

Inhaltsverzeichnis

Grundlagen der kardiovaskulären MRT

B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER

unter kardiologischer Mitarbeit von S. PINGER, V. HOSSMANN

1	Gerätevoraussetzungen	3	5.6.2	Physiologische Sequenzsteuerung	16
1.1	Magnetfeld	3	5.6.2.1	EKG-Synchronisation	16
1.2	Gradientensystem	3	5.6.2.2	Atemsynchronisation	17
1.3	Radiofrequenzsystem	4	5.7	Befunddokumentation und -archivierung	18
1.4	Computersystem, Software	4			
1.5	Spulen	4			
2	Räumliche Ausstattung der Kardio-MRT-Suite	5	6	Sicherheitsaspekte	19
2.1	Magnetraum	5	6.1	Statisches Magnetfeld	19
2.2	MRT-Konsole	5	6.2	Gradientenfeld	19
2.3	Patientenvorbereitungsraum	5	6.3	Hochfrequenzfeld	19
2.4	Abteilungsübergreifende Organisation	6	6.4	Kontraindikationen	19
3	Personelle Voraussetzungen	7	6.4.1	Absolute Kontraindikationen	19
3.1	Arzt	7	6.4.2	Relative Kontraindikationen	20
3.2	MTRA	7	6.5	Notfallsituationen	20
4	Patientenmanagement	9	6.5.1	Ursachen	20
4.1	Vorbereitung	9	6.5.2	Notfallmanagement	20
4.2	Führung während der Untersuchung	9	6.5.2.1	Primäre Organisation	20
4.3	Lagerung	10	6.5.2.2	Regelmäßige Maßnahmen	20
4.4	Monitoring	10			
4.5	Führung nach der Untersuchung	10	7	Klinische Anwendungen	21
5	Untersuchungsmanagement	11	7.1	Standardisierte Untersuchungsschichtebenen der normalen MR-tomographischen Anatomie des Herzens	22
5.1	Grundkonzept der Kardio-MR-Untersuchung ..	11	7.1.1	Körperachsenorientierte Basisuntersuchung – Anatomie und Morphologie	22
5.1.1	DEED-Rule	11	7.1.2	Herzachsenorientierte Standarduntersuchung – Anatomie und Funktion	22
5.1.1.1	Step 1: Decision	11	7.2	Spezielle herzachsenorientierte Schichtebenen	28
5.1.1.2	Step 2: Equipment and Preparation	11	7.2.1	Herzklappen	28
5.1.1.3	Step 3: Examination	13	7.2.1.1	Mitralklappenebene	28
5.1.1.4	Step 4: Documentation and Evaluation	13	7.2.1.2	Trikuspidalklappenebene	28
5.2	Gesamtuntersuchungsdauer	14	7.2.1.3	Aortenklappenebene	29
5.3	Zeitlimits der Untersuchungsschritte	14	7.2.1.4	Pulmonalklappenebene	29
5.4	Untersuchungsplanung	14	7.2.2	Linkes Herzohr	31
5.5	Spulwahl	15	7.2.3	Koronararterien	32
5.6	Sequenzen – Prinzipien der speziellen Sequenzprotokolle	15	7.2.3.1	Rechte Koronararterie	32
5.6.1	Einteilung nach zugrunde liegender Sequenzfamilie	15	7.2.3.2	Linke Koronararterie	32
5.6.1.1	Spinechosequenzen	15	8	Kontrastmittel in der kardiovaskulären MRT	34
5.6.1.2	Gradientenechosequenzen	15	8.1	Extrazelluläre Kontrastmittel	34
			8.1.1	Pharmakokinetik	34
			8.1.2	Dosierung	34

8.1.3	Sicherheitsaspekte, Verträglichkeit	34	8.3.2.2	Koronare Herzkrankheit	36
8.2	Intravasale Kontrastmittel	35	8.3.2.3	Myokardinfarkt	36
8.3	Anwendungen	35	8.3.2.4	Kardiomyopathien	36
8.3.1	Grundlagen	35	8.3.2.5	Kongenitale Herzerkrankungen	36
8.3.2	Klinische Indikationen	35	8.3.2.6	Gefäßkrankheiten	36
8.3.2.1	Kardiale und parakardiale Raumforderungen	35			

