

# Inhaltsverzeichnis

## Der diagnostische Herzkatheter

<b>1</b>	<b>Indikation zur diagnostischen Herzkatheteruntersuchung .....</b>	24				24
1.1	Zielsetzung.....	24		Literatur		
1.2	Kontraindikationen .....	25				
<b>2</b>	<b>Untersuchungsrisiken und Komplikationen .....</b>					26
	Literatur					
<b>3</b>	<b>Untersuchungsvorbereitung .....</b>					27
3.1	Aufklärung des Patienten.....	27	3.3	Spezielle Patientenvorbereitung .....		28
3.1.1	Juristische Aspekte .....	27	3.4	Unmittelbare Untersuchungsvorbereitung .....		29
	Elektiver Eingriff .....	27				
	Notfallmäßige Intervention.....	27				
	Dokumentation.....	27	3.4.1	Desinfektion/Sterilität.....		29
3.1.2	Aufklärungsgespräch .....	28	3.5	Besonderheiten invasiver kardiologischer Verfahren an wachen Patienten ..		
3.2	Voruntersuchungen .....	28				30
3.2.1	Anamnese und körperliche Untersuchung	28		Literatur		
3.2.2	Technische Voruntersuchungen .....	28				
<b>4</b>	<b>Das Labor .....</b>					31
4.1	Einrichtung.....	31	4.3	Notfalleinrichtung .....		36
4.1.1	Räumliche Ausstattung.....	31	4.4	Röntgentechnik.....		36
4.1.2	Angiografieanlage .....	31				
4.1.3	Herzkatheterdatenbank und Qualitäts-sicherung .....	33	4.5	Strahlenschutz.....		38
4.1.4	Druckwandler .....	35	4.5.1	Grundbegriffe des Strahlenschutzes.....		38
4.1.5	Kontrastmittel-Injektor (Hochdruck-spritze) .....	35	4.5.2	Strahlenschutzmaßnahmen .....		38
				Literatur		
4.2	Personal .....	35				
<b>5</b>	<b>Die Befundung.....</b>					40
	Literatur					
<b>6</b>	<b>Kontrastmittel.....</b>					42
6.1	Kontrastmittelnebenwirkungen.....	43	6.1.2	Hyperthyreose.....		45
6.1.1	Allergische Reaktionen.....	43	6.1.3	Prophylaxe .....		45
	Symptome .....	44		Kontrastmittelinduziertes akutes Nieren-versagen .....		45
	Prophylaxe .....	44		Risikofaktoren .....		46
	Therapie .....	44		Prophylaxe bei Patienten mit Niereninsuffizienz		46

Medikamentöse Therapie .....	46	Alternativen .....	46
Indikation zur extrakorporalen Nierenersatztherapie .....	46	Literatur	
<b>7 Die arterielle und venöse Punktion .....</b>			<b>48</b>
<b>7.1 Überlegungen zur Wahl des richtigen Zugangs.....</b>	<b>48</b>	<b>7.4 Die venöse Punktion .....</b>	<b>54</b>
<b>7.2 Instrumentarium.....</b>	<b>48</b>	7.4.1 Punktion der V. femoralis .....	54
<b>7.3 Die arterielle Punktion .....</b>	<b>49</b>	Indikation .....	54
7.3.1 Methoden und allgemeine Vorgehensweise.....	49	Punktionsstelle .....	54
Lokalanästhesie .....	49	Punktionstechnik .....	54
Arterielle Punktion .....	49	Komplikationen und Problemlösung .....	54
Vorschlieben des Führungsdrähtes.....	50	Weitere Gefäßzugänge.....	54
7.3.2 Punktion der A. femoralis .....	50	<b>7.4.2</b>	
Indikation .....	50	<b>7.5 Vaskuläre Komplikationen nach Herz-katheter.....</b>	<b>54</b>
Lagerung.....	50	7.5.1 Lokales Hämatom .....	55
Punktionsstelle .....	50	Therapie .....	55
Punktionstechnik .....	51	7.5.2 Retroperitoneales Hämatom .....	55
Problemlösung .....	51	Therapie .....	55
Schleusenentfernung und Hämostase .....	51	7.5.3 Arteriovenöse Fistel .....	55
7.3.3 Punktion der A. radialis .....	52	Therapie .....	55
Indikation .....	52	7.5.4 Aneurysma spurium .....	55
Punktionsstelle .....	52	<b>7.6 Verschlussysteme zur Sofort-Hämo-stase nach Herzkatheterdiagnostik und Koronarinterventionen.....</b>	<b>56</b>
Punktionstechnik .....	53	7.6.1 Kollagen-Verschlussysteme .....	57
Schleusenentfernung und Hämostase .....	53	Angio-Seal-System .....	57
7.3.4 Punktion der A. brachialis .....	53	7.6.2 Nahtverschlussysteme .....	58
Indikation .....	53	7.6.3 Clip-Systeme .....	59
Punktionsstelle .....	53	Literatur	
Punktionstechnik .....	53		
Schleusenentfernung und Hämostase .....	53		
<b>8 Die Koronarangiografie.....</b>			<b>61</b>
<b>8.1 Zielsetzung.....</b>	<b>61</b>	<b>8.4.2 Amplatz-Technik.....</b>	<b>69</b>
<b>8.2 Indikationen.....</b>	<b>61</b>	Sondierung der linken Koronararterie .....	69
8.2.1 Koronare Herzerkrankung.....	61	Sondierung der rechten Koronararterie.....	69
8.2.2 Weitere Indikationen .....	62	<b>8.4.3 Sones-Technik .....</b>	<b>70</b>
		Sondierung der linken Koronararterie .....	70
		Sondierung der rechten Koronararterie.....	70
<b>8.3 Materialien .....</b>	<b>63</b>	<b>8.5 Katheterwahl in Abhängigkeit vom arteriellen Zugang .....</b>	<b>71</b>
8.3.1 Katheter .....	63	<b>8.5.1</b>	
<b>8.4 Kathetertechnik .....</b>	<b>65</b>	Sondierung von aortokoronaren Venen-Bypässen.....	71
8.4.1 Judkins-Technik.....	66	Sondierung der aortokoronaren Grafts zur rechten Koronararterie .....	72
Sondierung der linken Koronararterie .....	66	Sondierung der aortokoronaren Grafts zum LAD und R. circumflexus .....	72
Sondierung der rechten Koronararterie.....	68	Sondierung der Aa. mammariae .....	72

