

Vorwort

Die Bildgebung in der kardialen Diagnostik hat eine lange Tradition in Deutschland, die vor über 100 Jahren mit der bahnbrechenden Entdeckung von Wilhelm Conrad Röntgen begann, die die Grundlage für alle Röntgenverfahren darstellt, die sich mit der Herzdiagnostik befassen. Ein weiterer Meilenstein in der Diagnostik war die Entwicklung der Ultraschalldiagnostik des Herzens, die in Deutschland in den 40er-Jahren begonnen und von Edler und Hertz als Echokardiographie perfektioniert wurde. Professor Sven Effert führte die Methode in Deutschland ein und bemühte sich um nationale und internationale Anerkennung. Weitere Meilensteine waren dann die Entwicklung der Computer- und Magnetresonanztomographie.

Die Motivation zu dem vorliegenden Buch entstand aus dem Wunsch heraus, das Expertenwissen der zwei medizinischen Fachrichtungen Kardiologie und Radiologie zusammenzuführen, die für die rasante Weiterentwicklung der Diagnostik in der Kardiologie verantwortlich zeichnen.

Dritter im Bunde ist zweifelsfrei die Medizinische Physik, die durch die mehrfache Nobelpreisvergabe an ihre Repräsentanten gewissermaßen die Ziehmutter dieser faszinierenden Entwicklungen ist. Dies gilt aber auch gleichermaßen für alle drei Schnittbildverfahren, Echokardiographie, Computer- und Magnetresonanztomographie, deren physikalische Grundlagen durch die konsequente Weiterentwicklung in der Medizintechnik zum jetzigen hohen Stand der Entwicklung beigetragen haben.

So war es vor dem Hintergrund der Innovationen und Entwicklungen geradezu ein Genuss für Herausgeber und Autoren, den aktuellen Stand des Wissens zu einer Synopse zusammenzuführen und die Fortschritte auf dem Gebiet der Herzdiagnostik

zusammenfassend vorzustellen, die sich vor allem auf dem Sektor der Schnittbildverfahren abspielen. Auch die neue Rolle der Nuklearmedizin (PET-CT) findet in diesem Kontext Berücksichtigung. Trotz des tiefen Einblicks in die pathologische Anatomie und vor allem die Funktion des Herzens durch die modernen Verfahren ist die konservative radiologische Untersuchung nicht obsolet geworden und bei fast jedem Patienten präsent. Sie sollte aber nicht nur aus einem Reflex heraus angeordnet werden, sondern die Indikation zu dieser mit vergleichsweise wenig Aufwand belasteten Untersuchung sollte kritisch gestellt werden. Das bedeutet aber auch, dass der Erfahrungsschatz in der Analyse des konventionellen Röntgenbildes, der über Jahrzehnte zusammengetragen wurde, nicht verloren gehen darf. Aus diesem Grunde wird er gleichsam in einem Vorspann zum eigentlichen Inhalt dieses Buches nochmals in prägnanten Details niedergelegt.

Letztendlich ist ja auch nicht nur das Expertenwissen allein auf dem Sektor der Schnittbildverfahren für einen hohen medizinischen Standard bzw. für das Erringen eines Zertifikates von Bedeutung.

Zertifizierungen setzen neben durchdachten Organisations- und Kommunikationsstrukturen innerhalb der einzelnen und zwischen den einzelnen Fachrichtungen auch eine Beherrschung des aktuellen und tradierten Wissens im Sinn eines „State-of-the-Art-Status“ voraus.

Mainz und Essen, im Frühjahr 2007

*Manfred Thelen
Raimund Erbel
Karl-Friedrich Kreitner
Jörg Barkhausen*

Seitliche Aufnahme. Im linken Seitbild findet sich kein auffälliger Befund. Auch der Ösophagus wird in keiner Richtung verlagert.

Linker Vorhof (1, 5, 48, 58, 85, 126)

Der linke Vorhof dehnt sich bei einer Vergrößerung entsprechend seiner Lage an der Herzhinterwand nach hinten aus. Es kommt auch zu einer Rechtsausladung, seltener zu einer Linksverbreiterung. Die enge räumliche Beziehung zwischen Ösophagus und linkem Vorhof führt bei dessen Dilatation immer zu einer umschriebenen Lageveränderung des kontrastierten Ösophagus. Daher ist zur Größenbeurteilung des linken Vorhofes eine Kontrastmittelaufnahme des Ösophagus im Stehen in tiefer Inspiration in linker Seitenprojektion durchzuführen.

Im Übersichtsbild ist besonders bei härteren oder digital nachverarbeiteten Aufnahmen oft im rechten oberen Herzab-

schnitt durch die Überlagerung des vergrößerten linken Vorhofes mit dem rechten Vorhof eine bogige Doppelkontur erkennbar, die den dilatierten linken Vorhof markiert. Bei hochgradiger Erweiterung kann der linke Vorhof den rechten Herzrand sogar überragen. Links kann die Herzspitze im Übersichtsbild vom erweiterten linken Vorhof (Herzohr) ausgefüllt oder vorgewölbt werden. Der Ösophagus wird durch den stark dilatierten linken Vorhof unterhalb der Trachealbifurkation umschrieben nach rechts und nur ausnahmsweise nach links verlagert. Ein extrem dilatierter linker Vorhof kann den linken Hauptbronchus nach oben anheben und sogar einengen, was zu einer Vergrößerung des Bifurkationswinkels der Trachea führt (normal ca. 70°). Die Vergrößerung des linken Vorhofes ist bei routinemäßiger Kontrastierung des Ösophagus im Vergleich aller Herzhöhlen röntgenologisch am leichtesten nachweisbar (Abb. 1.9 u. 1.10).

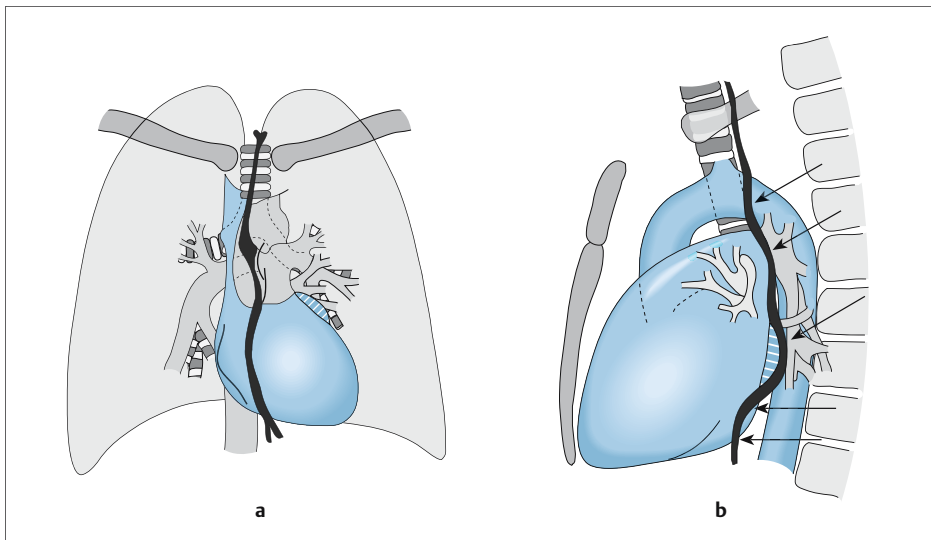


Abb. 1.9 **a, b** Formänderung des Herzens durch Vergrößerung des linken Vorhofes der die kontrastierte Speiseröhre nach dorsal und rechts seitlich verlagert
a Übersichtsbild.
b Seitbild.



Abb. 1.10 **a, b** Kombiniertes Mitralfehler mit überwiegender Stenose. Thorax d.-v. (**a**) sowie linke Seitenaufnahme mit Ösophagogramm (**b**). Zeichen des vergrößerten linken Vorhofes: Doppelkontur am rechten Herzrand; prominentes Herzohr; starke Impression und Dorsalverlagerung des kontrastierten Ösophagus.

Das Bariumkontrastmittel zur Kontrastierung des Ösophagus kann im weiteren diagnostischen Procedere (z.B. Angiokardiographie) aber störend sein (Überlagerung des Herzens vor allem durch kontrastiertes Quercolon), sodass auf den Breischluck häufig verzichtet wird.

Kombinierte Veränderung

(13, 14, 16, 65, 67, 76, 87, 92, 100, 101)

Erweiterte Herzhöhlen können andere normal große Abschnitte unkontrollierbar verlagern. So kann ein hochgradig dilatierter rechter Ventrikel die linke Kammer nach hinten verdrängen, was die Größenbeurteilung des linken Ventrikels bei gleichzeitiger Erweiterung des rechten erschwert (z.B. kombinierter Mitralfehler). Ebenfalls kann ein stark dilatierter linker Vorhof den rechten Ventrikel nach vorn verlagern. Auch die eindeutige Vergrößerung des linken Vorhofes erlaubt nicht den zwingenden Rückschluss auf einen Mitralfehler. Die Flussbehinderung des Blutstromes durch die Mitralis kann auch andere Ursachen haben, wie z.B. einen fixierten oder flottierenden Vorhoftumor bzw. einen großen Thrombus im linken Vorhof, der die Mitralklappe ventilartig verlegen kann. Dies führt unter Umständen zur ausgeprägten Vergrößerung des linken Vorhofes (80, 88). Das Ausmaß der Dilatation ist abhängig vom Ausmaß der hämodynamischen Beeinflussung und von einem Zeitfaktor. Deshalb ist in der klinischen Routine die Größenbeurteilung der Herzkammern anhand von Röntgenaufnahmen zugunsten der Echokardiographie verlassen worden. Dennoch gibt das Röntgenbild als Erstuntersuchung Aufschluss über die Art der zugrunde liegenden Herzerkrankungen (Abb. 1.11 u. 1.12).

1.2.3 Röntgenologische Bestimmung der Herzgröße

(2, 22, 23, 63, 72, 74, 75, 95, 103, 122)

Die im Röntgenbild erkennbare Vergrößerung des Herzens ist ein wichtiger Indikator für eine Herzerkrankung. Auch wenn keine feste Korrelation zwischen Herzgröße und Grad der Herzerkrankung besteht, so ergibt doch die Angabe eines über die Norm vergrößerten Herzens und besonders die Verlaufsbeobachtung wichtige Informationen. Die Größenbewertung des Herzens erfolgt auf der Standardthoraxaufnahme mit einem 2-m-Fokus-Film-Abstand, wobei das Herz auf dem Röntgenbild in annähernd normaler Größe abgebildet ist.

Zur Größenbewertung des Herzens wird in der p.-a. Thoraxaufnahme der Transversaldurchmesser des Herzens bestimmt. Es handelt sich dabei um die Summe der größten Entfernung des äußersten rechten und linken Herzrandes von der Mittellinie. Setzt man den Transversaldurchmesser des Herzens in Relation zum Thoraxquerdurchmesser (Abstand der inneren Rippen in Höhe der rechten Zwerchfellkuppe bei normaler Inspiration), so erhält man den CT-Quotienten („cardiothoracic ratio“). Er soll am normal großen Herzen ein Verhältnis von 1:2 nicht überschreiten.

Bei Aufnahmen im Liegen (z.B. unter Intensivbehandlungsbedingungen) bildet sich das Herz durch den verkleinerten Film-Fokus-Abstand (1 m) und größeren Objekt-Film-Abstand (Kassette dorsal) vergrößert ab. Der Zwerchfellhochstand im Liegen bedingt zudem eine Querlagerung des Herzens. Für die Größenbeurteilung des Herzens, z.B. nach Herzoperationen, ist daher eine in der Regel vergleichbare präoperative Betaufnahme wünschenswert, aber nicht zwingend notwendig, wenn der Vergleich von prä- und postoperativen Thoraxaufnahmen mit der gebotenen Sorgfalt erfolgt (82).

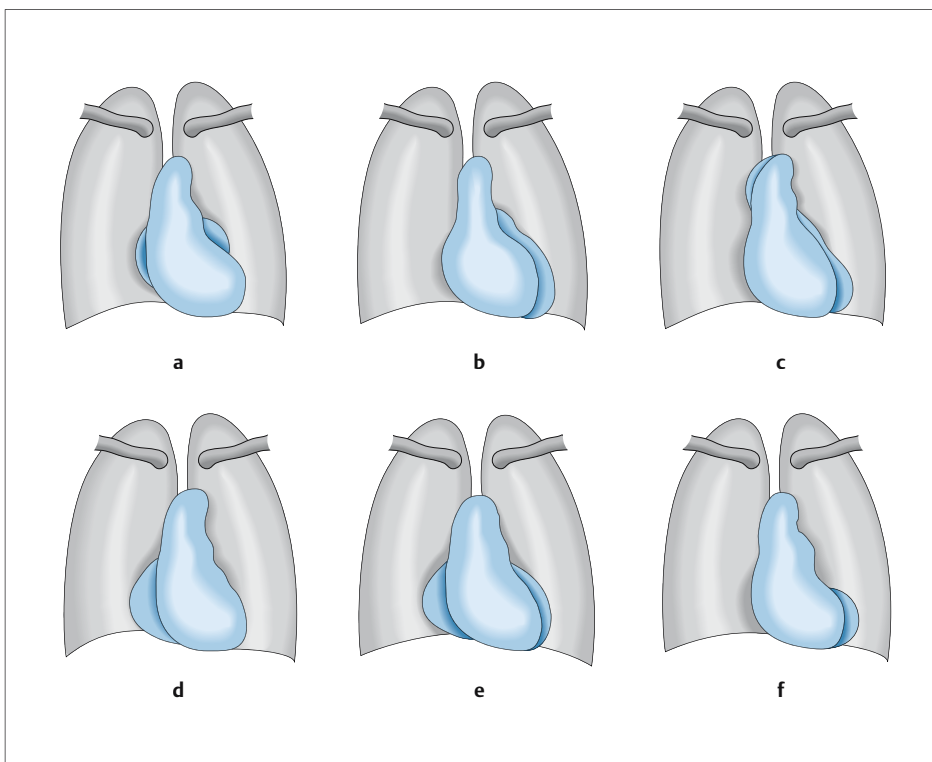


Abb. 1.11 a–f Schematische Übersicht über die Änderung der Herzkonfiguration bei verschiedenen erworbenen Klappenfehlern (aus Bücheler, E., K.-J. Lackner, M. Thelen: Einführung in die Radiologie. Thieme, Stuttgart 2006. Abb. 6.23, S. 350):

- a Mitralklappenstenose.
- b Mitralklappeninsuffizienz.
- c Aortenklappenfehler.
- d Trikuspidalklappenstenose.
- e Trikuspidalklappeninsuffizienz.
- f Pulmonalklappenfehler.

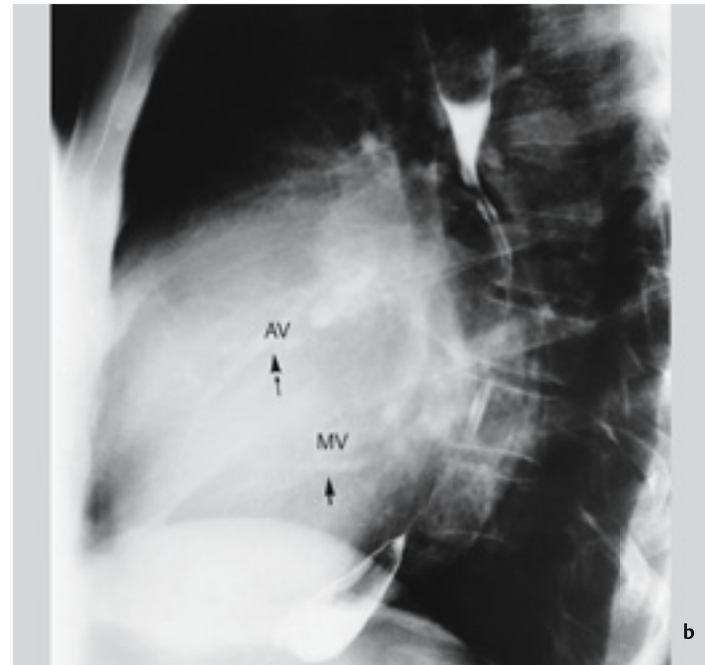


Abb. 1.12 a, b Multivalvuläres Vitium (kombinierter Aorten-Mitral-Trikuspidalfehler).

a Übersichtsbild. b Seitenaufnahme mit Ösophagogramm.

- Rechtsausladung des Herzens durch den vergrößerten rechten Vorhof (RA).
- Stark vergrößerter linker Vorhof (LA), der angedeutet als Doppelkontur im rechten Herzschatten erkennbar ist und die Herzspitze konvex vorwölbt.

- Massive Herzdilatation auch auf Ventrikelenebene.
- Im Seitenbild ist die Ausstrombahn des rechten Ventrikels dilatiert und in Richtung des retrokardialen Raumes angehoben.
- Der linke Ventrikel füllt den Retrokardialraum komplett aus.
- Großbogige Ösophagusimpersion durch den erweiterten linken Vorhof.
- Verkalkte Aorten- und Mitralklappe.



Das Wichtigste in Kürze

Bei Aufnahmen im Liegen ist der CT-Quotient zur Bewertung der Herzgröße nur sehr eingeschränkt und allenfalls bei Verlaufskontrollen verwertbar.

Seit Einführung der sonographischen, angiographischen, computertomographischen und magnetresonanztomographischen Methoden zur Bestimmung des Herzvolumens und zur Größenbestimmung der einzelnen Herzhöhlen kommt dem Röntgenbild in der Herzvolumetrie keine Bedeutung mehr zu.

1.2.4 Hypertrophie und Dilatation des Herzens

Mit der Entwicklung einer ventrikulären Hypertrophie kompensiert das Herz prinzipiell eine erhöhte Belastung (94, 96, 132).

Drucküberlastung

Bei Drucküberlastung, also systolischer Erhöhung der Wandspannung, kommt es zunächst zu einer Wandverdickung und später zu einer konzentrischen Hypertrophie des Myokards, die eine Verkleinerung des Innenvolumens bedingt. Als adaptativer Vorgang auf die chronische Drucküberlastung kann zusätzlich eine gewisse Dilatation vorliegen, ohne dass dabei schon von einer myogenen Dilatation gesprochen werden könnte. Die Hypertrophie steht bei der isolierten Drucküberlastung anfänglich stets im Vordergrund.

