

15 Tool 7: Herzklappenmorphologie und -funktion

DEED-Step 1

15.1

Indikation/erwartete Information

Die Kardio-MRT und die Echokardiographie ergänzen einander in der Diagnostik der Herzklappenmorphologie und -funktion bei der Frage nach:

- valvulärer Endokarditis und deren Komplikationen,
- valvulären Vitien, deren Schweregrad und Komplikationen,
- kongenitalen Anomalien der Klappenstruktur (bikuspidale Aortenklappe?),
- valvulären Funktionsanomalien (Mitralklappenprolaps?),
- posttherapeutischem Monitoring nach Klappenoperation.

In diesen Fällen ist die Kardio-MRT die Methode der Wahl bei nicht ausreichend aussagekräftigen echokardiographischen Ergebnissen.

Die primär führende diagnostische Methode ist die Kardio-MRT in der Diagnostik der Herzklappenmorphologie und -funktion bei der Frage nach:

- Quantifizierung von Klappenstenosen (Klappenöffnungsfläche, Druckgradient),
- Quantifizierung von Klappeninsuffizienzen (Regurgitationsvolumina und -fraktionen).

Die MR-tomographische Klappenfunktionsuntersuchung gilt als Basis für die bei diesen Fragestellungen anschließend durchzuführenden Phasenkontrast-Flussmessungen (Tool 10). In diesem Zusammenhang stellt die MRT die verlässlichste diagnostische Modalität dar für:

- die Bestimmung der maximalen intrastenotischen Flussgeschwindigkeit,
- die Bestimmung der Regurgitationsvolumina.

Die morphologische und funktionelle Darstellung der Herzklappen mittels MRT erfolgt anhand von:

- Cine-Sequenzen (Gradientenecho):
 - gute Darstellbarkeit der Klappenregel in allen Bewegungsphasen,
 - kontrastreiche Darstellung von signalreichem Blut zur signalarmen Herzklappe;

- statischen Single-Shot- oder Mehrschicht-Sequenzen (Spinecho oder Gradientenecho):
 - dienen der gezielten Darstellung valvulärer und besonders paravalvulärer Pathologien.

Die Klappenstruktur selbst ist aufgrund schneller rhythmischer Bewegungen während der Herzaktion nur mit ultraschnellen Sequenztechniken (hochauflösend mit maximaler Phasenauflösung) zuverlässig abgrenzbar.

Die Diagnostik der Herzklappenmorphologie wird ergänzt durch die Cine-Funktionsdarstellung der Herzklappen sowie Cine-PC-Flussmessung (Tool 10).

Praxistipp

Artefakte bei mechanischem Klappenersatz:

Die je nach Art des Metallringes der Klappenprothese unterschiedlich ausgeprägte lokale Signalauslöschung kann insbesondere bei Verwendung von SE-Sequenzen durch Anwahl einer möglichst kurzen Echozeit reduziert werden.

