

# Tool 3: Myokardfunktion – regionale Wandbewegung

11

## DEED-Step 1

### 11.1

#### Indikation

- Die uneingeschränkten Möglichkeiten der multiplanaren Schichtpositionierung in der MRT erlauben auch die Beurteilung der Myokardmotilität bei Problemen in der Echokardiographie infolge
  - erschwerter Schallbarkeit bei Adipositas,
  - erschwerter Schallbarkeit bei habituell verlagertem Mediastinalsitus (z. B. Kyphoskoliose),
  - erschwerter Schallbarkeit nach vorausgegangenen kardiochirurgischen Operationen (z. B. korrigierten Vitien),
  - echokardiographisch stets erschwert beurteilbarem rechtem Ventrikel.

#### 11.1.1

##### Untersuchungsprinzip

Zur Analyse der regionalen und globalen links- und rechtsventrikulären Myokardkinetik stehen verschiedene dynamische Sequenztypen zur Verfügung:

- Sequenzen mit prospektiver und retrospektiver EKG-Triggerung
- Sequenzen in freier Atmung und in Atemanhaltetechnik,
- Sequenzen ohne EKG-Triggerung in freier Atmung,
- Echtzeitmessequenzen.

In den meisten Fällen ist die Kardio-MRT zur Motilitätsdiagnostik in Atemanhaltetechnik problemlos durchführbar, nur sehr selten sind Untersuchungen in freier Atmung notwendig.

#### Merke

- Nicht getriggerte ultraschnelle Sequenztypen gehen mit einer geringeren zeitlichen und räumlichen Auflösung einher!
- Nur Sequenzen in retrograder EKG-Triggerung erlauben eine lückenlose Darstellung des gesamten Herzzyklus!
- Eine regionale Störung der Myokardkinetik ist immer in 2 Ebenen als Cineloop darzustellen!

Algorithmus: Myokardfunktion – regionale Wandbewegung  
s. Schema 11.01

#### 11.1.2

##### Erwartete Information

- Die Befundung erfolgt nach dem bekannten 16-Segment-Modell mit der Zuordnung: Normokinesie, Hypokinesie, Akinesie, Dyskinesie, Hyperkinesie
- Die Beurteilung der regionalen Wandbewegungsstörung erfolgt anhand der:
  - systolischen Wandverdickung sowie der
  - systolischen Endokardeinwärtsbewegung.

