporal resolution cine MRI. *Eur Radiol* 18(7):1329–1337
195. Zwaneburg JJ, Gotte MJ, Kuijper JP et al (2004) 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* 286(5):H1872–H1880
196. Truong QA, Singh JP, Cannon CP et al (2008) Quantitative analysis of intraventricular dyssynchrony using wall thickness by multidetector computed tomography. *JACC Cardiovasc Imaging* 1(6):772–778
197. Choi EY, Choi BW, Kim SA et al (2009) Patterns of late gadolinium enhancement are associated with ventricular stiffness in patients with advanced non-ischaemic dilated cardiomyopathy. *Eur J Heart Fail* 11(6):573–580
198. Maron MS, Appelbaum E, Harrigan CJ et al (2008) Clinical profile and significance of delayed enhancement in hypertrophic cardiomyopathy. *Circ Heart Fail* 1(3):184–191
199. Jain A, Tandri H, Kalkins H, Bluemke DA (2008) Role of cardiovascular magnetic resonance imaging in arrhythmogenic right ventricular dysplasia. *J Cardiovasc Magn Reson* 10:32
200. Tandri H, Saranathan M, Rodriguez ER et al (2005) Noninvasive detection of myocardial fibrosis in arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy using delayed-enhancement magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 45(1):98–103
201. Chyou JY, Biviano A, Magno P et al (2009) Applications of computed tomography and magnetic resonance imaging in percutaneous ablation therapy for atrial fibrillation. *J Interv Card Electrophysiol* 26(1):47–57
202. Hamdan A, Charalampous K, Roettgen R et al (2009) Magnetic resonance imaging versus computed tomography for characterization of pulmonary vein morphology before radiofrequency catheter ablation of atrial fibrillation. *Am J Cardiol* 104(11):1540–1546
203. Mansour M, Holmvang G, Sosnovik D et al (2004) Assessment of pulmonary vein anatomic variability by magnetic resonance imaging: implications for catheter ablation techniques for atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 15(4):387–393
204. Jongbloed MR, Dirksen MS, Bax JJ et al (2005) Atrial fibrillation: multi-detector row CT of pulmonary vein anatomy prior to radiofrequency catheter ablation – initial experience. *Radiology* 234(3):702–709
205. Martinek M, Nesser HJ, Aichinger J et al (2006) 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* 17(2):85–92
206. Martinek M, Nesser HJ, Aichinger J et al (2007) 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* 30(10):1215–1223
207. Jongbloed MR, Bax JJ, Lamb HJ et al (2005) 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* 45(3):343–350
208. Kistler PM, Rajappan K, Jahngir M et al (2006) The impact of CT image integration into an electroanatomic mapping system on clinical outcomes of catheter ablation of atrial fibrillation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 17(10):1093–1101
209. Dill T, Neumann T, Ekinci O et al (2003) Pulmonary vein diameter reduction after radiofrequency catheter ablation for paroxysmal atrial fibrillation evaluated by contrast-enhanced three-dimensional magnetic resonance imaging. *Circulation* 107(6):845–850
210. Kluge A, Dill T, Ekinci O et al (2004) Decreased pulmonary perfusion in pulmonary vein stenosis after radiofrequency ablation: assessment with dynamic magnetic resonance perfusion imaging. *Chest* 126(2):428–437
211. Neumann T, Kuniss M, Conradi G et al (2009) 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* 20(3):251–257
212. Packer DL, Keelan P, Munger TM et al (2005) Clinical presentation, investigation, and management of pulmonary vein stenosis complicating ablation for atrial fibrillation. *Circulation* 111(5):546–554
213. Peters DC, Wylie JV, Hauser TH et al (2009) Recurrence of atrial fibrillation correlates with the extent of post-procedural late gadolinium enhancement: a pilot study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(3):308–316
214. Barrett CD, Di Biase L, Natale A (2009) How to identify and treat patient with pulmonary vein stenosis post atrial fibrillation ablation. *Curr Opin Cardiol* 24(1):42–49
215. Burgstahler C, Trabold T, Kuettner A et al (2005) Visualization of pulmonary vein stenosis after radio frequency ablation using multi-slice computed tomography: initial clinical experience in 33 patients. *Int J Cardiol* 102(2):287–291
216. Malyar NM, Schlosser T, Barkhausen J et al (2008) Assessment of aortic valve area in aortic stenosis using cardiac magnetic resonance tomography: comparison with echocardiography. *Cardiology* 109(2):126–134
