



教育ガイドライン完全準拠

Clinical Cardiovascular Anesthesiology

臨床 心臓血管 麻酔科学書

日本麻酔科医会連合出版部 編

編集主幹 佐和 貞治

編集委員 川真田樹人

齋藤 繁

廣田 和美

溝渕 知司

森田 潔

巻編集 秋山 浩一

岡本 浩嗣

中山書店

まえがき

一般社団法人日本麻酔科医会連合では、事業活動の一環として出版部を設置し、これまで『臨床麻酔科学書』『臨床麻酔薬理学書』『臨床区域麻酔科学書』を刊行し、麻酔科医にとって基本となる知識と技術を網羅した書籍を提供してまいりました。このたび、同シリーズの一翼を担う成書として『臨床心臓血管麻酔科学書 教育ガイドライン完全準拠』を上梓する運びとなりました。

近年、心臓血管外科手術の高度化に伴い、心臓血管麻酔の領域において求められる知識や技術も、目覚ましい進歩を遂げています。日本心臓血管麻酔学会においては、より安全で質の高い心臓血管麻酔の提供と、指導的役割を担う専門医の育成を目的として、2024年2月に最新の「教育ガイドライン」が発行されました。本書は、この教育ガイドラインに完全準拠し、ガイドラインの各論項目を日常の臨床現場で深く理解し、実践的に活用するための「決定版の教科書」を編纂することを目指して、日本麻酔科医会連合と日本心臓血管麻酔学会との協働のもと企画されました。

本書の編集にあたっては、日本心臓血管麻酔学会の理事長を務められている岡本浩嗣教授（北里大学）と、新進気鋭の秋山浩一教授（名古屋大学）のお二人に編集委員をお願いし、多大なるご尽力をいただきました。

本書がカバーするジャンル・領域は多岐にわたります。心臓・血管の解剖や生理学、薬理学といった基礎知識に始まり、術前評価、経食道心エコー（TEE）を含む各種モニタリング、人工心肺や機械的補助デバイス、血液凝固および輸血管理など、周術期管理とその関連分野の必須事項を網羅しています。さらに、冠動脈疾患、弁疾患、大動脈疾患から、小児および成人の先天性心疾患、重症心不全といった多様な疾患の麻酔管理に加え、術後管理、さらには医療安全や医事法制に至るまで、臨床心臓血管麻酔に求められるあらゆる領域を広く深く取り上げた総合的な構成となっております。

ご執筆にあたっては、全国の各領域において第一線でご活躍されている154名の専門家の先生方に協力を仰ぎました。ご多忙の中、最新の知見と豊富な臨床経験を注ぎ込んでいただいた執筆者の皆様方の多大なるご努力に、この場を借りて心より深く感謝申し上げます。

本書が、心臓血管麻酔を専門とする医師はもとより、これから専門医を目指す専攻医や若手医師の方々にとって必携の書となり、ひいては日本における安全で安心な周術期医療の提供、および心臓血管麻酔科学のさらなる発展に貢献できることを心から願っております。

2026年5月

一般社団法人日本麻酔科医会連合 出版部 編集主幹
京都府立医科大学 大学院医学研究科教授・同附属病院長

佐和 貞治

目次 contents

まえがき	iii
執筆者一覧	xvii

1章 心臓・血管の解剖学 1

1.1 心臓の発生学	竹下 淳	1
1.2 心臓の外形・内腔	平崎裕二	5
1.2.1 心臓の基本構造	5	
1.2.2 心臓の外観	6	
1.2.3 心嚢と心膜腔	6	
1.2.4 心筋壁の構造	7	
1.2.5 心腔の構造	8	
1.2.6 心臓弁の構造	10	
1.2.7 線維性骨格	10	
1.2.8 房室中隔	11	
1.3 心臓の血管(冠血管)	平崎裕二	11
1.3.1 冠動脈とその灌流域	11	
1.3.2 冠静脈・冠静脈洞	11	
1.4 刺激伝導系	平崎裕二	12
1.5 血管系	平崎裕二	12
1.5.1 血管の基本構造	12	
1.5.2 動脈系	13	
1.5.3 静脈系	14	

2章 心臓・血管の生理学 15

2.1 自律神経系	田中 聡, 石田高志	15
2.1.1 交感神経と副交感神経	15	
2.1.2 自律神経系の伝達物質	16	
2.1.3 受容体の機能	18	
2.1.4 自律神経機能不全	20	
2.2 心臓の生理	23	
2.2.1 自動性と興奮伝導系	重見研司	23
2.2.2 機械的活動	重見研司	25
2.2.3 心機能調節の仕組み	重見研司	27
2.2.4 神経性制御	重見研司	32
2.2.5 心臓反射(cardiac reflex)	北川裕利	34
2.3 血管生理	北川裕利	36
2.3.1 血管の収縮・弛緩のメカニズム	36	
2.3.2 血管内皮細胞による血管トーンズの調整	37	
2.4 脳循環	石田裕介	38
2.4.1 化学的調節	38	
2.4.2 自己調節(内皮的調節)	40	
2.4.3 脳血流の液性・神経性調節	41	
2.4.4 脳灌流圧	42	
2.4.5 血液粘度効果	43	
2.4.6 血管作動薬の影響	43	
2.4.7 年齢の影響や高血圧症による自己調節能	45	
2.5 腎臓	石川晴士	46
2.5.1 腎臓の生理機能	46	
2.5.2 腎機能評価	48	
2.5.3 調節機構	49	
2.5.4 腎臓病の病態生理	50	
2.5.5 尿量	52	
2.5.6 腎機能に影響のある管理・薬物	54	
2.6 呼吸生理	萩平 哲	57
2.6.1 構造と生理機能	57	
2.6.2 呼吸調節	58	
2.6.3 呼吸機能	59	
2.6.4 ガス交換	61	
2.6.5 酸素運搬	62	
2.6.6 全身麻酔中の呼吸	63	
2.6.7 術後の呼吸	63	
2.6.8 呼吸器疾患患者の周術期管理	65	

2.7	酸塩基平衡	山本剛史	66
2.7.1	酸, 塩基, 緩衝液の定義		66
2.7.2	生体における酸塩基平衡		67
2.7.3	酸塩基平衡の異常		68
2.7.4	特殊な状態における酸塩基平衡		70

3章 薬理学

74

3.1	静脈麻酔薬	斎藤淳一	74
3.1.1	バルビツレート		74
3.1.2	ベンゾジアゼピン (ミダゾラム, レミゾラム)		75
3.1.3	フルマゼニル		76
3.1.4	ケタミン		76
3.1.5	プロポフォール		77
3.1.6	デクスメデトミジン		78
3.2	オピオイド	山口重樹	80
3.2.1	分類と作用機序		80
3.2.2	神経系への作用		81
3.2.3	呼吸器系への作用		82
3.2.4	心血管系への作用		82
3.2.5	内分泌性反応		84
3.2.6	薬力学・薬物動態		84
3.2.7	副作用		84
3.2.8	オピオイド受容体拮抗薬		85
3.3	吸入麻酔薬	谷口智哉	86
3.3.1	吸入麻酔薬の作用		86
3.3.2	麻酔薬力価		87
3.3.3	力価の変化		88
3.3.4	電気生理		89
3.3.5	冠循環		89
3.4	循環作動薬	田中克哉	90
3.4.1	カテコラミン		91
3.4.2	血管収縮薬		97
3.4.3	PDE III阻害薬		98
3.4.4	血管拡張薬		99
3.4.5	抗不整脈薬		101

4章 術前評価

105

4.1	心不全	太田隆嗣	105
4.1.1	RCRI と NYHA		105
4.1.2	左心不全		106
4.1.3	右心不全		109
4.2	冠動脈病変	山北俊介	114
4.2.1	冠動脈造影と番号		114
4.2.2	有意狭窄の評価		115
4.2.3	虚血と合併症		118
4.2.4	冠動脈疾患患者の重症度		119
4.2.5	無症候性心筋虚血		121
4.3	経皮的冠動脈形成術	清野雄介	122
4.3.1	冠動脈バルーン形成術		122
4.3.2	冠動脈ステント		123
4.3.3	ロータブレード		124
4.3.4	抗血栓療法		124
4.4	大動脈弁狭窄症	日野秀樹, 末廣浩一	126
4.4.1	病因, 臨床症状, 予後		126
4.4.2	重症度分類		127
4.4.3	二尖弁の病態・分類・リスク		129
4.4.4	大動脈弁置換術と経カテーテル大動脈弁留置術の術式と適応		130
4.4.5	人工弁の種類と利点・欠点		131
4.5	大動脈弁閉鎖不全症	能見俊浩	134
4.5.1	病因, 臨床症状 (聴診上の特徴も), 予後		134
4.5.2	重症度分類		135
4.5.3	大動脈弁輪拡張症と Boordhwani・El Khoury の分類		135
4.5.4	Bentall・reimplantation・remodeling		136
4.6	僧帽弁狭窄症	辛島裕士	139
4.6.1	病因, 臨床症状, 予後		139
4.6.2	重症度分類		140
4.6.3	Wilkins スコア		140
4.6.4	経皮的経静脈的僧帽弁交連切開術 (PTMC) の適応		141

