



Boeken · Assmann
Born · Schmid



Mechanische Herz-Kreislauf- Unterstützung

Indikationen, Systeme,
Implantationstechniken

 Springer

Boeken · Assmann
Born · Schmid



Mechanische Herz-Kreislauf- Unterstützung

Indikationen, Systeme,
Implantationstechniken

 Springer

Mechanische Herz-Kreislauf-Unterstützung

Udo Boeken
Alexander Assmann
Frank Born
Christof Schmid (Hrsg.)

Mechanische Herz-Kreislauf- Unterstützung

Indikationen, Systeme, Implantationstechniken

Mit 133 Abbildungen und 28 Tabellen



Springer

Herausgeber**Boeken, Udo, Prof. Dr. med.**Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für
Kardiovaskuläre Chirurgie**Assmann, Alexander, Dr. med.**Universitätsklinikum Düsseldorf, Klinik für
Kardiovaskuläre Chirurgie**Born, Frank, MCT**Leiter Kardiotechnik Herzchirurgische
Klinik und Poliklinik
Klinikum der Universität München --
Großhadern, Herzchirurgische Klinik und
Poliklinik**Schmid, Christof, Prof. Dr. med.**Universitätsklinikum Regensburg
Klinik für Herz-, Thorax- und
herznahe Gefäßchirurgie

ISBN-13 978-3-642-29407-5

DOI 10.1007/978-3-642-29408-2

ISBN 978-3-642-29408-2 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Medizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig.

Zu widerhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Dr. Fritz Kraemer, Heidelberg

Projektmanagement: Willi Bischoff, Heidelberg

Lektorat: Monika Liesenhoff, Bonn

Projektkoordination: Michael Barton, Heidelberg

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: © Getty Images, © Medioimages/Photodisc

Satz: medionet Publishing Services Ltd., Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Geleitwort

Das vergangene Jahrzehnt hat zu enormen Fortschritten in der kardiovaskulären Medizin geführt, die das Tätigkeitsfeld in der Herzchirurgie und auch der Kardiologie entscheidend verändert haben. Dies hat letztendlich zu einer engeren Zusammenarbeit und gemeinsamen politischen Ausrichtung dieser Fachgesellschaften geführt und spiegelt sich in den gemeinsamen erstellten Leitlinien und Konsensuspapieren wider. Diese vermehrte interdisziplinäre Zusammenarbeit hat in einem besonderen Maße auch zwischen der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz und Gefäßchirurgie und der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik stattgefunden und zeigte sich ganz deutlich in der ersten gemeinsamen Fokustagung im Herbst letzten Jahres. Die Berufsbilder »Herzchirurg« und »Kardiotechniker« definieren sich neu, da neue Therapieverfahren und Operationstechniken nur durch ein echtes Zusammenwirken im Team erfolgreich umgesetzt werden können. Ich möchte hier nur einige Beispiele aufzeigen, die ein komplettes Umdenken erforderten: die »Off pump« Bypasschirurgie, minimal invasive Klappenchirurgie, die Entwicklung der TAVI unter ECMO standby.

Zeitgleich zeigt sich eine deutliche Verlagerung des herzchirurgischen Patientenguts in das höhere Lebensalter mit zahlreichen Komorbiditäten und Mehrfachherzerkrankungen, die zur Behandlung anstehen. Mit der erfolgten Anpassung hin zu schonenden und minimalisierten Verfahren der extrakorporalen Zirkulation und differenzierten Operationstechniken wurde diesem Problem begegnet.

Die enormen technischen Fortentwicklungen der extrakorporalen Zirkulation und vor allem der Assistensysteme zur Therapie des akuten oder chronischen Herz- und Lungenversagens finden heute Anwendung weit über den Bereich der Herzchirurgie hinaus, z. B. der ECMO-Einsatz in Herzkatheterlaboren und im Rettungsdienst.

Die Behandlung der terminalen Herzinsuffizienz im höheren Alter stellt nunmehr durch die Fortentwicklung der bisherigen komplexen Unterstützungssysteme zu miniaturisierten LVAD (z. B. Heartmate III, Heartware, Circulite usw.) eine durchaus auf längere Zeit hinaus permanente aussichtsreiche Therapieoption dar. Es ist absehbar, dass hier eine stetige Zunahme der Implantationen stattfinden wird, die natürlich eine Anpassung in der Struktur der Nachsorge erforderlich macht.

