

Journal für **Kardiologie**

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

Kardiale Magnetresonanztomographie

- Anatomie und Planung

Maier R, Fruhwald FM, Fürnau G

Klein W, Watzinger N, Wonisch M

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2003; 10

(1-2), 3-7

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Veranstaltungskalender

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

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

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

Kardiale Magnetresonanztomographie – Anatomie und Planung

R. Maier, G. Fürnau, M. Wonisch, F. M. Fruhwald, W. Klein, N. Watzinger

Kurzfassung: Die Achsen des Herzens und der großen Gefäße liegen nicht in den drei Hauptebenen des Körpers, transversal (axial), frontal (koronal) und sagittal. Um Schnittbilder zu erhalten, die den anatomischen Strukturen des Herzens gerecht werden, müssen daher auf die Hauptebenen ein- oder mehrfach gewinkelte Ebenen gewählt werden. Die damit gewonnenen Bilder entsprechen größtenteils den aus der Echokardiographie bekannten Ebenen. Die Untersuchungsplanung erfolgt anhand sogenannter Suchschnitte, die das Herz in den drei Hauptebenen des Körpers zeigen. Transversale Schnitte erlauben eine morphologische Beurteilung des ganzen Herzens. Abhängig von der Fragestellung können weitere Aufnahmen in verschiedensten Ebenen geplant werden. Zur Funktionsbeurteilung werden v. a. der linksventrikuläre

Zweikammerblick, der Vierkammerblick sowie die kurze Achse verwendet. Weiters können Schnitte in den Ebenen des links- bzw. rechtsventrikulären Ausflußtrakts sowie der aufsteigenden bzw. LAO-Aorta geplant werden. Zur Untersuchung kongenitaler Herzfehler und der Koronarien sind spezielle Planungen notwendig.

Abstract: Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging – Planes and Normal Anatomy. A major advantage of magnetic resonance imaging is the ability to acquire images in non-axial planes. This is particularly important for cardiovascular imaging, since the axes of the heart and great vessels are not aligned with the axes of the body and vary among patients. Single-angulated and double-angulated images in one of the cardiac axes can

be obtained relative to images in one of the body axes, i.e. axial or transverse, sagittal, and coronal or frontal. These images are close to the echocardiographic views. Imaging planes are positioned on previously acquired scout images. The transverse or axial plane is very appropriate for study of cardiac morphology. Information with regard to cardiac function can be gained in the left ventricular two chamber view, four chamber view and short axis planes. Additional information can be gained in the left and right ventricular outflow tract plane as well as in the ascending and LAO thoracic aorta plane, respectively. The heart can be visualized in every imaginable plane. In congenital heart disease it may be necessary to obtain multiple non-classical imaging planes. Also imaging of the coronary arteries requires non-classical imaging planes. **J Kardiologie 2003; 10: 3–7.**

■ Einleitung

Im Gegensatz zur Computertomographie können in der Magnetresonanztomographie Schnittbilder in jeder beliebigen Ebene erzeugt werden. Neben Schnitten in den Hauptebenen des Körpers – transversal (axial), frontal (koronal) und sagittal – können auch auf diese Standardebenen ein- oder mehrfach gewinkelte schräge Schnitte angefertigt werden. Dadurch erhält man Schnitte entlang den wahren Herzachsen, z. B. entlang der langen bzw. kurzen Achse des Herzens, wie sie in der Echokardiographie üblich sind.

■ Physikalische Grundlagen der Magnetresonanztomographie

Alle Atome mit einer ungeraden Anzahl von Kernbausteinen weisen eine Eigendrehung, den sogenannten Kernspin, auf. Sie drehen sich, vergleichbar mit der Erde, um ihre eigene Achse und haben dadurch – so wie die Erde – einen magnetischen Nord- und Südpol.