<b>8.6</b>	<b>Das normale Koronarangiogramm . . . . .</b>	73	<b>8.9</b>	<b>Komplikationen der Koronarangiografie . . . . .</b>	84
8.6.1	Injektionstechnik . . . . .	73	8.9.1	Myokardinfarkt . . . . .	85
8.6.2	Koronaranatomie . . . . .	74	8.9.2	Injektion von Luft . . . . .	85
	Topografische Anatomie . . . . .	74	8.9.3	Zerebrale Embolie . . . . .	85
8.6.3	Versorgungstypen . . . . .	75	8.9.4	Herzrhythmusstörungen . . . . .	85
	Rechtsversorgungstyp . . . . .	75		Kammerflimmern . . . . .	85
	Linksversorgungstyp . . . . .	75		Asystolie, Bradykardie . . . . .	86
	Ausgeglichener Versorgungstyp . . . . .	75	8.9.5	Koronaranomalien . . . . .	86
<b>8.7</b>	<b>Projektionen . . . . .</b>	78		Koronaranomalien ohne funktionelle Bedeutung . . . . .	86
8.7.1	Nomenklatur der Projektionsebenen . . . . .	78		Hämodynamisch bedeutsame Koronaranomalien . . . . .	86
8.7.2	Projektionsebenen . . . . .	78	8.9.6	Vasospastische Angina . . . . .	89
	Projektionsebenen für die linke Koronararterie . . . . .	78		Diagnostik mittels Herzkatheter . . . . .	89
	Projektionsebenen für die rechte Koronararterie . . . . .	83		Therapie . . . . .	90
	Projektionsebenen zur Darstellung aortokoronarer Bypässe . . . . .	83	<b>8.10</b>	<b>Nichtinvasive Koronarangiografie (Kardio-MRT und Kardio-CT) . . . . .</b>	90
<b>8.8</b>	<b>Probleme und Fehlermöglichkeiten . . . . .</b>	83		Literatur	
8.8.1	Gefäßüberlagerung/Gefäßverkürzung . . . . .	83			
8.8.2	Unzureichende Kontrastierung . . . . .	83			
8.8.3	Superselektive Injektion . . . . .	84			
8.8.4	Katheterinduzierter Koronarspasmus . . . . .	84			
8.8.5	Muskelbrücken . . . . .	84			
<b>9</b>	<b>Sondierung der Herzbinnenräume . . . . .</b>				95
<b>9.1</b>	<b>Der Linksherzkatheter . . . . .</b>	95	<b>9.2</b>	<b>Der Rechtsherzkatheter . . . . .</b>	110
9.1.1	Spezielle Indikationen . . . . .	95	9.2.1	Spezielle Indikationen . . . . .	110
	Indikationseinschränkung . . . . .	95		Katheter . . . . .	111
9.1.2	Die retrograde Linksherzsondierung . . . . .	95		Technik . . . . .	111
	Katheter . . . . .	95		Durchführung . . . . .	111
	Technik . . . . .	96		Problemlösungen/Komplikationen . . . . .	112
9.1.3	Das linksventrikuläre Angiogramm . . . . .	96	9.2.2	Das rechtsventrikuläre Angiogramm . . . . .	113
	Injektionstechnik und Katheterposition . . . . .	96		Spezielle Indikationen . . . . .	113
	Injektionstechnik mit Hochdruckinjektionspumpe . . . . .	96		Katheter . . . . .	113
	Projektionen . . . . .	97	9.2.3	Technik/Projektionen . . . . .	113
	Komplikationen der Ventrikulografie . . . . .	99		Das rechtsatriale Angiogramm . . . . .	114
	Befundung des Ventrikulogramms . . . . .	101		Spezielle Indikationen . . . . .	114
	Praktische Durchführung der Volumenmessung . . . . .	104		Katheter . . . . .	114
9.1.4	Die transseptale Linksherzsondierung . . . . .	106		Technik/Projektionen . . . . .	114
	Spezielle Indikationen . . . . .	106		Komplikationen der Rechtsherzsondierung . . . . .	114
	Kontraindikationen . . . . .	106		Nichtinvasive Darstellung der Herzbinnenräume (Kardio-CT und Kardio-MRT) . . . . .	115
	Materialien/Katheter . . . . .	106		Literatur	
	Anatomie . . . . .	107			
	Technik . . . . .	107			
	Durchführung . . . . .	108			
	Komplikationen der transseptalen Punktion . . . . .	110			
	Nachbehandlung . . . . .	110			