217. O'Brien KR, Gabriel RS, Greiser A et al (2009) Aortic valve stenotic area calculation from phase contrast cardiovascular magnetic resonance: the importance of short echo time. *J Cardiovasc Magn Reson* 11:49
218. Alkadhi H, Wildermuth S, Plass A et al (2006) Aortic stenosis: comparative evaluation of 16-detector row CT and echocardiography. *Radiology* 240(1):47–55
219. Halpern EJ, Mallya R, Sewell M et al (2009) Differences in aortic valve area measured with CT planimetry and echocardiography (continuity equation) are related to divergent estimates of left ventricular outflow tract area. *AJR Am J Roentgenol* 192(6):1668–1673
220. LaBounty TM, Sundaram B, Agarwal P et al (2008) Aortic valve area on 64-MDCT correlates with transesophageal echocardiography in aortic stenosis. *AJR Am J Roentgenol* 191(6):1652–1658
221. Pouleur AC, le Polain de Waroux JB, Pasquet A et al (2007) Aortic valve area assessment: multidetector CT compared with cine MR imaging and transthoracic and transesophageal echocardiography. *Radiology* 244(3):745–754
222. Gelfand EV, Hughes S, Hauser TH et al (2006) Severity of mitral and aortic regurgitation as assessed by cardiovascular magnetic resonance: optimizing correlation with Doppler echocardiography. *J Cardiovasc Magn Reson* 8(3):503–507
223. Kozerke S, Schwitter J, Pedersen EM, Boesiger P (2001) Aortic and mitral regurgitation: quantification using moving slice velocity mapping. *J Magn Reson Imaging* 14(2):106–112
224. Pouleur AC, le Polain de Waroux JB, Pasquet A et al (2007) Planimetric and continuity equation assessment of aortic valve area: head to head comparison between cardiac magnetic resonance and echocardiography. *J Magn Reson Imaging* 26(6):1436–1443
225. Tanaka K, Makaryus AN, Wolff SD (2007) 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* 9(5):799–805
226. Lin SJ, Brown PA, Watkins MP et al (2004) Quantification of stenotic mitral valve area with magnetic resonance imaging and comparison with Doppler ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 44(1):133–137
227. Kon MW, Myerson SG, Moat NE, Pennell DJ (2004) Quantification of regurgitant fraction in mitral regurgitation by cardiovascular magnetic resonance: comparison of techniques. *J Heart Valve Dis* 13(4):600–607
228. Kilner PJ, Sievers B, Meyer GP, Ho SY (2002) Double-chambered right ventricle or sub-infundibular stenosis assessed by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 4(3):373–379
229. Kivelitz DE, Dohmen PM, Lembcke A et al (2003) Visualization of the pulmonary valve using cine MR imaging. *Acta Radiol* 44(2):172–176
230. Rebergen SA, Chin JG, Ottenkamp J et al (1993) Pulmonary regurgitation in the late postoperative follow-up of tetralogy of Fallot. Volumetric quantitation by nuclear magnetic resonance velocity mapping. *Circulation* 88(5 Pt 1):2257–2266
231. Therrien J, Provost Y, Merchant N et al (2005) Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol* 95(6):779–782

232. Stollberger C, Kopsa W, Finsterer J (2006) Non-compaction of the right atrium and left ventricle in Ebstein's malformation. *J Heart Valve Dis* 15(5):719–720
233. Reynier C, Garcier J, Legault B et al (2001) Cross-sectional imaging of post endocarditis paravalvular myocardial abscesses of native mitral valves: 4 cases. *J Radiol*. 2001 82(6 Pt 1):665–669
234. LaBounty TM, Agarwal PP, Chughtai A et al (2009) Hemodynamic and functional assessment of mechanical aortic valves using combined echocardiography and multidetector computed tomography. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 3(3):161–167
235. Schultz CJ, Weustink A, Piazza N et al (2009) 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* 54(10):911–918
236. Harris KM, Ang E, Lesser JR, Sonnesyn SW (2007) Cardiac magnetic resonance imaging for detection of an abscess associated with prosthetic valve endocarditis: a case report. *Heart Surg Forum* 10(3):E186–E187
237. Meijboom WB, Mollet NR, Van Mieghem CA et al (2006) Pre-operative computed tomography coronary angiography to detect significant coronary artery disease in patients referred for cardiac valve surgery. *J Am Coll Cardiol* 48(8):1658–1665
238. Tops LF, Delgado V, Kley F van der, Bax JJ (2009) Percutaneous aortic valve therapy: clinical experience and the role of multi-modality imaging. *Heart* 95(18):1538–1546
239. Wood DA, Tops LF, Mayo JR et al (2009) Role of multislice computed tomography in transcatheter aortic valve replacement. *Am J Cardiol* 103(9):1295–1301
