

# Inhaltsverzeichnis

## I Grundkurs

<b>1</b>	<b>Rolle der Echokardiografie in der Kardiologie und Indikationen zur echokardiografischen Untersuchung</b> .....	18
1.1	Zum Einstieg .....	18
1.2	Rolle der Echokardiografie in der Inneren Medizin und Kardiologie.....	18
1.3	Indikationsstellung.....	18
1.3.1	Häufigste Indikationen.....	18
1.3.2	Klinische Situationen ohne Routine-Indikation zur Echokardiografie .....	19
1.3.3	Indikation zur transösophagealen Echokardiografie .....	19
1.3.4	Systematische oder „gezielte“ Echokardiografie? .....	19
1.3.5	Tragbare Echokardiografiegeräte .....	20
1.4	<b>Stellenwert echokardiografischer Befunde in der kardiovaskulären Diagnostik</b> .....	20
<b>2</b>	<b>Physikalische und technische Grundlagen</b> .....	22
2.1	Zum Einstieg .....	22
2.2	Ultraschall.....	22
2.2.1	Eigenschaften des Schalls.....	22
2.2.2	Akustische Impedanz .....	22
2.3	Echokardiografiegerät.....	23
2.3.1	Prinzip der Echokardiografie.....	23
2.3.2	Erzeugung von Ultraschall durch das Echokardiografiegerät .....	24
2.3.3	Gepulster Ultraschall .....	26
2.3.4	Empfang und Darstellung von Ultraschallsignalen durch das Echokardiografiegerät.....	26
2.4	Echokardiografische Verfahren .....	29
2.4.1	M-Mode .....	29
2.4.2	2-D-Verfahren .....	29
2.4.3	3-D-Echokardiografie.....	30
2.4.4	Dopplerverfahren .....	31
2.4.5	Speckle Tracking .....	36
2.5	Speicherung echokardiografischer Daten .....	41
2.5.1	Speicherplatz.....	41
2.5.2	DICOM.....	41
2.6	Artefakte.....	41
2.6.1	Suboptimale Fokussierung und endliche Schnittebenenschichtdicke („beam width artifacts“) bzw. durch Nebenkeulen .....	41
2.6.2	Schallschatten .....	42
2.6.3	Reverberationsartefakte .....	42
2.6.4	Nahfeldartefakt .....	42
2.6.5	Klicks.....	44
2.7	Wirkungen von diagnostischem Ultraschall auf Gewebe .....	44
2.7.1	Erwärmung .....	44
2.7.2	Kavitationen.....	44
2.8	Einige hydrodynamische Grundbegriffe .....	44
2.8.1	Erhaltung der Masse .....	44
2.8.2	Erhaltung der Energie.....	44
2.8.3	Kontinuitätsprinzip.....	45
2.8.4	Berechnung von Gradienten aus Strömungsgeschwindigkeiten: die Bernoulli-Gleichung .....	47
2.8.5	Laminare und turbulente Strömung.....	47
<b>3</b>	<b>Untersuchungstechnik</b> .....	49
3.1	Zum Einstieg .....	49
3.2	Voraussetzungen .....	49
3.2.1	Untersuchungsraum .....	49
3.2.2	Patientenlagerung.....	49
3.2.3	Geräteeinstellung .....	51
3.2.4	Untersuchungsdokumentation .....	62
3.2.5	Befundung .....	63

<b>3.3</b>	<b>Ablauf der echokardiografischen Untersuchung</b> .....	66	3.3.5	Parasternaler Langachsenschnitt des rechtsventrikulären Einflusstrakts .....	82
3.3.1	Schallfenster .....	66	3.3.6	Parasternale Kurzachsenschnitte .....	82
3.3.2	Integration von M-Mode und Doppler in den Untersuchungsgang .....	66	3.3.7	Apikale Schnittebenen .....	88
3.3.3	Nomenklatur der Schnittebenen .....	67	3.3.8	Subkostale Schnittebenen .....	94
3.3.4	Parasternaler Langachsenschnitt .....	69	3.3.9	Suprasternales Schallfenster .....	97
			3.3.10	Rechtsparasternales Fenster .....	98