Volumenüberlastung

Eine Volumenüberlastung mit Erhöhung der diastolischen Wandspannung bei dilatierte Kammer führt zu einer Myokardfaserverlängerung und später zu einer exzentrischen Hypertrophie mit erweitertem Innenvolumen. Die Wandverdickung ist bei der Volumenüberlastung geringer als bei der Drucküberlastung. Bei der Volumenüberlastung steht die Dilatation somit im Vordergrund, die Hypertrophie ist sekundär (34).

Krankheitsbilder

Die Tab. 1.1 u. 1.2 zeigen die häufigsten Krankheitsbilder, die zu einer Vergrößerung des linken und rechten Herzens führen, am Beispiel von Druck- und Volumenüberlastungen.

Tab. 1.1 Beispiele für eine Druck- und Volumenüberlastung des linken Herzens

Drucküberlastung

- Aortenklappenstenose
- Aortenisthmusstenose
- Systemisch-arterielle Hypertonie

Volumenüberlastung

- Aorteninsuffizienz
- Mitralsuffizienz
- Ventrikelseptumdefekt
- Offener Ductus arteriosus Botalli
- Aortopulmonales Fenster
- AV-Fistel

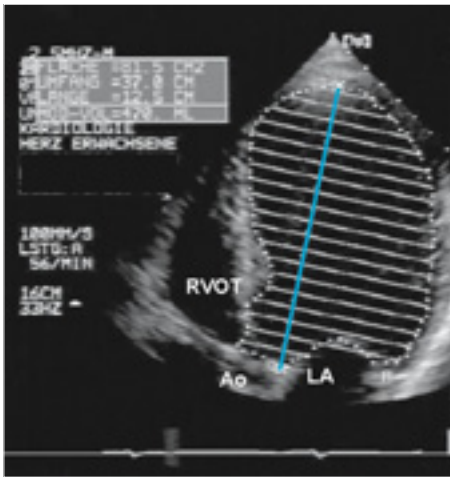


Abb. 2.14 Darstellung der Bestimmungsmethode des Volumens des linken Ventrikels mittels Scheichensummationsmethode.

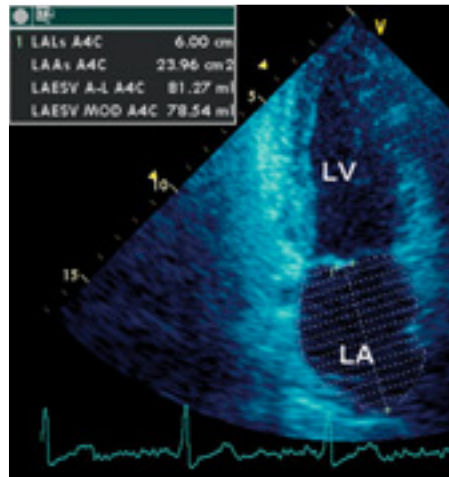


Abb. 2.15 Darstellung der Volumenbestimmung des linken Vorhofs.



2.6 Prinzipien der Doppler-Echokardiographie

Die Doppler-Echokardiographie basiert auf dem Prinzip der Phasenverschiebung, die durch Ultraschallwellen hervorgerufen wird, die auf sich bewegende Strukturen treffen. Die Phasenverschiebung ist in ihrem Ausmaß abhängig von der Geschwindigkeit der sich bewegenden Strukturen und damit direkt proportional. Bewegt sich die Struktur auf den Schallkopf zu, kommt es zu einer Verdichtung der Ultraschallsignale und bei Bewegung weg vom Schallkopf zur Verdünnung.

$$\Delta f = \frac{2f_t \times v \times \cos\theta}{c} \quad v = \frac{c \Delta f}{2f_t \times \cos\theta}$$

Δf = Grenzverschiebung, f_t = Frequenz des Schallkopfes, v = Geschwindigkeit der Bewegung des Objekts, $\cos\theta$ = Winkel zwischen Schallstrahl und Richtung der Objektbewegung, c = Geschwindigkeit des Schalls im Gewebe.

Überschreitet die gemessene Doppler-Geschwindigkeit einen Grenzwert (Nyquist-Geschwindigkeit), dann wird ein Umschlag der Geschwindigkeit beobachtet, der im Frequenzspektrum sichtbar wird. Dies bedeutet auch, dass versucht werden muss, eine möglichst optimale Position für den Schallkopf zu finden, der eine möglichst niedrige Schallfrequenz haben und möglichst nah am Objekt positioniert werden sollte.

Das Nyquist-Phänomen ist am besten zu verstehen, wenn man sich einen Westernfilm vorstellt. Die Räder der Kutschen zeigen eine Rückwärtsbewegung, während sich die Kutsche vorwärts bewegt, was sich durch die höhere Geschwindigkeit der Räder im Vergleich zur Bildfrequenz erklärt.

2.6.1 Gepulster Doppler

Der gepulste Doppler erlaubt die Messung der Geschwindigkeit an einer bestimmten Stelle im Schallsektor. Dies wird dadurch erreicht, dass intermittierend Ultraschallimpulse ausgesendet und nur aus einer bestimmten Tiefe aufgezeichnet werden. Nachteil ist aber, dass die Geschwindigkeit, die abgebildet werden kann, durch die Nyquist-Grenze stark limitiert ist. Dieses Problem wurde durch die Entwicklung einer hochfrequenten Puls-

abgabe zum Teil reduziert. Durch Einbau entsprechender Filter können hochamplitudige Signale mit geringer Geschwindigkeit im Gewebe von Doppler-Signalen des Blutflusses mit niedriger Amplitude und hoher Geschwindigkeit getrennt werden.

2.6.2 Kontinuierlicher Doppler

Für die Registrierung des kontinuierlichen Dopplers verwenden die Geräte Kristalle, die Schallwellen aussenden, und andere, die kontinuierlich die reflektierten Ultraschallsignale auffangen. Durch diese Technik wird die Nyquist-Grenze überwunden. Nachteil ist aber, dass die Geschwindigkeit entlang des gesamten Schallstrahls und nicht an einem bestimmten Punkt gemessen wird. Es ist deshalb notwendig und hilfreich, wenn die Ausrichtung des Schallstrahls im zweidimensionalen Echokardiogramm kontrolliert wird. Der kontinuierliche Doppler ist notwendig, um erworbene und angeborene Herzklappenfehler zu quantifizieren, aber auch um Druckgradienten und Kontraktilitätsparameter zu bestimmen (Abb. 2.16).

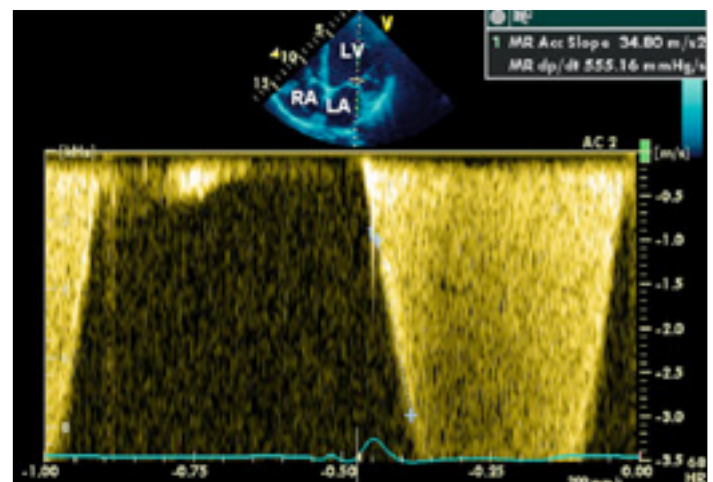


Abb. 2.16 Kontinuierlicher Doppler im Vierkammerblick entlang des Schallstrahls der vom LV-Apex bis zum LA-Dach reicht. Eingezeichnet die Berechnung des Kontraktilitätsparameters (dp/dt) aus der Zeit zwischen den Zeitpunkten der Geschwindigkeiten 1 und 3 m/s.

Wird die Flussgeschwindigkeit im Spektrum über die Zeit (T) aufgezeichnet und durch die Flussdauer geteilt, kann das resultierende Geschwindigkeitszeitintegral (TVI) berechnet werden.

$$TVI = V(\text{cm/s}) : T (\text{s})$$

Modifizierte und vereinfachte Bernoulli-Gleichung:

$$\Delta P = 4 \times V^2$$

ΔP = Druckgradient, V = maximale Flussgeschwindigkeit.

2.6.3 Farb-Doppler

Werden die Flussinformationen im gesamten Schallsektor genutzt, kann durch farbige Markierung die Flussrichtung und -geschwindigkeit kodiert werden (Abb. 2.17). Mittels Superpositionierung der Farb-Doppler-Information zum 2D-echokardiographischen Bild ergibt sich die Möglichkeit der Flussanalyse. Die Abgrenzung wird durch besondere Autokorrelationen erreicht. Eine Mosaikstruktur von Farbpixeln wird gewählt, um Strömungen von erhöhter Varianz (Turbulenz) darzustellen. Strömung auf den Schallkopf zu wird in Rot, vom Schallkopf weg in Blau dargestellt.

Allerdings hatte Christian Doppler ursprünglich die Farbverschiebung bei den Sternen beobachtet: Rot bei Bewegungen weg von der Erde und Blau bei Bewegungen auf die Erde zu. Aufgrund der hohen Computerleistung, die notwendig ist, um die dreidimensionalen Farb-Doppler-Analysen durchzuführen, erreicht die Bildrate 25 Bilder/s.

2.6.4 Farb-Doppler-M-Mode und Echokardiographie

Wie die M-Mode-Echokardiographie aus dem zweidimensionalen Ultraschallbild entnommen wird, gelingt auch die Registrierung über die Zeit der Doppler-Information an einer Schalllinie. Mit diesen Informationen (Abb. 2.18) können Zeitbezüge hergestellt und z. B. die Dauer der Regurgitation an einer Klappe und die Zeitverhältnisse erfasst werden.

2.6.5 Gewebe-Farb-Doppler-Echokardiographie

Die Gewebe-Doppler-Echokardiographie ist eine weitere Form der Doppler-Echokardiographie. Bei der Gewebe-Doppler-Echokardiographie werden Filter genutzt, um Signale mit hohen Amplituden und niedrigen Geschwindigkeiten durch Einsatz eines Filters zu erfassen. So können auch die Zeitabläufe der Wandbewegung und der Kontraktion sichtbar werden.

Die Bewegungsgeschwindigkeit innerhalb des Herzmuskulgewebes wird dargestellt. Sichtbar werden aber auch andere Strukturen. Die Methode wird genutzt, um eine Information über die globale und regionale Myokardfunktion und die Synchronität des Herzens zu erhalten. Unter Verwendung von gepulsten- oder Farb-Doppler-Geschwindigkeiten innerhalb des Myokards können einzelne Regionen hervorgehoben werden. Die Methode ist limitiert durch die Winkelabhängigkeit.

Der Gewebe-Doppler kann Strukturen identifizieren und differenzieren:

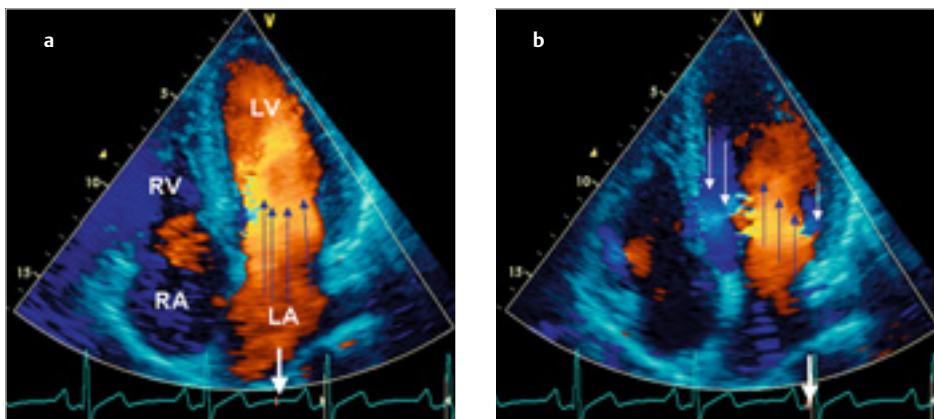


Abb. 2.17 a, b Aufzeichnung des Farb-Dopplers zum Zeitpunkt der schnellen Füllung (E-Welle, a) und atrialen Füllung (A-Welle, b). Durch ein Alias-Phänomen links Farbumschlag, der rechts bei geringerer Geschwindigkeit fehlt. Pfeil zeigt auf dem EKG Herzphase an.

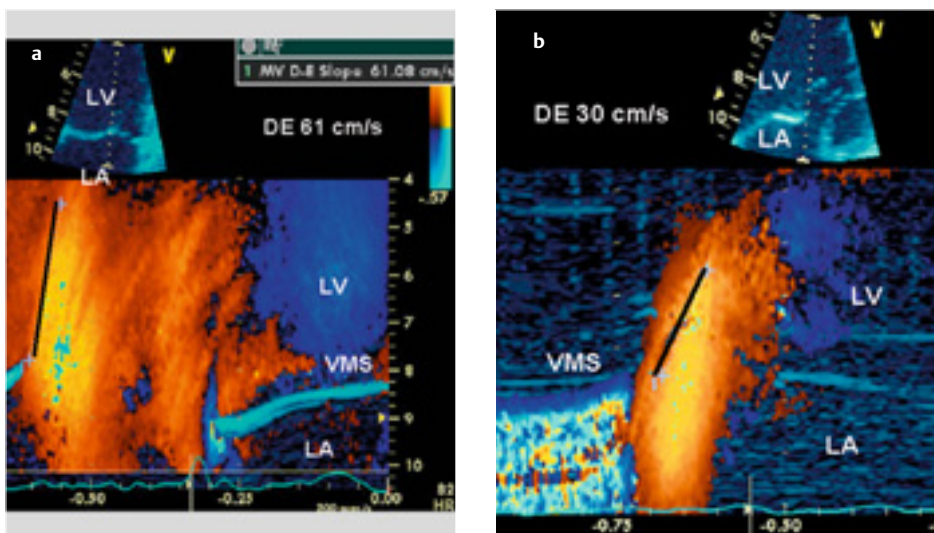


Abb. 2.18 a, b M-Mode-Farb-Doppler-Einstrom in den linken Ventrikel mit Erfassung der E und A bezogenen Füllung. Eingezeichnet die Steigung zur Berechnung der Füllungseigenschaften des LV. a Normalbefund. b Verzögerter LV-Einstrom. Balken zeigt Steigung der Einstromgeschwindigkeit an.

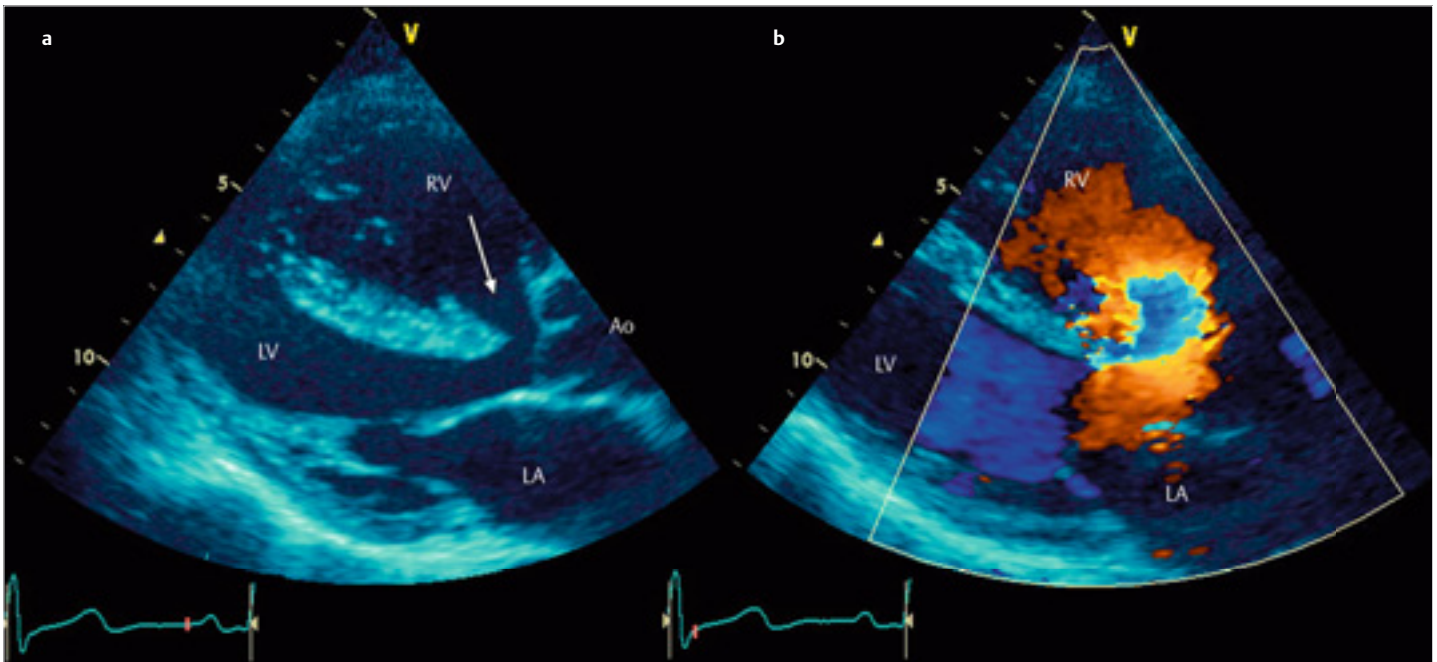


Abb. 7.7 a, b Membranöser Ventrikelseptumdefekt.

a Transthorakale Darstellung eines membranösen Ventrikelseptumdefekts (Pfeil) bei Patientin mit Fallot-Tetralogie (die überreitende Aorta ist zu erkennen).

b Farb-Doppler-Nachweis des Shuntflusses nach rechtsventrikulär.



Das Wichtigste in Kürze

Während sich basisnahe Ventrikelseptumdefekte echokardiographisch relativ leicht erfassen lassen, ist der Nachweis apikaler, muskulärer Defekte häufig schwierig.