240. Tops LF, Wood DA, Delgado V et al (2008) Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging* 1(3):321–330
241. Kahlert P, Plicht B, Janosi RA et al (2009) The role of imaging in percutaneous mitral valve repair. *Herz* 34(6):458–467
242. Delgado V, Tops LF, Schuijff JD et al (2009) Assessment of mitral valve anatomy and geometry with multislice computed tomography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(5):556–565
243. Rienmuller R, Groll R, Lipton MJ (2004) CT and MR imaging of pericardial disease. *Radiol Clin North Am* 42(3):587–601, vi
244. Wang ZJ, Reddy GP, Gotway MB et al (2003) CT and MR imaging of pericardial disease. *Radiographics Spec No*:S167–S180
245. Rifkin RD, Mernoff DB (2005) Noninvasive evaluation of pericardial effusion composition by computed tomography. *Am Heart J* 149(6):1120–1127
246. Francone M, Dymarkowski S, Kalantzi M, Bogert J (2005) Magnetic resonance imaging in the evaluation of the pericardium. A pictorial essay. *Radiol Med* 109(1–2):64–74; quiz 5–6
247. Misselt AJ, Harris SR, Glockner J et al (2008) MR imaging of the pericardium. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 16(2):185–199, vii
248. Smith WH, Beacock DJ, Goddard AJ et al (2001) Magnetic resonance evaluation of the pericardium. *Br J Radiol* 74(880):384–392
249. Troughton RW, Asher CR, Klein AL (2004) Pericarditis. *Lancet* 363(9410):717–727
250. Bauner K, Horng A, Schmitz C et al (2010) New observations from MR velocity-encoded flow measurements concerning diastolic function in constrictive pericarditis. *Eur Radiol* 20(8):1831–1840
251. Francone M, Dymarkowski S, Kalantzi M et al (2006) Assessment of ventricular coupling with real-time cine MRI and its value to differentiate constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy. *Eur Radiol* 16(4):944–951
252. Myers RB, Spodick DH (1999) Constrictive pericarditis: clinical and pathophysiological characteristics. *Am Heart J* 138(2 Pt 1):219–232
253. Nishimura RA (2001) Constrictive pericarditis in the modern era: a diagnostic dilemma. *Heart* 86(6):619–623
254. Suh SY, Rha SW, Kim JW et al (2006) The usefulness of three-dimensional multidetector computed tomography to delineate pericardial calcification in constrictive pericarditis. *Int J Cardiol* 113(3):414–416
255. Hoffmann MH, Shi H, Lieberknecht M et al (2003) Images in cardiovascular medicine. Sixteen-slice computed tomography and magnetic resonance imaging of calcified pericardium. *Circulation* 108(7):e48–e49
256. Khan NU, Yonan N (2009) Does preoperative computed tomography reduce the risks associated with re-do cardiac surgery? *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 9(1):119–123
257. Schwefer M, Aschenbach R, Heidemann J et al (2009) Constrictive pericarditis, still a diagnostic challenge: comprehensive review of clinical management. *Eur J Cardiothorac Surg* 36(3):502–510
258. Chiles C, Woodard PK, Gutierrez FR, Link KM (2001) Metastatic involvement of the heart and pericardium: CT and MR imaging. *Radiographics* 21(2):439–449
259. Grebenc ML, Rosado de Christenson ML, Burke AP et al (2000) Primary cardiac and pericardial neoplasms: radiologic-pathologic correlation. *Radiographics* 20(4):1073–1103; quiz 110–1, 112
260. Syed IS, Feng D, Harris SR et al (2008) MR imaging of cardiac masses. *Magn Reson Imaging Clin North Am* 16(2):137–164, vii
261. Kim JS, Kim HH, Yoon Y (2007) Imaging of pericardial diseases. *Clin Radiol* 62(7):626–631
262. Ling LH, Oh JK, Schaff HV et al (1999) Constrictive pericarditis in the modern era: evolving clinical spectrum and impact on outcome after pericardiectomy. *Circulation* 100(13):1380–1386
263. Sengupta PP, Eleid MF, Khandheria BK (2008) Constrictive pericarditis. *Circ J* 72(10):1555–1562
264. Spottiswoode B, Russell JB, Moosa S et al (2008) Abnormal diastolic and systolic septal motion following pericardiectomy demonstrated by cine DENSE MRI. *Cardiovasc J Afr* 19(4):208–209
265. Agelopoulos P, Kapatais A, Varounis C et al (2007) Hepatocellular carcinoma with invasion into the right atrium. Report of two cases and review of the literature. *Hepatogastroenterology* 54(79):2106–2108
266. Hoffmann U, Globits S, Schima W et al (2003) Usefulness of magnetic resonance imaging of cardiac and paracardiac masses. *Am J Cardiol* 92(7):890–895
267. Juan O, Esteban E, Sotillo J, Alberola V (2008) Atrial flutter and myocardial infarction-like ECG changes as manifestations of left ventricle involvement from lung carcinoma. *Clin Transl Oncol* 10(2):125–127