4.7 僧帽弁閉鎖不全症	142
4.7.1 病因, 臨床症状, 予後	藤田信子 142
4.7.2 重症度分類	藤田信子 143
4.7.3 Carpentier 分類	藤田信子 144
4.8 三尖弁閉鎖不全症	石川 高 148
4.8.1 三尖弁閉鎖不全症 (TR) の病因と臨床症状	148
4.9 低侵襲手術 (MICS)	宮田和人, 重松明香 151
4.9.1 低侵襲心臓手術の定義	151
4.9.2 低侵襲心臓手術の分離肺換気	152
4.10 感染性心内膜炎 (IE)	杉村憲亮 156
4.10.1 感染性心内膜炎の病因と病態	156
4.10.2 Duke Criteria	157
4.10.3 感染性心内膜炎の原因菌と重症度評価	157
4.11 上行弓部解離性大動脈瘤	宮脇 宏 165
4.11.1 解離性大動脈瘤の分類 (Stanford 分類, DeBakey 分類)	165
4.11.2 手術適応	166
4.11.3 解離の部位と術式	168
4.11.4 発症時間と死亡リスク	168
4.12 上行弓部真性動脈瘤	宮脇 宏 172
4.12.1 動脈瘤の部位と術式	172
4.12.2 人工心肺確立の方法	173
4.13 下行大動脈瘤	法華真衣 174
4.13.1 Stanford B 型の保存療法と手術適応	174
4.13.2 Crawford 分類	176
4.13.3 左開胸手術のリスクと麻酔管理	176
4.13.4 脊髄虚血のリスク因子	177
4.14 腹部動脈瘤	加藤純悟 182
4.14.1 動脈瘤の部位と人工血管置換術の術式	182
4.14.2 スtentグラフトの適応	183
4.15 再手術症例	高橋京助, 森村隼人 185
4.15.1 再手術の時期と癒着	185
4.15.2 CT による評価	186
4.16 人工心肺と臓器障害	川人伸次, 箕田直治 189
4.16.1 頭頸部血管病変と脳虚血のリスク	189
4.16.2 上行大動脈病変と脳障害のリスク	190
4.16.3 低体温による脳保護	191
4.16.4 術後高次脳機能障害の概念とリスク	192
4.17 急性心膜炎	釜田峰都 196
4.17.1 急性心膜炎の病因	196
4.17.2 急性心膜炎の身体所見	197
4.18 収縮性心膜炎	釜田峰都 198
4.18.1 収縮性心膜炎の病因	198
4.18.2 心膜肥厚の画像所見	198
4.18.3 右室内波形の dip & plateau	199
4.19 心タンポナーデ	釜田峰都 200
4.19.1 心タンポナーデの病因	200
4.19.2 Beck の三徴	201
4.7.4 病変部位と弁形成術術式	西田秀史, 藤田信子 145
4.7.5 MitraClip® の術式と適応	藤田信子 146
4.8.2 TR の重症度分類	148
4.8.3 三尖弁クリップ	150
4.9.3 低侵襲手術の人工心肺確立方法	153
4.9.4 低侵襲手術の鎮痛方法	154
4.10.4 感染性心内膜炎の合併症と手術リスクと手術時期	160
4.10.5 疣腫弁輪の状態と手術術式	163
4.10.6 感染性心内膜炎に伴う出血凝固異常とヘパリン耐性	164
4.11.5 超緊急手術の必要性と麻酔管理	168
4.11.6 解離に伴う血液凝固異常: 凝固系の異常と止血困難因子	169
4.11.7 malperfusion の合併とそのリスク	169
4.11.8 人工心肺の確立と方法	170
4.12.3 debranch を伴うステントグラフト内挿術の適応とリスク	173
4.13.5 脊椎分節動脈の解剖と collateral network concept	178
4.13.6 脳脊髄液ドレナージの適応とリスク	179
4.13.7 動脈瘤の部位と人工心肺の確立の方法	180
4.14.3 外科手術における大動脈遮断部位と腎保護	184
4.14.4 腸管虚血のリスク評価と対策	184
4.15.3 再手術の方法, 人工心肺の確立方法	186
4.15.4 スtentグラフトのエンドリーク 5 分類	187
4.16.5 術後せん妄の概念とリスク	193
4.16.6 術前腎機能と周術期腎障害発生リスク	194
4.16.7 術前肝障害と周術期肝不全発症のリスク	195
4.18.4 血行動態の特徴と麻酔管理	199
4.18.5 手術術式のリスク	200
4.19.3 奇脈	201
4.19.4 心膜穿刺	201

4.20	肥大型心筋症	假屋太郎	202
4.20.1	病因, 病態生理, 症状, 診断, 治療		202
4.20.2	閉塞性肥大型心筋症		203
4.21	拡張型心筋症	假屋太郎	205
4.21.1	病因, 病態生理, 症状, 診断, 治療		205
4.21.2	血栓塞栓症の病態, 危険因子, 治療		207
4.22	拘束型心筋症	假屋太郎	209
4.22.1	概念, 原因, 症状, 診断, 治療		209
4.22.2	術前管理, 麻酔導入の注意点		210
4.23	ペースメーカー, ICD 植込み患者, 再同期療法	河村尚人	211
4.23.1	挿入適応疾患と症例		211
4.23.2	ペースメーカーの5コード		212
4.23.3	手術に伴うモード変更・ICD機能変更		213
4.23.4	中心静脈カテーテル・肺動脈カテーテル挿入時の注意点		214
4.23.5	再同期療法の概念と適応		214
4.23.6	リード抜去手術・ジェネレータ交換手術・ ICDの植込み手術の注意点		215
4.24	カテーテルアブレーション	河村尚人	216
4.24.1	適応症例		216
4.24.2	全身麻酔の適応症例		217
4.25	不整脈	中尾慎一	219
4.25.1	不整脈薬物治療ガイドライン		219
4.25.2	不整脈非薬物治療ガイドライン		221
4.25.3	心房細動 (AF)		223
4.25.4	脚ブロック		225
4.25.5	上室性不整脈		226
4.25.6	心室性不整脈		227
4.25.7	Brugada 症候群		229

5章

モニタリング

231

5.1	心電図	小嶋亜希子	231
5.1.1	基本心電図		231
5.1.2	不整脈の診断と発生機序		232
5.1.3	伝導障害		236
5.1.4	虚血の診断		237
5.1.5	ペーシング		238
5.2	血圧	小嶋亜希子	240
5.2.1	非観血的血圧測定		240
5.2.2	観血的血圧測定		240
5.3	中心静脈圧	小嶋亜希子	242
5.3.1	中心静脈圧波形		242
5.3.2	中心静脈カテーテル		242
5.4	肺動脈圧, 肺動脈楔入圧	岡本浩嗣	244
5.4.1	肺動脈カテーテルの歴史		244
5.4.2	モニタリングとしての意味		245
5.4.3	心臓血管外科手術および非心臓手術における 適応と禁忌		246
5.4.4	合併症		250
5.5	近赤外分光法 (NIRS)	吉谷健司	252
5.5.1	NIRSによる脳組織酸素飽和度測定の利点と欠点		252
5.5.2	臨床現場でのNIRSの有用性		253
5.6	経頭蓋ドプラ	吉谷健司	255
5.6.1	超音波経頭蓋ドプラの有用性		255
5.6.2	経頭蓋ドプラの欠点		255
5.6.3	心臓手術での有用性		256
5.7	運動誘発電位・感覚誘発電位	大井彩子	257
5.7.1	運動誘発電位 (MEP)		257
5.7.2	体性感覚誘発電位 (SEP)		259
5.8	脳波	林 和子	261
5.8.1	自発脳波の発生機構		261
5.8.2	脳波電極10-20法		263
5.8.3	脳波解析装置 (BIS [®] モニター, SedLine [®] 脳機能モニター)		263
5.8.4	麻酔深度, 麻酔深度の変化に伴う自発脳波の変化		265
5.8.5	適応麻酔薬, 麻酔薬による差異		265
5.8.6	体温, 体温変化に伴う脳波の影響		266
5.8.7	脳波上のてんかん波		266