Magnetresonananz und Computertomographie

Analog zur Diagnostik des ASD können mit beiden Verfahren größere perimembranöse wie auch muskuläre VSD sicher detektiert werden. Die Größe der Ventrikel und Vorhöfe sowie die Durchmesser der Pulmonalarterien geben morphologisch Hinweise auf eine Rechtsherzbelastung oder eine bereits vorliegende pulmonalarterielle Hypertonie. Mit der Cine-MRT ist es einfach möglich, Veränderungen der Größe eines VSD über den Herzzyklus zu dokumentieren (Abb. 7.8). Für das therapeutische Vorgehen spielt die Größe des daraus resultierenden Links-rechts-Shunts eine große Rolle, die mittels Flussmessungen in der Aorta ascendens und im Truncus pulmonalis zur Bestimmung des Q_p/Q_s -Quotienten in der MRT bestimmt werden kann (27). Ein nachgewiesener Rechts-links-Shunt dokumentiert dabei eine Shuntumkehr bei Eisenmenger-Reaktion (Abb. 7.8).

7.2 Erworbene Klappenfehler

Aufgrund der Komplexität der räumlichen Struktur der Herzklappen, des Klappenhalteapparats, der Klappenbewegung und der hämodynamischen Verhältnisse werden hohe technische und methodische Anforderungen an die bildgebenden Verfahren gestellt. Die Echokardiographie ist durch ihr breites Beurteilungsspektrum, die nichtinvasive und rasche Durchführbarkeit und die hohe Genauigkeit heute das Verfahren der Wahl

zur morphologischen und funktionellen Beurteilung von Herzklappenerkrankungen, ihrer Schweregradbestimmung und Verlaufsbeurteilung sowie zur Beurteilung von Begleitvitien und sekundären Schädigungszeichen des linken und rechten Herzens. Die invasive Herzkatheterdiagnostik zur primären Diagnostik bei Herzklappenerkrankungen ist heute obsolet.

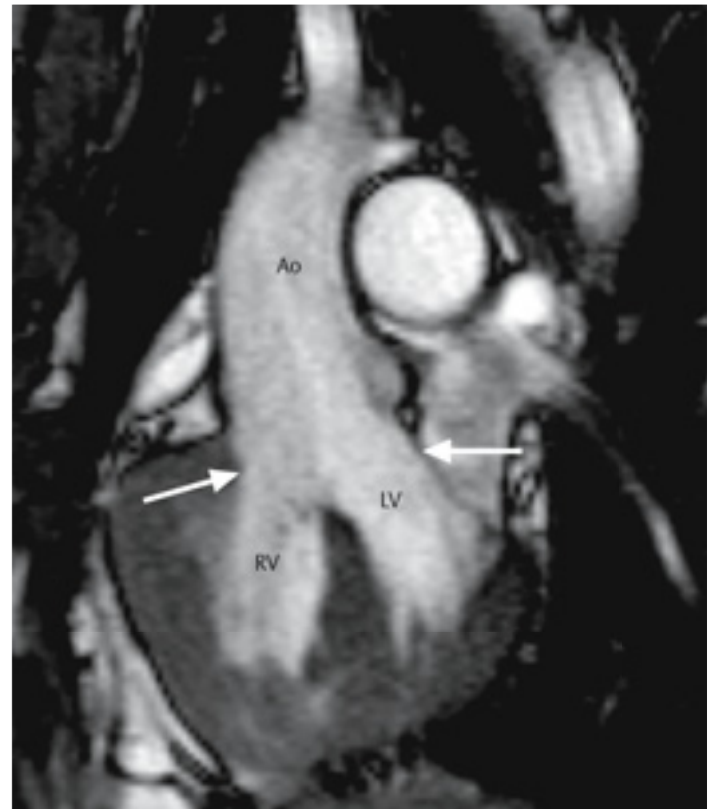


Abb. 7.8 Reitende Aorta bei einem Patienten mit Fallot-Tetralogie und großem VSD (Pfeil). Beachte die ausgeprägte rechtsventrikuläre Hypertrophie.

Bei Patienten mit eingeschränkten Untersuchungsbedingungen bietet zusätzlich die MRT die Möglichkeit, Klappenvitien weiter abzuklären.



Das Wichtigste in Kürze

Die nichtinvasiven bildgebenden Verfahren, besonders die Echokardiographie, haben die invasive Herzkatheterdiagnostik als Standardverfahren zur Beurteilung von Herzklappenerkrankungen abgelöst.

7.2.1 Mitralklappenstenose

Ätiologie

Bei der Mitralklappenstenose handelt es sich um eine Obstruktion des linksventrikulären Einstroms aufgrund einer pathologisch verminderten Öffnung der Mitralklappe. Häufigste Ursache ist das **rheumatische Fieber** mit degenerativer Schädigung des Mitralklappenapparates infolge einer gestörten immunologischen Reaktion auf einen A-Streptokokken-Infekt (Tab. 7.1). In etwa 60% der Fälle mit isolierter Mitralklappenstenose lässt sich anamnestisch ein rheumatisches Fieber eruieren (5). Aufgrund der Abnahme von Fällen mit rheumatischem Fieber in westlichen Industrieländern nimmt auch die Häufigkeit der Mitralklappenstenose ab. In einer europaweiten Erhebung an Patienten mit Herzklappenerkrankungen war die Mitralklappenstenose mit 12,1% das vierthäufigste singuläre, linksseitige Klappenvitium (16).

Der immunologische Prozess führt zu einer Verschmelzung der Kommissuren, Verdickung und Schrumpfung der Segel und Degeneration der Chordae tendineae (28). Die Klappendegeneration schränkt auch den Klappenschluss ein, sodass häufig eine begleitende Mitralklappeninsuffizienz resultiert. Der Verlauf der Mitralklappenstenose ist in der Regel progressiv, mit einem langsamen relativ kontinuierlichen Beginn jedoch starker Beschleunigung der Progression im späteren Verlauf.

Seltener Ursachen sind eine Mitralklappenbeteiligung bei Karzinoidsyndrom oder systemischem Lupus erythematodes, gestörter Kalziumhaushalt (z.B. Dialyse) oder Raumforderungen im Bereich des Vorhofs, z.B. Myxome oder Thromben (4).

Tab. 7.1 Ursachen der Mitralklappenstenose

- Rheumatisches Fieber (häufigste Ursache, alle anderen sind selten)
- Degenerative Sklerosierung bei gestörtem Kalziumhaushalt (chronische Hämodialyse)
- Angeborene Mitralklappenstenose
- Infektiöse Endokarditis
- Systemischer Lupus erythematodes
- Rheumatoide Arthritis
- Malignes Karzinoid
- Mukopolysaccharidose
- Morbus Fabry
- Morbus Whipple

Pathophysiologie

Die normale Mitralklappenöffnung beträgt 4–6 cm². Eine milde Mitralklappenstenose liegt vor bei einer Reduzierung der Klappenöffnungsfläche bis auf 1,5 cm², eine schwere Mitralklappenstenose bei einer Öffnungsfläche von unter 1 cm² (5) (Tab. 7.2). Durch die Verengung der Mitralklappe steigt je nach Ausmaß der Stenosierung der Druck im linken Vorhof bis auf 30 mmHg (normal 6 mmHg) und es kommt zu einer Vergrößerung des linken Vorhofes.

Bei schwerer Mitralklappenstenose (Öffnungsfläche < 1 cm²) dilatiert der linke Vorhof auf über 6 cm Durchmesser (normal < 4 cm), wohingegen der linke Ventrikel in Folge des mangelnden Zuflusses entlastet wird und eher klein wirkt. Die Erhöhung des linksatrialen Druckes führt retrograd zu einem Druckanstieg in den Lungenvenen und Kapillaren.

Übersteigt der linksatriale Mitteldruck 20–25 mmHg, kann es zu dem klinischen Bild der interstitiellen Lungenstauung kommen. Die akute Erhöhung des transvalvulären Druckgradienten bei Belastung kann bei der schweren Mitralklappenstenose zum Auftreten eines alveolären Lungenödems führen. Die chronische Einwirkung der Druckerhöhung im pulmonalen Gefäßbett führt neben der pulmonal-venösen Hypertension letztlich auch zur pulmonal-arteriellen Hypertonie und Rechtsherzbelastung.

Differenzialdiagnostisch sind bei Vorhofdilatation, einem Anstieg des Vorhofdruckes und einer Rechtsherzbelastung andere Erkrankungen, z.B. eine Pericarditis constrictiva, eine schwere Mitralklappeninsuffizienz oder angeborene Shuntvitien, in Betracht zu ziehen.

In der Mehrzahl der Fälle besteht bei Mitralklappenstenose aufgrund der Segeldegeneration mit Schlussunfähigkeit ein kombiniertes Mitralklappenvitium mit begleitender Mitralklappeninsuffizienz. Die pathophysiologischen Veränderungen werden dabei durch das führende Vitium bestimmt.

Klinik in Stichworten

Symptome (in Abhängigkeit vom Schweregrad)

- Die meisten Patienten mit einer Klappenöffnungsfläche > 1,5 cm² sind asymptomatisch,
- erste Symptome treten in der Regel bei physischer Belastung, Stress, Infekten mit Fieber oder Schwangerschaft auf:

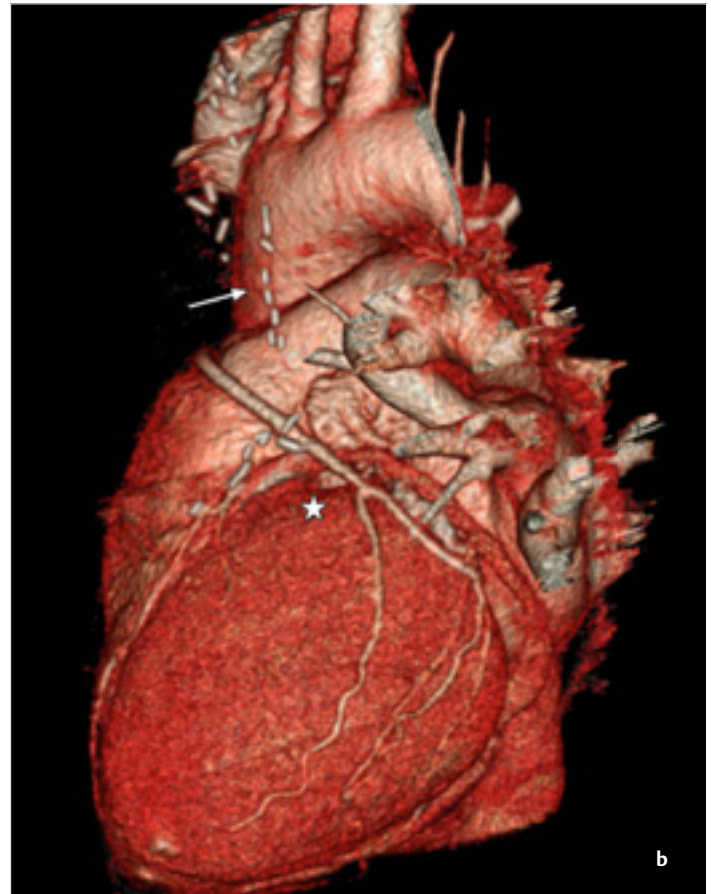
Tab. 7.2 Schweregradeinteilung der Mitralklappenstenose

	Grad I	Grad II	Grad III
MKÖF	> 1,5 cm ²	1,0–1,5 cm ²	< 1,0 cm ²
Mittlerer Druckgradient	< 5 mmHg	5–10 mmHg	> 10 mmHg
Maximaler Druckgradient	< 10 mmHg	10–20 mmHg	> 20 mmHg
sPAP	< 50 mmHg	≥ 50 mmHg	≥ 60–80 mmHg

Zusammenfassung verschiedener Schweregradkriterien nach aktuellen Leitlinien. MKÖF = Mitralklappenöffnungsfläche; sPAP = systolischer Pulmonalarteriendruck (5).



Abb. 8.37 a, b VR-Aufnahmen eines 62-jährigen Patienten mit offenen venösen Bypässen (Stern); zur RCA (singulär) und zur RCX (sequenziell zu den Ästen PLA1



und 2) sowie einem verschlossenen IMA-Graft zu D1 (Pfeil). Vom verschlossenen IMA-Bypass sind nur die Metallclipmarkierungen erkennbar.

Tab. 8.7 Untersuchungsprotokoll zur CTA von koronaren Bypassgefäßen (modifiziert nach den Leitlinien zur CT-Diagnostik des Herzens und der thorakalen Gefäße der AG Herzdiagnostik der Deutschen Röntgengesellschaft [19])

Untersuchungsvolumen	Oberrand Aortenbogen bis Herzspitze
Notwendige Ansichten/Ebenen	transversal und eine weitere Ebene
Messparameter:	
● Kollimation	● < 1 mm
● Schichtdicke	● < 1 mm für axiale Quellenbilder, Inkrement kleiner als Schichtdicke (i. d. R. 50% der Schichtdicke)
● FoV	● ≤ 3 mm für Rekonstruktionen Sternum bis Wirbelsäule,
● Matrix	● ≥ 512
● Bildaufnahme/-berechnung	● diastolisch (ggf. abhängig vom darzustellenden Bypassgefäß)
i. v. Kontrastmittel	obligat
Sonstiges	● EKG-Triggerung/Gating ● Bolusoptimierung (Testbolus oder Bolustracking)
Auswertung:	Beurteilung der Offenheit, der kardialen Anastomosen, Vorhandensein höhergradiger Stenosen sowie Beurteilung der nativen Koronararterien anhand eines Segmentmodells (AHA)

Bypassgefäßen mit einer 2D T2-gewichteten HASTE- (Half-Fourier-Acquisition-Single-Shot-Turbo-Spin-Echo-) Sequenz. Sie erzielten im Nachweis offener Bypasses eine Sensitivität von 96% (Untersucher 1) bzw. 92% (Untersucher 2) sowie eine Spezifität von 91% (Untersucher 1) bzw. 82% (Untersucher 2). Von 97 distalen Anastomosen wurden 81% (U1) bzw. 61% (U2) korrekt als offen erkannt. Die Übereinstimmung der Untersucher untereinander war mit einem $\kappa = 0,68$ gut sowie mit dem Referenzstandard Koronarangiographie mit einem $\kappa = 0,89$ (U1) bzw. $\kappa = 0,68$ (U2) sehr gut bzw. gut (15, 21).

Die mit der kontrastverstärkten 3D-MRA (MRA) erzielbaren Ergebnisse sind in Tab. 8.8 zusammengefasst (15, 18, 40, 41). Danach kann mit dieser Technik die Offenheit von Bypassgefäßen ebenfalls mit einer sehr hohen Sicherheit bestimmt werden. Allerdings können ohne EKG-Triggerung die kardialen Anastomosen nicht beurteilt werden. Mit einer prospektiven EKG-Triggerung gelingt dies in bis zu 78% der Fälle (Abb. 8.38). Problematisch bleibt mit dieser Technik der Nachweis hämodynamisch relevanter Stenosen: Dies gelang in der gleichen Studie mit 2 Auswertern mit einer Sensitivität von 64 und 36% und einer Spezifität von jeweils 98%. Die Übereinstimmung zwischen beiden Auswertern war bei einem κ -Wert von 0,24 sehr gering. Somit können mit der Kontrastmittel-verstärkten 3D-MRA signifikante Bypassstenosen nicht mit ausreichender Treffsicherheit nachgewiesen werden. In Tab. 8.9 sind wichtige Punkte für die Durchführung einer kontrastverstärkten 3D-MRA koronarer Bypassgefäße zusammengefasst.

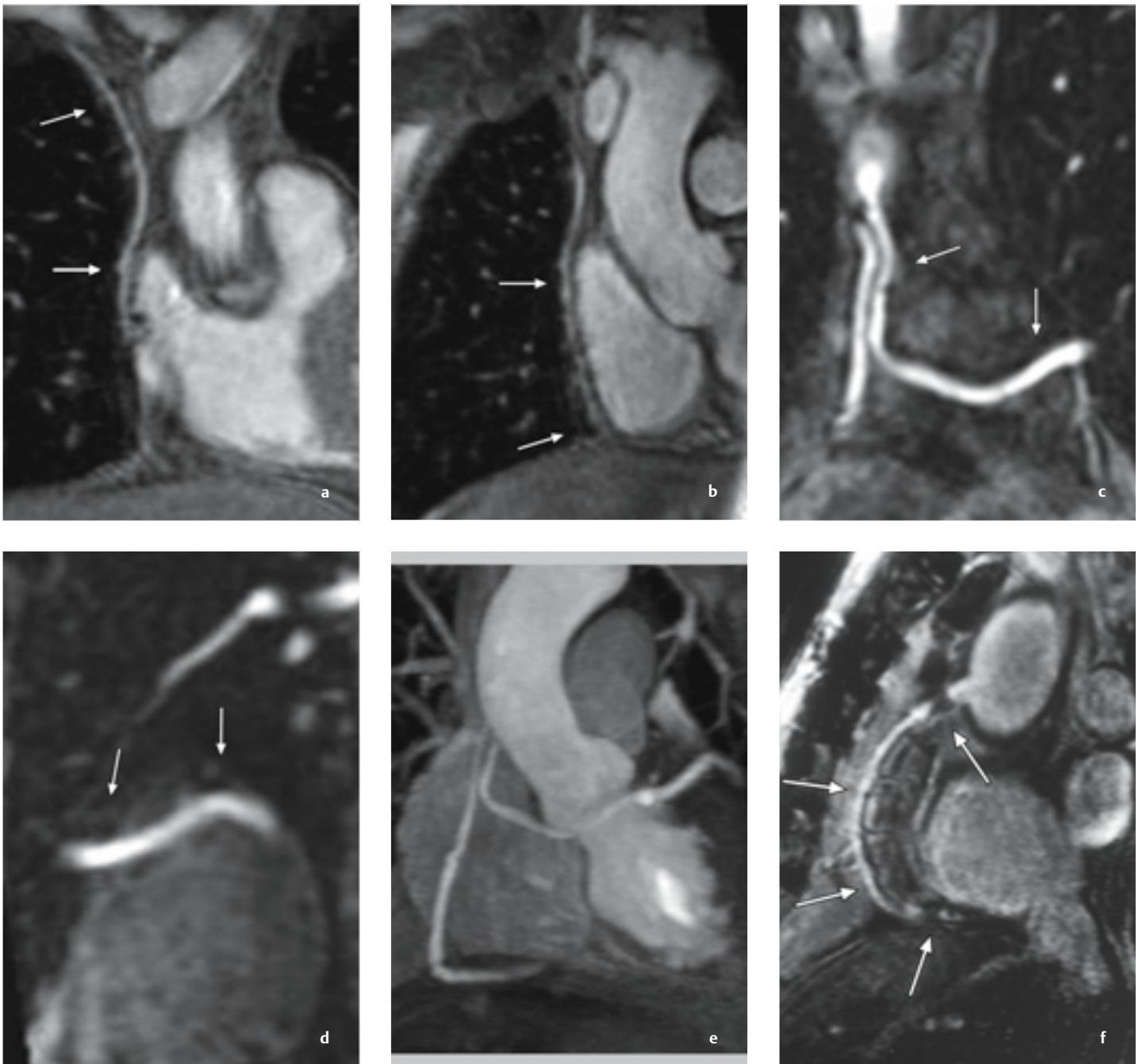


Abb. 8.38 a–f Kontrastverstärkte 3D-MRA koronarer Bypässe. a, b MPR eines RIMA-Bypasses (Pfeile) zur RCA. c–e MPRs eines sequenziellen Venenbypasses (Pfeile) zu den Ästen D1 und PLA (c und d) sowie MIP des gleichen Datensatzes mit venösen Grafts zur RCA und zum RCX (e). f Multiplanare Reformatierung einer angiographisch gesicherten proximalen Bypassstenose zur RCA (Pfeile).

