

Tool 8: Intrakardiale Thrombusdiagnostik

16

Die MR-tomographische intrakardiale Thrombusdiagnostik findet zunehmend Einzug in die klinische Diagnostik. Hiermit ist eine für den Patienten angenehme, nichtinvasive Diagnostik möglich, und es lassen sich die bekannten echokardiographischen Probleme umgehen:

- echokardiographisch oft erschwerte Beurteilbarkeit (Nahfeldartefakte!) im Bereich der häufigsten Thrombuslokalisation (linksventrikulärer Apex),
- echokardiographisch falsch-positive Befunde bei linksatrialen Thromben,
- Vorhofthromben sind nichtinvasiv transthorakal echokardiographisch nicht nachweisbar;
- linksatriale Thromben sind nur invasiv transösophageal nachweisbar.

DEED-Step 1

16.1

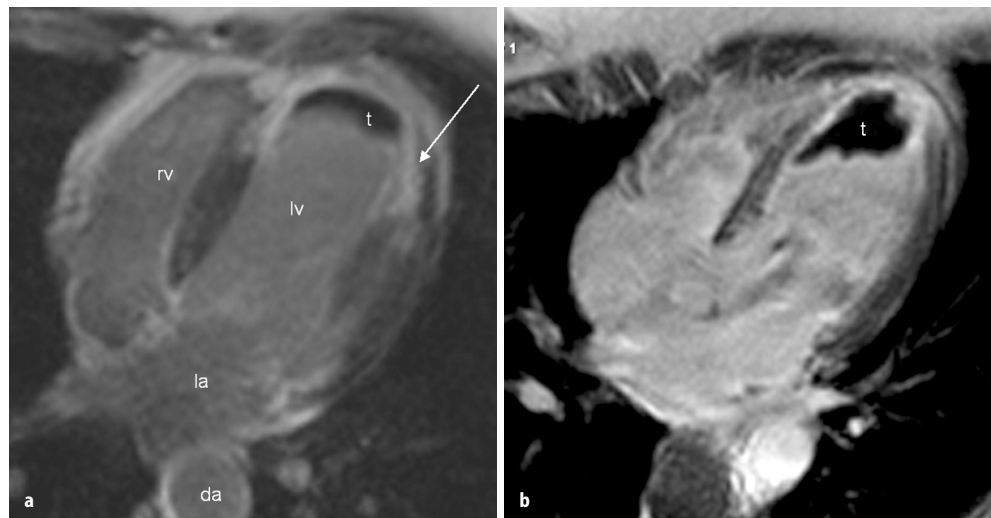
Indikation

- Frage nach Ventrikelthrombus, zumeist bei Ventrikelaneurysma,
- Frage nach linksatrialen Thrombus bei Vorhofflimmern,
- Frage nach rechtsatrialem, rechtsventrikulärem Thrombus, zumeist neoplastischer Genese (z. B. Nierenkarzinom).

Intrakavitäre kardiale Thromben sind die häufigsten kardialen Raumforderungen. Es werden unterschieden:

- Ventrikelthromben:
 - linksventrikuläre Thromben treten zumeist nach Vorderwandinfarkt auf (Vorderwandaneurysma) und sind die häufigste Embolieursache in der Postinfarktperiode;
 - seltenere Ursache ventrikulärer Thromben sind dilatative Kardiomyopathien;
- Vorhofthromben:
 - linksatriale Thromben im linken Herzhohr treten zumeist auf bei absoluter Arrhythmie, linksatrialer Dilatation und evtl. begleitendem stenosierendem Mitralklappenverschluss;
 - Thromben im Bereich der rechten Herzhöhlen sind deutlich seltener und beruhen in der Regel auf Metastasen renaler oder hepatischer Tumoren (hämatogen oder per continuitatem entlang der V. cava inferior).