## DEED-Step 2

### 11.2

#### Untersuchungsvorbereitung

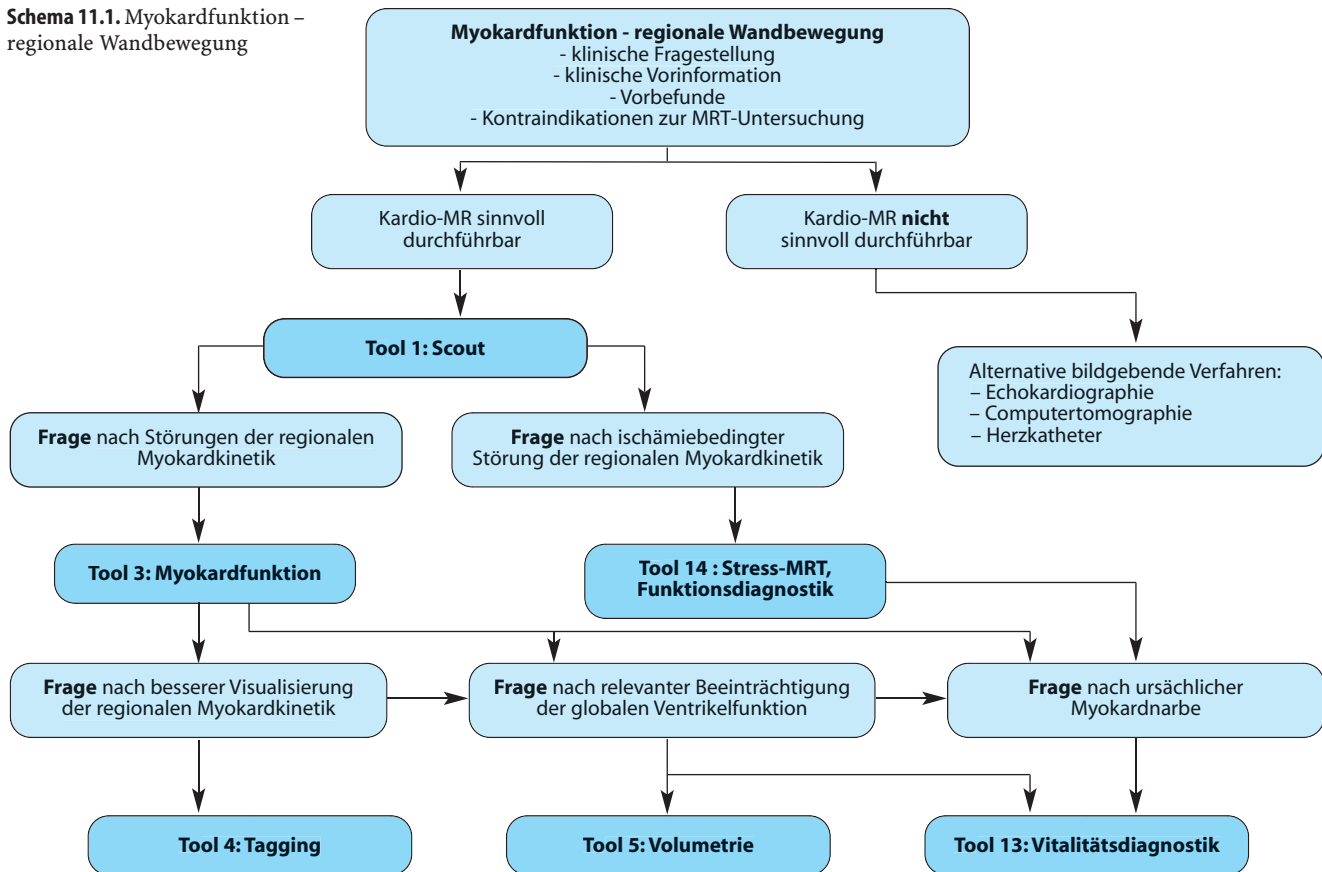
- Allgemeine Untersuchungsvorbereitung: entsprechend Basisvorbereitung, s. 5.1  
Grundkonzept der Kardio-MR-Untersuchung.
- Spezielle Untersuchungsvorbereitung:
  - Kontrastmittel: nicht notwendig.

#### 11.2.1

##### Untersuchungsparameter

Sequenztypen	Cine-TrueFISP Cine-TrueFISP-High-Resolution Cine-TrueFISP-Shared-Echo Cine-TrueFISP-Real-Time Cine-FLASH Cine-FLASH-Nonbreathhold
Messparameter	
Spulen	Oberflächenempfangsspule; Körperspule, Wirbelsäulenspule
Schichtlage	1. raumachsenorientiert 2. herzachsenadaptiert 3. befundadaptiert
Untersuchungsvolumen	Gesamtes Herz
Schichtdicke	≤ 8 mm
Schichtlücke	≤ 20 %
Zeitliche Auflösung	≤ 50 ms
Matrix	≥ 256 × 128 Pixel
FOV	≤ 380 mm

**Schema 11.1.** Myokardfunktion – regionale Wandbewegung



(noch Messparameter)	
Pixelgröße (min./max.)	≤ 1,5 × 3 mm
Kontrastgewichtung	Bright-Blood
Atemtriggerung	Atemanhaltetechnik obligat, bei fehlender Kooperation Echtzeitmessung oder ohne Atemanhaltetechnik
EKG-Triggerung	Obligat oder Echtzeitmessung ohne EKG
Kontrastmittel	–
<b>Qualitätskriterien</b>	Vermeiden von Artefakten durch: Unzulängliche Triggerung Kardiale Arrhythmien Atemartefakte Unzulängliche Frequenzjustage
<b>Zusatzanforderungen</b>	–
<b>Auswertung</b>	Visuelle Beurteilung der Myokardmotilität
<b>Nachverarbeitung</b>	Ggf. spezielle Nachverarbeitungssoftware zur Quantifizierung der regionalen Myokardfunktion

### DEED-Step 3




#### 11.3





#### Standarduntersuchungsstrategie

**Sequenztyp erster Wahl.** Retrograde EKG-getriggerte True-FISP-Sequenz.

Die Sequenzplanung erfolgt anhand der in Tool 1 angefertigten Localizer-Schichten.

