

Fresenius
Heck

Repetitorium Intensivmedizin

4. Auflage

Vorbereitung
auf die Prüfung
»Intensivmedizin«

M. Fresenius

M. Heck

Repetitorium Intensivmedizin

M. Fresenius

M. Heck

Repetitorium Intensivmedizin

Vorbereitung auf die Prüfung »Intensivmedizin«

Unter Mitarbeit von Wolfgang Zink, Universität Regensburg

4., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Mit 150 Abbildungen

 Springer

Dr. med. Michael Fresenius

Chefarzt der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin
Marienhaus Klinikum Bendorf-Neuwied-Waldbreitbach
Friedrich-Ebert-Straße 59
56564 Neuwied
E-mail: DrFresenius@hotmail.de

Dr. med. Michael Heck

Facharzt für Anästhesiologie
– ambulante Narkosen –
Max-Reger-Str. 10
69121 Heidelberg
E-mail: Dr.M.Heck@web.de
<http://www.die-anaesthesie-praxis.de>

ISBN 978-3-642-16878-9 4. Auflage 2011 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York
ISBN 978-3-540-72279-3 3. Auflage 2008 Springer Medizin Verlag Heidelberg

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

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. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin

Springer-Verlag GmbH
ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001, 2006, 2008, 2011

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 dürften.

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.

Planung: Dr. Anna Krätz, Heidelberg

Projektmanagement: Gisela Schmitt, Heidelberg

Copy-Editing: Dr. Gaby Seelmann-Eggebert, Limburgerhof

Layout und Umschlaggestaltung: deblik Berlin

Satz: TypoStudio Tobias Schaedla, Heidelberg

SPIN: 12715152

Gedruckt auf säurefreiem Papier 22/2122/AK/gs – 5 4 3 2 1 0

Meiner Frau Stephanie
und meinen Kindern Benedict, Antonia und Constance gewidmet (M.F.)

Meiner Frau Elke
und meiner Tochter Lisa (W.Z.)

Geleitwort zur 4. Auflage

Aus verwaltungstechnischer Sicht ist die Intensivstation eine Station, die sehr hohe Kosten verursacht. Aus Sicht des Patienten ist die Intensivstation diejenige Station, die über seine Prognose quoad vitam entscheidet. Früher bestand die Intensivmedizin am ehesten aus einer empirischen Therapie, die »aus dem Bauch heraus« gesteuert wurde. Mit der Jahrtausendwende wurden immer mehr Konzepte propagiert, die auf großen prospektiven und randomisierten Studien beruhten. Bei Patienten der Intensivstation wurde der Blutzuckerwert in einem engen Bereich eingestellt, septische Patienten erhielten Hydrokortison und auch aktiviertes Protein C. Die offensichtliche Evidenz für solche Therapiemaßnahmen konnte in späteren Jahren jedoch nicht bestätigt werden, sodass manche von einem Pendeleffekt bei den therapeutischen Optionen sprechen.

Verschiedene Therapieverfahren haben die Nachprüfung der Folgejahre überstanden, und ihre Umsetzung in der klinischen Routine ist mittlerweile Bestandteil der Qualitätssicherung in der Intensivmedizin. Zu diesen Qualitätsindikatoren zählen beispielsweise die protektive Beatmung mit niedrigen Tidalvolumina, die therapeutische Hypothermie nach erfolgreicher Reanimation, oder auch die frühzeitige und adäquate Antibiotikatherapie nach dem Schema *hit early and hit hard*. Der moderne Intensivmediziner orientiert sich heute an der Vielzahl wissenschaftlich erhobener Daten, er richtet das therapeutische Konzept jedoch immer am individuellen Patienten aus.

Die Umsetzung verschiedener Therapiekonzepte erfordert vom Intensivmediziner neben Erfahrung insbesondere detaillierte Sachkenntnis. Bereits die ersten drei Auflagen des vorliegenden *Repetitoriums* hatten sich in den vergangenen Jahren als verlässlicher Zugang zu einer detaillierten Sachkenntnis bestens bewährt. Für die vierte Auflage dieses Werkes wurden alle Kapitel komplett neu überarbeitet, und es wurden eine ganze Reihe Evidenz-basierter Konzepte und Leitlinien integriert. Somit spiegelt das *Repetitorium* den aktuellen Stand der Intensivmedizin wider.

Auch die vierte Auflage ist ein sehr gut gelungenes Werk. Ich wünsche dieser Auflage eine weite Verbreitung.

Im Mai 2011

Prof. Dr. med. Hubert Böhrer
Caritas-Krankenhaus
97980 Bad Mergentheim

Vorwort zur 4. Auflage

Im intensivmedizinischen Bereich wurde in den zurückliegenden Jahren zum Beginn des neuen Jahrtausends eine Reihe bedeutender neuer Therapiekonzepte entwickelt, welche die Mortalität und die Behandlungsdauer unserer Patienten in den ersten publizierten Studien positiv beeinflusst haben.

Viele dieser schon als etabliert angesehenen Behandlungsmethoden wurden in den letzten Jahren kritisch hinterfragt und werden bei nicht eindeutiger Effektivität zurzeit in den aktuellen Leitlinien der intensivmedizinischen Fachgesellschaften nicht mehr aufgeführt. Diese Veränderungen machten eine Neuauflage unseres, bei den Lesern anhaltend beliebtes *Repetitorium Intensivmedizin* nach nur kurzer Zeit notwendig.

So wird zum Beispiel das kreislaufstabilisierende Kortison bei septischen Patienten aufgrund fehlender Mortalitätsreduktion nach der Durchführung der so genannten *Corticus-Studie* aktuell nicht mehr erstrangig empfohlen. Die intensivierete Insulintherapie mit Blutzuckerzielwerten von 80–110 mg/dl nach den Erstempfehlungen von Gritt van de Berghe wurde aufgrund der Gefahr iatrogener Hypoglykämien bei septischen Patienten »gelockert«, und der Einsatz des aktivierten Protein C (APC) zur Sepsis-Therapie sollte nur bei einem ganz bestimmten Patientenkollektiv angewendet werden.

In den zurückliegenden Jahren wurden viele Behandlungstherapien nach »evidence-based medicine«-Aspekten überarbeitet und in Empfehlungen und Leitlinien festgehalten.

So wurden eine Reihe nationaler und internationaler Leitlinien wie die S3-Leitlinie der Analgesie und Sedierung des Intensivpatienten, die antimykotische oder antiepileptische Therapieempfehlung, die Leitlinie zur Therapie der Lungenembolie oder die im Oktober 2010 veröffentlichten neuen Empfehlungen zur kardiopulmonalen Reanimation in diese Neuauflage integriert und übersichtlich in den entsprechenden Kapiteln dargestellt.

Nur die konsequente Umsetzung dieses Wissens im klinischen Alltag wird in Zukunft zu einer verbesserten Behandlung unserer Intensivpatienten führen.

Bei der vorliegenden 4. Auflage des »*Repetitorium Intensivmedizin*« hat uns auch dieses Mal Herr Professor Wolfgang Zink von der Universität Regensburg bei der Überarbeitung zahlreicher Kapitel wie z.B. Monitoring, Herzinsuffizienz, Schock, etc. intensiv unterstützt und somit einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung dieses Buches geleistet.

Das erfolgreiche Konzept unserer »*Repetitorien*« – nämlich die Darstellung von ausgewähltem, knapp formuliertem, aktuellem intensivmedizinischem Wissen – haben wir beibehalten. Viele Kapitel in der vorliegenden Neuauflage wurden durch »evidence«-basierte Maßnahmenempfehlungen, Tabellen und Algorithmen ergänzt.

Wir hoffen, damit auch in Zukunft den Erwartungen unserer Leser und Prüfungskandidatinnen/en zu entsprechen.

Für die zahlreichen, konstruktiven Hinweise zur Verbesserung der vorangegangenen Auflagen des »*Repetitorium Intensivmedizin*« möchten wir uns bei den Lesern bedanken und freuen uns weiterhin über Anregungen und Kritik.

Dank gilt Herrn Dr. Andreas Berg für seine wichtigen Hinweise im Kapitel kardiopulmonale Reanimation.

Sehr herzlich gedankt sei auch Frau Dr. Anna Krätz und Frau Dr. Gaby Seelmann-Eggebert vom Springer-Verlag in Heidelberg für ihre ausgezeichnete lektorielle Betreuung und ihre stete Unterstützung bei der Realisierung unserer Buchreihe der *Repetitorien*.

Besonderer Dank gilt unseren Ehefrauen und Kindern für Ihre Rücksicht und unermessliche Geduld während der vielen Stunden, die wir sie während der Erstellung unserer Repetitorien vernachlässigt haben.