Abb. 16.1a,b. Ventrikelthrombus, kombiniert mit linksventrikulärem Apexaneurysma. 4-Kammer-Blick, T1-IR-TrueFISP nach Gabe von Gd-DTPA. Der apikal gelegene Thrombus (t) stellt sich als Struktur mit niedriger Signalintensität dar; das umgebende infarzierte Myokardareal zeigt eine hohe Signalintensität (Pfeil); rv rechter Ventrikel, lv linker Ventrikel, la linker Vorhof, da descendierende Aorta, t Thrombus)



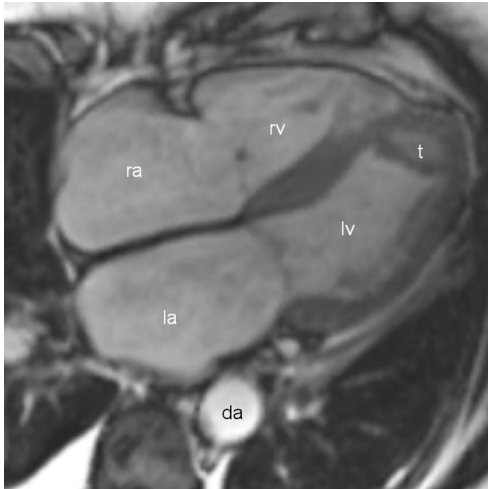


Abb. 16.2. Ventrikelthrombus, 4-Kammer-Blick, Cine-TrueFISP. Bei begleitendem Aneurysma stellt sich der apikal gelegene Thrombus als Struktur mit niedriger Signalintensität dar (*lv* linker Ventrikel, *la* linker Vorhof, *rv* rechter Ventrikel, *ra* rechter Vorhof, *da* descendierende Aorta, *t* Thrombus)

16.1.1

Untersuchungsprinzip

- Nativ-morphologisches Untersuchungsprinzip zur Lokalisation und Darstellung eines intrakavitären Thrombus (Abb. 16.1 – 16.4):
 - Tool 2: Morphologie, Topologie;
 - Tool 3: (myo)kardiale Funktion.
- Post-KM-perfusionsbasiertes Untersuchungsprinzip zur direkten Darstellung eines kontrastmittelaussparenden intrakavitären Thrombus:
 - Tool 12: Perfusionsuntersuchung in Ruhe;
 - Tool 2: Morphologie, Topologie (Post-KM-Spätserien);
 - Tool 17: EKG-getriggerte 3D-MR-Angiographie;
 - Tool 12: dynamische Perfusionskardangiographie.