Tab. 8.8 Ergebnisse der Kontrastmittel-verstärkten 3D-MRA hinsichtlich der Durchgängigkeit aortokoronarer Bypässe

Autor (Jahr)	Patienten / Bypässe	Sensitivität [%] Untersucher 1/2	Spezifität [%] Untersucher 1/2	Übereinstimmung mit Koronarangiographie [Kappa]	Übereinstimmung der Untersucher untereinander [Kappa]
Vrachliotis (1997)	15/45	86/93	73/93	0,53/0,85	k.A.
Wintersperger (1998)	27/76	95	81	n.a.	n.a.
Kalden (1999)	22/59	93/91	93/93	0,83/0,79	0,87
Kreitner (2001)	31/88	98/95	100/98	0,97/0,89	0,92

k.A. = keine Angaben; n.a. = nicht anwendbar

Sachverzeichnis



- A**
 Accretio pericardii 252
 Acipimox 71f
 AcuNav-Ultraschallkatheter 64
 Adenosin-Stress-Perfusions-MRT 199
 Agatston-Score 75f
 Akinesie, myokardiale 52, 188, 195
 – apikale 194
 – Lävokardiographie 62
 Alias-Phänomen 45
 Ammoniak, ¹³N-markierter, Positronen-emissionstomographie 72
 A-Mode-Echokardiographie 35
 Amyloidose
 – Echokardiographie 227
 – Kardiomyopathie, restriktive 227f
 Aneurysma 249
 – dissecans 30, 280
 – linksventrikuläres 22
 – MR-Kriterien 240
 – mykotisches 290
 – myokardiales, verkalktes 6
 – pulmonalarteriell 270
 – – CT-Angiographie 90
 – verum 275
 Aneurysmektomie, Indikation 205f
 Angina
 – abdominalis 161
 – pectoris 206f
 – – Aortenklappenstenose 158
 – – atypische 194
 – – instabile 176
 – – Kardiomyopathie, hypertrophische 223
 – – Koronarangiographie 62f
 – – stabile 194
 – – Definition 194
 – – Tako-Tsubo-Kardiomyopathie 233
 – – vasospastische 208
 Angiographie 58ff
 Angiokardiographie 58ff
 – Komplikation 61
 – selektive 60ff
 Angiosarkom
 – Einblutung 245
 – MR-Kriterien 240, 245
 – Röntgenbefund 244
 – Vena-cava-ausfüllendes 245
 Angioskopie 179
 Antikörperfragmente, monoklonale, Indium-111-markierte 234
 Anti-Myosin-Antikörper, Indium-111-markierte 234
 Aorta 28ff
 – abdominalis 272
 – angusta 29
 – ascendens 272
 – – Dissektion 30
 – – Echokardiographie, transösophageale 276f
 – – erweiterte 8, 29
 – – Phasenkontrastflussmessung 112
 – – Röntgenaufnahme 5
 – – Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – blinder Fleck 276
 – descendens
 – – Röntgenaufnahme 5
 – – Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – – thorakale 272
 – – – Dissektion 30
 – Fehlbildung, kongenitale 28
 – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 – Hämatom, intramurales 277, 285f
 – – Aortensyndrom, akutes 278
 – – Differenzierung von einer Plaque 286
 – – Echokardiographie, transösophageale 285
 – Kalk, intimaler, Verlagerung Richtung Lumen 277
 – Magnetresonanztomographie 277
 – rechts descendierende 272f
 – – CT-Angiographie 90
 – rechts descendierende 28
 – reitende, Cine-MRT 148
 – Röntgenuntersuchung 28ff
 – schmale 29
 – Spontanechokontrast 277
 – thorakale 272ff
 – – CT-Angiographie, multiplanare Reformatierung 88
 – – Erweiterung 29
 – – Fehlbildung 272f
 – Thrombusbildung, murale 277
 – Ultraschall, intravaskulärer 64
 Aorta-abdominalis-Angiographie 63
 Aorta-ascendens-Aneurysma
 – Angiographie, digitale 62
 – Magnetresonanztomographie 138
 Aortenaneurysma 30, 275ff
 – Aortitis 288
 – CT-Angiographie 88f
 – 3D-MR-Angiographie 279
 – Echokardiographie
 – – transösophageale 276
 – – transthorakale 276
 – Kontrollintervalle 276
 – Operationsindikation 276
 – Risikofaktoren 275
 – Röntgenbild 276
 Aortenaneurysmaruptur 30
 Aortenomalie, CT-Angiographie 89f
 Aortenbogen 272
 – doppelter 272f
 – – Ösophagogramm 29
 – – Röntgenbefund 29
 – rechtsliegender 17
 – Röntgenaufnahme 4
 Aortenbogenangiographie 62
 Aortenbogenanomalie 272f
 Aortenbogensegment, hypoplastisches 273f
 Aortendilatation 29
 Aortendissektion 30 ff, 278ff
 – Aortenbogenangiographie 62
 – DeBakey-Klassifikation 279f
 – Ausdehnung 282
 – chronische
 – – Magnetresonanztomographie 138f
 – – Verlaufsuntersuchung 285
 – Computertomographie, kontrastverstärkte 281
 – CT-Angiographie 88f
 – CW-Doppler-Echokardiographie 283f
 – DeBakey-Klassifikation 279f
 – Echokardiographie, transösophageale 276f, 281
 – Entry 280, 282f
 – – Lokalisierung 283
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 283f
 – Klassifikation 30
 – Kollaps des wahren Lumens 281ff
 – Magnetresonanztomographie 281
 – Malperfusionssyndrom, dynamisches 282
 – MS-CT 278
 – Risikofaktoren 280
 – Rupturzeichen 285f
 – Stanford-Klassifikation 279f
 – Svensson-Klassifikation 278ff
 – traumatische/iatrogene 279, 287f
 – – MS-CT 289
 – Ultraschall, intravaskulärer 65
 – umschriebene 279, 287
 Aortendurchmesser
 – altersbedingte Vergrößerung 275
 – maximaler 277
 Aortenelongation 29
 Aortenfenster 5
 Aortenisthmusstenose 11, 29, 273f
 – Magnetresonanztomographie 137
 – Magnetresonanztomographie 273f
 – postduktale 273f
 – präduktale 273f
 – Röntgenbild 29
 Aortenklappe
 – Flussgeschwindigkeit, transvalvuläre, Referenzwerte 46
 – Magnetresonanztomographie 97
 Aortenklappendegeneration 157
 Aortenklappenendokarditis
 – Echokardiographie 163
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 163
 Aortenklappenfehler 12
 – Herzkonfiguration 10
 – kombinierter, Röntgenbild 8
 Aortenklappeninsuffizienz 11, 161ff
 – akute 161
 – bei Aortendissektion 281
 – – Pathomechanismus 285
 – bei Aortenklappenstenose 158
 – diastolischer linksventrikulärer Druck 50
 – Echokardiographie 162f
 – Farb-Doppler-Sonographie 162f
 – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 – funktionelle 161f
 – indirektes echokardiographisches Zeichen 47
 – Jetbreite, proximale 162
 – Magnetresonanztomographie 152, 162ff
 – mit Mitralklappeninsuffizienz 164
 – mit Mitralklappenstenose 164f
 – organische 161ff
 – Schweregradeinteilung 162
 Aortenklappenöffnungsfläche 157f
 Aortenklappenplanimetrie 159f
 Aortenklappenprolaps 161ff
 – Echokardiographie 163
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 163
 Aortenklappenprothese
 – Angiographie 62
 – biologische
 – – Endokarditis 172
 – – transösophageale Echokardiographie 171
 Aortenklappenstenose 11, 157ff
 – CW-Doppler-Echokardiographie 159f
 – 3D-Echokardiographie 159
 – Dekompensation 158
 – Druckgradientenbestimmung 159
 – Echokardiographie 158f
 – Magnetresonanztomographie 159ff
 – – Late-Enhancement-Aufnahme 160f
 – mit Mitralklappeninsuffizienz 153, 164f
 – mit Mitralklappenstenose 164
 – Schweregradeinteilung 157
 – Stressechokardiographie 159
 Aortenklappenvegetationen 163
 Aortenklappenverkalkung 6
 – Röntgenbild 11

- Aortenklappenventrium
 – kombiniertes 158
 – – Magnetresonanztomographie 159 ff
 – mit Mitralklappenventrium s. Mitralklappenfehler, kombinierte
 Aortenlumen, falsches 279 ff
 Aorten-Mitral-Trikuspidalfehler, Röntgenbild 11
 Aortenplaque
 – Differenzierung vom intramuralen Hämatom 286
 – kalzifizierte 275
 – komplizierte 275
 Aortenpseudoaneurysma 275
 Aortenruptur 278
 – CT-Angiographie 88
 – bei Dissektion 280 f, 285 f
 – traumatische 30
 Aortensklerose 29, 273, 275, 287
 – Schweregrad 275
 Aortenstentgraftimplantation, Ultraschall, intravaskulärer 64
 Aortenstentimplantation, endovaskuläre, bei Aneurysma 276
 Aortensyndrom, akutes 278 ff
 Aortenulkus, penetrierendes 279, 287
 – Computertomographie 288
 – Echokardiographie 288
 Aortenverletzung, CT-Angiographie 89
 Aortenwandspannung, erhöhte, Dissektionsrisiko 280
 Aortenwandverdickung 285
 Aortenwurzel dilatation 161
 Aortenwurzel durchmesser 41
 Aortenwurzelgeometrie, Zerstörung bei Aortendissektion 281
 Aortitis 288 ff
 – Magnetresonanztomographie 289 f
 – MR-Angiographie 289 f
 – syphilitische 288
 Aortographie 61
 Apical-Ballooning-Syndrom 233
 Arcus aortae duplex s. Aortenbogen, doppelter
 Arrhythmie
 – Lymphom, primär kardiales 245
 – supraventrikuläre 241
 Arteria
 – basilaris, Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – carotis communis, Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – cerebri media, Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – coronaria sinistra, Ramus interventricularis anterior, Verkalkung 6
 – femoralis, Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – lusoria 272 f
 – – CT-Angiographie 90
 – mesenterica superior, Abgang bei Aortendissektion 284
 – poplitea, Spitzenflussgeschwindigkeit 111
 – pulmonalis s. Pulmonalarterie
 – subclavia sinistra, erweiterte 29
 Arteria-gastroepiploica-Bypass 211
 Arterien, supraaortale, isolierter Abgang 273
 Arteriosklerose s. auch Koronarsklerose
 – Akzeleration, Hypertonie 24
 – Pathogenese 174 ff
 – Präventionsstrategie 184
 – Stary-Stadien 174 ff
 – subklinische
 – – Detektion 177 f
 – – Suche 183
 – ultraschallbasierte Klassifizierung 175
 ARVC s. Kardiomyopathie, rechtsventrikuläre, arrhythmogene
 Asynchronie
 – apikoseptale, Time-to-Peak-Velocity 197
 – interventrikuläre 222
 – intraventrikuläre 222
 Aszites
 – bei akuter Lungenembolie 261
 – Pleuraergussentstehung 17
 – Trikuspidalklappeninsuffizienz 166
 – Trikuspidalklappenstenose 165
 Atembewegungen, Kompensation bei MRCA 127 ff
 Atemstillstands-MRCA 126
 Atherom 175 f
 – aortales 275
 – fibrotische Kappe 176
 – Ultraschalluntersuchung, intravaskuläre 177 f
 Atherosklerose, Aortenwandveränderung 273, 275
 Ausflusstrakt
 – linksventrikulärer
 – – Cine-Darstellung 112
 – – Druckgradientenbestimmung 50
 – – dynamischer Gradient 224
 – – erweiterter 221
 – – Flussgeschwindigkeit, Referenzwerte 46
 – – Flussprofil 52
 – – Magnetresonanztomographie 96 f
 – – turbulente Flussbeschleunigung 224
 – rechtsventrikulärer 260
 – – dilatierter, Röntgenbild 11
 – – Magnetresonanztomographie 98
 AV-Block, Sarkoidose 228
 AV-Fistel (arteriovenöse Fistel) 11
 AV-Klappenverschluss
 – frühsystolischer 47
 – mittelsystolischer 47
- B**
- Ballon-Valvuloplastie, Mitralklappe 151
 Belastung
 – ergometrische, Myokardszintigraphie 67
 – pharmakologische 38
 – – Myokardszintigraphie 67
 – physikalische 38
 Belastungsdyspnoe
 – Aortenklappenstenose 158
 – Kardiomyopathie, hypertrophische 223
 – Mitralklappenstenose 150
 Belastungsechokardiographie 38
 Belastungs-EKG 183
 – Arteriosklerosedetektion 178
 Bernoulli-Gleichung 45, 112
 Bewegungsartefakt, Computertomogramm 82
 Bildgebung
 – postinterventionelle 216 ff
 – postoperative 209 ff
 Blut, fließendes, Magnetresonanztomographie 100
 Blutdruckamplitude, erhöhte 161
 Blutdrucksenkung bei Aortendissektion 280
 Blutfluss, myokardialer, regionaler 114
 Blutpool-Kontrastmittel 134 f
 Blutumverteilung, basoapikale, pulmonale 12
 Blutvolumen, myokardiales, regionales 114
 B-Mode-Echokardiographie 35
 Bocksbeutelform des Herzens 253
 Bolustriggerung, automatische, CT-Angiographie großer Gefäße 86
 Borderline-Myokarditis 234
 Bouncing, septales 256
 Bronchialarteriendilatation 264, 266
 Bronchialkarzinom, Pulmonalarterieninfiltration 270
 Bronchienposition, Magnetresonanztomographie 102 f
 Bronchuswandödem 20
 Bypass, koronarer 209 ff
 – atypische Beschwerden 215
 – Computertomographie 209 ff
 – 3D-MRA
 – – Kontrastmittel-verstärkte 212 ff
 – – – Untersuchungsprotokoll 214
 – – navigatorbasierte, hochauflösende 214
 – Flussmessung 214
 – Flussreserve, koronare 214 f
 – Magnetresonanztomographie 211 ff
 – Nachsorge 215 f
 – Offenheitsnachweis 209 ff
 – – Herzkatheteruntersuchung 216
 – – Mehrschicht-CT 216
 Bypassgefäß
 – arterielles, Langzeitprognose 209
 – venöses, Langzeitprognose 209
 Bypassoperation, koronare, Vitalitätsdiagnostik 204
 Bypassstenose
 – Detektion 214
 – multiplanare Reformatierung 218
 – Steal-Phänomen 214
 Bypassverschluss 209, 215 f
 – multiplanare Reformatierung 218
- C**
- Carney-Komplex 239
 Cavum pericardii 25
 Chiari-Netzwerk 249
 Chordae tendineae s. Sehnenfäden
 Colour kinesis 35, 196 f, 201 f
 Compliance, linksventrikuläre, Abnahme 158
 Computertomographie 75 ff
 – Arteriosklerosedetektion 177
 – Auswertung 82
 – Bewegungsartefakt 82
 – Datenakquisition 81
 – Durchführung 81
 – Herzfrequenz 80
 – Kollimation 81
 – Kontrastmittel 81
 – Koronarkalkbestimmung, Artefakt 78
 – multiplanare Reformation 82
 – Patientenaufklärung 80
 – Patientenvorbereitung 80
 – postoperative 209 ff
 – Prinzip 79 f
 – 4-Schicht-Gerät 210
 – 16-Schicht-Gerät 210
 – 40-Schicht-Gerät 211
 – 64-Schicht-Gerät 211
 – Untersuchungsplanung 80 f
 – Ventrikeltrombusnachweis 206
 – Volumen-Rendering-Technik 82
 Conus pulmonalis, erweiterter 25
 COPD s. Lungenerkrankung, chronisch obstruktive
 Cor pulmonale 15 f
 – Hämangiom, pulmonalkapilläres 268
 – parenchymale 13
 – Röntgenaufnahme 7
 – Sarkoidose 228
 Crista terminalis 249
 CTA s. CT-Angiographie
 CT-Angiographie 211 f
 – große Gefäße 85 ff
 – – Auswertung 87 f
 – – Bilddatenberechnung, EKG-korrelierte 86 f
 – – Bolustriggerung, automatische 86
 – – EKG-Gating 86 f
 – – multiplanare Reformatierung 87 f
 – – Untersuchungsparameter 86
 – – Volumen-Rendering-Technik 88
 – Kontrastmittel 85 f
 – pulmonale 261 f
 – – Befundinterpretation 262
 – – Kontraindikation 262
 – Untersuchungsprotokoll 85, 212