Koblenz, Heidelberg und Regensburg im Mai 2011

Dr. med. Michael Fresenius

Dr. med. Michael Heck

Prof. Dr. med. Wolfgang Zink, DEAA

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis XIII

I Allgemeine intensiv- medizinische Themen

- 1 Tracheotomie und Bronchoskopie 3
- 2 Monitoring 17
- 3 Kardiovaskulär wirksame Medikamente
und mechanische Kreislaufunterstützung .. 59
- 4 Blut und Blutprodukte 77
- 5 Analgesie, Sedierung und Delir-
Management 99
- 6 Ernährungstherapie 123
- 7 »Invasive« Beatmung 161
- 8 »Nichtinvasive« Beatmung 195
- 9 Hyperbare Oxygenierung 201
- 10 Kardiopulmonale Reanimation 205

II Infektiologie

- 11 Antibiotika und Antimykotika 221
- 12 Infektiöse Endokarditis und
Endokarditisprophylaxe 263
- 13 Pneumonie 275
- 14 Nosokomiale Infektionen 289
- 15 Spezielle Infektionen 295

III Spezielle Krankheitsbilder

- 16 Nierenerkrankungen und Nierenersatz-
verfahren 325
- 17 Lebererkrankungen 343
- 18 Pankreatitis 353
- 19 Gastrointestinale Probleme 363
- 20 Stressulkus 383

- 21 Intoxikationen 391
- 22 Akutes Koronarsyndrom 405
- 23 ARDS (»acute respiratory distress
syndrome«) 413
- 24 SIRS, Sepsis und Multiorganversagen ... 425
- 25 Lungenembolie 453
- 26 Pulmonale Hypertonie und akute
Rechtsherzdekompensation 465
- 27 Tetanus 475
- 28 Subarachnoidalblutung 477
- 29 Schädel-Hirn-Trauma 481
- 30 Zerebrale Krampfanfälle 491
- 31 Herzinsuffizienz 497
- 32 Hirntoddiagnostik und Therapie des
Organspenders 511
- 33 Abdominelles Kompartmentsyndrom ... 517
- 34 Herzrhythmusstörungen 521
- 35 Schock 529

IV Physiologie

- 36 Physiologie der Atmung 547
- 37 Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-
Haushalt 565
- 38 Blutgerinnung 581

V Anhang

- 39 Nachschlageteil 625
- 40 Umrechnungstabellen für Laborwerte
– Normalwerte (SI-Einheiten) und
sonstige Einheiten 633
- Stichwortverzeichnis 639

Abkürzungsverzeichnis

Nachfolgend die Erläuterung einiger Abkürzungen:

AAA	abdominelles Aortenaneurysma	CAVHF	kontinuierliche arteriovenöse Hämo- filtration bzw. Spontanfiltration
AaDO₂	alveoloarterielle Sauerstoffpartialdruck- differenz	CBF	zerebraler Blutfluss (Hirndurchblutung)
Ach	Acetylcholin	CBV	zerebrales Blutvolumen
ACS	Akutes Koronarsyndrom	CC	»closing capacity« (Verschlusskapazität)
ACT	»activated clotting time«	CHE	Cholinesterase
ADH	antidiuretisches Hormon	CI	Herzindex
AEP	akustisch evozierte Potentiale	CIP	»critical illness polyneuropathy«
AGW	Atemgrenzwert	C_m	minimale Konzentration
AK	Antikörper	CMRO₂	»cerebral metabolic rate for oxygen« (zerebraler Metabolismus)
ALI	»acute lung injury«	CO	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)
ALV	acutes Leberversagen	CO₂	Kohlendioxid
AMI	akuter Myokardinfarkt	c_aO₂	arterieller Sauerstoffgehalt
AML	akute myeloische Leukämie	c_vO₂	venöser Sauerstoffgehalt
AMV	Atemminutenvolumen	COLD	»chronic obstructive lung disease«
Anm	Anmerkung	COPD	»chronic obstructive pulmonary disease«
ANV	akutes Nierenversagen	COT	»clot observation time«
AP	arterieller Systemdruck	CPAP	»continuous positive airway pressure«
APC	aktiviertes Protein C	CPP	zerebraler Perfusionsdruck
ARDS	»acute respiratory distress syndrome« (früher: »adult respiratory distress syndrome«)	CPR	Kardiopulmonale Reanimation
AS	Aminosäuren	CPPV	»continuous positive pressure ventilation«
ASA	American Society of Anesthesiologists	CSE	kombinierte Spinal- und Epidural- anästhesie
ASB	»assisted spontaneous breathing«	CSF	Liquor cerebrospinalis
ASS	Acetylsalicylsäure	CV	»closing volume« (Verschlussvolumen)
ATC	automatic tube compensation	CVI	Chronische ventilatorische Insuffizienz
avDO₂	arteriovenöse Sauerstoffdifferenz	CVVHD	kontinuierliche venovenöse Hämodialyse
BE	»base excess« (Basenüberschuss)	CVVHDF	kontinuierliche venovenöse Hämodia- filtration
BEL	Beckenendlage	CVVHF	kontinuierliche venovenöse Hämo- filtration
BGA	Blutgasanalyse oder Bundesgesund- heitsamt (aus Kontext ersichtlich)	DBS	Double-burst-Stimulation
BIPAP	»biphasic positive airway pressure«	DD	Differentialdiagnose
BtMVV	Betäubungsmittelverordnung	DHA	Docosahexaensäure (C20:6)
BZ	Blutzucker	DIC	disseminierte intravasale Koagulopathie (Verbrauchskoagulopathie)
C	Compliance	DK	Blasendauerkatheter
C_{LA}	Konzentration des Lokalanästhetikums	DL_{CO}	Diffusionskapazität der Lunge für CO (Kohlenmonoxid)
CAO	»chronic airflow obstruction«	DLV	»different lung ventilation« (seiten- differente Beatmung)
CAP	»community acquired pneumonia« oder ambulant erworbene Pneumonie	DO₂	Sauerstoffangebot
CARS	»compensatory antiinflammatory response syndrome«	ECCO₂R	extrakorporale CO ₂ -Elimination
CAVHD	kontinuierliche arteriovenöse Hämo- dialyse	ECMO	extrakorporale Membranoxygenierung
		ECT	»Ecarin clotting time«

EDCF	»endothelium-derived contracting factor«	HF	Herzfrequenz
EDRF	»endothelium-derived relaxing factor«	HFOV	Hochfrequenzoszillationsventilation
EDV	enddiastolisches Volumen	HFV	»high frequency ventilation« (Hochfrequenzbeatmung)
EF	Ejektionsfraktion (Auswurfraction)	HI	Herzindex
EK	Erythrozytenkonzentrat	HLM	Herz-Lungen-Maschine
EKK	extrakorporaler Kreislauf	HMV	Herzminutenvolumen
EKZ	extrakorporale Zirkulation	HPV	hypoxische pulmonale Vasokonstriktion
EMLA	eutektische Mischung von Lokalanästhetika	HRST	Herzrhythmusstörungen
EMD	elektromechanische Dissoziation bzw. Entkoppelung	HTPL	Herztransplantation
EPA	Eikosapentaensäure (C20:5)	HWZ	Halbwertszeit
ERV	expiratorisches Reservevolumen	HZV	Herzzeitvolumen (Herzminutenvolumen)
ES	Extrasystolen	IABP	intraaortale Ballonpumpe
ESV	endsystolisches Volumen	IAP	intraabdomineller Druck
ESBL	extended spectrum beta-lactamases	ICG-PDR	Indocyaningrün-Plasmaverschwinderate
ESWL	extrakorporale Stoßwellenlithotripsie	ICP	intrazerebraler bzw. intrakranieller Druck
etCO ₂	endexpiratorische CO ₂ -Konzentration (in Vol.-%)	ICR	Interkostalraum
F _{ex} CO ₂	expiratorische CO ₂ -Konzentration	ID	Innendurchmesser
FCKW	fluorierte Chlorkohlenwasserstoffe	IHSS	idiopathische hypertrophe Subaortenstenose
FDA	Food and Drug Administration	ILA	»interventional lung assist«
FEV ₁	Ein-Sekunden-Kapazität	Ind	Indikation
FEV ₁ /FVC	relative Ein-Sekunden-Kapazität in %	IPPV	»intermittent positive pressure ventilation« (kontrollierte Beatmung)
FFP	Fresh-frozen Plasma	IRDS	»infant respiratory distress syndrome«
FFS	freie Fettsäuren	IRV	inspiratorisches Reservevolumen
FG	Frühgeborene	ITBV	Intrathorakales Blutvolumen
F _A O ₂	alveoläre Sauerstoffkonzentration	ITN	Intubationsnarkose
F _I O ₂	inspiratorische Sauerstoffkonzentration	KBE	Kolonie-bildende Einheit
FKW	fluorierte Kohlenwasserstoffe	KF	Kammerflimmern
FRC	funktionelle Residualkapazität	KG	Körpergewicht
FS	Fettsäuren	KH	Kohlenhydrate
FSME	Frühsommer-Meningoenzephalitis	KI	Kontraindikation
FSP	Fibrin(ogen)splattprodukte	KOD	kolloid-osmotischer Druck
FVC	forcierte Vitalkapazität	KOF	Körperoberfläche
GABA	γ-Aminobuttersäure	LA	Lokalanästhetikum (Lokalanästhetika)
GCS	Glasgow Coma Scale	LAP	linker Vorhofdruck
GFR	glomeruläre Filtrationsrate	LBP	Lipopolysaccharid-bindendes Protein
GHB	γ-Hydroxybuttersäure	LE	Lungenembolie
GI	gastrointestinal	LTPL	Lebertransplantation
GISA	Glykopeptid-intermediär-empfindlicher Staphylococcus aureus	LVEDP	linksventrikulärer enddiastolischer Druck
GvH-Reaktion	Graft-versus-Host-Reaktion	LVEDV	linksventrikuläres enddiastolisches Volumen
HAP	»hospital acquired pneumonia« oder nosokomiale erworbene Pneumonie	LVEF	linksventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurfraction)
HCAP	»health care acquired pneumonia« oder Pneumonie bei einem Patienten, der aus einem Alten- oder Pflegeheim stammt	LVF	linksventrikuläre Pumpfunktion
		LVP	linker Ventrikeldruck
		LVSWI	linksventrikulärer Schlagarbeitsindex