## II Aufbaukurs

### **4 Linker Ventrikel und Kardiomyopathien** .....

<b>4.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	100	4.2.6	Echokardiografische Befunde bei Herztransplantation .....	128
<b>4.2</b>	<b>Linker Ventrikel: globale und regionale Veränderungen</b> .....	100	4.2.7	Anhang .....	128
4.2.1	Funktionelle Anatomie .....	100	<b>4.3</b>	<b>Kardiomyopathien</b> .....	130
4.2.2	Echokardiografische Morphologie und Funktionsbeurteilung .....	100	4.3.1	Einteilungen .....	130
4.2.3	Eingeschränkte linksventrikuläre Funktion .....	115	4.3.2	Dilatative Kardiomyopathie .....	131
4.2.4	Andere umschriebene pathologische Veränderungen und Zusatzstrukturen. . . .	124	4.3.3	Hypertrophe Kardiomyopathie .....	133
4.2.5	Häufige echokardiografische Fehler .....	126	4.3.4	Restriktive Kardiomyopathien .....	139
			4.3.5	Non-Compaction-Kardiomyopathie .....	141
			4.3.6	Takotsubo-Kardiomyopathie (Stress-Kardiomyopathie) .....	142

### **5 Mitralklappe** .....

<b>5.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	144	<b>5.4</b>	<b>Erkrankungen der Mitralklappe</b> .....	150
<b>5.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie</b> .....	144	5.4.1	Degenerative Veränderungen der Mitralklappe .....	150
5.2.1	Klappenapparat .....	144	5.4.2	Mitralprolaps .....	150
5.2.2	Mitralring .....	144	5.4.3	Infektiöse Endokarditis .....	154
5.2.3	Segel .....	144	5.4.4	Abakterielle Endokarditiden .....	157
5.2.4	Chordafäden und Papillarmuskeln .....	144	5.4.5	Mitralstenose .....	158
<b>5.3</b>	<b>Echokardiografische Beurteilung der Mitralklappe</b> .....	146	5.4.6	Mitralinsuffizienz .....	165
5.3.1	Morphologische Beurteilung .....	146	5.4.7	Angeborene Erkrankungen .....	174
5.3.2	Funktionsbeurteilung .....	147	<b>5.5</b>	<b>Transmitrales Flussgeschwindigkeitsprofil und diastolische Funktion des linken Ventrikels</b> .....	174

### **5.6 Häufige Untersuchungsfehler** .....

### **6 Aortenklappe** .....

<b>6.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	175	<b>6.3</b>	<b>Echokardiografische Beurteilung der Aortenklappe</b> .....	175
<b>6.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie</b> .....	175	6.3.1	Morphologische Beurteilung .....	175
6.2.1	Klappenapparat .....	175	6.3.2	Funktionsbeurteilung (Doppler) .....	177
6.2.2	Bikuspidale Aortenklappe .....	175			