Untersuchungsabläufe in der Kardio-MRT

B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER

unter kardiologischer Mitarbeit von E. VALDIVIESO, G. ENGELS

9	Tool 1: Scout – Localizer	39	13.3	Standarduntersuchungsstrategie	56
9.1	Indikation	39	13.3.1	Ergänzende Untersuchungstechniken	58
9.1.1	Untersuchungsprinzip	39	13.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	58
9.1.2	Erwartete Information	39			
9.2	Untersuchungsvorbereitung	39	14	Tool 6: Volumetrieanalyse	59
9.2.1	Pulssequenzparameter	40	14.1	Indikation/erwartete Information	59
9.3	Standarduntersuchungsstrategie	40	14.1.1	Nachverarbeitungsprinzip	59
			14.2	Notwendige Untersuchungsdaten	61
10	Tool 2: Morphologie, Topologie	41	14.3	Nachverarbeitungsschritte	61
10.1	Indikation	41	14.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	61
10.1.1	Untersuchungsprinzip	41			
10.1.2	Erwartete Information	41	15	Tool 7: Herzklappenmorphologie und -funktion	62
10.2	Untersuchungsvorbereitung	41	15.1	Indikation/erwartete Information	62
10.2.1	Untersuchungsparameter	42	15.1.1	Untersuchungsprinzip	62
10.3	Standarduntersuchungsstrategie	43	15.2	Untersuchungsvorbereitung	62
10.3.1	Ergänzende Untersuchungsstrategie	46	15.2.1	Pulssequenzparameter	63
10.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	46	15.3	Standarduntersuchungsstrategie	64
			15.3.1	Mitralklappe	64
11	Tool 3: Myokardfunktion – regionale Wandbewegung	47	15.3.2	Aortenklappe	65
11.1	Indikation	47	15.3.3	Trikuspidalklappe	66
11.1.1	Untersuchungsprinzip	47	15.3.4	Pulmonalklappe	67
11.1.2	Erwartete Information	47	15.3.5	Ergänzende Untersuchungstechniken	68
11.2	Untersuchungsvorbereitung	47	15.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	68
11.2.1	Untersuchungsparameter	47			
11.3	Standarduntersuchungsstrategie	48	16	Tool 8: Intrakardiale Thrombusdiagnostik	69
11.3.1	Ergänzende Untersuchungsstrategie	51	16.1	Indikation	69
11.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	51	16.1.1	Untersuchungsprinzip	70
			16.2	Untersuchungsvorbereitung	72
12	Tool 4: Myokardiale Funktion – Tagging	52	16.3	Standarduntersuchungsstrategie	72
12.1	Indikation	52	16.3.1	Linksatrialer Thrombus	72
12.1.1	Untersuchungsprinzip	52	16.3.2	Linksventrikulärer Thrombus	74
12.1.2	Erwartete Information	52	16.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	75
12.2	Untersuchungsvorbereitung	52			
12.2.1	Pulssequenzparameter	52	17	Tool 9: Shuntdiagnostik	76
12.3	Standarduntersuchungsstrategie	53	17.1	Indikation	76
12.3.1	Ergänzende Untersuchungsstrategie	54	17.1.1	Untersuchungsprinzip	76
12.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	54	17.2	Untersuchungsvorbereitung	76
			17.3	Standarduntersuchungsstrategie	76
13	Tool 5: Globale Ventrikelfunktion, Volumetrie	55	17.3.1	Morphologisches Untersuchungsprinzip	77
13.1	Indikation zur MR-Volumetrie	55	17.3.2	Funktionelles Untersuchungsprinzip	78
13.1.1	Untersuchungsprinzip	55	17.3.3	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	79
13.1.2	Erwartete Information	55	17.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	79
13.2	Untersuchungsvorbereitung	55			
13.2.1	Untersuchungsparameter	55	18	Tool 10: MR-Flussmessung	80
			18.1	Indikation	80