268. Schnarkowski P, Wallner B, Gumpfenberg R von, Goldmann A (1992) Magnetic resonance tomography and magnetic resonance angiography of an infiltration of the left and right atria by a liver metastasis. *Rontgenpraxis* 45(3):98–99
269. Vanheste R, Vanhoenacker P, D'Haenens P (2007) Primary cardiac lymphoma. *JBR-BTR* 90(2):109–111
270. Beek EJ van, Stolpen AH, Khanna G, Thompson BH (2007) CT and MRI of pericardial and cardiac neoplastic disease. *Cancer Imaging* 7:19–26
271. Kim EY, Choe YH, Sung K et al (2009) Multidetector CT and MR imaging of cardiac tumors. *Korean J Radiol* 10(2):164–175
272. Krombach GA, Spuentrup E, Buecker A et al (2005) Heart tumors: magnetic resonance imaging and multislice spiral CT. *Rofo* 177(9):1205–1218
273. Kraemer N, Balzer JC, Schoth F et al (2009) Atrial tumors in cardiac MRI. *Rofo* 181(11):1038–1049
274. Mohrs OK, Nowak B, Petersen SE et al (2006) Thrombus detection in the left atrial appendage using contrast-enhanced MRI: a pilot study. *AJR Am J Roentgenol* 186(1):198–205
275. Hur J, Kim YJ, Lee HJ et al (2009) Left atrial appendage thrombi in stroke patients: detection with two-phase cardiac CT angiography versus transesophageal echocardiography. *Radiology* 251(3):683–690
276. Hur J, Kim YJ, Lee HJ et al (2009) Cardiac computed tomographic angiography for detection of cardiac sources of embolism in stroke patients. *Stroke* 40(6):2073–2078
277. Hur J, Kim YJ, Nam JE et al (2008) Thrombus in the left atrial appendage in stroke patients: detection with cardiac CT angiography – a preliminary report. *Radiology* 249(1):81–87
278. Martinez MW, Kirsch J, Williamson EE et al (2009) Utility of nongated multidetector computed tomography for detection of left atrial thrombus in patients undergoing catheter ablation of atrial fibrillation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(1):69–76
279. Feuchtner GM, Dichtl W, Bonatti JO et al (2008) Diagnostic accuracy of cardiac 64-slice computed tomography in detecting atrial thrombi. Comparative study with transesophageal echocardiography and cardiac surgery. *Invest Radiol* 43(11):794–801
280. Barkhausen J, Hunold P, Eggebrecht H et al (2002) Detection and characterization of intracardiac thrombi on MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 179(6):1539–1544
281. Bruder O, Waltering KU, Hunold P et al (2005) Detection and characterization of left ventricular thrombi by MRI compared to transthoracic echocardiography. *Rofo* 177(3):344–349
282. Paydarfar D, Krieger D, Dib N et al (2001) In vivo magnetic resonance imaging and surgical histopathology of intracardiac masses: distinct features of subacute thrombi. *Cardiology* 95(1):40–47
283. Weinsaft JW, Kim HW, Shah DJ et al (2008) Detection of left ventricular thrombus by delayed-enhancement cardiovascular magnetic resonance prevalence and markers in patients with systolic dysfunction. *J Am Coll Cardiol* 8;52(2):148–157
284. Weinsaft JW, Kim RJ, Ross M et al (2009) Contrast-enhanced anatomic imaging as compared to contrast-enhanced tissue characterization for detection of left ventricular thrombus. *JACC Cardiovasc Imaging* 2(8):969–979
285. Araoz PA, Eklund HE, Welch TJ, Breen JF (1999) CT and MR imaging of primary cardiac malignancies. *Radiographics* 19(6):1421–1434

286. Kaminaga T, Takeshita T, Kimura I (2003) Role of magnetic resonance imaging for evaluation of tumors in the cardiac region. *Eur Radiol* 13(Suppl 4):L1–L10
287. O'Donnell DH, Abbata S, Chaithiraphan V et al (2009) Cardiac tumors: optimal cardiac MR sequences and spectrum of imaging appearances. *AJR Am J Roentgenol* 193(2):377–387
288. Strotmann J (2008) Cardiac tumors – clinical symptoms, diagnostic approaches, and therapeutic aspects. *Med Klin (Munich)* 103(3):175–180
289. Henrikson CA, Leng CT, Yuh DD, Brinker JA (2006) Computed tomography to assess possible cardiac lead perforation. *Pacing Clin Electrophysiol* 29(5):509–511
290. Hirschl DA, Jain VR, Spindola-Franco H et al (2007) Prevalence and characterization of asymptomatic pacemaker and ICD lead perforation on CT. *Pacing Clin Electrophysiol* 30(1):28–32
291. Burgstahler C, Wöhrle J, Kochs M et al (2007) Magnetic resonance imaging to assess acute changes in atrial and ventricular parameters after transcatheter closure of atrial septal defects. *J Magn Reson Imaging* 25(6):1136–1140
292. Mohrs OK, Petersen SE, Erkapic D et al (2005) Diagnosis of patent foramen ovale using contrast-enhanced dynamic MRI: a pilot study. *AJR Am J Roentgenol* 184(1):234–240
