



Reinhard Larsen
Thomas Ziegenfuß

Pocket Guide Beatmung

 Springer



Reinhard Larsen
Thomas Ziegenfuß

Pocket Guide Beatmung

 Springer

Pocket Guide Beatmung

Reinhard Larsen
Thomas Ziegenfuß

Pocket Guide Beatmung

Mit 25 Abbildungen

 Springer

Reinhard Larsen
Homburg/Saar

Thomas Ziegenfuß
Moers

ISBN 978-3-662-46218-8

978-3-662-46219-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-46219-5

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

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen.

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Fotonachweis Umschlag: Mathias Ernert, Deutsches Herzzentrum Berlin

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

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

Vorwort

Dieses Taschenbuch ist eine evidenz- und leitlinienbasierte Darstellung der maschinellen Beatmung und Atemunterstützung für den Alltagsgebrauch. Dargestellt werden die verschiedenen Beatmungstechniken und deren differenzierte Anwendung bei den einzelnen Formen und Arten der respiratorischen Insuffizienz. Hierbei wird auf theoretische Grundlagen weitgehend verzichtet und stattdessen direkt und in aller Klarheit das praktische Vorgehen am Krankenbett beschrieben. Entsprechend wendet sich das Buch in erster Linie an Intensivmediziner und Intensivpflegekräfte, die Patienten mit respiratorischer Insuffizienz klinisch versorgen. Ihnen soll das Buch v. a. eine jederzeit verfügbare Entscheidungshilfe bei Ihrer Tätigkeit sein.

Reinhard Larsen
Thomas Ziegenfuß

Homburg und Moers, im Januar 2015

Autoren

Larsen, Reinhard, Prof. Dr.

Fasanenweg 26

66424 Homburg/Saar

E-Mail: reinhard-larsen@t-online.de

Ziegenfuß, Thomas, Dr.

Asberger Str. 4

47441 Moers

E-Mail: an.ziegenfuss@st-josef-moers.de

Inhaltsverzeichnis

1	Respiratorische Insuffizienz	1
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
1.1	Klassifizierung	2
1.2	Störungen der Ventilation	3
1.2.1	Störungen, die zur alveolären Hypoventilation führen können	4
1.2.2	Restriktive und obstruktive Ventilationsstörungen . .	4
1.3	Störungen des Belüftungs-Durchblutungs- Verhältnisses	5
1.4	Venöse Beimischung oder Shunt	5
1.4.1	Gesteigerte alveoläre Totraumventilation	7
1.4.2	Ventilatorische Verteilungsstörungen	9
1.5	Diffusionsstörungen	9
1.6	Veränderungen der funktionellen Residualkapazität	10
1.6.1	Abnahme der FRC	11
1.6.2	Zunahme der FRC	11
1.7	Veränderungen der Lungendehnbarkeit (Compliance)	12
1.8	Erhöhter Atemwegwiderstand (Resistance)	12
1.9	Ermüdung der Atemmuskulatur, »respiratory muscle fatigue«	13
1.9.1	Erhöhtes Lungenwasser	14
1.10	Störungen des Lungenkreislaufs	15
	Literatur	15
2	Beatmungsformen	17
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
2.1	Beatmungszyklus	18
2.2	Unterscheidung von Beatmungsformen	18
2.2.1	Auslösung der Inspiration	19
2.2.2	Durchführung der Inspiration: VCV und PCV	20
2.2.3	Beendigung der Inspiration	22
2.3	Atemtypen	22
2.3.1	Mandatorischer Atemtyp	23
2.3.2	Spontaner Atemtyp	23