Das einfachste Atom mit einer ungeraden Anzahl an Kernbausteinen ist Wasserstoff, der Kern besteht aus lediglich einem Proton. Wasserstoff ist das in der belebten Natur am häufigsten vorkommende Element. So besteht der menschliche Körper zu etwa 70 % aus Wasser, daneben kommt Wasserstoff aber auch noch in zahlreichen anderen chemischen Verbindungen vor.

Die Magnetresonanztomographie macht sich diese physikalischen Eigenschaften des Wasserstoffs zunutze, um aus den Wasserstoffsignalen des menschlichen Körpers diagnostische Schnittbilder zu erzeugen.

Aus der Klinischen Abteilung für Kardiologie, Medizinische Universitätsklinik Graz, Interdisziplinäres Cardiac Imaging Center, LKH Graz

Korrespondenzadresse: Dr. med. Robert Maier, Klinische Abteilung für Kardiologie, Medizinische Universitätsklinik, Auenbruggerplatz 15, A-8036 Graz; E-Mail: robert.maier@uni-graz.at

In der Natur – sei es in einem Glas Wasser oder im menschlichen Körper – sind die unzähligen kleinen Wasserstoffmagnete völlig unterschiedlich angeordnet und zeigen in verschiedenste Richtungen. Die magnetischen Vektoren der einzelnen Wasserstoffatome heben sich dadurch gegenseitig auf, so daß ein Glas Wasser oder der Mensch keine Gesamtmagnetisierung aufweisen.

Bringt man den menschlichen Körper aber in ein starkes äußeres Magnetfeld, wie z. B. das eines Kernspintomographen, dann richten sich die zahllosen kleinen Einzelmagnete entlang des starken Magnetfeldes aus, und es entsteht eine Gesamtmagnetisierung.

Abkürzungen in den Abbildungen

Ao	Aorta
Ao a	Aorta ascendens
AoB	Aortenbogen
AV	Aortenklappe
Br	Bronchus
LA	Linkes Atrium
LHB	Linker Hauptbronchus
LPA	Linke Pulmonalarterie
LV	Linker Ventrikel
LVOT	Linksventrikulärer Ausflußtrakt
PV	Pulmonalvene
RA	Rechtes Atrium
RHB	Rechter Hauptbronchus
RPA	Rechte Pulmonalarterie
RV	Rechter Ventrikel
RVOT	Rechtsventrikulärer Ausflußtrakt
Tp	Truncus pulmonalis
TR	Trachea
VCI	Vena cava inferior
VCS	Vena cava superior

Schickt man auf die Wasserstoffatome einen ganz kurzen Hochfrequenzimpuls mit einer bestimmten Frequenz, der sogenannten Resonanzfrequenz, so werden alle sich drehenden Einzelmagnete kurz um einen bestimmten Winkel ausgelenkt. Nach Beendigung des Hochfrequenzimpulses wird wieder das starke äußere Magnetfeld wirksam, und die Wasserstoffatomkerne kehren in ihre Ausgangsposition zurück, wobei sie selbst ein Hochfrequenzsignal aussenden. Dieses Signal wird gemessen und zur Bildgebung verwendet.

Die einzelnen Wasserstoffatome richten sich aber nicht alle gleich schnell aus: Je nach Konzentration und chemischer Verbindung, in der sie vorliegen, erfolgt dies unterschiedlich schnell. Es werden also je nach Gewebe unterschiedliche Signale zurückgesendet. Diese Signale werden vom Rechner des Kernspintomographen in Lichtpunkte unterschiedlicher Helligkeit umgewandelt und den einzelnen anatomischen Strukturen zugeordnet, wodurch die Magnetresonanzbilder entstehen. Da die Messungen schichtweise erfolgen, sind die berechneten Bilder anatomische Schichtaufnahmen, sogenannte Tomogramme.