<b>6.4</b>	<b>Erkrankungen der Aortenklappe</b> .....	182	6.4.2	Aortenstenose .....	182
6.4.1	Degenerative Veränderungen der Aortenklappe .....	182	6.4.3	Aorteninsuffizienz .....	189
			6.4.4	Infektiöse Endokarditis der Aortenklappe .....	193
<b>7</b>	<b>Linker Vorhof</b> .....				196
<b>7.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	196	7.4.2	Linkes Herzohr .....	200
<b>7.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie</b> .....	196	7.4.3	Transösophageale Untersuchung des linken Vorhofs und vorhofnaher Strukturen .....	201
7.2.1	Strukturen .....	196			
7.2.2	Funktionen .....	196	<b>7.5</b>	<b>Pathologische Befunde</b> .....	203
7.2.3	Füllung und Entleerung .....	196	7.5.1	Vergrößerung des linken Vorhofs .....	203
<b>7.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie</b> .....	196	7.5.2	Thromben und Spontankontrast .....	203
<b>7.4</b>	<b>Vorhofseptum</b> .....	199	7.5.3	Persistierende linke obere Hohlvene .....	204
7.4.1	Lungenvenen und pulmonalvenöses Flussprofil .....	199	7.5.4	Tumoren .....	204
			7.5.5	Cor triatriatum .....	206
<b>8</b>	<b>Rechter Ventrikel, Pulmonalklappe und Pulmonalarterie</b> .....				207
<b>8.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	207	8.4.4	Koronare Herzkrankheit .....	214
<b>8.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie</b> .....	207	8.4.5	Pulmonale Hypertonie .....	215
8.2.1	Rechter Ventrikel .....	207	8.4.6	Kardiomyopathien .....	217
8.2.2	Pulmonalklappe .....	208	8.4.7	Zusatzstrukturen im rechten Ventrikel .....	219
8.2.3	Pulmonalarterie .....	208	8.4.8	Ventrikelseptumdefekte .....	219
<b>8.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie</b> .....	208	<b>8.5</b>	<b>Erkrankungen der Pulmonalklappe</b> .....	222
8.3.1	Rechter Ventrikel .....	208	8.5.1	Pulmonalstenose .....	222
8.3.2	Pulmonalklappe und Pulmonalarterie .....	212	8.5.2	Pulmonalinsuffizienz .....	223
<b>8.4</b>	<b>Erkrankungen des rechten Ventrikels</b> .....	213	<b>8.6</b>	<b>Weitere kongenitale Shunt-Erkrankungen</b> .....	224
8.4.1	Dilatation des rechten Ventrikels .....	213	8.6.1	Offener Ductus Botalli .....	224
8.4.2	Hypertrophie des rechten Ventrikels .....	214	8.6.2	Fallot-Tetralogie .....	224
8.4.3	Eingeschränkte systolische Funktion des rechten Ventrikels .....	214	8.6.3	Komplette Transposition der großen Gefäße .....	224
<b>9</b>	<b>Rechter Vorhof, Vorhofseptum und Trikuspidalklappe</b> .....				226
<b>9.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	226	<b>9.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie</b> .....	228
<b>9.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie</b> .....	226	9.3.1	Schnittebenen .....	228
9.2.1	Rechter Vorhof .....	226	9.3.2	Transösophageale Untersuchung des rechten Vorhofs, des Vorhofseptums und der Trikuspidalklappe .....	229
9.2.2	Vorhofseptum .....	227			
9.2.3	Trikuspidalklappe .....	228	<b>9.4</b>	<b>Erkrankungen der Trikuspidalklappe</b> .....	230
			9.4.1	Trikuspidalstenose .....	230
			9.4.2	Trikuspidalinsuffizienz .....	230