5.9	体温モニタリング	和田啓一	267
5.9.1	中枢温と末梢温, 測定部位		267
5.9.2	体温計		269
5.9.3	体温調節		270
5.10	パルスオキシメータ	平田直之	276
5.10.1	測定原理		276
5.10.2	酸素解離曲線		276
5.10.3	アーチファクト		277
5.10.4	酸素化予備指標		277
5.11	カプノメータ・麻酔ガスモニター	平田直之	277
5.11.1	測定原理		277
5.11.2	測定方式		278
5.11.3	カプノグラムの波形		278
5.11.4	カプノグラムの変化		278
5.12	換気力学モニター	平田直之	279
5.12.1	気道内圧・流量・換気量		279
5.12.2	気道内圧曲線と肺コンプライアンス		280
5.13	血液ガス分圧測定	平田直之	281
5.13.1	動脈血酸素分圧		281
5.13.2	血液ガス分析の評価		281
5.14	ヘパリンモニタリング	吉永晃一	282
5.14.1	ACT の測定原理		282
5.14.2	各種手術における ACT の目標値		283
5.14.3	ACT 測定に影響を与える因子と, 測定誤差の原因		284
5.14.4	プロタミン投与によるヘパリン拮抗について		285
5.14.5	ACT 以外のヘパリンモニタリング		285
5.15	血液粘弾性検査	吉永晃一	286
5.15.1	血液粘弾性検査の原理		286
5.15.2	血液粘弾性検査の測定機器一覧		287
5.15.3	血液粘弾性検査に関するガイドライン		287
5.15.4	血液粘弾性検査の limitation		287
6 章	超音波の利用		288
6.1	超音波の基礎	中山力恒	288
6.1.1	超音波の原理		288
6.1.2	探触子 (プローブ)		290
6.1.3	安全		291
6.1.4	ドブラ法の原理		292
6.2	定量評価	町野智子	295
6.2.1	M モード, 断層法		295
6.2.2	ドブラ法		296
6.3	TEE の安全性	秋山浩一	301
6.4	TEE による観察と評価		304
6.4.1	TEE によるルーティン評価	秋山浩一	304
6.4.2	左室局所収縮機能	今井英一	311
6.4.3	左室収縮機能評価	今井英一	314
6.4.4	左室拡張期充満と拡張能評価	岩野弘幸	317
6.4.5	右室機能評価	岩野弘幸	322
6.4.6	アーチファクトとピットフォール	富野美紀子	325
6.5	TTE による観察と評価	高橋 慧, 板橋裕史, 新井丈郎	329
6.5.1	TEE との比較		329
6.5.2	エコーウィンドウ		329
6.5.3	傍胸骨長軸像		330
6.5.4	傍胸骨短軸像		330
6.5.5	心尖部四腔像		330
6.5.6	心窩部四腔像		330
6.5.7	心窩部下大静脈長軸像		331
6.5.8	胸骨上窩長軸像		331
6.6	その他のエコー	高橋 慧, 板橋裕史, 新井丈郎	332
6.6.1	大動脈壁エコー		332
6.6.2	心外膜心エコー		332
6.6.3	コントラスト心エコー		332
6.6.4	肺エコー		333

7章

人工心肺

335

7.1	人工心肺回路構成	335	7.1.3	その他の回路構成	小林賢輔 344
7.1.1	血液ポンプ	伊藤明日香 335	7.2.5	心筋保護	安田篤史 376
7.1.2	人工肺	伊藤明日香 340	7.2.6	成人心臓手術時の人工心肺	横塚 基 383
7.2	人工心肺中の生理	352	7.2.7	小児心臓手術時の人工心肺	東條圭一 392
7.2.1	生理的变化	小畑友里江 352	7.2.8	脳分離体外循環	横塚 基 399
7.2.2	灌流	川人伸次, 箕田直治 360	7.3	人工心肺中の安全管理	安野 誠 402
7.2.3	凝固管理	前田琢磨 364	7.3.1	安全装置の機能とガイドライン	402
7.2.4	体温管理	清水 淳 371	7.3.2	安全性を向上させる基本3要素	403
7.3	人工心肺中の安全管理	402	7.3.3	安全装置の種類と機能	404
7.3.1	安全装置の機能とガイドライン	402	7.4	人工心肺中の危機管理・トラブル対応	百瀬直樹 409
7.3.2	安全性を向上させる基本3要素	403	7.4.1	人工心肺とリスク	409
7.4	人工心肺中の危機管理・トラブル対応	409	7.4.2	空気誤送	409
7.4.1	人工心肺とリスク	409	7.4.3	装置の停止	412
7.4.2	空気誤送	409	7.4.4	血液回路のトラブル	413
7.4.3	装置の停止	412	7.4.5	ガス交換のトラブル	414
7.4.4	血液回路のトラブル	413	7.4.6	脱血やサクシヨンのトラブル	415
7.4.5	ガス交換のトラブル	414	7.4.7	誤薬と異形輸血	415
7.4.6	脱血やサクシヨンのトラブル	415			
7.4.7	誤薬と異形輸血	415			

8章

機械的補助デバイス

417

8.1	心血管植込み型電子デバイス	澤井俊幸 417	8.1.3	植込み型除細動器 (ICD)	421
8.1.1	植込み型ペースメーカ	417	8.1.4	心臓再同期療法 (CRT)	422
8.1.2	テンポラリーペースメーカ	421	8.2	循環補助デバイス	植田健一 423
8.2	循環補助デバイス	423	8.2.1	大動脈内バルーンパンピング (IABP)	423
8.2.1	大動脈内バルーンパンピング (IABP)	423	8.2.2	体外式膜型人工肺 (ECMO)	426
8.2.2	体外式膜型人工肺 (ECMO)	426	8.2.3	補助循環用ポンプカテーテル (IMPELLA [®])	428
8.2.3	補助循環用ポンプカテーテル (IMPELLA [®])	428	8.2.4	心室補助装置 (VAD)	432
8.2.4	心室補助装置 (VAD)	432			

9章

血液凝固

435

9.1	血液凝固の生理学	香取信之 435	9.1.4	血液凝固系	439
9.1.1	体液	435	9.1.5	線溶系	441
9.1.2	血液細胞	435	9.2	血液凝固系に作用する薬剤の薬理学	444
9.1.3	血漿成分	437	9.2.1	抗血小板薬	中嶋康文 444
9.2	血液凝固系に作用する薬剤の薬理学	444	9.2.2	抗凝固薬	中嶋康文 452
9.2.1	抗血小板薬	中嶋康文 444	9.2.3	血栓溶解薬	八島 望 456
9.2.2	抗凝固薬	中嶋康文 452	9.2.4	抗線溶薬	八島 望 457
9.2.3	血栓溶解薬	八島 望 456	9.3	止血異常の評価	小川 覚 466
9.2.4	抗線溶薬	八島 望 457	9.3.1	止血異常	466
9.3	止血異常の評価	466	9.3.2	血液凝固・線溶系のモニタリング	466
9.3.1	止血異常	466	9.4	抗血栓療法中の術前管理	小川 覚 468
9.3.2	血液凝固・線溶系のモニタリング	466	9.4.1	抗血小板療法	468
9.4	抗血栓療法中の術前管理	468	9.4.2	抗凝固療法	469
9.4.1	抗血小板療法	468	9.5	人工心肺管理 (血液凝固)	前田琢磨 472
9.4.2	抗凝固療法	469	9.5.1	凝固管理	472
9.5	人工心肺管理 (血液凝固)	472	9.5.2	輸血	473
9.5.1	凝固管理	472	9.5.3	抗線溶療法	473
9.5.2	輸血	473			
9.5.3	抗線溶療法	473			

10章 輸血

475

10.1	輸血療法	枝長充隆	475
10.1.1	同種血輸血		475
10.1.2	自己血輸血		476
10.1.3	輸血の安全性と保存		477
10.2	血漿分画製剤	川島信吾	481
10.3	輸血副反応・副作用	川島信吾	484
10.3.1	溶血性輸血反応		484
10.3.2	非溶血性輸血反応		486
10.4	危機的出血	斎藤淳一	490
10.4.1	危機的出血への対応ガイドライン		490
10.4.2	交差適合試験の省略		490
10.4.3	異型適合輸血		491
10.4.4	大量輸血の副作用・合併症		492
10.1.4	輸血検査		477
10.1.5	輸血用血液製剤		479
10.3.3	大量輸血に伴う合併症		487
10.4.5	回収式自己血輸血		493
10.4.6	急速輸血装置		494
10.4.7	血漿分画製剤		495
10.4.8	緊急検査		496

11章 術後管理

497

11.1	集中治療における重症度評価	大田典之	497
11.2	鎮痛・鎮静・せん妄・睡眠	大田典之	498
11.2.1	鎮静の評価		498
11.2.2	PADIS ガイドライン		500
11.2.3	鎮静薬		501
11.3	呼吸		503
11.3.1	ARDS ガイドライン … 橋本一哉, 江木盛時	503	
11.3.2	合併症管理	橋本一哉, 江木盛時	504
11.3.3	非侵襲的陽圧換気 (NPPV)	山田瑠美子, 江木盛時	505
11.3.4	人工呼吸管理	三好健太郎, 江木盛時	507
11.3.5	人工呼吸離脱	小堀鮎美, 江木盛時	509
11.3.6	理学療法 (体位変換)	甲斐慎一, 江木盛時	511
11.4	循環	甲谷太一	513
11.4.1	合併症管理		513
11.4.2	治療技術		516
11.5	脳・脊髄	甲谷太一	521
11.5.1	脳梗塞		521
11.5.2	頭蓋内出血		521
11.6	消化管	甲谷太一	523
11.6.1	急性膵炎		523
11.6.2	閉塞性および非閉塞性消化管虚血		526
11.7	腎臓	小山 薫	528
11.7.1	急性腎障害の診断		528
11.7.2	急性心不全に伴う急性腎障害		529
11.7.3	KDIGO 診療ガイドライン		529
11.7.4	AKI 診療ガイドライン 2016		529
11.8	内分泌・代謝	小山 薫	530
11.8.1	血糖値調節		530
11.8.2	ステロイドカバー (相対的・絶対的副腎不全)		531
11.9	血液	小山 薫	532
11.9.1	心臓手術後出血		532
11.9.2	播種性血管内凝固症候群 (DIC)		533
11.9.3	心臓手術後の DIC		533
11.10	感染症	加古英介	534
11.10.1	感染管理		534
11.10.2	合併症管理		536
11.11	栄養	濱田一央, 加古英介	538