18.1.1	Untersuchungsprinzip	80	22.2.1	Checkliste: Adenosin-Stress-MRT des Herzens	109
18.2	Untersuchungsvorbereitung	81	22.3	Standarduntersuchungsstrategie: Adenosin-Stress-MRT	109
18.2.1	Pulssequenzparameter	81	22.3.1	Ergänzende Untersuchungstechniken	111
18.3	Standarduntersuchungsstrategie	82	22.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	111
18.3.1	An den Herzklappen orientierte Flussmessung	83	22.5	Anhang: Dobutamin-Stress-MRT des Herzens	114
18.3.1.1	Flussmessung Mitralklappe	83	22.5.1	Checkliste: Untersuchungsvorbereitung	114
18.3.1.2	Flussmessung Aortenklappe	84	22.5.2	Untersuchungsablauf und Untersuchungs- sequenzen	114
18.3.1.3	Flussmessung Trikuspidalklappe	85			
18.3.1.4	Flussmessung Pulmonalklappe	86			
18.3.2	Am Vorhof-/Ventrikelseptum orientierte Flussmessung	87	23	Tool 15: 3D-MR-Kardangiographie	116
18.3.2.1	Flussmessung – Shuntdiagnostik	87	23.1	Indikation	116
18.3.3	Intravasale Flussmessung	88	23.1.1	Untersuchungsprinzip	116
18.3.3.1	Aorta	88	23.1.2	Kontrastmittelgabe	116
18.3.3.2	Truncus pulmonalis	90	23.2	Untersuchungsvorbereitung: MRA der Pulmonalarterien	116
18.3.3.3	A. pulmonalis rechts	91	23.3	Standarduntersuchungsstrategie	117
18.3.3.4	A. pulmonalis links	92	23.3.1	Zeitaufgelöste MR-Angiographie	117
18.3.3.5	V. cava	93	23.3.2	Nicht zeitaufgelöste MR-Angiographie	118
18.3.4	Ergänzende Untersuchungstechniken	93	23.3.3	Alternative/ergänzende Untersuchungs- techniken	118
18.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	94			
19	Tool 11: Flussanalyse	95	24	Tool 16: MR-Koronarangiographie	119
19.1	Indikation/erwartete Information	95	24.1	Gegenwärtig gebräuchliche MR-Koronarangi- graphietechniken	119
19.1.1	Nachverarbeitungsprinzip	95	24.1.1	Grundprinzipien	119
19.2	Notwendige Untersuchungsdaten	95	24.1.2	Entwicklung	120
19.3	Nachverarbeitungsschritte	95	24.1.2.1	1. Generation	120
20	Tool 12: Myokardperfusionsmessung und Perfusions-MR-Kardangiographie	99	24.1.2.2	2. Generation	120
20.1	Indikation	99	24.1.2.3	3. Generation	121
20.1.1	Untersuchungsprinzip	99	24.2	Technische Einstellungen	121
20.2	Untersuchungsvorbereitung	99	24.2.1	k-Raum-Segmentierung	121
20.2.1	Pulssequenzparameter	99	24.2.2	Zeitliche Auflösung	121
20.3	Standarduntersuchungsstrategie	100	24.2.3	Ortsauflösung, Signal/Rausch-Verhältnis	121
20.3.1	Myokardperfusionsmessung	101	24.2.4	Unterdrückung von Artefakten durch die Atembewegung	121
20.3.2	Perfusions-MR-Kardangiographie	101	24.2.5	Atemanhaltetechnik	121
20.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	101	24.2.6	Freie Atmung	122
			24.2.7	Unterdrückung von Artefakten durch die Herzbewegung	122
21	Tool 13: Late-Enhancement-Messung – Vitalitätsdiagnostik	103	24.2.8	Unterdrückung der Signale umgebender Gewebe	122
21.1	Indikation	103	24.2.9	Kontrastverstärkung	122
21.1.1	Untersuchungsprinzip	103	24.2.10	Schnelle Akquisitionstechniken	123
21.2	Untersuchungsvorbereitung	103	24.3	Indikation	123
21.2.1	Sequenzparameter	103	24.3.1	Untersuchungsprinzip	123
21.3	Standarduntersuchungsstrategie	104	24.3.1.1	Scout-Scanning	123
21.4	Allgemeine Beurteilungskriterien	106	24.3.1.2	MR-Koronarangiographieakquisition	124
22	Tool 14: Stress-MRT	107	24.3.2	Erwartete Information	124
22.1	Indikation	107	24.3.3	Artefakte	124
22.1.1	Kontraindikationen	107	24.4	Untersuchungsvorbereitung	124
22.1.2	Untersuchungsprinzip	107	24.5	Standarduntersuchungsstrategie	124
22.1.3	Erwartete Information	107			
22.2	Untersuchungsvorbereitung	108			