<b>10</b>	<b>Die Aortografie .....</b>	117			
10.1	Spezielle Indikationen und Kontraindikationen .....	117	10.3	Das normale Aortogramm .....	118
10.2	Untersuchungstechnik .....	117	10.3.1	Anatomie .....	118
10.2.1	Katheter .....	117		Literatur	
10.2.2	Durchführung .....	117			
<b>11</b>	<b>Pulmonalisangiografie .....</b>	120			
11.1	Spezielle Indikationen und Kontraindikationen .....	120	11.3	Nichtinvasive Pulmonalisangiografie ..	121
11.2	Untersuchungstechnik .....	120		Literatur	
11.2.1	Katheter .....	120			
11.2.2	Durchführung .....	120			
11.2.3	Auswertung .....	121			
<b>12</b>	<b>Hämodynamik .....</b>	122			
12.1	Physikalische Grundlagen der Druckmessung .....	122	12.4	Herzzeitvolumen, Herzindex .....	132
12.1.1	Hydrostatischer Nullabgleich .....	122	12.4.1	Sauerstoffmethode nach Fick .....	132
12.1.2	Messbereich/Registriergeschwindigkeit ..	123		Durchführung der Herzzeitvolumen-Messung nach dem modifizierten Fick-Prinzip .....	133
12.1.3	Fehlerquellen bei der Druckmessung .....	123	12.4.2	Thermodilutionsmethode .....	134
	Technische Fehler .....	123		Messprinzip .....	134
	Nullpunkteinstellung .....	123		Messtechnik .....	134
	Übermäßige Dämpfung .....	123		Fehlerquellen der Thermodilutionsmethode ..	135
	Überschleuderung von Druckwellen .....	123	12.4.3	Angiografische Methode .....	135
	Falsche Katheterlage .....	124			
	Intrathorakale Druckänderungen .....	125	12.5	Kreislaufwiderstände .....	135
12.2	Druckkurven .....	125	12.5.1	Gesamtgefäßwiderstand im großen Kreislauf .....	135
12.2.1	Vorhofdruck .....	125	12.5.2	Pulmonaler Arteriolenwiderstand .....	136
	Formanalyse .....	125	12.5.3	Normalwerte .....	136
	Normalwerte .....	126			
12.2.2	Pulmonalkapillardruck .....	127	12.6	Klappenöffnungsflächen .....	136
	Formanalyse .....	127	12.6.1	Normalwerte .....	137
12.2.3	Arterieller und pulmonalarterieller Druck .....	127	12.7	Messung valvulärer Regurgitation ..	137
	Formanalyse .....	127			
	Normalwerte .....	128	12.8	Shuntdiagnostik .....	137
12.2.4	Ventrikeldruck .....	128	12.8.1	Grundlagen .....	137
	Formanalyse .....	128			
	Normalwerte .....	129	12.8.2	Die Sauerstoffmethode nach Fick mit Etagen-Oxymetrie .....	138
12.3	Druckgradienten .....	130			
12.3.1	Messung .....	130		Etagen-Oxymetrie .....	138
12.3.2	Berechnung .....	130		Praktische Durchführung .....	139
12.3.3	Befundbewertung .....	131		Shuntberechnung nach dem Fick-Prinzip ..	139

12.8.3	Beispiel einer Shuntberechnung nach Fick.....	140	Auswertung .....	142	
	Vereinfachte Shuntberechnung.....	140	Bewertung .....	143	
	Bewertung .....	141	12.8.4	Angiografische Shuntdiagnostik .....	143
	Die Farbstoffverdünnungsmethode .....	141	12.8.5	Nichtinvasive Shuntdiagnostik .....	143
	Prinzip.....	141		Literatur	
	Praktische Durchführung .....	141			
<b>13</b>	<b>Endomyokardbiopsie .....</b>				<b>144</b>
<b>13.1</b>	<b>Indikationen.....</b>	<b>144</b>	<b>13.3</b>	<b>Praktische Durchführung der rechts-ventrikulären septalen Biopsie .....</b>	<b>145</b>
13.1.1	Ort der Biopsie.....	144	13.3.1	Untersuchungsablauf .....	145
<b>13.2</b>	<b>Materialien.....</b>	<b>144</b>	13.3.2	Komplikationen.....	146
			<b>13.4</b>	<b>Praktische Durchführung der links-ventrikulären Biopsie.....</b>	<b>146</b>
				Literatur	

## Katheterdiagnostik spezieller Krankheitsbilder

<b>14</b>	<b>Klappenfehler.....</b>				<b>148</b>
<b>14.1</b>	<b>Mitralklappenstenose .....</b>	<b>148</b>	<b>14.2.6</b>	<b>Herzkatheterbefunde .....</b>	<b>156</b>
14.1.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	148		Laevokardiografie .....	156
	Spezielle Hämodynamik .....	148		Druckkurven .....	156
	Pulmonalkreislauf .....	148	14.2.7	Angiografische Quantifizierung der Mitralsuffizienz .....	158
14.1.2	Indikation.....	149		Befundbewertung und Therapieentscheidung.....	159
14.1.3	Zielsetzung.....	149	<b>14.3</b>	<b>Aortenklappenstenose .....</b>	<b>160</b>
14.1.4	Durchführung .....	149	14.3.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	160
14.1.5	Besonderheiten .....	149		Spezielle Hämodynamik .....	160
14.1.6	Herzkatheterbefunde .....	149	14.3.2	Indikation .....	161
	Laevokardiografie .....	149	14.3.3	Zielsetzung .....	161
	Linksatriale Druckkurve/Pulmonalkapillardruck .....	149	14.3.4	Durchführung .....	161
	Pulmonalerteriendruck/Lungengefäßwiderstand .....	150	14.3.5	Besonderheiten .....	161
	Rechtsventrikulärer und rechtsatrialer Druck... .....	150	14.3.6	Komplikationen und Problemlösungen .....	162
	Herzindex/Druckgradient .....	150	14.3.7	Herzkatheterbefunde .....	163
	Mitralöffnungsfläche .....	151		Druckkurven und Berechnung der Klappenoöffnungsfläche .....	163
	Schweregradeinteilung .....	153		Besonderheiten der simultanen Druckregistrierung .....	164
14.1.7	Befundbewertung und Therapieentscheidung .....	153		Schweregradeinteilung .....	165
<b>14.2</b>	<b>Mitralklappeninsuffizienz.....</b>	<b>154</b>	14.3.8	Befundbewertung und Therapieentscheidung .....	166
14.2.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	154	<b>14.4</b>	<b>Aortenklappeninsuffizienz.....</b>	<b>168</b>
	Spezielle Hämodynamik .....	155	14.4.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	168
14.2.2	Indikation.....	155		Spezielle Hämodynamik .....	169
	Akute Mitralsuffizienz.....	155			
	Chronische Mitralsuffizienz.....	155			
14.2.3	Zielsetzung.....	156			
14.2.4	Durchführung .....	156			
14.2.5	Besonderheiten .....	156			