MAC	minimale alveoläre Konzentration	PDA	Periduralanästhesie
MAP	mittlerer arterieller Druck	PDK	Periduralkatheter
MCT	»middle chain triglycerides« (mittelkettige Triglyceride)	PEA	pulslose elektrische Aktivität
MEP	motorisch evozierte Potentiale	PEEP	»positive endexpiratory pressure« (positiver endexpiratorischer Druck)
MER	Muskeleigenreflex	PEG	perkutane endoskopische Gastrostomie
MG	Molekulargewicht	Pha	Pharmakologie
MM	Muttermund	pH _i	intramukosaler pH-Wert
MMEF	maximaler mittlerer expiratorischer Flow	PNP	Polyneuropathie
MNS	Malignes neuroleptisches Syndrom	p _A O ₂	alveolärer O ₂ -Partialdruck
MODS	»multiple organ dysfunction syndrome«	p _a O ₂	arterieller O ₂ -Partialdruck
MOV	Multiorganversagen	p _s O ₂	partielle oder funktionelle Sauerstoffsättigung
MPAP	mittlerer Pulmonalarteriendruck	p _v O ₂	gemischtenvenöser Sauerstoffpartialdruck
MR	Muskelrelaxanzen	PONV	»postoperative nausea and vomiting« (postoperative Übelkeit und Erbrechen)
MRSA	methicillinresistenter Staphylococcus aureus	ppm	parts per million = ml/m ³
MRSE	methicillinresistenter Staphylococcus epidermidis	PTC	»post tetanic count« (posttetanische Zahl)
MS	Magensonde	PTT	partielle Thromboplastinzeit
MSSA	methicillinempfindlicher Staphylococcus aureus	PTZ	Thrombinzeit
N ₂	Stickstoff	PVR	pulmonaler Gefäßwiderstand
ndMR	nichtdepolarisierende Muskelrelaxanzen	PVT	pulslose ventrikuläre Tachykardie
NEV	Nierenersatzverfahren	Q _L	Lungenperfusion
NLA	Neuroleptanästhesie	Q _s /Q _t	intrapulmonaler Shunt
NMB	neuromuskuläre Blockade	R	Resistance (Atemwegswiderstand)
NMDA	N-Methyl-D-Aspartat	RAP	rechter Vorhofdruck
NMH	niedermolekulares Heparin	RBF	renaler Blutfluss
NMM	neuromuskuläres Monitoring	RKI	Robert-Koch-Institut
NO	Stickstoffmonoxid	RQ	respiratorischer Quotient
N ₂ O	Stickoxidul (Lachgas)	RR	systemarterieller Blutdruck (nach Riva-Rocci)
NSAID	»nonsteroidal anti-inflammatory drugs« (nichtsteroidale Antiphlogistika)	RV	Residualvolumen
NTPL	Nierentransplantation	RVEF	rechtsventrikuläre Ejektionsfraktion (Auswurfraction)
NW	Nebenwirkung	RVP	rechter Ventrikeldruck
NYHA	New York Heart Association	RVSWI	rechtsventrikulärer Schlagarbeitsindex
O ₂	Sauerstoff	RWBS	regionale Wandbewegungsstörungen
P	Druck	RZ	Reptilasezeit
p	Partialdruck	SAP	systemischer arterieller Druck
PAK	Pulmonalarterienkatheter	SHT	Schädel-Hirn-Trauma
PAP	Pulmonalarteriendruck	SI	Schlagvolumenindex
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit	SIADH	Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion
PCA	patientenkontrollierte Analgesie	SIRS	»systemic inflammatory response syndrome«
PCEA	patientenkontrollierte Epiduralanalgesie	SO ₂	fraktionelle Sauerstoffsättigung
PCI	perkutane Koronarintervention	S _a O ₂	fraktionelle arterielle Sauerstoffsättigung
pCO ₂	CO ₂ -Partialdruck	SPA	Spinalanästhesie
p _{et} CO ₂	endexpiratorischer CO ₂ -Partialdruck	SSEP	somatosensorisch evozierte Potentiale
PCWP	Pulmonalkapillardruck (Wedge-Mitteldruck)		

SSW	Schwangerschaftswoche
SV	Schlagvolumen
SVES	supraventrikuläre Extrasystole(n)
$S_{ij}O_2$	jugularvenöse Sauerstoffsättigung
SVR	systemischer Gefäßwiderstand
SVT	supraventrikuläre Tachykardie
TAA	thorakales Aortenaneurysma
TAAA	thorakoabdominelles Aortenaneurysma
TAT	Thrombin-Antithrombin-III-Komplex
TCD	transkraniale Dopplersonographie
TEE	transösophageale Echo(kardio)graphie
TEG	Thrombelastogramm
TFA	Trifluoracetylchlorid
TG	Triglyzeride
THAM	Tris-Hydroxy-Aminomethan
TIVA	totale intravenöse Anästhesie
TK	Thrombozytenkonzentrat
TLC	totale Lungenkapazität
TOF	»train-of-four«
TRALI	»transfusion-related acute lung injury«
TUR-Blase	transurethrale Elektroresektion der Blase
TUR- Prostata	transurethrale Elektroresektion der Prostata
TVT	tiefe Beinvenenthrombose
UBF	uteriner Blutfluss
UFH	normales (unfraktioniertes) Heparin
URS	Ureterorenoskopie
V_A	alveoläre Ventilation
V_D	Totraumvolumen
V_T	Tidalvolumen (Atemzugvolumen)
VC	Vitalkapazität
VCO_2	CO_2 -Produktion
VES	ventrikuläre Extrasystole(n)
VHF	Vorhofflimmern
VK	Verteilungskoeffizient
VO_2	Sauerstoffaufnahme (Sauerstoffverbrauch)
V_A/Q	Ventilations-Perfusions-Verhältnis
VT	ventrikuläre Tachykardie
VVBP	venovenöse Biopumpe (Bypass)
vWF	von-Willebrand-Jürgens-Faktor
WM	Wirkmechanismus
WW	Wechselwirkung
ZNS	Zentrales Nervensystem
ZVD	zentraler Venendruck

Autorenverzeichnis

Dr. med. Michael Fresenius

Marienhau Klinikum Bendorf-Neuwied-Waldbreitbach
Chefarzt der Klinik für Anästhesie und Intensivmedizin
Friedrich-Ebert-Straße 59
56564 Neuwied
E-mail: DrFresenius@hotmail.de

Dr. med. Michael Heck

Facharzt für Anästhesiologie
– ambulante Narkosen –
Max-Reger-Str. 10
69121 Heidelberg
E-mail: Dr.M.Heck@web.de
<http://www.die-anaesthesie-praxis.de>

Prof. Dr. med. Wolfgang Zink, D.E.A.A.

Leitender Oberarzt der Klinik für Anästhesiologie
Klinikum der Universität Regensburg
Franz-Josef-Strauss-Allee 11
D-93053 Regensburg
Mail: wolfgang.zink@klinik.uni-regensburg.de

I Allgemeine intensivmedizinische Themen

- 1 Tracheotomie und Bronchoskopie – 3
- 2 Monitoring – 17
- 3 Kardiovaskulär wirksame Medikamente und mechanische Kreislaufunterstützung – 59
- 4 Blut und Blutprodukte – 77
- 5 Analgesie, Sedierung und Delir-Management – 99
- 6 Ernährungstherapie – 123
- 7 »Invasive« Beatmung – 161
- 8 »Nichtinvasive« Beatmung (NIV) – 195
- 9 Hyperbare Oxygenierung (HBO) – 201
- 10 Kardiopulmonale Reanimation (CPR) – 205

Tracheotomie und Bronchoskopie

- 1.1 Tracheotomie – 4
- 1.2 Bronchoskopie – 11

1.1 Tracheotomie

Historie

- 1909 Erstbeschreibung der Tracheotomie von Jackson
- 1953 Erste perkutane Tracheotomie nach Shelden
- 1984 Erstbeschreibung der perkutanen Minitracheotomie durch Matthews
- 1985 Erstbeschreibung der **Dilatationstracheotomie** von **Ciaglia**
- 1989 Erstbeschreibung der **Dissektionstracheotomie** von **Schachner** (scharfe Methode bzw. Rapitrach-Methode)
- 1990 Erstbeschreibung der **Dissektionstracheotomie** von **Griggs** (stumpfe Methode oder »gide wire dilating forcepsmethode« [GWDF])
- 1997 Erstbeschreibung der **translaryngealen Durchzugstracheotomie** von **Fantoni**
- 2000 Modifikationen der Dilatationstechnik nach Ciaglia (Mehrschrittdilatation → Einschrittdilatation)
- 2001 Erstbeschreibung der dilatativen Tracheotomie mit selbstschneidendem Gewinde (PercuTwist) nach **Frova**
- 2008 Erstbeschreibung der **Dilatationstracheotomie** mit flüssigkeitsgefülltem Ballon (Ciaglia Blue **Dolphin**)

! Cave

In Deutschland werden derzeit auf ca. 90 % der Intensivstationen Tracheotomien innerhalb der ersten 14 Beatmungstage durchgeführt. Auf 86 % der Intensivstationen kommt die perkutane Dilatationstracheotomie routinemäßig zum Einsatz, wobei die modifizierte Dilatationstechnik nach Ciaglia (Einschrittdilatation) am häufigsten angewendet wird (69 %). 98 % dieser Prozeduren werden unter bronchoskopischer Kontrolle durchgeführt (Kluge 2008).

Chirurgische Tracheotomien werden in aller Regel im OP durchgeführt (72 %), wohingegen perkutane Dilatationstechniken bevorzugt bettseitig eingesetzt werden (98 %).