9.4.3	Trikuspidalendokarditis . . . . .	232	<b>9.6</b>	<b>Pathologische Befunde im rechten Vorhof und der unteren Hohlvene . . . . .</b>	239
9.4.4	Morbus Ebstein . . . . .	232			
<b>9.5</b>	<b>Shuntverbindungen: offenes Foramen ovale und Vorhofseptumdefekte . . . . .</b>	233	9.6.1	Zusatzstrukturen im rechten Vorhof: Thromben, Tumoren und Fremdkörper . . . . .	239
9.5.1	Offenes Foramen ovale . . . . .	233	9.6.2	Fehlender inspiratorischer Kollaps der unteren Hohlvene . . . . .	240
9.5.2	Vorhofseptumdefekte . . . . .	234			
9.5.3	Vorhofseptumaneurysma . . . . .	238			
<b>10</b>	<b>Aorta . . . . .</b>	242	<b>10.4</b>	<b>Erkrankungen der Aorta . . . . .</b>	246
<b>10.1</b>	<b>Zum Einstieg . . . . .</b>	242	10.4.1	Dilatation und Aneurysma . . . . .	246
<b>10.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie . . . . .</b>	242	10.4.2	Atherosklerose . . . . .	248
<b>10.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie . . . . .</b>	242	10.4.3	Aortendissektion . . . . .	248
10.3.1	Aortenwurzel und Aorta ascendens . . . . .	242	10.4.4	Marfan-Syndrom . . . . .	251
10.3.2	Aortenbogen und Aorta descendens . . . . .	244	10.4.5	Traumen . . . . .	251
10.3.3	Wichtigste Befunde . . . . .	245	10.4.6	Aortenisthmusstenose . . . . .	251
10.3.4	Transösophageale Darstellung der Aorta . . . . .	245	10.4.7	Aortitis . . . . .	252
<b>11</b>	<b>Perikard . . . . .</b>	254	<b>11.4</b>	<b>Erkrankungen des Perikards . . . . .</b>	254
<b>11.1</b>	<b>Zum Einstieg . . . . .</b>	254	11.4.1	Perikarderguss . . . . .	254
<b>11.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie . . . . .</b>	254	11.4.2	Perikardtampnade . . . . .	258
<b>11.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie . . . . .</b>	254	11.4.3	Pericarditis constrictiva . . . . .	261
			11.4.4	Andere Erkrankungen . . . . .	262
<b>III Abschlusskurs</b>					
<b>12</b>	<b>Echokardiografische Notfalldiagnostik . . . . .</b>	264	<b>12.3</b>	<b>Echokardiografische Differenzialdiagnose nach Leitsymptomen . . . . .</b>	264
<b>12.1</b>	<b>Zum Einstieg . . . . .</b>	264	<b>12.4</b>	<b>Dringliche Indikationen . . . . .</b>	266
<b>12.2</b>	<b>Notfallindikationen . . . . .</b>	264	12.4.1	Kardiale Emboliequellensuche . . . . .	266
12.2.1	Leitsymptome . . . . .	264			
12.2.2	Methodische Besonderheiten . . . . .	264			
<b>13</b>	<b>Herzklappenprothesen . . . . .</b>	267	<b>13.3</b>	<b>Prothesentypen . . . . .</b>	268
<b>13.1</b>	<b>Zum Einstieg . . . . .</b>	267	13.3.1	Mechanische und biologische Klappen . . . . .	268
<b>13.2</b>	<b>Besonderheiten der Echokardiografie von Herzklappenprothesen . . . . .</b>	267	13.3.2	Komplikationen bei Klappenprothesen . . . . .	268
13.2.1	Artefakte . . . . .	267	13.3.3	Untersuchungsgang und wichtige Fragestellungen . . . . .	268
13.2.2	Strömungsphysikalische Eigenheiten . . . . .	267	13.3.4	Besteht eine Protheseninsuffizienz? . . . . .	269
13.2.3	Grunderkrankung . . . . .	267	13.3.5	Besteht eine Obstruktion der Prothese? . . . . .	271
13.2.4	Transösophageale Echokardiografie . . . . .	267	13.3.6	Liegen Anzeichen für eine infektiöse Endokarditis vor? . . . . .	272