15.1.1

Untersuchungsprinzip

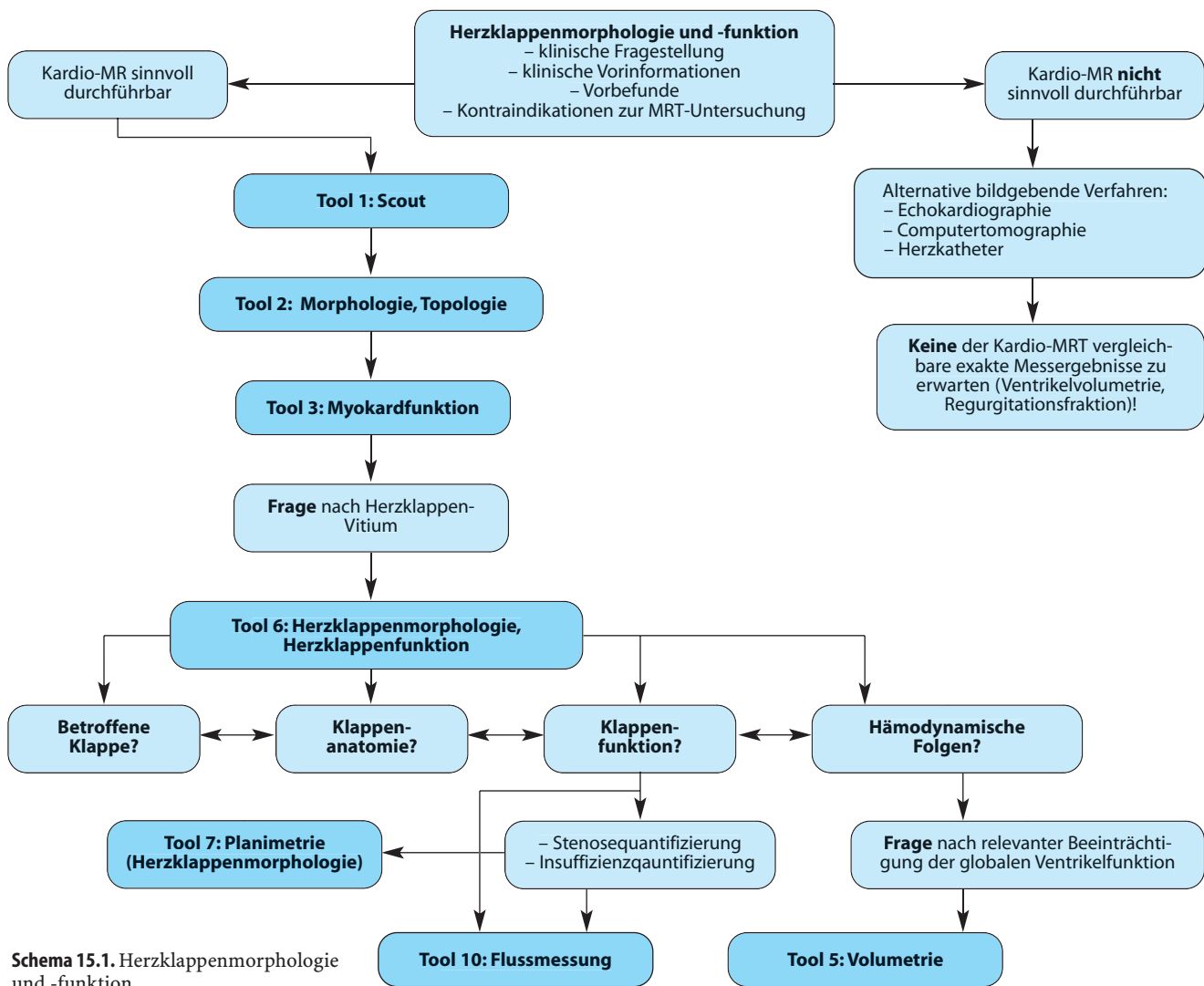
Algorithmus: Herzklappenmorphologie und -funktion
s. Schema 15.1

DEED-Step 2

15.2

Untersuchungsvorbereitung

- Allgemeine Untersuchungsvorbereitung: entsprechend Basisvorbereitung, s. 5.1 Grundkonzept der Kardio-MR-Untersuchung.
- Spezielle Untersuchungsvorbereitung:
 - Kontrastmittel: in der Regel nicht notwendig.