11.12 集中治療後症候群 (PICS)	加古英介	539
------------------------------------	------	-----

12章 麻酔・周術期管理の医療安全 佐和貞治 541

12.1 医療安全と個人情報保護	541
12.2 患者安全とチーム	542
12.2.1 インシデントレポートシステム	542
12.2.2 コミュニケーション	543
12.2.3 ノンテクニカルスキル	544
12.2.4 インフォームドコンセント	545

13章 医事法制 長坂安子 547

13.1 医療訴訟	佐和貞治	547
13.1.1 民事訴訟	547	
13.1.2 刑事訴訟	549	
13.2 医事紛争	佐和貞治	551
13.2.1 医事紛争	551	
13.2.2 医師賠償責任保険	552	
13.3 医療事故 (有害事象)	佐和貞治	554
13.4 医療事故調査	佐和貞治	555
13.4.1 院内医療事故調査委員会：目的と機能	555	
13.4.2 morbidity & mortality カンファレンス	555	
13.4.3 医療事故調査制度	556	
13.5 麻酔の安全を向上するために	水田幸恵, 山浦 健	559
13.5.1 麻酔関連偶発症例調査	559	
13.5.2 ASA Closed Claims Study	560	
13.5.3 JSA CCP	561	
13.5.4 日本麻酔科学会制定ガイドライン	561	
13.5.5 日本麻酔科学会制定プラクティカルガイドライン	563	
13.5.6 日本麻酔科学会と他学会合同制定ガイドライン	564	
13.6 リスクの種類	長坂安子	565
13.6.1 患者要因	565	
13.6.2 麻酔関連要因	566	
13.6.3 手術要因	567	
13.6.4 施設要因	568	
13.6.5 モニタリングに関する要因	569	
13.6.6 麻酔担当者に関連したリスク	571	

14章 手術室の安全管理・環境整備 573

14.1 ガイドライン	能見俊浩	573
14.2 電気的アース	能見俊浩	574
14.3 電気ショックとその予防	能見俊浩	576
14.4 電源の種類	能見俊浩	577
14.5 電気容量	能見俊浩	578
14.6 たこ足配線	能見俊浩	579
14.7 電磁環境対策	能見俊浩	579
14.8 余剰ガスの排気	平田直之	580
14.8.1 健康への危険性	580	
14.8.2 排気の仕組み	580	
14.8.3 サージカルスモーク	581	
14.9 放射線	平田直之	581
14.9.1 放射線被曝	581	
14.9.2 電離放射線と非電離放射線	582	
14.9.3 放射線障害を防ぐ方法	582	
14.10 感染	平田直之	583
14.10.1 手指消毒	583	
14.10.2 スタンダードプレコーション	583	
14.10.3 マキシマルバリアプレコーション	583	
14.10.4 感染経路に応じた対策	584	
14.10.5 感染性物質の廃棄	586	

14.11	カテーテル管理	武井祐介, 山内正憲	587
14.12	医療機器管理	武井祐介, 山内正憲	589
14.12.1	感染予防と対策		589
14.12.2	抗菌薬の適正使用		590
14.13	消毒法	武井祐介, 山内正憲	592
14.14	化学物質	武井祐介, 山内正憲	594
14.15	手術安全におけるヒューマンファクター	赤松 繁	595
14.15.1	WHOの安全な手術のためのガイドライン		596
14.15.2	手術安全のチェックリスト		596
14.16	医療機器の安全管理	赤松 繁	597
14.17	医療ガスの安全管理	赤松 繁	598
14.18	災害医療	赤松 繁	600
14.19	手術室の基本構造	赤松 繁	601
14.19.1	空気清浄度クラス		601
14.19.2	感染症用手術室(陰圧個室を含む)		603

15章 冠動脈疾患 604

15.1	冠動脈疾患の症状・診断・重症度評価・治療	中山力恒	604
15.1.1	急性冠症候群, 慢性冠症候群, 安定冠動脈疾患の血行再建		604
15.1.2	冠動脈疾患患者における抗血栓療法		607
15.2	冠動脈の生理	中山力恒	609
15.2.1	心筋酸素供給・需要の規定因子, 麻酔薬の影響		609
15.2.2	心筋虚血のモニタリング		610
15.3	冠動脈疾患の術前評価	金 信秀	612
15.3.1	冠動脈疾患の危険因子と発症予測モデル		612
15.3.2	術後心筋虚血		618
15.3.3	冠動脈疾患の合併症		620
15.4	冠動脈疾患の外科治療		623
15.4.1	CABG, 心移植と機械的補助循環(IABP, IMPELLA®, VAD)	山本俊介	623
15.4.2	off-pump CABGとon-pump CABGの違いと選択	岡田康佑, 山本俊介	627
15.4.3	グラフト選択	藤田将司, 山本俊介	629
15.4.4	PCI-CABGハイブリッド手術の注意点	弓場智雄, 山本俊介	632
15.4.5	心室中隔穿孔の周術期管理	弓場智雄, 山本俊介	633
15.5	冠動脈手術の術中評価	石井久成	634
15.5.1	手術手技による心筋虚血の評価		634
15.5.2	on-pump arrest CABGの心筋保護		638
15.5.3	グラフト血流の評価		640
15.5.4	プレコンディショニング		642
15.5.5	CABG時の麻酔管理		645
15.5.6	冠動脈疾患の術後管理(術後抗血栓療法)		646

16章 弁疾患 649

16.1	大動脈弁狭窄症	北浦淳寛	649
16.1.1	大動脈弁狭窄症(AS)の病因・病態・自然歴		649
16.1.2	大動脈弁狭窄症診断と重症度分類		650
16.1.3	大動脈弁狭窄症の外科治療と合併症		653
16.1.4	大動脈弁狭窄症のカテーテル治療の方法・適応・合併症		656
16.1.5	麻酔導入・維持, TEE観察の要点		657
16.2	大動脈弁閉鎖不全症	池崎弘之	659
16.2.1	大動脈弁閉鎖不全症の病因・病態・自然歴		659
16.2.2	大動脈弁閉鎖不全症の診断と重症度分類		660
16.2.3	大動脈弁閉鎖不全の機能分類		663
16.2.4	大動脈弁閉鎖不全の外科治療		666
16.2.5	麻酔導入・維持, TEEの観察の要点		670
16.3	僧帽弁狭窄症	江花英朗, 井上聡己	672
16.3.1	僧帽弁狭窄症(MS)の病因・病態・自然歴		672
16.3.2	僧帽弁狭窄症の重症度分類		675
16.3.3	僧帽弁狭窄症の外科治療とカテーテル治療		677
16.3.4	麻酔導入・維持, TEE観察の要点		679

16.4	僧帽弁閉鎖不全症	豊田浩作	681
16.4.1	僧帽弁閉鎖不全症 (MR) の分類と成因 ..		681
16.4.2	僧帽弁閉鎖不全症の診断と重症度評価 ..		683
16.5	三尖弁狭窄症	森永将裕	693
16.5.1	三尖弁狭窄症の病因・病態		693
16.5.2	三尖弁狭窄症の診断と重症度分類		693
16.6	三尖弁閉鎖不全症	中澤春政	695
16.6.1	三尖弁閉鎖不全症 (TR) の分類・病因・病態・自然歴 ..		695
16.6.2	三尖弁閉鎖不全症の診断と重症度分類 ..		697
16.6.3	三尖弁閉鎖不全症の外科治療とカテーテル的治療 ..		701
16.7	肺動脈弁狭窄症	位田みつる	708
16.7.1	肺動脈弁狭窄症の診断		708
16.7.2	肺動脈弁狭窄症の外科治療とカテーテル治療 ..		708
16.8	肺動脈弁閉鎖不全症	位田みつる	710
16.8.1	肺動脈弁閉鎖不全症の病因・診断・重症度分類 ..		710
16.8.2	肺動脈弁閉鎖不全症の外科治療		710
16.9	連合弁膜症	大西佳彦	712
16.10	人工弁	大西佳彦	714
16.11	Maze 手術と左心耳切除/閉鎖	大西佳彦	719