CTEPH (chronisch thromboembolische pulmonale Hypertonie) 263 f
 CT-Koronarangiographie 79 ff
 – Indikation 83
 – Rekonstruktionsintervall 82
 CT-Quotient (cardiothoracic Ratio) 10 f
 CW-Doppler-Echokardiographie, Entrydarstellung bei Aortendissektion 283 f



D
 DCM s. Kardiomyopathie, dilatative
 DeBakey-Klassifikation, Aortendissektion 279 f
 2D-Echokardiographie s. Echokardiographie, zweidimensionale
 3D-Echokardiographie s. Echokardiographie, dreidimensionale
 Dextrokardiographie 60
 Diabetes mellitus beim älteren Patienten, Myokardszintigraphie 70
 Durchmesserbestimmung 42
 Dichtewerte, computertomographische 76
 Dilatation
 – adaptive 21
 – atriale, beidseitige 227 f
 – linksatriale 153 f
 – linksventrikuläre 24, 153 f, 158
 – – Kardiomyopathie 221
 – rechtsatriale 166 f
 – rechtskardiale, akute 260
 – rechtsventrikuläre 165, 167 f, 232
 – ventrikuläre 11
 Dip-Plateau-Phänomen 226
 Dirty Lung 25 f
 Dissektionsmembran, intraluminäre, Darstellung 281 ff
 3D-MR-Angiographie
 – Aortenaneurysmadarstellung 279
 – Kontrastmittel-verstärkte, postoperative 212 ff
 – navigatorbasierte, hochauflösende 214
 Dobutamin, High-Dose-Stresstest 194 f
 – Abbruchkriterien 195
 – Kontraindikation 195
 Dobutamin-Belastung
 – Echokardiographie 38 f
 – Kontraindikation 108
 – Magnetresonanztomographie 108 ff, 197 ff, 200
 – Myokardszintigraphie 67
 – Nebenwirkungen 108
 – zeitliche Auflösung 197 f
 Dobutamin-Stress-MRT 108 ff, 197 ff, 200
 Doppelflügelprothese 168
 – Echokardiographie, transösophageale 171
 – Farb-Doppler-Sonographie 172
 – Mitralposition 171
 Doppler
 – gepulster 44
 – intrakoronarer 65
 – kontinuierlicher 44 f
 Doppler-Echokardiographie 44 ff
 – Referenzwerte 46 f
 Double-Outlet Right Ventricle 104
 Drainage, subkostale, Echokardiographie-Zugang 39
 Dreikammerblick, Magnetresonanztomographie 96 f, 103, 233
 Druck
 – linksatrialer
 – – Erhöhung 149
 – – akute 161
 – linksventrikulärer
 – – akute Erhöhung 161
 – – diastolischer, Bestimmung 50
 – rechtsatrialer, erhöhter 166

– rechtsventrikulärer
 – – Ableitung aus dem linksventrikulären Druck 50
 – – erhöhter 166
 – – systolischer, Bestimmung 49 f
 – ventrikulärer, frühdiastolischer Abfall mit plateauformiger Anhebung 226
 Druckabfallsgeschwindigkeit, linksventrikuläre 52
 Druckanstiegsgeschwindigkeit, linksventrikuläre 52
 Druckbelastung
 – linksventrikuläre 153
 – rechtsventrikuläre 20
 Druckdrahtmessung, intrakoronare 66
 Druckerhöhung
 – intraperikardiale 26
 – linksatriale, akute 153
 – pulmonale, akute 153
 Druckgradient, transvalvulärer
 – Aortenklappenstenose 159
 – Mitralklappenstenose 149
 Druckgradientenberechnung 49
 Druckhalbwegszeit, Klappenöffnungsflächen-Berechnung 49
 Druckmessung, intrakardiale 59
 Drucksteigerung
 – pulmonalarterielle 12 ff
 – pulmonalvenöse 14
 Drucküberlastung 11 f
 – linksventrikuläre 17, 29
 – rechtskardiale 15
 – rechtsventrikuläre 12, 22
 Druckwerte, intrakardiale 49 f
 Drug-Eluting-Stent 216 f
 DSA (digitale Subtraktionsangiographie) 58
 D-Transposition 104
 Dual-Source-CT-System 80
 Ductus
 – arteriosus, offener 11
 – – Sauerstoffsättigungs-Messung 59
 – Botalli s. Ductus arteriosus
 Durchleuchtung, orientierende 5
 Durchmesser
 – linksventrikulärer, minimaler 261
 – pulmonalarterieller, zentraler 261
 – ventrikulärer, kleinste, Verhältnis 261
 Dysfunktion
 – kontraktile 186
 – linksventrikuläre, M-Mode-echokardiographische Zeichen 51
 Dysfunktion, linksventrikuläre, Schweregrade 54 f
 Dyskinesie, myokardiale 52, 188, 195, 205
 – Tako-Tsubo-Kardiomyopathie 233
 Dysphagie, Arteria lusoria 272
 Dysplasie, rechtsventrikuläre, arrhythmogene 23
 Dyspnoe 3
 – Lungenembolie, akute 260 f
 – Mitralklappeninsuffizienz 154
 – Mitralklappenstenose 150



E
 Ebstein-Anomalie, Lungengefäßzeichnung 12
 Echokardiographie 34 ff
 – akustische Quantifizierung 35
 – Anlotebenen 40 f
 – Ansteuerung, zeitversetzte 34
 – apikale Kavumamputation 231
 – dreidimensionale 35 f
 – – Offline-Rekonstruktion 35
 – intrakardiale 39 f
 – intraoperative 39
 – 4-Kammer-Schnitt 39
 – Sparkling 227

– Swinging Left Ventricle 222
 – transösophageale 39 ff, 144
 – – Anlotebenen 39
 – – Aortendissektionsdarstellung 281
 – transthorakale 40 f
 – Tumordiagnostik 239
 – zweidimensionale 34 f
 – – Funktion, linksventrikuläre 51
 – – indirekte Zeichen gestörter Hämodynamik 47
 – – Referenzwerte 42 ff
 Echovist 300 37
 Echtzeitbildgebung, magnetresonanztomographische, Wandbewegungsanalyse 107
 Echtzeit-3D-Echokardiographie 35 f
 – Mitralklappe 152
 – Segmentvolumenzeitkurven 53
 Einflusstauung
 – linkskardiale 12, 256
 – rechtskardiale 27
 Einflusstrakt, linksventrikulärer, Magnetresonanztomographie 96
 Einstrom, transmitraler, Farb-Doppler-Darstellung 47
 Eisenmenger-Reaktion 143, 147
 Ejektionsfraktion 51, 105
 – linksventrikuläre 105
 – rechtsventrikuläre 108
 EKG (Elektrokardiographie)
 – Niedervoltage 227
 – P dextrocardiale 165
 – QRS-Komplex-Verbreiterung, lokalisierte 232
 EKG-Gating, CT-Angiographie großer Gefäße 86
 Elektronenstrahlcomputertomographie 79
 – Arteriosklerosesuche 183
 – Koronarkalkbestimmung 75 ff
 Embolie, paradoxe 145
 Enddiastole 50
 Endokarditis
 – bakterielle, Trikuspidalklappenstenose 165
 – bei Herzklappenprothese 172
 – infektiöse
 – – Mitralklappeninsuffizienz 152
 – – bei Mitralklappenstenose 150
 Endomyokardbiopsie 220
 – Myokarditisnachweis 234
 – Sarkoidosenachweis 229
 Endomyokardfibrose 227, 230 f
 Endomyokardiale Erkrankung 230 f
 Endsystole 50
 Energiemangel, myokardialer 186
 Epsilonzeichen 29
 Eustachi-Klappe 146, 249
 Exsudat, Perikarderguss 254



F
 Fabry, Morbus, Kardiomyopathie, restriktive 229 f
 Facies mitralis 150
 Fallot-Tetralogie 272
 – Cine-MRT 148
 – teilkorrigierte 266
 Farb-Doppler-Echokardiographie 45
 – Entry-Darstellung bei Aortendissektion 283 f
 Farb-Doppler-M-Mode-Echokardiographie 45
 Fass-Formel 253
 Fehlbildung, Magnetresonanztomographie 102
 Fenster, aortopulmonales 11
¹⁸F-FDG-Positronenemissionstomographie 71 f, 205
 – Perfusionsdiagnostik 201

Fibroatherom 175
 – Ultraschalluntersuchung, intravas-
 kuläre 177f
 Fibroelastom
 – MR-Kriterien 240, 243
 – papilläres 241f
 – – Embolisation 241
 Fibrom 244
 – MR-Kriterien 240, 244
 Fibrose
 – endomyokardiale 227, 230f
 – myokardiale 24, 227
 – – fokale, Magnetresonanztomo-
 graphie 225f
 Fibroseherde, intramyokardiale 160f
 Fick-Prinzip, Herzzeitvolumenmessung 60
 Fistel, arteriovenöse 11
 Fluid Lung 27
 Fluor-Deoxyglukose s. FDG
 Flussgeschwindigkeit, transversalvuläre,
 Referenzwerte 46
 Flussgeschwindigkeitsintegral 49
 Flüssigkeitsansammlung, intraperikardiale
 (s. auch Perikarderguss) 26f
 Flussmessung, magnetresonanztomo-
 graphische 110f
 Flussreserve, koronare 65
 – Bestimmung 214f
 – erniedrigte 206
 Foramen ovale, offenes 145f
 – Echokardiographie 145f
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 146
 – Kontrastechokardiographie 145f
 – Magnetresonanztomographie 146
 Fratty Streak 175
 Füllungsdruck, linksventrikulärer
 – Abschätzung 55f
 – Bestimmung 50
 – erhöhter 55
 8F-Ultraschallsystem, katheterbasiertes 64
 Funktion
 – linksventrikuläre 50ff
 – – diastolische 53ff
 – – Doppler-Parameter 51
 – – Echokardiographie, zweidimensionale 51
 – – globale 50ff
 – – M-Mode-Echokardiographie 50f
 – – Parameter 105
 – – – magnetresonanztomographische
 Bestimmung 105, 108
 – rechtsventrikuläre 52
 – restriktive, linksventrikuläre 54
 Funktionsstörung
 – linksventrikuläre, diastolische 224
 – – – Grad I 54
 – – – Grad II 54
 – – – Grad III 54f
 – – – Grad IV 55
 – – – Pseudonormalisierung 54
 – ventrikuläre, diastolische 226
 Funktionsuntersuchung, magnetresonanztomo-
 graphische 105ff
 – unter Belastung 108ff



Gd-DTPA 116
 Gefäßanomalie, CT-Angiographie 89
 Gefäßflächenvergrößerung 175f
 Gefäßläsion, fibrotische 175
 Gefäßposition, Magnetresonanztomo-
 graphie 104
 Gefäßrarefizierung, pulmonale, peri-
 phere 264
 Gefäßremodeling 174ff
 Gefäßstenose, Flussmessung, magnetresonanztomo-
 graphische 111f

Gefäßverkalkung 175
 – intravasculäre Ultraschallunter-
 suchung 177f
 Gelatinelösung als Ultraschallkontrast-
 mittel 37
 Gewebe-Doppler-Echokardiographie 201f
 Gewebe-Farb-Doppler-Echokardiographie 45
 ff, 196f
 – Referenzwerte 47
 Glagov-Phänomen 174ff
 Globalinsuffizienz 21f
 Glukosebelastung, orale, FDG-Positronen-
 emissionstomographie 71
 Glykosphingolipidspeicherung,
 myokardiale 229f



Halsvenenstauung 165f
 Hämangiom 242
 – Echokardiographiefund 242
 – Kalzifikation 242
 – MR-Charakteristika 240, 242f
 – pulmonalkapilläres 267f
 Hämatom, intramurales, der Aorta s. Aorta,
 Hämatom, intramurales
 Hämoptyse
 – arteriovenöse Malformation 268
 – bei Mitralklappeninsuffizienz 153
 – pulmonalkapilläres Hämangiom 267
 HCM s. Kardiomyopathie, hypertrophische Herz
 – Bocksbeutelform 253
 – frei schwingendes 254
 – Querverlagerung im Liegen 10
 – Röntgenanatomie 5
 – schmales, bei schwerer Lungenparenchym-
 erkrankung 25f
 – Transversaldurchmesser 10
 Herzbeutel tamponade 26, 253
 – indirektes echokardiographisches
 Zeichen 47
 – primär kardiales Lymphom 245
 Herzbewegungen, Kompensation bei
 MRCA 127
 Herzbucht
 – ausgefüllte 5, 9, 25
 – ausgeprägte 8
 – vorgewölbte 9, 20
 Herzdextroposition 17
 Herzdextroversion 17
 Herzdilatation, Röntgenbild 11
 Herzerkrankung, koronare s. Koronare
 Herzkrankheit
 Herzfehler
 – angeborener 143ff
 – erworbener 148ff
 Herzfrequenz
 – Computertomographie 80
 – Einfluss auf das linksventrikuläre
 Volumen 51
 Herzfunktion
 – Magnetresonanztomographie 105ff
 – – Genauigkeit 108
 – – Reproduzierbarkeit 108
 – Parameter 105
 Herzgröße
 – Bestimmung, röntgenologische 10f
 – bei Infarkt 22
 Herzhinterwand, Dicke 41
 Herzhöhlen
 – Größenbeurteilung 10
 – kombinierte Veränderungen 10
 – Vergrößerung 5ff
 Herzsuffizienz 17ff
 – akute 17
 – chronische 12, 17f
 – – Ursache 12, 17
 – fortschreitende, primär kardiales
 Lymphom 245
 – infarktbedingte 186
 Herzinversion 17
 Herzkatheter
 – Druckmessung 59
 – Herzzeitvolumenmessung 60
 – Sauerstoffsättigungsmessung 59
 Herzkatheterismus
 – Gefäßpunktion 58f
 – – Führungsdraht 59
 – – Winkel 59
 – Lokalanästhesie 58
 – Seldinger-Technik 59
 – transeptaler 58
 Herzkatheteruntersuchung 58f
 – bei atypischen Beschwerden nach Bypass-
 operation 215f
 – bei Pericarditis constrictiva 257
 – rechtsseitige 58
 Herzkloppersatz 168ff
 Herzkloppersfehler, multivalvulärer, Röntgen-
 bild 11
 Herzkloppersfibroelastom, papilläres 242
 Herzkloppersinsuffizienz, Flussmessung,
 magnetresonanztomographische 111
 Herzkloppersöffnungsfläche, Cine-Mes-
 sung 112
 Herzkloppersprothese
 – biologische 168
 – – Echokardiographie, transösophageale 171
 – – Mitralsposition 171
 – Doppler-Sonographie 169
 – Echokardiographie 169
 – Endokarditis 172
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 170
 Herzkloppersprothesenveränderung,
 pathologische 168
 Herzkloppersstenose
 – Druckgradientenbestimmung 111f
 – Flussmessung, magnetresonanztomo-
 graphische 111f
 Herzkloppersvarianten 168
 Herzkloppersvegetationen, MR-Kriterien 240
 Herzkloppersverdickung 227
 Herzkonfiguration
 – aortale 8, 29
 – bei Klappenfehler 10f
 Herz-Kreislauf-Stillstand bei akuter Lungen-
 embolie 261
 Herzlageanomalie 17
 Herzlagevariabilität 93
 Herzmuskelsuffizienz 24
 – globale 21f
 Herzhohr, linkes, Röntgenaufnahme 4
 Herzhohrhernie 258f
 Herzhohr, rechter, Doppelkontur 9
 Herzhohrbewegung 5
 Herzhohrpulsation, abgeschwächte 28
 Herzhohr 150
 Herzhohrmyopathie
 – hypertrophische Kardiomyopathie 223
 – tachykardie 4
 Herzhohrschädigung, hypertoniebedingte 24
 Herzhohrschrittmacherstimulation, biventrikuläre,
 bei dilatativer Kardiomyopathie 222
 Herzhohrspitze, abgerundete 51
 Herzhohrstolpern 150
 Herzhohrtaille, verstrichene 21
 Herzhohrtiefendurchmesser, vergrößerter 21
 Herzhohrtod, plötzlicher
 – bei Aortenklappenstenose 158
 – bei hypertrophischer Kardiomyopathie 223
 – Morbus Fabry 229
 – Myokarditis 234
 Herzhohrversagen, fulminantes, Myokarditis 234
 Herzhohrverschieblichkeit, vermehrte 250, 258f
 Herzhohrwandaneurysma 22f
 – Röntgenbefund 23
 Herzzeitvolumen 48, 105
 – Messung 60

Herz-Zwerchfell-Winkel
 – großer, stumpfer 27, 253
 – spitzer 27
 Heterotaxiesyndrom, Magnetresonanztomographie 102
 Hibernating Myocardium s. Myokard, hibernierendes
 Hibernation s. Myokard, hibernierendes
 High-Dose-Dobutamin-Stress 194f
 High-Dose-Dobutamin-Stress-MRT 197f
 High-Dose-Stresstest 194f
 – Abbruchkriterien 195
 – biphasische Antwort 194
 – Kontraindikation 195
 Hilusamputation 16
 Histologie, virtuelle 179, 182
 HNOCM s. Kardiomyopathie, hypertrophische, nichtobstruktive
 Hochpassfilterartefakt 135
 HOCM s. Kardiomyopathie, hypertrophische, obstruktive
 Hohlvene
 – obere
 – – Kompression, Lymphom-bedingte 245
 – – Lungenvenenfehlmündung 268, 270
 – – Röntgenaufnahme 4
 – – verbreiterte 21, 27, 253
 – untere
 – – dilatierte 47
 – – fehlender inspiratorischer Kollaps 260
 – – Lungenvenenfehlmündung 268
 – – Röntgenaufnahme 5
 Hohlvenenstauung 168
 Homograft
 – Aortenklappenersatz, Echokardiographie, transösophageale 171
 – Herzklappenersatz 168
 Hounsfield-Units 76
 Hyperämie, pulmonale 12ff
 – Röntgenbild 14
 – Ursache 15
 Hypereosinophiles Syndrom 230f
 Hypertension, pulmonalvenöse, Mitralklappenstenose 149
 Hypertonie 4
 – arterielle 11, 24f
 – – Röntgenbild 25
 – pulmonalarterielle 15 f, 260
 – – chronisch thromboembolische 263 ff
 – – – CT-Angiographie 89
 – – – MR-Angiographie 263 ff
 – – – Thrombendarteriektomie 265
 – – Druckverhältnisse 260
 – – Echokardiographie 260
 – – nach Fallot-Tetralogie-Teilkorrektur 266
 – – Gefäßzeichnung 12f
 – – indirektes echokardiographisches Zeichen 47
 – – Mitralklappenstenose 149
 – – Pulmonalklappeninsuffizienz 167
 – – röntgenologische Zeichen 16
 – – Venedig-Klassifikation 15
 – – Ventrikelseptumdefekt 148
 – – Zeichen 7
 – pulmonale s. Hypertonie, pulmonalarterielle
 Hypertrophie
 – linksatriale 224
 – linksventrikuläre
 – – bei Amyloidose 227
 – – konzentrische 24
 – myokardiale
 – – asymmetrische 224
 – – Kardiomyopathie s. Kardiomyopathie, hypertrophische
 – – segmentale 194
 – rechtsatriale 224
 – rechtsventrikuläre, Magnetresonanztomographie 148
 – ventrikuläre 11
 – – Morbus Fabry 229f
 Hypokinesie, myokardiale 52, 188, 195
 Hypotonie 4