Algorithmus: Intrakardiale Thrombusdiagnostik

s. Schema 16.1

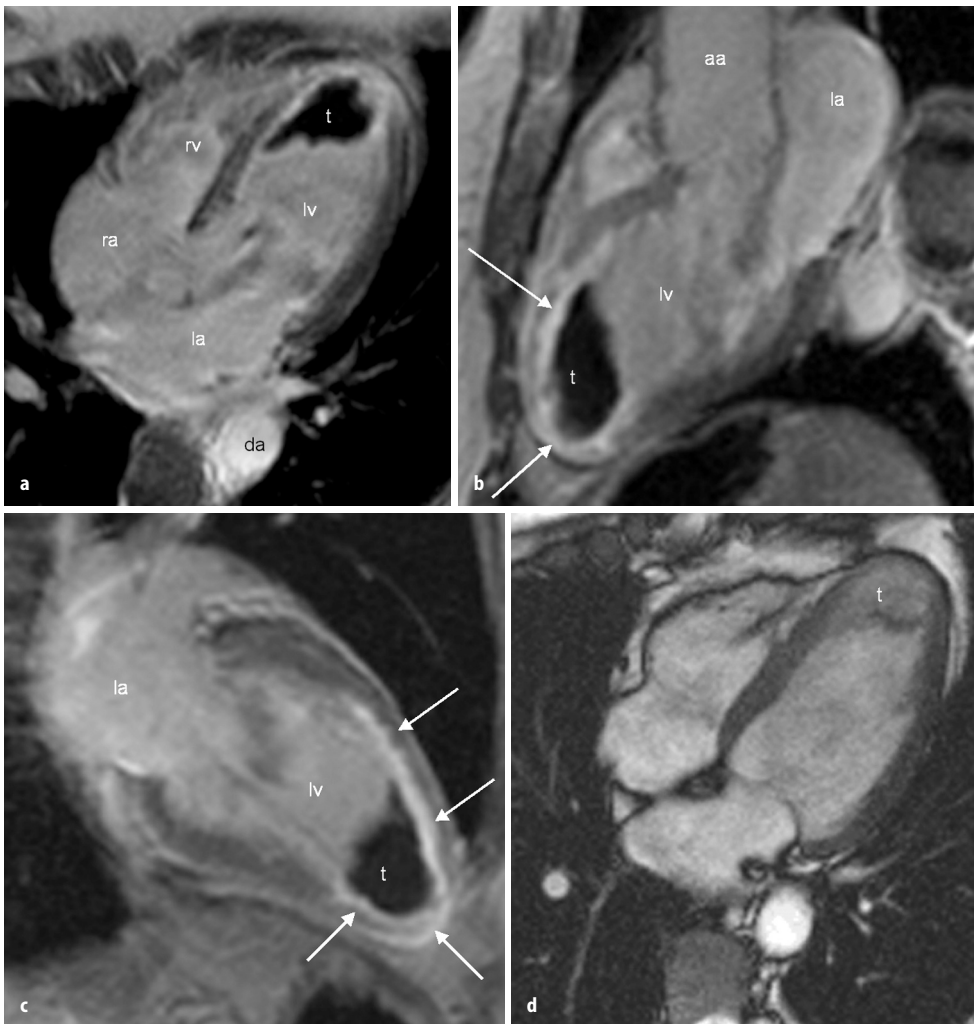


Abb. 16.3a–d. Muraler Thrombus im linksventrikulären Apex nach Myokardinfarkt (*Pfeil*). Auf den nach Kontrastmittelgabe angefertigten T1-IR-TurboFLASH-Bildern lässt sich der Thrombus sicher vom Myokard unterscheiden (**a**, **b**, **c**). Im Vergleich zum umgebenden Blut hypointense Darstellung des Thrombus in einer Cine-TrueFISP-Sequenz (**d**); *lv* linker Ventrikel, *la* linker Vorhof, *rv* rechter Ventrikel, *ra* rechter Vorhof, *aa* ascendierende Aorta, *da* descendierende Aorta, *t* Thrombus)