Auch die Entwicklung des totalen Herzersatzes (TAH) wird mit Sicherheit in der nahen Zukunft durch hochtechnisierte Neuentwicklungen (z.B: Carmat) wieder eine Alternative für einzelne Patienten darstellen.

Die Arbeitsgruppe »Extrakorporale Zirkulation« hat sich in dieser Buch-Neuaufgabe ausführlichst mit diesem Gesamtthemenkomplex befasst. In den einzelnen Artikeln wird zunächst historisch betrachtet, wie sich die einzelnen Techniken entwickelt haben, aber insbesondere wird die aktuelle Situation exakt definiert und auch die Zukunftstechnologien diskutiert. Dieser Gesamtüberblick erlaubt allen interessierten Lesern einen ausgezeichneten Überblick zur extrakorporalen Zirkulation, Kreislaufassistenz- und Lungenersatzverfahren. Gleichzeitig ist eine Gesamtbetrachtung der Weltliteratur entstanden, welches für alle Beteiligten und Interessierten gleichermaßen in der Herzchirurgie, Anästhesie, Kardiologie und Kardiotechnik als Standardlektüre zu empfehlen ist. Der Arbeitsgruppe »Extrakorporale Zirkulation« und den beteiligten Autoren sind wir daher sehr dankbar und gratulieren zu dieser erfolgreichen Arbeit.

Leipzig im Oktober 2012

Friedrich Wilhelm Mohr

Präsident der DGTHG

Vorwort

Die Arbeitsgruppe „Extrakorporale Zirkulation und Mechanische Kreislaufunterstützung“ der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie wurde 1997 gegründet. Eine vordringliche Aufgabe dieser AG ist die Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen Herzchirurgie und Kardio-technik. So entstanden unter der Federführung der Arbeitsgruppe bisher 3 Bücher, die sich alle mit den Schnittmengen zwischen den beiden Berufsgruppen befassen und in enger Zusammenarbeit verfasst wurden. Im Jahr 2001 erschien zunächst der Band „Extrakorporale Zirkulation – wissenschaftlich begründet?“. Es folgte 2003 der nächste Band, der sich erstmals mit dem Gebiet der Kreislaufunterstützung befasste: „Synopsis der biologischen und mechanischen Kreislaufunterstützung“. Aufbauend auf dem Werk von 2001 erschien 2006 der bisher letzte Band unter Federführung der AG. Der Titel „Empfehlungen zum Einsatz und zur Verwendung der Herz-Lungen-Maschine“ zeigt bereits, dass in diesem Werk die Anwendung der EKZ aufbauend auf den Grundlagen in enger Anlehnung an die Richtlinien des European Board of Cardiovascular Perfusion dargestellt wird.

Nach nunmehr 9 Jahren seit Erscheinen des Buches zur mechanischen Kreislaufunterstützung (MKU) sah es die AG als absolut notwendig an, hier ein umfassendes Update in Form eines neuen Buches zu erstellen. Gerade im Bereich der Herzchirurgie hat eine rasante Weiterentwicklung stattgefunden, und seit Publikation der sog. Rematch-Studie im Jahr 2001 kam es zu einem sprunghaften Anstieg der Implantationszahlen im Bereich der ventrikulären Unterstützung. Mittlerweile ist nicht nur die Vielzahl der zur Verfügung stehenden Systeme, sondern auch deren technische Qualität bemerkenswert. Im vorliegenden Werk findet sich nun eine vollständige Übersicht über den aktuellen Stand der mechanischen Kreislaufunterstützung. Es wird hierbei sowohl ein Fokus auf die verschiedenen Systeme als auch auf differenzierte Indikationen gelegt. Die vier Hauptindikationen zur MKU werden neben der kurzfristigen, postoperativen Unterstützung detailliert dargestellt: „Bridge-to-Decision“, „Bridge-to-Recovery“, „Bridge-to-Transplant“ und nicht zuletzt der immer wichtigere Bereich der „Destination-Therapy“.

Da das Buch u. a. auch viele praktische Hinweise für die Nachsorge der einzelnen Systeme enthält, wurde bewusst ein Format gewählt, das die Mitnahme in der Kitteltasche ermöglicht. Somit stellt dieser Band nicht nur einen

Gesamtüberblick dar, er eignet sich durchaus auch als tägliches Nachschlagewerk sowohl für die operative Planung als auch für die ambulante Betreuung der Patienten.