■ Indikationen

- Vermeidung von laryngealen/subglottischen Schäden bei voraussichtlicher Langzeitbe-

atmung (> 10 Tage) bzw. bei protrahiertem Weaning:

- ▶ Ein optimaler Zeitpunkt kann gegenwärtig nicht eindeutig definiert werden!
 - eine frühelektive Tracheotomie am 3.–5. Tag scheint die translaryngealen Intubationsfolgeschäden reduzieren zu können!
- Zustand nach mehreren erfolglosen Weaningversuchen
- COPD-Patient mit zu erwartendem kompliziertem Weaning
- Ulzerationen im oralen Bereich
- neuromuskuläre Erkrankungen
- ggf. intraoperativ nach größeren Operationen im HNO- oder MKG-Gebiet → Sicherung der Atemwege bei zu erwartenden länger anhaltenden Schwellungen im Bereich der oberen Luftwege

Vorteile

- Schnelleres Weaning
- Möglichkeit eines unproblematischen Wechsels zwischen Silberkanüle und Tracheoflex bei respiratorischer Erschöpfung
- anatomische Totraumreduktion → verbesserte alveoläre Ventilation
- verbesserte Mund- und Trachealtoilette
- Reduktion des Atemwegwiderstands durch im Innendurchmesser größere (>8,5 mm) und kürzere Tuben → verminderte Atemarbeit
- geringere Beweglichkeit der Trachealkanüle im Vergleich zu einem translaryngealen Tubus (bis zu 3,5 cm bei Flexion und Extension des Kopfes) → geringere Larynxschäden nach Tracheotomie
- ▶ Kompression der Schleimhaut durch den Tubus (Mukosaperfusionsdruck nur 30 mmHg!), dadurch Stenosierungen im posterioren Stimmbandritzel und bis zu 10 % subglottische Vernarbungen und Stenosen
- bessere Möglichkeit der Mundpflege
- geringerer Bedarf an Analgosedierung
- höherer Patientenkomfort (Patient kann über spezielle Kanüle sprechen oder kann leichter oralisiert werden)

! Cave

Die Vorteile der Tracheotomie ergeben sich aus den Nachteilen der translaryngealen Langzeitintubation!

Nachteile

- Blutungen durch Verletzung oder spätere Arrosion von Gefäßen
- Blutaspiration und sekundäre Ventilationsprobleme
- Pneumothorax (4 %), Mediastinalemphysem
- Verletzung des N. recurrens bei falscher Operationstechnik
- Infektion (bis 36 %), Mediastinitis- und Mediastinalemphysem
- Trachealstenosen (bis zu 60 %)

! Cave

Bei Blutungen im Tracheostomabereich und sekundären Ventilationsproblemen **muss** intermittierend eine Bronchoskopie zur Vermeidung eines Bronchusausgusskoagels durchgeführt werden!

Methoden**Chirurgische Methoden**

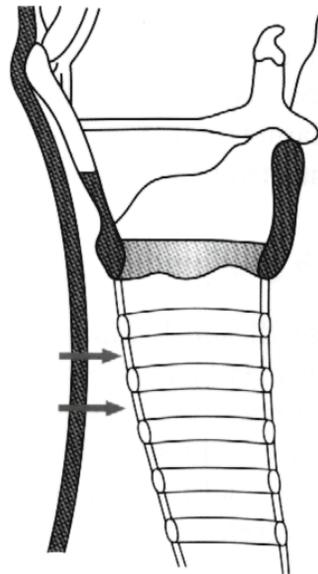
- **Epithelialisiertes** Tracheostoma (Haut wird direkt auf die Schleimhaut des trachealen Fensters [2.–4. Trachealknorpel] genäht)
- **nichtepithelialisiertes** Tracheostoma (schwierigerer Kanülenwechsel, höhere Gefahr der Via falsa, höhere Infektions- und Blutungsgefahr als beim epithelialisierten Tracheostoma)

Bettseitige Methoden (perkutane Tracheotomien)

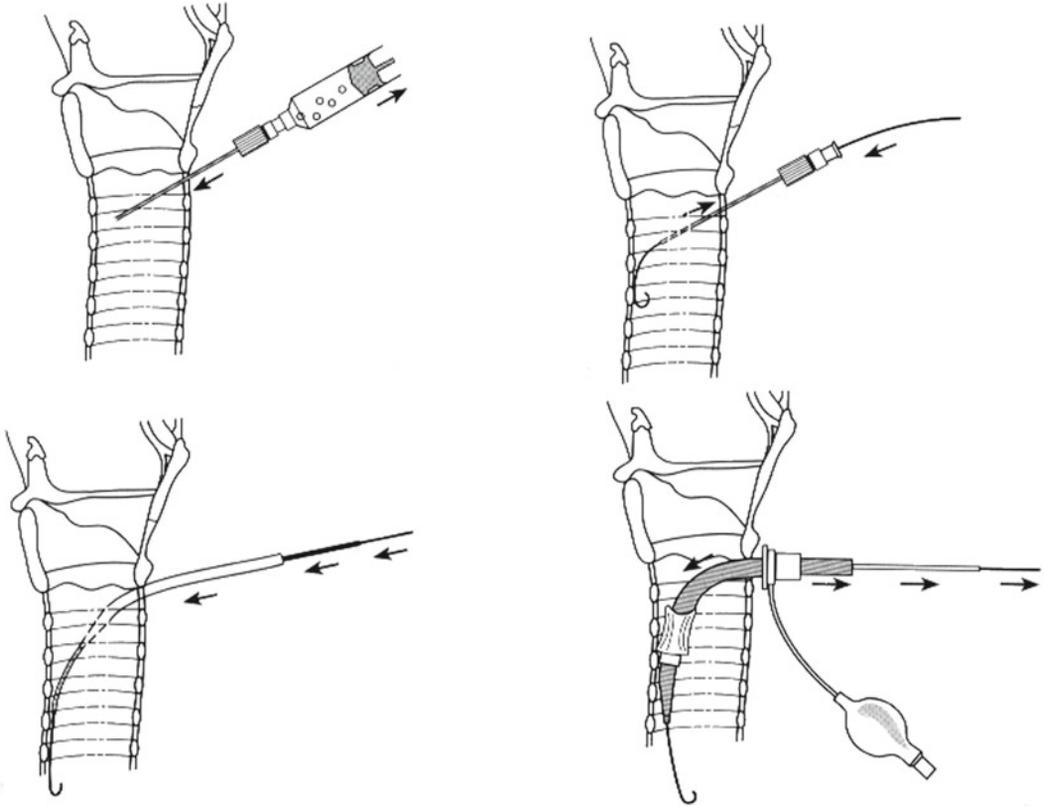
- **perkutane Dilatationstracheotomie (PDT)** nach Ciaglia, inklusiv Modifikationen (Ciaglia BlueRhino, UltraPerc, Schraubtechnik nach Frova bzw. neuerdings Ciaglia BlueDolphin)
- Ciaglia BlueRhino oder neuerdings nach Frova
- **Dissektionstracheotomie** nach der Methode von **Schachner** bzw. **Griggs**
- **translaryngeale Tracheotomie (TLT)** nach **Fantoni**
- **Minitracheostoma** nur zur Sekretabsaugung (Punktion zwischen **Schild-** und **Ringknorpel**)

Perkutane Dilatationstracheotomie

1. Dilatationstracheotomie nach Ciaglia
 - Mit verschiedenen Dilatationsstäben mit zunehmendem Durchmesser (bis 36 Charr) wird die Punktionsstelle dilatiert (Cook-Set oder PercuQuick-Set von Rüschi)
 - Punktion in Höhe des 2.–4. Trachealrings → nach einer Studie von Stein wurde die geplante und vermutete Punktionshöhe zu 90 % nicht punktiert (■ Abb. 1.1)!
 - typische Komplikation: Fraktur von Trachealringen
 - Durchführung der Dilatationstracheotomie (■ Abb. 1.2):
 - Punktion des Lig. anulare nach Hautinzision in Höhe des oben genannten Trachealknorpels
 - Aspiration von Luft mit einer flüssigkeitsgefüllten Spritze
 - Verschieben eines Seldinger-Drahtes und fiberoptische Kontrolle, anschließend Einführen von Dilatatoren mit ansteigendem Durchmesser
 - nach der Dilatation Einführen der Trachealkanüle (■ Abb. 1.2)



■ **Abb. 1.1** Optimale Punktionshöhe zur perkutanen Dilatationstracheotomie



■ **Abb. 1.2** Durchführung der Dilatationstracheotomie

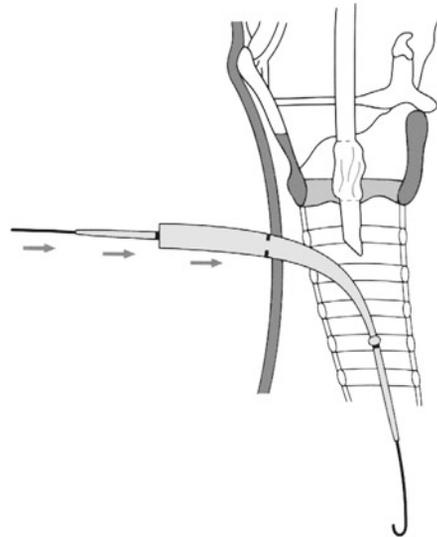
2. Modifikation der PDT nach der Methode Ciaglia Blue Rhino