Untersuchungsabläufe in der MR-Angiographie

B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER

unter kardiologischer Mitarbeit von F. WEBERING

25	Tool 17: MR-Angiographie (große Gefäße) ...	129	25.1.2.4	Wahl der Sequenzparameter	132
25.1	Techniken der MR-Angiographie	129	25.1.2.5	Vorteile und Nachteile	133
25.1.1	Time-of-Flight-Angiographie	129	25.1.3	Kontrastmittelgestützte MR-Angiographie	133
25.1.1.1	Grundprinzip	129	25.1.3.1	Grundprinzip	133
25.1.1.2	Indikationen	129	25.1.3.2	Indikationen	133
25.1.1.3	Untersuchungsschritte	130	25.1.3.3	Untersuchungsschritte	134
25.1.1.4	Wahl der Sequenzparameter	130	25.1.3.4	Optimierungsstrategien	135
25.1.1.5	Optimierungsstrategien	130	25.1.3.5	Vorteile und Nachteile	135
25.1.1.6	Vorteile und Nachteile	131	25.2	Nachverarbeitung von MR-Angiographien	136
25.1.2	Phasenkontrast-MR-Angiographie	131	25.2.1	Subtraktion	136
25.1.2.1	Grundprinzip	131	25.2.2	Maximale Intensitätsprojektion (MIP)	136
25.1.2.2	Indikationen	132	25.2.3	Multiplanare Rekonstruktion (MPR)	136
25.1.2.3	Untersuchungsschritte	132	25.2.4	Volume-Rendering	136

Untersuchungsstrategien bei speziellen kardiovaskulären Fragestellungen

I Ischämische Herzerkrankung

B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER

unter kardiologischer Mitarbeit von TH. AUPPERLE, J. HÖTZEL

26	Koronare Herzerkrankung	141	28	Myokardinfarkt	152
26.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	141	28.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	152
26.2	Untersuchungsziel	141	28.2	Untersuchungsziel	154
26.2.1	Erwartete Information	141	28.2.1	Untersuchungsprinzipien	154
26.2.2	Untersuchungsprinzipien	141	28.3	Untersuchungsvorbereitung	154
26.3	Untersuchungsvorbereitung	142	28.4	Standarduntersuchungsstrategie	155
26.4	Standarduntersuchungsstrategie	143	28.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	155
26.4.1	Morphologisch orientierte Untersuchungsstrategie	143	28.4.2	Morphologisch-vitalitätsorientiertes Untersuchungsprinzip	157
26.4.2	Funktionell orientierte Untersuchungsstrategie	144	28.5	Auswertung	158
26.4.2.1	Dobutamin-Stress-MRT des Herzens	144	28.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	158
26.4.2.2	Adenosin-Stress-MRT des Herzens	145	28.5.2	MR-Funktionsuntersuchung	159
26.5	Auswertung	147	28.5.3	MR-Volumetrie	159
26.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	147	28.5.4	Kontrastmitteluntersuchung	159
26.5.2	MR-Funktionsuntersuchung	147			
26.5.3	MR-Volumetrie	147	II Herzklappenerkrankungen		
26.5.4	MR-Perfusionsuntersuchung – Adenosin-Stress-MRT	147	B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER		
26.5.5	MR-Perfusionsanalyse	147	unter kardiologischer Mitarbeit von K.-P. SCHWEIZER,		
26.5.6	MR-Kontrastmitteluntersuchung	147	H. J. SCHMITZ		
27	Myokardiale Vitalitätsdiagnostik	148	29	Mitralklappe	163
27.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	148	29.1	Mitralklappenstenose	163
27.2	Untersuchungsziel	148	29.1.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	163
27.2.1	Untersuchungsprinzipien	148	29.1.2	Untersuchungsziel	164
27.3	Untersuchungsvorbereitung	149	29.1.2.1	Untersuchungsprinzipien	164
27.4	Standarduntersuchungsstrategie	150	29.1.3	Untersuchungsvorbereitung	165
27.5	Auswertung	151	29.1.4	Standarduntersuchungsstrategie	165
27.5.1	MR-Kontrastmitteluntersuchung	151	29.1.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	165
27.5.2	Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren	151	29.1.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	166
27.5.3	Aussagekraft der Late-Enhancement-Kontrastanalyse	151	29.1.5	Auswertung	167
			29.1.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	167
			29.1.5.2	Klappenmorphologie und -funktion	167

