

P. FEINDT F. HARIG M. WEYAND (Hrsg.)

Empfehlungen zum Einsatz und zur Verwendung der Herz-Lungen-Maschine

MIT 57 ABBILDUNGEN UND 80 TABELLEN

STEINKOPFF
DARMSTADT



Inhaltsverzeichnis

1

Kardiovaskuläre Pharmakologie	1
F. CUSTODIS, M. BÖHM	
1.1 Einleitung	1
1.2 ACE-Hemmer	1
1.2.1 Wirkmechanismen	2
1.2.2 Anwendungsgebiete	3
1.3 AT1-Rezeptor-Antagonisten	5
1.3.1 Wirkmechanismen	6
1.3.2 Anwendungsgebiete	7
1.4 Betarezeptorenblocker	8
1.4.1 Rezeptorselektivität	8
1.4.2 Intrinsische Aktivität	9
1.4.3 Lipophilie	10
1.4.4 Vasodilatation und antioxidative Effekte ..	10
1.4.5 Wirkmechanismen	11
1.5 Diuretika	13
1.5.1 Thiaziddiuretika	13
1.5.2 Schleifendiuretika	13
1.5.3 Kalium sparende Diuretika	15
1.5.4 Aldosteronantagonisten	15
1.6 Kalziumantagonisten	16
1.6.1 Dihydropyridine	16
1.6.2 Phenylalkylamine und Benzothiazepine ..	17
1.7 Herzglykoside	18
1.7.1 Wirkmechanismen	18
1.7.2 Anwendungsgebiete	20
1.8 Antianginosa	20
1.8.1 Nitrate	20
1.8.2 Molsidomin	21
1.8.3 Nitroprussidnatrium	22
1.9 Lipidsenker	22
1.9.1 Statine	22
1.9.2 Ezetimib	23

2

1.10 Thrombozytenaggregationshemmer	24
1.10.1 Acetylsalicylsäure (ASS)	25
1.10.2 ADP-Rezeptor-Antagonisten	26
1.10.3 GPIIb/IIIa-Inhibitoren	26
1.11 Literatur	27
Kardiovaskuläre Pathophysiologie	31
Allgemeine Physiologie und Pathophysiologie.	31
A. GONSCHOREK, T. STRECKER	
2.1 Einführung	31
2.2 Elektromechanische Kopplung	31
2.3 Erregungsbildung und -leitung	32
2.4 Nervale Versorgung	33
2.5 Elektrokardiogramm (EKG)	34
2.6 Druck-Volumen-Beziehungen	35
2.7 Druck-Volumen-Diagramm und Autoregulation der Herzarbeit	36
2.8 Frank-Starling-Mechanismus	37
2.9 Das Herz als endokrines Organ	38
2.10 Koronardurchblutung	38
2.11 Koronare Herzkrankheit	39
2.12 Rhythmusstörungen	39
2.13 Herzinsuffizienz	40
2.14 Infektiöse Endokarditis	41
2.15 Rheumatisches Fieber	41
2.16 Erworbene Herzkappenfehler	41
2.17 Perikarditis	43
2.18 Kardiomyopathie	43
2.19 Literatur	44
Spezielle Pathophysiologie der Extrakorporalen Zirkulation.	44
C. ENSMINGER, R. BUCHERT, S. M. ENSMINGER	
2.20 Einleitung	44
2.21 Blutströmung unter künstlichen Kreislaufbedingungen ..	46
2.21.1 Künstliche Oberflächen und Fremdmaterialien	46
2.21.2 Blutströmung während der extrakorporalen Zirkulation (EKZ)	47
2.21.3 Antikoagulation	48
2.21.4 Normothermie oder Hypothermie?	49
2.21.5 pH-Management und Elektrolythaushalt ..	50