► Die Methode mittels **Ciglia-Blue-Rhino (CBR-)**

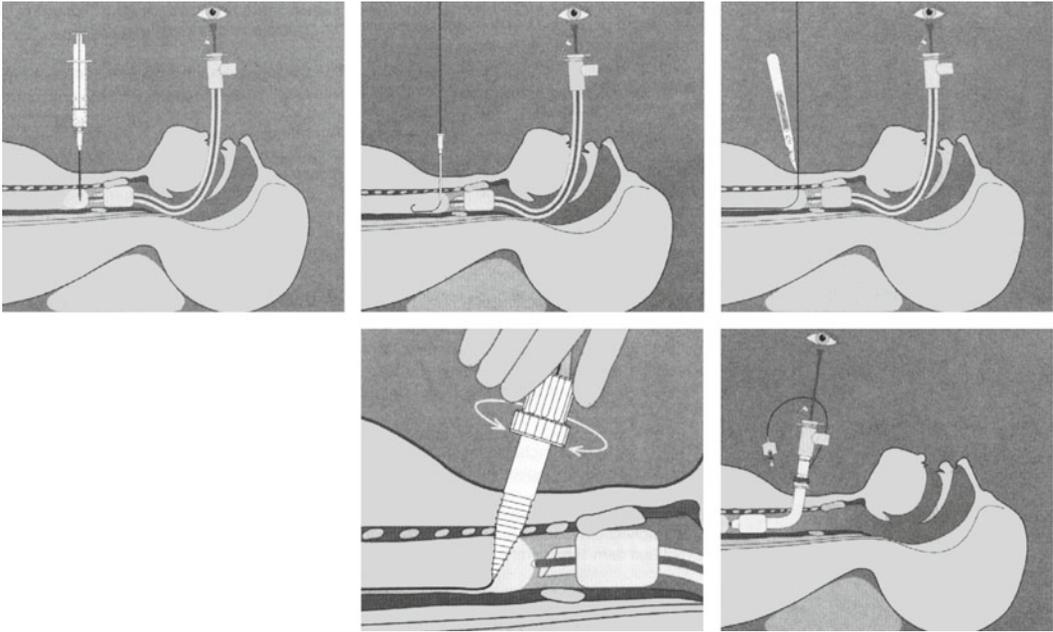
Methode stellt eine Weiterentwicklung der PDT dar: nur noch eine einzige Dilatation mit konisch zulaufendem, hydrophil beschichtetem und gebogenem Dilatator bis zur aufgedruckten 38-F-Markierung. Anschließend wird die Trachealkanüle über die im Set befindlichen 3 verschiedenen gebogenen Führungsstäbe mit unterschiedlicher Größe mittels Seldinger-Technik durch den Dilatationskanal eingesetzt (Ciaglia-Blue-Rhino-Dilatator der Firma Cook Critical Care, bzw. UltraPerc der Firma SmithsMedical, ■ **Abb. 1.3**).

3. Dilatationstracheotomie nach Frova (■ **Abb. 1.4**)

— Durchführung der Dilatationstracheotomie nach Frova:



■ **Abb. 1.3** PDT nach Ciaglia-Blue-Rhino-Dilatationstracheotomie



■ **Abb. 1.4** Durchföhrung der Dilatationstracheotomie nach Frova

- Punktion der Trachea in H6he der 2./3. oder 3./4. Tracheaknorpelspange in der Mitte der Vorderwand (wie bei den anderen Dilatationstracheotomien)
 - horizontaler Schnitt von ca. 3–5 mm zu beiden Seiten des Seldinger-Drahts
 - kontrolliertes Eindrehen eines selbstschneidenden schneckenf6rmigen Gewindes (PercuTwist) über den Seldinger-Draht unter bronchoskopischer Kontrolle bis zur Tracheahinterwand (erst moderater Druck, bis Schraube im Gewebe greift, dann unter Zug)
 - anschließend Einföhrung des spitz zulauenden Dilatators mit aufgeschobenem PercuQuick-Tubus oder CrystalClear-Tubus der Gr61en 7,0 oder 8,0 bzw. 9,0
 - anschließend bronchoskopische Lagekontrolle des Trachealtubus
4. Dilatationstracheotomie nach Ciaglia Blue Dolphin von der Firma Cook (■ **Abb. 1.5**)

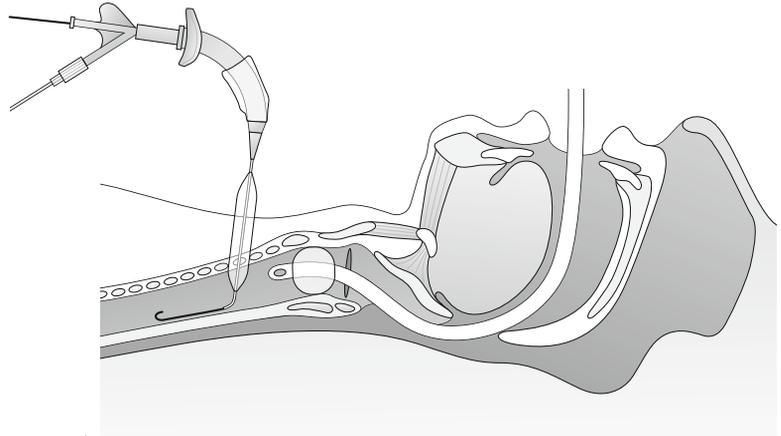
Bei diesem neuen Verfahren werden die Dilatation der Trachea und der Halsweichteile durch einen **widerstandsfähigen Ballon** mit 11 bar Druck mittels speziellen Inflationsgerät durchgeföhrt.

Initial Hautinzision, Punktion der Trachea und Einlage eines Seldinger-Drahts in Richtung Carina. Auffädeln des modifizierten Dilatators, der an seinem distalen Ende einen Ballon zur Dilatation trägt und an dessen proximalem Ende bereits die Trachealkanüle aufgeladen ist. Nachdem der Ballon bis zu einer bestimmten Markierung in die Trachea eingeföhrt ist, erfolgt dessen Inflation mit Kochsalzl6sung über eine Spritze mit integriertem Manometer. Durch einen Spitzendruck von 11 bar über 10–20 s wird eine zirkuläre Dilatation von Weichteilen und Trachea erreicht. Nach Ablassen des Drucks und Evakuierung der Flüssigkeit aus dem Ballon wird der Dilatator weiter in die Trachea vorgebracht und damit die Trachealkanüle in einem Schritt platziert.

Es sind aktuell verschiedene Gr61en (24, 26, 27,28 und 30 French erhältlich).

Dissektionstracheotomie

- Nach der Methode von **Schachner** bzw. später von **Griggs** modifizierte Technik mit spezieller Spreizschere der Firma Portex:
- Punktion zwischen 2./3. oder 3./4. Trachealknorpel



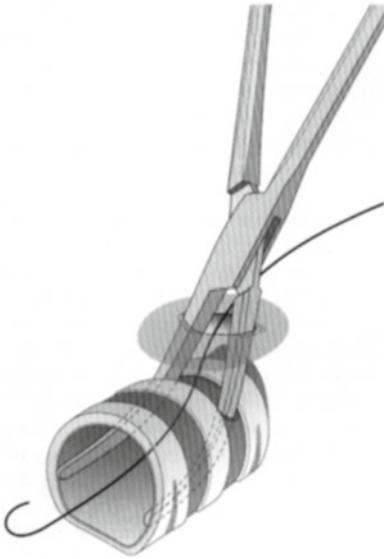
■ **Abb. 1.5** Dilatationsverfahren nach Ciaglia Blue Dolphin

- ▶ Zur Vermeidung von Sekundärschäden möglichst in der Mittellinie punktieren; ein horizontaler Hautschnitt zeigt bessere kosmetische Ergebnisse und geringere Verletzungsrate des Krikoidknorpels → keine Trachealstenosen
- typische Komplikation: Verletzung der Tracheahinter- oder Seitenwand
- Durchführung der Dissektionstracheotomie
 - nach Hautschnitt Punktion der Trachea mit nach kaudal gerichteter Kanüle
 - Insertion eines Seldinger-Drahtes über die Kanüle und anschließend obligate **bronchoskopische Lagekontrolle** des Drahtes
 - Vordilatation der Punktionsstelle mit einem kleinen Dilator
 - Einführung der Dilatationspinzette über den Draht in das prätracheale Gewebe und Spreizung des Gewebes durch Rückzug der geöffneten Pinzette (■ Abb. 1.6)
- Insertion der Pinzette über den Führungsdraht in die Trachea und Anheben der Pinzettengriffe in die vertikale Position
- Öffnen der Pinzette mit beiden Händen und Aufdehnung der Trachea mit anschließendem Zurückziehen der geöffneten Pinzette
- Einführung der Trachealkanüle mit innenliegendem Obturator über den Draht in die Trachea und sofortiges endotracheales Absaugen

- ▶ spontaner Verschluss des Tracheostomas nach Dekanülierung in ca. 3–4 Tagen

Translaryngeale Tracheotomie (TLT) (■ Abb. 1.7)

- Nach der Methode von **Fantoni** unter Durchzug der Spezialtrachealkanüle von **innen nach außen**
- Punktion in Höhe des 2.–4. Trachealknorpels; zuvor Desinfektion der Mundhöhle
- Insertion eines Seldinger-Drahtes über Punktionsnadel in die Trachea und Vorschieben des Drahtes nach kranial am leicht entblockten Cuff vorbei in die Mundhöhle
- nach transoraler Ausleitung des Drahtes wird an diesem ein konisch zulaufender Spezialtubus fixiert
- Extubation des Patienten und evtl. Einlegen des speziellen Beatmungstubus zur Aufrechterhaltung der Ventilation bei deutlich eingeschränkter Oxygenierung
- Durchzug der Trachealkanüle durch den Hypopharynx, die Stimmbandenebene und letztendlich durch die Trachealwand und das umliegende Gewebe nach außen (zwei Finger dienen als Gegenlager)
- Abschneiden der ausgeleiteten Konusspitze des Tubus
- nach weiterem Herausziehen des Tubus mit 4 ml geblocktem Cuff kann mittels im Tubuslumen inseriertem Bronchoskop die Hinterwand der Trachea gesehen werden



■ **Abb. 1.6** Dissektionstracheotomie. Nach Einführung der Spezialpinzette über den Seldinger-Draht Spreizung der intratrachealen Membran