29.1.5.3	Herzfunktion – Wandbewegung	167	31	Pulmonalklappe	191
29.1.5.4	MR-Planimetrie	168	31.1	Pulmonalklappenstenose	191
29.1.5.5	MR-Flussuntersuchung	168	31.1.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	191
29.1.5.6	Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren	168	31.1.2	Untersuchungsziel/erwartete Information	191
29.2	Mitralklappeninsuffizienz	168	31.1.2.1	Untersuchungsprinzipien	191
29.2.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	168	31.1.3	Untersuchungsvorbereitung	191
29.2.2	Untersuchungsziel	170	31.1.4	Standarduntersuchungsstrategie	192
29.2.2.1	Untersuchungsprinzipien	170	31.1.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	192
29.2.3	Untersuchungsvorbereitung	171	31.1.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	194
29.2.4	Standarduntersuchungsstrategie	171	31.1.5	Auswertung	195
29.2.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	171	31.1.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	195
29.2.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	172	31.1.5.2	Klappenmorphologie und -funktion	195
29.2.5	Auswertung	174	31.1.5.3	Herzfunktion – Wandbewegung	195
29.2.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	174	31.1.5.4	MR-Planimetrie	196
29.2.5.2	Herzfunktion – Wandbewegung	174	31.1.5.5	MR-Angiographie	196
29.2.5.3	MR-Volumetrie	174	31.1.5.6	Globale Herzfunktion – volumetrische Quantifizierung	196
29.2.5.4	MR-Flussuntersuchung	175	31.1.5.7	MR-Flussuntersuchung	196
30	Aortenklappe	176	31.2	Pulmonalklappeninsuffizienz	196
30.1	Aortenklappenstenose	176	31.2.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	196
30.1.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	176	31.2.2	Untersuchungsziel/erwartete Information	197
30.1.2	Untersuchungsziel/erwartete Information	177	31.2.2.1	Untersuchungsprinzipien	197
30.1.2.1	Untersuchungsprinzipien	177	31.2.3	Untersuchungsvorbereitung	197
30.1.3	Untersuchungsvorbereitung	178	31.2.4	Standarduntersuchungsstrategie	198
30.1.4	Standarduntersuchungsstrategie	179	31.2.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	198
30.1.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	179	31.2.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	200
30.1.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	180	31.2.5	Auswertung	201
30.1.5	Auswertung	181	31.2.5.1	MR-Flussuntersuchung	201
30.1.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	181	32	Trikuspidalklappe	202
30.1.5.2	Herzfunktion	181	32.1	Trikuspidalklappeninsuffizienz	202
30.1.5.3	MR-Planimetrie	181	32.1.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	202
30.1.5.4	Globale Herzfunktion – volumetrische Quantifizierung	182	32.1.2	Untersuchungsziel	203
30.1.5.5	MR-Flussuntersuchung	182	32.1.2.1	Untersuchungsprinzipien	203
30.1.5.6	Wertung der Ergebnisse der MRT	182	32.1.3	Untersuchungsvorbereitung	203
30.2	Aortenklappeninsuffizienz	182	32.1.4	Standarduntersuchungsstrategie	205
30.2.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	182	32.1.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	205
30.2.2	Untersuchungsziel/erwartete Information	184	32.1.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	206
30.2.2.1	Untersuchungsprinzipien	184	32.1.5	Auswertung	207
30.2.3	Untersuchungsvorbereitung	184	32.1.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	207
30.2.4	Standarduntersuchungsstrategie	184	32.1.5.2	Klappenmorphologie und -funktion	207
30.2.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	184	32.1.5.3	Herzfunktion – Wandbewegung	207
30.2.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip	187	32.1.5.4	MR-Volumetrie	208
30.2.5	Auswertung	188	32.1.5.5	MR-Flussuntersuchung	208
30.2.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	188			
30.2.5.2	Klappenmorphologie und -funktion	188			
30.2.5.3	Herzfunktion – Wandbewegung	189			
30.2.5.4	Globale Herzfunktion – volumetrische Quantifizierung	189			
30.2.5.5	MR-Flussuntersuchung	189			
30.2.5.6	Vergleich mit anderen bildgebenden Verfahren	190			