15.2.1

Pulssequenzparameter

Sequenztypen	Gradientenechosequenzen: Cine-TrueFISP, segmentierte Cine-FLASH Ergänzende Gradientenechosequenzen: nichtsegmentierte Cine-FLASH	Spinechosequenzen: T1-gewichtete Sequenzen: T1-TSE-Dark-Blood und T1-TSE-Dark-Blood-Fatsat T2-gewichtete Sequenzen: T2-TSE-Dark-Blood und T2-TSE-Dark-Blood-Fatsat T2-TIRM-Dark-Blood T2-HASTE-Dark-Blood und T2-HASTE-Dark-Blood-Fatsat
Messparameter		
Spulen	Oberflächenempfangsspule: Körperspule, Wirbelsäulenspule	Oberflächenempfangsspule: Körperspule, Wirbelsäulenspule
Schichtlage	1. raumachsenorientiert 2. herzachsenadaptiert 3. befundadaptiert	1. raumachsenorientiert 2. herzachsenadaptiert 3. befundadaptiert
Untersuchungsvolumen	Gesamtes Herz	Gesamtes Herz inkl. herznaher Gefäße und Mediastinum
Schichtdicke	≤ 8 mm	≤ 8 mm
Schichtlücke	≤ 20 %	≤ 20 %

Zeitliche Auflösung	≤ 50 ms	Datenakquisition enddiastolisch
Matrix	≥ 256 × 128 Pixel	≥ 256 × 180 Pixel
FOV	≤ 380 mm	≤ 380 mm
Pixelgröße (min./max.)	≤ 1,5 × 3 mm	≤ 1,5 × 2,1 mm
Kontrastgewichtung	Bright-Blood	T1 und T2
Atemtriggerung	Atemanhaltetechnik obligat, bei fehlender Kooperation Echtzeitmessung oder ohne Atemanhaltetechnik	Atemanhaltetechnik
EKG-Triggerung	Obligat oder Echtzeitmessung ohne EKG	Obligat
Kontrastmittel	–	–
		Obligat bei z. B. Raumforderungen

DEED-Step 3

15.3

Standarduntersuchungsstrategie

Sequenztyp erster Wahl. Cine-TrueFISP, segmentierte Cine-FLASH.

• Schritt 1

Standardschichtpositionen zur Darstellung des transvalvulären Flusses in 2 senkrechten Ebenen:

- Aortenklappe (Abb. 7.14): LVOT in kurzer und langer Achse,
- Mitralklappe (Abb. 7.12): linksventrikulärer 2-Kammer-Blick und 4-Kammer-Blick,

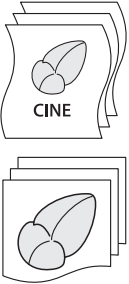
- Trikuspidalklappe (Abb. 7.13): rechtsventrikulärer 2-Kammer-Blick und 4-Kammer-Blick,
- Pulmonalklappe (Abb. 7.15): RVOT in langer Achse sowie senkrecht hierzu koronar-oblique Schichtführung.

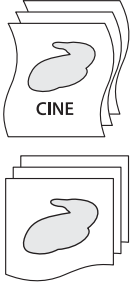
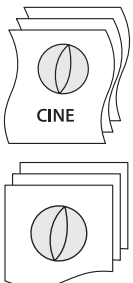
• Schritt 2

Standardschichtführung zur In-Plane-Darstellung der Herzklappen. Als Planungsgrundlage dienen zu jeder Herzklappe beide unter Schritt 1 angefertigten Serien: senkrecht auf die in beiden Serien dargestellte Herzklappenebene erfolgt die Einstellung der In-Plane-Klappenebene.

15.3.1

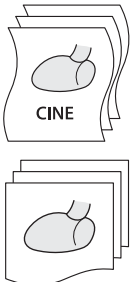
Mitralklappe

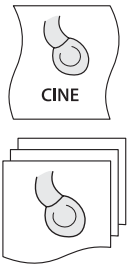
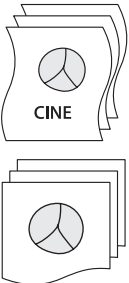
Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
Tool 7 <i>Mitralklappe</i> – Morphologie, Funktion 1. Schritt		4-Kammer-Blick (horizontale linksventrikuläre lange Achse, doppelt anguliert)	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> • Herz-Localizer 1 • Herz-Localizer 3 	<p>Planung an mittventrikulärem Kurzachsen-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durch die laterale Spitze des rechten Ventrikels • Durch das linksventrikuläre Kavum oberhalb des postero-medialen Papillarmuskels <p>Planung an basalem Kurzachsen-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schichtkorrektur, um einen Anschnitt der linksventrikulären Ausflussbahn als Partialvolumen zu vermeiden <p>Planung am 2-Kammer-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schichtkorrektur zur korrekten Erfassung der Mitte der Mitralklappe sowie des linksventrikulären Apex als Orientierungsschnittpunkten <p>Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene</p>	✓ Korrekte Einstellung einer horizontalen linksventrikulären langen Achse durch die Mitte der Mitralklappe

