

# 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	Stellenwert echokardiografischer Befunde in der kardiovaskulären Diagnostik	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	<b>3.3.5</b>	Parasternaler Langachsenschnitt des rechtsventrikulären Einflusstrakts .....	82
<b>3.3.1</b>	Schallfenster. ....	66	<b>3.3.6</b>	Parasternale Kurzachsenschnitte .....	82
<b>3.3.2</b>	Integration von M-Mode und Doppler in den Untersuchungsgang. ....	66	<b>3.3.7</b>	Apikale Schnittebenen .....	88
<b>3.3.3</b>	Nomenklatur der Schnittebenen. ....	67	<b>3.3.8</b>	Subkostale Schnittebenen .....	94
<b>3.3.4</b>	Parasternaler Langachsenschnitt .....	69	<b>3.3.9</b>	Suprasternales Schallfenster .....	97
			<b>3.3.10</b>	Rechtsparasternales Fenster .....	98
 <b>II Aufbaukurs</b>					
<b>4</b>	<b>Linker Ventrikel und Kardiomyopathien</b> .....	100			
<b>4.1</b>	<b>Zum Einstieg</b> .....	100	<b>4.2.6</b>	Echokardiografische Befunde bei Herztransplantation .....	128
<b>4.2</b>	<b>Linker Ventrikel: globale und regionale Veränderungen</b> .....	100	<b>4.2.7</b>	Anhang .....	128
<b>4.2.1</b>	Funktionelle Anatomie .....	100	<b>4.3</b>	<b>Kardiomyopathien</b> .....	130
<b>4.2.2</b>	Echokardiografische Morphologie und Funktionsbeurteilung .....	100	<b>4.3.1</b>	Einteilungen .....	130
<b>4.2.3</b>	Eingeschränkte linksventrikuläre Funktion .....	115	<b>4.3.2</b>	Dilatative Kardiomyopathie .....	131
<b>4.2.4</b>	Andere umschriebene pathologische Veränderungen und Zusatzstrukturen. ....	124	<b>4.3.3</b>	Hypertrophe Kardiomyopathie .....	133
<b>4.2.5</b>	Häufige echokardiografische Fehler .....	126	<b>4.3.4</b>	Restriktive Kardiomyopathien .....	139
			<b>4.3.5</b>	Non-Compaction-Kardiomyopathie .....	141
			<b>4.3.6</b>	Takotsubo-Kardiomyopathie (Stress-Kardiomyopathie) .....	142
<b>5</b>	<b>Mitralklappe</b> .....	144			
<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	<b>5.4.1</b>	Degenerative Veränderungen der Mitralklappe .....	150
<b>5.2.1</b>	Klappenapparat .....	144	<b>5.4.2</b>	Mitralprolaps .....	150
<b>5.2.2</b>	Mitralring .....	144	<b>5.4.3</b>	Infektiöse Endokarditis .....	154
<b>5.2.3</b>	Segel .....	144	<b>5.4.4</b>	Abakterielle Endokarditiden .....	157
<b>5.2.4</b>	Chordafäden und Papillarmuskeln .....	144	<b>5.4.5</b>	Mitralstenose .....	158
<b>5.3</b>	<b>Echokardiografische Beurteilung der Mitralklappe</b> .....	146	<b>5.4.6</b>	Mitralinsuffizienz .....	165
<b>5.3.1</b>	Morphologische Beurteilung .....	146	<b>5.4.7</b>	Angeborene Erkrankungen .....	174
<b>5.3.2</b>	Funktionsbeurteilung .....	147	<b>5.5</b>	<b>Transmitrales Flussgeschwindigkeitsprofil und diastolische Funktion des linken Ventrikels</b> .....	174
			<b>5.6</b>	<b>Häufige Untersuchungsfehler</b> .....	174
<b>6</b>	<b>Aortenklappe</b> .....	175			
<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	<b>6.3.1</b>	Morphologische Beurteilung .....	175
<b>6.2.1</b>	Klappenapparat .....	175	<b>6.3.2</b>	Funktionsbeurteilung (Doppler) .....	177
<b>6.2.2</b>	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>10.1</b>	<b>Zum Einstieg .....</b>	242	<b>10.4</b>	<b>Erkrankungen der Aorta.....</b>	246
<b>10.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie .....</b>	242	10.4.1	Dilatation und Aneurysma .....	246
<b>10.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie.....</b>	242	10.4.2	Atherosklerose .....	248
10.3.1	Aortenwurzel und Aorta ascendens .....	242	10.4.3	Aortendissektion .....	248
10.3.2	Aortenbogen und Aorta descendens .....	244	10.4.4	Marfan-Syndrom .....	251
10.3.3	Wichtigste Befunde .....	245	10.4.5	Traumen .....	251
10.3.4	Transösophageale Darstellung der Aorta ..	245	10.4.6	Aortenisthmusstenose .....	251
			10.4.7	Aortitis .....	252
<b>11</b>	<b>Perikard .....</b>	254			
<b>11.1</b>	<b>Zum Einstieg .....</b>	254	<b>11.4</b>	<b>Erkrankungen des Perikards .....</b>	254
<b>11.2</b>	<b>Funktionelle Anatomie .....</b>	254	11.4.1	Perikarderguss .....	254
<b>11.3</b>	<b>Echokardiografische Morphologie.....</b>	254	11.4.2	Perikardtamponade .....	258
			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>12.1</b>	<b>Zum Einstieg .....</b>	264	<b>12.3</b>	<b>Echokardiografische Differenzialdiagnose nach Leitsymptomen.....</b>	264
<b>12.2</b>	<b>Notfallindikationen .....</b>	264	<b>12.4</b>	<b>Dringliche Indikationen .....</b>	266
12.2.1	Leitsymptome .....	264	12.4.1	Kardiale Emboliequellensuche .....	266
12.2.2	Methodische Besonderheiten .....	264			
<b>13</b>	<b>Herzklappenprothesen .....</b>	267			
<b>13.1</b>	<b>Zum Einstieg .....</b>	267	<b>13.3</b>	<b>Prothesentypen.....</b>	268
<b>13.2</b>	<b>Besonderheiten der Echokardiografie von Herzklappenprothesen .....</b>	267	13.3.1	Mechanische und biologische Klappen ...	268
13.2.1	Artefakte .....	267	13.3.2	Komplikationen bei Klappenprothesen ...	268
13.2.2	Strömungsphysikalische Eigenheiten .....	267	13.3.3	Untersuchungsgang und wichtige Fragestellungen .....	268
13.2.3	Grunderkrankung .....	267	13.3.4	Besteht eine Protheseninsuffizienz? .....	269
13.2.4	Transösophageale Echokardiografie .....	267	13.3.5	Besteht eine Obstruktion der Prothese? ..	271
			13.3.6	Liegen Anzeichen für eine infektiöse Endokarditis vor? .....	272