■ Untersuchungstechniken der Magnetresonanztomographie

Durch die zeitliche Abfolge, mit der die Hochfrequenzimpulse in den Körper geschickt werden, und die Wahl des Zeitpunktes, zu dem das zurückkehrende Signal gemessen wird, können verschiedene Bildkontraste erzeugt werden, wodurch die einzelnen Strukturen unterschiedlich hervortreten: T1- bzw. T2-gewichtete Aufnahmen. Dadurch sind bis zu einem gewissen Grad Gewebedifferenzierungen möglich. Die verwendeten Schichtdicken liegen zwischen wenigen Millimetern und einem Zentimeter.

Zum Nachweis der Vaskularisation von Weichteilstrukturen verwendet man ein intravenös verabreichtes Kontrastmittel (Gadolinium), während zur direkten Gefäß- und Blutflußdarstellung kein Kontrastmittel notwendig ist.

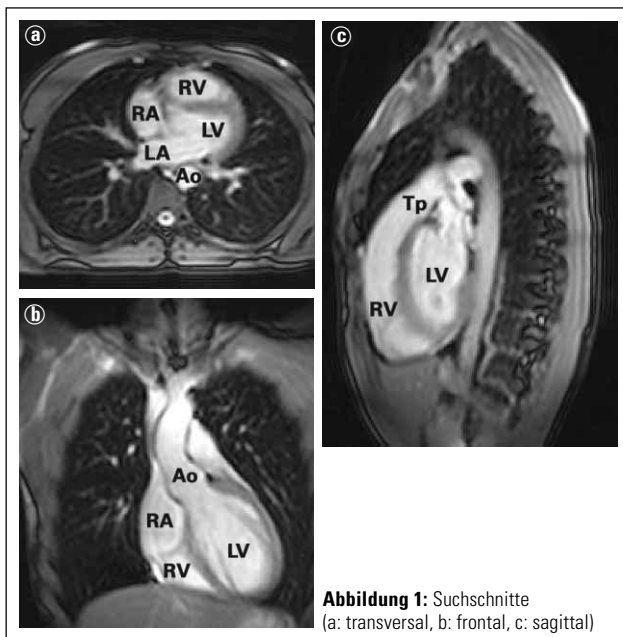


Abbildung 1: Suchschnitte (a: transversal, b: frontal, c: sagittal)

Blut wird auf morphologischen Aufnahmen (Spinecho-Sequenzen) schwarz dargestellt (Black-Blood-Technik), auf dynamischen Aufnahmen (Gradientenecho-Sequenzen) erscheint es, abhängig von seiner Flußgeschwindigkeit, mehr oder weniger hell (Bright-Blood-Technik). Dynamische Aufnahmen erlauben eine Darstellung der Bewegungsmuster des Herzens sowie eine direkte Blutflußdarstellung. Sie entstehen dadurch, daß die einzelnen, in den verschiedenen Phasen des Herzzyklus aufgenommenen Bilder wie ein Film abgespielt werden (Cine-Aufnahmen).

Da das Herz ein sich ständig bewegendes Organ ist, ist zur Erzeugung scharfer Bilder in den einzelnen Phasen des Herzzyklus eine EKG-Triggerung notwendig. Da das Herz auch mit den Atemexkursionen des Zwerchfells seine Lage ändert, werden die Aufnahmen meist in Atemanhaltetechnik gemacht. Zur Darstellung der Koronararterien ist darüber hinaus die Verwendung eines sogenannten Navigators erforderlich.

■ Schnittebenen in der Magnetresonanztomographie

Im Gegensatz zur Computertomographie können in der Magnetresonanztomographie Schnittbilder in jeder beliebigen Ebene erzeugt werden. Neben Schnitten in den Hauptebenen – transversal (axial), frontal (koronal) und sagittal –