14.4.2	Indikation .....	169	14.5.7	Herzkatheterbefunde .....	177
14.4.3	Zielsetzung .....	170		Druckkurven .....	177
14.4.4	Durchführung .....	170		Druckgradient und Berechnung der Klappen-	
14.4.5	Besonderheiten .....	170		öffnungsfläche .....	177
	Linksherzsondierung und Aortografie .....	170	14.5.8	Befundbewertung und Therapie-	
	Koronarangiografie .....	170		entscheidung .....	177
14.4.6	Herzkatheterbefunde .....	171			
14.4.7	Druckkurven .....	171	14.6	<b>Trikuspidalinsuffizienz .....</b>	177
	Laevokardiografie .....	171	14.6.1	Anatomische und pathophysiologische	
			Grundlagen .....	177	
	Angiografische Quantifizierung der Aorten-		Spezielle Hämodynamik .....	177	
14.4.8	klappeninsuffizienz .....	171	14.6.2	Indikation .....	178
	Befundbewertung und Therapieentschei-		14.6.3	Zielsetzung .....	178
	dung .....	174	14.6.4	Durchführung .....	178
14.5	<b>Trikuspidalstenose .....</b>	174	14.6.5	Herzkatheterbefunde .....	179
14.5.1	Anatomische und pathophysiologische			Druckkurven .....	179
	Grundlagen .....	174		Angiografische Quantifizierung der Trikuspidal-	
14.5.2	Spezielle Hämodynamik .....	174		klappeninsuffizienz .....	179
14.5.3	Indikation .....	175	14.6.6	Befundbewertung und Therapie-	
14.5.4	Zielsetzung .....	175		entscheidung .....	180
14.5.5	Durchführung .....	175		Literatur	
14.5.6	Besonderheiten .....	175			
<b>15</b>	<b>Kardiomyopathien .....</b>				183
15.1	<b>Dilatative Kardiomyopathie .....</b>	183	15.2.6	Befundbewertung und Therapie-	
15.1.1	Pathologisch-anatomische und patho-			entscheidung .....	191
	physiologische Grundlagen .....	183	15.2.7	Transkoronare Ablation der Septum-	
	Spezielle Pathophysiologie .....	183		hypertrophie (TASH, PTSMA) .....	192
15.1.2	Indikation .....	183		Grundlagen .....	192
15.1.3	Zielsetzung .....	184		Indikation .....	192
15.1.4	Durchführung .....	184		Durchführung .....	192
15.1.5	Besonderheiten .....	184		Komplikationen .....	193
15.1.6	Herzkatheterbefunde .....	184		Beurteilung .....	194
	Ventrikulografie .....	184	15.3	<b>Restriktive Kardiomyopathien .....</b>	194
	Druckkurven/Hämodynamik .....	184	15.3.1	Pathoanatomische und pathophysiologi-	
	Koronarangiografie .....	184		sche Grundlagen .....	194
15.1.7	Befundbewertung und Therapie-		15.3.2	Indikation .....	194
	entscheidung .....	185	15.3.3	Durchführung .....	195
15.2	<b>Hypertrophe Kardiomyopathie .....</b>	186	15.3.4	Herzkatheterbefunde .....	195
15.2.1	Pathologisch-anatomische und patho-			Laevokardiografie .....	195
	physiologische Grundlagen .....	186	15.3.5	Hämodynamik .....	195
	Spezielle Hämodynamik .....	187		Befundbewertung und Therapie-	
15.2.2	Indikation .....	187		entscheidung .....	195
15.2.3	Zielsetzung .....	187	15.4	<b>Arrhythmogene rechtsventrikuläre</b>	
15.2.4	Durchführung .....	187		<b>Kardiomyopathie .....</b>	198
15.2.5	Herzkatheterbefunde .....	188	15.4.1	Pathoanatomische und pathophysiologi-	
	Laevokardiografie .....	188		sche Grundlagen .....	198
	Koronarangiografie .....	189	15.4.2	Indikation .....	199
	Hämodynamik/Provokationstests .....	189	15.4.3	Durchführung .....	199
	Druckkurven .....	190	15.4.4	Herzkatheterbefunde .....	199