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
2. Schritt		2-Kammer-Blick (vertikale linksventrikuläre lange Achse doppelt anguliert)	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 Herz-Localizer 3 	<p>Planung an mittventrikulärem Kurzschnitt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung, mittventrikulär verlaufend parallel zum Sulcus interventriculari <p>Planung am 4-Kammer-Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur unter Berücksichtigung des Mitralklappenschließungsrandes und des Ventrikela Apex als Schnittpunkten <p>Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene</p>	<ul style="list-style-type: none"> Korrekte Einstellung einer vertikalen linksventrikulären langen Achse durch die Mitte der Mitralklappe Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten
3. Schritt		Mitralklappenebene in-plane	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> 4-Kammer-Blick 2-Kammer-Blick 	<p>Planung am 4-Kammer-Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtführung parallel zur Mitralklappenebene <p>Planung am 2-Kammer-Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Untersuchungsschicht parallel zur Mitralklappenebene <p>Sukzessive apikobasale parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der im Herzzyklus variablen Klappenebene</p>	<ul style="list-style-type: none"> Vollständige Erfassung des Mitralklappenrings, der Mitralklappensegel, der Kommissuren, des Klappenschließungsrandes, der Klappenöffnungsfläche

15.3.2

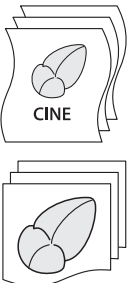
Aortenklappe

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
Tool 7 Aortenklappe – Morphologie, Funktion 1. Schritt		LVOT sagittal-oblique	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 Herz-Localizer 3 	<p>Planung an basalem Kurzschnitten-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Orientierungsschnittpunkte sind die Aorta ascendens, die Mitte der linksventrikulären Ausflussbahn sowie die Mitte des basalen linksventrikulären Kavums <p>Planung an mittventrikulärem Kurzschnitten-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur, um einen Anschnitt des Ventrikelseptums im Partialvolumen zu vermeiden <p>Planung am 4-Kammer-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur bzw. Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten <p>Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene</p>	<ul style="list-style-type: none"> Korrekte Einstellung des linksventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Aortenklappe Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
2. Schritt		LVOT koronar- oblique	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark- Blood (Einschicht- messung)	<ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 LVOT sagittal-oblique (aus Schritt 4) 	<p>Planung am LVOT sagittal-oblique:</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung unter Berücksichtigung der Aorta ascendens, der Mitte der linksventrikulären Ausflussbahn als Orientierungsschnittpunkten <p>Planung am 4-Kammer-Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur bzw. Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten <p>Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung der linksventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Aortenklappe ✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten
3. Schritt		Aortenklappenebene in-plane	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark- Blood (Einschicht- messung)	<ul style="list-style-type: none"> LVOT koronar-oblique LVOT sagittal-oblique 	<p>Planung an LVOT koronar-oblique:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtführung parallel zur Aortenklappenebene <p>Planung an LVOT sagittal-oblique:</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Untersuchungsschicht parallel zur Aortenklappenebene <p>Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der im Herzzyklus variablen Klappenebene</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Vollständige Erfassung des Aortenklappenrings, der Aortenklappensegel, der Kommissuren, des Klappenschließungsrandes, der Klappenöffnungsfläche