## Myokardfunktion – regionale Wandbewegung

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
<b>Tool 3 Myokardfunktion 1. Schritt</b>		<b>4-Kammer-Blick</b> (horizontale linksventrikuläre lange Achse, doppelt anguliert)	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herz-Localizer 1</li> <li>Herz-Localizer 3</li> </ul>	<p><b>Planung an mittventrikulärem Kurzachsen-Localizer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Durch die laterale Spitze des rechten Ventrikels</li> <li>Durch das linksventrikuläre Kavum oberhalb des postero-medialen Papillarmuskels</li> </ul> <p><b>Planung an basalem Kurzachsen-Localizer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur, um einen Anschnitt der linksventrikulären Ausflussbahn als Partialvolumen zu vermeiden</li> </ul> <p><b>Planung am 2-Kammer-Localizer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur zur korrekten Erfassung der Mitte der Mitralklappe sowie des linksventrikulären Apex als Orientierungsschnittpunkten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung einer horizontalen linksventrikulären langen Achse durch die Mitte der Mitralklappe</li> </ul>
<b>2. Schritt</b>		<b>2-Kammer-Blick</b> (vertikale linksventrikuläre lange Achse doppelt anguliert)	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herz-Localizer 2</li> <li>Herz-Localizer 3</li> </ul>	<p><b>Planung an mittventrikulärem Kurzachsenschnitt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Senkrechte Ausrichtung, mittventrikulär verlaufend parallel zum Sulcus interventricularis</li> </ul> <p><b>Planung am 4-Kammer-Blick:</b> Schichtkorrektur unter Berücksichtigung des Mitralklappenschließungsrandes und des Ventrikelapex als Schnittpunkten</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung einer vertikalen linksventrikulären langen Achse durch die Mitte der Mitralklappe</li> <li>✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>
<b>3. Schritt</b>		<b>LVOT sagittal-oblique</b>	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herz-Localizer 2</li> <li>Herz-Localizer 3</li> </ul>	<p><b>Planung an basalem Kurzachsen-Localizer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Orientierungsschnittpunkte sind die Aorta ascendens, die Mitte der linksventrikulären Ausflussbahn sowie die Mitte des basalen linksventrikulären Kavums</li> </ul> <p><b>Planung an mittventrikulärem Kurzachsen-Localizer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur, um einen Anschnitt des Ventrikelseptums im Partialvolumen zu vermeiden</li> </ul> <p><b>Planung am 4-Kammer-Localizer:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur bzw. Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung der linksventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Aortenklappe</li> <li>✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>