Dextrokardiografie .....	199	15.5.2	Indikation.....	201
Hämodynamik .....	199	15.5.3	Durchführung .....	201
Zusatzdiagnostik.....	199	15.5.4	Herzkatheterbefunde .....	201
<b>15.5 Takotsubo-Kardiomyopathie („Apical Ballooning Syndrome“).....</b>	<b>200</b>		Koronarangiografie.....	201
15.5.1 Pathoanatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	200		Laevokardiografie .....	201
			Weitere Diagnostik.....	201
			Literatur	
<b>16 Koronare Herzerkrankung .....</b>				<b>203</b>
<b>16.1 Pathoanatomische und pathophysiologische Grundlagen .....</b>	<b>203</b>	<b>16.4.4</b>	Koronarangiografie bei akutem Myokardinfarkt .....	214
16.1.1 Zielsetzung.....	203		Indikation .....	214
16.2 Koronarinsuffizienz .....	203		Zielsetzung .....	215
16.3 Koronarstenosen.....	203		Untersuchungstechnik .....	215
16.3.1 Einschätzung des Stenosegrades.....	204	<b>16.4.5</b>	Herzkatheterbefunde .....	215
16.3.2 Koronarfluss.....	206		Katheterbefunde bei rechtsventrikulärem	
16.3.3 Stenosemorphologie .....	206		Infarkt .....	215
16.3.4 Bedeutung der Stenoselokalisation .....	206		Therapie .....	217
16.3.5 Kollateralen .....	208	<b>16.4.6</b>	Herzkatheter bei akuter Mitralsuffizienz	217
16.3.6 Koronarbefund und Ventrikelfunktion....	210		Diagnose .....	217
<b>16.4 Koronarangiografie und Herzkatheteruntersuchung bei der koronaren Herz-erkrankung.....</b>	<b>211</b>		Indikation .....	217
16.4.1 Koronarangiografie bei linker Hauptstammstenose .....	211	<b>16.4.7</b>	Therapie .....	217
16.4.2 Koronarangiografie beim akuten Koronarsyndrom .....	212		Herzkatheter bei Ruptur der freien Wand.	220
16.4.3 Koronarangiografie bei instabiler Angina pectoris und NSTEMI .....	213		Grundlagen .....	220
Pathophysiologische Grundlagen und spezielle Pathophysiologie.....	213		Diagnose und Therapie .....	220
Indikation .....	213	<b>16.5</b>	<b>Besonderheiten der Koronarangiogra-</b>	
Untersuchungstechnik .....	214		<b>fie nach Herztransplantation.....</b>	220
Koronarangiografische Befunde .....	214		Literatur	
<b>17 Perikarderkrankungen.....</b>				<b>223</b>
<b>17.1 Perikarditis constrictiva .....</b>	<b>223</b>	<b>17.2</b>	<b>Perikarderguss und Perikardtamponade .....</b>	<b>226</b>
17.1.1 Pathoanatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	223	17.2.1	Pathoanatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	226
17.1.2 Indikation.....	223		Spezielle Hämodynamik .....	226
17.1.3 Durchführung .....	223	17.2.2	Indikation .....	227
17.1.4 Herzkatheterbefunde .....	223		Indikation zur Perikardpunktion .....	227
Hämodynamik/Druckkurven.....	223		Indikation zur Herzkatheterdiagnostik.....	227
Laevokardiografie .....	224	17.2.3	Perikardpunktion .....	228
Koronarangiografie .....	224		Instrumentarium.....	228
17.1.5 Befundbewertung und Therapie.....	226		Technik .....	228
			Komplikationen .....	229

17.2.4	Herzkatheterdiagnostik bei Perikard-tamponade .....	229	Besonderheiten .....	230	
	Durchführung .....	229	Herzkatheterbefunde .....	230	
			Literatur		
<b>18</b>	<b>Aortendissektion und Aneurysmaperforation</b> .....			<b>233</b>	
<b>18.1</b>	<b>Aortendissektion</b> .....	<b>233</b>	<b>18.2</b>	<b>Perforiertes Sinus-Valsalvae-Aneurysma</b> .....	<b>236</b>
18.1.1	Pathoanatomische Grundlagen .....	233	18.2.1	Pathoanatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	236
18.1.2	Indikation .....	233	18.2.2	Indikation .....	236
18.1.3	Durchführung .....	234	18.2.3	Durchführung .....	237
18.1.4	Besonderheiten/Problemlösung .....	235	18.2.4	Besonderheiten .....	237
18.1.5	Herzkatheterbefunde .....	235	18.2.5	Herzkatheterbefunde .....	237
18.1.6	Befund und Therapie .....	236		Druckkurven .....	237
				Oxymetrie .....	237
				Aortografie .....	237
				Laevokardiografie .....	237
			18.2.6	Therapie .....	237
				Literatur	
<b>19</b>	<b>Angeborene Herzfehler</b> .....				<b>240</b>
<b>19.1</b>	<b>Vorhofseptumdefekt</b> .....	<b>240</b>	<b>19.3</b>	<b>Aortenisthmusstenose</b> .....	<b>247</b>
19.1.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	240	19.3.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	247
	Spezielle Hämodynamik .....	240	19.3.2	Indikation .....	247
19.1.2	Indikation .....	240	19.3.3	Zielsetzung .....	247
19.1.3	Zielsetzung .....	241	19.3.4	Durchführung .....	247
19.1.4	Durchführung .....	241	19.3.5	Herzkatheterbefunde .....	248
19.1.5	Herzkatheterbefunde .....	241		Hämodynamik .....	248
	Sondierung .....	241		Angiografische Befunde .....	248
	Druckkurven .....	241	19.3.6	Befundbewertung und Therapieentscheidung .....	248
	Oxymetrie .....	241			
	Angiografie .....	242			
19.1.6	Befundbewertung und Therapieentscheidung .....	243	<b>19.4</b>	<b>Pulmonalklappenstenose</b> .....	<b>248</b>
<b>19.2</b>	<b>Ventrikelseptumdefekt</b> .....	<b>244</b>	19.4.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	248
19.2.1	Anatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	244	19.4.2	Spezielle Hämodynamik .....	249
	Spezielle Hämodynamik .....	245	19.4.3	Indikation .....	249
19.2.2	Indikation .....	245	19.4.4	Zielsetzung .....	249
19.2.3	Zielsetzung .....	245	19.4.5	Durchführung .....	249
19.2.4	Durchführung .....	245		Herzkatheterbefunde .....	249
19.2.5	Herzkatheterbefunde .....	245		Hämodynamik .....	249
	Hämodynamik .....	245		Oxymetrie .....	250
	Angiografische Befunde .....	245	19.4.6	Befundbewertung und Therapieentscheidung .....	250
19.2.6	Befundbewertung und Therapieentscheidung .....	246		Literatur	