IMA-Bypass 210f
 – Computertomographie, postoperative 210
 Infarkttherz
 – akutes 22
 – chronisches 22f
 Infarkt Narbe
 In-Stent-Stenose, Koronarangiogramm 216
 Interkostalararterienerweiterung 29
 Intima-Media-Dickenbestimmung 184
 Intimaverdickung 175
 – aortale 275
 – Ultraschalluntersuchung, intravaskuläre 178
 Ischämie, myokardiale
 – akute 186 fff
 – chronische s. auch Koronare Herzkrankheit, chronische
 – – akustische Quantifizierung 196 f
 – – Color-Kinesis 196 f
 – – Dobutamin-Stress-MRT 197 f
 – – Echokardiographie 195 ff
 – – Gewebe-Doppler 196 f
 – – High-Dose-Stresstest 194 f
 – – Kontrastechokardiographie 197
 – – Koronarangiographie 200
 – – Magnetresonanztomographie 197 ff
 – – nuklearmedizinische Diagnostik 200
 – – Perfusions-MRT 198 f
 – – Strain Rate Imaging 196 f
 – – Stressechokardiographie 195 f
 – Diagnostikverfahren 207
 – Früherfassung des Perfusionsdefizits 198 f
 – protektive Mechanismen 186
 – stumme 194
 Ischämiekaskade 193
 Isomerismus
 – linksseitiger 102
 – rechtsseitiger 102
 IVUS s. Ultraschall, intravaskulärer



Jetbreite, proximale, bei Aortenklappeninsuffizienz 162



Kalk, intimaler, Verlagerung Richtung Lumen 277
 Kalkeinlagerung, perikardiale 27f
 Kalkmassenbestimmung 77
 Kapillaren, pulmonale 267f
 Kardiologie, präventive 181, 183f
 Kardiomegalie
 – Aortenklappeninsuffizienz mit Mitralklappeninsuffizienz 164
 – Röntgenbild 18
 Kardiomyopathie 23, 220 ff
 – dilatative 23, 220 ff
 – – echokardiographische Charakteristika 221
 – – Magnetresonanztomographie 222
 – – – kontrastverstärkte 223
 – – – Late Enhancement 125
 – – rechtsventrikuläre Beteiligung 221, 223
 – – Röntgenbild 19, 24
 – – Schrittmacherstimulation, biventrikuläre 222
 – – sekundäre 221
 – – Verlaufskontrolle 223
 – Echokardiographie 220
 – endemische 230
 – Endomyokardbiopsie 220
 – genetisch bedingte 223
 – hypertrophische 23, 220, 223 ff
 – – apikale 226 f
 – – Doppler-Echokardiographie 225
 – – Echokardiographiebefunde 224 f
 – – Magnetresonanztomographie 225 f
 – – nichtobstruktive 224
 – – obstruktive 224
 – – – Magnetresonanztomographie 226
 – ischämische 222
 – Koronarangiographie, invasive 220, 222
 – linksventrikuläre, arrhythmogene 233
 – Magnetresonanztomographie 220
 – rechtsventrikuläre, arrhythmogene 220, 231 ff
 – – Diagnosekriterien 232
 – – MRT-Kriterien 231 f
 – restriktive 23, 220, 226 ff
 – – Differenzialdiagnose 226
 – – echokardiographische Kriterien 226 f
 – – endomyokardiale 227, 230 f
 – – infiltrative 227
 – – Ursache 227
 – Röntgenuntersuchung 23
 – spezifische 23
 – unklassifizierte 23, 220, 233
 – WHO-Klassifikation 220
 Kardiomyozyten, vitale 194
 Katheterablation bei Vorhofflimmern 269
 Katheterangiographie 58
 Kavadreieck, ausgefülltes 20f
 Kavumamputation, apikale 231
 Kawasaki-Erkrankung, Koronararterien-Magnetresonanztomographie 132
 Kerley-A-Linien 16, 19
 Kerley-B-Linien 14, 16, 19
 Kinking 29
 Kippscheibenprothese 168
 – Echokardiographie, transösophageale 171
 – Mitralsposition 171
 Klappenöffnungsfläche, Berechnung 49
 Koarktation der Aorta s. Aortenisthmusstenose
 Kochsalz als Ultraschallkontrastmittel 37
 Kollateralgefäße
 – koronare 186
 – native 188
 Kontinuitätsgleichung, Klappenöffnungsflächen-Berechnung 49
 Kontraktilität, linksventrikuläre 52
 Kontraktionsablauf, Time-to-Peak-Velocity 197
 Kontrastechokardiographie 37
 – myokardiale 197
 Kontrastmittel
 – CT-Angiographie 85 f
 – Jodkonzentration bei Computertomographie 81
 – paramagnetische 116, 129 f, 134 f
 Kontrastmittelanflutung, pulmonalvasculäre, verzögerte 260
 Kontrastmittelinjektion, Bolustracking 81
 Kontrastmittelinjektionspumpe 86
 Kopfrucken, pulssynchrones 161
 Koronararterien, epikardiale, Makroangiopathie, arteriosklerotische 24
 Koronarangiographie 61 ff
 – Indikation 62 f
 – invasive, bei Kardiomyopathie 220, 222
 – Komplikation 63
 – Step-down-Step-up-Phänomen 207
 – transbrachiale 61
 – transfemorale 61
 Koronarangiographiesequenz, Magnetresonanztomographie 127
 Koronaraneomalie, CT-Koronarangiographie 84

- Koronararterie
 – linke
 – – Abgang aus dem rechten Koronarsinus 84
 – – Angiographie 63
 – – CT-Koronarangiographie 84
 – – MRCA-Darstellung 126
 – rechte
 – – Abgang aus dem linken Koronarsinus 84
 – – Angiographie 63
 – – CT-Koronarangiographie 82, 84
 – – MRCA-Darstellung 126
 – – Verschluss 187
 Koronararterien
 – Anatomie 61
 – Magnetresonanztomographie 126 ff
 – – Anwendung 130 ff
 – – Atembewegungskompensation 127 ff
 – – in Atemstillstand 127 f
 – – in freier Atmung 128
 – – Herzbewegungskompensation 127
 – – Kontrastmechanismen 129
 – – Kontrastmittel 129 f
 – – Planung 126 f
 – – Unterdrückung des myokardialen Signals 129
 Koronararterienaneurysma, Magnetresonanztomographie 132
 Koronararterienanomalie, Magnetresonanztomographie 132
 Koronararterienkompression
 – CT-Koronarangiographie 84
 – systolische, muskelbrückenbedingte 206
 Koronararterienkrämpfe 208
 Koronararterienstenose 193
 – Angiographie 83
 – CT-Koronarangiographie 82 f
 – Differenzialdiagnose 206 ff
 – Doppler-Untersuchung, intrakoronare 65
 – Druckdrahtmessung, intrakoronare 66
 – hochgradige, chronische 193
 – Myokardszintigraphie 70
 – Verkalkung, intravaskulärer Ultraschall 64
 Koronararterienverschluss, Kollateralgefäße 187 f
 Koronardurchblutung, Autoregulation 38
 Koronare Herzkrankheit 22 f, 174 ff
 – chronische 193 ff
 – – Diagnostikverfahren 207
 – bei der Frau, Myokardszintigraphie 71
 – Früherkennung 174
 – Magnetresonanztomographie 130 f
 – MRT-Perfusionsmessung, semiquantitative 119
 – Myokardszintigraphie 69
 – Wandbewegungsstörung 53
 Koronarintervention, Ultraschalluntersuchung, intrakoronare 65
 Koronarkalkausprägung, Quantifizierung 75
 Koronarkalkbestimmung 75
 – Computertomographie 75 ff
 – – Artefakt 78
 – Einzelschichtbildakquisition 76
 – Elektronenstrahlcomputertomographie 75 ff
 – Mehrschicht-CT 76 f
 – – Untersuchungsprotokoll 78
 Koronarographie, Plaquenachweis 179
 Koronarperfusionsdruck, homöostatische Regulation 65
 Koronarsklerose (s. auch Arteriosklerose) 174 ff
 – Präventionsstrategie 184
 – Risikofaktoren 181
 – Risikoscore 183 f
 – Screening 181, 183
 Koronarspasmen, Tako-Tsubo-Kardiomyopathie 233
 Koronarstenose s. Koronararterienstenose
 Koronarsyndrom, akutes, Myokarditis 234
 Körperoberfläche 105
 Kugelventilprothese 168
- L** 
- Lävokardiographie 60, 62
 Leberstauung
 – Trikuspidalklappeninsuffizienz 166
 – Trikuspidalklappenstenose 165
 Leiomyosarkom, pulmonales, intravaskuläres 267
 Leistungssportler, hypertrophische Kardiomyopathie 223
 Levovist 37
 LIMA-Bypass, Computertomographie, postoperative 210
 Linksherzinsuffizienz 17 ff, 25
 – akute 18
 – infarktbedingte 22
 – Pericarditis constrictiva 256
 – radiologische Zeichen 18 f
 – Sarkoidose 228
 Linksherzkonfiguration 8, 29
 Linksherzvergrößerung, Röntgenbild 19
 Links-Rechts-Shunt
 – Ventrikelseptumdefekt 146
 – Vorhofseptumdefekt 143
 Linksrotation 6 f
 – Röntgenbild 20
 Linksschenkelblock bei dilatativer Kardiomyopathie 222 f
 Lipom 239 f
 – atriales 241 f
 – Echokardiographiebefund 241
 – MR-Kriterien 240 f
 Liposarkom 245
 Löffler-Endokarditis 230 f
 Low-Dose-Dobutamin-Stresstest 200 f
 L-Transposition, Magnetresonanztomographie 103 f
 Lunge s. auch Pulmonal...
 – helle 14
 – – bei Perikarderguss 27
 Lungenarterien
 – Kalibersprung 16
 – periphere, enge 12 f, 16
 – zentrale, weite 7, 12 f, 15 f
 Lungenembolie 20 f
 – akute 260 ff
 – – CT-Angiographie 261 f
 – – Echokardiographie 261
 – – Hämodynamik 260 f
 – – Lungenparenchymveränderung 261
 – – Mehrzeilen-CT 261
 – – MR-Angiographie 263
 – – Risikofaktoren 260
 – – Schweregrad 261
 – CT-Angiographie 88 ff
 – rezidivierende, Röntgenbild 20 f
 Lungenemphysem 15
 Lungenerkrankung, chronisch obstruktive 257, 264
 – hochauflösende Computertomographie 266
 – MR-Perfusion 266
 Lungenfibrose 22
 Lungengefäße 12 f
 – große 260 ff
 – Rarefizierung, periphere 16
 Lungengefäßzeichnung 12 ff
 – chronisches Infarkttherz 22
 – Kardiomyopathie 23
 – Röntgenmorphologie 12
 – verminderte 14
 Lungenherde
 – hämosiderofibrotische, verknöcherte 16
 – septisch-embolische 167
 Lungenhochdruck s. Hypertonie, pulmonalarterielle
 Lungenhyperämie, aktive 15
 Lungeninfarkt 261
- Lungenlappenarterienverschluss, embolischer 261
 Lungenembolie
 – akute
 – – Magnetresonanztomographie 262 f
 – – – Befundung 263
 – – – Indikation 262
 – – – Sensitivität 262
 – – – Spezifität 262
 – – Perfusions-CT 262
 – – Zeichen 262
 – chronisch rezidivierende 263 f
 – – Magnetresonanztomographie 136 f
 – – – Oberflächenrekonstruktion 137
 – chronische, Zeichen 262
 – subakute, Zeichen 262
 Lungenoberlappenvenen, erweiterte 19
 Lungenödem
 – akutes
 – – Aortenklappeninsuffizienz 161
 – – Aortenklappenstenose 158
 – – Mitralklappeninsuffizienz 153 f
 – alveoläres
 – – belastungsbedingtes, bei Mitralklappenstenose 149
 – – nach Myokardinfarkt 22
 – – Röntgenbild 18
 – interstitielles 16, 18
 – Pericarditis constrictiva 256
 Lungenparenchymveränderung, lungenemboliebedingte 261
 Lungenstauung 12 ff, 21 f, 25
 – bei Aortenklappenstenose 158
 – interstitielle, bei Mitralklappenstenose 149
 Lungentransplantation, bilaterale 268
 Lungenvenen 260
 – Darstellung vor Katheterablation 269
 – Flussgeschwindigkeit, Referenzwerte 46
 – gepulster Doppler 47
 – Magnetresonanztomographie 136
 Lungenvenenfehlbildung 12, 268 f
 – Computertomographie 269
 – infrakardiale 268
 – intrakardiale 268
 – komplette 268
 – – operativ korrigierte, MRA 138
 – Magnetresonanztomographie 137 f
 – Magnetresonanztomographie 145, 269 f
 – partielle 268, 270
 – – Magnetresonanztomographie 145
 – suprakardiale 268
 Lungenvenensarkom 264, 267
 Lungenvenenstenose nach Katheterablation 270
 Lungenvenenveränderung, erworbene 269 f
 Lymphangiom 244
 – Echokardiographiebefund 244
 – MR-Kriterien 240, 244
 Lymphbahnen, pulmonale, Nachweis 16
 Lymphom
 – intraperikardiales, Magnetresonanztomographie 99
 – MR-Kriterien 240, 245
 – primär kardiales 245
 Lymphsystem, pulmonales 16
- M** 
- Magnetresonanztomographie
 – Blutpool-Kontrastmittel 134 f
 – der großen Gefäße 132 ff
 – – Akquisitionszeit 133
 – – Anwendung 137 f
 – – Auswertung 136 f
 – – Bolustiming 135
 – – Hochpassfilterartefakt 135
 – – Kontrastmittel 134 f