13.3.7	Liegt eine Prothesenthrombose oder Pannusbildung vor? .....	272	<b>13.4</b>	<b>Besonderheiten der verschiedenen Klappenpositionen</b> .....	274
			13.4.1	Mitralprothesen .....	274
			13.4.2	Aortenprothesen .....	275
			13.4.3	Trikuspidalprothesen .....	276
<b>14</b>	<b>Transösophageale Echokardiografie</b> .....	277			
<b>14.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	277	14.2.5	Vollständigkeit der Untersuchung .....	282
<b>14.2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	277	14.2.6	Reinigung und Kontrolle der Sonde .....	282
14.2.1	Prinzip der transösophagealen Untersuchung; Schallkopf und Schnittebenen ..	277	<b>14.3</b>	<b>Durchführung der transösophagealen Untersuchung</b> .....	283
14.2.2	Ausbildung des Untersuchers .....	279	14.3.1	Vorbereitung und Einführen des Geräts ..	283
14.2.3	Indikationen, Kontraindikationen und Kautelen .....	280	14.3.2	Typischer Ablauf der transösophagealen Echokardiografie .....	285
14.2.4	Risiken und Komplikationen .....	281			
<b>15</b>	<b>Stressechokardiografie</b> .....	295	<b>15.3</b>	<b>Durchführung der Belastung</b> .....	297
<b>15.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	295	15.3.1	Bildgewinnung und -interpretation .....	297
<b>15.2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	295	15.3.2	Hilfsmaßnahmen bei schlechter Bildqualität .....	299
15.2.1	Diagnose der koronaren Herzkrankheit in der Ruheechokardiografie .....	295	15.3.3	Belastungsformen .....	299
15.2.2	Prinzip der Stressechokardiografie .....	295	15.3.4	Vitalitätsdiagnostik .....	301
	Wandbewegungsstörungen .....	295	<b>15.4</b>	<b>Stärken und Schwächen der Stressechokardiografie</b> .....	302
15.2.3	Normale Veränderung der systolischen Funktion des linken Ventrikels unter Belastung .....	295			
15.2.4	Indikationen, Kontraindikationen und Kautelen .....	296			
<b>16</b>	<b>Kontrastechokardiografie</b> .....	303	16.3.4	Unerwünschte Wirkungen der Kontrastgabe .....	306
<b>16.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	303	<b>16.4</b>	<b>Untersuchungen mit Linksherzkontrastmittel</b> .....	306
<b>16.2</b>	<b>Technische Grundlagen</b> .....	303	16.4.1	Linksherzkontrastmittel .....	306
16.2.1	Kontrastmittel der Rechtsherzkontrastechokardiografie .....	303	16.4.2	Indikationen und Kontraindikationen .....	307
<b>16.3</b>	<b>Untersuchungen mit Rechtsherzkontrastmittel</b> .....	304	16.4.3	Endokardabgrenzung .....	307
16.3.1	Shunt diagnostik .....	304	16.4.4	Doppler .....	307
16.3.2	Persistierende linksseitige V. cava superior	305	16.4.5	Myokardiale Durchblutung .....	308
16.3.3	Echokontrast bei Perikardpunktion .....	305			

## IV Anhang

<b>17</b>	<b>Häufig benutzte Formeln in der Echokardiografie</b> .....	310
<b>17.1</b>	<b>Ventrikelfunktion</b> .....	310
17.1.1	Ejektionsfraktion.....	310
17.1.2	Zirkumferenzielle Verkürzungsfraction... ..	310
17.1.3	Schlagvolumen .....	310
17.1.4	Schlagvolumenindex .....	310
17.1.5	Rechtsventrikuläre Flächenverkürzungsfraction.....	310
<b>17.2</b>	<b>Masse/Geometrie des linken Ventrikels</b> .....	310
17.2.1	Relative Wanddicke.....	310
17.2.2	Linksventrikuläre Masse .....	310
17.2.3	Klappenfehler .....	311
17.2.4	Aortenklappenöffnungsfläche nach Kontinuitätsgleichung .....	311
17.2.5	Mitralstenose: Öffnungsfläche nach Dopplerhalbwertzeit.....	311
17.2.6	Proximale Konvergenzzone/PISA-Formel ..	311
17.2.7	Regurgitationsvolumen .....	311
17.2.8	Regurgitationsfraktion .....	311
<b>18</b>	<b>Normwerte</b> .....	312
<b>19</b>	<b>Literatur</b> .....	315
	<b>Sachverzeichnis</b> .....	317