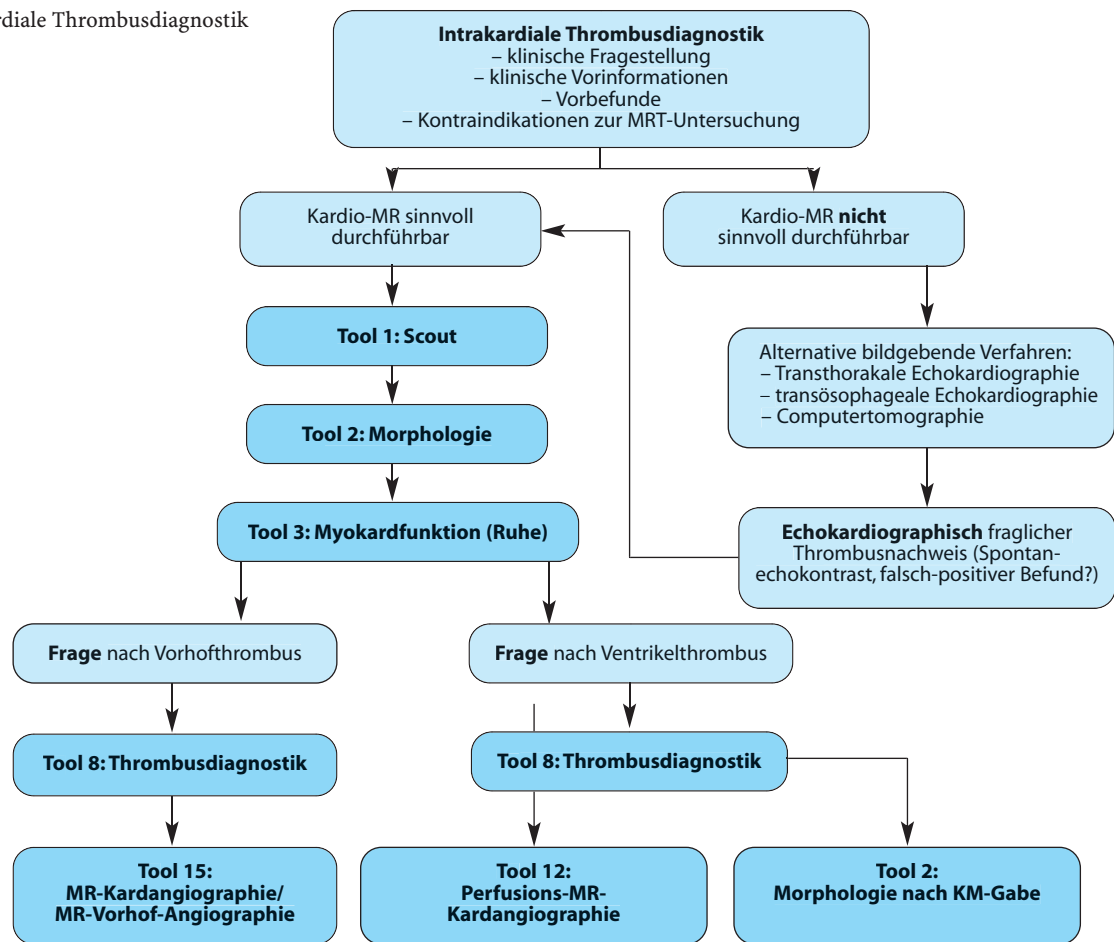
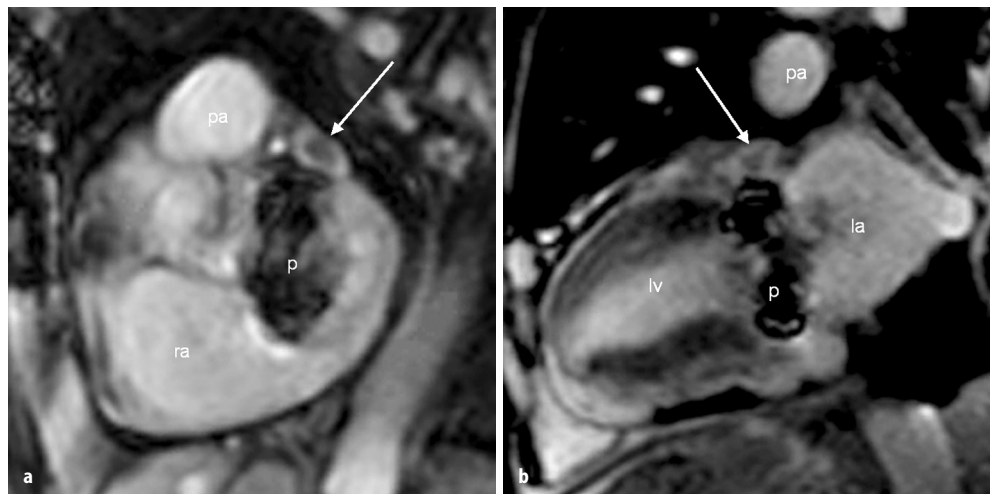
Schema 16.1. Intrakardiale Thrombusdiagnostik

Abb. 16.4a,b. Thrombus im linken Herzhorn bei Zustand nach Mitralklappenersatz. T1-Turbo-FLASH-Sequenz nach Gd-DTPA-Gabe. Der hypointense Thrombus ist durch hyperintenses umgebendes Blut klar abgrenzbar (*lv* linker Ventrikel, *la* linker Vorhof, *ra* rechter Vorhof, *p* Mitralklappenprothese, *pa* Pumonalararterie)



DEED-Step 2**16.2****Untersuchungsvorbereitung**

- Allgemeine Untersuchungsvorbereitung: entsprechend Basisvorbereitung, s. 5.1 Grundkonzept der Kardio-MR-Untersuchung.
- Spezielle Untersuchungsvorbereitung:
 - Kontrastmittel: obligat, in der Regel 0,1 mmol/kg KG.