293. Mohrs OK, Petersen SE, Erkapic D et al (2007) Dynamic contrast-enhanced MRI before and after transcatheter occlusion of patent foramen ovale. *AJR Am J Roentgenol* 188(3):844–849
294. Nusser T, Hoher M, Merkle N et al (2006) Cardiac magnetic resonance imaging and transesophageal echocardiography in patients with transcatheter closure of patent foramen ovale. *J Am Coll Cardiol* 48(2):322–329
295. Weber C, Weber M, Ekinö O et al (2008) 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* 18(11):2406–2413
296. Sarikouch S, Peters B, Gutberlet M et al (2010) 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* 3(1):65–76
297. Vashist S, Singh GK (2009) Acute myocarditis in children: current concepts and management. *Curr Treat Options Cardiovasc Med* 11(5):383–391
298. Siegel MJ (2003) Multiplanar and three-dimensional multi-detector row CT of thoracic vessels and airways in the pediatric population. *Radiology* 229(3):641–650
299. Gilkeson RC, Markowitz AH, Ciancibello L (2003) Multisection CT evaluation of the reoperative cardiac surgery patient. *Radiographics Spec No*:S3–S17
300. Eichhorn JG, Fink C, Delorme S, Ulmer H (2004) Rings, slings and other vascular abnormalities. Ultrafast computed tomography and magnetic resonance angiography in pediatric cardiology. *Z Kardiol* 93(3):201–208
301. Eichhorn JG, Fink C, Long F et al (2005) Multidetector CT for the diagnosis of congenital vascular anomalies and associated complications in newborns and infants. *Rofo* 177(10):1366–1372
302. Eichhorn JG, Ley S (2007) Congenital abnormalities of the aorta in children and adolescents. *Radiologie* 47(11):974–981
303. Eichhorn JG, Long FR, Hill SL et al (2006) Assessment of in-stent stenosis in small children with congenital heart disease using multi-detector computed tomography: a validation study. *Catheter Cardiovasc Interv* 68(1):11–20
304. Gutberlet M, Abdul-Khalig H, Grothoff M et al (2003) Evaluation of left ventricular volumes in patients with congenital heart disease and abnormal left ventricular geometry. Comparison of MRI and transthoracic 3-dimensional echocardiography. *Rofo* 175(7):942–951
305. Sarikouch S, Koeperich H, Boethig D et al (2011) 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* 33(5):1028–1039
306. Cohen MS, Anderson RH, Cohen MI et al (2007) Controversies, genetics, diagnostic assessment, and outcomes relating to the heterotaxy syndrome. *Cardiol Young* 17(Suppl 2):29–43
307. Geva T, Vick GW III, Wendt RE, Rokey R (1994) Role of spin echo and cine magnetic resonance imaging in presurgical planning of heterotaxy syndrome. Comparison with echocardiography and catheterization. *Circulation* 90(1):348–356
308. Hong YK, Park YW, Ryu SJ et al (2000) Efficacy of MRI in complicated congenital heart disease with visceral heterotaxy syndrome. *J Comput Assist Tomogr* 24(5):671–682
309. Lee EY, Zurakowski D, Waltz DA et al (2008) MDCT evaluation of the prevalence of tracheomalacia in children with mediastinal aortic vascular anomalies. *J Thorac Imaging* 23(4):258–265
310. Lee EY, Siegel MJ, Hildebolt CF et al (2004) MDCT evaluation of thoracic aortic anomalies in pediatric patients and young adults: comparison of axial, multiplanar, and 3D images. *AJR Am J Roentgenol* 182(3):777–784
311. Ou P, Marini D, Celermajer DS et al (2009) Non-invasive assessment of congenital pulmonary vein stenosis in children using cardiac-nongated CT with 64-slice technology. *Eur J Radiol* 70(3):595–599
312. Ou P, Celermajer DS, Calcagni G (2007) Three-dimensional CT scanning: a new diagnostic modality in congenital heart disease. *Heart* 93(8):908–913
313. Oh KH, Choo KS, Lim SJ et al (2009) Multidetector CT evaluation of total anomalous pulmonary venous connections: comparison with echocardiography. *Pediatr Radiol* 39(9):950–954
314. Gilkeson RC, Ciancibello L, Zahka K (2003) Pictorial essay. Multidetector CT evaluation of congenital heart disease in pediatric and adult patients. *AJR Am J Roentgenol* 180(4):973–980
315. Selby JB, Poghosyan T, Wharton M (2006) Asymptomatic partial anomalous pulmonary venous return masquerading as pulmonary vein occlusion following radiofrequency ablation. *Int J Cardiovasc Imaging* 22(5):719–722
316. Wang XM, Wu LB, Sun C et al (2007) Clinical application of 64-slice spiral CT in the diagnosis of the tetralogy of Fallot. *Eur J Radiol* 64(2):296–301