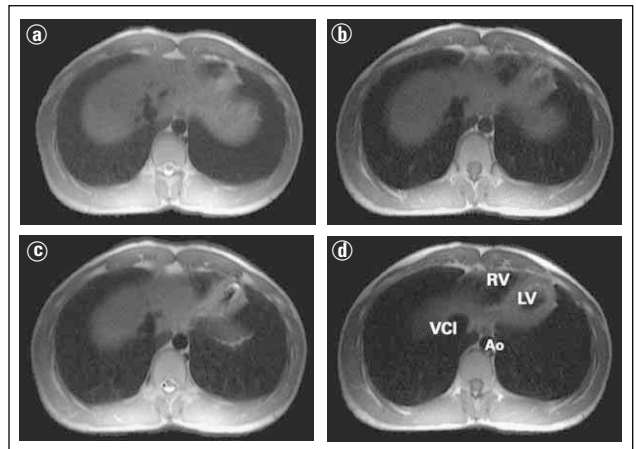


Abbildung 2

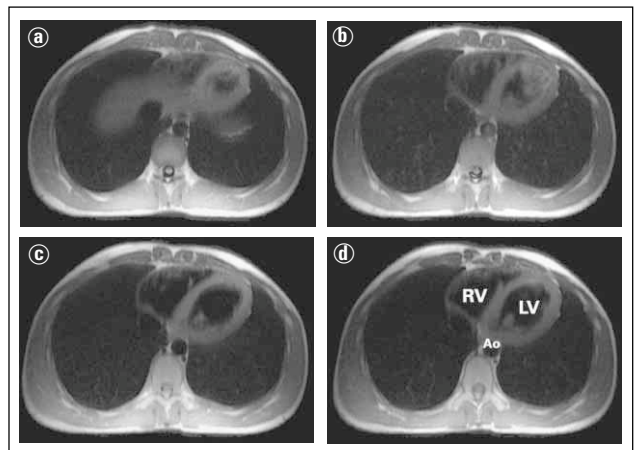


Abbildung 3

Abbildung 2 und 3: Transversale Schnitte vom Zwerchfell bis zum Aortenbogen

können auch auf diese Standardebenen einfach oder mehrfach gewinkelte schräge Schnitte angefertigt werden. Dadurch erhält man z. B. Schnitte entlang der langen bzw. kurzen Achse des Herzens, wie sie in der Echokardiographie üblich sind.

■ Untersuchungsplanung

Nach Anfertigung sog. *Suchschnitte*, auf denen das Herz in den drei Hauptebenen des Körpers dargestellt wird (Abb. 1a–c), werden *transversale Schnitte* durch das Herz und die großen

Gefäße vom Zwerchfell bis zum Aortenbogen durchgeführt (Abb. 2–10). Diese ermöglichen eine morphologische Beurteilung des gesamten Herzens sowie der großen Gefäße; quan-