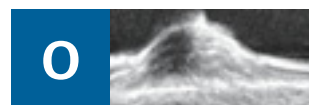
- parallele Bildgebung 134
- Planung 135 f
- Scannerhardware 132 f
- Scannersoftware 132 f
- Untersuchungssequenzen 133
- Zero Filling 133
- Koronarangiographiesequenz 127
- Koronararterien s. Koronararterien, Magnetresonanztomographie
- pulmonale arteriovenöse Malformation 268 f
- Pulmonalarterienaneurysma 270
- Spoiling 133
- Magnetresonanztomographie 91 ff, 197 ff
 - Aortendarstellung 277
 - Arteriosklerosedetektion 178
 - Ausflustrakt, rechtsventrikulärer 98
 - Basisuntersuchungsprotokoll 92 ff
 - Bright-Blood-Sequenz 92, 277
 - Cine-Sequenz 206
 - Cine-SSFP-Sequenzen 95 f
 - axiale 96
 - Dark-Blood-Sequenzen 92, 100 ff
 - Delayed-Enhancement 223, 225, 228 ff
 - bei dilatativer Kardiomyopathie 222 f
 - Dreikammerblick 96 f, 103, 233
 - 2D-Turbo-Gradientenecho-Sequenz 122
 - Early-Enhancement 189 f
 - Echo-Planar-Sequenzen 116
 - EKG-getriggerte 100
 - extrakardiale Strukturen 92
 - Fast-Spinochosesequenzen 98 ff
 - FLASH-Gradientenechosequenz 107 f
 - Flussmessung 110 ff
 - Funktionsuntersuchung 105 ff
 - unter Dobutamin-Stress 108 f, 197 ff
 - in Ruhe 197
 - Gradientenechosequenzen 106 f, 115, 211
 - Inversion-Recovery-Sequenz 239, 248
 - Inversion-Recovery-Turbo-Gradientenecho-Sequenz 121 f
 - Inversionspuls, R-Zacken-abhängiger 100
 - Kontraindikation 91
 - Kontrastmittel 116
 - kontrastmittelverstärkte 100, 189 f, 223
 - Kurzachsenschnitte 94 f, 99
 - Längsachse
 - horizontale, linksventrikuläre 95
 - vertikale, rechtsventrikuläre 96
 - Late Enhancement 120 ff, 189, 200 ff
 - Differenzialdiagnose 124 f
 - Inversionszeit 122 f
 - Inversionszeitoptimierung 122 f
 - ischämisch bedingtes 124 f
 - mittmyokardiales 125
 - nicht ischämisch bedingtes 125
 - Pathophysiologie 120 f
 - Sequenzparameter 121
 - subendokardiales 203 f
 - transmurales 203 f
 - Untersuchungsprotokoll 124
 - Myokardbewegungsanalyse, quantitative 109 f
 - myokardiale Vitalität 190
 - myokardiales Kontrastverhalten 201
 - Myokardperfusionsmessung 114 ff
 - quantitative 119
 - Patientenvorbereitung 91 f
 - phasensensitive IR-Sequenzen 122
 - postoperative 211 ff
 - Pseudovierkammerblick 95
 - Scheibchensummutationsmethode 206
 - Schnittebenen 92
 - Single-Shot-Sequenzen 116, 211
 - Single-Shot-TSE-Sequenzen 101
 - Spätaufnahme, Kontrastmittel-verstärkte 200
 - Spinochotechnik 211
 - SSFP-Sequenzen (Steady-State-free-Precession-Sequenzen) 101, 107, 211
 - Steady-State-free-Precession-Sequenz 101, 107, 211
 - Standardschnitte, doppelt angulierte 92 ff
 - technische Voraussetzungen 91
 - Tumordiagnostik 239
 - Turbo-Flash-Sequenzen 116
 - Turbo-Spinochosesequenzen 98 ff
 - Untersuchungssequenzen 91 f, 98 ff
 - T1-gewichtete 99
 - T2-gewichtete 99
 - Ventrikeltrombusnachweis 206
 - Vierkammerblick 95, 97, 145, 234, 248
 - Wandbewegungsanalyse 106 f
 - Wanddickenbestimmung 202
 - Zweikammerblick 96
- Malformation, arteriovenöse, pulmonale 268 f
 - MR-Angiographie 268 f
- Malperfusionssyndrom, dynamisches 282
- Marfan-Syndrom, Aortenaneurysma 275 f
- Matrixschallkopf 36
- Mediastinalhämatom 30
- Mediastinum, oberes, Verbreiterung 28 ff
- Mehrschicht-CT
 - Koronarkalkbestimmung 76 f
 - Koronarstentbeurteilung 218
 - postoperative 209 ff
 - Prinzip 77
- Mehrzeilen-CT, EKG-getriggerte 261
- Mesotheliom
 - MR-Kriterien 240, 246
 - perikardiales 246
- Metabolismus, myokardialer 186, 188
 - ischämiebedingte Störung 188 f
- Metastase
 - kardiale 247
 - Primärtumoren 247
 - MR-Kriterien 240
 - perikardiale 247, 257 f
 - Computertomographie 258
- MIBG-Szintigraphie 73
- Mikroaneurysmen, rechtsventrikuläre 231
- Mikroangiopathie, koronare 65
- Mikroembolisierungen nach Plaqueruptur 179
- Minderdurchblutung, pulmonale 15
- Mitralanulusdilatation 152 f
- Mitralaortenklappenfehler, kombinierter 163 ff
- Mitralklappe
 - Ballon-Valvuloplastie 151
 - Echtzeit-3D-Echokardiographie 152
 - Flussgeschwindigkeit, transvalvuläre, Referenzwerte 46
 - Magnetresonanztomographie 97
 - Regurgitationssignal, linksventrikulärer Füllungsdruck 50
- Mitralklappendegeneration 149
 - myxomatöse 152
- Mitralklappen-Doppler-Profil, E-Wellen-Variation, respiratorische 226
- Mitralklappeneinstrom, Flussgeschwindigkeit 52
- Mitralklappenendokarditis, Echokardiographie 155
- Mitralklappenfehler 12
 - kombinierter, Röntgenbild 9
- Mitralklappeninsuffizienz 11, 152 ff
 - akute 152 f
 - mit Aortenklappeninsuffizienz 164
 - mit Aortenklappenstenose 164 f
 - chronische 152 f
 - CW-Doppler-Echokardiographie 156
 - 3D-Echokardiographie 155 f
 - degenerative 152 f
 - Dekompensation 153
 - Druckgradientenberechnung 156
 - Echokardiographie 153 ff
 - Farb-Doppler-Sonographie 153, 155
 - Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 - funktionelle 25, 152 f
 - Herzkonfiguration 10
 - bei hypertrophischer Kardiomyopathie 224
 - Komplikation 154
 - Magnetresonanztomographie 157 f
 - bei Mitralklappenstenose 149
 - organische 152
 - PISA-Radius-Messung 156
 - Regurgitationsvolumen 48, 153, 155 f
 - relative 25, 152 f
 - bei SAM-Phänomen 224 f
 - Schweregradbeurteilung 156 f
 - Scoresystem 156 f
 - Stressechokardiographie 156
 - Ursache 152
 - bei Vorhofseptumdefekt 143
- Mitralklappenöffnungsfläche 149
 - Berechnung 151
 - Regurgitationsvolumenberechnung 155 f
- Mitralklappenprolaps 152 f
 - 3D-Echokardiographie 156
 - Echokardiographie 154
 - Farb-Doppler-Sonographie 153
- Mitralklappenring
 - Gewebe-Doppler-Echokardiographie 47
 - implantierter
 - Gewebe-Doppler-Darstellung 171
 - Vegetationen 171
 - Kontraktionsgeschwindigkeit, verminderte 226
 - verkalkter 6
- Mitralklappenschluss, vorzeitiger 47
- Mitralklappenstenose 149 ff
 - mit Aortenklappeninsuffizienz 164 f
 - mit Aortenklappenstenose 164
 - 3D-Echokardiographie 150
 - Doppler-Echokardiographie 150 f
 - Druckgradient 149 ff
 - Echokardiographie 150 f
 - Farb-Doppler-Echokardiographie 150
 - Flussmessung 151
 - Herzkonfiguration 10
 - linksventrikulärer Füllungsdruck 50
 - Magnetresonanztomographie 151 f
 - Mitralklappenöffnungsfläche 149
 - Berechnung 151
 - myxombedingte 239
 - Pulmonalarteriendruck, systolischer 151
 - PW-Doppler 150
 - Schweregradbestimmung 151
 - Schweregradeinteilung 149
 - Stressechokardiographie 151
 - Ursache 149
- Mitralklappenverkalkung 6
 - Röntgenbild 11
- Mitralklappenvitium, kombiniertes 149, 153
- Mitralregurgitationsvolumen, Bestimmung 48, 153, 155 f
- Mitralsegelschlussbewegung, C-Welle 47
- Mitralsegelvorwärtsbewegung, systolische 47, 152, 224 ff
- Mitralsegelflattern 47
- Mitralstenose 12
- M-Mode-Echokardiographie 35
 - EPSS-Abstand 50
 - Funktion, linksventrikuläre 50 f
 - indirekte Zeichen gestörter Hämodynamik 47
 - Referenzwerte 41 f
- Moderatorband, Magnetresonanztomographie 103
- Mosaikperfusion, pulmonale 264
- MPI (Myocardial Performance Index) 221
- MRA s. Magnetresonanztomographie
- MRCA s. Koronararterien, Magnetresonanztomographie
- Multislice-Spiral-CT-System 79 f
- Muskelbrücke, koronare 64, 206 f
- Muskelmasse, linksventrikuläre 41 f
- Muskelvolumen, linksventrikuläres 41
- Musset-Zeichen 161

Myokard
 – avitales 196
 – hibernierendes 188, 193 f, 196
 – – Diagnostikverfahren 207
 – – inotrope Reserve 193, 200
 – – Kontrastverhalten bei Magnetresonanztomographie 201
 – – Low-Dose-Dobutamin-Stresstest 200
 – – Magnetresonanztomographie 200f
 – – nuklearmedizinische Diagnostik 201
 – – Positronenemissionstomographie 73
 – – Stressechokardiographie 200
 – – Stress-MRT 200
 – – Szintigraphie 73, 201
 – – ischämisches 196
 – – Recruitment 194
 – – Reperfusion 186, 188 ff
 – – – inflammatorische Mechanismen 189f
 – Kontrastverhalten bei Magnetresonanztomographie 201
 – normales 196
 – rechtsventrikuläres, Delayed-Enhancement-MRT 232
 Myokardbewegungsanalyse, quantitative 109f
 – Standardparameter 110
 Myokarddegeneration, fibrös-fettige 232
 Myokardfibrose 24, 227
 – fokale, Magnetresonanztomographie 225f
 Myokardinfarkt 186
 – akuter 176
 – apikaler 194
 – chronischer 194
 – – Colour-Kinesis 201f
 – – Diagnostikverfahren 207
 – – Echokardiographie 201f
 – – Gewebe-Doppler 201f
 – – Low-Dose-Dobutamin-Stresstest 201
 – – Magnetresonanztomographie 202 ff
 – – nuklearmedizinische Diagnostik 205
 – – Reperfusion, Prognose 204
 – Größe 186
 – Kollateralgefäße 186
 – Magnetresonanztomographie, Late Enhancement 124f
 – Narbenbildung 188, 190
 – Remodeling 194
 – Spätfolgen s. Koronare Herzkrankheit, chronische 193
 – Thrombus, linksventrikulärer 247
 Myokardischämie s. Ischämie, myokardiale
 Myokarditis 234 ff
 – aktive 234
 – Biopsie, gezielte 235
 – Delayed-Enhancement-Phänomen 235
 – Echokardiographie 234
 – eosinophile 234
 – – akute 231
 – Magnetresonanztomographie, Late Enhancement 125
 – Ursache 234
 Myokarditisnarbe 235
 Myokardkontraktilitätsstörung, ischämiebedingte 188
 Myokardmasse 105
 Myokardnarbe s. Narbe
 Myokardperfusion
 – MRT-Messung 114 ff
 – – Anwendung 119
 – – Auswertung 117 ff
 – – parallele Bildgebung 116
 – – Prinzip 115
 – – quantitative 119
 – – Sequenzen 115 f
 – – Turbo-FLASH-Sequenz 118
 – – Untersuchungsprotokoll 116 f
 – – Wertigkeit 119
 – Physiologie 114
 Myokardschädigung, ischämiebedingte 186, 188 ff

Myokardsegment
 – avitales 194
 – bewegungsgestörtes 194
 Myokardszintigraphie 67 ff
 – Anreicherungsmuster 67
 – Befundanalyse 69
 – EKG-Triggerung 68
 – klinische Bedeutung 69 ff
 – Normalbefund 70
 – Schwächungskorrektur 67
 – SPECT-Technik 67
 – Technik 67 f
 – Tracer 68 f
 Myokardveränderung, Late Enhancement, magnetresonanztomographisches 120
 Myokardvitalität, Diagnostik s. Vitalitätsdiagnostik
 Myokardvolumen 105
 Myxom 238 ff
 – Echokardiographiebefund 239
 – Embolisation 239
 – linksatriales 239
 – MR-Kriterien 240
 – MRT-Befund 239
 – Prolaps in den linken Ventrikel 241
 – rechtsatriales 239



Narbe 194, 196
 – Color-Kinesis 201f
 – Diagnostikverfahren 207
 – Echokardiographie 201f
 – endgültiges Flächenausmaß 204
 – Gewebe-Doppler 201f
 – Low-Dose-Dobutamin-Stresstest 201
 – Magnetresonanztomographie 202 ff
 – – Kontrastverhalten 201
 – nuklearmedizinische Diagnostik 205
 – Positronenemissionstomographie 73
 – subendokardiale 203 f
 – Szintigraphie 73
 – transmurale 202 f
 Nephrosklerose 24
 Nierenschädigung, hypertoniebedingte 24
 Non-Compaction-Kardiomyopathie 233
 Normokinesie 195
 Nuklearmedizinische Verfahren 67 ff
 Nyquist-Geschwindigkeit 44



Oberlappensegmentbronchus, Konturunschärfe 20
 Obstruktionsindex, vaskulärer, akute Lungenembolie 261
 Ödem 3
 – intrazelluläres, myokardiales 186, 188
 – myokardiales, Magnetresonanztomographie 190
 – Trikuspidalklappeninsuffizienz 166
 – Trikuspidalklappenstenose 165
 Optison 37
 Orthopnoe
 – Mitralklappeninsuffizienz 154
 – nächtliche, Mitralklappenstenose 150
 Osler-Rendu-Weber, Morbus 268
 Ösophagogramm 5, 9
 Ösophagusdarstellung mit Kontrastmittel 5, 9
 Ösophagusimpression 11
 Ösophagusverlagerung nach dorsal 5, 8 f
 Osteosarkom 245



Paclitaxel 217
 Panzerherz 27
 Papillarmuskeleruptur 152, 154
 – Echokardiographie 155
 Pendeln, systolisches, linksventrikuläres 222
 Pendelvolumen
 – mitrales 152
 – trikuspidales 166
 Perfusion, myokardiale, Analyse 191
 Perfusions-CT, pulmonale 262
 Perfusionsdefekt, subendokardialer, MRT-Perfusionsmessung 118
 Perfusions-Kontraktions-Match 193
 Perfusions-Metabolismus-Mismatch 201
 Perfusions-MRT 198 f
 Perfusionsreserve, myokardiale 114, 191
 – Bestimmung 116, 118
 Pericarditis s. auch Perikarditis
 – calcarea, Röntgenbild 30
 – constrictiva 27 f, 226, 255 ff
 – – Bouncing, septales 256
 – – calcarea 27 f
 – – Differenzialdiagnose 257
 – – Doppler-Echokardiographie 256
 – – Herzkatheteruntersuchung 257
 – – indirektes echokardiographisches Zeichen 47
 – – Magnetresonanztomographie 255, 257
 – – Röntgenbild 27 f
 Perikard 25 ff, 250 ff
 – Trennung vom Epikard im Echokardiogramm 253
 Perikardaplasie 258 f
 – Computertomographie 259
 Perikarddefekt 250
 – Computertomographie 259
 – iatrogen 258
 Perikardektomie 226, 258
 Perikarderguss 252 f, 278
 – akuter 26
 – bei Angiosarkom 244
 – bei Aortendissektion 285 f
 – Berechnung 253
 – chylöser 244
 – Computertomographie 250
 – Distanz zur Thoraxwand 253
 – Echokardiographie 250
 – hämorrhagischer 27
 – Lungenembolie, akute 261
 – Magnetresonanztomographie 251, 254
 – bei Myokarditis 234
 – Quantifizierung, echokardiographische 254
 – Röntgenbild 14, 27, 250
 – Seitbild 27
 Perikarderkrankung 250 ff
 – Computertomographie 250
 – Echokardiographie 250
 – Magnetresonanztomographie 251
 – maligne 257 f
 – Röntgenaufnahme 250
 Perikardfensterung 258
 Perikardinfiltration, tumoröse 257
 Perikarditis (s. auch Pericarditis) 26 ff, 252 ff
 – chronische 27
 – Differenzialdiagnose 255
 – Echokardiographie 253 f
 – exsudative 26, 252
 – fibrinöse 26, 252
 – kalzifizierende 6
 – Klassifikation 26
 – konstriktive s. Pericarditis constrictiva
 – Magnetresonanztomographie, Late Enhancement 125
 – Ursache 252 f

Perikardivertikel 251 f
 – Computertomographie 251
 – Differenzialdiagnose 252
 Perikardmesotheliom 257
 Perikardmetastase 257 f
 – Computertomographie 258
 Perikardreiben 252
 Perikardtamponade s. Herzbeutelamponade
 Perikardverdickung 255 f
 Perikardverkalkung 6
 – Computertomographie 255
 Perikardzyste 251 f
 – Computertomographie 251 f
 – Differenzialdiagnose 252
 – Magnetresonanztomographie 252
 – Röntgenbild 252
 Pfauenaugen-Phänomen 165
 Phäochromozytom 242
 – Echokardiographiebefund 242
 – MR-Kriterien 240, 242
 Phasenkontrastflussmessung, Aorta ascendens 112
 Pigtailkatheter 59
 PISA-Methode (Proximal Isovelocity Surface Area)
 – Klappenöffnungsflächenberechnung 49
 – Regurgitationsvolumenbestimmung 48
 PISA-Phänomen 165
 PISA-Radius-Messung, Mitralklappe 156
 Plaque, arteriosklerotische 175
 – komplizierte 176 f
 – – Detektion 179 f
 – – vulnerable, Detektion 179, 182
 Plaque Imaging 73 f
 Plaquebildung
 – Häufigkeit, altersabhängige 176
 – koronare, Ultraschall, intravaskulärer 64
 Plaquehämatom 175
 Plaqueruptur 175 ff
 – Abheilung 177, 179
 – Koronarogramm 181
 – Mikroembolisierungen 179
 Plaquetrombosierung 175 ff
 Plaqueulkus 175 f
 Pleuraerguss 17, 21
 – Lungenembolie, akute 261
 – bei Mesotheliom 246
 – subpulmonaler 17
 Pleuralinien, abgrenzbare 20
 Pleuramesotheliom, Perikardebeteiligung 257
 Pleuraödem 17, 20
 Positronenemissionstomographie 71 ff
 – Arteriosklerosedetektion 177 f
 – Befundbeurteilung 72
 – mit Computertomographie 74
 – Tracer 72
 Postsystolic Thickening 196
 Präatherom 175
 PROCAM-Score 184, 186
 Pseudoaneurysma, aortales 275
 PTCA (perkutane transluminale Koronarangioplastie) 216 ff
 – Bildgebung, postinterventionelle 216 ff
 Pulmonal... s. auch Lunge
 Pulmonalarterie 260
 – Bronchialkarzinominfiltration 270
 – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 – konvexe intraluminale Raumforderung 265
 – Kranielverlagerung 5
 – Röntgenaufnahme 4
 – Wandverdickung 261
 – zentrale, Durchmesser 261
 Pulmonalarteriendilatation 260, 264
 Pulmonalarteriendruck
 – akuter Anstieg 260
 – diastolischer, Berechnung 50
 – erhöhter 22
 – systolischer
 – – Berechnung 50
 – – bei Mitralklappenstenose 151

Pulmonalarterienhauptast, embolischer Verschluss 261
 Pulmonalarterienposition, Magnetresonanztomographie 102 f
 Pulmonalarteriensarkom 264 f, 267
 Pulmonalarterientumor 264 ff
 Pulmonalarterienverschluss, embolischer s. Lungenembolie
 Pulmonalisangiographie 61
 Pulmonalissegment, prominentes 7, 16
 Pulmonalklappe
 – Flussgeschwindigkeit, transversaluläre, Referenzwerte 46
 – Magnetresonanztomographie 98
 Pulmonalklappenerkrankung bei Trikuspidalklappenerkrankung 168
 Pulmonalklappenfehler, Herzkonfiguration 10
 Pulmonalklappeninsuffizienz 167 f
 – Echokardiographie 168 f
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 168 f
 – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 – Magnetresonanztomographie 168
 – mit Pulmonalklappenstenose 169
 Pulmonalklappenringdilatation 167
 Pulmonalklappenschluss, mitsystolischer 47
 Pulmonalklappenstenose 12, 167
 Pulmonalklappenventilum, kombiniertes
 – CW-Doppler-Registrierung 169
 – Echokardiographie 169
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 169
 – Magnetresonanztomographie 170
 Pulmonalvene s. Lungenvene
 Pumpfunktion, linksventrikuläre, hyperdynamie 153