317. Beerbaum P, Koeperich H, Barth P (2001) Noninvasive quantification of left-to-right shunt in pediatric patients: phase-contrast cine magnetic resonance imaging compared with invasive oximetry. *Circulation* 103(20):2476–2482
318. Beerbaum P, Koeperich H, Esdorn H et al (2003) Atrial septal defects in pediatric patients: non-invasive sizing with cardiovascular MR imaging. *Radiology* 228(2):361–369
319. Durongpisitkul K, Tang NL, Soongswang J et al (2004) Predictors of successful transcatheter closure of atrial septal defect by cardiac magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 25(2):124–30
320. Piaw CS, Kiam OT, Rapae A et al (2006) 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* 29(2):230–234
321. Thomson LE, Crowley AL, Heitner JF et al (2008) 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* 1(1):31–40
322. Valente AM, Sena L, Powell AJ et al (2007) Cardiac magnetic resonance imaging evaluation of sinus venosus defects: comparison to surgical findings. *Pediatr Cardiol* 28(1):51–56
323. Rajiah P, Kanne JP (2010) Computed tomography of septal defects. *J Cardiovasc Comput Tomogr* 4(4):231–245
324. Beerbaum P, Parish V, Bell A (2008) Atypical atrial septal defects in children: noninvasive evaluation by cardiac MRI. *Pediatr Radiol* 38(11):1188–1194
325. Grosse-Wortmann L, Al-Otay A, Goo HW et al (2007) Anatomical and functional evaluation of pulmonary veins in children by magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 49(9):993–1002
326. Riesenkauff EM, Schmitt B, Schnackenburg B et al (2009) Partial anomalous pulmonary venous drainage in young pediatric patients: the role of magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 30(4):458–464
327. Bass JE, Redwine MD, Kramer LA et al (2000) Spectrum of congenital anomalies of the inferior vena cava: cross-sectional imaging findings. *Radiographics* 20(3):639–652
328. Greil GF, Powell AJ, Gildein HP, Geva T (2002) Gadolinium-enhanced three-dimensional magnetic resonance angiography of pulmonary and systemic venous anomalies. *J Am Coll Cardiol* 39(2):335–341
329. Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Teitel DF et al (1989) Magnetic resonance imaging of congenital heart disease: sensitivity and specificity using receiver operating characteristic curve analysis. *Am Heart J* 118(1):155–161
330. Sorensen TS, Koeperich H, Greil GF et al (2004) Operator-independent isotropic three-dimensional magnetic resonance imaging for morphology in congenital heart disease: a validation study. *Circulation* 110(2):163–169
331. Brown ML, Dearani JA, Danielson GK et al (2008) The outcomes of operations for 539 patients with Ebstein anomaly. *J Thorac Cardiovasc Surg* 135(5):1120–1136, 36 e1–e7
332. Malhotra SP, Pectrossian E, Reddy VM et al (2009) Selective right ventricular unloading and novel technical concepts in Ebstein's anomaly. *Ann Thorac Surg* 88(6):1975–1981
333. Gutberlet M, Oellinger H, Ewert P et al (2000) Pre- and postoperative evaluation of ventricular function, muscle mass and valve morphology by magnetic resonance tomography in Ebstein's anomaly. *Rofo* 172(5):436–442

334. Bell A, Beerbaum P, Greil G et al (2009) 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* 2(11):1285–1291
335. Grosse-Wortmann L, Yun TJ, Al-Radi O et al (2008) Borderline hypoplasia of the left ventricle in neonates: insights for decision-making from functional assessment with magnetic resonance imaging. *J Thorac Cardiovasc Surg* 136(6):1429–1436
336. Shuhaiber JH, Ho SY, Rigby M, Sethia B (2009) Current options and outcomes for the management of atrioventricular septal defect. *Eur J Cardiothorac Surg* 35(5):891–900
337. Marijon E, Ou P, Fermon L et al (2006) Diagnosis and outcome in congenital ventricular diverticulum and aneurysm. *J Thorac Cardiovasc Surg* 131(2):433–437
338. McMahan CJ, Moniotte S, Powell AJ et al (2007) Usefulness of magnetic resonance imaging evaluation of congenital left ventricular aneurysms. *Am J Cardiol* 100(2):310–315
339. Ohlow MA (2006) Congenital left ventricular aneurysms and diverticula: definition, pathophysiology, clinical relevance and treatment. *Cardiology* 106(2):63–72
340. Hoppe UC, Dederichs B, Deutsch HJ et al (1996) Congenital heart disease in adults and adolescents: comparative value of transthoracic and transesophageal echocardiography and MR imaging. *Radiology* 199(3):669–677
341. Kellenberger CJ, Yoo SJ, Buchel ER (2007) Cardiovascular MR imaging in neonates and infants with congenital heart disease. *Radiographics* 27(1):5–18