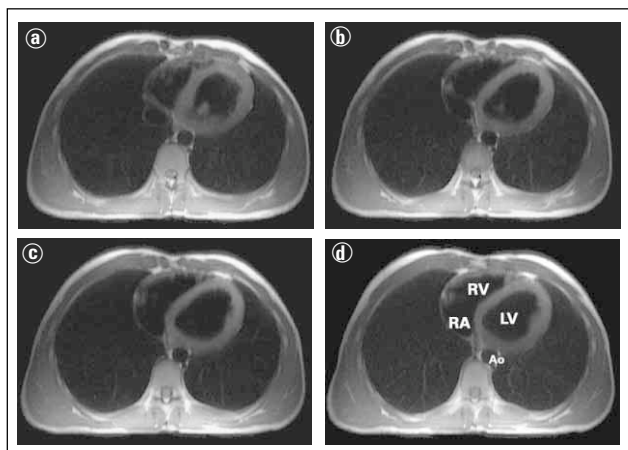


Abbildung 4

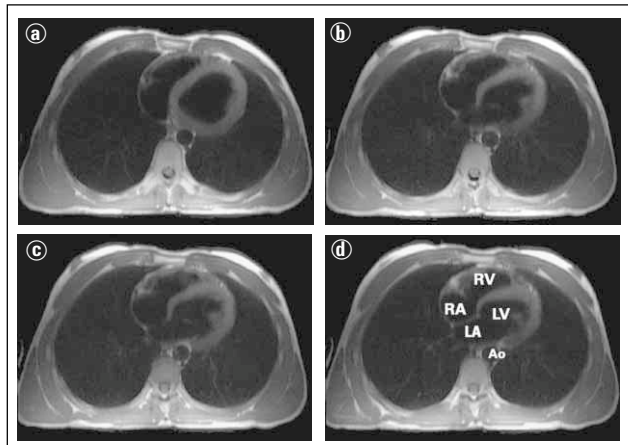


Abbildung 5

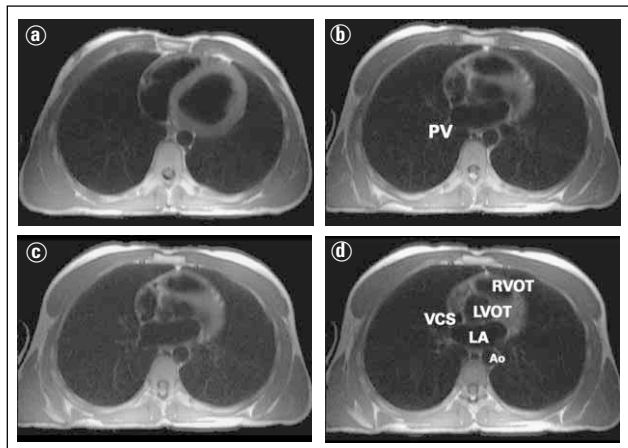


Abbildung 6

Abbildung 4–6: Transversale Schnitte vom Zwerchfell bis zum Aortenbogen

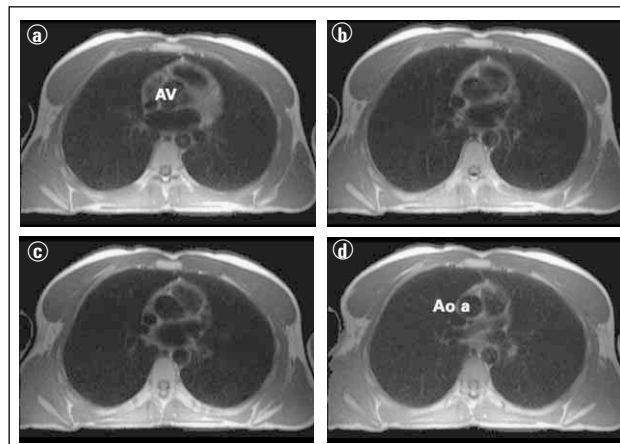


Abbildung 7

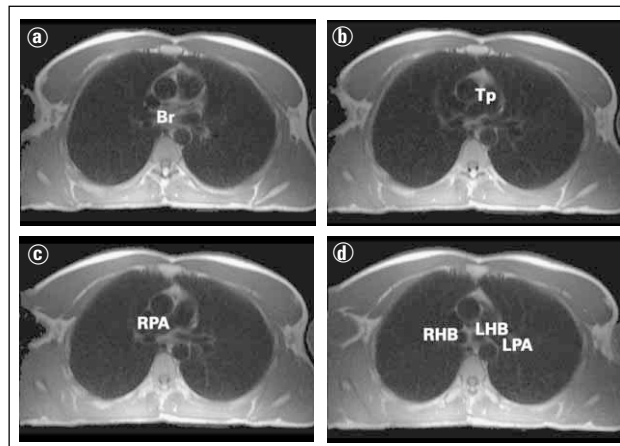


Abbildung 8

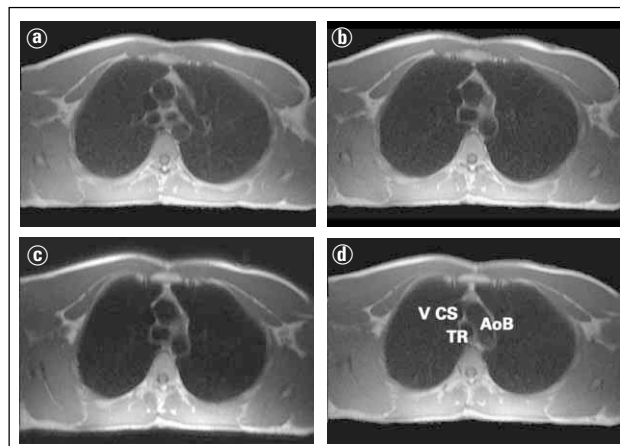


Abbildung 9

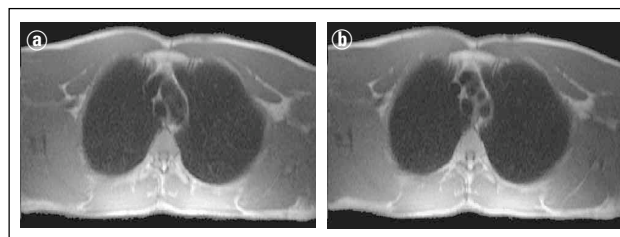


Abbildung 10

Abbildung 7–10: Transversale Schnitte vom Zwerchfell bis zum Aortenbogen

titative Aussagen über Wandstärken, Dimensionen der Herzhöhlen und die Funktion einzelner Herzabschnitte sind jedoch nicht möglich [1]. Dazu ist es notwendig, das Herz entlang seiner anatomischen Achsen darzustellen [2, 3].

Der *Zweikammerblick* des linken Ventrikels (Abb. 11a) wird auf ein transversales Bild aus den Suchschnitten geplant (Abb. 11b). Dargestellt werden auf dieser einfach gewinkelten Schnittebene der linke Vorhof, die Mitralklappe und der linke Ventrikel in seiner Längsachse, vergleichbar dem apikalen Zweikammerblick in der Echokardiographie. Diese Ebene eignet sich zur Beurteilung der regionalen und globalen Linksventrikelfunktion, zur Berechnung des linksventrikulären Volumens und seiner Auswurffraktion sowie zur Darstellung von Mitralklappenfehlern.