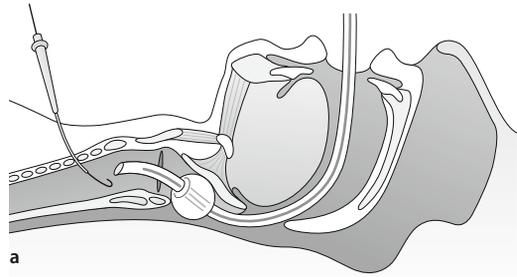
- anschließend Vorschieben des Bronchoskops Richtung Carina und Nachführung des Tubus von außen nach innen bzw. Einsatz eines speziellen Obturators
- Vorteile der TLT:
 - geringeres Blutungsrisiko
 - deutlich reduzierte Verletzungsgefahr
 - weniger Knorpelspangenfrakturen
 - weniger Infektionen des Tracheostomas

! Cave

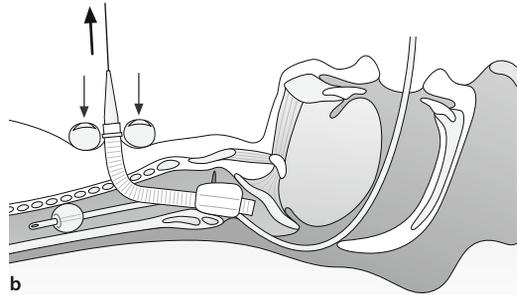
Vergleichende Studien zwischen einzelnen Methoden der PDT haben bisher keinen Vorteil einzelner Verfahren erbringen können, so dass alle derzeit verfügbaren Methoden gleichberechtigt nebeneinander existieren (Gründling u. Quintel 2005).

Sonderform Minitracheostoma

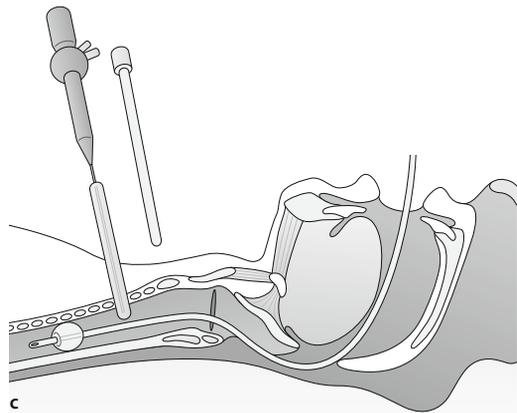
- Minitracheostoma, das nach Platzierung eines speziellen 4-mm-Tubus mit außen befindlichem Flansch und Befestigungsbändern **nur zur Sekretabsaugung** dient
- Punktion des Lig. cricothyroideum zwischen **Schild-** und **Ringknorpel**



a



b



c

■ **Abb. 1.7** Durchführung der translaryngealen Tracheotomie: **a** Einlegen des Drahtes in den Tubus unter bronchoskopischer Sicht, aborales Ausleiten des Drahtes. **b** Nach Extubation Einlegen eines speziellen Beatmungstubus zur Aufrechterhaltung der Ventilation, Durchzug der konisch zulaufenden Trachealkanüle durch die Trachealwand und das umliegende Gewebe von innen nach außen (zwei Finger dienen als Gegenlager). **c** Abschneiden der ausgeleiteten Konusspitze, Herausziehen des Tubus, mittels im Tubuslumen inseriertem Bronchoskop/Endoskop (A) kann die Hinterwand der Trachea gesehen werden. Anschließend Vorschieben des Bronchoskop in Richtung Carina und Nachführung des Tubus von außen nach innen bzw. Einsatz eines speziellen Obturators (B)

! Cave

Erster Kanülenwechsel nicht vor dem 5.–7. Tag! → in Seldinger-Technik ggf. mit Cook-Führungsstab!

- Bei akzidenteller Entfernung der Trachealkanüle innerhalb der ersten beiden Tage → keine Rekanülierungsversuche, sondern konventionelle Intubation!
- Eine Punktion in Höhe des Ringknorpels oder des 1. Trachealrings muss bei den perkutanen Tracheotomien auf jeden Fall vermieden werden!

Die perkutanen Tracheotomien weisen im Vergleich zur konventionellen mukokutanen chirurgischen Tracheotomie eine geringere Komplikationsrate auf (3,9 vs. 18,9 % nach Griggs, bzw. 25 % vs. 58 % unter Einbeziehung von kosmetischen Besonderheiten, Wundheilungsstörungen und Trachealstenosen), ebenso eine geringere Mortalitätsrate und z. T. eine kürzere Verweildauer auf der Intensivstation und kürzere Beatmungsdauer.

■ Komplikationen der perkutanen Tracheotomien

Frühkomplikationen

- Pneumothorax (5 %)
- akute Blutung aus dem Stoma (1,5–8 %) oder in die Trachea
- Verletzung der Tracheahinterwand

Spätkomplikationen

- Beatmungsprobleme bei endobronchialer Koagelbildung
- akzidentelle Dekanülierung
- tracheale Schäden (Strikturen, Stenosen einige Wochen nach der Dekanülierung etc.)
- Infektion des Stomas
- inakzeptable Narbenverhältnisse

! Cave

- Erster Kanülenwechsel nicht vor dem 7.–10. Tag! (Seldinger-Technik ggf. mit Cook-Führungsstab bzw. Absaugkatheter!).
- Bei akzidenteller Entfernung der Trachealkanüle innerhalb der ersten Tage **keine protrahierten Rekanülierungsversuche**, sondern **konventionelle Intubation!**
- Eine Punktion in Höhe des Ringknorpels oder des 1. Trachealrings muss bei den perkuta-

nen Tracheotomien auf jeden Fall vermieden werden!

- Die perkutanen Tracheotomien weisen im Vergleich zur konventionellen mukokutanen chirurgischen Tracheotomie eine geringere Komplikationsrate auf (3,9 vs. 18,9 % nach Griggs, bzw. 25 % vs. 58 % unter Einbeziehung von kosmetischen Besonderheiten, Wundheilungsstörungen und Trachealstenosen nach Hazard et al.), ebenso eine geringere Mortalitätsrate und z. T. eine kürzere Verweildauer auf der Intensivstation und kürzere Beatmungsdauer.

■ Kontraindikationen für perkutane Tracheotomien

■ Absolute Kontraindikationen

- Kinder und Jugendliche (unter 18 Jahren), Ausnahme ggf. die Tracheotomie nach Fantoni (einzelne positive Kasuistiken liegen gegenwärtig vor!)
- fehlende Einwilligung des Patienten bzw. seiner Betreuer: Dilatationstracheotomie ist **kein** Notfallereignis!
- Notfallsituation
- schwierig oder gar nicht translaryngeal zu intubierende Patienten (**Cave:** Dislokation des Tracheostomas!)
- fehlende bronchoskopische Überwachung
- fehlende Kapazität zur notfallmäßigen konventionellen chirurgischen Tracheotomie
- Patienten mit dissoziiertem Tracheaverlauf, mit Struma, mit schlecht zu identifizierenden anatomischen Verhältnissen
- Infektionen und bestehende Malignität im Tracheotomiebereich
- Patienten mit instabiler bzw. fixierter HWS
- Notwendigkeit eines permanenten Tracheostomas

■ Relative Kontraindikationen

- ausgeprägte plasmatische Gerinnungsstörung
- Thrombozytopenie/-pathie
- hochgradige Kreislaufinstabilität
- Patienten mit schweren Gasaustauschstörungen (manifestes ARDS)
- Patienten mit extremer Adipositas

- Patienten mit Zustand nach Hirnschädigung und anzunehmender längerer Rehabilitationsphase
- Sonstiges: kalzifizierende Trachealspangen, Patienten mit Hirndruck, vergrößerter Schilddrüse

Chirurgische versus dilatative Tracheotomie (nach Higgins und Punthakee)

Vorteile Dilatationstracheotomie

- Geringere Rate an Wundinfektionen (v. a. mit Problemkeimen wie Pseudomonas)
- bessere kosmetische Ergebnisse, geringere Narbenbildung
- höhere Kosteneffektivität
- geringere Dauer der Prozedur
- geringere Gesamtkomplikationsrate
- geringere Rate an schweren Blutungen
- geringere Rate an subglottischen Stenosen
- geringere Letalität

Vorteile der chirurgischen Tracheotomie

- weniger Obstruktionen nach Dekanülierung
- (vermeintlich) geringere Rate an Fehllagen/via falsa
- geringere Rate an kleinen Blutungen

Koniotomien

Zur Durchführung stehen zur Auswahl:

- **kommerziell erhältliche Sets**
 - direkte Punktionstechniken mittels Tracheo-Quick, Quicktrach oder Nu-Trach (meist 4 mm Innendurchmesser)
 - Seldinger-Technik mittels Melker-Set (Firma Cook) Minitrach-II-Seldinger (Innendurchmesser 6,4 oder 3 mm)
 - kommerziell erhältliche Koniotomieschere von Storz
- **Skalpelli** und z. B. 6,0-Tubus

1.2 Bronchoskopie

Historie

1897: erste translaryngeale starre Bronchoskopie durch G. Killian

1964: Entwicklung flexibler fiberoptischer Bronchoskope durch Ikeda

Bronchoskopeinteilung

- Nach Verwendungszweck (Intubationsbronchoskope, diagnostische Bronchoskope, Chipbronchoskope)
- nach Größe (Außendurchmesser und Durchmesser des Arbeitskanals)
- nach dem Aufbau/Typ in
 - starre Bronchoskope
 - flexible, fiberoptische Bronchoskope

Aufbau des flexiblen Fiberendoskops

- **2 Lichtleitbündel** (10.000–15.000 Fasern, \varnothing 10–30 μ m); Ausnahme: nur 1 Lichtbündel beim LF-2-Bronchoskop von Olympus
- **1 Bildleitbündel** (ca. 20.000 Fasern, \varnothing 7–10 μ m)
- **1 Arbeitskanal** mit unterschiedlichem Durchmesser (1,2–3,2 mm)
- 2 Abwinkelungszüge (maximale Abwinkelung von 180° bzw. 130° zur anderen Seite)

Starre Bronchoskopie (mit IPPV oder Hochfrequenzbeatmung)

Indikationen

- Massive Hämoptoe oder Fibrinausgüsse
- Entfernung größerer endobronchialer Fremdkörper (besonders bei Kindern)
- endobronchiale Lasertherapie oder Eingriffe an der Trachea
- Stentplatzierung
- Beurteilung der laryngealen und sublaryngealen Region (meist im HNO-Bereich)

Kontraindikation

Nicht bei instabiler oder fixierter HWS.