VIII Inhaltsverzeichnis

2.4	Grundformen der Beatmung	23
2.4.1	Terminologische Erläuterungen zu VCV und PCV . . .	25
2.5	Einteilung der Beatmungsformen nach der Eigenleistung des Patienten	27
2.5.1	Augmentierende (unterstützende) Atemhilfen	28
2.5.2	Unkonventionelle Verfahren	30
	Literatur	30
3	Einstellparameter des Beatmungsgeräts	31
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
3.1	O₂-Konzentration	32
3.2	Atemhubvolumen	32
3.3	Atemminutenvolumen	33
3.4	Atemfrequenz	34
3.5	Positiver endexpiratorischer Druck (PEEP)	34
3.5.1	Extrinsischer und intrinsischer PEEP	35
3.5.2	Wirkungen auf das intrapulmonale Gasvolumen und den intrathorakalen Druck	35
3.5.3	Auswirkungen des PEEP auf die Lungenfunktion . . .	36
3.5.4	Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System	36
3.5.5	Indikationen für PEEP	37
3.5.6	Zeitpunkt der PEEP-Anwendung	38
3.5.7	Wie hoch soll der PEEP gewählt werden?	38
3.6	Maximaler Inspirationsdruck (p_{max})	39
3.6.1	Druckkontrollierte Beatmung	40
3.6.2	Volumenkontrollierte Beatmung	40
3.7	Inspiratorische Druckunterstützung	41
3.8	Atemzeitverhältnis, Inspirationszeit und Expirationszeit	42
3.8.1	»Inspiratory hold«	43
3.8.2	Verringerung des I:E-Verhältnisses	43
3.8.3	Erhöhung des I:E-Verhältnisses	44
3.9	Inspiratorische Pause	45
3.9.1	Volumenkontrollierte Beatmung	45
3.9.2	Druckkontrollierte Beatmung	45
3.10	Inspirationsflow bzw. Gasgeschwindigkeit	46
3.10.1	Volumenkontrollierte Beatmung	46
3.10.2	Hoher Inspirationsflow	46

3.10.3	Niedriger Inspirationsflow	46
3.10.4	Druckkontrollierte Beatmung	47
3.11	Inspirationsflow (Profil)	47
3.11.1	Volumenkontrollierte Beatmung	47
3.11.2	Druckkontrollierte Beatmung	48
3.12	Trigger und Triggerempfindlichkeit	48
3.13	Seufzer	49
3.14	Alarmer	49
	Literatur	50
4	CMV – kontrollierte Beatmung	51
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
4.1	Prinzip der CMV	52
4.2	Volumenkontrollierte CMV	53
4.2.1	Grundeinstellung bei volumenkontrollierter Beatmung (VC-CMV)	53
4.2.2	Vorteile gegenüber PC-CMV	53
4.2.3	Nachteile gegenüber PC-CMV	54
4.3	Druckkontrollierte CMV	54
4.3.1	Grundeinstellung bei druckkontrollierter Beatmung (PC-CMV)	55
4.3.2	Vorteile gegenüber VCV	55
4.3.3	Nachteile gegenüber VCV	55
4.4	Druck- oder volumenkontrollierte Beatmung bei schwerer Lungenschädigung?	56
4.5	Indikationen für die kontrollierte Beatmung . . .	56
4.6	»Dual-control modes«: PRVC und VAPS	56
4.7	Druckbegrenzte Beatmung (PL-VCV)	57
	Literatur	58
5	IMV und MMV – partielle mandatorische Beatmung 59	
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
5.1	Intermittierende kontrollierte Beatmung (IMV) . .	60
5.1.1	Grundeinstellung der SIMV	61
5.1.2	Vorteile der IMV im Vergleich mit CMV und A/C	61
5.1.3	Nachteile der IMV im Vergleich mit CMV und A/C . . .	62
5.1.4	Klinische Bewertung der SIMV	62
5.2	Mandatorische Minutenbeatmung (MMV)	62