342. Kersting-Sommerhoff BA, Diethelm L, Stanger P et al (1990) Evaluation of complex congenital ventricular anomalies with magnetic resonance imaging. *Am Heart J* 120(1):133–142
343. Kersting-Sommerhoff BA, Seelos KC, Hardy C et al (1990) Evaluation of surgical procedures for cyanotic congenital heart disease by using MR imaging. *AJR Am J Roentgenol* 155(2):259–266
344. Kilner PJ, Geva T, Kaemmerer H (2010) 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* 31(7):794–805
345. Rutledge JM, Nihill MR, Fraser CD et al (2002) Outcome of 121 patients with congenitally corrected transposition of the great arteries. *Pediatr Cardiol* 23(2):137–145
346. Salehian O, Schwerzmann M, Merchant N et al (2004) 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* 110(20):3229–3233
347. Samyn MM (2004) 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* 20(6):569–578
348. Sarikouch S, Schaeffler R, Korperich H (2009) Cardiovascular magnetic resonance imaging for intensive care infants: safe and effective? *Pediatr Cardiol* 30(2):146–152
349. Wood JC (2006) Anatomical assessment of congenital heart disease. *J Cardiovasc Magn Reson* 8(4):595–606
350. Chaturvedi RR, Redington AN (2007) Pulmonary regurgitation in congenital heart disease. *Heart* 93(7):880–889
351. Geva T (2006) Indications and timing of pulmonary valve replacement after tetralogy of Fallot repair. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu*:11–22
352. Harrild DM, Berul CI, Cecchin F et al (2009) Pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot: impact on survival and ventricular tachycardia. *Circulation* 119(3):445–451
353. Henkens IR, Straten A van, Schalij MJ et al (2007) Predicting outcome of pulmonary valve replacement in adult tetralogy of Fallot patients. *Ann Thorac Surg* 83(3):907–911
354. Oosterhof T, Straten A van, Vliegen HW et al (2007) Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation* 116(5):545–551
355. Vliegen HW, Straten A van, Roos A de et al (2002) Magnetic resonance imaging to assess the hemodynamic effects of pulmonary valve replacement in adults late after repair of tetralogy of Fallot. *Circulation* 106(13):1703–1707
356. Dincer TC, Basarici I, Calisir C et al (2008) Ruptured aneurysm of noncoronary sinus of Valsalva: demonstration with magnetic resonance imaging. *Acta Radiol* 49(8):889–892
357. Feldman DN, Roman MJ (2006) Aneurysms of the sinuses of Valsalva. *Cardiology* 106(2):73–81
358. Karaaslan T, Gudinchet F, Payot M (1999) Congenital aneurysm of sinus of valsalva ruptured into right ventricle diagnosed by magnetic resonance imaging. *Pediatr Cardiol* 20(3):212–214
359. Ozkara A, Cetin G, Mert M (2005) Sinus of Valsalva aneurysm: surgical approaches to complicated cases. *ANZ J Surg* 75(1–2):51–54
360. Bricker AO, Avutu B, Mohammed TL et al (2010) Valsalva sinus aneurysms: findings at CT and MR imaging. *Radiographics* 30(1):99–110
361. Crean A (2007) Cardiovascular MR and CT in congenital heart disease. *Heart* 93(12):1637–1647
362. Dillman JR, Yarram SG, D'Amico AR, Hernandez RJ (2008) Interrupted aortic arch: spectrum of MRI findings. *AJR Am J Roentgenol* 190(6):1467–1474
363. Eichhorn JG, Fink C, Delorme S (2006) Magnetic resonance blood flow measurements in the follow-up of pediatric patients with aortic coarctation – a re-evaluation. *Int J Cardiol* 113(3):291–298
364. Geva T, Greil GF, Marshall AC et al (2002) 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* 106(4):473–478
365. Grosse-Wortmann L, Al-Otay A, Yoo SJ (2009) Aortopulmonary collaterals after bidirectional cavopulmonary connection or Fontan completion: quantification with MRI. *Circ Cardiovasc Imaging* 2(3):219–225
366. Kastler B (2004) Value of MRI in the evaluation of congenital anomalies of the heart and great vessels. *J Radiol* 85(10 Pt 2):1851–1853
367. McLaren CA, Elliott MJ, Roebuck DJ (2008) Vascular compression of the airway in children. *Paediatr Respir Rev* 9(2):85–94
368. Nielsen JC, Powell AJ, Gauvreau K et al (2005) Magnetic resonance imaging predictors of coarctation severity. *Circulation* 111(5):622–628
369. Prakash A, Torres AJ, Printz BF et al (2007) Usefulness of magnetic resonance angiography in the evaluation of complex congenital heart disease in newborns and infants. *Am J Cardiol* 100(4):715–721
370. Prasad SK, Soukias N, Hornung T et al (2004) Role of magnetic resonance angiography in the diagnosis of major aortopulmonary collateral arteries and partial anomalous pulmonary venous drainage. *Circulation* 109(2):207–214