Untersuchungsschritt	Resultierende Einzelaufnahmen/ Cine-Messungen	Bezeichnung	Pulssequenz erster Wahl	Planungsebene	Schichtorientierung, Orientierungspunkte	Allgemeine Beurteilungskriterien
4. Schritt		LVOT koronar-oblique	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herz-Localizer 2</li> <li>LVOT sagittal-oblique (aus Schritt 4)</li> </ul>	<p><b>Planung an LVOT sagittal-oblique:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Senkrechte Ausrichtung unter Berücksichtigung der Aorta ascendens, der Mitte der linksventrikulären Ausflussbahn als Orientierungsschnittpunkten</li> </ul> <p><b>Planung am 4-Kammer-Blick:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur bzw. Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung der linksventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Aortenklappe</li> <li>✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>
5. Schritt		Rechtsventrikuläre vertikale lange Achse	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herz-Localizer 2</li> <li>Herz-Localizer 3</li> </ul>	<p><b>Planung an mittventrikulärem Kurzschnitt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Primär senkrechte, angepasst parallel zur linksventrikulären langen Achse</li> </ul> <p><b>Planung am 4-Kammer-Blick:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur orientiert an der Mitte des rechtsventrikulären Kavums</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung einer vertikalen rechtsventrikulären langen Achse durch die Mitte der Trikuspidalklappe</li> <li>✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>
6. Schritt		Rechtsventrikuläre vertikale Ausflussbahn sagittal-oblique	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Herz-Localizer 2</li> <li>Herz-Localizer 3</li> </ul>	<p><b>Planung an basalem Kurzschnitt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Primär senkrechte Ausrichtung mit rechtsventrikulärer Ausflussbahn als Orientierungsschnittpunkt</li> </ul> <p><b>Planung an mittventrikulärem Kurzschnitt:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur zur Vermeidung der Darstellung des Ventrikelseptums im Partialvolumen</li> </ul> <p><b>Planung am 4-Kammer-Blick:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur anhand der Mitte des rechtsventrikulären Kavums, der Trikuspidalklappenmitte als Orientierungspunkten</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung der rechtsventrikulären Ausflussbahn durch die Mitte der Pulmonalklappe</li> <li>✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul>
7. Schritt		Kurze Herzachsen (basal, mittventrikulär, apikal)	Cine-TrueFISP	<ul style="list-style-type: none"> <li>4-Kammerblick (Schritt 1)</li> <li>2-Kammerblick (Schritt 2)</li> </ul>	<p><b>Planung am 4-Kammer-Blick:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Senkrechte Ausrichtung zum 4-Kammer-Blick parallel zur Mitralklappenebene sowie angepasst senkrecht zum Ventrikelseptum. Ferner Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> </ul> <p><b>Planung an linksventrikulärer langer Achse:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Schichtkorrektur zur Parallelität entlang der Mitralklappenebene</li> </ul> <p><b>Sukzessive parallele Schichtführung in kurzer Herzachse von der Herzbasis bis zum Apex</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Korrekte Einstellung der kurzen Herzachse mit zirkulär symmetrischer Myokardabbildung</li> <li>✓ Korrektur der Aufnahmeparameter, insbesondere Größe des Field-of-View zur Vermeidung von Einfaltungsartefakten</li> <li>✓ Korrekte Abbildung der Herzbasis zur Volumetrie</li> </ul>

## Merke

- Eine exakte Positionierung der Untersuchungsschichten unter Berücksichtigung der individuellen kardialen Anatomie ist für die funktionelle und morphologische Beurteilung des Herzens außerordentlich wichtig.
- Zu Beginn der Planung der funktionellen Cine-Messungen sind grundsätzlich alle 3 Herz-Localizer auf dem Display des Untersuchungsmenüs aufzurufen und diese stets zur Positionsplanung aller funktionellen Messungen zu berücksichtigen.
- Die Schichtorientierung ist an allen 3 Herz-Localizern zu modifizieren und der individuellen kardialen Anatomie anzupassen.

## Praxistipp

Oft gesehene Probleme und ihre Lösungsmöglichkeit:

- 4-Kammer-Blick
  - Problem: unzureichende Darstellung beider Vorhöfe,
  - Lösung: Korrektur anhand des 2-Kammer-Localizers, Schichtführung durch Mitralklappenmitte sowie linken Vorhof.
  - Problem: unzureichende Darstellung des rechten Ventrikels,
  - Lösung: Korrektur anhand des mittventrikulären Kurzachsen-Localizers, Schichtführung durch rechtsventrikuläres Kavum.
  - Problem: Darstellung der linksventrikulären Ausflusssbahn im Partialvolumen,
  - Lösung: Korrektur anhand des basalen Kurzachsen-Localizers, nach kaudal gerichtete Schichtverschiebung unterhalb der linksventrikulären Ausflusssbahn.
- Linksventrikuläre Ausflusssbahn (sagittal-oblique)
  - Problem: unzureichende Darstellung der Aortenklappen-ebene, der Aortenwurzel,
  - Lösung: Korrektur anhand des basalen Kurzachsen-Localizers, Schichtführung mittig durch Aortenklappen-ebene.
  - Problem: Darstellung des Ventrikelseptums im Partialvolumen
  - Lösung: Korrektur anhand des mittventrikulären Kurzachsen-Localizers, Schichtverschiebung, -angulation in Richtung der Mitte des linken Ventrikelkavums.
- Linksventrikuläre Ausflusssbahn (koronar-oblique)
  - Problem: unzureichende Darstellung der Aortenklappen-ebene, der Aortenwurzel,
  - Lösung: Korrektur anhand der linksventrikulären Ausflusssbahn (sagittal-oblique), Schichtführung mittig durch Aortenklappen-ebene.
  - Problem: überlagernde Streifenartefakte oder Einfaltungsartefakte,
  - Lösung: größeres Field-of-View oder Oversampling in Ausleserichtung.
- Linksventrikuläre lange Achse
  - Problem: unzureichende Darstellung des linken Vorhofs,
  - Lösung: Korrektur anhand des 4-Kammer-Blicks, Schichtführung durch Mitralklappenmitte sowie linken Vorhof.
  - Problem: überlagernde Einfaltungsartefakte,
  - Lösung: Größeres Field-of-View oder Oversampling in Ausleserichtung
- Rechtsventrikuläre lange Achse
  - Problem: unzureichende Darstellung des rechtsventrikulären Kavums,
  - Lösung: Korrektur anhand des 4-Kammer-Blicks, Schichtführung durch rechtsventrikuläres Kavum.
  - Problem: Darstellung des Ventrikelseptums, des rechten Ventrikelkavums im Partialvolumen,

- Lösung: Korrektur anhand des 4-Kammer-Blicks, Schichtführung durch rechtsventrikuläres Kavum.
- Problem: unzureichende Darstellung des rechten Vorhofs und der Trikuspidalklappe,
- Lösung: Korrektur anhand des 4-Kammer-Blicks, Schichtführung durch Trikuspidalklappenmitte und rechten Vorhof.
- Rechtsventrikuläre Ausflusssbahn
  - Problem: unzureichende Darstellung der rechtsventrikulären Ausflusssbahn,
  - Lösung: Korrektur anhand des basalen Kurzachsen-Localizers, Schichtverschiebung und -angulation in Richtung der rechtsventrikulären Ausflusssbahn.
  - Problem: Darstellung des Ventrikelseptums im Partialvolumen,
  - Lösung: Korrektur anhand des 4-Kammer-Blicks, Schichtführung durch rechtsventrikuläres Kavum.
- Kurze Herzachse
  - Problem: unzureichende Erfassung der basalen Ventrikelabschnitte,
  - Lösung: Korrektur an enddiastolischer Phase des 4-Kammer-Blicks, Verschiebung des Schichtblocks in Richtung der Herzbasis.
  - Problem: ungleichmäßige Darstellung des Myokarddiameters,
  - Lösung: Korrektur anhand des 4-Kammer-Blicks, der linksventrikulären langen Achse, individuell angepasste, zur Mitralklappe parallele Schichtführung, senkrecht zum Ventrikelseptum.

### 11.3.1

#### Ergänzende Untersuchungsstrategie

#### Sequenztyp zweiter Wahl

- Bei kardialer Arrhythmie mit unzulänglicher EKG-Triggerung: Echtzeit-TrueFISP
- Zur Beschleunigung des Untersuchungsablaufs unter Einbuße räumlicher und zeitlicher Auflösung: Mehrschicht-Shared-Echo-TrueFISP

## DEED-Step 4

### 11.4

#### Allgemeine Beurteilungskriterien

Die Beurteilung der myokardialen Kontraktilität erfolgt in allen Segmenten anhand folgender Kriterien:

- **Normokinesie:** regelrechte endokardiale Einwärtsbewegung und keine systolische Wanddickenzunahme,
- **Hypokinesie:** verminderte endokardiale Einwärtsbewegung und keine systolische Wanddickenzunahme,
- **Akinesie:** keine endokardiale Einwärtsbewegung und keine systolische Wanddickenzunahme,
- **Dyskinesie:** paradoxe systolische endokardiale Auswärtsbewegung,
- **Hyperkinesie:** verstärkte endokardiale Einwärtsbewegung mit Kavumobliteration.

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