17章 大動脈疾患 722

17.1	大動脈瘤	坂本悠篤	722
17.1.1	動脈瘤の原因		722
17.1.2	動脈瘤の発生部位・症状		724
17.1.3	診断と手術手技		725
17.2	大動脈解離	桑島 謙	731
17.2.1	大動脈解離の病態生理		731
17.2.2	大動脈解離の分類		732
17.2.3	大動脈解離の症状		733
17.3	大動脈瘤・大動脈解離の人工心肺	桑原大輔, 川上裕理	737
17.3.1	瘤や解離の位置による違い		737
17.3.2	超低温循環停止 (DHCA)		738
17.3.3	選択的脳分離体外循環 (SCP)		738
17.3.4	逆行性脳灌流法 (RCP)		739
17.4	大動脈疾患の麻酔管理	坂本悠巨, 川口昌彦	740
17.4.1	胸部・胸腹部大動脈瘤の麻酔管理		740
17.4.2	腹部大動脈瘤 (AAA) の麻酔管理		742
17.4.3	脳脊髄液 (CSF) ドレナージ		744
17.4.4	その他の脊髄保護療法		745
17.5	動脈瘤に関連する疾患	大宮浩揮	747
17.5.1	Marfan 症候群		747
17.5.2	高安病		747
17.6	末梢動脈疾患	大宮浩揮	748
17.6.1	急性動脈閉塞症		748
17.6.2	下肢閉塞性動脈疾患		748
17.6.3	閉塞性血栓性血管炎		749

18章 小児先天性心疾患 750

18.1	心臓・大血管の発生	岩崎達雄	750
18.2	胎児循環からの移行	岩崎達雄	752
18.3	新生児の循環系の特徴	岩崎達雄	753

18.4	先天性心疾患の病態生理	末盛智彦	755
18.4.1	短絡疾患・並列循環		755
18.4.2	Fontan 循環		756
18.4.3	動脈管依存疾患		757
18.5	術前評価	下川 亮	764
18.5.1	病歴と身体所見		764
18.5.2	検査		766
18.6	麻酔管理		770
18.6.1	麻酔前投薬, 術前絶飲食, 内服指示 辻田美紀	770	
18.6.2	麻酔導入・維持	辻田美紀	771
18.6.3	血液凝固系管理	辻田美紀	772
18.6.4	呼吸管理	辻田美紀	773
18.7	人工心臓	藤井 祐	797
18.7.1	人工心臓中の管理		797
18.7.2	臓器への影響とストレス		800
18.7.3	片側脳分離循環		801
18.8	術後管理	増江達彦	805
18.8.1	低心拍出量症候群		806
18.8.2	肺高血圧クライシス		810
18.8.3	血液凝固障害		811
18.9	姑息手術	戸田雄一郎	813
18.9.1	体肺動脈短絡術		813
18.9.2	肺動脈絞扼術, 両側肺動脈絞扼術		815
18.10	修復手術		818
18.10.1	動脈管開存症 (PDA) 閉鎖	泉 薫	818
18.10.2	心室中隔欠損 (VSD) 閉鎖	青木智史	819
18.10.3	心房中隔欠損 (ASD) 閉鎖	青木智史	822
18.10.4	房室中隔欠損症 (AVSD) 修復術 安藤寿恵, 岡本浩嗣	823	
18.10.5	Fallot 四徴症 (TOF) 修復術 安藤寿恵, 岡本浩嗣	827	
18.10.6	両大血管右室起始症 (DORV) 修復術	須藤和樹	831
18.10.7	大動脈縮窄症 (CoA)/大動脈離断 (IAA), CoA/IAA 複合修復術	吉野 淳	834
18.10.8	Rastelli 手術 (PA, TGA)	黒川 智	837
18.10.9	大動脈スイッチ術 (ASO)	泉 薫	840
18.10.10	総肺静脈還流異常 (TAPVC)/部分肺静脈還流異常 (PAPVC) 修復術	永野達也, 竹内 護	843
18.11	弁修復術		846
18.11.1	三尖弁形成術	土井健司	846
18.11.2	肺動脈弁形成術	北村佳奈, 宮津光範	850
18.11.3	大動脈弁形成術	北村佳奈, 宮津光範	851
18.11.4	僧帽弁形成術	武井黄太	853
18.11.5	共通房室弁形成術	武井黄太	855
18.12	単心室手術		858
18.12.1	Norwood 手術, DKS 手術	竹下 淳	858
18.12.2	両方向性 Glenn 手術	笹川智貴	861
18.12.3	TCPC (Fontan) 手術	笹川智貴	864
18.13	心臓カテーテル検査, 治療	眞田和哉, 新居正基	869
18.13.1	心臓カテーテル検査		869
18.13.2	カテーテルによる心房中隔欠損 (ASD) 閉鎖術		870
18.13.3	経皮の心房中隔裂開術 (BAS)		872

19章 成人先天性心疾患

875

19.1	ガイドライン	小田晋一郎	875
19.2	成人先天性心疾患の病態生理	黒川 智	881
19.2.1	短絡病変・並列循環		881
19.2.2	Fontan 循環		882
19.2.3	弁逆流		884
19.2.4	不整脈		885

19.2.5	チアノーゼによる慢性変化	887		
19.3	術前評価		田村哲也, 祖父江和哉	889
19.3.1	身体所見, 病歴	889	19.3.3	内服薬
19.3.2	検査	891	19.3.4	頻度の高い合併症
19.4	麻酔管理			堀井靖彦 896
19.4.1	術前投薬, 絶飲食, 内服薬指示	896	19.4.5	輸液管理・輸血管理
19.4.2	麻酔導入・維持	897	19.4.6	左室・右室機能障害
19.4.3	血液凝固管理	898	19.4.7	モニタリング
19.4.4	呼吸管理	899		903
19.5	術後管理			笹川智貴 906
19.5.1	疫学的背景と患者集団の特徴	906	19.5.4	術後のその他主要合併症とその管理
19.5.2	術後管理の基本理念	906	19.5.5	長期管理と社会的支援
19.5.3	術後急性期合併症の詳細と管理	906		910
19.6	手術適応となる疾患と術式			911
19.6.1	動脈管開存 (PDA)	金澤伴幸 911	19.6.7	修正大血管転位
19.6.2	心室中隔欠損 (VSD)	金澤伴幸 912	19.6.8	Fallot 四徴症 (PA, PS)
19.6.3	心房中隔欠損 (ASD)	金澤伴幸 913	19.6.9	右室流出路心外導管機能不全
19.6.4	房室中隔欠損 (AVSD)	金澤伴幸 914	19.6.10	TOF 術後肺動脈弁閉鎖不全
19.6.5	大動脈弁病変	金澤伴幸 916	19.6.11	AVSD 左側房室弁閉鎖不全
19.6.6	Ebstein 病	金澤伴幸 917	19.6.12	TCPC conversion
				木村 聡 925

20章 重症心不全

928

20.1	心不全			平井絢子 928
20.1.1	左心不全	928	20.1.2	右心不全
20.2	人工心臓			931
20.2.1	LVAD の適応	平井絢子 934	20.2.3	LVAD 植込み後の管理と合併症
20.2.2	LVAD 植込み術	秋山浩一 937		秋山浩一 939
20.3	心移植			入嵩西 毅 943
20.3.1	心移植の適応	943	20.3.2	心移植の術式・麻酔管理
20.4	アドバンス・ケア・プランニング (ACP)			944
				入嵩西 毅 947

21章 その他の心疾患

949

21.1	良性原発性心臓腫瘍			花田諭史 950
21.1.1	粘液腫	950	21.1.5	線維腫
21.1.2	カーニー複合	951	21.1.6	奇形腫
21.1.3	乳頭状線維弾性腫	952	21.1.7	石灰化型無構造腫瘍 (CAT)
21.1.4	横紋筋腫	953		954
21.2	悪性原発性心臓腫瘍			花田諭史 955
21.2.1	血管肉腫	955	21.2.3	心膜中皮腫
21.2.2	その他の肉腫	956		956
21.3	続発性心臓腫瘍			花田諭史 957
21.4	肥大型心筋症			秋田敬太郎, 島田悠一 959
21.4.1	概要・病因	959	21.4.4	診断と重症度評価
21.4.2	分類	960	21.4.5	肥大型心筋症の治療
21.4.3	症状	960	21.4.6	HCM 症例の周術期管理
				969

21.5	拡張型心筋症	内藤慶史	971
21.5.1	病因		971
21.5.2	症状		973
21.6	特殊な心筋症	佐藤威仁	976
21.6.1	周産期心筋症		976
21.6.2	敗血症性心筋症		977
21.6.3	不整脈原性右室心筋症		978
21.7	心膜炎	森田泰央	980
21.7.1	急性心膜炎, 亜急性心膜炎, 慢性心膜炎		980
21.7.2	post-cardiac injury syndrome		982
21.8	心タンポナーデ	法華真衣	983
21.9	感染性心内膜炎	法華真衣	984
21.9.1	症状		984
21.9.2	診断		984
21.9.3	合併症		987
21.9.4	治療		987
22章	非心臓手術		990
22.1	急性肺塞栓症	金澤裕子	990
22.1.1	危険因子		990
22.1.2	予後		990
22.1.3	再発リスク		991
22.1.4	症状		992
22.1.5	臨床的確率		992
22.2	慢性肺血栓症	清水一好	999
22.2.1	疾患概念と診断		999
22.2.2	重症度分類		1000
22.3	深部静脈血栓症 (DVT)	清水一好	1002
22.3.1	成因と危険因子		1002
22.3.2	発生場所		1003
22.3.3	Dダイマー, エコー, 血管造影, CT		1003
22.4	肺高血圧症 (PH)	岡野龍介	1006
22.4.1	肺高血圧症 (PH) の定義		1006
22.4.2	肺高血圧症 (PH) の分類		1008
22.4.3	肺高血圧症 (PH) の臨床症状		1009
22.4.4	肺高血圧症 (PH) の検査		1010
22.5	肺動脈性肺高血圧症	細川康二	1012
22.5.1	成因		1012
22.5.2	診断と重症度		1013
22.5.3	支持療法		1013
22.5.4	特異的治療		1014
22.5.5	右心不全管理		1014
22.5.6	肺移植		1014
22.5.7	終末期ケア		1015
22.6	左心系心疾患に伴う肺高血圧症	細川康二	1015
22.6.1	発症機序		1015
22.6.2	治療		1016
	索引		1017