2.22 Auswirkungen der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) auf die Blutbestandteile	51
2.22.1 Erythrozyten	51
2.22.2 Thrombozyten	52
2.22.3 Leukozyten	56
2.22.4 Plasmaproteine	57
2.23 Immunologische Aktivierung	57
2.23.1 Das Kinin-Kallikrein-System	58
2.23.2 Das fibrinolytische System	59
2.23.3 Das Komplementsystem	60
2.23.4 Entzündungsmediatoren (Zytokine)	61
2.23.5 Endotoxine	63
2.23.6 Stickstoffmonoxid	64
2.23.7 Apoptose	64
2.24 „Systemic inflammatory response syndrome“ (SIRS)	64
2.24.1 Definition	64
2.24.2 Klinische Aspekte	65
2.24.3 Pathophysiologische Aspekte	65
2.24.4 Hypothese der immunologischen Dissonanz	66
2.25 Medikamente	67
2.25.1 Glukokortikoide	67
2.25.2 Proteaseinhibitoren	67
2.25.3 Phosphodiesterasehemmer	68
2.25.4 Antioxidanzien	69
2.25.5 Komplement-Inhibitoren	69
2.25.6 Natrium-Nitroprussid	70
2.26 Literatur	70
3 Perioperative Hämostasestörungen und Transfusion in der Kardiochirurgie	77
C. SUCKER	
3.1 Ursachen perioperativer Blutungen in der Kardiochirurgie	77
3.2 Erworbene Hämostasedefekte	77
3.3 EKZ-bedingte Hämostasestörungen	78
3.4 Perioperativer Blutverlust	79
3.5 Transfusion von Blutkomponenten bei kardiochirurgischen Eingriffen	81
3.6 Literatur	85

4.	Perioperative Antibiotikaprophylaxe bei Eingriffen mit der Herz-Lungen-Maschine .	89
	L. THOMAS	
4.1	Einleitung	89
4.2	Relevante Überlegungen	90
4.2.1	Bei welchen chirurgischen Eingriffen profitieren die Patienten von einer Chemoprophylaxe?	95
4.2.2	Welches ist der günstigste Zeitpunkt der Antibiotikagabe?	96
4.2.3	Wie lange soll die Chemoprophylaxe dauern?	98
4.2.4	Wie soll das Antibiotikum verabreicht werden?	100
4.2.5	Welche Antibiotika sind für die Chemoprophylaxe geeignet?	100
4.3	Zusammenfassung	104
4.4	Literatur	105
5	Materialkunde – Biokompatibilität	109
	B. GLASMACHER	
5.1	Einleitung	109
5.2	Biokompatibilität	110
5.2.1	Was versteht man unter Biokompatibilität?	110
5.2.2	Wie reagiert Blut auf Fremdoberflächen? ..	111
5.2.3	Biokompatibilitätsaspekte der extrakorporalen Zirkulation	113
5.2.4	Hämokompatibilitätsuntersuchungen	114
5.3	Materialkunde	115
5.3.1	Historischer Überblick	115
5.3.2	Kunststoffe in der extrakorporalen Zirkulation	116
5.3.3	Kurzbeschreibung ausgewählter Kunststoffe	117
5.4	Anhang: Verwendete Abkürzungen	121
5.5	Literatur	122
6	Ressourcenmanagement in der Kardiotechnik .	127
	R. FEYRER, U. KUNZMANN	
6.1	Einleitung	127
6.1.1	Historie	128
6.2	Ressourcenmanagement	130
6.3	Outsourcing: der neue Weg in die Zukunft	131

6.3.1	Was ist Outsourcing?	131
6.3.2	Varianten des Outsourcings	132
6.3.3	Vertragsgestaltung	133
6.4	Wirtschaftlichkeitsanalyse	134
6.4.1	Entscheidungskriterien	134
6.5	Outsourcing: zwei Seiten der Medaille	136
6.5.1	Pro Outsourcing	136
6.5.2	Kontra Outsourcing	137
6.6	Ausblick	137
6.7	Literatur	138
7	Empfehlungen zum Thema extrakorporale Zirkulation und Hämodilution, Priming, Hämofiltration und Hämodialyse	139
	S. CHRISTIANSEN	
7.1	Einleitung	139
7.2	Hämodilution	139
7.3	Priming	140
7.4	Hämofiltration/Hämodialyse	141
7.5	Diskussion	142
7.6	Zusammenfassung	144
7.7	Literatur	144
8	Aspekte zur praktischen Anwendung von Hypothermie in der Herzchirurgie	147
	C. BENK, C. SCHLENSAK, T. DOENST	
8.1	Historischer Überblick	147
8.2	Physiologische und pathophysiologische Aspekte zur Hypothermie	147
8.3	pH Management (pH-stat vs. α -stat)	151
8.4	Temperaturdifferenz (Δ -T) beim Abkühlen und Aufwärmen	151
8.5	Sonstiges	152
8.6	Wissenschaftliche Evidenz zur Anwendung von Hypothermie in der Herzchirurgie	152
8.7	Empfehlungen zum Einsatz von Hypothermie in der Herzchirurgie	153
8.8	Zusammenfassung	153
8.9	Literatur	154