15.3.3

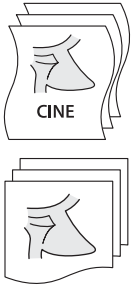
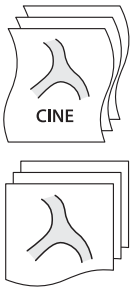
Trikuspidalklappe

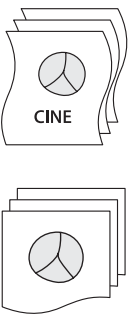
Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
Tool 7 Trikuspidalklappe – Morphologie, Funktion 1. Schritt		4-Kammer-Blick (horizontale linksventrikuläre lange Achse, doppelt anguliert)	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark- Blood (Einschicht- messung)	<ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 1 Herz-Localizer 3 	<p>Planung an mittventrikulärem Kurzachsen-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> durch die laterale Spitze des rechten Ventrikels durch das linksventrikuläre Kavum oberhalb des postero-medialen Papillarmuskels <p>Planung an basalem Kurzachsen-Localizer</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur, um einen Anschnitt der linksventrikulären Ausflussbahn als Partialvolumen zu vermeiden <p>Planung am 2-Kammer-Localizer:</p> <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur zur korrekten Erfassung der Mitte der Trikuspidalklappe sowie des rechtsventrikulären Apex als Orientierungsschnittpunkten <p>Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene</p>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung einer horizontalen rechtsventrikulären langen Achse durch die Mitte der Trikuspidalklappe

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
2. Schritt		Rechtsventrikuläre vertikale lange Achse	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 Herz-Localizer 3 	Planung an mittventrikulärem Kurzsachsenschnitt: <ul style="list-style-type: none"> Primär senkrechte angepasst parallel zur linksventrikulären langen Achse Planung am 4-Kammer-Blick: <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur orientiert an der Mitte des rechtsventrikulären Kavums Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene	<ul style="list-style-type: none"> Korrekte Einstellung einer vertikalen rechtsventrikulären langen Achse durch die Mitte der Trikuspidalklappe Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten
3. Schritt		Trikuspidalklappenebene in-plane	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Rechtsventrikuläre vertikale lange Achse 4-Kammer-Blick 	Planung an rechtsventrikulärer vertikaler langer Achse: <ul style="list-style-type: none"> Schichtführung parallel zur Trikuspidalklappenebene Planung am 4-Kammer-Blick: <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Untersuchungsschicht parallel zur Trikuspidalklappenebene Sukzessive apikobasale parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der im Herzzyklus variablen Klappenebene	<ul style="list-style-type: none"> Vollständige Erfassung des Trikuspidalklappenrings, der Trikuspidalklappensegel, der Kommissuren, des Klappenschließungsrandes, der Klappenöffnungsfläche

15.3.4

Pulmonalklappe

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
Tool 7 Pulmonalklappe – Morphologie, Funktion 1. Schritt		Rechtsventrikuläre Ausflussbahn sagittal-oblique	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 Herz-Localizer 3 	Planung an basalem Kurzsachsenschnitt: <ul style="list-style-type: none"> Primär senkrechte Ausrichtung mit rechtsventrikulärer Ausflussbahn als Orientierungsschnittpunkt Planung an mittventrikulärem Kurzsachsenschnitt: <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur zur Vermeidung der Darstellung des Ventrikelseptums im Partialvolumen Planung am 4-Kammer-Blick: <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur anhand der Mitte des rechtsventrikulären Kavums, der Pulmonalklappenmitte als Orientierungspunkten 	<ul style="list-style-type: none"> Korrekte Einstellung der rechtsventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Pulmonalklappe Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten
2. Schritt		Rechtsventrikuläre Ausflussbahn transversal-oblique	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Rechtsventrikuläre Ausflussbahn sagittal-oblique (aus Schritt 1) 4-Kammer-Blick 	Planung an rechtsventrikulärer Ausflussbahn sagittal-oblique: <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung unter Berücksichtigung des Truncus pulmonalis, der Mitte der rechtsventrikulären Ausflussbahn als Orientierungsschnittpunkten Planung am 4-Kammer-Blick: <ul style="list-style-type: none"> Schichtkorrektur bzw. Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten Sukzessive parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene	<ul style="list-style-type: none"> Korrekte Einstellung der rechtsventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Pulmonalklappe Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
3. Schritt		Pulmonalklappenebene in-plane	Cine-TrueFISP Cine-FLASH T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung)	<ul style="list-style-type: none"> Rechtsventrikuläre Ausflussbahn sagittal-oblique Rechtsventrikuläre Ausflussbahn transversal-oblique 	Planung an rechtsventrikulärer Ausflussbahn sagittal-oblique: <ul style="list-style-type: none"> Schichtführung parallel zur Pulmonalklappenebene Planung an rechtsventrikulärer Ausflussbahn transversal-oblique: <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Untersuchungsschicht parallel zur Pulmonalklappenebene Parallele Schichtverschiebung zur vollständigen Darstellung der Klappenebene	✓ Vollständige Erfassung des Pulmonalklappenrings, der Pulmonalklappenregel, der Kommissuren, des Klappenschließungsrandes, der Klappenöffnungsfläche