X Inhaltsverzeichnis

5.2.1	Grundeinstellung bei MMV	63
5.2.2	Nachteile der MMV	64
	Literatur	64
6	PSV/ASB – druckunterstützte Spontanatmung	65
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
6.1	Druckunterstützte Beatmung (»pressure support«)	66
6.1.1	Grundeinstellung von PSV/ASB	67
6.1.2	Vorteile der PSV	68
6.1.3	Nachteile der PSV	69
6.1.4	Klinische Bewertung der PSV	69
6.2	Volumenunterstützte Beatmung (»volume support«)	70
6.2.1	Klinische Bewertung	70
6.2.2	AutoMode	71
6.2.3	Volume assured pressure support (VAPS)	71
	Literatur	71
7	BIPAP – biphasische positive Druckbeatmung	73
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
7.1	Prinzip des BIPAP	74
7.2	Einstellgrößen des BIPAP	74
7.2.1	Grundeinstellung des BIPAP	75
7.2.2	Bewertung des BIPAP	77
7.3	Beatmungsmodi	77
7.3.1	Kontrollierte Beatmungsmodi	77
7.3.2	Partielle Beatmungsmodi	78
7.3.3	Spontanatmungsmodus (CPAP)	78
	Literatur	79
8	APRV – Beatmung mit Druckentlastung der Atemwege	81
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
8.1	Prinzip der APRV	82
8.2	Einstellung der APRV	83
8.3	Vorteile der APRV	84
8.4	Nachteile der APRV	84
8.5	Klinische Bewertung der APRV	85
	Literatur	85

9	PAV/PPS – proportional druckunterstützte Spontanatmung	87
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
9.1	Prinzip der PAV	88
9.2	Funktion der PAV	89
9.3	Einstellung der PAV	89
9.4	Vorteile der PAV	90
9.5	Nachteile der PAV	91
9.6	Bewertung der PAV	91
	Literatur	91
10	ASV und NAVA – komplexe Beatmungsformen	93
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
10.1	ASV – angepasste unterstützende Beatmung . . .	94
10.1.1	Grundeinstellung der ASV	94
10.1.2	Regeln für Lungenschutz	95
10.1.3	Klinische Bewertung der ASV	96
10.2	NAVA – proportional druckunterstützter Spontanatmungsmodus	96
	Literatur	96
11	CPAP – Spontanatmung bei kontinuierlichem positivem Atemwegdruck	97
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
11.1	Prinzip des CPAP	98
11.2	Continuous-Flow-CPAP	98
11.2.1	Nachteile	98
11.3	Demand-Flow-CPAP	99
11.3.1	Vorteile gegenüber Continuous-Flow-CPAP	99
11.4	Wirkungen des CPAP	99
11.5	Einsatz des CPAP	100
	Literatur	101
12	ATC – automatische Tubuskompensation	103
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
12.1	Wirkung der ATC	104
12.1.1	Wirkungen während der Inspiration	104
12.1.2	Wirkungen während der Expiration	105

12.2	Einstellung von ATC	106
12.3	Probleme mit ATC	107
12.4	Klinische Bewertung von ATC	107
	Literatur	107
13	IRV – Beatmung mit umgekehrtem Atemzeitverhältnis	109
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
13.1	Einfluss der IRV auf den pulmonalen Gasaustausch	110
13.2	Einstellung der IRV	110
13.3	Volumenkontrollierte IRV (VC-IRV)	111
13.4	Druckkontrollierte IRV (PC-IRV)	111
13.5	IRV und PEEP	111
13.6	Vorteile der IRV	113
13.7	Nachteile der IRV	113
13.8	Anwendung der IRV	114
	Literatur	115
14	Permissive Hyperkapnie	117
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
14.1	Auswirkungen der Hyperkapnie	118
14.1.1	Ungünstige Auswirkungen und Gefahren	118
14.1.2	Günstige Auswirkungen	119
14.2	Indikationen der permissiven Hyperkapnie	119
14.3	Kontraindikationen der permissiven Hyperkapnie	119
14.3.1	Begrenzung des Atemwegdrucks	120
14.4	Begleitende Maßnahmen	120
14.5	Klinische Bewertung der permissiven Hyperkapnie	120
	Literatur	121
15	Lung-Recruitment-Manöver und Open-Lung-Konzept	123
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
15.1	Durchführung der Recruitmentmanöver	124
15.2	Open-Lung-Konzept	125
15.3	Klinische Bewertung der Recruitmentmanöver	126
	Literatur	127