Die Planung des *Vierkammerblicks* (Abb. 12a) erfolgt auf den bereits einfach gewinkelten Zweikammerblick (Abb. 12b), was jedoch bei steil gestellten Herzen nicht immer ganz einfach ist. Alternativ kann er auch auf die kurze Achse des Herzens geplant werden (Abb. 12c). Es entsteht eine zweifach gewinkelte Schnittebene, entsprechend dem apikalen Vierkammerblick der Echokardiographie, in der alle vier Herzhöhlen sowie die Segelklappen zur Darstellung kommen. Neben der Beurteilung der regionalen und globalen Linksventrikelfunktion erlaubt diese Ebene auch eine Beurteilung der rechtsventrikulären Funktion, der Mitralklappen- und Trikuspidalklappe und kann Septumdefekte darstellen.

Die *kurze Achse* (Abb. 13a–15a) wird unter Zuhilfenahme des Vierkammer- oder linksventrikulären Zweikammerblicks senkrecht auf das Ventrikel- oder Vorhofseptum geplant (Abb. 13b–15b) und stellt somit eine mehrfach gewinkelte Ebene dar. Die Schnitte werden in mehreren Ebenen durch Ventrikel und Vorhöfe gelegt. Dadurch wird eine Quantifizierung der rechts- und linksventrikulären Funktion sowie der Muskelmasse ermöglicht.

Die Ebene des *linksventrikulären Ausflußtrakts* (Abb. 16a) wird auf ein koronales Bild aus den Suchschnitten geplant (Abb. 16b) und entspricht der parasternalen bzw. apikalen Längsachse der Echokardiographie. Zur Darstellung kommen der linke Ventrikel mit seinem Ein- und Ausflußtrakt, die Mitralklappe, der linke Vorhof sowie Aortenklappe, Aortenwurzel und proximale Aorta ascendens. Diese Ebene eignet sich besonders zur Beurteilung von Aortenklappenfehlern und Ausflußtraktobstruktionen.