Nachteile

Nachteile sind eine eingeschränkte Sicht in der Peripherie und die größere Belastung für die Patienten, z. B. infolge einer notwendigen tiefen Sedierung/Narkose evtl. mit Muskelrelaxierung.

Flexible, fiberoptische Bronchoskopie

■ Indikationen

- Atemwegssicherung, z. B. fiberoptische Wa-chintubation
- selektive Materialentfernung
- endotracheale und endobronchiale Befunderhebung
- fiberoptische Assistenz, z. B. bei Tracheotomien
- therapeutische Interventionen: bronchotracheale Sekretentfernung und z. B. Applikation von Medikamenten (N-Acetylcystein, Bronchodilatoren etc.)

Durchführung der Bronchoskopie

Handhabung des Fiberbronchoskops

Bei der Bedienung eines Bronchoskops sind bis zu drei simultan auszuführende Manöver notwendig (■ Abb. 1.8):

- achsengerechte Längsbewegung (Vor- und Zurückziehen des Einführungssteils)
- Achsendrehung des gesamten Bronchoskops (nur bei gleichzeitiger Längsbewegung zur Vermeidung von Torsionskräften)
- Abwinkelung des distalen Einführungssteils (»Up«- oder »Down«-Bewegung in einer Ebene)

■ Tab. 1.1 führt die häufigsten Indikationen zur **diagnostischen** Bronchoskopie an:

Monitoring während der Bronchoskopie

Pulsoxymetrie, EKG, Blutdruckmessung (evtl. invasiv), intravenöser Zugang, Registrierung des endexpiratorischen CO₂ mittels Kapnometrie/-graphie, engmaschige Überwachung der Beatmungsparameter bei beatmeten Patienten (p_{AW}, AMV, Beatmungsdrücke, F_IO₂).

Schwere Komplikationen treten in 0,5 % der Fälle auf, z. B. Barotrauma mit Pneumothorax und/oder Mediastialempysem, Hämoptoe, Hypoxämie, Hyperkapnie, Anstieg des intrazerebralen Drucks, Aspiration, Auslösung eines post-bronchoskopischen SIRS bei Patienten mit Pneumonie.

Leichte Komplikationen in 0,8 % der Fälle, z. B. Laryngo- und Bronchospasmus, Fieber, vasovagale Synkope, Erbrechen, Epistaxis.

! Cave

Intensive Manipulationen wie Absaugen oder ausgiebige Lavage können den Gasaustausch weiter beeinflussen!

Patienten mit Asthma bronchiale oder chronisch obstruktiver Lungenerkrankung haben ein erhöhtes Komplikationsrisiko (bis 5 %), auch Intensivpatienten weisen höhere Komplikationsraten auf (bis 10 %), ebenso transbronchiale Biopsien (7–14 %)!

■ Risikofaktoren für Komplikationen

1. Erhöhtes Risiko
 - PEEP >10 cm H₂O
 - Auto-PEEP > 15 cm H₂O
 - manifeste Gerinnungsstörungen, PTT >1,5fach verlängert oder Therapie mit Antikoagulanzen
 - Hirndruck ohne ICP-Monitoring
 - Urämie, pulmonaler Hypertonus
2. Sehr hohes Risiko
 - p_aO₂ <70 mmHg bei F_IO₂ >0,7
 - refraktärer p_aCO₂ >55 mmHg
 - PEEP >15 cm H₂O
 - akuter unkontrollierter Bronchospasmus
 - akuter Myokardinfarkt <48 h
 - höhergradige Arrhythmien oder instabile Angina-pectoris-Symptomatik
 - ausgeprägte refraktäre Bradykardien
 - MAP <65 mmHg
 - Thrombozytenzahl <20.000/μl

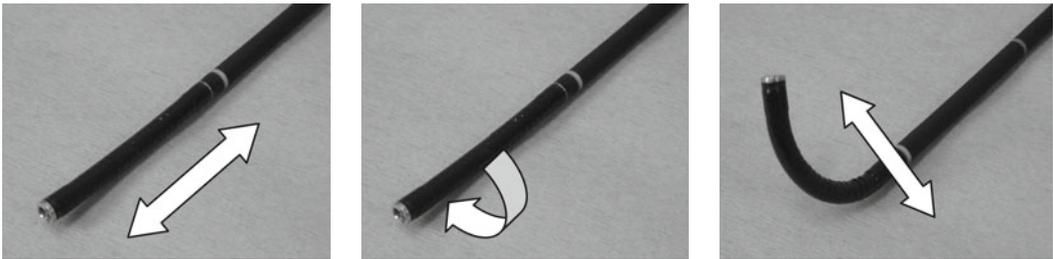
■ Tab. 1.2 führt die häufigsten Indikationen zur **therapeutischen** Bronchoskopie an:

Komplikationen der Bronchoskopie

■ Tab. 1.3 gibt einen Überblick über Störungen und Komplikationen, welche auf der Durchführung der Bronchoskopie beruhen.

Dokumentation der Bronchoskopie

Eine standardisierte Dokumentation ist Bestandteil jeder Fiberbronchoskopie. Sie hat vergleichende sowie medikolegale Bedeutung. Inhaltlich sind hierbei zu berücksichtigen:



■ **Abb. 1.8** Bedienung des Fiberbronchoscops

■ **Tab. 1.1** Häufige diagnostische Indikationen für die fiberoptische Bronchoskopie bei Intensivpatienten

Pneumoniediagnostik: – BAL ^a (2- bis 3-mal Gewinnung von 20–30 ml Spüllösung; besonders bei Immunsuppression) – Bürstenabstrich – geschürzte Bürste	Beurteilung der Schleimhaut, selektive Gewinnung von Sekretmaterial, Beseitigung einer Sekretretention, Ursachensuche (intra- oder extra-bronchiale Obstruktion), ggf. transbronchiale Biopsie (Cave: hohe Komplikationsrate!)
Atelektasen	Nachweis, Ursachenfeststellung von Gasaustauschstörungen (z. B. bronchiale Obstruktion durch Schleimpfropf, Tumor, anatomisches Hindernis, Fremdkörper wie Zähne, Nahrungspartikel etc.)
Apparente Aspiration bzw. nach prä- oder intrahospitaler Notfallintubation: Nachweis/Ausschluss einer Aspiration, Sicherung von aspiriertem Material (pH-Bestimmung und Bakteriologie)	Beurteilung der Schleimhaut (Lavage ist obsolet!)
Thoraxtrauma	Nachweis/Ausschluss von Trachea- oder Bronchusverletzungen
Inhalationstrauma/Intoxikation	Beurteilung der Schleimhaut und des Ausmaßes (Rötung, Ödem, Nekrosen)
Tumorverdacht	Beurteilung der Schleimhaut, der Carina, Zytologiegewinnung, transbronchiale oder transcarinale Biopsie, BAL
Hämoptoe	Lokalisation der Blutungsquelle
Tubuslage	Tubuslokalisierung (DLT)
Perkutane Tracheotomien	Lagekontrolle des Tubus, Nachweis von Läsionen und Blutungen
Atemwegsobstruktion	Tubusverlegung (Cuff-Hernien, Sekretverhalt, Bronchialkollaps, Tumor, Fremdkörper)
Nicht entfaltete Lunge nach Pneumothorax	Ausschluss/Nachweis einer Obstruktion oder bronchopleuralen Fistel

^a Die endobronchiale Sekretgewinnung hat eine Sensitivität von 73–100 % und eine Spezifität von nur 27–67 %!