9.**pH- und Blutgas-Management****während der EKZ** 157

A. NÖTZOLD

9.1	Fragestellung	157
9.2	Sauerstoffpartialdruck	157
9.3	pH-Management	159
9.4	pH-Management und Oxygenierung	159
9.5	pH-Management und zerebrale Perfusion	160
9.6	Aufwärmen und Abkühlen	161
9.7	Schlussbemerkung	162
9.8	Literatur	162

10.**Flüssigkeits- und Elektrolyt-Balance**

U. BOEKEN, J. LITMATHE, P. FEINDT

10.1	Einleitung	165
10.2	Grundlagen	166
10.3	Elektrolyte	166
10.3.1	Natrium (Na^+)	166
10.3.2	Chlorid (Cl^-)	167
10.3.3	Kalium (K^+)	167
10.3.4	Kalzium (Ca^{2+})	167
10.3.5	Magnesium (Mg^{2+})	168
10.3.6	Bikarbonat (HCO_3^-)	168
10.4	Flüssigkeitsmanagement	168
10.5	Laborkontrollen	170
10.6	Diskussion	171
10.7	Zusammenfassung	172
10.8	Literatur	173

11.**Empfehlungen zur Diagnostik****und Therapie von Gerinnungsstörungen****im Rahmen der extrakorporalen Zirkulation****in der Herzchirurgie** 175

E. STRASSER, F. HARIG, J. BRETZGER†

11.1	Einleitung	175
11.2	Medikamente zur Antikoagulation	178
11.2.1	Heparin (unfraktioniert, UFH)	178
11.2.2	Heparin (fraktioniert, niedermolekular, NMH)	180
11.2.3	Danaparoid (Orgaran)	181
11.2.4	Hirudine (Desirudin: Revasc; Lepirudin: Refludan)	183

11.2.5	Protaminhydrochlorid (Protamin)	184
11.2.6	Phenprocoumon (Vitamin-K-Antagonist: Marcumar, Falithrom)	185
11.2.7	Thrombozytenaggregationshemmer	187
11.3	Gerinnungstherapie mit Blutkomponenten und Plasmaderivaten	188
11.3.1	Therapie mit Thrombozytenkonzentraten .	188
11.3.2	Therapie mit Gefrorenem Frischplasma (GFP)	191
11.3.3	PPSB und Faktor-VII-Konzentrate	193
11.3.4	Faktor-VIII- und IX- und Faktor-VIII-/ Von-Willebrand-Faktor-Konzentrate	195
11.3.5	Fibrinogenkonzentrate und Fibrinkleber . .	197
11.3.6	Antithrombin (AT III, Kybernin)	199
11.3.7	Rekombinanter Faktor VIIa (rFVIIa, Novo Seven)	201
11.4	Antifibrinolytika	202
11.4.1	Aprotinin (Kallikrein-Inaktivator: Trasylol)	202
11.4.2	Tranexamsäure (Cyclokapron)	203
11.5	Literatur	205
12	Intraaortale Ballongegenpulsation (IABP) . . .	217
	U. FISCHER, U. MEHLHORN	
12.1	Geschichte	217
12.2	Prinzip	217
12.3	Indikationen	218
12.4	Kontraindikationen	219
12.5	Implantation	219
12.6	Steuerung der IABP	221
12.7	IABP-Einstellung	221
12.8	Entwöhnung	222
12.9	Komplikationen	222
12.10	Literatur	223
13	Intraoperative Datenerfassung und Dokumentation von HLM-Operationen . .	225
	A. J. RASTAN, K. KRÄMER	
13.1	Einleitung	225
13.2	Befragung	226
13.3	Umfrageergebnisse	227
13.3.1	Präoperative Parameter	227
13.3.2	Intraoperative Parameter	231
13.4	Empfehlungen zur Dokumentation der HLM-Operation	235