Qp/Qs-Quotient 111, 145, 148
 QuadScreen-Darstellung 195



Radiopharmaka 68
 Ramus interventricularis anterior, Verkalkung 6
 Raum
 – retrokardialer 5
 – – ausgefüllter 11
 – – Einengung 6 f
 – retrosternaler
 – – ausgefüllter 6, 253
 – – eingengter 20
 Raumforderung
 – kardiale, nichttumoröse 247 ff
 – – MR-Charakteristika 240
 – perikardiale 257 f
 Rechtsherzbelastung
 – Lungenembolie, akute 260
 – Mitralklappenstenose 149
 – Ventrikelseptumdefekt 148
 Rechtsherzinsuffizienz 20 f
 – chronische 20
 – Pericarditis constrictiva 256
 – radiologische Zeichen 20
 – sekundäre 22
 – Trikuspidalklappeninsuffizienz 166
 Rechtsherzkonfiguration 6 f
 Rechtsherzversagen, akutes 20
 Rechts-links-Shunt 145
 Rechtsrotation 7
 Reflux, hepatojugulärer 165, 168

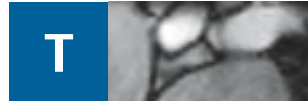
Regurgitationsvolumen
 – Aortenklappe 161 f
 – Bestimmung
 – – Kontinuitätsmethode 155 f
 – – PISA-Methode 48
 – – volumetrische 48
 – mitrales 153
 Remodeling
 – linksventrikuläres 194
 – vaskuläres 174 ff
 – – intravaskulärer Ultraschall 180
 – – negatives 175
 – – positives 175 f
 Reperfusion Injury 186
 Reserve, inotrope, hibernierendes Myokard 193, 200
 Revaskularisation
 – arterielle, komplette, postoperative Bildgebung 210
 – Positronenemissionstomographie 72
 Rhabdomyom 242, 244
 – Echokardiographiebefund 244
 – MR-Kriterien 240
 Rhabdomyosarkom 246
 – MR-Kriterien 240, 246
 – myokardiales, Farb-Doppler-Sonographie 152
 Rheumatisches Fieber, Mitralklappenstenose 149
 RIMA-Bypass, Computertomographie, postoperative 210
 Rinderperikardklappe 168
 Rippenusuren 29
 rMBF (regionaler myokardialer Blutfluss) 114
 rMBV (regionales myokardiales Blutvolumen) 114
 Röntgenaufnahme
 – sagittale 4 ff, 8
 – – Herztransversaldurchmesser 10
 – – im Liegen 10
 – seitliche 5
 Röntgendiagnostik, konventionelle 4 ff
 Röntgentechnik 5
 Rubidium-82, Positronenemissionstomographie 72
 Rückwärtsversagen
 – rechtsventrikuläres 168
 – Röntgenbild 19



SAM-Phänomen (Systolic Anterior Movement) 47, 152, 224 ff
 Sarkoidose
 – Echokardiographie 229
 – EKG-Veränderung 228 f
 – Endomyokardbiopsie 229
 – kardiale, Diagnose 228 f
 – – Leitlinien 229
 – Kardiomyopathie, restriktive 227 ff
 – Magnetresonanztomographie 229
 Sarkom 245 f
 – MR-Kriterien 240, 246
 – pulmonalarterielles 264 f, 267
 – pulmonalvenöses 264, 267
 Sauerstoffdifferenz, arteriovenöse, Herzzeitvolumenberechnung 60
 Sauerstoffsättigungsmessung, Herzkatheter 59
 Schallkopf 34
 Schlagvolumen 48, 105
 – Differenz, linksventrikulär-rechtsventrikuläre 157
 Schrägaufnahme 5
 Schrumpfnier, arteriosklerotische 24
 Schweineklappe 168
 Schwindel, Aortenklappenstenose 158

Scimitar-Syndrom 270
 17-Segment-Modell, Wandbewegungsanalyse, magnetresonanztomographische 106
 Sehnenfadenabriss 152, 154
 Sehnenfadenelongation 152
 Sehnenfadenverkürzung 165
 Seldinger-Technik, Herzkatheterismus 59
 Septum
 – interatriales s. Vorhofseptum
 – interventrikuläres Ventrikelseptum
 Septumbewegung, abnormale 47
 Sesta-MIBI-Myokardszintigraphie 68 f
 Shunt
 – arteriovenöser, pulmonaler 268
 – intrakardialer 48 f
 Shuntberechnung 48 f
 Shuntumkehr
 – Ventrikelseptumdefekt 147
 – Vorhofseptumdefekt 143
 Shuntverbindung, Sondierung 60
 Shuntvitium 12
 – intrakardiales, Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 Simpson-Methode, Bestimmung ventrikulärer Volumina 105 f
 Sinusrhythmus, Füllungsdruck, linksventrikulärer 56
 Sinustachykardie, Füllungsdruck, linksventrikulärer 56
 Sinus-Valsalvae-Aneurysma 249
 Sirolimus 217
 Situs
 – ambiguus, Magnetresonanztomographie 102
 – inversus
 – – inkompletter 102
 – – Magnetresonanztomographie 102
 – – totalis 17, 102
 SPAMM-Technik (Spatial-Modulation-of-Magnetization-Technik) 109 f
 SPECT-Technik, Myokardszintigraphie 67
 Speicherkrankheit, Kardiomyopathie, restriktive 227, 229 f
 Spiral-CT 80
 Square Root Sign 226
 Stanford-Klassifikation, Aortendissektion 279 f
 Stary-Stadien, Arteriosklerose 174 ff
 Steal-Phänomen bei Bypassstenose 214
 Stent
 – beschichteter 217
 – koronarer, Mehrschicht-CT 217
 Stent-PTCA, Magnetresonanztomographie, kontrastmittelverstärkte 189
 Step-down-Step-up-Phänomen, koronarangiographisches 207
 Stewart-Hamilton-Formel 60
 Strain Rate Imaging 196 f
 Stressechokardiographie 195 f
 – QuadScreen-Darstellung 195
 – standardisierte Beurteilung 195
 Stresskardiomyopathie 233
 Stress-MRT 108 ff, 197 ff, 200
 – pharmakologische 108
 – – Kontraindikation 108
 Stunning
 – myokardiales 188, 196
 – – Kontrastverhalten bei Magnetresonanztomographie 201
 – neurokardiogenes 233
 Subaortenstenose, fixierte, indirektes echokardiographisches Zeichen 47
 Subtraktionsangiographie, digitale 58
 Suszeptibilitätsartefakt bei Adenosin-Stress-Perfusions-MRT 199
 Svensson-Klassifikation, Aortendissektion 278 ff
 Swinging Heart 254

Synchrotonangiographie, Arteriosklerose-detektion 178, 180
 Syndrom X 206
 Synkope 4
 – Aortenklappenstenose 158
 – Lungenembolie, akute 260
 Systolic Anterior Movement 47, 152, 224 ff
 Szintigraphie, Perfusionsdiagnostik 201

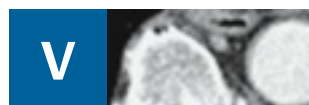


Tachykardie
 – belastungsbedingte, Aortenklappeninsuffizienz 161
 – Lungenembolie, akute 260
 Tachypnoe 260 f
 Tagging (quantitative Myokardbewegungsanalyse) 109 f
 Tako-Tsubo-Kardiomyopathie 233
 TDE (Gewebe-Farb-Doppler-Echokardiographie) 45 ff, 196 f
 – Referenzwerte 47
 TEI (Time Ejection Index) 52, 221
 – Kardiomyopathie, restriktive, infiltrative 227
 Teleangiectasia hereditaria haemorrhagica 268
 Tellerstapelphänomen 232
 Teratom
 – Echokardiographiebefund 244
 – MR-Kriterien 240
 Tetrofosmin-Myokardszintigraphie 69
 Thalliumchlorid-Myokardszintigraphie 68
 Thermodilutionsmethode, Herzzeitvolumenmessung 60
 Thermographie 179
 Thoraxschmerz 3
 – Aortensyndrom, akutes 278
 – Lungenembolie, akute 260 f
 Thoraxübersichtsaufnahme 5
 Thrombendarteriektomie bei chronisch thromboembolischer pulmonaler Hypertension 265
 Thromboembolie
 – bei Mitralklappeninsuffizienz 154
 – Risikofaktoren 260
 Thrombose, venöse, Lungenembolie, akute 260
 Thrombus
 – intrakardialer 247 f
 – – Abgrenzung zum Myokard 248
 – – Echokardiographiebefund 247 f
 – – MR-Kriterien 240
 – – MRT-Befund 248
 – intraventrikulärer
 – – Computertomographie 206
 – – Magnetresonanztomographie 206
 – linksatrialer 247
 – linksventrikulärer 247
 Time-to-Peak-Velocity, Kontraktionsablauf 197
 Trabekularisierung, rechtsventrikuläre 232
 Tracheabifurkationswinkel, vergrößerter 9
 Tracheakompression, rechtsdeszendierende Aorta 272
 Tracheomalazie, extrinsische 272
 Transsudat, Perikarderguss 254
 Trikuspidalklappe
 – Flussgeschwindigkeit, transvalvuläre, Referenzwerte 46
 – Magnetresonanztomographie 96
 Trikuspidalklappenendokarditis, bakterielle, septisch-embolische Lungenherde 167
 Trikuspidalklappeninsuffizienz 166 f

– CW-Doppler 167
 – Echokardiographie 167
 – Herzkonfiguration 10
 – relative 12, 21, 166 f
 – Schweregradbestimmung 167
 – sekundäre 166
 – Ursache 167
 Trikuspidalklappenöffnungsfläche 165
 Trikuspidalklappenstenose 165 f
 – Druckgradient 165 f
 – Echokardiographie 165 f
 – Farb-Doppler-Sonographie 165 f
 – Herzkonfiguration 10
 – myxombedingte 239
 – mit Trikuspidalklappeninsuffizienz 165 f
 – – CW-Doppler-Registrierung 166
 – – Echokardiographie 166
 – – Farb-Doppler-Sonographie 166
 Trikuspidalpulmonalklappenerkrankung, kombinierte 168
 Trikuspidalregurgitationsjet, systolischer, rechtsventrikulärer Druck 49 f
 Trikuspidalsegelschlussbewegung, C-Welle 47
 Truncus
 – arteriosus 272
 – pulmonalis 260
 – – Dilatation 264
 – – Durchmesser 264
 – – embolischer Verschluss 261
 – – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 – – Röntgenaufnahme 5
 Tuberoöse Sklerose 242
 Tumor
 – endokardialer 238
 – extrakardialer, Herzinfiltration 247
 – intramyokardialer 238
 – kardialer 238 ff
 – – benigner 238 ff
 – – – morphologische Kriterien 238
 – – – MR-Charakteristika 240
 – – Echokardiographie 239
 – – intrakavitärer 238
 – – Lokalisation 238
 – – Magnetresonanztomographie 239
 – – maligner 238, 244 ff
 – – – im Kindesalter 246
 – – – morphologische Kriterien 238
 – – – MR-Charakteristika 240
 – parakardialer 238
 – perikardialer 238, 244
 – – maligner 246
 – rechtsatrialer, maligner 244 f
 Typ-A-Aortendissektion 279 f
 Typ-B-Aortendissektion 280
 – 3D-MRA, kontrastverstärkte 282



Ultraschall 34
 Ultraschallbildgebung 35 f
 Ultraschall-Doppler-Draht 65
 Ultraschallgerät 36 f
 Ultraschallkontrastierung, linkskardiale 37
 Ultraschallkontrastmittel 37
 Ultraschallstethoskop 36
 Ultraschalluntersuchung, intravaskuläre 64 f, 177 f
 Ultraschallwellen
 – Breitbandstreuung 34
 – reflektierte 34
 Umschlagfalte, perikardiale 250



Vascular Ring 272
 Vaskulitis, CT-Angiographie 90
 Vena
 – azygos, verbreiterte 21
 – cava
 – – inferior s. Hohlvene, untere
 – – superior s. Hohlvene, obere
 Vena-contracta-Breite 162
 Venedig-Klassifikation, Hypertonie, pulmonal-arterielle 15
 Ventrikel
 – linker
 – – Dorsalverlagerung 6f
 – – Durchmesser 41
 – – Durchmesserbestimmung 50
 – – Füllungsdruckabschätzung 55f
 – – Funktion s. Funktion, linksventrikuläre
 – – Röntgenaufnahme 4f
 – – 17-Segment-Modell 53
 – – Synchrotronangiographie 180
 – – Untersuchungsmethode, nuklearmedizinische 67ff
 – – Vergrößerung 19
 – – – sagittale Aufnahme 8
 – – – seitliche Aufnahme 8
 – – Verkürzungsfraktion 51
 – – Volumen
 – – – Bestimmung 43f
 – – – Referenzwerte 43
 – – Volumenbestimmung 51
 – – Wanddickenzunahme 51
 – rechter
 – – diastolischer Kollaps 47
 – – Durchmesser 41
 – – Funktion 52
 – – links randständiger 6
 – – Röntgenaufnahme 5
 – – Vergrößerung 20
 – – – Kardio-CT 7
 – – – sagittale Röntgenaufnahme 5ff
 – – – seitliche Röntgenaufnahme 6f
 – – Volumenbestimmung 43
 – vertauschte Position, Magnetresonanztomographie 103f
 Ventrikelaneurysma 205f
 – Computertomographie 206
 – Diagnostikverfahren 207
 – Echokardiographie 206
 – Magnetresonanztomographie 206
 Ventrikelfunktion, regionale 52f
 Ventrikelkontur, aneurysmatische 52
 Ventrikelseptum
 – Bewegung, systolische, paradoxe 260
 – Dip-Plateau-Bewegung, frühdiastolische 47
 – Durchmesser 41
 Ventrikelseptumdefekt 11, 146ff
 – Computertomographie 148
 – CW-Doppler 147
 – 3D-Echokardiographie 147
 – Druckgradientenbestimmung 50, 147
 – Echokardiographie 147
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 147f
 – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111
 – Magnetresonanztomographie 148

– membranöser 148
 – Sauerstoffsättigungsmessung 59
 – Shuntumkehr 147
 Ventrikelwandbewegung s. Wandbewegung
 Venturi-Effekt 224
 Verbindung, atrioventrikuläre
 – diskordante 104
 – konkordante 104
 Verkalkung
 – intrakardiale 6
 – – Röntgenaufnahme 5f
 – perikardiale 250
 Verkürzungsfraktion, linksventrikuläre 51
 Vierkammerblick, Magnetresonanztomographie 95, 97, 145, 234, 248
 Virusinfektion, Myokarditis 234
 Vitalität, myokardiale 71
 Vitalitätsdiagnostik 190f
 – nach Bypassoperation 204
 – Dobutaminbelastung 38f
 Volumen, linksventrikuläres 41
 – enddiastolisches 51, 105
 – endsystolisches 51, 105
 – Herzfrequenzeinfluss 51
 Volumenbelastung
 – linksatriale 153
 – linksventrikuläre 17, 153, 161
 – rechtsatriale 166
 – rechtsventrikuläre 12, 166f
 Volumenkalkscore 76f
 Vorderwandinfarkt, Magnetresonanztomographie 188
 Vorhof
 – linker
 – – Compliance 152f
 – – Dilatation 153
 – – Druck s. Druck, linksatrialer
 – – Durchmesser 41
 – – Röntgenaufnahme 5
 – – Vergrößerung 9, 28, 149, 153
 – – – Röntgenbild 11
 – – – Volumenbestimmung 43f
 – – Wandverkalkung 6
 – rechter
 – – diastolischer Kollaps 47
 – – Röntgenaufnahme 4
 – – Vergrößerung 21
 – – – Röntgenbild 11
 – – – Seitbild 9
 – – – Übersichtsbild 8f
 Vorhofflimmern 257
 – bei Aortenklappenstenose 158
 – Füllungsdruck, linksventrikulärer 56
 – Katheterablation 269
 – bei Mitralklappeninsuffizienz 154
 – bei Mitralklappenstenose 150
 – Thrombus, linksatrialer 247
 – bei Trikuspidalklappeninsuffizienz 167
 Vorhofseptumaneurysma 145 f, 249
 – hypermobiles 146f
 – – Cine-MRT 147
 Vorhofseptumdefekt 12, 143ff
 – Computertomographie 144f
 – CW-Doppler-Echokardiographie 144
 – 3D-Echokardiographie 143
 – Echokardiographie 143f
 – – transösophageale 144
 – Farb-Doppler-Echokardiographie 143f
 – Flussmessung, magnetresonanztomographische 111

– Größenmessung 144
 – Kontrastechokardiographie 143
 – Magnetresonanztomographie 144f
 – Primiumtyp 143
 – Qp/Qs-Quotient 145
 – Sauerstoffsättigungsmessung 59
 – Sekundumtyp 143
 – Shuntumkehr 143
 – Sinus-venosus-Typ 143f
 Vorhofseptumhyperplasie, fettige, MR-Kriterien 240f
 Vorhofsitus, Magnetresonanztomographie 102
 Vorhofvergrößerung, Pericarditis constrictiva 256f



Wandbewegungsanalyse
 – magnetresonanztomographische 106, 191
 – – Echtzeitbildgebung 107
 – – EKG-Triggerung 106
 – – Gradientenechosequenz 106f
 – – 17-Segment-Modell 106
 – – Sequenzen 106f
 – – Spulen 106
 – – SSFP-Sequenz 107
 – semiquantitative 53
 Wandbewegungsstörung 52f
 – belastungsinduzierte 206
 – beim High-Dose-Stresstest 194
 – rechtsventrikuläre, regionale 231
 – regionale, Magnetresonanztomographie 200
 – Stress-MRT, pharmakologische 109
 Wanddickenbestimmung, Magnetresonanztomographie 202
 Wanddickenzunahme
 – linksventrikuläre 51
 – unter Stress 201
 – umschriebene 243
 Wandverdünnung 205
 Wasser, aktives, Positronenemissionstomographie 72
 Williams-Beuren-Syndrom 272
 WMSI, Stressechokardiographiebeurteilung 195



Xenograft-Herzklappenprothese 168



Zero Filling 133
 Zweikammerblick, Magnetresonanztomographie 96
 Zwerchfellhochstand, rechtsseitiger 21
 Zyanose 3