Der *Zweikammerblick des rechten Ventrikels* wird analog dem linksventrikulären Zweikammerblick einfach gewinkelt auf ein transversales Bild aus den Suchschnitten geplant. Die Ebene verläuft parallel zum Ventrikelseptum und bringt rechten Ventrikel, Trikuspidalklappe und rechten Vorhof zur Darstellung.

Die Ebene des *rechtsventrikulären Ausflußtrakts* wird auf ein koronales Bild aus den Suchschnitten geplant und ist somit einfach gewinkelt. Sie dient z. B. zur Beurteilung von Pulmonalklappenfehlern oder einer Infundibulum-Stenose.

Die Ebene der *aszendierenden Aorta* (Abb. 17a) wird anhand transversaler Suchschnitte von der Aortenklappe bis zum Beginn des Aortenbogens geplant (Abb. 17b). Diese einfach gewinkelte Ebene findet Verwendung bei der Beurteilung von Aortenklappenfehlern, einer Aortendilatation bzw. eines Aneurysmas usw.

Die *LAO-Aortenebene* (Abb. 18a) wird auf transversale Suchschnitte vom Aortenbogen nach kaudal bis in Höhe des Hiatus aorticus geplant (Abb. 18b). Damit wird versucht, in

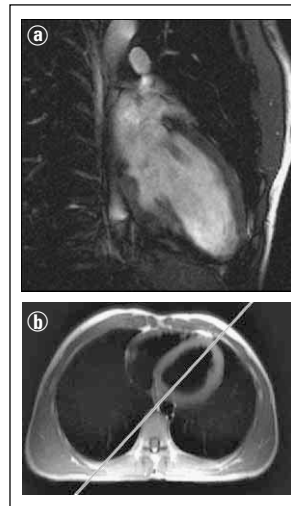


Abbildung 11a–b: Zweikammerblick des linken Ventrikels (a) mit Planung (b)



Abbildung 13a–b: Kurze Achse (a) mit Planung (b), apikales Drittel der Ventrikel

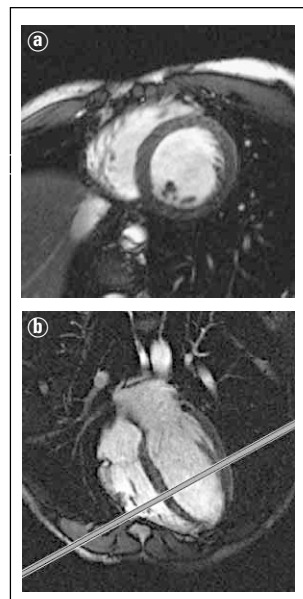
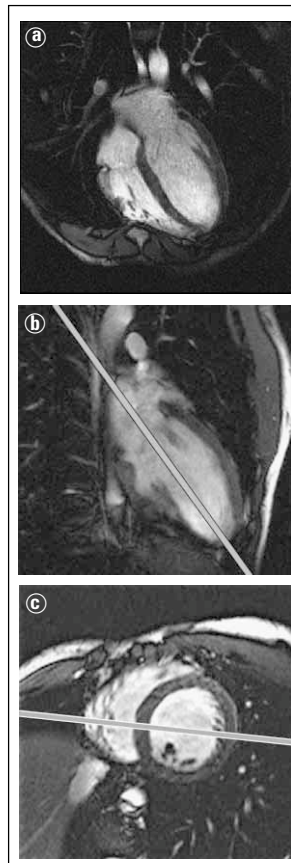


Abbildung 14a–b: Kurze Achse (a) mit Planung (b), mittleres Drittel der Ventrikel

Abbildung 12a–c: Vierkammerblick (a) mit Planung auf den Zweikammerblick (b) und die kurze Achse (c)