<b>20</b>	<b>Akute Lungenarterienembolie .....</b>	253			
<b>20.1</b>	<b>Herzkatheteruntersuchung bei akuter Lungenembolie .....</b>	253	<b>20.2</b>	<b>Mechanische Thrombolyse, z. B. Thrombektomiekatheter .....</b>	256
20.1.1	Grundlagen .....	253	20.2.1	Grundlagen .....	256
20.1.2	Indikation .....	253	20.2.2	Materialien .....	256
20.1.3	Durchführung .....	253	20.2.3	Durchführung .....	256
20.1.4	Herzkatheterbefunde .....	254	20.2.4	Beurteilung .....	256
	Hämodynamik .....	254		Literatur	
	Pulmonalisangiografie .....	254			
20.1.5	Komplikationen .....	255			
20.1.6	Befund und Therapie .....	255			
<b>21</b>	<b>Myokarditis .....</b>	259			
<b>21.1</b>	<b>Diagnostik der Myokarditis .....</b>	259	<b>21.1.3</b>	<b>Herzkatheterbefunde .....</b>	259
21.1.1	Pathoanatomische und pathophysiologische Grundlagen .....	259		Ventrikulografie .....	259
21.1.2	Indikation .....	259		Hämodynamik .....	259
				Koronarangiografie .....	260
				Myokardiobiopsie .....	260
			<b>21.1.4</b>	<b>Diagnose und Therapie .....</b>	260
				Literatur	
<b>Der interventionelle Herzkatheter</b>					
<b>22</b>	<b>Perkutane Koronarintervention (PCI) .....</b>	264			
<b>22.1</b>	<b>Grundlagen der perkutanen Koronarintervention .....</b>	264		<b>PCI aortokoronarer Venen-Grafts .....</b>	284
				<b>Vorgehensweise bei Bypass-PCI .....</b>	285
22.1.1	Indikationen und Kontraindikationen .....	264	<b>22.2</b>	<b>PCI-Verfahren .....</b>	291
22.1.2	Alleinige Ballonangioplastie .....	266	22.2.1	Koronare Stent-Implantation .....	291
22.1.3	Materialien .....	266		Grundlagen .....	291
	Führungskatheter .....	266		Indikationen und Kontraindikationen .....	293
	Ballonkatheter .....	268		Durchführung .....	293
	Koronare Führungsdrähte .....	270		Komplikationen .....	296
22.1.4	Allgemeine Voraussetzungen für die Durchführung von Koronarinterventionen .....	271		Eigenschaften verschiedener Stents .....	302
	Operationsbereitschaft .....	271	22.2.2	Hochfrequenzrotablation .....	308
	Apparative und personelle Voraussetzungen .....	271		Grundlagen .....	308
	Überwachung nach Intervention .....	272		Indikationen .....	309
22.1.5	Durchführung .....	272		Instrumentarium .....	309
	Spezielle Patientenvorbereitung .....	272		Durchführung .....	310
	Durchführung .....	272		Komplikationen .....	314
	Dokumentation der Intervention .....	275	22.2.3	Laserangioplastie .....	315
	Nachbehandlung .....	276		Grundlagen .....	315
22.1.6	Problembereiche der PCI .....	276		Indikationen und Kontraindikationen .....	316
	Dissektionen .....	276		Instrumentarium .....	316
	Akuter Gefäßverschluss .....	277		Durchführung .....	317
	Bifurkationsstenosen .....	278		Komplikationen .....	318
	Ostiumstenosen .....	282		Zusammenfassende Beurteilung .....	318
	Exzentrische Stenosen .....	283		Rekanalisation chronischer Verschlüsse mit dem „Laserdraht“ .....	319
	Harte bzw. verkalkte Koronarstenosen .....	284			
	Mehrgefäß-PCI .....	284			