Die vorliegenden Kapitel wurden von den einzelnen Arbeitsgruppen in den deutschen Herzzentren verfasst, wobei stets lokale Schwerpunkte und Kompetenzen berücksichtigt wurden. Dabei wurde auf größtmögliche kooperative Zusammenarbeit zwischen Herzchirurgie und Kardiotechnik geachtet und die Position und Sichtweise des sog. VAD-Koordinators in den einzelnen Kliniken berücksichtigt.

Der Aufbau der einzelnen Kapitel ist zumeist vergleichbar. Grundlegenden Informationen mit historischen Anmerkungen folgen in der Regel eine Beschreibung des Systems und die Darstellung der Implantationstechnik. Die perioperative Betreuung und die ambulante Nachsorge werden letztlich jeweils durch ausgewählte Literaturzitate ergänzt.

Wir bedanken uns bei allen beteiligten Autoren für Ihr großes Engagement. Alle Kapitel wurden trotz des engen Klinikalltages fristgerecht erstellt. Weiterhin gilt unser Dank auch allen anderen, die sich an der Entstehung und Vollendung dieses Buches organisatorisch oder finanziell beteiligt haben. Ein besonderer Dank geht hierbei an den Springer Verlag und Herrn Dr. Fritz Kraemer.

Düsseldorf und Regensburg im September 2012

Udo Boeken

Alexander Assmann

Frank Born

Christof Schmid

Inhaltsverzeichnis

1	Geschichte der mechanischen Kreislaufunterstützung	1
	<i>U. Boeken</i>	
1.1	Grundlegendes	2
1.2	Hintergrund	2
1.3	Historie	3
1.4	Ventrikuläre Unterstützungssysteme (VAD) – Entwicklung und Einteilung	4
1.4.1	Kurzzeit-Unterstützungssysteme	4
1.4.2	VAD – 1. Generation	4
1.4.3	VAD – 2. Generation	5
1.4.4	VAD – 3. Generation	5
1.5	Vollständiges Kunstherz (TAH)	6
1.6	Zusammenfassung und Ausblick	7
2	Indikationen zur mechanischen Kreislaufunterstützung	9
2.1	Therapieziele (BTB, BTT, BTR, DT)	10
	<i>S. Michel, R. Sodian, I. Kaczmarek</i>	
2.1.1	Bridge-to-Bridge (BTB) bzw. Bridge-to-Decision (BTD)	10
2.1.2	Bridge-to-Transplantation (BTT)	10
2.1.3	Bridge-to-Recovery (BTR)	11
2.1.4	Destination-Therapy (DT)	12
2.2	Indikationsstellung	13
	<i>S. Michel, R. Sodian, I. Kaczmarek</i>	
2.3	Kontraindikationen	17
	<i>S. Michel, R. Sodian, I. Kaczmarek</i>	
2.4	Pulmonale Hypertonie und mechanische Kreislaufunterstützung	18
	<i>H. Welp, J. Sindermann, T.D.T. Tjan</i>	
2.4.1	Mechanische Kreislaufunterstützung als Alternative zur Transplantation	20
2.4.2	Pulsatile Unterstützung zur Stabilisierung für eine Transplantation	20
2.4.3	Einfluss der pulsatilen Unterstützung auf neuroendokrine Veränderungen	23
2.4.4	Einfluss der Art der Unterstützung auf die Organfunktion	26

3	Akuttherapie	33
3.1	Intraaortale Ballongegenpulsation	35
	<i>R. Tandler</i>	
3.1.1	Historie	35
3.1.2	Systembeschreibung und Wirkprinzip	35
3.1.3	Implantationstechnik	38
3.1.4	Alternative Implantationstechniken	39
3.1.5	Indikationen	40
3.1.6	Kontraindikationen	42
3.1.7	Komplikationsmöglichkeiten	42
3.1.8	Management, Weaning und Explantation	43
3.1.9	Sonderfall Kinder	44
3.1.10	Zusammenfassung	44
3.2	Perkutane Systeme	45
	<i>M. Siepe, C. Benk, F. Beyersdorf</i>	
3.2.1	Grundlegendes	45
3.2.2	Indikation	46
3.2.3	Technische Beschreibung der unterschiedlichen zur Verfügung stehenden Systeme	48
3.2.4	Klinische und experimentelle Ergebnisse	50
3.2.5	Diskussion und Limitierung der Systeme	52
3.2.6	Zusammenfassung	53
3.3	Herz und/oder Lungenunterstützung beim kardiozirkulatorischen Versagen – va-ECMO	53
	<i>M. Hilker, C. Schmid</i>	
3.3.1	Grundlegendes	53
3.3.2	ECMO-Systeme	54
3.3.3	Kanülierungstechniken	58
3.3.4	Indikationen	62
3.3.5	Management an der va-ECMO	64
3.3.6	Studienlage	65
3.4	Transport mit mechanischer Herz-Kreislauf-Unterstützung	66
	<i>F. Born, U. Boeken</i>	
3.4.1	Grundlegendes	66
3.4.2	Logistik und Extra Corporeal Life Support (ECLS)	67
3.4.3	Definition: mechanisches Kreislaufunterstützungssystem ECMO	68