6.4

TEE による観察と評価

6.4.1

TEE によるルーティン評価

TEE の安全性の項で記載したように、TEE による消化管の損傷は必発と考える必要があり、TEE の操作や出し入れは最小限にする必要がある。その観点から、TEE による心臓血管の評価は予め決められた評価項目を、決められた画像描出方法で無駄な動きなく評価すべきである。術前に診断されていなかった病変が術中の TEE で発見されることは意外に多く、重大な病変が見つかることもある。

それゆえ、術中の TEE によるルーティン評価は非常に重要な役割を担っていると言える。自験例ではあるが、僧帽弁形成術後の僧帽弁逆流の再発で僧帽弁置換術を行った症例において、術前に診断されていなかったバルサルバ-右房の医原性短絡路を TEE で診断したこともあった。この症例は前回の僧帽弁形成術で三尖弁輪形成術を同時に行っており、その際にリングの縫合針が三尖弁輪から無冠尖部のバルサルバ洞までかかっており、穴が空いていたため短絡路となっていた。このような重大な病態を見逃してしまうと、たとえ心停止後に術者が発見したとしても全体像がつかめず対応ができなくなるであろう。

TEE によるルーティン評価には基本的な描出法と描出断面の位置・名称を知っておく必要がある。1999年に ASE と SCA による包括的な経食道エコー検査のガイドラインが発表され、基本 20 断面が定義され使用されてきた。その後 2013 年のガイドラインではさらに 8 断面追加され、全 28 断面となった²¹⁾²²⁾。全 28 断面を使用するルーティンのスクリーニング法を以下に示す (図 1)。

全身麻酔の鎮静・鎮痛がきちんと効いていることを確認し、プローブを食道に挿入する。

① 1. ME 5-Chamber View 2. ME 4-Chamber View

トランスデューサーの角度を 0° のまま 30 cm

ほどまで進め、左房、右房、左室、右室とともに大動脈弁や左室流出路が見えてくると **1. ME 5-Chamber View** である。この像でまず画像調整を行う。TGC (time gain compensation) を下部が低くなるように斜めに設定し (心腔内は血液で満たされているため下部ほど enhance され濃く描出されやすいため)、全体のゲインも調整する。画質の硬さを Dynamic Range (Compression) で調整する。画像調整を終えると、画像深度を心尖部の心外膜が描出される場所まで深くする (必要以上に深くしない)。この像ではカラードプラで大動脈弁逆流、僧帽弁逆流、三尖弁逆流を視認することができる。プローブを少し進めると **2. ME 4-Chamber View** となる。心尖部は足側へと向いているので、少し後屈して斜め切りにならないようにする。通常はトランスデューサーの角度が 0° で描出されるが、大動脈弁や左室流出路が見えている場合はトランスデューサーの角度を 10-20° に上げるとよい。左房、左室、右房、右室、僧帽弁、三尖弁が視認され、左室の下壁中隔 (inferoseptal) と前側壁 (anterolateral) の壁運動、また右室の側壁の壁運動を評価する。僧帽弁と三尖弁の機能も評価する。さらに、後でスペクトルトラッキング法による longitudinal strain 計測を行うために frame rate を 50-60 Hz 以上 (1 心周期あたり 30 より大きく) して動画保存しておく必要がある²³⁾。少しプローブを前進させると三尖弁の中隔尖の直上に冠静脈洞が描出される (modified ME 4-Chamber View)。この view で冠静脈洞部での biplane 画像にして動画を保存しておく (図 2, 逆行性心筋保護カニューレを挿入する際この view で誘導する)。冠静脈洞の径が 10 mm 以上ある場合は左上大静脈遺残の可能性がある。

② 4. ME 2-Chamber View

2. ME 4-Chamber View からトランスデューサーの角度を 90° に上げると描出される。この像では左房、左室、僧帽弁が視認され、左室の前壁 (anterior) と下壁 (inferior) の壁運動、僧帽弁の

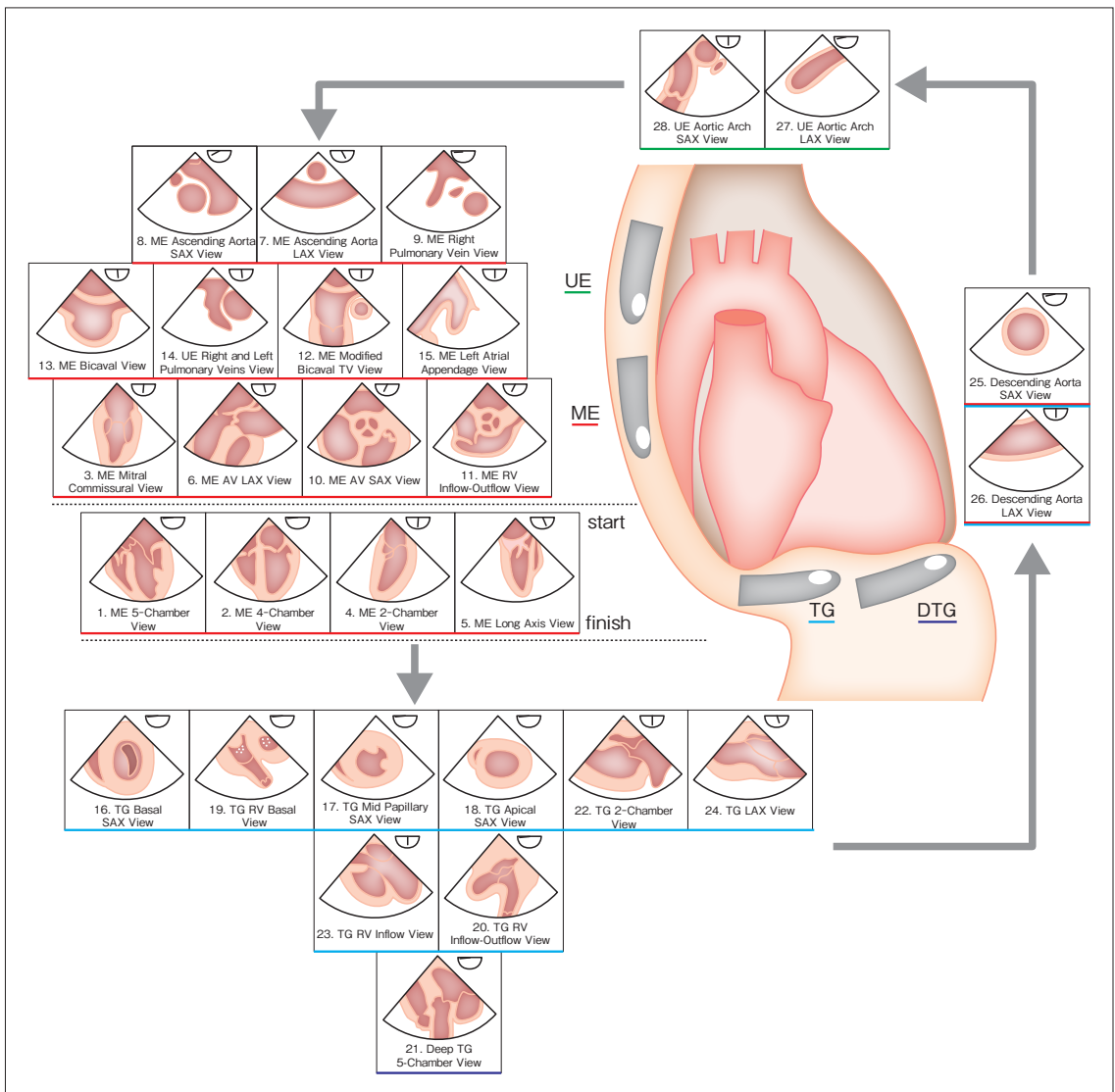


図 1 28 断面を使用するスクリーニング法

機能を評価する。

③ 5. ME LAX View

4. ME 2-Chamber View からトランスデューサーの角度を 135° にすると描出される。この像では左房、左室、左室流出路、右室流出路、僧帽弁、大動脈弁、上行大動脈近位部が視認され、左室の下側壁 (inferolateral) と前壁中隔 (anteroseptal)、僧帽弁、大動脈弁の機能を評価する。これら **2. ME 4-Chamber View**、**4. ME 2-Chamber View**、**5. ME LAX View** の 3 断面の動画を記録しておくときスペックルトラッキング法による longitudinal strain を解析することができ