<b>22.2.4</b>	<b>Blade-Angioplastie .....</b>	319	<b>22.4.1</b>	<b>Grundlagen .....</b>	330
	Grundlagen.....	319	<b>22.4.2</b>	Akutes Koronarsyndrom ohne ST-Hebungen.....	331
	Cutting-Ballon.....	319			
	Angiosculpt-Ballon .....	321	<b>22.4.3</b>	Akutes Koronarsyndrom mit ST-Hebungen.....	331
	Safe-Cut-Ballon .....	321			
			<b>22.4.4</b>	Primäre PCI.....	332
<b>22.3</b>	<b>Rekanalisation chronischer Koronar-arterienverschlüsse (CTO) .....</b>	322		Indikation .....	332
<b>22.3.1</b>	<b>Grundlagen .....</b>	322		Durchführung .....	332
	Indikationen .....	322		Herzkatheterbefunde und klinischer Verlauf .....	334
	Durchführung .....	323		Rescue-PCI .....	335
	Besondere Techniken/Materialien .....	330	<b>22.4.5</b>	Indikation .....	335
				Durchführung .....	335
			<b>22.4.6</b>	„Facilitated“-PCI.....	336
				Literatur	
<b>22.4</b>	<b>Die PCI beim akuten Koronarsyndrom .</b>	330			
<b>23</b>	<b>Thrombektomie- und Protektionssysteme .....</b>	338			
<b>23.1</b>	<b>Thrombektomiesysteme .....</b>	338		<b>Materialien .....</b>	340
<b>23.1.1</b>	<b>Allgemeine Grundlagen .....</b>	338		Durchführung.....	340
<b>23.1.2</b>	<b>Aspirationskatheter.....</b>	338		Beurteilung .....	341
	Grundlagen.....	338	<b>23.2</b>	<b>Koronare Protektionssysteme .....</b>	341
	Indikationen und Kontraindikationen .....	338	<b>23.2.1</b>	Grundlagen .....	341
	Materialien .....	338	<b>23.2.2</b>	Indikationen.....	342
	Beurteilung .....	339	<b>23.2.3</b>	Übersicht der Systeme .....	342
<b>23.1.3</b>	<b>Mechanische Thrombektomie (ThromCat™).....</b>	339	<b>23.2.4</b>	Eigenschaften verschiedener Protektions- systeme.....	344
	Grundlagen.....	339		Okklusionssysteme .....	344
	Indikationen und Kontraindikationen .....	339		Filtersysteme.....	345
	Materialien .....	340	<b>23.2.5</b>	Durchführung .....	346
	Durchführung .....	340	<b>23.2.6</b>	Limitationen und Komplikationen .....	347
	Beurteilung.....	340	<b>23.2.7</b>	Akutergebnisse .....	347
<b>23.1.4</b>	<b>AngioJet .....</b>	340	<b>23.2.8</b>	Beurteilung.....	347
	Grundlagen.....	340		Literatur	
<b>24</b>	<b>Peri- und postinterventionelle antithrombotische Therapie bei Koronar- interventionen .....</b>	349			
<b>24.1</b>	<b>Grundlagen.....</b>	349	<b>24.3</b>	<b>Spezifische klinische Situationen.....</b>	355
<b>24.2</b>	<b>Medikamente.....</b>	350	<b>24.3.1</b>	Diagnostische Koronarangiografie .....	355
			<b>24.3.2</b>	PCI bei stabiler Angina .....	355
<b>24.2.1</b>	<b>Unfraktioniertes Heparin.....</b>	350	<b>24.3.3</b>	PCI bei akutem Koronarsyndrom .....	355
<b>24.2.2</b>	<b>Niedermolekulare Heparine .....</b>	351	<b>24.3.4</b>	Therapie nach Stent-Implantation .....	356
<b>24.2.3</b>	<b>Direkte Thrombininhibitoren .....</b>	352	<b>24.3.5</b>	Patienten im kardiogenen Schock.....	356
<b>24.2.4</b>	<b>Pentasaccharide.....</b>	352	<b>24.3.6</b>	Patienten mit einer Indikation für eine orale Antikoagulation.....	356
<b>24.2.5</b>	<b>Acetylsalicylsäure .....</b>	352	<b>24.3.7</b>	Durchführung nicht-kardiochirurgischer Eingriffe nach Stent-Implantation .....	356
<b>24.2.6</b>	<b>Thienopyridine .....</b>	352		Literatur	
<b>24.2.7</b>	<b>Glykoprotein-IIb/IIIa-Rezeptorantagonisten.....</b>	353			
<b>24.2.8</b>	<b>Fibrinolytika.....</b>	354			

<b>25</b>	<b>Spezielle Untersuchungsmethoden .....</b>	358			
<b>25.1</b>	<b>Der intravaskuläre Ultraschall.....</b>	358	<b>25.3</b>	<b>Intrakoronare Druck- und Doppler-messungen .....</b>	363
25.1.1	Grundlagen .....	358	25.3.1	Grundlagen .....	363
25.1.2	Indikationen.....	358	25.3.2	Intrakoronare Druckmessung .....	363
25.1.3	Materialien.....	358		Instrumentarium.....	363
25.1.4	Durchführung .....	359		Durchführung .....	363
25.1.5	Befundung .....	359		Beurteilung des funktionellen Steno-	
25.1.6	Komplikationen.....	362		schweregrades .....	364
25.1.7	Stellenwert der Methode .....	362	25.3.3	Dopplerführungsdräht.....	366
<b>25.2</b>	<b>Optische Kohärenztomografie .....</b>	362		Instrumentarium.....	366
25.2.1	Grundlagen .....	362		Durchführung .....	367
25.2.2	Durchführung .....	362		Beurteilung des funktionellen Steno-	
25.2.3	Klinische Anwendung.....	362		schweregrades .....	367
25.2.4	Klinische Bewertung.....	362	<b>25.4</b>	<b>Intrakardiale Echokardiografie .....</b>	368
			25.4.1	Grundlagen .....	368
			25.4.2	Instrumentarium.....	368
			25.4.3	Indikationen.....	368
			25.4.4	Durchführung .....	368
			25.4.5	Vor- und Nachteile .....	369
				Literatur	
<b>26</b>	<b>Perkutane kardiale Unterstützungssysteme.....</b>	370			
<b>26.1</b>	<b>Intraaortale Ballonpumpe .....</b>	370	26.2.3	Technik.....	374
			26.2.4	Durchführung .....	374
26.1.1	Grundlagen .....	370	26.2.5	Komplikationen.....	374
26.1.2	Indikationen und Kontraindikationen ....	371	<b>26.3</b>	<b>Tandem-Heart-Pumpe.....</b>	374
26.1.3	Technik.....	371	26.3.1	Grundlagen .....	374
26.1.4	Instrumentarium.....	371	26.3.2	Indikationen und Kontraindikationen ....	374
26.1.5	Durchführung .....	371	26.3.3	Durchführung .....	374
26.1.6	Komplikationen.....	373	26.3.4	Komplikationen.....	375
<b>26.2</b>	<b>Impella-Pumpe .....</b>	373		Literatur	
26.2.1	Grundlagen .....	373			
26.2.2	Indikationen und Kontraindikationen ....	374			
<b>27</b>	<b>Herzklappeninterventionen.....</b>	376			
<b>27.1</b>	<b>Perkutane Mitralkommissurotomie ...</b>	376	<b>27.2</b>	<b>Mitralklappeninterventionen bei Mitralklappeninsuffizienz.....</b>	383
27.1.1	Indikationen und Kontraindikationen ....	376	27.2.1	Grundlagen .....	383
27.1.2	Instrumentarium.....	376	27.2.2	Indikationen und Kontraindikationen ....	383
27.1.3	Durchführung: Inoue-Technik.....	377	27.2.3	Voruntersuchungen .....	384
	Voruntersuchungen/Patientenvorbereitung ...	377	27.2.4	Vorgehen .....	385
	Untersuchungsablauf .....	377	27.2.5	Nachbehandlung .....	387
	Mögliche Probleme.....	382	27.2.6	Klinische Ergebnisse.....	387
27.1.4	Durchführung: Doppel-Ballon-Technik ..	382	27.2.7	Bewertung .....	388
27.1.5	Komplikationen.....	382			
27.1.6	Akut- und Langzeitergebnisse.....	382			
27.1.7	Bewertung der Techniken .....	382			