III	Kardiomyopathien	36	Dilatative Kardiomyopathie	234
	B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER	36.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	234
	unter kardiologischer Mitarbeit von D. GYSAN, E. MAY	36.2	Untersuchungsziel	234
33	Myokarditis	36.2.1	Untersuchungsprinzipien	234
33.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	36.3	Untersuchungsvorbereitung	234
33.2	Untersuchungsziel	36.4	Standarduntersuchungsstrategie	236
33.2.1	Untersuchungsprinzipien	36.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungs-	
33.3	Untersuchungsvorbereitung		prinzip	236
33.4	Standarduntersuchungsstrategie	36.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungs-	
33.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungs-		prinzip	237
	prinzip	36.4.3	Differenzialdiagnostisch orientiertes	
33.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungs-		Untersuchungsprinzip	238
	prinzip	36.5	Auswertung	239
33.5	Auswertung	36.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	239
33.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	36.5.2	Herzfunktion – Wandbewegung	240
33.5.2	Herzfunktion – Wandbewegung	36.5.3	MR-Volumetrie	241
33.5.3	MR-Volumetrie	36.5.4	MR-Flussmessung	241
33.5.4	MR-Kontrastmitteluntersuchung	36.5.5	MR-Kontrastmitteluntersuchung	241
33.6	Spezielle Myokarditisformen	37	Arrhythmogene rechtsventrikuläre	
34	Hypertrophe Kardiomyopathie		Dysplasie	242
34.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	37.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	242
34.2	Untersuchungsziel	37.2	Untersuchungsziel	243
34.2.1	Untersuchungsprinzip	37.2.1	Untersuchungsprinzip	243
34.3	Untersuchungsvorbereitung	37.3	Untersuchungsvorbereitung	243
34.4	Standarduntersuchungsstrategie	37.4	Standarduntersuchungsstrategie: Morpho-	
34.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungs-		logisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	244
	prinzip	37.5	Auswertung	245
34.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungs-	37.5.1	MR-Morphologieuntersuchung	245
	prinzip	37.5.2	MR-Funktionsuntersuchung	245
34.4.3	Postinterventionelle Untersuchungsstrategie	IV	Weitere wichtige Herzerkrankungen	
34.5	Auswertung	38	Perikarderkrankungen	249
34.5.1	MR-Morphologieuntersuchung		Unter kardiologischer Mitarbeit von J. H. WIRTZ,	
34.5.2	Herzfunktion – Wandbewegung		K. H. SCHMITZ	
34.5.3	MR-Volumetrie	38.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	249
34.5.4	MR-Flussmessung	38.2	Untersuchungsziel	249
34.5.5	MR-Kontrastmitteluntersuchung	38.2.1	Untersuchungsprinzip	250
35	Restriktive Kardiomyopathie	38.3	Untersuchungsvorbereitung	250
35.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	38.4	Standarduntersuchungsstrategie: Morpho-	
35.2	Untersuchungsziel		logisch-funktionelles Untersuchungsprinzip	251
35.2.1	Untersuchungsprinzip	38.5	Auswertung	252
35.3	Untersuchungsvorbereitung	38.5.1	Perikarderguss	252
35.4	Standarduntersuchungsstrategie	38.5.2	Akute Perikarditis	253
35.4.1	Morphologisch-funktionelles Untersuchungs-	38.5.3	Konstriktive Perikarditis	253
	prinzip	38.5.4	Kongenitale Perikardagenesie	254
35.4.2	Funktionell-quantitatives Untersuchungs-	38.5.5	Perikardzyste	255
	prinzip	38.5.6	Neoplastische Perikarderkrankungen	255
35.5	Auswertung	39	Kardiale Tumoren	256
35.5.1	MR-Morphologieuntersuchung		Unter kardiologischer Mitarbeit von R. KLAER	
35.5.2	Herzfunktion – Wandbewegung	39.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	256
35.5.3	MR-Volumetrie	39.2	Untersuchungsziel	260
35.5.4	MR-Kontrastmitteluntersuchung	39.3	Untersuchungsvorbereitung	261
35.6	Spezielle Formen sekundärer Kardiomyo-	39.4	Standarduntersuchungsstrategie	262
	pathien	39.5	Auswertung	263