るので、手術手技前後の左室各部位の長軸方向収縮能を比較可能となり、手術手技や心筋保護による合併症を疑った時に有用な情報となる (図 3)。

④ 16. TG Basal SAX View

4. ME 2-Chamber View にして biplane にし、さらに right invert ボタンを押すと右側に 0° の画面が表示されるのでこの状態で経胃に進めていく (right invert を押さないで右に 180° の画面が表示され左右逆の画面となる)。

左の左室長軸像で、軸が左下がりの斜めの状態で直行断面の方向を右に振ると、短軸像で左室基部短軸像となる (図 4 左)。この像では僧帽弁の

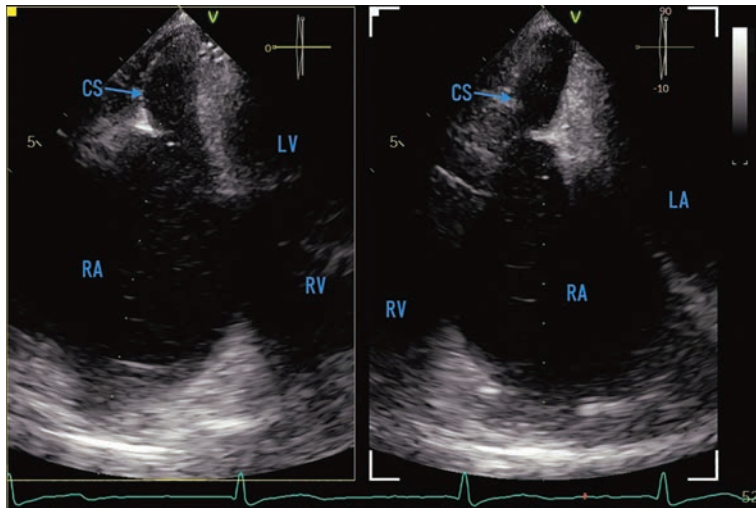


図2 冠静脈洞像 (CS: 冠静脈洞, RA: 右房, RV: 右室, LA: 左房, LV: 左室)

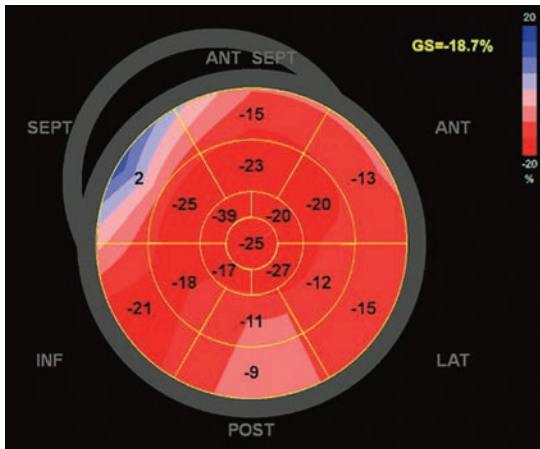


図3 Longitudinal strain の Bull's eye 表示

短軸像 (fish mouth) と心基部における左室壁全周の壁運動を評価する。カラードプラ表示で僧帽弁逆流の形状や部位診断が可能になる。

⑤ 17. TG Midpapillary SAX View

16. TG Basal SAX View から biplane のままプローブを進め、軸が水平になり乳頭筋が真ん中の状態で直行断面の方向を真下に向けると、短軸像で左室中部短軸像となる (図4中央)。この像では左室内腔の大きさ、左室容量負荷状態、左室中部の壁全周の壁運動や局所壁運動の評価を行う。プローブを右回転させると右室中部の短軸像が描出される。

⑥ 18. TG Apical SAX View

17. TG Midpapillary SAX View からプローブを進め、軸が右下がりの斜めの状態で直行断面の方向を左に振ると、短軸像で左室心尖部短軸像となる (図4右)。この像では心尖部の左室壁運動や右室壁運動の評価を行う。

⑦ 19. TG RV Basal View

18. TG Apical SAX View より少しプローブを引き抜き **16. TG Basal SAX View** とし、biplane を終了して1画面表示にしたあとトランスデューサーの角度を 0° - 20° にし、プローブを右に回すと描出される。三尖弁が短軸で描出され、右室流出路が長軸で描出される。この像でカラードプラ画像にすると三尖弁逆流部位を診断できる可能性がある。三尖弁レベルで biplane にして直交断面を表示すると **23. TG RV Inflow View** が描出され、右室流出路レベルで biplane にして直交断面を表示すると **20. TG RV Inflow-Outflow View** が描出される。

⑧ 22. TG Two-Chamber View

19. TG RV Basal View よりプローブを左に回して左室を中心に持ってきたあと、少し進めて **17. TG Midpapillary SAX View** とし、トランスデューサーの角度を 90° にすると描出される。左室前壁が画面の下方に、左室下壁が画面の上方に描出され、左室の乳頭筋と腱索、僧帽弁も見る

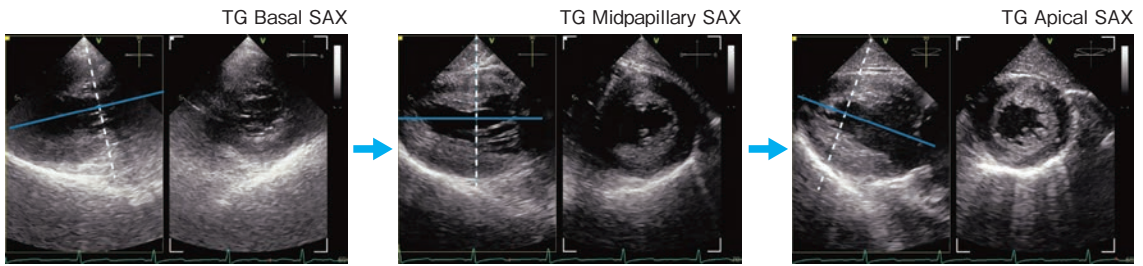
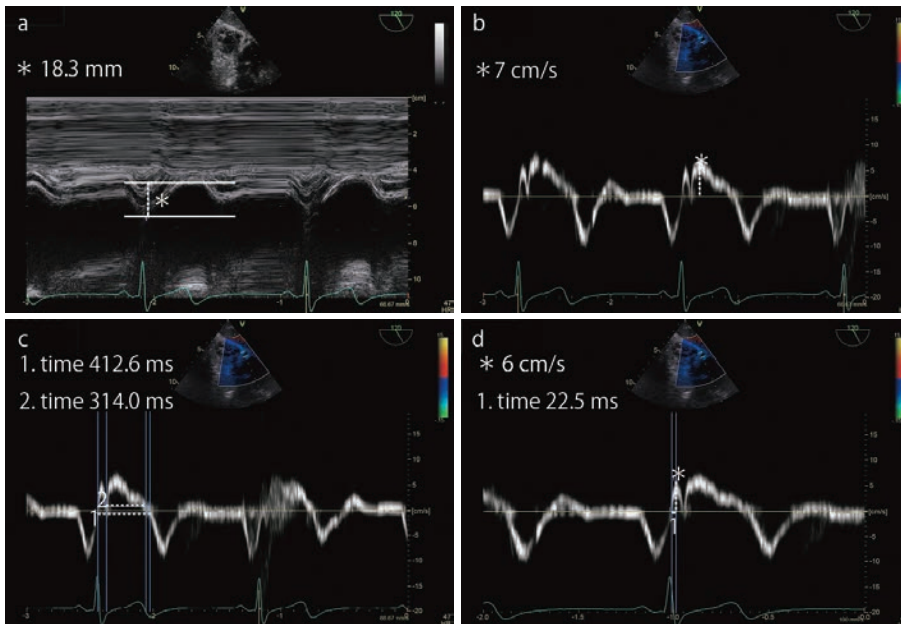


図4 左室短軸像の描出

図5 TAPSE, s' , MPI, IVA の計測

ことができる。

⑨ 24. TG LAX View

22. TG Two-Chamber View よりトランスデューサーの角度を $120-140^\circ$ にすると描出される。カラードブラを表示し、左室流出路と大動脈弁の通過血流が認められるところでパルスドブラおよび連続波ドブラでそれぞれの血流速度を計測する。

⑩ 23. TG RV Inflow View

24. TG LAX View からプローブを右回転し、トランスデューサーの角度を $90-110^\circ$ にすると描出される。右室の前壁と下壁、乳頭筋、三尖弁が描出される。

⑪ 20. TG RV Inflow-Outflow View

23. TG RV Inflow View から角度を $0-20^\circ$ (または $90-120^\circ$) にすると描出される。右房、右室、肺動脈、三尖弁、肺動脈弁が描出され、右室流出路と肺動脈弁の通過血流速度をドブラで計測する。また、肺動脈弁逆流がある場合は連続波ドブラで肺動脈弁逆流血流速度波形を保存しておく。肺動脈弁逆流血流速度波形の deceleration time が 260 ms 未満、PHT (pressure half time) が 100 ms 未満なら、肺動脈弁逆流が重症といえる²⁴⁾。さらに三尖弁輪部の M モードにて TAPSE (tricuspid annular plane systolic excursion) と組織ドブラにて s' (cm/s), MPI (myocardial performance index) または Tei index, IVA (isovolumic acceleration) を計測し右室機能を評価する (図5)²⁵⁾⁻²⁷⁾。