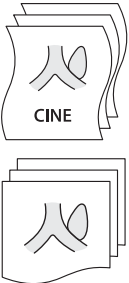
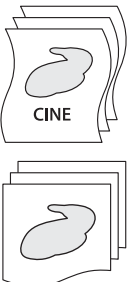
Praxistipp

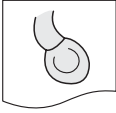
Da anhand der TrueFISP-Sequenz oftmals kleine Thromben in der funktionellen Darstellung maskiert sind (Bright-Blood-Technik mit dominanter Flusskompensation), sind hochauflösende EKG-getriggerte Angiographiemessungen, Perfusionsmessung, kontrastmittelverstärkte Spätaufnahmen (T1-IR-FLASH) zumeist die einzig richtungsweisenden Untersuchungsmodalitäten zur Detektion eines *kleinen* intrakavitären Thrombus.

DEED-Step 3**16.3****Standarduntersuchungsstrategie**




- Linksatrialer/linksventrikulärer Thrombus
 1. Nativ-morphologisches Untersuchungsprinzip
 2. Post-KM-perfusionsbasiertes Untersuchungsprinzip
 3. Post-KM-morphologisches Untersuchungsprinzip

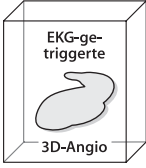
16.3.1**Linksatrialer Thrombus****Nativ-morphologisches Untersuchungsprinzip**

| Untersuchungsschritt | Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen | Bezeichnung | Pulssequenz erster Wahl | Planungsebene | Schichtorientierung, Orientierungspunkte | Allgemeine Beurteilungskriterien |
|---|---|--|---|--|---|--|
| Tool 2 + 3 Morphologie/Funktion 1. Schritt |  | Linkes Herzohr transversal-oblique | Cine-TrueFISP T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung) | <ul style="list-style-type: none"> • Herz-Localizer 2 • Herz-Localizer 3 | Planung an basalem Kurzschnitt: <ul style="list-style-type: none"> • Senkrechte Ausrichtung, mittig orientiert an Position des linken Herzhohls Planung am 4-Kammer-Blick: <ul style="list-style-type: none"> • Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten Sukzessive Parallelverschiebung zur vollständigen Erfassung des linken Herzhohls | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung unter vollständiger Darstellung des linken Herzhohls ✓ Intrakavitäre signalarme Thrombusausparung ✓ Zumeist noch keine definitive Thrombusdetektion! |
| Tool 2 + 3 Morphologie/Funktion 2. Schritt |  | Linkes Herzohr sagittal-oblique (im linksventrikulären 2-Kammer-Blick) | Cine-TrueFISP T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung) | <ul style="list-style-type: none"> • Herz-Localizer 2 • Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1) | Planung an Schicht: Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1): <ul style="list-style-type: none"> • Senkrechte Ausrichtung, angepasster linksventrikulärer 2-Kammer-Blick mittig sagittal-oblique orientiert an Position des linken Herzhohls Planung am 4-Kammer-Blick: <ul style="list-style-type: none"> • Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten Sukzessive Parallelverschiebung zur vollständigen Erfassung des linken Herzhohls | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung einer vertikalen linksventrikulären langen Achse unter vollständiger Darstellung des linken Herzhohls ✓ Intrakavitäre signalarme Thrombusausparung ✓ Zumeist noch keine definitive Thrombusdetektion! |

| Untersuchungsschritt | Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen | Bezeichnung | Pulssequenz erster Wahl | Planungsebene | Schichtorientierung, Orientierungspunkte | Allgemeine Beurteilungskriterien |
|--|---|--|--|---|---|--|
| Tool 2 + 3 Morphologie/ Funktion 3. Schritt |  | Linkes Herzohr koronar-oblique (in adaptierter kurzer Herzachse) | Cine-TrueFISP T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung) | <ul style="list-style-type: none"> Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1) Linkes Herzohr sagittal-oblique (aus Schritt 2) | <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung, angepasste kurze Herzachse orientiert an Position des linken Herzohrs <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr sagittal-oblique (aus Schritt 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Schichtposition zur vollständigen apikobasalen Darstellung des linken Herzohrs <p>Sukzessive Parallelverschiebung zur vollständigen Erfassung des linken Herzohrs</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung, vollständige basoapikale Darstellung des linken Herzohrs ✓ Intrakavitäre signalarme Thrombusausparung ✓ Zumeist noch keine definitive Thrombusdetektion! |