14

13.5	Diskussion	237
13.6	Zusammenfassung	240
13.7	Literatur	240

Kardiale Indikation**zur extrakorporalen Membranoxygenierung****(ECMO)** 243

A. J. RASTAN, K. KRÄMER, N. DOLL, F. W. MOHR

14.1	Einleitung	243
14.2	Extrakorporale Membranoxygenation	244
14.2.1	Indikation	244
14.2.2	Systemkomponenten	246
14.2.3	Operative Aspekte	248
14.2.4	ECMO-Management	249
14.2.5	Spezifische Aspekte der ECMO-Behandlung pädiatrischer Patienten	254
14.3	Diskussion	255
14.4	Literatur	256

15**Extrakorporale Membranoxygenierung (ECMO) –
Spezifikation und Einsatz in der Pädiatrie**

F. MÜNCH, R. CESNJEVAR, F. HARIG

15.1	Einleitung	261
15.2	System, Arbeitsweise und Funktionsprinzipien	261
15.2.1	Funktionsprinzip kardialer ECMO post EKZ	265
15.2.2	Funktionsprinzip einer ECMO zur Lungenerholung	267
15.3	Worauf sollte genaues Augenmerk gelegt werden	270
15.4	Gerinnungsmanagement und Laborwerte .	271
15.5	Kardiotechnische Aufgaben im Rahmen einer ECMO-Betreuung	272
15.6	Tägliche Minimaldiagnostik	276
15.7	Zusammenfassung	276
15.8	Literatur	278

16	Mechanische Kreislaufunterstützung	281
	Mechanische Kreislaufunterstützung: VAD	281
	A. EL-BANAYOSY, R. KOERFER	
16.1	Einführung	281
16.2	Definition: mechanisches Kreislauf- unterstützungssystem („mechanical circulatory support system“)	282
16.3	Ziel der Unterstützungstherapie	284
16.4	Zielpopulationen für mechanische Kreislaufunterstützung	284
16.4.1	Bridge-to-Bridge-Population	284
16.4.2	Bridge-to-Recovery-Population	285
16.4.3	Bridge-to-Transplantation-Population	287
16.4.4	Destination-Therapy-Population	287
16.4.5	LVAD vs. BIVAD oder TAH	288
16.5	Diskussion	290
16.6	Zusammenfassung	291
16.7	Literatur	292
	Mechanische Kreislaufunterstützung: VAD – Einsatz in der Pädiatrie	292
	E. V. POTAPOV, R. HETZER, H. LEHMKUHL	
16.8	Einführung	292
16.9	Das Berlin-Heart-Excor-System	293
16.9.1	Blutpumpen	293
16.9.2	Kanülen	295
16.9.3	Antriebseinheiten	296
16.9.4	Verbesserungen über die Zeit	297
16.10	Schlussfolgerung	304
16.11	Literatur	305
17	Techniken der extrakorporalen Zirkulation	309
	C. SCHMID	
17.1	Standardtechnik	309
17.2	Kanülierungsarten	311
17.3	Rollerpumpe-Zentrifugalpumpe	312
17.4	Oxygenator	312
17.5	Kardioplegie	313
17.6	Hypothermie	313
17.7	Isolierter Links-/Rechtsherzbypass	314
17.8	Minimalisierung der EKZ	314
17.9	ECMO	315

18**Empfehlungen für die Perfusion
von Neugeborenen, Säuglingen und Kindern 317**

E. VESTWEBER-WILMES, R. CESNJEVAR

18.1 Einleitung	317
18.2 Extrakorporales System	318
18.2.1 Das Schlauchsystem	318
18.2.2 Kanülen	319
18.3 Priming, Perfusion, Shunts	320
18.3.1 Priming	320
18.3.2 Perfusion/Shunts	321
18.4 Hypothermie oder Normothermie	322
18.4.1 Perfusion in Normothermie	323
18.4.2 Perfusion in milder Hypothermie	323
18.4.3 Perfusion in tiefer Hypothermie	323
18.4.4 Blutgasmanagement	324
18.5 Low Flow oder No Flow?	325
18.6 Ultrafiltration	326
18.7 Literatur	327