16	Beatmung in Bauchlage	129
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
16.1	Wirkung der Bauchlagerung	130
16.2	Indikationen der Bauchlagerung nach der DGAI/BDA-Leitlinie	130
16.3	Kontraindikationen der Bauchlagerung	131
16.4	Risiken der Bauchlagerung	131
16.5	Sicherheitsmaßnahmen bei Bauchlagerung	131
16.6	Klinische Bewertung der Bauchlagerung	132
	Literatur	133
17	HFV – Hochfrequenzbeatmung	135
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
17.1	Prinzip der HFV	136
17.2	Indikationen der HFV	136
17.3	Beatmungsformen der HFV	136
17.3.1	HFV mit positivem Druck (»high frequency positive pressure ventilation«, HFPPV)	137
17.3.2	Hochfrequenzjetbeatmung (»high frequency jet ventilation«, HFJV)	137
17.3.3	Hochfrequenzoszillationsbeatmung (»high frequency oscillation«, HFO)	138
17.4	Vorteile der HFV	139
17.5	Nachteile der HFV	140
	Literatur	140
18	ECMO – extrakorporale Lungenunterstützung 143	
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
18.1	Prinzip der ECMO (extrakorporale Membran- oxygenierung)	144
18.2	Formen der ECMO	144
18.2.1	Venovenöse ECMO	144
18.2.2	Arteriovenöse ECMO	146
18.3	Verfahrensaspekte der ECMO	148
18.4	Beatmung unter ECMO	148
18.5	Indikationen der ECMO	148
18.6	Kontraindikationen der ECMO	149
18.7	Komplikationen der ECMO	149

18.8	Klinische Bewertung der ECMO	150
	Literatur	150
19	NIV – nichtinvasive Beatmung	151
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
19.1	Heimbeatmung	152
19.1.1	Indikationen	152
19.2	NIV in der Intensivmedizin	153
19.2.1	Indikationen der NIV	153
19.2.2	Kontraindikationen der NIV	154
19.2.3	Unterschiede zwischen NIV und invasiver Beatmung	154
19.3	NIV mit positivem Druck: NIPPV	156
19.3.1	Voraussetzungen für NIPPV	157
19.3.2	Beatmungsformen für die NIPPV	157
19.3.3	Erfolgsbeurteilung der NIPPV	158
19.4	Misserfolg, Abbruchkriterien und Gefahren	158
19.4.1	Abbruch der NIV	159
19.4.2	Gefahren der NIV	160
19.5	NIV beim akuten Atemversagen	161
19.5.1	Klinische Bewertung der NIV bei akutem Atemversagen	161
	Literatur	162
20	Beatmungsindikationen und Wahl der Atemunterstützung	163
	<i>Reinhard Larsen, Thomas Ziegenfuß</i>	
20.1	Ziele der Atemtherapie	164
20.1.1	Physiologische Ziele der Beatmung	164
20.1.2	Klinische Ziele der Beatmung	165
20.1.3	Kurzzeit- und Langzeitbeatmung	166
20.2	Indikationen für die maschinelle Beatmung	166
20.2.1	Grunderkrankung	166
20.2.2	Schwere der Gasaustauschstörung	167
20.2.3	Klinische Zeichen der respiratorischen Insuffizienz . .	168
20.2.4	Wann soll mit der Beatmung begonnen werden? . . .	168
20.3	Durchführung der Beatmung	169
20.3.1	Wahl der Beatmungsmodi und Beatmungsmuster . .	170
20.3.2	Differenziertes Vorgehen bei Störungen der Oxygenierung und Ventilation	171