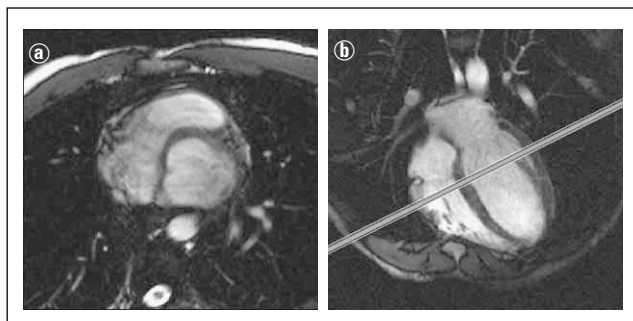


Abbildung 15a–b: Kurze Achse (a) mit Planung (b), basales Drittel der Ventrikel

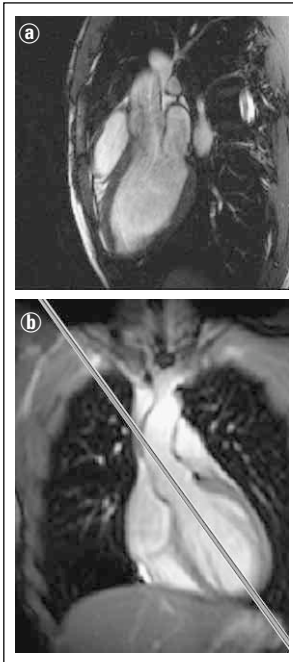


Abbildung 16a–b: Ebene des linksventrikulären Ausflusstrakts (a) mit Planung (b)

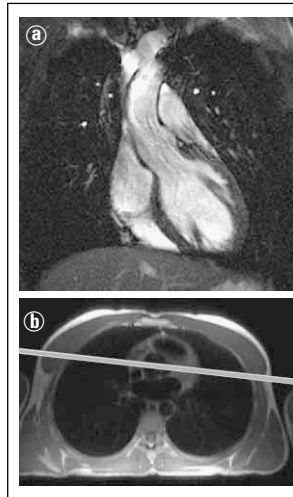


Abbildung 17a–b: Ebene der aufsteigenden Aorta (a) mit Planung (b)

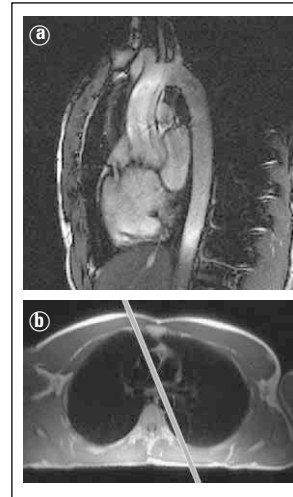


Abbildung 18a–b: LAO-Aortenebene (a) mit Planung (b)

einer einfach gewinkelten Ebene die gesamte Aorta thoracalis darzustellen, vergleichbar mit der Darstellung in der Angiographie. Fragestellungen wie Aortenaneurysma oder Aortenisthmusstenose können damit abgeklärt werden.

Zur Untersuchung kongenitaler Herzfehler sind – abhängig von der zugrundeliegenden Pathologie – spezielle Schnittführungen notwendig. Auch die Darstellung der Koronararterien verlangt abgesehen von einer speziellen Untersuchungstechnik besondere Schnittebenen.

Literatur

1. Rademakers FE, Bogaert J. Cardiac Anatomy. In: Bogaert J, Duerinckx AJ, Rademakers FE (eds). Magnetic resonance of the heart and great vessels. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2000; 29–38.
2. Blackwell GG, Cranney GB, Pohost GM. Normal cardiovascular anatomy. In: Blackwell GG, Cranney GB, Pohost GM (eds). MRI: Cardiovascular system. Gower Medical Publishing, New York, London, 1992; 3.1–3.17.
3. Cranney GB, Blackwell GG, Lotan CS. Angulated imaging planes for cardiovascular MRI exams. In: Blackwell GG, Cranney GB, Pohost GM (eds). MRI: Cardiovascular system. Gower Medical Publishing, New York, London, 1992; 4.1–4.13.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



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



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

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

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

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

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

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

Impressum

Disclaimers & Copyright

Datenschutzerklärung