Post-KM-perfusionsbasiertes Untersuchungsprinzip

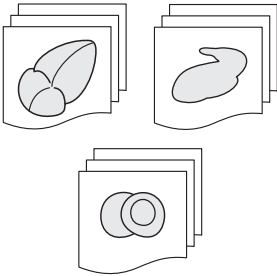
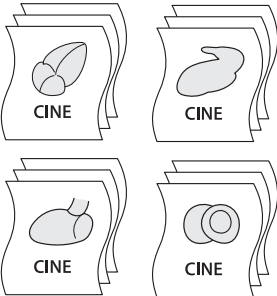
| Untersuchungsschritt | Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen | Bezeichnung | Pulssequenz erster Wahl | Planungsebene | Schichtorientierung, Orientierungspunkte | Allgemeine Beurteilungskriterien |
|-------------------------------|---|--|----------------------------|---|---|---|
| Tool 1 Scout 1. Schritt |  | Linkes Herzohr transversal-oblique | TrueFISP | <ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 Herz-Localizer 3 | <p>Planung an basalem Kurzschnitt:</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung, mittig orientiert an Position des linken Herzohrs <p>Planung am 4-Kammer-Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung unter vollständiger Darstellung des linken Herzohrs |
| Tool 1 Scout 2. Schritt |  | Linkes Herzohr sagittal-oblique (im linksventrikulären 2-Kammer-Blick) | TrueFISP | <ul style="list-style-type: none"> Herz-Localizer 2 Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1) | <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung, angepasster linksventrikulärer 2-Kammer-Blick mittig sagittal-oblique, orientiert an Position des linken Herzohrs <p>Planung am 4-Kammer-Blick:</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung einer vertikalen linksventrikulären langen Achse unter vollständiger Darstellung des linken Herzohrs |
| Tool 1 Scout 3. Schritt |  | Linkes Herzohr koronar-oblique (in adaptierter kurzer Herzachse) | TrueFISP | <ul style="list-style-type: none"> Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1) Linkes Herzohr sagittal-oblique (aus Schritt 2) | <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung, angepasste kurze Herzachse orientiert an Position des linken Herzohrs <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr sagittal-oblique (aus Schritt 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Schichtposition zur vollständigen apikobasalen Darstellung des linken Herzohrs | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrekte Einstellung, vollständige basoapikale Darstellung des linken Herzohrs |

| Untersuchungsschritt | Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen | Bezeichnung | Pulssequenz erster Wahl | Planungsebene | Schichtorientierung, Orientierungspunkte | Allgemeine Beurteilungskriterien |
|--|---|--|--|---|--|--|
| Tool 15 MR-Kardangiographie/MR-Vorhofangiographie 4. Schritt |  | Kardangiographie linkes Herzohr sagittal-oblique (in adaptierter linksventrikulärer vertikaler langer Herzachse) | 3D-FLASH (512-Matrix, EKG-getriggert!) | <ul style="list-style-type: none"> Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1) Linkes Herzohr sagittal-oblique (aus Schritt 2) Linkes Herzohr koronar-oblique(-aus Schritt 3) | <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr transversal-oblique (aus Schritt 1):</p> <ul style="list-style-type: none"> Senkrechte Ausrichtung, angepasster linksventrikulärer 2-Kammer-Blick mittig sagittal-oblique orientiert an Position des linken Herzhohls <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr sagittal-oblique (aus Schritt 2):</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Schichtposition zur vollständigen Darstellung des linken Herzhohls <p>Planung an Schicht: Linkes Herzohr koronar-oblique (aus Schritt 3):</p> <ul style="list-style-type: none"> Korrektur der Schichtposition zur vollständigen Darstellung des linken Herzhohls Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Korrektur der Aufnahmeparameter – Messzeit an individuelle Patientensituation (HF) angepasst ✓ Korrekte Einstellung einer vertikalen linksventrikulären langen Achse unter vollständiger Darstellung des linken Herzhohls ✓ Vorher Nativmessung akquirieren, damit zur Kontrastoptimierung Subtraktion möglich ✓ Optimales EKG-Signal |