3.4.4	Indikation für mechanische Kreislaufunterstützung	69
3.4.5	Technische Probleme des ECLS-Systems – Kanülierung	69
3.4.6	Gerinnungsmanagement	70
3.4.7	Ziel der Unterstützungstherapie	71
3.4.8	Zusammenfassung	74
4	Langzeitunterstützung	79
4.1	Parakorporale Systeme einschließlich Implantationstechniken	80
4.1.1	Thoratec paracorporeal ventricular Assist Device	80
	<i>D. Schibilsky, C. Schlensak</i>	
4.1.2	Berlin Heart EXCOR VAD	85
	<i>A. Rukosujew, A. Hoffmeier, T.D.T. Tjan</i>	
4.1.3	Medos-VAD	95
	<i>A. K. Bigdeli, R.Sodian, I. Kaczmarek</i>	
4.1.4	Abiomed	101
	<i>F. Wagner</i>	
4.2	Intrakorporale Systeme einschließlich Implantationstechniken	114
4.2.1	Verdrängerpumpen – HeartMate I	114
	<i>D. Schibilsky, C. Schlensak</i>	
4.2.2	Axialer Antrieb	116
	<i>T. Drews, T. Krabatsch</i>	
4.2.3	Zentrifugalpumpen als Linksherzunterstützungssysteme	128
	<i>J. D. Schmitto, A. Haverich, M. Strüber</i>	
	HeartWare HVAD	128
	Duraheart	130
4.2.4	Biventrikuläre mechanische Kreislaufunterstützung mit zwei »continuous flow« Pumpen der 3. Generation	132
	<i>T.D.T. Tjan, M. Scherer, H. Welp</i>	
5	Kunstherzen (TAH)	155
5.1	TAH: Cardiowest	156
	<i>M. Morshuis, U. Schulz</i>	
5.1.1	Grundlegendes	156
5.1.2	Entwicklung des Kunstherzens (TAH)	157
5.1.3	AbioCor	160
5.1.4	Cardiowest	162
5.1.5	Psychologische Probleme und ethische Erwägungen	181

5.2	Self-made-TAH aus BiVAD: para- und intrakorporale Optionen	183
	<i>M. Morshuis, U. Schulz</i>	
5.2.1	Chirurgische Technik Thoratec-TAH	183
5.2.2	BiVAD HeartWare	185
5.3	Self-made TAH	187
	<i>H. Welp, A. Rukosujew, T.D.T. Tjan</i>	
5.3.1	Grundlegendes	187
5.3.2	Münsteraner Erfahrungen	188
5.3.3	Technik der Implantation	190
5.3.4	Zusammenfassung	193
6	Dauerhafte mechanische Kreislaufunterstützung bei Kindern und Patienten mit angeborenen Herzfehlern	199
	<i>E. V. Potapov, M. Hübler, O. Miera, V. Alexi-Meskishvili, R. Hetzer</i>	
6.1	Geschichte	200
6.2	Optionen	200
6.3	Systeme für die Langzeitunterstützung bei Neugeborenen und Kleinkindern	201
6.3.1	Beschreibung	201
6.3.2	Indikationen	204
6.3.3	Antikoagulation	204
6.4	Implantierbare Systeme bei Kindern	205
6.5	VAD-Implantation bei angeborenem Herzfehler	206
6.6	Entwöhnung bei myokardialer Erholung	208
6.7	Perspektiven	208
7	Lungenunterstützung bei respiratorischem Versagen	211
7.1	Veno-venöse extrakorporale Membranoxygenierung (vv-ECMO)	212
	<i>D. Camboni, C. Schmid</i>	
7.1.1	Grundlegendes	212
7.1.2	Physiologische Grundlagen	212
7.1.3	Gasaustausch an der ECMO	213
7.1.4	Equipment	213
7.1.5	Indikationen	215
7.1.6	Unterschiede zwischen der veno-venösen und der veno-arteriellen ECMO	216
7.1.7	Management	218