19**Blutdruck- und Neuromonitoring 329**E. WEIGANG, M. HARTERT, P. VON SAMSON,
U. WEIGANG, F. BEYERSDORF

19.1 Einleitung	329
19.1.1 Allgemeiner Teil	329
19.1.2 Spezieller Teil	330
19.2 Monitoring in der Herz- und Gefäßchirurgie	330
19.2.1 Basismonitoring der Vitalparameter	330
19.2.2 Neuromonitoring	334
19.3 Diskussion und Zusammenfassung – Neuromonitoring	344
19.4 Literatur	346

20**ZNS-Monitoring 351**

G. NOLLERT

20.1 Einleitung	351
20.2 Typisierung und Inzidenz zerebraler Schäden bei Erwachsenen	351
20.3 Ursachen zerebraler Schäden	352
20.3.1 Makro- und Mikroembolien	352
20.3.2 Hypoperfusion, Hypoxie und Ischämie	352
20.4 Neuromonitoring	354

20.5	Methoden des Neuromonitorings	356
20.5.1	Präventive Maßnahmen	356
20.5.2	Intraoperatives Neuromonitoring	357
20.5.3	Experimentelle Methoden	359
20.5.4	Postoperatives Neuromonitoring	360
20.6	Zusammenfassung	361
20.7	Literatur	362
21	Elektrokardiographie	367
	M. HENNERSDORF	
21.1	Das normale EKG	367
21.1.1	Analyse des Elektrokardiogramms	368
21.2	Arrhythmien	368
21.2.1	Bradykardien	369
21.2.2	Tachykardien	371
21.3	Myokardinfarkt	375
21.4	Zusammenfassung	376
21.5	Literatur	376
22	Myokardprotektion	377
	J. MARTIN, C. SCHLENSAK, F. BEYERSDORF	
22.1	Historische Entwicklung der Myokardprotektion	377
22.2	Ischämie- und Reperfusionsschaden in der Herzchirurgie	378
22.3	Klinische Durchführung der Myokardprotektion	382
22.3.1	Blutkardioplegie	382
22.3.2	Intermittierendes Klemmen	389
22.3.3	Myokardprotektion während „beating heart surgery“	390
22.3.4	Myokardprotektion bei Herztransplantationen	390
22.3.5	Myokardprotektion in der Kinderherzchirurgie	392
22.4	Literatur	394
23	Empfehlungen zur Lungenkonservierung	399
	T. WITTWER, T. WAHLERS	
23.1	Aktuelle Problematik	399
23.2	Historischer Überblick der Lungenkonservierung	400

23.3	Grundprinzipien der Organkonservierung	402
23.3.1	Physikochemische Faktoren	402
23.3.2	Konservierungslösungen	404
23.3.3	Adjuvante Pharmakotherapie	408
23.4	Applikationsmodus	409
23.5	Literatur	411
24	Herztransplantation	423
	H. LEHMKUHL, R. HETZER	
24.1	Vor Herztransplantation	423
24.2	Die Herztransplantation	426
24.3	Nach Herztransplantation	428
24.4	Schlussfolgerung	433
24.5	Literatur	434
25	Kinderherzchirurgie	435
	A. REIMANN, M. WEYAND	
25.1	Morphologie und Terminologie	436
25.2	Einteilung der Vitien und operative Prinzipien	436
25.3	Häufige Komplikationen/Schwierigkeiten . .	442
25.4	Literatur	442
26	Anästhesie und postoperative Nachsorge	443
	F. BREMER	
26.1	Prämedikation	443
26.1.1	Begleitmedikation und Anästhesie	443
26.1.2	Medikamentöse Prämedikation	443
26.2	Anästhesiologisches Management	444
26.2.1	Zugänge, Monitoring	444
26.2.2	Allgemeine Bemerkungen zur Narkoseführung	444
26.2.3	Die Narkoseeinleitung	445
26.2.4	Aufrechterhaltung der Narkose	446
26.3	Hämodynamisches Management	447
26.3.1	Hämodynamisches Monitoring	447
26.3.2	Therapie mit vasoaktiven und positiv inotropen Substanzen	449
26.3.3	Therapie von Arrhythmien	452
26.3.4	Gerinnung	453
26.4	Literatur	454