16.3.2

Linksventrikulärer Thrombus

Nativ-morphologisches Untersuchungsprinzip

| Untersuchungsschritt | Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen | Pulssequenz | Schichtorientierung, Orientierungspunkte | Beurteilungskriterien |
|--|---|---|---|---|
| Tool 2: Linksventrikuläre Morphologie |  | T1-TSE, T2-TSE-Dark-Blood (Einschichtmessung) | <ul style="list-style-type: none"> 4-Kammer-Blick Linksventrikulärer 2-Kammer-Blick Kurze Herzachsen | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Kardiale Anatomie, Funktion ✓ Herzklappenanatomie, Funktion ✓ Vaskuläre Anatomie ✓ Intrakavitäre signalarme Thrombusaussparung ✓ Meist bereits Nachweis eines intrakavitären Thrombus |
| Tool 3: Linksventrikuläre Myokardfunktion |  | Cine-TrueFISP | <ul style="list-style-type: none"> 4-Kammer-Blick Linksventrikulärer 2-Kammer-Blick LVOT sagittal-oblique Kurze Herzachsen <p>Sukzessive Parallelverschiebung zur vollständigen Erfassung des linken Ventrikels</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Kardiale Anatomie, Funktion ✓ Herzklappenanatomie, Funktion ✓ Vaskuläre Anatomie ✓ Intrakavitäre signalarme Thrombusaussparung ✓ Meist bereits Nachweis eines signalarmen intrakavitären Thrombus |

Post-KM-perfusionsbasiertes Untersuchungsprinzip

| Untersuchungsschritt | Resultierende Einzelaufnahmen/Cine-Messungen | Pulssequenz | Schichtorientierung, Orientierungspunkte | Beurteilungskriterien |
|--|--|--|--|---|
| Tool 12: Ventrikelperfusion 0,1 mmol/kg KG Gd-DTPA i.v. <i>Injektionsgeschwindigkeit ≥ 4 ml/s</i> <i>Anschließend zusätzliche Kontrastmittelgabe!</i> | <i>i.v.-KM-Gabe</i>  <i>Alternativ befundadaptiert:</i> | T1-Turbo-IR-FLASH oder T1-SR-TrueFISP | <ul style="list-style-type: none"> Befundadaptierte Schichtführung Parallele Schichten im 4-Kammer-Blick (bei zumeist apikalem Ventrikeltrombus) Mehrschicht (adaptiert an RR-Intervall) Sukzessive Parallelverschiebung zur vollständigen Erfassung des linken Ventrikels | <ul style="list-style-type: none"> Korrekte Synchronisation von KM-Applikation und Atemkommando Keine Einfaltungsartefakte in der Herzregion Darstellung der ventrikulären Kontrastmittelanflutung Direkte Darstellung des kontrastmittelaussparenden Trombus |
| Tool 2: Morphologie nach KM-Gabe 0,1 mmol/kg KG Gd-DTPA i.v. | <i>i.v.-KM-Gabe</i> <i>Befundadaptiert:</i>  | Primär: 3D-T1-TrueFISP Ergänzend, alternativ: T1-Turbo-FLASH-IR (2D oder 3D) T1-TrueFISP-Single-Shot T1-TrueFISP-2D-Mehrschicht | <ul style="list-style-type: none"> Kurze Herzachsen 4-Kammer-Blick Linksventrikulärer 2-Kammer-Blick Befundadaptiert Sukzessive Parallelverschiebung zur vollständigen Erfassung des linken Ventrikels | <ul style="list-style-type: none"> Jeder intrakavitäre Trombus muss in mindestens 2 Ebenen reproduzierbar dargestellt sein Signalreiche Darstellung des Ventrikelvolumens Signalfreie intrakavitäre Trombusaussparung |

DEED-Step 4

16.4

Allgemeine Beurteilungskriterien

- Linksatrialer Trombus:
 - Größe, Konfiguration des linken Vorhofs,
 - begleitendes stenosierendes Mitralklappenverschluss,
 - direkte Trombusdarstellung in Kontrastmittelserie (EKG-getriggerte 3D-Angiographie).
- Linksventrikulärer Trombus:
 - Größe, Konfiguration des linken Vorhofs,
 - begleitendes stenosierendes Mitralklappenverschluss,
 - direkte Trombusdarstellung in Kontrastmittelserie (EKG-getriggerte 3D-Angiographie).

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