371. Steffens JC, Bourne MW, Sakuma H et al (1994) Quantification of collateral blood flow in coarctation of the aorta by velocity encoded cine magnetic resonance imaging. *Circulation* 90(2):937–943
372. Boxt LM (2004) Magnetic resonance and computed tomographic evaluation of congenital heart disease. *J Magn Reson Imaging* 19(6):827–847
373. Chandran A, Fricker FJ, Schowengerdt KO et al (2005) An institutional review of the value of computed tomographic angiography in the diagnosis of congenital cardiac malformations. *Cardiol Young* 15(1):47–51
374. Taylor AM, Dymarkowski S, Hamaekers P et al (2005) MR coronary angiography and late-enhancement myocardial MR in children who underwent arterial switch surgery for transposition of great arteries. *Radiology* 234(2):542–547
375. Arnold R, Ley S, Ley-Zaporozhan J et al (2007) 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* 37(10):998–1006
376. Hong C, Woodard PK, Bae KT (2004) Congenital coronary artery anomaly demonstrated by three dimensional 16 slice spiral CT angiography. *Heart* 90(5):478
377. Turner A, Gavel G, Coutts J (2005) Vascular rings – presentation, investigation and outcome. *Eur J Pediatr* 164(5):266–270
378. Caputo GR, Kondo C, Masui T et al (1991) Right and left lung perfusion: in vitro and in vivo validation with oblique-angle, velocity-encoded cine MR imaging. *Radiology* 180(3):693–698
379. Fratz S, Hess J, Schwaiger M et al (2002) More accurate quantification of pulmonary blood flow by magnetic resonance imaging than by lung perfusion scintigraphy in patients with fontan circulation. *Circulation* 106(12):1510–1513
380. Klimes K, Abdul-Khalik H, Ovroutski S et al (2007) Pulmonary and caval blood flow patterns in patients with intracardiac and extracardiac Fontan: a magnetic resonance study. *Clin Res Cardiol* 96(3):160–167
381. Brenner LD, Caputo GR, Mostbeck G et al (1992) Quantification of left to right atrial shunts with velocity-encoded cine nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol* 20(5):1246–1250
382. Hundley WG, Li HF, Lange RA et al (1995) Assessment of left-to-right intracardiac shunting by velocity-encoded, phase-difference magnetic resonance imaging. A comparison with oximetric and indicator dilution techniques. *Circulation* 91(12):2955–2960
383. Beerbaum P, Barth P, Kropf S et al (2009) Cardiac function by MRI in congenital heart disease: impact of consensus training on interinstitutional variance. *J Magn Reson Imaging* 30(5):956–966

384. Fratz S, Schuhbaeck A, Buchner C et al (2009) 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* 103(12):1764–1769
385. Zahn EM, Hellenbrand WE, Lock JE, McElhinney DB (2009) Implantation of the melody transcatheter pulmonary valve in patients with a dysfunctional right ventricular outflow tract conduit early results from the US clinical trial. *J Am Coll Cardiol* 54(18):1722–1729
386. Buechel ER, Balmer C, Bauersfeld U et al (2009) Feasibility of perfusion cardiovascular magnetic resonance in paediatric patients. *J Cardiovasc Magn Reson* 11:51
387. Gutberlet M, Boeckel T, Hosten N et al (2000) 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* 214(2):467–475
388. Sakuma H, Ichikawa Y, Chino S (2006) Detection of coronary artery stenosis with whole-heart coronary magnetic resonance angiography. *J Am Coll Cardiol* 48(10):1946–1950
389. Gutberlet M, Hoffmann J, Kunzel E et al (2011) Preoperative and postoperative imaging in patients with transposition of the great arteries. *Radiologie* 51(1):15–22
390. Cohen MD, Johnson T, Ramrakhiani S (2010) MRI of surgical repair of transposition of the great vessels. *AJR Am J Roentgenol* 194(1):250–260
391. Fogel MA, Hubbard A, Weinberg PM (2001) 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* 142(6):1028–1036
392. Hager A, Kaemmerer H, Leppert A et al (2004) Follow-up of adults with coarctation of the aorta: comparison of helical CT and MRI, and impact on assessing diameter changes. *Chest* 126(4):1169–1176
393. Krishnam MS, Tomasian A, Deshpande V et al (2008) 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* 43(6):411–420
394. Masui T, Katayama M, Kobayashi S et al (2000) Gadolinium-enhanced MR angiography in the evaluation of congenital cardiovascular disease pre- and postoperative states in infants and children. *J Magn Reson Imaging* 12(6):1034–1042
395. Potthast S, Mitsumori L, Stanescu LA et al (2010) 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* 31(1):177–184