<b>27.3</b>	<b>Pulmonalvalvuloplastie</b> .....	388	<b>27.4.5</b>	Durchführung .....	391
27.3.1	Indikation .....	388	27.4.6	Komplikationen .....	393
27.3.2	Instrumentarium .....	388	27.4.7	Akut- und Langzeitergebnisse .....	393
27.3.3	Durchführung .....	388	<b>27.5</b>	<b>Perkutaner Aortenklappenersatz (TAVI)</b> .....	394
27.3.4	Komplikationen .....	390	27.5.1	Grundlagen .....	394
27.3.5	Akut- und Langzeitergebnisse .....	390	27.5.2	Indikationen und Kontraindikationen .....	395
<b>27.4</b>	<b>Aortenklappenvulnoplastie</b> .....	390	27.5.3	Voruntersuchungen .....	396
27.4.1	Grundlagen .....	390	27.5.4	Durchführung .....	396
27.4.2	Indikationen und Kontraindikationen .....	390	27.5.5	Klinische Ergebnisse .....	399
27.4.3	Voruntersuchungen .....	391	27.5.6	Bewertung .....	399
27.4.4	Instrumentarium .....	391		Literatur	
<b>28</b>	<b>Verschluss von Septumdefekten</b> .....				401
<b>28.1</b>	<b>Vorhofseptumdefekt</b> .....	401	<b>28.2</b>	<b>Offenes Foramen ovale</b> .....	403
28.1.1	Grundlagen .....	401	28.2.1	Grundlagen .....	403
28.1.2	Indikationen und Kontraindikationen .....	401	28.2.2	Präinterventionelle Diagnostik und Indikationen .....	404
28.1.3	Instrumentarium/Material .....	401	28.2.3	Kontraindikationen .....	405
28.1.4	Durchführung .....	402	28.2.4	Instrumentarium .....	405
28.1.5	Komplikationen .....	403	28.2.5	Durchführung .....	407
28.1.6	Nachbehandlung und Kontrollen .....	403	28.2.6	Komplikationen .....	407
28.1.7	Akut- und Langzeitergebnisse .....	403	28.2.7	Nachbehandlung .....	408
			28.2.8	Akut- und Langzeitergebnisse .....	408
				Literatur	
<b>29</b>	<b>Sonstige interventionelle Verfahren</b> .....				409
<b>29.1</b>	<b>Verschluss des linken Vorhofohres</b> ....	409	<b>29.2.4</b>	Vorgehen .....	414
29.1.1	Grundlagen .....	409	29.2.5	Komplikationen .....	415
29.1.2	Indikationen und Kontraindikationen .....	410	29.2.6	Nachbehandlung und Nachbeobachtung .....	415
29.1.3	Voruntersuchungen .....	410	29.2.7	Klinische Ergebnisse .....	415
29.1.4	Vorgehen .....	411	29.2.8	Bewertung .....	416
29.1.5	Komplikationen .....	412	<b>29.3</b>	<b>Perkutane Extraktion kardiovaskulärer Fremdkörper</b> .....	416
29.1.6	Nachbehandlung .....	412	29.3.1	Grundlagen .....	416
29.1.7	Klinische Ergebnisse .....	412	29.3.2	Indikation .....	416
29.1.8	Bewertung .....	413	29.3.3	Instrumentarium .....	416
<b>29.2</b>	<b>Nierenarterienablation bei therapie-refraktärer arterieller Hypertonie</b> .....	413	29.3.4	Durchführung .....	416
29.2.1	Grundlagen .....	413	29.3.5	Komplikationen .....	418
29.2.2	Indikationen und Kontraindikationen .....	414			
29.2.3	Voruntersuchungen .....	414		Literatur	
	<b>Sachverzeichnis</b> .....				420