15.3.5

Ergänzende Untersuchungstechniken

Sequenztyp zweiter Wahl. Zur besseren Darstellung auch minimaler pathologischer transvalvulärer Flüsse werden im Einzelfall zusätzlich angefertigt:

- segmentierte Cine-FLASH ohne Flusskompensation: die in TrueFISP-Messungen oft zu beobachtende hervorragende Rephasierung mit schwächerer Darstellung pathologischer Flussphänomene ist bei Cine-FLASH-Sequenzen weniger ausgeprägt;
- nichtsegmentierte Cine-FLASH in freier Atmung: diese Sequenz hat in freier Atmung zwar eine lange Messzeit, bietet aber eine hervorragende Ortsauflösung zur Klappendarstellung und wird zur besseren Befunddarstellung gezielt ergänzend angewandt, wenn zuvor in Sequenzen in Atemanhalte-technik die hierfür beste Schichtposition festgelegt worden ist.
- 2D-FLASH-Phasenkontrastmessung: diese im Tool 10 beschriebene Messung erlaubt neben der Flussquantifizierung auch eine sensitive Möglichkeit zur Erfassung minimaler pathologischer Flusssignale.

Merke

Wenngleich mittels der TrueFISP-Messung qualitativ hervorragende Cine-Messungen zu erlangen sind, entgehen oft gerade gering- und mittelgradige Klappeninsuffizienzen der Darstellung. In diesen Fällen ist die althergebrachte FLASH auf keinen Fall zu vergessen und bietet zumeist bessere Ergebnisse!

DEED-Step 4

15.4

Allgemeine Beurteilungskriterien

Morphologische Beurteilungskriterien der Herzklappen

- Anatomische Position der Herzklappe,
- anatomische Varianten der Herzklappenregel,
- Verschmelzungen der Klappenregel oder -taschen,
- Veränderungen im Bereich der Klappenränder,
- Weite des Klappenrings,
- Klappenregeldicke,
- Klappenregelverkalkungen,
- Zusatzstrukturen, z. B. valvuläre Vegetationen,
- Destruktionen der Klappen (Perforation, Segelteilausschnitt, Chordaruptur),
- Abszesse im Ring-, Segel- oder Chordabereich,
- subvalvulärer Apparat.

Funktionelle Beurteilungskriterien der Herzklappen

- Herzklappenbeweglichkeit: Schließungsbewegung, Öffnungsbewegung,
- transvalvuläres Flusssignal,
- Lokalisation, Ursprung und Richtung eines Stenose- bzw. Regurgitationsjets.

MRT des Herzens und der Gefäße

Indikationen - Strategien - Abläufe - Ergebnisse

Schulte, B.; Boldt, A.; Beyer, D.

2005, XVII, 351 S. Mit CD-ROM., Hardcover

ISBN: 978-3-540-22209-5