13.3.7	Liegt eine Prothesenthrombose oder Pannusbildung vor? .....	272	13.4	<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			
14.1	<b>Zum Einstieg</b> .....	277	14.2.5	Vollständigkeit der Untersuchung .....	282
14.2	<b>Grundlagen</b> .....	277	14.2.6	Reinigung und Kontrolle der Sonde .....	282
14.2.1	Prinzip der transösophagealen Untersuchung; Schallkopf und Schnittebenen ..	277	14.3	<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			
15.1	<b>Zum Einstieg</b> .....	295	15.3	<b>Durchführung der Belastung</b> .....	297
15.2	<b>Grundlagen</b> .....	295	15.3.1	Bildgewinnung und -interpretation .....	297
15.2.1	Diagnose der koronaren Herzkrankheit in der Ruheechokardiografie .....	295	15.3.2	Hilfsmaßnahmen bei schlechter Bildqualität .....	299
15.2.2	Prinzip der Stressechokardiografie .....	295	15.3.3	Belastungsformen .....	299
	Wandbewegungsstörungen .....	295	15.3.4	Vitalitätsdiagnostik .....	301
15.2.3	Normale Veränderung der systolischen Funktion des linken Ventrikels unter Belastung .....	295	15.4	<b>Stärken und Schwächen der Stressechokardiografie</b> .....	302
15.2.4	Indikationen, Kontraindikationen und Kautelen .....	296			
<b>16</b>	<b>Kontrastechokardiografie</b> .....	303			
16.1	<b>Zum Einstieg</b> .....	303	16.3.4	Unerwünschte Wirkungen der Kontrastgabe .....	306
16.2	<b>Technische Grundlagen</b> .....	303	16.4	<b>Untersuchungen mit Linksherzkontrastmittel</b> .....	306
16.2.1	Kontrastmittel der Rechtsherzkontrastechokardiografie .....	303	16.4.1	Linksherzkontrastmittel .....	306
16.3	<b>Untersuchungen mit Rechtsherzkontrastmittel</b> .....	304	16.4.2	Indikationen und Kontraindikationen ....	307
16.3.1	Shunt diagnostik .....	304	16.4.3	Endokardabgrenzung .....	307
16.3.2	Persistierende linksseitige V. cava superior	305	16.4.4	Doppler .....	307
16.3.3	Echokontrast bei Perikardpunktion .....	305	16.4.5	Myokardiale Durchblutung .....	308

## 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