39.5.1	Beurteilungskriterien häufiger benigner Herztumoren	263	40.5	Auswertung	272
39.5.2	Beurteilungskriterien häufiger maligner Herztumoren	265	40.5.1	Segmentaler Ansatz	272
40	Kongenitale kardiale Vitien	266	40.5.1.1	Untersuchung von Vorhofanomalien	273
	B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER unter kardiologischer Mitarbeit von D. FRANZEN, A. OSTERSPEY		40.5.1.2	Untersuchung von Anomalien der venösen Verbindungen	273
40.1	Klinisch-diagnostische Aspekte	266	40.5.1.3	Untersuchung von Ventrikelanomalien	274
40.2	Untersuchungsziel	266	40.5.1.4	Untersuchung von Anomalien der atrioventrikulären Verbindung	276
40.2.1	Untersuchungsprinzipien	266	40.5.1.5	Untersuchung von Anomalien des atrioventrikulären Septums	276
40.3	Untersuchungsvorbereitung	266	40.5.1.6	Untersuchung von Anomalien der ventrikuloarteriellen Verbindung	276
40.4	Standarduntersuchungsstrategie	268	40.5.2	Konklusiver Ansatz	277
40.4.1	Morphologisches Untersuchungsprinzip	268	40.5.2.1	Shuntuntersuchung	277
40.4.2	Funktionelles Untersuchungsprinzip	269	40.5.2.2	Untersuchung von Vitien mit Obstruktion	284
40.4.3	Funktionell-quantitatives Untersuchungsprinzip 270		40.5.2.3	Untersuchung komplexer kongenitaler Vitien	286
			40.5.2.4	Untersuchung von Gefäßanomalien	290
			40.5.2.5	Postoperative Untersuchung	291

Untersuchungsstrategien bei speziellen angiologischen Fragestellungen – MRA

B. SCHULTE, A. BOLDT, D. BEYER
unter kardiologischer Mitarbeit von F. WEBERING, J. BUSCH

41	Intrakranielle Strombahn	295	42.3.2	Ergänzende Untersuchungstechniken	302
41.1	Indikationen	295	42.4	Auswertung	302
41.1.1	Planung der Untersuchungsstrategie	295	42.4.1	Extrakranielle arteriosklerotische Stenosen und Verschlüsse der Karotisstrombahn	302
41.2	Untersuchungsvorbereitung	295	42.4.2	Extrakranielle arteriosklerotische Stenosen und Verschlüsse der Vertebralisstrombahn	302
41.2.1	Native intrakranielle MR-Angiographie	295	42.4.3	Dissektion der A. carotis	302
41.2.2	Kontrastmittelverstärkte intrakranielle MR-Angiographie	295	42.4.4	Dissektion der A. vertebralis	303
41.3	Standarduntersuchungsstrategie	295	42.4.5	Subclavian-Steal-Syndrom	303
41.3.1	Intrakranielle arterielle Time-of-Flight-Angiographie	295	43	Obere Extremität	304
41.3.2	Ergänzende Untersuchungstechniken	296	43.1	Indikationen	304
41.3.3	Intrakranielle venöse Time-of-Flight-Angiographie	296	43.1.1	Untersuchungsprinzip	304
41.3.4	Ergänzende Untersuchungstechniken	296	43.1.2	Kontrastmittelgabe	305
41.3.5	Intrakranielle kontrastmittelverstärkte Time-of-Flight-Angiographie	296	43.2	Untersuchungsvorbereitung	305
41.4	Auswertung	297	43.3	Standarduntersuchungsstrategie	305
41.4.1	Intrakranielle Gefäßstenosen und -okklusionen	297	43.3.1	Schulter-, Oberarmetage	305
41.4.2	Intrakranielle Gefäßdissektionen	297	43.3.2	Ergänzende Untersuchungstechniken	306
41.4.3	Intrakranielle Aneurysmata	297	43.3.3	Ellbogen-, Unterarmetage	306
41.4.4	Intrakranielle arteriovenöse Malformationen	298	43.3.4	Handgelenk-, Handetage	306
41.4.5	Sinusvenenthrombosen	299	43.3.5	Ergänzende Untersuchungstechniken	307
42	Hirnversorgende Gefäße	300	43.4	Auswertung	307
42.1	Indikationen	300	43.4.1	Arteriosklerotische, embolische Gefäßverschlüsse	307
42.1.1	Spezielle Indikationen zur MR-Angiographie der supraaortalen Gefäße	300	43.4.2	Traumatische Gefäßveränderungen	307
42.1.2	Untersuchungsprinzip	300	43.4.3	Vasospastische Gefäßerkrankungen	307
42.1.3	Kontrastmittelgabe	301	43.4.4	Hämodialyseshunt	307
42.2	Untersuchungsvorbereitung	301	44	Aorta thoracalis	309
42.3	Standarduntersuchungsstrategie	301	44.1	Indikationen	309
42.3.1	Kontrastmittelverstärkte supraaortale MR-Angiographie	301	44.1.1	Untersuchungsprinzip	311
			44.1.2	Kontrastmittelgabe	311
			44.2	Untersuchungsvorbereitung	311