7.1.8	Weaning	219
7.1.9	Studienlage	220
7.1.10	Zusammenfassung	223
7.2	Pumpenlose extrakorporale Lungenunterstützung/ interventioneller Lungenassistent (PECLA/iLA)	223
	<i>T. Pühler, C. Schmid</i>	
7.2.1	Grundlegendes	223
7.2.2	Technische Voraussetzungen der PECLA/iLA-Therapie	224
7.2.3	Implantationstechnik und Management	226
7.2.4	Vorteile und Grenzen der PECLA/iLA-Therapie	227
7.2.5	Indikationen und Studienlage	228
7.2.6	Neue Konzepte und Fazit	230
8	VAD-Nachsorge	235
8.1	Gerinnungsmanagement bei VAD- und TAH-Patienten	236
	<i>M. Morshuis, C. Özpeker, A. Koster, U. Schulz</i>	
8.1.1	Grundlegendes	236
8.1.2	Unfraktioniertes Heparin	237
8.1.3	Coumadin-induzierte Hautnekrose	239
8.1.4	Resistenz gegen aggregationshemmende Therapie	240
8.1.5	Der Einfluss der VAD-Systeme auf die Blutgerinnung	242
8.1.6	Antikoagulation, Blutung und Thrombose bei Patienten mit HeartMate-II-Device	243
8.1.7	Neue Antikoagulantia und Thrombozytenaggregationshemmer	244
8.1.8	Gerinnungsmanagement im Herz- und Diabeteszentrum Nordrhein-Westfalen	245
8.2	Infektionsprävention	247
	<i>A. Assmann, A. Kraft</i>	
8.2.1	Bedeutung von Infektionen bei VAD-Patienten	247
8.2.2	Infektionsprävention bei VAD-Patienten	247
8.3	Weaning vom VAD	251
	<i>M. Dandel, E. Potapov, T. Krabatsch, R. Hetzer</i>	
8.3.1	Grundlegendes	251
8.3.2	Myokarderholung unter mechanischer Ventrikelentlastung	252
8.3.3	Weaning von ventrikulären Unterstützungssystemen	255
8.3.4	VAD-Explantation	265
8.3.5	Zusammenfassung und Ausblick	266

8.4	Patientenmanagement (»VAD-Koordination«) und Rehabilitation . . .	268
	<i>M. Dandel, E. Potapov, T. Krabatsch, R. Hetzer</i>	
8.4.1	Prä- und intraoperative Betreuung	269
8.4.2	Patientenschulung, Medikation und Device-Management	270
8.4.3	Überwachung und Vermeidung von Komplikationen	270
8.4.4	Zusammenfassung	274
9	Komplikationsmanagement	283
9.1	Rechtsventrikuläre Funktion vor, während und nach Implantation eines linksventrikulären Unterstützungssystems	284
	<i>E. V. Potapov, T. Krabatsch, A. Stepanenko, T. Gromann, R. Hetzer</i>	
9.1.1	Präoperative Vorhersage des rechtsventrikulären Versagens	285
9.1.2	Intraoperatives rechtsventrikuläres Versagen	291
9.1.3	Postoperative Therapie der rechtsventrikulären Dysfunktion	293
9.1.4	Spätdysfunktion des rechten Ventrikels	300
9.2	Thromboembolische Komplikationen am VAD	301
	<i>J. R. Sindermann, M. Scherer, A. Hoffmeier</i>	
9.3	Blutung am Herzunterstützungssystem	305
	<i>A. Hoffmeier, J.R. Sindermann</i>	
9.3.1	Perioperative Blutungen	306
9.3.2	Blutungen im Langzeitverlauf	307
9.3.3	Zusammenfassung	311
9.4	Infektionen	312
	<i>J. Litmathe</i>	
9.4.1	Grundsätzliche Betrachtungen	312
9.4.2	Ursachen nosokomialer Infektionen	312
9.4.3	Besonderheiten beim VAD-Patienten	314
9.4.4	Differenzialtherapeutisches Vorgehen	315
9.4.5	Ausblick	317
9.5	Herzrhythmusstörungen	318
	<i>J. Litmathe</i>	
9.5.1	Grundsätzliches	318
9.5.2	Einteilung von Arrhythmien	318
9.5.3	Ursachen	320
9.5.4	Diagnostik/Therapie	322
9.5.5	Reanimation bei Kunstherzpatienten	324