- Indikationsstellung und vorausgegangene Diagnostik
- individuelles Patientenrisiko
- Art und Weise der Analgosedierung
- topographische, morphologische und funktionelle Aspekte, insbesondere zu Tracheobronchialgerüst, Schleimhaut- und Sekretverhältnissen
- Befundlokalisierung und -ausbreitung
- Lumenverhältnisse und Position künstlicher Luftbrücken
- Untersuchungsangang sowie Maßnahmen

Tab. 1.2 Die häufigsten Indikationen zur therapeutischen Bronchoskopie

Atelektasen	Beseitigung von Aspiraten, Blut oder Sekret durch körperwarme NaCl-Lösung oder Sekretolytika
Aspiration mit ALI/ARDS	Gezielte Applikation von Surfactant (z. B. Alveofact)
Asthma	Absaugen von Schleimpfropfen, direkte Applikation von bronchodilatatorischen Lösungen
Bronchopleurale Fisteln	Applikation von Fibrinklebern
Fremdkörper	Entfernung mit Zange oder Körbchen
Blutstillung bei Hämoptoe	Applikation von eiskalter NaCl-Lösung, 1 ml Noradrenalinlösung (1:10.000), xylometazolinhaltige Lösung, Vasopressin, Fibrin; endobronchiale Blockade, Lasertherapie
Positionierung von Bronchusblockern/Univent-Tubus	Schutz der intakten Lunge vor Blutaspiration
Fiberbronchoskopische Assistenz	Im Rahmen der perkutanen Tracheotomie: Bestimmung der Punktionshöhe mittels Diaphanoskopie, Kontrolle der korrekten Lage des Seldinger-Drahtes

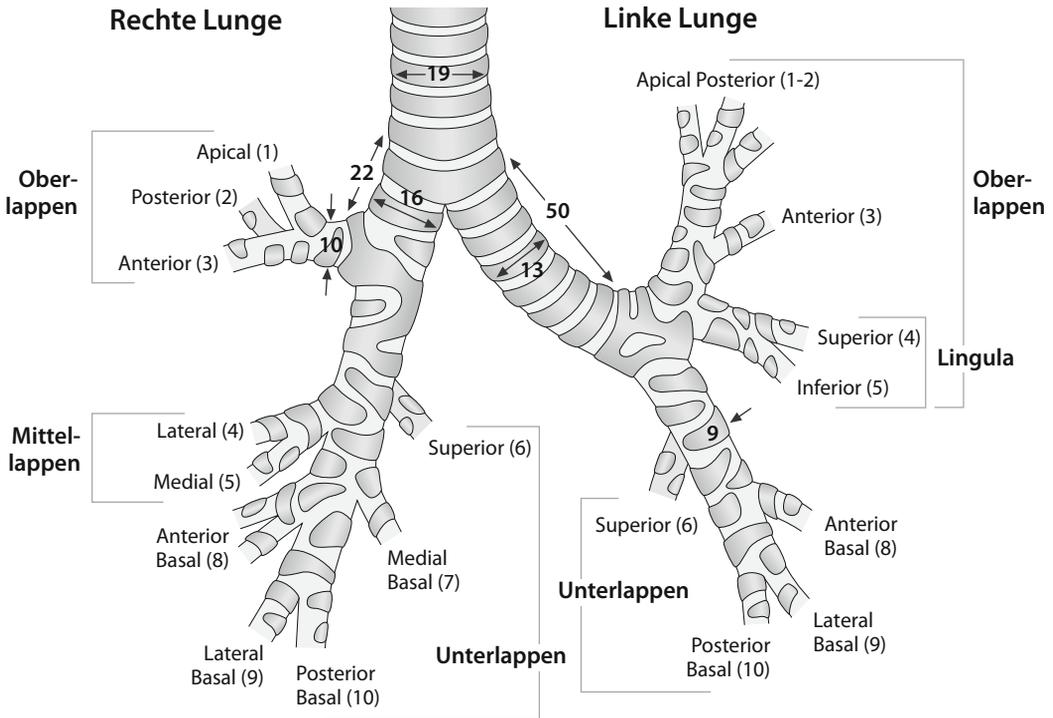
Tab. 1.3 Komplikationen der Bronchoskopie

Allgemein	Fieber (proinflammatorische Zytokine ↑) SIRS mit Temperaturanstieg
Gaswechsel	$p_aO_2 \downarrow$, $S_aO_2 \downarrow$, $p_aCO_2 \uparrow$, $V_T \downarrow$, $V_A \downarrow$, $Q_S/Q_T \uparrow$
Kreislauf	MAP ↑(↓), HF ↑(↓), SVR ↓, PCWP ↑, PAP ↑, PVR ↑, CI ↑(↓), Arrhythmie, ST-Strecke ↓, ANP ↑, $MVO_2 \uparrow$
Zerebral	ICP ↑
Atemwege/Lunge	Reflektorische Broncho- und Laryngospastik Mechanische Mukosaläsion mit Blutung Auto-PEEP ↑ (Barotrauma) Resorptionsatelektasen (hohe $F_I O_2$) Surfactant ↓, Infiltrat, Infektion
Topisch applizierte Lokalanästhetika	Allergisch-toxische Reaktionen (Konvulsion, Schock), $p_aO_2 \downarrow$
Atemmechanik	$C_{tot} \downarrow$, $R_{AW} \uparrow$
Dauersog lobär-segmental	Mikroatelektasen, PEEP ↓, $V_T \downarrow$, ($V_A \downarrow$), FRC ↓, $p_aO_2 \downarrow$, $p_aCO_2 \uparrow$, Mukosaläsion bei starkem Sog
Spontanatmung – ohne Tubus – mit Tubus	(F)VC ↓, $FEV_{1,0} \downarrow$ $p_{AW} \uparrow(\downarrow)$, PEEP ↑, Atemarbeit ↑

- Untersuchungstoleranz
- Diagnose
- und schließlich resultierende Empfehlungen

Für eine optionale Zusatzdokumentation sind Videosysteme mit der Möglichkeit von Aufzeichnun-

gen geeignet. Videofiberbronchoskope, bei denen ein Chip die Faseroptik ersetzt, kann man derzeit am ehesten für eine qualitativ hochwertige Dokumentation nutzen. Neueste Technologien erlauben eine digitale Dokumentation, Nachbearbeitung, Speicherung und Archivierung endoskopischer Befunde.



■ Abb. 1.9 Bronchialbaum mit durchnummerierten Bronchialsegmenten. (Aus Heck u. Fresenius 2004)

Gliederung der oberen und unteren Luftwege

- Obere Luftwege: Nasopharynx und Larynx
- untere Luftwege:
 - Trachea (Generation: 0)
 - Haupt-, Lappen- und Segmentbronchien (Generation: 1–4)
 - kleine Bronchien (Generation: 5–11)
 - Bronchiolen (Generation: 12–16)
 - respiratorische Bronchiolen (Generation: 17–19)
 - Ductus alveolaris bis Alveolen (Generation: 20–23)

■ Abb. 1.9 zeigt die Anatomie des Bronchialbaums mit den Bronchialsegmenten.

Ausgewählte Literatur

Bonten MJ, Bergmans DC, Stobberingh EE, van der Geest S, De Leeuw PW, van Tiel FH, Gaillard CA (1997) Implemen-

- tation of bronchoscopic techniques in the diagnosis of ventilator-associated pneumonia to reduce antibiotic use. *Am J Respir Crit Care Med* 156: 1820–1824
- Byhahn C, Westphal K, Zwißler B (2005) Die Punktionstracheotomie. *Anästhesiologie* 46: 125–137
- Cheng E, Fee WE (2000) Dilatational versus standard tracheostomy: a meta-analysis. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 109:803–807
- Dobbertin I, Dierkesmann R. (2004) Bronchoskopie. Lehrbuch und Atlas. Geschichte, Techniken, Krankheitsbilder, 1. Aufl. Huber, Bern
- Fantoni A, Ripamonti D (1997) A non-derivative, non-surgical tracheostomy: the translaryngeal method. *Intensive Care Med* 23: 386–392
- Gromann TW, Birkelbach O, Hetzer R (2009) Tracheotomie mittels Ballondilatation. *Chirurg* 80: 622–627
- Gründling M, Quintel M (2005) Perkutane Dilationsstracheotomie – Indikationen, Techniken, Komplikationen. *Anaesthesist* 54: 929–944
- Hartung HJ, Osswald PM, Petroianu G (2001) Die Atemwege. Wissenschaftl. Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Hata JS, Schenk DA, Dellinger RP (1997) Fiberoptic bronchoscopy. In: Civetta JM, Taylor RW, Kirby RR (eds) *Critical Care*, 3rd edn. Lippincott-Raven, Philadelphia, pp 683–702

- Heck M, Fresenius M (2009) Repetitorium Anästhesiologie, 6. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio
- Higgins KM, Punthakee X (2007) Meta-analysis comparison of open versus percutaneous tracheostomy. *Laryngoscope* 117:447–454
- Jackson C (1909) Tracheotomy. *Laryngoscope* 19:285–290
- Kluge S, Baumann HJ, Maier C et al (2008) Tracheostomy in the intensive care unit: a nationwide survey. *Anesth Analg* 107:1639–1643
- Krier C, Georgi R (2001) *Airway-Management*, 1. Aufl. Thieme, Stuttgart New York
- Produktbeschreibung der Fa. Cook Medical
- Randell T, Hakala P (1995) Fiberoptic intubation and bronchofibrescopy in anaesthesia and intensive care. *Acta Anaesthesiol Scand* 39: 3–16
- Rumbak MJ, Newton M, Truncala T et al (2004) A prospective, randomized, study comparing early percutaneous dilational tracheotomy to prolonged translaryngeal intubation (delayed tracheotomy) in critically ill medical patients. *Crit Care Med* 32:1689–1694
- Walz MK (2002) Die Tracheostomie. Indikationen, Methoden, Risiken. *Anaesthesist* 51: 123–133

Monitoring

- 2.1 Allgemeine klinische Überwachungsmethoden – 18
- 2.2 Basismonitoring – 18
- 2.3 Empfohlenes postoperatives Standardmonitoring für kardiochirurgische Intensivpatienten – 18
- 2.4 EKG-Monitoring – 18
- 2.5 Pulsoxymetrie – 19
- 2.6 Blutdruckmessung – 20
- 2.7 Blutgasanalyse (BGA) – 23
- 2.8 In- und expiratorisches Gasmonitoring – 25
- 2.9 Zentraler Venenkatheter (ZVK) – 28
- 2.10 Messung des Herzzeitvolumens – 32
- 2.11 Echokardiographie – 48
- 2.12 Körpertemperatur – 52
- 2.13 Urinausscheidung (Blasenkatheter) – 53
- 2.14 Überwachung der Leberfunktion (LiMON-System, Fa. Pulsion) – 53
- 2.15 Neuromonitoring – 54
- 2.16 Intraparenchymatöser Gewebssauerstoffpartialdruck ($p_{ti}O_2$) – 56
- 2.17 Neuronenspezifische Enolase (NSE) – 57