TAPSE は図5のaのように収縮期における三尖弁輪部の移動距離をMモードで計測する。正常下限値は17mmで、この症例では18.3mmと正常範囲内となっている。s'は図5のbのように三尖弁輪部の組織ドプラ波形における収縮期波形の最大値である。正常値は10cm/s以上で、この症例では7cm/sで低下している。MPIは等容性収縮期時間+等容性拡張期時間を収縮期時間で除したもので、図5のcのように三尖弁輪部の組織ドプラ波形における、a'波形の終了時からe'波形の開始までの時間から収縮期時間を引き、収縮期時間で除すことで求まる。正常上限値は組織ドプラ法での測定の場合0.55で、この症例では $(412.6-314)/314=0.31$ で正常値である。IVAは三尖弁輪部の組織ドプラ波形の等容性収縮期波形の最大値までの傾きのことである。正常下限値は 2.2 m/s^2 で、この症例では $0.06/0.0225=2.7\text{ m/s}^2$ で正常値である。TAPSE、s'、IVAは右室の収縮能の指標となり、MPIは右室の収縮能と拡張能を合わせた包括的な指標となる²⁵⁾⁻²⁷⁾。

⑫ 21. Deep TG Five-Chamber View

TG RV Inflow-Outflow View からトランスデューサーの角度を0-20°にし、プローブをさらに前進させ前屈、左屈させると描出される。この像では左室流出路、大動脈弁の通過血流のパルスドプラと連続波ドプラによる血流速度を計測する。

⑬ 25. Descending Aorta SAX View 26. Descending Aorta LAX View

21. Deep TG Five-Chamber View からトランスデューサーの角度を0°にしてプローブを左回転させ、biplane画像にして後退させてくると描出される。動画保存の時間を10心拍ほどに増やして(通常は3-5心拍)、弓部大動脈まで交代させて全下行大動脈の血管の性状とその下に見られる左胸腔の状態(胸水の存在など)を保存する。

⑭ 27. UE Aortic Arch LAX View 28. UE Aortic Arch SAX View

25. Descending Aorta SAX View および**26. Descending Aorta LAX View** のbiplane画像から弓部大動脈まで後退させてくると描出される。この像では左腕頭静脈と肺動脈主幹部・肺動脈弁がみられ、肺動脈弁の通過血流速度波形をド

プラで記録しておく。

⑮ 8. ME Ascending Aorta SAX View

27. UE Aortic Arch LAX View、**28. UE Aortic Arch SAX View** から0°の1断面画像にしてプローブを前進させると描出される。この像では上行大動脈の短軸像、上大静脈の短軸像、肺動脈主幹部、右肺動脈が見られる。左肺動脈は左主気管支が間に入ってくるため描出は困難である。肺動脈カテーテルの位置確認はこの像で行う。

⑯ 7. ME Ascending Aorta LAX View

8. ME Ascending Aorta SAX View からトランスデューサーの角度を90°にすると描出される。この像では右肺動脈の短軸像とそれをウィンドウにして上行大動脈の長軸像を見ることができる。この像で上行大動脈の血管内皮の性状を確認する。

⑰ 9. ME Right Pulmonary Vein View

7. ME Ascending Aorta LAX View からトランスデューサーの角度を0°にし、プローブを少し前進させて右回転させると描出される。この像では上大静脈短軸像と上行大動脈短軸が見られ、右上肺静脈がドプラ計測に適した角度で見られるので、パルスドプラで肺静脈血流波形を残しておく。

⑱ 13. ME Bicaval View

9. ME Right Pulmonary Vein View からプローブを少し前進させトランスデューサーの角度を90-110°に上げると描出される。この像では左房、右房、下大静脈、上大静脈、右心耳、心房中隔が描出される。カラードプラ表示にして心房中隔に短絡血流(ASD、PFO)がないかを確認する。

⑲ 14. ME Right and Left Pulmonary Vein View

13. ME Bicaval View よりプローブを右に回すと右肺静脈(画面右側に右上肺静脈)が描出される。プローブを左に回すと左肺静脈(画面右側に左上肺静脈)が描出される。この像では肺静脈からの流入血流が超音波ビームと平行になるのでパルスドプラによる肺静脈血流波形評価に適している。

⑳ 12. ME Modified Bicaval TV View

13. ME Bicaval View から角度を 50-70° に下げ、三尖弁を中央に映るようにすると描出される。この像でカラー Doppler 表示し、三尖弁逆流の評価と逆流の連続波 Doppler 波形を記録する。三尖弁逆流波形から収縮期における右房-右室圧較差を算出し、右房圧（中心静脈圧）を足すと収縮期の肺動脈圧が推定できる。

㉑ 15. ME LA Appendage View

12. ME Modified Bicaval TV View から角度を 90-110° に上げ少し後退させると描出される。この像で左心耳内の血栓の有無やもやもやエコー (spontaneous echo) の有無、またパルス Doppler による左心耳内血流速度を計測する。

㉒ 6. ME AV LAX View

10. ME AV SAX View

11. ME RV Inflow-Outflow View

15. ME LA Appendage View から少しプローブを前進させ角度を調整すると描出される。大動脈弁の性状や大動脈弁逆流の評価、大動脈基部径や大動脈弁輪径、左室流出路の計測、また三尖弁や肺動脈弁の性状と逆流の評価を行う。

㉓ 2. ME 4-Chamber View

再度 **2. ME 4-Chamber View** に戻り、左室流入血流速度波形、僧帽弁輪の組織 Doppler 波形を記録し、三尖弁逆流血流速度と左房容積係数を合わせて、左室拡張能を評価する²⁸⁾。

㉔ 5. ME LAX View

3. ME Mitral Commissural View

最後に僧帽弁の評価を行う。僧帽弁の評価は 3D 画像から行うことを推奨する。3D 画像から 2D 画像における真の交連像 (true commissure) のトランスデューサー角度を知ることができるからである。まずはトランスデューサーの角度を 55° にしてみても “3D Zoom Prepare” ボタンを押し、僧帽弁に関心領域を設定し 3D 画像を描出する。前尖を上、後尖を下に描出 (surgeon's view) し僧帽弁の全体像を把握する。カラー画像も描出し、逆流があれば逆流の部位と方向を把握する (図 6)。カラーを外し、3D 画像で multi beat を 2 beat に

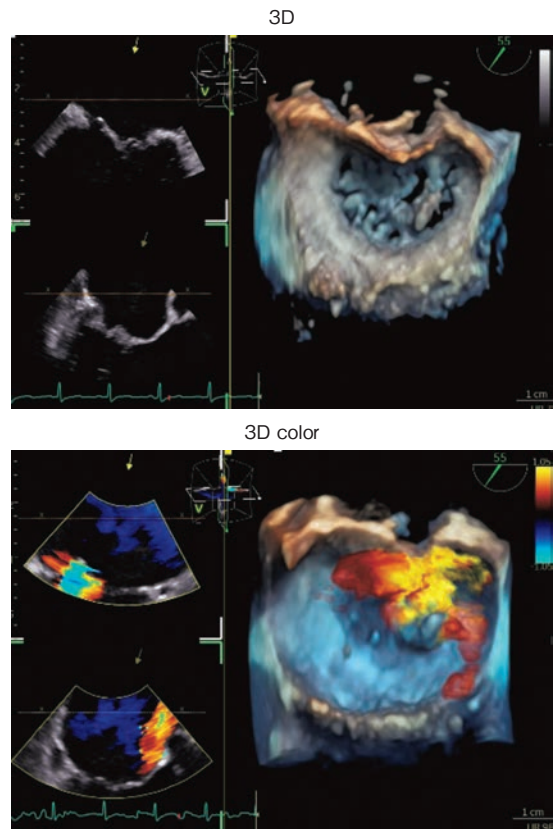


図 6 僧帽弁の 3D 画像とそのカラー画像

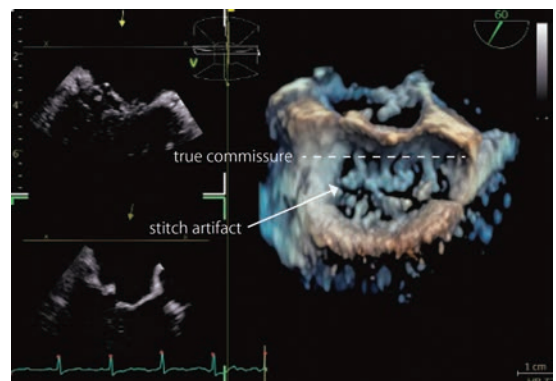


図 7 僧帽弁の 3D 画像の stitch artifact

して 2 心拍での画像構築状態にし、この際の stitch artifact を見る (図 7)。この stitch artifact の線が 3D 画像を描出する際の元の 2D 画像のトランスデューサー角度となるので、この線が僧帽弁の交連を結んだ線と平行になっていれば、この角度が true commissure の角度と言える (この場合 55°)。Stitch artifact の線が commissure の線と平行でなかったら、再び 2D のトランスデュー