44.3	Standarduntersuchungsstrategie	312	47.4.4	Aortenulzera	324
44.3.1	Alternative/ergänzende Untersuchungs- techniken	312	47.4.5	Aortitis	324
44.4	Auswertung	312	47.4.6	Nierenarterienstenose	325
44.4.1	Aortenisthmusstenose	312	47.4.7	Nierenarterienaneurysma	325
44.4.2	Thorakales Aortenaneurysma	313	47.4.8	Zustand nach Nierentransplantation	325
44.4.3	Thorakale Aortendissektion	313	47.4.9	Mesenterialarterienstenose und -verschluss	326
44.4.4	Intramurales Hämatom	313	47.4.10	Viszerale Gefäßsaneurysmen	326
44.4.5	Aortenwandulzerationen	313	48	Pfortader (Portographie)	327
44.4.6	Entwicklungsanomalien	314	48.1	Indikationen	327
44.4.7	Thorakale Aorteninfektionen	314	48.1.1	Untersuchungsprinzip	327
45	Pulmonalarterien	315	48.2	Untersuchungsvorbereitung	327
45.1	Indikationen	315	48.3	Standarduntersuchungsstrategie	327
45.1.1	Untersuchungsprinzip	316	48.4	Auswertung	328
45.1.2	Kontrastmittelgabe	316	48.4.1	Portale Hypertension	328
45.2	Untersuchungsvorbereitung	316	48.4.2	Portalvenenanomalien	328
45.3	Standarduntersuchungsstrategie	316	48.4.3	Pfortaderstenose	329
45.3.1	Nicht zeitaufgelöste Akquisition	316	48.4.4	Pfortaderthrombose und/oder Mesenterial- venenthrombose	329
45.3.2	Alternative/ergänzende Untersuchungs- techniken	317	48.4.5	Kavernöse Transformation	329
45.4	Auswertung	317	48.4.6	Lebertransplantation	329
45.4.1	Pulmonalarterienembolie	317	49	Becken-Bein-Arterien	331
45.4.2	Pulmonalarterienanomalie	317	49.1	Indikationen	331
45.4.3	Chronische Gefäßveränderungen, Pulmonalarterienhypertonie	317	49.2	Untersuchungsvorbereitung	331
45.4.4	Arteriovenöse Malformationen	317	49.3	Standarduntersuchungsstrategie	333
45.4.5	Zentrale, periphere Pulmonalarterienstenose	318	49.4	Auswertung	334
46	Pulmonalvenen	319	49.4.1	Peripheres arterielles Verschlussleiden	334
46.1	Indikationen	319	49.4.2	Aneurysmatische Gefäßerkrankungen	334
46.1.1	Untersuchungsprinzip	319	49.4.3	Postoperative oder postinterventionelle Kontrolle	334
46.2	Untersuchungsvorbereitung	319	49.4.4	Arteriovenöse Malformationen	335
46.3	Standarduntersuchungsstrategie	319	50	Systemische Venen (Phlebographie)	336
46.4	Auswertung	320	50.1	Indikationen	336
46.4.1	Lungenvenenfehleimündung	320	50.1.1	Untersuchungsprinzip	336
47	Aorta abdominalis	321	50.1.2	Kontrastmittelgabe	336
47.1	Indikationen	321	50.2	Untersuchungsvorbereitung	338
47.1.1	Untersuchungsprinzip	322	50.3	Standarduntersuchungsstrategie	338
47.1.2	Kontrastmittelgabe	322	50.4	Auswertung	339
47.2	Untersuchungsvorbereitung	322	50.4.1	Thrombosen der großen Körperven	339
47.3	Standarduntersuchungsstrategie	322	50.4.2	Anlageanomalien der systemischen Venen	339
47.4	Auswertung	323	50.4.3	Thoracic-Inlet-Syndrom	340
47.4.1	Aortenaneurysma	323	50.4.4	Anlageanomalie der pulmonalen Venen	340
47.4.2	Aortensklerose, Aortenstenose, Aortenverschluss	323	Literaturverzeichnis	341	
47.4.3	Aortendissektion	324	Stichwortverzeichnis	347	